

武陵徵收農地土壤性質與菌根 對造林苗木生長之關係

雪霸國家公園管理處自行研究報告

中華民國 101 年 12 月

武陵徵收農地土壤性質與菌根 對造林苗木生長之關係

研究人員：潘振彰

執行人員：潘振彰、顏江河、李苑瑋、吳爵考

郭珩女勻、張廖伯勳、莊傑安、許榮顯

雪霸國家公園管理處自行研究報告

中華民國 101 年 12 月

目次

表次.....	II
圖次.....	III
摘要.....	VI
Abstract.....	VI
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起與背景.....	1
第二節 研究地點與方法.....	5
第二章 研究結果與重要發現.....	9
第一節 研究區現有植栽狀況.....	9
第二節 土壤化學性質調查.....	11
第三節 造林苗木菌根共生調查與分離.....	13
第三章 結論與建議.....	16
第一節 結論.....	16
第二節 建議.....	16
參考文獻.....	18
附錄一 2012 年武陵地區 8.1 ha 回收農地樣區植物名錄.....	21
附錄二、武陵地區 8.1 ha 回收農地復育過程相關照片.....	23

表次

表 1. 武陵地區回收造林地土壤 pH 值、全氮及有效磷.....11

表 2. 武陵地區回收造林地土壤置換性鉀、鈉、鈣、鎂.....12

表 3. 武陵地區回收造林地土壤菌根菌孢子數及菌根感染率.....14

圖次

圖 1. Miyawaki 生態造林法與傳統演替理論比較示意圖.....4

圖 2. 武陵地區徵收農地相對位置圖.....5

圖 3. 武陵地區徵收農地現況圖之一(無造林區域).....6

圖 4. 武陵地區徵收農地現況圖之二(栽植楓香區域).....6

圖 5. 徵收農地中栽植楓香之造林地在冬季時地被層尚保持綠色植物覆蓋情形.....11

圖 6. 本究篩洗之各種菌根菌孢子圖.....15

摘 要

關鍵詞：復舊造林、土壤改良、菌根

一、研究緣起

雪霸國家公園內武陵地區徵收農地先前經農民長期連續栽植，其土壤性質多遭受改變，以致於林地收回後多年，其造林苗木生長呈現遲滯。而在臺灣中部丹大事業區菜園回收造林地亦出現相同之情形，農民不當施用大量石灰，使其土壤鹼化，pH 值約為 7.5，相較於臺灣一般森林土壤為高，導致土壤中有效磷不足供植物吸收利用，過量的鈣使得土壤內置換性陽離子產生拮抗作用 (antagonism)，引起離子失衡，進而導致菜園回收地造林苗木生長不佳。另外針對丹大事業區造林苗木進行菌根 (mycorrhizae) 調查後發現，有菌根共生之苗木生長情形較未有菌根共生者良好，顯示菌根共生對於苗木在逆境下生存是有一定之正面效益。藉由調查武陵地區果園回收地之土壤化學性質，瞭解當地土壤養分狀態，同時調查回收地土壤內菌根菌孢子 (mycorrhizal fungi spore) 數量及種類，並觀察造林苗木根部菌根共生之狀態，找出當地可能影響苗木生長之原因。

二、研究方法及過程

一、調查時間

自 101 年 2 月起至 11 月止，共計前往武陵徵收土地進行 4 次調查，採集之土壤樣本均帶至國立中興大學森林學系森林土壤與林木菌根研究室進行分析作業。

二、回收農地植被現況調查

進行現存植物之植物相調查，記錄其種類及所屬科別，以了解適存之物種，並對栽植 3 年之楓香存活率進行調查。此外，調查鄰近地區具有下種能力之喬木類，以了解其可能散佈之種子及在回收農地之萌發情形。

三、土壤化學性質調查

針對生長良好之外來歸外種聖誕果及栽植之山櫻花、楓香之根域土、非根域土及邊坡土進行分析比較，每種至少採 3 重複，項目包括土壤 pH 值、全氮、有效磷、摘要
換性鉀、鈉、鈣、鎂，以瞭解目前土壤狀況。

四、造林苗木菌根共生調查與分離

將採樣的根域土以濕篩傾倒法進行篩洗，再於解剖顯微鏡下挑選孢子，再於光學

顯微鏡下觀察孢子形態構造。另外針對造林苗木根部進行菌根染色觀察，並於光學顯微鏡下觀察根的感染狀況。

三、重要發現

武陵回收地造林困難，初步調查得知造林地之土壤有效磷因土壤酸鹼值過高，導致土壤有效磷養分遭受限制，而造林地土壤中雖有菌根孢子，但現存之造林木菌根感染率極低，菌根孢子可能也只與草本植物共生，導致造林木在此逆境下生長不良。

四、主要建議事項

建議一

立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

持續針對菌根菌處理之造林木在本地區生長試驗研究，以解決造林困難之窘境，確保日後造林成功。

建議二

中長期建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

武陵地區當地潛在植群應為最適存於本研究區之植物種類，建議未來調查週邊森林原生林相後，並參考生態造林法進行相關復育工作，例如在本區設立苗圃培育苗木，不僅適應環境，並可自原生林地中收集潛在原生物種並取得林木菌根感染的機會，對未來之造林成功率將可大為提升。另設置長期復育觀察區，以對照組分成生態造林復育區與自然復育區，並設置解說牌，以彰顯回收農地復育森林生態之價值。

The effects of the Wuling expropriation farmland soil properties and mycorrhizal on afforestation seedling growth

Abstract

Keywords: replanting, soil improvement, mycorrhizal

I. Background

The agricultural land levied by the Wuling Shei-Pa National Park which have been continuously planted by farmers previously suffered the nature change of the soil, so that after the woodland returned for many years, its afforestation seedling growth presents retardation. Identical circumstances happened in central Taiwan Dan-Da enterprise zone garden which was returned for reforestation. Improper application of a large number of lime by farmers to lead its soil salinity, pH value of about 7.5; compared to general forest soil is high, resulting in insufficient soil phosphorus for the plants to absorb. An excess of calcium causes the replacement cations in the soil antagonism, resulting in ion imbalance and leading to the vegetable garden recycling afforestation seedling growth poorly. In addition, Dan-Da reforestation seedlings were mycorrhizae. Survey found that the mycorrhizal symbiosis in seedlings growth was in better situation than those without mycorrhizal symbiosis for seedling revealing that mycorrhizal symbiosis was positively beneficial for survival in the face of adversity. To understand the local soil nutrient status, we investigated the soil chemical properties of the Wuling area returned orchards. The number and types of returned soil mycorrhizal fungi spores were investigated and observe the afforestation seedling roots mycorrhizae. Symbiosis state was investigated to identify the reasons that might affect seedling growth.

II. Research Methodology and Procedures

(i) The investigation timeframe

Starting from February to November 2012, a total of four times surveys access to the Wuling levied land, collected soil samples were brought to the National Chung Hsing University, Department of Forestry, forest soil and mycorrhizae Laboratory for analysis.

(ii) Investigation of vegetation status of returned agricultural land

Plant phase of existing plants was investigated, the records of the types and their

respective divisions to understand the fitness of the species. The survival rate of 3-year of Liquidambar was investigated. In addition, we surveyed neighborhood arbor with seeding ability to understand its possible spread of seeds and germination situations in the recovery of agricultural land.

(iii) Investigation of the nature of the soil chemistry

Healthy abroad Christmas fruit, and planted mountain Cherry, and Liquidambar root domain soils, non root domain soil and slope soil were compared, each at least adopt three repeats include soil pH, total nitrogen available phosphorus and exchangeable potassium, sodium, calcium, magnesium, in order to understand the current soil conditions.

(iv) Investigation and separation of mycorrhizal symbiosis of afforestation seedling

Sampling the root domain soil by wet sieving dumping method to sieve wash, then selected spores under a dissecting microscope, and then observed spore morphology structure under an optical microscope. Also observe mycorrhizae for afforestation seedling roots with staining, and root infection was observed under an optical microscope.

III. Important Finding

It is difficult for afforestation in Wuling returned land , a preliminary investigation found that the plantation and the pH value of available phosphorus in the soil is too high, resulting available phosphorus nutrient in soil suffered restrictions. Although mycorrhizal spores exist in afforestation soil, but the mycorrhizal infection rate of existing plantation wood is very low, the mycorrhizal fungi spores are only symbiotic with herbs, resulting in poor growth of plantation wood under adversity.

IV. The Main Recommendations

Recommendation I

Immediate suggestions

Organizer: Shei-Pa National Park Headquarters

The experimental research for the mycorrhizal fungi treated plantation wood growth in this region should be continued, in order to solve the difficulty of the dilemma of afforestation, to ensure that future afforestation will be successful.

Recommendation II

Medium and long-term recommendations

Organizer: Shei-Pa National Park Headquarters

The Wuling area local potential vegetation should be the most adaptable plant species in the study area, it is recommended that future investigations surrounding forest native forest, and refer to the related ecological afforestation method to restore, for example, in the area setting up nurseries cultivate seedlings, not only to adapt to the environment potential of native species, but also can be collected from the native woodland and get the chance of infection by mycorrhizae, and this will greatly enhance the success rate of future afforestation. Also we should set up observation area for the long-term restoration, which is divided into a control group with natural restoration area and experimental group with restoration of ecological afforestation area, and set up the interpretative signs to highlight the value of the recovery of agricultural land in the restoration of forest ecosystems.

第一章 緒 論

第一節 研究緣起與背景

壹、研究緣起

由於武陵地區先前的土地農業活動對臺灣櫻花鉤吻鮭生存棲地環境因子之影響甚鉅，雪霸國家公園管理處於 2004 年 6 月 15 日在行政院經建會審查「公共建設計畫-國家公園次類別計畫」中，奉示編列預算辦理徵收位於國家公園計畫一般管制區(管五)內已放領予榮民之土地。後續徵收作業係依據國家公園法第九條與土地徵收條例第三條等規定辦理。全案已奉內政部 2006 年 9 月 28 日審查通過核准徵收，且由內政部核轉臺中縣政府辦理徵收作業，並已於 2006 年 12 月 6 日完成法定徵收程序，土地亦已登記移轉為雪霸國家公園管理處所管轄。

本研究區位於武陵地區 8.1 公頃徵收地係原長期栽植高山蔬菜之農地，近年來雖已收回並進行復舊造林作業，其造林苗木生長呈現遲滯。該地長期施用化學肥料與農藥，造成土壤性質迥異於森林土壤，土壤的化學性質與生物性質對於土壤有效養分的供應息息相關，此外，菌根 (mycorrhiza) 共生為林木生長的重要機制，菌根與苗木養分吸收有絕對的關係，沒有菌根感染的苗木儘管在高肥力土壤中，一樣會有生長遲滯現象。本區土壤的菌根菌族群推測恐怕早已不復存在，或者現存的菌根菌不是造林苗木的菌種，而無法形成菌根共生。

本計畫研究人員另外針對丹大事業區造林苗木進行菌根調查後發現，有菌根共生之苗木生長情形較未有菌根共生者良好，顯示菌根共生對於苗木在逆境下生存是有一定之正面效益。藉由調查武陵地區菜園回收地之土壤化學性質，瞭解當地土壤養分狀態，同時調查回收地土壤內菌根菌孢子 (mycorrhizal fungi spore) 數量及種類，並觀察造林苗木根部菌根共生之狀態，找出當地可能影響苗木生長之原因。從徵收農地之造林苗木生長極為遲緩之情形，推測應與土壤性質與菌根共生有關。本研究經由對土壤性質的瞭解與育苗品質的改進，預期將可以提昇徵收農地的造林成功機會。

貳、前人研究

一、土壤 pH 值與養分

土壤 pH 值是影響土壤養分有效性進而影響植物生長的重要因子 (Zhao *et al.*, 2011)。極端 pH 值會改變養分在土壤中的轉換及其有效性的高低，所以 pH 值為研判土壤肥力的首要性質 (陳仁炫，1992)。當土壤遭受強烈的淋洗作用及大量酸雨時，將逐漸趨於酸性，形成酸土 (acid soil)。酸性環境下磷容易被鐵鋁氧化物固定，導致植物對磷吸收產生困難 (Ryan *et al.*, 1985)。施用過量肥料及糞肥易使土壤 pH 值產生變化 (Zhao *et al.*, 2011)。而土壤長期被施用石灰或是遭工廠排放之鹼性粉塵影響，也會導致土壤鹼化 (Frostegård *et al.*, 1993; Bååth *et al.*, 1992)。pH 值高的鹼性土壤及石灰質土壤 (calcareous soil)，土壤養分遭受影響大致上分為下列幾項，一為磷易被固定或是形成難溶性化合物沉澱，降低磷的有效性，二為微量元素例如錳、鐵、鋅、硼、銅、鈷等也易形成難溶性型態，不利於植物吸收利用 (郭魁士，1992)。根據趙藝等 (2009) 針對中國四川省內江市白馬鎮土壤，進行 pH 值與土壤養分有效性關係研究，證實土壤 pH 值與土壤有效磷含量呈極顯著負相關。Tunesi 等 (1999) 在研究中指出，鹼性土壤中難溶性鈣磷沉澱物的形成，是降低磷有效性與移動性的主因，且溶液中鈣離子濃度，對磷沉澱反應影響大於石灰質表面的促進效應。此外，鉀也會因過量的鈣而產生拮抗作用，導致其有效性降低。土壤對鉀的固定能力強弱，影響著鉀的供應力及利用率。例如在臺灣中部丹大事業區菜園回收農地亦出現相同之情形，農民不當施用大量石灰，使其土壤鹼化，pH 值約為 7.5，相較於臺灣一般森林土壤為高，導致土壤中有效磷不足供植物吸收利用，過量的鈣使得土壤內置換性陽離子產生拮抗作用 (antagonism)，引起離子失衡，進而導致菜園回收地造林苗木生長不佳。Hsi 和 Chang 在 1960 年，針對臺灣各類土壤對鉀固定能力進行研究，發現強酸性土壤對鉀之固定力較弱，而中性及鹼性土則較強。郭魁士 (1992) 也指出，石灰質土壤含鈣量太多時，Ca/K 之比太大，將導致植物難以吸收鉀進行利用。

二、菌根接種與復育造林

(一) 菌根接種

菌根為真菌和植物根系所形成的共生體，普遍存在於表土層中。許多研究指出在瘠劣環境下，菌根菌的接種對於植物生長有明顯的正面效益。菌根菌的感染能改變植物適應能力的原因在於菌根的根外菌絲能向外擴展超越養分耗盡區 (depletion zone)，使不易移動的養分 (如磷等元素)，藉由根外菌絲能較為快速向植物根部移動，增加根部吸收的表面積 (Bethlengalvay *et al.*, 1982)。當菌根形成後，其根外菌絲會不斷拓展至土壤中，形成龐大的菌絲網，穿過土壤顆粒間極細小之孔隙，與土壤顆粒密切接觸，菌絲所分泌的有機物質可促進土壤顆粒團粒化，進而改善土壤結構，提高土壤通氣性、水分滲透力和保水力 (Kabir and Koide, 2000)。

在復育造林計畫中，接種菌根菌可幫助植物生長 (Herrera *et al.*, 1993) 且可促進土壤物理、化學及生物性質 (Carrillo-García *et al.*, 1999)。Duponnois 等人 (2007) 曾針對澳大利亞的相思樹 (*Acacia holosericea*) 進行菌根菌接種，觀察其於耕作農地及休耕農地上復育造林之成效。結果顯示無論接種叢枝菌根菌 (vesicular-arbuscular mycorrhiza, VAM) 或是其他三種外生菌根菌 (ectomycorrhizal fungi) 均有效促進宿主植物生長。Alguacil 等人 (2005) 在地中海退化環境中，對於兩種原生典型灌木進行原生及非原生菌根菌接種，結果也顯示只要菌根菌種適宜宿主植物，均可提高土壤中有效磷含量及土壤微生物活性，為植物生長帶來正面效益。顏江河 (1996) 於臺灣煤礦棄土地中，針對琉球松進行外生菌根菌彩色豆馬勃之接種，結果顯示，菌根的共生能幫助植物於瘠劣生育地之逆境下正常生長。

(二) 復育造林

目前復育造林方法中，有分成天然下種更新 (natural regeneration) 及人工播種 (seeding) 與栽植苗木 (planting seedlings) 等。天然下種更新是最符合生態系經營之方法，但必須要有足夠的母樹或是適當的距離使下種的種子可以散布均勻 (Duryea, 2000)。然而天然下種更新在實務上，依傳統演替理論，可能需超過 200 年的時間才會演替到極盛相森林 (邱清安等, 2012)。Miyawaki (1999) 曾提出新演替理論 (new succession theory)，以人為力量建造近自然林，即以生態復育 (ecological restoration) 造林的方式可以縮短到 20-50 年即見成效 (圖 1)，即為「生態造林法 (Miyawaki's ecological method to reforestation)」。該方法強調和提倡用鄉土樹種建造鄉土森林 (native

forest with native trees) (Miyawaki, 2004)，並已有近千個成功案例 (賴明洲，2003)。從生態造林法中可以發現，土壤改良是主要之關鍵因子之一，為儘早完成本區域復育期程，此法是為本區域復育造林之參考典範

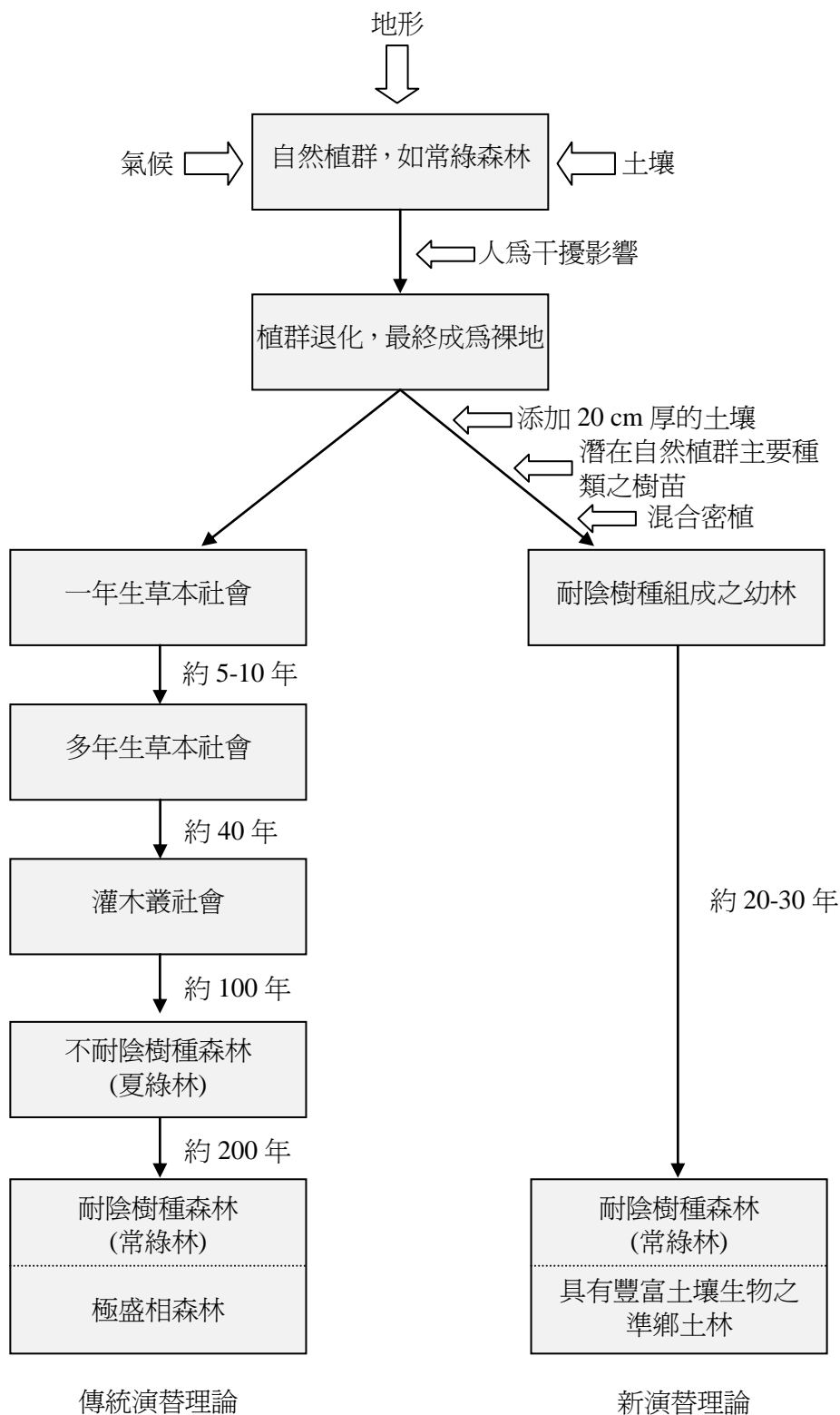


圖 1. Miyawaki 生態造林法與傳統演替理論比較示意圖 (以日本月桂林 ((Laurel forest) 為例) (修改自 Miyawaki, 1999)

第二節 研究地點與方法

壹、研究區域概況

本區位於臺中市和平區，屬於雪霸國家公園轄管之一般管制區，亦為臺中市政府劃定公告之「櫻花鉤吻鮭野生動物保護區」範圍內，總面積為 8.1 ha，海拔分布約自 1,860-1,950 m 間，鄰近七家灣溪，屬七家灣溪集水區範圍，最終匯流至大甲溪。相關位置如以下圖 2，屬於臺灣櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*) 主要之生育環境。周邊鄰近之森林植相為為栓皮櫟型 (*Quercus variabilis* type) 及臺灣二葉松型 (*Pinus taiwanensis* type)(蔡尚惠等, 2012)。雪霸國家公園自 2006 年依法徵收後，即先後進行撒種造林及栽植苗木等復育工作，並於 2008 年 6 月 10 日完成徵收土地撒種及部份植樹作業，包含臺灣赤楊 (*Alnus formosana*) 種子 10 L、楓香 (*Liquidambar formosana*) 種子 2 L、木荷 (*Schima superba*) 種子 3 L，以及楓香苗木 1,000 株。目前本區僅存有楓香 1 種造林木，其餘區域則多以外來歸化之草種之地被層 (圖 3、圖 4)。



圖 2. 武陵地區徵收農地相對位置圖(右圖有地號者為雪霸處徵收農地)。



圖 3. 武陵地區徵收農地現況圖之一(無造林區域)。



圖 4. 武陵地區徵收農地現況圖之二(栽植楓香區域)。

貳、研究材料

一、回收農地植被現況調查

進行現存植物之植物相調查，記錄其種類及所屬科別，以了解適存之物種，並對栽植 3 年之楓香存活率進行調查。此外，調查鄰近地區具有下種能力之喬木類，以了解其可能散佈之種子及在回收農地之萌發情形。此外，在冬季時調查不同區域之植被覆蓋情形，以綠覆率 (ratio of green cover) 表示之，綠覆率原是建築基地綠化程度指標的一種，以基地範圍內所有由綠色植被所覆蓋部分的面積與基地面積百分比值。本研究引用該指標作為植物覆蓋徵收農地之現況，惟實際測量上無法達到精確之比值，僅以比較法則論述之。

二、土壤化學性質調查

針對武陵地區回收農地進行土壤採樣分析。於造林 5 年地區採集生長良好之聖誕果 (又稱為玉珊瑚) (*Solanum pseudo-capsicum*) 根域土、非根域土及邊坡土，而於造林 3 年地區採集生長優勢及劣勢之楓香 (*Liquidambar formosana*) 根域土、非根域土及邊坡土進行分析比較，每種至少採 3 重複，另外採取武陵農場栽植於回收地且生長良好之山櫻花 (*Prunus campanulata*) 土壤作為對照。樣土攜回國立中興大學森林學系森林土壤與林木菌根實驗室後分別進行化學分析，項目包括土壤 pH 值、全氮、有效磷及置換性鉀、鈉、鈣、鎂，以瞭解目前土壤狀況。

1. 土壤 pH 值

取土壤與蒸餾水以 1:2.5 (w/v) 比例均勻混合，靜置隔夜後，以酸鹼值測定儀 (Jenco model 6173pH) 測定 (McLean, 1982)。

2. 土壤全氮

土壤全氮量以 Semimacro Kjeldahl 法測定之 (MacDonald, 1977)。秤取 0.5 g 風乾土加入 1.1 g 催化劑 (K_2SO_4 : $CuSO_4$: $Se=100:10:1$) 與 10 mL 濃硫酸，於分解爐 (Digestion system 20, 1015 Digester, Tecator) 中加熱至 375 °C，恆溫維持 2 小時，待冷卻後之樣液以凱氏氮分析蒸餾裝置 (Tecator, Kjeltac System 1026 Distilling Unit) 進行全氮蒸餾；樣液加入過量 40% 氫氧化鈉，取 20 mL 的 2% 硼酸作為接收液，再以 0.05 N 硫酸滴定之。

3. 土壤有效磷

鹼性樣土以 Olsen 土壤有效磷檢測法測定 (Olsen *et al.*, 1954)。秤取 2.5 g 風乾土置於 250 mL 錐形瓶中，加入 50 mL 的 0.5 M NaHCO₃ (pH 8.5) 萃取液，封口振盪 30 分鐘後，以濾紙過濾。取 5 mL 濾液加入 4 mL 維他命 C 混合液，於 25 mL 定積瓶中稀釋定積；靜置 30 分鐘使其顯色，再以分光光度計 (spectrophotometer, Hitachi U-2000) 於 660 nm 下測定吸光值，並比對磷之標準曲線計算其濃度。

4. 土壤置換性鉀、鈉、鈣、鎂

以中性醋酸法測定 (Rhoades, 1982)。秤取 5 g 風乾土置於 250 mL 錐形瓶中，加入 100 mL 1 N 醋酸銨，振盪 30 分鐘後，再以抽氣過濾法加入約 50 mL 1 N 醋酸銨淋洗 5~6 次後，以 1N 醋酸銨定積至 200 mL，並以濾紙過濾，其濾液以感應耦合電漿光譜分析儀 (Inductively-Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometer, ICP-AES, Leeman, USA) 測定可置換性陽離子鉀、鈉、鈣、鎂。

三、造林苗木菌根共生調查與分離

針對武陵地區回收農地進行土壤採樣。於造林 5 年地區採集生長良好之聖誕果根域土，造林 3 年地區採集生長優勢及劣勢之楓香根域土進行菌根菌孢子篩洗，同時亦針對聖誕果及生長優勢劣勢之楓香根部進行染色觀察，以瞭解目前苗木與菌根間之關係。另外採集非苗木根域土進行篩洗，觀察是否有菌根菌孢子存在。

將採樣的根域土以濕篩傾倒法進行篩洗 (Gerdemann and Nicolson, 1963)。將苗木土球置於 5 L 塑膠桶中，以水分沖洗並攪拌均勻，靜置使大顆粒土粒沈澱後，倒入分別為 450, 250, 150, 106, 53 μm 組合的不銹鋼篩網中，以流水沖洗網上土粒，分別收集篩網上物質於燒杯中；再以 40% 糖液離心法分離雜物，並用水洗淨糖液，於解剖顯微鏡下挑選孢子，再於光學顯微鏡下觀察孢子形態構造，以 Nikon CoolPix 995 數位相機拍照存檔。

另外針對造林苗木根部進行菌根染色觀察其菌根感染狀況。逢機剪取紅檜根部片段約 20 段 (每段約 1 cm)，以清水洗淨，再以超音波振盪數次。將根段放入 10% KOH 中，以 90°C 煮 30 分鐘 (以根段的軟硬度而增減時間)，用水洗淨後，以 alkaline H₂O₂ 漂白根段 (時間視根段色素而定)，再以水洗淨，用 1% HCl 酸化根部 5 分鐘，而後倒出 HCl，加入染色劑 (Trypan blue)，以 90°C 煮 60 分鐘，倒出染色劑，將根置於酸性甘油中於室溫下褪染及保存。在光學顯微鏡下觀察根部的感染狀況，以 Nikon CoolPix 995 數位相機拍照存檔。

第二章 研究結果與重要發現

第一節 研究區現有植栽狀況

一、造林木介紹及現況調查

本研究區鄰近森林植群之喬木層，多以人工植栽之臺灣二葉松 (*Pinus taiwanensis*)、紅檜 (*Chamaecyparis formosensis*)、木荷 (*Schima superba*) 及香杉 (*Cunninghamia konishii*) 等為主要優勢種 (蔡尚惠等, 2012)。調查發現，鄰近森林中以臺灣二葉松、臺灣赤楊及木荷均具有良好的天然下種及散播之能力，栓皮櫟 (*Quercus variabilis*)、楊梅 (*Myrica rubra*) 雖有下種能力，但無法藉由風力散播，然而研究區域內至今尚未有任何原生樹種下種更新之小苗出現。以下針對 2008 年雪霸國家公園在本區域內之造林樹種進行介紹，另本研究於 2012 年調查現況結果亦詳述如下。

(一)臺灣赤楊

科名：樺木科

俗名：赤楊、水柯仔、水柳柯。

學名：*Alnus formosana* (Burkill ex Forbes & Hemsl.) Makino

落葉喬木。葉互生，卵形或橢圓形，鋸齒緣；托葉明顯，常脫落。花單性，雌雄同株；雄花序葉叢狀；雌花序呈圓柱形之穗狀花序，每苞片具 2-3 朵花。毬果狀果序橢圓形，長 2 cm；小堅果橢圓形，長 3mm。產臺灣平地至海拔 2,500 公尺山地及琉球群島 (劉業經等, 1994)。

赤楊的根部能與固氮細菌共生，形成根瘤，因此赤楊即使在樹葉脫落後也有足夠的氮源。此一共生關係使得赤楊能在低氮環境中生存。因此早期原住民在耕地地力耗盡的時候灑佈赤楊的種子，或山崩土壤裸露後，帶翅的種子作為先驅，飛到該地區生長，為其他植物進駐做準備。而河床沖刷地等水域邊緣潮濕的地區經常養分經常不充足，具固氮作用的根瘤有著決定性作用，而且能防止河水侵蝕堤岸，這就是有些地區只有赤楊生長，而不見其他樹種的原因，對大自然而言，是具有很大的生態作用之樹種。

本種種子來源係向林務局東勢林區管理處申請，2008 年以混植土機械攪拌後以人力均勻撒種於本區域內，2012 年調查之結果，無任何苗木存活。

(二)楓香

科名：金縷梅科

俗名：楓仔樹，楓樹，路路通，白膠香，Formosan Sweet Gum, Fragrant Maple。

學名：*Liquidambar formosana* Hance

落葉大喬木。葉之輪廓菱形，寬8~15cm，多三片裂，幼時或為五裂，基部圓形或心形；細鋸齒緣；葉柄長8~10cm；托葉線形。雌雄同株；短總狀雄花序叢生；雌花序有長梗，球形，萼齒針形，4~7枚。果序球形，木質，徑約3cm，花柱及萼齒宿存；種子長約7mm，有頂翅（劉業經等，1994）。產臺灣平地至海拔1,000公尺之山區，極為普遍。於開墾跡地次生林或溪岸地之常可形成小群團狀純林。楓紅可表徵秋色之美，實者其春綠亦為一悅目美景，故為重要之景觀樹種。

本種在2008年有以種子撒佈及苗木栽植2種方式造林，來源均為林務局東勢林區管理處烏石坑苗圃，在2012年之調查結果顯示，本區內撒種造林無苗木存活，苗木栽植部份經計算現有苗木約為448株，依原有栽植苗木1,000為基礎，計算其存活率約為44.8%。

(三)木荷

科名：山茶科

俗名：荷樹，椿木，Chinese Guger-tree。

學名：*Schima superba* Gard. et Champ.

形態特徵：大喬木。葉芽圓錐形，被短柔毛，無芽鱗。葉叢生枝端，卵形以至長橢圓形，先尖而極端不銳，基部楔形，常具細鈍鋸齒，面暗綠，背蒼白，長10cm，寬3~4cm，柄扁平。花腋生於枝端，具總梗及小梗或單獨，花芽為2脫落性之淡紅色小苞片所包；花徑3cm；萼片5，同大；瓣5，淡紅色，有芳香。蒴果木質壓縮球形，徑達2cm；子扁平，腎臟形，有背翅，長8mm（劉業經等，1994）。

本種種子來源係向林務局東勢林區管理處申請，2008年以混植土機械攪拌後以人力均勻撒種於本區域內，2012年調查之結果，無任何苗木存活。

二、研究區域內植被現況

本區域於2012年共記錄維管束植物16科27屬32種，喬木類僅栽植之山櫻花及楓香2種，灌木類則有外來歸化之聖誕果1種，地被層植物以禾本科與菊科等草本植物為主，尤其是外來歸化種如大扁雀麥 (*Bromus catharticus*)、加拿大蓬 (*Conyza canadensis*) 等最具有優勢，其潛在外來歸化種尚如圓葉錦葵 (*Malva neglecta*)、輪葉蜀葵 (*Malva*

verticillata)、白頂飛蓬 (*Erigeron annuus*)、黑麥草 (*Lolium perenne*) 等 (修改自蔡尚惠等, 2012)。

本研究於 2012 年 11 月時之調查顯示, 現有楓香植栽之造林地地被層主要有臺灣芒 (*Miscanthus sinensis* var. *formosanus*) 及其它禾本科覆蓋, 冬季時尚能保持較高之綠覆率 (圖 5), 而其他無木本植物之徵收農地則因僅有大扁雀麥、加拿大蓬等草本植物為主要之覆蓋, 其明顯之冬枯現象造成綠覆率較低, 此即顯示林木覆蓋能維持較大的濕度使伴生之草本仍能在冬季生長, 更是證明造林復育具有水土保持等多項價值。



圖 5. 徵收農地中栽植楓香之造林地 (紅色虛線部份) 在冬季時地被層尚保持綠色植物覆蓋情形, 其它區域則多以外來歸化草本植物為主, 呈冬枯現象, 對水土保持較不利。

第二節 土壤化學性質調查

表 1 為武陵地區回收農地所採土壤樣本之 pH 值、全氮及有效磷。一般植物最適生長之 pH 值於 5~6 間, 而武陵回收地土壤 pH 約在 6.97~7.52 間, 屬於弱鹼土壤, 相較一般臺灣森林土壤為高, 而鄰近森林植群之樣區內土壤的 pH 值均接近酸性(4.2~4.9)。pH 值較高時, 可能造成土壤內養分供應不平衡, 影響植物生長。

在全氮方面, 一般正常土壤全氮量約於 0.02~0.4%, 由表 1 結果看來, 武陵回收地

全氮含量在 0.28~0.36 間、邊坡為 0.31~0.35，含量皆屬正常，代表其土壤中具足夠之全氮供植物利用，無缺乏之疑慮。

根據表 1 結果可知，回收農地土壤為鹼性土。pH 值高的鹼性土壤，磷易被碳酸鈣固定或形成難溶性之磷酸鈣沈澱，故有效性低 (陳仁炫，1992)。一般 Olsen 有效磷於 5 以上才屬正常，而數據顯示武陵地區回收農地土壤有效磷含量過低，可能為影響造林苗木生長原因之一。

表 1、武陵地區回收農地土壤 pH 值、全氮及有效磷

測定項目	聖誕果			楓香			櫻花土	
	根域土	非根域土	邊坡土	根域土		非根域土	邊坡土	
				優	劣			
pH 值 (H ₂ O)	7.52	7.14	7.13	7.41	7.41	7.12	7.10	6.97
全氮量 (%)	0.36	0.28	0.35	0.29	0.30	0.28	0.31	0.32
有效磷 (µg/g)	0.71	3.68	2.56	0.74	0.65	4.41	2.61	3.35

表 2 為武陵回收地土壤置換性鉀、鈉、鈣、鎂。土壤中置換性鈣含量有過高之現象，推測可能是因為農民曾大量使用石灰，造成鈣離子於土壤中累積，進而導致土壤鹼化。

高濃度的鈣會與有效磷形成鈣-磷沉澱物，導致苗木無法吸收磷，影響苗木生長。

表 2、武陵地區回收農地土壤置換性鉀、鈉、鈣、鎂 (m.e./100g)

測定項目	聖誕果			楓香			櫻花土	
	根域土	非根域土	邊坡土	根域土		非根域土	邊坡土	
				優	劣			
Na	0.059	0.049	0.024	0.599	0.110	0.066	0.104	0.050
Mg	1.707	1.029	1.387	1.222	0.936	0.984	1.720	1.014
K	0.567	0.627	0.798	0.623	0.329	0.326	0.817	0.532
Ca	34.832	33.081	31.666	33.344	33.137	30.288	26.397	32.255

第三節 造林苗木菌根共生調查與分離

表 3 為武陵地區回收農地所採土壤樣本之菌根菌孢子數。造林 5 年之聖誕果根域土壤每 100 g 土有 23 顆孢子，造林 3 年地區生長優勢及劣勢之楓香根域土各有 264 顆、58 顆孢子，而非苗木根域土則有 17 顆。

將篩洗出來的菌根孢子於光學顯微鏡下進行觀察鑑定，主要約為以下幾種：*Paraglomus occultum* (圖 6-1)、*Scutellospora calospora* (圖 6-2)、*Glomus etunicatum* (圖 6-3)、*G. mosseae* (圖 6-4)、*G. fasciculatum* (圖 6-5)、*Acaulospora mellea* (圖 6-6)、*A. laevis* (圖 6-7)。*Paraglomus* 屬的叢枝菌根菌具厚壁孢子，為單生或鬆散聚生，但不形成孢子果。孢子呈卵圓形或近球形，末端菌絲單生，與孢子接著處有時有隔板。孢壁為 2 層，外層隨孢子成熟逐漸加厚，最後表面剝落，內層壁薄膜狀。*Scutellospora* 屬的叢枝菌根菌，目前全世界約有 23 種。其孢子的孢壁經輕微擠壓破裂後，孢壁會分離成 2 或更多的壁群，其中在內壁群會含有 1 或多層的薄膜壁 (membraneous wall) 或皮革壁 (coriaceous wall)。孢子發芽時，會先於最內層壁群中或最內層壁上形成發芽盾，然後再產生發芽管向外延伸。*Glomus* 屬的叢枝菌根菌約有 70 多種，為內生菌根菌中最多的一屬。有些常會以多數聚集成孢子果，亦有單生於土中者。孢子呈球形至卵圓形，多具有不膨大之菌絲，孢子壁常為 1-2 層。*Acaulospora* 屬的叢枝菌根菌，孢子著生於產孢囊泡的柄外。當孢子成熟後，產孢囊泡萎縮脫落並在孢子外壁上留下一個圓形孢痕。而其發芽方式會先在內層胞壁內形成螺旋形的發芽盾 (germ shield)，然後才穿透孢子長出發芽管。

另外針對聖誕果及楓香進行菌根染色觀察，發現其菌根感染率非常低 (表 3)，代表根域土壤所篩洗出的孢子可能為草類共生的菌根菌孢子，並沒有共生於造林苗木，導致苗木於逆境下生長不佳。

表 3、武陵地區回收農地土壤菌根菌孢子數及菌根感染率

回收地種類	孢子數 (顆 / 100 g 土)	菌根感染率 (%)
造林 5 年		
聖誕果	23	0
造林 3 年		
楓香(優)	264	5
楓香(劣)	58	0
非根域土	17	-

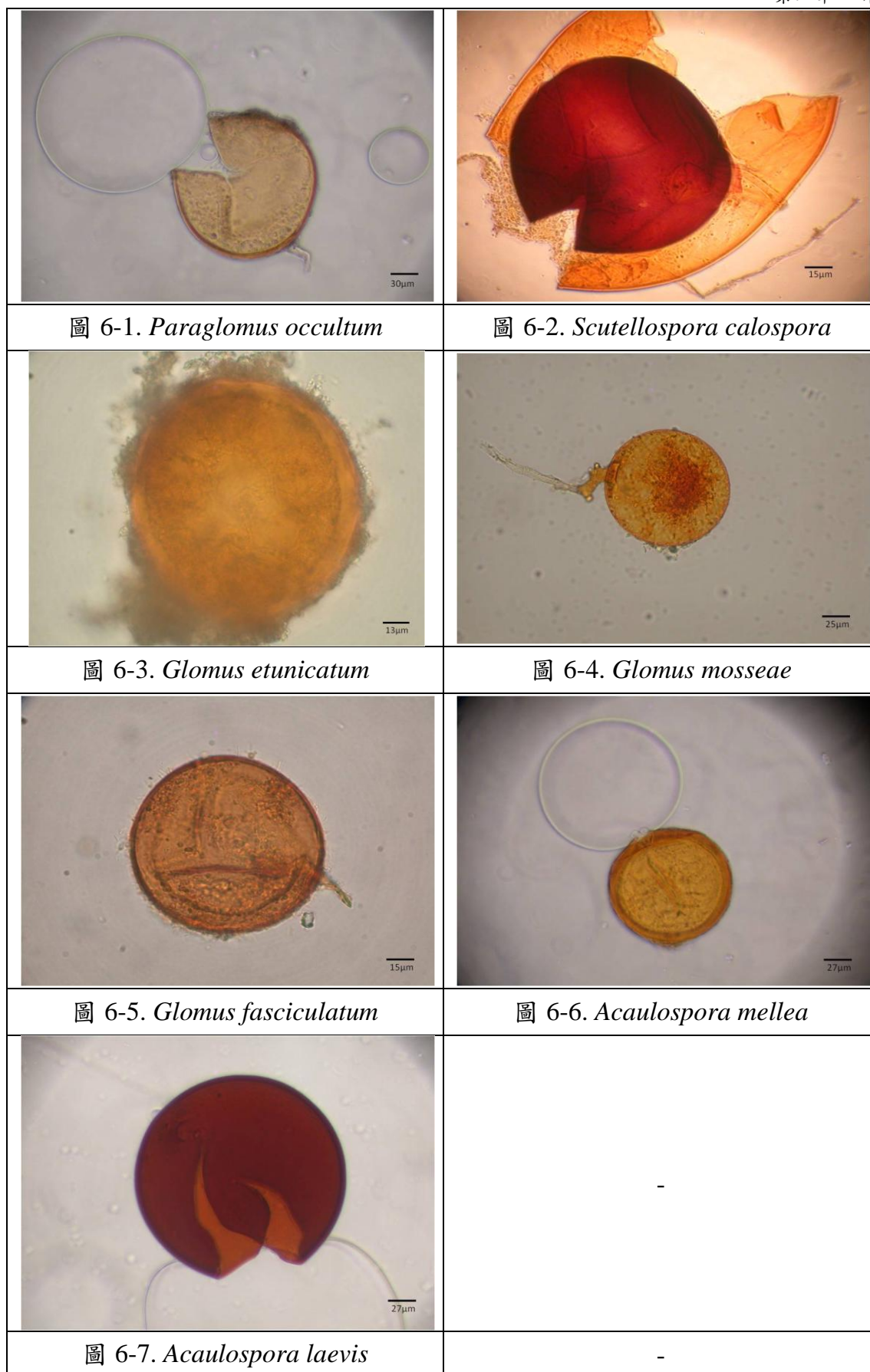


圖 6. 本究篩洗之各種菌根菌孢子圖

第三章 結論與建議

第一節 結論

武陵地區早期高山農業之環境，因施有機肥料而孳生蒼蠅，而徵收土地造林縮減園區內高山農業經營，為保育工作上之重要成果，本區土地雖未完成全面造林，但在停止農業活動後，經武陵地區長期監測研究顯示，其山溝水水質的硝酸鹽氮濃度已有逐年下降之趨勢，對臺灣櫻花鉤吻鮭的生存環境明顯改善許多，不啻為保育工作上最令人感到愉悅的成果。現有楓香植栽之造林地，其在冬季之綠覆率明顯比其它無林木覆蓋之徵收農地為佳，顯示造林復育已經對於水土保持產生良好之成效，而未來復育成森林後提供國土保安與維護生態環境的價值，亦遠高於農業經營價值加上其負面之影響，讓民眾更能關懷國土保育與貼近自然。

武陵回收地造林困難，初步調查得知造林地之土壤有效磷因土壤酸鹼值過高，導致土壤有效磷養分遭受限制，而造林地土壤中雖有菌根孢子，但現存之造林木菌根感染率極低，菌根孢子可能也只與草本植物共生，導致造林木在此逆境下生長不良。相同的情況在南投丹大地區之長達 20 年耕作之菜園回收地（林班地內）也可見到，土壤 pH 值過高，且菌根感染率不高等情形均使得造林苗木生長不良，顯示臺灣高山地區之林地一旦受到人為破壞，尤其過度利用之狀態下，要復育成具有生物多樣性價值的森林，恐需耗費更多的時間及成本。

第二節 建議

立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

持續針對菌根菌處理之造林木在本地區生長試驗研究，並改良土壤環境，以解決造林困難之窘境，確保日後造林成功。此外，可先行在雪霸國家公園既有之汶水苗圃培育適生植物，採集當地之種源作為栽植試驗之材料，於適當之造林期間回植本區域，以改善現有外來草本為主之景觀。

中長期建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

依據武陵地區當地潛在植群應為最適存於本研究區之植物種類，建議未來調查

周邊森林原生林相後，並參考生態造林法進行相關復育工作，例如在本區設立苗圃培育鄉土種苗木，不僅適應環境，並可自原生林地中收集潛在原生物種並取得林木菌根感染的機會，對未來之造林成功率將可大為提升。另設置長期復育觀察區，以對照組分成生態造林復育區與自然復育區，並設置解說牌，以彰顯回收農地復育森林生態之價值。

參考文獻

- 邱清安、曾喜育、王俊閔、吳倫鴻、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。
- 郭魁士 (1992) 土壤學。中國書局。238-240 頁。
- 陳仁炫 (1992) 土壤肥力診斷方法-由土壤性質研判。農藥世界 111: 32-37。
- 趙藝、施澤明、師剛強 (2009) 土壤 pH 值與土壤養分有效態關係探討-以內江市白馬鎮為
例。四川環境 28(6): 81-83。
- 劉業經、呂福原、歐辰雄 (1994) 臺灣樹木誌。國立中興大學農學院出版委員會 925 頁。
- 蔡尚惠、廖冠茵、曾喜育、王志強、陳泰安、廖泓懿、林志明、鍾文娟、蘇培凱、林誕
資、鄭朝正 (2012) 濱岸植群監測-武陵地區溪流生態系復育監測與研究 6~1-6~122
頁。
- 賴明洲 (2003) 綠色生態工程--生態造林法介紹。林業研究專訊 10(5):23-30。
- 顏江河 (1996) 彩色豆馬勃琉球松菌根在煤礦棄土對土壤溶液中鋁、硫含量及其吸收之效
應。國立臺灣大學博士論文。
- Alguacil, M. M., F. Caravaca and A. Roldán (2005) Changes in rhizosphere microbial activity
mediated by native or allochthonous AM fungi in the reforestation of a Mediterranean
degraded environment. *Biol. Fert. Soils* 41: 59-68.
- Bååth, E., Å. Frostegård and H. Fritze (1992) Soil bacterial biomass, activity, phospholipids
fatty acid pattern, and pH tolerance in an area polluted with alkaline dust deposition.
Applied and Environmental Microbiology 58: 4026-4031.
- Bethlengalvay, G. J., M. S. Brown, R. N. Ames and R. S. Thomas (1982) Effects of drought on
host and endophyte development in mycorrhizal soybeans in relation to water use and
phosphate uptake. *Physiologia Plantarum* 72: 565-571.
- Carrillo-García, A., J. L. Luz, Y. Bashan and G. J. Bethlengalvay (1999) Nurse plants,
mycorrhizae, and plant establishment in a disturbed area of the Sonoran desert. *Restor.
Ecol.* 7: 321-335.
- Duponnois, R., C. Planchette, Y. Prin, M. Ducouso, M. Kisa, A. Moustapha Ba, and A.
Galiana (2007) Use of mycorrhizal inoculation to improve reforestation process with
Australian Acacia in Sahelian ecozones. *Ecological Engineering* 29: 105-112.

- Duryea, M. L. (2000) Forest regeneration methods: Natural regeneration, direct seeding and planting. IFAS, University of Florida, Cooperative Extension Service. Circular 759. 13p.
- Frostegård, Å., E. Bååth and A. Tunlid (1993) Shifts in the structure of soil microbial communities in limed forest as revealed by phospholipid fatty acid analysis. *Soil Biology and Biochemistry* 25: 723-730.
- Gerdemann, J. W. and T. H. Nicolson (1963) Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 46: 235-244.
- Herrera, M. A., C. P. Salamanca and J. M. Barea (1993) Inoculation of woody legumes with selected arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia to recover desertified Mediterranean ecosystems. *Appl. Environ. Microbiol.* 59: 129-133.
- Hsi, L. C. and S. C. Chang (1960) Soil and soil fertility of Taiwan. Report on Soil and Fertilizer Uses in Taiwan R.O.C. JCRR. Plant Industry Series 20.
- Kabir, Z. and R. T. Koide (2000) The effect of dandelion or a cover crop on mycorrhiza inoculum potential, soil aggregation and yield of maize. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 78: 167-174.
- MacDonald, C. C. (1977) Methods of soil and tissue analysis used in the analytical laboratory. Canadian Forestry Service Information Report MM-X-78.
- McLean, E. O. (1982) Soil pH and lime requirement. *In: Page et al.* (eds.) *Methods of soil analysis. Part II. Chemical and microbiological properties* 2nd ed. ASA. CSSA. SSSA. Madison, Wisconsin.
- Miyawaki, A. (1999) Creative ecology: restoration of native forests by native trees. *Plant Biotechnology* 16(1): 15-25.
- Miyawaki, A. (2004) Restoration of living environment based on vegetation ecology: theory and practice. *Ecological Research* 19:83-90.
- Olsen, S. R., C. V. Cole, F. S. Watanabe, and L. A. Dean (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Department of Agriculture Circular 939.
- Rhoades, J. D. (1982) Cation exchange capacity. *In: Page et al.* (eds.) *Methods of soil analysis. Part II. Chemical and microbiological properties* 2nd ed. ASA. CSSA. SSSA. Madison,

Wisconsin.

Ryan, J., H. M. Hasan, M. Baasiri and H. S. Tabbara (1985) Availability and transformation of applied phosphorus in calcareous Lebanese soils. *Soil Science Society of America Journal* 49: 1215-1220.

Tunesi, S., V. Poggi and C. Gessa (1999) Phosphate adsorption and precipitation in calcareous soils: the role of calcium ions in solution and carbonate minerals. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 53: 219-227.

Zhao, J., Y. Dong, X. B. Xie, X. Li, X. X. Zhang and X. Shen (2011) Effect of annual variation in soil pH on available soil nutrients in pear orchards. *Acta Ecologica Sinica* 31: 212-216.

附錄一、2012年武陵地區 8.1 ha 回收農地樣區植物名錄 (修改自蔡尙熹, 2012)

(植物中文名後的*代表臺灣原生種)

1. POLYGONACEAE 蓼科

(1) *Polygonum multiflorum* Thunb. ex Murray var. *hypoleucum* (Ohwi) Liu, Ying & Lai 臺灣何首烏*(2) *Polygonum yunnanense* Leveille 虎杖*

2. CARYOPHYLLACEAE 石竹科

(3) *Stellaria media* (L.) Vill. 繁縷*

3. CRUCIFERAE=BRASSICACEAE 十字花科

(4) *Brassica oleracea* L. var. *capitata* DC. 高麗菜(5) *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic. 薺*

4. ROSACEAE 薔薇科

(6) *Prunus campanulata* Maxim. 山櫻花(農場栽培)(7) *Rubus croceacanthus* Levl. var. *croceacanthus* 虎婆刺*(8) *Rubus parviaraliifolius* Hayata 小椛葉懸鉤子*

5. LEGUMINOSAE=FABACEAE 豆科

(9) *Trifolium dubium* Sibth. 黃菽草

6. OXALIDACEAE 酢漿草科

(10) *Oxalis corniculata* L. 酢醬草

7. MALVACEAE 錦葵科

(11) *Malva neglecta* Wall. 圓葉錦葵(12) *Malva verticillata* L. 輪葉蜀葵

8. CUCURBITACEAE 葫蘆科

(13) *Thladiantha nudiflora* Hemsl. ex Forbes & Hemsl. 青牛膽*

9. ONAGRACEAE 柳葉菜科

(14) *Epilobium amurense* Hausskn. 黑龍江柳葉菜*

10. ASCLEPIADACEAE 蘿藦科

(15) *Cynanchum boudieri* H. Lev. & Vaniot 薄葉牛皮消*

11. RUBIACEAE 茜草科
- (16) *Galium formosense* Ohwi 圓葉豬殃殃*
12. LABIATAE =LAMIACEAE 唇形科
- (17) *Clinopodium gracile* (Benth.) Kuntze 光風輪*
13. SCROPHULARIACEAE 玄參科
- (18) *Veronica persica* Poir. 臺北水苦蕒
14. SOLANACEAE 茄科
- (19) *Solanum pseudo-capsicum* L 玉珊瑚(聖誕果)
15. COMPOSITAE=ASTERACEAE 菊科
- (20) *Conyza canadensis* (L.) Cronq. 加拿大蓬
- (21) *Conyza sumatrensis* (Retz.) Walker 野苘蒿
- (22) *Erigeron annuus* (L.) Pers. 白頂飛蓬
- (23) *Gnaphalium luteoalbum* L. subsp. affine (D. Don) Koster
鼠麴草*
- (24) *Sonchus oleraceus* L. 苦蕒菜
- (25) *Taraxacum officinale* Weber in Wiggers 西洋蒲公英
16. GRAMINEAE=POACEAE 禾本科
- (26) *Bromus catharticus* Vahl 大扁雀麥
- (27) *Bromus hordeaceus* L. 毛雀麥
- (28) *Festuca arundinacea* Schreb. 葦狀羊茅
- (29) *Lolium perenne* L. 黑麥草
- (30) *Miscanthus sinensis* Anderss var. *formosanus* Hack. 臺灣芒*
- (31) *Poa annua* L. 早熟禾*
- (32) *Polypogon fugax* Nees ex Steud. 棒頭草*

附錄二、武陵地區 8.1 ha 回收農地復育過程相關照片



2006年本區域徵收前農地大量施用石灰
(白色部份)



2007.11.1.雪霸處於徵收農地公告將辦理
造林復育牌示



2008.6.10.雪霸處進行造林復育前,將違法
使用之菜園以推土機整地



2008.6.11.雪霸處同仁協助栽植楓香小苗



2012.2.16.本研究進行楓香根域土土壤採
集工作



2012.11.5.本研究區域之植栽現況,前方枯
枝為加拿大蓬冬枯情形,較後方綠地為栽
植楓香區域