

臺灣杉菌根化容器苗之培育研究

鍾旭和 顏江河 簡光文

摘要

臺灣杉係本省中海拔重要的造林樹種，造林面積有逐年增加的趨勢。為因應未來造林上的需求，如何提供優良造林材料遂成重要課題。有鑑於此，本研究乃結合容器育苗技術之優點及囊叢枝菌根所具有的功能，以期縮短育苗期並提高苗木品質。試驗以黑色塑膠鉢為主要容器，在接種 *Glomus mosseae* 後，測試菌根及無菌根容器苗之生長反應。試驗項目及結果如下：(1)生長介質以泥炭土1：底土1：蛭石1(V/V)及泥炭土1：底土1：蛇木屑1兩種生長介質最有利於菌根功能的發揮及苗木的生長；(2)容積大小之效應以150ml容積對苗木生長及菌根功能的發揮最為有利，50ml及100ml的容積阻礙苗木生長並限制菌根功能的發揮；(3)施肥效應顯示(a)氮肥型態並未明顯影響臺灣杉菌根化容器苗之生長，氮及磷肥適量施用則有利菌根發育及苗木生長；(b)Osmocote 緩效性肥料之施用最利於臺灣杉菌根化容器苗之發育，牛糞堆肥次之，至於雞糞及豬糞肥則無明顯之效應；(4)水分效應顯示當介質平均含水率在80%及60%時，臺灣杉菌根化容器苗之生長並未受影響，惟含水率降至40%時則影響幼苗生長；(5)光度效應顯示75%的光度對臺灣杉菌根化容器苗的生長最佳，過低的光度影響地上部的生長及根部生長。由上述結果顯示選用適當介質、較大容積，並對介質的養分、水分狀況及光度給予適當管理，則能培育出優良臺灣杉菌根化容器苗以供造林之需。

關鍵字：臺灣杉、容器育苗、菌根。

鍾旭和、顏江河、簡光文, 1991. 臺灣杉菌根化容器苗之培育研究。林業試驗所研究報告季刊, 6(4):345-356.

A Study of Cultivation of Containerized Mycorrhizal Seedlings of *Taiwania* (*Taiwania cryptomerioides*)

Hsu-ho Chung, Chiang-her Yen and Kuang-wen Chien

[Summary]

Taiwania (*Taiwania cryptomerioides*) is an important native tree species of Taiwan. Young plantations of *Taiwania* are established all over the Island and the trend is rising. To meet the increasing demands of *Taiwania* for reforestation needs the purpose of our study is to provide a better understanding to all fundamental and applied aspects of cultivating containerized mycorrhizal seedlings of *Taiwania* by examining their responses, either inoculated with *Glomus mosseae* or without inoculation, to different factors relate to their cultivation were investigated. Seedlings were cultivated in greenhouse and after nine months of growth, the height,

1991年9月送審

1991年12月通過

top dry weight, root dry weight and mycorrhizal infection of seedlings were measured. Results obtained showed: (1) the growth medium of peat moss 1: vermiculite 1: forest soil 1 (v/v) was better than others media for mycorrhizal seedlings; using media of high nutrients could result in poor seedling growth (2) container size of 150 cm³ was found to be suitable for mycorrhizal development; container of 100 cm³ or smaller, however, would inhibit the growth of roots; (3) seedlings did not respond differently to different nitrogen-sources (NO₃-N or NH₄-N); slow-release fertilizer (Osmocote-commercial product), however, significantly increased seedlings growth; (4) medium moisture content of 60%-80% was optimum for the growth of mycorrhizal seedlings; medium moisture of 50% or lower would seriously stunt seedlings growth; (5) a light regime of 75% of full light was critical to the mycorrhizal development; below this critical light regime seedling growth decreased. These results indicate that appropriate management of cultivating environment is important to the establishment of containerized *Taiwania* mycorrhizal seedlings. While the requirements for cultivating containerized mycorrhizal seedlings of other species may be different from those report here for *Taiwania* it is, however, obvious that study similar to ours should be carried out for other species if optimum production of their containerized mycorrhizal seedlings are desirable.

Key Words: *Taiwania cryptomerioides*, containerized seedlings, mycorrhizae.

Chung, Hsu-ho, Chiang-her Yen and Kuang-wen Chien. 1991. A Study of Cultivation of Containerized Mycorrhizal Seedlings of *Taiwania* (*Taiwania cryptomerioides*). Bull. Taiwan For. Res. Inst. New Series. 6(4):345-356.

一、緒言

臺灣杉(*Taiwania cryptomerioides* Hayata)，俗稱亞杉，屬杉科，臺灣杉屬，單屬單種，形似柳杉，與世界爺，水杉同為地質學前世紀的遺物，係本省重要的固有樹種，生長頗快，對海港蝕材蟲之抵抗力特強，為臺產最優良之海岸壁防舷材，宜推廣造林(劉業經，1976)。過去由於某些社會因素及栽植背景與育林上遭遇的困難，以致只有小面積人工林的建立。根據林務局造林資料自民國49年至59年由林務局所栽植的臺灣杉人工林約有65公頃，但至民國67年純林及混合林的建造面積合計為10500公頃。可見臺灣杉的培育漸受重視，此可歸因於其優良的生長及對松鼠為害抵抗力較高之緣故。

雖然臺灣杉已成為本省中海拔重要的造林樹種，但在育林上仍有許多尚待解決的問題，譬如造林材料的生產、苗圃成苗率及出栽後成活率的提高、育苗期的縮短及病蟲害的控制等(陳盛源及陳敏盾，1978)。近年容器育苗技術的應用，可

解決部份上述的問題，因為容器育苗具有下述優點：(一)容器育苗作業，採集約管理可提供適宜之環境，遂使苗木呈急速生長及發育，因而可縮短育苗期；(二)在氣候不良之地，因容器苗可延長栽植期，故出栽後仍大量成活；(三)苗木的品質較佳且均一；(四)病蟲害的防治較易；(五)種子能有效利用(王子定等，1980；Barnett and Brissette, 1986；Guldin and Barnett, 1981)。另據劉業經等(1979)指出臺灣杉裸根苗出栽成活率較杉木、柳杉低，尤其在臺灣南部造林期為六月、七月，斯時氣溫甚高，裸根苗成活率僅15%左右。與大實驗林在其第四林班之試驗，最高成活率亦不過40%強。這更證實利用容器苗進行臺灣杉造林實有必要。

囊叢枝菌根(Vesicular-arbuscular mycorrhizae, 簡稱VAM)經證實對宿主植物具有下列的效應：(一)增加宿主植物對磷、銅及鋅等不易移動養分(immobile nutrient)的吸收；(二)減少根部病蟲害(譬如線蟲及*Fusarium* spp)；(三)提高宿主植物對乾旱的抵抗力；(四)對宿主植物產生生理效應

如提高植物生長素的含量)(Abbott and Robson, 1984a; Bagyaraj, 1984)。因此在一般苗圃作業上接種VAM已逐漸被採行(Menge *et al.*, 1977), 然而一般容器育苗係採用人工介質或經過消毒之介質, 致介質中缺少適當之VA菌根菌, 接種作業實屬必要。經此一作業可望減少肥料及灌溉用水之費用, 提高苗木大小均一性及增加出栽成活率和生長。許多試驗報告證實接種VA菌根菌, 再配合適當之肥料施用確可提高容器苗之生長量(Biermann and Linderman, 1983; Graham and Timmer, 1984; 1985; Guttay, 1982; Johnson and Hummel, 1986; Johnson *et al.*, 1980; Maronek *et al.*, 1980)。

據翁建堯(1981)之報告顯示臺灣杉接種 *Glomus fasciculatus* 並施用不同量磷酸三鈣, 接種苗木之高生長, 地上部及地下部乾重均優於不接種苗木, 而且僅當施用量達1.0g以上接種始具顯著效應。至於不接種及未施用磷酸三鈣之苗木, 則呈遲滯生長, 針葉顯現缺磷病徵且瀕臨死亡邊緣。另據筆者對林試所太麻里第二工作站8個月大臺灣杉塑膠袋苗採樣調查發現VAM感染苗平均苗高13.5cm, 未感染苗僅5.2cm, 兩者差幾達3倍, 感染苗全株濕重10.49g, 未感染苗僅0.55g, 兩者差更達20倍(鍾旭和及顏江河, 未發表之觀測值)。由上可知, 進行臺灣杉容器育苗時, 菌根接種問題似應給予更多的考慮。

由於本省容器育苗未曾考慮菌根接種問題, 而且有關臺灣杉容器苗的培育資料尚多闕如。是以本計畫擬就(一)培質介質的選定; (二)不同介質容積的選擇; (三)氮肥、磷肥及有機、無機肥料的選擇; (四)水分管理及(五)光度管理等作一系統化之探討, 以充分了解容器培育高品質菌根化臺灣杉苗之學理基礎, 並根據研究結果試擬管理作業上最適之經營方式。

二、材料與方法

本研究計畫概以穴植管(內徑4cm, 長17.5cm, 容積為150ml)為栽植容器, 並以 *Glomus mosseae* 為試驗菌種, 該菌種在本實驗室已能經由人工大量繁殖, 且能與臺灣杉形成菌根。試驗項目及採用之方法如下:

(一)不同生長介質對菌根感染率及苗木生長之影響

供試介質參照陳財輝與胡大維(1986)之試驗, 惟部份介質的組成分之混合比例稍加調整, 並

各加入一份採自蓮華池地區杉木人工林下之底土, 以利菌根發育(Biermann and Linderman, 1983)。因此, 供試介質計有(A)底土1: 泥炭土1: 蛭石1(V/V); (B)底土1: 泥炭土1: 蛇木屑1; (C)底土1: 泥炭土1: 稻殼1; (D)底土1: 泥炭土1: 炭化稻殼1; (E)底土1: 泥炭土1: 牛糞堆肥0.5(F)底土1: 蛇木屑1: 牛糞堆肥0.5; (G)底土1: 稻殼1: 牛糞堆肥0.5等七種。

將混合完全的生長介質取部分供理化分析之用, 其餘分別裝入穴植管, 試驗組苗木於約13公分處加10g的鉢植接種源(內含約35—45個孢子), 對照組則加入滅菌過的同量接種源, 然後每一穴植管栽植3個月大臺灣杉苗一株, 再以生長介質填滿穴植管。每供試介質重複六次, 採完全逢機區集設計。苗木生長9個月後, 進行苗高、乾重及菌根感染率之測定與統計分析。

供試介質理化性質的分析係依照Carlson(1979)法測定其飽水重及飽水後乾重、容積重、比重、孔隙容積、氣相容積及粗細孔隙比; 以Walkey-Black法測有機質含量(Nelson and Sommers, 1982); Kjeldahl法測全氮; Bray No.1法測有效磷; pH以加蒸溜水1: 1比例測定之。

(二)不同介質容積對菌根化臺灣杉苗生長發育之影響

以底土1: 泥炭土1: 蛇木屑1為供試介質, 以50、100及150ml之容積(Barnett and Brissette, 1986)試驗其對菌根化臺灣杉苗及非菌根苗生長之效應。試驗採完全逢機區集設計, 每處理六重複。栽植期間每隔一個月施用1/8P強度Hogland營養液20ml。苗木每隔45天逢機抽取六株苗木, 測苗高、乾重及根長, 共測定五次。

(三)不同氮肥及磷肥對菌根化臺灣杉苗生長發育之影響

以底土1: 泥炭土1: 蛇木屑1為供試介質, 並以鉢植接種源進行臺灣杉容器苗之菌根化。待苗木生長三個月後, 每隔一個月施用不同比率的氮及磷肥, 共施用八次, 每次用量為20ml, 其配方如李文珍(1982)。在苗木12個月大時, 測定苗高及乾重。

本試驗所使用之氮肥分別為 NH_4Cl 及 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 磷肥則為 $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 以測試不同型態的氮源(Davis and Young, 1985)在不同磷含量下對臺灣杉菌根苗及非菌根苗生長之影響。施用比率分別為氮肥20、40及80ppm; 磷肥為5及10ppm(李文珍, 1982)。試驗採複因子完全逢機區集設計, 每一區集重複六次。

(四)有機及無機緩效性肥料對菌根化臺灣杉苗生長發育之影響

緩效性肥料之施用可達省工育苗之目的，因此本項試驗就豬糞肥、雞糞肥、牛糞堆肥及外國生產之Oscomote 等緩效性肥料評估其施用可行性(Oscomote 之N:P:K=18:5:11，此種比例含量不致對菌根產生抑制作用，且釋出期可達一年以上)。前三者之施用量分別為每一穴植管5及10g，Oscomote 則依1.1及4.5kg/m²(Maronek *et al.*, 1981)之比率均勻混入生長介質。採複因子完全隨機區集，每一區集重複六次。待苗木12個月大時，進行乾重及苗高測定。

(五)介質水分含量對菌根化臺灣杉苗生長發育之影響

選取培育三個月大小均一的臺灣杉菌根化及未接種容器苗(利用施肥控制大小)，利用秤重法每日以去離子水補充失去的水分，控制介質水分含量為80%、60%及40%。經三個月處理後，比較不同水分逆壓對菌根苗及非菌根苗之影響。試驗採完全隨機區集設計，每一區集重複六次，試驗結束檢測菌根苗與非菌根苗之乾重、苗高與根長。

(六)光度管理對菌根化臺灣杉苗生長發育之影響

供試苗木來源如(五)將菌根化及未接種臺灣杉苗置於25%、50%及75%的全日光下(利用遮

光網)培育，待苗木12個月大時，進行乾重及苗高測定。採完全隨機區集設計，每處理六重複。

三、結果

(一)不同生長介質對菌根感染率及苗木生長之影響

表1為試驗所用之不同生長介質之物理、化學性質，其對菌根苗及非菌根苗生長之影響如表2所示。由表2可得知不同生長介質對菌根感染率、苗高、莖徑及苗木乾重產生極大之效應。而菌根菌接種對生長於不同生長介質之臺灣杉苗亦發生效應；但接種菌根苗在E、F、G三種生長介質中除了E介質中苗高較非菌根苗為高外，並未產生促進苗木生長效應，甚至減少地下部乾重。一般菌根依賴度之計算公式係以菌根苗重/非菌根苗重，惟 Plenchette 等(1983)以(菌根苗全株重-非菌根苗全株重)/菌根苗全株重表示菌根依賴度，更能代表實際情況，因此生長於A、B、C及D等四種生長介質之臺灣杉苗對菌根依賴度分別為84.3%、65.6%、65.9%及49.2%。此一結果可由表1之有效磷含量之多寡加以解釋，生長於高有效磷含量介質中之苗木對菌根的依賴度較低，若在極高含量的有效磷介質中，苗木對菌根的依賴度甚至呈負值，亦即接種菌根苗木之生長反而不如

表1. 本試驗所用七種生長介質之物理、化學性質

Table 1. The physical and chemical properties of seven growth media used for the cultivation of Taiwan seedlings.

	Satu. weight (g/l)	Dry weight (g/l)	Ash (%)	Bulk density (g/cm ³)	Specific gravity	Water capacity (%)	Air capacity (%)	Coarse Fine	pH	Organic matter (%)	P (ppm)	Total N (%)
A	1209.4	591.2	86.2	0.591	2.43	61.82	13.86	0.27	6.26	8.74	1.12	0.14
B	1064.2	505.7	70.5	0.506	2.18	55.85	20.94	0.29	5.81	38.67	3.98	0.34
C	1186.7	606.8	78.5	0.607	2.30	57.99	15.62	0.32	6.49	15.00	6.42	0.29
D	1175.2	584.4	78.9	0.584	2.31	59.08	15.64	0.34	6.81	8.47	8.85	0.18
E	1248.1	622.9	73.9	0.623	2.23	62.52	9.54	0.61	6.90	16.31	163.41	0.28
F	1238.9	758.2	80.7	0.758	2.34	48.07	19.54	0.35	5.88	18.94	169.33	0.27
G	1202.3	753.3	79.0	0.753	2.31	44.90	22.50	0.45	6.51	10.71	178.32	0.31

Medium A. subsoil : Pest : vermiculite - 1:1:1 (v/v)

Medium B. subsoil : Pest : crushed tree-fern - 1:1:1 (v/v)

Medium C. subsoil : Pest : rice hull - 1:1:1 (v/v)

Medium D. subsoil : Pest : rice hull compost - 1:1:1 (v/v)

Medium E. subsoil : Pest : cattle stool compost - 1:1:0.5 (v/v)

Medium F. subsoil : crushed tree-fern : cattle stool compost - 1:1:0.5 (v/v)

Medium G. subsoil : rice hull : cattle stool compost - 1:1:0.5 (v/v)

未接種苗。因此以七種生長介質的物理化學性質(表1)及其對臺灣杉幼苗生長之影響(表2)而言, 顯然 A、B 兩種介質較能適合臺灣杉菌根化容器苗之培育, 若進一步考慮 A、B 兩介質, A 介質中蛭

石屬高溫產物, 有效養分含量極低, 性質穩定不易分解, 不若 B 介質中之蛇木屑適為造林材料, 往後之試驗選用 B 介質為材料。

表2. 菌根接種及生長介質對台灣杉幼苗苗高、莖徑、地上部及地下部乾重之影響

Table 2. The effects of mycorrhizal inoculation and growth media on the height growth, stem diameter, top dry weight, root dry weight and mycorrhizal infection of Taiwania Seedlings.

Growth media	Height growth(cm)		Stem diameter(mm)		Top dry weight(mg)		Root dry weight(mg)		Infection percentage (%)	Mycorrhizal dependence (%) *
	Myc-	Non-	Myc-	Non-	Myc-	Non-	Myc-	Non-		
A	8.9 d	5.2 g	1.84 c	1.02 e	396 c	52 h	166 e	34 g	36.8 d	84.3
B	8.9 d	6.5 f	1.72 c	1.20 d	291 d	91 h	131 f	54 g	33.8 d	65.6
C	8.0 de	5.3 g	1.33 e	1.02 e	174 f	48 h	161 e	32 g	52.8 b	65.9
D	8.8 d	7.2 ef	1.57 c	1.26 d	238 de	116 g	205 d	58 g	62.0 a	49.2
E	13.7 a	11.6 bc	2.44 a	2.44 a	905 a	978 a	261 c	490 a	64.2 a	-25.9
F	12.6 b	11.6 b	2.46 a	2.50 a	930 a	893 a	336 b	469 a	46.7 c	- 7.6
G	11.4 c	10.6 c	2.20 b	2.22 b	734 b	723 b	241 c	252 c	60.1 ab	0.0

*Mycorrhizal dependence = (total dry W. of mycorrhizal seedling - total dry W. of non-mycorrhizal seedling) / total dry W. of mycorrhizal seedling.

(二)不同介質容積對菌根化臺灣杉苗生長發育之影響

不同容積大小對苗木初期生長並未產生影響(圖1)惟經225天之培育後, 不論是菌根化或未接種臺灣杉苗之苗高、地上部乾重、根部乾重及根長等生長均受容積大小所限制。尤其是菌根化苗更為顯著, 在第135天的測定即顯現出極顯著的差異。試驗結果以150ml之容積最適合臺灣杉苗之生長, 而在50ml的容積下, 菌根效應明顯受到限制。

(三)不同氮肥及磷肥對菌根化臺灣杉苗生長發育之影響

表3所示為銨態氮及硝酸態氮在不磷肥度下, 對菌根化及未接種臺灣杉苗之生長所產生之不同效應。就苗木地下部生長而言, 接種菌根苗在20ppm及40ppm的硝酸態氮施用下不論在5ppm或10ppm的磷肥度下, 對菌根化臺灣杉苗地下部乾重並未產生差異, 惟在80ppm的硝酸態氮施用下, 則在10ppm磷肥度下較能促進菌根苗地下部生長, 而銨態氮的施用則在20及40ppm時, 不同磷肥處理對根部乾重生長呈顯著差異, 而在80ppm銨態氮的施用下不同磷肥處理對根部乾重生長呈不顯著差異; 在未接種苗地下部生長上,

則主要受不同磷肥處理的影響, 10ppm的磷肥處理要優於5ppm的磷肥處理, 惟在40ppm的銨態氮處理例外。

就各處理苗木之地上部乾重而言, 接種菌根苗在20ppm的硝酸態氮施用下, 不同磷肥度處理並未產生生長差異, 而在40ppm及80ppm的硝酸態氮施用下, 則施用10ppm的磷肥要優於5ppm的磷肥處理, 在銨態氮的處理上, 20ppm的施用下, 同樣的在不同磷肥度處理下不具差異性, 而在40ppm的銨態氮施用下則10ppm的磷肥度處理要優於5ppm的磷肥度處理, 惟在80ppm的銨態氮施用下則5ppm的磷肥度處理要優於10ppm的磷肥度處理, 各呈顯著差異; 而在未接種苗木的地上部乾重上, 則主要受不同磷肥度處理的影響, 以10ppm處理優於5ppm處理, 呈顯著差異。

就苗木高生長而言, 接種菌根苗僅在10ppm磷肥度施用下於20ppm硝酸態氮及80ppm銨態氮與5ppm磷肥度下施用80ppm硝酸態氮之苗木呈差異性高生長; 而未接種苗木高生長在各施肥處理上皆呈一致性, 不具差異, 與對照組呈顯著差異。

(四)有機及無機肥料對菌根化臺灣杉苗生長發育之影響

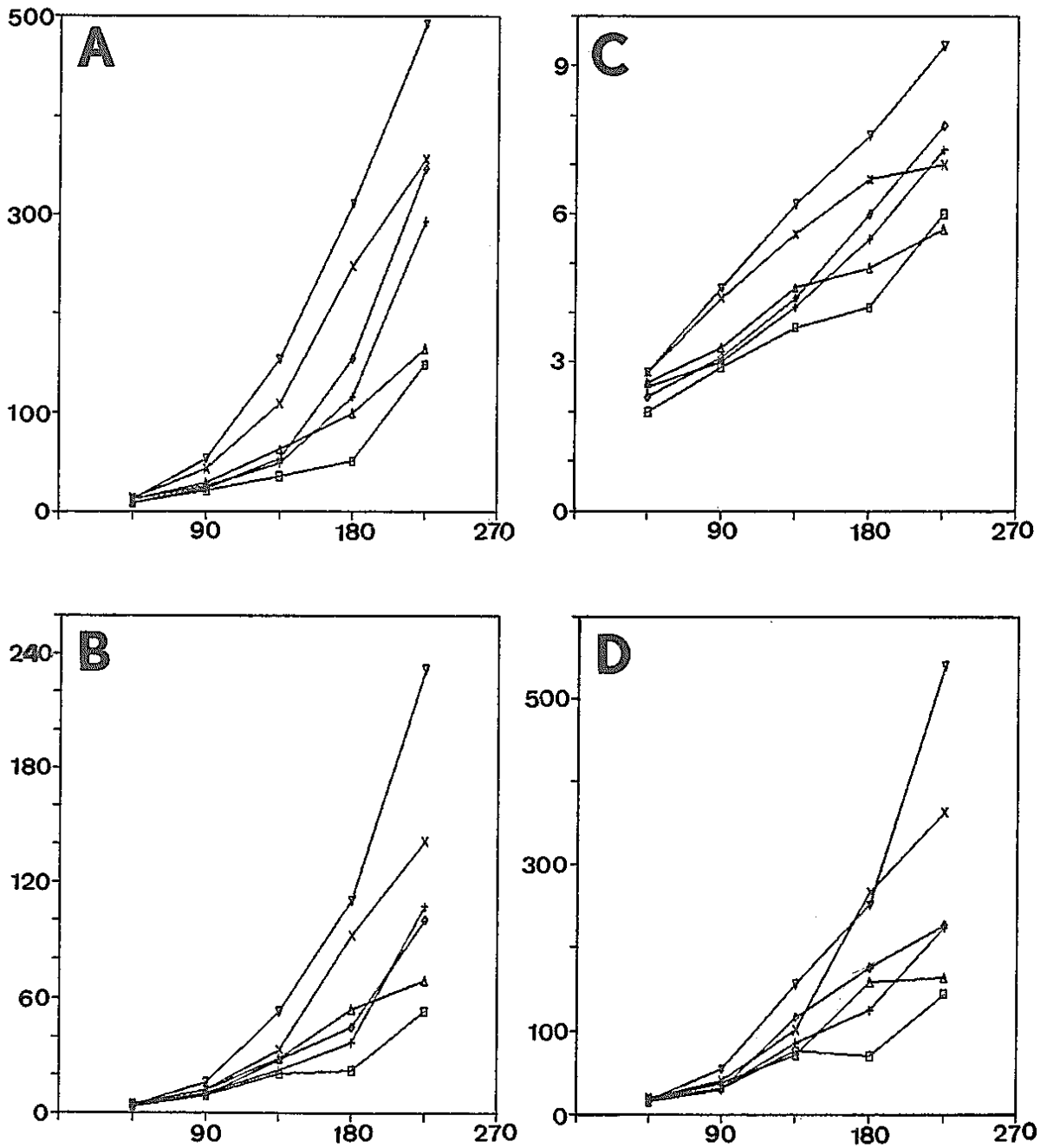


圖1. 容積大小對菌根化及無菌根台灣杉苗地上部乾重(mg)(A)，根部乾重 (mg)(B)，苗高生長(cm)(C)及根長(mg)(D)之影響。

Fig. 1. The effects of container size on the top dry weight(mg)(A), root dry weight(mg)(B), height growth (cm)(C), and root length (cm)(D) of mycorrhizal and non-mycorrhizal *Taiwania* seedlings.

- : Non-mycorrhizal seedling cultivated in container of 50 cm³
- +—+ : Non-mycorrhizal seedling cultivated in container of 100 cm³
- ◇—◇ : Non-mycorrhizal seedling cultivated in container of 150 cm³
- △—△ : Seedling inoculated with *Glomus mosseae* and cultivated in container of 50 cm³
- ×—× : Seedling inoculated with *Glomus mosseae* and cultivated in container of 100 cm³
- ▽—▽ : Seedling inoculated with *Glomus mosseae* and cultivated in container of 150 cm³

表3. 不同氮源(NH₄-N、NO₃-N)在不同磷肥度下對菌根化及無菌根台灣杉苗地上部乾重、根部乾重、苗高生長之影響。

Table 3. The effects of different nitrogen source under different phosphorous fertility regimes on the height, top dry weight, root dry weight of mycorrhizal and non-mycorrhizal Taiwania seedlings.

Fertilizer	Height(cm)		Top dry W.(mg)		Root dry W.(mg)	
	Myc-	Non-	myc-	non-	myc-	non-
Non	8.4 b	4.8 d	438.8 e	40.2 g	232.0 d	15.8 g
O20 P5	9.4 a	5.5 c	610.0 d	70.9 g	272.9 c	42.5 f
O20 P10	8.4 b	6.3 c	519.0 d	164.6 f	274.9 c	76.6 e
O40 P5	9.2 ab	5.4 c	529.5 d	60.2 g	337.7 b	30.4 f
O40 P10	10.1 a	6.0 c	718.8 c	175.1 f	345.5 b	77.8 e
O80 P5	8.7 b	5.3 c	732.5 c	68.1 g	298.1 c	32.0 f
O80 P10	9.9 a	6.2 c	848.8 b	126.8 f	425.9 a	60.8 e
H20 P5	9.8 a	6.2 c	609.0 d	89.8 g	243.7 d	40.3 f
H20 P10	10.4 a	6.3 c	624.6 d	125.5 f	272.1 c	65.6 e
H40 P5	9.9 a	6.2 c	713.0 c	95.2 g	284.5 c	67.4 e
H40 P10	10.3 a	6.2 c	849.1 b	146.3 f	344.7 b	73.9 e
H80 P5	10.4 a	5.7 c	931.6 a	75.9 g	326.8 b	35.1 f
H80 P10	8.5 b	6.3 c	834.8 b	150.9 f	322.0 b	81.8 e

O : seedlings fertilized with NO₃-N : 20,40,80 : concentration of N fertilizer applied(ppm)
 H : seedlings fertilized with NH₄-N : 5,10 : concentration of P fertilizer applied(ppm)

表4. 有機及無機肥料的施用對菌根化及無菌根台灣杉苗地上部乾重、根部乾重及苗高之影響。

Table 4. The effects of organic and inorganic fertilizer on the height, top dry weight, root dry weight of mycorrhizal and non-mycorrhizal Taiwania seedlings.

Fertilizer	Height(cm)		Top dry W.(mg)		Root dry W.(mg)	
	myc-	non-	myc-	non-	myc-	non-
Non	7.4 d	5.4 e	230.3 de	68.9 f	71.6 d	37.1 e
O1.1	10.1 a	8.9 b	447.1 b	336.9 c	106.8 a	79.8 d
O4.5	10.0 a	0.3 a	543.0 a	424.7 b	101.2 a	90.5 bc
C5	7.5 d	7.7 d	289.3 d	214.7 de	95.2 b	76.4 d
C10	8.2 c	7.5 d	272.8 d	231.4 d	92.0 b	76.7 d
P5	8.5 bc	8.2 c	311.5 cd	240.8 d	83.2 c	73.9 d
P10	8.6 bc	9.2 b	369.5 c	362.4 c	88.8 bc	116.0 a
W5	8.9 b	8.2 c	364.6 c	266.8 d	113.4 a	77.8 b
W10	8.8 b	8.7 b	354.8 c	280.9 d	94.5 b	78.2 b

Non : unfertilized; O : osmocote, C : chicken compost, P : pig compost, W : cattle stool compost.
 1,1.4.5 : Amount of fertilizer applied(kg/m²) 5,10 : Amount of fertilizer applied(g)

有機及無機肥料的施用顯著地增加地上部乾重、根部乾重及苗高生長(表4)。惟兩者對於菌根化及未接種臺灣杉苗之作用殊為不同。無機肥 Osmocote 之施用能夠與菌根效應配合進一步促進苗木生長，不論對菌根苗或未接種苗皆能促進幼

苗生長。而有機肥部分除了對地上部乾重及牛糞堆肥在5g施用下使菌根功能繼續保持外，雞糞肥及豬糞肥的施用使得菌根功效不再顯現。甚至在施用10g豬糞肥的情形下，接種菌根反而抑制苗木之生長。

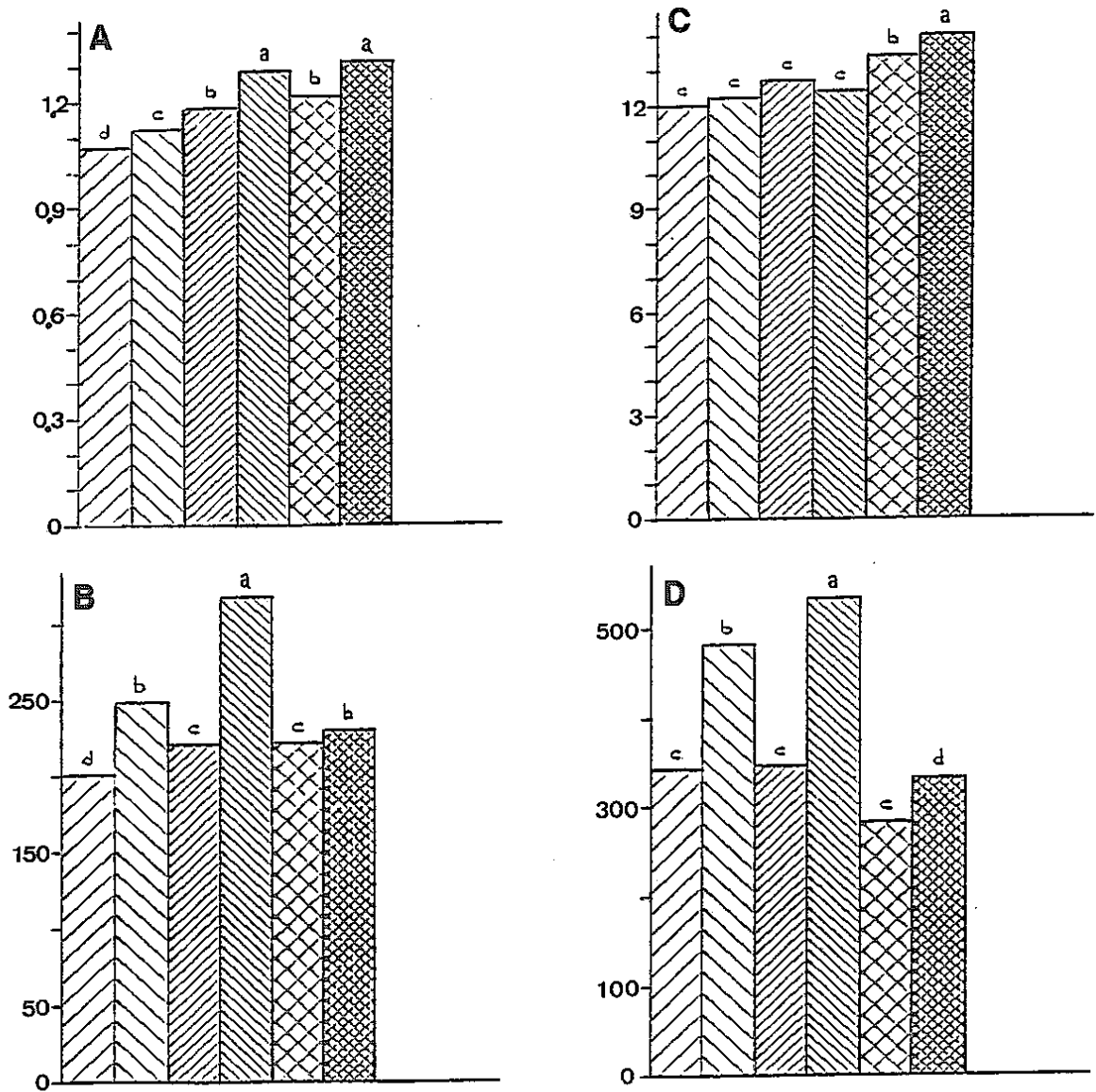


圖2. 介質水分含量對菌根化及無菌根台灣杉苗地上部乾重(mg)(A), 根部乾重(mg)(B), 苗高(cm)(C)及根長(cm)(D)之影響。

Fig. 2. The effects of water content of growth medium on the top dry weight (mg) (A), root dry weight (mg) (B), height growth (cm) (C) and root length (cm) (D) of mycorrhizal and non-mycorrhizal Taiwan cypress seedlings.

- ▨ : non-mycorrhizal seedlings cultivated in growth medium with water content of 40%.
- ▧ : non-mycorrhizal seedlings cultivated in growth medium with water content of 60%.
- ▩ : non-mycorrhizal seedlings cultivated in growth medium with water content of 80%.
- ▨ : seedlings inoculated with *Glomus mosseae* and cultivated in growth medium with water content of 40%.
- ▧ : seedlings inoculated with *Glomus mosseae* and cultivated in growth medium with water content of 60%.
- ▩ : seedlings inoculated with *Glomus mosseae* and cultivated in growth medium with water content of 80%.

(五)介質水分含量對菌根化臺灣杉苗生長發育之影響

由圖2顯示降低介質水分含量顯著地抑制菌根化臺灣杉苗地上部乾重及苗高生長(圖2-A及圖2-C)，然根部乾重及根長生長在60%含水量最佳(圖2-B及圖2-D)，介質水分含量提高至80%時反而抑制菌根苗之根部乾重及根長生長。就未接種苗而言，介質水分含量的降低減少其地上部乾重、根部乾重及苗高生長。惟根長生長並未受介質水

分含量之影響。

(六)光度管理試驗對菌根化臺灣杉苗生長發育之影響

圖3顯示臺灣杉幼苗無論是苗高、根部乾重或是地上部乾重均以在75%光度下生長最佳。也只有在此情況，菌根功效方能發揮。在25%光度下菌根功效對於乾重生長不但不產生促進效應，反而發生負效應。

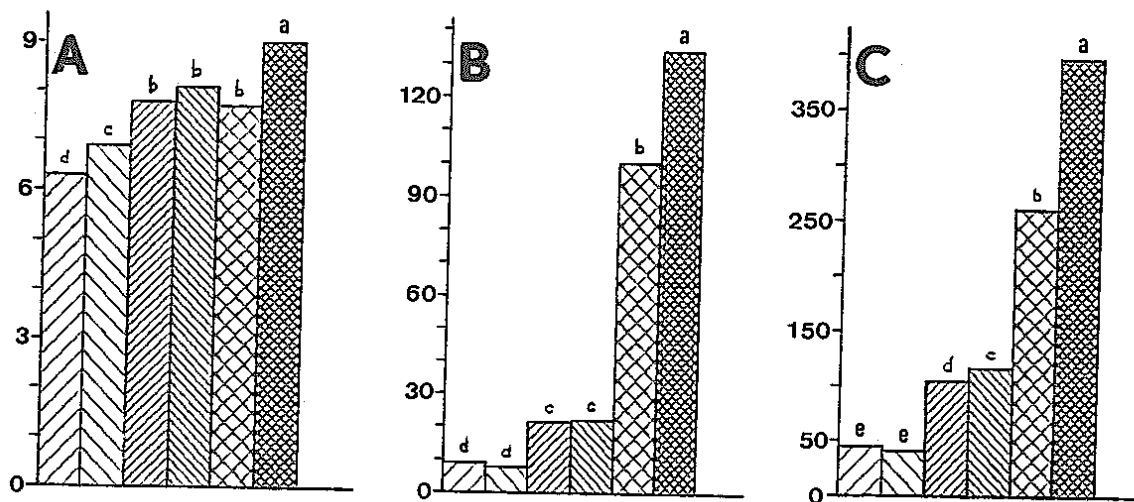


圖3. 不同光度對菌根化及無菌根台灣杉苗苗高(cm)(A)，根部乾重(mg)(B)及地上部乾重(mg)(C)之影響。

Fig. 3. The effects of different light intensity on the height growth (cm) (A), root dry weight (mg) (B) and top dry weight (mg) (C) of mycorrhizal and non-mycorrhizal Taiwan seedlings.

- ▨ : non-mycorrhizal seedlings cultivated under light intensity of 25%.
- ▧ : non-mycorrhizal seedlings cultivated under light intensity of 50%.
- ▩ : non-mycorrhizal seedlings cultivated under light intensity of 75%.
- ▦ : seedlings inoculated with *Glomus mosseae* and cultivated under light intensity of 25%.
- ▥ : seedlings inoculated with *Glomus mosseae* and cultivated under light intensity of 50%.
- ▤ : seedlings inoculated with *Glomus mosseae* and cultivated under light intensity of 75%.

四、討論

據研究顯示影響VA菌根菌感染程度及其效應之介質因子計有：介質種類(Biermann and Linderman, 1983; Graham and Timmer, 1984; 1985; Guttay, 1982; Johnson and Hummel, 1986)、養分狀況(Johnson *et al.*, 1980; Maronek *et al.*, 1980; Schultze and Kormanik, 1982)、pH值(Angle and Heckmen, 1986; Graw, 1979;

Hayman and Tavares, 1985; Yawney *et al.*, 1982)及質地(Dakessian *et al.*, 1986)。分析表1之物理、化學性質及比較表2接種苗及未接種苗之生長情形顯示受介質種類之養分狀況所影響，其中又以有效磷含量之高低最能左右VA菌根之效應及感染率。適度的有效磷含量有利於菌根之發展，許多研究報告指出過高的磷含量將會抑制菌根感染(Mosse, 1973; Mosse *et al.*, 1981)，惟在本試驗中並未產生此一現象，僅菌根效應呈受抑制現象，

甚至減少菌根苗木之生長(表2)，此或因VA菌根菌耗用宿主光合作用產物所致，惟其真正原因仍有待進一步探討。此外，表2亦顯示本試驗菌根感染率的高低與菌根效能的發揮並無直接的關係。故在進行容器苗菌根化時，必須考慮各種影響因子，特別是養分平衡的控制，以使菌根發揮最大功能，苗木獲得最佳之生長，進而達成優良菌根容器苗培育之目的。

培育帶菌根苗木的目的為使幼苗於出栽初期能迅速的適應造林環境，而能與雜草競爭。雖然在苗圃中經由人工集約管理方式可培育出健壯卻不帶菌根之苗木，但由於缺乏菌根的幫助，一旦苗木離開苗圃栽植於逆境中，因缺乏菌根的幫助，其存活往往不易。因此，本試驗選擇B介質為容器育苗的材料即基於以上考慮。

VA菌根促進宿主植物生長之主要機制之一為根外菌絲向土壤中擴大根部對養分吸收之面積。因此，在固定容積內若根部分佈擴及整個容積時，則菌根功能將隨之相對地降低。在試驗(二)中即顯示此種趨勢。Baath 與Hayman (1984)之研究結果亦顯示容積大小殊影響VA菌根效用。較大容積能有效提高菌根的效應，惟容器大小之選擇必須考慮經濟問題及搬運的方便性。

施肥對於容器苗之正常發育是必需的，惟施用過多將發生肥害。尤其慮及菌根組合時，施肥用量的多寡更應注意。據Chambers 等(1980)之研究顯示，銨態氮和硝酸態氮一樣對於菌根感染具有抑制作用。Johnson 等(1984)亦發現菌根的形成隨著銨離子的增加而降低，但最高的VA菌根生長效益卻發生在施用pH值維持在7之銨離子溶液。在試驗(三)項中結果顯示不論在 $\text{NH}_4\text{-N}$ 或 $\text{NO}_3\text{-N}$ 均能促進臺灣杉菌根化容器苗之生長，可見本試驗之施用量並未超過。土壤含有高磷量將抑制菌根感染(Mosse, 1973; Mosse *et al.*, 1981)，Johnson 等(1984)曾對11種林木幼苗進行土壤中含磷量對其菌根之影響，結果發現具有粗根系之苗木在土壤含磷量高達60ppm下仍有菌根存在，但在細根系苗木則在25ppm時已無菌根存在，且菌根僅能在土壤磷含量低於11ppm時才能發揮效應促進苗木生長。相關報告亦顯示磷肥施用種類及量的控制對於菌根化容器苗之培育極為重要(Biermann and Linderman, 1983; Graham and Timmer, 1984)。在本試驗(三)項中亦顯示施用適量之磷肥對促進菌根化臺灣杉苗頗具效應。

緩效性肥料可緩慢地(一般可達一至二年)釋出苗木所需之養分，對於菌根之發育不致產生抑

制作用。本試驗結果顯示Osmocote 頗能促進菌根化臺灣杉苗之生長，與Maronek 等(1980)之研究結果相同。至於本試驗中有機肥料與VA菌根間的配合不如Osmocote，其主要原因可能為磷含量過高導致菌根效用減退。

欲求苗木獲得適當的生長，在作業上保持生長介質的適當水分含量是最重要的處理因子之一。據郭幸榮(1986)研究發現，以-9.5bars水分逆壓1至2個月將使臺灣杉幼苗生長減緩，形態性狀、生理品質亦與對照組呈顯著差異，本試驗中未感染臺灣杉苗亦顯示此種趨勢。另外VA菌根的接種可提高宿主植物之抗旱性，可由圖2菌根苗乾重生長證實之。而水分含量對於菌根化臺灣杉苗之影響較未感染苗更為明顯，其中又以根長最為顯著(圖2-D)。由於VA菌根對於地上部乾重及根部乾重間分配之影響及增加根長或可用以解釋VA菌根提高宿主植物抗旱性，其原因有待進一步探討。在水分短缺的情況下，菌根的效用較顯著(Moa-wad, 1985; Dakessian *et al.*, 1986; Kwapata and Hall, 1985)，惟本試驗之結果並未發現此種情形。為培育優良菌根化臺灣杉容器苗，適量水分的供應是必須的。

臺灣杉幼苗需光度據林渭訪(1974)、林維治和張作榮(1975)之試驗結果均認為需光度視環境而異。在海拔250公尺或日照計1800小時以上地區，苗木移植必需加蓋蔭棚至10月底為止，蔭棚底蔭度以50~70c/0為宜。但在海拔750~1300公尺地區或日照年計1500小時以下而相對濕度83c/0以上地區，則不必加蓋蔭棚(劉業經等, 1979)。在本試驗中亦發現在75c/0光度下菌根化及未感染臺灣杉苗生長最佳，與上述結論類似。一般而言，VA菌根的發育及其效用的發揮，以高光度及長光週期條件下為佳(Furla and Fortin, 1977; Graham *et al.*, 1982; Hayman, 1974; Johnson *et al.*, 1982)。在低光度下，由於有效光合作用速率降低，成為生長上之限制因子，但菌根菌仍繼續耗用宿主之光合作用產物致使宿主植物生長受到阻礙。圖3菌根化臺灣杉苗之乾物生長不如未感染苗推測可能受上述原因所致。

綜言之，欲培育菌根化臺灣杉容器苗，首先對介質的選擇應不含高磷含量，始能發揮菌根應有的功能，並選擇較大容積以利菌根的發育；而適度的施肥或施用緩效性肥料能促進菌根苗生長；在水分及光度管理則以80%—60%水分含量及75%光度為最適範圍。

誌謝

本試驗承國科會(NSC 78-0409-B-054-06)經費補助, 特此致謝。

引用文獻

- 王子定、林基王、郭幸榮、盧桂蘭。1980。容器育苗。臺灣林業叢書, 第四號。
- 李文珍。1982。臺灣杉幼苗之礦物養分試驗。東海大學生物學研究所, 碩士論文。
- 林渭訪。1974。海拔高及光度對臺灣杉幼苗生長之影響。中華林學季刊, 7(4): 3-11。
- 林維治、張作榮。1975。苗木庇蔭對於臺灣杉苗木成活與生長之影響。林試所試驗報告 275 號。
- 郭幸榮。1986。臺灣杉苗木之種源及其重要生理性狀。臺灣大學森林研究所博士論文。
- 翁建堯。1981。臺灣杉、紅檜及臺灣扁柏內生菌根之研究。臺灣大學森林研究所碩士論文。
- 陳盛源、陳敏盾。1978。香杉、臺灣杉無性繁殖苗與實生苗之比較。臺灣農業。
- 陳財輝、胡大維。1986。混合介質對三種固氮樹種穴植管苗木初期生長之影響。林試所研究報告季刊, 1(2): 71-79。
- 劉業經。1976。臺灣木本植物誌。國立中興大學農學院叢書第六號。PP.87~89。
- 劉業經、林文鎮、林維治。1979。臺灣經濟樹木育林學(一)。PP.198~217。
- Abbott, L. K. and A. D. Robson. 1984. The effect of VA mycorrhizae on plant growth. In: C. L. Powell & D. J. Bagyaraj (eds.) 1984. VA Mycorrhizae. pp.113-130. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida.
- Angle, J. S. and J. R. Heckman. 1986. Effect of soil pH and sewage sludge on VA mycorrhizal infection of soybeans. Plant and Soil 93:437-441.
- Baath, E and D. S. Hayman. 1984. Effect of soil volume and plant density on mycorrhizal infection and growth response. Plant and Soil 77:373-376.
- Bagyaraj, D. J. 1984. Biological interactions with VA mycorrhizal fungi. In: C. L. Powell and D. J. Bagyaraj (eds.) 1984. VA mycorrhiza. pp.131-154. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida.
- Graham, J. H. and L. W. Timmer. 1984. Vesicular-arbuscular mycorrhizal development and growth response of Rough Lemon in soil and soilless media: effect of phosphorus source. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109(1):118-121.
- Graham, J. H. and L. W. Timmer. 1985. Rock phosphate as a source of phosphorus for vesicular-arbuscular mycorrhizal development and growth of citrus in a soilless medium. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110(4):489-492.
- Graw, D. 1979. The influence of soil pH on the efficiency of vesicular-arbuscular mycorrhiza. New Phytol. 82:687-695.
- Guldin, R. and J. P. Barnett. 1981. Proceedings of the southern containerized forest tree seedling conferece. USDA. General Technical Report SO-37.
- Guttay, J. R. 1982. The growth of tree woody plant species and the development of their mycorrhizae in three different plant composts. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107(2):324-327.
- Hayman, D. S. 1974. Plant growth response to vesicular-arbuscular mycorrhiza VI. Effect of light and temperature. New Phytol. 73:71-80.
- Hayman, D. S. and M. Tavares. 1985. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza XV influence of soil pH on the symbiotic efficiency of different endophytes. New Phytol. 100: 367-377.
- Johnson, C. R. and R. L. Hummel. 1986. Influence of media on endomycorrhizal infection and growth response of *Severinia buxifolia*. Plant and Soil 93:35-42.
- Johnson, C. R., W. M. Jarrell and J. A. Menge. 1984. Influence of ammonium: nitrate ratio and solution pH on mycorrhizal infection, growth and nutrient composition of *Chrysanthemum morifolium* var. *circus*. Plant and Soil 77:151-157.
- Johnson, C. R., J. N. Joiner and C. E. Crews. 1980. Effects of N. K. and Mg. on growth and leaf nutrient composition of three container grown woody ornamentals inoculated with mycorrhizae. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105(2): 285-288.

- Johnson, C. R., J. A. Menge, S. Schwah and I. P. Ting.** 1982. Interaction of photoperiod and vesicular-arbuscular mycorrhizae on growth and metabolism of sweet orange. *New Phytol.* 90:665-669.
- Kwapata, M. B. and A. E. Hall.** 1985. Effects of moisture regime and phosphorus on mycorrhizal infection nutrient uptake and growth of cowpeas (*Vigna unguiculata* walp.). *Field Crops Research* 12:241-250.
- Maronek, D. M., J. W. Hendrix and J. Kiernan.** 1980. Differential growth response to the mycorrhizal fungus *Glomus fasciculatus* of southern Magnolia and Bar Juniper Grown in containers in composted hardwood bark-shale. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105(2):206-208.
- Maronek, D. M., J. W. Hendrix and C. D. Stevens.** 1981. Fertility-mycorrhizal isolate interactions in production of containerized pine oak seedlings. *Scientia Hort.* 15:283-289.
- Menge, J. A., H. Lembright and E. L. V. Johnson.** 1977. Utilization of mycorrhizal fungi in citrus nurseries. *Proc. Int. Soc. Citric.* 1:129-132.
- Moawad, A. M.** 1985. The problems of using vesicular-arbuscular mycorrhiza for supplying phosphate to plants. *Plant Res. & Development* 23:68-77.
- Mosse, B.** 1973. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza. *Ann. Rev. Phytol.* 11:171-196.
- Mosse, B., D. P. Stribley and F. Le Tacon.** 1981. Ecology of mycorrhizae and mycorrhizal fungi. *Adv. Microbiol. Ecol.* 5:137-210.
- Nelson, D. W. and L. E. Sommers.** 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. *In:* A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney. *Methods of soil analysis, part 2. chemical and microbiological properties*, 2nd Edition. pp. 539-580. American Society of Agronomy, Inc. Soil Sci. of Amer. Inc. Madison, Wisconsin.
- Plenchette C., V. Furlan 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.
- Schultz, R. C. and P. P. Kormanik.** 1982. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and soil fertility influence mineral concentrations in seedlings of eight hardwood species. *Can. J. For. Res.* 12:829-834.
- Yawnay, W. J., R. C. Schultz and P. P. Kormanik.** 1982. Soil Phosphorus and pH influence the growth of mycorrhizal Sweetgum. *Soil Sci. Amer. J.* 46:1315-1320.