

陽明山國家公園火山土壤成份與
植物適應性之研究

**The relationship between volcanic soils and
physiology of ecesis plants in Yangmingshan
National Park**

內政部營建署陽明山國家公園管理處

委託研究報告

中華民國 96 年 12 月

(國科會 GRB 編號)

PG9604-0341

(本部計畫編號)

096301020300G1004

陽明山國家公園火山土壤成份與 植物適應性之研究

**The relationship between volcanic soils and
physiology of ecesis plants in Yangmingshan
National Park**

受委託者：國立中興大學森林學系

研究主持人：顏江河

研究助理：李苑瑋

內政部營建署陽明山國家公園管理處

委託研究報告

中華民國 96 年 12 月

目次

表次	II
圖次	III
摘要	IV
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二章 文獻回顧	2
第一節 文獻回顧	2
第三章 試驗設計	4
第一節 研究地區	4
第二節 材料與方法	4
第四章 結果與討論	6
第一節 火山土壤成份分析	6
第二節 木質部汁液與植體養分分析	9
第三節 菌根調查	21
第五章 結論與建議	23
第一節 結論	23
第二節 建議	24
附錄一 研究地區示意圖	25
附錄二 研究樣區現場情況	26
附錄三 菌根感染型態	28
附錄四 菌根菌孢子型態	30
附錄五 期中報告會議記錄	32
附錄六 期末報告會議記錄	34
附錄七 解說文稿	36
參考書目	38

表 次

表 1 大礮嘴、小油坑大油坑及四礮坪四處採樣點的火山土壤性質分析	8
表 2 2007 年夏季與秋季大礮嘴南燭及燈稱花與大油坑森氏紅淡比木質部汁液陰離子的養分濃度變動情形	15
表 3 2007 年夏季與秋季大礮嘴南燭及燈稱花與大油坑森氏紅淡比木質部汁液陽離子的養分濃度變動情形	16
表 4 不同採集地點之南燭、燈稱花與森氏紅淡比木質部汁液陰離子的養分濃度比較	17
表 5 不同採集地點之南燭、燈稱花與森氏紅淡比木質部汁液陽離子的養分濃度比較	18
表 6 大礮嘴、大油坑、大雪山、惠蓀林場及中興大學校園等南燭、燈稱花及森氏紅淡比葉部不同養分元素之濃度	20
表 7 大礮嘴、大油坑、小油坑及四礮坪等地被植物芒草、山菅蘭、栗蕨、過山龍及野牡丹等地上部不同養分元素之濃度	20
表 8 採樣點優勢植生的根域菌根孢子與菌根觀察	22

圖 次

圖 1 2007 年夏季萃取大油坑的森氏紅淡比、大礮嘴的南燭及燈稱 花木質部汁液陰離子的養分濃度	10
圖 2 2007 年夏季萃取大油坑的森氏紅淡比、大礮嘴的南燭及燈稱 花木質部汁液陽離子的養分濃度	11
圖 3 2007 年秋季萃取大油坑的南燭、燈稱花及森氏紅淡比木質部 汁液陰離子的養分濃度	12
圖 4 2007 年秋季萃取大油坑的南燭、燈稱花及森氏紅淡比木質部 汁液陽離子的養分濃度	12
圖 5 2007 年秋季萃取大礮嘴的南燭及燈稱花木質部汁液陰離子的 養分濃度	13
圖 6 2007 年秋季萃取大礮嘴的南燭及燈稱花木質部汁液陽離子的 養分濃度	14

摘 要

【關鍵字】陽明山國家公園、火山土壤、菌根、木質部汁液、適生性

一、研究緣起

陽明山國家公園具有特殊的地理位置及獨特的土壤環境，長年在後火山作用下，使該區土壤 pH 呈極酸性，土壤成份與一般森林土壤差異甚大。生態學者更指出土壤因子是最能反應植群演替序列的變化，因此，火山地區土壤成份與植物適生性是本計畫研究之目的。

二、研究方法及過程

本研究依海拔選定大磺嘴(200~250 m)、四磺坪(300~350 m)、大油坑(600 m)及小油坑(800 m)等 4 處噴氣孔為研究地，經調查後選定該區適生植物種類，對於木本植物萃取木質部汁液及植體物養分分析，採取其根圈土壤進行菌根調查，同時在研究地隨機取土混合成樣本，攜回實驗室進行火山土壤成份分析。

三、重要發現

本計畫對於陽明山國家公園內大磺嘴、小油坑、大油坑及四磺坪火山土壤與植物適應性之研究有以下幾點重要發現：

1. 火山土壤 pH 呈極酸性，土壤養分會隨著裸地到灌木地而增加。
2. 植體內木質部汁液養分有明顯季節性變動。
3. 南燭、燈稱花、森氏紅淡比及調查之地被植物都具有菌根感染，且土壤中孢子量豐富。

四、主要建議事項

根據研究發現，本計畫針對陽明山國家公園火山土壤成份與植物適應性之研究，提出下列具體建議。以下分別從立即可行之建議，及長期性建議加以列舉。

立即可行之建議：

1. 園區內不良地如有需要栽植樹種時，可利用菌根菌接種苗木增加苗木存活機會。
2. 陽管處可定期舉辦菌根菌研習營，教導民眾如何觀察認識菌根菌，以達國家公園教育解說之功能。

長期性之建議：

1. 火山土壤、適生植物與菌根三者關係，已有初步成果，若要進一步瞭解菌根菌是植物在火山土壤生存的重要關鍵，則需設計溫室室內試驗來證明。
2. 火山土壤的植物生長經調查後，都有菌根菌的感染，且土壤菌根菌孢子量豐富，應可經由分子技術層面來討論植物適生之機制，對於植物地理學之分佈得到一個完整的解釋。

Abstract

【Keywords】 Yangmingshan National Park, volcanic soils, mycorrhiza, xylem sap, ecesis

Yangmingshan National Park preserves particular geography site and soils environment. The soils pH value of the place is extremely acids in phenomena of post-volcanism all the year round, and soil materials differ from the soils of forest. The ecologists point out that soil factors is the most reflection vegetation successional sequence. Therefore, the purpose of this study is to understand the soils of volcanism area and plant ecesis relationship. The experiment area are Tahuangtsui (200~250 m), Szuhuangping (300~350 m), Dahyukeng (600 m) and Siaoyukeng (800 m) four fumaroles according to elevation. When the ecesis species of the place are recorded to choose, the mycorrhiza investigates around rhizosphere and selects soils random to mix at the same time. Then taking soils sample analysis in laboratory.

There are a few points that we made out on the research on Yangming national park's Tahuangtsui, Szuhuangping, Dahyukeng and Siaoyukeng and plants' adaptability, these are the points that we found:

1. The result shows that the pH value of soil of volcanism area is extremely acid, the nutrients in the soil increases as from bare land to bush land.
2. The nutrients of xylem sap in plants has a obvious change to seasonal changing.
3. The *Lyonia ovalifolia* var. *ovalifolia*, *Llex asprella*, *Cleyera japonica* var. *morii* and investigated plants are colonized by the

mycorrhiza and the soil contains a great amount of spores.

According to the research of the project on Yangming national park's and plants's adaptability, a few of strategies have been brought out. Belows are the immediate and long-term strategies:

For immediate strategies:

1. If any trees had to be planted on a barren, we could increase their survivability by the mycorrhiza colonization.
2. Administration of Yangming could hold a conference seminar to deliver the knowledge about mycorrhizal, in order to achieve the goal of national park on delivering knowledge.

For long-term strategies:

1. Preliminary result is taken out for the relationship between volcanic soils and physiology of ecesis plants. Potted plant trial would have to be applied in order to realize mycorrhiza is the key point to the plants to survive.
2. The plant of volcanic soils is found to be infected by mycorrhiza and it contain abundance of spores. Yet, we may discuss the mechanism of ecesis plants in accordance with the molecular view. Therefore, a complete explanation could be brought out upon the geographical distribution of the plants.

第一章 緒 論

第一節 研究緣起與背景

陽明山國家公園成立後積極推動園區內的生物資源及生態相關研究，其為台灣最主要的火山區，局部地區仍受後火山作用產生所謂噴氣孔(fumaroles)、硫氣孔(sulfatoras)及溫泉(hot spring)的影響，具有獨特的火山生態系及其伴生之動植物。本區位於台灣最北端，常年受強勁東北季風影響，又因地形及坡向等微環境之變化，使本區植物多樣性相當高，在 11,455 公頃之園區內擁有芒草原、矢竹林、闊葉林、人工造林及水生植物群落等生態系，而維管束植物則多達一千三百餘種，幾達全台數量之三分之一，具有極高的研究價值。陽明山國家公園成立至今，委託許多學者進行陽明山國家公園植物生態資源之相關調查，僅將調查紀錄之種類加以條列名錄，並未深入探討火山土壤特性與適生植物間之關係，此部份在早期相關文獻或參考資料中亦闕如。

國家公園設立目的在於保護國家特有自然風景、野生物及史蹟，並提供保育研究、環境教育解說宣導及遊憩育樂等多項功能。為瞭解此獨特地質所孕育適生植物之關係，本年度計畫針對火山土壤成份與植物體內養分流動，探討園區內火山土壤成份與特定適生植物生理特性之相互關係，瞭解火山地區植物生長與土壤環境間之限制因子或有利因子，建立土壤與植物生理生態間互動資料。

第二章 文獻回顧

第一節 文獻回顧

大屯火山群植群，長久被許多學者對該地植群分布與火山的關係多所推測。受到後火山作用的影響，硫化物含量特別高之硫磺噴氣孔，周圍環境普遍呈極酸化現象、土壤及水質的 pH 值甚至低達 1.7，加上此區岩石裸露，僅有少數耐性極酸之植物能生存，其所形成之群體屬特定植物，故有硫磺區植群之稱（Yoshioka, 1965；Teujimura, 1979）。陳益明及郭城孟（1989）選擇硫磺噴氣孔，進行植物社會及其組成之調查，並與氣體、水質及土壤加以綜合分析，發現土壤因子最能反應植群演替的序列變化。駒岳（Koma）為日本北海道的一座火山，日本許多學者曾在此做菌根種類的調查，發現各種菌根形態組合皆有，以叢枝菌根之形態最為豐富（Titus and Tsuyuzaki, 2002；Tsuyuzaki et al., 2005），然而，國內對於火山地區之適生植物生態生理關係卻少見研究者。

報告指出，菌根可擴大植物根部對養分及水分的吸收，可促進植物生長（Safir et al., 1971；Isaac, 1992；Querejeta et al., 2003），改善土壤物理及化學性質（呂斯文及張喜寧，1998；Hankan and Tonie, 1999）。陽明山為一火山群，土壤呈極酸性，此種立地基質，會限制酸性敏感植物的入侵與分布，但卻助長耐酸性植物的大量拓展，由園區天然優勢樹種的山茶科（Theaceae）及杜鵑科（Ericaceae）植物可以證明，該類植物都有菌根共生存在，在惡劣的環境下，菌根能幫助植物獲得最佳適生性，及改善養分不足的狀況，尤其對氮、磷提供的利用吸收更為重要（顏江河及林哲毅，2002；Entry et al., 1992）。

木質部汁液（xylem sap）養分的測定，可快速又方便得知養分元素在植物體內的變動（Stark et al., 1984）。顏江河（1996）利用木質

部汁液養分分析，證明當少部分鋁離子進入琉球松（*Pinus luchuensis*）體內時，琉球松會以檸檬酸進行解鋁毒害的運送機制，其他大部分鋁離子則堆積在菌根之菌毯（fungal mantle），可知菌根協助琉球松克服煤礦棄土的環境逆境，並具有極重要的生理生態功能。硫磺區土壤如同煤礦棄土具有高硫含量的性質，硫為植物生長的主要大量元素之一，硫與氮同為構成蛋白質的主要成分，已有學者證實麩胱甘酞（glutathione, GSH），為植物體內運送還原態硫的主要型態（Schupp et al., 1992）。因此，在複雜的土壤成份中，植物與菌根菌對元素吸收進入體內，其生理特性及適生極可能不同，藉此也可從另一角度探討火山地區與植物生理生態之關係。植物對於惡劣生育地的適應性似可藉由避免（avoidance）或忍受（tolerance）等方式反應（Horst, 1991），就不同植物適應酸性土壤之策略，是避免或忍受的方式，值得研究。

第三章 試驗設計

第一節 研究地區

在陽明山國家公園區內具有代表性之噴氣孔主要有 13 處，為了兼顧不同海拔高度之微環境不同，選擇依海拔由低而高各為大磺嘴、四磺坪、大油坑及小油坑 4 處為研究地。大磺嘴位於紗帽山西南方，海拔 200~250 m；四磺坪位於磺嘴山北側，海拔 300~350 m；大油坑位於上磺溪橋上游 400 公尺，海拔 600 m；小油坑位於七星山西北側之崩裂口，海拔 800 m。

第二節 材料與方法

本計畫擬定之研究過程及方法如下：

1. 土壤成份分析：

在 4 個研究地區距離噴氣孔 0 m（裸地）、300 m（草生地）及 600 m（灌木地）處，分別隨機採取土壤樣點 6 處，將其混合成 1 個樣本，即大磺嘴、小油坑、大油坑及四磺坪 4 個研究區域，分別有裸地、草生地及灌木地 3 個類別，土壤樣本數為 $4 \times 3 = 12$ 個帶回實驗室分析。分析項目為：土壤酸鹼值（Mc Lean, 1982）、土壤凱氏全氮分析法（Semimacro Kjeldahl method）（MacDonald, 1977）、土壤有效磷（Olson and Sommer, 1982）、置換性陽離子（Cation Exchange Capacity, 簡稱 C.E.C.）以及置換性鋁與硫酸根（Rhoades, 1982）。

2. 木質部汁液萃取：

選擇四處研究地以及距離噴氣孔遠處的優勢木本植物樹種，以 Osonubi 等（1988）植物壓力箱（presser chamber）方法壓取木質部汁液，以離子層析儀（Ion Chromatography, IC）進行成分分析，並採集植物各部位樣本，特別針對元素如：鋁、硫、氮、磷、鉀、鎂、鈣等在植體內的定性與定量，進行養分狀況分析。

3. 菌根調查分兩部分：

選擇四處研究地之適生樹種之根系及根圍土壤，進行下述分析：

- (1). 以肉眼觀察，根系若呈外生菌根狀態，則取樣之後立即以固定液固定，攜回實驗室後，進行顯微觀察。
 - (2). 根系若無外生菌根型態，則採取植株細根帶回實驗室分別做菌根染色切片（Koske and Gemma, 1989），利用顯微鏡觀察菌根感染情形；並採取根圍附近鮮土帶回實驗室，以濕篩傾倒法進行菌種孢子分離（Gerdemann and Nicolson, 1963），再以糖液梯度離心法去除雜質（Brunder et al., 1996），再於解剖顯微鏡挑取孢子，利用 PVLG（Polyviny-Lacto-Glycerol）與 Melzer' s reagent 包埋製作玻片保存（Morton, 1988），利用光學顯微鏡觀察孢子形態與孢壁構造，並拍照記錄供菌種鑑定。
4. 依調查及分析結果，撰寫研究報告。

第四章 結果與討論

第一節 火山土壤成份分析

表 1 為大礮嘴、小油坑、大油坑及四礮坪火山土壤性質分析。結果顯示，四個樣點的裸地 pH 值為 1.90 ~ 3.11 之間，為極酸性 (extremely acid, <4.5)；草地 pH 值為 3.01 ~ 4.06 之間也呈極酸性；灌木地 pH 值為 3.50 ~ 5.24 之間呈極酸性至強酸性，四個樣點不論裸地、草地或灌木地皆以大油坑之 pH 值最低。土壤含氮量裸地為 0.05 ~ 1.11% 之間；草地為 0.12 ~ 2.99% 之間；灌木地為 0.63 ~ 5.12% 之間，皆以小油坑土壤含氮量最高，大油坑土壤含氮量最低。土壤有機質裸地為 0.21 ~ 1.14% 之間，以大油坑土壤有機質最高；草地為 2.03 ~ 4.08 % 之間；灌木地為 4.66 ~ 7.05% 之間，草地及灌木地之土壤有機質以小油坑最高，四礮坪最低。土壤有效磷裸地為 1.21 ~ 2.63 ppm 之間，以大油坑土壤有效磷最高，四礮坪最低；草地為 6.45 ~ 12.12 ppm 之間以小油坑土壤有效磷最高，四礮坪最低；灌木地為 13.17 ~ 31.11 ppm 之間，以大礮嘴土壤有效磷最高，四礮坪最低。土壤陽離子置換中四個樣點的裸地置換性鉀離子為 0.58 ~ 1.15 m.e./100g 之間，以大油坑置換性鉀離子最高，草地置換性鉀離子為 1.88 ~ 2.84 m.e./100 g 之間，以四礮坪置換性鉀離子最高，灌木地置換性鉀離子為 2.10 ~ 5.35 m.e./100 g 之間，以小油坑置換性鉀離子最高。四個樣點的裸地置換性鈉離子為 0.16 ~ 2.80 m.e./100g 之間，草地置換性鈉離子為 0.45 ~ 5.32 m.e./100g 之間，灌木地置換性鈉離子為 1.82 ~ 6.84 m.e./100 g 之間，皆以大礮嘴置換性鈉離子最高，以小油坑置換性鈉離子最低。四個樣點的裸地置換性鈣離子為 0.53 ~ 1.62 m.e./100g 之間，以大油坑置換性鈣離子最高，草地置換性鈣離子為 1.17 ~ 5.48 m.e./100 g 之間，灌木地置換性鈣離子為 2.61 ~ 9.13 m.e./100g 之間，草地及灌木地以小油坑置換性鈣離子最高。四個樣點的裸地置換性鎂離子為 0.35

~ 1.42 m.e./100 g 之間，以四礮坪置換性鎂離子最高，草地置換性鎂離子為 1.48 ~ 2.42 m.e./100 g 之間，以四礮坪置換性鎂離子最高，灌木地置換性鎂離子為 3.15 ~ 6.90 m.e./100 g 之間，以小油坑置換性鎂離子最高。四個樣點的裸地土壤可置換鋁為 121.06 ~ 788.69 ppm 之間，草地土壤可置換鋁為 105.83 ~ 651.65 ppm 之間，皆以小油坑可置換鋁為最高，以大礮嘴可置換鋁為最低，灌木地土壤可置換鋁為 85.35 ~ 230.02 ppm 之間，則以小油坑可置換鋁為最高，以大油坑可置換鋁為最低，四個樣點的土壤可置換鋁皆有隨裸地、草地及灌木地而下降之趨勢。四個樣點的裸地土壤無機態硫為 5736.62 ~ 1918.52 ppm 之間，以大油坑無機態硫為最高，以大礮嘴無機態硫為最低，草地土壤無機態硫為 2863.07 ~ 1649.29 ppm 之間，灌木地土壤無機態硫為 857.40 ~ 271.88 ppm 之間，草地及灌木地皆以四礮坪無機態硫為最高，以大油坑無機態硫為最低。

表 1. 大磺嘴、小油坑、大油坑及四磺坪四處採樣點的火山土壤性質分析

樣區	pH 值	N (%)	有機質 (%)	有效性 P (ppm)	可置換性陽離子(m.e./100g)				可置換鋁 (ppm)	無機態硫 (ppm)
					K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺		
大磺嘴 (裸地)	2.15±0.03	0.06±0.01	0.21±0.06	1.38±0.24	0.58±0.12	2.80±0.43	0.53±0.11	1.11±0.04	21.06±1.38	1918.52±125.64
(草地)	4.03±0.06	0.12±0.21	2.74±0.25	9.44±0.12	1.88±0.90	5.32±0.39	1.17±0.41	1.48±0.11	105.83±2.31	1649.29±113.23
(灌木地)	4.03±0.04	1.49±0.37	6.16±0.26	31.11±0.67	2.10±1.22	6.84±0.72	2.61±0.52	3.15±0.62	235.35±8.07	546.61±25.81
小油坑 (裸地)	3.11±0.01	1.11±0.57	0.36±0.15	1.44±0.17	0.76±0.18	0.16±1.56	1.20±0.11	0.35±0.04	788.69±18.56	2901.83±149.74
(草地)	3.06±0.01	2.99±0.57	4.08±0.23	12.12±1.69	2.43±0.42	0.45±0.76	5.48±2.95	1.70±0.37	651.65±7.58	2145.89±155.52
(灌木地)	4.63±0.08	5.12±1.30	7.05±0.22	18.48±1.62	5.35±3.88	1.82±0.72	9.13±9.73	6.90±2.31	230.02±4.11	813.73±64.86
大油坑 (裸地)	1.90±0.02	0.05±0.01	1.14±0.11	2.63±0.18	1.15±1.02	1.23±0.77	1.62±0.31	0.99±0.27	68.99±1.05	5736.62±309.53
(草地)	3.01±0.01	0.16±0.10	2.62±0.04	8.38±0.09	2.78±0.57	2.32±0.11	2.11±0.24	1.87±0.37	135.48±1.59	1834.32±111.07
(灌木地)	3.50±0.02	0.63±0.17	4.98±0.12	13.36±0.54	4.78±0.66	4.07±0.69	3.36±0.32	3.41±0.21	37.68±2.00	271.88±21.80
四磺坪 (裸地)	2.79±0.01	0.05±0.01	0.60±0.02	1.21±0.23	1.04±0.31	1.16±0.71	1.34±0.14	1.42±0.24	152.13±4.55	4669.79±333.32
(草地)	4.06±0.02	0.67±0.15	2.03±0.15	6.45±0.93	2.84±0.34	2.50±0.78	2.91±0.31	2.42±0.40	232.82±3.16	2863.07±256.89
(灌木地)	5.24±0.01	1.45±0.19	4.66±0.08	13.17±0.23	3.66±0.35	2.77±0.57	7.13±0.86	5.75±0.26	48.48±0.70	857.40±78.86

第二節 木質部汁液與植體養分分析

在大磺嘴樣區先選擇優勢木本植物南燭(*Lyonia ovalifolia* var. *ovalifolia*)及燈稱花(*Ilex asprella*)萃取木質部汁液做養分分析。南燭為杜鵑科植物，出現於台北市北投陽明山地區及大屯山一帶，該地區地質原為一火山群，植被特殊，而南燭亦屬於硫磺泉植物群系之一成員。燈稱花為冬青科，在陽明山區普遍可見，其根部可供藥用。大磺嘴裸露地及草生地，以芒草(*Miscanthus sinensis*)為禾本科植物最為普遍分佈，山管蘭(*Dianella ensifolia*)為百合科植物次之，芒草及山管蘭皆為草本植物，故無法萃取木質部汁液做養分分析。但在靠近硫磺噴氣孔仍可見其生長良好，在菌根調查初步結果顯示，其根內受菌根感染高，推測菌根菌在其養分吸收方面佔有重要角色。另外，在大油坑樣區則選擇優勢木本植物森氏紅淡比(*Cleyera japonica* var. *morii*)萃取木質部汁液做養分分析。森氏紅淡比為山茶科植物，特產於台灣全島，尤其在北部山區甚為普遍。

1. 木質部汁液養分

森氏紅淡比、南燭及燈稱花木質部汁液 pH 值分別為 5.55、5.37 及 5.91。圖 1 為 2007 年夏季萃取大油坑的森氏紅淡比、大磺嘴的南燭及燈稱花木質部汁液陰離子的養分濃度。氟離子濃度以大磺嘴的南燭 43.00 ppm 為最高，大磺嘴的燈稱花 26.80 ppm 次之，大油坑的森氏紅淡比 22.70 ppm 最低；氯離子濃度以大磺嘴的南燭 707.00 ppm 為最高，大油坑的森氏紅淡比 400.90 ppm 次之，大磺嘴的燈稱花 373.80 ppm 最低；硝酸根離子濃度以大油坑的森氏紅淡比 40.30 ppm 為最高，大磺嘴的燈稱花 16.50 ppm 次之，大磺嘴的南燭 5.70 ppm 最低；磷酸根離子濃度以大磺嘴的燈稱花 39.29 ppm 為最高，大磺嘴的南燭 19.50 ppm 次之，大油坑的森氏紅淡比 1.82 ppm 最低；硫酸根離子濃

度以大磺嘴的燈稱花 146.20 ppm 為最高，大磺嘴的南燭 116.80 ppm 次之，大油坑的森氏紅淡比 31.64 ppm 最低。

由火山土壤成份分析結果得知，該試驗地土壤呈極酸性，而在這三種植物體木質部汁液 pH 值維持弱酸性，發現三種植物木質部汁液氯離子濃度相當高，氯為一種抗衡離子，可維持細胞膜內外之電中性，也是液胞中主要的滲透活性溶質，因此大多數植物會累積大量的氯，遠超過實際需求。此外，硫酸根離子也較其他陰離子在植物體內濃度高。

圖 2 為 2007 年夏季萃取大油坑的森氏紅淡比、大磺嘴的南燭及燈稱花木質部汁液陽離子的養分濃度。鈉離子濃度以森氏紅淡比 14.60 ppm 為最高，南燭 12.80 ppm 次之，燈稱花 9.30 ppm 最低；銨離子濃度以南燭 17.30 ppm 為最高，燈稱花 7.90 ppm 次之，森氏紅淡比 5.00 ppm 最低；鉀離子以森氏紅淡比 153.53 ppm 為最高，南燭 122.48 ppm 為最低；鎂離子濃度以南燭 23.00 ppm 為最高，燈稱花 6.00 ppm 次之，森氏紅淡比 5.10 ppm 最低；鈣離子濃度以南燭 54.7 ppm 為最高，燈稱花 9.50 ppm 次之，森氏紅淡比 8.30 ppm 最低。

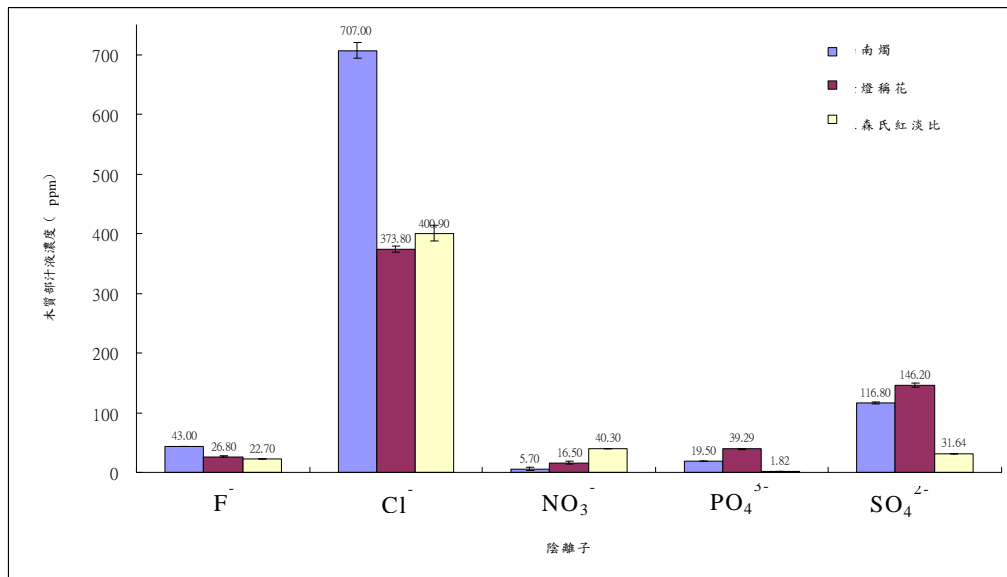


圖 1. 2007 年夏季萃取大油坑的森氏紅淡比、大磺嘴的南燭及燈稱花木質部汁液陰離子的養分濃度

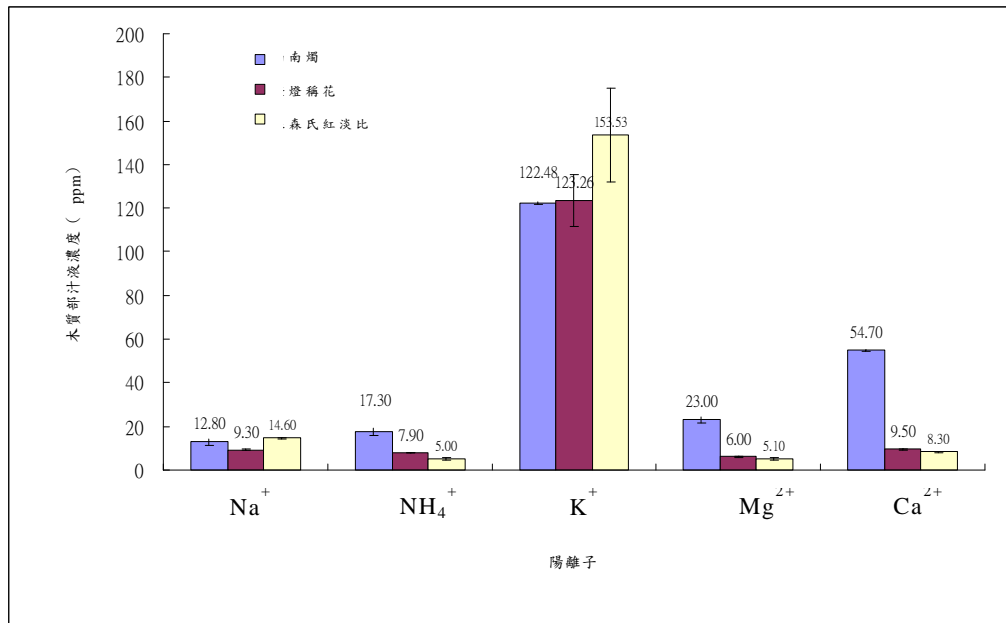


圖 2. 2007 年夏季萃取大油坑的森氏紅淡比、大磺嘴的南燭及燈稱花木質部汁液陽離子的養分濃度

圖 3 為 2007 年秋季萃取大油坑的南燭、燈稱花及森氏紅淡比木質部汁液陰離子的養分濃度。氟離子濃度以南燭 9.89 ppm 為最高，燈稱花 3.59 ppm 次之，森氏紅淡比 2.63 ppm 最低；氯離子濃度以燈稱花 160.66 ppm 為最高，南燭 136.48 ppm 次之，森氏紅淡比 78.29 ppm 最低；硝酸根離子濃度以森氏紅淡比 3.51 ppm 為最高，南燭 2.90 ppm 次之，燈稱花 1.99 ppm 最低；磷酸根離子濃度以南燭 80.09 ppm 為最高，森氏紅淡比 13.98 ppm 次之，燈稱花 11.67 ppm 最低；硫酸根離子濃度以燈稱花 93.92 ppm 為最高，南燭 50.53 ppm 次之，森氏紅淡比 35.24 ppm 最低。

圖 4 為 2007 年秋冬萃取大油坑的南燭、燈稱花及森氏紅淡比木質部汁液陽離子的養分濃度。鈉離子濃度以南燭 16.54 ppm 為最高，燈稱花 11.07 ppm 次之，森氏紅淡比 7.78 ppm 最低；氫離子濃度以森氏紅淡比 1.55 ppm 為最高，南燭 1.40 ppm 次之，燈稱花 1.39 ppm 最低；鉀離子濃度燈稱花 307.51 ppm 為最高，南燭 230.31 ppm 次之，森氏紅淡比 117.94 ppm 最低；鎂離子濃度以南燭 9.68 ppm 為最高，

燈稱花 6.91 ppm 次之，森氏紅淡比 5.45 ppm 最低；鈣離子濃度以南燭 33.50 ppm 為最高，森氏紅淡比 9.14 ppm 次之，燈稱花 7.29 ppm 最低。

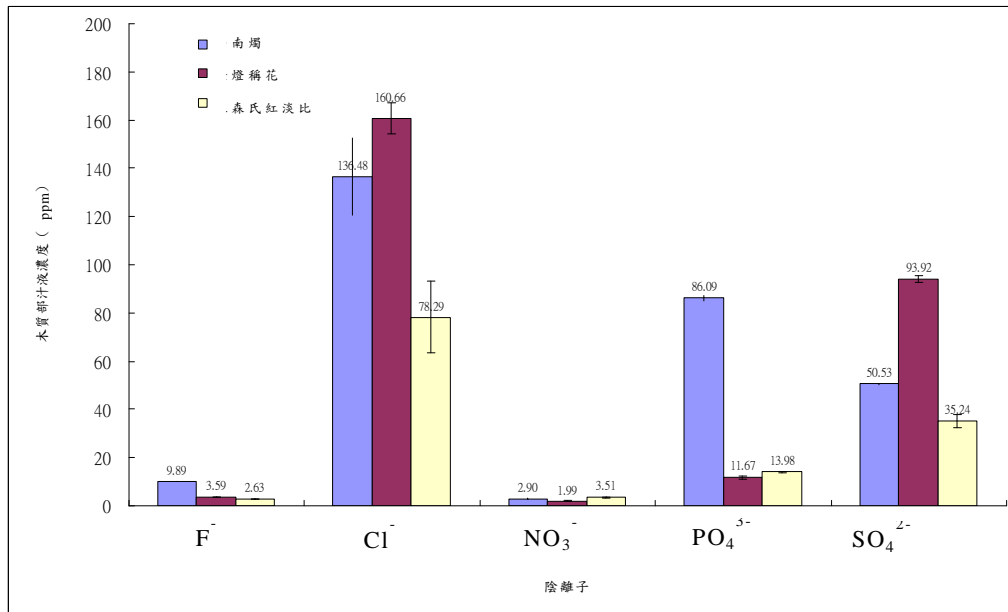


圖 3. 2007 年秋季萃取大油坑的南燭、燈稱花及森氏紅淡比木質部汁液陰離子的養分濃度

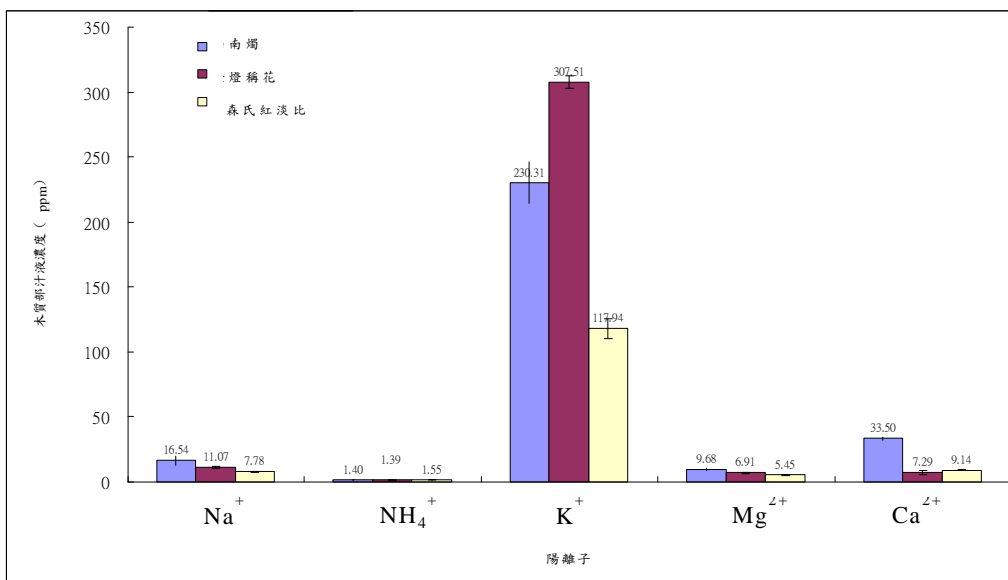


圖 4. 2007 年秋季萃取大油坑的南燭、燈稱花及森氏紅淡比木質部汁液陽離子的養分濃度

圖 5 為 2007 年秋季萃取大磺嘴的南燭及燈稱花木質部汁液陰離子的養分濃度。氟離子濃度以南燭 8.34 ppm 為最高，燈稱花 2.52 ppm 最低；氯離子濃度以南燭 49.65 ppm 為最高，燈稱花 36.83 ppm 最低；硝酸根離子濃度以燈稱花 5.44 ppm 為最高，南燭 0.78 ppm 最低；磷酸根離子濃度以南燭 25.67 ppm 為最高，燈稱花 22.68 ppm 最低；硫酸根離子濃度以燈稱花 44.92 ppm 為最高，南燭 37.04 ppm 最低。

圖 6 為 2007 年秋季萃取大磺嘴的南燭及燈稱花木質部汁液陽離子的養分濃度。鈉離子濃度以南燭 5.14 ppm 為最高，燈稱花 3.07 ppm 最低；氫離子濃度以南燭 1.81 ppm 為最高，燈稱花 1.14 ppm 最低；鉀離子濃度南燭 144.70 ppm 為最高，燈稱花 122.07 ppm 最低；鎂離子濃度以南燭 13.80 ppm 為最高，燈稱花 3.59 ppm 最低；鈣離子濃度以南燭 24.49 ppm 為最高，燈稱花 4.93 ppm 最低。

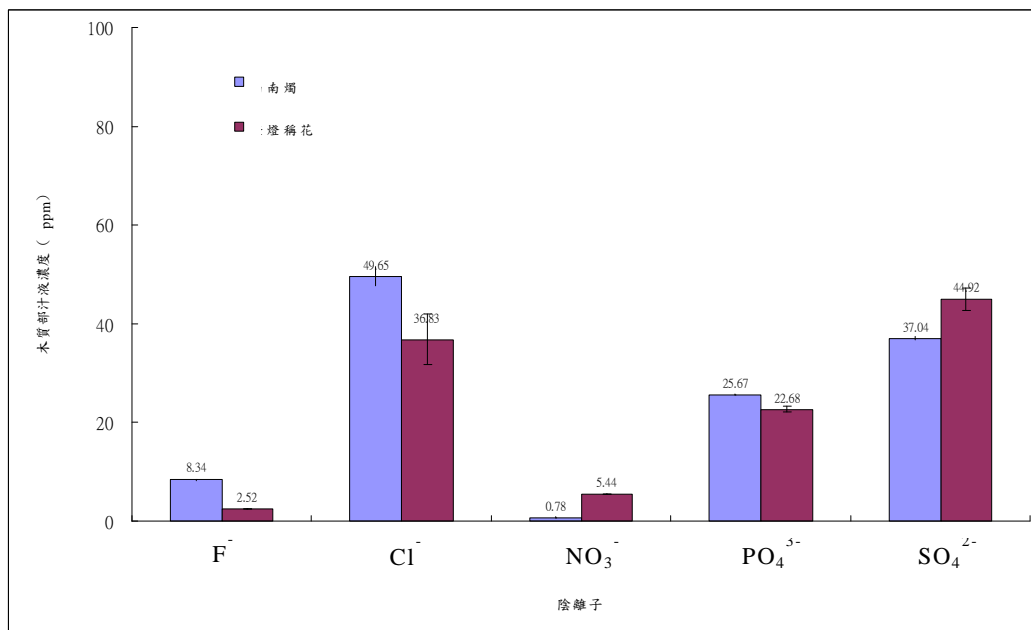


圖 5. 2007 年秋季萃取大磺嘴的南燭及燈稱花木質部汁液陰離子的養分濃度

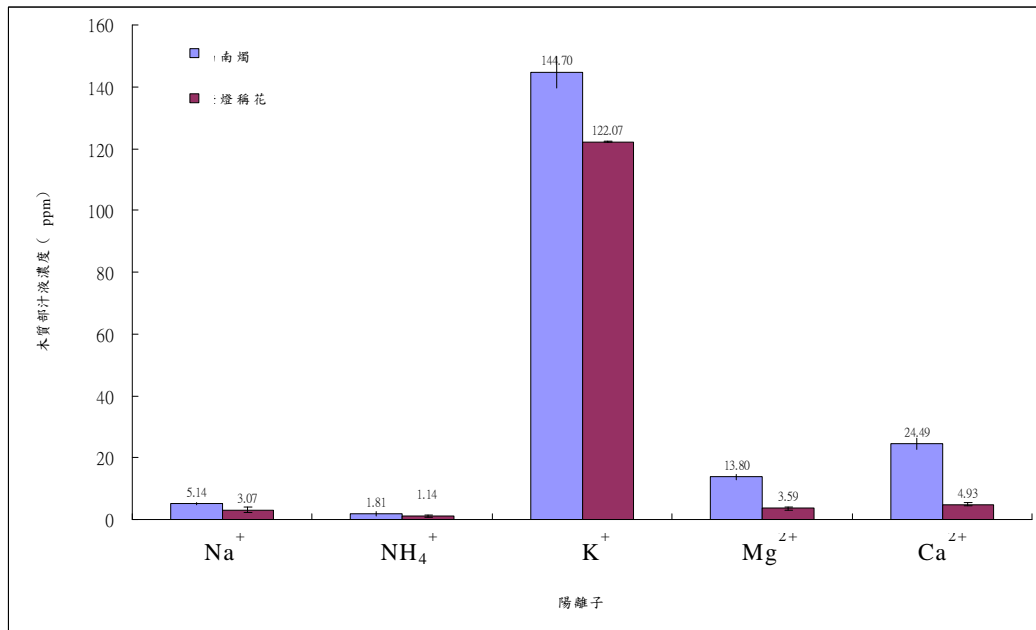


圖 6. 2007 年秋季萃取大磺嘴的南燭及燈稱花木質部汁液陽離子的養分濃度

表 2 為比較 2007 年夏季與秋季大磺嘴南燭及燈稱花與大油坑森氏紅淡比木質部汁液陰離子的養分濃度變動情形。大磺嘴南燭及燈稱花與大油坑森氏紅淡比木質部汁液陰離子的養分濃度，除大油坑森氏紅淡比硫酸根離子之外，在夏季與秋季都成顯著差異，各樹種木質部汁液養分濃度氟離子、氯離子、硝酸根離子及硫酸根離子皆以夏季高於秋季。

表 2. 2007 年夏季與秋季大磺嘴南燭及燈稱花與大油坑森氏紅淡比木質部汁液陰離子的養分濃度變動情形 (單位：ppm)

地 點	樹 種	季 節	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻
大磺嘴	南燭	夏 季	43.00 ^a	707.00 ^a	5.70 ^a	19.50 ^b	116.80 ^a
		秋 季	8.36 ^b	49.65 ^b	0.78 ^b	25.67 ^a	37.04 ^b
大磺嘴	燈稱花	夏 季	373.80 ^a	26.80 ^a	16.50 ^a	39.29 ^b	146.20 ^a
		秋 季	36.83 ^b	2.52 ^b	5.44 ^b	22.68 ^a	44.92 ^b
大油坑	森氏紅淡比	夏 季	22.70 ^a	400.90 ^a	40.30 ^a	1.82 ^b	31.64 ^a
		秋 季	2.63 ^b	78.29 ^b	3.51 ^b	13.98 ^a	35.24 ^a

每個數值為 3 個樣本重複數之平均。數值後之不同英文字母(a、b)表達到顯著差異 p<0.05。

表 3. 2007 年夏季與秋季大磺嘴南燭及燈稱花與大油坑森氏紅淡比木質部汁液陽離子的養分濃度變動情形。大磺嘴南燭及燈稱花與大油坑森氏紅淡比木質部汁液陽離子的養分濃度，除大磺嘴燈稱花及大油坑森氏紅淡比之鉀離子，與大油坑森氏紅淡比之鎂離子之外，在夏季與秋季都成顯著差異。各樹種木質部汁液養分濃度鈉離子、氫離子及鈣離子皆以夏季高於秋季。由表 2, 3 得知，各樹種木質部汁液養分濃度會隨著季節變化而變化。

植物木質部汁液內養分離子濃度的多寡，乃取決於植物生物的需求及根部吸收的能力，當然也與土壤中養分離子的濃度狀況有關，在陽明山地區受東北季風影響，秋、冬時期為降雨集中之濕季時期，而春、夏則為乾季時期。陽明山地區濕季可提高土壤水分含量，有助於根部吸收水分及養分，但木質部汁液養分濃度則有稀釋效應之現象，

故乾季期間木質部汁液養分離子濃度比濕季時期為高，此結果與 Osonubi 等（1988）、Dambrine 等（1993）及 Saur 等（1995）試驗結果相同。此外，木質部汁液養分在不同季節的變動，可顯示植物潛在提供養分（nutrient supplying potential, 簡稱 NSP）至分生組織及葉部的能力，這是土壤及葉片養分分析所不能表現的訊息（Stark et al., 1984）。

表 3. 2007 年夏季與秋季大礮嘴南燭及燈稱花與大油坑森氏紅淡比木質部汁液陽離子的養分濃度變動情形（單位：ppm）

地 點	樹 種	季 節	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
大礮嘴	南燭	夏 季	12.80 ^a	17.30 ^a	122.48 ^b	23.00 ^a	54.70 ^a
		秋 季	5.14 ^b	1.81 ^b	144.70 ^a	13.80 ^b	24.49 ^b
大礮嘴	燈稱花	夏 季	9.30 ^a	7.90 ^a	123.26 ^a	6.00 ^a	9.50 ^a
		秋 季	3.07 ^b	1.14 ^b	122.06 ^a	3.59 ^b	4.93 ^b
大油坑	森氏紅淡比	夏 季	14.60 ^a	5.00 ^a	153.53 ^a	5.10 ^a	8.30 ^b
		秋 季	7.76 ^b	1.55 ^b	117.94 ^a	5.45 ^a	9.14 ^a

每個數值為 3 個樣本重複數之平均。數值後之不同英文字母(a、b)表達到顯著差異 p<0.05

表 4 為不同採集地點之南燭、燈稱花與森氏紅淡比木質部汁液陰離子的養分濃度比較，將大油坑與大礮嘴視為硫磺地區，對照組則為中部山區非硫磺地區（燈稱花採集於惠蓀林場，南燭採集於大雪山，森氏紅淡比採集於中興大學校園）結果顯示，大油坑森氏紅淡比的氟離子及硝酸根離子，大油坑及大礮嘴南燭的氯離子及磷酸根離子，大礮嘴燈稱花的氯離子，皆與對照組沒有顯著差異，其他不同地點樹種木質部汁液養分離子與對照組呈顯著差異。大致上對照組木質部汁液養分離子濃度比大油坑或大礮嘴硫磺地區木質部汁液養分離子濃度高，但生長在大油坑或大礮嘴的植物，硫酸根離子有明顯高於對照組。此外，對照組南燭採集於大雪山，其生育環境屬貧瘠惡劣環境，可能導致木質部汁液養分離子濃度有低於大油坑或大礮嘴植物的木

質部汁液養分之因素。

表 5 為不同採集地點之南燭、燈稱花與森氏紅淡比木質部汁液陽離子的養分濃度比較，其結果顯示，大磺嘴南燭及大磺嘴燈稱花的鈉離子濃度，大油坑及大磺嘴的燈稱花與大油坑森氏紅淡比的氯離子濃度，大油坑南燭的氯離子及鎂離子濃度，與大磺嘴燈稱花的鈣濃度，皆與對照組沒有顯著差異，其他不同地點樹種木質部汁液養分離子與對照組呈顯著差異。

Osonubi 等 (1988) 提及不同土壤養分狀況，會影響木質部汁液內的養分濃度。許多報告提出在養分充足地與養分缺乏地，採取植物木質部汁液養分做分析，可評估該植物是否有養分缺乏之困境 (Stark and Spitzner, 1985; Saur et al., 1995)，而木質部汁液養分的變化，可顯示植物潛在提供養分能力，及呈現植物的養分動態平衡狀態。

表 4.不同採集地點之南燭、燈稱花與森氏紅淡比木質部汁液陰離子的養分濃度比較 (單位: ppm)

樹種	採集地點	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻
南燭	對照組	27.65 ^a	44.81 ^b	1.16 ^b	26.12 ^a	37.04 ^c
	大油坑	9.89 ^b	136.48 ^a	2.90 ^a	86.09 ^a	50.53 ^b
	大磺嘴	8.34 ^b	49.65 ^b	0.78 ^c	25.67 ^a	68.61 ^a
燈稱花	對照組	1.73 ^c	48.63 ^b	7.75 ^a	28.28 ^a	27.37 ^c
	大油坑	3.59 ^a	160.66 ^a	1.99 ^c	11.67 ^c	93.92 ^a
	大磺嘴	2.52 ^b	36.82 ^b	5.44 ^b	22.67 ^b	44.92 ^b
森氏紅淡比	對照組	12.30 ^a	73.82 ^a	3.44 ^a	27.89 ^a	35.24 ^b
	大油坑	2.63 ^a	78.28 ^b	3.51 ^a	13.98 ^b	54.33 ^a

每個數值為 3 個樣本重複數之平均

同列數值後之不同英文字母 (a、b、c) 表示達到顯著差異，p<0.05

表 5.不同採集地點之南燭、燈稱花與森氏紅淡比木質部汁液陽離子的
 養分濃度比較（單位：ppm）

樹 種	採集地點	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
南燭	對照組	3.36 ^b	1.17 ^b	276.57 ^a	9.60 ^b	20.49 ^b
	大油坑	16.54 ^a	1.40 ^b	230.31 ^b	9.68 ^b	33.50 ^a
	大礮嘴	4.93 ^b	5.14 ^a	1.81 ^c	144.70 ^a	13.80 ^c
燈稱花	對照組	3.25 ^b	1.43 ^a	66.86 ^c	4.86 ^b	4.79 ^b
	大油坑	11.07 ^a	1.39 ^a	307.51 ^a	6.91 ^a	7.29 ^a
	大礮嘴	3.07 ^b	1.14 ^a	122.07 ^b	3.59 ^c	4.93 ^b
森氏紅淡比	對照組	11.61 ^a	1.21 ^a	177.13 ^a	7.55 ^a	22.29 ^a
	大油坑	7.78 ^b	1.54 ^a	117.94 ^b	5.45 ^b	9.14 ^b

每個數值為 3 個樣本重複數之平均

同列數值後之不同英文字母（a、b、c）表示達到顯著差異，p<0.05

2. 葉部養分分析

表 6 為大磺嘴、大油坑、大雪山、惠蓀林場及中興大學校園等木本植物南燭、燈稱花及森氏紅淡比葉部不同養分元素之濃度。氮濃度以大雪山南燭 1.68% 為最高，大磺嘴燈稱花、大油坑的南燭及大油坑森氏紅淡 1.18% 為最低。硫濃度以大油坑南燭 0.96% 為最高，中興大學校園之森氏紅淡比 0.36 % 為最低。磷濃度以惠蓀林場燈稱花 6.44 mg/g 為最高，大磺嘴南燭 2.39 mg/g 為最低。鉀濃度以惠蓀林場燈稱花 13.26 mg/g 為最高，大磺嘴燈稱花 8.64 mg/g 為最低。鈣濃度以惠蓀林場燈稱花 11.65 mg/g 為最高，大磺嘴南燭 5.94 mg/g 為最低。鎂濃度以中興大學校園之森氏紅淡比 7.71 mg/g 為最高，大磺嘴南燭 2.43 mg/g 為最低。鋁濃度以大磺嘴燈稱花 9.41 mg/g 為最高，惠蓀林場燈稱花 3.26 mg/g 為最低。

表 7 為大磺嘴、大油坑、小油坑及四磺坪等地被植物芒草、山管蘭、栗蕨、過山龍及野牡丹等地上部不同養分元素之濃度。氮濃度以大油坑野牡丹 8.00% 為最高，大磺嘴山管蘭 1.89% 為最低。硫濃度以大油坑野牡丹 1.25% 為最高，小油坑芒草 0.70% 為最低。磷濃度以四磺坪芒草 7.40 mg/g 為最高，大油坑過山龍 3.87 mg/g 為最低。鉀濃度以大油坑芒草 14.06 mg/g 為最高，大磺嘴山管蘭 9.76 mg/g 為最低。鈣濃度以大油坑栗蕨 8.77 mg/g 為最高，四磺坪芒草 6.48 mg/g 為最低。鎂濃度以小油坑芒草 5.88 mg/g 為最高，大磺嘴芒草 3.13 mg/g 為最低。鋁濃度以大磺嘴芒草 16.68 mg/g 為最高，大磺嘴山管蘭 9.92 mg/g 為最低。

表 6. 大礮嘴、大油坑、大雪山、惠蓀林場及中興大學校園等南燭、燈稱花及森氏紅淡比葉部不同養分元素之濃度

地 點	樹 種	N (%)	S (%)	P (mg/g)	K (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	Al (mg/g)
大礮嘴	南燭	1.39±0.04	0.83±0.01	2.39±0.21	9.98±0.81	5.94±0.88	2.43±0.15	8.10±0.36
	燈稱花	1.18±0.02	0.88±0.05	3.19±0.40	8.64±0.76	7.64±1.11	2.63±0.16	9.41±0.28
大油坑	南燭	1.18±0.01	0.96±0.02	3.31±0.66	9.84±0.78	6.43±1.05	2.85±0.34	7.26±0.10
	燈稱花	1.63±0.06	0.78±0.05	3.37±0.52	10.93±1.08	7.09±0.69	3.11±0.73	7.64±0.16
	森氏紅淡比	1.18±0.02	0.89±0.02	3.30±0.38	9.69±0.87	6.13±0.95	4.96±0.65	8.03±0.33
大雪山	南燭	1.68±0.01	0.56±0.06	5.48±0.47	12.06±1.06	10.47±1.30	6.24±0.66	4.42±0.96
惠蓀林場	燈稱花	1.52±0.00	0.46±0.00	6.44±0.56	13.26±1.51	11.65±1.22	7.03±0.87	3.26±3.04
中興大學	森氏紅淡比	1.44±0.03	0.36±0.03	4.33±0.43	11.37±1.24	11.51±1.20	7.71±0.91	3.86±1.06

表 7. 大礮嘴、大油坑、小油坑及四礮坪等地被植物芒草、山菅蘭、栗蕨、過山龍及野牡丹等地上部不同養分元素之濃度

地 點	樹 種	N (%)	S (%)	P (mg/g)	K (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	Al (mg/g)
大礮嘴	芒草	3.02±0.03	0.84±0.05	4.50±0.66	12.07±1.43	7.00±1.11	3.13±1.26	16.68±1.09
	山菅蘭	1.89±0.02	0.90±0.01	4.85±0.22	9.76±0.64	8.71±1.34	4.91±1.14	9.92±0.91
大油坑	芒草	3.96±0.04	0.86±0.03	5.89±0.89	14.06±1.88	6.73±1.25	4.88±1.23	10.33±0.97
	栗蕨	2.02±0.01	0.85±0.05	5.52±0.79	11.49±1.74	8.77±1.37	4.83±1.12	13.73±1.13
	過山龍	7.90±0.02	1.13±0.04	3.87±0.13	12.18±0.66	7.50±0.83	5.11±1.24	12.20±1.14
	野牡丹	8.00±0.04	1.25±0.01	6.10±0.28	10.88±1.20	7.58±1.08	4.63±0.70	12.16±0.88
小油坑	芒草	7.90±0.02	0.70±0.01	6.46±0.86	13.78±0.85	8.24±1.17	5.88±0.82	11.52±0.79
四礮坪	芒草	7.94±0.03	0.97±0.02	7.40±0.30	12.66±1.02	6.48±0.67	4.17±0.72	11.06±1.07

第三節 菌根調查

在陽明山大磺嘴、大油坑、小油坑及四磺坪的硫磺噴氣孔附近進行優勢植物的根域土壤採樣以及根系菌根觀察，大磺嘴採樣點包括南燭、燈稱花、山菅蘭及芒草，大油坑採樣點包括森氏紅淡比、栗蕨、野牡丹及芒草，小油坑芒草等。另外，在大雪山及惠蓀林場非硫磺地區同時採集南燭、芒草及燈稱花。結果顯示（表 8），所有樹種根部皆發現有內生菌根感染的現象（附錄三），根域土壤菌根孢子含量差異極為顯著，地被植物的菌根孢子量為最多，大磺嘴樣點的芒草孢子量為 2511 ± 267 個/500 g 土壤，為南燭的 5.6 倍，燈稱花的 7.0 倍，山菅蘭的 4.6 倍。大油坑樣點的芒草孢子量為 785 ± 141 個/500 g 土壤，為森氏紅淡比 6.3 倍，而野牡丹孢子量為 2432 ± 312 個/500 g 土壤最多，栗蕨 1440 ± 257 個/500 g 土壤。小油坑及四磺坪芒草孢子量分別為 4568 ± 878 及 1088 ± 232 個/500 g 土壤，都顯示在硫磺地區土壤中孢子數量相當豐富。此外，非硫磺地區大雪山的南燭及芒草孢子量分別 512 ± 178 及 832 ± 297 個/500 g 土壤，惠蓀林場燈稱花孢子量為 496 ± 167 個/500 g 土壤，由此可知，非硫磺地區孢子數量不及硫磺地區孢子數量，而由菌根感染觀察得知，硫磺地區植物根部普遍受到菌根感染。菌根孢子種類如附錄四，包括有繡球孢子屬 (*Glomus*) 的 *Glomus etunicatum* 與 *Glomus geosporum*，內生孢子屬 (*Entrophospora*) 的 *Entrophospora colombiana*，以及無柄孢子屬 (*Acaulospora*) 的 *Acaulospora delicata*，另有 2 種尚未鑑定菌種的 *Glomus*。了解不同菌種與植物間的共生關係仍須進一步試驗確認。

表 8. 採樣點優勢植生的根域菌根孢子與菌根觀察

採集地點	樹種	孢子量 (個/500 g 土壤)	菌根感染
大磧嘴	南燭	444±132	內生菌根
	燈稱花	356±116	內生菌根
	山菅蘭	544±229	內生菌根
	芒草	2511±267	內生菌根
大油坑	森氏紅淡比	124±43	內生菌根
	栗蕨	1440±257	內生菌根
	野牡丹	2432±312	內生菌根
	芒草	785±141	內生菌根
小油坑	芒草	4568±878	內生菌根
四磧坪	芒草	1088±232	內生菌根
大雪山	南燭	512±178	內生菌根
	芒草	832±297	內生菌根
惠蓀林場	燈稱花	496±167	內生菌根

第五章 結論與建議

第一節 結論

針對園區內大磺嘴、小油坑、大油坑及四磺坪 4 個研就地區之裸地、草生地及灌木地火山土壤分析，已完成初步的調查分析，火山土壤 pH 呈極酸性，土壤養分會隨著裸地到灌木地而增加。植體內木質部汁液養分有明顯季節性變動。此外，南燭、燈稱花、森氏紅淡比及調查之地被植物芒草、山菅蘭、野牡丹等都具有菌根感染，且土壤中孢子量豐富。菌根為植物根系的重要共生現象，其主要功能在幫助宿主植物吸收養分與水分，不但可促進植物的生長或克服不利的生長環境因子，更會因菌根的存在，改變生育地的土壤性質，尤其土壤的化學與生物性質因菌根的存在與否而深受影響，推測菌根菌在陽明山國家公園火山土壤與適生植物扮演重要角色。

第五章 結論與建議

第二節 建議

本研究針對陽明山國家公園火山土壤、適生植物與菌根之關係得到初步結果，但如要進一步探討陽明山國家公園火山土壤與適生植物生理特性之相互關係，確實了解園區內火山土壤成份與植物之適應性，以下數點建議提供參考：

立即可行之建議：

1. 園區內不良地如有需要栽植樹種時，可利用菌根菌接種苗木增加苗木存活機會。
2. 共生菌根菌佔土壤生態系非常重要的地位，但其個體渺小多數人不知道他的存在，或許有機會陽管處可定期舉辦菌根菌研習營，教導民眾如何觀察認識菌根菌，以達國家公園教育解說之功能。

長期性之建議：

1. 火山土壤、適生植物與菌根三者關係，已有初步成果，若要進一步瞭解菌根菌是植物在火山土壤生存的重要關鍵，則需設計盆栽試驗來證明。
2. 火山土壤的植物生長經調查後，都有菌根菌的感染，且土壤菌根菌孢子量豐富，或許我們可再藉由分子層面深入來討論植物適生之機制，對於植物地理學之分佈得到一個完整的解釋。

附錄一 研究地區示意圖



本試驗採樣點大磺嘴、小油坑、大油坑及四磺坪試驗地之示意圖

附錄二. 研究樣區現場情況



大磺嘴



大磺嘴



小油坑



小油坑



大油坑



大油坑



四礮坪



四礮坪

附錄三.菌根感染型態



芒草根部所附著之孢子型態



芒草根部之菌根型態



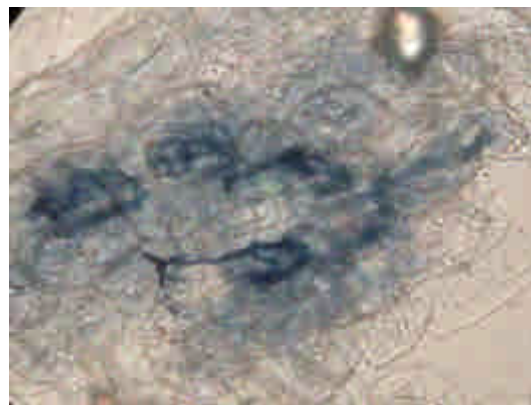
南燭感染菌根之型態



南燭菌根之囊泡(vesicle)型態



山管蘭根部感染菌根之型態



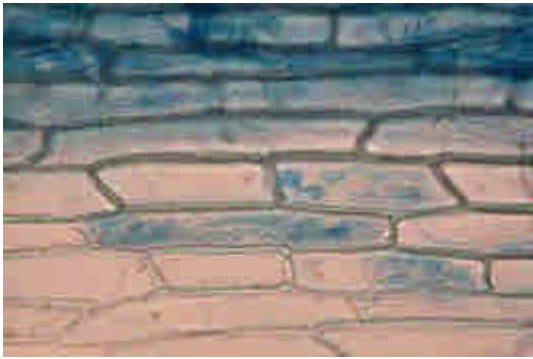
山管蘭菌根感染型態



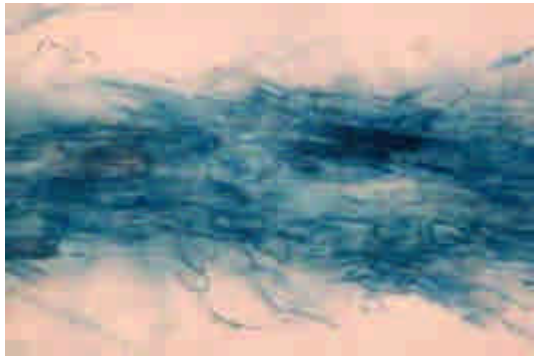
燈稱花之菌根型態



燈稱花之菌根型態



森氏紅淡比之菌根型態



森氏紅淡比之菌根型態



野牡丹之菌根型態

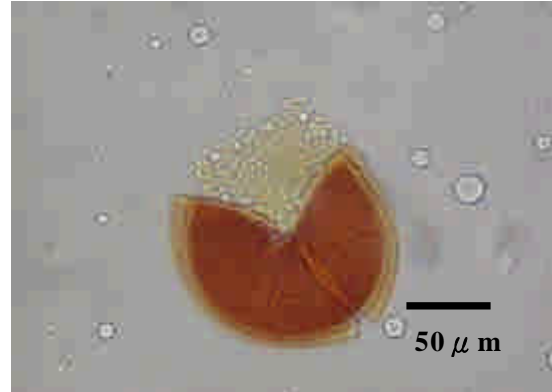


過山龍之菌根型態

附錄四 菌根菌孢子型態



Glomus etunicatum



Glomus etunicatum



Entrophospore colombiana



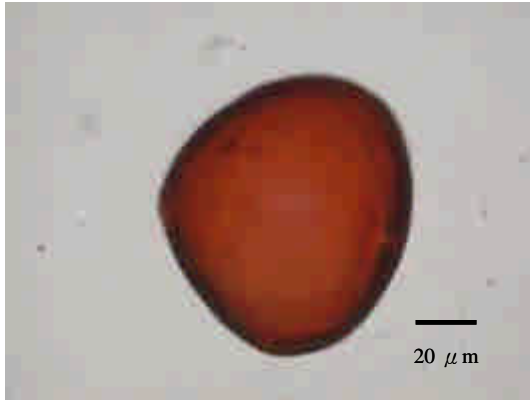
Entrophospore colombiana



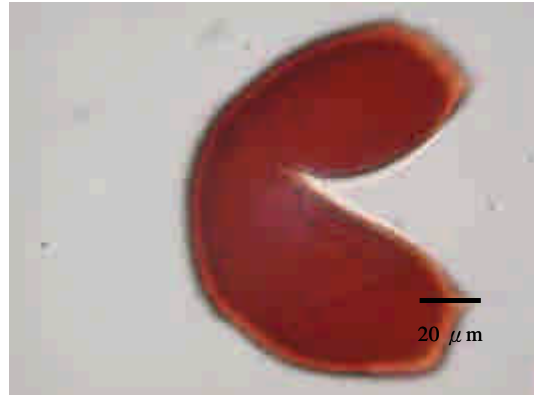
Glomus spp1.



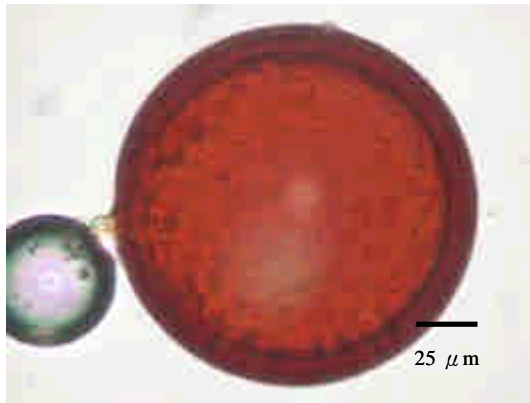
Glomus spp1.



Glomus spp2.



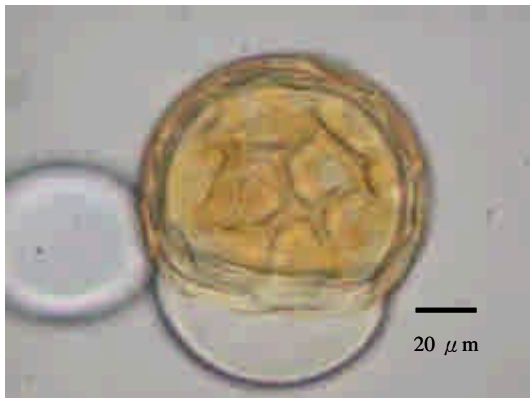
Glomus spp2.



Glomus geosporum



Glomus geosporum



Acaulospora delicata



Acaulospora delicata

附錄五 期中報告會議紀錄

壹、開會事由：96年委託「陽明山國家公園火山土壤成份與植物適應性之研究」期中報告

貳、開會時間：96年08月22日（星期三）上午10時00分整

參、開會地點：本處二樓會議室

肆、主持人：郭處長步雲（詹副處長德樞代）

記錄：蕭淑碧

伍、出席單位與人員：

單位名稱	與會人員簽名
國立中興大學森林系 廖教授天賜	廖天賜
特有生物保育中心 何組長東輯	何組長東輯
國立中興大學森林系 本處詹副處長德樞	顏江河、李苑瑋 詹德樞
陳秘書昌黎	
企劃課	
工務課	
觀光課	
解說課	陳彥伯
保育課	叢培芝
擎天崗服務站	
小油坑服務站	呂理昌
龍鳳谷服務站、資訊室	
陽明書屋服務站	
會計室	
人事室	

陸、討論：（略）

柒、結論：

- 一、研究團隊報告內容精采，後續預定研究之內容亦相當豐富，在有限期程若要完成，請研究團隊把握時間繼續加油。
- 二、有關樣區環境 PH 值、菌根孢子狀況與噴氣孔的距離關係為何，請多加補充。
- 三、陽明山的土壤那麼酸，但植物卻又如此茂盛，可能原因為何。

請建議未來研究重點的參考方向。

四、報告書中之內容未盡事宜，請參考評審委員及同仁意見修正。
捌、會議結束：上午 11 時 30 分。

附錄六 期末報告會議紀錄

壹、開會事由：96年委託「陽明山國家公園火山土壤成份與植物適應性之研究」期末報告

貳、開會時間：96年12月06日（星期四）下午14時00分整

參、開會地點：本處二樓會議室

肆、主持人：郭處長步雲（詹副處長德樞代） 記錄：蕭淑碧

伍、出席單位與人員：

單位名稱	與會人員簽名
國立中興大學森林系廖教授天賜	（未能出席）
特有生物保育中心何組長東輯	何東輯
國立中興大學森林系	顏江河、李苑瑋
本處詹副處長德樞	詹德樞
陳秘書昌黎	
企劃課	
工務課	
觀光課	
解說課	游淑鈞
保育課	叢培芝
擎天崗服務站	
小油坑服務站	呂理昌
龍鳳谷服務站	
陽明書屋服務站	
資訊室	林瑞恆
人事室、會計室	

陸、討論：

一、何組長東輯提出：

報告資料中之附錄四請補上菌根種名。第22頁芒草的菌根孢子數量為何大油坑會比大雪山少呢？有些問題未瞭解的，是否有後續計畫可再完成？芒草以外的燈稱花、栗蕨、南燭等菌根孢子情形可再研究。

顏教授江河回應：附錄四資料會補上菌根種名，第22頁將附上採樣數供參考。芒草從低海拔到高海拔都有生長，且不同高度有不同種之菌根與之共生，生長處也進而改變了土壤環境。燈稱花常與他種叢生，故取樣較難確定是否為燈稱花共生之菌根。

二、叢課長培芝提出：表8內容之內生菌根種類及取樣數可否隨表附上。

顏教授江河回應：可以。

三、蕭淑碧技士提出：

本案研究內容豐富，可否請受託單位提供解說文案附於報告書後，以供本處展示或解說之需要使用。

顏教授江河回應：可以。

柒、結論：

一、本案審查「合格」。有關與會委員及本處同仁意見，請參考修正。

二、委託研究報告書請依「內政部研究計畫作業要點」格式修正，並依合約書規定提送成果報告等過處辦理結案事宜。

捌、會議結束：上午 11 時 30 分。

附錄七 解說文稿

菌根(mycorrhiza, 複數為 -zae 或 -zas)一詞由 1885 年德國的森林病理學家 Albert Bernard Frank 所定，『myco-』代表真菌(fungus)的意思，『rhiza』則為根的意思，因此菌根可視為 fungus-root，意旨植物根部在生長期間與真菌形成的共生組合(symbiosis association)。菌根的共生關係，具有雙向的交流，由宿主(host)植物提供光合作用的碳水化合物給真菌，真菌則自根域處吸收水分與礦質養分給宿主，兩者之間達成互利共生(mutualism)的現象。

估計全世界約有 95%的植物其根系具菌根感染，在正常環境下，植物的根部都有菌根的構造，因此菌根可視為是植物根部的正常型態，不具菌根的根，反而被視為是不正常的根。

菌根類型的分類原則，主要依據真菌菌絲在宿主根部皮層細胞(cortex)呈現的型態構造，以及真菌與宿主植物所屬的分類群而定，主要分成下列幾種：1.外生菌根(ectomycorrhizas)其菌絲延生分佈於根皮的皮層細胞間，但不會穿入皮層細胞內，僅在細胞壁與細胞壁之間分佈，形成哈替氏網(Hartig net)。2.叢枝菌根(arbuscular mycorrhizas)其菌絲會穿入根部的皮層細胞，在皮層細胞間穿梭，形成胞內菌絲(intracellular hyphae)，並形成分支狀的叢枝體(arbuscule)，以及在菌絲末端或中段膨大形成囊泡體(vesicle)，以往學者以囊叢枝菌根(vesicular-arbuscular mycorrhiz; VAM)稱之，近年來則發現，並非此類菌根的菌絲都會在皮層細胞中形成囊泡體，因此改稱此型菌根為叢枝菌根。3.內外生菌根(ectendomycorrhizas)其菌絲同時具有外生菌根與內生菌根的典型構造稱之。4.杜鵑部植物菌根(mycorrhizas in the Ericales)包括楊梅菌根、水晶蘭菌根與杜鵑菌根三種，屬於較特殊的菌根構造。

由於植物與菌根菌種的不同，因而形成不同型態的菌根組合，菌根型態的分類主要因菌種與樹種的不同而異。菌根的主要功能在幫助宿主植物吸收養分與水分，不但可促進植物的生長或克服不利的生長環境因子，更會因菌根的存在，改變生育地的土壤性質，尤其土壤的化學與生物性質因菌根的存在與否而深受影響。利用菌根接種技術促進不良生育地的復育造林，或菌根在土壤生態系中的角色，都是日後菌根研究的重點，此外世界上最昂貴的食用菇類，都屬共生性的菌根菌。因此對菌根的研究瞭解，不但可以促進植物的生產能力，同時也可改善土壤狀況，並可獲得高經濟價值。

菌根具有幫助宿主植物吸收養分與水分之功能，同時可以改善土壤的物理、化學與生物性質，因此菌根對於植群在特殊生育地的建立，具有重要的關鍵角色，比如在極端的煤礦棄土地（極酸、高鋁）、崩塌裸露地（乾燥、貧瘠）、鹽土地（鈉離子高）或者本試驗所屬的硫磺地（酸性、高硫、高鋁），相信若無菌根的幫助植群無法繁衍。探討這些特殊地的菌根共生狀態，可瞭解植物在極端生育地適生性的機制，也可供植生復育的經營參考之用。

參考書目

1. 呂斯文、張喜寧 (1998) 菌根菌與土壤微生物之交互作用。科學農業 46: 217- 225。
2. 洪富文 (1988) 臺灣中部地區不同年齡杉木人工林內土壤有效氮及硝化作用之潛能。中華林學季刊 21(4): 39- 48。
3. 陳益明、郭城孟 (1989) 陽明山國家公園區內火山植物生態之研究。內政部營建署陽明山國家公園研究報告。159pp.
4. 顏江河 (1996) 彩色豆馬勃硫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。國立臺灣大學農學院森林學研究所博士論文。110pp.
5. 顏江河、林哲毅 (2002) 兩種土壤中接種菌根對大頭茶苗木的生長效應。林業研究季刊 24(1): 45- 52。
6. Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T. and Malajczuck, N. (1996) Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. Australian Centre for International Agricultural Research, Australia.
7. Dambrine, E., N. Carisey, B. Pollier and A. Granier (1993) Effects of drought on the yellowing status and the dynamics of mineral elements in the xylem sap of declining spruce (*Picea abies* L.). Plant and Soil 150: 303-306.
8. Entry, J. A. Rose, C. L. and Cromack, K. (1992) Microbial biomass and nutrient conceptions in hyphal mats of ectomycorrhizal fungus *Hysterangium setchellii* in a coniferous forest soil. Soil Biol. Biochem. 24: 447- 453.
9. Gerdemann, J. W. and Nicolson, T. H. (1963) Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Transactions of the British Mycological Society 46: 235- 244.
10. Hankan, W. and Tonie, W. (1999) Biotite and microcline as potassium sources in ectomycorrhizal and non-mycorrhizal *Pinus*

- sylvestris seedlings. *Mycorrhiza* 9: 25- 32.
11. Horst, M. (1991) Mechanism of adaption of plants to acid soil. *Plant and Soil* 134: 1- 20.
 12. Isaac, S. (1992) Fungal-plant interactions. 1rd ed. Chapman & Hall.Loudon. pp.293- 298.
 13. Koske, R. E. and Gemma, J. N. (1989) A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycological Research* 92(4): 486- 505.
 14. MacDonald, D. C. (1977) Methods of soil and tissue analysis used in the analytical laboratory. Canadian Forestry Service Information Report MM-X-78.
 15. Mc Lean, E. O. (1982) Soil pH and lime requirement. In A. L. Page et al. (eds.) *Methods of soil analysis. Part 2.* 2nd ed. *Agronomy* 9: 199- 223.
 16. Morton, J.B. (1988) Taxonomy of VA mycorrhizal fungi: classification, nomenclature, and identification. *Mycotaxon* 32: 267- 324.
 17. Olson, S. R. and Sommers, L. E. (1982) Phosphorus. In A. L. Page et al. (eds.) *Methods of soil analysis. Part 2.* 2nd ed. *Agronomy* 9: 403- 427.
 18. Osonubi, O., Oren, R., Werk, K. S. Schulze E.-D. and Heilmeier, H. (1988) Performance of two *Picea abies* (L.) Karst. Stands at different stages of decline IV. Xylem sap concentrations of magnesium, calcium, potassium and nitrogen. *Oecologia* 77: 1- 6.
 19. Querejeta, J. I., Egerton-Warburton, L. M. and Allen, M. F. (2003) Direct nocturnal water transfer from oaks to their mycorrhizal symbionts during severe soil drying. *Oecologia* 34: 55- 64.
 20. Rhoades, J. D. (1982) Cation exchange capacity. In A. L. Page

- et al. (eds.) Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agronomy 9: 149- 157.
21. Safir, G. R., Boyer, J. S. and Gerdemann, J. W. (1971)
Mycorrhizal enhancement of water transport in soybean. *Science* 172: 581- 583.
 22. Saur, E., C. Brechet, C. Lambrot and P. Masson (1995)
Micronutrient composition of xylem sap and needles as a result of P-fertilization in maritime pine. *Tree* 10: 52-54.
 23. Schupp, R., Schatten, T., Willenbrink, J. and Rennenberg, H. (1992) Long-distance transport of glutathione in spruce(*Picea abies* L.). *J. Exp. Bot.* 43: 1243- 1250.
 24. Stark, N. and C. Spitzner (1985) Xylem sap analysis for determining the nutrient status and growth of *Pinus ponderosa*. *Canadian Journal of Forest Research* 15: 783-790
 25. Stark, N., Spitzner, C. and Essig, D. (1984) Xylem sap analysis for determining nutritional status of tree: *Pseudotsuga menziesii*. *Can. J. For. Res.* Q
 26. Teujimura, A. (1979) The arrangement of the vegetation of solfataras according to pH value of soils. *Ecol. Rev.* 19(2): 59-65.
 27. Titus, J. H. and Tsuyuzaki, S. (2002) Arbuscular mycorrhizal distribution in relation to microsites on recent volcanic substrates of Mt. Koma, Hokkaido, Japan. *Mycorrhiza* 12: 271-275.
 28. Tsuyuzaki, S., Hase, A. and Niinuma, H. (2005) Distribution of different mycorrhizal classes on Mount Koma, northern Japan. *Mycorrhiza* 15: 93- 100.
 29. Yoshioka, K. (1965) Solfatara vegetation at Osoreyama. *Ecol. Rev.* 16(3): 137- 151.