

## 叢枝菌根菌於不同性質土壤中對宿主之影響

# Arbuscular mycorrhizal fungi's effects on host plants in different soil properties

林子超

Tzu-Chao Lin

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

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

通訊作者：super@tesri.gov.tw

Corresponding author:super@tesri.gov.tw

### 摘要

為探討菌根菌在不同土壤性質中對宿主的影響，本研究以生態習性迥異的 3 種樹種，分別將其栽種於 3 種不同性質的滅菌土壤，再以分離培育自不同棲地環境的 3 種菌根菌進行接種試驗。結果顯示叢枝菌根菌對宿主植物沒有很高的專一性，但土壤性質明顯影響了菌根菌能否與植物形成菌根。不同的植物與菌根菌均有其適生的土壤，接種適當的菌根菌，能有效改善植物於不適合生育地中生長狀況。

### Abstract

In order to explore mycorrhiza effects on different host plants in different soil properties, inoculation experiments were conducted using three plant species of different ecological habits. Each species was planted in three different soil media, then inoculated with three different mycorrhizal fungi that dominated different habitats. The results showed that arbuscular mycorrhizal fungi exhibited little host specificity, but soil properties significantly affected the synthesis of plant and fungi. Though different plants and arbuscular mycorrhizal fungi preferred different soil properties, their growth could nevertheless be improved when

living in unsuitable habitats by inoculating appropriate arbuscular mycorrhizal fungi.

**關鍵詞：**叢枝菌根菌、宿主專一性、土壤性質

**Key words:** arbuscular mycorrhizal fungi, host specificity, soil property

收件日期：2017 年 03 月 22 日      接受日期：2017 年 06 月 15 日

Received: March 22, 2017

Accepted: June 15, 2017

## 前 言

不同的氣候、土壤性質及植群組成伴生著不同的菌根菌組成，例如在大屯山大油坑地區優勢菌種 *Entrophospora columbiana* 與 *Glomus clarum* 甚少出現在海岸林生育地。同樣的，海岸林優勢菌種 *Scutellospora pellucida* 與 *Acaulospora scrobiculata* 也鮮少與大油坑地區的硫磺植物形成菌根(林及顏 2010；林等 2013)。部分研究指出叢枝菌根菌群落中，具有特殊物種或分類群的植物寄主的專一性，而宿主的專一性可能是影響植物和叢枝菌根菌的分佈一個重要的因素 (Stover *et al.* 2012)。然而，在進行野外調查時，卻常發現同一植物個體也可以同時被多種叢枝菌根菌所感染，因此宿主根系內叢枝菌根菌的多樣性和物種組成即使在同一科的植物之間也有很大的不同。究竟是土壤性質影響了植物的組成，進而影響了與植物共生的菌根菌？還是因為土壤性質影響了菌根菌的組成，進而影響了宿主的存活，改變了植物的組成？本研究用了 3 種不同性質的土壤、3 種不同性質的菌根菌以及 3 種不同性質的植物進行接種試驗，藉由接種後苗木的生長表現，試著探討這複雜的共生現象。

## 材料與方法

為探討菌根菌在不同土壤性質中對宿主的影響，以生態習性迥異的海岸林常見植物黃槿 (*Hibiscus tiliaceus*)、低海拔常見造林樹種台灣欒 (*Zelkova serrata*) 以及酸性土壤優勢植物大頭茶 (*Gordonia axillaris*) 等 3 種樹種無菌苗，分別將其栽種於 3 種不同性質的滅菌土壤。3 種土壤分別為距離大油坑噴氣口 120 m 之土壤 (pH : 3.54±0.18 ; N : 0.13±0.01% ; P : 2.82±0.25 mg kg<sup>-1</sup>)、取自苗栗竹南海岸的海砂 (pH : 7.38±0.12 ; N : 0.17±0.01% ; P : 1.19±0.34 mg kg<sup>-1</sup>) 以及取自濁水溪的河砂 (pH : 7.52±0.08 ; N : 0.23±0.01% ; P : 1.05±0.34 mg kg<sup>-1</sup>)，再將 9 種處理分別接種 3 種分離培育自不同生育環境的菌根菌，3 種菌根菌分別為大油坑地區酸性土壤優勢菌種 *Entrophospora columbiana* (林等 2013)、海岸林優勢菌種 *Scutellospora calospora* (林及顏 2010) 以及生態幅度較大的 *Acaulospora morrowiae* (資料未發表)，加上未接菌的對照組，共計有 36 種處理，每種處理 3 重複。4 個月後染根確認有無感染菌根，10 個月後量測苗木高度並採收苗木於

60°C 烘箱中烘乾 2 週，烘乾後之恆重即為乾重。試驗數據以 SPSS 18.0 統計軟體進行雙因子變異數分析(Two-way analysis of variance, Two-way ANOVA)，檢驗不同土壤、不同接種處理以及兩因子間之交感效應有無顯著。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(LSD)進行事後檢定。

## 結果

海岸林常見樹種黃槿於接種菌根菌處理4個月後進行染根觀察，發現於大油坑酸性土壤中，*A. morrowiae*、*S. calospora*、*E. columbiana* 等3菌種均可與黃槿形成菌根；而在河砂與海砂中僅有*A. morrowiae*、*S. calospora*等2菌種可與黃槿形成菌根(表1)。

表 1. *Entrophospora columbiana*、*Scutellospora calospora* 及 *Acaulospora morrowiae* 3 種菌根菌與台灣欒、黃槿、大頭茶於河砂、海砂、大油坑酸性土壤 3 種介質中形成菌根之狀況。

Table 1. *Zelkova serrata*, *Hibiscus tiliaceus* and *Gordonia axillaris* inoculated with *Entrophospora columbiana*, *Scutellospora calospora* and *Acaulospora morrowiae* respectively in three different soil media.

Cultivation medium	Plant species	AM species	Intraradical hyphae
Dayukeng acid soil	<i>Zelkova serrata</i>	<i>Entrophospora columbiana</i>	+
		<i>Scutellospora calospora</i>	+
		<i>Acaulospora morrowiae</i>	+
		CK	-
	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	<i>Entrophospora columbiana</i>	+
		<i>Scutellospora calospora</i>	+
		<i>Acaulospora morrowiae</i>	+
		CK	-
	<i>Gordonia axillaris</i>	<i>Entrophospora columbiana</i>	+
		<i>Scutellospora calospora</i>	+
		<i>Acaulospora morrowiae</i>	+
		CK	-
Sea sand	<i>Zelkova serrata</i>	<i>Entrophospora columbiana</i>	-
		<i>Scutellospora calospora</i>	+
		<i>Acaulospora morrowiae</i>	+
		CK	-
	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	<i>Entrophospora columbiana</i>	-
		<i>Scutellospora calospora</i>	+

		<i>Acaulospora morrowiae</i>	+
		CK	-
	<i>Gordonia axillaris</i>	<i>Entrophospora columbiana</i>	-
		<i>Scutellospora calospora</i>	+
		<i>Acaulospora morrowiae</i>	+
	CK	-	
River sand	<i>Zelkova serrata</i>	<i>Entrophospora columbiana</i>	-
		<i>Scutellospora calospora</i>	+
		<i>Acaulospora morrowiae</i>	+
		CK	-
	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	<i>Entrophospora columbiana</i>	-
		<i>Scutellospora calospora</i>	+
		<i>Acaulospora morrowiae</i>	+
		CK	-
	<i>Gordonia axillaris</i>	<i>Entrophospora columbiana</i>	-
		<i>Scutellospora calospora</i>	+
		<i>Acaulospora morrowiae</i>	+
		CK	-

Two-way ANOVA 分析結果顯示不同土壤、不同的接種處理以及 2 因子間의 交互作用均顯著影響了黃槿的苗木高度 (表 2)。若是從個別土壤中不同的菌根菌接種處理對黃槿之苗木高度進行比較，在大油坑土中以接種 *E. columbiana* 之表現最佳，接種 *S. calospora* 次之，接種 *A. morrowiae* 與對照組並無顯著差異。在河砂及海砂中均是以接種 *S. calospora* 之表現最佳，接種 *A. morrowiae* 次之，接種

*E. columbiana* 與對照組並無顯著差異。若是以個別菌根菌接種處理於不同土壤中黃槿之苗木高度進行比較，由未接菌的對照組可看出黃槿最適合生長於海砂中，最不適合生長於大油坑土；接種 *S. calospora* 於海砂表現最佳，河砂次之，大油坑土最差；接種 *E. columbiana* 於大油坑土表現最佳，於河砂與海砂沒有顯著差異；接種 *A. morrowiae* 於河砂表現最佳，海砂次之，大油坑土最差 (表 3)。

表 2. 不同土壤介質接種菌根菌對黃槿苗高之雙向變方分析表

Table 2. Two-way ANOVA examining the interaction between soil media and inoculated AM fungi on *Hibiscus tiliaceus* height.

Source of variation	SS	DF	MS	F	P
I	801.272	3	267.091	303.704	<0.001
S	181.887	2	90.943	103.410	<0.001
I×S	897.842	6	149.640	170.153	<0.001
Error	21.107	24	0.879		
Total	6739.310	36			

I: Inoculated process; S: Soil medium; DF: Degrees of freedom; SS: Sum of squares; MS: Mean Squares

表 3. 黃槿於 3 種土壤中 4 種不同菌根菌接種處理 10 個月後之植株高度 (cm)

Table 3. Height (cm) of *Hibiscus tiliaceus* inoculated with four AM fungi in three soil media after 10 months

	Sc	Ec	Am	CK
Dayukeng acid soil	8.43 ± 0.85 <sup>bc</sup>	16.47 ± 0.93 <sup>aa</sup>	4.72 ± 0.41 <sup>cc</sup>	4.31 ± 0.56 <sup>cc</sup>
River sand	22.47 ± 1.24 <sup>ab</sup>	6.83 ± 0.71 <sup>cb</sup>	19.83 ± 1.27 <sup>ba</sup>	5.63 ± 0.55 <sup>cb</sup>
Sea sand	25.93 ± 1.56 <sup>aa</sup>	6.43 ± 0.61 <sup>cb</sup>	10.23 ± 1.11 <sup>bb</sup>	7.83 ± 0.71 <sup>ca</sup>

Items with different superscript lowercase letters in the same row and superscript uppercase letter in the same column indicating the significance in the difference at P<0.05 (ANOVA with LSD post-hoc analysis). Sc: *Scutellospora calospora* ; Ec: *Entrophospora columbiana* ; Am: *Acaulospora morrowiae* ; CK: control group

酸性土壤優勢植物大頭茶於接種菌根菌處理 4 個月後進行染根觀察，發現於大油坑酸性土壤中，*A. morrowiae*、*S. calospora*、*E. Columbiana* 3 菌種均可與大頭茶形成菌根；而在河砂與海砂中僅有 *A. morrowiae*、*S. calospora* 2 菌種可與大頭茶形成菌根 (表 1)。Two-way ANOVA 分析結果顯示不同土壤、不同的接種處理以及 2 因子間의 交感效應均顯著影響了大頭茶的苗木高度 (表 4)。若是從個別

土壤中不同的菌根菌接種處理對大頭茶之苗高差異進行比較，在大油坑土中以接種 *E. columbiana* 之表現最佳，接種 *A. morrowiae*、*S. calospora* 與對照組並無顯著差異。在河砂及海砂中均是以接種 *S. calospora* 之表現最佳，接種 *A. morrowiae* 與 *E. columbiana* 之表現次之，對照組最差。若是以個別菌根菌接種處理於不同土壤中大頭茶之苗高差異進行比較，由未接菌的對照組可看出大頭茶生長於大油坑

土與海砂在苗高並無顯著差異，生長於河砂苗高最矮；接種 *S. calospora* 於海砂表現最佳，河砂次之，大油坑土最差；接種 *E. columbiana*

於大油坑土表現最佳，於河砂與海砂沒有顯著差異；接種 *A. morrowiae* 於 3 種土壤均沒有顯著差異 (表 5)。

表 4. 不同土壤接種菌根菌對大頭茶苗高之雙向變方分析表

Table 4. Two-way ANOVA examining the interaction between soil media and inoculated AM fungi on *Gordonia axillaris* height.

Source of variation	SS	DF	MS	F	P
I	131.049	3	43.683	102.649	<0.001
S	24.815	2	12.408	29.156	<0.001
I×S	288.003	6	48.000	112.795	<0.001
Error	10.213	24	0.426		
Total	3703.080	36			

I: Inoculated process; S: Soil medium; DF: Degrees of freedom; SS: Sum of squares; MS: Mean Squares

表 5. 大頭茶於 3 種土壤中 4 種不同菌根菌接種處理 10 個月後之植株高度 (cm)

Table 5. Height (cm) of *Gordonia axillaris* inoculated with four AM fungi in three soil media after 10 months

	Sc	Ec	Am	CK
Dayukeng acid soil	7.40 ± 0.70 <sup>bc</sup>	19.4 ± 0.59 <sup>aA</sup>	7.80 ± 0.60 <sup>ba</sup>	7.70 ± 0.44 <sup>ba</sup>
River sand	11.63 ± 0.80 <sup>ab</sup>	8.23 ± 0.85 <sup>bb</sup>	8.53 ± 1.00 <sup>ba</sup>	5.77 ± 0.57 <sup>cb</sup>
Sea sand	13.13 ± 0.35 <sup>aA</sup>	8.10 ± 0.56 <sup>bb</sup>	8.57 ± 0.65 <sup>ba</sup>	7.77 ± 0.40 <sup>ba</sup>

Items with different superscript lowercase letters in the same row and superscript uppercase letter in the same column indicating the significance in the difference at P<0.05 (ANOVA with LSD post-hoc analysis). Sc: *Scutellospora calospora* ; Ec: *Entrophospora columbiana* ; Am: *Acaulospora morrowiae* ; CK: control group

低海拔常見造林樹種台灣欒於接種菌根菌處理 4 個月後進行染根觀察，發現於大油坑酸性土壤中，*A. morrowiae*、*S. calospora*、*E. columbiana* 等 3 菌種均可與台灣欒形成菌根；而在河砂與海砂中僅有 *A. morrowiae*、*S.*

*calospora* 等 2 菌種可與台灣欒形成菌根 (表 6)。Two-way ANOVA 分析結果顯示不同土壤、不同的接種處理以及 2 因子間의 交感效應均顯著影響了台灣欒的苗木高度 (表 6)。若是從個別土壤中不同的菌根菌接種處理對台灣

櫟之苗高差異進行比較，在大油坑土中以接種 *E. columbiana* 之表現最佳，接種 *S. calospora* 之表現次之，接種 *A. morrowiae* 與對照組並無顯著差異。在河砂及海砂中均是以接種 *S. calospora* 之表現最佳，接種 *A. morrowiae* 之表現次之，對照組最差。若是以個別菌根菌接種處理於不同土壤中台灣櫟之苗高差異進行比較，由未接菌的對照組可看出台灣櫟生長於河

砂之苗高最高，生長於海砂之苗高次之，生長於大油坑土之苗高最矮；接種 *S. calospora* 於河砂表現最佳，海砂次之，大油坑土最差；接種 *E. columbiana* 於大油坑土表現最佳，於河砂與海砂沒有顯著差異；接種 *A. morrowiae* 於河砂中表現最佳，於海砂中次之，於大油坑土中最差 (表 7)。

表 6. 不同土壤接種菌根菌對台灣櫟苗高之雙向變方分析表

Table 6. Two-way ANOVA examining the interaction between soil media and inoculated AM fungi on *Zelkova serrata* height.

Source of variation	SS	DF	MS	F	P
I	717.828	3	239.276	435.928	<0.001
S	456.162	2	228.081	415.532	<0.001
I×S	168.385	6	194.731	354.773	<0.001
Error	13.173	24	0.549		
Total	7561.170	36			

I: Inoculated process; S: Soil medium; DF: Degrees of freedom; SS: Sum of squares; MS: Mean Squares

表 7. 台灣櫟於 3 種土壤中 4 種不同菌根菌接種處理 10 個月後之植株高度 (cm)

Table 7. Height (cm) of *Zelkova serrata* inoculated with four AM fungi in three soil media after 10 months

	Sc	Ec	Am	CK
Dayukeng acid soil	4.80 ± 0.46 <sup>bc</sup>	20.40 ± 0.95 <sup>aA</sup>	3.80 ± 0.66 <sup>bcC</sup>	3.60 ± 0.30 <sup>cC</sup>
River sand	30.83 ± 1.31 <sup>aA</sup>	9.76 ± 0.60 <sup>cB</sup>	18.23 ± 0.42 <sup>ba</sup>	8.17 ± 0.55 <sup>dA</sup>
Sea sand	19.47 ± 0.86 <sup>aB</sup>	8.47 ± 0.81 <sup>cB</sup>	10.83 ± 0.71 <sup>bb</sup>	5.90 ± 0.72 <sup>dB</sup>

Items with different superscript lowercase letters in the same row and superscript uppercase letter in the same column indicating the significance in the difference at P<0.05 (ANOVA with LSD post-hoc analysis). Sc: *Scutellospora calospora* ; Ec: *Entrophospora columbiana* ; Am: *Acaulospora morrowiae* ; CK: control group

以黃槿的乾重進行 Two-way ANOVA 分析，結果顯示不同土壤、不同的接種處理以及 2 因子間的交感效應均顯著影響了黃槿的乾重 (表 8)。若是從個別土壤中不同的菌根菌接種處理對黃槿之乾重差異進行比較，在大油坑土中以接種 *E.columbiana* 之表現最佳，接種 *S. calospora* 次之，接種 *A. morrowiae* 與對照組並無顯著差異。在河砂及海砂中均是以接種 *S. calospora* 之表現最佳，接種 *A. morrowiae* 次之，接種 *E. columbiana* 與對照組並無顯著差

異。若是以個別菌根菌接種處理於不同土壤中黃槿之乾重差異進行比較，由未接菌的對照組可看出黃槿生長於海砂中之乾重最重，生長於河砂中次之，生長於大油坑土最輕；接種 *S. calospora* 於海砂中之乾重最重，生長於河砂中次之，生長於大油坑土最輕；接種 *E. columbiana* 於大油坑土表現最佳，於河砂與海砂沒有顯著差異；接種 *A. morrowiae* 於河砂表現最佳，海砂次之，大油坑土最差 (表 9)。

表 8. 不同土壤接種菌根菌對黃槿植株乾重之雙向變方分析表

Table 8. Two-way ANOVA examining the interaction between soil media and inoculated AM fungi on *Hibiscus tiliaceus* weight.

Source of variation	SS	DF	MS	F	P
I	6.385	3	2.128	652.630	<0.001
S	1.579	2	0.789	242.048	<0.001
I×S	7.686	6	1.281	392.814	<0.001
Error	0.078	24	0.003		
Total	36.674	36			

I: Inoculated process; S: Soil medium; DF: Degrees of freedom; SS: Sum of squares; MS: Mean Squares

表 9. 黃槿於 3 種土壤中 4 種不同菌根菌接種處理 10 個月後之植株乾重 (g)

Table 9. Weight (g) of *Hibiscus tiliaceus* inoculated with four AM fungi in three soil media after 10 months

	Sc	Ec	Am	CK
Dayukeng acid soil	0.38 ± 0.04 <sup>bc</sup>	1.29 ± 0.06 <sup>aa</sup>	0.11 ± 0.02 <sup>cc</sup>	0.08 ± 0.01 <sup>cc</sup>
River sand	1.78 ± 0.09 <sup>ab</sup>	0.28 ± 0.03 <sup>cb</sup>	1.38 ± 0.08 <sup>ba</sup>	0.22 ± 0.03 <sup>cb</sup>
Sea sand	1.95 ± 0.09 <sup>aa</sup>	0.27 ± 0.03 <sup>cb</sup>	1.08 ± 0.09 <sup>bb</sup>	0.32 ± 0.04 <sup>ca</sup>

Items with different superscript lowercase letters in the same row and superscript uppercase letter in the same column indicating the significance in the difference at P<0.05 (ANOVA with LSD post-hoc analysis). Sc: *Scutellospora calospora* ; Ec: *Entrophospora columbiana* ; Am: *Acaulospora morrowiae* ; CK: control group

以大頭茶的植株乾重進行 Two-way ANOVA 分析，結果顯示不同土壤、不同的接種處理以及 2 因子間의 交感效應均顯著影響了大頭茶的植株乾重 (表 10)。若是從個別土壤中不同的菌根菌接種處理對大頭茶之植株乾重差異進行比較，在大油坑土中以接種 *E. columbiana* 之表現最佳，接種 *A. morrowiae*、*S. calospora* 與對照組並無顯著差異。在河砂中以接種 *S. calospora* 之乾重最重，接種 *A. morrowiae* 及 *E. columbiana* 次之，對照組最輕。海砂中以接種 *S. calospora* 之表現最佳，

接種 *A. morrowiae*、*E. columbiana* 與對照組並無顯著差異。若是以個別菌根菌接種處理於不同土壤中大頭茶之乾重差異進行比較，由未接種的對照組可看出大頭茶生長於大油坑土中有最重的乾重，生長於海砂中次之，於河砂中之乾重最輕；接種 *S. calospora* 於海砂中乾重最重，河砂次之，大油坑土最輕；接種 *E. columbiana* 於大油坑土乾重最重，於河砂與海砂沒有顯著差異；接種 *A. morrowiae* 於大油坑土乾重最重，於河砂中乾重最輕 (表 11)。

表 10. 不同土壤接種菌根菌對大頭茶植株乾重之雙向變方分析表

Table 10. Two-way ANOVA examining the interaction between soil media and inoculated AM fungi on *Gordonia axillaris* weight.

Source of variation	SS	DF	MS	F	P
I	0.497	3	0.166	86.490	<0.001
S	0.238	2	0.119	62.045	<0.001
I×S	0.523	6	0.087	45.508	<0.001
Error	0.046	24	0.002		
Total	7.073	36			

I: Inoculated process; S: Soil medium; DF: Degrees of freedom; SS: Sum of squares; MS: Mean Squares

表 11. 大頭茶於 3 種土壤中 4 種不同菌根菌接種處理 10 個月後之植株乾重 (g)

Table 11. Weight (g) of *Gordonia axillaris* inoculated with four AM fungi in three soil media after 10 months

	Sc	Ec	Am	CK
Dayukeng acid soil	0.43 ± 0.04 <sup>bc</sup>	0.85 ± 0.09 <sup>aA</sup>	0.38 ± 0.05 <sup>bA</sup>	0.39 ± 0.04 <sup>bA</sup>
River sand	0.54 ± 0.04 <sup>ab</sup>	0.34 ± 0.04 <sup>bb</sup>	0.28 ± 0.03 <sup>bb</sup>	0.12 ± 0.03 <sup>cC</sup>
Sea sand	0.63 ± 0.05 <sup>aA</sup>	0.29 ± 0.03 <sup>bb</sup>	0.31 ± 0.03 <sup>bAB</sup>	0.24 ± 0.03 <sup>bb</sup>

Items with different superscript lowercase letters in the same row and superscript uppercase letter in the same column indicating the significance in the difference at P<0.05 (ANOVA with LSD post-hoc analysis). Sc: *Scutellospora calospora* ; Ec: *Entrophospora columbiana* ; Am: *Acaulospora morrowiae* ; CK: control group

以台灣櫟的植株乾重進行 Two-way ANOVA 分析，結果顯示不同土壤、不同的接種處理以及 2 因子間의 交感效應均顯著影響了台灣櫟的植株乾重 (表 12)。若是從個別土壤中不同的菌根菌接種處理對台灣櫟之乾重差異進行比較，在大油坑土中以接種 *E. columbiana* 之乾重最重，接種 *S. calospora*、*A. morrowiae* 與對照組並無顯著差異。在河砂中以接種 *S. calospora* 之乾重最重，接種 *A. morrowiae* 之乾重次之，接種 *E. columbiana* 與對照組無顯著差異。在海砂中以接種 *S.*

*calospora* 之乾重最重，接種 *A. morrowiae* 之乾重次之，對照組最輕。若是以個別菌根菌接種處理於不同土壤中台灣櫟之乾重差異進行比較，由未接菌的對照組可看出台灣櫟生長於河砂之乾重最重，生長於海砂與大油坑土之台灣櫟乾重無明顯差異。接種 *S. calospora* 於河砂之乾重最重，海砂次之，大油坑土最輕；接種 *E. columbiana* 於大油坑土乾重最重，於河砂與海砂沒有顯著差異；接種 *A. morrowiae* 於河砂中乾重最重，於海砂中次之，於大油坑土中乾重最輕 (表 13)。

表 12. 不同土壤接種菌根菌對台灣櫟植株乾重之雙向變方分析表

Table 12. Two-way ANOVA examining the interaction between soil media and inoculated AM fungi on *Zelkova serrata* weight.

Source of variation	SS	DF	MS	F	P
I	1.722	3	0.574	93.287	<0.001
S	0.925	2	0.462	75.165	<0.001
I×S	2.711	6	0.452	73.423	<0.001
Error	0.148	24	0.006		
Total	24.211	36			

I: Inoculated process; S: Soil medium; DF: Degrees of freedom; SS: Sum of squares; MS: Mean Squares

表 13. 台灣櫟於 3 種土壤中 4 種不同菌根菌接種處理 10 個月後之植株乾重 (g)

Table 13. Weight (g) of *Zelkova serrata* inoculated with four AM fungi in three soil media after 10 months

	Sc	Ec	Am	CK
Dayukeng acid soil	0.36 ± 0.04 <sup>bc</sup>	1.18 ± 0.09 <sup>aA</sup>	0.31 ± 0.06 <sup>bc</sup>	0.26 ± 0.03 <sup>bb</sup>
River sand	1.48 ± 0.08 <sup>aA</sup>	0.62 ± 0.10 <sup>cB</sup>	1.04 ± 0.07 <sup>bA</sup>	0.53 ± 0.06 <sup>cA</sup>
Sea sand	1.08 ± 0.16 <sup>aB</sup>	0.57 ± 0.08 <sup>cB</sup>	0.89 ± 0.06 <sup>bb</sup>	0.32 ± 0.05 <sup>dB</sup>

Items with different superscript lowercase letters in the same row and superscript uppercase letter in the same column indicating the significance in the difference at P<0.05 (ANOVA with LSD post-hoc analysis). Sc: *Scutellospora calospora*; Ec: *Entrophospora columbiana*; Am: *Acaulospora morrowiae*; CK: control group

## 討論

實驗結果顯示菌根菌對宿主植物的專一性並不高，但是土壤性質卻明顯影響了菌根菌能否與植物形成菌根，分離自大油坑之*E. columbiana*於海砂及河砂中均無法有效感染大頭茶、黃槿或台灣欒。

統計分析的結果顯示3種試驗的植物不管在苗高或植株乾重上，均受到土壤性質、接種菌種以及上述2種因子交感作用的影響。若排除接種菌根菌的因子，發現黃槿於海砂中上長最佳，台灣欒於河砂中生長最佳，大頭茶則是最適合生長於酸性的土壤中。若將接種菌根菌的因子加入進行分析，發現*E. columbiana*在酸性的土壤中能有效改善宿主植物的生長狀態，即使是不適合生長於酸性土壤的黃槿與台灣欒，也能因為接種該菌種而提高其乾重及苗高，另外我們也發現*A. morrowiae*在酸性土中雖然與3種試驗植物皆可形成共生，但是與對照組卻沒有明顯的差異，也就是沒有顯著的共生效益。海岸林優勢菌種*S. calospora*不論在河砂或海砂中均能有效改善宿主植物的生長狀態，即使是酸性土壤之優勢植物大頭茶種植在河砂或海砂中，也可藉由接種該菌種而提高其乾重及苗高，*A. morrowiae*在河砂或海砂中，雖共生效益不及*S. calospora*，仍然對黃槿及台灣欒有顯著的共生效益，但是對大頭茶則不顯著。

Weissenhorn *et al.* (1994) 研究指出非原生地的菌根菌由於其對生育地條件之敏感度不同，因此有的菌種並無法適應一些土壤因子的逆境。原生地菌種的分離篩選及個別菌種對逆境的適應及耐受性機制，在運用菌根菌作為復育植生的研究上，是必需認真考慮的問題，因為實際運用時不僅要考慮菌根菌接種後

的效益，也必需同時考慮菌種於純化培育時，是否仍保持其對逆境的抗性及適應性。

Enkhtuya *et al.* (2000) 研究中則指出菌根菌於純化培育時可能由於培育介質的不同而使得其對原生地的適應性及耐受性產生改變。這可能是為何在大多數重金屬毒害土壤中原生地篩選培育的菌種其生長的狀況較其它菌種適應良好。然而部分的菌種如*G. mosseae*，雖然不是從原生地所篩選，其表現高度的適應性在許多不同的土壤條件均生長良好。

廣泛分佈的植物接種不同菌根菌對其生長影響不大，但只出現在單一棲地類型的植物，當接種原生地的菌根菌時表現最佳 (Gavito *et al.* 2008)。於本研究中也發現大頭茶接種原生地的優勢菌種*E. columbiana*，可以獲得最佳的生長表現。另外我們也發現廣泛分布的菌種如*A. morrowiae*，雖表現了高度的適應性，在許多不同的土壤條件均生長良好，但其對宿主的影響卻是有限。

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 *et al.* (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)。植物個體可以承載多種叢枝菌根菌的多樣性組成，即使在同一科的寄主植物之間可以有很大的不同。叢枝菌根菌群落中具有特殊物種或分類群的植物寄主的專一性。因此，宿主的專一性可能是影響植物和叢枝菌根菌分佈的一個重要因素 (Stover *et al.* 2012)。Urcelay and Díaz (2003) 在其理論模型研究中指出，叢枝菌根菌

對植物社會組成結構的影響取決於優勢與從屬種植物對菌根的依賴性。當優勢植物對菌根依賴較強而其他從屬種較弱的情況下，會增加優勢種植物的競爭性而降低植物社會的物種多樣性；反之，若優勢及從屬種植物對叢枝菌根菌皆有極高的依賴性，則叢枝菌根菌存在將有助於增加植物社會的物種多樣性。

### 引用文獻

- 林子超、顏江河 (2010) 台灣西部海岸林適生植物內生菌根菌調查研究。林業研究季刊 32(4) : 23-34。
- 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。
- 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 in Plant Science 4: 81-82.
- Enkhtuya, B., J. Rydlová and M. Vosátka (2000) Effectiveness of indigenous and non-indigenous isolates of arbuscular mycorrhizal fungi in soils from degraded ecosystems and man-made habitats. Applied Soil Ecology 14:201-211.
- Gavito, M. E., D. Pérez-Castillo, C.F. González-Monterrubio, T. Vieyra-Hernández and M. Martínez-Trujillo (2008) High compatibility between arbuscular mycorrhizal fungal communities and seedlings of different land use types in a tropical dry ecosystem. Mycorrhiza 19: 47-60.
- Gollotte, A., D. Van Tuinen and D. Atkinson (2004) Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi colonising roots of the grass species *Agrostiscapillaris* and *Loliumperenne* in a field experiment. Mycorrhiza 14: 111-117.
- 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. Journal of Ecology 90: 371-384.
- Klironomos, J. N. (2003) Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi. Ecology 84: 2292-2301.
- Stover, H. J., R. G. Thorn, M. Bowles, M. A. Bowles, and C. R. Jacobs (2012) Arbuscular mycorrhizal fungi and vascular plant species abundance and community structure in tallgrass prairies with varying agricultural disturbance histories. Applied Soil Ecology 60: 61-70.
- Urcelay, C. and S. Díaz (2003) The mycorrhizal dependence of subordinates determines the effect of arbuscular mycorrhizal fungi on plant diversity. Ecology Letters 6: 388-391.
- Vandenkoornhuys, 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. Molecular Ecology 11: 1555-1564.
- Weissenhorn, I., A. Glashoff, C. Leyval and J. Berthelin (1994) Differential tolerance to Cd and Zn of arbuscular mycorrhizal (AM) fungal spores isolated from heavy metal-polluted and unpolluted soils. Plant Soil 167: 189-196.