

研究報告

出雲山苗圃菌根調查與苗木菌根接種試驗

顏江河¹ 李苑瑋²

【摘要】本研究針對出雲山苗圃培育之 9 種苗木進行菌根調查，結果顯示，各樹種優勢苗木與劣勢苗木高生長之差異達 1.33-4.51 倍，地徑生長同樣呈倍數的差距。苗木菌根型態以內生菌根為主，各樹種優勢苗木之菌根感染率平均為 31.5%，劣勢苗木菌根感染率平均則為 8.8%，菌根依賴度以楊梅 351% 最高，紅檜則最低僅 33%。苗圃中內生菌根樹種平均都可與 3 種以上菌種共生，但外生菌根樹種則共生菌種極少，若欲在此苗圃進行外生菌根苗木的培育，應進行外生菌種的引種。盆栽培養法大量繁殖內生菌種，以蕃薯藤為宿主的產孢量最高，菌根孢子則以 *Acaulospora laevis* 產孢量最高 (1468±255 個/100 ml)。接種菌根方式以在發芽盤時期進行接種為佳，菌根感染率平均可達 57-65%。苗圃藥劑噴灑處理，對於生長於出雲山苗圃的台灣欒與台灣肖楠苗木都不具影響，對苗木根系的菌根感染率也不具有差異。

【關鍵詞】菌根、苗圃、菌根依賴度、大量繁殖、菌根接種

Research paper

Study on the Mycorrhizal Status and Mycorrhizal Inoculation Experiment in Chu-Yun-Shan Nursery

Chiang-Her Yen¹ Yuan-Wei Li²

【Abstract】There are nine species tree seedlings were investigated in Chu-Yun-Shan nursery for mycorrhizal status. Result obtained showed that the height growth of dominant seedlings were 1.33-4.51 times superior to those inferior seedling; meanwhile, the root collar diameters had the same times as foregoing. Seedlings mycorrhizal symbiosis were mainly vesicular-arbuscual mycorrhizae (VAM). The average VAM colonization of superior seedling was 31.5%, and which of inferior seedling was only 8.8%. The highest mycorrhizal dependency among all species was *Myrica adenophora* (351%); however, *Chamaecyparis formosensis* only 33% was the lowest. Each VAM seedling could be symbiosis with more than three VAM fungi in the nursery; nevertheless, the ectomycorrhizal seedling only symbiosis with few. It was necessary that inoculating superior ectomycorrhizal fungus when cultivating ectomycorrhizal seedlings. Mass spores production with *Ipomoea batatas* had the highest, especially *Acaulospora laevis* (1468±255 spores/100 mL). The best way for mycorrhizal inoculation was using germination disk, which could reach about 57-65% mycorrhizal colonization. Insecticide and fungicide

1.國立中興大學森林系，台中，台灣

Department of Forestry, NCHU, Taichung, Taiwan.

2.通訊作者 Corresponding author.

applications were no influence on the height growth and mycorrhizal colonization of *Zelkova serrata* and *Calocedrus formosana* in Chu-Yun-Shan nursery.

【Key words】 mycorrhiza, nursery, mycorrhizal dependency, spore mass production, mycorrhizal inoculation.

一、前言

菌根 (mycorrhizae) 為真菌與植物根系形成的共生現象，能夠幫助植物抵抗環境逆壓，對於造林的成敗具有重要的角色。以往林業苗圃的育苗作業，多以土床培育裸根苗為主，所培育苗木比較沒有菌根缺乏的問題，近年來幾乎所有苗圃都以塑膠袋或穴植管育苗為主，且大量使用人工介質或非森林土為培育介質，造成苗木感染菌根的機會驟減，雖在造林地亦可由自然感染機會提供苗木感染源，但苗木經常在未感染前就不適應造林地環境而死亡，故苗木菌根的有無，往往是出栽後野外成活與成長的重要限制因子。

菌根對宿主植物的效應已被證實，其功能包括：(1) 增加植物對水分與養分的吸收，如磷、銅、鋅等 (Baker and Bavel, 1987; Smith and Read, 1997)；(2) 抑制根部病原菌的侵染 (李明仁, 1996; Branzanti *et al.*, 1999)；(3) 提高宿主對逆境的抵抗力；(4) 其他生理效應，如植物生長素含量提高 (Abbott and Robson 1984; Bagyaraj, 1984)。在國外林業苗圃作業中，接種菌根已逐漸被採行 (Menge *et al.*, 1977)。在國內一般傳統苗圃因長年連續使用，土壤病蟲危害嚴重，成苗率大幅降低，近年來容器育苗具備諸多有利因子，包括提高成苗率、縮短育苗期、生產均一品級苗木，並具防治病蟲危害，管理方便 (王子定等, 1980; Barnett and Brissette, 1986)，故容器育苗已在苗圃大量使用。容器育苗一般係採用人工介質或經殺菌、消毒過之介質，致介質中缺少菌根感染源，接種菌根的作業當屬必要。此一作業可減少肥料及灌溉之費用，且可提高苗木大小均一性及增加出栽後之成活率與生長。菌根對宿主之效益已被證實並廣用於各相關領域 (Menge *et al.*, 1977)，在野外 (顏江河、鍾旭

和, 1990) 及溫室栽植 (鍾旭和等, 1991) 之台灣杉 (*Taiwania cryptomerioides*) 幼苗，因菌根的感染與否其生長量呈 20 倍差異，證實苗木培育過程中有無菌根感染對苗木生長相當重要。現今苗圃大多採人工介質，減少了自然感染菌根的機會，不具菌根的苗木出栽後，生長大多遲緩甚或死亡，造成造林失敗。在台灣，育苗過程中未曾考慮菌根接種問題，有關菌根與苗木生長關係的研究資料亦極少。本研究調查出雲山苗圃所培育苗木的菌根菌多樣性，分離並鑑定菌種，探討菌根苗與非菌根苗的生長差異。將菌根菌種大量繁殖，做成接種源，進行菌根接種試驗，檢視不同接種方式對菌根合成的百分率，評估最佳的苗圃接種作業方式。

二、材料與方法

(一) 苗圃菌根多樣性調查

每隔 3 個月赴林務局東勢林區管理處出雲山苗圃，選擇台灣欒 (*Zelkova serrata*)、烏心石 (*Michelia compressa*)、楊梅 (*Myrica adenophora*)、台灣肖楠 (*Calocedrus formosana*)、紅檜 (*Chamaecyparis formosensis*)、台灣白蠟樹 (*Fraxinus formosana*)、台灣胡桃 (*Juglans cathayensis*)、青剛櫟 (*Cyclobalanopsis glauca*) 及土肉桂 (*Cinnamomun osmophloeum*) 9 種 2 年生塑膠袋育苗樹種進行野外菌根菌採集工作。每一樹種各取 12 株，選取生長較優勢及生長較劣勢之苗木各 6 株，檢查苗木根系，若苗木屬囊叢枝菌根 (vescular-arbuscular mycorrhizae, VAM)，將根洗淨後，每株苗木各取 50 段根，以內生菌根染色法觀察 (Phillips and Hayman, 1970)，於顯微鏡下計算菌根感染之百分率，同時將土壤混合均勻後取 100 ml 以濕篩法及傾倒法 (Gerdemann and Nicolson, 1963)，分離土壤中可能存在之內生菌根孢子及孢子數

量。若苗木屬外生菌根 (ectomycorrhizae, ECTM)，則進行根部或子實體的菌種分離 (Molina and Palmer, 1982)。

(二) 菌根菌種大量繁殖試驗

選擇分離自台灣檫與台灣肖楠的優勢菌根孢子各 2 種，進行孢子大量繁殖試驗，3 個月後回收產孢量，挑選孢子外觀飽滿及色澤鮮艷之孢子進行繁殖工作。選擇玉米、蕃薯藤及苜蓿為寄主植物，菌種繁殖置在溫室中進行，每一菌種孢子各別接種 20-30 顆孢子至寄主植物根系，栽培用容器為 6 吋塑膠盆，栽培用介質為經過高溫高壓滅菌後篩選的石英細砂，每一種處理 6 重複。培育期間，每週施以 1/4 Hogland's 營養液 100 ml，經 2 個月後則開始減少水份供應，使寄主植物處在缺水狀態下，以促進菌根孢子的形成。試驗結束以濕篩法及傾倒法，分離介質中的菌根孢子 (Gerdemann and Nicolson, 1963)，計算每 100 ml 介質中的孢子數量。

(三) 不同接種方式對菌根形成的影響

上述繁殖成功的菌根孢子用於本項試驗，台灣檫接種 *Acaulospora colossica* 菌種，台灣肖楠接種 *Acaulospora laevis* 菌種，接種方式包括：(1) 育苗盤接種，自出雲山苗圃取台灣檫、台灣肖楠種子及介質經消毒滅菌後，播種於育苗盤 (25 × 35 × 6 cm) 進行菌根菌孢子接種試驗，再將菌根孢子懸浮液 (150 個/100 ml) 平均灑佈於育苗盤中，每一處理 4 重複；(2) 移植過程中接種，待台灣檫與台灣肖楠 2 月大時移植至 4 吋塑膠盆，先放入半盆介質後將苗木移入，同時接種菌根孢子置於苗木根系處，每盆接種孢子 25 顆，每一處理 15 重複。試驗期間為 8 個月，在溫室培育控制苗木生長環境條件，接種後 4 個月檢查菌根感染情形。

(四) 苗圃管理(藥劑施用)對菌根形成與土壤中菌根菌的影響

同上述完成接種與非接種的台灣檫及台灣肖楠苗木各 120 株，分別置於出雲山苗圃以及中興大學森林系苗圃 (每種處理 30 重複)，部

分苗木與出雲山苗圃的管理作業一致，以免賴得 (benomyl) 及納乃得 (methomyl) 兩種藥劑混合稀釋 2000 倍後噴灑，每隔 3 週定期農藥施用，另一半苗木只澆水不施藥劑。試驗 8 個月後結束，以前述方法進行苗木生長、菌根感染率調查及孢子數量計算。

三、結果與討論

出雲山苗圃 9 種育苗樹種菌根調查結果顯示，台灣檫、烏心石、楊梅、台灣肖楠、紅檜、台灣白蠟樹及土肉桂屬內生菌根，台灣胡桃及青剛櫟則屬外生菌根。各育苗樹種菌根性狀如表 1 所示，各樹種之苗高生長優勢苗木與劣勢苗木生長差異(優勢苗木/劣勢苗木)分別為 3.19、1.75、4.51、3.07、1.33、1.65、1.40、2.31 及 1.44 倍，其地徑同樣呈倍數的差距，此現象與台灣杉幼苗(顏江河、鍾旭和，1990)及大頭茶苗木(顏江河、林哲毅，2002)有無菌根感染的差異相似。不同樹種的菌根感染率，優勢苗木之菌根感染率為 10.8-40.8%，除土肉桂感染率皆為 0% 以外，其餘都是高於劣勢苗木，惟台灣胡桃的感染率差異不大 (10.8% 與 6.7%)。內生菌根之優勢苗木與劣勢苗木菌根孢子數，每 100 g 土壤中菌根孢子數呈倍數差異 (2.23-3.77 倍)，台灣胡桃與青剛櫟屬外生菌根樹種，土壤中沒有發現菌根孢子，土肉桂為扦插苗且苗齡尚小，土壤中亦無發現菌根孢子。此外，由菌根依賴度 (優勢苗高生長 - 劣勢苗高生長) / 劣勢苗高生長 × 100% (Plenchette *et al.*, 1983) 顯示，楊梅、台灣檫、台灣肖楠、烏心石及紅檜分別為 351%、219%、207%、75% 及 33%，菌根依賴度越高，表示該樹種具有菌根感染苗木生長表現越佳 (Azcón and Barea, 1997)，本試驗顯示楊梅呈較高菌根依賴度，台灣檫與台灣肖楠亦高，但烏心石與紅檜則較不具菌根效益。楊梅為放射固氮樹種之一，根系能行固氮作用，根瘤固氮是一種耗能的現象，因此需要仰賴大量磷肥，因此有無菌根對苗木生長具有重要影響，具有菌根就能幫助吸收大

表 1. 出雲山苗圃生長優勢與生長劣勢苗木之生長性狀與根部菌根調查

Table 1. The mycorrhizal status and seedling characters of superior and inferior seedlings in Chu-Yun-Shan nursery

樹種	性狀	生長優勢苗木				生長劣勢苗木			
		苗高 (cm)	地徑 (mm)	孢子數 (個/100 ml)	感染率 (%)	苗高 (cm)	地徑 (mm)	孢子數 (個/100 ml)	感染率 (%)
台灣檫		115±5.6	8.4±0.2	300±36	40.8±2.8	36.0±1.9	4.2±0.1	91±8	9.1±0.5
烏心石		115±4.8	13.0±0.3	322±27	40.2±3.5	65.9±3.8	7.9±0.2	90±7	11.2±0.6
楊梅		64.0±3.8	8.1±0.2	166±18	33.3±2.9	14.2±0.8	3.5±0.1	44±3	4.8±0.3
台灣肖楠		51.2±2.8	4.8±0.1	239±22	33.5±3.0	16.7±0.9	2.1±0.1	107±10	6.7±0.4
紅檜		24.7±1.5	3.6±0.1	154±13	23.4±1.6	18.6±1.1	2.8±0.1	42±4	7.7±0.5
台灣白蠟樹		78.5±3.9	5.4±0.2	187±17	35.7±3.1	47.6±2.5	3.1±0.1	67±6	12.7±0.6
台灣胡桃		73.2±4.2	7.6±0.2	--	10.8±0.8	52.4±2.9	5.1±0.1	--	6.7±0.4
青剛櫟		65.7±3.5	6.8±0.1	--	34.2±2.9	28.5±1.7	3.9±0.1	--	11.3±0.7
土肉桂		16.7±1.1	--	0	0	11.6±0.7	--	0	0

註：1.每一數值為 6 株苗木之平均值

2.--表示無測值

量磷肥，促進苗木生長，故菌根依賴度較高 (Khalil *et al.*, 1994)；台灣檫與台灣肖楠可生長於較貧瘠裸露地，菌根有益其克服瘠劣環境，因此菌根依賴度次之；烏心石生長環境需要較肥沃之地，即使有菌根幫忙，助益仍然有限 (在良好環境下菌根功效較不顯著所致)；紅檜菌根依賴度最低，推其原因可能苗齡過小所致 (7-8 個月)，菌根的功能是持續性緩慢增加，在苗圃育苗之際，幼苗根系若有機會接觸菌根感染源，則約在 3-4 月後能形成菌根體系 (Munro *et al.*, 1999)，開始增加苗木的生長功能，累積生長量，若以 2 年生紅檜苗木做調查，推估其菌根較顯著。

出雲山苗圃不同樹種其共生的菌根菌種亦不相同。在內生菌根方面，台灣檫根部分離的菌種有 *Acaulospora colossica*、*A. laevis*、*A. polonica*、*Glomus tortuosum*、*Glomus sp.* 及一種尚未鑑定的菌種等 6 種。烏心石根部分離的菌種則有 *A. laevis*、*Acaulospora sp.*、*G. geosperum*、*G. microcarpum* 及 *G. rubiforme* 等 5 種。楊梅根部分離的菌種則有 *A. scrobiculata*、*Gigaspora margarita* 及一種尚未鑑定的菌種共 3 種。台灣肖楠根部分離的菌

種有 *A. laevis*、*G. tortuosum*、*G. microcarpum* 及 *Gi. margarita* 等共 4 種。紅檜根部分離的菌種有 *A. polonica*、*G. tortuosum*、*G. geosperum* 及 *G. microcarpum* 等共 4 種。台灣白蠟樹根部分離的菌種 *A. colossica*、*A. laevis*、*A. scrobiculata* 及 *Gi. margarita* 等共 4 種 (表 2)。這些內生菌根孢子中以 *A. laevis* 具有較高的親和性，能夠與台灣檫、烏心石、台灣白蠟樹及台灣肖楠形成菌根，其次是 *G. tortuosum*、*G. microcarpum* 與 *Gi. margarita* 能和 3 種不同樹種形成菌根；在外生菌根方面，台灣胡桃與青剛櫟屬外生菌根樹種，僅在顯微鏡下發現一種型態的外生菌根，屬於暗褐色菌根的型態，由外表觀察並無大量菌絲分佈，推測此種菌根功能並非強者，比較採自台大實驗林和社苗圃的青剛櫟苗 (顏江河、唐盛林, 2000)，其根系佈滿白色菌絲，顯然菌根功能較強。出雲山苗圃四周以內生菌根樹種為主，外生菌根調查發現青剛櫟與台灣胡桃根系的菌根型態，菌絲都屬稀少者，表示苗圃育苗之介質較缺乏外生菌根菌種來源，導致培育外生菌根樹種不易感染菌根，其菌根效益則較不顯著，因此本苗圃若欲進行外生菌根樹種培育，為求獲得優良菌根感

表 2. 出雲山苗圃苗木之共生菌根菌

Table 2. Mycorrhizal symbiosis fungal species of seedlings in Chu-Yun-Shan nursery

樹種	菌種
台灣欒	<i>Acaulospora laevis</i> , <i>A. colossica</i> , <i>A. polonica</i> , <i>Glomus tortuosum</i> , <i>Glomus sp.</i> , unknow
烏心石	<i>A. laevis</i> , <i>Acaulospora sp.</i> , <i>G. microcarpum</i> , <i>G. geosperum</i> , <i>G. rubiforme</i>
楊梅	<i>A. scrobiculata</i> , <i>Gigaspora margarita</i> , unknow
台灣肖楠	<i>A. laevis</i> , <i>G. microcarpum</i> , <i>G. tortuosum</i> , <i>Gi. margarita</i>
紅檜	<i>A. polonica</i> , <i>G. microcarpum</i> , <i>G. tortuosum</i> , <i>G. geosperum</i>
台灣白蠟樹	<i>A. laevis</i> , <i>A. colossica</i> , <i>A. scrobiculata</i> , <i>Gi. margarita</i>

註：*表示菌種鑑定中

染苗，建議在培苗過程中，有必要引入優良外生菌根菌種。此外，同一樹種與不同菌根菌共生的不同菌根組合，對於菌根效益亦有不同的影響 (Miroslav, 1995；顏江河、唐盛林，2000)。

選擇出雲山分佈較多的菌種 *A. colossica*、*A. laevis*、*G. microcarpum* 及 *G. tortuosum* 等 4 種，進行盆栽培養法大量繁殖菌種，盆栽培

養法會因宿主植物與菌種種類的不同，孢子產量差異極大。本試驗 3 種宿主以蕃薯藤產孢量最佳，苜蓿繁殖孢子能力最差 (*A. colossica* 例外)。4 種菌根孢子中以 *Acaulospora* 屬產孢量高於 *Glomus* 屬，其中以 *A. laevis* 產孢能力最高 (1468±255 個/100 ml)，*G. tortuosum* 產孢能力最低 (268±135 個/100 ml) (表 3)，此結果與 Chaurasia 及 Khare (2005) 相似。

表 3. 不同宿主經 3 個月後繁殖菌根孢子之結果

Table 3. The results of mass production of VAM fungal spore with different hosts plant after three months.

樹種與菌種	玉米	蕃薯藤	苜蓿
	(個/100 ml)		
台灣欒			
<i>Acaulospora colossica</i>	542±117	926±195	865±136
<i>Glomus tortuosum</i>	434±133	436±187	268±135
台灣肖楠			
<i>Acaulospora laevis</i>	1025±214	1468±255	521±168
<i>Glomus microcarpum</i>	538±145	775±141	368±124

註：每一數值為 6 盆之平均值

不同接種方式對菌根形成的影響，不論育苗盤中接種菌根孢子或移苗過程接種菌根孢子 (表 4)，接種菌根之台灣欒及台灣肖楠苗木的高生長與菌根感染率都高於對照組。其中以在育苗盤中接種菌根孢子為佳，平均菌根感染率可

達 57-65%，移苗時進行接種則僅有 38-43% 的菌根感染率。

培育在出雲山苗圃之苗木因藥劑施用，對菌根合成與土壤中菌根菌的影響如表 5 所示，是否施加藥劑，對於台灣欒與台灣肖楠苗木的

表 4. 育苗盤及移苗過程兩種接種方式經 8 個月後對苗高與菌根感染率之影響

Table 4. The influence of different inoculation method on seedling height growth and mycorrhizal infection after eight months

接種方式	接種菌根菌		未接種菌根菌	
	苗高 (cm)	菌根感染率 (%)	苗高 (cm)	菌根感染率 (%)
育苗盤接種				
台灣檫	25.8±4.5	65.3±11.4	15.8±3.3	12.4±6.1
台灣肖楠	13.2±2.8	57.8±12.4	8.4±3.5	15.4±6.6
移苗過程接種				
台灣檫	36.2±6.7	38.6± 6.9	19.5±6.4	8.7±4.1
台灣肖楠	18.4±4.1	43.8± 8.4	11.2±4.3	11.6±5.4

- 註：1.育苗盤接種每一數值為 4 個發芽盤之平均值
 2.移苗過程接種每一數值為 15 株苗木之平均值
 3.台灣檫接種 *Acaulospora colossica* 菌種
 4.台灣肖楠接種 *Acaulospora laevis* 菌種

表 5. 接種菌根菌與施加農藥處理對台灣檫和台灣肖楠苗木經 8 個月後在出雲山苗圃生長之情形

Table 5. The growth of *Zelkova serrata* and *Calocedrus formosana* seedling under mycorrhizal inoculation and insecticide applications treatment after eight months in Chu-Yun-Shan nursery

調查項目與樹種		接種菌根菌		未接種菌根菌	
		施加農藥	未施加農藥	施加農藥	未施加農藥
苗高 (cm)	台灣檫	28.3±4.8	25±5.6	12.4±6.2	16.2±5.5
	台灣肖楠	7.5±3.4	8.7±3.8	5.4±2.3	4.8±2.7
菌根感染率 (%)	台灣檫	28.6±9.4	25±8.5	6.8±3.5	9.5±5.4
	台灣肖楠	35.6±12.4	40±9.5	5.7±2.6	8.7±3.7
土壤中孢子數 (個/100 ml)	台灣檫	NA	NA	NA	NA
	台灣肖楠	NA	NA	NA	NA

- 註：1.每一數值為 30 株苗木之平均值
 2.NA 表示土壤中未發現孢子

高生長都不具影響，對苗木根系的菌根感染率也不具有差異，未接種菌根孢子的對照組苗木，台灣檫苗木有 6.8% 與 9.5% 的菌根感染率，台灣肖楠則為 5.7% 與 8.7%。檢視所有處理的根系土壤中均未發現有孢子的產生。培育在中興大學森林系苗圃的接種菌根苗木與非菌根苗木，經藥劑處理後對苗木生長影響如表 6

所示，是否施加藥劑，對於台灣檫與台灣肖楠苗木的高生長都不具影響，但對於苗木根系的菌根感染率則具有差異，施加藥劑之菌根感染率為 21.6% (台灣檫) 與 15.8% (台灣肖楠)，未施加農藥菌根感染率為 38.8% (台灣檫) 與 33.7% (台灣肖楠)；未接種菌根菌的苗木，則都無菌根感染率的發生，所有處理的苗木根系土壤中

表 6. 接種菌根菌與施加農藥處理對台灣欒和台灣肖楠苗木經 8 個月後在中興森林系苗圃生長之情形
 Table 6. The growth of *Zelkova serrata* and *Calocedrus formosana* seedling under mycorrhizal inoculation and insecticide applications treatment after eight months in Forestry nursery, National Chung Hsing University

調查項目與樹種		接種菌根菌		未接種菌根菌	
		施加農藥	未施加農藥	施加農藥	未施加農藥
苗高 (cm)	台灣欒	34.5±7.4	36.3±8.1	10.6±9.5	18.4±7.6
	台灣肖楠	6.5±3.6	6.2±4.4	8.6±3.5	14.8±4.1
菌根感染率 (%)	台灣欒	21.6±5.8	38.8±5.3	0	0
	台灣肖楠	15.8±6.4	33.7±6.2	0	0
土壤中孢子數 (個/100 ml)	台灣欒	NA	NA	NA	NA
	台灣肖楠	NA	NA	NA	NA

註：1.每一數值為 30 株苗木之平均值
 2.NA 表示土壤中未發現孢子

都未發現有孢子的產生，因此藥劑的施用會造成菌根菌感染率抑制或促進的現象，可能機制在於藥劑造成宿主生理代謝機能改變，例如根分泌量多寡的影響 (Ratnayake *et al.*, 1978)。系統性殺菌劑中有些對菌根菌有抑制作用，有些則影響不大，免賴得、甲基多保淨等殺菌劑的主要反應機制是在於其分解產物 benzimidazole-2-yl carbamate，對於真菌的細胞分裂具有抑制作用 (吳繼光、林素禎，1998)。因此，兩處試驗地宿主與菌種的處理都相同，但結果顯示卻不同，應是由生育地環境因子不同所造成，尚需進一步深入探討。

五、參考文獻

王子定、林基王、郭幸榮、盧桂蘭 (1980) 容器育苗。台灣林業叢書第四號。
 李明仁 (1996) 彩色豆馬勃對松樹及相思樹幼苗生長與抗瘁倒病之效應。嘉義農專學報 49 : 1-23。
 吳繼光、林素禎 (1998) 囊叢枝內生菌根菌應用技術手冊。行政院農委會農業試驗所。
 鍾旭和、顏江河、簡光文 (1991) 台灣杉菌根化容器苗之培育研究。林試所研究報告季刊

6 (4) : 345-356。

顏江河、鍾旭和 (1990) 台灣杉幼苗感染 *Scutellospora nigra* 內生菌根之觀察。林業試驗所研究報告季刊 5 (1) : 51-60。
 顏江河、唐盛林 (2000) 兩種闊葉樹菌根之研究。林業研究季刊 22 (2) : 43-50。
 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。
 Abbott, L. K. and A. D. Robson (1984) The effects of VA mycorrhizae on plant growth. In: C. L. Powell and D. J. Bagyaraj (Eds), VA Mycorrhizae. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida, pp.113-130.
 Azcón, R. and J. M. Barea (1997) Mycorrhizal dependency of a representative plant species in mediterranean shrublands (*Lavandula spica* L.) as a key factor to its use for revegetation strategies in desertification-threatened areas. Applied soil ecology 7: 83-92.
 Bagyaraj, D. J. (1984) Biological interactions with VA mycorrhizal fungi. In: C. L. Powell and D. J. Bagyaraj (Eds), VA Mycorrhizae.

- CRC Press Inc. Boca Raton, Florida, pp. 131-138.
- Baker, J. M. and C. H. M. van Bavel (1987) Measurement of mass flow of water in the stems of herbaceous plants. *Plant Cell and Environment* 10: 777-782.
- Barnett, J. P. and J. C. Brissette (1986) Producing southern pine seedlings in containers. USDA General Technical Report SO-59.
- Branzanti, M. B., Rocca, E. and A. Pisi (1999) Effect of ectomycorrhizal fungi on chestnut ink disease. *Mycorrhiza* 9: 103-109.
- Chaurasia, B. and P. K. Khare (2005) *Hordeum vulgare*: a suitable host for mass production of mycorrhizal fungi from natural soil. *Applied Ecology and Environmental Research* 4(1): 45-53.
- Gerdemann, J. W. and T. H. Nicolson (1963) Spores of mycorrhizal *Endogone* extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans Br. Mycol. Soc.* 46: 235-244.
- Khalil, S., Loynachan, T. E. and M. A. Tabatabai (1994) Mycorrhizal dependency and nutrient uptake by improved and unimproved corn and soybean cultivars. *Agronomy Journal* 86: 949-958.
- Smith, S. E. and D. J. Read (1997) *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press Ltd, London.
- Menge, J. A., Lembright, H. and E. L. V. Johnson (1977) Utilization of mycorrhizal fungi in citrus nurseries. *Proc. Int. Soc. Citric.* 1: 129-132.
- Miroslav, V. (1995) Influence of inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi on the growth and mycorrhizal infection of transplanted onion. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 53: 151-159.
- Molian, R. and J. G. Palmer (1982) Isolation, maintenance, and pure culture manipulation of ectomycorrhizal fungi. In: N. C. Schenck. (Eds), *Methods and Principles of Mycorrhizal Research*. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, pp.115-129.
- Munro, R. C., Wilson, J., Jefwa, J. and K. W. Mbuthia (1999) A low-cost method of mycorrhizal inoculation improves growth of *Acacia tortilis* seedling in the nursery. *Forest Ecology and Management* 113: 51-56.
- Phillips, J. M. and D. S. Hayman (1970) Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55: 158-161.
- Plenchette, C., Furlan, V. and J. A. Fortin (1983) Responses of endomycorrhizal plants grown in a calcined montmorillonite clay to different levels of soluble phosphorus II. Effect on nutrient uptake. *Can. J. Bot.* 61: 1384-1391.
- Ratnayake, M., Leonard, R. T. and J. A. Menge (1978) Root exudation in relation to supply of phosphorus and its possible relevance to mycorrhizal formation. *New Phytol.* 81: 543-552.