

研究報告

有益土壤微生物施用對臺灣肖楠及羅漢松苗木苗期病害及介質性質之研究

陳潔音^{1,2} 顏江河² 蕭文偉^{1,*} 王介鼎¹ 王亞男¹

【摘要】目前林業苗圃大都採用人工介質作為培育苗木的基質，所培育之苗木常因根域土壤缺乏有益微生物，出栽後無法克服立地的貧瘠環境而有造林失敗現象，因此培育帶有多重有益微生物的健壯苗木，是今後苗圃育苗作業的重要課題。本試驗於臺大實驗林溪頭苗圃培育臺灣肖楠與羅漢松苗木，分析施用3種有益微生物製劑對苗期病害及介質性質之影響，及分別對苗期病害之影響。旨在評估與建立苗圃育苗過程中施用有益微生物之作業方式，以培育質優又安全的林業苗木。結果顯示本試驗微生物施用雖對苗木生長沒有顯著影響，但施用後之土壤微生物性質則明顯優於未施用組，其中又以施用 'B' 處理對於游離固氮活性增高最具效應。而以臺灣肖楠疫病罹病率來說，在8種處理當中，施用微生物製劑 'B' 之臺灣肖楠苗木，罹病率有較低之趨勢。

【關鍵詞】臺灣肖楠、羅漢松、有益土壤微生物、苗木生長、苗期病害

Research paper

Application Effects of Beneficial Soil-Borne Microorganisms on Seedling Disease and Medium Properties of Taiwan Incense Cedar and Yew Podocarpus Seedlings

Chieh-Yin Chen^{1,2} Chiang-Her Yen² Wen-Wei Hsiao^{1,*} Chieh-Ting Wang¹ Ya-Nan Wang¹

【Abstract】Most forestry nurseries use an artificial culture medium as a matrix for nurturing seedlings. The plantation failure is usually caused by a lack of beneficial soil-borne microbes in the rhizosphere. So cultivating seedlings with multiple beneficial soil-borne microbes is an important issue in the future nursery operations.

The experiments were conducted at Chitou nursery of NTU Experimental Forest. We analyze seedling

1. 國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林管理處

The Experimental Forest, College of Bio-Resource and Agriculture, National Taiwan University, Chushan, Taiwan

2. 國立中興大學森林學系

Department of Forestry, Graduate Institute of Bio-Industry Management, National Chung Hsing University

* 通訊作者，55750南投縣竹山鎮前山路一段12號

Corresponding author, No.12, Section 1, Chien-Shan Road, Chu-Shan, 55750 Nan-Tou Hsien, Taiwan.

Tel: +886-49-2630647. Fax: +886-49-2661350.

e-mail: hsiaoww@gmail.com

disease rates, seedling growth rates, and medium properties, respectively, on Taiwan incense cedar (*Calocedrus macrolepis* Kurz var. *formosana* (Florin)) and Yew podocarpus (*Podocarpus macrophyllus* (Thunb.) Sweet var. *maki*) after applying three kinds of beneficial microorganism products. The objective of this study is to assess the effects by application of beneficial soil-borne microorganisms in the process of nursery practices, and to cultivate high quality and safe seedlings for forestation.

The results of this study shown that microbial products had no significant effect on the growth of these two seedlings, but soil microbial properties of the experimental group are significantly better than those in the control group. Among the microbial products the application of the 'B' product increased the most for free nitrogenase activity. Comparison among eight treatments on Taiwan incense cedar, the phytophthora root disease rate from application of 'B' product is towards lower than the others.

【Key words】 *Calocedrus macrolepis* Kurz var. *formosana* (Florin), *Podocarpus macrophyllus* (Thunb.) Sweet var. *maki*, beneficial soil-borne microbes, seedling growth, seedling diseases

一、前言

土壤微生物對土壤有效養分的供給與苗木的生長扮演著重要角色，除了典型的效應，如菌根菌之共生幫助植物吸收水分及磷等礦物養分，固氮菌幫助植物吸收空氣中的氮，其他型態如根圈微生物 (rhizobacteria) 及真菌的土壤有益菌 (beneficial soil-borne microbes)，還可抑制植物病害或蟲害 (Van Wees *et al.*, 2008)。在土壤生態系統中，土壤微生物的作用主要表現在：1. 分解土壤有機質和促進腐植質形成；2. 吸收、固定並釋放養分，改善及調節植物營養狀況；3. 與植物共生促進植物生長；4. 分解土壤有機碳與氮，產生土壤微量氣體；5. 土壤有機物及重金屬污染之復育作用 (周麗霞、丁明懋, 2007)。

Kloepper 等人在 1980 年代即提出「促進植物生長之根圈微生物」(Plant Growth Promoting Rhizobacteria, PGPR) 的概念，提倡將有益微生物接種到根圈 (rhizosphere) 土壤中或是植物體上，進而達到增加收量與提高品質的效果 (Kloepper *et al.*, 1980)。使用微生物肥料已成為一種對環境友善的施肥方式，可以減少化學肥料的用量，兼顧豐產與自然生態平衡 (黃威特等, 2013)。目前林業苗圃大都採用人工介質作為培育苗木的基質，在培育

過程中配合良好的管理作業 (光照、水分、施肥)，通常能培育出生長良好的苗木 (Guldin & Barnett, 1981)，但這些苗木因為根域土壤缺乏有益微生物，往往於出栽後無法克服立地的惡劣環境，經常有造林失敗的現象。

而生物防治為推動無毒農業技術的重要關鍵，行政院即於 1995 年選定「加強生物技術產業推動方案」為五大重點發展生技項目，其中包括生物農藥產品登記須符合農藥管理法規定，且生物農藥工廠設廠需符合農藥工廠設廠標準 (邱安隆等, 2011)。在苗圃苗木之病害管理上，目前多還是以農藥來抑制病害發生，但農藥的使用常破壞生態，且未來施用生物製劑，需選購有政府單位認證許可的產品，但目前尚無生物農藥登記使用於林木用。土壤有益菌製劑應用在農藝作物之培養已行之有年，例如有效微生物群 (effective microorganisms, 簡稱 EM) 等包括乳酸菌、酵母菌、光合細菌、放線菌、芽孢菌混合體之微生物材料，即在日本進行有機農業時作為接種製作有機堆肥用 (王彥榮等, 2006)。可在種植環境中創造有益菌優勢，減少病原菌、疫病、腐黴菌發生，放線菌與枯草菌能抑制線蟲，減少土壤中蟲體危害。但在林業苗圃之應用，只有少數相關資料顯示其功效 (吳孟玲等, 2005)。

近年來，復育瘠劣地（崩塌裸露地、海岸防風林地）是林務局的重要造林工作，若能將這些有益微生物用於廣大面積的林業苗圃，除了培育健壯苗木外，對於生態環保更具保護意義。本試驗以3種有益微生物製劑在林業苗圃育苗過程中施用，分析對苗木品質與苗木生理特性的效益，同時評估與建立苗圃施用有益微生物的作業方式，培育質優又安全的林業苗木。本試驗為林業苗圃有益微生物應用的先期試驗，主要目的在檢測國內所開發的生技產物之實用性，拓展其應用空間。這些生技產品雖在農業上已有成功的田間試驗，但是否能應用於長期性的林業育苗作業仍未可知，經由本試驗結果可提供日後應用之參考。

二、材料與方法

本試驗以臺灣肖楠（*Calocedrus macrolepis* Kurz var. *formosana* (Florin) W. C. Cheng & L. K. Fu）與羅漢松（*Podocarpus macrophyllus* (Thunb.) Sweet var. *maki* Sieb. & Zucc.）為試驗材料，於國立臺灣大學實驗林溪頭苗圃培養，並進行下列各項試驗：

(一) 種子發芽處理

取自同一來源的臺灣肖楠與羅漢松種子，於30% H₂O₂中表面消毒15分鐘，以無菌水沖洗至無H₂O₂後，置於經高溫滅菌後的水苔，裝入縫合袋中，於夜溫15°C、日溫25°C的培養箱中，進行種子發芽。發芽後即刻移入下述培養容器中。

(二) 培育用介質與容器

以上徑15 cm、下徑12 cm、高13 cm之塑膠盆，內置土壤與泥碳土混合介質（6/1, v/v），其中一半介質經高溫高壓（121°C、15磅/平方英寸15分鐘）滅菌，另一半則不殺菌。

(三) 有益微生物處理

微生物處理包括3種市售土壤有益微生物製劑處理（稀釋500倍，每月施用兩次），以及完全不施用之對照組，共4種處理；本試驗所用微生物製劑為購自南投草屯日新農業肥料資材行之市售商品，3種市售土壤有益微生物

製劑品名分別為本草菌籍、農作發與保實結（代號：H、R、B），均為標榜活菌有機液肥之農民常用品牌。介質分殺菌與不殺菌2種處理，共計8種處理，每種處理重複30株，兩種樹種合計480株試驗苗。

(四) 苗木罹病度分析

施用有益微生物製劑後，每隔3個月進行苗木病害調查，與苗木罹病度之測定。

1. 苗木病害調查：記錄受害樹種、部位、罹病率等，並取樣（採回病株）帶回實驗室以顯微鏡進行鏡檢。
2. 進行病原菌的分離及鑑定：將受感染的部位進行組織分離，截取受害部位組織以自來水將附著物清除，以吸水紙將多餘水分沾乾後，將植物組織置於0.1%次氯酸鈉中做約1分鐘表面消毒，取出以衛生紙吸除次氯酸鈉，再將植物組織置於無菌水中漂洗，以除去次氯酸鈉的殘留。漂洗後以衛生紙吸除多餘水分，用火焰滅菌後的解剖刀截取植物病健交接處組織，大小約1mm × 1mm × 1mm，將之置於水瓊脂培養基中（20 g Merck agar, 1,000 mL dist. H₂O），於28°C不照光的條件下培養兩天後，以火焰滅菌後的解剖刀截取菌絲尖端，將含有菌絲尖端的培養基移至馬鈴薯瓊脂培養基（PDA, 39 g Merck potato dextrose agar, 1000 mL dist. H₂O）中培養，並加以觀察鑑定。

(五) 土壤活力分析

瞭解施用市售有益微生物製劑，對土壤微生物生質量與土壤酵素的影響，主要探討固氮效果，即土壤中游離性固氮活性、土壤微生物氮生質量及固氮酵素。

1. 土壤採樣：施用微生物製劑3個月及6個月後，分別採取土壤分析。所採土壤立刻以2 mm篩網現場過篩，土樣置於可縫合塑膠袋中以冰桶保存，儘速帶回實驗室。
2. 室內分析：
 - (1) 土壤中游離性固氮活性測定：所採土樣經2 mm篩網過篩後，置於250 ml試瓶中，用血

清瓶塞塞住，打入1/10體積的 C_2H_2 ，至於25°C黑暗中培養5天後，以氣相層析儀測定 C_2H_2 的生成量。每一樣本做5次重複 (Mary *et al.*, 1993)。

(2) 土壤微生物氮生質量：微生物氮生質量 (microbial biomass-N) 以chloroform fumigation extraction方法測定。取10 g新鮮土置於乾燥器中，內置含有20 ml chloroform之燒杯，在黑暗中室溫下燻蒸24小時，立即以抽氣法排除殘存之chloroform，土樣以0.5M K_2SO_4 震盪萃取，過濾後以凱氏氮法測定氮含量。Microbial biomass-N = (total N extracted from fumigated soil - total N extracted from unfumigated soil) / 0.45 (Kaiser *et al.*, 1992; Diaz-Ravina *et al.*, 1993)。

(3) 土壤L-天冬醯胺酶 (L-Asparaginase) 活性測定：取土樣5 g加入0.2 ml toluene及9 ml THAM (Tris (hydroxymethyl) aminomethane, pH 11)，再加入1 ml 0.5 M L-asparagine作為受質，於37°C水域中培養2小時。之後以35 ml KCl (25 M) - Ag_2SO_4 (100 ppm) 停止酵素反應，並定體積至50 ml，靜置後取20 ml測定生成物 NH_4^+ 之量 (Tabatabai, 1994)。

(六) 苗木品質與介質養分分析

試驗苗木置於溫室中，施用微生物製劑3個月及6個月後，分別進行生長量測定，逢機取6株苗，分析項目包括高生長、地上部與地

下部乾重，以及植體養分分析，包括N、P、K、Ca、Mg。同時分析盆內土壤養分狀況，包括全氮、有效氮 (NH_4^+-N , NO_3^--N)、有效磷、置換性陽離子、CEC等 (MacDonnald, 1977; McLean, 1982; Moore & Chapman, 1986; Olson & Sommer, 1982; Rhoades, 1982; Tabatabai, 1994)。

(七) 數據處理

實驗數據以統計套裝軟體SPSS 19.0版進行單因子變異分析 (one-way ANOVA)，事後檢定以Scheffe法進行多重比較其介質生物性質之數值差異。

三、結果與討論

(一) 苗期病害

羅漢松苗木於實驗過程中，經診斷係受煤煙病 (*Meliola spp*) 及葉枯病 (*Peatalotiopsis podocarpi*) 危害 (徐世典等, 2002)，發生率統計圖如圖1與圖2。施用微生物製劑之苗木其罹病率與對照組比較並無差異，介質殺菌處理組與介質未殺菌處理組比較亦無差異。羅漢松煤煙病發病率介於3.3%至6.7%之間，羅漢松葉枯病發病率較高，6個月試驗期後，發病率最高達43.3%。

臺灣肖楠苗木於實驗過程中，經診斷受白粉病 (*Oidium spp*) 和疫病 (*Phytophthora cryptogea* Pethybridge & Lafferty) 危害 (徐世典等, 2002)，發生率統計圖如圖3與圖4。介

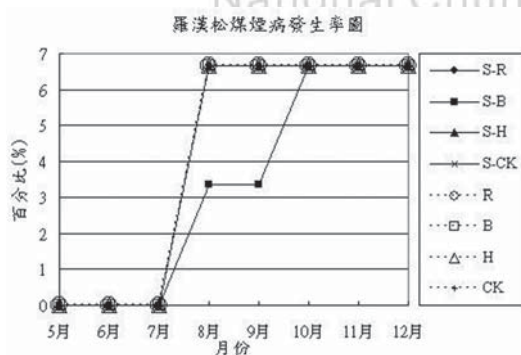


圖1. 羅漢松煤煙病試驗期間發病率統計圖

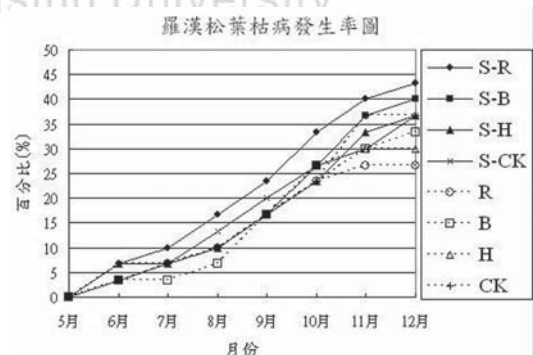


圖2. 羅漢松葉枯病試驗期間發病率統計圖

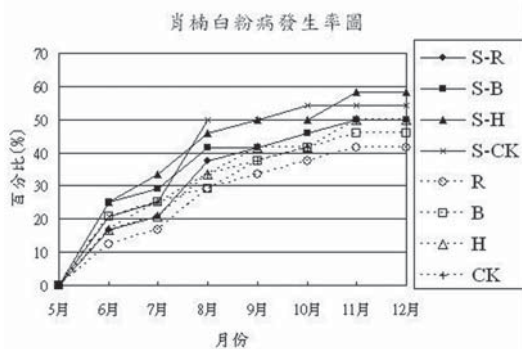


圖3. 臺灣肖楠白粉病試驗期間發病率統計圖

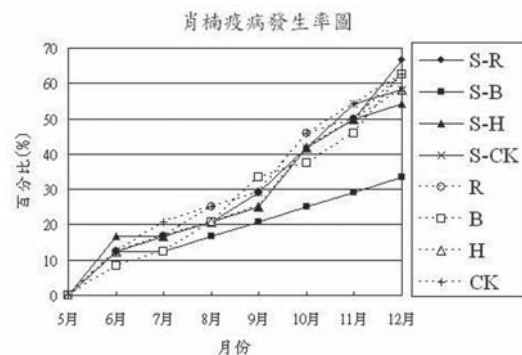


圖4. 臺灣肖楠疫病試驗期間發病率統計圖

圖1~圖4註記：

1. CK表對照組；S表該處理介質經過高溫高壓滅菌處理；'H'、'R'、'B'表施用三種市售有益微生物製劑（稀釋500倍，每月施用兩次）。
2. 每一數值為6株苗木之平均值。

質殺菌處理組苗木其白粉病罹病率與對照組比較並無差異，施用微生物製劑之苗木其罹病率與對照組比較亦無極大差異，整體而言臺灣肖楠白粉病發病率很高，介於41.7%至58.3%之間。但以臺灣肖楠疫病罹病率來說，在8種處理當中，施用微生物製劑' B'之臺灣肖楠苗木，罹病率有較低之趨勢，又以介質殺菌組（S-B組）優於未殺菌組（B組）（圖4）。而介質未殺菌處理組之臺灣肖楠苗木中，施用微生物製劑之苗木其疫病罹病率與介質殺菌組比較並無差異，發病率最高達66.7%。

(二) 介質性質分析

1. 介質生物性質

羅漢松與臺灣肖楠苗木經接種三種微生物3個月與6個月後，土壤介質的生物性質分析如表1所示。羅漢松苗木處理3個月之後，土壤游離性固氮活性未偵測到，游離性固氮菌自然存在於土壤中，視土壤狀況族群會有消長，本試驗羅漢松苗木所用土壤經3個月仍無游離固氮菌分佈，直到6個月後始可檢測出有游離固氮活性，游離固氮菌雖自行生存於土壤中，但若有植物根系分佈，或在較有利的土壤環境中，固氮族群與固氮活力都能顯著提高，本試驗顯示殺菌處理組游離固氮活性（12.6-25.4 n mole C₂H₄ / g dry soil day）高於未殺菌處理組（10.3-

22.7 n mole C₂H₄ / g dry soil day），施用微生物製劑處理高於未施用處理，其中已施用' B'處理對於游離固氮活性增高最具效應。臺灣肖楠苗木在處理3個月後，土壤介質中即可偵測到游離固氮量，固氮量範圍在20.3-34.6 n mole C₂H₄ / g dry soil day之間，經6個月之後，土壤游離固氮量微微上升至33.5-66.4 n mole C₂H₄ / g dry soil day之間，同樣以殺菌處理組高於未殺菌處理組，施用微生物製劑處理高於未施用處理，施用' B'處理對於游離固氮活性增高最具效應。

土壤微生物氮生質量（soil microbial biomass nitrogen）為土壤中微生物量的重要指標，經由燻蒸殺菌處理後，可將土壤微生物細胞中所含氮素萃取出來，羅漢松苗木土壤經3個月處理，土壤介質中微生物氮生質量有12.4-15.2 μg/g，6個月之後土壤微生物氮生質量上升至32.1-51.2 μg/g；臺灣肖楠苗木土壤中微生物氮生質量則由3個月時的22.1-58.6 μg/g，上升至6個月的46.7-79.4 μg/g及32.1-51.2 μg/g，兩種土壤以殺菌土壤高於未殺菌土壤處理，施用微生物製劑高於未施用處理，同樣以' B'處理最具增進效應。

表1. 3個月及6個月微生物處理對羅漢松與臺灣肖楠苗木介質生物性質之影響

Table 1. Application effects of 3-months and 6-months organisms treatments on the soil biological properties of *P. macrophyllus* and *C. macrolepis* Seedlings

處 理	S				No-S			
	S-CK	S-H	S-R	S-B	CK	H	R	B
羅漢松								
游離性固氮活性(3個月)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
游離性固氮活性(6個月)	12.6 a	18.6a	16.7 a	25.4 a	10.3 a	17.7 a	14.6 a	22.7 a
土壤微生物氮生質量(3個月)	12.4 a	13.1 a	14.6 a	15.2 a	14.2 a	13.2 a	14.1 a	13.3 a
土壤微生物氮生質量(6個月)	38.6 b	46.5b	47.8 b	51.2 b	32.1 b	43.8 b	43.2 b	44.1 b
L-Asparaginase酵素(3個月)	6.3 a	8.2 a	5.6 a	6.4 a	7.3 a	9.7 a	6.6 a	7.4 a
L-Asparaginase酵素(6個月)	12.1 b	16.2 b	19.2 b	22.4 b	11.3 b	18.4 b	21.5 b	23.2 b
臺灣肖楠								
游離性固氮活性(3個月)	22.6 a	26.8a	29.8 a	32.1 a	20.3 a	32.4 a	34.6 a	32.8 a
游離性固氮活性(6個月)	47.9 a	51.4a	51.6 a	66.4 a	33.5 a	37.8 a	39.2 a	40.1 a
土壤微生物氮生質量(3個月)	25.9 a	42.8a	54.8 a	58.6 a	22.1 a	49.5 a	47.4 a	46.1 a
土壤微生物氮生質量(6個月)	55.6 b	64.1 b	77.8 b	79.4 b	46.7 b	51.4 b	52.3 b	54.7 b
L-Asparaginase酵素(3個月)	24.3 a	36.2a	44.3 a	38.7 a	21.5 a	39.6 a	37.4 a	35.1 a
L-Asparaginase酵素(6個月)	26.5 a	28.7 a	45.7 a	41.2 a	40.1 a	45.5 a	44.8 a	41.9 a

註：1. CK表對照組；S表介質經過高溫高壓滅菌處理，No-S表介質未經過高溫高壓滅菌處理；'H'、'R'、'B'表施用3種市售有益微生物製劑(稀釋500倍，每月施用兩次)。

2. 每一數值為6株苗木之平均值。

3. 同列之字母相同時，表示各處理差異不顯著 ($P > 0.05$)。

4. 不同月份之土壤生物性質檢測數值之字母相同時，表示各處理差異不顯著 ($P > 0.05$)。

5. 游離性固氮活性單位： $n \text{ mole C}_2\text{H}_4 / \text{g dry soil day}$ ；土壤微生物氮生質量單位： $\mu \text{g/g}$ ；L-Asparaginase酵素單位： $\mu \text{g NH}_4^+ \text{ released} / \text{g dry soil 2hr}$ 。

土壤中L-Asparaginase酵素為主要的氮分解酵素，L-Asparaginase活性高對土壤有效氮的供給有正面意義；且土壤酵素的活性反映了土壤中各種生物化學過程的強度和方向，一般情況下土壤酵素活性高的土壤中，土壤微生物生物量碳、氮含量也高(周麗霞、丁明懋，2007)。本試驗中臺灣肖楠苗木土壤中L-Asparaginase活性約為羅漢松苗木土壤中

的2倍，在苗木3個月時，羅漢松苗木土壤中L-Asparaginase活性極低，僅有 $6.3\text{-}9.7 \mu \text{g NH}_4^+ \text{ released} / \text{g dry soil 2hr}$ ，但在6個月時約增加一倍到 $12.1\text{-}22.4 \mu \text{g NH}_4^+ \text{ released} / \text{g dry soil 2hr}$ ，顯然羅漢松苗木與微生物製劑施用對此土壤中的L-Asparaginase有增加作用，但在臺灣肖楠苗木土壤中，L-Asparaginase活性在3個月與6個月並無明顯改變，此現象原因尚未清楚，推

測應與原來土壤性質有關。

2. 介質化學性質

羅漢松與臺灣肖楠苗木經不同微生物處理後，土壤介質養分分析結果如表2、表3所示。結果顯示兩種土壤養分含量差異極大，羅漢松苗木所用之土壤屬貧瘠，土壤含氮濃度只有0.44%，有效磷濃度僅18 ppm，土壤置換性鉀約為0.39 m.e./100 g，土壤置換性鈣濃度為1.60 m.e./100 g，土壤置換性鎂0.32 m.e./100 g，CEC約為4.83-5.78 m.e./100 g；臺灣肖楠苗木所用之土壤則較為肥沃，其土壤含氮濃度有0.71-0.77%，有效磷濃有65-79 ppm，土壤置換性鉀約為2.49 m.e./100 g，土壤置換性鈣濃度為6.54 m.e./100 g，土壤置換性鎂3.44 m.e./100 g，CEC則有13.45 m.e./100 g。羅漢松苗木所用土壤的土壤全氮與有效磷，皆屬缺乏不足狀態，臺灣肖楠苗木所用土壤則在正常含量範圍。

經3種市售土壤微生物製劑處理6個月後，羅漢松與臺灣肖楠苗木之介質化學性質（表2、表3），經變異數分析（Analysis of variance，簡稱ANOVA）之F值檢定未呈顯

著，皆無顯著改變，惟介質生物性質之游離性固氮菌族群因施用而有所增長。顯示試驗期短，使介質生物性質之改變尚未影響介質化學性質。臺灣肖楠及羅漢松苗木經3種微生物製劑接種3個月與6個月後，苗木成活率在92.2%與100%之間，對於苗木生長性狀苗高、地上部及地下部乾重、苗木養分濃度皆無顯著效應。本試驗微生物施用雖對苗木生長沒有顯著影顯，但是對於土壤微生物性質則可看出明顯差異，此差異現象若能持續觀察，應可表現在苗木的生長量。

有益土壤微生物施用目的在改善土壤性質，提供有利植物生長之環境，本試驗結果苗木生長量之表現並無此現象，推測其因，包括原始土壤特性惡劣、微生物族群不易在根系建立等。臺灣肖楠苗木所用土壤雖屬正常，但培育時間短促，微生物效應尚未顯現；此外試驗當年氣候異常，本試驗開始之初氣溫寒冷嚴峻，移植後苗木生長嚴重遲滯，使生長勢大受影響，因而影響日後苗木生長表現。

表2. 羅漢松苗木經不同微生物處理6個月後土壤介質化學性質分析

Table 2. Application effects of 6-months organisms treatments on the soil chemical properties of *P. macrophyllus* Seedlings

處 理	S				No-S			
	S-CK	S-H	S-R	S-B	CK	H	R	B
土壤全N (%)	0.44	0.44	0.43	0.41	0.46	0.47	0.45	0.43
土壤有效P (ppm)	18	21	17	16	15	17	18	17
土壤置換性K (m.e./100 g)	0.37	0.41	0.39	0.43	0.41	0.36	0.39	0.36
土壤置換性Ca (m.e./100 g)	1.62	1.54	1.61	1.59	1.63	1.56	1.59	1.58
土壤置換性Mg (m.e./100 g)	0.31	0.34	0.32	0.29	0.31	0.32	0.29	0.33
CEC (m.e./100 g)	5.62	5.14	5.76	4.83	5.69	5.78	5.65	5.77

註：1. 處理代號同表1。

2. 每一數值為6株苗木之平均值。

表3. 臺灣肖楠苗木經不同微生物處理6個月後土壤化學介質性質分析

Table 3. Application effects of 6-months organisms treatments on the soil chemical properties of *C. macrolepis* Seedlings

處 理	S				No-S			
	S-CK	S-H	S-R	S-B	CK	H	R	B
土壤全N (%)	0.76	0.75	0.77	0.71	0.77	0.75	0.77	0.76
土壤有效P (ppm)	79	75	69	73	66	65	67	72
土壤置換性K (m.e./100 g)	2.47	2.47	2.42	2.48	2.49	2.52	2.47	2.58
土壤置換性Ca (m.e./100 g)	6.55	6.56	6.69	6.49	6.38	6.54	6.57	6.56
土壤置換性Mg (m.e./100 g)	3.39	3.45	3.49	3.51	3.46	3.38	3.41	3.42
CEC (m.e./100 g)	12.85	13.48	13.56	13.85	13.57	13.66	13.24	13.67

註：1. 處理代號同表1。

2. 每一數值為6株苗木之平均值。

四、結論

目前坊間有諸多產品均宣稱為微生物製劑，除了標榜可增加植物抗逆境能力外還可防治病蟲害。本試驗苗木所面臨之苗期病害多，經由隨機選取市售三種微生物製劑試驗結果顯示，針對葉部病害施用並無效果，但對特定病菌施用某些生物製劑似仍有一些效果，故可做為未來防治試驗之參考，並或許可減少育苗期之農藥使用量。而本試驗受限於試驗期，苗木生長期短，使生長表現未顯現出來，但由3種土壤微生物活力檢測，可以看出施用土壤有益微生物製劑對於土壤活力仍有影響差異。土壤微生物族群之增長，可促進苗木生長之效益，本試驗之苗木開始栽植時氣候惡劣，以致影響苗木後期生長，然而若能延長觀察期，苗木生長量仍有表現效應的潛力。

近年來因全民造林與加強環境綠化之故，林業苗圃育苗數量極為龐大。有益微生物的應用不但具有長效性、符合生態原則以及減少環境污染的多重功能，更能培育出高品質的苗木，提高瘠劣地復育造林的成功機會，本試驗

結果或可作為未來苗圃作業之參考。

致謝

本研究承蒙國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林管理處94實試B11研究計畫經費支持，使試驗得以順利完成，特此致謝。

五、參考文獻

- 王彥榮、岩石真嗣、三木孝昭、華澤田、張三元、代貴金（2006）自然農法條件下稻田有益微生物菌群多年施用累積效果 中國水稻科學20（4）：443-446。
- 周麗霞、丁明懋（2007）土壤微生物學特性對土壤健康的指示作用 生物多樣性15（2）：162-171。
- 吳孟玲、莊鈴木、傅春旭、葛兆年、張東柱（2002）應用放線菌生物製劑防治林木幼苗猝倒病害之探討 臺大實驗林研究報告19（4）：251-260。
- 邱安隆、陳保良、張瑞璋、費雯綺（2011）臺灣生物農藥研發現況與登記管理制度簡介

- 海峽兩岸生物防治研討會專刊，9-10。臺北。
- 徐世典、張東柱、張清安、蔡進來、蔡東纂編 (2002) 臺灣植物病害名彙第四版 中華民國植物病理學會，386頁。臺灣。
- 黃威特、曾景漢、許書華、牟家緯、黃筑甯、李昆達、盧虎生、劉啓德 (2013) 自台灣本土分離篩選的固氮菌與光合菌對小白菜生長促進的效果 植病會刊22 : 31-44。
- Amanullah, M. M., S. Sekar, and S. Vincent (2010). Plant growth substances in crop production: a review. *Asian J. Plant Sci.*, 9(4), 215-222.
- Diaz-Ravina M., Acea M. J. and T., Carballas (1993). Microbial biomass and its contribution to nutrient concentration in forest soils. *Soil Biol. Biochem.* 25(1), 25-31.
- Landis, T. D., S. E. McDonald (1981) The processing storage and shipping of container seedlings in the Western United States. In: Guldin, R. and J. P. Barnett (eds.) *Proceedings of the Southern Containerized Forest Tree Seedling Conference*. USDA General Technical Report SO-37. Southern Forest Experiment Station. New Orleans, Louisiana. 111-113.
- Kaiser E. A., Mueller T., Joergensen R. G., Insam H. and O., Heinemeyer (1992) Evaluation of methods to estimate the soil microbial biomass and the relationship with soil texture and organic matter. *Soil Biol Biochem*, 24, 675-683.
- Kloepper, J. W., J. Leong, M. Teintze, and M. N. Schroth (1980) Enhanced plant growth by siderophores produced by plant growth-promoting rhizobacteria. *Nature* 286(28): 885-886.
- MacDonald, D. C. (1977) *Methods of Soil and Tissue Analysis Used in the Analytical Laboratory*. Canadian Forestry Service Information Report. MM-X-78.
- Mary B.C., Fresneau J., Morel L. and A. Mariotti (1993) Microbial biomass C and N cycling during decomposition of root mucilage, roots and glucose in soil. *Soil Biol Biochem*, 25, 1005-1014.
- McLean, E. O. (1982) Soil pH and lime requirement. In: Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.) *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties* (2nd ed.). *Agronomy* 9: 199-223.
- 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.
- Moore, P. D. and S. B. Chapman (1986) *Methods in Plant Ecology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, Edinburgh. 589.
- Olson, S. R. and L. E. Sommers (1982) Phosphorus. In: Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.) *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties* (2nd ed.). *Agronomy* 9: 403-430.
- Rhoades, J. D. (1982) Cation exchange capacity. In: Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.) *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties* (2nd ed.). *Agronomy* 9: 149-157.
- Tabatabai, M. A. (1994) Soil enzymes. In: Weaver, R.W., S. Angle, and P. Bottomley (eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2: Microbiological and Biochemical Properties*. Soil Science Society of America. Madison. 775-833.

Van Wees, S. C., S. Van der Ent, and C. M. Pieterse (2008) Plant immune responses triggered by beneficial microbes. *Curr. Opin. Plant Biol.* 11: 443-448.