

大屯火山群大油坑硫磺噴氣口白背芒與叢枝菌根菌共生關係

Symbiotic relationship between *Miscanthus sinensis* var. *glaber* and AM fungi in Dayukeng fumarole area in Tatun volcano group

林子超¹ 顏江河^{2,*}

Tzu-Chao Lin¹ and Chiang-Her Yen^{2,*}

¹行政院農業委員會特有生物研究保育中心 55224 南投縣集集鎮民生東路1號

²國立中興大學森林學系 40227 臺中市國光路250號

¹Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

²Department of Forestry, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan

*通訊作者: chyen@nchu.edu.tw

*Corresponding author: chyen@nchu.edu.tw

摘要

大屯火山群大油坑硫磺噴氣口鄰近區域長年在後火山作用下形成特殊的土壤環境，僅有少數耐極酸土壤的植物如白背芒存活於此。本研究藉由裸土誘導繁殖試驗及白背芒與大頭茶接種叢枝菌根菌試驗，發現叢枝菌根菌有助於白背芒於陽明山特殊的土壤條件中有效改善養分吸收狀態，並更進一步證實白背芒的存在有助於叢枝菌根菌族群的建立，並有助於後續植生建立。

Abstract

Dayukeng fumarole area of Tatun volcano group is able to preserve unique soil environment due to year-round influence from post-volcanism phenomena, and only a few extreme acid-tolerable plant species such as *Miscanthus sinensis* var. *glaber* can exist in this area. By means of bait culture in bare soil

and VA fungi inoculation experiment with *M. sinensis* var. *glaber* and *Gordonia axillaris*, we found that AM fungi improves the nutrient availability of *M. sinensis* var. *glaber* in Yangming mountain peculiar soil, and verified that the existence of *M. sinensis* var. *glaber* is contributive to population establishment of AM fungi, which further helps successive plants to establish.

關鍵詞：菌根、大油坑、白背芒、叢枝菌根菌

Key words: AM fungi, Dayukeng, *Miscanthus sinensis* var. *glaber*, mycorrhiza

收件日期：2014 年 08 月 11 日 接受日期：2014 年 12 月 26 日

Received: August 11, 2014

Accepted: December 26, 2014

前 言

大屯山火山群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口，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，僅有少數耐極酸性土壤之植物能生存，以往有關植群分佈之研究大部分都著重在分析植物社會與非生物性質的環境因子間之關係(陳及郭 1989)。然而土壤中的菌根菌與植物共生後影響了宿主植物對環境的適應性，也改變了宿主植物的競爭能力 (Hart *et al.*, 2003)，因此探討菌根菌的組成與植群間的關係將有助於進一步瞭解共生機制與植群分布之關係。林等 (2013) 於陽明山國家公園境內大油坑及小油坑 2 處硫磺噴氣口鄰近植生根系土壤，進行內生菌根菌調查，共計發現叢枝菌根菌 6 屬 14 種，經由在不同的植群類型進行菌根菌調查，發現在不同的植群中有其不同的優勢共生菌種。即使菌根菌對於宿主植物生長

與存活的顯著功能已經在許多的研究中被證實(Jeffries *et al.*, 2003)，然而我們仍然無法證實菌根菌的共生是否對於這個地區植物的存活與生長是必要的。

植物對於不同菌根菌的感染力以及感染後的表現因物種及土壤的條件不同而有顯著的差異，大屯火山群大油坑硫磺噴氣口鄰近區域極為惡劣的土壤條件，最靠近噴氣口的區域僅有白背芒(*Miscanthus sinensis* var. *glaber*)可以於此環境定殖，本研究將藉由白背芒的盆鉢接種試驗，來瞭解菌根菌對於白背芒存活在此特殊生育地扮演的角色。為了進一步探討菌根菌與硫磺噴氣口鄰近植生演替之關係，本研究以噴氣口鄰近闊葉林適生植物大頭茶(*Gordonia axillaris*)為材料，以距離噴氣口不同距離之土壤進行盆鉢栽植試驗，同時進行菌根菌接種試驗，除了探討分離自不同植群組成中的優勢菌種對大頭茶生長的影響外，更進一步探討菌根菌與植物的拓殖關係。

材料與方法

一、裸土誘導繁殖

採集大油坑距噴氣口 20 m、50 m 及 100 m 之土壤，土壤不經高溫高壓滅菌處理，以距離噴氣口 400 m 白背芒種子經 1% 次氯酸鈉 (NaOCl) 消毒，每一盆鉢播種 600 顆白背芒種子進行叢枝菌根菌誘導產孢試驗，每一處理 4 重複，以探討裸土中是否存在菌根菌感染源。

二、白背芒接種試驗

採集大油坑距離噴氣口 100 m 裸地土壤，土壤經高溫高壓滅菌處理 (121 °C，1.2 kg/cm²) 後，以生長於距離大油坑噴氣口 400 m 之白背芒種子經 1% NaOCl 消毒後播種，每一盆鉢播種 600 顆白背芒種子，種子發芽 2 星期後分別接種大油坑白背芒優勢菌種 *Entrophospora columbiana* 及 *Glomus clarum* 等 2 種菌根菌，每一盆鉢各 150 顆孢子，每種處理各 4 重複，對照組不接種菌根菌，僅以 10 ml 孢子濾液滴灌，以確保對照組與其它處理除了叢枝菌根菌以外，其餘的背景微生物相一致。另外為探討不同氣候區及不同生育環境之白背芒是否也可生存於大油坑極酸之土壤，本研究以另外一組處理播種採集自南橫寶來地區海拔約 600 m 的白背芒種子，種子經 1% NaOCl 消毒後播種，每一盆鉢播種 600 顆白背芒種子，種子發芽 2 星期後同時接種 *E. columbiana* 及 *G. clarum* 等 2 種菌根菌，每一菌種各 150 顆孢子，共 4 個重複，10 個月後採集植體進行植體養分分析。盆鉢試驗於農委會特有生物研究保育中心網室內進行，以避免試驗期間其它因子之干擾。

三、白背芒植體元素及養分分析

將收穫之白背芒全株植體洗淨後，以 60°C 烘乾 1 週，磨粉後以硫酸-過氧化氫分解法 (Moore and Chapman, 1986)，取乾燥樣本 0.4 g，加入 4.4 ml 植體分解液 (0.42 g Se 與 14 g LiSO₄·H₂O 加入 350 ml H₂O₂，再緩慢加入 420 ml 濃硫酸)，置於分解爐 (Digestion system 20, 1015 Digester, Tecator) 中加熱至 375°C 持續消化 2 小時，待冷卻後以去離子水將樣液定積至 100 ml，取 50 ml 以凱氏氮分析裝置 (Tecator, Kjeltel System 1026 Distilling Unit) 進行全氮蒸餾，樣液加入過量的 40% NaOH，另取 20ml 接收液 [取 20g H₃BO₃ 溶於 700 ml H₂O 中，加入 200 ml ethanol 及 20 ml 指示劑 (0.66 g bromocresol green 及 0.33 g methyl red 溶於 1,000 ml ethanol)，以 0.05N NaOH 調整溶液呈酒紅色，最後定積至 1,000 ml) 置於冷凝接收管下，再以 0.05N 硫酸滴定，得知植體氮濃度。剩餘樣液以 Whatman No.42 濾紙過濾後，濾液以感應耦合電漿光譜分析儀 (Inductively-Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometer, ICP-AES, Leeman) 測定鉀 (K)、鈉 (Na)、鈣 (Ca)、鎂 (Mg)、磷 (P) 與鋁 (Al) 的含量。

試驗數據以 SPSS 統計軟體進行單因子變異數分析 (one-way analysis of variance, ANOVA) 檢驗，當差異之顯著性達 95% 以上信心水準時再以最小顯著差異法 (least significant difference, LSD) 加以檢定。

四、大頭茶接種與拓殖實驗

為探討叢枝菌根菌與硫磺噴氣口鄰近植生演替之關係，本研究以噴氣口鄰近闊葉林優勢植物大頭茶為材料，以距離噴氣口 20 m 及 120 m 之滅菌土壤進行盆鉢栽植試驗，採

自陽明山地區大頭茶種子經 1% NaOCl 消毒後直播於 2 種土壤，每個 6 吋盆內直播 10 顆種子，每種處理 4 重複，2 個月後計算成苗率。

接著將成苗的大頭茶選取大小相近的植株移植至新的 6 吋盆，每一盆鉢種植 1 株，以距離大油坑噴氣口 20 m 及 120 m 之滅菌土壤，分別進行接種大油坑草生地優勢菌種 *E. columbiana* 孢子 150 顆、移植感染 *E. columbiana* 之白背芒作為接種源（移植白背芒 2 個月後再移植大頭茶）以及對照組不接菌等 3 種處理，對照組僅以 10 ml 孢子濾液滴灌，以確保對照組與其他處理除了叢枝菌根菌以外，其餘的背景微生物相一致。每種處理 4 重複，3 個月後進行染根觀察，10 個月後量測植株高度並採收植株量測乾重。除了探討菌根菌對大頭茶生長的影響外，更進一步探討菌根菌與植物的拓殖關係。

結果與討論

一、裸土誘導繁殖

經消毒之白背芒種子，播種於距噴氣口 20 m、50 m 及 100 m 之未滅菌土壤，種子約 1 周後發芽，白背芒播種於距噴氣 20 m 土的初期生長比播種於距離 50 m 土要好（圖 1），然而 1 個月後，植株陸續死亡，2 個月後播種於距離噴氣口 20 m 土的白背芒全數死亡（圖 2），將盆鉢土壤進行孢子分離，並無發現任何菌根菌孢子，播種於距離噴氣口 50 m 土的白背芒，6 個月後進行土壤孢子分離，分離出 *G. minutum* 及 *Paraglomus occultum*，播種於距離噴氣 100 m 土的白背芒，6 個月後進行土壤孢子分離，分離出 *P. occultum*、*E. columbiana* 及 *Scutellospora calospora*。



圖 1. 白背芒種子於大油坑距噴氣口不同距離之土壤 1 個月後生長狀態比較。左為距離 50 m 土壤，右為距離 20 m 土壤。

Fig. 1. Growth comparison of *Miscanthus sinensis* var. *glaber* in soil collected at 20 m (right) and 50 m (left) from Dayukeng fumarole after one month.



圖 2. 白背芒種子於大油坑距噴氣口不同距離之土壤 2 個月後生長狀態比較。左為距離 50 m 土壤，右為距離 20 m 土壤。

Fig. 2. Growth comparison of *Miscanthus sinensis* var. *glaber* in soil collected at 20 m (right) and 50 m (left) from Dayukeng fumarole after two months.

其中 *P. occultum* 及 *S. calospora* 於鄰近植生根系土壤調查時曾發現孢子，而 *G.*

minutum 於野外調查時則未曾有發現孢子的紀錄(林等 2013); 原始發表中亦表示此菌於採自波蘭西北部之沙丘土壤經誘導繁殖發現, 在野外土壤中未曾發現孢子(Blaszkowski *et. al.* 2000)。裸土於野外調查時雖無發現孢子, 但藉由裸土誘導繁殖試驗中發現土壤中仍然存在著菌根菌的繁殖體, 而距離噴氣口愈近, 也就是離白背芒植生愈遠的土壤中愈少菌根菌的繁殖體, 而距離噴氣口 20 m 土壤所種植的白背芒無法存活可能與土壤中無菌根菌的繁殖體有關。

二、白背芒接種試驗

於白背芒接種菌根菌 3 個月後進行染根試驗, 發現接種大油坑優勢菌種 *E. columbiana* 及 *G. clarum* 等 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 45%, 根內囊泡呈橢圓形至不規則形聚生, 不會根內產孢(圖 3)。而 *G. clarum* 形成根內菌絲的根段比率約 65%, 根內菌絲常平行延伸, 中間又互相連結, 根內囊泡呈長橢圓形單生, 且會在根內產孢(圖 4)。白背芒不接種菌根菌之根系則不形成菌根型態。而另外一組種源來自南橫寶來的白背芒經染根確認, 亦可形成菌根, 根內菌絲的根段比率約 45%。

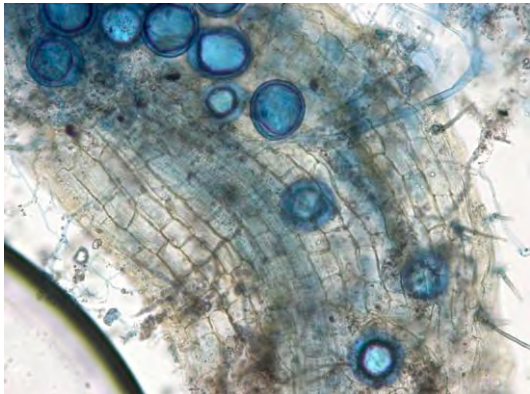


圖 3. 白背芒接種 *Entrophospora columbiana* 3 個月後可形成菌根, 根內囊泡呈聚生。

Fig. 3. *Miscanthus sinensis* var. *glaber* inoculated with *Entrophospora columbiana* after three months can form mycorrhiza and vesicles in clusters.

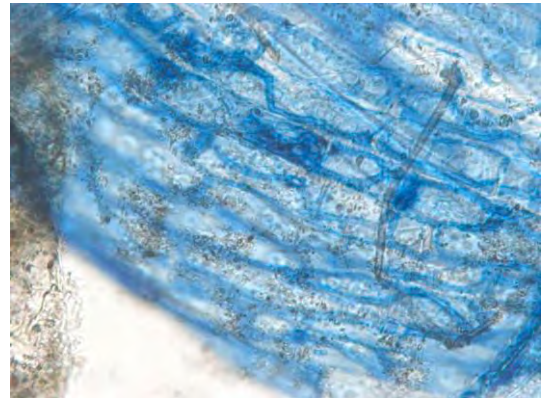


圖 4. 白背芒接種 *Glomus clarum* 3 個月後可形成菌根, 根內菌絲常平行延伸, 中間又互相連結。

Fig. 4. *Miscanthus sinensis* var. *glaber* inoculated with *Glomus clarum* after three months can form mycorrhiza, and the intraradical hyphae often grew in parallel and connected to each other.

距離大油坑噴氣口 100 m 滅菌土壤播種大油坑種源白背芒以及播種南橫種源白背芒 2 種不同處理 3 周後計算其發芽率, 分別為 $38.67 \pm 1.2\%$ 及 $29.33 \pm 1.4\%$, 2 種處理達顯著差異 ($P < 0.05$), 顯示大油坑種源的白背芒在大油坑酸性的土壤中有較高的發芽率(圖 5)。



圖 5. 南橫(左)與大油坑(右)種源白背芒在大油坑土壤發芽率比較。

Fig. 5. Germination rate of Nanhen (left) and Dayukeng (right) strain of *Miscanthus sinensis* var. *glaber* in the soil collected from Dayukeng.

而四種不同處理之白背芒於溫室種植10個月後，不同處理在外觀上呈現明顯差異，植株之高度及葉寬經量測，大油坑種源白背芒接種 *E. columbiana* 與接種 *G. clarum* 在植株高度與植株葉寬沒有顯著差異，但是與大油坑種源

白背芒未接菌及南橫種源白背芒接種 *E. columbiana* 及 *G. clarum* 等2種處理則有顯著差異。而大油坑種源白背芒未接菌與南橫種源白背芒接種 *E. columbiana* 及 *G. clarum* 等2種處理在植株高度與植株葉寬也沒有顯著差異(表1)。

表 1. 白背芒於距離大油坑噴氣口 100 m 土壤 4 種不同叢枝菌根菌接種處理 10 個月後植株高度與葉寬比較

Table 1. *Miscanthus sinensis* var. *glaber* height and leaf width after 10 months with different AM fungi inoculate process in soil collected at 100 m from Dayukeng fumarole

	Height of plant (cm)	Width of leaf (cm)
Dayukeng <i>M.sinensis</i> var. <i>glaber</i> no inoculated	16.6±0.6 ^b	0.28±0.02 ^b
Dayukeng <i>M.sinensis</i> var. <i>glaber</i> inoculated with <i>G. clarum</i>	28.7±0.8 ^a	0.49±0.03 ^a
Dayukeng <i>M.sinensis</i> var. <i>glaber</i> inoculated with <i>E. columbiana</i>	27.3±0.7 ^a	0.51±0.02 ^a
Nanhen <i>M.sinensis</i> var. <i>glaber</i> inoculate with <i>E. columbiana</i> and <i>G. clarum</i>	18.3±0.3 ^b	0.29±0.02 ^b

^{a, b}: The measurements were significantly different (ANOVA, $P < 0.05$) in the numbers with superscript a and b.

三、白背芒植體元素及養分分析

四種不同處理之白背芒於溫室種植10個月後，採收植體後進行植體養分分析，結果發現植體內氮的含量以接種 *E. columbiana* 的大油坑白背芒最高，接種 *G. clarum* 的大油坑白背芒次之，滅菌土的大油坑白背芒最低 (表2)。而植體內鎂含量，接種 *E. columbiana* 與接種 *G. clarum* 的大油坑白背芒以及同時接種2種菌根菌的南橫白背芒無顯著差異，僅有種植於滅菌土的大油坑白背芒明顯低於其它三種處

理 (表2)。而植體內的鉀含量，以接種 *G. clarum* 的大油坑白背芒含量最高，接種 *G. clarum* 的南橫白背芒次之，滅菌土的大油坑白背芒最低 (表2)。而植體內磷含量以接種 *E. columbiana* 的大油坑白背芒最高，接種 *G. clarum* 的大油坑白背芒次之，滅菌土的大油坑白背芒及同時接種2種菌根菌的南橫白背芒最低(表2)。而植體內的鈣含量，以接種 *G. clarum* 的大油坑白背芒最高，同時接種2種菌根菌的南橫白背芒次之，滅菌土的大油坑白背芒最低 (表2)。

表 2. 白背芒於距離大油坑噴氣口 100 m 土壤 4 種不同叢枝菌根菌接種處理 10 個月後植體內養分組成

Table 2. *Miscanthus sinensis* var. *glaber* nutrient composition analysis after 10 months with different AM fungi inoculate process in soil collected at 100 m from Dayukeng fumarole

	N(mg/g)	Mg(mg/g)	K(mg/g)	P(mg/g)	Ca(mg/g)	Al(mg/g)
Dayukeng <i>M.sinensis</i> var. <i>glaber</i> no inoculated	2.71±0.03 ^d	2.67±0.03 ^d	7.04±0.19 ^d	0.34±0.02 ^c	7.26±0.13 ^d	0.1±0.02 ^b
Dayukeng <i>M.sinensis</i> var. <i>glaber</i> inoculated with <i>E. columbiana</i>	2.97±0.26 ^a	2.91±0.03 ^a	8.22±0.07 ^c	0.85±0.02 ^a	10.75±0.17 ^c	0.12±0.02 ^b
Dayukeng <i>M.sinensis</i> var. <i>glaber</i> inoculated with <i>G. clarum</i>	2.89±0.47 ^b	2.95±0.01 ^{ab}	8.84±0.14 ^a	0.64±0.05 ^b	14.34±0.18 ^a	0.16±0.02 ^a
Nanhen <i>M.sinensis</i> var. <i>glaber</i> inoculate with <i>E. columbiana</i> and <i>G. clarum</i>	2.79±0.03 ^c	2.87±0.04 ^{ac}	8.48±0.07 ^b	0.38±0.05 ^c	12.78±0.17 ^b	0.2±0.02 ^a

^{a, b, c, d}: The measurements were significantly different (ANOVA, $P < 0.05$) in the numbers with superscript a, b, c and d.

整體而言，大油坑的白背芒接種大油坑優勢菌根菌 *E. columbiana* 及 *G. clarum* 後植株內氮、磷、鉀、鈣、鎂的含量顯著高於生長於完全滅菌的大油坑土壤。而若就接種 *E. columbiana* 及 *G. clarum* 的大油坑白背芒植株養分進行比較，接種 *E. columbiana* 的大油坑白

背芒在氮及磷的含量顯著高於接種 *G. clarum* 的大油坑白背芒，推測可能是 *E. columbiana* 在大油坑極酸性土壤中促進白背芒氮與磷吸收的能力優於 *G. clarum*。而接種 *G. clarum* 的大油坑白背芒在鉀及鈣的含量顯著高於接種 *E. columbiana* 的白背芒，推測可能是 *G. clarum*

在大油坑極酸性土壤中促進白背芒鈣及鉀吸收的能力優於 *E. columbiana*。

發芽實驗結果，顯示大油坑的白背芒可能由於長期的演化結果，使其能適應大油坑極酸的生育地土壤，因此比南橫種源的白背芒有較高的發芽率。接種菌根菌後之染根結果，證實菌根菌與大油坑及南橫種源的白背芒都可以形成菌根，若以同樣接種菌根菌的南橫白背芒與大油坑白背芒植體營養狀況作比較，可發現南橫白背芒植株的氮、磷、鉀、鈣、鎂的含量顯著低於大油坑白背芒，推測大油坑白背芒與大油坑的菌根菌在長期共同演化的作用下，呈現出其兩者間獨特的互利共生關係。Feddermann *et al.* (2010) 也認為各種菌根菌不同共生相關基因的表現是真菌與植物基因型及生育地因子的共同表現。

而接種菌根菌的南橫白背芒與未接種菌根菌的大油坑白背芒植體營養比較，結果發現除了磷的含量沒有顯著差異外，接種菌根菌的南橫白背芒植株氮、鉀、鈣、鎂的含量均較高。證實即使種源來自南橫的白背芒在接種大油坑的菌根菌後仍能有效改善其生長於極酸性土壤的營養吸收狀況。

四、大頭茶接種與拓殖實驗

以距離大油坑噴氣口 20 m 及 120 m 之滅菌土壤進行大頭茶盆鉢發芽試驗，2 個月後計算成苗率，播種於距離大油坑噴氣口 20 m 滅菌土之大頭茶成苗率 0%，而播種於距離大油坑噴氣口 120 m 滅菌土之大頭茶成苗率 17%。

大頭茶幼苗以距離大油坑噴氣口 20 m 及 120 m 之滅菌土壤分別進行菌根菌接種處理，3 種處理於 4 個月後進行染根，染根結果發現移植於距離大油坑噴氣口 120 m 土壤之大頭茶，以孢子接種或是以菌根白背芒作為接種源，均可形成菌根，10 個月後在植株高度及植株乾重上也明顯優於未接菌之對照組(表 3)。而移植於距離大油坑噴氣口 20 m 土壤之大頭茶以孢子為接種源之處理並未形成菌根，而以菌根白背芒作為接種源之處理已形成菌根，6 個月後未形成菌根之未接種菌根對照組與以孢子為接種源之 2 種處理之大頭茶，植株陸續產生葉片紅化與葉緣及尖端變黃焦枯等營養缺乏的特徵，並於 7 個月後陸續枯萎死亡(圖 6a、6b)。反觀以菌根白背芒作為接種源處理之大頭茶則生長良好(圖 6c)。



圖 6. 大頭茶於距離大油坑噴氣口 20m 土壤進行不同菌根菌接種處理 7 個月後之生長比較(a: 接種 *E. columbiana* 孢子 150 顆；b: 對照組不接菌；c: 以感染 *E. columbiana* 之白背芒作為接種源)。

Fig. 6. *Gordonia axillaris* inoculate with AM fungi in different process after seven months in soil collected at 20 m from Dayukeng fumarole. a: inoculate with *E. columbiana* 150 spores; b: no inoculate; c: plant with *Miscanthus sinensis* var. *glaber* which synthesizes mycorrhiza with *E. Columbiana*

表 3. 大頭茶於距離大油坑噴氣口 120 m 及 20 m 土壤不同菌根菌接種處理 10 個月後之生長表現比較

Table 3. *Gordonia axillaris* inoculated with AM fungi in different process after 10 months in soil collected at 120 m and 20 m from Dayukeng fumarole

		Plant height (cm)	Plant dry weight (g)
Soil collected at 120 m from Dayukeng fumarole	not inoculated	11.6±0.7 ^a	1.31±0.32 ^a
	Inoculated with <i>E. colombiana</i> 150 spores	15.2±0.9 ^b	2.38±0.19 ^b
	Plant with <i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>glaber</i>		
	which synthesized mycorrhiza with <i>E. colombiana</i>	14.8±0.8 ^b	2.41±0.29 ^b
Soil collected at 20 m from Dayukeng fumarole	not inoculated	dead	dead
	Inoculated with <i>E. colombiana</i> 150 spores	dead	dead
	Plant with <i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>glaber</i>		
	which synthesized mycorrhiza with <i>E. colombiana</i>	9.8±0.7 ^c	0.82±0.1 ^c

^{a, b, c}: The measurements were significantly different (ANOVA, $P < 0.05$) in the numbers with superscript a, b and c.

由實驗的結果可看出菌根菌在極酸土壤中能顯著促進大頭茶的生長。而在更惡劣的土壤條件中直接以孢子接種大頭茶並無法有效形成菌根，但若是以帶有菌根的白背芒作為接種源則能有效感染大頭茶。這也進一步證實大油坑噴氣口鄰近白背芒的存在有助於菌根菌族群的建立，並有利於後續植生建立。

在劣化的棲地上植被的回復，草本物種最常被引進，因為這些物種可利用它們大量的鬚根根系迅速穩定脆弱的土壤結構，以及他們的高繁殖力和擴散能力可迅速蔓延。這些植物受到叢枝菌根菌的拓殖，增加植物生長，同時這也可能增加土壤內菌根菌繁殖體的密度。兩者相輔相成，這促進往後植群的發展。如果菌根化的草本物種寄宿著有高產孢能力的叢枝菌根菌在惡劣土地上應用，這可能增加叢枝菌根菌在土壤的密度，進而促進草本和其他物種的

植被恢復(Saito *et al.*, 2011)。

Koske 與 Gemma (1990) 研究夏威夷的海岸林，發現叢枝菌根菌的繁殖體與原生植物的分布有密切的關聯性，兩者之間有共同拓殖的現象。Van der Heijden 與 Horton (2009) 也提出菌根菌會改變植物與植物間的交互關係，並且在植生的建立上扮演著關鍵的角色。許多菌根菌並不具有宿主專一性，因此單一菌根菌可以同時感染許多宿主，並在這些宿主間形成連結(Beiler *et al.*, 2010; Yang *et al.*, 2010)，而存在這些植物間的菌根網絡，可能讓不同宿主個體間進行養分的重新分配。或許，菌根菌在不同演替階段的組成植物間也扮演著調節者的角色。

Newman (1988) 也在報告中指出共生真菌對於演替初期植群的建立非常重要，而且關係著這些植物能否在原本無地被的裸土上存

活下來，這些共生真菌在植群早期的發展中提供了不同植物個體間養分交換的菌絲網絡。有關植群在新跡地上的演替，以往的研究多從地表上的生物因子聯結氣候、地形及其他非生物的土壤因子等去討論，然而植物與共生真菌的關係在植群演替的階段確實是非常重要的部分，不管是在干擾或未受干擾的棲地上(Helm *et al.*, 1996)。

結 論

藉由裸土誘導繁殖試驗，我們發現距離植生較近的裸土中仍然存在著菌根菌的繁殖體，而土壤中有無菌根菌的繁殖體影響了白背芒是否可以存活。在白背芒的接種試驗及植體的養分分析中我們發現大油坑地區的白背芒在長期的演化下，使其能適應大油坑極酸的生育地土壤，因此比南橫種源的白背芒有較高的發芽率，並且與大油坑地區的優勢菌根菌有較佳的共生效能。最後藉由大頭茶接種與拓殖實驗，我們發現菌根菌在極酸土壤中能顯著促進大頭茶的生長，也更進一步證實白背芒的定植有助於叢枝菌根菌族群的建立，也連帶著幫助了後續植生在此棲地建立族群。

引用文獻

- 林子超、朱恩良、李苑瑋、顏江河。2013。陽明山火山噴氣口鄰近土壤與內生菌根菌調查。林業研究季刊 35(4)：241-252。
- 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。
- Beiler, K. J., D. M. Durall, S. W. Simard, S. A. Maxwell and A. M. Kretzer. 2010. Architecture of the wood-wide web: *Rhizopogon* spp. Genets link multiple Douglas-fir cohorts. *New Phytologist* 185: 543-553.
- Błaszowski, J., M. Tadych and T. Madej. 2000. *Glomus minutum*, a new species in Glomales (Zygomycetes) from Poland. *Mycotaxon* 76: 187-196.
- Feddermann, N., R. Finlay., T. Boller and M. Elfstrand. 2010. Functional diversity in arbuscular mycorrhiza - the role of gene expression, phosphorous nutrition and symbiotic efficiency. *Fungal Ecology* 3: 1-8.
- Hart, M. M., R. J. Reader and J. N. Klironomos. 2003. Plant coexistence mediated by arbuscular mycorrhizal fungi. *Trends in Ecology & Evolution* 18: 418-423.
- Helm, D. J., E. B. Allen and J. M. Trappe. 1996. Mycorrhizal chronosequence near Exit Glacier, Alaska. *Canadian Journal of Botany* 74:1496-1506.
- Jeffries, P., S. Gianinazzi, S. Perotto, K. Turnau and J. Barea. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biology and Fertility of Soils* 7: 1-16.
- Koske, R. E. and J. N. Gemma. 1990. VA mycorrhizae in strand vegetation of Hawaii : evidence for long-distance codispersal of plants and fungi. *American Journal of Botany* 77: 466-474.
- Moore, P. D. and S. B. Chapman. 1986. *Methods in Plant Ecology*. 2nded. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London,

- Edinburgh.
- Newman E. I. 1988. Mycorrhizal links between plants: their functioning and ecological significance. *Advances in Ecological Research* 18: 243-271.
- Saito, M., H. Oba, and T. Kojima. 2011. Effect of nitrogen on the sporulation of arbuscular mycorrhizae fungi colonizing several gramineous plant species. *Soil Science and Plant Nutrition* 57: 29-34.
- Van der Heijden, M. G. A. and T. R. Horton. 2009. Socialism in soil? The importance of mycorrhizal fungal networks for facilitation in natural ecosystems. *Journal of Ecology* 97:1139-1150.
- Yang, C., C. Hamel, M. P. Schellenberg, J. C. Perez and R. L. Berlbara. 2010. Diversity and functionality of arbuscular mycorrhizal fungi in three plant communities in semiarid Grasslands National Park, Canada. *Microbial Ecology* 59:724-733.

