

# 叢枝菌根菌接種技術 及田間應用

張廖伯勳<sup>1</sup>、林永鴻<sup>2</sup>、張耀聰<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 行政院農業委員會高雄區農業改良場、\* 通訊作者。

<sup>2</sup> 屏東科技大學農園生產系

## 摘要

木瓜 (*Carica papaya* L.) 幼苗階段接種叢枝菌根菌能使根系共生形成菌根，並具有有效促進幼苗生長及礦質養分吸收，且能增強對連作田區環境因子之抵抗性。本研究應用 3 種菌根菌接種技術，建立育苗菌根化作業，試驗另將木瓜苗接種 6 種叢枝菌根菌調查菌根化幼苗生長情況，菌根化木瓜苗試驗結果顯示，木瓜幼苗接種 *Archaeospora trappei*、*Diversispora spurcum* 及 *Funneliformis mosseae* 處理之株高、地徑寬、全株乾重及壯苗指數皆顯著高於對照組；田間管理作業對木瓜苗菌根化試驗結果顯示，接種菌根菌處理之木瓜幼苗移植存活率均高於對照組，其中未整地處理以單獨接種 *Claroideoglossum etunicatum* 及 *F. mosseae* 處理，幼苗移植存活率顯著高於對照組，分別為 70 %、55 % 及 23.33 %，顯示木瓜接種菌根菌提升環境因子限制之耐受性，此外在苗高生長表現方面則以接種 *Acaulospora kentinensis*、*Rhizophagus intraradices* 處理顯著高於對照組。此外木瓜接種叢枝菌根菌定植於連作田，可提早果實 13 天採收，並降低始花位置及採果高度。

**關鍵詞：**叢枝菌根菌、木瓜、接種技術

## 前言

根據聯合國估計 2050 年世界總人口將達到 94 億，為避免糧食危機發生及環境過度負荷的情況下，世界糧食生產及技術必須有效提升 (Fitter, 2012; United Nations, 2019)。目前土壤養分管理以設法提高化學肥料利用率、利用土壤微生物改變養分可利

用性、改善土壤微生物菌相增加作物產量及減少投入成本，為最具可行性及效益之策略（Verbruggen *et al.*, 2012）。分子分類研究指出，叢枝菌根菌（Arbuscular mycorrhizal fungi, AMF）為地球上最早且廣泛與陸地植物產生共生作用的真菌，並與 80 % 陸地植物根部形成共生（Oehl *et al.*, 2011; Smith and Read, 2008），藉由接種菌根菌，可明顯改善根系對不易移動養分和水分吸收能力、減少根部及食葉性病蟲危害、提高作物對生長逆境之耐受性及提升作物產量，在作物育苗及生產上具有發展潛力（Abdalla and Abdel-Fattah, 2000; Jakobsen *et al.*, 2002; Kaya *et al.*, 2003; Druege *et al.*, 2006; Gange and West, 1994）。

木瓜原名番木瓜（*Carica papaya* L.），為臺灣重要經濟果樹之一，但近年來木瓜栽種及生產深受氣候因素的影響，導致產銷失衡現象日趨嚴重，且主要栽種區域有由南向中部移動趨勢，而其中氣候因子以颱風、豪雨及高溫為主要的影響關鍵。在未來極端氣候影響作物生產將日趨劇烈，故穩定生產的關鍵因子，則如何在作物幼苗期育成健壯植株，對於達到穩定生產及優質果品的目標有實質的助益。

本研究主要目的是藉由接種技術應用、木瓜接種不同叢枝菌根菌菌株及田間管理作業，來評估叢枝菌根菌在木瓜生長的影響，以期提供育苗菌根化及栽植前作業之參考依據。

## 材料方法

本試驗主要分三部分探討叢枝菌根菌與木瓜作物之共生關係，及接種後定植田間生長效益評估：

第一部分以叢枝菌根菌接種技術應用，實驗室將野外採集土壤樣本，以濕篩傾倒法（Gerdeman and Trappe, 1974）和糖液離心法（Daniels and Skipper, 1982）分離孢子，光學顯微鏡下觀察孢子形態構造，並依據 Schenck Perez（1990）所建議之步驟進行孢子鑑定，另分離之菌株以盆栽法純化增殖，待孢子數生長每公克  $1 \times 10^2$  以上則貯存備用。

第二部分以接種試驗評估菌根化木瓜苗之生長效益，以及田間管理作業對木瓜菌根化生長之影響。菌根化木瓜苗試驗，以木瓜（台農二號）組培苗培育於高溫高壓滅菌後（ $121^\circ\text{C}$ ， $1.2 \text{ kg/cm}^2$ ）之培養土，苗高達 3 cm 後以沾附法分別接種 6 種菌根菌菌株（*Archaeospora trappei*、*Acaulospora kentinensis*、*Diversispora spurcum*、*Rhizophagus*

*intraradices*、*Funneliformis mosseae* 及 *Claroideoglossum etunicatum*) (圖 1)，並以不接種菌根菌為對照組，每組處理 6 重複，第 3 週染色檢查叢枝菌根菌感染狀況 (Koske and Gemma, 1989)，達 6 週後量測株高、地徑寬、全株乾重及壯苗指數 (計算公式 [ (莖粗 / 株高 + 地下部乾重 / 地上部乾重) × 全株乾物重 (g) ])；田間管理作業菌根化木瓜苗試驗，試驗點高雄縣六龜區木瓜連作田區，栽植作業前以施用氰氨化鈣 (100 kg/0.1 ha) 後整地，並湛水 15 天進行土壤消毒，作為整地處理組，另以不施用氰氨化鈣為不整地處理組，4 週後定植菌根化之 *A. trappei*、*A. kentinensis*、*D. spurcum*、*R. intraradices*、*F. mosseae* 及 *C. etunicatum* 木瓜苗及未接菌木瓜苗 (6 週齡苗)，每組處理 10 重複，定植達 8 週後調查植株死亡率、株高及始花高度。試驗數據以 PASW 19.0 進行單因子變異數分析 (One-way ANOVA)，事後檢定採 Scheffe 法檢定。

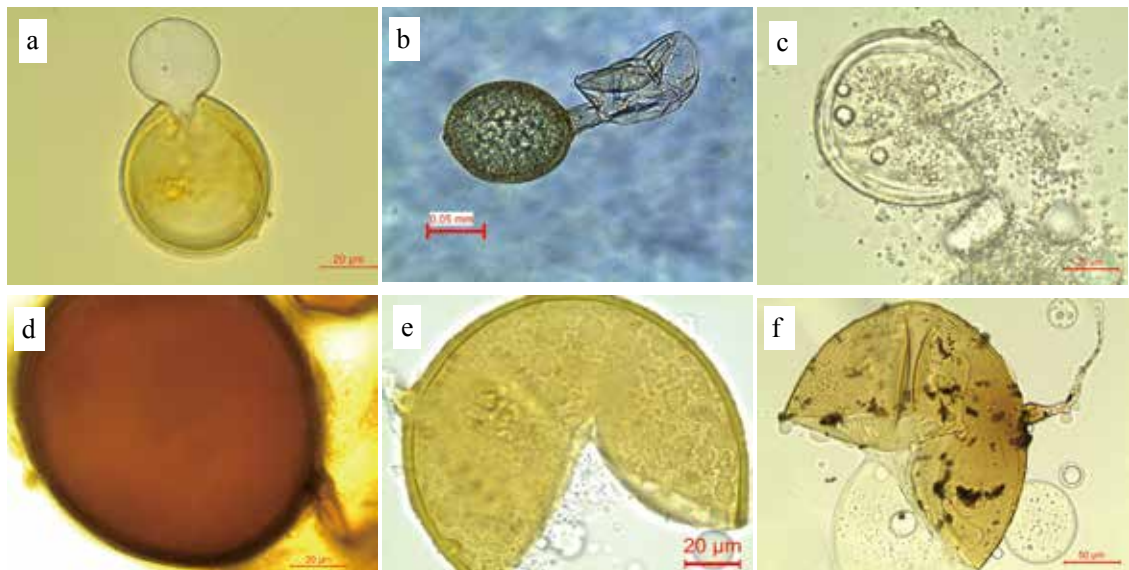


圖 1. 叢枝菌根菌之孢子型態 a. *Archaeospora trappei*；b. *Acaulospora kentinensis*；c. *Diversispora spurcum*；d. *Rhizophagus intraradices*；e. *Funneliformis mosseae*；f. *Claroideoglossum etunicatum*。

第三部分，混合 5 種叢枝菌根菌 (*A. kentinensis*、*D. spurcum*、*R. intraradices*、*F. mosseae* 及 *C. etunicatum* 簡稱 AMF) 於台農二號木瓜實生苗播種階段即進行接種，並於播種 6 週田間定植前，逢機抽樣進行根片段染色，確認根系感染菌絲後，再將幼苗移入高樹地區木瓜連作田中定植，試驗園區於木瓜定植前徹底進行清園工作，但以原畦不重新整地方式進行定植，本試驗木瓜幼苗分為對照組 (不接種 AMF) 及接種叢枝菌根

菌 2 種處理，每處理 4 重複，以逢機完全區集排列（Random completed blocked design, RCBD），每小區 20 株。另於幼苗定植階段，使用鑽孔機挖深植穴（直徑 20 cm，深 40 cm）後，再施入完全腐熟之有機質肥料（1 kg/pt），覆土後將試驗幼苗定植於植穴內。另於木瓜定植 3 個月後記錄木瓜生長特性（始花高度、開始採果高度等），另於每月進行土壤及植體採樣分析，而試驗數據以 PASW 19.0 進行單因子變異數分析（One-way ANOVA），事後檢定採 Scheffe 法檢定。另採用 Pearson 相關性分析，進行土壤肥力與植體養分間之相關性比較。

## 結果與討論

叢枝菌根菌與作物的共生原理，主要途徑是當菌根菌孢子、含菌根菌之介質或菌根感染之根系菌絲片段生長接觸到作物根部後（Douds and Nagahashi, 2000），菌絲侵入根部表皮層或根毛，根內菌絲於根部皮層組織的細胞間延伸，及細胞腔內形成叢枝體與植物進行養分交換及訊號傳遞，根外菌絲則因含磷酸脂酶、較根毛細小，可深入土壤團粒間隙吸收不易移動之水分及營養元素，大幅提升肥料及水分之利用率（Aggarwal et al., 2011; Moebius-Clune *et al.*, 2013）。本研究應用大量繁殖菌根菌之菌土，建立幼苗期接種菌根菌方法：

### 1. 三明治接種法

臺灣育苗產業以穴盤苗為大宗，育苗過程為固定且限制穴盤空間，操作方法以少量的介質（培養土、土壤）平鋪至穴盤底部，約達 1/3 穴盤總容量，添加 1g 菌土（菌量為  $1 \times 10^2$  spores/ g soil）及欲播種之種子後（圖 2.），剩餘空間再以介質填充平鋪，待種子發芽後植株根系可立即感染菌根菌。此方法適合育苗業者，操作容易、節省菌土及菌根感染率高，移植至田間不必再接種菌根菌。

### 2. 根沾法

適用一般農民購買已生長穴盤苗或軟盆苗，操作方法以取出盤苗或軟盆苗，土球底部以沾附菌土（菌量為  $1 \times 10^2$  spores/ g soil）（圖 3.），再將幼苗放至容器內，待 2-4 週後菌土孢子發芽，即可與植物根部形成共生。此方法適合農民使用，操作容易、菌根感染率高，移植至田間亦不必再接種菌根菌。



圖 2. 三明治法施用菌土於穴盤內。



圖 3. 定植前土球底部沾附菌土進行接種。

因應培育健壯幼苗及提高環境耐受性，幼苗階段進行菌根菌接種試驗，結果顯示，菌根苗之苗高、地徑、全株乾重皆顯著高於對照組，而其中則以 *A. trapepei*、*F. mosseae* 及 *D. spurcum* 處理有最佳之壯苗指數，並顯著優於對照組（表 1.），顯示在幼苗階段，可藉由菌根菌的共生提升幼苗品質，且健壯的菌根化植株有助於幼苗對環境之耐受性（Turnau and Haselwandter, 2002）。

於六龜地區連作田之菌根化木瓜苗試驗結果顯示，不論在整地處理及未整地處理接種 *R. intraradices* 及 *A. kentinensis* 株高顯著高於對照組，接種 *F. mosseae* 則有最低之始花高度，顯著低於對照組（表 2），顯示菌根菌接種能提高木瓜作物礦質養分吸收，進而表現在株高生長及及植株較早開花，王均琍（2018）調查研究也觀察到相同現象；另外在土壤進行氰氨化鈣處理之木瓜田區試驗結果顯示，所有木瓜幼苗田間定植 6 週後之存活率皆為 100%，故良好的田間衛生管理，可有效避免土壤病害發生及提高幼苗存活率，與林益昇等人（1987）試驗土傳性病害也觀察到相同現象；此外，未整地處理則以 *C. etunicatum* 及 *F. mosseae* 存活率顯著高於未接菌之對照組，分別為 70 %、55 % 及 23.33 %（表 3），故叢枝菌根菌可應用於育苗階段提高幼苗之品質，菌根經由根外菌絲可幫助植物對土壤礦物養分、水分之吸收，並在根部、土壤佈滿菌絲及菌根分泌物（茉莉酸、水楊酸、酚類化合物），間接可降低根系受病原菌入侵之機會（Turnau and Haselwandter, 2002; Khaosaad *et al.*, 2007）。由以上試驗結果可知，木瓜幼苗接種 *F. mosseae* 菌種，能提高作物壯苗指數及移植存活率，並具有較低之始花高度，為促進木瓜生長之良好菌種。

表 1. 接種菌根菌對木瓜苗生長性狀之影響

處理	株高 (cm)	地徑寬 (mm)	全株乾重 (g)	壯苗指數
CK	7.33c	2.47b	0.21b	0.16b
Ce	12.27b	3.73a	0.45a	0.28ab
Ri	13.07b	3.76a	0.44a	0.29ab
Fm	14.13ab	4.20a	0.52a	0.34a
Ds	13.63b	3.82a	0.50a	0.35a
At	17.17a	4.26a	0.63a	0.34a
Ak	14.80ab	3.72a	0.52a	0.31ab

註： mean(n=10)。不同英文字母表示不同菌種處理比較 ( $p \leq 0.05$ )。CK：對照組、Ce：*Claroideoglossum etunicatum*、Ri：*Rhizophagus intraradices*、Fm：*Funneliformis mosseae*、Ds：*Diversispora spurcum*、At：*Archaeospora trappei*、AK：*Acaulospora kentinensis*

表 2. 木瓜不同整地作業及接種處理田間定植 8 週後株高及始花高度調查

處理	整地處理		未整地處理	
	株高 (cm)	始花高 (cm)	株高 (cm)	始花高 (cm)
CK	157.25b	94.25a	128.08b	98.44a
At	159.75b	87.25ab	149.44a	98.00a
Fm	167.25ab	80.00b	139.73ab	82.00b
Ce	162.25b	85.50ab	142.70ab	88.60ab
Ri	177.00a	81.25b	146.79a	98.14a
Ds	159.50b	88.50ab	124.33b	92.15ab
Ak	177.50a	80.50b	157.14a	98.00a

註： mean(n=10)。不同英文字母表示不同菌種處理比較 ( $p \leq 0.05$ )。CK：對照組、Ce：*Claroideoglossum etunicatum*、Ri：*Rhizophagus intraradices*、Fm：*Funneliformis mosseae*、Ds：*Diversispora spurcum*、At：*Archaeospora trappei*、AK：*Acaulospora kentinensis*

表 3. 木瓜不同整地作業及接種處理田間定植 8 週後存活率調查

處理	整地處理	未整地處理
CK	100a	23.33b
At	100a	45.00ab
Fm	100a	55.00a
Ce	100a	70.00a
Ri	100a	25.00b
Ds	100a	28.33b
Ak	100a	31.67b

註： mean(n=10)。不同英文字母表示不同菌種處理比較 ( $p \leq 0.05$ )。CK：對照組、Ce：*Claroideoglossum etunicatum*、Ri：*Rhizophagus intraradices*、Fm：*Funneliformis mosseae*、Ds：*Diversispora spurcum*、At：*Archaeospora trappei*、AK：*Acaulospora kentinensis*

另外在高樹地區木瓜連作田試驗方面，木瓜育苗期接種混合之 AMF 菌劑 6 週後，進行根部染色觀察，由圖 4 及圖 5 可觀察到未接種 AMF 之對照組，其根系並無菌絲感染情形，而接種 AMF 處理之木瓜幼苗根已有 AMF 菌絲穿入根系，顯示 AMF 已成功感染木瓜幼苗。

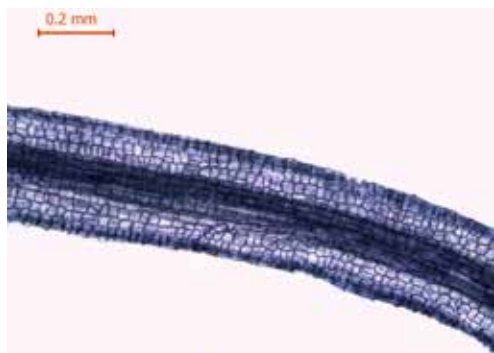


圖 4. 對照組木瓜幼苗根系染色（無 AMF 感染）。

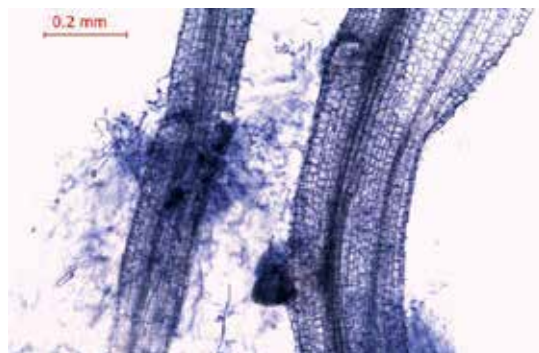


圖 5. 木瓜幼苗接種 AMF 6 週後根系菌根感染情形。

表 4. 木瓜作物進行不同接種處理初期果實生長性狀調查 (n=12)

處理	開始採收天數	始花高度 (cm)	開始採果株高 (cm)	果長 (cm)	果寬 (cm)	果重 (cm)	可溶性固形物 °Brix
對照組	190±4 <sup>a</sup>	66.8±1.4 <sup>*</sup>	193.3±5.2	22.7±1.4	9.7±1.00	802.2±121.9	13.8±0.66
接種組	177±3 <sup>b</sup>	65.6±1.6	184.5±3.9	22.6±0.7	9.8±0.58	808.3±48.2	13.9±0.85

\*Mean±SE; 同列英文字母不同表示，差異顯著 ( $p \leq 0.05$ )，無標列英文字母表示差異不顯著。

在木瓜初期果實生育性狀方面，調查結果顯示（表 4），接種 AMF 之處理，木瓜在始花高度及開始採果株高表現上，相對位置均比對照組低，且在開始採收木瓜天數上，時間較短，約可提早對照組 13 天，顯示接種 AMF 處理能有效促進木瓜作物提早開花及採收，但在果實初期性狀表現上，並無顯著之差異。

此外，將每月定期採樣分析之土壤主要礦質養分元素與木瓜葉片養分濃度進行相關性分析，由表 5 可知，在對照組方面，土壤有機質 (OM) 與土壤之 K、Ca、Mg 及葉部之 P、K、Ca 養分濃度呈顯著正相關；而在土壤 K 與土壤 Mg 及葉部養分 K 與 P 呈現顯著正相關；土壤中之 Ca 與 Mg 則顯示極顯著正相關。另外在葉部養分濃度部分，葉部 N 與葉部 P 及 Mg 呈顯著正相關，而葉部 P 則與葉部 Ca 及 K 呈顯著正相關，而葉部 K 與葉部 Mg 呈顯著負相關性。

表 5. 木瓜對照組定植於連作田土壤主要礦質養分及植體葉片養分濃度相關性分析

	pH	OM	P	K	Ca	Mg	葉 N	葉 P	葉 K	葉 Ca	葉 Mg
pH	1										
OM	-0.313	1									
P	-0.172	0.539	1								
K	-0.503	0.714**	0.015	1							
Ca	0.252	0.775**	0.459	0.516	1						
Mg	-0.041	0.733**	0.015	0.834**	0.794**	1					
葉 N	-0.312	0.377	0.503	0.075	0.124	0.032	1				
葉 P	-0.402	0.880**	0.431	0.606*	0.526	0.534	0.654*	1			
葉 K	-0.204	0.580*	-0.254	0.764**	0.414	0.669*	-0.078	0.594*	1		
葉 Ca	-0.380	0.705*	0.270	0.432	0.325	0.412	0.064	0.577*	0.333	1	
葉 Mg	0.126	-0.134	0.167	-0.382	-0.086	-0.142	0.585*	-0.012	-0.590*	-0.053	1

\*\* . 表示相關性極顯著 ( $p \leq 0.01$ )。\* . 表示相關性顯著 ( $p \leq 0.05$ )。葉 N 為葉部氮濃度含量，以此類推。

表 6. 木瓜接種叢枝菌根菌於連作田土壤主要礦質養分及植體葉片養分濃度相關性分析

	pH	OM	P	K	Ca	Mg	葉 N	葉 P	葉 K	葉 Ca	葉 Mg
pH	1										
OM	-0.014	1									
P	0.313	0.659*	1								
K	-0.070	0.889**	0.552	1							
Ca	0.451	0.691*	0.651*	0.662*	1						
Mg	-0.068	0.491	0.456	0.455	0.649*	1					
葉 N	-0.696*	0.274	0.290	0.220	-0.085	0.401	1				
葉 P	0.077	0.852**	0.523	0.800**	0.871**	0.671*	0.194	1			
葉 K	0.005	0.618*	0.431	0.332	0.498	0.630*	0.196	0.546	1		
葉 Ca	0.477	0.209	-0.019	0.031	0.449	0.206	-0.636*	0.290	0.601*	1	
葉 Mg	0.639*	-0.310	-0.251	-0.337	0.250	-0.054	-0.851**	-0.053	-0.025	0.727**	1

\*\* . 表示相關性極顯著 ( $p \leq 0.01$ )。\* . 表示相關性顯著 ( $p \leq 0.05$ )。葉 N 為葉部氮濃度含量，以此類推。

在接種 AMF 處理方面 (表 6)，土壤 pH 與葉部 N 養分呈顯著負相關性，與葉部 Mg 則呈顯著正相關性；土壤有機質 (OM) 與土壤 P、K、Ca 及葉部之 P、K 養分濃度呈現顯著正相關；而土壤 P 則與土壤 Ca 成正相關性；土壤 K 則與土壤 Ca 及葉片 P 呈



顯著正相關性；土壤 Ca 則與土壤 Mg 及葉片 P 含量呈顯著正相關，而土壤 Mg 則與葉片 P、K 呈顯著正相關。在葉片 N 方面，則與葉片 Ca、Mg 呈顯著負相關；而葉部 K 及葉部 Ca 呈顯著正相關，而葉部 Ca 及葉部 Mg 則呈極顯著正相關。

由表 5、表 6 結果可知，當土壤礦物之鹽基離子含量增加時，能有效提升作物葉片營養中 P 之吸收，而當 P 吸收增加時，亦能同時促進木瓜作物 K 及 Ca 之吸收，但在接種 AMF 處理時，葉部之 N 濃度過高時，將抑制木瓜 Ca 及 Mg 之吸收，但在對照組葉部 N 之增加反而 Mg 亦隨之增加，此部分兩處理間，則有不同之養分濃度吸收方式，值得進行後續相關之研究探討。

## 結語

由於叢枝菌根菌接種木瓜後，可使幼苗根群發育健壯顯著提高幼苗品質，定植至田間後亦可促進植物生長、發育及增加幼苗存活率，但亦可藉由良好的田間衛生管理避免土壤病害發生。此外在木瓜連作田中，接種叢枝菌根菌處理在始花位置及果實採果高度均比對照組低，並可提早果實 13 天採收，且接種叢枝菌根菌處理對於土壤磷肥之有效性及植體葉片之吸收，均優於對照組，顯示木瓜接種叢枝菌根菌定植於連作田中，能促進植體對土壤磷肥之吸收，及提升木瓜生育品質。

## 參考文獻

1. 林益昇、羅朝村 1987 土壤添加物防治豌豆萎凋及根腐病之研究。中華農業研究 36 (4) : p432-444.
2. 王均琍 2018 互利共生拓商機，微生物肥料菌根菌適用作物廣泛接菌苗成活率、次級代謝產物含量明顯提升，具持續研發潛力。豐年雜誌 68 (8) : p82-88.
3. Abdalla, M. E. and G. M. Abdel-Fattah. 2000. Influence of the endomycorrhizal fungus *Glomus mosseae* on the development of peanut pod rot disease in Egypt. Mycorrhiza 10: 29-35.
4. Aggarwal, A., N. Kadian, A. Tanwar, A. Yadav and K.K. Gupta. 2011. Role of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in global sustainable development. Journal of Applied and Natural Science 3: 340-351.

5. Daniels, B. A. and H. D. Skipper. 1982. Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil. In "Methods and principles of mycorrhizal research" (Schenck, N. C., ed.) The American Phytopathological Society. 20-45.
6. Douds, D. D. and G. N. 2000. Signaling and recognition events prior to colonization of roots by arbuscular mycorrhizal fungi. *Curr. Adv. Mycorrhizae Res.* 1:11-19.
7. Fitter, A. 2012. Why plant science matters. *New Phytologist* 193: 1-2.
8. Gange, A. C. and H.M. West. 1994. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and foliar-feeding insects in *Plantago lanceolata* L. *New Phytologist* 128: 79-87.
9. Gerdemann, J. W. and J. M. Trappe. 1974. The Endogonaceae in the Pacific Northwest. *Mycologia Memoir* 5: 76.
10. Jakobsen, I., S. E. Smith and F. A. Smith. 2002. Function and diversity of arbuscular mycorrhizae in carbon and mineral nutrition. In "Mycorrhizal ecology" (van der Heijden M. G. A. and I. R. Sanders, eds.) Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 75-92.
11. Kaya C., B. E. Ak and D. Higgs. 2003. Response of salt-stressed strawberry plants to supplementary calcium nitrate and/or potassium nitrate. *Journal of Plant Nutrition* 26 (3) : 543-560.
12. Khaosaad T., Garcia-Garrido J. M., Steinkellner, S. and Vierheilig, H. 2007. Take-all disease is systemically reduced in roots of mycorrhizal barley plants. *Soil Biology and Biochemistry* 39:727-734.
13. Koske, R. E. and J. N. Gemma. 1989. A modified procedure for staining roots to detect VM mycorrhizas. *Mycology Research* 94 (4) : 486-505.
14. Moebius-Clune, D. J., B. N. Moebius-Clune, H. M. van Es and T. E. Pawlowska. 2013. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with a single agronomic plant host across the landscape: Community differentiation along a soil textural gradient. *Soil Biology and Biochemistry* 64:191-199.
15. Oehl, F., E. Sieverding, J. Palenzuela, K. Ineichen and G. Alves. 2011c. Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. *IMA Fungus* 2: 191-199.

16. Schenck, N. C. and Y. Perez. 1990. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. INVAM, Gainesville. Florida.
17. Smith, S. E. and D. J. Read. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. 3<sup>rd</sup>. Academic Press, San Diego.
18. Turnau, K. and K. Haselwandter. 2002. Arbuscular mycorrhizal fungi, an essential component of soil microflora in ecosystem restoration. p. 137-149. In mycorrhizal technology in agriculture. Birkhauser Basel, Basel.
19. United Nations. 2019. World Population Prospects. p. 234. In World Population Prospects, Population Division, Department of Economic and Social Affairs, United Nations, New York.
20. Verbruggen, E., M. G. A. Van Der Heijden, J.T. Weedon, G.A. Kowalchuk and W.F.M. Roeling. 2012. Community assembly, species richness and nestedness of arbuscular mycorrhizal fungi in agricultural soils. *Molecular Ecology*. 21:2341-2353.

# Arbuscular Mycorrhizal Fungi Inoculation Techniques and Field Applications

Po-Hsun Chang Liao<sup>1</sup>, Yong-Hong Lin<sup>2</sup>, Yao-Tsung Chang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>. Kaohsiung District Agricultural Research and Extension Station, COA.

\* Corresponding author

<sup>2</sup>. Department of Plant Industry, National Pingtung University of Science and Technology.

## Abstract

The inoculation of papaya (*Carica papaya* L.) seedlings with mycorrhizal fungi can form symbiotic mycorrhizal roots, which can effectively promote the seedlings growth and minerals absorption, as well as enhance the resistance against environmental factors in continuous cropping fields. In this study, three mycorrhizal inoculation techniques were applied to establish a "seedling mycorrhizalization operation". We also inoculated papaya seedlings with six mycorrhizal fungi and evaluated their growth performance. The seedling mycorrhizalization operation results showed that the height, width and diameter, whole plant dry weight and seedling growth index of the seedlings inoculated with *Archaeospora trappei*, *Diversispora spurcum* and *Funneliformis mosseae* were significantly higher than those of the control group. The result of field management toward seedling mycorrhizalization shows that the transplanting survivability of seedlings inoculated with mycorrhizal fungi were all higher than the control group (23.33 %), especially for *Claroideoglossum etunicatum* and *F. mosseae* treatment in non-soil preparation field (70 % and 55 %, respectively). It demonstrated that inoculation with mycorrhizal fungi can enhance the tolerant ability of papaya against environmental restriction factors. In addition, the seedling height performance of *Acaulospora kentinensis* and *Rhizophagus intraradices* treatment was significantly better than the control group. The papaya fruit can be harvested 13 days earlier. And reduce the flowering and fruit position height.

**Key Words:** Arbuscular mycorrhizal fungi, *Carica papaya* L., Inoculation techniques