

行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列 97-00-5-32

## 應用有效微生物改善育苗品質及病蟲害防治試驗



委託機關：行政院農業委員會林務局

執行機關：社團法人中華造林事業協會

中華民國 98 年 7 月

## 摘要

有效微生物群 (Effective Microorganisms)，簡稱為 EM，是一種混合 80 多種有效微生物的生物性製劑，其包含光合成菌、乳酸菌、酵母菌及放線菌等。本研究將應用 EM 於台灣主要綠化造林樹種苗木，觀察其生長特性效應。試驗中將分別使用 EM 處理各苗木種子以及土壤，試驗苗木分為二種時期：幼苗期與成苗期。調查項目包含發芽率、生長量、生理特性、植物體內氮、磷、鉀、鈣、鎂和鈉濃度測定、生長介質之性質分析等。研究結果顯示，種子經 EM 處理後，其苗木生長均有促進效應，且土壤經 EM 處理後，各樹種之元素含量均高於其它處理。本研究證實使用有效微生物群可以有效增進各苗木之生長特性。

**關鍵詞：**有效微生物群、生長量

## 目次

摘要.....	I
目次.....	II
表目次.....	III
圖目次.....	III
一、前言.....	1
二、材料與方法.....	2
三、結果.....	10
四、討論.....	39
五、結論.....	47
六、參考文獻.....	48

## 表 目 次

表 1 供試介質之化學分析.....	3
表 2 幼苗期試驗處理之組合.....	4
表 3 成苗期試驗處理之組合.....	5
表 4 種子經 EM 處理後之發芽率.....	10
表 5 種子及介質處理之幼苗苗木苗高與根頸直徑淨生長之 Tukey 分析.....	12
表 6 種子及介質處理之幼苗各部位乾重之 Tukey 分析.....	14
表 7 種子及介質處理之幼苗各苗木葉部參數之 Tukey 分析.....	16
表 8 種子及介質處理之幼苗葉綠素濃度之 Tukey 分析.....	18
表 9 種子及介質處理之幼苗葉部氮與磷濃度之 Tukey 分析.....	20
表 10 種子及介質處理之幼苗葉部鉀、鈣與鎂濃度之 Tukey 分析.....	21
表 11 幼苗介質處理之 pH 值、氮與碳濃度及碳氮比之 Tukey 分析.....	22
表 12 幼苗介質處理之有效磷與可置換性陽離子濃度之 Tukey 分析.....	23
表 13 介質處理之幼苗苗木介質總生菌落數之 Tukey 分析.....	24
表 14 介質處理之幼苗苗木介質微生物量氮含量之 Tukey 分析.....	25
表 15 植體及介質處理之各苗木苗高與根頸直徑淨生長之 Tukey 分析.....	26
表 16 植體及介質處理之各苗木各部位乾重之 Tukey 分析.....	28
表 17 植體及介質處理之各苗木各苗木葉部參數之 Tukey 分析.....	29
表 18 植體及介質處理之各苗木葉綠素濃度之 Tukey 分析.....	31
表 19 植體及介質處理之各苗木葉部氮與磷濃度之 Tukey 分析.....	33
表 20 植體及介質處理之各苗木葉部鉀、鈣與鎂濃度之 Tukey 分析.....	34
表 21 育苗介質處理之 pH 值、氮與碳濃度及碳氮比之 Tukey 分析.....	35
表 22 育苗介質處理之有效磷與可置換性陽離子濃度之 Tukey 分析.....	36
表 23 介質處理對育苗介質之總生菌落數之 Tukey 分析.....	37
表 24 介質處理對育苗介質之微生物量氮含量之 Tukey 分析.....	38

## 圖 目 次

圖 1 種子表面之微細構造.....	11
--------------------	----

## 一、前言

生物科技為二十世紀崛起的新興科技，是利用生物程序、生物細胞或其代謝物質來製造產品 (陳裕星，2003)，在傳統與近代的生物技術之中，又以微生物之研究為其主要領域，而應用微生物於培育作物上又可分為微生物肥料與有機栽培，其中微生物肥料，如根瘤固氮菌、溶磷菌、菌根菌等，可將原存於土壤或空氣中作物無法吸收利用之養分型態轉變為有效型態，進而促進作物養分吸收利用及生長，達到節省肥料用量之目的。而有機栽培意指在培育作物過程中，完全不使用化學肥料、化學農藥及化學生長調節劑 (沈英士，2005)，而是利用微生物使有機質分解、發酵，形成良好之有機堆肥。

土壤微生物的主要功能為物質循環、環境淨化以及在溫室氣體產生等方面發揮作用，而在作物生產上也具有植物養分供給、土壤物理性改善、病原菌之抑制、植物生長促進等功能。微生物促進植物養分吸收之機制有物質代謝、物質之儲藏與釋出、物質形態轉變以及物質的收集與搬運等方式 (張淑賢，1998)。而施用微生物肥料於土壤時可促進土壤有機物快速分解，使未腐熟堆肥及家畜生糞的快速腐熟利用，促進土壤團粒構造及土壤保水能力，降低作物障害及促進根系對土壤養分的吸收；噴施於作物之地上部則可促進作物生長、增加作物葉部之光合作用，提高碳水化合物含量來提高品質，固定空氣中之氮素及降低病蟲害而減少農藥的施用等等 (陳榮五，1994)。因此在土壤的形成、有機物的分解、有效養分的供給與苗木的生長中，微生物擔任著重要的角色 (胡弘道，1993；顏江河等，2007)，將微生物應用於育林作業，逐成為現代育林之重要技術 (李明仁，1995)。

有效微生物群 (effective microorganisms, EM)，是日本國立琉球大學的比嘉照夫教授於 1985 年研發而成。EM 為 80 多種菌種共生結合而成，比嘉教授透過引入光合成菌等技術，讓這 80 多種有效微生物能夠共同結合之微生物肥料。

在一般苗圃中所培育的苗木，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。而使用速效化學肥料，容易

引起植栽本身的污染、介質土壤的傷害及生態系統的破壞。同一地區經多次的長期栽培植物，再加上過多的化學肥料與農藥使用，導致土壤理化性狀及結構改變，致土壤酸化、鹽化等性狀逐漸產生，而肥料和農藥在土壤中累積的殘留物也改變了土壤生物性，土壤地力因而日趨劣化 (楊紹榮，1995)。為了長期的林業發展，開發林木之生物性肥料是相當重要的，生物肥料輕便，易於施用，且生產成本甚低，可減少化學肥料對環境之汙染及土壤劣化 (楊秋忠，1991)。

本研究以台灣主要造林綠化樹種苗木作為試驗材料，採用一般苗圃常態育苗使用之土壤為介質，以有效微生物群 EM 與經 EM 發酵之有機肥料波卡西 (Bokashi) 進行一系列土壤介質改良處理。研究目的乃在檢測微生物肥料之施用方式對各苗木生長量及生理特性之效益，以評估有益微生物群施用於苗木培育之可行性，供日後推廣之參考。

## 二、材料與方法

### 一、研究材料

本研究應用有效微生物群 EM 於台灣主要造林綠化樹種苗木，以觀察其生長與生理特性之效應，試驗樹種包含：台灣欒樹、台灣檫、相思樹、光蠟樹。本試驗之幼苗期苗木皆使用以種子培育至發芽未滿一個月之小苗，成苗期苗木則使用已培育一年之苗木。

#### (一)土壤介質

##### 1. 幼苗期

試驗用之介質為苗圃中所使用之常態育苗土壤，未處理介質之化學性質：酸鹼值為  $\text{pH } 7.1 \pm 0.1$ 、全氮量  $0.21 \pm 0.05 \%$ 、有機碳  $0.49 \pm 0.06 \%$ 、有效磷含量  $5.39 \pm 0.06 \mu\text{g/g}$ 、可置換鉀含量  $0.48 \pm 0.06 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ 、可置換鈣含量  $20.85 \pm 1.37 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ 、可置換鎂含量  $1.99 \pm 0.21 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$  (表 1)。使用之育苗容器為長 18.7 cm，寬 13.5 cm 的育苗袋，並且擺設於架空離地 1 m 之苗床上，以

避免污染。

## 2. 成苗期

試驗用之介質為苗圃中所使用之常態育苗土壤，未處理介質之化學性質：酸鹼值為  $\text{pH } 7.6 \pm 0.1$ 、全氮量  $0.05 \pm 0.01 \%$ 、有機碳  $0.13 \pm 0.02 \%$ 、有效磷含量  $1.13 \pm 0.05 \mu\text{g/g}$ 、可置換鉀含量  $0.25 \pm 0.12 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ 、可置換鈣含量  $17.17 \pm 0.43 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ 、可置換鎂含量  $0.84 \pm 0.09 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$  (表 1)。使用之育苗容器為長 30 cm，寬 25 cm 之不織布育苗袋。

表 1 供試介質之化學分析

性質	介質	
	幼苗期試驗用土	成苗期試驗用土
pH	$7.1 \pm 0.1$	$7.6 \pm 0.1$
全氮量 (%)	$0.21 \pm 0.05$	$0.05 \pm 0.01$
有機碳 (%)	$0.49 \pm 0.06$	$0.13 \pm 0.02$
可置換性鉀 ( $\text{cmol (+) kg}^{-1}$ )	$0.48 \pm 0.06$	$0.25 \pm 0.12$
可置換性鈣 ( $\text{cmol (+) kg}^{-1}$ )	$20.85 \pm 1.37$	$17.17 \pm 0.43$
可置換性鎂 ( $\text{cmol (+) kg}^{-1}$ )	$1.99 \pm 0.21$	$0.84 \pm 0.09$
有效磷含量 ( $\text{mg/kg}$ )	$5.39 \pm 0.06$	$1.13 \pm 0.05$

### (二) 試驗地點

幼苗期試驗於嘉義大學森林暨自然資源學系之網室進行試驗，成苗期試驗於嘉義大學社口實驗林場之網室，以避免試驗期間降雨之干擾。

## 二、研究方法

### (一) EM 及波卡西來源

EM 及波卡西來源由豐林股份有限公司提供，EM 主成分為光合成菌、酵母

菌、乳酸菌等多種有益菌，波卡西主要成分為米糠粉、黃豆粉及魚粉等有機物，經充分混合後，加入 EM 進行發酵生成之固體有機肥料。其均依照使用比例稀釋 50 倍 (2%) 以進行使用 (Khan *et al.*, 2006)。

## (二)試驗設計及處理

幼苗期為探討種子經 EM 處理及不同處理土壤介質間之交互效應對各苗木生長及生理特性之影響。成苗期則使用一年生苗木，為探討植體於培育期間定期噴施有效微生物群 EM 及不同處理土壤介質間之交互效應對各苗木生長及生理特性之影響。試驗採用完全逢機複因子設計 (random complete factorial design)。幼苗期之種子處理分為種子經 EM 浸泡處理 (SE) 及種子未處理之對照組 (SC)；成苗期之植體處理分為植體定期噴施有效微生物群 EM (PE) 及植體未處理之對照組 (PC)。生長介質分為土壤中添加有效微生物群 EM (EM)、土壤中添加有機肥料波卡西 (BO)、土壤中添加有效微生物群 EM 及有機肥料波卡西 (BE) 與土壤介質未處理之對照組 (CK) 之 4 種處理。幼苗期為 4 種生長介質和 2 種種子處理組合為複因子試驗 (表 2)，成苗期為 4 種生長介質和 2 種植體處理組合為複因子試驗 (表 3)。幼苗期試驗苗木共計 2 種種子處理×4 種生長介質×4 重複×4 株×4 種苗木，共 512 株；成苗期試驗苗木共計 2 種植體處理×4 種生長介質×4 重複×4 株×4 種苗木，共 512 株。

表 2 幼苗期試驗處理之組合

種子處理 <sup>1</sup>	生長介質 <sup>2</sup>			
	CK	EM	BO	BE
SC	SC+CK	SC+EM	SC+BO	SC+BE
SE	SE+CK	SE+EM	SE+BO	SE+BE

<sup>1</sup>: SC：種子未經 EM 處理 (對照組)，SE：種子經 EM 處理

<sup>2</sup>: CK：土壤介質未處理，EM：土壤介質經 EM 處理，BO：土壤介質經波卡西處理，BE：土壤介質經 EM 及波卡西處理



表 3 成苗期試驗處理之組合

種子處理 <sup>1</sup>	生長介質 <sup>2</sup>			
	CK	EM	BO	BE
PC	PC+CK	PC+EM	PC+BO	PC+BE
PE	PE+CK	PE+EM	PE+BO	PE+BE

<sup>1</sup>: PC：植體未經 EM 處理(對照組)，PE：植體經 EM 處理

<sup>2</sup>: CK：土壤介質未處理，EM：土壤介質經 EM 處理，BO：土壤介質經波卡西處理，BE：土壤介質經 EM 及波卡西處理

### (三) 苗木之培育

#### 1. 種子處理

新鮮苗木種子經去除雜質處理後，依照鍾永立、張乃航 (1990) 所發表之種子發芽促進方法進行種子處理，再將處理後之種子進行 EM 接種處理 (浸泡於 EM 中與對照組浸泡於純水中) 12 hr，浸種結束後瀝乾種子再放入混合濕潤水苔之 PE 封口袋中，以常溫日照方式於網室內進行發芽試驗，發芽後之種子將移植於育苗袋中，繼續進行土壤介質培育之觀察。

#### 2. 成苗期植體處理

將取得以培育一年之各苗木進行移盆處理，使用經處理後之土壤介質，於移盆完畢後進行第一次有效微生物群 EM 噴施，之後每個月定期噴施有效微生物群 EM 於植體表面及土壤介質。

#### 3. 實驗期間

各苗木種子自 2008 年 5 月 1 日開始進行發芽試驗，幼苗期於 7 月 1 日進行培育試驗至 12 月 31 日開始進行各項調查分析，為期 6 個月，成苗期於 9 月 1 日進行培育試驗至 4 月 31 日進行各項調查分析，為期 8 個月。

### 三、調查及分析

#### (一) 生長特性之調查

### 1. 苗高及根頸直徑之淨生長量

自試驗開始至試驗終了，每個月定期以直尺及測微尺量測苗木之苗高及根頸直徑。

### 2. 鮮重及乾重之測定

將培育後之各樣苗，每處理逢機選取4株樣苗以自來水洗淨且將殘留水分拭乾後，切分為葉部、莖部、根部，先行測定鮮重，再置於 $70 \pm 5^\circ\text{C}$ 之烘箱中，烘乾至恆重，並秤取乾重。

### 3. 葉面積之測定

將培育後之各樣苗，每處理逢機選取4株樣苗，進行全株葉面積之測定，以葉面積儀 (leaf area meter) (model Li-3100, Li-Cor, Inc., Lincoln, Neb., USA) 測定總葉面積及葉片數，並計算比葉面積 (specific leaf area, SLA)，表示葉之厚度及葉機械組織之數量，是葉部結構之重要指數，即單位乾重之葉面積。

$$\text{SLA (cm}^2/\text{g)} = \text{葉面積 (cm}^2) / \text{葉乾重 (g)}$$

### 4. 葉綠素濃度之測定

葉綠素濃度之測定乃參考王月雲等 (1981) 之方法測定。每處理取4株樣苗，取主梢頂端向下之第3或第4片以下之葉片，秤取植物葉片鮮重0.05 g，置於研鉢中，以適量液態氮研磨成粉末狀後，再加入80%丙酮 (acetone) 萃取，過濾之，並將其定積至10 ml，以日立U-2000 型雙光束分光光譜儀 (spectrophotometer) 測定其在波長645 nm 及663 nm之吸光度，以下列公式計算其葉綠素a、b 及總葉綠素濃度 (單位： $\text{mg g}^{-1}$  鮮重)。

$$\text{chl a} = (12.7 \times D_{663} - 2.69 \times D_{645}) \times (V/1000W)$$

$$\text{chl b} = (22.9 \times D_{645} - 4.68 \times D_{663}) \times (V/1000W)$$

$$\text{chl a+b} = (20.2 \times D_{645} + 8.02 \times D_{663}) \times (V/1000W)$$

$D_\lambda$ ：萃取液在 $\lambda$ 波長(nm)之吸光值

V：萃取液總體積(ml)

W：葉片鮮重(g)

## (二) 植物體內葉部氮、磷、鉀、鈣和鎂濃度測定

自各處理中逢機選取4株樣苗，將苗木葉片部分進行烘乾、磨粉，取0.4 g 樣本加入15 ml 濃硫酸，再放入消化裝置 (2020 Kjeltac Digestor) 緩慢加熱到375 °C，維持3 hr，加入10 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>，加熱到375 °C，維持1 hr 至樣本呈透明澄清液後過濾之並以蒸餾水定積至100 ml，取40 ml 至自動凱氏氮蒸餾裝置 (2200 Kjeltac auto distillation apparatus) 內蒸餾，加入適量之40 % NaOH溶液，以30 ml 4 %硼酸為接收劑，再以0.1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液滴定之，同時並進行空白試驗，計算出含氮量 (MacDonald, 1977)。並使用感應耦合電漿原子發射光譜儀 (HITACHI P-4010 inductively coupled plasma atomic emission spectrometer, ICP)，進行苗木葉部組織之含磷、可置換性鉀、鈣和鎂量的分析。

## (三) 生長介質之性質分析

### 1. 土壤酸鹼值測定

將土壤風乾、過篩，取出10 g土壤樣本加入20 ml純水 (重量比1:2)，使懸浮之土壤樣本沉澱，並以酸鹼值測定儀 (Inolab pH Level 2) 測定樣本溶液之酸鹼值。

### 2. 土壤氮含量之測定

將土壤過篩、烘乾，取出1 g 樣本加入15 ml 濃硫酸過夜 (24 hr)，再放入消化裝置 (2020 digester) 緩慢加熱到375 °C，維持3 hr，加入10 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>，加熱到375 °C，維持1 hr至樣本呈透明澄清液後過濾之並以蒸餾水定積至100 ml，取40 ml 置凱氏氮蒸餾裝置內蒸餾，加入適量之40 %NaOH 溶液，以30 ml 4 %硼酸為接收劑，再以0.1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液滴定之，同時並進行空白試驗，計算出含氮量 (MacDonald, 1977)。

### 3. 可置換性陽離子濃度之測定

以醋酸銨 (NH<sub>4</sub>OAc) 法測定之 (Rhoades, 1982)，取5 g過篩風乾土壤置於250 ml角錐瓶中，加入40 ml 1 N NH<sub>4</sub>OAc (pH=7)，震盪10 min靜置過夜。抽氣過

濾之，以NH<sub>4</sub>OAc定積至100 ml，取澄清濾液利用感應耦合電漿原子發射光譜儀 (ICP) 測定可溶性及可置換性陽離子鉀、鈣和鎂濃度。

#### 4. 有效磷含量測定

以鉬藍法測定，取1 g樣本置於50 ml角錐瓶中，加入7 ml萃取液 (0.5 N HCl-0.03 N NH<sub>4</sub>F) 搖盪1 min，以Whatman No. 42 濾紙過濾。取2 ml樣液加入5 ml H<sub>2</sub>O及2 ml (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>溶液，混合均勻後加入1 ml SnCl<sub>2</sub>稀釋液呈色後，以分光光度計 (Hitachi U-2000 spectrophotometer) 於波長660 nm下測定吸光值，比對磷標準曲線得出樣液之磷濃度 (Olson and Sommer, 1982)。

#### 5. 有機碳含量測定

以有機碳的濕消化法 (Walkley-Black procedure) 進行分析，取5 g土樣以陶瓷研鉢研磨，使之通過35 mesh篩網，取過篩土樣0.5 g於角錐瓶中，加入10 ml K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>與20 ml濃硫酸，利用K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>及H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>之混合液將有機物氧化，未耗用掉的K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>以FeSO<sub>4</sub>滴定，據以計算有機碳含量。此方法未供應外部熱能，僅於重鉻酸鉀及硫酸混合時有熱能產生，因此，僅能氧化容易氧化的有機碳，而有機質的估算是以其重的58 %為有機碳的估值計算之。

滴定初時顏色為暗褐色，而後顏色轉為淺綠至暗綠色，此時緩慢滴定，顏色會迅速由藍綠色轉為褐紅色。以下列公式進行有機碳含量計算。

$$C\% = M \times ((V1 - V2) / \text{土樣重}(g)) \times 0.39$$

M=硫酸亞鐵之莫耳濃度

$$0.39 = 3 \times 10^{-3} \times 100 \times 1.3, \quad 3 = \text{碳之當量重}, \quad 1.3 = \text{滴定係數}$$

V1=空白樣本所用硫酸亞鐵溶液量(mL)

V2=樣本所用硫酸亞鐵溶液量(mL)

#### 6. 土壤中總生菌數檢測

秤取1 g土壤於35 ml之玻璃瓶中，依實驗組別分別加入20至30 ml無菌稀釋液，蓋上瓶蓋後搖晃24 hr使其充分混合，之後使用離心機進行3000 rpm離心，取上層澄清液進行培養之，將取得之樣品原液利用無菌稀釋液進行下列倍數之稀

釋： $10^0$ 、 $10^1$ 、 $10^2$ 、 $10^3$ 、 $10^4$ ，經適當稀釋後分別取0.2 ml於總菌落數培養基上，將此培養基置於細菌培養箱中，以恆溫20 °C培養48 hr後計算菌落數，每一濃度進行二重複試驗，藉以比對實驗過程中樣品是否遭受污染，或稀釋過程中造成誤差 (涂秀娟，2007)。

上述無菌稀釋液之製備方法係參照環檢所公告之「水中總菌落數檢測方法—濾膜法」，取2.6 g磷酸氫二鉀 ( $K_2HPO_4$ ) 溶於50 ml之蒸餾水中，等完全溶解後，再定量至100 ml，儲存於4 °C冰箱中備用。另外取3.8 g氯化鎂 ( $MgCl_2$ )，先溶於少量蒸餾水中，待完全溶解後以蒸餾水定量至100 ml，儲存至冰箱中備用。完成磷酸氫二鉀與氯化鎂溶液後，分別取10 ml氯化鎂溶液與2.5 ml磷酸氫二鉀溶液加入蒸餾水定量至2000 ml，混搖均勻後，經高溫高壓滅菌釜以121 °C滅菌15 min，作為無菌稀釋液備用。以下列公式進行計算。

$$\begin{aligned} \text{總菌落數} &= \text{選取培養皿之菌落數總合} / \text{選取之實際體積總合} \\ &= X+Y/(0.2/D)+(0.2/D) \end{aligned}$$

D=菌落數在30至300之間的稀釋度；X、Y=D稀釋度的二個培養皿之菌落數

## 7. 土壤微生物量氮檢測

採用氯仿薰蒸滅菌— $K_2SO_4$ 浸提法。將土壤樣本烘乾、過篩，取25 g土壤，放入真空乾燥器內，同時放入盛有無醇氯仿的燒杯，抽真空使氯仿沸騰5 min，放置於黑暗中24 hr，取出燒杯並反覆抽真空以排除氯仿，之後加入0.5 mol/L  $K_2SO_4$  (液：土，4：1)，震盪30 min，過濾後用凱氏氮蒸餾裝置測定萃取液氮素含量。對於未滅菌的土壤同樣以上述方法進行萃取，並測定萃取液中氮素含量 (趙俊擘等，2006)。

土壤微生物量氮含量 (mg/kg) =  $2.22 \times$ 滅菌土壤萃取液中氮含量 (mg/kg) - 未滅菌土壤萃取液中的氮含量 (mg/kg)。

## (四) 掃描式電子顯微鏡之觀察

種子經EM處理後，取各處理部分種子放置於2.5 % 戊二醛 (glutaraldehyde,

GA) 固定液中3 hr，以含有5 %蔗糖之0.1 M 磷酸緩衝溶液 (pH7) 清洗三次。經10 %、20 %、30 %、50 %、70 %、80 %、90 %、95 %、100 %酒精及100 %丙酮脫水後，進行臨界點乾燥 (HITACHI HCP-2 critical point dryer, CPD) 和真空鍍金機 (PELCO SC-6 sputter coater) 鍍金後，以掃描式電子顯微鏡 (HITACHI S-3500N scanning electron microscope, SEM) 觀察其微細構造，並照相紀錄之。

### (五) 資料處理與分析

測試後數值以SPSS 軟體完全逢機複因子設計之一般化因子進行變方分析 (ANOVA)，並以特奇顯著差異法 (Tukey's honest significant difference, HSD) 分析各變數平均值間之差異。

## 三、結果

### 一、種子試驗

#### (一) 發芽率

由表 4 之分析結果可知，台灣欒樹種子經浸泡 EM 處理 (SE)，其發芽率為  $53.5 \pm 7.4\%$ ；台灣欖種子經浸泡 EM 處理 (SE)，其發芽率為  $46.0 \pm 2.3\%$ ；相思樹種子經浸泡 EM 處理 (SE)，其發芽率為  $61.8 \pm 3.6\%$ ；光蠟樹種子經浸泡 EM 處理 (SE)，其發芽率為  $71.8 \pm 12.8\%$ 。此結果證實種子經 EM 處理後，可以有效提高種子發芽率。

表4 種子經EM處理後之發芽率

種子處理	台灣欒樹	台灣欖	相思樹	光蠟樹
Seed treatment	發芽率(%)			
對照組	$49.5 \pm 8.4^a$	$40.0 \pm 3.5^b$	$54.5 \pm 3.0^b$	$53.0 \pm 7.2^b$
種子浸泡 EM	$53.5 \pm 7.4^a$	$46.0 \pm 2.3^a$	$61.8 \pm 3.6^a$	$71.8 \pm 12.8^a$

a 和 b: 同行數值後之字母不同，表示差異顯著 ( $P < 0.05$ )

## (二) 種子表面微細構造之觀察

種子經 EM 浸泡處理後，以掃描式電子顯微鏡觀察之結果如圖 1 所示。由種子表面微細構造之觀察可發現，未經 EM 處理之對照組種子，其種子表面較經 EM 處理者光滑。

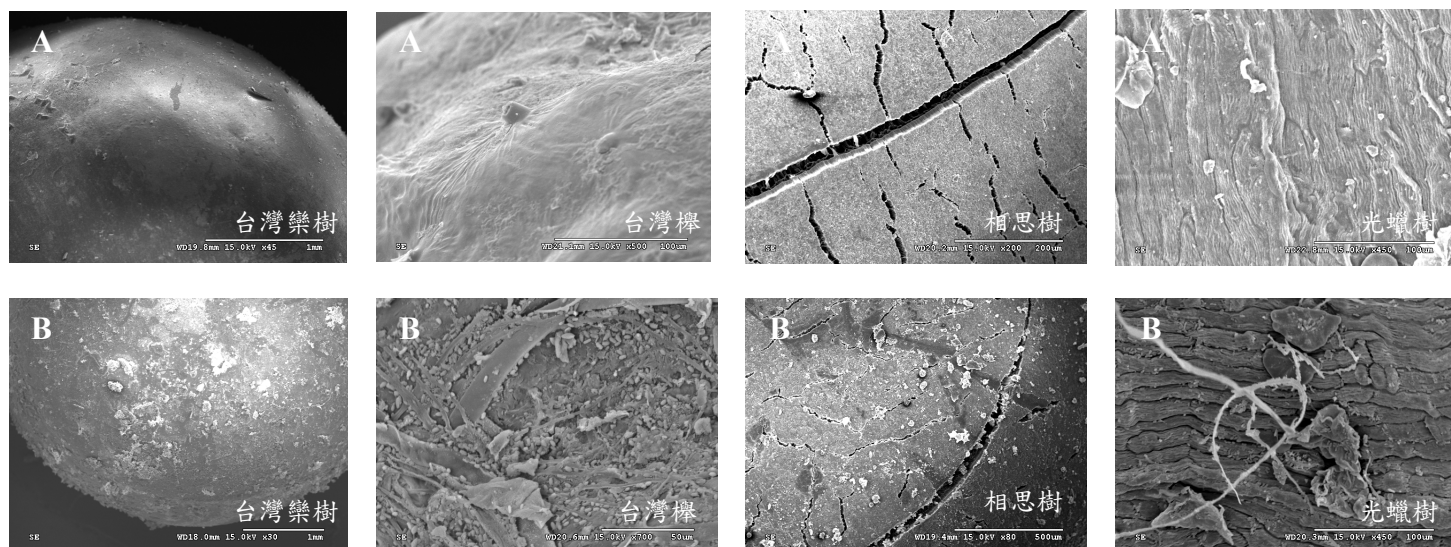


圖 1 種子表面之微細構造

A：種子未經 EM 處理 (對照組)，B：種子經 EM 處理

## 二、幼苗試驗

### (一) 生長勢

#### 1. 苗高淨生長量

台灣樂樹苗木之苗高淨生長量以 SE+BE 處理者之  $47.3 \pm 8.3$  cm 為最高，以 SC+CK 處理者之  $22.0 \pm 5.4$  cm 為最低；台灣檫苗木之苗高淨生長量以 SE+CK 處理者之  $59.8 \pm 1.1$  cm 為最高，以 SC+CK 處理者之  $27.1 \pm 5.72$  cm 為最低；相思樹苗木之苗高淨生長量以 SE+BE 處理者之  $47.0 \pm 9.9$  cm 為最高，以 SC+BE 處理者之  $14.3 \pm 1.2$  cm 為最低；光蠟樹苗木之苗高淨生長量以 SE+BE 處理者之  $31.2 \pm 1.4$  cm 為最高，以 SC+BO 處理者之  $11.3 \pm 2.4$  cm 為最低。

#### 2. 根頸直徑淨生長量

台灣樂樹苗木之根頸直徑淨生長量以 SE+BE 處理者之  $5.2 \pm 0.6$  mm 為最

高，以 SC+CK 處理者之  $3.0 \pm 0.1$  mm 為最低；台灣欒苗木之根頸直徑淨生長量以 SE+BO 處理者之  $3.8 \pm 0.4$  mm 為最高，以 SC+CK 處理者之  $1.3 \pm 0.1$  mm 為最低；相思樹苗木之根頸直徑淨生長量以 SE+BE 處理者之  $2.8 \pm 0.7$  mm 為最高，以 SC+EM 處理者之  $1.1 \pm 0.4$  mm 為最低；光蠟樹苗木之根頸直徑淨生長量以 SE+BE 處理者之  $2.0 \pm 0.7$  mm 為最高，以 SC+CK 處理者之  $0.7 \pm 0.0$  mm 為最低。

表 5 種子及介質處理之幼苗苗木苗高與根頸直徑淨生長之 Tukey 分析

		種子處理	介質處理	台灣欒樹	台灣檫	相思樹	光蠟樹
Net height growth (cm)	未處理		對照組	$22.0 \pm 5.4^d$	$27.1 \pm 5.7^c$	$17.8 \pm 3.7^c$	$11.8 \pm 0.5^c$
		種子	EM	$32.7 \pm 3.7^{bcd}$	$39.0 \pm 18.2^{abc}$	$17.2 \pm 6.5^c$	$16.2 \pm 5.6^c$
			波卡西	$26.1 \pm 2.8^{cd}$	$33.4 \pm 7.8^{bc}$	$15.9 \pm 1.6^c$	$11.3 \pm 2.4^c$
			EM+波卡西	$36.3 \pm 3.8^{abc}$	$41.0 \pm 3.8^{abc}$	$14.3 \pm 1.2^c$	$14.5 \pm 1.6^c$
	EM 處理		對照組	$40.2 \pm 1.7^{ab}$	$59.8 \pm 1.1^a$	$17.5 \pm 2.8^c$	$17.9 \pm 4.2^{bc}$
		種子經	EM	$40.0 \pm 4.5^{ab}$	$43.8 \pm 5.1^{abc}$	$16.9 \pm 0.3^c$	$24.5 \pm 1.3^{ab}$
			波卡西	$46.5 \pm 1.7^a$	$52.0 \pm 8.8^{ab}$	$33.2 \pm 3.0^b$	$16.1 \pm 1.4^c$
			EM+波卡西	$47.3 \pm 8.3^a$	$54.2 \pm 2.6^{ab}$	$47.0 \pm 9.9^a$	$31.2 \pm 1.4^a$
Net root collar diameter growth (mm)	未處理		對照組	$3.0 \pm 0.1^b$	$1.3 \pm 0.1^c$	$1.4 \pm 0.5^b$	$0.7 \pm 0.0^d$
		種子	EM	$4.1 \pm 1.5^{ab}$	$1.9 \pm 0.6^{bc}$	$1.1 \pm 0.4^b$	$1.1 \pm 0.1^{cd}$
			波卡西	$3.3 \pm 0.1^{ab}$	$2.4 \pm 0.8^{abc}$	$1.6 \pm 0.1^b$	$1.4 \pm 0.1^{abcd}$
			EM+波卡西	$4.7 \pm 0.2^{ab}$	$3.1 \pm 0.5^{ab}$	$1.4 \pm 0.1^b$	$1.6 \pm 0.1^{abc}$
	EM 處理		對照組	$4.7 \pm 0.7^{ab}$	$2.7 \pm 0.6^{abc}$	$1.8 \pm 0.2^{ab}$	$1.9 \pm 0.2^{ab}$
		種子經	EM	$4.5 \pm 1.0^{ab}$	$3.1 \pm 0.6^{ab}$	$2.0 \pm 0.2^{ab}$	$1.1 \pm 0.1^{bcd}$
			波卡西	$4.2 \pm 0.3^{ab}$	$3.8 \pm 0.4^a$	$1.6 \pm 0.2^b$	$1.9 \pm 0.1^a$
			EM+波卡西	$5.16 \pm 0.55^a$	$3.01 \pm 0.35^{ab}$	$2.77 \pm 0.69^a$	$2.01 \pm 0.69^a$

a、b、c、d、e 和 f：同行數值後之字母不同，表示差異顯著 ( $P < 0.05$ )



## (二) 生物量

### 1. 葉部乾重

台灣欒樹苗木之葉部乾重以 SE+BE 處理者之  $3960 \pm 1190$  mg 為最高；台灣檫苗木之葉部乾重以 SE+BE 處理者之  $1360 \pm 470$  mg 為最高；相思樹苗木之葉部乾重以 SE+BE 處理者之  $1430 \pm 720$  mg 為最高；光蠟樹苗木之葉部乾重以 SE+BE 處理者之  $470 \pm 140$  mg 為最高。

### 2. 莖部乾重

台灣欒樹苗木之莖部乾重以 SE+BE 處理者之  $2410 \pm 950$  mg 為最高；台灣檫苗木之莖部乾重以 SE+BE 處理者之  $1060 \pm 200$  mg 為最高；相思樹苗木之莖部乾重以 SE+BE 處理者之  $630 \pm 270$  mg 為最高；光蠟樹苗木之莖部乾重以 SE+BE 處理者之  $180 \pm 40$  mg 為最高。

### 3. 根部乾重

台灣欒樹苗木之根部乾重以 SE+BE 處理者之  $2250 \pm 1010$  mg 為最高；台灣檫苗木之根部乾重以 SE+EM 處理者之  $680 \pm 390$  mg 為最高；相思樹苗木之根部乾重以 SE+BE 處理者之  $320 \pm 130$  mg 為最高；光蠟樹苗木之根部乾重以 SE+BE 處理者之  $90 \pm 30$  mg 為最高。

### 4. 全株乾重

台灣欒樹苗木之全株乾重以 SE+BE 處理者之  $8600 \pm 2360$  g 為最高；台灣檫苗木之全株乾重以 SE+BE 處理者之  $3030 \pm 820$  g 為最高；相思樹苗木之全株乾重以 SE+BE 處理者之  $2390 \pm 1110$  g 為最高；光蠟樹苗木之全株乾重以 SE+BE 處理者之  $750 \pm 200$  g 為最高。

表 6 種子及介質處理之幼苗各部位乾重之 Tukey 分析

	種子處理	介質處理	台灣欒樹	台灣檫	相思樹	光蠟樹
葉部乾重(mg) Leaf dry weight		對照組	1030 ± 520 <sup>b</sup>	190 ± 40 <sup>b</sup>	240 ± 170 <sup>b</sup>	80 ± 10 <sup>c</sup>
	種子	EM	2510 ± 1780 <sup>ab</sup>	370 ± 210 <sup>b</sup>	200 ± 160 <sup>b</sup>	180 ± 100 <sup>bc</sup>
	未處理	波卡西	1060 ± 120 <sup>b</sup>	640 ± 290 <sup>ab</sup>	240 ± 30 <sup>b</sup>	150 ± 40 <sup>bc</sup>
		EM+波卡西	3440 ± 320 <sup>ab</sup>	810 ± 120 <sup>ab</sup>	190 ± 90 <sup>b</sup>	280 ± 100 <sup>abc</sup>
	種子經 EM 處理	對照組	2850 ± 630 <sup>ab</sup>	870 ± 390 <sup>ab</sup>	400 ± 260 <sup>b</sup>	300 ± 160 <sup>abc</sup>
		EM	2710 ± 920 <sup>ab</sup>	1280 ± 320 <sup>a</sup>	760 ± 80 <sup>ab</sup>	280 ± 40 <sup>abc</sup>
		波卡西	2930 ± 930 <sup>ab</sup>	790 ± 190 <sup>ab</sup>	280 ± 40 <sup>b</sup>	400 ± 30 <sup>ab</sup>
		EM+波卡西	3960 ± 1190 <sup>a</sup>	1360 ± 470 <sup>a</sup>	1430 ± 720 <sup>a</sup>	470 ± 140 <sup>a</sup>
莖部乾重(mg) Stem dry weight		對照組	310 ± 70 <sup>b</sup>	110 ± 40 <sup>c</sup>	80 ± 50 <sup>b</sup>	20 ± 10 <sup>c</sup>
	種子	EM	1490 ± 930 <sup>ab</sup>	280 ± 200 <sup>bc</sup>	60 ± 40 <sup>b</sup>	50 ± 30 <sup>bc</sup>
	未處理	波卡西	630 ± 130 <sup>ab</sup>	440 ± 330 <sup>abc</sup>	100 ± 10 <sup>b</sup>	40 ± 10 <sup>bc</sup>
		EM+波卡西	1310 ± 260 <sup>ab</sup>	690 ± 230 <sup>abc</sup>	90 ± 40 <sup>b</sup>	90 ± 10 <sup>bc</sup>
	種子經 EM 處理	對照組	1850 ± 320 <sup>ab</sup>	780 ± 370 <sup>abc</sup>	170 ± 40 <sup>b</sup>	120 ± 50 <sup>ab</sup>
		EM	2220 ± 1010 <sup>a</sup>	920 ± 360 <sup>ab</sup>	270 ± 10 <sup>b</sup>	100 ± 10 <sup>abc</sup>
		波卡西	1530 ± 420 <sup>ab</sup>	770 ± 130 <sup>abc</sup>	110 ± 20 <sup>b</sup>	110 ± 30 <sup>ab</sup>
		EM+波卡西	2410 ± 950 <sup>a</sup>	1060 ± 200 <sup>a</sup>	630 ± 270 <sup>a</sup>	180 ± 40 <sup>a</sup>
根部乾重(mg) Root dry weight		對照組	380 ± 50 <sup>b</sup>	100 ± 50 <sup>b</sup>	50 ± 20 <sup>b</sup>	20 ± 10 <sup>b</sup>
	種子	EM	1500 ± 1100 <sup>a</sup>	120 ± 50 <sup>b</sup>	50 ± 30 <sup>b</sup>	30 ± 10 <sup>ab</sup>
	未處理	波卡西	600 ± 180 <sup>b</sup>	300 ± 210 <sup>a</sup>	70 ± 20 <sup>b</sup>	20 ± 10 <sup>b</sup>
		EM+波卡西	1260 ± 200 <sup>a</sup>	540 ± 240 <sup>a</sup>	50 ± 20 <sup>b</sup>	60 ± 10 <sup>ab</sup>
	種子經 EM 處理	對照組	1830 ± 820 <sup>a</sup>	400 ± 220 <sup>a</sup>	110 ± 30 <sup>b</sup>	70 ± 50 <sup>ab</sup>
		EM	1400 ± 820 <sup>a</sup>	680 ± 390 <sup>a</sup>	220 ± 100 <sup>ab</sup>	50 ± 0 <sup>ab</sup>
		波卡西	1210 ± 370 <sup>a</sup>	430 ± 40 <sup>a</sup>	100 ± 10 <sup>b</sup>	80 ± 20 <sup>ab</sup>
		EM+波卡西	2250 ± 1010 <sup>a</sup>	600 ± 230 <sup>a</sup>	320 ± 130 <sup>a</sup>	90 ± 30 <sup>a</sup>
全株乾重(mg) Total dry weight		對照組	1740 ± 580 <sup>b</sup>	400 ± 120 <sup>b</sup>	380 ± 250 <sup>b</sup>	120 ± 10 <sup>c</sup>
	種子	EM	5510 ± 3820 <sup>ab</sup>	770 ± 450 <sup>b</sup>	320 ± 240 <sup>b</sup>	280 ± 150 <sup>bc</sup>
	未處理	波卡西	2300 ± 380 <sup>b</sup>	1380 ± 830 <sup>ab</sup>	420 ± 10 <sup>b</sup>	220 ± 70 <sup>bc</sup>
		EM+波卡西	6010 ± 700 <sup>ab</sup>	2050 ± 340 <sup>ab</sup>	340 ± 160 <sup>b</sup>	440 ± 130 <sup>abc</sup>
	種子經 EM 處理	對照組	6530 ± 1080 <sup>ab</sup>	2060 ± 970 <sup>ab</sup>	690 ± 340 <sup>b</sup>	500 ± 260 <sup>abc</sup>
		EM	6330 ± 2750 <sup>ab</sup>	2890 ± 1040 <sup>a</sup>	1250 ± 170 <sup>ab</sup>	440 ± 40 <sup>abc</sup>
		波卡西	5680 ± 1670 <sup>ab</sup>	1990 ± 280 <sup>ab</sup>	450 ± 50 <sup>b</sup>	600 ± 60 <sup>ab</sup>
		EM+波卡西	8600 ± 2360 <sup>a</sup>	3030 ± 820 <sup>a</sup>	2390 ± 1110 <sup>a</sup>	750 ± 200 <sup>a</sup>

a、b、c、d、e 和 f：同行數值後之字母不同，表示差異顯著 (P<0.05)

### (三) 葉部參數

#### 1. 總葉面積

台灣欒樹苗木之總葉面積以 SE+BE 處理者之  $1240.7 \pm 584.8 \text{ cm}^2$  為最高，以 SC+BO 處理者之  $272.8 \pm 147.3 \text{ cm}^2$  為最低；台灣檫苗木之總葉面積以 SE+BE 處理者之  $424.4 \pm 186.1 \text{ cm}^2$  為最高，以 SC+CK 處理者之  $70.5 \pm 16.7 \text{ cm}^2$  為最低；相思樹苗木之總葉面積以 SE+BE 處理者之  $283.8 \pm 134.0 \text{ cm}^2$  為最高，以 SC+BO 處理者之  $34.3 \pm 0.7 \text{ cm}^2$  為最低；光蠟樹苗木之總葉面積以 SE+BE 處理者之  $139.0 \pm 38.7 \text{ cm}^2$  為最高，以 SC+CK 處理者之  $32.4 \pm 5.9 \text{ cm}^2$  為最低。

#### 2. 總葉片數

台灣欒樹苗木之總葉片數以 SE+BE 處理者之  $12.3 \pm 3.2$  為最高，以 SC+BO 處理者之  $7.3 \pm 2.3$  為最低；台灣檫苗木之總葉片數以 SE+BE 處理者之  $88.0 \pm 31.0$  為最高，以 SC+CK 處理者之  $20.3 \pm 3.8$  為最低；相思樹苗木之總葉片數以 SE+BE 處理者之  $25.7 \pm 5.1$  為最高，以 SC+EM 處理者之  $9.3 \pm 2.3$  為最低；光蠟樹苗木之總葉片數以 SE+EM 處理者之  $14.7 \pm 1.2$  為最高，以 SC+BO 處理者之  $7.3 \pm 1.2$  為最低。

#### 3. 比葉面積

台灣檫苗木之比葉面積以 SE+BE 處理者之  $372.7 \pm 71.9 \text{ cm}^2/\text{g}$  為最高，以 SC+BO 處理者之  $263.8 \pm 43.8 \text{ cm}^2/\text{g}$  為最低；相思樹苗木之比葉面積以 SE+BE 處理者之  $260.2 \pm 15.1 \text{ cm}^2/\text{g}$  為最高，以 SC+EM 處理者之  $129.5 \pm 97.2 \text{ cm}^2/\text{g}$  為最低；光蠟樹苗木之比葉面積以 SE+BE 處理者之  $423.9 \pm 75.4 \text{ cm}^2/\text{g}$  為最高，以 SC+EM 處理者之  $209.2 \pm 27.4 \text{ cm}^2/\text{g}$  為最低。

表 7 種子及介質處理之幼苗各苗木葉部參數之 Tukey 分析

		種子處理	介質處理	台灣欒樹	台灣檫	相思樹	光蠟樹
Total leaf area 總葉面積(cm <sup>2</sup> )	未處理	種子	對照組	354.2 ± 39.6 <sup>b</sup>	70.5 ± 16.7 <sup>b</sup>	53.1 ± 37.1 <sup>b</sup>	32.4 ± 5.9 <sup>c</sup>
			EM	698.7 ± 427.3 <sup>ab</sup>	129.0 ± 60.5 <sup>b</sup>	54.4 ± 46.2 <sup>b</sup>	74.1 ± 33.9 <sup>bc</sup>
			波卡西	272.8 ± 147.3 <sup>b</sup>	185.5 ± 67.7 <sup>ab</sup>	34.3 ± 0.7 <sup>b</sup>	33.7 ± 6.8 <sup>c</sup>
			EM+波卡西	1044.7 ± 186.9 <sup>ab</sup>	263.6 ± 73.0 <sup>ab</sup>	37.5 ± 11.0 <sup>b</sup>	63.6 ± 16.0 <sup>bc</sup>
	EM 處理	種子經	對照組	813.2 ± 166.8 <sup>ab</sup>	273.5 ± 106.1 <sup>ab</sup>	57.5 ± 59.1 <sup>b</sup>	60.0 ± 28.4 <sup>bc</sup>
			EM	795.2 ± 219.8 <sup>ab</sup>	334.3 ± 91.8 <sup>ab</sup>	51.4 ± 11.8 <sup>b</sup>	104.7 ± 9.6 <sup>ab</sup>
			波卡西	825.0 ± 228.7 <sup>ab</sup>	240.5 ± 47.7 <sup>ab</sup>	144.2 ± 8.6 <sup>ab</sup>	89.1 ± 8.2 <sup>abc</sup>
			EM+波卡西	1240.7 ± 584.8 <sup>a</sup>	424.4 ± 186.1 <sup>a</sup>	283.8 ± 134.0 <sup>a</sup>	139.0 ± 38.7 <sup>a</sup>
Leaf blades 總葉片數(No.)	未處理	種子	對照組	7.7 ± 0.6 <sup>b</sup>	20.3 ± 3.8 <sup>b</sup>	9.7 ± 3.5 <sup>b</sup>	9.3 ± 3.1 <sup>ab</sup>
			EM	10.3 ± 2.3 <sup>a</sup>	26.7 ± 6.1 <sup>b</sup>	9.3 ± 2.3 <sup>b</sup>	11.0 ± 1.7 <sup>ab</sup>
			波卡西	7.3 ± 2.3 <sup>b</sup>	56.7 ± 6.4 <sup>ab</sup>	9.7 ± 1.5 <sup>b</sup>	7.3 ± 1.2 <sup>b</sup>
			EM+波卡西	12.0 ± 2.6 <sup>a</sup>	82.7 ± 14.2 <sup>a</sup>	10.0 ± 3.5 <sup>b</sup>	12.7 ± 1.2 <sup>ab</sup>
	EM 處理	種子經	對照組	12.3 ± 3.2 <sup>a</sup>	46.7 ± 18.0 <sup>ab</sup>	11.0 ± 0.0 <sup>b</sup>	12.3 ± 2.1 <sup>ab</sup>
			EM	10.0 ± 1.0 <sup>a</sup>	62.7 ± 15.2 <sup>ab</sup>	18.0 ± 0.0 <sup>ab</sup>	14.7 ± 1.2 <sup>a</sup>
			波卡西	10.7 ± 1.5 <sup>a</sup>	54.0 ± 11.1 <sup>ab</sup>	18.0 ± 7.9 <sup>ab</sup>	10.7 ± 1.2 <sup>ab</sup>
			EM+波卡西	12.3 ± 3.2 <sup>a</sup>	88.0 ± 31.0 <sup>a</sup>	25.7 ± 5.1 <sup>a</sup>	14.0 ± 3.6 <sup>a</sup>
SLA 比葉面積(cm <sup>2</sup> /g)	未處理	種子	對照組	333.9 ± 24.2 <sup>a</sup>	305.1 ± 45.5 <sup>b</sup>	216.9 ± 34.6 <sup>ab</sup>	223.0 ± 14.6 <sup>c</sup>
			EM	326.6 ± 105.9 <sup>a</sup>	306.5 ± 19.3 <sup>b</sup>	129.5 ± 97.2 <sup>b</sup>	209.2 ± 27.4 <sup>c</sup>
			波卡西	256.4 ± 33.9 <sup>a</sup>	263.8 ± 43.8 <sup>b</sup>	142.5 ± 17.8 <sup>ab</sup>	220.6 ± 39.2 <sup>c</sup>
			EM+波卡西	302.2 ± 25.2 <sup>a</sup>	319.2 ± 40.9 <sup>b</sup>	213.7 ± 51.2 <sup>ab</sup>	227.5 ± 29.9 <sup>c</sup>
	EM 處理	種子經	對照組	300.5 ± 63.5 <sup>a</sup>	317.5 ± 25.2 <sup>b</sup>	201.1 ± 10.6 <sup>ab</sup>	295.6 ± 9.6 <sup>bc</sup>
			EM	298.5 ± 27.9 <sup>a</sup>	299.2 ± 31.8 <sup>b</sup>	190.6 ± 11.4 <sup>ab</sup>	366.8 ± 18.8 <sup>ab</sup>
			波卡西	285.7 ± 33.6 <sup>a</sup>	370.6 ± 13.4 <sup>a</sup>	178.2 ± 17.0 <sup>ab</sup>	388.5 ± 26.1 <sup>ab</sup>
			EM+波卡西	286.2 ± 13.6 <sup>a</sup>	372.7 ± 71.9 <sup>a</sup>	260.2 ± 15.1 <sup>a</sup>	423.9 ± 75.4 <sup>a</sup>

a、b、c、d、e 和 f: 同行數值後之字母不同，表示差異顯著 (P<0.05)

#### (四) 葉綠素濃度

##### 1. 葉綠素 a

台灣欒樹苗木之葉綠素 a 濃度以 SE+BO 處理者之  $1.1 \pm 0.0$  mg/g 為最高，以 SE+CK 處理者之  $0.5 \pm 0.0$  mg/g 為最低；台灣檫苗木之葉綠素 a 濃度以 SE+BE 處理者之  $0.7 \pm 0.1$  mg/g 為最高，以 SC+EM 處理者之  $0.3 \pm 0.1$  mg/g 為最低；相思樹苗木之葉綠素 a 濃度以 SE+BE 處理者之  $0.5 \pm 0.1$  mg/g 為最高，以 SC+EM 處理者之  $0.1 \pm 0.0$  mg/g 為最低；光蠟樹苗木之葉綠素 a 濃度以 SE+BE 處理者之  $0.7 \pm 0.1$  mg/g 為最高，以 SC+CK 處理者之  $0.5 \pm 0.0$  mg/g 為最低。

##### 2. 葉綠素 b

台灣欒樹苗木之葉綠素 b 濃度以 SE+BO 處理者之  $0.6 \pm 0.0$  mg/g 為最高，以 SC+CK 處理者之  $0.2 \pm 0.0$  mg/g 為最低；台灣檫苗木之葉綠素 b 濃度以 SE+BE 處理者之  $0.3 \pm 0.0$  mg/g 為最高，以 SC+EM 處理者之  $0.1 \pm 0.0$  mg/g 為最低；相思樹苗木之葉綠素 b 濃度以 SE+BO 處理者之  $0.2 \pm 0.1$  mg/g 為最高，以 SC+CK 處理者之  $0.1 \pm 0.0$  mg/g 為最低。

##### 3. 總葉綠素

台灣欒樹苗木之葉綠素 a+b 濃度以 SE+BE 處理者之  $1.7 \pm 0.0$  mg/g 為最高，以 SE+CK 處理者之  $0.7 \pm 0.1$  mg/g 為最低；台灣檫苗木之葉綠素 a+b 濃度以 SE+BE 處理者之  $1.0 \pm 0.1$  mg/g 為最高，以 SC+CK 處理者之  $0.4 \pm 0.1$  mg/g 為最低；相思樹苗木之葉綠素 a+b 濃度以 SE+BE 處理者之  $0.7 \pm 0.1$  mg/g 為最高，以 SC+EM 處理者之  $0.4 \pm 0.1$  mg/g 為最低。

表 8 種子及介質處理之幼苗葉綠素濃度之 Tukey 分析

	種子處理	介質處理	台灣欒樹	台灣檫	相思樹	光蠟樹
chlorophyll a 濃度 (mg/g)		對照組	0.6 ± 0.1 <sup>cd</sup>	0.6 ± 0.0 <sup>ab</sup>	0.5 ± 0.1 <sup>ab</sup>	0.5 ± 0.0 <sup>b</sup>
	種子	EM	0.6 ± 0.1 <sup>cd</sup>	0.3 ± 0.1 <sup>b</sup>	0.1 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.6 ± 0.2 <sup>b</sup>
		未處理	波卡西	0.8 ± 0.2 <sup>bc</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>ab</sup>	0.5 ± 0.3 <sup>ab</sup>
		EM+波卡西	1.1 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.2 <sup>ab</sup>	0.4 ± 0.2 <sup>ab</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>ab</sup>
	種子經 EM 處理	對照組	0.5 ± 0.0 <sup>d</sup>	0.7 ± 0.1 <sup>ab</sup>	0.4 ± 0.2 <sup>ab</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>ab</sup>
		EM	0.8 ± 0.1 <sup>bcd</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>ab</sup>	0.3 ± 0.1 <sup>ab</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>ab</sup>
		波卡西	1.1 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.2 <sup>ab</sup>	0.4 ± 0.1 <sup>ab</sup>	0.7 ± 0.1 <sup>a</sup>
		EM+波卡西	1.0 ± 0.0 <sup>ab</sup>	0.7 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.5 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.1 <sup>a</sup>
chlorophyll b 濃度 (mg/g)		對照組	0.2 ± 0.0 <sup>d</sup>	0.1 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.1 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.2 ± 0.1 <sup>a</sup>
	種子	EM	0.3 ± 0.1 <sup>cd</sup>	0.1 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.1 ± 0.0 <sup>ab</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>a</sup>
		未處理	波卡西	0.3 ± 0.1 <sup>cd</sup>	0.3 ± 0.1 <sup>ab</sup>	0.2 ± 0.1 <sup>a</sup>
		EM+波卡西	0.5 ± 0.1 <sup>ab</sup>	0.3 ± 0.1 <sup>ab</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>a</sup>
	種子經 EM 處理	對照組	0.3 ± 0.0 <sup>d</sup>	0.2 ± 0.1 <sup>b</sup>	0.1 ± 0.0 <sup>ab</sup>	0.2 ± 0.1 <sup>a</sup>
		EM	0.3 ± 0.1 <sup>cd</sup>	0.1 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.1 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.3 ± 0.0 <sup>a</sup>
		波卡西	0.6 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.2 ± 0.1 <sup>ab</sup>	0.2 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.3 ± 0.1 <sup>a</sup>
		EM+波卡西	0.4 ± 0.0 <sup>bc</sup>	0.3 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>a</sup>
chlorophyll a+b 濃度 (mg/g)		對照組	0.9 ± 0.2 <sup>c</sup>	0.4 ± 0.1 <sup>b</sup>	0.5 ± 0.1 <sup>ab</sup>	0.8 ± 0.2 <sup>a</sup>
	種子	EM	0.9 ± 0.2 <sup>c</sup>	0.9 ± 0.2 <sup>ab</sup>	0.4 ± 0.1 <sup>b</sup>	0.7 ± 0.0 <sup>a</sup>
		未處理	波卡西	1.1 ± 0.2 <sup>bc</sup>	0.8 ± 0.0 <sup>ab</sup>	0.7 ± 0.4 <sup>a</sup>
		EM+波卡西	1.6 ± 0.2 <sup>a</sup>	0.9 ± 0.3 <sup>ab</sup>	0.6 ± 0.2 <sup>a</sup>	0.8 ± 0.1 <sup>a</sup>
	種子經 EM 處理	對照組	0.7 ± 0.1 <sup>c</sup>	1.0 ± 0.2 <sup>ab</sup>	0.5 ± 0.3 <sup>ab</sup>	0.8 ± 0.2 <sup>a</sup>
		EM	1.1 ± 0.2 <sup>bc</sup>	0.9 ± 0.1 <sup>ab</sup>	0.5 ± 0.1 <sup>ab</sup>	1.0 ± 0.1 <sup>a</sup>
		波卡西	1.4 ± 0.0 <sup>ab</sup>	0.9 ± 0.3 <sup>ab</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.0 ± 0.2 <sup>a</sup>
		EM+波卡西	1.7 ± 0.0 <sup>a</sup>	1.0 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.9 ± 0.2 <sup>a</sup>

a、b、c、d、e 和 f：同行數值後之字母不同，表示差異顯著 (P<0.05)

## (五) 植體葉部養分含量

### 1. 氮濃度

台灣欒樹苗木之葉部氮濃度以 SE+BO 處理者之  $1.5 \pm 0.1\%$  為最高；台灣檫苗木之葉部氮濃度以 SC+BO 處理者之  $1.5 \pm 0.0\%$  為最高；相思樹苗木之葉部氮濃度以 SC+BO 處理者之  $1.8 \pm 0.3\%$  為最高；光蠟樹苗木之葉部氮濃度以 SC+BO 處理者之  $1.1 \pm 0.2\%$  為最高。

### 2. 磷濃度

台灣欒樹苗木之葉部磷濃度以 SE+BE 處理者之  $2641.5 \pm 86.2$  ppm 為最高；台灣檫苗木之葉部磷濃度以 SE+BE 處理者之  $2556.8 \pm 7.4$  ppm 為最高；相思樹苗木之葉部磷濃度以 SE+BE 處理者之  $2629.2 \pm 59.1$  ppm 為最高；光蠟樹苗木之葉部磷濃度以 SE+BE 處理者之  $2579.8 \pm 16.5$  ppm 為最高。

### 3. 鉀濃度

台灣欒樹苗木之葉部鉀濃度以 SE+BE 處理者之  $8795.7 \pm 454.8$  ppm 為最高；台灣檫苗木之葉部鉀濃度以 SE+BE 處理者之  $11060.9 \pm 150.6$  ppm 為最高；相思樹苗木之葉部鉀濃度以 SE+BE 處理者之  $14492.4 \pm 1188.4$  ppm 為最高；光蠟樹苗木之葉部鉀濃度以 SE+BO 處理者之  $11310.6 \pm 1071.1$  ppm 為最高。

### 4. 鈣濃度

台灣欒樹苗木之葉部鈣濃度以 SC+BE 處理者之  $2553.8 \pm 280.9$  ppm 為最高；台灣檫苗木之葉部鈣濃度以 SE+BE 處理者之  $2306.1 \pm 28.0$  ppm 為最高；相思樹苗木之葉部鈣濃度以 SE+BE 處理者之  $2758.5 \pm 437.4$  ppm 為最高；光蠟樹苗木之葉部鈣濃度以 SE+BE 處理者之  $2300.8 \pm 11.0$  ppm 為最高。

### 5. 鎂濃度

台灣欒樹苗木之葉部鎂濃度以 SE+BE 處理者之  $2291.5 \pm 277.6$  ppm 為最高；台灣檫苗木之葉部鎂濃度以 SE+BE 處理者之  $2016.4 \pm 8.4$  ppm 為最高；相思樹苗木之葉部鎂濃度以 SE+BE 處理者之  $2124.2 \pm 159.9$  ppm 為最高；光蠟樹苗木之葉部鎂濃度以 SE+BE 處理者之  $2016.3 \pm 1.9$  ppm 為最高。

表 9 種子及介質處理之幼苗葉部氮與磷濃度之 Tukey 分析

	種子處理	介質處理	台灣欒樹	台灣檫	相思樹	光蠟樹
N(%)		對照組	0.1 ± 0.0 <sup>c</sup>	0.1 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.1 ± 0.0 <sup>b</sup>
	種子	EM	0.1 ± 0.0 <sup>c</sup>	0.1 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.1 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.1 ± 0.0 <sup>b</sup>
		波卡西	1.3 ± 0.2 <sup>ab</sup>	1.5 ± 0.0 <sup>a</sup>	1.8 ± 0.3 <sup>a</sup>	1.1 ± 0.2 <sup>a</sup>
	未處理	EM+波卡西	1.4 ± 0.1 <sup>ab</sup>	1.3 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.8 ± 0.4 <sup>a</sup>	0.8 ± 0.2 <sup>a</sup>
		對照組	0.1 ± 0.0 <sup>c</sup>	0.1 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.1 ± 0.0 <sup>b</sup>
	種子經	EM	0.1 ± 0.0 <sup>c</sup>	0.1 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.1 ± 0.0 <sup>b</sup>
		波卡西	1.5 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.4 ± 0.0 <sup>a</sup>	1.5 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.0 ± 0.22 <sup>a</sup>
	EM 處理	EM+波卡西	1.2 ± 0.0 <sup>b</sup>	1.2 ± 0.3 <sup>a</sup>	1.7 ± 0.0 <sup>a</sup>	1.0 ± 0.1 <sup>a</sup>
P(ppm)		對照組	1923.5 ± 37.8 <sup>b</sup>	1478.3 ± 592.5 <sup>b</sup>	2005.8 ± 160.6 <sup>c</sup>	1484.5 ± 491.7 <sup>c</sup>
	種子	EM	1808.9 ± 138.8 <sup>b</sup>	1408.1 ± 361.1 <sup>b</sup>	2128.4 ± 204.0 <sup>c</sup>	2106.7 ± 392.9 <sup>abc</sup>
		波卡西	2504.1 ± 76.8 <sup>a</sup>	2521.9 ± 19.7 <sup>a</sup>	2572.1 ± 13.1 <sup>ab</sup>	2482.7 ± 18.2 <sup>a</sup>
	未處理	EM+波卡西	2579.7 ± 49.8 <sup>a</sup>	2544.0 ± 13.4 <sup>a</sup>	2594.9 ± 60.2 <sup>ab</sup>	2557.1 ± 13.6 <sup>a</sup>
		對照組	1904.2 ± 151.2 <sup>b</sup>	1955.6 ± 134.2 <sup>ab</sup>	2353.7 ± 298.4 <sup>abc</sup>	1793.0 ± 85.2 <sup>bc</sup>
	種子經	EM	2000.1 ± 184.9 <sup>b</sup>	2055.0 ± 162.8 <sup>ab</sup>	2215.1 ± 75.6 <sup>bc</sup>	2218.3 ± 68.4 <sup>ab</sup>
		波卡西	2531.6 ± 47.7 <sup>a</sup>	2487.6 ± 42.5 <sup>a</sup>	2582.6 ± 26.6 <sup>ab</sup>	2558.2 ± 16.4 <sup>a</sup>
	EM 處理	EM+波卡西	2641.5 ± 86.2 <sup>a</sup>	2556.8 ± 7.4 <sup>a</sup>	2629.2 ± 59.1 <sup>a</sup>	2579.8 ± 16.5 <sup>a</sup>

a、b、c、d、e 和 f：同行數值後之字母不同，表示差異顯著 (P<0.05)



表 10 種子及介質處理之幼苗葉部鉀、鈣與鎂濃度之 Tukey 分析

	種子處理	介質處理	台灣欒樹	台灣檫	相思樹	光蠟樹
K(ppm)		對照組	644.6 ± 53.3 <sup>b</sup>	74.0 ± 61.6 <sup>c</sup>	997.8 ± 240.8 <sup>c</sup>	340.8 ± 136.5 <sup>c</sup>
	種子	EM	477.9 ± 31.5 <sup>b</sup>	182.3 ± 41.6 <sup>c</sup>	1611.3 ± 517.5 <sup>c</sup>	137.3 ± 8.0 <sup>c</sup>
	未處理	波卡西	7473.8 ± 1639.7 <sup>a</sup>	7155.4 ± 690.8 <sup>b</sup>	12099.2 ± 1273.1 <sup>b</sup>	7175.1 ± 412.6 <sup>b</sup>
		EM+波卡西	8612.3 ± 944.8 <sup>a</sup>	10236.5 ± 650.2 <sup>a</sup>	13529.5 ± 1322.4 <sup>ab</sup>	9979.6 ± 1423.5 <sup>a</sup>
		對照組	435.8 ± 322.9 <sup>b</sup>	209.8 ± 18.0 <sup>c</sup>	956.2 ± 87.8 <sup>c</sup>	1464.5 ± 115.5 <sup>c</sup>
	種子經	EM	279.0 ± 194.9 <sup>b</sup>	672.2 ± 168.1 <sup>c</sup>	1059.0 ± 249.5 <sup>c</sup>	752.8 ± 216.9 <sup>c</sup>
	EM 處理	波卡西	6522.2 ± 1343.3 <sup>a</sup>	7147.0 ± 517.3 <sup>b</sup>	13355.8 ± 460.3 <sup>ab</sup>	11310.6 ± 1071.1 <sup>a</sup>
		EM+波卡西	8795.7 ± 454.8 <sup>a</sup>	11060.9 ± 150.6 <sup>a</sup>	14492.4 ± 1188.4 <sup>a</sup>	10991.7 ± 2004.2 <sup>a</sup>
Ca(ppm)		對照組	1192.0 ± 121.7 <sup>b</sup>	1044.5 ± 593.2 <sup>d</sup>	1445.2 ± 53.4 <sup>d</sup>	549.1 ± 102.0 <sup>c</sup>
	種子	EM	1164.7 ± 85.5 <sup>b</sup>	1241.6 ± 192.2 <sup>cd</sup>	1614.3 ± 20.0 <sup>cd</sup>	997.8 ± 29.1 <sup>b</sup>
	未處理	波卡西	2337.5 ± 104.2 <sup>a</sup>	2241.5 ± 30.1 <sup>ab</sup>	2329.7 ± 70.3 <sup>abc</sup>	2283.0 ± 19.3 <sup>a</sup>
		EM+波卡西	2553.8 ± 280.9 <sup>a</sup>	2289.1 ± 18.4 <sup>ab</sup>	2469.0 ± 356.6 <sup>ab</sup>	2300.8 ± 8.3 <sup>a</sup>
		對照組	1245.6 ± 12.4 <sup>b</sup>	1675.4 ± 66.1 <sup>bc</sup>	1932.8 ± 332.8 <sup>bcd</sup>	701.3 ± 43.1 <sup>c</sup>
	種子經	EM	1036.0 ± 36.3 <sup>b</sup>	1881.9 ± 37.3 <sup>ab</sup>	1744.4 ± 344.2 <sup>bcd</sup>	1191.1 ± 154.1 <sup>b</sup>
	EM 處理	波卡西	2239.9 ± 39.1 <sup>a</sup>	2282.3 ± 2.8 <sup>ab</sup>	2427.9 ± 127.8 <sup>ab</sup>	2277.8 ± 19.2 <sup>a</sup>
		EM+波卡西	2462.3 ± 186.3 <sup>a</sup>	2306.1 ± 28.0 <sup>a</sup>	2758.5 ± 437.4 <sup>a</sup>	2300.8 ± 11.0 <sup>a</sup>
Mg(ppm)		對照組	206.3 ± 12.1 <sup>c</sup>	154.3 ± 91.4 <sup>b</sup>	170.8 ± 27.2 <sup>c</sup>	134.6 ± 52.3 <sup>c</sup>
	種子	EM	194.5 ± 55.3 <sup>c</sup>	200.2 ± 61.8 <sup>b</sup>	349.3 ± 61.1 <sup>c</sup>	254.7 ± 90.1 <sup>b</sup>
	未處理	波卡西	1852.3 ± 198.8 <sup>b</sup>	2011.1 ± 3.5 <sup>a</sup>	1766.9 ± 229.6 <sup>b</sup>	2010.2 ± 6.2 <sup>a</sup>
		EM+波卡西	2145.2 ± 134.4 <sup>ab</sup>	2013.8 ± 5.7 <sup>a</sup>	2000.5 ± 9.1 <sup>ab</sup>	2013.1 ± 1.8 <sup>a</sup>
		對照組	225.8 ± 32.6 <sup>c</sup>	216.1 ± 29.9 <sup>b</sup>	224.5 ± 35.3 <sup>c</sup>	170.6 ± 4.1 <sup>bc</sup>
	種子經	EM	205.3 ± 33.1 <sup>c</sup>	232.7 ± 27.6 <sup>b</sup>	238.4 ± 16.4 <sup>c</sup>	210.8 ± 40.8 <sup>bc</sup>
	EM 處理	波卡西	2068.3 ± 116.3 <sup>ab</sup>	2005.9 ± 4.8 <sup>a</sup>	1905.3 ± 97.4 <sup>ab</sup>	2010.3 ± 5.8 <sup>a</sup>
		EM+波卡西	2291.5 ± 277.6 <sup>a</sup>	2016.4 ± 8.4 <sup>a</sup>	2124.2 ± 160.0 <sup>a</sup>	2016.3 ± 1.9 <sup>a</sup>

a、b、c、d、e 和 f：同行數值後之字母不同，表示差異顯著 (P<0.05)

(六) 幼苗期之不同生長介質處理對土壤化學性質之影響

1. 土壤 pH 值、氮濃度、有機碳含量及碳氮比

土壤經 CK 處理者之 pH 值為  $7.07 \pm 0.01$ ；土壤經 EM 處理者之 pH 值為  $7.89 \pm 0.06$ ；土壤經 BO 處理者之 pH 值為  $7.47 \pm 0.06$ ；土壤經 BE 處理者之 pH 值為  $7.79 \pm 0.07$ 。

土壤經 CK 處理者之有機碳含量為  $0.44 \pm 0.03\%$ ；土壤經 EM 處理者之有機碳含量為  $0.45 \pm 0.01\%$ ；土壤經 BO 處理者之有機碳含量為  $0.31 \pm 0.01\%$ ；土壤經 BE 處理者之有機碳含量為  $0.33 \pm 0.02\%$ 。

土壤經 CK 處理者之碳氮比為  $2.69 \pm 0.72\%$ ；土壤經 EM 處理者之碳氮比為  $2.13 \pm 0.24\%$ ；土壤經 BO 處理者之碳氮比為  $1.27 \pm 0.03\%$ ；土壤經 BE 處理者之碳氮比為  $1.85 \pm 0.71\%$ 。

表 11 幼苗介質處理之 pH 值、氮與碳濃度及碳氮比之 Tukey 分析

介質處理 Soil treatment	pH	N (%)	C (%)	C/N
對照組	$7.07 \pm 0.01^b$	$0.17 \pm 0.06^a$	$0.44 \pm 0.03^a$	$2.69 \pm 0.72^a$
EM	$7.47 \pm 0.06^{ab}$	$0.21 \pm 0.02^a$	$0.45 \pm 0.01^a$	$2.13 \pm 0.24^{ab}$
波卡西	$7.79 \pm 0.06^a$	$0.24 \pm 0.01^a$	$0.31 \pm 0.01^b$	$1.27 \pm 0.03^b$
EM 及波卡西	$7.89 \pm 0.07^a$	$0.25 \pm 0.02^a$	$0.33 \pm 0.02^b$	$1.85 \pm 0.71^b$
F 值	114.55**	3.111 <sup>ns</sup>	39.09**	9.72**

a 和 b：同行數值後之字母不同，表示差異顯著 ( $P < 0.05$ )

\*\*：極顯著 ( $P < 0.01$ )，\*：顯著： $(0.05 < P < 0.01)$ ，<sup>ns</sup>：不顯著 ( $P > 0.05$ )

## 2. 有效磷含量與可置換性陽離子鈣、鉀、鎂濃度

土壤經 CK 處理者之有效磷含量為  $5.34 \pm 0.01 \mu\text{g/g}$ ；土壤經 EM 處理者之有效磷含量為  $5.35 \pm 0.05 \mu\text{g/g}$ ；土壤經 BO 處理者之有效磷含量為  $5.46 \pm 0.01 \mu\text{g/g}$ ；土壤經 BE 處理者之有效磷含量為  $5.48 \pm 0.08 \mu\text{g/g}$ 。

表 12 幼苗介質處理之有效磷與可置換性陽離子濃度之 Tukey 分析

介質處理 Soil treatment	有效磷含量( $\mu\text{g/g}$ )	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{K}^{+}$	$\text{Mg}^{2+}$
		(cmol (+)kg <sup>-1</sup> )		
對照組	$5.34 \pm 0.01^b$	$20.08 \pm 0.25^a$	$0.44 \pm 0.06^a$	$1.89 \pm 0.13^a$
EM	$5.35 \pm 0.05^{ab}$	$20.5 \pm 2.55^a$	$0.47 \pm 0.05^a$	$1.97 \pm 0.08^a$
波卡西	$5.46 \pm 0.01^{ab}$	$20.71 \pm 0.39^a$	$0.49 \pm 0.04^a$	$2.08 \pm 0.05^a$
EM 及波卡西	$5.48 \pm 0.08^a$	$20.83 \pm 0.4^a$	$0.56 \pm 0.02^a$	$2.19 \pm 0.33^a$
F 值	6.07**	0.65 <sup>ns</sup>	3.04 <sup>ns</sup>	1.41 <sup>ns</sup>

a 和 b：同行數值後之字母不同，表示差異顯著 ( $P < 0.05$ )

\*\*：極顯著 ( $P < 0.01$ )，\*：顯著： $(0.05 < P < 0.01)$ ，<sup>ns</sup>：不顯著 ( $P > 0.05$ )

### 3. 土壤中總生菌落數

於 TGE 培養基中，土壤經 CK 處理者之總生菌落數為  $3.62 \times 10^3 \pm 2.13 \times 10^3$ ；土壤經 EM 處理者之總生菌落數為  $9.86 \times 10^2 \pm 4.61 \times 10^2$ ；土壤經 BO 處理者之總生菌落數為  $6.64 \times 10^2 \pm 2.03 \times 10^2$ ；土壤經 BE 處理者之總生菌落數為  $3.23 \times 10^2 \pm 2.15 \times 10^2$ 。

於 PCA 培養基中，土壤經 CK 處理者之總生菌落數為  $2.16 \times 10^3 \pm 9.53 \times 10^2$ ；土壤經 EM 處理者之總生菌落數為  $3.62 \times 10^2 \pm 5.46 \times 10^1$ ；土壤經 BO 處理者之總生菌落數為  $3.1 \times 10^2 \pm 8.18 \times 10^1$ ；土壤經 BE 處理者之總生菌落數為  $4.03 \times 10^2 \pm 1.35 \times 10^2$ 。

表 13 介質處理之幼苗苗木介質總生菌落數之 Tukey 分析

介質處理	胰化蛋白腺葡萄糖培養基	培養皿計數培養基
Soil tratment	TGE	PCA
對照組	$3.62 \times 10^3 \pm 2.13 \times 10^3$ <sup>a</sup>	$2.16 \times 10^3 \pm 9.53 \times 10^2$ <sup>a</sup>
EM	$9.86 \times 10^2 \pm 4.61 \times 10^2$ <sup>b</sup>	$3.62 \times 10^2 \pm 5.46 \times 10^1$ <sup>b</sup>
波卡西	$6.64 \times 10^2 \pm 2.03 \times 10^2$ <sup>b</sup>	$3.1 \times 10^2 \pm 8.18 \times 10^1$ <sup>b</sup>
EM 及波卡西	$3.23 \times 10^2 \pm 2.15 \times 10^2$ <sup>b</sup>	$4.03 \times 10^2 \pm 1.35 \times 10^2$ <sup>b</sup>
F 值	5.63*	10.43*

a 和 b：同行數值後之字母不同，表示差異顯著 (P<0.05)

\*\*：極顯著(P<0.01)，\*：顯著：(0.05<P<0.01)，<sup>ns</sup>：不顯著(P>0.05)

#### 4. 土壤微生物量氮含量

土壤經 CK 處理者之微生物量氮含量為  $3.14 \pm 2.34$  mg/kg；土壤經 EM 處理者之微生物量氮含量為  $14.57 \pm 4.51$  mg/kg；土壤經 BO 處理者之微生物量氮含量為  $12.92 \pm 5.2$  mg/kg；土壤經 BE 處理者之微生物量氮含量為  $21.94 \pm 10.41$  mg/kg。

表 14 介質處理之幼苗苗木介質微生物量氮含量之 Tukey 分析

介質處理	微生物量氮含量(mg/kg)
Soil treatment	Biomass-N
對照組	$3.14 \pm 2.34$ <sup>b</sup>
EM	$14.57 \pm 4.51$ <sup>ab</sup>
波卡西	$12.92 \pm 5.2$ <sup>ab</sup>
EM 及波卡西	$21.94 \pm 10.41$ <sup>a</sup>
F 值	4.446 <sup>**</sup>

a 和 b：同行數值後之字母不同，表示差異顯著 ( $P < 0.05$ )

\*\*：極顯著( $P < 0.01$ )，\*：顯著： $(0.05 < P < 0.01)$ ，<sup>ns</sup>：不顯著( $P > 0.05$ )

### 三、苗木試驗

#### (一) 生長勢

##### 1. 苗高淨生長量

台灣欒樹苗木之苗高淨生長量以 PE+BE 處理者之  $80.8 \pm 2.7$  cm 為最高；台灣檫苗木之苗高淨生長量以 PE+BE 處理者之  $33.1 \pm 2.3$  cm 為最高；相思樹苗木之苗高淨生長量以 PE+BE 處理者之  $34.8 \pm 0.5$  cm 為最高；光蠟樹苗木之苗高淨生長量以 PE+BE 處理者之  $27.0 \pm 2.4$  cm 為最高。

##### 2. 根頸直徑淨生長量

台灣欒樹苗木之根頸直徑淨生長量以 PE+BE 處理者之  $6.9 \pm 0.3$  mm 為最高；台灣檫苗木之根頸直徑淨生長量以 PE+BE 處理者之  $1.2 \pm 0.1$  mm 為最高；相思樹苗木之根頸直徑淨生長量以 PE+BE 處理者之  $2.0 \pm 0.1$  mm 為最高；光蠟樹苗木之根頸直徑淨生長量以 PC+BE 處理者之  $5.1 \pm 0.1$  mm 為最高。

表 15 植體及介質處理之各苗木苗高與根頸直徑淨生長之 Tukey 分析

	植體處理	介質處理	台灣欒樹	台灣檫	相思樹	光蠟樹
Net height growth (cm)		對照組	$21.0 \pm 6.6^e$	$3.6 \pm 1.9^e$	$6.5 \pm 2.3^e$	$10.2 \pm 7.0^d$
	植體	EM	$29.3 \pm 4.4^{de}$	$12.1 \pm 1.2^c$	$12.0 \pm 5.8^{cde}$	$15.1 \pm 1.6^{bcd}$
	未處理	波卡西	$35.3 \pm 2.0^{cd}$	$9.4 \pm 0.5^{cd}$	$14.0 \pm 0.3^{cde}$	$18.8 \pm 0.4^{abcd}$
		EM+波卡西	$47.7 \pm 4.1^b$	$20.9 \pm 0.4^b$	$18.2 \pm 0.7^{bc}$	$22.7 \pm 3.3^{ab}$
		對照組	$33.5 \pm 1.8^d$	$7.2 \pm 1.3^{de}$	$6.7 \pm 1.2^{de}$	$12.4 \pm 2.1^{cd}$
	植體經	EM	$29.9 \pm 2.7^{de}$	$6.8 \pm 0.2^{de}$	$14.9 \pm 5.4^{cd}$	$17.9 \pm 0.9^{abcd}$
	EM 處理	波卡西	$44.2 \pm 3.1^{bc}$	$11.9 \pm 2.5^c$	$25.5 \pm 1.0^b$	$20.8 \pm 3.1^{abc}$
		EM+波卡西	$80.8 \pm 2.7^a$	$33.1 \pm 2.3^a$	$34.8 \pm 0.5^a$	$27.0 \pm 2.4^a$
Net root collar diameter growth (mm)		對照組	$2.5 \pm 0.3^d$	$0.1 \pm 0.1^d$	$0.3 \pm 0.1^d$	$4.0 \pm 0.1^d$
	植體	EM	$5.4 \pm 0.4^b$	$1.2 \pm 0.1^a$	$1.3 \pm 0.1^b$	$4.6 \pm 0.1^{bc}$
	未處理	波卡西	$6.0 \pm 0.4^{ab}$	$0.6 \pm 0.1^{bc}$	$1.2 \pm 0.1^b$	$4.9 \pm 0.1^{ab}$
		EM+波卡西	$5.8 \pm 0.7^{ab}$	$1.6 \pm 0.3^a$	$1.3 \pm 0.1^b$	$5.1 \pm 0.1^a$
		對照組	$3.4 \pm 0.4^{cd}$	$0.2 \pm 0.1^{cd}$	$0.2 \pm 0.1^d$	$2.8 \pm 0.1^e$
	植體經	EM	$4.0 \pm 0.3^c$	$0.5 \pm 0.0^{bcd}$	$0.7 \pm 0.2^c$	$2.6 \pm 0.0^e$
	EM 處理	波卡西	$5.7 \pm 0.4^b$	$0.7 \pm 0.1^b$	$1.1 \pm 0.1^b$	$4.2 \pm 0.2^{cd}$
		EM+波卡西	$6.9 \pm 0.3^a$	$1.2 \pm 0.1^a$	$2.0 \pm 0.1^a$	$5.0 \pm 1.2^a$

a、b、c、d、e 和 f：同行數值後之字母不同，表示差異顯著 ( $P < 0.05$ )

## (二) 生物量

### 1. 葉部乾重

台灣欒樹苗木之葉部乾重以 PE+BE 處理者之  $44.7 \pm 2.5$  g 為最高；台灣檫苗木之葉部乾重以 PE+BE 處理者之  $4.9 \pm 0.5$  g 為最高；相思樹苗木之葉部乾重以 PE+BE 處理者之  $3.6 \pm 0.9$  g 為最高；光蠟樹苗木之葉部乾重以 PE+BE 處理者之  $19.6 \pm 0.6$  g 為最高。

### 2. 莖部乾重

台灣欒樹苗木之莖部乾重以 PE+BE 處理者之  $24.3 \pm 3.4$  g 為最高；台灣檫苗木之莖部乾重以 PE+BE 處理者之  $14.2 \pm 1.6$  g 為最高；相思樹苗木之莖部乾重以 PC+BE 處理者之  $3.6 \pm 1.9$  g 為最高；光蠟樹苗木之莖部乾重以 PC+BE 處理者之  $32.9 \pm 2.9$  g 為最高。

### 3. 根部乾重

台灣欒樹苗木之根部乾重以 PC+BE 處理者之  $15.9 \pm 0.3$  g 為最高；台灣檫苗木之根部乾重以 PE+EM 處理者之  $5.9 \pm 0.5$  g 為最高；相思樹苗木之根部乾重以 PE+BE 處理者之  $0.8 \pm 0.4$  g 為最高；光蠟樹苗木之根部乾重以 PE+BO 處理者之  $9.1 \pm 2.8$  g 為最高。

### 4. 全株乾重

台灣欒樹苗木之全株乾重以 PE+BE 處理者之  $84.8 \pm 8.5$  g 為最高；台灣檫苗木之全株乾重以 PE+BE 處理者之  $25.0 \pm 2.6$  g 為最高；相思樹苗木之全株乾重以 PE+BE 處理者之  $7.7 \pm 0.1$  g 為最高；光蠟樹苗木之全株乾重以 PC+BE 處理者之  $53.7 \pm 4.2$  g 為最高。

表 16 植體及介質處理之各部位乾重之 Tukey 分析

	植體處理	介質處理	台灣欒樹	台灣檫	相思樹	光蠟樹
葉部乾重(g) Leaf dry weight		對照組	9.4 ± 2.5 <sup>d</sup>	1.5 ± 0.2 <sup>de</sup>	1.4 ± 0.3 <sup>b</sup>	9.2 ± 0.9 <sup>cd</sup>
	植體	EM	17.3 ± 3.9 <sup>cd</sup>	1.6 ± 0.4 <sup>de</sup>	1.8 ± 0.4 <sup>ab</sup>	12.4 ± 1.2 <sup>bcd</sup>
	未處理	波卡西	29.3 ± 7.9 <sup>bc</sup>	2.5 ± 0.3 <sup>cd</sup>	2.2 ± 0.3 <sup>ab</sup>	13.9 ± 0.7 <sup>bcd</sup>
		EM+波卡西	36.1 ± 8.8 <sup>ab</sup>	3.3 ± 0.0 <sup>bc</sup>	2.7 ± 0.7 <sup>ab</sup>	14.4 ± 0.3 <sup>abc</sup>
	植體經	EM	10.4 ± 2.6 <sup>d</sup>	1.9 ± 0.2 <sup>de</sup>	2.2 ± 0.9 <sup>ab</sup>	11.5 ± 4.1 <sup>bcd</sup>
	EM 處理	波卡西	28.9 ± 2.0 <sup>bc</sup>	3.8 ± 0.1 <sup>b</sup>	2.8 ± 0.4 <sup>ab</sup>	16.0 ± 2.9 <sup>ab</sup>
		EM+波卡西	44.7 ± 2.5 <sup>a</sup>	4.9 ± 0.5 <sup>a</sup>	3.6 ± 0.9 <sup>a</sup>	19.6 ± 0.6 <sup>a</sup>
	莖部乾重(g) Stem dry weight		對照組	4.9 ± 1.8 <sup>c</sup>	6.2 ± 1.8 <sup>e</sup>	2.0 ± 0.7 <sup>a</sup>
植體		EM	9.2 ± 2.7 <sup>bc</sup>	8.2 ± 0.8 <sup>de</sup>	2.1 ± 0.6 <sup>a</sup>	18.3 ± 1.6 <sup>b</sup>
未處理		波卡西	17.2 ± 4.6 <sup>ab</sup>	10.2 ± 0.2 <sup>bcd</sup>	2.3 ± 0.6 <sup>a</sup>	24.8 ± 8.4 <sup>ab</sup>
		EM+波卡西	19.8 ± 6.5 <sup>a</sup>	12.6 ± 0.2 <sup>ab</sup>	3.6 ± 1.9 <sup>a</sup>	32.9 ± 2.9 <sup>a</sup>
植體經		EM	5.7 ± 1.1 <sup>c</sup>	7.3 ± 0.5 <sup>e</sup>	1.9 ± 0.7 <sup>a</sup>	12.3 ± 1.6 <sup>b</sup>
EM 處理		波卡西	6.2 ± 0.6 <sup>c</sup>	8.9 ± 0.9 <sup>cde</sup>	1.7 ± 0.8 <sup>a</sup>	14.5 ± 5.3 <sup>b</sup>
		EM+波卡西	16.0 ± 1.2 <sup>ab</sup>	11.4 ± 0.0 <sup>bc</sup>	3.4 ± 0.6 <sup>a</sup>	23.5 ± 4.2 <sup>ab</sup>
		EM+波卡西	24.3 ± 3.4 <sup>a</sup>	14.2 ± 1.6 <sup>a</sup>	3.3 ± 0.7 <sup>a</sup>	21.5 ± 7.3 <sup>ab</sup>
根部乾重(g) Root dry weight		對照組	4.5 ± 2.9 <sup>c</sup>	2.4 ± 0.4 <sup>f</sup>	0.6 ± 0.3 <sup>a</sup>	3.9 ± 0.8 <sup>b</sup>
	植體	EM	7.0 ± 2.4 <sup>bc</sup>	3.5 ± 0.5 <sup>de</sup>	0.7 ± 0.2 <sup>a</sup>	5.9 ± 0.1 <sup>ab</sup>
	未處理	波卡西	15.5 ± 1.2 <sup>a</sup>	4.4 ± 0.2 <sup>bcd</sup>	0.5 ± 0.2 <sup>a</sup>	5.7 ± 1.5 <sup>ab</sup>
		EM+波卡西	15.9 ± 0.3 <sup>a</sup>	5.1 ± 0.3 <sup>ab</sup>	0.8 ± 0.3 <sup>a</sup>	6.4 ± 1.1 <sup>ab</sup>
	植體經	EM	5.9 ± 1.8 <sup>c</sup>	2.7 ± 0.2 <sup>ef</sup>	0.5 ± 0.2 <sup>a</sup>	3.6 ± 1.4 <sup>b</sup>
	EM 處理	波卡西	6.0 ± 2.4 <sup>c</sup>	3.8 ± 0.4 <sup>cd</sup>	0.6 ± 0.3 <sup>a</sup>	3.9 ± 1.8 <sup>b</sup>
		EM+波卡西	13.0 ± 2.7 <sup>ab</sup>	4.7 ± 0.1 <sup>bc</sup>	0.8 ± 0.4 <sup>a</sup>	9.1 ± 2.8 <sup>a</sup>
		EM+波卡西	16.0 ± 2.9 <sup>a</sup>	5.9 ± 0.5 <sup>a</sup>	0.8 ± 0.4 <sup>a</sup>	9.0 ± 1.7 <sup>a</sup>
全株乾重(g) Total dry weight		對照組	18.9 ± 7.0 <sup>d</sup>	10.0 ± 2.4 <sup>e</sup>	3.9 ± 0.7 <sup>b</sup>	26.4 ± 1.5 <sup>c</sup>
	植體	EM	33.5 ± 8.3 <sup>cd</sup>	13.3 ± 1.6 <sup>cde</sup>	4.6 ± 1.2 <sup>ab</sup>	36.6 ± 2.4 <sup>abc</sup>
	未處理	波卡西	62.0 ± 13.5 <sup>ab</sup>	17.1 ± 0.7 <sup>bc</sup>	5.0 ± 1.0 <sup>ab</sup>	44.5 ± 10.1 <sup>abc</sup>
		EM+波卡西	71.8 ± 15.6 <sup>ab</sup>	21.1 ± 0.5 <sup>ab</sup>	7.1 ± 2.9 <sup>ab</sup>	53.7 ± 4.2 <sup>a</sup>
	植體經	EM	21.6 ± 5.5 <sup>d</sup>	11.4 ± 1.0 <sup>de</sup>	4.1 ± 0.6 <sup>b</sup>	24.7 ± 4.4 <sup>c</sup>
	EM 處理	波卡西	22.7 ± 4.9 <sup>d</sup>	14.6 ± 1.4 <sup>cd</sup>	4.5 ± 0.2 <sup>ab</sup>	29.9 ± 9.9 <sup>bc</sup>
		EM+波卡西	57.8 ± 5.4 <sup>bc</sup>	19.8 ± 0.3 <sup>b</sup>	7.0 ± 1.2 <sup>ab</sup>	48.6 ± 9.9 <sup>ab</sup>
		EM+波卡西	84.8 ± 8.5 <sup>a</sup>	25.0 ± 2.6 <sup>a</sup>	7.7 ± 0.1 <sup>a</sup>	50.1 ± 8.1 <sup>a</sup>

a、b、c、d、e 和 f：同行數值後之字母不同，表示差異顯著 (P<0.05)



### (三) 葉部參數

#### 1. 總葉面積

台灣欒樹苗木之總葉面積以 PC+BO 處理者之  $8389.3 \pm 617.7 \text{ cm}^2$  為最高；台灣檫苗木之總葉面積以 PE+BE 處理者之  $1178.8 \pm 335.3 \text{ cm}^2$  為最高；相思樹苗木之總葉面積以 PC+BE 處理者之  $635.0 \pm 217.1 \text{ cm}^2$  為最高；光蠟樹苗木之總葉面積以 PC+BE 處理者之  $3273.8 \pm 240.3 \text{ cm}^2$  為最高。

#### 2. 比葉面積

台灣檫苗木之比葉面積以 PE+EM 處理者之  $407.5 \pm 64.6 \text{ cm}^2/\text{g}$  為最高；相思樹苗木之比葉面積以 PE+EM 處理者之  $279.1 \pm 69.8 \text{ cm}^2/\text{g}$  為最高；光蠟樹苗木之比葉面積以 PE+BE 處理者之  $226.9 \pm 18.5 \text{ cm}^2/\text{g}$  為最高。

表 17 不同植體及介質處理之各苗木葉部參數之 Tukey 分析

		植體處理	介質處理	台灣欒樹	台灣檫	相思樹	光蠟樹
Total leaf area ( $\text{cm}^2$ )	未處理		對照組	$1710.1 \pm 909.6^b$	$374.4 \pm 23.4^d$	$230.3 \pm 31.5^b$	$1390.0 \pm 186.2^c$
		植體	EM	$3559.9 \pm 436.1^b$	$419.7 \pm 91.1^{bcd}$	$479.3 \pm 39.7^{ab}$	$2159.1 \pm 487.6^{abc}$
			波卡西	$8389.3 \pm 617.7^a$	$1022.4 \pm 234.4^a$	$571.4 \pm 229.6^a$	$2205.7 \pm 296.9^{abc}$
			EM+波卡西	$8163.1 \pm 1306.1^a$	$944.6 \pm 210.1^{abc}$	$635.0 \pm 217.1^a$	$3273.8 \pm 240.3^a$
	EM 處理	植體經	對照組	$1761.6 \pm 150.7^b$	$370.4 \pm 285.3^{cd}$	$235.0 \pm 58.5^b$	$1434.8 \pm 167.2^c$
			EM	$2576.9 \pm 337.4^b$	$339.9 \pm 98.6^{cd}$	$214.6 \pm 30.6^b$	$1653.5 \pm 672.0^{bc}$
			波卡西	$6979.1 \pm 1591.8^a$	$977.9 \pm 170.5^{ab}$	$423.0 \pm 50.6^{ab}$	$2226.2 \pm 240.2^{abc}$
			EM+波卡西	$8228.2 \pm 751.5^a$	$1178.8 \pm 335.3^a$	$485.2 \pm 20.8^{ab}$	$2774.0 \pm 808.0^{ab}$
SLA ( $\text{cm}^2/\text{g}$ )	未處理		對照組	$173.4 \pm 47.9^a$	$257.5 \pm 41.0^{ab}$	$159.0 \pm 78.5^a$	$163.0 \pm 19.2^{ab}$
		植體	EM	$209.2 \pm 22.3^a$	$246.6 \pm 100.1^{ab}$	$112.2 \pm 49.6^a$	$144.4 \pm 26.6^b$
			波卡西	$183.9 \pm 9.0^a$	$179.8 \pm 55.4^b$	$154.6 \pm 45.5^a$	$142.2 \pm 25.9^b$
			EM+波卡西	$229.3 \pm 26.4^a$	$247.4 \pm 78.8^{ab}$	$140.5 \pm 31.1^a$	$141.5 \pm 41.2^b$
	EM 處理	植體經	對照組	$200.6 \pm 81.3^a$	$285.0 \pm 62.7^{ab}$	$166.1 \pm 10.0^a$	$151.3 \pm 13.1^{ab}$
			EM	$252.0 \pm 28.0^a$	$407.5 \pm 64.6^a$	$279.1 \pm 69.8^a$	$176.6 \pm 49.2^{ab}$
			波卡西	$243.8 \pm 66.9^a$	$256.0 \pm 48.5^{ab}$	$266.3 \pm 123.1^a$	$157.9 \pm 13.9^{ab}$
			EM+波卡西	$306.5 \pm 116.5^a$	$269.0 \pm 48.7^{ab}$	$235.6 \pm 29.9^a$	$226.9 \pm 18.5^a$

a、b、c、d、e 和 f：同行數值後之字母不同，表示差異顯著 ( $P < 0.05$ )

#### (四) 葉綠素濃度

##### 1. 葉綠素 a

台灣欒樹苗木之葉綠素 a 濃度以 PE+BE 處理者之  $1.0 \pm 0.0$  mg/g 為最高，以 PC+CK 處理者之  $0.7 \pm 0.1$  mg/g 為最低；台灣檫苗木之葉綠素 a 濃度以 PE+BE 處理者之  $0.7 \pm 0.1$  mg/g 為最高，以 PC+CK 處理者之  $0.4 \pm 0.1$  mg/g 為最低；相思樹苗木之葉綠素 a 濃度以 PE+BO 處理者之  $0.6 \pm 0.1$  mg/g 為最高，以 PC+CK 處理者之  $0.3 \pm 0.0$  mg/g 為最低。

##### 2. 葉綠素 b

台灣欒樹苗木之葉綠素 b 濃度以 PE+BE 處理者之  $0.4 \pm 0.0$  mg/g 為最高，以 PC+CK 處理者之  $0.2 \pm 0.0$  mg/g 為最低；台灣檫苗木之葉綠素 b 濃度以 PE+BE 處理者之  $0.3 \pm 0.0$  mg/g 為最高，以 PC+CK 處理者之  $0.2 \pm 0.0$  mg/g 為最低。

##### 3. 總葉綠素

台灣欒樹苗木之葉綠素 a+b 濃度以 PE+BE 處理者之  $1.4 \pm 0.1$  mg/g 為最高，以 PC+CK 處理者之  $0.9 \pm 0.1$  mg/g 為最低；台灣檫苗木之葉綠素 a+b 濃度以 PE+BE 處理者之  $1.0 \pm 0.1$  mg/g 為最高，以 PC+CK 處理者之  $0.6 \pm 0.1$  mg/g 為最低；相思樹苗木之葉綠素 a+b 濃度以 PE+BE 處理者之  $0.9 \pm 0.1$  mg/g 為最高，以 PC+CK 處理者之  $0.5 \pm 0.1$  mg/g 為最低。

表 18 不同植體及介質處理之各苗木葉綠素濃度之 Tukey 分析

		植體處理	介質處理	台灣欒樹	台灣檫	相思樹	光蠟樹
chlorophyll a 濃度 (mg/g)	植體未處理		對照組	0.7 ± 0.1 <sup>b</sup>	0.4 ± 0.1 <sup>b</sup>	0.3 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.5 ± 0.0 <sup>a</sup>
		植體	EM	0.8 ± 0.2 <sup>ab</sup>	0.4 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.5 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.2 <sup>a</sup>
		未處理	波卡西	0.8 ± 0.1 <sup>ab</sup>	0.5 ± 0.1 <sup>b</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.1 <sup>a</sup>
			EM+波卡西	0.8 ± 0.1 <sup>ab</sup>	0.5 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.5 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.2 <sup>a</sup>
	植體經 EM 處理		對照組	0.9 ± 0.1 <sup>ab</sup>	0.4 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.4 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.5 ± 0.2 <sup>a</sup>
		植體經	EM	0.9 ± 0.0 <sup>ab</sup>	0.5 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.6 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>a</sup>
		EM 處理	波卡西	0.9 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.5 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.0 <sup>a</sup>
			EM+波卡西	1.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.1 <sup>a</sup>
chlorophyll b 濃度 (mg/g)	植體未處理		對照組	0.2 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.1 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>a</sup>
		植體	EM	0.4 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.2 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.3 ± 0.1 <sup>a</sup>
		未處理	波卡西	0.4 ± 0.0 <sup>ab</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.2 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.3 ± 0.1 <sup>a</sup>
			EM+波卡西	0.3 ± 0.1 <sup>ab</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.3 ± 0.1 <sup>a</sup>
	植體經 EM 處理		對照組	0.4 ± 0.0 <sup>ab</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.2 ± 0.1 <sup>a</sup>
		植體經	EM	0.3 ± 0.0 <sup>ab</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.3 ± 0.0 <sup>a</sup>
		EM 處理	波卡西	0.3 ± 0.1 <sup>ab</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.2 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.3 ± 0.0 <sup>a</sup>
			EM+波卡西	0.4 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.3 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.3 ± 0.0 <sup>a</sup>
chlorophyll a+b 濃度 (mg/g)	植體未處理		對照組	0.9 ± 0.1 <sup>b</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>b</sup>	0.5 ± 0.1 <sup>c</sup>	0.8 ± 0.0 <sup>a</sup>
		植體	EM	1.2 ± 0.2 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.7 ± 0.1 <sup>abc</sup>	0.9 ± 0.2 <sup>a</sup>
		未處理	波卡西	1.2 ± 0.0 <sup>ab</sup>	0.7 ± 0.1 <sup>b</sup>	0.7 ± 0.1 <sup>abc</sup>	0.9 ± 0.2 <sup>a</sup>
			EM+波卡西	1.1 ± 0.2 <sup>ab</sup>	0.7 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.7 ± 0.0 <sup>abc</sup>	0.9 ± 0.2 <sup>a</sup>
	植體經 EM 處理		對照組	1.2 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.6 ± 0.0 <sup>bc</sup>	0.8 ± 0.2 <sup>a</sup>
		植體經	EM	1.2 ± 0.0 <sup>ab</sup>	0.7 ± 0.1 <sup>b</sup>	0.7 ± 0.1 <sup>abc</sup>	0.9 ± 0.1 <sup>a</sup>
		EM 處理	波卡西	1.3 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.8 ± 0.2 <sup>ab</sup>	0.9 ± 0.0 <sup>a</sup>
			EM+波卡西	1.4 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.0 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.9 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.0 ± 0.1 <sup>a</sup>

a、b、c、d、e 和 f：同行數值後之字母不同，表示差異顯著 (P<0.05)

## (五) 植體養分含量

### 1. 氮濃度

台灣欒樹苗木之葉部氮濃度以 PE+BE 處理者之  $1.3 \pm 0.0\%$  為最高；台灣檫苗木之葉部氮濃度以 PE+BE 處理者之  $1.3 \pm 0.1\%$  為最高；相思樹苗木之葉部氮濃度以 PE+BE 處理者之  $1.5 \pm 0.0\%$  為最高；光蠟樹苗木之葉部氮濃度以 PE+BE 處理者之  $1.0 \pm 0.1\%$  為最高。

### 2. 磷濃度

台灣欒樹苗木之葉部磷濃度以 PE+BE 處理者之  $2496.2 \pm 45.2$  ppm 為最高；台灣檫苗木之葉部磷濃度以 PE+BE 處理者之  $2420.9 \pm 123.7$  ppm 為最高；相思樹苗木之葉部磷濃度以 PE+BE 處理者之  $2443.9 \pm 132.2$  ppm 為最高；光蠟樹苗木之葉部磷濃度以 PE+BE 處理者之  $2316.6 \pm 102.9$  ppm 為最高。

### 3. 鉀濃度

台灣欒樹苗木之葉部鉀濃度以 PE+BE 處理者之  $5821.3 \pm 125.6$  ppm 為最高；台灣檫苗木之葉部鉀濃度以 PE+BE 處理者之  $8408.2 \pm 2060.5$  ppm 為最高；相思樹苗木之葉部鉀濃度以 PE+BE 處理者之  $7266.8 \pm 134.4$  ppm 為最高；光蠟樹苗木之葉部鉀濃度以 PE+BE 處理者之  $5967.3 \pm 42.3$  ppm 為最高。

### 4. 鎂濃度

台灣欒樹苗木之葉部鎂濃度以 PE+BE 處理者之  $1993.3 \pm 18.9$  ppm 為最高；台灣檫苗木之葉部鎂濃度以 PE+BE 處理者之  $2011.0 \pm 83.6$  ppm 為最高；相思樹苗木之葉部鎂濃度以 PE+BE 處理者之  $1996.7 \pm 21.4$  ppm 為最高；光蠟樹苗木之葉部鎂濃度以 PC+BE 處理者之  $2100.1 \pm 78.4$  ppm 為最高。

表 19 植體及介質處理之各苗木葉部氮與磷濃度之 Tukey 分析

	植體處理	介質處理	台灣欒樹	台灣檫	相思樹	光蠟樹	
N(%)		對照組	0.8 ± 0.0 <sup>c</sup>	0.7 ± 0.0 <sup>c</sup>	1.0 ± 0.0 <sup>c</sup>	0.7 ± 0.0 <sup>d</sup>	
	植體	EM	0.9 ± 0.0 <sup>d</sup>	0.8 ± 0.0 <sup>c</sup>	1.1 ± 0.0 <sup>c</sup>	0.7 ± 0.1 <sup>d</sup>	
		未處理	波卡西	0.9 ± 0.0 <sup>cd</sup>	0.9 ± 0.0 <sup>bc</sup>	1.3 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.8 ± 0.0 <sup>cd</sup>
		EM+波卡西	1.0 ± 0.0 <sup>cd</sup>	0.9 ± 0.2 <sup>bc</sup>	1.5 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.9 ± 0.0 <sup>bc</sup>	
	EM 處理	對照組	0.8 ± 0.1 <sup>c</sup>	0.8 ± 0.1 <sup>c</sup>	1.1 ± 0.0 <sup>c</sup>	0.7 ± 0.0 <sup>d</sup>	
		植體經	EM	1.0 ± 0.0 <sup>c</sup>	0.9 ± 0.1 <sup>bc</sup>	1.1 ± 0.1 <sup>c</sup>	0.7 ± 0.0 <sup>d</sup>
		波卡西	1.2 ± 0.0 <sup>b</sup>	1.2 ± 0.2 <sup>ab</sup>	1.3 ± 0.0 <sup>b</sup>	1.0 ± 0.0 <sup>ab</sup>	
		EM+波卡西	1.3 ± 0.0 <sup>a</sup>	1.3 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.5 ± 0.0 <sup>a</sup>	1.0 ± 0.1 <sup>a</sup>	
P(ppm)		對照組	509.8 ± 11.2 <sup>f</sup>	352.1 ± 135.1 <sup>d</sup>	439.3 ± 130.6 <sup>c</sup>	298.7 ± 44.2 <sup>b</sup>	
	植體	EM	532.2 ± 6.9 <sup>f</sup>	601.8 ± 146.9 <sup>d</sup>	613.8 ± 135.1 <sup>c</sup>	533.0 ± 221.0 <sup>b</sup>	
		未處理	波卡西	1934.8 ± 31.9 <sup>c</sup>	2029.0 ± 263.7 <sup>ab</sup>	1903.0 ± 85.8 <sup>ab</sup>	1949.0 ± 323.4 <sup>a</sup>
		EM+波卡西	2342.1 ± 27.0 <sup>b</sup>	2388.6 ± 41.8 <sup>ab</sup>	2352.7 ± 22.9 <sup>a</sup>	2131.5 ± 460.3 <sup>a</sup>	
	EM 處理	對照組	651.7 ± 10.9 <sup>c</sup>	817.4 ± 569.8 <sup>cd</sup>	548.5 ± 180.4 <sup>c</sup>	723.1 ± 628.4 <sup>b</sup>	
		植體經	EM	1031.0 ± 54.0 <sup>d</sup>	1593.8 ± 435.1 <sup>bc</sup>	1325.3 ± 484.9 <sup>b</sup>	1395.2 ± 778.3 <sup>ab</sup>
		波卡西	2313.6 ± 61.2 <sup>b</sup>	2195.4 ± 163.9 <sup>ab</sup>	2236.3 ± 157.5 <sup>a</sup>	2109.2 ± 36.3 <sup>a</sup>	
		EM+波卡西	2496.2 ± 45.2 <sup>a</sup>	2420.9 ± 123.7 <sup>a</sup>	2443.9 ± 132.2 <sup>a</sup>	2316.6 ± 102.9 <sup>a</sup>	

a、b、c、d、e 和 f：同行數值後之字母不同，表示差異顯著 (P<0.05)

表 20 植體及介質處理之各苗木葉部鉀、鈣與鎂濃度之 Tukey 分析

植體處理		介質處理	台灣欒樹	台灣檫	相思樹	光蠟樹
K(ppm)	植體 未處理	對照組	3823.8 ± 64.2 <sup>e</sup>	3529.9 ± 1895.0 <sup>b</sup>	4415.9 ± 361.1 <sup>d</sup>	3176.8 ± 711.5 <sup>b</sup>
		EM	4294.8 ± 40.9 <sup>d</sup>	4870.8 ± 996.4 <sup>ab</sup>	5276.8 ± 401.9 <sup>cd</sup>	3193.4 ± 223.6 <sup>b</sup>
		波卡西	5333.4 ± 124.1 <sup>b</sup>	5059.3 ± 1305.9 <sup>ab</sup>	5777.4 ± 650.1 <sup>bc</sup>	5240.4 ± 182.3 <sup>a</sup>
		EM+波卡西	5145.3 ± 334.5 <sup>bc</sup>	6294.9 ± 1182.4 <sup>ab</sup>	6971.8 ± 283.8 <sup>ab</sup>	5697.8 ± 163.0 <sup>a</sup>
	植體經 EM 處理	對照組	4846.5 ± 107.3 <sup>c</sup>	4355.3 ± 1367.5 <sup>ab</sup>	4984.7 ± 488.8 <sup>cd</sup>	3567.8 ± 247.8 <sup>b</sup>
		EM	4818.8 ± 69.0 <sup>c</sup>	4367.5 ± 1327.6 <sup>ab</sup>	5197.3 ± 670.8 <sup>cd</sup>	3876.8 ± 272.6 <sup>b</sup>
		波卡西	5327.7 ± 67.9 <sup>b</sup>	7393.8 ± 2480.4 <sup>ab</sup>	5977.8 ± 206.8 <sup>bc</sup>	5117.2 ± 596.2 <sup>a</sup>
		EM+波卡西	5821.3 ± 125.6 <sup>a</sup>	8408.2 ± 2060.5 <sup>a</sup>	7266.8 ± 134.4 <sup>a</sup>	5967.3 ± 42.3 <sup>a</sup>
Ca(ppm)	植體 未處理	對照組	2287.3 ± 5.7 <sup>a</sup>	2108.3 ± 310.3 <sup>a</sup>	2290.9 ± 6.5 <sup>a</sup>	2283.9 ± 3.1 <sup>a</sup>
		EM	2279.7 ± 4.2 <sup>a</sup>	2280.1 ± 4.8 <sup>a</sup>	2285.3 ± 13.2 <sup>a</sup>	2291.5 ± 6.0 <sup>a</sup>
		波卡西	2280.3 ± 12.4 <sup>a</sup>	2284.9 ± 12.7 <sup>a</sup>	2284.4 ± 11.8 <sup>a</sup>	2282.6 ± 8.7 <sup>a</sup>
		EM+波卡西	2281.5 ± 8.2 <sup>a</sup>	2288.8 ± 10.7 <sup>a</sup>	2286.2 ± 2.5 <sup>a</sup>	2287.3 ± 12.0 <sup>a</sup>
	植體經 EM 處理	對照組	2284.5 ± 21.1 <sup>a</sup>	2282.7 ± 7.0 <sup>a</sup>	2288.8 ± 10.8 <sup>a</sup>	2284.5 ± 4.1 <sup>a</sup>
		EM	2293.3 ± 11.0 <sup>a</sup>	2283.5 ± 8.5 <sup>a</sup>	2296.2 ± 4.9 <sup>a</sup>	2294.5 ± 11.9 <sup>a</sup>
		波卡西	2279.7 ± 1.9 <sup>a</sup>	2285.3 ± 2.8 <sup>a</sup>	2283.2 ± 7.9 <sup>a</sup>	2285.3 ± 6.6 <sup>a</sup>
		EM+波卡西	2288.0 ± 21.8 <sup>a</sup>	2284.8 ± 3.3 <sup>a</sup>	2295.8 ± 5.0 <sup>a</sup>	2291.9 ± 12.1 <sup>a</sup>
Mg(ppm)	植體 未處理	對照組	1319.6 ± 63.5 <sup>d</sup>	1315.5 ± 130.9 <sup>c</sup>	1291.4 ± 110.9 <sup>e</sup>	1324.4 ± 40.0 <sup>d</sup>
		EM	1534.4 ± 36.8 <sup>c</sup>	1547.3 ± 90.0 <sup>bc</sup>	1516.8 ± 64.0 <sup>cd</sup>	1921.6 ± 34.5 <sup>bc</sup>
		波卡西	1779.4 ± 48.2 <sup>b</sup>	1791.6 ± 79.7 <sup>ab</sup>	1775.5 ± 52.1 <sup>b</sup>	1889.3 ± 55.4 <sup>c</sup>
		EM+波卡西	1819.4 ± 38.9 <sup>b</sup>	1903.0 ± 97.6 <sup>ab</sup>	1847.2 ± 11.3 <sup>ab</sup>	2100.1 ± 78.4 <sup>a</sup>
	植體經 EM 處理	對照組	1316.4 ± 60.8 <sup>d</sup>	1468.5 ± 184.4 <sup>bc</sup>	1351.4 ± 19.9 <sup>de</sup>	1814.2 ± 55.7 <sup>c</sup>
		EM	1416.6 ± 15.2 <sup>cd</sup>	1477.4 ± 239.8 <sup>bc</sup>	1371.6 ± 92.4 <sup>de</sup>	2074.2 ± 70.5 <sup>a</sup>
		波卡西	1742.4 ± 39.7 <sup>b</sup>	1741.8 ± 257.8 <sup>abc</sup>	1652.4 ± 127.8 <sup>bc</sup>	2043.6 ± 28.5 <sup>ab</sup>
		EM+波卡西	1993.3 ± 18.9 <sup>a</sup>	2011.0 ± 83.6 <sup>a</sup>	1996.7 ± 21.4 <sup>a</sup>	2048.8 ± 31.3 <sup>ab</sup>

a、b、c、d、e 和 f：同行數值後之字母不同，表示差異顯著 (P<0.05)

(六) 苗木時期不同生長介質處理對土壤化學性質之影響

1. 土壤 pH 值、氮濃度、有機碳含量及碳氮比

土壤經 CK 處理者之 pH 值為  $7.6 \pm 0.07$ ；土壤經 EM 處理者之 pH 值為  $7.7 \pm 0.07$ ；土壤經 BO 處理者之 pH 值為  $7.77 \pm 0.03$ ；土壤經 BE 處理者之 pH 值為  $7.79 \pm 0.08$ 。

土壤經 CK 處理者之氮濃度為  $0.04 \pm 0.01\%$ ；土壤經 EM 處理者之氮濃度為  $0.05 \pm 0.02\%$ ；土壤經 BO 處理者之氮濃度為  $0.09 \pm 0.02\%$ ；土壤經 BE 處理者之氮濃度為  $0.1 \pm 0.02\%$ 。

土壤經 CK 處理者之有機碳含量為  $0.09 \pm 0.01\%$ ；土壤經 EM 處理者之有機碳含量為  $0.1 \pm 0.01\%$ ；土壤經 BO 處理者之有機碳含量為  $0.11 \pm 0.01\%$ ；土壤經 BE 處理者之有機碳含量為  $0.07 \pm 0.01\%$ 。

土壤經 CK 處理者之碳氮比為  $2.43 \pm 0.19$ ；土壤經 EM 處理者之碳氮比為  $2.07 \pm 0.74$ ；土壤經 BO 處理者之碳氮比為  $1.18 \pm 0.28$ ；土壤經 BE 處理者之碳氮比為  $0.7 \pm 0.22$ 。

表 21 育苗介質處理之 pH 值、氮與碳濃度及碳氮比之 Tukey 分析

介質處理 Soil treatment	pH	N (%)	C (%)	C/N
對照組	$7.6 \pm 0.07^b$	$0.04 \pm 0.01^c$	$0.09 \pm 0.01^a$	$2.43 \pm 0.19^a$
EM	$7.7 \pm 0.07^{ab}$	$0.05 \pm 0.02^{bc}$	$0.1 \pm 0.01^a$	$2.07 \pm 0.74^{ab}$
波卡西	$7.77 \pm 0.03^{ab}$	$0.09 \pm 0.02^{ab}$	$0.11 \pm 0.01^a$	$1.18 \pm 0.28^{bc}$
EM 及波卡西	$7.79 \pm 0.08^a$	$0.1 \pm 0.02^a$	$0.07 \pm 0.01^b$	$0.7 \pm 0.22^c$
F 值	4.322*	7.556*	15.657**	10.471**

a 和 b：同行數值後之字母不同，表示差異顯著 ( $P < 0.05$ )

\*\*：極顯著 ( $P < 0.01$ )，\*：顯著： $(0.05 < P < 0.01)$ ，<sup>ns</sup>：不顯著 ( $P > 0.05$ )

## 2. 有效磷含量與可置換性陽離子鈣、鉀、鎂濃度

土壤對照組之有效磷含量為  $0.86 \pm 0.04 \mu\text{g/g}$ ；土壤經 EM 處理者之有效磷含量為  $1.42 \pm 0.11 \mu\text{g/g}$ ；土壤經 BO 處理者之有效磷含量為  $2.05 \pm 0.02 \mu\text{g/g}$ ；土壤經 BE 處理者之有效磷含量為  $2.1 \pm 0.04 \mu\text{g/g}$ 。

土壤經 CK 處理者之鈣離子濃度為  $16.61 \pm 0.38 \text{ cmol (+)kg}^{-1}$ ；土壤經 EM 處理者之鈣離子濃度為  $17.23 \pm 0.33 \text{ cmol (+)kg}^{-1}$ ；土壤經 BO 處理者之鈣離子濃度為  $17.65 \pm 0.17 \text{ cmol (+)kg}^{-1}$ ；土壤經 BE 處理者之鈣離子濃度為  $18.31 \pm 0.22 \text{ cmol (+)kg}^{-1}$ 。

土壤經 CK 處理者之鎂離子濃度為  $0.81 \pm 0.04 \text{ cmol (+)kg}^{-1}$ ；土壤經 EM 處理者之鎂離子濃度為  $0.83 \pm 0.07 \text{ cmol (+)kg}^{-1}$ ；土壤經 BO 處理者之鎂離子濃度為  $0.86 \pm 0.02 \text{ cmol (+)kg}^{-1}$ ；土壤經 BE 處理者之鎂離子濃度為  $1.04 \pm 0.12 \text{ cmol (+)kg}^{-1}$ 。

表 22 育苗介質處理之可置換性陽離子濃度之 Tukey 分析

介質處理 Soil treatment	有效磷含量( $\mu\text{g/g}$ )	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{K}^{+}$	$\text{Mg}^{2+}$
		(cmol (+)kg <sup>-1</sup> )		
對照組	$0.86 \pm 0.04^c$	$16.61 \pm 0.38^c$	$0.23 \pm 0.01^a$	$0.81 \pm 0.04^b$
EM	$1.42 \pm 0.11^b$	$17.23 \pm 0.33^{bc}$	$0.25 \pm 0.02^a$	$0.83 \pm 0.07^b$
波卡西	$2.05 \pm 0.02^a$	$17.65 \pm 0.17^{ab}$	$0.24 \pm 0.01^a$	$0.86 \pm 0.02^{ab}$
EM 及波卡西	$2.1 \pm 0.04^a$	$18.31 \pm 0.22^a$	$0.26 \pm 0.03^a$	$1.04 \pm 0.12^a$
F 值	238.433**	18.109**	1.56 <sup>ns</sup>	6.065*

a 和 b：同行數值後之字母不同，表示差異顯著 ( $P < 0.05$ )

\*\*：極顯著 ( $P < 0.01$ )，\*：顯著： $(0.05 < P < 0.01)$ ，<sup>ns</sup>：不顯著 ( $P > 0.05$ )



### 3. 土壤中總生菌落數

於 TGE 培養基，土壤經 CK 處理者之總生菌落數為  $2.48 \times 10^3 \pm 8.77 \times 10^2$ ；土壤經 EM 處理者之總生菌落數為  $6.59 \times 10^2 \pm 1.74 \times 10^2$ ；土壤經 BO 處理者之總生菌落數為  $5.61 \times 10^2 \pm 2.5 \times 10^1$ ；土壤經 BE 處理者之總生菌落數為  $3.12 \times 10^2 \pm 1.98 \times 10^2$ 。

於 PCA 培養基，土壤經 CK 處理者之總生菌落數為  $2.29 \times 10^3 \pm 7.34 \times 10^2$ ；土壤經 EM 處理者之總生菌落數為  $3.31 \times 10^2 \pm 1.07 \times 10^2$ ；土壤經 BO 處理者之總生菌落數為  $2.66 \times 10^2 \pm 1.46 \times 10^2$ ；土壤經 BE 處理者之總生菌落數為  $3.31 \times 10^2 \pm 2.25 \times 10^2$ 。

表 23 介質處理對育苗介質之總生菌落數之 Tukey 分析

介質處理	胰化蛋白腺葡萄糖培養基	培養皿計數培養基
Soil tratment	TGE	PCA
對照組	$2.48 \times 10^3 \pm 8.77 \times 10^2$ <sup>a</sup>	$2.29 \times 10^3 \pm 7.34 \times 10^2$ <sup>a</sup>
EM	$6.59 \times 10^2 \pm 1.74 \times 10^2$ <sup>b</sup>	$3.31 \times 10^2 \pm 1.07 \times 10^2$ <sup>b</sup>
波卡西	$5.61 \times 10^2 \pm 2.5 \times 10^1$ <sup>b</sup>	$2.66 \times 10^2 \pm 1.46 \times 10^2$ <sup>b</sup>
EM 及波卡西	$3.12 \times 10^2 \pm 1.98 \times 10^2$ <sup>b</sup>	$3.31 \times 10^2 \pm 2.25 \times 10^2$ <sup>b</sup>
F 值	14.182 <sup>*</sup>	18.963 <sup>**</sup>

a 和 b：同行數值後之字母不同，表示差異顯著 (P<0.05)

\*\*：極顯著(P<0.01)，\*：顯著：(0.05<P<0.01)，<sup>ns</sup>：不顯著(P>0.05)

#### 4. 土壤微生物量氮含量

土壤經 CK 處理者之微生物量氮含量為  $8.56 \pm 2.34$  mg/kg；土壤經 EM 處理者之微生物量氮含量為  $12.92 \pm 5.2$  mg/kg；土壤經 BO 處理者之微生物量氮含量為  $10.21 \pm 4.51$  mg/kg；土壤經 BE 處理者之微生物量氮含量為  $17.58 \pm 2.34$  mg/kg。

表 24 介質處理對育苗介質之微生物量氮含量之 Tukey 分析

介質處理 Soil treatment	微生物量氮含量(mg/kg) Biomass-N
對照組	$8.56 \pm 2.34^a$
EM	$12.92 \pm 5.2^a$
波卡西	$10.21 \pm 4.51^a$
EM 及波卡西	$17.58 \pm 2.34^a$
F 值	3.185 <sup>ns</sup>

a 和 b：同行數值後之字母不同，表示差異顯著 ( $P < 0.05$ )

\*\*：極顯著 ( $P < 0.01$ )，\*：顯著： $(0.05 < P < 0.01)$ ，<sup>ns</sup>：不顯著 ( $P > 0.05$ )

## 四、討論

### 一、不同 EM 處理對種子發芽率之影響

發芽率是指測試種子發芽數占測試種子總數的百分比，其數值越大，發芽率越高，為檢測種子質量的重要指標之一（陳舜英、游漢明，2006）。本研究發現種子經 EM 浸泡處理後，其發芽率顯著高於未處理之對照組（表 4）。而當種子浸泡於 EM 過後，取部分種子進行掃描式電子顯微鏡觀察後發現（圖 1），未經 EM 處理之種子表面較為光滑，同時表面之菌落數亦相當少，種子經 EM 浸泡處理後，可發現大量有效微生物附著於種子表面。

比嘉照夫（2007）提到 EM 所產生的各種活性物質或抗氧化物質，能夠使細胞的活性提高、生產力提高。而 Ke 等（2005）研究報告中指出，EM 的發酵分泌物 EM-X，其包含超過 40 種以上之礦物質、抗氧化物質（類黃鹼素、山奈酚、人蔘辛、槲黃素、蕃茄紅素、谷維素、維他命 C、維生素 E 與泛醌 Q<sub>10</sub>），和生物活性物質（核苷酸、縮氨酸、胺基酸、菸鹼胺單核酸、菸鹼胺腺吟雙核酸鹽、丙氨酸與麩胺醯胺）。故推測種子發芽是由於經 EM 處理後，種子表面附著有益菌，進而增加種子生物活性物質及抗氧化物質之吸收，致使促進種子發芽。

### 二、不同 EM 處理及各土壤介質對苗木生長特性之影響

#### （一）苗高及根頸直徑淨生長量

本研究結果可知，各苗木經 EM 處理與不同土壤介質處理後，其苗高及根頸直徑淨生長量均顯著增加。幼苗時期之苗高與根頸直徑淨生長量以種子經 EM 處理與土壤介質經 EM 及波卡西處理者最高（表 5），苗木時期之苗高與根頸直徑淨生長量以植體經 EM 處理與土壤介質經 EM 及波卡西處理者最高（表 15）。馬玉霞等（2004）的研究指出，種子經 EM 處理後，能夠促進種子發育，同時有效微生物群 EM 能夠將有機物質進行發酵分解，所分解產生的生物活性物質能夠改善植體的生長與產量（李雄才等，2004；比嘉照夫，2007）。汪燕玲、趙永鋒（2004）研究提到 EM 中的有益微生物經固氮、光合作用等一系列的分解及合成，可使有機物質形成各種營養元素，養分的提升能夠促進植體生長（謝慶芳，1999）。

微生物在自我的繁殖過程當中，亦會產生大量的糖類物質，使土壤形成團粒結構，增加保水能力，而使用微生物有機肥料對於作物的生長與生物量有顯著的增進作用（馬月玲，1998；何奇江等，2006）。Khan 等 (2006) 研究指出 EM 微生物接種技術用於改善苗圃中的苗木是有用的，可以改善次級土壤與貧瘠的原野土壤，使苗木在初生長與移植時能得到更好的養分與水分吸收。而本研究在應用 EM 處理後可提升種子萌芽率與苗木生長，與丁磊等 (1997) 的結果一致，顯示 EM 可有效應用於苗木栽培。

## (二) 植物體乾重

本研究結果顯示，各苗木經 EM 處理與不同土壤介質處理後，在全株乾重均有顯著差異。幼苗時期以種子經 EM 處理與土壤介質經 EM 及波卡西處理者在植株乾重之生長較佳（表 6），成苗時期以植體經 EM 處理與土壤介質經 EM 及波卡西處理者在植株乾重之生長較佳（表 16）。EM 不但可以提升種子的萌芽率，同時所產生之生物活性物質也能增進苗木之生長，同時增加農業上的收成。Xu (2000) 應用 EM 於甜玉米，以及 Wang 等 (2000) 應用 EM 於蕃茄都有收穫上的增加。

Shah 等 (2001) 將有效微生物群 EM 混合有機與無機肥料後，觀察玉米的收成效益，研究結果顯示，當肥料經 EM 處理後，能夠增加肥料的效果，並且對植體的生長也有顯著的提升，另外在結穗數量、苗高生長及植體生物量均有顯著效果，同時也增加了玉米中的蛋白質含量，顯示 EM 對於植物的生長具有增進之功效。本研究所呈現的結果與 Shah 等人的研究一致，應用 EM 能夠提升苗木的生長以及增加植體乾重。

## (三) 葉部參數

本研究結果顯示，各苗木之總葉面積、葉片數及比葉面積，在不同 EM 處理及生長介質處理中皆呈顯著差異（表 7、17）。葉片數增加，苗木光合作用所產生之碳源相對增加，而有利於苗木生長（徐善德、廖玉琬，2006）。此與 Shah 等 (2001)

研究指出玉米經 EM 處理後，其葉面積較未處理者為高之結果相一致。

#### (四) 葉綠素濃度

葉綠素是光合作用中捕獲光能的主要色素 (徐善德、廖玉琬, 2006)。Sutton (1980) 認為葉綠素含量為苗木品質評估之重要依據。本研究結果顯示，各苗木以 EM 處理後對葉綠素有顯著的增加。幼苗時期以種子經 EM 處理與土壤介質經 EM 及波卡西處理者最高 (表 8)，成苗時期以植體經 EM 處理與土壤介質經 EM 及波卡西處理者最高 (表 18)。王明友等 (2004) 在蕃茄上使用了 EM 有效微生物後，提高了植體的淨光合作用強度以及產量，同時蕃茄的品質也得到改善，與本結果相符。

Sahain 等 (2007) 將有效微生物群 EM 及有機肥料波卡西施用於已培育 15 年的蘋果樹，觀察有效微生物群 EM 對蘋果樹的生長與生理特性，同時對所生產的蘋果與試驗地的土壤進行各項分析，其研究結果發現有效微生物群 EM 與波卡西可以增加植體枝條的數量、長度及直徑，並且對於葉片的數量、葉綠素的濃度皆有顯著增加的效果，而在蘋果的品質及生產也有提升，包含重量、糖度等，顯示有效微生物群 EM 及有機肥料波卡西對於植體的葉綠素濃度具有促進效果，與本研究之結果一致。

### 三、植物葉部養分濃度

本研究結果顯示，各苗木經 EM 處理與不同土壤介質處理後，在苗木葉部養分氮、磷、鉀、鈣、鎂濃度的含量均有顯著差異。幼苗時期以種子經 EM 處理與土壤介質經 EM 及波卡西處理者最高 (表 9、10)，成苗時期以植體經 EM 處理與土壤介質經 EM 及波卡西處理者最高 (表 19、20)。土壤中有機物含量是決定土壤生產力的重要因子之一，新鮮有機物經過微生物分解及腐植化作用，逐漸變成比較穩定的腐植質，在分解過程中，微生物活動同時進行礦質化作用，釋放各種養分 (如：N、P、K、Ca、Mg) 供生物利用 (許原瑞, 1997)。李子芬、郭毓仁 (2000) 以綜合性微生物肥料進行百慕達草之生長影響試驗，研究發現微生物肥料需與土壤中有機質配合，才能產生較大的效益。本試驗結果與 Sahain 等 (2007) 之研究

成果相同，應用 EM 及波卡西可以提高巨量與微量元素含量。

劉桂龍等 (2002) 提到土壤微生物能夠釋出土壤酵素協助進行物質的分解，因此在土壤中各種元素 (碳、氮、磷、鉀) 的循環中，土壤微生物扮演著重要的角色。使用有機肥料不但能夠改善土壤，增加土壤團粒結構，對於土壤酵素活性亦具有顯著的增進效果 (Tabatabai and Bremner, 1970; Speir and Ross, 1990)。因有機質本身所含的酵素量及活性高 (Martens *et al.*, 1992)，同時有機質又能提供微生物生長所需之物質，因此有機質不但可以增加土壤微生物之活性，對於養分之釋放亦有相當之成效。莊作權等 (1998a) 提到有機質在土壤中之分解及養分釋放過程為微生物族群與酵素活性相互作用的結果。動物或植物殘體經由微生物的分解作用後，產生二氧化碳及可供植物利用的養分，此過程稱之為礦化作用 (mineralization)，而土壤無機養分亦可被微生物利用而進行生物固定化作用 (immobilization) (Stevenson, 1986)。陳尊賢等 (1998) 研究指出持續的使用有機肥料，可以減少表土的沖蝕及有效養分的流失，而且有機物的加入，能夠提升植體所需之養分含量，因此較一般慣用之化學肥料能夠產生更大的肥力水準。

微生物肥料又稱為生物肥料、微生物接種劑或微生物資材，係指含有活體微生物或酵素的粉狀或液狀製劑，施用於種子種苗及土壤中，可改善作物吸收營養素之有效性及補充土壤中有益微生物數量 (楊秋忠，1994)。吳同權 (2001) 指出微生物肥料具有增進土壤肥力，協助植物吸收營養，增強植物抗病、耐旱能力，而補充土壤中有益微生物，可減少環境污染，維護生態平衡等功能。微生物群對土壤改良及作物生長的效果而言是種類越多越好，相輔相成，各發揮其所長，因此施用綜合微生物群的效果要比單一菌種好。

#### 四、不同生長介質處理對土壤之影響

##### (一) 生長介質之 pH 值

研究結果顯示，土壤經 EM 及波卡西處理後，其 pH 值均有顯著差異，土壤 pH 值在經 EM 及波卡西處理後最高 (表 11、21)。pH 值以土壤介質經有效微生物群 EM 及有機肥料波卡西處理者為最高。土壤之 pH 值及養分之有效性具有相

關性，當 pH 值越低時，養分的有效度將隨之下降 (金恆鏞, 1989)。方再秋 (1999) 提到有機肥料能夠改善土壤酸化之情形，並且恢復土壤中有益微生物的活力，而 Sahain 等 (2007) 將 EM 及波卡西施用於土壤中亦發現 pH 值的提升，與本研究結果一致。

## (二) 生長介質之氮濃度、有機碳含量、碳氮比

一般生鮮的有機廢棄物均含有較高之碳氮比，易起發酵作用，產生有毒物質及高溫變化 (廖乾華, 1999)，若直接施用作為育苗、盆栽介質，容易對作物產生不良影響，因此有機廢棄物需經過堆肥化作用，使之經過生物性的分解與穩定化，轉化製成具有改善土壤物理性、化學性及生物性之優良堆肥 (蔡宜峰, 2005)。

本研究結果顯示土壤介質經 EM 及波卡西處理者之氮含量為較高，而有機碳及碳氮比則較低於未處理之對照組 (表 11、21)。林木連 (2000) 指出國際上有機香蕉栽培推薦之有機質肥料為波卡西肥，其具有含氮量高，量少易於運輸，同時生產容易，具有緩慢釋放養分之優點。有機質具有很高的陽離子交換能量，可促進營養元素的交換性，影響植物對營養元素之吸收利用，同時可作為微生物之碳源 (Stevenson, 1982; Tzeng, 1988; Schnitzer, 1991)，因此有機堆肥被視為有價值的土壤添加物。

Hussain 等 (1999) 提到透過微生物的處理能夠增加土壤中的養分，但其需要足夠數量的有機質作為介質，未含有機質的土壤對於微生物與土壤生態系統是沒有幫助的。而本試驗所使用之土壤為苗圃中一般常態育苗所使用之土壤，土壤中含有牛糞做為有機質的來源，而碳氮比 (C/N ratio) 可以用來判斷農業土壤中堆肥的腐熟程度 (顏江河, 2006)，本試驗中經波卡西處理之土壤其碳氮比與未處理者低，顯示波卡西能夠有效的促進堆肥腐熟。

## (三) 生長介質之可置換性陽離子

莊作權等 (1998b) 於有機複肥及堆肥試驗中提到，化學肥料對於提高作物養分含量較有機肥料為佳，但是對於土壤之氮磷鉀肥力，則以有機肥料處理較化

學肥料能提升，尤其是土壤之磷鉀肥力。本研究結果顯示土壤經 EM 及波卡西處理後，各苗木之生長介質中可置換性陽離子皆有顯著提高，顯示 EM 及波卡西對於土壤介質具有養分提升的效果 (表 12、22)。

#### (四) 生長介質之有效磷

本研究結果顯示，土壤介質經 EM 及波卡西處理之後，有效磷含量具有顯著增加的效益 (表 12、22)，段玉雲等 (2005) 研究指出 EM 能夠分解土壤中的氮、磷、鉀和微量元素，以利植體吸收。此一結果與 Khan 等 (2006) 與 Sahain 等 (2007) 之研究結果相同，使用有效微生物群 EM 能夠提升土壤介質之有效磷含量。

磷為植物生長所需之三大要素之一，而土壤為磷主要的儲藏及供應源，且土壤中磷有效性的高低，深深影響作物的磷吸收以及作物的產量與品質。磷在土壤中的循環為一開放性的動態系統，其間包含土壤、植物和微生物三者 (Stevenson, 1986)。Barber (1984) 提到當磷肥施用於土壤後，僅少部分為作物所吸收，及因淋洗作用造成輕微流失外，大部分的磷肥會與土壤中的鈣、鐵及鋁等金屬離子結合成難溶性無機磷酸鹽沉澱，而存留於土壤中。

而陳仁炫、吳振記 (1998) 研究指出，有機質肥料的添加有助於不穩定磷比率的提升及固定性磷比例的下降，對於土壤磷的有效性具有增進的效果，而增進的程度則決定於有機質肥料的分解速率和其含磷量。因此有機肥料波卡西對於生長介質之有效磷含量亦具有增加的效果。

#### (五) 生長介質之總生菌落數

利用檢測土壤中總菌落數之變化，探討使用微生物肥料 EM 及有機肥料波卡西對土壤環境之影響，本研究結果顯示，使用 EM 以及波卡西之總菌落數顯著低於未處理者 (表 13、23)，由於微生物肥料能夠改良土壤微生物相 (謝慶芳，1999)，一些微生物如乳酸菌、放線菌、光合成菌、枯草桿菌、溶磷菌等，適當使用均可以與部分土壤中引起病害之微生物進行拮抗作用。鍾仁賜 (1999) 也提到有機肥料除了可以提供生物化學上重要的物質，也會影響土壤中引起植物病害



的腐生微生物族群。

段玉雲等 (2005) 將 EM 施用於馬鈴薯的栽培中，其研究發現馬鈴薯經多次噴施 EM 後，可在馬鈴薯的表面、根毛及芽點等周圍形成一層高濃度的 EM 保護層，有效微生物 EM 於植體表面與周圍進行繁殖，形成優勢菌種，抑制了植體內外及土壤中有害菌的繁殖，其 EM 中乳酸菌所產生的乳酸具有殺菌能力，加上放線菌分泌的抗菌物質，二者能有效的防止土壤有害微生物。

微生物肥料不僅提供植物基本的營養與吸收，更包含了微生物發酵所產生的次級代謝物，如對植物具有刺激作用的激素類物質，以促進植物對營養素的吸收利用，或者抵抗某些病原微生物的致病作用以減輕危害。此外使用添加具有拮抗病害的微生物製成之拮抗性生物肥料，不僅具有有機質肥料的功用，同時兼具病害防治的特性 (張裕釗、吳美貌，2005)。

#### (六) 生長介質之微生物量氮含量

本研究結果顯示，土壤介質經 EM 及波卡西處理後，對於土壤中微生物量氮含量具有增加的效果 (表 14、24)。李維炯、倪永珍 (1995) 研究指出 EM 中所含的大量菌類，如光合成菌、乳酸菌、酵母菌等，其菌體本身含有大量的蛋白質與胺基酸，進而增加了土壤中氮素的來源 (王振忠等，1996)。而有機物經過光合成菌利用，或經酵母菌發酵後，其代謝產物中包含大量蛋白質、維生素以及胺基酸等生物體所需營養成分，同樣會增加土壤氮素 (王偉，2001；曹永強等，2003)。

### 五、綜合分析

由本研究結果可發現，經有效微生物群 EM 處理之生長介質氮濃度具有提高的效果，除了 EM 中的有益微生物具有固氮能力之外 (汪燕玲，2004)，另一成因則為微生物量氮的提升，進而促使土壤介質氮濃度的提高，導致植體葉部氮養分含量的增加。

同時植物體內有許多有機物質均含氮素，如葉綠素 a 之組成分，其分子式為

$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$  (易希道等, 1998), 而 EM 中含有數十種有益微生物群, 可以改良土壤, 分解土壤中的氮、磷、鉀和微量元素, 同時光合細菌可以增加植物吸收磷的效益, 酵母菌能夠促進植體根部細胞分裂, 進而形成健壯的根系 (段玉雲等, 2005)。因此苗木可藉由 EM 提高植物體內氮含量, 進而提高葉綠素濃度。

而 Gianinazzi-Pearson 等 (1981) 認為生長量的增加, 是因為土壤中磷及氮含量較多, 增加植物養分之吸收而有利於生長。有效微生物群 EM 促進生長最主要的原因除了能夠促進土壤有機物質的分解, 使氮、磷、鉀等養分釋放, 以利植物吸收以外, 還富含生物活性物質, 進而誘導植體生長反應增加, 提高植體苗高及根頸直徑淨生長量, 以及植體乾重。本研究證實有效微生物群 EM 能夠有效的增進土壤養分, 增加植體內養分含量, 同時促進葉綠素的合成, 提高植體的生長量及生物量。

## 五、結論

- 一、本試驗將台灣欒樹、台灣檫、相思樹及光蠟樹此四種樹種之種子進行 EM 處理，發現種子表面有大量有益微生物附著，同時發芽率均達顯著差異，顯示種子經 EM 處理後，對於發芽率有促進的效果。
- 二、幼苗期苗木皆以種子經 EM 處理與土壤介質經 EM 及波卡西處理者生長最佳。不論在任何介質中，種子經 EM 處理對各苗木生長均有促進的效應。種子經 EM 處理與土壤介質經 EM 及波卡西處理對各苗木之苗高、根頸直徑淨生長量、植物體乾重、總葉面積、葉片數及葉綠素濃度皆具顯著的增進作用。土壤介質經 EM 及波卡西處理者之氮、磷、鉀、鈣與鎂均較土壤未處理者為高。
- 三、成苗期苗木以植體經 EM 處理與土壤介質經 EM 及波卡西處理者生長最佳。研究顯示，土壤介質經 EM 及波卡西處理後，能夠使土壤中養分元素的含量提高，促進苗木養分吸收，進而增加植體的生長。植體經 EM 處理與土壤介質經 EM 及波卡西處理對各苗木之苗高、根頸直徑淨生長量、植物體乾重、總葉面積及葉綠素濃度均有顯著之增進效果。
- 四、土壤介質中 pH 值、有效磷、可置換性陽離子與氮含量在不同介質處理之間呈現顯著差異，以土壤經 EM 及波卡西處理者高於其它處理者。而有機碳含量、碳氮比和總生菌落數則以土壤經 EM 及波卡西處理者低於其他處理。顯示 EM 及波卡西能有效降低碳氮比，促進肥料腐熟，並且改善土壤酸化情形，抑制有害微生物的生長，同時釋放土壤中養分元素供植物吸收利用。

## 六、參考文獻

- 丁磊、陸德彪、陸貽通、錢幼娟、呂夫珍 (1997) EM在茶樹上的應用效果研究。中國茶葉 pp16。
- 方再秋 (1999) 有機水稻栽培技術。桃園區農業改良場特刊 14:16-17。
- 王偉 (2001) EM在生態農業上的應用。當代生態農業 1:112-123。
- 王明光 (2007) 森林土壤化學。國立編譯館。542頁。
- 王銀波 (1999) 有機農業之由來及定義。台中區農業改良場特刊 41:1-4。
- 王月雲、陳是瑩、童武夫 (1981) 植物生理學實驗。國立台灣師範大學出版組。78-79 頁。
- 王明友、楊秀風、鄭實和 (2004) 複合微生物菌劑對蕃茄的光合特性及產量品質的影響。土壤肥料 4:37-39。
- 王振忠、張妙玲、董百舒、黃玉鶯、武可猷、張義棟、倪傳德、杜紅 (1996) EM在大豆生產上的效應試驗初報。江蘇農業科學 1:41-42。
- 石信德 (2001) 放線菌在永續農業的應用。輔導有機農業經營-作物有機栽培管理技術研討會專刊。農委會農業試驗所編印 pp17-23。
- 沈英士 (2005) 有機蔬菜栽培指南。文國書局。250頁。
- 李明仁 (1995) 恆春楊梅之放線菌Frankia親和性、共生固氮作用及光合作用。嘉義農專學報 42:13-27。
- 李維炯、倪永珍 (1995) EM(有效微生物群)的研究與應用。生態學雜誌 14(5):58-62。
- 李子芬、郭毓仁 (2000) 微生物肥料對百慕達草品種生長之影響。土壤與環境 3(2):153-158。
- 李雄才、胡全權、吳山、吳士春、齊森林 (2004) EM原露生物發酵肥料試驗初報。湖北農業科學 4:77-78。
- 呂斯文、袁愷之、黃益利、鄭光進 (1996) 有益微生物在作物栽培上之應用觀念。園藝之友 56:28-32。
- 何奇江、潘國良、胡可易、汪奎宏、華錫奇 (2006) 微生物有機肥在雷竹栽培中的應用。林業科技開發 20(2):71-72。

- 汪燕玲、趙永鋒 (2004) 有益微生物在水產養殖中的應用。養魚世界雜誌 8:31-35。
- 吳同權 (2001) 台灣永續農業的發展。土壤與環境 4(1):1-10。
- 林木連 (2000) 香蕉有機栽培。作物有機栽培應用技術, 112-117。
- 林良平 (1987) 土壤微生物學。南山堂出版社。447 頁。
- 金恆鏞 (1989) 森林土壤的性質與經營。國立編譯館。664 頁。
- 易希道、許志超、李春序、謝萬權、宋世謹、周惠慈 (1998) 普通植物學。國立編譯館。590 頁。
- 邵孝侯、廖林仙、M. Walter (2006) 有效微生物用於牛奶廠污水處理試驗研究。河南大學學報 34(5):489-491。
- 胡弘道 (1993) 森林土壤學。國立編譯館。435 頁。
- 胡淑玲、賴清涼 (1999) 台灣省有機農業生產協會發展有機農業之理念與作法。台中區農業改良場特刊 41:135-145。
- 柯彬、梁運飛、比嘉照夫 (2006) EM 醫學展望。和漢醫藥學雜誌, 150-160。
- 段玉雲、曾黎琮、張仲凱、楊國彬、毛成華 (2005) EM 對馬鈴薯生長的影響研究。西南農業學報 18(6):752-754。
- 馬月玲 (1998) EM—生物工程技術在農業上的應用。天津農林科技 145:42-43。
- 馬玉霞、路開梅、馬玉景、牛新章、任中信 (2004) EM 原露對小麥產量的品質的影響。河南農業科學 7:46-49。
- 涂秀娟 (2007) 奈米級零價鐵懸浮液之應用性探討：不同環境氣氛下對於水溶液中 TCE 之降解反應途徑與成效、在土體中之傳輸現象及對菌落數之影響。國立中山大學環境工程研究所碩士論文。161 頁。
- 徐善德、廖玉琬 (2006) 植物生理學。偉明圖書有限公司。602 頁。
- 黃山內 (1999) 有機農業生產輔導規範。台中區農業改良場特刊 41:87-94。
- 黃山內 (2003) 有機農業產業與全民農業。台中區農業改良場特刊 57:1-7。
- 黃智峰 (2008) 硝化菌應用於含氮廢水處理之技術研發。生技研發成果產業化季刊秋季號 pp.74-79。
- 張淑賢 (1998) 日本生物肥料之研發策略與製劑管理。囊叢枝內生菌根菌應用技術手冊 25-38。

- 張琇雲 (2005) 黏質沙雷氏菌幾丁質分解酵素ChiA基因之選殖及在枯草桿菌中表現之研究。朝陽科技大學應用化學系碩士論文。95頁。
- 張裕釗、吳美貌 (2005) 生物性肥料於有機農業發展的重要性。農業生技產業季刊4:1-7。
- 陳裕星 (2003) 生物技術產業之發展及應用。台中區農業改良場特刊 61:7-8。
- 陳榮五 (1994) 有效微生物在農業生產上的應用。台南區農業專訊 10:5。
- 陳榮五 (1999) 台灣地區有機農業發展之回顧及展望。台中區農業改良場特刊 41:69-75。
- 陳俊位 (2005) 根圈微生物在作物生長所扮演的角色。臺中區農業改良場特刊 pp.34。
- 陳仁炫、吳振記 (1998) 增進土壤生產力策略下之磷循環探討。土壤與環境 1(2):99-144。
- 陳舜英、游漢明 (2006) 喜樹之種子發芽與苗木培育。林業研究專訊 13(4):20。
- 陳尊賢、許正一、蔡呈奇 (1998) 台灣農地土壤有機碳貯存量及其在永續性土壤管理系統之應用。土壤與環境 1(4):295-306。
- 許原瑞 (1997) 造林苗木品質與培育管理。台灣省林業試驗所。50頁。
- 許崑衍 (2004) 叢枝菌根菌對羅氏鹽膚木、白匏仔及血桐苗木生長及生理特性之效應。國立嘉義大學農學院林業暨自然資源研究所碩士論文。107頁。
- 莊作權、李英明、陳鴻基 (1998a) 不同有機質材在不同土壤水分與溫度條件下之碳與氮之礦化作用。土壤與環境 1(2):135-152。
- 莊作權、曾國力、蔡宜峰、陳鴻基 (1998b) 施用有機複肥及堆肥對不同土壤及不同作物生長期土壤肥力變化之影響。土壤與環境 1(3):185-200。
- 曹永強、王海英、徐瑞婷、頤宜晴、謝甫綈 (2003) EM處理對大豆增產作用機理的研究初報。遼寧農業科學 2:18-20。
- 程東升 (1992) 林業生物工程學概論。東北林業大學出版社。151頁。
- 葉怡君 (2007) 叢枝菌根菌 *Glomus etunicatum* 及根瘤菌 *Bradyrhizobium elkanii* 對不同介質培育相思樹苗木之生長及生理特性效應。國立嘉義大學農學院林業暨自然資源研究所碩士論文。123頁。
- 葉俊巖 (1999) 非農藥病害防治。桃園區農業改良場 14:43-44。

- 華榮生 (2006) EM原露在水產養殖上的應用試驗。科學養魚 11:20-21。
- 雷通明 (1987) 從土壤學觀點談農業現代化。中華水土保持學報 18:1-12。
- 楊秋忠 (1991) 微生物肥料在林木育苗之應用及推廣。主要造林樹種育林技術研討會 132-140。
- 楊秋忠 (1994) 微生物肥料在永續農業上的應用。永續農業 1:29-32。
- 楊秋忠 (2008) 溶磷微生物肥料之特性及效益。農業生技產業季刊 16:57-59。
- 楊紹榮 (1995) 有效微生物群在短期葉菜類之利用。台南區農業專訊 11:7-9。
- 趙俊曄、于振文、李延奇、王雪 (2006) 施氮量對土壤無機氮分布和微生物量氮含量及小麥產量的影響。植物營養與肥料學報 12(4):466-472。
- 廖乾華 (1999) 利用農產廢棄物製造有機質肥料之研究。桃園區農業改良場特刊 14:13-14。
- 蔡宜峰 (2005) 臺灣地區堆肥製作技術之發展。臺中區農業改良場特刊 73:23。
- 蔡宜峰、陳俊位 (2007) 生物性堆肥之菌種開發與應用。農業生技產業季刊 12:35-41。
- 鄭志聖 (1999) 國際美育自然生態基金會發展 MOA 自然農法理念與作法。台中區農業改良場特刊 41:123-130。
- 潘士釗、劉賢祥 (1983) 作物栽培學。維新書局。265 頁。
- 劉業經、呂福原、馮辰雄 (1994) 台灣樹木誌。國立中興大學農學院出版委員會。925 頁。
- 劉桂龍、賴朝明、謝慧妞 (2002) 長期玉米與水稻輪作下不同氮肥施用對土壤酵素活性之影響。土壤與環境 5(3):207-220。
- 謝奉家 (2005) 植物病害的殺手明星-枯草桿菌。科學發展 391:18-21。
- 謝順景 (1999) 有機農業發展之研究、資訊交換及推廣工作之必要性。台中區農業改良場特刊 41:13-23。
- 謝慶芳 (1999) 有機農業適用資材之探討。台中區農業改良場特刊 41:5-12。
- 謝慶芳、徐國男 (1998) 台灣有機農業生產資材特性之調查。農作物有機栽培技術專刊 pp.11-25。
- 顏江河 (2006) 台灣山地森林土壤。育林手冊 114-120。
- 顏江河 (2008) 菌根與煤礦棄土地的復舊造林。林業研究專訊 15(1):14-17。

- 顏江河、陳潔音、陳盈如 (2007) 應用有益土壤微生物培育優質林業苗木之研究。林木種苗繁殖、栽培與造林技術的新發展研討會論文集 113-121。
- 鍾仁賜 (1999) 有機肥料對作物生長上所扮演之角色。台中區農業改良場特刊 41:37-68。
- 鐘永立、張乃航 (1990) 台灣重要林木種子技術要覽。行政院農業委員會林業試驗所。130 頁。
- 蘇仲卿 (2008) 台灣農業生物技術的展望。生技研發成果產業化季刊冬季號 pp. 4-10。
- 嚴式清 (1989) 畜牧廢棄物在有機農業之利用。台中區農業改良場特刊 16:245-249。
- 比嘉照夫 (2007) 解救地球的大變革。復文書局。364頁。
- 新井敏夫 (2003) 有機蔬菜栽培法。文國書局。249頁。
- Arora, D. K., B. Rai, K. G. Mukerji and G. R. Knudsen (1991) Handbook of Applied Mycology: Soil and Plants. Marcel Dekker, INC. pp.1-34.
- Avnimelech, Y. (1986) Organic residues in modern agriculture, P. 1-10, *in*: Y. Chen *et al.* The Role of Organic Matter in Modern Agriculture
- Barber, S. A. (1984) Soil Nutrient Bioavailability. John Wiley and Sons, Incorporation, USA. 348 pp.
- Blair, I. D. (1943) Behavior of the fungus *Rhizoctonia solani* Kuhn in the soil. Association of Applied Biologists 30:118-127.
- Bonfante, P. and S. Perotto (1995) Strategies of arbuscular mycorrhizal fungi when infecting host plants. *New Phytol* 130:3-21.
- Brundrett, M., N. Bougher, D. Bernie, G. Tim and M. Nick (1996) Working with mycorrhizal in forestry and agriculture. Pirie Printers, Canberra, Australia. 374pp.
- Dalton, J. D., G. C. Russll and D. H. Sieling (1952) Effect of organic matter on phosphate availability. *Soil Science* 73:173-181.
- Denison, R. F. and E. T. Kiers (2004) Lifestyle alternatives for rhizobia: mutualism, parasitism, and fogoing symbiosis. *FEMS Microbiology Letters* 237:187-193.



- Gianinazzi-Pearson, V., J. C. Fardeau, S. Asimi and S. Gianinazzi (1981) Source of additional phosphorus absorbed from soil by vesicular-arbuscular mycorrhizal soybeans. *Physiologie Vegeatale* 19:33-44.
- Hussain, T., T. Javaid, J. F. Parr, G. Jilani and M. A. Haq (1999) Rice and wheat production in Pakistan with Effective Microorganisms. *American journal Alt Agriculture* 14:30-36.
- Jin, M., X. W. Wang, T. S. Gong, C. Q. Gu, B. Zhang, Z. Q. Shen and J. W. Li (2005) A novel membrane bioreactor enhanced by effective microorganisms for the treatment of domestic wastewater. *Appl Microbiol Biotechnol* 69:229-235.
- Ke, Bin, Y. F. Liang, Z. X. Zhong, T. Higa and O. I. Aruoma (2005) Evaluation of the toxicity and safety of the antioxidant beverage effective microorganisms-X (EM-X) in animal models. *Environment Toxicology and Pharmacology* 20:313-320.
- Khaliq, A., M. K. Abbasi and T. Hussain (2006) Effects of integrated use of organic and inorganic nutrient sources with effective microorganisms (EM) on seed cotton yield in Pakistan. *Bioresource Technology* 97:967-972.
- Khan, B. M., M. K. Hossain and M. A. U. Mridha (2006) Effect of microbial inoculants on Albizia saman germination and seedling growth. *Journal of Forestry Research* 17(2):99-102.
- Khaleel, R., B. R. Reddy and M. R. Overcash (1981) Change in soil physical properties due to organic waste application: A review. *Journal Environment Quality* 11:133-141.
- MacDonald, D. C. (1977) Methods of soil and tissue analysis used in the analytical laboratory. Canadian Forestry Service Information Report. MM-X-78.
- Martens, D. A., J. B. Johanson and W. T. Jr. Frankenberger (1992) Production and persistence of soil enzymes with repeated addition organic residues. *Soil Science* 153:53-61.
- Olson, S. R and L. E. Sommers (1982) Phosphorus. P. 403-430. *In: Page A.L. et al., eds. Methods of soil analysis. Part 2, 2nd ed. Agronomy Monogr. 9, ASA and*

SSSA, Madison, WI.

- Petterson, B. D. and von Wistinghaucen (1979) Effects organic and inorganic fertilizers on soils and crops. Results of long term experiment in Sweden. Miscellaneous Publications. Wood and Agriculture 1:44.
- Rhoades, J. D. (1982) Cation exchange capacity. *In* A. L. page *et al.* (eds.) Methods of Soil Analysis. Part2. 2<sup>nd</sup> ed., Agronomy 9:149-157 Academic Press, N. Y.
- Sahain, M. F. M., E. Z. Abd El Motty, M. H.El- Shiekh and L. F. Hagagg (2007) Effect of some biostimulant on growth and fruiting of Anna apple trees in newly reclaimed areas. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 3(5):422-429.
- Sanford, G. B. (1952) Persistence of *Rhizoctonia solani* Kuhn in soil. Canadian Journal of Botany 30:652-664.
- Schnitzer, M. (1991) Soil organic matter-The next 75 year. Soil Science 151:41-58.
- Shah, S. H., M. F. Saleemand and M. Shahid (2001) Effect of different fertilizers and effective microorganisms on growth, yield and quality of maize. International Journal of Agriculture and Biology 4:378-379.
- Speir, T. W. and D. J. Ross (1990) Temporal stability of enzymes in a peatland soil profile. Soil Biology Biochemistry 22:1003-1005.
- Stevenson, F. J. (1982) Humus chemistry. John Wiley ans Sons, Incorporation, USA. 444 pp.
- Stevenson, F. J. (1986) Cycle of Soil. Carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. John Wiley ans Sons, Incorporation, USA. 427 pp.
- Sutton, R. F. (1980) Root system morphogenesis. N. Z. J. Forest Science 10(1):264-292.
- Szymanski, N. and R. A. Patterson (2003) Effective microorganism (EM) and wastewater systems. Lanfax Laboratories Armidale. pp.347-354.
- Tabatabai, M. A. and J. M. Bremner (1970) Factors affecting soil arylsulfatase activity. Soil Science Social American Proceedings 34:427-429.
- Tzeng, J. S., T. S. C. Wang and S. W. Li (1988) Abioite formation of model humic

substances incorporated with indoles and pyrroles. Taiwan Sugar Research Institute 121:7-16.

Wang, R., H. L. Xu and M. A. U. Mridha (2000) Effect of organic fertilizer and EM inoculation on leaf photosynthesis and fruit yield and quality of tomato plants. *Journal of Crop Production* 3(1):173-182.

Whitfield, L., A. J. Richards and D. L. Rimmer (2004) Effects of mycorrhizal colonization on *Thymus polytrichus* from heavy-metal-contaminated sites in northern England. *Mycorrhiza* 14:47-54.

Xu, H. L. (2000) Effect of a microbial inoculant, and organic fertilizer, on the growth, photosynthesis and yield of sweet corn. *Journal of Crop Production* 3(1):183-214.

期末簡報委員意見回覆表

審查委員	審查意見	意見回覆
郭教授幸榮	1. BO(波卡西)的成分，請予以補述。	波卡西來源由豐林股份有限公司提供，波卡西主要成分為米糠粉、黃豆粉及魚粉等有機物，經充分混合後，加入 EM 進行發酵生成之固體有機肥料。均依照使用比例稀釋 50 倍 (2%) 以進行使用。
	2. 種子發芽試驗的過程及環境請予以補強，如有發芽率資料也請補述。	研究發現種子經 EM 浸泡處理後，其發芽率顯著高於未處理之對照組。而當種子浸泡於 EM 過後，取部分種子進行掃描式電子顯微鏡觀察後發現，未經 EM 處理之種子表面較為光滑，同時表面之菌落數亦相當少，種子經 EM 浸泡處理後，可發現大量有效微生物附著於種子表面。
	3. 對作用機制請予以補強，如： A. 為何促進種子發芽率？ B. 為何植物須噴 EM 可促使植物生長？ C. 為何植物土壤的養分濃度會增加？	EM 所產生的各種活性物質或抗氧化物質，能夠使細胞的活性提高、生產力提高。EM 的發酵分泌物 EM-X，其包含超過 40 種以上之礦物質、抗氧化物質，和生物活性物質。種子發芽是由於經 EM 處理後，種子表面附著有益菌，進而增加種子生物活性物質及抗氧化物質之吸收，致使促進種子發芽。經 EM 處理後苗木生長均有促進效應，且土壤經 EM 處理後各樹種之元素含量均高於其它處理。
	BO、EM 的使用方法，用量及最適當時機為何？請補述。	持續而低濃度之 EM 及波卡西能有效降低土壤中碳氮比，促進肥料腐熟，並且改善土壤酸化情形，抑制有害微生物的生長，釋放土壤中養分元素供植物吸收利用，用量及最適當時機均依土壤環境之自然調整為依歸。
廖教授天賜	1. 期末報告內容豐富。	謝謝委員指正
	2. 微生物應用在農林業生產已是時代潮流，本試驗具有高度的實用性。	謝謝委員指正
	3. 建議試驗結果整理出 EM 或波卡西時之 SOP 以為現場參考之用。	本研究以台灣主要造林綠化樹種苗木作為試驗材料，採用苗圃常態育苗使用之土壤為介質，以有效微生物群 EM 之有機肥料波卡西進行一系列土壤介質改良處理可為現場參考之用。
陳研究員	1. 封面格式請參考林務局規定。	已於文中修改，謝謝委員指正

財輝	2.目錄項目宜標明數字?	已於文中修改，謝謝委員指正
	3.文獻部分內容宜修正?	已於文中修改，謝謝委員指正
	4.EM 及波卡西對造林木功效及其相關機制宜深入了解並小面積試驗栽植?	<p>本研究成苗期苗木以植體經 EM 處理與土壤介質經 EM 及波卡西處理者生長最佳。土壤介質經 EM 及波卡西處理後，能夠使土壤中養分元素的含量提高，促進苗木養分吸收，進而增加植體的生長。植體經 EM 處理與土壤介質經 EM 及波卡西處理對各苗木之苗高、根頸直徑淨生長量、植物體乾重、總葉面積及葉綠素濃度均有顯著之增進效果。檢測微生物肥料之施用方式對各苗木生長量及生理特性之效益，以評估有益微生物群施用於苗木培育之可行性，供日後推廣之參考。</p>