

研究報告

陽明山火山噴氣口鄰近土壤與內生菌根菌調查

林子超^{1,2} 朱恩良² 李苑瑋¹ 顏江河^{1,*}

【摘要】陽明山地區長年在後火山作用下，形成特殊的土壤環境及獨特的硫磺區植群組成，部分區域的土壤pH值甚至僅1.9，土壤全氮為0.05%，土壤有效磷為2.63 mg kg⁻¹，且為高鋁(135 mg kg⁻¹) 高硫(5736 mg kg⁻¹)的環境，只有少數耐極酸性之植物能自然生存其間。本研究針對陽明山地區進行土壤化學性質分析及菌根菌調查，以了解該地區的菌根相。調查結果發現，叢枝菌根菌*Entrophospora columbiana* 及*Glomus clarum*為硫磺噴氣口白背芒(*Miscanthus sinensis* var. *glaber*) 主要的共生菌種，而隨著遠離噴泉口，植相與共生的菌種多樣性也明顯地提升，菌種種類分別為*Acaulospora mellea*, *A. foveata*, *A. morrowiae*, *G. deserticola*, *G. invermaium*, *G. ambisporum*, *G. insculptum*, *Scutellospora rubra*, *S. aurigloba*, *S. calospora*, *Sclerocystis rubiformis*, *Gigaspora gigantea*共計發現叢枝菌根菌6屬14種。

【關鍵詞】陽明山、硫磺區植群、菌根、叢枝菌根菌

Research paper

The Study of Mycorrhizal Fungi and Soil in the Yangming Mountain Fumarole Area

Tzy-Chau Lin^{1,2} N-Lian Zu² Yuan-Wei Li¹ Chiang-Her Yen^{1,*}

【Abstract】Yangming mountain area preserves particular soils environment and sulfatara formation composition in phenomena of post-volcanism all the year round. The soils of part of this place is extremely acid. Soil nitrogen, availability phosphorous, exchangeable aluminum and inorganic sulfur contents are 0.05 %, 2.63 mg kg⁻¹, 135 mg kg⁻¹ and 5736 mg kg⁻¹, respectively. There are only some acid-tolerable plant species can exist in this area. The purpose of this study is to analyze soil nutrient and investigate mycorrhizal fungi composition. We found that the main arbuscual mycorrhizae symbiosis with *Miscanthus sinensis* var. *glaber* predominant the fumarole are *Entrophospora columbiana* and *Glomus clarum*. The biodiversity of plants and fungi are increase with the distance from the fumarole, the species of mycorrhiza are *Acaulospora mellea*, *A. foveata*, *A. morrowiae*, *G. deserticola*, *G. invermaium*, *G. ambisporum*, *G.*

1. 國立中興大學森林系。

Department of Forestry, NCHU.

2. 行政院農業委員會特有生物研究保育中心。

Endemic Species Research Institute.

* 通訊作者

Corresponding author, E-mail: chyen@nchu.edu.tw

insculptum, *Scutellospora rubra*, *S. aurigloba*, *S. calospora*, *Sclerocystis rubiformis*, *Gigaspora gigantean*. There are 14 species in 6 genus was found.

【Key words】 Yangming mountain, sulfatara formation, mycorrhiza, arbuscual mycorrhizae

一、前言

陽明山受到後火山作用的影響，形成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、土壤的pH值甚至達1.9，加上此區岩石裸露，僅有少數耐極酸性之植物能生存，其所形成之植群屬特定植物，故有硫磺區植群 (sulfatara formation) 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。

菌根 (mycorrhiza) 可擴大植物根部對養分及水分的吸收，並促進植物生長 (Safir *et al.*, 1971; Querejeta *et al.*, 2003)，改善土壤物理及化學性質 (呂斯文及張喜寧, 1998; Hakan and Tonie, 1999)。日本許多學者曾在火山地區進行菌根菌種類的調查，發現多種菌根菌組合，其中以叢枝菌根菌 (arbuscular mycorrhizal fungi, AMF) 最為豐富 (Titus and Tsuyuzaki, 2002; Tsuyuzaki *et al.*, 2005; Fujiyoshi *et al.*, 2005)。然而，國內對於火山地區之適生植物共生真菌及生態相關資料是比較不足的。

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。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、磷的利用吸收更為重要 (Entry *et al.*, 1992)。本研究針對陽明山地區，兩處噴氣口鄰近植被根系進行叢枝菌根菌調查，以建立台灣硫磺區植群共生菌根菌組成基本資料。

二、材料與方法

(一) 研究區域氣候環境概述

陽明山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，且陽明山位於台灣北端，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。本研究選定兩處噴氣孔分別為大油坑及小油坑，大油坑位於新北市金山區西南方的邊緣山區，介於七股山與大尖後山之間，海拔約600 m，為台灣規模最大的噴氣孔與硫氣孔區，距離噴氣孔120 m 範圍內無植物，120 m以外則有白背芒定植，150 m以外開始有栗蕨 (*Histiopteris incisa*) 與白背芒混生，250 m 以外則為白背芒與芒萁 (*Dicranopteris linearis*) 及部分小灌木如野牡丹 (*Melastoma candidum*)、燈稱花 (*Ilex asprella*) 等伴生，隨著距離噴氣孔愈遠植物種類也愈多，植被也更加完整；小油坑則位於七星山西北側，海拔約800 m，噴氣孔周圍無植物，距離噴氣孔50 m 外開始有白背芒定植，鄰近區域植被較不完整，大部分由白背芒形成優勢物種。

(二) 土壤取樣及性質分析

2012年3月於陽明山大油坑及小油坑兩處硫磺噴氣口附近，距離噴氣孔0 m (裸地)、300 m (草生地) 及600 m (闊葉林) 處，分別隨機採取土壤樣點6處，將其混合成1個樣本進行土壤分析，實驗時土壤樣本做3重複，而小油坑區域由於缺少闊葉林區域僅分析裸地及草生地兩種植群類型土壤。分析項目為：土壤酸鹼值 (Mc Lean, 1982)、土壤全氮 (MacDonald, 1977)、土壤有效磷 (Olson and Sommer, 1982)、交換性陽離子 (Exchangeable cation) (Rhoades, 1982) 以及交換性鋁 (Barnhisel and Bertsch, 1982) 與硫酸根 (Tabatabai, 1982)。

(三) 菌種分離及鑑定

2012年3月及11月於兩處硫磺噴氣口鄰近

區域，選擇不同地表植群類型進行土壤取樣，每種代表林型取土壤樣本6份，於實驗室將野外採集的土壤樣本，秤取100 g土樣後，以濕篩傾倒法 (Gerdeman and Trappe, 1974) 和糖液離心法 (Daniels and Skipper, 1982) 分離孢子後，在解剖顯微鏡下計算孢子數量並挑取孢子，以 Polyvinyl alcohol lactophenol glycerol (PVLG) (Koske and Tessier, 1983) 包埋劑製作成半永久玻片，以利於孢子的鑑定與標本之保存。孢子的鑑定與資料之記錄則採 Schenck and Perez (1990) 所建議的步驟進行。

同時將剩餘的土樣以滅菌的白背芒種子誘導培育，6個月後再進行孢子分離與鑑定，以確保採集時以菌絲型態存在的菌種。

(四) 白背芒接種試驗

採集大油坑距噴氣孔120 m白背芒根系附近土壤，土壤經高溫高壓滅菌處理 (121 °C，1.2 kg/cm²) 後，進行白背芒接種菌根菌試驗。採自陽明山大油坑白背芒種子經1 %次氯酸鈉 (NaOCl) 消毒，每一盆鉢播種600顆白背芒種子，播種2週後分別接種大油坑優勢菌種 *E. columbiana* 及 *G. clarum* 2種菌根菌，每一盆鉢

各100顆孢子，每種處理各3重複。對照組不接種菌根菌，3個月後檢查白背芒根系菌根感染情形。本試驗於農委會特有生物研究保育中心網室內進行。

三、結果與討論

(一) 土壤化學性質

土壤化學性質分析結果顯示，2處噴氣孔的裸地pH值為1.90 - 3.11之間，為極酸性；草地pH值為3.01 - 3.06 之間也呈極酸性；大油坑闊葉林pH值約為3.5呈極酸性至強酸性，2處噴氣孔不論裸地或草地皆以大油坑之pH 值最低。土壤含氮量裸地為0.05 - 1.11 %之間；草地為0.16 - 2.99 %之間；大油坑闊葉林為0.63 %。土壤有機質裸地為0.36 - 1.14 %之間；草地為2.62 - 4.08 %之間；大油坑闊葉林為約為4.98 %。土壤有效磷裸地為1.44 - 2.63 mg kg⁻¹ 之間，以大油坑土壤有效磷較高。草地為8.38 - 12.12 mg kg⁻¹ 之間以小油坑土壤有效磷較高；大油坑闊葉林約13.36 mg kg⁻¹。2處噴氣孔的裸地置換性鉀離子為0.76 - 1.15 cmol kg⁻¹之間，以大油坑置換性鉀離子較高。草地置換性鉀離子

表1. 小油坑及大油坑不同植生類型土壤養分化學性質

Table 1. Chemical properties of soils under different vegetation type in Siaoyukeng and Dayukeng.

Site	Siaoyukeng bare area	Siaoyukeng grass area	Dayukeng bare area	Dayukeng grass area	Dayukeng forest area
pH	3.11 ± 0.01	3.06 ± 0.01	1.9 ± 0.02	3.01 ± 0.01	3.5 ± 0.02
N (%)	1.11 ± 0.57	2.99 ± 0.57	0.05 ± 0.01	0.16 ± 0.10	0.63 ± 0.17
P (mg kg ⁻¹)	1.44 ± 0.17	12.12 ± 1.69	2.63 ± 0.18	8.38 ± 0.09	13.36 ± 0.54
K+ (cmole kg ⁻¹)	0.76 ± 0.18	2.43 ± 0.42	1.15 ± 1.02	2.78 ± 0.57	4.78 ± 0.66
Na+ (cmole kg ⁻¹)	0.16 ± 0.06	0.45 ± 0.16	1.23 ± 0.77	2.32 ± 0.11	4.07 ± 0.69
Ca2+ (cmole kg ⁻¹)	1.2 ± 0.11	5.48 ± 2.95	1.62 ± 0.31	2.11 ± 0.24	3.36 ± 0.32
Mg2+ (cmole kg ⁻¹)	0.35 ± 0.04	1.7 ± 0.37	0.99 ± 0.27	1.87 ± 0.37	3.41 ± 0.21
Organic matters (%)	1.36 ± 0.15	4.08 ± 0.23	1.14 ± 0.11	2.62 ± 0.04	4.98 ± 0.12
Al3+ (mg kg ⁻¹)	788 ± 18	651 ± 7	68 ± 1	135 ± 2	37 ± 2
inorganic sulfur (mg kg ⁻¹)	2,901 ± 149	2145 ± 155	5,736 ± 309	1,834 ± 111	271 ± 22

註：1. 每一個數據為實驗土壤樣本3重複。

為2.43 - 2.78 cmol kg⁻¹之間。大油坑闊葉林置換性鉀離子約為4.78 cmol kg⁻¹。2處噴氣孔的裸地置換性鈉離子為0.16 - 1.23 cmol kg⁻¹之間，草地置換性鈉離子為0.45 - 2.32 cmol kg⁻¹之間，大油坑闊葉林置換性鈉離子約為4.07 cmol kg⁻¹。2處噴氣孔的裸地置換性鈣離子為1.2 - 1.62 cmol kg⁻¹之間，草地置換性鈣離子為2.11 - 5.48 cmol kg⁻¹之間，大油坑闊葉林置換性鈣離子為3.36 cmol kg⁻¹。2處噴氣孔的裸地置換性鎂離子為0.35 - 0.99 cmol kg⁻¹之間，草地置換性鎂離子為1.7 - 1.87 cmol kg⁻¹之間，大油坑闊葉林置換性鎂離子約為3.41 cmol kg⁻¹。2處噴氣孔的裸地土壤可置換鋁為68 - 788 mg kg⁻¹之間，草地土壤可置換鋁為135 - 651 mg kg⁻¹之間，皆以小油坑可置換鋁較高，大油坑闊葉林土壤可置換鋁約為37 mg kg⁻¹。2處噴氣孔的裸地土壤無機態硫為2901 - 5736 mg kg⁻¹之間，以大油坑無機態硫較高。草地土壤無機態硫為2145 - 1834 mg kg⁻¹之間，大油坑闊葉林土壤無機態硫約為271 mg kg⁻¹。

(二) 火山噴氣孔鄰近植被內生菌根組成

土壤樣本經分離鑑定共記錄6屬14種內生菌根菌(如附錄1)，小油坑及大油坑裸地土壤樣本經孢子分離並未發現菌根菌孢子。距小油坑噴氣孔50 m白背芒根系6個土壤樣本經孢子分離均發現單一優勢菌種*Entrophospora columbiana*孢子，單一土壤樣本孢子數100 g土壤約75 ± 34個；而距小油坑噴氣孔100 m白背芒根系6個土壤樣本經孢子分離共記錄2菌種*E. columbiana*及*Glomus clarum*，單一土壤樣本孢子數100 g土壤約61 ± 23個；而距小油坑噴氣孔150 m白背芒根系6個土壤樣本經孢子分離共記錄3菌種*E. columbiana*、*Glomus deserticola*及*Scutellospora calospora*，單一土壤樣本孢子數100 g土壤約63 ± 17個。大油坑噴氣孔鄰近白背芒6個樣本共發現4種內生菌根菌，其中以*E. columbiana*最為優勢，*Sclerosistis rubiformis*、*Acaulospora mellea*及*G. clarum*零星出現，單一土壤樣本孢子數

100 g土壤約82 ± 27個。距噴氣孔150 m外白背芒與栗蕨伴生地6個土壤樣本共記錄7種內生菌根菌，其中以*E. columbiana*最為優勢，*G. clarum*次之，其餘如*Sc. rubiformis*、*A. mellea*、*A. morrowiae*、*G. ambisporum*及*Scutellospora aurigloba*等菌種零星出現，單一土壤樣本孢子數100 g土壤約114 ± 52個。距噴氣孔250 m外白背芒、芒萁、野牡丹及燈稱花伴生林型6個土壤樣本共記錄8種內生菌根菌，其中以*Sc. rubiformis*最為優勢，*E. columbiana*及*G. invermaium*次之，*Gigaspora gigantea*、*A. mellea*、*A. morrowiae*、*G. deserticola*、及*G. ambisporum*等菌種零星出現，單一土壤樣本孢子數100 g土壤約19 ± 8個。距噴氣孔500 m外紅楠(*Machilus thunbergii*)、奧氏虎皮楠(*Daphniphyllum glaucescens* var. *oldhamii*)、森氏紅淡比(*Cleyera japonica* var. *morii*)與大頭茶(*Gordonia axillaris*)伴生林型6個土壤樣本共記錄3種內生菌根菌分別為*G. invermaium*、*E. columbiana*及*Sc. rubiformis*，單一土壤樣本孢子數100 g土壤約20 ± 8個；另一雲葉(*Trochodendron aralioides*)林型6個土壤樣本僅記錄*Sc. rubiformis*及*A. mellea*兩菌種，單一土壤樣本孢子數100 g土壤約23 ± 3個。距噴氣孔800 m外鬼紗櫛(*Cyathea podophylla*)、樹杞(*Ardisia sieboldii*)、山羊耳(*Symplocos glauca*)、九節木(*Psychotria rubra*)及奧氏虎皮楠伴生林型6個土壤樣本共記錄5種內生菌根菌，其中以*G. invermaium*最為優勢，*A. mellea*、*A. foveata*、*G. ambisporum*及*Sc. rubiformis*零星出現，單一土壤樣本孢子數100 g土壤約16 ± 5個。

Fujiyoshi 等(2005)曾進行日本富士山亞高山火山荒蕪地的菌根菌調查研究以了解先驅植物共生的菌根菌演替變化，調查發現叢枝菌根菌為植群演替初期階段主要的共生菌根菌類型，且隨植群演替的進行，菌根菌的類型明顯增加，然而叢枝菌根菌仍是所有演替階段中最優勢的菌根類型。

附錄1. 陽明山共生內生菌根菌名錄 (粗體為誘導培育分離鑑定菌種)

Acaulospora

Acaulospora foveata

Acaulospora mellea

Acaulospora morrowiae

Entrophospora

Entrophospora columbiana

Glomus

Glomus clarum

Glomus deserticola

Glomus invermaium

Glomus ambisporum

Glomus insculptum

Scutellospora

Scutellospora rubra

Scutellospora aurigloba

Scutellospora calospora

Sclerocystis

Sclerocystis rubiformis

Gigaspora

Gigaspora gigantean

陽明山火山噴氣孔鄰近區域土壤樣本經分離孢子鑑定記錄6屬13種叢枝菌根菌，原生育地土壤經誘導培育後分離出野外調查未發現種 *G. insculptum*，共計發現叢枝菌根菌6屬14種。

以下針對各菌種之性狀特徵予以描述：

1. *Acaulospora mellea* Spain & Schenck

厚壁孢子單生於土壤中，金黃色至棕黃色，呈球形至近球形，罕呈橢圓形或不規則形，直徑90-110 μm ，孢壁厚4-10 μm ，破裂後成3壁群，最外層黃棕色，厚2-6 μm ，與第2層壁不易分離，第3層壁呈透明至淺黃色，厚0.5-1 μm ，發芽壁第1層呈透明，厚1 μm ，發芽壁第2層亦呈透明，厚2-5 μm 與Melzer's染劑反應後呈淡紫色(圖1a)。

2. *Acaulospora foveata* Trappe & Janos

厚壁孢子單生於土壤中，初期呈橘紅色，

較成熟之孢子則呈棕褐色，呈圓球形至橢圓形，直徑190-350 \times 200-400 μm ，孢子表面均勻散布圓形至不規則形凹洞，凹洞直徑5-10 \times 6-15 μm ，最外層孢壁厚10-15 μm ，呈黃色至紅棕色。第2層壁透明，厚3-5 μm 。第3層壁厚3-5 μm ，與Melzer's染劑反應後呈深紅棕色(圖1b)。

3. *Acaulospora morrowiae* Spain & Schenck

厚壁孢子單生於土壤中，顏色為半透明至淡黃色，呈球形至近球形，直徑70-100 μm ，孢子壁厚2-4 μm ，最外層壁0.5-1 μm ，呈透明，第2層壁呈淡黃色，厚1.5-3 μm ，第3層壁呈透明，厚0.5 μm ，發芽壁第1層厚1-1.8 μm ，呈透明，發芽壁第2層壁呈透明膜狀，厚0.5 μm ，與Melzer's染劑反應後呈褐紫色(圖1c)。

4. *Entrophospora columbiana* Spain & Schenck

厚壁孢子單生於土壤中，初期呈半透明至白色，較成熟之孢子則呈淡黃色至金黃色，直徑100-120 μm ，孢子偶爾與產孢菌絲及殘存的產孢囊泡形成啞鈴形。孢壁厚3-7 μm ，最外層壁透明，厚0.5-2 μm ，隨孢子成熟而脫落。第2層壁黃色，厚2-3 μm ，第3層壁透明，厚1 μm 。發芽壁第1層壁透明，厚0.5 μm ，發芽壁第2層透明，厚0.5 μm ，發芽壁第3層於孢子壓破後呈不定形與Melzer's染劑反應後呈深紫色(圖1d)。

5. *Glomus clarum* Nicolson & Schenck

厚壁孢子單生或鬆散聚生於土壤中，球形至近球形，直徑180-250 μm ，孢子內含物透明呈多數小油滴狀，孢壁7-25 μm ，初期孢子為透明，老熟孢子則為淡黃色，老熟孢子最外層壁常皺縮狀，第2層壁厚10-15 μm ，與Melzer's染劑反應後呈淡紅紫色，最內層壁厚5-10 μm 。產孢菌絲直徑15-25 μm ，與孢子連接之孔道直徑3-5 μm (圖1e)。

6. *Glomus deserticola* Trappe, Bloss & Menge

厚壁孢子單生或鬆散聚生於土壤中，孢子表面光滑呈紅棕色，球形至近球形，直徑70-110 \times 60-100 μm 。孢壁僅1層1.5-3.5 μm ，隨

孢子老熟而層積狀增厚。孢子柄寬5-12 μm ，呈直管狀，與孢子接著處壁層增厚，呈紅色(圖1f)。

7. *Glomus invermaium* Hall

厚壁孢子單生或鬆散聚生於土壤中，孢子呈棕色，球形至近球形，直徑50-80 μm 。孢壁

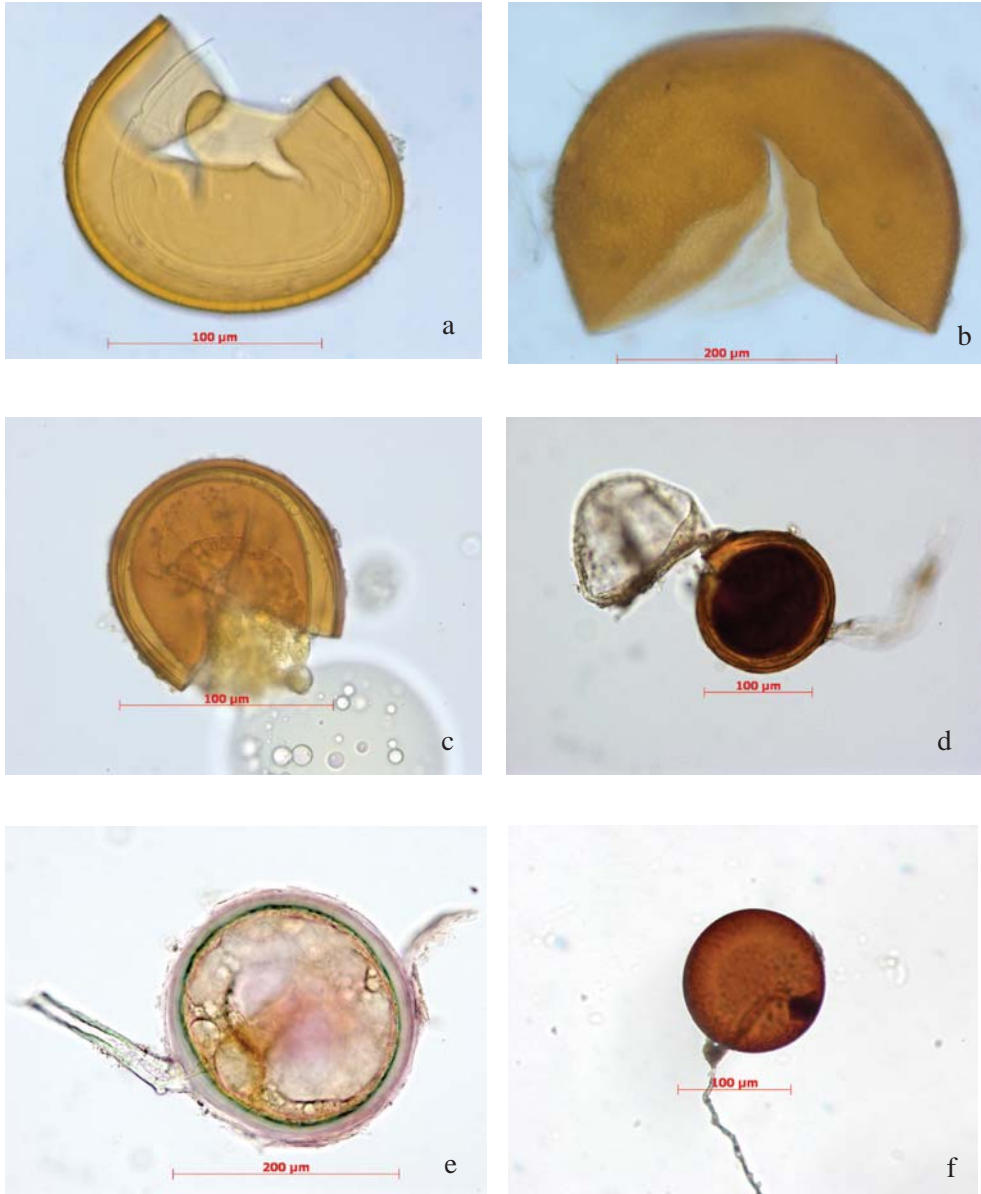


圖1. 陽明山火山噴氣孔鄰近植被土壤中內生菌根菌。a, *Acaulospora mellea*; b, *Acaulospora foveata*; c, *Acaulospora morrowiae*; d, *Entrophospora columbiana*; e, *Glomus clarum*; f, *Glomus deserticola*。

Fig. 1. The VAM species in soils in the Yangming mountain fumarole area: a, *Acaulospora mellea*; b, *Acaulospora foveata*; c, *Acaulospora morrowiae*; d, *Entrophospora columbiana*; e, *Glomus clarum*; f, *Glomus deserticola*.

2層，第1層壁呈透明，厚1-1.5 μm ，第2層壁呈棕色，厚3-6 μm 。孢子柄寬6-13 μm ，呈直管狀，與孢子接著處些微向內收縮(圖2a)。

8. *Glomus ambisporum* Smith & Schenck

厚壁孢子鬆散聚生於土壤中，孢子呈深棕色至黑色，球形至近球形，直徑85-150 μm 。孢壁3層，第1層壁呈半透明，厚2-3 μm 。第2層深棕色，成片狀增厚約3~14 μm 。第3層壁透明，厚1 μm 。孢子柄寬10-20 μm (圖2b)。

9. *Glomus insculptum* Blaszowski

厚壁孢子單生於土壤中，孢子呈淡黃色至金黃色，球形至近球形，直徑60-85 μm 。孢壁2層，第1層壁透明至淡黃，厚2-3 μm ，表面光滑。第2層壁黃色至金黃色，成片狀增厚約3-4.5 μm ，成熟孢子於最內層遍佈均勻圓形坑洞，坑洞直徑1.3-1.8 μm 。孢子柄寬3-7 μm (圖2c)。

10. *Scutellospora rubra* Stürmer & Morton

厚壁孢子單生於土壤中，球形至近球形，紅棕色，直徑140-230 μm 。孢子壁2層，第1層壁光滑堅硬呈黃棕色，厚1-1.5 μm 。第2層壁紅棕色，厚3.5-8 μm 。發芽壁2層，第1層厚1-1.5 μm ，與Melzer's染劑不產生反應。第2層厚1-2 μm 與Melzer's染劑反應成紅紫色。產孢菌絲末端膨大附屬物呈黃棕色，直徑20-35 μm (圖2d)。

11. *Scutellospora aurigloba* (Hall) Walker & Sanders

厚壁孢子單生於土壤中，近球形偶爾不規則形，年輕孢子呈透明黃色，老熟孢子成不透明黃色，直徑180-420 μm 。孢子壁堅硬光滑，呈黃色，厚約5-8 μm ，與Melzer's染劑不產生反應。發芽壁兩層，第1層壁厚1-3 μm ，第2層壁厚3-6 μm ，與Melzer's染劑不產生反應。產孢菌絲末端膨大附屬物呈淡黃色，直徑40-70 μm (圖2e)。

12. *Scutellospora calospora* (Nicol. & Gerd.) Walker & Sanders

厚壁孢子單生於土壤中，近球形至橢

圓形，淡黃色，孢子大小變異大，直徑110-160 \times 140-220 μm 。孢子壁堅硬光滑，呈淡黃色，厚約3-4 μm ，與Melzer's染劑不產生反應。發芽壁兩層，第1層壁厚1-2 μm ，與Melzer's染劑不產生反應。第2層壁厚2-5 μm ，與Melzer's染劑反應成紅紫色。產孢菌絲末端膨大附屬物呈淡黃色，直徑20-26 μm (圖2f)。

13. *Sclerocystis rubiformis* Gerdemann & Trappe

厚壁孢子形成孢子果，棕黃色，橢圓形至近球形，直徑180-400 μm ，孢子單層聚生於中軸呈叢狀，單一孢子棕黃色，呈卵形至橢圓形，直徑40-125 \times 30-90 μm ，孢壁厚3-8 μm (圖3a)。

14. *Gigaspora gigantea* (Nic. & Gerd.) Gerd. & Trappe

厚壁孢子單生於土壤中，近球形，亮黃綠色，直徑240-420 μm 。孢子壁3層，第1層壁淡黃色表面光滑，厚3-3.5 μm 。第2層壁層積狀增厚，厚8-25 μm ，黃色至淡棕黃色，與Melzer's染劑反應成深紅棕色。第3層壁與第2層壁緊密結合不易區分，僅在孢子發芽前會在此壁上產生多數疣狀凸起。產孢菌絲末端膨大附屬物呈淡黃褐色，直徑38-54 μm (圖3b)。

植物生長的變化以及植群的組成受到土壤微生物族群動態變化及生態系統機能如養分循環等影響 (Donnison *et al.*, 2000)，過程中直接受到功能性微生物的影響，因為不同的養分循環階段，有不同的微生物參與其生物地質化學循環。叢枝菌根菌是土壤中普遍存在的微生物，它可以和大多數的陸生植物形成共生關係。四億多年前植物就與叢枝菌根菌形成了互利共生的關係，直到今日地球上約有80%的植物可與叢枝菌根菌形成菌根。叢根菌根菌屬於絕對共生性，必須依賴宿主植物提供其生存及繁殖必須的營養源，而宿主與真菌間建立的養分雙向交換也必須藉由雙方高度協調的機制來進行調控 (Reinhardt, 2007)。

(三) 白背芒接種試驗

於白背芒接種菌根菌三個月後進行染根

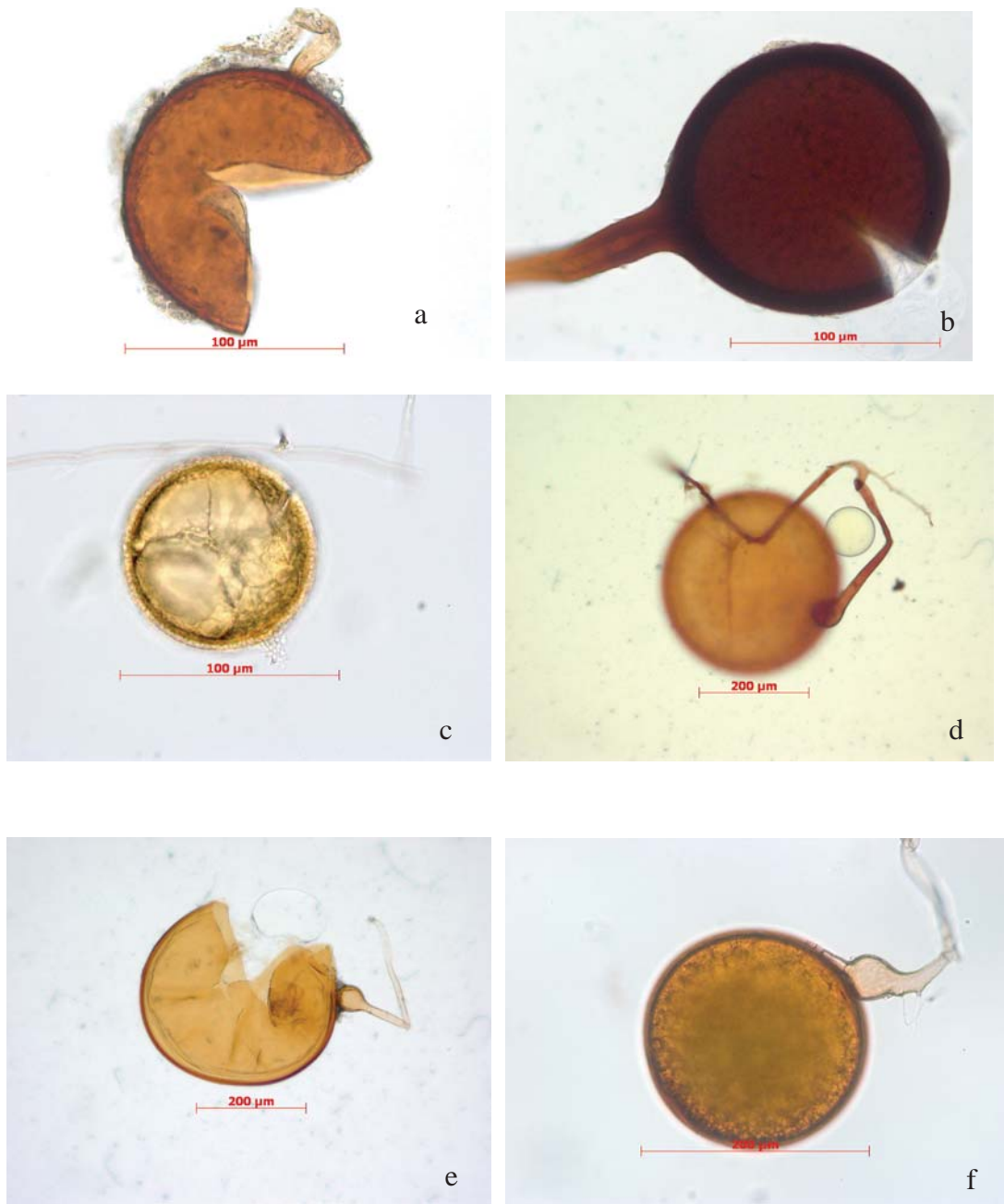


圖2. 陽明山火山噴氣口鄰近植被土壤中內生菌根菌。a, *Glomus invermaium*; b, *Glomus ambisporum*; c, *Glomus insculptum*; d, *Scutellospora rubra*; e, *Scutellospora aurigloba*; f, *Scutellospora calospora*。

Fig. 2. The VAM species in soils in the Yangming mountain fumarole area: a, *Glomus invermaium*; b, *Glomus ambisporum*; c, *Glomus insculptum*; d, *Scutellospora rubra*; e, *Scutellospora aurigloba*; f, *Scutellospora calospora*.

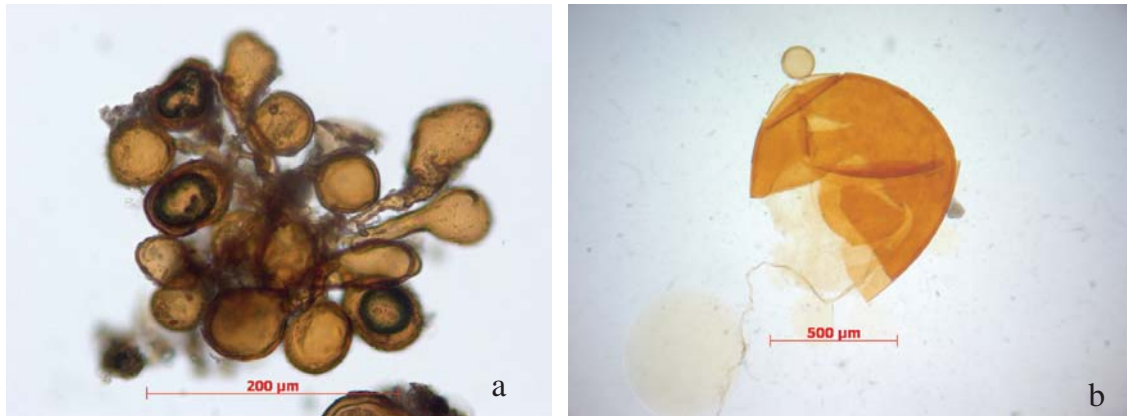


圖3. 陽明山火山噴氣孔鄰近植被土壤中內生菌根菌。a, *Sclerocystis rubiformis*; b, *Gigaspora gigantea*。

Fig. 3. The VAM species in soils in the Yangming mountain fumarole area: a, *Sclerocystis rubiformis*; b, *Gigaspora gigantea*.

試驗，發現接種大油坑優勢菌種 *E. columbiana* 及 *G. clarum* 2種菌根菌均可與白背芒根系形成菌根。若就2種菌根的根內感染形態而言，*E. columbiana* 形成根內菌絲的根段比率約40-50%，根內囊泡呈橢圓形至不規則形聚生，不會

根內產孢 (圖4)。而 *G. clarum* 形成根內菌絲的根段比率約60-70%，根內菌絲常平行延伸，中間則互相連結，根內囊泡呈長橢圓形單生，且會在根內產孢 (圖5)。白背芒不接種菌根菌之根系則不形成菌根型態。

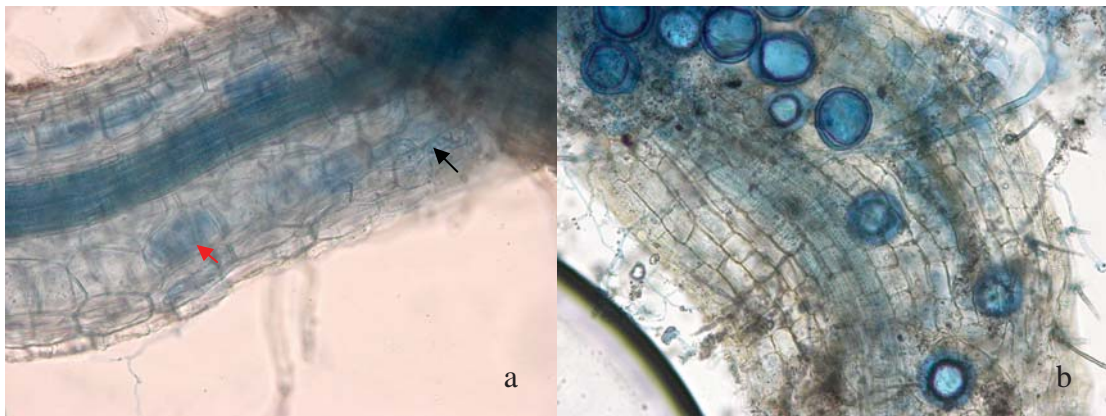


圖4. 白背芒接種 *Entrophospora columbiana* 3個月後可形成菌根。a：根內菌絲 (黑色箭頭) 及叢枝體 (紅色箭頭)；b：根內囊泡呈聚生。

Fig. 4. *Miscanthus sinensis* var. *glaber* inoculated with *Entrophospora columbiana* after 3 months can form mycorrhiza. a, intraradical hyphae (black arrow) and arbuscule (red arrow); b, vesicles forming in cluster.

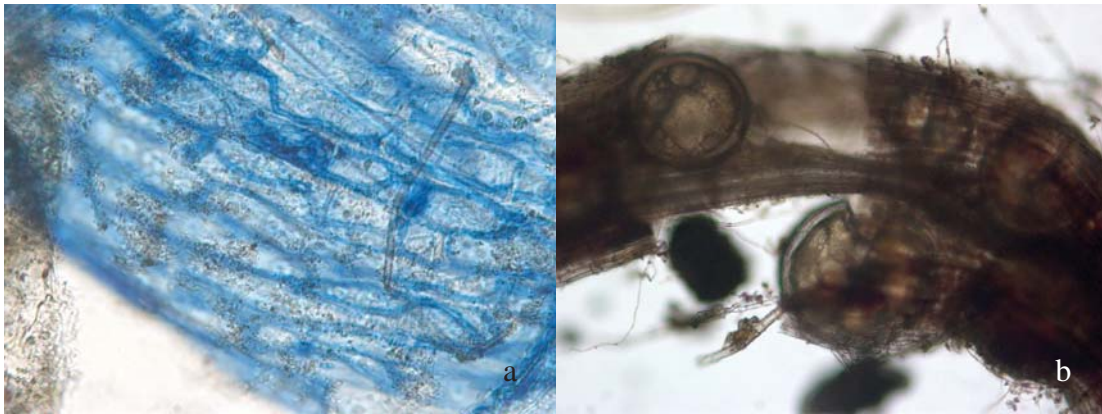


圖5. 白背芒接種 *Glomus clarum* 3個月後可形成菌根。a：根內菌絲常平行延伸，中間又互相連結；b：於根內形成孢子。

Fig. 5. *Miscanthus sinensis* var. *glaber* inoculated with *Glomus clarum* after 3 months can form mycorrhiza. a, intraradical hyphae often grow in parallel and connected to each other; b, spores formed in the root.

一般而言，叢枝菌根菌很少呈現寄主的專一性 (Helgason *et al.*, 2002)。然而，有學者認為叢枝菌根菌存在著對特定宿主的喜好性而非逢機性地選擇宿主 (Vandenkoornhuysen *et al.*, 2002; Gollotte *et al.*, 2004)，Daniell 等 (1999) 也認為不同的菌根菌分類群可能有特定容易形成共生的植物分類群。在一些研究中也證實了同一種植物接種不同的菌根菌也會產生了不同的生長效應 (Klironomos, 2003)。在其它的研究中，研究人員發現分離自相同土壤但來自不同宿主的同一種菌根菌，其產孢的模式也不同 (Eom *et al.*, 2000)。土壤中菌根菌的組成會影響植群的組成結構與多樣性 (O'Connor *et al.*, 2002)；同樣地，植群的組成也會影響菌根菌的組成與多樣性 (Johnson *et al.*, 2004)。本研究針對陽明山噴氣孔鄰近植被生育地的土壤養分與叢枝菌根菌調查，並建立此獨特生育地共生菌根菌的基本資料，以供更進一步研究。

四、參考文獻

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。
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.

- Barnhisel, R. and P. M. Bertsch (1982) Aluminum. In A. L. Page *et al.* (eds.) Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agronomy 9: 275-300.
- Daniell, T. J., A. Hodge, J. P. W. Young and A. Fitter (1999) How many fungi does it take to change a plant community. Trends Plant Sci 4: 81-82.
- Daniels, B. A. and H. D. Skipper (1982) Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil. pp. 20-45. In: Schenck, N. C. (ed.). Methods and principles of mycorrhizal research. The American Phytopathological Society. St. Paul.
- Donnison, L. M., G. S. Griffith, J. Hedger, P. J. Hobbs and R. D. Bardgett (2000) Management influences on soil microbial communities and their function in botanically diverse haymeadows of northern England and Wales. Soil Biol. Biochem. 32: 253-263.
- Entry, J. A., C. L. Rose, and K. Cromack (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.
- Eom, A. H., D. C. Hartnett and G. W. T. Wilson (2000) Host plant species effects on arbuscular mycorrhizal fungal communities in tallgrass prairie. *Oecologia* 122: 435-444.
- Fujiyoshi, M., A. Kagawa, T. Nakatsubo and T. Masuzawa (2005) Successional changes in mycorrhizal type in the pioneer plant communities of a subalpine volcanic desert on Mt. Fuji, Japan. *Polar Biosci.* 18: 60-72.
- Gerdemann, J. W. and J. M. Trappe (1974) The *Endogonaceae* in the Pacific Northwest. *Mycologia Memoir* 5: 76.
- Gollotte, A., D. Van Tuinen and D. Atkinson (2004) Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi colonising roots of the grass species *Agrostis capillaris* and *Lolium perenne* in a field experiment. *Mycorrhiza* 14: 111-117.
- Hankan, W. and W. Tonie (1999) Biotite and microcline as potassium sources in ectomycorrhizal and non-mycorrhizal *Pinus sylvestris* seedlings. *Mycorrhiza* 9: 25- 32.
- Helgason, T., J. W. Merryweather, J. Denison, P. Wilson, J. P. W. Young and A. H. Fitter (2002) Selectivity and functional diversity in arbuscular mycorrhizas of co-occurring fungi and plants from a temperate deciduous woodland. *J Ecol* 90: 371-384.
- Johnson, D., P. J. Vandenkoornhuys, J. R. Leake, L. A. Gilbert, R. E. Booth, J. P. Grime, J. P. W. Young and D. J. Read (2004) Plant communities affect arbuscular mycorrhizal fungal diversity and community composition in grassland microcosms. *New Phytol* 161: 503-515.
- Klironomos, J. N. (2003) Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi. *Ecology* 84: 2292-2301.
- Koske, R. E. and B. Tessier (1983) A convenient, permanent slide mounting medium. *Newsletter Mycological Society of America* 34: 59.
- MacDonald, D. 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 A. L. Page *et al.* (eds.) *Methods of soil analysis. Part 2.* 2nd ed. *Agronomy* 9: 199- 223.
- O'Connor, P. J., S. E. Smith and E. A. Smith (2002) Arbuscular mycorrhizas influence plant diversity and community structure in a semiarid herbland. *New Phytol* 154: 209-218.
- Olson, S. R. and L. E. Sommers (1982) Phosphorus. In A. L. Page *et al.* (eds.) *Methods of soil analysis. Part 2.* 2nd ed. *Agronomy* 9: 403- 427.
- Querejeta, J. I., L. M. Egerton-Warburton and M. F. Allen (2003) Direct nocturnal water transfer from oaks to their mycorrhizal symbionts during severe soil drying. *Oecologia* 34: 55-64.
- Reinhardt, D. (2007) Programming good relations-development of the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Current Opinion in Plant Biology* 10: 98-105.
- 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.
- Safir, G. R., J. S. Boyer and J. W. Gerdemann

- (1971) Mycorrhizal enhancement of water transport in soybean. *Science* 172: 581- 583.
- Schenck, N. C. and Y. Perez (1990) Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. INVAM, Gainesville, Florida.
- Tabatabai, M. A. (1982) Sulfur. In A. L. Page *et al.* (eds.) *Methods of soil analysis. Part 2.* 2nd ed. *Agronomy* 9: 501- 538.
- Teujimura, A. (1979) The arrangement of the vegetation of solfataras according to pH value of soils. *Ecol. Rev.* 19(2): 59- 65.
- Titus, J. H. and S. Tsuyuzaki (2002) Arbuscular mycorrhizal distribution in relation to microsites on recent volcanic substrates of Mt. Koma, Hokkaido, Japan. *Mycorrhiza* 12: 271- 275.
- Tsuyuzaki, S., A. Hase and H. Niinuma (2005) Distribution of different mycorrhizal classes on Mount Koma, northern Japan. *Mycorrhiza* 15: 93- 100.
- Vandenkoornhuyse, P., R. Husband, T. J. Daniell, I. J. Watson, A. H. Fitter and J. P. W. Young (2002) Arbuscular mycorrhizal community composition associated with two plant species in a grassland ecosystem. *Mol Ecol* 11: 1555-1564.
- Yoshioka, K. (1965) Solfatara vegetation at Osoreyama. *Ecol. Rev.* 16(3): 137- 151.