

叢枝菌根菌對番茄在鹽分逆境下生育影響評估¹

黃瑞彰、林晉卿、黃山內²

摘 要

黃瑞彰、黃山內、林晉卿·2007·叢枝菌根菌對番茄在鹽分逆境下生育影響評估。台南區農業改良場研究彙報 50：9-23。

本試驗瞭解接種菌根菌對不同番茄品種感染及苗期生育健化情形，並進一步瞭解接種菌根菌對番茄在鹽分逆境下生育之影響。發現農友 301、種苗七號與台中亞蔬十號三番茄品種幼苗生長勢均以接種 *Glomus mosseae* 最佳，鮮重分別較未接菌增加 34.78%、8.2%與 24.13%；菌根感染率除種苗七號以接種 *Glomus mosseae* 和 *Glomus etunicatum* 二種混合最高外，其餘均以二品種接種 *Glomus etunicatum* 較高。番茄果實產量與品質之影響，三品種產量接菌處理均較未接菌者佳，顯示接種菌根菌有增產效果，果實品質方面接菌處理仍有較高糖度，又以種苗七號接種 *Glomus mosseae* 和 *Glomus etunicatum* 二種混合最佳。鹽分處理對叢枝菌根菌番茄生長之影響，三品種未接種菌根菌於鹽分逆境下地上部鮮及乾重，除種苗七號降低外，其餘兩品種則有上升趨勢，顯示種苗七號對鹽分較為敏感。接種菌根菌對番茄地上部及地下部鮮與乾重，在無鹽分與鹽分逆境下，除台中亞蔬十號接種菌根菌降低外，其餘二品種大多增加，資料顯示不同番茄品種對鹽分忍受程度不一及鹽分處理對不同菌根番茄感染影響有所差異。鹽分處理對叢枝菌根菌番茄植體元素之影響，調查顯示鹽分逆境下三品種無論接菌與否植體元素互有高低，此可能與品種對離子吸收與傳送及不同菌根對番茄作用不同所致。三品種植體氮含量，農友 301 於無鹽分及鹽分逆境下接種菌根菌均增加，台中亞蔬十號則均下降；而三品種無論接菌與否於鹽分逆境下植物體鈉離子濃度均增加，且資料顯示接種菌根菌可降低番茄於鹽分逆境下鈉離子吸收。另調查鹽分處理對叢枝菌根菌番茄根部電解質之影響，三品種於無鹽分逆境下，根部電解質除農友 301 接菌與種苗七號接種 *Glomus mosseae* 降低外，其餘則增加，而三品種於鹽分逆境下接種菌根根部電解質均有增加趨勢，惟其電解質滲漏亦較高。

關鍵詞：內生菌根菌，番茄，生物性肥料

接受日期：2007 年 12 月 20 日

1.行政院農業委員會台南區農業改良場研究報告第 337 號。本研究承行政院農業委員會 96-農科-4.2.3-南 N1 (1) 計畫補助，特致謝忱。

2.行政院農業委員會台南區農業改良場助理研究員、副研究員及場長。712 台南縣新化鎮牧場 70 號。

前 言

番茄 (*Lycopersicon esculentum* Mill.) 為茄科，屬一、二年生草本植物。番茄富含維生素、醣類、酸類、纖維素、礦物質、蛋白質以及果膠等物質，故營養價值高，為普遍受世界各國歡迎的蔬菜作物，亦是台灣重要茄科蔬菜之一。根據台灣農業年報 90 年統計，民國 90 年全國番茄栽培面積為 4,459 公頃，總產量達 116,171 公噸，平均每公頃之番茄產量為 26,197 公斤，產區主要集中於中南部之彰化縣、南投縣、嘉義縣、台南縣、高雄縣等地。由於番茄露地栽培常遭逢天然災害及病蟲害發生嚴重的問題，因此部分栽培者乃設置簡易塑膠布溫室種植，唯設施栽培中，一般栽培者常以單純作物與高複作指數的方式進行週年栽培，因此，常會造成土壤物理、化學性質劣化，病蟲害轉趨嚴重，以及植物致毒或相剋(Allelopathy)等連作障礙的現象。番茄性喜溫暖乾燥而且日夜溫差大的氣候，我國平地均以裡作栽培為主(約佔總栽培面積 70%)，生產期集中在 11~4 月間。然而番茄的夏季栽培生產，已成為該產業的主軸，農民選擇栽種新推廣的優良品種及成熟的栽培技術來生產夏季蔬果，以供應夏季蔬菜的短缺需求，可是因夏季高溫多濕，多數番茄品種因夜溫過高，同化作用衰弱，呼吸作用旺盛，兩者不能平衡，及形成生理失調，如花芽分化不良，花器發育不全，花粉及雌蕊的生殖機能衰退，受粉率低，因此引起嚴重落花現象，致使結果不良，甚且完全不結果，或結果較小與植株水分吸收少造成果實缺鈣引起尻腐病，影響產業與品質(陳,2002)。土壤中過高的鹽分是有害作物生長的因子之一。世界各國學者對鹽分地之利用及改良的研究一向甚為重視。台灣濱海地區風大雨少灌溉不足，加上溫度高，水分蒸發量大於降雨量，經常造成鹽分在土壤累積而形成鹽地。依朱(1999)報告，台灣現存的鹽土面積約有五萬三千多公頃，佔耕地面積的 5.8%強。更由於近幾年來工業發展所引起的水源污染，不當地抽取地下水，所造成水質鹽化；以及近年因精緻設施農業的推廣，部分農地施用過多化學肥料且連作蔬菜等(行政院環保署,1990；陳,1992)，都致使鹽害土壤面積擴大。Sonneveld 和 Welles (1988) 指出番茄栽培介質導電度(Electrical Conductivity; EC 值)若超過 2.5dS/m 產量即降低，石和伊(2001)亦指出於夏季栽培番茄發現，養液 EC 值超過 1.5dS/m，尻腐病發生率會明顯提高，而且幼果期的尻腐病發生率高於成熟果。鹽分不只影響作物生長，甚或造成減產，農民收益受損。因此鹽害對植物生長發育影響的研究與探討更顯重要。植物的一生都與環境息息相關，是故植物要生長良好必須要有良好的生長環境。但自然條件往往瞬息發生改變，或因社會結構逐漸改變，或因人為因素逐次破壞，因而造成的不良環境，會直接地或間接地對植物造成傷害。不良環境乃是指不適於植物生長和發育的環境，而對植物體造成可見或不可見的傷害。根據 Levitt(1980)的解釋所謂逆境(stress)為作用於生物體上的外界因子。外界因子包括的種類很多，範圍也很廣。但主要來自於環境因子。如溫度的過高或過低，水分的過多或過少，還有土壤或灌溉水中過高的鹽分含量等。這種傷害輕則抑制植物生長和發育，使農作物品質低落與產量的下降，重則造成農作物的死亡，導致農民血本無歸，進而影響民生經濟。因此瞭解環境逆境對作物之影響並設法解決此一問題，一直是許多農業研究者極感興趣且極為重要的研究領域。人們設法改變環境壓力對作物生產之影響，一般採用二種方式：一、人為改變環境，減少環境逆境對作物的影響。如：灌溉、排水、溫室設施栽培等。二、人為改變植物對

環境逆境的反應。例如以育種或施用化學藥劑、接種有益微生物來改變植物的生長形式或生理狀態等，以增加植物對環境逆境抵抗力。對栽培者而言，設施的利用可說是較為便捷的改善方法。但這些保護措施若不能因應環境的快速變化即時調整，設施內往往又成爲另一種逆境。叢枝菌根菌(arbuscular mycorrhizal fungi, AMF)屬於接合菌綱(Zygomycetes)、繡球菌目(Glomales)，是一種存在土壤中能與 90%陸地植物部形成共生關係的有益真菌 (Smith and Read,1997)。叢枝菌根菌很能促進作物生長與增加產量，故可視爲是一種生物性肥料 (Azcon and El-Atrash,1997;Duan et al.,1996;Hirrel,1981)。尤其在一些逆境環境下菌根效果更爲明顯 (Al-karaki,2000;Auge,2001)。因此相較於一般減少環境壓力對作物生產的方法，爲植物接種叢枝菌根菌似乎不失爲另一較爲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，植株不能生長勢弱且增產效果顯著，才能有足夠經濟效益。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。在蔬菜方面，由於叢枝菌根菌無法感染十字花科蔬菜，而生長期長、栽培面積大的作物，如茄科、葫蘆科等果菜類蔬菜應用潛能較高。這些作物大多均需育苗，根據 Snellgrove and Stribley(1986)以洋蔥、Biermann and Linderman (1983)以天竺葵的研究顯示，在育苗期即進行接種，可即早發生感染並爭取更多共生時效。呂(1994,1995)指出，適當控制穴盤育苗條件可成功大量生產番茄及番椒菌根苗，鄔(2003)在其博士論文也指出，介質中混入 1/3 有機質肥料或每週施 1,000 倍之花寶四號溶液，能有效培育健壯的叢枝菌根苗。因此，本研究主要針對番茄，以一般農民慣用之育苗方式來探討建立叢枝菌根菌穴盤苗之可行性與最適條件。在作物生產中約有 60-80%的變異是由於環境變異所造成。在環境逆境中主要影響作物生產的是溫度高低、水分過多、缺水與鹽分含量過高。大部分農業生產地區靠雨水灌溉，但由於雨水分佈不均常造成乾旱或淹水的傷害。雖然灌溉系統已普遍建立，但灌溉後所造成鹽分累積的傷害是另一重要影響因子。因此，可預見在未來生存環境中，自然資源將逐漸減少，生存競爭壓力會日趨增加，植物遭受環境逆境也會愈來愈嚴重，而環境逆境的研究將愈來愈重要。番茄爲茄科作物是本省重要的蔬菜，且能與叢枝菌根菌共生良好。故以番茄來觀察鹽分逆境對叢枝菌根作物生長之影響，同時評估其耐逆境之能力。

材料與方法

一、接種叢枝菌根菌對番茄生育之影響

(一)菌根番茄苗感染與生育之影響

取番茄種子，種苗七號、台中亞蔬十號及農友 301 三品種，播種於 128 格 (3×3×4cm³) 穴盤中。育苗介質爲 BVB 四號 (Bas Van Buuren，成份爲德國白泥炭苔 70% ，黑泥炭苔 20% ，砂 10% ，pH6.32、EC0.706dS/m、有效磷爲 0.073%)。叢枝菌種爲 *Glomus etunicatum* Becker & Gerdemann，*Glomus mosseae* 二菌種，不接種爲對照組 (NM)。每穴處理接種量爲 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-P₂O₅-K₂O=25-5-20)溶液施

肥，每週一次，經育苗五週後逢機取五株，根洗淨以 2.5% (w/v) KOH 軟化，剪成 4 公分長，再以 0.05% 苯胺藍 (aniline blue) 進行透明染色 (Koske et al., 1989)，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)。並逢機取二十株量測株高、地上部及地下部之鮮、乾重。

(二)叢枝菌根菌對番茄果實產量與品質之影響

三番茄菌根苗定植於台南場簡易網室，試驗設計採逢機完全區集設計 (RCBD)，每區集 3 重複，每小區 16m²，株距 50cm，32 株，調查果實產量與品質。

二、叢枝菌根菌對番茄在鹽分逆境下生長之影響

二叢枝菌根苗及非菌根苗定植於盆鉢中進行鹽分處理。採用盆鉢方式栽培，砂質壤土為栽培介質。試驗之基礎養液採用山崎氏養液配方，養液成份為每 1,000 公升含 610gKNO₃、830gCa (NO₃)₂、500gMgSO₄、20gEDTA-Fe、2gH₃BO₃、2gMnSO₄·4H₂O、0.22gZnSO₄·7H₂O、0.05gCuSO₄·5H₂O、0.02gNaMoO₄·2H₂O、30gNH₄H₂PO₃ (王和吳, 1990)。生育期間每星期每盆供給 400ml 之養液，將番茄菌根苗及非菌根苗定植於 5 吋盆中，定植後二週進行鹽分處理。鹽分處理分為每週施用 2%NaCl 溶液三次，每次每盆 10ml，對照組則施以等量蒸餾水。每個處理 5 盆。所有盆栽均置於本場玻璃溫室內。番茄於定植六週後量測地上部與地下部鮮、乾重，並進行各項養分含量分析(鄔 2003)。

根的電解質及電解質滲漏率：將根洗淨切成 2 公分長，取 2.5g 片段加 25ml 去離子水，置入後 10、20、30 分鐘分別測定 EC 值，煮至沸騰，冷降至室溫，再測定 EC 值。

相對電解質滲漏率 = 加熱前 30 分鐘溶液之 EC 值 / 加熱後溶液之 EC 值 (Feng et al, 2002)

結果與討論

一、接種內生菌根菌對番茄育苗之影響

(一)菌根番茄苗感染與生育之影響

表一為番茄接種叢枝菌根菌育苗五週之植株生長及菌根感染情形。三個番茄品種接種內生菌根菌之菌根苗感染率檢測：完成叢枝菌根菌對番茄幼苗生長勢與感染率檢測，發現農友 301、種苗七號與台中亞蔬十號三番茄品種幼苗生長勢均以接種 *Glomus mosseae* 最佳，分別較未接菌增加 34.78%、8.2%與 24.13%；菌根感染率除種苗七號以接種 *Glomus mosseae* 和 *Glomus etunicatum* 二種混合最高外，其餘均以二品種接種 *Glomus etunicatum* 較高。

(二)叢枝菌根菌對番茄果實產量與品質之影響

菌根番茄苗於九十五年二月六日定植於台南場簡易網室，表六為接種菌根菌對番茄果實產量與品質之影響，調查資料顯示三品種番茄產量接菌處理均較未接菌者佳，顯示接種菌根菌有增產效果，果實品質方面接菌處理仍有較高糖度，又以種苗七號接種 *Glomus mosseae* 和 *Glomus etunicatum* 二種混合最佳。

二、叢枝菌根菌對番茄在鹽分逆境下生長之影響

(一) 鹽分處理對叢枝菌根菌番茄生長之影響

表一、叢枝菌根菌對番茄幼苗感染與生育之影響

Table 1. Lists growth conditions and infection rates of tomato seedlings inoculated with AMF over 5 weeks.

Varieties	AMF status	AMF colonization Rate (%)	Fresh weight of above-ground parts (g)	Dry weight of above-ground parts (g)	Fresh weight of under-ground Parts (g)	Dry weight of under-ground parts (g)
KOYE301	NM	nd c*	11.53b	1.57b	3.00c	0.55a
	G.e.	28.1a	11.58b	1.37c	2.95c	0.55a
	G.m.	19.7b	15.54a	1.92a	3.90a	0.44b
	G.mix	27.8a	11.46b	1.54b	3.34b	0.33c
TSS7	NM	nd d	14.52b	1.66c	3.14c	0.14c
	G.e.	35.9b	13.85b	1.45d	3.55b	0.13c
	G.m.	30.9c	15.71a	2.09a	4.39a	0.27a
	G.mix	44.7a	13.58b	1.92b	3.16c	0.18b
TCAV10	NM	nd d	10.98d	1.57c	3.83b	0.50a
	G.e.	41.9a	11.91c	1.76b	3.30c	0.16d
	G.m.	31.9b	13.63a	1.92a	4.12a	0.18c
	G.mix	24.1c	12.60b	1.79b	3.89b	0.36b

NM : non-mycorrhizal control

G.e. : *Glomus etunicatum*G.m. : *Glomus mosseae*G.mix : mixture of *Glomus etunicatum* and *Glomus mosseae*

nd : nondetected

* : Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

菌根番茄苗於九十四年八月五日定植於台南場玻璃溫室，定植後二週進行鹽分處理，四週後進行調查。表三、為鹽分處理四週後對叢枝菌根菌番茄生長之影響，二叢枝菌根苗及非菌根苗定植於盆鉢中進行鹽分處理。結果顯示三品種未接種菌根菌於鹽分逆境下地上部鮮及乾重，除種苗七號降低外，其餘兩品種則有上升趨勢，顯示種苗七號對鹽分較為敏感。農友 301 地上部及地下部鮮與乾重，在非鹽分與鹽分逆境下，接種菌根菌均有增加；種苗七號非鹽分與鹽分逆境下，接種菌根菌分別以二菌種混合及 *Glomus etunicatum* 之地上部鮮及乾重最佳；而台中亞蔬十號則無論在無鹽分與鹽分逆境下，接種菌根菌地上部鮮及乾重均較未接種差。種苗七號非鹽分與鹽分逆境下，地下部鮮及乾重分別以接種 *Glomus mosseae* 及二菌種混合之最佳，而台中亞蔬十號地下部鮮及乾重則分別以接種 *Glomus mosseae* 及 *Glomus etunicatum* 最佳。

圖一為鹽分處理對番茄地上部與地下部乾重比值之影響，資料顯示農友 301 除接種 *Glomus etunicatum* 於鹽分逆境下降外，其餘三處理均上升；種苗七號無論接菌與否於鹽分逆

表二、叢枝菌根菌對番茄果實產量與品質之影響

Table2. Impact of AMF inoculation on tomatoes yield and quality.

Varieties	AMF status	Yields (kg/0.1ha)	soluble solids ($^{\circ}$ Brix)	Titrateable acidity (%)	soluble solids / Titrateable acidity
KOYE301	NM	2911a*	5.71b	0.390b	14.86a
	G.e.	2938a	5.98a	0.432ab	13.09c
	G.m.	2929a	5.92a	0.523a	14.40ab
	G.mix	2961a	5.99a	0.443ab	14.38ab
TSS7	NM	3573b	5.38c	0.424ab	11.21a
	G.e.	3862a	5.53c	0.494a	12.09a
	G.m.	3810a	5.79b	0.437ab	12.93a
	G.mix	3824a	6.11a	0.409b	12.82a
TCAV10	NM	3263c	4.71ab	0.373a	11.88b
	G.e.	4661a	4.70ab	0.361a	12.75ab
	G.m.	3761b	4.87a	0.363a	13.51a
	G.mix	3427bc	4.64b	0.369a	12.63ab

NM : non-mycorrhizal control

G.e. : *Glomus etunicatum*

G.m. : *Glomus mosseae*

G.mix : mixture of *Glomus etunicatum* and *Glomus mosseae*

* : Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

境下地上部與地下部乾重比值均有下降趨勢，且以接種 *Glomus etunicatum* 最佳，作者前亦曾以種苗七號接種 *Glomus etunicatum* 於田間發現可延長採收期。而台中亞蔬十號則除接種二菌種混合於鹽分逆境下降外，其餘三處理均上升。上述資料顯示不同番茄品種對鹽分忍受程度不一及鹽分處理對不同菌根番茄感染影響有所差異。

表四與表五為鹽分處理四週後對叢枝菌根菌番茄植體元素之影響。調查顯示鹽分逆境下三品種植體元素互有高低，此可能與不同品種於鹽分逆境下對離子吸收與傳送有異所致。而接菌處理於無鹽分與鹽分逆境下三番茄品種植體元素互有高低，可能是鹽分處理對不同菌根番茄感染影響有所差異所致。三品種植體氮含量農友 301 於無鹽分及鹽分逆境下接種菌根菌均增加，台中亞蔬十號則均下降；而三品種無論接菌與否於鹽分逆境下植物體鈉離子濃度均增加，且資料顯示接種菌根菌可降低番茄於鹽分逆境下鈉離子吸收。

上述試驗結果的差異性充分顯示了菌根菌的生物特性，其增產功效必須在外界環境有利時方能發揮，而其中以充足光照極為重要，因為菌根菌係利用植物光合產物來輔助根系吸收無機養分。

表三、鹽分處理對叢枝菌根菌番茄生長之影響

Table2. Growth conditions of tomatoes inoculated with AMF under salt stress.

Varieties	Treatments	AMF status	Fresh weight of above-ground parts (g)	Dry weight of above-ground parts (g)	Fresh weight of under-ground parts (g)	Dry weight of under-ground parts (g)
KOYE301	-S	NM	279e*	29.4d	7.90g	2.0e
		G.e.	361d	34.8c	12.7d	2.8c
		G.m.	283e	33.2c	11.3e	3.2a
		G.mix	490a	38.2b	16.0a	3.0b
	+S	NM	283e	41.0b	10.0f	2.4d
		G.e.	363d	33.8c	15.4b	3.2a
		G.m.	405c	40.4b	16.1a	3.0b
		G.mix	449b	46.8a	14.5c	2.8c
TSS7	-S	NM	444b	50.8b	13.6f	3.2d
		G.e.	407c	44.8c	9.70g	2.8e
		G.m.	247g	56.4a	20.2c	3.8b
		G.mix	465a	27.2g	13.4f	3.2d
	+S	NM	326e	35.6e	16.0d	3.4c
		G.e.	408c	56.6a	22.2b	3.8b
		G.m.	351d	37.4d	14.9e	3.2d
		G.mix	276f	29.2f	25.1a	4.8a
TCAV10	-S	NM	412b	43.6b	14.0d	3.4b
		G.e.	272e	34.2e	13.3e	3.2c
		G.m.	362c	44.2b	14.3cd	3.6a
		G.mix	207f	33.6e	6.70g	1.8f
	+S	NM	533a	55.8a	15.3b	2.4e
		G.e.	361c	37.8d	18.9a	3.4b
		G.m.	329d	40.4c	12.4f	2.8d
		G.mix	271e	33.6e	14.5c	3.2c

NM : non-mycorrhizal control

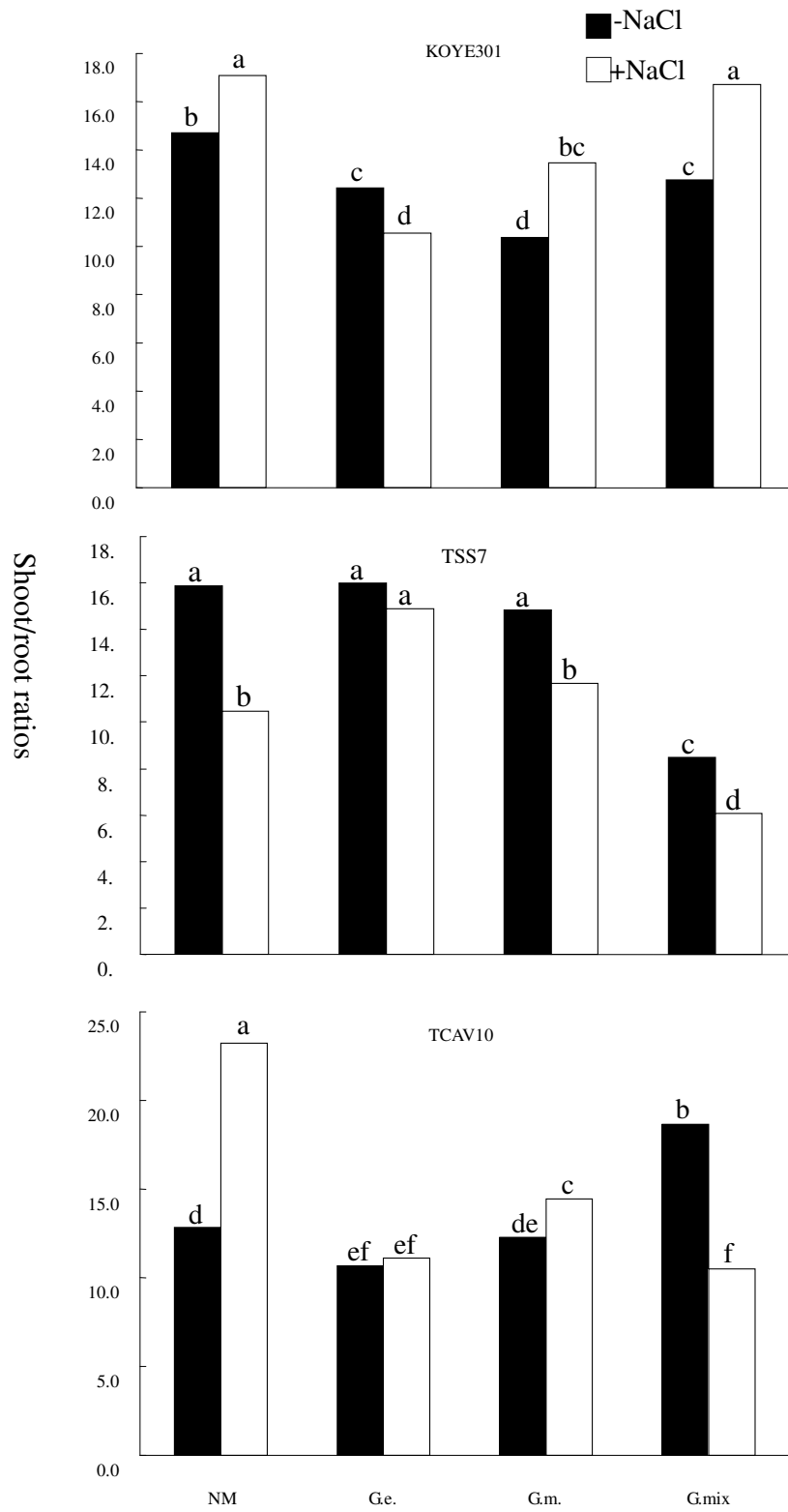
G.e. : *Glomus etunicatum*

G.m. : *Glomus mosseae*

G.mix : mixture of *Glomus etunicatum* and *Glomus mosseae*

-S : applied with pure water, +S : applied with 2%NaCl solution

* : Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.



圖一、鹽分處理對番茄地上部/地下部比值之影響
 Fig1. Shoot/root ratios of tomatoes inoculated with AMF under salt stress.

表四、鹽分處理對叢枝菌根菌番茄植體元素之影響

Table4. Element content of tomatoes inoculated with AMF under salt stress.

Varieties	Treatments	AMF status	N	P	K	Ca	Mg
			(%)				
KOYE301	-S	NM	2.820f*	0.122e	4.938b	2.388f	0.750d
		G.e.	3.380e	0.139d	5.263a	2.588d	0.850c
		G.m.	3.430e	0.108f	4.744c	2.481e	0.688e
		G.mix	3.920b	0.188a	4.238e	2.700c	0.813d
	+S	NM	3.690c	0.171b	4.763c	2.838a	0.850c
		G.e.	4.030a	0.165b	4.381d	2.831ab	0.913a
		G.m.	3.560d	0.153c	4.900b	2.794b	0.888b
		G.mix	4.000ab	0.157c	4.788c	2.556d	0.838c
TSS7	-S	NM	3.370d	0.111e	4.613d	2.425e	0.713h
		G.e.	3.820a	0.156a	4.613d	2.488d	0.775d
		G.m.	3.410d	0.128c	4.763c	2.744b	0.738g
		G.mix	3.720b	0.144b	4.869b	2.788b	0.800b
	+S	NM	3.790ab	0.142b	4.369e	2.919a	0.813a
		G.e.	3.500c	0.162a	4.950a	2.644c	0.788c
		G.m.	3.360d	0.119d	4.175g	2.619c	0.750f
		G.mix	3.410d	0.133c	4.269f	2.590c	0.763e
-S	NM	4.370a	0.153d	4.819a	2.781b	0.750d	
	G.e.	3.180ef	0.263a	3.900d	2.275e	0.688f	
	G.m.	3.120f	0.098e	4.088c	2.375d	0.725c	
	G.mix	3.450d	0.097e	3.288f	1.713f	0.438h	
TCAV10	+S	NM	4.190b	0.176c	4.088c	2.913a	0.888a
		G.e.	3.650c	0.185b	4.469b	2.438c	0.838b
		G.m.	3.390d	0.084f	3.775de	2.369d	0.675g
		G.mix	3.230e	0.096e	3.625e	2.450e	0.700e

NM : non-mycorrhizal control

G.e. : *Glomus etunicatum*

G.m. : *Glomus mosseae*

G.mix : mixture of *Glomus etunicatum* and *Glomus mosseae*

-S : applied with pure water, +S : applied with 2%NaCl solution

* : Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

表五、鹽分處理四週後對叢枝菌根菌番茄植體元素之影響

Table5. Element content of tomatoes inoculated with AMF under salt stress.

Varieties	Treatments	AMF status	(mg/kg)				
			Zn	Cu	Fe	Mn	Na
KOYE301	-S	NM	26.3g*	8.80b	2656d	50.0d	1953f
		G.e.	35.0d	10.0a	2438e	58.8b	1891f
		G.m.	28.8f	7.50c	3500b	55.0c	1563g
		G.mix	31.3e	8.80b	3813a	60.0b	4953b
	+S	NM	43.8b	10.0a	2844c	58.8b	4469c
		G.e.	37.5c	8.80b	2844c	58.8b	5047a
		G.m.	28.8f	8.80b	2344ef	61.3a	4156d
		G.mix	47.5a	7.50c	2281f	62.5a	3828e
TSS7	-S	NM	35.0a	10.0a	2625ef	68.8a	1703e
		G.e.	32.5b	10.0a	4313a	63.8b	1625ef
		G.m.	30.0d	8.80b	2688e	56.3e	1422g
		G.mix	28.8e	10.0a	3656c	58.8d	1547f
	+S	NM	27.5f	8.80b	3656c	65.0b	5250a
		G.e.	30.0d	10.0a	3031d	56.3e	3953d
		G.m.	31.3c	10.0a	4063b	61.3c	4766b
		G.mix	28.8e	8.80b	2469f	48.8f	4234c
TCAV10	-S	NM	28.8c	8.80d	2625e	65.0b	1656b
		G.e.	26.3e	15.0a	4313c	55.0d	1641b
		G.m.	26.3e	7.50e	2469f	56.3d	1563b
		G.mix	18.8f	6.30f	2250g	32.5e	1313b
	+S	NM	31.3b	11.3c	1719h	72.5a	4484a
		G.e.	27.5d	12.5b	4594a	60.0c	1766b
		G.m.	28.8c	7.50e	3250d	61.3c	4531a
		G.mix	33.8a	7.50e	4406b	63.8d	4609a

NM : non-mycorrhizal control

G.e. : *Glomus etunicatum*

G.m. : *Glomus mosseae*

G.mix : mixture of *Glomus etunicatum* and *Glomus mosseae*

-S : applied with pure water, +S : applied with 2%NaCl solution

* : Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

(二)根部電解質分析

表六為鹽分處理對叢枝菌根菌番茄根部電解質之影響。三品種於無鹽分逆境下，根部電解質除農友 301 接菌與種苗七號接菌 *Glomus mosseae* 降低外，其餘則增加，而三品種於鹽分逆境下接菌菌根根部電解質均有增加趨勢。植物種類不同，當遭受鹽分逆境時其各部位的反應也不同。但主要二大傷害是：一、滲透作用所造成的缺水障害；二、離子吸收過多的毒害。鹽分對植物光合作用的影響，依植物與植物發育階段而異。一般可能是因鹽分干擾碳水化合

物代謝而改變葉片汁液滲透濃度、水分潛勢與氣孔行為，因叢枝菌根菌需宿主植物提供光合產物，故任何影響光合產物的因素自然也會影響叢枝菌根發展與功能。許多學者指出當植物於鹽分逆境下其滲透調解物質會增加，本研究顯示菌根番茄根部有較高的電解質濃度，可能表示叢枝菌根植株具有較高的滲透調節能力，可增加其耐鹽性。惟其電解質滲漏在三品種菌根番茄亦較高，此表示叢枝菌根番茄耐鹽分逆境的機制仍有很多不清楚，有待進一步的研究。

表六、叢枝菌根菌對番茄在鹽分逆境下根部電解質之影響

Table6. Root electorares of tomatoes inoculated with AMF under salt stress.

Varieties	Treatments	AMF status	Electrolyte leakage(dS/m)			Electrolyte (dS/m)	Relative permeability (%)
			10min	20 min	30 min		
KOYE301	-S	NM	0.237cd*	0.292cd	0.319c	2.273b	14.0c
		G.e.	0.190d	0.219d	0.241c	1.800c	13.4c
		G.m.	0.191cd	0.223cd	0.234c	1.757c	13.3c
		G.mix	0.244cd	0.281cd	0.296c	2.194bc	13.5c
	+S	NM	0.239cd	0.281cd	0.301c	2.123b	14.2c
		G.e.	0.734a	0.801a	0.839a	3.093a	27.1a
		G.m.	0.293c	0.324c	0.343c	2.570b	13.3c
		G.mix	0.468b	0.498b	0.548b	2.607b	21.0b
TSS7	-S	NM	0.191d	0.229d	0.243e	1.776cd	13.7c
		G.e.	0.198d	0.245d	0.265e	1.796cd	14.8c
		G.m.	0.257d	0.273d	0.300e	1.440d	20.8b
		G.mix	0.401bc	0.434cd	0.483cd	2.163c	22.3b
	+S	NM	0.448b	0.510b	0.586bc	2.863bc	20.5b
		G.e.	0.871a	0.995a	1.043a	3.363a	31.0a
		G.m.	0.365bc	0.405cd	0.428d	2.036cd	21.0b
		G.mix	0.510b	0.590b	0.633b	2.727b	23.2b
TCAV10	-S	NM	0.315bcd	0.363cd	0.402b	1.950d	20.6b
		G.e.	0.190d	0.233d	0.243c	2.078d	11.7d
		G.m.	0.312bcd	0.349cd	0.379bc	2.146cd	17.7bc
		G.mix	0.224bc	0.261cd	0.333bc	2.064d	16.1c
	+S	NM	0.323b	0.385b	0.419b	2.570abc	16.3c
		G.e.	0.342b	0.392b	0.407b	2.417abc	16.8bc
		G.m.	0.599a	0.650a	0.701a	2.737bc	25.6a
		G.mix	0.368b	0.770a	0.823a	2.954a	27.9a

NM : non-mycorrhizal control

G.e. : *Glomus etunicatum*

G.m. : *Glomus mosseae*

G.mix : mixture of *Glomus etunicatum* and *Glomus mosseae*

-S : applied with pure water, +S : applied with 2%NaCl solution

* : Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

結 論

叢枝菌根菌是一類存在土壤中能與許多植物共生之有益真菌。由於這類真菌在感染植物後，會向根外延伸出 8-10 公分如根毛般的根外菌絲。因此有助於增加植物根部的吸收面積，特別是對氮、磷等養分的吸收效果尤其顯著。還能增加宿主植物對環境逆境之忍耐性或抗病性。番茄為富含固形物及維生素 C 的營養價值高的果菜類作物，用途廣泛，可供生食、炒食或加工製罐（醬、粒、糊和果汁）等，為世界性重要的蔬菜之一，目前我國栽培面積約達 4,500 公頃，是具有發展潛力蔬菜之一。本試驗瞭解接種菌根菌對不同番茄品種感染及苗期生育健化情形，並進一步瞭解接種菌根菌對番茄在鹽分逆境下生育之影響，發現農友 301、種苗七號與台中亞蔬十號三番茄品種幼苗生長勢均以接種 *Glomus mosseae* 最佳，分別較未接菌增加 34.78%、8.2%與 24.13%；菌根感染率除種苗七號以接種 *Glomus mosseae* 和 *Glomus etunicatum* 二種混合最高外，其餘均以二品種接種 *Glomus etunicatum* 較高。番茄果實產量與品質之影響，三品種產量接菌處理均較未接菌者佳，顯示接種菌根菌有增產效果，果實品質方面接菌處理仍有較高糖度，又以種苗七號接種 *Glomus mosseae* 和 *Glomus etunicatum* 二種混合最佳。鹽分處理四週後對叢枝菌根菌番茄生長之影響，資料顯示不同番茄品種對鹽分忍受程度不一及鹽分處理對不同菌根番茄感染影響有所差異。而鹽分逆境對叢枝菌根菌番茄植體元素之影響，調查顯示鹽分逆境下三品種植體元素互有高低，此可能與品種於鹽分逆境下對離子吸收與傳送有異所致。而接菌處理於無鹽分與鹽分逆境下，三番茄品種植體元素互有高低，可能是鹽分處理對不同菌根番茄感染影響有所差異所致。三品種植體氮含量農友 301 於無鹽分及鹽分逆境下，接種菌根菌均增加，台中亞蔬十號則均下降；而三品種無論接菌與否於鹽分逆境下，植物體鈉離子濃度均增加，且資料顯示接種菌根菌可降低番茄於鹽分逆境下鈉離子吸收。鹽分處理對叢枝菌根菌番茄根部電解質之影響，三品種於無鹽分逆境下，根部電解質除台中亞蔬十號接菌、與種苗七號接種 *Glomus etunicatum* 增加外，其餘則降低，三品種於鹽分逆境下接種菌根根部電解質均有增加趨勢，惟其電解質滲漏亦較高。許多研究發現叢枝菌根菌可促進宿主植物在鹽分逆境下生長，本研究顯示菌根番茄根部有較高的電解質濃度，且可降低鹽分逆境下鈉離子吸收，可能表示叢枝菌根植株具有較高的滲透調節能力，可增加其耐鹽性。惟其電解質滲漏在三品種菌根番茄亦較高，此表示叢枝菌根番茄耐鹽分逆境的機制仍有很多不清楚，有待進一步的研究。本研究顯示叢枝菌根菌對某些番茄品種在鹽分逆境下可促進生長，其可能機制值得進一步探討。

引用文獻

- 1.王銀波,吳正宗.1990.培養液之理論與實際.養液栽培技術講習會專刊第三輯.台灣省農林廳農業試驗所編印,pp.14-26.

- 2.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
- 3.行政院農業委員會、台灣省政府農林廳.1996. 作物施肥手冊 pp · 143-145
- 4.行政院農業委員會.2001.根瘤菌、菌根菌等微生物肥料應用與推廣. 合理化施肥推廣手冊 5 pp.32
- 5.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
- 6.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
- 7.李玉玲.1995.微生物肥料在農業上之應用. 嘉義農專農藝學報.27:81-87
- 8.吳繼光.1994.台灣內生菌根資源調查與種緣開發微生物肥料之開發與利用研討會專刊. pp.131-156. 台灣省農業試驗所嘉義分所
- 9.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.
- 10.林素楨、林淑媛、吳繼光.2001.微生物接種對洋桔梗生長與植體磷變化之研究. 中華農業研究.50(4):66-73
- 11.程永雄、杜金池、鄭安秀、陳紹崇.1991.內生菌根菌在洋香瓜栽培上之應用. 台灣農業.27:53-55
- 12.程永雄、莊明富、杜金池.1993.內生菌根菌 *Glomus clarum* 應用在洋香瓜生產上之效益評估. 中華農業研究.42(1):74-84
- 13.楊秋忠.1997.固氮菌及溶磷菌的應用及發展有益微生物在農業上之應用研討會專刊 pp.11-26
- 14.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.
- 15.陳正次.2002. 番茄病蟲害與生理障礙的防治.番茄品種特性與栽培技術全輯.行政院農委會種苗改良繁殖場印行 pp.56-78.
- 16.彭德昌.2000. 微生物接種對無子西瓜生育與產量之影響. 花蓮區農業改良場研究彙報. 18:61-68
- 17.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.pp.90-112.
- 18.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.
- 19.Ackerson, R.C. 1981. Osmoregulation in cotton in response to water stress. *Plant Physiol.*67: 489-493.
- 20.Adams, P. 1992. Crop nutrition in hydroponics. *Acta Hort.* 323:289-305.
- 21.Adams, P. and L. C. Ho. 1993. Effects of environment on the uptake and distribution of calcium in tomato and on the incidence of blossom-end rot. *Plant soil.* 154:127-132.
- 22.Al-Karaki, G..N., A. Al-Raddad, and R.B.Clark. 1998. Water stress and mycorrhizal isolate effects on growth and nutrient acquisition of wheat. *J. Plant Nutri.* 21: 891-902.
- 23.Al-Karaki, G. N, R. Hammad, and M. Rusan. 2001. Response of two tomato cultivars differing in

- salt tolerance to inoculation with mycorrhizal fungi under salt stress. *Mycorrhiza* 11:43-47.
24. Azcon, R. and F. El-Atrash. 1997. Influence of arbuscular mycorrhizae and phosphorus fertilization on growth, nodulation and N₂ fixation (¹⁵N) in *Medicago sativa* at four salinity levels. *Biol. Fertil. Soils* 24:81-86.
25. Auge, R. M.. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* 11: 3-42.
26. Biermann, B. J. and R. G. Linderman. 1983. Increased geranium growth using pre-transplant inoculation with a mycorrhizal fungus. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108: 972-976.
27. Feng, G., F. S. Zhang, X. L. Li, C. Y. Tian, C. Tang, and Z. Rengel. 2002. Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. *Mycorrhiza* 12: 185-190.
28. Koske, R. E. and J. W. Gemma. 1989. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizae. *Mycol. Res.* 92: 486-505.
29. Smith, S.E. and D.J.Read.1997.*Mycorrhizal symbiosis*,2nded.London,Uk:Academic Press.pp.605.Smith, G. S. and R. W. Roncadori. 1986. Responses of three vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi at four soil temperatures and their effects on cotton growth. *NewPhytol.* 104: 89-95.

Influence of Environmental Stress on the Growth of Mycorrhizal Tomato¹

Huang J.C., J.C. Lin and S. N. Huang²

Abstract

This experiment is attempted to explore the effect of endomycorrhizal fungi *Glomus* spp. and the effect of endomycorrhiza under environmental stress on the growth and yield of tomato. Results showed that higher fresh and dry weight of the above-ground parts were obtained in the plants of the three tomato varieties inoculated with *Glomus mosseae*. Fresh weight for the tomato varieties Kyown ye 301, Taiwan seed service NO.7 and Taichung AVROC NO.10 increased 34.78%, 8.2%, and 24.13%, respectively. Three varieties except Taiwan seed service NO.7 *Glomus* spp.-noninoculated were found with better fresh and dry weight in the treatments under salinity stress. It means that Taiwan seed service NO.7 is more sensitivity to salinity stress. In the inoculated treatments except the variety Taichung AVROC NO.10, plant growth was found better whether they were under salinity stress or not. The content of mineral elements varied among all treatments under salinity stress whether they were inoculated with *Glomus* spp. or not. Kyown ye 301 noninoculated with *Glomus* spp. were found with higher nitrogen and calcium content in the plant under salinity stress. Sodium ion concentration of three varieties increased under salinity stress, and inoculated with *Glomus* spp. reduced sodium ion absorbability. Under stress condition without salts, the electorates increased roots of Kyown ye 301 inoculated with mycorrhiza and Taiwan seed service NO.7 inoculated with *Glomus mosseae* and the electorates increased in the rest of the treatments. However, under stress condition with salts, the electorates were all increased in all the treatments with significant leaking of the electorates. Yield and quality of the fruits on all three varieties were better in the treatments inoculated with mycorrhiza. Higher Brix was also observed in the treatment with mycorrhiza. The best combination was observed in the variety Taiwan seed service NO.7 inoculated with *Glomus mosseae* and *Glomus etunicatum*.

Keyword : Endomycorrhiza , Tomato , Biofertilizer

Accepted for publication : 20 December, 2007

1. Contribution No.337 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station, C.O.A.

2. Assistant Researcher, Associate Agronomist and Director General, Tainan District Agricultural Research and Extension Station, 70 Muchang, Sin-hua, Tainan, 712, Taiwan, R.O.C.