

# 菌根菌應用技術—台南地區文旦柚應用研究

黃瑞彰<sup>1,2</sup>

## 摘要

本試驗瞭解接種菌根菌對文旦柚感染及苗期生育健化情形，同時評估其耐浸水逆境能力，以穩定文旦產業之永續發展。進行菌根文旦柚育苗，包括 *Glomus mossae* 等 4 菌種，未接菌(NM)為對照，共 5 處理。進行菌根文旦柚育苗，文旦苗接種菌根菌有較佳生長勢，定植後每月量測株高，以接種 *Glomus etunicatum* 表現最佳。文旦柚苗進行浸水逆境試驗，結果顯示無論浸水與否，接種 *Glomus mosseae* 處理有較佳生長勢，且營養含量較未接菌者高。另於 3 個不同地區文旦果園採取土壤樣品，進行菌根菌孢子分離，調查結果顯示每公克土孢子量介於 0.3~2.1 spores，表土菌根孢子數高於底土，且以有草生栽培最高，菌種經鑑定為 *Glomus intraradices*; *Glomus etunicatum*; *Acaulospora morrowiae* 等 3 種。在叢枝菌根菌接種源繁殖技術之研究，利用不同介質與宿主繁殖叢枝菌根菌，進行產孢量調查，資料顯示以玉米與百喜草產孢量較高，達 165 spores/g。

**關鍵詞：**生物性肥料、文旦柚、內生菌根菌、浸水逆境

## 前言

麻豆文旦 (*Citrus grandis* Osbeck cv. Matou Wentan) 或稱文旦柚屬芸香科 (Rutaceae) 柑橘屬植物，由於品質優良、產量高及氣候風土適宜，種植面積逐年增加，成為重要的經濟果樹之一。目前全台種植面積約 4,253 公頃 (103 年農業統計年報)，年產量 65,974 公噸，主要栽培縣市集中在花蓮縣(1,140 公頃)、台南市 (945 公頃)、苗栗縣 (488 公頃)、新北市 (465 公頃)、宜蘭縣 (232 公頃)、雲林縣 (230 公頃) 及嘉義縣 (174 公頃) 等地。雲嘉南地區面積近 1,357 公頃，佔 32%，年產量 29,115 公噸，為國內栽培歷史最久及重要產區。

麻豆文旦品質好壞影響價格甚鉅，果園栽培管理及合理化施肥措施為影響之關鍵。柚樹葉片大，蒸散量也大，生育期間土壤水分供應的多寡，對植株生育、產量及品質的影響很大。果園供水不均，植株根群吸收受阻，影響養分吸收，造成樹勢生長不佳，因此，果園應設置灌溉系統，適時、適期供水，以利根群生長及營養元素吸收及運移。針對地下水位高者或排

---

1. 通訊作者

2. 行政院農委會臺南區農業改良場 副研究員

水不佳之果園，加強地上及地下之排水改善，避免因連續下雨積水或土壤飽和造成對根群生育之傷害（根部腐爛）。

麻豆文旦即將歡喜採收時，卻遭逢強風、暴雨，不單造成落果影響產量，植株淹水過久後根系受損，造成樹勢衰弱，甚至死亡。浸水或排水不良造成生產阻害之原因主要為影響作物根系之有氧呼吸作用，阻害根系代謝作用，及養分、水分之吸收。根系缺氧呼吸，而碳代謝循環產生乙醇或有機酸，對作物產量嚴重影響。根系缺氧，而影響植物生長素之合成。土壤中厭氣微生物之代謝醇、醛、酸等有害物質，生長抑制氣體對植物根系產生毒害。

自然界中存在豐富之微生物資源，常將此種資源，利用在農作物生產，如將有益微生物接種在種子或施用在幼苗、土壤上，可增加植物營養要素之供應、提高土壤中養分之有效性、增進根系之生長與養分之吸收、保護根系及增進抗逆境能力等，均可稱之為「微生物肥料」應用（楊，1990；古和黃，1994）。台灣地區高經濟果樹如木瓜、鳳梨與蓮霧及蔬果作物如胡瓜、苦瓜、西瓜、洋香瓜、番茄與甜椒等，均為高磷肥需求之作物，一般農民栽植慣用大量的化學肥料，磷肥大部分因被土壤固定結合或流失，不但栽培成本提高，亦可能造成地下水污染，若能利用菌根菌及溶磷菌等微生物肥料，可促進幼苗與植株之生長，提高移植成活率，減少肥料用量，增進作物之產量品質，達到合理化施肥之目標（黃等,2009）。

叢枝菌根菌 (arbuscular mycorrhizal fungi, A M F) 屬於接合菌綱(Zygomycetes)、繡球菌目(Glomales)，是一種存在土壤中能與 90%陸地植物根部形成共生關係的有益真菌 (Smith and Read, 1997)。叢枝菌根菌能促進作物生長與增加產量，可視為是一種生物性肥料 (Azcon and El-Atrash, 1997; 黃等, 2010, 2011)，尤其在一些逆境環境下菌根效果更為明顯 (Al-karaki, 2001; Nzanza *et al.*, 2012)。因此相較於一般減少環境壓力對作物生產的方法，為植物接種叢枝菌根菌似乎不失為另一較為便捷可行的自然方式。叢枝菌根菌是一類絕對共生菌 (obligately symbiotic fungi)，要真正大量應用，必須先有適合之菌種與充足的接種源，並將接種工作導入正常的栽培生產程序中，其接種操作必須簡單，感染效率要高，且增產效果顯著，才能有足夠經濟效益 (鄔, 2003)。自 1951 年代 Barbara Mossee 於英國開始倡導果樹的菌根研究以來，學者們即不斷探討利用菌根菌於農業生產上之可行性。許多報告亦指出接種菌根菌可促進文旦柚或柑桔生長 (張, 1992; 程等, 1997; 王, 2000; 王, 2007; 林等, 2000)。程等 (1997) 亦指出柑橘應屬於兼性菌根植物，土壤肥力高低影響菌根菌促進作物生長之效果。一般距地表 0~15 公分之根系菌根形成率較高超過 15 公分深度之根系，菌根形成率較低。另，張(2009)研究指出番荔枝接種菌根菌可促進生長與增加產量，配合有機質肥料施用效果更為顯著。

鑑於叢枝內生菌根菌與大多作物有良好之親和性，易感染形成叢枝內生菌根，產生有益效應。因此，本計畫擬探討接種菌根菌對文旦柚生育影響評估，達到健康台灣，優質農業的目標。

## 材料與方法

### 接種叢枝菌根菌對文旦柚生育之影響

### 1. 菌根文旦柚苗感染與生育之影響

取文旦柚種子(品種: Matou Wentan), 播種於塑膠方形盆(長 30 cm、寬 15cm、高 8 cm)中, 每盆 30 棵。育苗介質為細椰纖與蛭石。叢枝菌種為 *Glomus mossae* 等 4 菌種, 不接種為對照組 (NM)。每穴處理接種量為 2g 孢子土 (100 spores/g), 混合於介質, 播種十天後以 1,000 倍花寶四號(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=)溶液施肥, 每週一次, 經育苗 8 週後逢機取 5 株, 根洗淨以 2.5% (w/v) KOH 軟化, 剪成 4 cm 長, 再以 0.05 % 酸性品紅 (fuchsin) 進行透明染色, 以確保為叢枝菌根苗。染色後再以格子線法求其感染率 (Bierman and Linderman 1981)。

### 2. 叢枝菌根菌對文旦柚生育之影響

取文旦柚菌根苗與不接種為對照組 (NM), 定植於 18 L 塑膠盆, 介質為砂質壤土, 施肥量按作物施肥手冊施用(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=75-75-75; 公克/株/年), 每處理 4 重複, 定植 1 個月後, 每個月固定調查植株之株高, 8 個月後進行葉片養分含量分析。

### 文旦柚穴植盤菌根苗在浸水逆境下之影響

將文旦柚穴植盤菌根苗定植於 5 吋盆中, 栽培介質為砂質壤土, 定植後 2 週後進行水分處理。水分處理分為每日正常給水與浸水組 (分別浸水 1~7 天)。以土壤張力計(AquaProbe)將正常給水組土壤維持在 -0.03 MPa, 浸水組為(水/土壤=2/1(v/w))水分狀況。每個處理 5 重複, 定植 3 週後調查浸水影響, 12 週後測定其株高、地上部與地下部鮮、乾重及植體分析。所有盆栽均置於台南區農業改良場玻璃溫室內。

### 文旦果園菌根菌分離與繁殖

#### 1. 文旦果園菌根菌分離、鑑定與繁殖

於轄區麻豆與斗六地區之文旦果園進行採集, 採取表土(0~20 cm)與底土(20~40 cm)根圈附近土壤, 進行土壤特性分析, 並採取根圈附近土壤, 取 10 g 土壤, 以 40% 糖液離心後, 計數孢子數, 而篩選菌種以凹玻璃集中菌種, 可在鏡檢之篩選及定量上, 達到省工之效果; 在型態分類方面, 利用 Melzer's Reagent 及 Polyvinyl-Lacto-Glycerol 進行染色及永久玻片製作, 利於孢子細胞壁層及表面型態觀察, 作為菌種型態鑑定之依據。將採集到之菌根菌孢子進行繁殖, 繁殖法採盆鉢法, 介質為河砂, 宿主則為百喜草與玉米, 每個 5 吋盆塑膠盆 (直徑 15cm, 長度 17cm) 加入 3,000 個孢子。河砂先以 2 mm 網目過篩並經高溫高壓滅菌, 滅過菌之河砂放置二個月始進行菌根繁殖工作, 每個處理 3 重複, 生長期間 6 個月, 播種後 2 週後開始施肥, 宿主生長至一定階段, 去除葉片使其重新生長, 至玉米始花後進行斷水處理, 放置至土壤水分乾旱 (吳和林, 1998)。

#### 2. 不同宿主與介質對菌根菌種源產孢量之影響

利用不同介質與宿主繁殖叢枝菌根菌, 介質為河砂, 宿主則分別為百喜草、玉米與四瓣馬齒莧 (扦插), 叢枝菌種為 *Glomus* spp. 菌種, 每 5 吋盆砂土加入 3,000 個孢子。其餘如上述。

## 分析方法

### (一) 土壤分析

於臺南本場土壤肥料研究室進行導電度、pH、有機質含量及主要與次要元素測定。土壤導電度以土：水=1：5作成懸浮體，過濾後，以導電度計(US597型)測定。pH值以土：水=1：1，平衡一小時後以玻璃電極法測定。有機質以總有機碳分析儀(TOC)測定。土壤磷以Bray No.1抽出，鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅及鈉以Mehlich No. 3抽出後用感應耦合電漿原子發射光譜儀(ICP)測定。

### (二) 鮮乾重檢測

新鮮和乾葉重量 (g)，新鮮和乾根重量 (g)。在 80 °C 烘箱中乾燥下 48 小時 (所需要的時間，以獲得恆定的重量)，測定乾重。

### (三) 植體分析方法參考 Methods of Soil Analysis (Bigham and Bartels, 1996)

植體經 70 °C 烘乾 48 小時。以磨碎機 (榮聰牌 RT-04，1200 W，25000 RPM) 將樣品磨碎，養分總量分析，氮為烘乾粉碎後直接以元素分析儀 (Elementar vario EL III) 進行測定，磷、鉀、鈣、鎂為取烘乾植體經濕式分解後，磷以鉬藍法測定，鉀、鈣、鎂、鈉以感應電漿水譜儀 (Inductively Coupled Plasma Emission Spectrophotometer, ICP, JY ULTIMA 2) 測定之並以標準溶液校正。

### (四) 菌根孢子數檢測

稱取 10 g 接種劑至於 2 L 塑膠量杯，以強勁水流沖洗，待接近滿水位時靜置 10~15 秒，然後將上層液倒入篩網組中，60、120 及 400 篩目 (mesh) 之篩網各一個，依篩孔大小，由上而下排列。重複 3~5 次，然後將篩出物用洗瓶移入離心管，加入適量水於離心管，攪拌後以 3,000 rpm 轉速離心 5 分鐘後，取下層沉積物，加入 40 % 蔗糖液，混勻後，以 3,000 rpm 轉速離心 1 分鐘。將糖液倒入 400 篩目之篩網中，以清水將糖液洗淨，並將篩網內孢子移入培養皿中，再以解剖顯微鏡計算孢子數 (吳和林, 1998)。

#### 1. 材料：

- (1) 篩網 I (250 μm : 60 mesh)
- (2) 篩網 II (125 μm : 120 mesh)
- (3) 篩網 III (60 μm : 230 mesh)
- (4) 篩網 IV (37 μm : 400 mesh)
- (5) 2 公升燒杯壹個
- (6) 40 % 糖液
- (7) 解剖顯微鏡壹台 (倍率 75 × ~ 70 ×)
- (8) 培養皿 (Petri Dish)
- (9) 微量吸管 (micropipette) 或玻璃滴管
- (10) 離心機 (低速) : max. 5000 rpm

#### 2. 方法：

- (1) 稱 10 g 菌土置於 2 公升之燒杯中。
- (2) 以強勁水流沖洗土壤，水位接近滿時，靜置 20 秒。

- (3) 將上層液倒入篩網組（網孔 120  $\mu\text{m}$ ~ 270  $\mu\text{m}$ ）中。
- (4) 重複步驟 1~3，1 或 2 次。
- 3.將各篩網中的沉積物處理如下：
- (1) 篩網 I（120  $\mu\text{m}$ ）：
- 第一層篩出物直接以清水清洗後，直接移到培養皿中。
  - 篩出物在解剖顯微鏡下直接觀察有無孢子或孢子果出現。
- (2) 篩網 II（270  $\mu\text{m}$ ）：
- 將下層篩網中濾篩物洗到離心管中。
  - 離心管加水，並以 3000 rpm 速度離心 3 min。
  - 傾倒上層液並留置下層沉積層。
- (3) 沉積層【含孢子及其它雜質】
- (4) 下層液：含孢子及少部分的雜質（加 40 % 糖水）
- 將下層沉積物以 40 % 糖水沖洗，並以 3000 rpm 速度離心 2 min（分鐘）。最後再以水洗下濾篩物移入培養皿中。
- (5) 置入培養皿中鏡檢：
- 根據孢子的大小，顏色及外表形態做初步的分類。
  - 將不同類型的孢子挑出製玻片。
- 【註】：40 % 糖液：40 g 的糖 + 60 ml  $\text{H}_2\text{O}$ 。

## 結果與討論

### 接種叢枝菌根菌對文旦柚生育之影響

進行菌根文旦柚育苗，文旦苗接種菌根菌有較佳生長勢，定植後每月量測株高，以接種 *Glomus etunicatum* 表現最高，*Gigaspora* sp.次之，對照組最低（圖 1 及表 1）。



圖 1.文旦柚接種菌根菌均較未接菌處理有較佳生長勢(左二起)

CK: Non-mycorrhizal control ;

Gg: *Gigaspora* sp. ; ASP: *Acaulospora* sp.

Ge : *Glomus etunicatum*.;

Gm : *Glomus mosseae*

表 1. 接種不同叢枝菌根菌對文旦柚生育之影響

Table 1. The effect of waterlogging stress on the growth of wentan pomelo inoculated with different AMFs.

| Inoculant | Plant height (cm) | Numbers of leaf |
|-----------|-------------------|-----------------|
| CK        | 107               | 63              |
| G.g.      | 128               | 67              |
| Asp.      | 123               | 77              |
| G.e.      | 129               | 75              |
| G.m.      | 116               | 74              |

CK: Non-mycorrhizal control ; G.g.: *Gigaspora* sp. ;

Asp. : *Acaulospora* sp.; G.e. : *Glomus etunicatum*.; G.m. : *Glomus mosseae*

### 文旦柚穴植盤菌根苗在浸水逆境下之影響

文旦柚苗進行浸水逆境試驗，結果顯示無論浸水與否，接種 *Glomus mosseae* 處理有較佳生長勢（圖 2），且浸水逆境下，菌根文旦柚地上部與根部所有營養元素含量均較未接菌者為高（表 3 與 5）。

叢枝菌根菌是植物健康和植物生長中最有效根圈的構成要素。菌根真菌是一種植物根系和一些真菌以連續的方式相互共生的生活，已被確定這種共生的增加植物對環境逆境和栽培逆境因素等的抗性（Sensoy *et al.*, 2013）。鉀為一滲透調節離子，鈣離子在植物生理代謝扮演一個重要角色，及對環境逆境反應，包括在水分和溶質間透過影響細胞膜構造和氣孔功能，細胞分裂與細胞壁合成，植物防禦和修補生物和非生物性逆境系統間直接訊號角色（Hu and Schmidhalter, 2005 ; Al-Karaki *et al.*, 2001）。許多研究指出浸水處理植物體鉀與鈣離子累積和耐逆境性有關，與本試驗結果相似，接種菌根菌可以增加養分吸收促進文旦柚生長勢。



圖 2. 接種菌根菌可提昇文旦柚耐浸水逆境  
-W : Normal water supply ; +W : Flooding stress ;  
CK : Non-mycorrhizal; G.m. : *Glomus mosseae*

表 2. 接種不同叢枝菌根菌對文旦柚在浸水逆境地上部養分濃度之影響

Table 2. Influence of waterlogging stress on shoots mineral elements concentration of wentan pomelo inoculated with different AMFs.

| Water satus | Inoculant | N (%) | P (%) | K (%) | Ca (%) | Mg (%) |
|-------------|-----------|-------|-------|-------|--------|--------|
| -w          | CK        | 1.61  | 0.19  | 2.15  | 1.48   | 0.23   |
|             | G.m.      | 1.86  | 0.17  | 1.95  | 1.67   | 0.21   |
| +w          | CK        | 1.58  | 0.17  | 2.14  | 1.68   | 0.22   |
|             | G.m.      | 1.75  | 0.22  | 2.03  | 1.98   | 0.25   |

-W : Normal water supply ; +W : Flooding stress ; CK : Non-mycorrhizal;

G.m. : *Glomus mosseae*

表 3. 接種不同叢枝菌根菌對文旦柚在浸水逆境地上部養分含量之影響

Table3. Influence of waterlogging stress on shoots mineral elements content of wentan pomelo inoculated with different AMFs.

| Water satus | Inoculant | N (%) | P (%) | K (%) | Ca (%) | Mg (%) |
|-------------|-----------|-------|-------|-------|--------|--------|
| -w          | CK        | 2.73  | 0.31  | 3.59  | 2.52   | 0.35   |
|             | G.m.      | 2.82  | 0.25  | 3.03  | 2.62   | 0.31   |
| +w          | CK        | 2.02  | 0.21  | 2.59  | 2.12   | 0.29   |
|             | G.m.      | 4.48  | 0.54  | 5.03  | 5.11   | 0.63   |

-W : Normal water supply ; +W : Flooding stress ; CK : Non-mycorrhizal;

G.m. : *Glomus mosseae*

表 4. 接種不同叢枝菌根菌對文旦柚在浸水逆境地下部養分濃度之影響

Table 4. Influence of waterlogging stress on roots mineral elements concentration of wentan pomelo inoculated with different AMFs.

| Water satus | Inoculant | N (%) | P (%) | K (%) | Ca (%) | Mg (%) |
|-------------|-----------|-------|-------|-------|--------|--------|
| -w          | CK        | 1.27  | 0.17  | 2.21  | 0.93   | 0.35   |
|             | G.m.      | 1.39  | 0.14  | 2.15  | 0.69   | 0.29   |
| +w          | CK        | 1.06  | 0.11  | 2.05  | 0.74   | 0.26   |
|             | G.m.      | 1.07  | 0.16  | 1.92  | 0.72   | 0.28   |

-W : Normal water supply ; +W : Flooding stress ; CK : Non-mycorrhizal;

G.m. : *Glomus mosseae*

表 5. 接種不同叢枝菌根菌對文旦柚在浸水逆境根部養分含量之影響

Table 5. Influence of waterlogging stress on roots mineral elements content of wentan pomelo inoculated with different AMFs.

| Water status | Inoculant | N (%) | P (%) | K (%) | Ca (%) | Mg (%) |
|--------------|-----------|-------|-------|-------|--------|--------|
| -w           | CK        | 0.87  | 0.11  | 1.53  | 0.65   | 0.23   |
|              | G.m.      | 0.78  | 0.08  | 1.19  | 0.41   | 0.15   |
| +w           | CK        | 0.61  | 0.09  | 1.14  | 0.43   | 0.18   |
|              | G.m.      | 1.07  | 0.17  | 1.93  | 0.76   | 0.32   |

-W : Normal water supply ; +W : Flooding stress ; CK : Non-mycorrhizal;

G.m. : *Glomus mosseae*

### 文旦果園菌根菌分離與種源繁殖

#### (一) 文旦果園菌根菌分離與種源繁殖

於 3 個不同地區文旦果園採取土壤樣品，進行菌根菌孢子分離，調查結果顯示每公克土孢子量介於 0.3~2.1 spores，表土菌根孢子數高於底土，且以有草生栽培最高（表 6）。由土壤分析資料顯示菌根菌數量可能與磷或有機質含量有關（表 7）。菌種經鑑定為 *Glomus intraradices*; *Glomus etunicatum*; *Acaulospora morrowiae* 等 3 種。菌根菌種源繁殖，檢測每公克土中孢子數達 150 spores。

目前叢枝菌根的生產方法主要有傳統盆栽法 (post culture)、氣霧式栽培法(aeroponic culture)、根器官培養法 (root organ culture) (鄔, 2003)。在進行任何接種試驗前，接種孢子的數目與活力是確保接種效益的主要因素。根器官培養法雖然可生產無雜菌的純種菌源，但目前只有少數菌根菌可以培養成功而未達實用階段。氣霧式菌種繁殖法雖可生產質輕、清潔、無雜菌的新鮮菌根為接種源，但除需增設氣霧設備外，營養液的配製等生產步驟較為繁瑣以及所生產的新鮮根段不耐貯藏等，可能在一般應用上多所受限。傳統盆栽法仍有其操作簡單、方便利用之處，故本試驗均以盆栽法進行菌種繁殖。

#### (二) 不同宿主與介質對菌根菌種源產孢量之影響

在叢枝菌根菌接種源繁殖技術之研究，利用不同介質與宿主繁殖叢枝菌根菌，進行產孢量調查，資料顯示以玉米與百喜草有較高產孢量，孢子數為 165 spores g<sup>-1</sup>，另亦發現若以果園草生植物四瓣馬齒莧為繁殖宿主，則單一宿主較兩種宿主作物有較高產孢量（表 8）。因為菌根菌系利用植物光合產物來輔助根系吸收無機養分，故利用不同介質與宿主來繁殖菌根菌，可得到不同產孢量。



表 6. 不同文旦果園土壤菌根菌孢子數

Table 6. The spores of AMF in different wentan pomelo orchard.

| Districts | Soil samples | Spore no. ( spores g <sup>-1</sup> ) |
|-----------|--------------|--------------------------------------|
| 麻豆1       | 表土           | 1.0                                  |
|           | 底土           | 0.8                                  |
| 麻豆2       | 表土           | 1.5                                  |
|           | 底土           | 0.6                                  |
| 麻豆3       | 表土           | 1.8                                  |
|           | 底土           | 0.7                                  |
| 麻豆4       | 表土           | 2.1                                  |
|           | 底土           | 1.8                                  |
| 斗六        | 表土           | 1.1                                  |
|           | 底土           | 0.3                                  |

表7. 不同文旦柚果園土壤成分分析

Table 7. Analysis of different wentan pomelo orchard soil.

| Treatment | EC ( 1:5 )<br>(dS/m) | pH<br>( 1:1 ) | OM<br>( g kg <sup>-1</sup> ) | Bray-1P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Ex. K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Ex. Ca<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Ex. Mg<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) |
|-----------|----------------------|---------------|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 麻豆 1      |                      |               |                              |                                   |                                 |                                  |                                  |
| 表土        | 0.25                 | 6.48          | 4.02                         | 228                               | 157                             | 2056                             | 250                              |
| 底土        | 0.27                 | 5.29          | 2.25                         | 115                               | 137                             | 976                              | 168                              |
| 麻豆 2      |                      |               |                              |                                   |                                 |                                  |                                  |
| 表土        | 0.30                 | 7.45          | 3.25                         | 75                                | 240                             | 2443                             | 379                              |
| 底土        | 0.22                 | 7.71          | 2.67                         | 79                                | 117                             | 3016                             | 417                              |
| 麻豆 3      |                      |               |                              |                                   |                                 |                                  |                                  |
| 表土        | 0.39                 | 7.82          | 2.37                         | 53                                | 198                             | 3350                             | 450                              |
| 底土        | 0.35                 | 7.95          | 2.21                         | 29                                | 88                              | 2583                             | 418                              |
| 麻豆 4      |                      |               |                              |                                   |                                 |                                  |                                  |
| 表土        | 0.69                 | 7.17          | 3.76                         | 322                               | 391                             | 4014                             | 497                              |
| 底土        | 0.59                 | 7.60          | 2.59                         | 348                               | 324                             | 4276                             | 596                              |
| 斗六        |                      |               |                              |                                   |                                 |                                  |                                  |
| 表土        | 0.60                 | 6.60          | 3.39                         | 373                               | 449                             | 3543                             | 391                              |
| 底土        | 0.80                 | 6.29          | 4.90                         | 443                               | 492                             | 3914                             | 368                              |

表 8. 不同宿主與介質對菌根菌種源產孢量之影響

Table 8. The spores of AMF in different growth medium and host plants.

| Treatments | Spore no. (spores g <sup>-1</sup> ) |
|------------|-------------------------------------|
| 四瓣馬齒莧      | 49 b                                |
| 四瓣馬齒莧+百喜草  | 43 b                                |
| 四瓣馬齒莧+玉米   | 20 c                                |
| 玉米+百喜草     | 165 a                               |

Means within each column followed by the same letter are not significantly different at  $P < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

### 結論

果園管理是一連續性、整體性的工作，不僅是地上部管理，培育健全之根群更是重要，以養成更茂密的根系，增加吸收養、水分之能力，提昇耐逆境能力，促進果實品質及增加競爭力。本試驗瞭解接種菌根菌對文旦柚感染及苗期生育健化情形，同時評估其耐浸水逆境能力，以穩定文旦產業之永續發展。

進行菌根文旦柚育苗，文旦苗接種菌根菌有較佳生長勢，定植後每月量測株高，以接種 *Glomus etunicatum* 表現最佳，文旦柚苗進行浸水逆境試驗，結果顯示無論浸水與否，接種 *Glomus mosseae* 處理有較佳生長勢，且營養含量較未接菌者高。另於 3 個不同地區文旦果園採取土壤樣品，進行菌根菌孢子分離，調查結果顯示每公克土孢子量介於 0.3~2.1 spores，表土菌根孢子數高於底土，且以有草生栽培最高。菌根菌種源繁殖，檢測每公克土中孢子數達 150 spores，在叢枝菌根菌接種源繁殖技術之研究，利用不同介質與宿主繁殖叢枝菌根菌，進行產孢量調查，資料顯示以玉米與百喜草產孢量較高，達 165 spores/g。

### 誌謝

感謝研究助理施惠淇小姐協助田間管理與試驗記錄工作，及土壤肥料研究室同仁協助各項檢測分析，特別感謝行政院農業委員會農業試驗所農業化學組林素禎博士協助菌根菌種鑑定，使得本試驗得以圓滿執行完成。

### 參考文獻

1. 王均琍。2007。菌根菌應用於經濟果樹之栽培農業生技產業季刊 12:43-48。
2. 王議鋒。2000。內生菌根菌接種對柑橘幼苗生長及生理的影響。國立中興大學植物系碩士論文，63頁。
3. 古德業、黃伯恩。1994。生物肥料在永續農業上之應用及展望 微生物肥料之開發與利用研討會專刊 pp.1-4 台灣省農業試驗所嘉義分所

4. 呂斯文。1994。囊叢枝菌根菌之無土介質接種，接種源生產及菌種篩選研究國立臺灣大學園藝學研究所博士論文 pp.172-191。
5. 呂斯文、張簡秀容、張喜寧。1995。利用穴植盤培育番茄菌根苗及其田間生長之反應。中國園藝 41(1)：54-67。
6. 吳繼光、林素楨。1998。囊叢枝內生菌根菌應用技術手冊 台灣省農業試驗所 pp.54。
7. 林素禎、黃山內、洪崑煌、吳繼光。2000。微生物接種對苦柚及文旦柚種苗生長之效應。中華農業研究 49(1):63-75。
8. 程永雄、莊明富、許淑麗。1997。囊叢枝菌根菌培育柑橘健康種苗。中華農業研究 46(4):324-332。
9. 黃瑞彰 江汶錦 林經偉 卓家榮。2011。菌根菌的特性及田間應用技術 臺南區農業專訊 75：14-19。
10. 張汶筆、吳建銘、吳昭慧。2000。果園草生栽培管理。台南區農業改良場技術專刊 (No.149)pp.83。
11. 張汶筆、林明瑩、林棟樑、卓家榮、陳紹崇。2009。優質麻豆文旦栽培管理技術。台南區農業改良場技術專刊 (No.134)pp.59。
12. 楊秋忠。1990。微生物肥料的種類及其應用品質。農藥世界。81:33-35。
13. 張繼中。2009。菌根菌及有機質肥料在番荔枝肥培管理之應用。豐年。59(23)：44-46。
14. 鄔家琪。2003。叢枝菌根對設施蔬菜在環境逆境下生長之影響。國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文。p.90-112。
15. Abbot, L.K. and A.D. Robson. 1985. The effect of pH on the formation of VA mycorrhiza by two species of *Glomus*. *Aust. J. Soil. Res.* 23:253-261。
16. Adams, P. 1992. Crop nutrition in hydroponics. *Acta Hort.* 323:289-305.
17. Koske, R. E. and J. W. Gemma. 1989. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizae. *Mycol. Res.* 92: 486-505.
18. Nzanza, B., Marais, D., Soundy, P., 2012. Response of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) to nursery inoculation with *Trichoderma harzianum* and arbuscular mycorrhizal fungi under field conditions. *Acta. Agr. Scand. B-S P.* 62, 209–215.
19. Smith, S.E. and D.J. Read. 1997. *Mycorrhizal symbiosis*, 2<sup>nd</sup> ed. London, 1986. Responses of three vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi at four soil temperatures and their effects on cotton growth. *New Phytol.* 104: 89-95.

# Evaluation and Utilization of Arbuscular Mycorrhiza To the Growth of Wentan Pomelo in Tainan District

Jui-Chang Huang<sup>1,2</sup>

## Abstract

The experiment was conducted to explore the susceptibility of wentan pomelo colonized by endomycorrhiza (*Glomus etunicatum*) and the growth of seedlings, to evaluate the tolerance of wentan pomelo under waterlogging stress conditions. Pomelo seedlings inoculated with mycorrhiza have better growth trend than those without inoculation, waterlogging stress results showed that when plants were inoculated with *Glomus mosseae*, they were all grew better than those without inoculation under waterlogging stress or not. The inoculated plants were also had higher nutrient content of the soil samples, another pomelo orchards in three different areas were taken, and the mycorrhizal fungi were isolated, the data showed were that the spore amount in the topsoil is more than that in the subsoil. The spore number were between 0.3 and 2.1 spores/g soil, and the orchard with grass cultivation is the highest. In the mycorrhiza vaccination source reproduction technology, the test of different media and hosts to reproduce mycorrhiza showed that bahia grass and corn were better, because 165 spores were observed in one gram of soil sample.

**Key word** : Biofertilizer; Wentan pomelo; Endomycorrhiza; Waterlogging stress

---

1. Corresponding author.

2. Associate Researcher of Tainan DARES, COA.