#18671
1011.51
5531/v.49

ISSN 0376-477X

中華農業研究

第四十九卷　　第一期

目　次

水稻育苗板台農一號之研製
.....賴吉雄 楊清祥 陳邦華 陳烈夫 陳志昇 劉大江… 1
仙草新品種農試1號之育成.....胡敏夫 劉新裕 羅淑卿 盧煌勝…12
簡化綠豆種原形態結構多樣性之研究.....陳　述 陳　成 范明仁 鄒篤生…26
乳酸發酵甜瓜汁之研究.....楊淑惠 簡伯容…35
殺草劑因子對叢枝內生菌根菌族群變動之影響
.....吳繼光 林淑媛 林素禎…42
叢枝菌根菌接種對香水百合鱗莖生長與磷含量之影響.....吳繼光 林素禎…50
微生物接種對於火鶴花(*Anthurium andraeanum*)組織培養苗生育之影響
.....吳繼光 林素禎 林淑媛 莊耿彰…57
微生物接種對苦柚及文旦柚種苗生長之效應
.....林素禎 黃山內 洪崑煌 吳繼光…63
蓮霧農場技術效率之分析.....楊世華 陳唐平 潘德芳…76

中華民國八十九年三月

行政院農業委員會農業試驗所出版

中華民國　臺灣省　臺中縣　霧峰鄉

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(1): 1～11 (2000)

水稻育苗板台農一號之研製[1]

賴吉雄 楊清祥 陳邦華 陳烈夫 陳志昇[2] 劉大江[3]

摘要：由於水稻育苗用土取得漸趨不易，爲探求土壤替代介質，研創以瓦楞紙板爲材料，板面每平方公分鑽一直徑0.4 cm之沖孔，配合水耕栽培給予營養方式，完成無土育苗介質「台農一號水稻育苗板」之研發；與傳統式土壤育苗比較，所育成秧苗在移植期之苗高、苗齡及苗乾物重均無顯著差異。以育成秧苗進行田間試驗，除插秧缺株率略高於土壤育成秧苗，唯仍符合我國國家標準（CNS）外，其他農藝性狀與產量等表現均與對照處理無顯著差異。本項研發成果並取得我國及日本、韓國等三國專利。

關鍵詞：水稻育苗板、水稻無土秧苗、育苗介質。

前　言

水稻爲我國最重要之糧食作物，亦爲將來我國農業國際化、自由化後，基於軍需民食、國家安全、環境景觀及生態維護等之需要，國內仍需大量維持之重要產業；因此改進水稻農場經營作業方法，提高業者經營興趣，以穩定稻米生產，乃成爲農業界的重要課題。目前水稻生產除少數以直播或再生栽培外，大多以育苗移植方式栽培，現行育苗方法係以土壤爲育苗介質，在塑膠製育苗箱內裝入土壤後播種，其土壤來源爲田土、河土或山土，在作業過程中需經取土、運土、碎土、篩土及裝土等繁雜而又粗重之工作。此外，栽培一公頃水稻需一公噸以上之育苗土，近年來由於國內水土保持與環保意識逐漸高漲，土壤取得逐漸不易，並常有土壤質地不合乎秧苗生長或含有雜菌，影響秧苗生育；同時國人對於從事體力負荷粗重工作之意願趨減，雇工亦因之漸感不易，成爲水稻育苗作業上的兩項新難題。

張等[7]曾以各種不同土壤及其他纖維材料，如稻草、蔗渣、粗糠等加壓成型，進行育苗試驗，然因此等纖維物料未經發酵腐爛，尚有彈性，雖加高壓至50 t/cm^2，因受材料膨脹影響，成型後韌性不夠，容易破裂。後又以紙漿打碎成型之保鮮墊育苗，結果雖秧苗生長良好，可代替土壤育苗，然而尚有質料太輕、插秧時易滑落、材料昂貴、插秧株數不平均等缺點。侯及陳[4]利用廢棄之穀殼製成育苗板，經試驗得知最佳組合材料爲經每吋30目篩子篩過之粉碎穀殼加上紙漿及泥炭土，由此種材料製成之育苗板其厚度約1.3 cm，每片乾重約550 g，pH值爲5.7，含水量約10.2%，並含有多量之矽及鉀；此種育苗板具有質料輕、價格低廉、可節省勞力及操作簡便等優點，所育成之秧苗稈較強硬，苗根健旺，生育及插秧情形與一般粉土育苗無異。但由於材料混合過程繁瑣，未能達到工業化量產技術階段，因此未能推廣於農民。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所　研究報告第2008號。

2. 本所農場管理室研究員兼主任、助理研究員、助理研究員、助理、助理。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

3. 本所研究員兼副所長。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

國內外有關作物育苗所需介質之研究文獻很多，但有關水稻秧苗栽培介質方面的報告則較少見。一般而言，良好的介質材料應考慮其物理性、化學性及生物性[1]，Cull[10]亦認爲應將本土性及經濟因素加以考量。現今已有許多價格便宜之廢棄物被應用於園藝栽培介質上，如木屑[11]、樹皮[12]、褐煤[13]、煤渣[15]、玉米穗軸[2]、甘蔗渣[14]、金針菇堆肥[5]等，但這些介質並非在每一地區及時期皆能充分供應，其材料質量成分亦每不一致。此種根據各地區之特性，利用特有之剩餘物資做爲栽培介質，以降低成本，同時避開潛存於土壤之病原以減少病害等因素，開發替代土壤之育苗介質，在水稻方面迄無有效突破。

爲解決上述育苗取土之困難及減少育苗之投資，節省育苗勞力，行政院農業委員會農業試驗所乃進行無土育苗介質之研發，以前人之研究成果與經驗爲基礎，嘗試以無土育苗介質建立新的水稻育苗作業方法，探討水稻育苗介質「零件化」之可行性。經研創以瓦楞紙板爲材料，配合水耕栽培給予營養的方式，完成無土育苗介質之研發，兼具解決取土不易困難及改善原有繁重作業等多項優點。所研發之育苗板經以「台農一號水稻育苗板」、「水稻の苗の育成裝置」及「Assembly of a Seed Tray」分別向我國、日本及韓國提出專利申請，均先後獲得核准。

本文詳述「台農一號水稻育苗板」之設計與使用方式，同時爲瞭解所育成秧苗在移植於田間後水稻植株在全生育期的表現，以及與傳統式土壤育苗之間是否有差異存在，經進行一年兩期作的田間試驗，所得結果合併報告如下。

材料與方法

一、「台農一號水稻育苗板」之研創設計與應用方式

爲尋找水稻育苗板之土壤替代介質，本所曾以舊報紙、紙板、不織布、棉布、保麗龍、泡棉、稻草及其他農場廢棄物爲材料，以直接運作、碎化、混合、泥化、固化、沖孔、結繩編織等不同方式，進行育苗實作試驗，包括裝箱、播種、灑水、催芽、綠化、施肥、秧苗生育管理、取苗、插秧等作業程序，結果或因秧苗發育不良，或因秧苗無法順利插秧等原因，均未能獲得理想結果。其後發現將瓦楞紙沖孔並移於浮根式水耕培養環境下，可有較佳之表現，經多次調整沖孔直徑與數量，最後確定以板面每平方公分鑽一直徑0.4 cm之沖孔，所育成秧苗之性狀與土壤育成秧苗幾無差異。又爲使農民便於運用，研發以清淨灌溉水添加千分之一台肥43號肥料（N：P：K：Mg＝15：15：15：4），取代浮根式水耕培養之養液，亦得到相同結果。

新研發之「台農一號水稻育苗板」(圖1至圖3) 係以一般做爲紙箱材料之瓦楞紙板爲材料，原形板(圖1之10) 係配合插秧機與目前一般使用之塑膠製水稻育苗箱作業需要，將瓦楞紙板 (厚度爲0.8 cm) 裁剪成長57 cm、寬27 cm之規格；此一規格在量產時得視育苗箱與插秧機之需要予以調整，但其長、寬均應小於育苗箱內框，其間隙應足以吸收育苗板浸水膨脹後之空間；板面每平方公分鑽一直徑0.4 cm之沖孔（圖1之11）。

播種時將「台農一號水稻育苗板」直接置於塑膠製育苗箱（圖1之20）內，連同育苗箱推上現行水稻播種機上，經灑水充分濕潤、播下種子（圖1之21）、覆蓋、然後連同育苗箱堆積保濕催芽，於芽長1 cm左右時移置於綠化場（圖1之30）進行靜態浮根式水耕培養及相關育苗管理。

水稻種子需先經消毒、浸種等處理，播種量爲每箱種子濕重250 g左右。覆蓋係每箱使用腐熟稻草150 g或2 kg育苗土(均需消毒)。催芽時注意保持濕潤狀態，一期作並注意保溫。水耕培養配方係以清淨之灌溉水添加千分之一台肥43號肥料調製水溶液，1998年二期作育苗期間更換養液二次，1999年一期作更換養液三次。

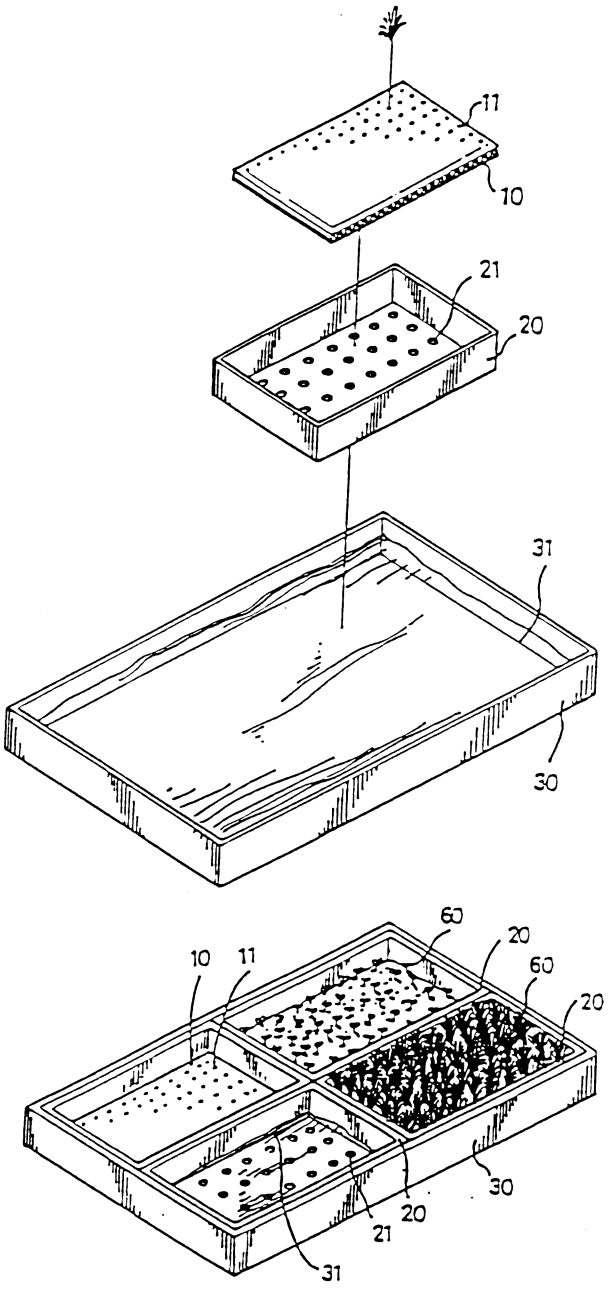


圖1. 臺農一號水稻育苗板及其育苗裝置實施應用立體分解圖及立體外觀圖

Fig. 1. Appearance and structure of the Tainung No. 1 tray for the nursery of rice seedlings.

10: 瓦楞紙板 (board paper): 11: 沖孔 (drilled holes): 20: 育苗箱 (plastic nursery tray): 21: 稻種播放瓦楞紙板面 (steeped seeds placed on the surface of the board paper): 30:綠化架 (facility for the greening of seedlings): 31：水耕營養源 (nutrient solution absorbed by the board paper): 60: 秧苗 (rice seedlings)

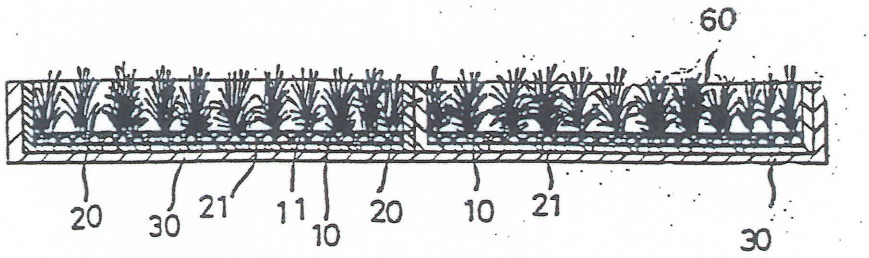


圖2. 臺農一號水稻育苗板育成秧苗剖面圖

Fig. 2. Cross section of rice seedlings raised in a Tainung No. 1 tray

10: 瓦楞紙板 (board paper): 11: 沖孔 (drilled holes): 20: 育苗箱 (plastic nursery tray): 21: 稻種播放瓦楞紙板面 (steeped seeds placed on the surface of he board paper): 30:綠化架 (facility for the greening of seedlings): 31：水耕營養源 (nutrient solution absorbed by the board paper): 60: 秧苗 (rice seedlings)

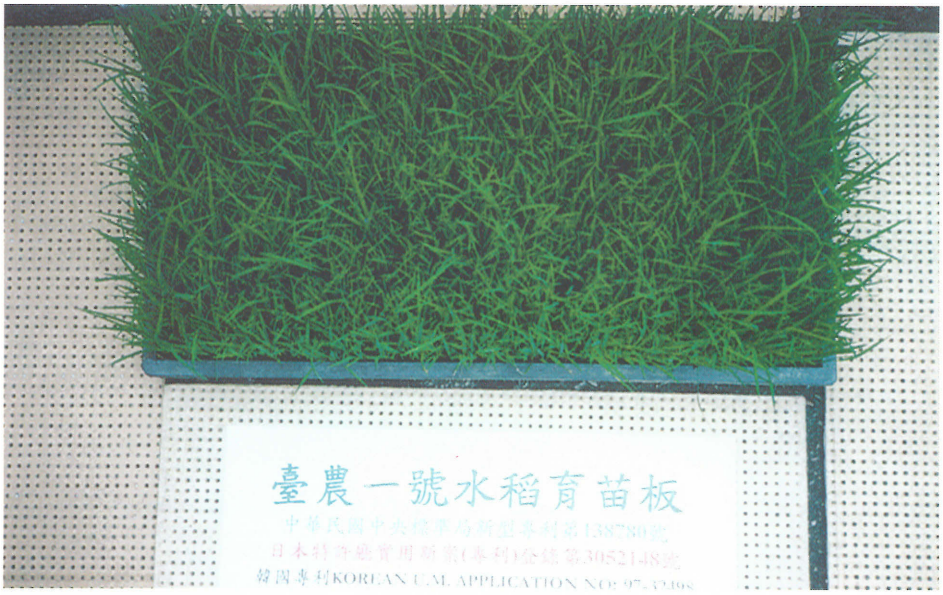


圖3. 臺農一號水稻育苗板及育成秧苗照片

Fig. 3. Tainung No. 1 tray and the raised rice seedlings



圖4. 臺農一號水稻育苗板 (TNG 1) 與傳統土壤育苗 (CK) 育成秧苗照片

Fig. 4. Rice seedlings raised in Tainung No.1 tray (TNG 1) and the traditional soil-contain

綠化場係沿用本所原有土壤育苗之綠化場，但避免水份滲漏。給水深度開始時以達稻種底部爲原則，然後視秧苗（圖2之60）生長高度逐漸提高，每2-3天換水一次。秧苗綠化期間可視稻苗生育狀況酌施追肥；此外，第一期作應注意防寒，第二期作應注意避免水溫過高，如有鳥害顧慮亦應妥爲防範。其他管理比照現行土壤育苗，於稻苗高度12公分左右且苗齡達3.0以上時（圖3、4）即可以插秧機移植於本田。

二、育成秧苗田間試驗

本試驗以水稻台農67號 (Tainung 67, TNG 67) 及台稉8號 (Taikeng 8, TK8) 兩品種爲供試材料，分別以台農一號水稻育苗板及一般慣行土壤育苗 (對照組) 處理，於1998年二期作及1999年一期作在本所農場進行試驗。培育秧苗的各項作業過程，均係本所歷經長期試驗之結果，故於「結果與討論」部份亦詳加敘述。

1998年第二期作與1999年第一期作之田間插秧日期分別爲7月27日及2月5日，每小區以機械插植12行，行長40公尺；以兩個品種及兩種育苗方式爲處理，採逢機排列，重複三次。插秧時之行株距在1998年二期作爲30×24 cm，在1999年一期作爲30×20 cm，兩個期作有所不同，亦較一般慣用之行株距 (30×15 cm) 疏植，主要原因爲試驗田區廣大，經斟酌插秧日全部田間土壤於整地後之沉積程度，因而採行較寬之株距移植。本試驗主要目的爲比較兩種育苗方式之間的可能差別，重點並不在品種間與期作間的比較，上述行株距應未對試驗設計有重大影響。水稻於移植後按一般慣行栽培法施行田間

管理。在移植日針對秧苗之性狀調查，係以育苗板爲取樣單位，重複三次；逢機選取10株苗調查苗高與苗齡，又逢機選取100株苗經以100℃ 烘乾2小時及75℃烘乾48小時後秤量乾物重。移植後調查田間缺株率與每欉苗數，前者係以整個田區缺株數目應插植株數之比值計算之，後者係逢機選取12株，在田間計算每欉秧苗數。重複次數均爲三次。水稻生育至抽穗期及成熟期時，亦分別取樣進行農藝及產量性狀調查。抽穗期之取樣係自每一小區逢機選取12株水稻爲樣品，成熟期則選取20株爲樣品，經區分植株器官與乾燥後，分別秤量葉片、稈部、穗部之乾物重，成熟期之取樣並調查單株產量及其構成要素。所有試驗結果均經 Least Significant Difference (LSD-5%) 測定育苗板處裡間之差異顯著性。

結果與討論

本試驗於研發育苗板過程中，以水耕養液取代傳統施肥方式及瓦楞紙板沖孔二項構思，爲研發成功之主要關鍵。前者使秧苗在毫無養分存在之介質上取得平衡之養分供給；後者一方面使養液與空氣迅速流通，提供無障礙空間供秧苗根群伸入瓦楞紙各層空隙、強力附著穩固生長，形成穩固苗片板塊，有助於插秧機插植時定量抓取，另一方面使插秧機插植裝置得藉由排列整齊之沖孔，均勻撕裂瓦楞紙連同根群插入田土中，使插秧作業能順利進行。此外以瓦楞紙板爲材料，其材質穩定且可工業化大量製造供應，爲其另一優點。

至於在育成秧苗移植田間試驗方面，由於育苗技術可直接或間接影響秧苗的素質，進而作用於水稻田間生育及產量表現，因此調查移植時之秧苗性狀。依據本試驗秧苗期性狀調查之資料 (表1)，1998年二期作以台農一號育苗板育成之台農67號秧苗，移植時苗高、苗齡及苗乾重依序爲15.9 cm、3.53及1.68 g/100 plant，與對照組之15.8 cm、3.41、1.67 g/100 plant比較，處理間皆無顯著差異。以台農一號育苗板育成之台稉8號秧苗，移植時之苗高、苗齡與苗乾重依序爲14.0 cm、3.30及1.38 g/100 plant，亦與一般土壤介質之對照組 (16.1 cm、3.38及1.62 g/100 plant) 無顯著差異。

1999年一期作以台農一號育苗板育成之台農67號秧苗，其苗高、苗齡與苗乾重分別爲13.0 cm、3.00及0.87 g/100 plant，對照組爲12.2 cm、3.00及0.96 g/100 plant，處理間皆無顯著差異。以台農一號育苗板育成之台稉8號秧苗，其苗高、苗齡與苗乾重依序爲11.7 cm、3.04及0.95 g/100 plant，亦與一般

表1. 台農一號水稻育苗板與傳統式土壤育苗育成秧苗在移植期之性狀表現z（1998二期作與1999一期作）

Table 1. Characteristics of seedlings at transplanting as raised in Tainung No. 1 tray and the traditional soil-contain z (2nd crop of 1998 and 1st crop of 1999)

Crop season	Cultivar	Treatment	Seedling height (cm)	Seedling age	Seedling dry wt. (g/100 plant)	Rate of missing hills (%) after transplanting	Seedling no. per hill after transplanting
2nd crop 1998	Tainung 67	Tainung No. 1 tray	15.9	3.53	1.68	1.02 a	6.54
		Check (soil)	15.8	3.41	1.67	0.15 b	8.03
	Taikeng 8	Tainung No. 1 tray	14.0	3.30	1.38	0.94 a	7.93
		Check (soil)	16.1	3.38	1.62	0.15 b	8.81
1st crop 1999	Tainung 67	Tainung No. 1 tray	13.0	3.00	0.87	0.42 b	7.53
		Check (soil)	12.2	3.00	0.96	1.07 a	7.41
	Taikeng 8	Tainung No. 1 tray	11.7	3.04	0.95	0.68 a	5.63
		Check (soil)	12.6	3.16	1.14	0.42 a	6.70

z: Means followed by the same letter between treatments are not significantly different by LSD at 5% level. Significant differences were observed only in missing rate measured after transplanting.

土壤介質對照組之12.6 cm、3.16及1.14 g/100 plant無顯著差異 (表1)。

於移植水稻後調查田間之每欉苗數與缺株率，在每欉苗數方面，1998年二期作台農67號爲6.54株，台稉8號爲7.93株，而對照處理分別爲8.03與8.81株，處理間之差異均未達顯著水準。1999年一期作台農67號爲7.53株，台稉8號爲5.63株，而對照處理分別爲7.41與6.70株，處理間亦無顯著差異。在缺株率方面，台農一號育苗板處理之台農67號與台稉8號分別爲1.02% 與0.94%，較對照組 (0.15% 與 0.15%) 爲高。1999年一期作台農67號之缺株率以一般土壤介質之對照組 (1.07%) 高於台農一號育苗板之0.42%，台稉8號則無顯著差異 (表1)。依據我國國家標準 (CNS)，以插秧機插秧時之缺株率不得高於1.5%，上述試驗數值均在國家標準許可範圍內。

水稻經移植後，在不同生育期調查植株部份農藝及產量性狀。於1998年二期作水稻抽穗期，台農67號以台農一號育苗板及傳統式育苗兩育苗處理之葉乾重 (14.7與14.8 g/plant)、稈乾重 (24.8與26.6 g/plant) 及穗乾重 (12.9與11.2 g/plant) 均無顯著差異，台稉8號也有完全相同的表現趨勢 (表2)。在收穫期測定植株各器官乾物重，如與抽穗期比較，葉片與稈部乾重下降，穗部乾重因穀粒充實則明顯提高，但兩個品種在處理間仍未顯示顯著性的差異 (表2)。在本期作試驗中，台稉8號植株乾重均有超越台農67號的趨勢。1999年一期作抽穗期與成熟期之植株乾物重表現，與1998年二期作有相同的反應，亦即植株各器官的乾物累積量，在台農一號育苗板及傳統式土壤育苗兩個處理之間，都沒有顯著的差異 (表2)。

表2. 台農一號水稻育苗板與傳統式土壤育苗育成秧苗經移植後植株在抽穗期與成熟期之乾物重表現[z]（1998年二期作與1999年一期作）

Table 2. Dry matter accumulation (g/plant) of rice plants at heading and harvest from the transplanted seedlings raised in Tainung No. 1 tray and the traditional soil-contain [z] (2nd crop of 1998 and 1st crop of 1999)

Crop season	Cultivar	Treatment	Dry wt. at heading（g）				Dry wt. at harvest（g）			
			Leaf	Culm	Panicle	Total	Leaf	Culm	Panicle	Total
2nd crop 1998	Tainung 67	Tainung No. 1 tray	14.7	24.8	12.9	52.4	11.8	20.7	40.6	73.1
		Check (soil)	14.8	26.6	11.2	52.6	11.5	19.4	37.9	68.8
	Taikeng 8	Tainung No. 1 tray	22.0	34.7	10.3	67.0	14.7	26.2	49.4	90.3
		Check (soil)	20.1	34.1	9.7	63.9	16.2	26.5	49.1	91.8
1st crop 1999	Tainung 67	Tainung No. 1 tray	16.5	31.1	11.7	59.3	12.7	24.2	51.0	87.9
		Check (soil)	15.9	30.4	9.8	56.1	14.3	27.1	48.9	90.3
	Taikeng 8	Tainung No. 1 tray	16.5	28.0	8.0	52.5	13.5	23.8	47.9	85.2
		Check (soil)	18.1	30.3	8.0	56.4	17.8	26.6	42.0	82.4

z: Analysis by LSD at 5% level indicated no significant difference between treatments for all the traits investigated.

在單株產量及其構成要素的表現方面 (表3)，台農67號與台稉8號的每株穗數、一穗穎花數、結實率、千粒重，以及最終之單株稻穀產量，在兩種育苗處理間均無顯著差異。本次試驗中，每株穗數與一穗穎花數的數目均較高，前者在二期作介於17.4至21.3之間，在一期作介於18.7至24.9之間，後者除台稉8號在一期作之對照處理外，亦均自102個以上，此一結果應與栽培時之株距較寬有關。本試驗之單株稻穀產量，台農67號兩個處理在1998年二期作爲34.6 與32.3 g/plant，1999年一期作爲45.0與43.3 g/plant；台稉8號在二期作爲44.2與43.3 g/plant，一期作爲44.4與38.1 g/plant，單株產量表現在正常幅度，於秧苗處理間亦無顯著差異。

表3. 台農一號水稻育苗板與傳統式土壤育苗育成秧苗經移植栽培後之產量性狀表現[z]（1998年二期作與1999年一期作）

Table 3. Grain yield and yield components of rice plants from the transplanted seedlings raised in Tainung No. 1 tray and the traditional soil-contain [z] (2nd crop of 1998 and 1st crop of 1999)

Crop season	Cultivar	Treatment	Panicle number per plant	Spikelet number per panicle	Seed-setting (%)	1,000-grain weight (g)	Grain yield (g/plant)
2nd crop 1998	Tainung 67	Tainung No. 1 tray	18.0	112.8	71.9	23.73	34.6
		Check (soil)	17.4	113.3	69.2	23.65	32.3
	Taikeng 8	Tainung No. 1 tray	20.7	106.9	79.4	25.18	44.2
		Check (soil)	21.3	107.8	77.0	24.49	43.3
1st crop 1999	Tainung 67	Tainung No. 1 tray	24.1	107.3	76.0	22.87	45.0
		Check (soil)	24.9	102.4	76.0	22.32	43.3
	Taikeng 8	Tainung No. 1 tray	18.7	111.2	86.0	24.80	44.4
		Check (soil)	20.5	97.2	81.0	23.60	38.1

z: Analysis by LSD at 5% level indicated no significant difference between treatments for all the traits.

栽培水稻的首要工作是育苗，育成健苗可以說是維持水稻產量的基礎。一般認爲健苗應具有下述特性：株高不宜太高，苗株強健，發根力強，移植後復元快，無病蟲害或病斑，生育整齊。賴及王[8]認爲秧苗生育初期受播種量之影響較小，但隨苗齡愈大，則受播種量增加之負面影響愈大；亦即苗齡愈大，疏播苗之乾物重高、綠葉面積增大、非結構性碳水化合物與全氮比值高，有利於移植後的生長。此外，雖然播種量對秧苗根數的影響尚未能確定，但疏播秧苗之根重顯然較密播者爲高，應具有較爲健壯的根系；因此疏播苗插植田間後發根力較佳，吸收養分能力較強，分蘗較多。本試驗雖未對秧苗進行調查，但依據表1資料，秧苗重量與長度的比值在1998年二期作兩品種合計四處理之數值介於0.99至1.06之間，1999年一期作台農67號爲0.67與0.79，台粳8號爲0.82與0.91，顯示台農一號育苗板及傳統式土壤育苗所育成之秧苗，在品質方面應甚爲接近。

吳及林[3]曾指出秧苗苗齡至3.0-3.2時，育苗所需時間短，穀粒胚乳中尚含有養分，苗的葉面積小且蒸散量少，因此能夠抵抗較低的溫度，在移植後新根的發生亦早，應爲其優點；不過發根量少，移植適期短，移植初期灌溉水不易管理等問題爲其缺點；苗齡較大秧苗的情形恰與之相反。張等[6]亦認爲苗齡大之秧苗發根情形較好。因此栽培上認爲具有較多能供爲代謝能量的非結構性碳水化合物的大苗，於移植初期有較佳的生長。由本試驗之表1觀之，以台農一號育苗板與傳統式土壤育苗經相同時間育苗，所育成之秧苗在移植時之苗齡均爲3.0-3.5，能符合一般移植要求之標準。

Yamada et al.[16]認爲水稻育苗箱之播種量過多時，不僅秧苗品質較差，且機插移植田間後，每欉苗數多，造成密植情形，秧苗母莖生長點橫切面不見有側芽，或只有發育不良之側芽，移植田間後每欉分蘗雖多，但每苗平均分蘗較少；亦即在每欉苗數過多之密植情況下，葉片數目可能減少，不利於乾物質累積及穀粒充實，而有效分蘗莖稈較短、穗較短、一穗穎花數較少、稔實率降低亦有可能發生，對產量及其構成要素有不利的影響。因此在檢討播種量時，應注意培育之秧苗在移植於本田後，應能迅速恢復根系活力及地上部的生長，對植株其後之生育有良好的助益。本試驗之播種量爲每箱種子濕重250 g左右，與一般育苗中心用量相當，在整個試驗中，插秧後之每欉苗數介於5.63至8.81之間(表1)，稍高於推薦量，但因採行較寬之株距插秧，各產量構成要素及單株稻穀產量表現均屬正常 (表3)。唯基於一般機械插秧水稻之標準株距爲15 cm，今後在育苗時似應考慮降低播種量之可行性。

在試驗過程中，發現機械移植時每一片秧苗在本田之可插植長度，以台農一號水稻育苗板較一般土壤育苗略長，亦即每欉秧苗支數略少 (表1)，此一現象既是優點也是缺點，優點是可以減少秧苗用量，缺點是較易發生缺株，但必要時可調整插秧機之取苗裝置，增加取苗量以提高每欉秧苗數目。使用台農一號育苗板之秧苗插秧時，田間缺株率雖較對照組爲高 (表1)，但仍符合中國國家標準 (CNS) 動力插秧機田間作業性能項下缺株率應在1.5% 以下（經濟部中央標準局總號4727）之標準。綜合觀之，水稻各生育期的農藝與產量性狀表現並不因使用台農一號育苗板而有所差異，顯示出該板適合於水稻育苗作業上。

賴等 [9] 指出台農一號水稻育苗板因係無土介質，整個育苗箱內之育苗用土大幅減少，故在使用作業與相關管理方面有許多異於傳統土壤育苗之處，因此農民及育苗中心在初期使用時，可能會遭遇一些困難，但應可透過推廣學習解決此一問題。台農一號水稻育苗板除可取代部分土壤，減少取土、裝土等粗重工作外，其育成之秧苗重量亦僅爲一般慣行土壤育苗之半量（一般慣行土壤育苗每片重約6公斤，台農一號板育成秧苗每片重約2.8-3.2公斤），使秧苗搬運及插秧作業輕便許多。此外因係非土介質，將可降低藉由土壤介質傳播病蟲害之機會。另一方面，台農一號育苗板產品使育苗介質「零件化」成爲可能，或爲牽動育苗作業再進一步改善之契機，而此一構思亦爲本所未來研究之方向。

結　論

本研究成果經以「台農一號水稻育苗板」爲創作名稱取得我國中央標局第138780號新型專利，以「水稻の苗の成裝置」爲考案名稱取得日本特許廳登錄第3052148號實用新案登錄証，及以「Assembly of a Seed Tray」爲創作名稱取得韓國專利（Korean Utility Model No. 0161901）。

眾所周知土壤乃爲孕育生物之母，自亦爲最佳育苗介質，今因水土保持與環保要求，導致土壤取得逐漸不易，而需未雨綢繆研創無土介質以爲替代。本研究雖已獲得突破性成果，並獲得國際肯定，但所使用介質與天然土壤介質有其差異，外形、內涵均不相同，應用方法亦有改變。因此本所正繼續進行相關作業流程與應用器材之改良試驗，以期一般較爲保守之稻農亦能早日接受；希望在環保要求更高、水土保持規定更嚴致土壤取得更爲不易之前，能適時完成取代；也希望各方能給予指正，使我國水稻農場經營作業步上另一境界。

引用文獻

1. 王才義。1989。理想栽培介質之調製。第二屆設施園藝研討會專集。65-75頁。台灣省農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所編印。
2. 王昭月、鄭榮瑞、林滄澤、林學正。1989。炭化玉米穗軸之利用。第二屆設施園藝研討會專集。76-82頁。台灣省農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所編印。
3. 吳育郎、林富雄。1968。不同環境下水稻插植支數與產量之關係。科學農業 16：330-333。
4. 侯福分、陳川淵。1980。水稻機械插秧育苗板之研製。台中區農業改良場研究彙報 3：72-77。
5. 黃淑女、倪正柱。1991。金針菇堆肥在木瓜及梨育苗之研究。中國園藝 37：199-211。
6. 張佳雄、湯文通、高景輝。1972。代謝物質對水稻台中在來一號幼苗發根力之影響－代謝物質對不同溫度下育成不同苗齡秧苗發根力之影響。科學農業 20：429-439。
7. 張學琨、曾勝雄、林寶鑫。1974。水稻動力插秧機育苗法綜合研究。台灣農業 10：21-40。
8. 賴光隆、王長瑩。1987。苗齡與播種量對水稻生育特性之影響。台大農學院研究報告27：112-129。
9. 賴吉雄、楊清祥、陳烈夫、陳志昇。1999。台農一號水稻育苗板之研創與應用。台灣省農業試驗所技術服務 38：11-13。
10. Cull, D.C. 1981. Alternatives to peat as container media: Organic resources in the UK. Acta Hort. 126:69-81.
11. Scott, E. G. and B. C. Pearce. 1972. A hardwood-bark-sawdust compost for greenhouse pot flower production. Forest Products

J. 22:36-39.

12. Still, S. M. 1977. Comparison of chrysanthemum growth in pine bark or commercial soilless mixes. Hort. Science 12:573-574.

13. Strojun, Z. 1980. Use of container method in the growing of gerberas in different substrates. Acta Hort. 99:243-248.

14. Trochoulias, T., A. J. Burton, and E. White. 1990. The use of bagasse as a potting medium for ornamentals. Scientia Hort. 42:161-167.

15. Wagner, D. F. and J. C. Neal. 1984. Coal cinders with pine bark as azalea growing media. J. Amer. Hort. Sci. 109:822-826.

16. Yamada, N., Y. Ota, and H. Nakamura. 1960. Ecological effects of planting density on growth of rice plant. Proc. Crop Sci. Soc. of Japan 29:329-332.

Development of Tainung No. 1 Tray for the Nursery of Rice Seedlings [1]

Chi-Hsiung Lai, Ching-Hsiang Yang, Bang-Hua Chen, Lit-Fu Chan, Chih-Sheng Chen[2] and Dah-Jiang Liu[3]

Summary

Due to the difficulty in acquiring soil for the nursery of rice seedlings in Taiwan, the search for alternative cultural matrix was therefore an inevitable and urgent task. The newly developed Tainung No. 1 tray, using "board paper" as material, had been proofed to be ideal for the nursery of rice seedlings. On every board plate, holes of 0.4 cm in diameter were drilled at the spacing of 1×1 cm. By applying the hydroponic culture method, Tainung No. 1 tray had successfully substituted for soil in producing healthy rice seedlings. Seedling height, age, and dry weight measured at transplanting stage indicated no significant difference between the two methods of seedling nursery. In field experiments, the rate of missing hills after machine transplanting was higher for seedlings from the Tainung No. 1 tray than for seedlings from the traditional soil , yet it still complied with the national standard (CNS). For other agronomic and yield traits investigated throughout the whole growth course of the rice plants in the field, there was also no significant difference between the treatments of seedlings raised from the two methods. This invention of Tainung No. 1 tray has already been granted the patent rights by the authorities of Taiwan, Japan, and Korea.

Key words：Rice-seedling nursery tray, Soilless seedling nursery, Cultural media.

---

1. Contribution No. 2008 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.
2. Respectively, Senior Agronomist and Head, Assistant Agronomist, Assistant Agronomist, Research Assistant and Research Assistant, Office of Farm Management, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Senior Agronomist and Deputy Director, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(1): 12～25 (2000)

仙草新品種農試1號之育成[1]

胡敏夫[2] 劉新裕[2] 羅淑卿[3] 盧煌勝[2]

摘要：仙草(*Mesona procumbens* Hemsl.)農試1號，原品系代號78-T-1，於1989年自苗栗縣銅鑼地區之混合族群中選出，歷經品系觀察試驗、品系比較試驗、區域試驗、肥料試驗、各種栽培技術改進試驗與品質分析等，確定其各項農藝特性及品質優異，經審查通過而命名。本品種植株屬匍匐型，莖淺紫紅色、絨毛短疏，葉大呈橢圓形，葉脈紋深、葉面光滑，葉長5.2cm、葉寬2.7cm，葉色鮮綠、葉緣淺齒狀，節間短，僅見葉不見莖，營養生長期約爲180天左右。農試1號於區域試驗之表現，每公頃平均產量最高達10,000kg，葉產量達3,000kg左右，葉凝膠強度高，於剛收穫時測定1°Brix達30.2g/cm^2，多醣膠體含量17.7%，清除超氧陰離子效果可達91.5%，適合於中南部及新竹地區栽培。

關鍵詞：仙草、營養系選拔、凝膠強度、多醣膠體含量、清除超氧陰離子效果。

前　言

仙草(*Mesona procumbens* Hemsl.)爲唇形花科(Labiatae)之多年生常異交作物，原分佈於台灣全境山麓，早期先民利用其莖葉煮成茶飲，爲夏天消暑之勝品[5]；近年來商人或食品界利用其發展多樣化的健康飲料及食品，頗獲消費者喜愛，於是民間進行大面積栽培，栽培地區廣及：新竹縣關西鎮，苗栗縣三義、三灣鄉、獅潭及銅鑼鄉，嘉義縣水上鄉中庄、牛稠埔、番路鄉、竹崎鄉及中埔鄉，中部南投縣集集鎮與東部花蓮縣吉安鄉等地。種植面積，據台灣農牧業主要產地調查報告，於1997年及1998年分別爲185公頃及155公頃[1]。近年因國內需要量日增，商人紛紛以中藥草名義從印尼及大陸進口，據1998年進口數量與價值統計表記載，在中藥草之項目下，全年累計進口量爲636,267kg，價值新台幣6,815,000元，1999年1至7月累計進口量爲738,489kg，價值新台幣8,297,000元，比前年增加16%之數量[8]，由此可瞭解仙草實爲當前應研究發展之重點作物。

民間種植的仙草品種，皆蒐集自近山麓的原生種，經多年馴化而成，因此，各地區所種植的品種具有適應各地方環境的特色。北部關西地區利用無性繁殖育苗法，種植匍匐性品種，此品種每公頃平均乾株產量爲6,000kg左右[3]，要達到9,000kg以上似乎受到限制，加上本品種屬深度匍匐性，採收費工，較適應於北部溫和的氣候地區栽培，在南部較熱地區種植，後期生育不佳，且葉片易變棕黃色脫落；南部水上鄉地區，盛行栽培直立種，種苗乃採用種子播種再移植，然因長期間之自然雜交，種質駁雜變異頗大，導致產量與品質均不穩定，且營養生長期短(140天左右)，採收期常遇雨季，採收及乾

1.行政院農業委員會農業試驗所　研究報告第2009號。

2.本所農藝系助理研究員、研究員及研究員兼主任。

3.本所農化系助理。

燥作業甚爲困難。

爲迎合農民與市場需要，並配合發展本土性『少量多樣化』的農特產品之政策導向，本所乃研提仙草育種計畫，希望選育具有下列特性之品種：1.乾株產量及乾葉產量高，2.適度匍匐性，收穫時較省工，3.葉凝膠強度高，4.可宿根栽培且再生能力強，5.扦插成活率高，6.收穫期能避開雨季，以方便採收及乾燥作業。依育種程序，經觀察及品系比較試驗[5]、區域試驗[6]、密度試驗及肥料試驗[7]、扦插期試驗及各項有關品質方面之分析等研究，確定新品系78-T-1之各項農藝性狀表現優異，符合新品種命名條件，乃於1999年9月16日，經行政院農業委員會延聘各方面專家與學者擔任審查委員，進行各項試驗資料及田間審查，正式通過命名爲「仙草農試1號」。

材料與方法

一、單株選拔：於1984年及1989年9月初，值仙草生長盛期之際，在關西(約6,000株)、銅鑼(約3,600株)、水上(約6,000株)及阿里山達邦原生族群等地之混合族群中，依據葉形、葉色、莖色及生長型態，分別選出110、20、50及20個體，合計200個體爲初選育種材料。

二、材料繁殖：於1989年9月間，設立種苗繁殖圃，面積1,000m^2，以無性繁殖法將各個體扦插，並分別編號與豎立標示牌以便調查，然後進行肥培管理與汰選，1990年3月間就獲選品系進行穴缽插植，計有78-S-1、78-S-2、78-T-1、78-A-1與原先於1984年選出之5個品系，總計9品系供作品系觀察試驗材料。

三、品系觀察試驗：採CRD設計，3重複，3行區，行株距1×0.8m，每行10株，肥培管理方法按農民慣行法實施，即每公頃施用硫酸銨400 kg、過磷酸鈣200 kg及氯化鉀200 kg。產量及各項性狀調查係每重複取中間行5株爲調查對象。種植及收穫時間分別爲，第一年於1990年4月20日種植，10月19日收穫；第二年於1991年4月17日種植，10月21日收穫。各項性狀調查時間，則於植後90天生育期進行，葉部特性之調查方法，乃選取心葉下已完全展開之第四葉爲調查對象，每株調查10葉，每品系調查5株。收穫時之調查項目分別爲莖長、單株葉重、單株莖重、單株產量、葉率及公頃產量等。

四、品系比較試驗：以觀察圃9品系之再生苗作爲缽植苗材料，RCBD設計，4重複，3行區，每行種10株，行株距爲1.4×0.9m，種植及收穫時間分別爲1992年3月31日及10月5日；1993年4月19日及10月14日。基肥施用醱酵雞糞5,000kg/ha，化肥全量複合1號(N：P_2O_5：K_2O=20：5：10)700kg/ha，調查株數及項目與取樣方法同品系觀察試驗。葉凝膠強度測定方法[2]，係取乾葉40g，加碳酸鈉3g，加蒸餾水600cc，然後蒸煮2.5hr，經過濾並以水稀釋爲全可溶固形物之1°Brix溶液，加熱煮沸，再加2%澱粉，靜置冷卻，待其成膠凍，以NRM~2010-J-CW型物性測定儀測定。

五、區域試驗：試驗材料爲78-T-1、78-S-1、TYY3及TYY4等4個品系，試驗地點爲桃園縣新屋鄉、新竹縣關西鎮、苗栗縣銅鑼鄉、台中縣萬豐及嘉義縣水上鄉等地。種植及收穫時間分別爲桃園縣新屋鄉於1994年4月21日與9月30日；新竹縣關西鎮於4月12日與9月26日；苗栗縣銅鑼鄉於4月13日與9月27日；台中縣萬峰於3月22日與10月4日及嘉義縣水上鄉於4月1日與9月27日。第二年各地區種植及收穫時間各爲新屋鄉5月1日與10月3日；關西鎮4月26日與10月2日；銅鑼鄉4月25日與10月6日；萬豐4月17日與10月4日及水上鄉5月11日與9月29日。試驗採RCBD設計，4重複，3行區，每行種10株，行株距1.4×0.9m，肥培方法、調查株數及項目、取樣方法與葉凝膠強度測定方法均同品系比較試驗。

六、種植密度試驗：試驗材料爲78-T-1品系，第一年於1996年4月18日種植，10月23日收穫；第二年於

六、種植密度試驗：試驗材料爲78-T-1品系，第一年於1996年4月18日種植，10月23日收穫；第二年於4月21日種植，10月20日收穫。試驗採固定行距(1.4m)，株距分30㎝（23,800 pl/ha)，60cm(11,900 pl/ha)、90㎝（7,936 pl/ha)及120㎝（5,950 pl/ha)等四處理參試，分別以D_1、D_2、D_3、及D_4表示，RCBD設計，4重複，3行區，行長10m，肥培管理方法、調查株數及項目與取樣方法同區域試驗。葉凝膠強度測定方法，則直接由稀釋回原量之原液取樣測定，並記錄其測定時之錘度。

七、肥料試驗：試驗材料爲78-T-1品系，試地選水上鄉生產區進行，第一年植地爲水稻後作地，種植時間爲1996年4月7日，收穫時間爲10月9日；第二年試驗植地爲旱作後作地，種植時間爲4月12日，收穫時間爲10月6日。第一年試驗採RCBD設計，4重複，3行區，每行種10株，行株距1.4 x 0.9m，肥料參試項目爲N分100、140，180kg/ha三級(以N_1、N_2及N_3表示)，P_2O_5分40，80kg/ha二級(以P_1及P_2表示)，K_2O分70及140kg/ha二級(以K_1及K_2表示)。第二年，試驗採裂區設計，肥料參試等級同第一年，惟株距採90㎝(D_1)及60㎝(D_2)二種密度栽培，以密度爲主區，肥料爲副區。調查株數及項目、取樣方法與葉凝膠測定方法同密度試驗。

八、不同生育期及儲藏期之葉凝膠強度變化測定：以78-T-1品系爲試驗材料，田間試驗期間爲1997年4月2日至10月2日，仙草生育期分植後120、150、180及210天，儲藏期則分採收後密封貯存6個月及9個月二期，以剛採收未貯藏之葉凝膠強度作比較，凝膠強度測定方法同密度試驗。

九、扦插時期試驗：本試驗於1998年2月至4月間進行，試驗材料爲78-T-1品系，扦插期爲2月1，2月15日，3月1日，3月15日，4月1日及4月16日等六期，調查項目以各期之扦插苗成活率爲主。

十、多醣膠體含量測定：於1997年11月間進行，供試材料78-S-1、78-T-1、TYY3、M1及S7等品系，各品系取8g仙草葉，加100ml 0.15M之碳酸氫鈉溶液，在100℃水浴箱(加蓋)內加熱迴流4hr，然後以安全沖茶器壓榨及過濾萃取液，冷卻後加入95%乙醇，使濃度達70%並使之沉澱，以離心法收集沉澱物，並再以95%乙醇及丙酮各洗一次，在75℃烘箱內連續乾燥 24 hr，之後，磨成凍晶粉末(多醣膠體)。

十一、清除超氧陰離子效果：供試材料爲83-S-2、83-S-6、83-S-7、83AC6、83AC12、83AC15、78-T-1及78-S-1等八品系，測定時間爲1999年2月間，仿Roback and Gryglewski[11]方法測定，以0.1M磷酸鹽緩衝液(pH7.4)配製60 μM Phenazine methosulfate (PMS)、468μM Dihydronicotinamidadenin dinucleotide (NADH)及150μM Nitroblue tetrazolium (NBT)。取1ml之供試液與PMS、NADH及NBT溶液等體積均勻混合，在室溫下靜置5min後，立即以分光度計測其吸光值(560nm)。吸光值低表示清除[α,α-diphenyl-β-picrylhydrazyl, (DPPH)]能力越強，即所謂清除超氧陰離子效果(%)越強。取樣方法，乃各品系取4重複，每重複取9樣品計測36次，測試濃度爲100cc蒸餾水加1g仙草萃取液。

結果與討論

一、品系觀察試驗

(一)植物形態調查

九個參試品系，其農藝特性經觀察結果，發現莖全部爲方形，株型則可分爲半直立型與匍匐型兩種，葉緣分爲深、中鋸齒及淺齒狀等，葉色有深綠與淺綠，葉片長寬變化大，莖及葉背均被絨毛者僅73-K-5及78-A-1兩品系[5]。78-T-1品系爲匍匐型(如圖1)，莖淺紫紅色，絨毛短又稀疏，葉大橢圓形、葉脈紋深、葉面光滑，葉長5.2cm、葉寬2.7cm，葉色鮮綠、葉緣淺齒狀，節間短，見葉不見莖(如圖2)。

(二)產量調查



圖1. 仙草78-T-1品系之單株形態

Fig.1. Plant type of hsian-tsao strain 78-T-1



圖2. 仙草78-T-1品系在田間後期生長之情形

Fig.2. Growth of hsian-tsao strain 78-T-1 in the field.

(二)產量調查

產量調查結果，在公頃產量上，第一年表現較高者爲73-K-2、78-T-1、78-S-1及73-K-1等四品系，其產量分別爲4,842、4,370、4,356及3,819kg；第二年表現較高者爲78-S-1、78-A-1、78-S-2及78-T-1等

等四品系，其產量分別爲4,976、3,300、3,240及2,324kg，即78-T-1品系在初期觀察試驗中，平均產量有良好表現，平均單株葉率之表現亦同[5]。至於年度間比較發現，大部份品系第二年的各項性狀表現成績均比第一年低，此係因試地之前作爲旱作所致。

二、品系比較試驗

上述觀察試驗之栽培及管理方法均仿照民間慣行法[3]，以致產量均較低，品系比較試驗則採較寬之行株距及施用較多的肥料栽培，希望供給較佳的環境，以期發揮各原具有之生產潛力，因此，品系比較試驗仍用同數的材料，試驗時間分二年進行，試驗結果發現，1992年各品系公頃產量均比1993年所生產的較高，此乃因1993年仙草期間適遇乾旱期，久旱不雨，又試地爲山藥後作地，導致仙草生長不良，甚至有些品系發生疑似萎凋病，無從收穫，然以公頃產量及葉生產量而言，所參試九個品系中78-S-1品系表現最高，第一年公頃產量達13,385kg，葉產量爲3,266kg；第二年分別爲11,980及3,390kg。次爲78-T-1品系，第一年產量達11,874kg，葉產量爲3,906kg；第二年分別爲7,770及2,500kg，此等數據經引用費氏LSD測定[10]與各參試品系間達5 % 差異水準[5]。

葉凝膠強度測定發現，78-S-1品系在所有參試品系中表現最優達86.6g/cm^2，78-T-1品系之葉凝膠強度66.1g/cm^{2}雖不及78-S-1品系，但葉率高，且株型優美屬匍匐型，生長晚期全株青綠不變褐色，農民對其頗有偏好性，因此，此兩品系獲選晉級參加區域試驗品系[5]。

三、區域試驗

區域試驗結果，發現第一年平均公頃產量，TYY3及TYY4品系於北部之桃園及新竹關西地區較高，而78-S-1及78-T-1兩品系則於中、南部之台中及水上地區較高，尤於在水上鄉均高達10,000kg以上。苗栗地區之各品系公頃產量均表現較低，此乃該年5及6月份雨量較少，因而初期生育未能獲取較多水分供生長，以及7、8及9月日照較強所致。至於水上地區四品系均達高產，很明顯係因7、8月有充沛的累積雨量所使然[6]。

比較莖的長度，78-S-1品系之莖長在各試區表現均最長，除桃園區外，與另外三個參試品系均達差異顯著，此從植物學觀點研判，78-S-1品系係屬長蔓種，至於78-T-1及TYY3兩品系爲典型匍匐種，兩者之莖長差異較微。於北部桃園及新竹關西地區，TYY3及TYY4兩品系含較高葉率，而78-T-1品系則於中南部之台中及嘉義縣水上地區表現較佳，78-S-1品系在各地區表現均最低，由此，反應於葉產量之結果亦相同。

比較北、中及南部各地區之各品系仙草葉凝膠強度，發現桃園及新竹區四品系之平均值有比其他地區較高之趨勢；而品系間比較，則TYY3品系在各地區均表現較高，78-T-1品系於新竹、苗栗及台中等三地區表現爲次；至於總平均凝膠強度，TYY3、TYY4、78-S-1及78-T-1分別爲46.8、29.1、27.4及29.1 g/cm^2 [6]。

第二年試驗結果，發現78-S-1及78-T-1二品系在北部桃園與新竹關西地區之平均公頃產量達7,000kg以上，且葉凝膠強度亦普遍提高；中部台中地區之四品系平均公頃產量差異不顯著，惟葉凝膠強度以TYY3品系稍高，次爲78-T-1及78-S-1品系；南部水上地區四品系仍維持高產情形，尤以TYY4品系表現最突出高達10,000kg以上，惜此品系葉率含量僅17%，雖營養生長期比其餘品系長30天，但葉凝膠強度仍偏低，僅24.6g/cm^2 [6]。

至於苗栗地區產量，雖然仍比其它四個地區爲低，惟與前一年試驗結果比較，已達農民每公頃收穫6,000kg之可接受度，此可能如前述因受到有利的天候所影響，特別在生育初期因雨季提早降臨滋潤，使仙草生育未受阻礙而能初建株形，進而助益後期的生長。此不僅該地區受到影響，就該年參試之四品系在各區之生長情形亦一樣，即仙草之生育確實比前年良好，此可從各品系莖長及葉率之表現

看出，莖長未像前年似有徒長現象，葉率亦普遍提高使葉產量增加，尤其是莖長及葉率二性狀表現，78-T-1與TYY3兩品系間之差異甚微，因而每公頃總平均產量及葉產量分別達7,600及2,713與7,392及2,613kg[6]。

將各地區各品系主要性狀表現兩年度平均值作比較，發現平均公頃產量，很明顯的78-S-1及78-T-1兩品系於中、南部之台中及嘉義縣水上地區較高產，而TYY3及TYY4品系則於北部之桃園及新竹地區表現較佳；不過，新竹、苗栗及台中等地區所參試四品系間之平均公頃產量的差異均並未達顯著水準，而於桃園地區差異較大，TYY4品系表現較78-S-1及78-T-1二品系各高出1,400及1,500kg左右；TYY3品系於嘉義縣水上地區表現，則比其他品系低產近2,000kg[6]。

莖長比較，除桃園地區以外，四品系間之表現均有明顯差異，其中於苗栗地區78-T-1品系僅76.1cm，TYY4品系僅70.1cm，此顯示二品系在該地區之生育確實比其他地區差。葉率比較，各地區大致以78-T-1及TYY3品系表現較高，至於葉凝膠強度比較，各地區之兩年平均值仍以TYY3品系最高，次爲78-T-1品系[6]。

總之，三品系間主要農藝性狀之比較，雖78-S-1品系其產量在桃園、新竹及台中等地區表現高於78-T-1品系，惟此品系係屬長莖種，莖長可達198cm左右(如第一年水上鄉試區之表現)，莖脆弱易斷，生育後期栽培管理與採收作業不方便，農民較不易接受；而TYY3品系在北部有良好表現，葉凝膠強度也高，但於中南部種植時，生育中後期，植株易變棕褐色，農民則甚爲排斥。

四、穩定性分析

爲瞭解品系間對環境效應，以78-S-1、78-T-1品系及TYY3三個品系在兩年各五地區計十個環境組合，對公頃產量、葉產量及葉凝膠強度等三項主要性狀之資料進行綜合變方分析。分析結果[6]，發現三項性狀之環境主效應、環境及品系交感效應均呈極顯著，品系間之葉產量及葉凝膠強度亦呈極顯著效應，由此可知仙草主要性狀之表現除深受品系本身特質影響外，栽培環境亦爲重要影響因子，即各品系在不同環境下的表現會有所差異。

各受試環境之表現優劣，可從環境指標估值之分析結果加以研判比較。環境指標估值係以各環境平均值減去總平均值所得之離差而求得；環境指標爲正值，即表示該環境爲可改善產量的優良環境，反之，所得爲負值，則表示該環境爲減產的惡劣環境。

以平均公頃產量而言，兩年表現均以水上鄉的環境最適（均爲正值），而苗栗縣銅鑼環境最差（均爲負值）；乾葉產量表現，第一年五個環境之環境指標均爲負值，但於水上鄉栽培之表現尚可接受，第二年則於新竹關西鎮之環境最適，次爲桃園、水上及台中，苗栗縣銅鑼環境仍然最差；葉凝膠強度表現，兩年試驗結果均以桃園地區環境最適。

另就主要農藝性狀之平均值分析，在公頃產量方面，78-S-1、78-T-1及TYY3三品系無顯著差異；葉產量則78-S-1則稍低；葉凝膠強度方面，TYY3似較餘二品系稍高。但78-T-1品系猶達30g/cm^{2}之可接受程度。至於穩定性係數b值與迴歸離差之分析結果發現，78-S-1品系之產量表現最不穩定，其穩定性係數b值顯著大於1，且迴歸離差顯著，雖於高產環境栽培(如水上鄉產區)，有較高生產力表現，但於惡劣環境下栽培，亦有可能出現最差表現之情況，而78-T-1品系之b值爲1.20，亦大於1，但迴歸離差不顯著，其穩定性較78-S-1高，TYY3品系的產量穩定性雖最高，惟其b值0.53，顯著小於1，在改善生長環境下，期望發揮高產潛力之可能性，遠比78-T-1品系小。

各品系間葉產量之穩定性分析結果，以78-S-1品系較穩定，而78-T-1品系雖穩定係數較TYY3品系大，但其迴歸離差值比後者小，似受環境影響亦比TYY3品系小，即仍有高產之潛力。至於葉凝膠強度穩定性分析，雖78-S-1品系與78-T-1品系之平均值較低，但穩定性比TYY3品系高[5]。

五、種植密度試驗

近年來國產仙草的葉凝膠強度每況日下，究其原因，可能爲栽培技術未加以改進與高氮肥效應所使然。前往各生產區調查其種植情形發現，南部地區多行雙行式密植，而北部地區則多採120cm株距種植；肥料仍偏重施用含氮量高之複合1號，甚至有些農民喜歡施用尿素，因此，爲提高國產之仙草品質非逐步就上述技術加以改進不可。

由於上述之原因，乃先進行不同密度試驗，以行距固定1.4m，株距分30(D_1)、60(D_2)、90(D_3)及120(D_4) cm等四處理參試，試驗結果發現(表1)，第一年平均單株產量以株距 90cm(每公頃種植7,940株)區較高，達796g，而密植區則較低，但葉凝膠強度呈相反趨勢，即愈密植區其葉凝膠度愈高，如株距30cm區（每公頃種植23,800株）達155.8g/cm^2，其次爲株距60cm區(每公頃種植11,900株)92.3g/cm^2。第二年試驗結果較不一致，不過，葉凝膠強度以株距60cm及120cm區(每公頃種植5,950株)較高。

表1. 仙草78-T-1品系在不同株距種植下之各項農藝性狀表現

Table 1. Performance of main agronomic character and gel formation strength of hsian-tsao strain 78-T-1 under different planting spacings in 1996 and 1997

Treatment	Cane length (cm)		Yield (g/pl)		Yield (kg/ha)		Leaf Yield (kg/ha)		Leaf/Whole plant (%)		Gel formation strength (g/cm^2)	
	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997
30cm	100.3a	87.5a	481b	388a	11,071a	9,246a	5,051a	2,836a	42.4a	30.5b	155.8a(3)^z	80.4b(3.5)
60cm	95.4a	84.0a	642ab	600a	7,648ab	7,134abc	3,420ab	2,815a	46.0a	39.2a	92.3b(3)	200.9a(3.6)
90cm	84.2a	76.0a	796a	681a	6,319ab	5,411bc	2,803ab	2,415a	44.4a	45.3a	85.0b(3)	90.7b(3.3)
120cm	93.4a	75.8a	741a	831a	4,411b	4,949c	1,769b	2,086a	40.3a	41.4a	57.9b(3)	140.0ab(3.1)

^{z}: °Brix are presented in parenthesis.

Means followed by the same letter within the same column are not significantly different at 5 % level by the Least Significant Difference Test.

就二年的平均值加以綜合分析(表2)，發現於平均公頃產量及葉凝膠強度二性狀而言，每公頃種11,900株，即採行株距1.4 X 0.6m之種植方式，顯然表現較佳，此結果應可推荐給農民作爲栽培參考。

表2. 仙草78-T-1品系在不同株距種植下之農藝性狀表現(兩年平均)

Table2. The mean values of agronomic character of hsian-tsao strain 78-T-1 in different planting spacing

Treatment	Cane length (cm)	Yield (g/pl)	Yield (kg/ha)	Leaf Yield (kg/ha)	Leaf/Whole plant (%)	Gel formation strength (g/cm^2)
30cm	93.9a	434.5c	10,158.5a	3,943.5a	36.5b	118.1ab
60cm	89.7ab	621.0b	7,391.0b	3,117.5ab	42.6a	146.6a
90cm	80.1b	738.5ab	5,861.0bc	2,609.0bc	44.8a	87.9b
120cm	84.6b	786.0a	4,680.0c	1,927.5c	40.8ab	99.0b

Means followed by the same letter within the same column are not significantly different at 5 % level by the Least Significant Difference Test.

六、肥料試驗

仙草栽培地從南至北，農民均以選擇水稻後作地與雜作後作地二種作爲栽培植地，因此，肥料試驗必須選擇此二種植地分別分年進行，以便按栽培植地之不同向農民推薦施肥量。

新品種於水稻後作地進行肥料試驗結果，發現平均公頃產量以$N_1P_1K_1$區(100：40：70kg/ha)達10,230kg最高，次依序爲$N_2P_1K_2$區10,180kg、$N_3P_2K_2$區9,886kg；平均公頃葉產量以$N_2P_1K_1$區3,084kg較高，次依序爲$N_2P_1K_2$區2,846kg及$N_2P_2K_1$區2,717kg，而$N_1P_1K_1$區亦達2,618kg，但上述數據經變方分析結果並未達顯著差異水準。氮磷鉀肥間個別效應之分析，亦發現未達顯著著異，由此結果可瞭解仙草種植增施氮磷鉀肥對產量無明顯的效果。

另從葉凝膠強度方面探討，發現$N_1P_2K_2$區（100：80：140kg/ha)之葉凝膠強度最高達118.2g/㎝^{2}，而$N_1P_1K_1$區僅29.4 g/㎝^{2}，經變方分析及各要素間之效應分析，可約略看出多施磷鉀肥確有助於提高仙草品質之趨勢[7]。

第二年於馬鈴薯後作地進行試驗結果，以個別試區之表現加以比較，D_1處理之公頃產量及葉凝膠強度表現均較佳者爲$N_2P_2K_2$區，其各獲得6,067kg與110.7g/㎝^{2}，而$N_2P_1K_2$區雖然乾株產量不如前者僅達5,170kg，但葉凝膠強度頗高達127.9 g/㎝^{2}；D_2處理表現較佳者爲$N_3P_2K_2$區，各獲得7,092 kg與142.4 g/㎝^{2}，此顯示仙草78-T-1品系於旱作後作地採用90㎝株距種植者，每公頃三要素施用量宜採140：40-80：140kg之組合，可獲得較高產量，葉凝膠強亦不會太低，而採60㎝株距種植者，較適合施用之三要素組合爲180：80:140kg[7]。

縱觀上述二年試驗結果，就種植地之選擇而言，仙草78-T-1品系欲獲得高產似宜選水稻後作地種植，但施肥量應小心斟酌，以避免產生徒長而影響葉之凝膠強度，即採90㎝株距種植者，爲兼顧公頃產量及葉凝膠強度表現，每公頃化肥施用量，以施用氮素100kg，磷酐80kg，鉀素140kg爲宜；選旱作之後作地栽培者，以株距60㎝密植，氮素應提高施用量至180kg，以90㎝株距種植，則氮素提高施用量爲140kg，而磷及鉀肥施用量可分別施用40-80kg與140kg加以配合。

七、不同生育期及儲藏期之葉凝膠強度變化

依楊[9]及Lii *et al.*[12]與呂氏等報告，仙草之凝膠結構爲其萃取液中多醣分子與添加適量澱粉形成果糖所構成，而一般所謂可溶性無氮物(nitrogen free extracts, NFE)之中就含有多種多醣類，由此，作者曾於1984年自關西地方品種，於其各不同生育期取樣分析其可溶性無氮物之含量變化發現，此等地方種均於移植後180天NFE含量最高[4]，此結果顯示仙草之凝膠強度與NFE含量多寡有關。本試驗利用上述材料在不同生育期直接測定其葉凝膠強度發現(表3)，半直立型78-S-1品系與直立型83-S-7品系，其葉凝膠強度隨著生長日數增加而逐漸增高，至開花期210天亦然；78-T-1品系葉凝膠強度表現亦與此二品系相似，惟在營養盛期轉入生殖期未如此二品系顯現大幅度增加。TYY3品系一般在溫差較大地區栽培時如台灣北部，其葉凝膠強度表現，通常較其他品系優異，但在中南部表現似不如78-S-1、83-S-7及78-T-1品系。

另外，仙草採收後，農民均貯存於倉庫一段時間後才有市場交易，甚少廠商購買當年生產的乾草作爲加工原料，其乃因加工業者認爲剛採收的仙草乾草，其香氣及葉凝膠強度猶差，由此，似透露著仙草乾草必經貯藏後始能提高乾草品質的信息，因此，有必要探討不同儲藏期影響仙草乾草之葉凝膠強度情形。

測定結果發現(表4)，除TYY3及83-S-7兩品系外，其餘品系如78-T-1、78-S-1與M1之乾草經貯藏6個月後，其葉凝膠強度有大幅度提高之趨勢，但貯藏9個月後，不但乾草有霉味，而且葉凝膠強度亦大幅度降低，因此，仙草的乾草貯藏期限，就經濟效益與品質而言，以貯藏半年期限爲宜。

表3.仙草不同品系於各生育期之凝膠強度變化

Table 3. Changes of gel formation strength at different growth stages of hsian-tsao strains

Strain	Growth stages(days)				LSD(5%)
	120	150	180	210[y]	
78-S-1	32.0(2.9)[z]	72.5(3.2)	163.7(3.0)	388.8(2.9)	213.9
M1	17.5(3.2)	71.6(2.9)	73.8(3.1)	37.1(3.0)	ns
78-T-1	47.3(3.0)	91.4(3.0)	72.2(2.9)	168.1(3.1)	ns
TYY3	29.7(3.0)	38.7(2.9)	37.0(2.9)	85.1(3.0)	ns
83-S-7	31.9(3.0)	69.6(3.0)	142.1(3.3)	330.5(3.0)	96.4
LSD(5%)	ns	ns	77.7	282.7	

[z]: °Brix are presented in parenthsis.

[y]: at bloooming stage.

ns: non significant.

表4.仙草不同品系於不同儲藏期之葉凝膠強度變化

Table.4 Changes of gel formation strength in different storage period of hsian-tsao strains

Strain	Storage times (months)			LSD(5%)
	0	6	9	
78-S-1	38.4(3.1)z	322.0(3.0)	66.2(3.1)	109
M1	33.4(3.3)	185.2(2.9)	71.2(3.3)	ns
78-T-1	40.4(3.0)	108.4(3.0)	44.6(2.8)	ns
TYY3	38.0(3.4)	30.8(4.0)	42.2(3.0)	ns
83-S-7	55.3(3.5)	16.6(3.0)	38.9(3.1)	ns
LSD(5%)	ns	ns	ns	

[z]: °Brix are presented in parenthsis.

ns: non significant.

八、扦插期試驗

仙草苗培育方法計有行種子播種及利用蔓莖行無性繁殖二種，前者盛行於水上鄉生產區，所採用的品種爲直立種，此品種雖經民間自行選拔留種，但植株仍有變異，因此，行無性繁殖爲保持品種優異特性的方法之一。

仙草苗之成活率受到扦插時期影響至鉅，依台灣之氣候而言，早春進行扦插則溫度尙低，且母株新萌發之株條短又幼嫩，插穗成活率低；較晚插植者，因氣候乾燥炎熱發根慢，成活後每遇不時雨，則仙草苗常受到水害而葉片變紅，移植時不易成活，導致本田發生嚴重缺株現象，由此之故，探討適當之扦插時期是有必要的。

配合不同植期試驗，從1988年2月2日起至4月15日止計六扦插期進行試驗，即每隔15天爲一扦插期，每期扦插208株，試驗結果發現第一期成活率爲93.7%，第二期爲100%，第三期爲99.5%，第四期爲100%，第五期爲91.3%，第六期成活率最低爲45.6%，由此，可知78-T-1品系之種苗培育之扦插適期似於2月16日至3月15日間較適宜(表5)。

九、多醣膠體含量測定

前述曾提及仙草植體經蒸煮萃取後，添加2%之澱粉可形成凝膠體，此凝膠體係含於可溶性無氮物

表5. 仙草78-T-1品系於不同扦插期之種苗成活率比較

Table 5. Comparison of rooting percentages in cuttings of hsian-tsao strain 78-T-1 grown at different propagation times in 1998

Time of propagation	Total cutting number	Rooting percentage (%)	Time of propagation	Total cutting number	Rooting percentage (%)
Feb.2	208	93.7	Mar.14	208	100.0
Feb.16	208	100.0	Mar.31	208	91.3
Mar.2	208	99.5	Apr.15	208	45.6

(NFE)中之多醣膠體所作用，因此，各品系間之多醣膠體含量有必要分析。本試驗利用78-S-1、 M1、78-T-1 、TYY3及83-S-7等5個品系爲材料，與高雄醫學院合作分析各品系間之葉多醣膠體含量，分析結果發現78-T-1品系葉中之多醣膠體含量爲17.7％，僅次於78-S-1品系，而顯著高於水上地方種83-S-7品系(表6)。

表6. 仙草不同品系之多醣膠體含量比較

Table 6. Comparison of poly-saccharide polymer content among different hsian-tsao strains

Strain	Poly-saccharide polymer content(％)
78-S-1	18.0a
M1	13.2b
78-T-1	17.7a
TYY3	15.8a
83-S-7	12.0b

Means followed by the same letter within the same column are not significantly different 5% level by Least Significant Difference Test.

十、清除超氧陰離子效果之測定

仙草飲料對人體具有保健作用，經國內專家與學者分析證實，係因其含有多酚類及清除超氧陰離子效果之故，由此，乃仿Roback和Gryglewski氏[11]之方法測定各品系清除超氧陰離子效果，結果發現各參試品種系清除超氧陰離子效果均很高，其中以78-T-1品系達91.5%最高，分別顯著高於83-S-7 、83AC6、 83AC12及83AC15等品系(表7)。

表7. 仙草不同品系之清除超氧陰離子效果比較

Table 7. Comparison of scavenging activity on superoxide anions among different hsian-tsao strains

Strain	Scavenging activity on superoxide anions (%)	Strain	Scavenging activity on superoxide anions (%)
83-S-2	90.6ab	83AC12	88.2c
83-S-6	90.0abc	83AC15	89.5bc
83-S-7	88.3c	78-T-1	91.5a
83AC6	89.2bc	78-S-1	90.6ab

Means followed by the same letter within the same column are not significantly different 5% level by Least Significant Difference Test.

十一、收益與成本分析

仙草生產成本及收益分析(如表8)發現，農民依照本所改進之技術種植78-T-1品系 (如肥料試驗選水

表8. 仙草生產成本及收益分析(元/公頃)

Table 8. Analysis of production cost and revenue for hsian-tsao (NT$/ha)

Item	Amount
Inputs	
Cutting fee	59,500
Land-preparation	20,000
Weeding fee	45,000
Chemical fertilizers fee	6,072
Fertilizer application fee	45,000
Irrigation fee	25,000
Harvesting fee	90,000
Land rentting	30,000
Sub-total	320,572
Output	750,000
Net profit	429,428

稻後作地種植之成績)，在灌溉區通常每公頃產量可達9,000kg，以1998年平均市價每台斤50元計算產出，則每公頃粗收益達750,000元，扣除投入生產成本320,572元，其淨收益爲429,428元。

每公頃投入生產成本中，種苗費爲59,500元(5元x11,900株)、整地及作畦費20,000元、除草工資爲45,000元(1,500元x30女工)、肥料費爲6,072元(硫酸銨184元x17.5包、過磷酸鈣136元x12.5包、氯化鉀192元x6包)、施肥費爲45,000元(1,500元x30女工)、灌溉費用爲25,000元(灌溉1次工資4,000元，油費1,000元，計5次)、收穫及曬乾工資90,000元及土地租金30,000元等。之中，收穫及曬乾工資佔全生產成本之28%，因此，如要降低仙草生產成本，提高農民收益非實施機械採收與機械烘乾作業不可，其他成本如灌溉工資，可勸導農民選可灌溉地區種植，則可減少三分之二的灌溉工資。至於與各地所種植之地方品種收益比較，據調查各地地方種每公頃之產量約在4,800-6,000公斤間，其收益當不如種植78-T-1品系。

十二、新品種之主要形態特性

植株匍匐型，莖淺紫紅色、絨毛短疏，葉大呈橢圓形，葉長5.2cm、葉寬2.7cm，葉脈紋深、葉面光滑，葉色鮮綠、葉緣淺齒狀，節間短，僅見葉不見莖，扦插苗成活率高，再生力強，可行宿根栽培，營養生長期爲180天左右，由此，於每年四月移植本田，九月底至十月初收穫，恰可避開雨季而使採收及乾燥作業容易。平均公頃產量達9,000kg以上，葉產量達3,000kg左右，適應於中南部地區栽培，新竹地區亦可種植，惟生育後期，若無充足水源可灌概地區，老葉較易脫落。

十三、栽培注意事項

(一)育苗：利用扦插法繁殖，繁殖材料可於8月間在本田選取較健壯仙草莖，插植於事先準備的苗圃，11-12月間將花穗剪除，中耕肥培並適度灌溉，待翌年2-3月間重新萌發新枝時，剪取供作插條。若於本田直接剪取宿根苗時，1-2月間應將母株旁之土壤鋤鬆，並適度施肥與灌溉，使宿根之母株萌發健壯的枝條以供作插條。插植時期宜擇2月中旬後進行，扦插時利用穴植缽插植，待發根成活後移植本田。此法可確保品種之優良種質，較不易變異。

(二)選地：種植地宜選擇水稻後作地，或經半年以上之休閒並曾浸水二個月以上之土壤較佳，利用長年旱作地種植，則仙草易發生疑似萎凋病，且未發生之病株通常亦生長不良，因此，應儘量避免於連續旱作栽培之植地種植。

(三)整地：分粗整地與細整地，前者目的係將前作物殘株深耕掩埋與鬆土，此時可將醱酵雞糞撒施混埋其內，施量每公頃5,000kg；後者作業乃細碎土壤以利作畦與種植。粗整地作業宜本田種植前一個月進行，而細整地則於植前7天進行，整地後立即作畦並灌溉使土壤濕潤，餘水設法排乾。

(四)行株距：行距1.4m，株距可採60或90cm，即畦寬1.4m，然後在畦上按所選擇之株距挖穴種植，每公頃種植 8,000-11,900株。

(五)種植時期：依據扦插期試驗結果發現，本省從二月中旬至三月中旬爲仙草苗成活率較高，因此，仙草最適種植時期可擇三月底至四月中旬。

(六)中耕除草及施用追肥：植後30天至90天間，應於畦溝間進行中耕，一方面除草，另一方面鬆土促進仙草根發育。伴著中耕除草作業將複合肥料施於株間並覆蓋。三要素全施量，水稻後作地若採株距90㎝種植，則施用N100, P_2O_5 80, K_2O 140kg/ha，採60㎝株距可採用N140, P_2O_5 80, K_2O 140kg/ha組合；旱作地則宜採60cm株距種植，因此，肥料施用量爲N180, P_2O_5 80, K_2O140 kg/ha，追肥施用次數爲2-3次，每次施用量爲全量之二分之一或三分之一。

(七)灌溉：台灣4至6月間係屬旱季，此期間爲仙草生育初期植株定型之際，需要適當水量以助成活及生長，因此，除於移植後應立即灌溉外，生育期間宜適時灌溉。7至8月間通常爲雨季，豪雨將使畦溝積水，此時宜注意排水以免仙草葉因浸水發生腐爛，但9月後下雨時間較少，應灌溉1-2次。

(八)病蟲害發生情形：仙草全生育期間甚少病害與蟲害發生，因此，一般農民均不噴農藥，惟植地選擇多年旱作地時，仙草生育中期常發生萎凋，經取病株分離，均未發現病菌；至於虫相經調查於生育初期有蟋蟀爲害，生育中後期有金花虫及浮塵子類爲害，但均不嚴重。

(九)收穫：以植株各頂芽與腋芽長出花蕾時爲採收適期，台灣南北部之採收時間不同，南部一般均在8月底至9月初（直立種），北部在10月中旬以前（匍匐種），惟各地種植新品種則需營養生長期180天左右。收穫時使用鐮刀分別將不定根割斷，然後將整株翻轉置於畦上曝晒，待七至八分乾燥程度後(較不易脆斷)，綁成小綑堆積於儲藏室內。

(十)儲藏：仙草乾草通常經一段儲藏期間後可提高仙草的凝膠強度及香氣，因此，一般商販較喜愛購買有經過儲藏的仙草，但不能有發霉現像發生。儲藏場所應選乾燥通風之場地，且底地要墊高並在仙草乾草上覆蓋黑色塑膠布以防潮濕變質。

誌　　謝

試驗期間，承蒙高雄醫學院顏銘宏博士惠予合作成分分析，本所陳炳輝博士田間支援，品種命名審查會中，林木連博士提供其研製之精美仙草點心及仙草飲料，謹此敬謝。

引用文獻

1. 台灣省農牧業主要產地調查報告。1988。45頁。台灣省政府農林廳編印。
2. 史宏財、許明仁。仙草凝膠物質之萃取及凝膠性質之研究。274-281頁。林俊義、盧煌勝、劉新裕編。農特產品加工研討會刊。1995。台灣省農業試驗所，台灣，台中，霧峰。
3. 胡敏夫、林禮輝。1985。仙草品種與植期對產量及主成份含量之影響。中華農業研究34：157-163。
4. 胡敏夫、林禮輝。1986。仙草不同生長期主成份含量分析。中華農業研究35：180-185。
5. 胡敏夫、劉慧瑛、朱戩良、劉新裕。1997。仙草品系間農藝性狀與化學組成分之比較。中華農業研究46：32-41。
6. 胡敏夫、姜金龍、龔財立、呂秀英、劉新裕。1998。仙草優良品系區域適應性試驗。中華農業研究47：1-11。
7. 胡敏夫、張愛華、呂椿棠、劉新裕。1998。不同氮磷鉀肥施用量與種植密度對仙草產量及品質之影響。中華農業研究47：259-266。
8. 中華民國台灣地區進口貨物數量與價值統計月報。1989。9月版。3-39頁。財政部關稅總局。

9.楊啓春、陳理宏、呂改義。1982。仙草凍凝膠機構之研究 - 以不同之醇濃度沈澱仙草多醣膠質之凝性及糖成份之組成。食品科學9：19-26。

10.Fisher, R. A. 1954. Statistical Methods for Research Workers.12th Edition, Hafner.

11.Roback, J., and R. J.Gryglewski 1988. Flavonoids are scavengers of superoxide anions. Chemi. Pharmacol. 37: 837-841.

12.Lii, C.Y., and L. H. Chen. 1980. The factors in the gel-forming properties of hsian-tsao(*Mesona procumbens* Hemsl.) I. Extraction conditions and different starches. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC.4：438- 442.

Development of Hsian-tsao Variety TARI No. 1[1]

Min-Fu Hu[2], Sin-Yie Liu[2], Shu-Chin Lo[3] and Hung-Shung Lu[2]

Summary

A new hsian-tsao (*Mesona procumbens* Hemsl.) variety 'TARI No. 1' was selected from Tunglo at Miao-Li county by Taiwan Agricultural Research Institute of the Council of Agriculture. A clonal selection method was used to select from a population of 3,600 since 1989. A new clone was selected by its better agronomic characteristic performances through varietal observation test, comparative test, regional test and quality analysis. Variety of 'TARI No. 1' was released to growers in September 1999 as a registered new cultivar with many outstanding characteristics. Variety of 'TARI No. 1' belongs to a runner and leafy growing type. The cane color is pale purple with short and sparse pubescences on it. It has a pale green ellipsoidal leaf shape with medium dentation on margins and leaf size is about 5.2 cm in length and 2.7 cm in width. A growing duration of 180 days from transplanting to the appearance of flower buds, is needed for vegetative growing according to the results of varietal observation. The highest yields of whole plants or from leaf only are up to 10,000 kg/ha and 30,00 kg/ha according to the regional test, respectively. A strong gel formation strength of 30.2 g/cm^2 and a high scavenging activity on superoxide anions and of poly-saccharide polymer content in leaf extraction, 91.5% and a 17.7%,respectively, are obtained from fresh harvested plants of 'TARI No.1'. Variety of 'TARI No. 1' is adapted to the middle and southern part of Taiwan and in the Hsin-Chu area.

Key words：Hsian-tsao(*Mesona procumbens* Hemsl.), Clonal selection method,, Gel formation strength, Poly-saccharide polymer content, Scavenging effect on superoxide anions.

---

1. Contribution No. 2009 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture .

2. Respectively, Assistant Agronomist, Senior Agronomist, Senior Agronomist and Head of Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Research assistant, Department of Agricultural Chemistry, TARI.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(1): 26～34 (2000)

簡化綠豆種原形態結構多樣性之研究[1]

陳 述[2] 陳 成[3] 范明仁[4] 鄒篤生[5]

摘要：本研究之主要目的爲針對一具有全球代表性的綠豆種原，就其形態性狀的多樣性結構進行簡化。本研究共計評估了5,363份種原，所評估之形態性狀包括15個「測度性狀」與6個「等級性狀」，共計21個性狀。爲簡化形態性狀多樣性結構所進行之多變數統計分析包括主成分分析、主成分因子分析及最大可能率因子分析。經由主成分分析與主成分因子分析結果，由第1至第6成分（因子）的累加變異解釋量僅達62%，顯示這兩種方法均無法達成只以少數獨立綜合指標簡化此綠豆種原形態性狀多樣性結構的預期目標，因此進行後續種原分群的策略之一爲：以包含全部21個形態性狀之原始數據結構直接進行分群分析。另經由最大可能率因子分析求得函數解之方式，可將形態性狀多樣性結構化簡至只以前3個因子即可代表92%之累積變異解釋量，因此進行後續種原分群的策略之二爲：以最大可能率因子分析所得之前3個因子或以因子載荷量較大的重要性狀進行分群分析。

關鍵詞：綠豆、種原、形態性狀、遺傳多樣性、多變數分析。

前　言

保存種原的主要目的即在於維持遺傳多樣性，以提供作爲育種的遺傳變異來源。而針對整個種原收集之遺傳多樣性結構的瞭解，不但可協助育種學家們有效率地篩選出所需的育種材料，亦可提供種原管理者作爲制定後續引種或種原採集計畫之參考，甚可作爲篩選種原以形成種原核心收集(core collection)[10]的參考依據。

針對所收集的種原進行詳盡的外部形態性狀調查評估，是瞭解與利用種原遺傳多樣性的首要步驟。調查評估的項目可能涵括了分類性狀、農藝性狀（如：植株營養性狀、結莢性狀、種子性狀等），以及抗耐逆境或特殊化學物質成分含量等諸多特性。然而，「多」而詳盡的性狀調查評估，再加上性狀間彼此所可能存在的「相關性」，不但相對的模糊了我們對於整個種原保存所具有之遺傳多樣性狀況的瞭解程度，也使得後續進行種原分群，以及篩選育種材料的過程變得十分困難。因此，嘗試如何將一大堆有相關的調查性狀轉換成「少數」且「無相關（獨立）」的變數，以簡化遺傳多樣性結構的觀測系統，便成爲了一個必須要考慮的過程。

多變數統計分析方法中的「主成分分析」（principal component analysis）與「因子分析」（factor

1. 行政院農業委員會農業試驗所　研究報告第2010號。

2. 本所作物種原室助理暨台灣大學農藝學研究所博士班研究生。台灣省　台中縣　霧峰鄉。

3. 台灣大學農藝系教授。 台北市。

4. 本所作物種原室研究員兼主任。 台灣省　台中縣　霧峰鄉。

5. 亞洲蔬菜研究發展中心主任。 台灣省　台南縣　善化鎮。

analysis），便是經常被利用於簡化數據觀測結構的兩種方法。這兩種方法都是採取降維的方式，以嘗試找出少數幾個「綜合指標」來代表原來眾多的變數（性狀），並使這些綜合指標能儘可能地反映原來變數的信息量，而且彼此之間互不相關。至於這兩種方法的差別則在於：經由主成分分析所求得的綜合指標（即主成分）是原觀測變數的線性組合；而經由因子分析所求得的綜合指標則是一群新「因子」的線性組合，這些因子事實上又是由原觀測變數經線性組合而成，其所代表的意義爲嘗試能找出原始變數之間未知、假設或抽象的隱藏性關係或結構。因此，因子分析是由變數與變數之間的共變方(covariance)爲基礎所導證出的方法，而且通常伴隨著因子座標的空間旋轉過程，目的在於找出合理的因子詮釋意義；而主成分分析則是以個別變數之變方(variance)爲基礎所導證出的方法，且並不須要空間旋轉的過程[1,2,4,5,13]。雖然主成分分析與因子分析的分析過程，以及所求得之「綜合指標」的意義有所不同，但均可達到簡化遺傳多樣性結構觀測系統之目的。

在種原遺傳多樣性分析的相關研究方面，應用主成分或因子分析，除可進一步瞭解各性狀間複雜的關係及簡化性狀多樣性結構之外，還可利用經分析所得的綜合指標(主成分或因子)，針對育種材料進行分群，以作爲種原分類、選拔育種材料、以及探討種原變異來源等之參考。Hillig與Iezzoni[11]曾針對16個櫻桃種原，利用形態性狀經主成分分析所得的前3個主成分，將種原進行分群歸類，以提供作爲選拔育種材料之參考。Stalker[19]針對花生屬種原進行了56項形態性狀調查及主成分分析後發現，種原變異的主要來源是葉的大小與形狀，其次爲分枝型態與花的大小。Souza與Sorrells[18]則是針對70個北美燕麥種原進行了13項數量性狀調查及主成分分析後發現，抽穗期是種原變異的最主要來源。Singh等人[17]針對來自於拉丁美洲之306栽培種菜豆地方種原的遺傳多樣性結構進行瞭解時發現，利用形態性狀經主成分分析後所得的前2個成分，可將種原明顯區分爲安地斯山脈群(Andean group)與中美群(Mesoamerican group)。Perez-Gonzales[14]就生長在墨西哥中部的15個杏種原進行了20項形態性狀調查，企圖瞭解這些種原的遺傳變異以作爲育種利用之參考，經主成分分析後發現，由所得之前4個主成分即可代表該種原85%的變異。Robert與Sarr[15]則是利用主成分分析法針對珍珠栗種原的多樣性結構進行簡化，並據此進行後續的種原分群分析。Jana與Singh[12]曾針對小藜豆種原進行了11項數量性狀的調查及主成分分析，由所得的前2個主成分，即可將7個來自於不同地理來源的種原作明顯的區分。Stanton 等人[20]則針對美國國家植物種原系統 (National Plant Germplasm System; NPGS)所保存的400份A-genome棉花(即*Gossypium arboreum* L.與*G. herbaceum* L.)種原進行了53項的性狀調查及主成分分析，由所得的前2個主成分，便可成功地區分出*G. arboreum*與*G. herbaceum*這兩個種。Fernandez等人[8]針對山茱萸種原之遺傳多樣性進行瞭解，由外形性狀之主成分分析結果顯示，葉與花的形態性狀即可解釋83.3%的種原變異，且發現各不同地理來源之種原的花芽大小與花串數會隨著緯度由北向南遞減。Rouamba等人[16]係針對西非的14個洋蔥地方品種進行數量性狀的主成分分析以求得新的獨立綜合指標，並進行後續的分群分析，目的在嘗試建立西非洋蔥種原的核心收集。Fernando等人[9]亦曾針對來自於歐洲的20個黑麥草種原族群，就數量性狀調查及同功異構酵素多型性分析的結果進行主成分分析，以嘗試了解種原的遺傳多樣性結構。

綠豆（*Vigna radiata*（L.）Wilczek）屬豆科一年生作物，亞洲蔬菜研究發展中心（以下簡稱亞蔬中心）曾由世界各地的綠豆栽植地區蒐集了許多種原，以增加綠豆種原的遺傳多樣性，並成爲國際植物遺傳資源研究所（IPGRI）及育種學家們所公認之「具有全球代表性」的綠豆種原收集[7]。鑑於以往探討綠豆種原收集之報告係多僅就自身單位或國家所保存的少數綠豆種原爲研究對象，而進行之多樣性分析亦多止於簡單的敘述統計；因此，本研究之主要目的在以此具有全球代表性的綠豆種原收集爲研究對象，繼對該綠豆種原收集形態性狀遺傳多樣性之地理分布進行初探之研究報告[3]之後，再嘗試針對形態性狀的多樣性結構進行簡化，以作爲提供育種學家們瞭解種原變異來源、選擇育種材料、以及

後續進行種原分群以篩選種原形成種原核心收集的重要參考基礎。

材料與方法

本研究係以亞蔬中心所保存的5,657份綠豆種原中有來源國家記錄之5,363份種原參與統計分析[3]。本研究之形態性狀評估調查係於亞蔬試驗農場進行，原共計調查了31個形態性狀，其中15個性狀爲直接記錄實測尺度之絕對數值的「測度性狀」；另16個性狀則是先畫分等級或類別，調查結果係記錄所屬等級或類別的代碼[3]。而其中有部份關於描述顏色、形狀或形態等特徵的性狀，包括胚莖色、葉形、葉柄基色、花序位置、花萼色、成熟莢色、莢絨毛色、種皮色、種皮光澤（油綠shiny，粉綠dull）、以及種皮花紋等10個性狀，是屬於記錄類別代碼的性狀，由於此種「類別數據」的資料不適於納入本研究所須進行之多變數統計分析中，因此實際參與本研究的形態性狀僅包括15個「測度性狀」與6個「等級性狀」，共計有21個性狀（表1）。

表 1. 參與多變數分析的綠豆種原之21個外表形態性狀及其定義

Table 1. Definitions of 21 morphological traits included in the multivariate analysis

Code	Characteristic definition
C2	Primary leaf length (cm) the average of ten leaves
C3	Primary leaf width (cm) the average of ten leaves
C5	Growth habit 1=Erect 2=Semi-erect 3=Spreading
C6	Lodging 1=None 2=Slight 3=Moderate 4=Severe 5=Very severe
C7	Plant height (cm) at flowering in spring the average of ten plants
C8	Plant height (cm) at flowering in fall the average of ten plants
C9	Plant height (cm) at maturation in spring the average of ten plants
C10	Plant height (cm) at maturation in fall the average of ten plants
C13	Leaf pubescence density 0=None 1=Few 2=Moderate 3=Many
C14	Leaf pubescence length 1=Short 2=Medium 3=Long
C15	Days to flowering (50% of plants) in spring
C16	Days to flowering (50% of plants) in fall
C18	Number of flower clusters per plant the average of ten plants
C22	Number of pods per plant the average of ten plants
C23	Pod length (cm) the average of ten plants
C25	Pod pubescence density 1=Few 2=Moderate 3=Many
C27	Pod pubescence length 1=Short 2=Medium 3=Long
C28	Days to maturation (50% of plants) in spring
C29	Days to maturation (50% of plants) in fall
C30	Seeds per pod in spring the average of ten pods
C31	Seeds per pod in fall the average of ten pods

本研究爲簡化形態結構多樣性所進行之多變數統計分析包括主成分分析、主成分因子分析（principal component factor analysis）及最大可能率因子分析（maximum likelihood factor analysis）。由於各種原性狀調查的測量單位與所測得之數值變域皆不盡相同，因此進行分析時係以相關係數矩陣（correlation matrix）爲依據，目的在於先使資料經過標準化的程序，以避免造成變域範圍大的性狀會占有較大之數據結構解釋成分的情事發生。而有關本研究所進行之各種多變數統計分析的詳細程序如下：

1.主成分分析

以SAS（Statistical Analysis System）軟體之PRINCOMP Procedure進行分析。

2.主成分因子分析

利用SAS軟體之FACTOR Procedure，因子提煉模式採主成分法（Method=Prin），以進行因子分析。

3.最大可能率因子分析

利用SAS軟體之FACTOR Procedure，因子提煉模式採最大可能率法（Method=ML），以進行因子分析；並經變方最大旋轉（varimax rotation）以估算各性狀在各因子座標軸上的因子載荷量（factor loading）。

因子分析之繪圖部份，係以SAS軟體之FACTOR Procedure中的Score選項先求得「因子係數」後，再經SCORE Procedure的分析程序，以使「因子係數」與本研究中各種原性狀調查的原始數據資料相乘，而求得「因子得分值」（factor score），其所代表的意義即爲各數據點（種原）在以各因子爲軸之新座標系統上的座標值。將所得之「因子得分值」載入Excel 軟體後，再以SigmaPlot 軟體進行繪圖。

結果與討論

本研究以相關係數矩陣爲依據所進行的分析，結果如表2，表中列出了進行主成分分析、主成分因子分析及最大可能率因子分析後，特性值大於1之各成分（因子）的特性值、個別變異解釋量，以及累加變異解釋量。

進行主成分分析的結果（表2）顯示，在第1到第6個成分中，除了第1與第2成分的個別變異解釋量（22%與15%）較大之外，其餘成分的個別變異解釋量都很小，所以累加變異解釋量的遞升速度也因此變得很慢，由第1至第6個成分的累加變異解釋量僅達62%。

因子分析的部分，依所採因子提煉模式之不同，可區分爲主成分因子分析法及最大可能率因子分析法。經由主成分因子分析所得的結果與主成分分析的結果相同，由第1至第6個因子的累加變異解釋量亦僅達62%（表2）。至於最大可能率因子分析的部分，由第1至第4個因子的累加變異解釋量爲98%，其中第1因子的個別變異解釋量即已高達51%，第2、3因子之個別變異解釋量分別爲30%與11%，而第4因子的個別變異解釋量較小，僅占6%。

在進行完主成分分析或因子分析後，主成分（或因子）個數的決定，在實際應用上通常取決於以下幾個考量因素[1,2,4,5,13]：

1.通常保留累加變異解釋量達到80%或90%以上所對應的所有成分（因子）。

2.觀察各成分（因子）的個別變異解釋量變化趨勢，捨棄個別變異解釋量太小的成分（因子）。

3.保留比平均特性值（eigenvalue）大的成分（因子），若爲以相關係數矩陣爲依據進行主成分或因子分析時，則保留特性值大於1的成分（因子）。

綜合表2中爲簡化形態性狀多樣性結構所進行之三種多變數統計分析的結果發現，經由主成分分析與主成分因子分析所得的累加變異解釋量均很低（62%），顯示這兩種方法均無法只以少數幾個「綜合

表 2. 主成分分析、主成分因子分析及最大可能率因子分析所得之各成分(或因子)的特性值與變異解釋量

Table 2. Eigenvalues and proportion of the variability explained by each component(or factor) from the principal component analysis, principal component factor analysis and maximum likelihood factor analysis

PC or (FC)	Principal Component Analysis			Principal Component Factor Analysis			Maximum Likelihood Factor Analysis		
	Eigenvalues	Proportion	Cumulative	Eigenvalues	Proportion	Cumulative	Eigenvalues	Proportion	Cumulative
1	4.61	0.22	0.22	4.61	0.22	0.22	11.51	0.51	0.51
2	3.15	0.15	0.37	3.15	0.15	0.37	6.71	0.30	0.81
3	1.59	0.08	0.45	1.59	0.08	0.45	2.50	0.11	0.92
4	1.40	0.06	0.51	1.40	0.06	0.51	1.25	0.06	0.98
5	1.27	0.06	0.57	1.27	0.06	0.57			
6	1.02	0.05	0.62	1.02	0.05	0.62			

指標」(即主成分或因子),便反映出原本針對5,363份綠豆種原進行21個性狀調查之龐大數據結構的信息量。而產生此現象的原因主要有兩點,第一點是由於本研究用來描述綠豆種原收集的21個形態性狀彼此之間的相關程度不高所致,於是進行主成分或因子分析後所得之各成分(因子)的個別變異解釋量都很小,累加變異解釋量的遞升也隨之變慢,因此無法只用「少數幾個」獨立的主成分(或因子),便達成簡化形態結構多樣性數據觀測系統的目標。第2點則是由於本研究係針對一相當龐大的綠豆種原族群,其所涵蓋的歧異度泛廣,部分種原的遺傳組成可能已超越了孟氏族群的定義範疇,若種原遺傳變異已屬於在「非共享初級共同基因庫(not share primary common gene pool)」之情況下,性狀間會呈現複雜的相關性,此係與一般狹義之組合交配分離後裔的性狀間相關分析的闡述有別。

但特別值得注意的是龐大的種原收集在進行性狀間相關分析時,由於參試樣品之自由度較大,會使得顯著性測驗結果極易呈現顯著或極顯著的假象[3]。故筆者認爲在進行種原遺傳多樣性分析,尤其是在面對含有龐大種原數目的種原收集時,本研究過程是一個相當難得且重要的經驗!也就是在判斷各性狀間相關程度,以及決定後續的種原分群策略時,應不只是看相關性分析的結果,還要注意多變數分析化簡的過程。仔細觀察針對較大規模種原進行多樣性分析的研究報告,也發現有類似的情況[17,20]。

至於最大可能率因子分析法,係爲在假設共同因子(common factor)與特殊因子(specific factor)皆爲常態分布的情況下可建立一概似函數(likelihood function),然後再以最大可能率估算法以求得函數解的一種因子提煉模式[1,13]。分析結果顯示(表2),利用此法只須3個因子即可達到92%的累加變異解釋量,相較於主成分因子分析的低累加變異解釋量而言,推測這是由於最大可能率因子分析法可謂是單純針對數值上求得完美函數解的分析法;但主成分因子分析法卻是以變數與變數之間的共變方爲考量基礎所導引出的分析模式。各性狀在最大可能率因子分析之前三個因子上的因子載荷量如表3,其中第1因子的個別變異解釋量爲51%(表2),以初生葉長(C2)與初生葉寬(C3)之因子載荷量較大(表3);第2因子的個別變異解釋量爲30%(表2),以秋作成熟日數(C29)與秋作開花日數(C16)之因子載荷量較大(表3);第3因子的個別變異解釋量爲11%(表2),以春作開花日數(C15)與春作開花株高(C7)之因子載荷量較大。故經由最大可能率因子分析法進行多樣性結構之化簡後,由各性狀在第1、2、3因子上的因子載荷量發現,在21個參試性狀中,係以初生葉之長與寬、成熟日數、開花日數及開花株高等性狀對於種原形態性狀多樣性結構的貢獻較大。本研究之綠豆種原收集於最大可能率因子分析法所得之前三個因子座標軸空間上的散佈如圖1,爲使讀者有更清晰的瞭解,將其拆解爲任兩個座標軸上之散佈如圖2;由圖1及圖2之散佈圖可看出其大致可區分爲四群,且部分群中所包含的種原數目十分多,顯示設法形成種原之核心收集,的確有其必要性及可行性,因此將在後續針對此龐大種原進行分群分析,並搭配

表 3. 各性狀在最大可能率因子分析所得之前三個旋轉因子上的因子載荷量

Table 3. The factor loadings of each trait on the first three rotated factor from maximum likelihood factor analysis

Traits	Rotated factor loadings		
	1	2	3
C2	0.86	-0.03	-0.04
C3	0.91	-0.08	-0.01
C5	0.13	-0.06	-0.13
C6	-0.16	0.34	0.02
C7	0.23	0.15	0.56
C8	0.16	0.14	0.20
C9	0.10	0.44	0.31
C10	-0.02	0.44	0.21
C13	0.18	0.01	0.08
C14	0.14	0.06	0.11
C15	0.13	0.27	0.90
C16	0.02	0.65	0.37
C18	-0.16	0.03	-0.05
C22	-0.13	0.01	0.03
C23	0.55	-0.03	0.11
C25	-0.15	-0.13	-0.10
C27	0.07	-0.03	-0.01
C28	-0.07	0.40	0.49
C29	-0.07	0.94	0.25
C30	-0.02	-0.02	-0.01
C31	0.09	0.18	0.07

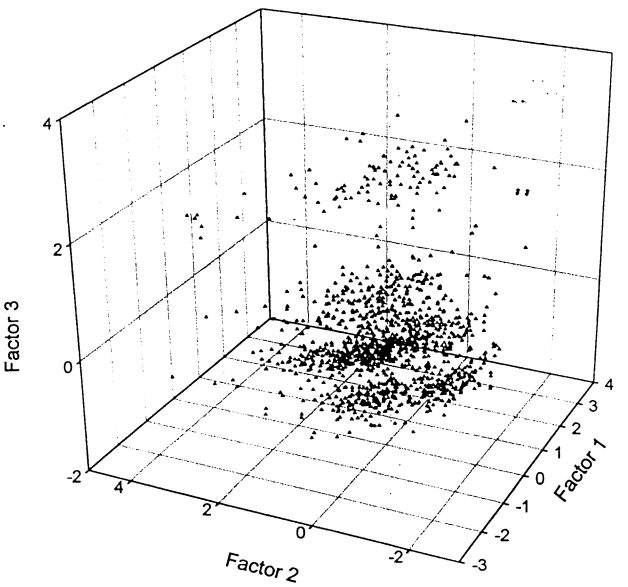


圖 1. 5,363份綠豆種原在最大可能率因子分析之前三個因子座標軸上的散佈圖。

Fig 1. Scatter diagram of 5,363 mungbean accessions on the first three factor axes of maximum likeliood factor analysis.

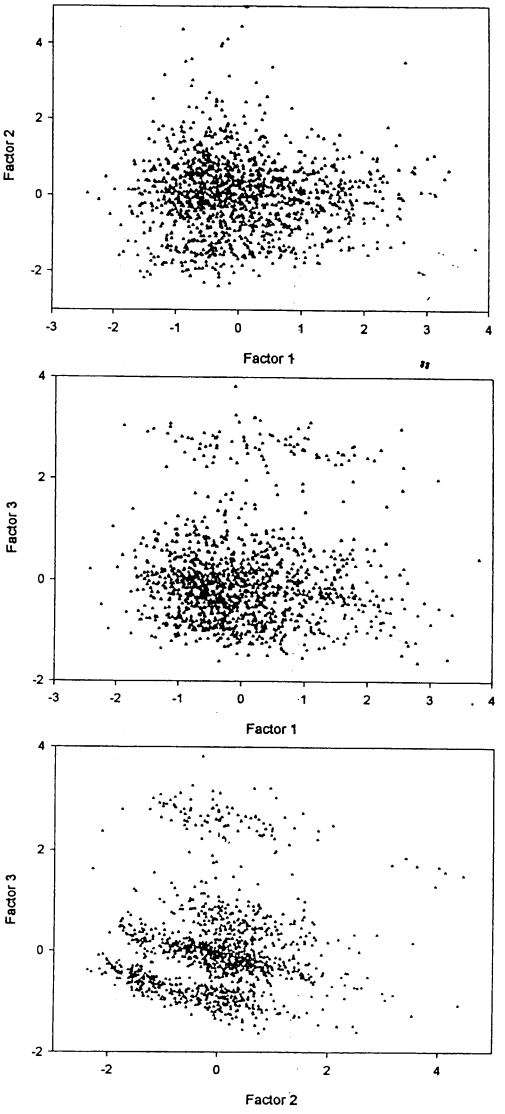


圖 2. 5,363份綠豆種原在最大可能率因子分析前三個因子之任兩個座標軸上的散佈圖。

Fig 2. Scatter diagram of 5,363 mungbean accessions on the two factor axes of the first three factor from maximum likeliood factor analysis.

並搭配地理來源之資料，以挑選種原進入核心收集。

綜合前述針對簡化綠豆種原形態性狀多樣性結構之研究分析結果，經由主成分分析與主成分因子分析後認爲，無法只用少數幾個獨立的主成分（因子）來代表原包含眾多形態性狀的多樣性結構，因此認爲在後續擬定種原分群策略時，將以包含全部21個外形性狀之原始數據結構直接進行分群分析（cluster analysis）。此外，至於透過最大可能率因子分析求得函數解的方法，雖可將原形態性狀多樣性結構化簡至只以3個因子便可代表92%之累加變異解釋量，但值得再深思與繼續驗證的是，這種純由數

數值上求得完美解的化簡方式是否合理與可否應用於未來的分群策略上呢?!

因此，經由本篇簡化綠豆種原形態結構多樣性之研究結果，在未來進行種原分群策略時，將嘗試同時以下列兩種方式進行分群分析[6]，以及後續篩選種原形成種原核心收集之研究：

(1) 以包含全部21個外形性狀之原始數據結構直接進行分群分析。

(2) 以最大可能率因子分析所得之前3個因子，或以因子載荷量較大的重要性狀進行分群分析。

誌　謝

本文稿承中研院植物所研究員暨台大農藝系教授鄔宏潘老師詳加斧正，並承亞蔬中心黃永光先生協助收集相關性狀調查資料，謹此致謝。

引用文獻

1. 沈明來。 1998。 實用多變數分析。 九洲圖書文物有限公司。 台北市。419-500頁。
2. 林清山。 1988。 多變項分析統計法。 台灣東華書局。 台北市。289-385頁。
3. 陳 述、陳 成、范明仁、鄒篤生。 1998。 綠豆種原外形性狀遺傳歧異之地理分布。 中華農業研究 47：108-124。
4. 彭昭英。 1995。 SAS 與統計分析。 儒林圖書有限公司。 台北市。34-35頁。
5. 羅積玉。 1994。 多元統計分析方法與應用。 科技圖書股份有限公司。 台北市。100-154頁。
6. Basigalup, D.H., D.K. Barnes, and R.E. Stucker. 1995. Development of a core collection for perennial *Medicago* plant introductions. Crop Sci. 35:1163-1168.
7. David, C.S.T., Y.K. Huang, and Y.L. Chen. 1989. Germplasm catalog of mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] and other *Vigna* species. AVRDC. Press, Tainan. III pp.
8. Fernandez, A., R.E. Schutzki, and J.F. Hancock. 1996. Isozyme and morphological variation in a *Cornus florida* L. provenance plantation representing geographically diverse populations. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121:225-230.
9. Fernando, W.M.U., M.D. Hayward, and M.J. Kearsey. 1997. Isozyme and quantitative traits polymorphisms in European provenances of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Euphytica 93：263-269.
10. Frankel, O.H. 1984. Genetic perspective of germplasm conservation. pp. 161-170. *In*：W.K. Arber, K. Limensee, W.J. Peacock, and P. Stalinger (eds.) Genetic manipulation：impact on man and society. Cambridge University Press, Cambridge.
11. Hillig, K.W. and A.F. Iezzoni. 1988. Multivariate analysis of a sour cherry germplasm collection. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113：928-934.
12. Jana, S. and K.B. Singh. 1993. Evidence of geographical divergence in kabuli chickpea from germplasm evaluation data. Crop Sci. 33：626-632.
13. Johnson, R.A. and D.W. Wichern. 1992. Applied multivariate statistical analysis (third edition). Prentice-Hall Inc. Press, New Jersey.
14. Perez-Gonzales, S. 1992. Associations among morphological and phenological characters representing apricot germplasm in Central Mexico. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117：486-490.
15. Robert, T. and A. Sarr. 1992. Multivariate analysis of recombination between wild and cultivated genomes within the primary gene pool of pearl millet (*Pennisetum typhoides*). Genome 35：208-219.
16. Rouamba, A., T. Robert, A. Sarr, and A. Ricroch. 1996. A preliminary germplasm evaluation of onion landraces from West Africa. Genome 39：1128-1132.
17. Singh, S.P., J.A. Gutierrez, A. Molina, C. Urrea, and P. Gepts. 1991. Genetic diversity in cultivated common bean: II. Marker-based analysis of morphological and agronomic traits. Crop Sci. 31：23-29.
18. Souza, E. and M.E. Sorrells. 1991. Relationships among 70 North American oat germplasms: I. Cluster analysis using quantitative characters. Crop Sci. 31:599-605.
19. Stalker, H.T. 1990. A morphological appraisal of wild species in section Arachis of peanuts. Peanut Science 17:117-122.
20. Stanton, M.A., J.McD. Stewart, A.E. Percival, and J.F. Wendel. 1994. Morphological diversity and relationships in the A-genome cottons, *Gossypium arboreum* and *G. herbaceum*. Crop Sci. 34：519-527.

Structure Simplification for Morphological Diversity in a World Germplasm Collection of Mungbean (*Vigna radiata* (L.)Wilczek) [1]

Shu Chen[2], Cheng Chen[3], Ming-Jen Fan[4] and Samson C. S. Tsou[5]

Summary

The objective of this study is to simplify the structure of morphological diversity within the world collection of mungbean. In this study, total of 5,363 accessions were analyzed. Twenty-one morphological traits comprising fifteen numerical traits and six coded traits were evaluated. The multivariate analysis for structure simplification includes principal component analysis, principal component factor analysis and maximum likelihood factor analysis. The results of principal component analysis and principal component factor analysis showed the first six components (factors) only accounted for 62% of total variation. It is evident the structure of morphological diversity could not be reduced to few independent composite index with principal component analysis and principal component factor analysis. As for the result of maximum likelihood factor analysis, the first three factors could account for 92% of total variation. Therefore, the first strategy for successively clustering mungbean collection is to conduct the cluster analysis based on total 21 morphological traits. The second strategy is to conduct the cluster analysis based on 3 retained factors from maximum likelihood factor analysis or important traits with high factor loadings.

Key words：Mungbean,Germplasm,Morphological traits,Genetic diversity,Multivariate analysis.

---

1. Contribution No. 2010 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Assistant, Crop Genetic Resources Laboratory, TARI, and Graduate Student, Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei, ROC.

3. Professor, Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei, ROC.

4. Senior Agronomist and Head, Crop Genetic Resources Laboratory, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

5. Director, Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Tainan, Taiwan, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(1): 35～41 (2000)

乳酸發酵甜瓜汁之研究[1]

楊淑惠[2] 簡伯容[3]

摘要：台灣各季節的熱帶水果種類豐富，採收後期的水果因甜度不高，價格偏低，通常是棄置田間不收採。本試驗以乳酸菌發酵方式製造甜瓜發酵果汁，期能提高甜瓜利用率，增加蔬果汁之多樣性。本次實驗所用的菌株*Lactobacillus brevis*和*L. mali*，經活化培養後，以單一或等體積混合兩株菌，接入甜瓜汁於30℃培養96小時，實驗結果顯示，*L. brevis*在發酵初期生長較快，*L. mali*則是在中期生長較旺盛。不論是接入單一菌株或混合菌株，發酵期間甜瓜汁中的葡萄糖含量均呈緩緩下降趨勢，消耗量約在45.5-51.3 %左右。*L. brevis*對蔗糖的利用極爲有限，至發酵終止蔗糖含量只減少0.1% (wt/v)；接入*L. mali*菌株者，截至發酵終止，其蔗糖含量由4.63 %(wt/v)顯著減少爲0.05 %(wt/v)。經發酵後所產生的有機酸類包括乳酸及醋酸，其產量隨發酵時間延長而累積上升，接入*L. brevis*菌株的甜瓜汁，其乳酸產量(2.89 %(wt/v))明顯高於接入*L. mali*菌株者(1.47 %(wt/v))；而醋酸產量則是接入*L. mali*菌株者的產量(1.33 %(wt/v))遠高於接入*L. brevis*菌株者(0.70 %(wt/v))。嗜好品評試驗結果顯示，甜瓜汁經混合接菌發酵的發酵果汁，再加入新鮮甜瓜汁並將糖度調至12 °brix後，果汁接受度較高。

關鍵詞：甜瓜汁、發酵、接菌、乳酸

前　言

我國各時節的熱帶作物種類豐富，一般消者對水果甜度要求高。這使得品質(甜度)較低或採收後期的水果，價格不高，甚至因甜度不高，採收不敷成本而棄置，十分可惜。乳酸菌發酵食品，因可增加食品的營養成份，提供特殊芳香味，並具有助消化及整胃之功，近年來漸爲消費者所重視。陳氏等[7]以胡蘿蔔汁爲原料，製造乳酸發酵胡蘿蔔汁，其成分變化，糖類含量減少；除乳酸外的有機酸含量均下降；游離胺基酸總量增加；乳酸胡蘿蔔汁，經加糖調至8 °Brix後，接受性佳。黃氏等[5]以香蕉爲發酵基質，研究顯示基質之乳酸、琥珀酸含量增加；胺基酸含量亦增加，其中白胺酸(leucine)及麩胺酸(glutamic acid)增加最多。以乳酸菌發酵之蓮霧汁，可以增加果汁的甘味、鮮味，並能增強蓮霧之芳香味，乳酸含量0.23%，胺基酸總含量較高，多了甘胺酸及丙胺酸[9]。添加醋酸鈣(calcium acetate)可當作pH buffer，增加細胞數、延長細胞生存力，進而增加發酵率[12]。於soy molasses中添加0.5 % yeast extract可縮短發酵時間,並增加30%的乳酸產量[13]。Tseng等人[15]於酪梨果汁中加入脫脂奶粉及葡萄糖等，經接入乳酸菌於37℃、發酵24 hr.，可獲得高產量的可滴定酸量。本試驗擬以乳酸菌發酵方式製造甜瓜發酵果汁，並探討製備之方法及發酵條件，期提高甜瓜利用率，增加蔬果汁之多樣性。

1.行政院農業委員會農業試驗所　研究報告第2011號。

2.本所鳳山熱帶園藝試驗分所助理。臺灣省　高雄縣　鳳山市。

3.台灣大學園藝學研究所研究生。台北市。

材料與方法

一、實驗材料

(一)菌種

乳酸菌*Lactobacillus brevis* CCRC 10361及*L. mali* CCRC 14057均購自菌種中心

(二)發酵基質

採收後期的省產甜瓜(*Cucumis melo* L.)，經剖半後直接以粗細過濾機打汁、過濾，收集之汁液分裝冷凍備用，使用前先解凍，以121℃殺菌15分鐘，爲乳酸菌發酵培養基。

(三)藥品

1. 乳酸菌培養基MRS broth、yeast extract、agar等購自Difco 公司。
2. 高效液相層析之標準品，購自Sigma、Merck公司；一般化學藥品購自Merck公司。

二、試驗方法

(一)菌種活化[4]

乳酸菌菌株以MRS broth爲活化培養基，於30℃進行18小時活化培養，經二次更新培養，進行短期4℃保存處理；第三次更新培養時，以甜瓜汁爲培養基質，培養16-18小時後，爲接種菌 酟。

(二)甜瓜汁發酵

經殺菌之甜瓜汁，接入4%(V/V)菌酟，於30℃恆溫箱中發酵96小時。發酵期間每八小時取樣，分析果汁成分變化。發酵完成時，以90℃加熱三分鐘，停止發酵。

(三)發酵基質成分分析

1.pH值：取適量樣品於室溫，以pH meter測定。

2.可滴定酸測定[1]：取5g sample加10倍去離子水，以0.1 N氫氧化鈉滴定至pH 8.1。除未發酵者外，以乳酸爲計算標準。

3.乳酸菌數測定[6,4]：以V-8 medium爲培養基，添加200 ppm bromocresol purple，於30℃下培養48小時，記錄有黃色環之菌落。

4.有機酸分析[10,14]：甜瓜汁，經離心後以 0.45 um薄膜濾過處理後，以Varian 2550 高效液相層析儀分析，分離管：Allteck Econosil C18, 分離溫度：室溫，UV偵測器：220nm，流動相：0.1M KH_2PO_4，pH 2.5，流速0.6 ml/.min.。

5.糖類分析[10,14]：樣品處理同上，分離管：BIO-RAD Aminex-HPX 87C, 80℃，RI偵測器，流動相：水，流速0.6 ml/.min.。

6.粗蛋白質測定[2]：取適量樣品於消化管中，加入催化劑及濃硫酸於氮分解爐中加熱分解，冷卻後蒸餾，蒸餾液以 0.1N硫酸滴定，每ml 0.1N硫酸＝1.4006 mg之氮，粗蛋白質含量=N×6.25。

7.嗜好性品評[8]：成品經調製後，由20位試驗所人員依其喜好程度，以九分評分法，記錄並描述其品評結果。九分爲非常喜好，一分爲非常不能接受。

結果與討論

一、不同乳酸菌株之生長發酵情形

本次實驗所用的菌株*L. brevis*及*L. mali*，經活化培養後，均生長良好，由單株及混合培養結果顯示，乳酸菌發酵時接入*L. brevis*的菌液濃度爲10^6 CFU/ml，發酵8小時後的菌數爲$10^{10\text{-}11}$ CFU/ml，培養16小時至48小時期間的菌數則維持在$10^{11\text{-}12}$ CFU/ml左右，隨後菌數逐漸下降，發酵96小時後菌數下降爲$10^{6\text{-}7}$ CFU/ml 。乳酸菌L. mali發酵時接入的菌液濃度爲10^6 CFU/ml，*L. mali*的生長較慢，發酵8小時

後的菌數爲10^9 CFU/ml，培養32小時至56小時期間的菌數則維持在10^{11-12} CFU/ml左右，隨後菌數逐漸下降，至發酵96小時，菌數下降爲10^7 CFU/ml。等體積混合兩株菌，培養結果則爲兩株菌各自生長，初期爲*L. brevis*生長較快，後期則是*L. mali*的生長較旺盛(如圖1)。

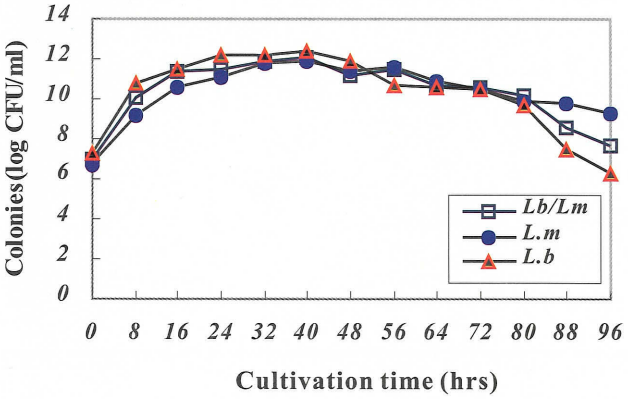


圖1.發酵期間不同乳酸菌株生長情形。

Fig.1.Growth of different lactic bacteria during fermentation.

Lm = *L. mali*, Lb = *L. brevis*

二、 發酵期間糖類利用情形

未發酵甜瓜汁的總糖量爲10.4 %(wt/v)，其蔗糖含量約4.38-4.63 %(wt/v)；葡萄糖含量爲3.1-3.59 %(wt/v)；果糖含量約2.18-2.46 %(wt/v)。經接入乳酸菌發酵，不論是接入單一菌株或混合菌株，甜瓜汁中的葡萄糖含量均呈緩緩下降趨勢，以*L. brevis*菌株發酵的甜瓜汁，至發酵終止，葡萄糖含量由3.59 %(wt/v)明顯降爲1.81 %(wt/v)，葡萄糖總消耗量約49.6 %左右，其消耗情形與生長趨勢有相關性，發酵56小時後的消耗量較少。接入*L. mali*菌株發酵的甜瓜汁，在發酵第八小時，葡萄糖含量先有較大幅度上升，增加1.02 g左右，隨後則爲下降趨勢，發酵終止時的含量爲1.51 %(wt/v)，含量變化如圖2所示，

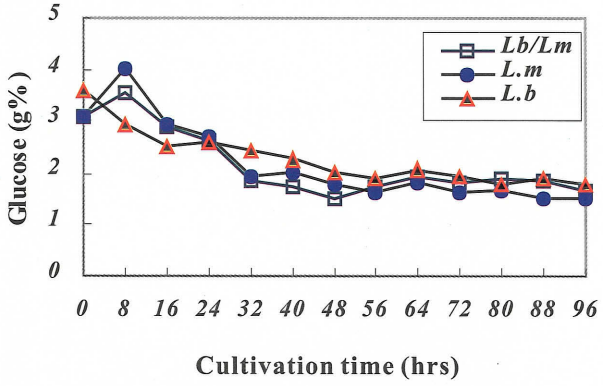


圖2.發酵期間甜瓜汁之葡萄糖含量變化情形。

Fig.2.Change of glucose content of melon juice during fermentation.

Lm = *L. mali*, Lb = *L. brevis*

葡萄糖總消耗量約51.3 %左右。混合接菌的葡萄糖利用情形與*L. mali*菌株相當類似，總消耗量約45.5 %左右。依陳氏等[7]及Chen等[10]研究顯示，乳酸菌對葡萄糖的總消耗量約在26-72%左右，因菌種不同差異頗大。

發酵期間，*L. brevis*、*L. mali*菌株對蔗糖的利用有很明顯的差異，*L. brevis* 菌株對蔗糖的利用極爲有限，至發酵終止，甜瓜汁的蔗糖含量只減少0.1%；而接入*L. mali*菌株的甜瓜汁，其蔗糖含量，在發酵初期會由4.63 %(wt/v)大幅增加爲6.23 %(wt/v)，隨後逐漸減少至0.05 %(wt/v)左右，幾乎用盡絕大部分的蔗糖。混合接菌的蔗糖消耗情形，前段與L. mali菌株相似，後段則與*L. brevis*菌株較類似，如圖3所示。分析甜瓜汁培養基中果糖含量，結果顯示，不論是接入單一菌株*L. brevis*或*L. mali*或混合接入，培養基質中的果糖含量在發酵初期(8-24小時)均呈逐漸上升趨勢，果糖含量在2.97-3.10 %(wt/v)左右，隨後含量微幅上下，逐漸降爲2.81- 2.93 %(wt/v)左右。

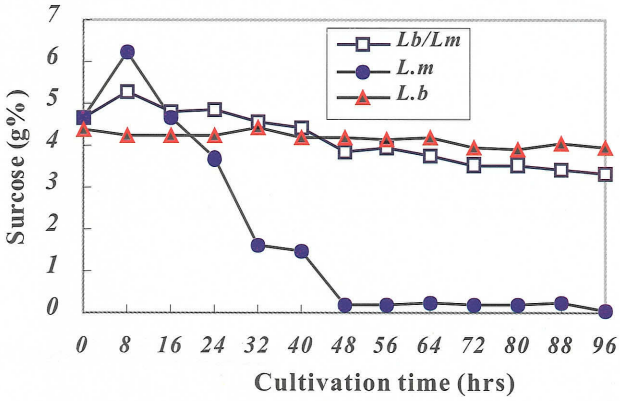


圖3.發酵期間甜瓜汁之蔗糖含量變化情形。

Fig.3.Change of sucrose content of melon juice during fermentation.

Lm = *L. mali* , Lb = *L. brevis*

試驗顯示以*L. mali*菌株發酵的甜瓜汁培養基，其葡萄糖及蔗糖含量在發酵初期均有明顯增加，甜瓜汁中含有高量的果膠，由最初甜瓜發酵液爲塊狀懸浮變成濃稠液，最後變成細碎懸浮發酵液的情形，推測*L. mali*於生長期間可能產生多種果膠分解酶，將甜瓜汁中的果膠大量分解所致；由報告[7,3,10,11]顯示，果糖可經由*L. brevis*菌的作用而產生甘露糖醇(mannitol)，惟本次試驗分析中並未測得該成分，是否因培養基質或菌種(species)不同而異，需繼續進一步探討。

三、發酵期間其他成分及有機酸含量之變化

甜瓜汁的粗蛋白質含量，不論是接入單一或混合菌株，其發酵前後差異不大，約在1.15-1.27 %左右。未發酵甜瓜汁的可滴定酸度約0.19 %(g/g)，酸鹼值約在pH 5.82左右，經乳酸發酵後甜瓜汁的酸鹼值，會由pH 5.8快速下降至pH 3.7-4.0左右，接入*L. brevis*菌株的甜瓜汁，經發酵8 hr.後，其酸鹼值明顯由pH 5.84下降爲pH4.43，發酵終止時的酸鹼值爲pH 3.7；接入*L. mali*菌株的甜瓜汁，則在發酵16 hr.後，由pH 5.83明顯地下降爲pH4.42，發酵終止時的酸鹼值爲pH 4.1。

接入*L. brevis*菌株的甜瓜汁，經發酵8 hr.後，其可滴定酸含量明顯增加了0.6 g，隨後的增加幅度較

小，發酵72hr.後甜瓜汁的可滴定酸量不再上升，發酵終止時的含量爲1.93 %(g/g)；接入*L. mali*菌株的甜瓜汁，在發酵至第八至第十六小時期間，其可滴定酸含量亦由0.33 %(g/g)增加爲0.8 %(g/g)左右，隨後的增加幅度爲0.2 g上下。在發酵過程中*L. mali*菌株的可滴定酸含量，均明顯低於以L. brevis菌株發酵者，但經發酵88小時含量可到達1.84 %(g/g)，如圖4所示。

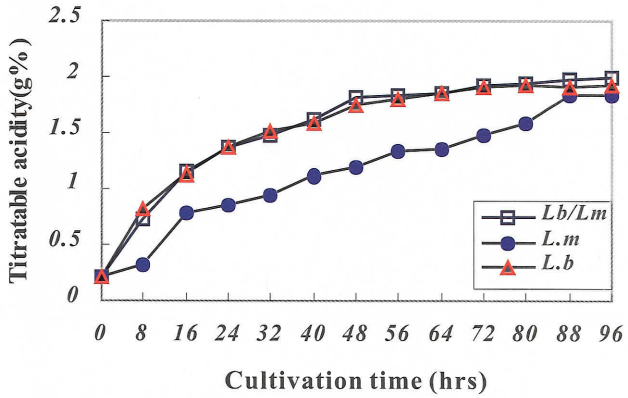


圖4.發酵期間甜瓜汁之可滴定酸含量變化情形。

Fig.4.Change of titratable acidity content of melon juice during fermentation.

Lm = *L. mali* , Lb = *L. brevis*

新鮮甜瓜汁中的主要有機酸包括檸檬酸(citric acid)、D-galacturonic acid、蘋果酸(malic acid)、抗壞血酸(ascorbic acid)及少量草酸與丙酮酸等等，殺菌後甜瓜汁的D-galacturonic acid含量爲0.116 %(wt/v)，蘋果酸含量爲0.36 %(wt/v)，丙酮酸(pyruvic acid)含量爲0.028 %(wt/v)。經乳酸發酵後，分析各發酵階段果汁中的有機酸含量，接入L. brevis菌株者，丙酮酸及蘋果酸含量微幅下降，D-galacturonic acid含量則明顯由0.116 %(wt/v)大幅下降爲0.037 %(wt/v)，檸檬酸含量呈微幅上揚，草酸含量無明顯變化；接入*L. mali*菌株者，檸檬酸及蘋果酸含量呈微幅下降，D-galacturonic acid含量由0.116 %(wt/v)明顯下降至0.065 %(wt/v)，丙酮酸、草酸含量則無明顯變化，如表1所示。一般乳酸菌可將蘋果酸經由malolactic enzyme 之作用，大量將蘋果酸轉化成乳酸[3]，但由結果顯示本次實驗所用的乳酸菌株對蘋果酸的利用情形並不特別顯著，與Chen等人[10]對*L. brevis* ATCC14869菌的研究相似。

經乳酸發酵後所產生的有機酸類包括乳酸(lactic acid)及醋酸(acetic acid)，其產量隨發酵時間延長而累積上升，接入*L. brevis*菌株的甜瓜汁，其乳酸產量(2.89 %(wt/v))明顯高於接入*L. mali*菌株者(1.47 %(wt/v))；而醋酸產量則是接入*L. mali*菌株者的產量(1.33 %(wt/v))遠高於接入*L. brevis*菌株者(0.72 %(wt/v))，如表1所示。實驗顯示，發酵液中乳酸及醋酸含量的變化，與發酵期間乳酸菌的生長曲線有很明顯的相關性，故就本實驗所用之原料及乳酸菌種而言，發酵時間只需二至三天左右。

四、嗜好性品評

甜瓜汁經96小時發酵後，以90℃水浴加熱五分鐘，離心過濾，可得淡褐至紅褐色之澄清發酵液，甜瓜發酵液與新鮮甜瓜汁以1比2比例混合，並將糖度調至12 °Brix。調製後的發酵果汁pH約在3.8-4.0之間，經*L. mali*發酵的果汁，其口感比較濃厚，風味較刺激，接受性較低；接入*L. brevis*發酵的果汁，口感比較單薄，但溫潤爽口；混合接菌的發酵果汁，口感、風味均比較滑潤、濃郁，接受性最高。惟本

表1. 甜瓜汁發酵前後之有機酸含量之變化

Table 1. Change of organic acid contents of melon juice before and after lactic acid fermentation

Organic acid %(wt/v)	Unfermented melon juice	Melon juice fermented with		
		L. brevis	*L. mali*	*L. brevis* and *L. mali*
Citric acid	0.22	0.33	0.19	0.21
Galacturonic acid	0.116	0.037	0.065	0.069
Malic acid	0.36	0.32	0.31	0.27
Oxalic acid	0.05	0.04	0.05	0.05
Pyruvic acid	0.037	0.028	0.035	0.032
Lactic acid	-	2.89	1.47	2.89
Acetic acid	-	0.72	1.33	0.79

本次試驗所用的菌株均未能產生香氣物質，使得產品的酸味顯得特別濃烈，在調味時需提高糖度來遮蔽強烈的酸味。選用其他乳酸菌株，或以不同種類的果汁爲培養基質，是值得進一步研究探討的改進方法。

引用文獻

1. 水果及蔬菜汁飲料檢驗法。中國國家標準。總號12570；類號N6216。
2. 食品中粗蛋白質之檢驗法。中國國家標準。總號5035；類號N6116。
3. 王吉彬。1995。酸菜醃漬過程中之微生物。食品工業月刊 27(9)16-23。
4. 黃忠村。1992。乳酸菌於芥菜汁中發酵特性之探討。國立中興大學食品科學研究所碩士論文 pp.110。
5. 黃國榮、周正俊。1986。發酵香蕉飲料之研究-2.發酵香蕉基質之安定性、成份變化以及發酵飲料之製備。中國農業化學會誌 24(1):31-36。
6. 黃國榮。1988。乳酸菌之分類及鑑定。製酒科技專論彙編 10:49-57。
7. 陳雪娥、陳瑜芬。1992。乳酸發酵胡蘿蔔汁之製造。食品科學 19(4):476-485。
8. 彭秋妹、王家仁。1991。食品官能檢查手冊。食品工業發展研究所 台灣 新竹市。
9. 鄧德豐、謝寶全、黃桂香。1986。蓮霧加工之研究-蓮霧未加菌與加菌發酵汁之研製。食品科學 13(3,4):130-142。
10. Chen, K.H., R.F. Mcfeeters, and H.P. Fleming. 1983. Fermentation characteristics of heterolactic acid bacteria in green bean juice. J. Food Science 48:962-966.
11. Chen, K.H., R.F. Mcfeeters, and H.P. Fleming. 1983. Complete heterolactic acid fermentation of green beans by *Lactobacillus cellobiosis*. J. Food Science 48:967-971.
12. Costilow, R.N., and P. Gerhardt 1983. Dialysis pure-culture process for lactic acid fermentation of vegetables. J. Food Science 48:1632-1636.
13. McFEETERS, R.F., R.L. Thompson, and H.P. Fleming. 1984. Liquid chromatographic analysis of sugars, acids, and ethanol in lactic acid vegetable fermentations. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 67(4):710-714.
14. Montelongo, J.L., B.M. Chassy, and J.D. Mccord. 1993. *Lactobacillus salivarius* for conversion of soy molasses into lactic acid. J. Food Science 58(4):863-866.
15. Teng, Y.K., T.R. Chen, and S.H. Jaw. 1998. Studies on preparation of avocado lactic beverage. Handbook of Chinese Institute of Food Science and Technology 28th p.223.

Studies on Lactic Acid Fermentation of Melon (*Cucumis melo* L.) Juice [1]

Shu-Hui Yang[2] and Po-Jung Chien[3]

Summary

In Taiwan, the melon was usually discarded during the later harvesting period, on account of lower sweet. The purpose of this research is using tropical fruit to produce a new lactic acid fermented beverage. Melon (*Cucumis melo* L.) juice was fermented with pure culture of *Lactobacillu brevis* or *L. mali* or both at 30℃for 96 hours. During the fermentation period *L. brevis* showed growing rapidly in the earlier time, and *L. mali* grew lively in the middle stage. Analysis results indicated that, glucose content decreased 45.5-51.3 % in the fermented melon juice, which was inoculated with single-culture or mix-culture. Sucrose content decreased 0.1 %(wt/v) in the fermented melon juice by *L. brevis*, and decreased from 4.63 %(wt/v) to 0.05 %(wt/v) by *L. mali*. The lactic acid content (2.89 %(wt/v)) fermented by *L. brevis* in melon juice was higher than that by *L. mali* (1.47 %(wt/v)) significantly. On the other hand, acetic acid content in the fermented melon juice by *L. mali* (1.33 %(wt/v)) was higher than that by L. brevis (0.70 %(wt/v)). Results of preference test indicated that the melon juice fermented with mix-culture, then prepared with fresh melon juice and adding sucrose to 12 obrix could get the best acceptability.

Key words：Melon juice, Fermentation, Pure-culture, Lactic acid.

---

1. Contribution No. 2011 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Assistant for Fengshan Tropical Horticultural Experiment Station, TARI, Fengshan, Kaohsiung, Taiwan, ROC.

3.Graduate student, Department of Horticulture, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(1): 42～49 (2000)

殺草劑因子對叢枝內生菌根菌族群變動之影響[1]

吳繼光 林淑媛 林素禎[2]

摘要：本報告共記錄三種殺草劑對於田間雜草紫花藿香薊菌根菌的感染與產孢的影響。本試驗證實殺草劑年年春對於紫花藿香薊有顯著抑制菌根菌感染率的效果。雖然殺草劑年年春對於菌根菌孢子的形成，在統計上沒有顯著的抑制作用，但在整體上觀察，施用年年春的處理其孢子數確較對照組少。由於孢子在土壤中保存的時間較長，有關年年春對於產孢的影響，可能需較長的時間追蹤觀察方能做出較確切的結論。年年春、巴拉刈、龍無草等殺草劑的二次施用對於田間的菌根菌族群的種類結構尚未見到產生改變。

關鍵詞：殺草劑、叢枝內生菌根菌、感染率、孢子。

前　言

叢枝內生菌根菌在行政院農委會農業試驗所試驗田(#35)經過三年(1995.8.~1998.7)的長期觀察結果顯示，試驗前土壤中共記錄有12種菌根菌，但經三年玉米與水稻輪作後，其多樣性已呈穩定以*Glomus occultum, G. claroideum, Acaulospora morrowiae, A.* sp. (SM-3501)爲優勢菌種。試驗前土壤中每50克土壤所含的平均孢子數爲221.2 (範圍: 99~358.5)，經過三年的試驗後土壤的孢子數已下降到13.1(範圍：5.3~24.9)。孢子數逐年遞減的現象發現在在各種處理上，即使對照組也不例外。由於#35試驗田內細分爲七處理，四重複，每一處理小區均以田埂0.2M寬做分隔，另每重複的四周又以1M寬的田埂再做大分隔。根據計算所有田埂的面積約佔總面積的十分之一強。目前田間的雜草防治以噴灑殺草劑年年春(glyphosate)、巴拉刈(paraquat)及龍無草(bensulfuron-methyl)爲主。由於分隔用田埂的面積遠較一般農田爲高，其單位面積土壤所承受的殺草劑量自然爲高。叢枝菌根菌孢子數的驟減，雖然有人認爲是因爲水稻種植，淹水所致，但根據本所對另一長期輪作試驗田(#68)的調查，發現水稻連作田內菌根菌的孢子數較玉米-水稻輪作及玉米連作田爲高[17]。顯然菌根菌的族群出現逐年降減的現象，可能是在種植期間所使用的殺草劑過量所引起。

有關殺草劑對於菌根菌的影響，早在1984年Dr. J. Trappe等人[15]曾就殺草劑對於外生菌根菌的影響進行評論，其中年年春似乎對於外生菌根菌沒有影響，甚而有時有促進菌絲生長的現象。但在巴拉刈而言，對於外生菌根菌的菌絲生長則有時會有抑制現象；同時，對於松樹的外生菌根的合成也會造成抑制[3]。

至於殺草劑對於叢枝菌根菌孢子產量的影響，常會因爲作物的種類、施用的劑量、以及環境條件等的不同，而造成結果不一致的現象[9]。巴拉刈依推薦量及其15倍用量施用於小麥田後發現該殺草劑

1. 行政院農業委員會農業試驗所　研究報告第2012號。

2. 本所農化系副研究員、計畫助理、助理研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

並不會造成小麥根圈菌根菌孢子的產量減少[14]。此外，若施用巴拉刈及草滅淨(simazin)於柑橘園內，五年後對於柑橘菌根的感染率也無影響。但這兩種殺草劑於溫室內，若以澆灌的方式施用於柑橘盆栽內，則會顯著降低*Glomus etunicatum*在根內的感染率[11]。由於龍無草是主要用於水稻田間的除草劑，有關於該化學藥劑對於菌根菌的影響則沒有任何的報導。

由於本所#21及#35試驗田中最常出現的雜草之一是屬於菊科的紫花藿香薊(*Ageratum houstonianum* Mill.)。因此本試驗就以年年春、龍無草、巴拉刈等三種殺草劑對該雜草的菌根菌感染率及根圈產孢量的變化進行研究。

材料與方法

各種不同殺草劑施用對於土壤中叢枝菌根菌孢子數的影響：

有關本項試驗的田間處理採完全逢機設計。共有四個處理－對照組，年年春(isopropylamine salt of N-phosphonomethyl glycine)，龍無草(bensulfuron-methyl benzoate)，巴拉刈(1,1-dimethyl-4,4-bipyridylium dichloride)，三重複。每一處理樣區爲5公尺寬的四方形。樣區內的雜草爲紫花藿香薊。殺草劑分別於87年9月2日及88年1月11日依推薦濃度噴灑於樣區(25 m^2)內的雜草上。噴藥後一個月內每星期採樣一次，一個月後每兩個星期採樣一次。 在每一處理的田區逢機選取五個面積一平方公尺的採樣區進行採樣。每一採樣區內將逢機取樣四個點。以採土器採取表土以下二十公分的土壤。同一樣區所採得的次樣品將予以混合。在混合樣品中，稱取50克土後，以濕篩法和糖液離心法分離孢子後，在立體顯微鏡下計算孢子數量並挑取孢子，以PVLG包埋劑製成半永久片，以利於孢子的鑑定與標本之保存[16]。

叢枝菌根菌在各種不同殺草劑施用的土壤中對於紫花藿香薊感染率的影響：

自前一採集的樣品中分離出植物根部樣品，經洗淨後以Bevege[2]和Phillips and Haayman[12]改良法染色，並利用Giovannetti and Mosse[6]的Grid line Intersect Method測定其菌根感染率。

結果與討論

在第一年的試驗結果發現，87年9月2日第一次依推薦濃度噴灑殺草劑後第14天，年年春殺草劑處理出現感染率顯著下降的現象，且此種現象持續達三週之久(表一)。其它殺草劑則無顯著性差異。反觀孢子數的變化，所有的產孢變化似乎與殺草劑的施用沒有直接的影響(表二)。但感染率與孢子數之間似乎呈現互爲消長的現象。在施用殺草劑第十四天時所有的處理均呈現感染率下降的趨勢，而孢子數則呈現上升。

88年1月11日第二次依推薦濃度噴灑殺草劑後，年年春殺草劑處理與第一次試驗結果類似，出現感染率顯著下降的現象，但此種現象則持續達四週之久(表三)。其它殺草劑也與第一次試驗一樣無顯著性差異。但綜觀整個感染率變化的趨勢則略有不同。第一次感染率的變化是於施用殺草劑後，四種處理均呈現下滑的趨勢然後再逐漸上升；而第二次感染率的變化則是於施用殺草劑後，四種處理均呈現上升的趨勢且於施用第三週後升到最高點，然後再逐漸下滑並於第十週時降到最低點。前後兩次的試驗結果肯定年年春殺草劑對於紫花藿香薊的菌根菌感染率的確有負面影響的效果，但在施用殺草劑後菌根菌感染率的整體變化則可能與植體的生理以及氣候可能有關。孢子數的變化在第二次試驗中似乎也與殺草劑的施用沒有直接的影響(表四)。但感染率與孢子數之間除龍無草處理外，其餘兩種殺草劑處理中似乎也呈現互爲消長的現象。在施用殺草劑第七十天時呈現感染率下降的趨勢，而孢子數則呈現上升。

表1. 紫花藿香薊經第一次不同殺草劑處理後菌根菌感染率之變化

Table 1. The changes of colonization rate of *A. houstonianum* after the first herbicide treatment

Treatment	Colonization								
	Pretreatment	7 days	14 days	21 days	28 days	60 days	74 days	90 days	104 days
	%								
CK*	80.0^{a**}	80.8^{a}	54.7^{a}	85.7^{a}	93.8^{a}	81.3^{a}	92.7^{b}	88.0^{a}	90.0^{a}
BMB	73.4^{a}	80.2^{a}	56.6^{a}	79.1^{a}	88.5^{a}	76.7^{a}	---	87.0^{a}	---
DBD	78.5^{a}	68.0^{a}	48.6^{a}	76.7^{a}	87.4^{a}	79.0^{a}	---	86.3^{a}	---
IPG	79.4^{a}	55.0^{a}	11.2^{b}	20.9^{b}	28.0^{b}	87.7^{a}	96.3^{a}	85.7^{a}	90.3^{a}

* CK: Control; BMG: Bensulfuron-methyl benzoate; DBD: 1,1-Dimethyl-4,4-bipyridylium dichloride; IPG: Isopropylamine salt of N-phosphonomethyl glycine.

**Means in columns by the same letter are not significantly different (P=0.05) according to Duncan's multiple range test.

表2. 紫花藿香薊經第一次不同殺草劑處理後菌根菌孢子總數之變化

Table 2. The changes of spore population in the rhizosphere of *A. houstonianum* after the first herbicide treatment

Treatment	Spore no.								
	Pretreatment	7 days	14 days	21 days	28 days	60 days	74 days	90 days	104 days
	spores /50ml								
CK*	873.5^{a**}	397.6^{a}	873.5^{a}	406.0^{a}	343.2^{a}	446.0^{a}	663.7^{a}	850.3^{a}	627.0^{a}
BMB	648.7^{a}	310.6^{a}	648.7^{a}	337.1^{a}	412.2^{a}	350.0^{a}	---	641.7^{a}	---
DBD	523.2^{a}	254.1^{a}	523.2^{a}	594.1^{a}	490.0^{a}	428.3^{a}	---	937.7^{a}	---
IPG	766.7^{a}	228.3^{a}	766.7^{a}	298.0^{a}	327.8^{a}	324.3^{a}	605.3^{a}	460.7^{a}	625.7^{a}

* CK: Control; BMG: Bensulfuron-methyl benzoate; DBD: 1,1-Dimethyl-4,4-bipyridylium dichloride; IPG: Isopropylamine salt of N-phosphonomethyl glycine.

**Means in columns by the same letter are not significantly different (P=0.05) according to Duncan's multiple range test.

表3. 紫花藿香薊經第二次不同殺草劑處理後菌根菌感染率之變化

Table 3. The changes of colonization rate of *A. houstonianum* after the second herbicide treatment

Treatment	Spore no.							
	Pretreatment	7 days	14 days	21 days	28 days	42 days	70 days	85 days
	%							
CK*	76.3^{a**}	68.3^{bc}	87.0^{a}	91.3^{a}	92.3^{a}	76.7^{a}	30.0^{a}	62.3^{a}
BMB	62.7^{a}	70.3^{ab}	89.0^{a}	95.0^{a}	93.7^{a}	73.7^{ab}	31.7^{a}	50.7^{a}
DBD	74.7^{a}	73.7^{a}	87.3^{a}	93.0^{a}	92.3^{a}	79.7^{a}	32.3^{a}	52.3^{a}
IPG	56.0^{a}	64.7^{c}	77.3^{b}	83.0^{b}	71.0^{b}	59.0^{b}	9.67^{a}	61.7^{a}

* CK: Control; BMG: Bensulfuron-methyl benzoate; DBD: 1,1-Dimethyl-4,4-bipyridylium dichloride; IPG: Isopropylamine salt of N-phosphonomethyl glycine.

**Means in columns by the same letter are not significantly different (P=0.05) according to Duncan's multiple range test.

表4. 紫花藿香薊經第二次不同殺草劑處理後菌根菌孢子總數之變化

Table 4. The changes of spore population in the rhizosphere of *A. houstonianum* after the second herbicide treatment

Treatment	Spore no.			
	Pretreatment	28 days	70 days	85 days
	spores /50ml			
CK*	463.3[a**]	445.7 [a]	650.3 [a]	345.7 [a]
BMB	284.3 [a]	563.3 [a]	401.7 [a]	273.7 [a]
DBD	452.0 [a]	479.3 [a]	482.3 [a]	344.7 [a]
IPG	335.3 [a]	291.7 [a]	388.0 [a]	194.7 [a]

* CK: Control; BMG: Bensulfuron-methyl benzoate; DBD: 1,1-Dimethyl-4,4-bipyridylium dichloride; IPG: Isopropylamine salt of N-phosphonomethyl glycine.

**Means in columns by the same letter are not significantly different (P=0.05) according to Duncan's multiple range test.

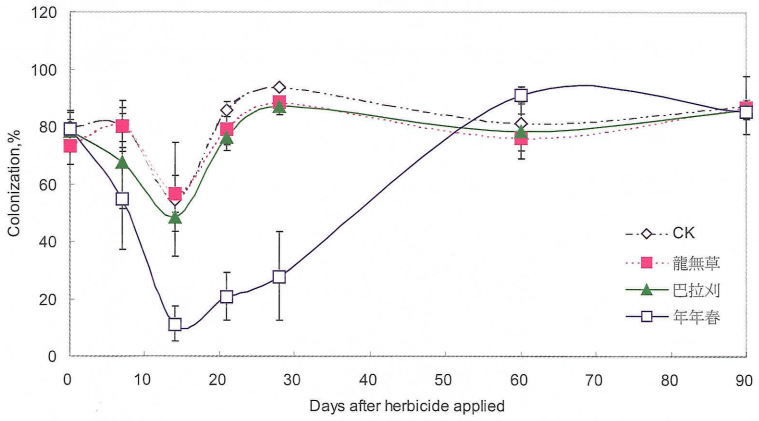


圖1. 紫花藿香薊在第一次殺草劑施用後其菌根感染率之變化

Fig. 1. Colonization change of *A. houstonianum* after 1st herbicide applied.

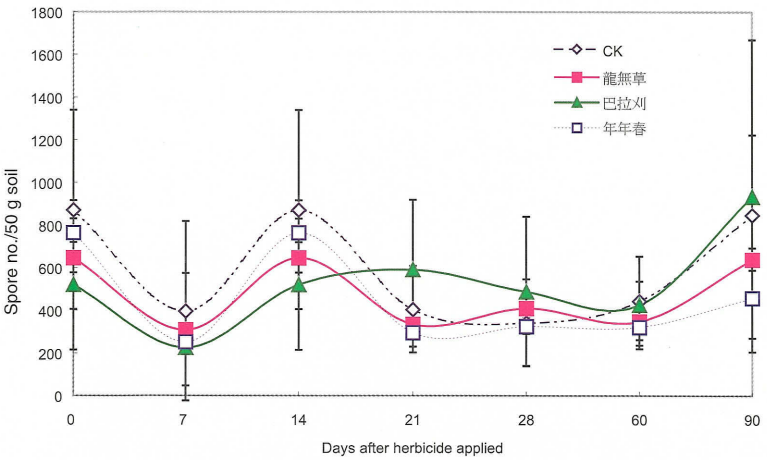


圖2. 第一次殺草劑施用後紫花藿香薊根圈土壤中叢枝內生菌根菌孢子數之變化

Fig. 2. Spore population change of VA mycorrhizal fungi in the rhizosphere of *A. houstonianum* after 1st application of herbicides.

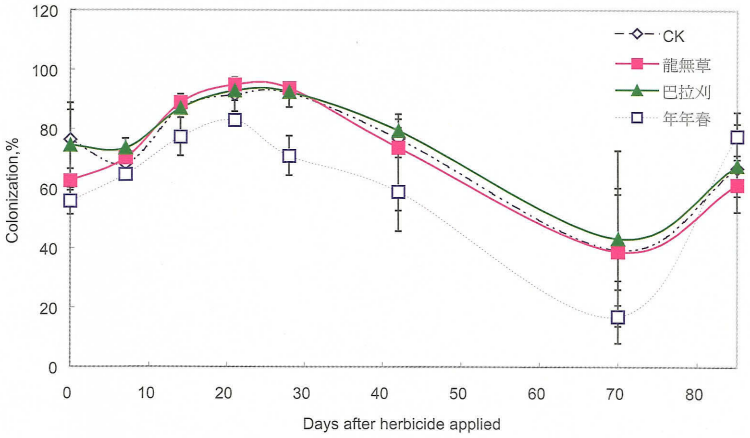


圖3. 紫花藿香薊在第二次殺草劑施用後其菌根感染率之變化

Fig. 3. Colonization change of *A. houstonianum* after 2nd herbicide applied.

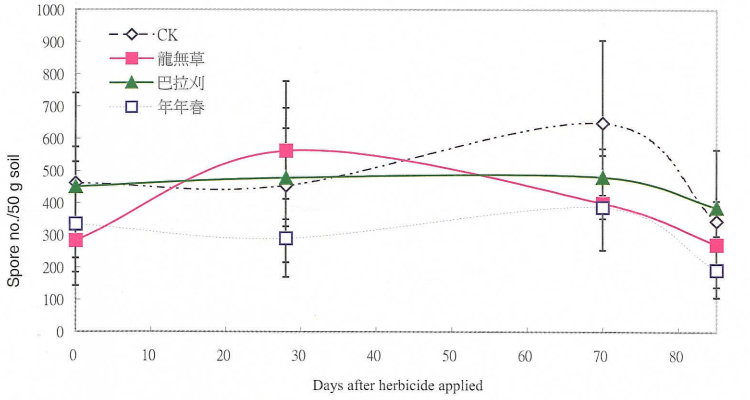


圖4. 第二次殺草劑施用後紫花藿香薊根圈土壤中叢枝內生菌根菌孢子數之變化

Fig. 4. Spore population change of VA mycorrhizal fungi in the rhizosphere of *A. houstonianum* after 2nd application of herbicides.

在過去的研究中有關菌根感染率與產孢量之間的關係似乎並沒有一個定論[1,7,10]。有些作者認爲根感染率與孢子的產量呈正相關[4,8]；另有些人則認爲沒有任何的關連[5]。但Anderson and Liberta[1]在田間進行的兩年試驗中，發現小藍莖草(*Schizachyrium scoparium*【Michx.】Nash)在添加無機肥的處理下會抑制孢子的產生，但卻可提高菌根的感染率。該項發現與本年度兩次試驗的結果類似。本次試驗中雖有殺草劑的處理，但經比較對照組的產孢與根感染率之後，發現所有處理的變化曲線均類似(圖1~4)。這項發現顯示紫花藿香薊在所有處理中均表現同步的生理變化，所不同的是在殺草劑處理下所表現出來的抑制或促進程度的差異而已。

在本試驗中雖然殺草劑年年春對於菌根菌孢子的形成，在統計上沒有顯著的抑制作用，但在整體上觀察，施用年年春的處理其孢子數確較對照組少。由於孢子本身是一種具有厚壁的繁殖體，可以在土壤中存活一段相當長的時間。自土壤中所篩洗出來的孢子，實在無法判別那些孢子是本季節所產生

的？那些是上一季所形成的？因此在分析殺草劑對於產孢量的影響時，很難在統計上獲致顯著的差異。但本項困擾因子可能在第二年後逐漸消失，因爲在第一年或者更早以前所產生的孢子將會漸漸爲其它微生物所分解。

在殺草劑試驗前的背景調查中共發現*Glomus claroideum, G. mosseae, G. occultum, G. intraradices, Acaulospora morrowiae, A. tuberculata*等主要菌種。但經過兩次殺草劑的試驗後，上述菌種仍存在試驗田的根圈土壤中。本次試驗所使用的殺草劑對於菌根菌族群的組成，尚未見到有任何的影響。但根據Sieverding and Leihner[13]所做的試驗發現在樹薯田內施用殺草劑樂滅草(oxadiazon)會選擇性地對繡球孢子屬(*Glomus* spp.)的族群產生抑制作用，取而代之的是增加大孢子屬(*Gigaspora* spp.)與厚囊實果屬(*Sclerocystis* spp.)的族群。菌根菌族群的組成的改變可能與殺草劑的種類或其化學成份有關。

誌　謝

本報告係行政院國家科學委員會專題研究計畫(NSC 88-2313-B-055-001-A12)成果之一部份，感謝國科會多年在叢枝內生菌根菌生態學研究上之支持；此外，本研究之得以順利完成，應感謝農化系土壤微生物研究室內所有同仁的協助。

引用文獻

1. Anderson, R. C. and A. E. Liberta. 1992. Influence of supplemental inorganic nutrients on growth, survivorship, and mycorrhizal relationships of *Schizachyrium scoparium* (Poaceae) grown in fumigated and unfumigated soil. Am. J. Bot. 79:406-414.
2. Bevege, D. I. 1968. A rapid technique for clearing tannins and staining intact roots for detection of mycorrhizas caused by *Endogone* spp. and some records of infection in Australian plants. Trans. Brit. mycol. Soc. 51:808-810.
3. Cudlin, P., V. Mejstrik, and J. Skoupy. 1983. Effect of pesticides on ectomycorrhizae of *Pinus sylvestris* seedlings. Plant Soil 71:353-361.
4. Daft, M. J. and T. H. Nicolson. 1972. Effect of *Endogone* mycorrhiza on plant growth. IV. Qualitative relationships between the growth of the host and the development of the endophyte in tomato and maize. New Phytol.71:287-295.
5. Daniels Hetrick, B. A. and J. Bloom. 1986. The influence of host plant on production and colonization ability of vesicular-arbuscular mycorrhizal spores. Mycologia 78:32-36.
6. Giovannetti, M. and B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytol. 84:489-500.
7. Giovannetti, M., A. Schubert, M. C. Cravero, and L. Salutini. 1988. Spore production by the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus monosporum* as related to host species, root colonization and plant growth enhancement. Biol. Fertil. Soils 6:120-124.
8. Hayman, D. S. 1970. *Endogone* spore numbers in soil and vesicular-arbuscular mycorrhiza in wheat as influenced by season and soil treatment. Trans. Br. Mycol. Soc. 54:53-63.
9. Johnson, N. C. and F. L. Pfleger. 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and cultural stresses. In: G. J. Bethlenfalvay and R. G. Linderman (Ed.), Mycorrhizae in sustainable agriculture. Am. Soc. Agron. Spec. Publ. 54. Madison, WI, pp. 71-99.
10. Khalil, S. and T. E. Loynachan. 1994. Soil drainage and distribution on VAM fungi in two toposequences. Soil Biology & Fertility 26:923-934.
11. Nemec, S. and D. Tucker. 1983. Effects of herbicides on endomycorrhizal fungi in Florida citrus (Citrus spp.) soils. Weed Sci. 31:427-431.
12. Phillips, J. M. and Hayman, D. S. 1970. Improved procedure for clearing roots and staining parasitic vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans. Br. Mycol. Soc. 55:158.
13. Sieverding, E. and D. E. Leihner. 1984. Effect of herbicides on population dynamics of VA-mycorrhiza with cassava. Angew. Bot. 58:283-294.

14.Smith, T. F., A. J. Noack, and S. M. Cosh. 1981. The effect of some herbicides on vesicular-arbuscular endophyte abundance in the soil and on infection of host roots. Pestic. Sci. 12:91-97.

15.Trappe, J. M., R. Molina, and M. Castellano. 1984. Reactions of mycorrhizal fungi and mycorrhizal formation to pesticides. Ann. Rev. Phytopathol. 22:331-359.

16.Wu, C.G. and S. C. Lin. (Eds.) 1998. Technical manual of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan. P. 232.

17.Wu, C. G., Y. S. Liu, S. Y. Chien, and T. W. Tan. 1995. Microbial succession in different cropping systems. I. Fluctuation of VA mycorrhizal fungi and phosphate-solubilizing bacteria. J. Agric. Res. China 44:114-125.

Herbicide, a Stress Factor on the Population Fluctuation of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi[1]

Chi-Guang Wu, Su-Yuang Lin, and Su-Chen Lin[2]

Summary

In this study, three different herbicides were evaluated for its influence on VA mycorrhizal fungi in terms of colonization and spore production. Only one herbicide, isopropylamine salt of N-phosphonomethyl glycine proved significantly to depress the colonization of *Ageratum houstonianum*, a dominant weed species in the experiment field. At present study, an inhibition effect on the spore production was not significant statistically ; however, the spore population in the treatment of isopropylamine salt of N-phosphonomethyl glycine was relatively less than control. Due to longer persistence of spores in soils, the decline of spore population was expected later in next experiment year. Overall, the herbicides tested in these experiments did not exert any impact yet on the composition of VA community.

Key words : Herbicide, VA mycorrhiza, Colonization, Spore.

1. Contribution No. 2012 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Associate Researcher, Research assistant, Assistant Researcher, Department of Agricultural Chemistry, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(1): 50～56 (2000)

叢枝菌根菌接種對香水百合鱗莖生長與磷含量之影響[1]

吳繼光 林素禎[2]

摘要：本試驗乃探討香水百合(*Lilium oriental* hybrid "Casa Blanca")經連續兩季接種四種不同叢枝內生菌根菌後，鱗莖的生長與磷含量的變化情形。在蛭石與珍珠石混合的介質中經第一季的生長，百合組培球分別接種四種不同菌根菌的處理，其生長勢皆較對照組差；但鱗莖內磷含量卻以接種*Acaulospora scrobiculata*的處理者爲最高。第一季收穫後的鱗莖種植在相同的介質中，再經一季的生長後，發現接種*A. scrobiculata*和*Glomus pansihalos*菌根菌的香水百合的鱗莖周徑大小、株高等均顯著高於對照組。本研究指出菌根菌*A. scrobiculata*的接種，在第一季組培球的生長有助於鱗莖內磷含量的蓄積；而分離自鹼性土壤的菌根菌*A. scrobiculata*和*G. pansihalos*在鹼性介質中能有效促進百合鱗莖第二季的生長。

關鍵詞：香水百合、叢枝內生菌根菌、磷。

前　言

香水百合(*Lilium oriental* hybrid "Casa Blanca")在台灣高溫、多濕的環境下，種球生長易受土壤傳播性病菌的入侵，以及因夏季高溫而進入休眠停止生長，目前業界栽培的月份大約從十一～十二月起至翌年四～五月爲止。收穫後的種球經清洗浸藥後進入冷藏，至該年年底才又開始下一季的種植。由於香水百合的養球過程冗長，自鱗片小芽球到開花球的養成階段約需兩年到三年的時間。在這養球期間，任何病害、施肥、種球儲藏或田間管理等流程中，若出現任何狀況則可能讓種球的養成事業功虧一潰。

有關百合接種有益微生物以加速種球增大的研究報告，國內外並不多見。Ames[10]及Vanderploeg [18]等人於溫室中將鐵砲百合(*L. longiflorum* Thunb.)幼苗接種囊叢枝內生菌根菌後，證實對於種球有增大的效果。Ames及Linderman[11]經由田間土壤調查發現，美國奧勒岡州(Oregon)鐵砲百合的根圈內生菌根菌種主要爲*Glomus fasciculatum* (Thaxter) Gerd. & Trappe和*Acaulospora trappei* Ames & Linderman。Ames及Linderman[12]對鐵砲百合幼苗接種百合根圈所發現的菌根菌種並配合不同施肥量，進行生長試驗。發現以幼苗期爲接種菌根菌最佳時期，但田間施肥量會嚴重影響菌根菌的接種效果，田間施肥量越高，對於菌根菌的感染越不利。Valenciano Mora[17]將菌根菌*G. intraradices* Schenck & Smith接種於鐵砲百合，發現該菌種可兩倍促進上根(stem root)與下根(basal root)的生長，同時可降低種球根腐病(root rot complex) 的病害程度。

1. 行政院農業委員會農業試驗所　研究報告第2013號。

2. 本所農化系副研究員、助理研究員。 臺灣省、臺中縣 、霧峰鄉。

我國有關百合的菌根菌接種試驗，啓始於1983年。王也珍及簡秋源[2]對台灣百合(*L. formosanum* Wall.)以*Scutellospora gregaria* (Schenck & Nicol.) Walker & Sanders, *S. nigra* (Redhead) Walker & Sanders及*Gigaspora gigantea* (Nicol. & Gerd.) Gerdemann & Trappe等菌種進行接種，研究其感染過程並了解介質的酸鹼值對於菌根菌孢子發芽的影響。結果發現以酸鹼值介於5至6之間爲最佳，只可惜王與簡等二人並未就種球生長的效應進行評估。近來，臺灣大學園藝系曾在台中縣軍功鄉進行菌根百合之栽培，發現可以增加花朵數[7]，也報導以BVB四號、蛭石、眞珠石的混合介質(1:1:1 v/v/v)最適合菌根菌的感染[4]。

我國將菌根菌與其它有益微生物共同接種於百合及其它園藝作物的應用研究開始於1994年[3]。最近種苗場完成一香水百合組培苗的接種菌根菌與螢光菌試驗，結果顯示香水百合組培苗單獨接種*G. etunicatum* Becker & Gerdeman 或*Gigsapora* sp.者，四個月後可促進葉片、根及鱗莖鮮、乾重，並明顯增加鱗莖之直徑大小。單獨接種營光菌對香水百合無促進效果[1]。

本文主要探討不同菌根菌接種於香水百合組培苗後連續兩季的生長情形，並就接種菌根菌後鱗莖磷含量的變化進行比較。

材料與方法

一、試驗作物：百合品種爲東方型香水百合(*L. oriental* hybrid Casa Blanca)組培球，直徑約1公分，相當於周徑約3公分，係由生物技術開發中心所提供，種植前先於4℃冷藏一個月。百合鱗莖經第一季生育採收後，於冷房4℃保存三個月，作爲第二季之試驗材料。

二、生長環境：第一季之接菌試驗於農業試驗所大型生長箱中進行。生長箱光照強度8000～12000 Lux，光照時間16小時，溫度設定爲16-18℃。第二季之接菌試驗，於農業試驗所玻璃精密溫室中進行，溫度爲20～28℃。最強光照爲6.25～13.75 MJ m^{-2} day^{-1}。

三、試驗菌種：所使用之菌根菌菌種有四種，分別爲*G. occultum* Walker (SM-282；簡稱LOCT)， *G. versiforme* (Karsten) Berch (SM-42；簡稱LVSF)，*G. pansihalos* Berch & Koske (SM-78；簡稱LPSH)，*Acaulospora scrobiculata* Trappe (SM-217；簡稱ASCB)。菌根菌以百喜草當宿主，繁殖於以砂爲介質的盆栽中，經2至3個月的生長後，砂及菌根(含孢子，菌絲等)以塑膠袋密封，置於冷房4℃中保存備用。

四、接種方法：接種方法爲將菌土置於百合組培球正下方，讓百合組培球直接接觸菌土。接種濃度爲每個百合組培球接種100個菌根菌孢子。

五、栽培介質與肥料：栽培介質爲蛭石：眞珠石＝2：1(v/v)，栽培介質之pH值爲7.5～8.0。每升栽培介質中添加24g的磷礦石粉(含P_2O_5 33%)。第一季之栽培盆爲28cm(w)x36cm(l)x10cm(h)的有孔方型塑膠盆，栽培介質填充的量爲塑膠盆8公分高，體積約爲8公升，每個栽培盆種35球，作爲一重複，每個栽培盆每週以1/2磷含量的霍格蘭營養液(Hoagland's solution)澆灌兩次，每次每球約20毫升。第二季之栽培盆爲直徑9公分、深15公分的圓錐型塑膠管，栽培介質填充的量爲塑膠管13公分高，體積約爲360毫升，每個栽培管種1球，每週以1/2磷含量的霍格蘭營養液(Hoagland's solution)澆灌一次，每管每次約50毫升；俟百合長至5～6葉時，營養液增爲每週施用兩次。

六、試驗處理：第一季百合生長試驗處理共有五組，含四組接種菌根菌組及一不接菌之對照處理，詳列如下：(一)不接菌之對照組(CK)，(二)接種菌根菌*G. occultum*(簡稱LOCT)，(三)接種菌根菌*G. versiforme*(簡稱LVSF)，(四)接種菌根菌*G. pansihalos*(簡稱LPSH)，(五)接種菌根菌*A. scrobiculata*(簡稱ASCB)。每處理有3重複，每一重複35球。第一季採收之鱗莖，每處理每重複各

取10球作爲磷分析之用，另選周徑較大的20球作爲第二季試驗所需的球莖。第二季之試驗處理組與第一季相同，每處理有3重複，每重複20球。第一與第二季試驗均採完全逢機設計(CRD)。

七、生育調查：香水百合在第一季生長139天後調查其葉數、周徑、鮮重與存活率，每處理每重複各取10株洗淨，80℃2天烘乾後，秤乾重；球莖烘乾磨碎後，以硫酸分解與過氧化氫氧化，分解液用來測定磷含量。磷含量以鉬黃法測定[8]。第二季百合在生長148天後調查其株高、葉數、周徑、存活率與菌根感染率[3]。每處理每重複各取10株洗淨烘乾後秤乾重，鱗莖烘乾磨碎後測定磷含量，測定方法如上述。

結果與討論

一、第一季香水百合

第一季的香水百合經139天的生長後，如表1所示，各處理組培球之葉數在1.2～1.7葉，鱗莖周徑4.7～5.5 cm，鮮重2.00~3.37 g，存活率皆爲100%。由試驗結果可知，各處理之葉數皆少於2葉。根據種苗場文等[1]最近的香水百合組培苗試驗報告指出：未經冷藏之百合組培球因未能打破休眠，每球最多一片葉，有時甚至不長葉；4℃冷藏2個月可使百合打破休眠，促進萌發。本試驗之組培球係由生物技術開發中心所提供，於4℃冷藏一個月，由百合組培球長出的葉片數可知，4℃冷藏一個月似乎尚未能完全打破休眠。

本試驗中，各處理之百合鱗莖周徑爲4.7～5.5 cm，根據文等[1]的報導中指出：百合組培鱗莖不同的接菌處理生長四個月後，其鱗莖之直徑爲14.76～18.10 mm，相當於周徑4.6～5.7 cm，此結果與本試驗所得之結果相近。

在鱗莖的乾重方面，如表2所示，以對照組最重(5.74g/10株)，明顯比各接菌組重，各接菌組爲3.21～4.81 g/10株。在根的乾重方面，亦以對照組最重(1.23g/10株)，明顯優於各接菌組，各接菌組爲0.62～0.92 g/10株。在鱗莖磷的含量方面，以接種*A. scrobiculata*處理組之百合球莖磷濃度最高(0.38%)，其他處理組百合鱗莖磷濃度無顯著差異，爲0.16～0.22%。

接種菌根菌的四種處理之百合組培球在第一季的生長後，葉數、球莖乾重與根乾重皆明顯較對照組小，顯示四種菌根菌在第一季的生長條件下，可能因爲菌根菌的菌絲在根內拓殖 (colonization) 後，消耗了百合種球內過多的碳水化合物所致。然而在鱗莖的磷含量上，接種*A. scrobiculata*的處理是對照組的兩倍。有關菌根菌的接種有助於植體磷含量的增加，過去即有許多的論文驗證是項說法[13]。

第一季在生長箱內所設定的溫度與百合主要產地荷蘭及美國加州北部與奧勒岡州南部的溫度相當[9]。前者的最高溫季節在7～8月，平均爲16.5℃。後者(美國西岸)的最高溫季節在9月，平均溫度爲15.6℃。但以生長期的長短而言，在荷蘭可達6個月；在美國西岸更可長達11個月。本次試驗百合所生長的時間僅四個半月，主要是爲了配合下一季百合生長的時間。第一季種植百合的時間爲四月，因爲考慮到夏季(七月～八月)溫度上升過高，會導至百合休眠的緣故，因此第一季的試驗是在室內恆溫生長箱中進行。第二季種植的時間爲十二月，溫度適宜種植百合，因此第二季種植百合的地點選在農業試驗所的精密溫室進行。在第一季百合收獲與第二季百合開始種植之間，所收穫的種球需有兩個月至三個月的冷藏時間，以利於下一季百合種球的生長。

二、第二季香水百合

從第一季所收獲的鱗莖中選取周徑較大者來進行第二季的接種試驗。在相同的處理與相同的菌種接種下，第二季的生育調查如表3所示。在第一季球莖磷含量最高的ASCB接菌組在第二季的表現上已明顯比對照組好。除了ASCB接菌組外，在第二季LPSH接菌組生長勢亦與ASCB並駕齊驅。ASCB與

表1. 第一季香水百合接種不同菌根菌139天後之生育調查

Table 1. Lily growth survey of bulbs (*Lilium* "Casa Blanca") after inoculation 139 days (1st crop) by VA mycorrhizal fungi

Treatments[z]	Leaf number(no.)	Bulb perimeter(cm)	Fresh weight(g/plant)	Survival rate(%)
CK	1.7 a[y]	5.2 ab	3.37 a	100
LOCT	1.2 c	4.7 c	2.00 c	100
ASCB	1.4 bc	5.4 ab	2.88 ab	100
LPSH	1.4 bc	5.0 bc	2.74 b	100
LVSF	1.5 b	5.5 a	3.15 ab	100

[z] CK: Control; LOCT: *G. occultum*; ASCB: *A. scrobiculata*; LPSH: *G. pansihalos*; LVSF: *G. versiforme*.

[y] Means in columns by the same letter are not significantly different (P=0.05) according to Duncan's multiple range test.

表2. 第一季香水百合接種不同菌根菌139天後植株之乾物重與鱗莖磷含量

Table 2. Lily dry weight and phosphorus contents of bulbs (*Lilium* "Casa Blanca") after inoculation 139 days (1st crop) by VA mycorrhizal fungi

Treatments[z]	Bulb dry weight (g/10 plants)	Root dry weight (g/10 plants)	Bulb P content (%)
CK	5.74 a[y]	1.23 a	0.19 b
LOCT	3.21 c	0.62 c	0.18 b
ASCB	4.33 b	0.82 bc	0.38 a
LPSH	4.37 b	0.79 bc	0.22 b
LVSF	4.81 b	0.92 b	0.16 b

[z] CK: Control; LOCT: *G. occultum*; ASCB: *A. scrobiculata*; LPSH: *G. pansihalos*; LVSF: *G. versiforme*.

[y] Means in columns by the same letter are not significantly different (P=0.05) according to Duncan's multiple range test.

LPSH接菌組在百合株高、葉數、鱗莖周徑、葉乾重、根乾重、球乾重等方面均顯著優於對照組(表3，表4)。由於ASCB (*A. scrobiculata*)與LPSH (*G. pansihalos*)兩種菌種均是採自鹼性土壤。前者來自於澎湖馬公海邊的雜草根圈土壤；而後者則是採自太魯閣國家公園含石灰質的鹼性土壤。本試驗結果似乎支持原鹼性土壤的菌種較能在鹼性介質中發揮其功能的說法。有關類似的結論，B. Mosse曾以*G. mosseae* (Nciol.& Gerd.) Gerdemann & Trappe與*G. fasiculatum*兩菌種在不同的酸鹼值的土壤進行試驗。結果發現前者在中性的土壤中，後者則在酸性的土壤中可顯著促進洋蔥的生質量[15]。

在所有的接菌組中，LOCT (*G. occultum*)是唯一經過兩季的種植後生長勢(株高、葉數、鱗莖周徑、葉乾重、根乾重、球乾重)比對照組差的菌種，在鱗莖周徑方面更顯著小於對照組。*Glomus occultum*大多出現酸性土壤中[6, 15, 16]。有關本菌種的接種效果，Sieverding [16]曾廣汎進行評估，發現*G. occultum*在酸性土壤中若與磷礦石共同使用，將可有效促進樹薯(casava)的生質量。但本次試驗於鹼性介質中，本菌種似乎沒有發揮的空間。本菌種在溫室以盆栽繁殖的過程中，具有產孢快速且數量多的特性。可能是因爲消耗宿主植物太多的碳水化合物，以致造成宿主的負擔所致。

本次試驗結果與亞洲型百合的接菌試驗[5]結果類似。在第一季的種球生長上並沒有顯著差異，但是在第二季的後續生長，某些接菌處理的百合其生長勢與對照組則有顯著的差異。本試驗結果指出叢枝內生菌根菌*A. scrobiculata*的接種有助於香水百合種球的養份儲存與後續的生長。

表3. 第二季香水百合接種不同菌根菌在生長148天後之生育調查

Table 3. Growth survey of lily bulbs (*Lilium* "Casa Blanca") after inoculation 148 days (2nd crop) by VA mycorrhizal fungi

Treatments[z]	Plant height (cm)	Leaf number (no.)	Bulb perimeter(cm)	Survival rate(%)
CK	16.5 bc[y]	8.2 cd	7.0 b	100 a
LOCT	14.7 c	7.8 d	6.5 c	100 a
ASCB	22.2 a	10.3 a	8.2 a	100 a
LPSH	20.8 a	9.6 b	7.9 a	100 a
LVSF	18.3 b	8.7 c	7.2 b	100 a

[z] CK: Control; LOCT: *G. occultum*; ASCB: *A. scrobiculata*; LPSH: *G. pansihalos*; LVSF: *G. versiforme*.

[y] Means in columns by the same letter are not significantly different (P=0.05) according to Duncan's multiple range test.

表4. 第二季香水百合接種不同菌根菌在生長148天後之植株乾物重、磷含量與菌根感染率之比較

Table 4. Lily dry weight , phosphorus contents of bulbs (*Lilium* "Casa Blanca") , and infective rate after inoculation 148 days (2nd crop) by VA mycorrhizal fungi

Treatments[z]	Leaf dry weight (g/plant)	Root dry weight (g/plant)	Bulb dry weight (g/plant)	Bulb P content (%)	Infective rate (%)
CK	0.40 b[y]	0.31 b	1.02 b	0.26 ab	1 e
LOCT	0.39 b	0.34 b	0.80 b	0.28 a	68 c
ASCB	0.71 a	0.46 a	1.58 a	0.28 a	79 b
LPSH	0.63 a	0.50 a	1.66 a	0.24 b	90 a
LVSF	0.48 b	0.36 b	1.13 b	0.24 b	44 d

[z] CK: Control; LOCT: *G. occultum*; ASCB: *A. scrobiculata*; LPSH: *G. pansihalos*; LVSF: *G. versiforme*.

[y] Means in columns by the same letter are not significantly different (P=0.05) according to Duncan's multiple range test.

誌 謝

本試驗經費來自行政院農委會計畫(86科技-1.7-糧-23(5); 87科技-1.1-糧-17(4); 88科技-1.1-糧-10(3))。 感謝生物技術開發中心吳瑞鈺、郭書祥兩位博士提供香水百合之組培球，以及土壤微生物實驗室的所有同仁在試驗期間所提供的協助，在此一併致謝。

引用文獻

1. 文紀鑾、蔡瑜卿、蕭芳蘭、張正。1997。囊叢枝菌根菌在百合組織培養苗上的應用，119-126頁。八十五年度土壤肥料試驗研究成果報告。嘉義，臺灣。
2. 王也珍、簡秋源。 1983。 數種大孢菌屬孢子的萌發與接種對百合內生菌根形成的研究。 中華眞菌學會會刊1:29-40。
3. 吳繼光、林素禎。1998。叢枝內生菌根菌應用技術手冊。 臺灣省農業試驗所，臺中，臺灣。232頁。
4. 呂斯文、張喜寧。 1995。 百合接種囊叢枝菌根菌之感染模式及菌根形態觀察。 臺大農學院研究報告35: 285-293。
5. 林素禎、吳繼光、黃山內、洪崑煌。 1999。叢枝內生菌根菌與溶磷細菌接種對亞洲型百合球莖增大之影響。中華農業研究 48:135-142。
6. 林素禎。1998。臺灣囊叢枝內生菌根菌之生態與其應用之研究。35頁。國立臺灣大學農化所博士論文，臺北，臺灣。
7. 張喜寧、鄭淑芬、文紀鑾、江婉祺，邱郁月。 1994。 囊叢枝菌根在花卉上之應用。173-181頁。微生物肥料之開發與利用研討會專刊。臺灣省農業試驗所嘉義分所編印。嘉義，臺灣。
8. 張淑賢。1981。本省現行植物分析法。53-59頁。作物需肥診斷技術。台灣省農業試驗所編印，台中，台灣。
9. 傅季郁。1994。香水百合種球來源及大小對其生育之影響。16-17頁。國立臺灣大學園藝所碩士論文，臺北，臺灣。

10. Ames, R. N. 1977. Studies on the vesicular-arbuscular mycorrhizae of Easter lily in the Pacific Northwest. MS thesis, Oregon State University, Corvallis, Oregon, U.S.A. P. 64.

11. Ames, R. N., and R. G. Linderman. 1977. Vesicular-arbuscular mycorrhizae of Easter lily in the northwest United States. Can. J. Microbiol. 23:1663-1668.

12. Ames, R. N., and R. G. Linderman. 1978. The growth of Easter lily (*Lilium longiflorum*) as influenced by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, *Fusarium oxysporum*, and fertility level. Can. J. Bot. 56:2773-2780.

13. Marschner, H., and B. Dell. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis, pp. 89-102. *In*: A. D. Robson, L. K. Abbott & N. Malajczuk (eds). Management of mycorrhizas in agriculture, horticulture and forestry. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

14. Morton, J. 1985. Variation in mycorrhizal and spore morphology of *Glomus occultum* and *Glomus diaphanum* as influenced by plant host and soil environment. Mycologia 77:192-204.

15. Mosse, B. 1981. Veiscular-arbuscular mycorrhizae research for tropical agriculture. P. 82. Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii.

16. Sieverding, E. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems P. 371. Technical Cooperation-Federal Republic of Germany, Eschborn.

17. Valenciano Mora, J. R. 1991. Effects of inoculations with pathogenic and beneficial microorganisms and ammonium or nitrate fertilization on Easter lily growth. p. 78. MS thesis, Oregon St. University.

18. Vanderploeg, J. F. 1972. The mycorrhizal association between *Lilium* taxa and the phycomycete *Endogone fasciculata*. P. 38. MS thesis, University of Delaware, Newark, Delaware, U.S.A.

Inoculation Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on the Growth and Phosphorus Contents of Oriental Lily Bulb[1]

Chi-Guang Wu and Su-Chen Lin[2]

Summary

In this report, the inoculation effect of four different arbuscular Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) was recorded for two consecutive crop seasons, and was evaluated in terms of growth and the change of phosphorus content in oriental lily bulbs. At the first crop, all of the bulbs were cultivated in a mixed medium of vermiculite and pearlite, and the bulb growth in the four treatments of AMF was worse than control. However, the phosphorus content of bulbs in the treatment of *A. scrobiculata* was significantly higher than any other treatments. At the second growth season, the bulbs harvested from the first crop were cultivated in the same medium, and the treatments of *A. scrobiculata* and *G. pansihalos* came out significantly better than control based on the parameters of bulb perimeter, plant heights and so on. This study supports that the inoculation of *A. scrobiculata* is attributed to the nutrient accumulation, such as phosphorus in lily bulbs at 1st crop. Besides, the species originally isolated from alkaline soil, such as *A. scrobiculata* and *G. pansihalos* proved their effectiveness in the growth promotion of lily bulbs at 2nd crop under the alkaline growth medium.

Key words：Oriental lily, Mycorrhizal fungi, Phosphorus.

1. Contribution No. 2013 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Associate Researcher, Assistant Researcher, Department of Agricultural Chemistry, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(1): 57～62 (2000)

微生物接種對於火鶴花(*Anthurium andraeanum*)組織培養苗生育之影響[1]

吳繼光 林素禎 林淑媛[2] 莊耿彰[3]

摘要：叢枝內生菌根菌(*Glomus intraradices* Schenck & Smith)在天南星科火鶴花組織培養苗自試管移出後在溫室的馴化期間，可以順利感染植株根部並有促進幼苗生長的效果。添加溶磷細菌與固氮細菌對於菌根菌的接種效果並不顯著。叢枝內生菌根菌與火鶴花所合成的菌根爲典型的囊叢枝內生菌根，但只有根外菌絲及接近表皮2~3層細胞內的菌絲較容易被染劑（acid fuchsin）染上顏色；其餘根內感染構造雖可在高倍穿透式顯微鏡下觀察到；但囊泡及叢枝體則不易在解剖顯微鏡下分辨。叢枝內生菌根菌接種於火鶴花後，並沒有出現在根內產孢的特性。

關鍵詞：菌根菌、溶磷菌、固氮菌、火鶴花、*Glomus intraradices*。

前　言

火鶴花(*Anthurium andraeanum* Andre)是原生於中南美洲的天南星科(Araceae)多年生之草本花卉，同科之作物如粗肋草、彩葉芋、萬年青、黃金葛、蔓綠絨、合果芋、白鶴芋、海芋等都是本省相當重要的觀賞花卉。火鶴花主要是著生型之草本植物，具有氣生的鬚根，革質的單葉螺旋排列在短縮的莖上，而其所謂的"花"則由花梗、苞片及肉穗花序所組成。火鶴花進入成年期後，依循一葉一花的發育模式生長，在花芽發育初期會有一段休眠期，而後再繼續發育，期間則因品種及栽培環境而異，一般在低溫及低光下所須時間較長。在花芽發育的過程中若遇到不適當的環境逆境，則會導致花芽的畸型或停止生長[(3)]。

火鶴花的繁殖方式包括有種子繁殖、截頂繁殖、莖節繁殖、分株繁殖等方式，1980年 J. Kunisaki[(4)] 發表利用葉片及莖頂進行火鶴花組織培養技術後，組織培養成爲火鶴花種苗繁殖的主要商業生產途徑，並加速品種的推廣。

有關天南星科的植物接種叢枝內生菌根菌以及其菌根形態的相關文獻仍十分欠缺。本文首次報導火鶴花組織培養苗在移出試管後的馴化期間，接種叢枝內生菌根菌與對照組間的生長差異，並就其菌根感染形態進行觀察。

材料與方法

一、供試材料與品種：經由試管移出的火鶴花組培苗(*A. andraeanum var.* "Tropical")。組織培養經常採

1. 行政院農業委員會農業試驗所　研究報告第2014號。

2. 本所農化系副研究員、助理研究員、約僱助理。 臺灣省、臺中縣 、霧峰鄉。

3. 本所園藝系助理研究員。 臺灣省、臺中縣 、霧峰鄉。

用植株的幼嫩葉片進行，在誘發不定芽後增殖，再移入發根培養基中讓組培苗發根後供馴化爲小苗，經由組織培養得來的種苗可確保不帶有大部份的病害病源，但對毒素病(Dsheen mosaic virus, Cucumber mosaic virus)及細菌性葉枯病(bacteria blight, *Xanthomonas campestris* pv. *deiffenbachiae*)仍需進一步之檢定。採取火鶴花幼葉沖洗後以無菌水淋洗2-3次，以1%之NaOCl滅菌15分鐘後將葉片切爲1公分大小，置於含1/2MS大量元素及全量微量元素、0.5ppm thiamine-HCl、0.4ppm pyridoxine、0.5ppm nicotinic acid及0.1ppm 2.4-D、1ppm BA，調整pH爲5.8後，加入 3%之蔗糖並以0.8%之洋菜固化之培養基中，以暗處理誘導癒合組織(Callus)產生，經增殖後移入前述不含生長素之培養基（MS大量元素改爲1/4並加入100ppm glutamine、0.1ppm biotin）促使發根後移出馴化及接種處理[8, 10]。培養期間: 一九九七年九月二十日~一九九八年七月十四日。

二、供試菌種：(1)叢枝內生菌根菌(SM-113, *G. intraradices*)之接種密度爲200個孢子/株，接種方法爲菌土與栽培介質混合均勻後，種植火鶴花之組培苗。(2)溶磷細菌(TARI-93121301)：自行政院農委會農業試驗所之試驗田土與自製堆肥(雞糞、鋸木屑堆肥)以選擇性培養基篩選出可溶解磷酸鈣之菌株[6]。(3)游離性固氮細菌(TARI-94121508)：菌株來源與溶磷細菌一樣，亦由行政院農委會農業試驗所之試驗田及自製堆肥中篩選而得，以選擇性培養基[13]培養。溶磷細菌與游離性固氮細菌培養一週後，菌液以離心法分離培養液與菌體，培養液倒棄，收集菌體，菌體加水稀釋至定量體積。菌液使用時之菌數約爲10^7 cpu/ ml。接種方法爲將培養菌液離心，以蒸餾水稀釋至10^6 cpu/ml，接種量爲每盆10 ml，接種方法爲將菌液澆在火鶴花組培苗之周圍。對照組則每盆添加10ml的蒸餾水。接種菌根菌日期: 1998年7月14日。接種溶磷及固氮菌日期：1998年7月19日。

三、試驗地點：行政院農委會農業試驗所花圃 (遮陰80%)。

四、栽培介質：泥炭土與珍珠石，以1:1(v/v)混合均勻。介質pH：種植前，泥炭土+珍珠石之pH爲7～7.5；種植後未接種之對照組pH爲6.3；菌根菌+溶磷菌+固氮菌組pH爲6.5；菌根菌組pH爲6.5。栽培期間除定期給水外，並不另施化學肥料。

五、試驗設計：採完全逢機設計。處理包括對照組(CK)，菌根菌(VA)，以及菌根菌+溶磷菌+固氮菌(VA+PS+NF)共有3個處理。每一處理各10重複。收穫時（1999年3月2日），就葉長、葉柄長、葉數、葉寬，菌根的感染率等進行調查[12]。

結果與討論

火鶴花組培苗移出試管後，株高約2～3公分。經接種叢枝內生菌根菌7.5個月後，對照組平均葉柄長度爲46.2公分；但接種菌根菌組則增長爲99.2公分(圖1)。若將溶磷細菌、游離性固氮細菌與菌根菌共同接種於火鶴苗的根圈，其促進火鶴花苗生長的效果與單獨接種菌根菌組並沒有顯著差異(表1)。反觀，菌根菌接種後根部之感染率爲41.7%，但接種溶磷細菌、固氮細菌與菌根菌之複合接種處理其感染率只有22.5%。溶磷菌與游離性固氮細菌的接種會造成感染率下降的現象，在百日草及矮性洋桔梗的接種試驗中也曾得到相同的結果[5]。但在過去的研究中均指出游離性固氮細菌如*Azospirillum*與叢枝菌根菌共同接種將有助於小米（*Pennisteum glaucum* (L.) R. Br.）[11]、玉米、黑麥草（*Lolium perenne* L.）[2]等菌根菌感染率的提升。可能的機制被認爲與游離性固氮細菌所產生的植物荷爾蒙有關[1]。溶磷細菌接種也曾被報導有類似提高菌根菌感染率的效果[1]。但在本次試驗中，爲何溶磷菌與游離性固氮細菌的接種會造成菌根菌感染率下降的原因，是由於細菌種類的不同所造成的差異，還是由於相互競爭碳源而造成植物本身的負擔，或者另有其它原因，則有待進一步的探討。

經檢視火鶴花與*G. intraradices*所形成的菌根爲典型的囊叢枝內生菌根。但其感染方式仍有其特殊



圖1. 火鶴花接種叢枝內生菌根菌(*G. intraradices*)後(右)，生長勢較對照組(左)佳。

Fig. 1. Growth response of *A. andraeanum after inoculated with G. intraradices (right), was better than control (left).*

表1: 火鶴花組培苗接種叢枝內生菌根菌及根圈微生物後對於生育的影響

Table 1. Growth responses of *A. andraeanum* inoculated by VA mycorrhizalfungi and rhizobacterias

Treatments[z]	Leaf no.	Leaf length	Leaf width	Leaf stalk length	Colonization%
CK	4.5b[y]	37.5b	21.7b	46.2b	0.4b
LITR	5.8a	74.2a	42.0a	99.2a	41.7a
LITR+PS+NF	5.3a	72.3a	39.0a	95.4a	22.5a

[z] CK: control, LITR: *G. intraradices*, PS: phosphate-solubilizing bacteria, NF: nitrogen-fixing bacteria.

[y] Means followed by the same letter within the same column are not significantly different at 5% level by LSD test.

的地方(圖2～5)。首先本菌種並沒有經由根毛進入根內，反而是經由某些選定的表皮細胞進入。可能是這些表皮細胞的細胞壁較薄的關係。菌絲先在表皮細胞的接觸點上稍爲膨大形成所謂的接著器（appressorium），然後再以菌絲捲的方式纏繞進入根部皮層(圖3～5)。菌絲在根外或靠進表皮2～3層細胞的地方較容易被酸性洋紅染劑(acid fuchsin)染上顏色。根內靠近內皮層的菌絲及其它感染構造如囊泡及叢枝體等則不易染上顏色(圖4)。菌絲在根內行進的方式以在細胞內生長（intracellular growth）爲主（圖5）。*Glomus intraradices*在百喜草、百合、甘藷及高粱等宿主植物均能輕易被酸性洋紅染劑或其它嗜酸性染劑染上顏色。由於酸性洋紅染劑是屬於酸性染劑，在酸性的環境下才會與菌絲結合產生紅色反應，因此推測可能是由於火鶴花的根部分泌鹼性物質且累積在根內，造成根內部pH較高，根內菌絲不易被染上顏色所致。或是由於表皮細胞壁較厚，染劑不易滲透入根內所造成。叢枝內生菌根菌的菌絲染色除了受植物本身的限制外，菌種間也有類似的差異存在。 例如: *Glomus occultum* Walker, *G. leptotichum* Schenck & Smith, *G. fecundisporum* Schenck & Smith, *G. tortuosum* Schenck & Smith等菌根菌，其所形成菌根的根內菌絲及其它感染構造均不易被酸性染劑染上顏色[7, 9]。此外，由於*G. intraradices*具有根內產孢的特性，但在本植物根內卻絲毫沒有表現出這種特性來。有關這些現象造成的原因，皆有待繼續探討證實。

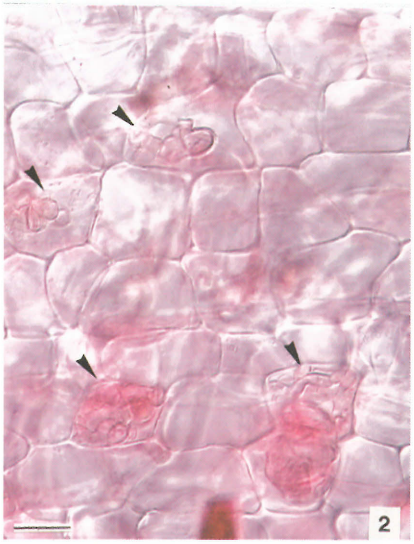


圖2. 叢枝內生菌根菌(*G. intraradices*)在火鶴花根部某些表皮細胞內形成菌絲捲。箭頭所示爲菌絲捲。比例尺所示長度爲30μm。

Fig. 2. Hyphal coils in epidermal cells (arrowheads) formed by *G. intraradices*. Scale bar=30μm.

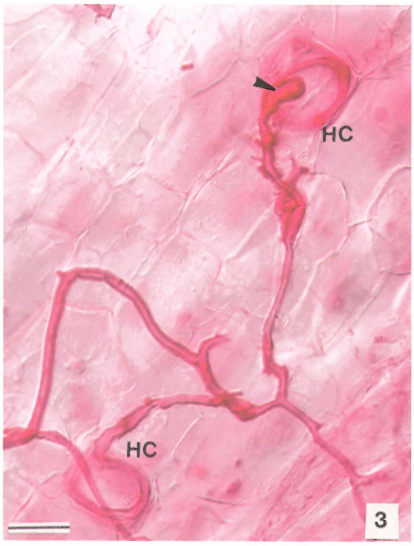


圖3. 叢枝內生菌根菌(*G. intraradices*)在火鶴花根部表皮細胞上形成接著器，並以菌絲捲方式向內纏繞穿入。箭頭所示爲接著器。比例尺所示長度爲30μm。

Fig. 3. After forming an appressorium on epidermal cell (arrowhead), *G. intraradices* penetrates root by hyphal coils (HC). Scale bar=30μm.

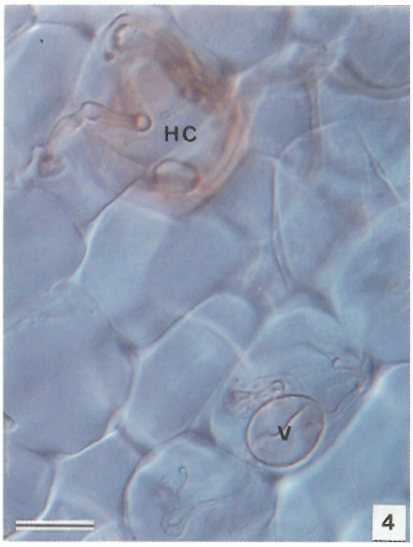


圖4. 叢枝內生菌根菌在火鶴花根部表皮細胞下所形成的菌絲捲(HC)及囊泡(V)。比例尺所示長度爲20μm。

Fig. 4. Hyphal coil (HC) and vesicule (V) under epidermal cells. Scale bar=20μm.

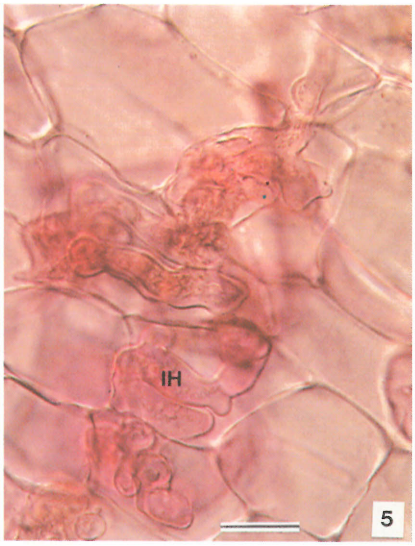


圖5.火鶴花根部細胞內的菌絲(IH)。比例尺所示長度爲20μm。

Fig. 5. Intracellular hyphae (IH) of *G. intraradices* inside the root cells of *A. andraeanum*. Scale bar=20μm.

誌　謝

本論文係行政院農委會經費補助下之部份研究成果，謹此申謝。

引用文獻

1. Azcon, R., C. Azcon-Aguilar, and J. M. Barea. 1978. Effects of plant hormones present in bacterial cultures on the formation and responses of VA endomycorrhiza. New Phytol. 80:359-364.
2. Barea, J. M., A. F. Bonis, and J. Olivares. 1983. Interactions between Azospirillum and VA mycorrhiza and their effects on growth and nutrition of maize and ryegrass. Soil Biol. Biochem. 15:706-709.
3. Higaki, T. D. P., and K. W. Van Leanhardt. 1983. *Anthurium* culture in Hawaii. University of Hawaii ·
4. Kunisaki, J. T. 1980. In Vitro propagation of *Anthurium andraeanum* Lind. University of Hawaii ·
5. Lin, S. C. 1998. Ecological study of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and its application in Taiwan. Ph.D. Dissertation, P. 165, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
6. Lin, Su-Chen, C. G. Wu, S. N. Huang, and K. H. Houng. 1999. Inoculation effect of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate-solubilizing bacteria on the growth of asian hybrid lily. J. Agric. Res. China 48:135-142.
7. Morton, J. B. 1985. Variation in mycorrhizal and spore morphology of *Glomus occultum* and *Glomus diaphanum* as influenced by plant host and soil environment. Mycologia 77:192-204.
8. Pierik, R. L., M. P. Van Leeuwen. and C. L. M. Rigter. 1979. Regeneration of leaf explants of *Anthurium andraeanum* Lind in vitro. University wageningen. the Netherlands.
9. Schenck, N. C. and G. S. Smith. 1982. Additional new and unreported species of mycorrhizal fungi (Endogonaceae) from Florida. Mycologia 74:77-92.
10. Teng W. L. 1997. Regeneration of *Anthurium* adventitious shoots using liquid or raft culture. Plant Cell Tissue and Organ Culture. 49:153-156
11. Tilak, K. V. B. R., and C. S. Singh. 1988. Response of pearl millet (*Pennisteum americanum*) to inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizae and *Azospirillum brasilense* with different sources of phosphorus. Current Sci. 57:43-44.
12. Wu, C. G., and S. C. Lin. (Eds.) 1998. Technical manual of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan. P. 232.
13. Wu, C. G., Y. S. Liu, and S. Y. Chien. 1995. Microbial dynamics in chicken feces-saw dust compost. J. Agric. Res. China 44:297-312.

Growth Responses of *Anthurium andraeanum* After Microbial Inoculation[1]

Chi-Guang Wu, Su-Chen Lin, Su-Yuang Lin[2], and Keng-Chang Chuang[3]

Summary

We reported that micropropagated *Anthurium andraeanum* during reclamation in greenhouse could produce vesicular-arbuscular mycorrhiza, if inoculated by *Glomus intraradices*, which could significantly promote the plant growth. However, a combined inoculation of rhizobacteria (such as phosphate-solubilizing bacteria and free-living N_2 fixing bacteria) did not enhance the growth effect of *G. intraradices.* The external mycelium and the hyphae in outer cortex 2-3 layers close to epidermis were stained deeply by acid fuchsin, but those inside the deeper tissue could not be stained well. *G. intraradices* did not express its unique feature to produce spores within the roots of *A. andraeanum.*

Key words：VA mycorrhizal fungi, Phosphate-solubilizing bacteria, Free-living N_2 fixing bacteria, *Anthurium andraeanum*, *Glomus intraradices.*

---

1. Contribution No.2014 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Respectively, Associate Researcher, Assistant Researcher, Research Assistant, Department of Agricultural Chemistry, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Assistant Researcher, Department of Horticulture, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(1): 63～75 (2000)

微生物接種對苦柚及文旦柚種苗生長之效應[1]

林素禎[2] 黃山內[3] 洪崑煌[4] 吳繼光[2]

摘要：本試驗利用米糠與接種囊叢枝菌根菌、溶磷細菌及游離性固氮細菌，期能幫助文旦柚苗在含石灰質的鹼性栽培介質中吸收養分及增加作物之生長速度。試驗結果顯示，在鹼性栽培介質中若未添加米糠則苦柚的生長停滯。在這種鹼性介質下，單獨接種菌根菌並不能改善植株的生長。 添加米糠可促進苦柚之生長，使苦柚之株高、葉數與總葉面積皆明顯增加。而添加米糠後再複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌，或添加米糠後再複合接種菌根菌與游離性固氮細菌，可使苦柚生長勢更好，且使嫁接後生長一年的文旦柚之地上部乾重明顯增加，分別爲只添加米糠處理者之2.0倍及2.2倍，在文旦柚葉片氮、磷總吸收量方面亦明顯比只添加米糠處理者大。在偏鹼、低有機質含量與低磷的栽培介質中，添加米糠並複合接種菌根菌與游離性固氮菌，或添加米糠並複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮菌，這兩個處理皆可促進苦柚與文旦柚苗之生長。

關鍵詞：文旦柚、米糠、囊叢枝菌根菌、游離性固氮細菌、溶磷細菌。

前　言

文旦柚(*Citrus grandis forma buntan*)是花蓮地區最重要的果樹之一，根據臺灣省政府農林廳民國84年的臺灣農業年報，全臺灣文旦柚種植面積爲6243公頃，花蓮縣2071公頃占33%，爲全省最多者。臺灣東部地區礫石地面積廣大，非礫石地土層亦多淺薄。花蓮縣耕地土壤物質主要爲沖積物，在光復鄉以北之沖積土，多數具強石灰性，光復鄉以南之沖積土則局部呈石灰性[1]，由於土壤性質極端特殊，容易引起文旦柚營養障礙。爲了增強文旦柚對逆境的抗性，農民常將文旦柚嫁接到砧木上。本試驗利用菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌接種文旦柚砧木(苦柚)，期能促進苦柚之生長，進而增加文旦柚之生長勢。

柑橘類果樹有囊叢枝菌根菌(VAM)之存在於1935年首次被報導[34]， 囊叢枝菌根菌與柑橘類果樹具有良好之共生關係，根據前人研究結果指出，菌根菌可促進柑橘生長[13,17,24,42,43,44]。卡利柔橙[carrizo citrange：*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. X *Citrus sinensis* (L.)Osbeck]與酸橙(sour orange：C. *aurantium* (L.))接種囊叢枝菌根菌*Glomus intraradices*後，接種植株根之導水度增大爲未接種者之2倍，且蒸散作用亦明顯增大，接種菌根菌之植株葉片磷含量(0.18%) 也明顯比未接種者 (0.09%) 高[18]。Timmer and Leyden [43] 研究指出，施用500~700 kg P/ha可促進酸橘早期生長，但若無菌根之重新建立，則酸橘生長依然受

1. 行政院農委會農業試驗所　研究報告第2015號。
2. 本所農化系助理研究員、副研究員。 臺灣省、臺中縣 、霧峰鄉。
3. 台南區農業改良場 場長。臺灣省、臺南市。
4. 臺灣大學農化系教授。台北市。

阻，而施用多量的磷肥 (1900~2000 kg P/ha)，雖可促進酸橘早期生長，但抑制菌根之形成，並引起植株缺銅，造成植株後期生長受阻，Bingham等人亦曾報導過量的磷肥 (1800 pounds/acre) 會造成柑橘植株缺銅與硼[9]。

磷肥的種類與施用量會影響柑橘與囊叢枝菌根菌共生之效果，柑橘接種囊叢枝菌根菌*G. etunicatum*後，施用triple superphosphate 0或50 μg P/g soil，生長6個月後，植株地上部乾重明顯比未接菌之對照組重，株高亦較高，當triple superphosphate施用量爲100 μg P/g soil時，接種囊叢枝菌根菌之植株生長勢與未接種之對照組無明顯差異，當triple superphosphate施用量爲200 μg P/g soil時，接種囊叢枝菌根菌之植株生長勢反而比未接種之對照組差；若磷肥爲磷礦石粉，施用量爲0，50，100，200 μg-P/g soi，植株生長6個月後，接種囊叢枝菌根菌之植株生長勢皆明顯比未接種之對照組好。在開發中國家，磷礦石粉取得較容易，且較便宜，栽培多年生果樹，利用磷礦石粉與接種囊叢枝菌根菌，是個很好的組合[2]。

土壤中除了菌根菌外，還有一些有益微生物可幫助作物生長，如溶磷細菌與游離性固氮細菌。磷在土壤中約佔0.05%(w/w)，但植物可利用的磷只佔全磷量的0.1%[36]，磷肥施入土壤後，僅5-15%爲當季作物吸收，其餘在酸性土壤中多與鋁及鐵結合形成難溶性鋁結合磷及鐵結合磷；在鹼性土壤中多與鈣結合，形成難溶性鈣結合磷，對植物吸收造成阻礙[35,32]。Gerretsen[16]發現植物施用不溶性的磷肥，經接種土壤微生物後，可促進植物生長，增加磷的吸收。他純化這些微生物之後，發現這些微生物可幫助磷礦石溶解，促進植物的生長及磷的吸收。自此之後，許多學者致力於純化土壤中的溶磷細菌，期能幫助作物吸收磷，提高磷肥的利用率[6,20,22,37,39]。溶磷菌可爲細菌、眞菌及放線菌[38]，眞菌對磷酸鈣與磷礦石的溶解力比細菌強，且眞菌在多次繼代培養之後仍可保有溶磷能力，而很多細菌在繼代培養之後喪失溶磷能力[26]。油菜施用磷礦石 (20 mg/kg soil)並接種溶磷眞菌 (*Penicillium bilaji*)，其磷吸收量與不接菌而施用等量的磷酸銨 (monoammonium phosphate)處理者之磷吸收量相當[25]。小麥接種P. bilaji後，其植株之乾物重可增加16%，磷總吸收量增加14%[3]。Bajpai and Sundara Rao[6]在小麥的盆栽試驗中發現，接種*Bacillus*可幫助小麥吸收磷，使小麥乾物重增加19%。

游離性固氮細菌廣泛存在土壤中，是提供土壤氮肥重要來源之一[30]。*Azotobacter*屬之游離性固氮細菌消耗1g的碳，可同化10~30g的N_2[28]。游離性固氮細菌可固氮或產生植物生長促進物質(plant growth-promoting substances)，幫助作物生長，增加作物產量[8,10,12]。游離性固氮細菌 (*Azospirillum*)產生的植物生長促進物質，如IAA，gibberellin和類似cytokinin的物質[40]。作物接種*Azospirillum*後，側根增加，側根上的根毛亦增多[31]。接種*Azospirillum*可增加玉米的地上部與根重，玉米收穫時，接種*Azospirillum*之玉米每穗種子數約爲未接種之3倍，其種子之乾重爲未接種之1.59倍；不施氮肥但接種*Azospirillum*的玉米，其產量與不接菌但每公頃施用尿素60公斤的玉米之產量沒有明顯差異[15]。

植物複合接種菌根菌與溶磷細菌後，其所吸收的氮量及磷量比單一接種者所吸收的多[4,33]。玉米經複合接種菌根菌 (*G. fistulosum*) 與溶磷螢光細菌 (*Pseudomonas putida*) 後，對於地上部植體重與總葉面積有加成作用；同時對於根的感染率也較單一接種菌根菌者顯著增加[19]。

植物複合接種菌根菌與游離性固氮細菌後，其根圈內的細菌與放線菌的數目比單一接種者多[5]。番茄接種菌根菌 (*G. fasciculatum*) 後，根圈內游離性固氮細菌 (*Azotobacter chroococcum*) 之數目增加，番茄根部接種游離性固氮細菌 (*A. chroococcum*) 後，菌根菌 (*G. fasciculatum*) 之感染率及產孢量增加，複合接種菌根菌與游離性固氮細菌的番茄，其乾物重明顯比未接種者大[5]。

本文中除了探討菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌單獨接種對苦柚與文旦柚生長之影響之外，亦探討菌根菌與溶磷細菌、菌根菌與游離性固氮細菌兩菌種複合接種及三種菌種複合接種，對苦柚與文旦柚的生長與植體氮、磷含量之影響。

材料與方法

一、供試作物：苦柚(*Citrus maxima*)之種子表面消毒後置於培養箱28℃中培養，發根至2公分長以後種在蛭石中，俟長至3~4個葉片時，選取生長勢相當之幼苗進行接種試驗。

二、栽培介質：栽培介質爲河砂與蛭石之混合物 (體積比1：1) 。以河砂及蛭石爲栽培介質，乃因土壤成份較複雜，容易影響接菌效果，故以成份單純之河砂及蛭石爲栽培介質。河砂以自來水洗5次，3N HCl浸泡2天，自來水洗四次，蒸餾水洗三次，洗淨之河砂置於烘箱90℃中一天。花蓮縣瑞穗鄉以北之河砂多爲鹼性，其pH值約9.0。本試驗之河砂經浸酸水洗之後，pH值降爲7.0~8.0。磷礦石粉與栽培介質一起混合，其添加量爲每升的介質加 24 g。磷礦石粉P_2O_5含量爲32~33%，由臺灣肥料公司購得。米糠之添加量爲每升栽培介質中添加24公克，米糠氮含量1.95%，磷含量爲1.91%。米糠是一種養份極高的農業廢棄物，本試驗利用米糠作爲營養來源之一，可使農業廢棄物得到充分利用。

三、試驗菌種：接種試驗分兩組，第一組試驗所使用之菌根菌菌種爲 *Glomus etunicatum Becker & Gerdemann* ，第二組試驗所使用之菌根菌菌種爲 *Acaulospora scrobiculata Trappe*。而溶磷細菌與游離性固氮細菌之接種兩組均使用相同之菌種。菌根菌以百喜草 (*Paspalum notatum Flügge*) 當宿主，百喜草種在以砂爲介質的盆栽中，百喜草收穫時，將根與砂一起收，檢查菌根菌純度及密度，根與砂風乾後以塑膠袋密封，置於冷房4℃中保存，此即爲菌土。本試驗所使用之菌土在冷房中保存了3個月。菌根菌之接種方法爲菌土直接與栽培介質混勻，菌土的接種量爲每株幼苗接約100個孢子。溶磷細菌(TARI-93121301)：由選擇性培養基篩選出可溶解磷酸鈣之菌株[45]，菌株來源爲農業試驗所之試驗田土與自製堆肥。游離性固氮細菌 (TARI-93120116; 93120102) ：由農業試驗所之試驗田及堆肥中篩選而得，以選擇性培養基培養[11]。溶磷細菌與游離性固氮細菌培養一週後，菌液以離心法分離培養液與菌體，培養液倒棄，收集菌體，菌體加水稀釋至定量體積，菌液使用時之菌數約爲10^7 cells ml^{-1} 。溶磷細菌與游離性固氮細菌之接種方法爲吸取處理好之菌液，沿幼苗之莖部底端澆灌，使菌液流至根部，每株幼苗接種量約爲 5 X 10^7 cells。

四、試驗處理：兩組接種試驗之處理皆爲八種：(1)空白組(Blank) ，(2)接種菌根菌 (VA) ， (3)不接菌但栽培介質添加米糠 (B) ， (4) 接種溶磷細菌並添加米糠 (PS+B) ， (5)接種游離性固氮細菌並添加米糠 (NF+B) ，(6)複合接種菌根菌與溶磷細菌並添加米糠 (VA+PS+B) ，(7)複合接種菌根菌與游離性固氮細菌並添加米糠 (VA+NF+B) ，(8)複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌並添加米糠 (VA+PS+NF+B)。每一處理之苦柚各種3盆，每盆一株。第一組試驗接種日期爲民國83年3月1日，第二組試驗接種日期爲民國83年5月4日。每星期以Modified Hoagland營養液(含磷8 ppm)澆灌，各處理每盆所加之營養液量與濃度皆相同，營養液之用量則隨著植株生長而增加。苦柚苗期在花蓮區農業改良場網室中生長，網室屋頂爲玻璃，四周以網子圍住，六個月後移出網室露天栽培，但植株仍種在盆子內。試驗期間，網室之溫度範圍爲15.6~37.5℃。苦柚接菌處理後生長6個月換大盆繼續培養，栽培介質如前所述，另於換盆時作第二次接種。

五、生育調查與植體分析：苦柚接種後定期調查其株高與葉數,並測定葉面積。苦柚生長約一年後，於隔年進行嫁接 (84年3月3日)，接穗爲文旦柚嫩芽。嫁接後生長348天，第一組試驗處理之文旦柚移植至田土種植，繼續觀察成樹後生長之情形；第二組試驗處理之文旦柚採收其地上部，洗淨、烘乾、秤其乾物重。文旦柚葉片經烘乾磨碎，以硫酸分解與過氧化氫氧化後，分解液用來測定氮含量與磷含量。氮含量以微量擴散法測定，磷含量以鉬黃法測定。

六、栽培介質理化性質分析：在文旦柚嫁接時，同時進行栽培介質取樣，分析栽培介質之pH值， 電導

度，有機質含量，有效性磷之含量。pH值以玻璃電極法 (水土比1:1) 測定，電導度以電導度計測定，有機質以比色法測定，有效磷以Olsen's method測定。

結 果

一、微生物接種對苦柚株高、葉數與總葉面積之影響：苦柚經處理後定期調查其株高、葉數與總葉面積，第一組試驗與第二組試驗調查結果如下：

(一)第一組試驗

各處理苦柚定期調查之株高列於表1，由表1可知，在調查期間，苦柚不添加米糠不接菌之處理(Blank)，其株高比其他七種處理小，在試驗處理143天後，苦柚株高只有5.8 cm，已明顯比其他七種處理小。不加米糠而單獨接種菌根菌處理(VA)之苦柚，在調查期間，其株高比添加米糠之六種處理小，試驗處理234天後，其株高爲38.0 cm，明顯比添加米糠之六種處理小，此時添加米糠之六種處理苦柚株高爲68.7~117.0 cm。在添加米糠的六種處理中，複合接種菌根菌與溶磷細菌(VA+PS+B)、複合接種菌根菌與游離性固氮細菌(VA+NF+B)，及複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌(VA+PS+NF+B)，這三種處理苦柚之株高比只添加米糠之處理(B)高，而這三種處理中，在試驗處理234天後，只有複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌(VA+PS+NF+B) 一處理苦柚之株高(117 cm)明顯比只添加米糠之處理(B)(86.5 cm)高，爲只添加米糠處理之1.4倍。各處理苦柚定期調查之葉數列於表2，由表2可知，在調查期間，苦柚不添加米糠不接菌之處理(Blank)，其葉數比其他七種處理少，在試驗處理114天後，苦柚葉數(3.7葉)已明顯比其他七種處理少，其他七種處理苦柚葉數爲9.4~20.5葉。不加米糠而單獨接種菌根菌處理(VA)之苦柚，在調查期間，其葉數亦比添加米糠之六種處理少，試驗處理234天後，其葉數(29.7葉)明顯比添加米糠之四種處理少，這四種處理爲只添加米糠之處理(B)(46葉)、複合接種菌根菌與溶磷細菌(VA+PS+B)(54.3葉)、複合接種菌根菌與游離性固氮細菌(VA+NF+B) (66.7葉)，及複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌(VA+PS+NF+B) (61.7葉)。在添加米糠之六種處理中，複合接種菌根菌與游離性固氮細菌(VA+NF+B)，及複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌(VA+PS+NF+B) 之兩處理經234天後，苦柚之葉數明顯比只添加米糠之處理(B) (46葉)多，分別爲只添加米糠處理(B)之1.45倍，1.34倍。試驗處理252天後調查苦柚之葉數與總葉面積，

表1. 苦柚接種不同微生物製劑後對株高之影響.

(接種日期：83年3月1日)

Table 1. Effects of different microbial inoculation on the plant height of *C. maxima* (Inoculation date: March 1, 1994)

Unit: cm

Treatments[z]	Days after inoculation						
	73	91	114	143	174	206	234
Blank	3.8$^{c\ y}$	4.2^{c}	5.5^{e}	5.8^{f}	7.0^{f}	9.3^{f}	9.3^{d}
VA	4.5^{c}	5.0^{c}	9.1^{de}	15.0^{e}	22.7^{e}	30.2^{e}	38.0^{d}
B	4.3^{c}	8.2^{b}	14.5^{bc}	23.3^{cd}	34.0^{cd}	58.0^{bcd}	86.5^{bc}
PS＋B	4.7^{bc}	6.3^{bc}	10.7^{cd}	17.2^{de}	26.3^{cde}	42.2^{de}	68.7^{c}
NF＋B	5.3^{bc}	7.0^{bc}	12.0^{bcd}	18.0^{de}	25.0^{de}	44.8^{cde}	73.0^{c}
VA＋PS＋B	6.6^{ab}	8.3^{b}	16.0^{b}	27.2^{bc}	36.7^{bc}	63.3^{abc}	94.7^{abc}
VA＋NF＋B	8.3^{a}	11.6^{a}	21.3^{a}	33.7^{ab}	46.3^{ab}	73.7^{ab}	115.3^{ab}
VA＋NF＋PS＋B	8.2^{a}	12.2^{a}	24.1^{a}	37.5^{a}	51.5^{a}	79.4^{a}	117.0^{a}

[z] VA：VA mycorrhiza；B：Bran； PS：Phosphate solubilizing bacteria；NF：Free-living nitrogen-fixing bacteria.

[y] Means in each column with the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test, 5% level.

表2. 苦柚接種不同微生物製劑後對葉數之影響.
(接種日期：83年3月1日)

Table 2. Effects of different microbial inoculation on the leaf number of *C. maxima* (Inoculation date: March 1, 1994)

Treatments[z]	Days after inoculation						
	73	91	114	143	174	206	234
Blank	3.0$^{d\ y}$	3.1^{f}	3.7^{d}	4.5^{d}	6.5^{d}	7.5^{d}	7.5^{c}
VA	4.2^{d}	4.9^{ef}	9.9^{c}	15.1^{c}	19.5^{c}	24.4^{c}	29.7^{d}
B	6.0^{bc}	8.2^{bc}	12.3^{bc}	18.1^{bc}	24.0^{bc}	34.8^{bc}	46.0^{bc}
PS＋B	4.5^{cd}	5.7^{de}	9.4^{c}	14.3^{c}	20.2^{c}	26.3^{c}	36.0^{cd}
NF＋B	6.1^{bc}	7.0^{cd}	10.1^{c}	15.2^{bc}	19.8^{c}	30.1^{c}	41.9^{bcd}
VA＋PS＋B	6.9^{ab}	8.4^{bc}	13.4^{bc}	20.6^{b}	27.5^{b}	43.8^{ab}	54.3^{ab}
VA＋NF＋B	8.4^{a}	11.2^{a}	20.5^{a}	29.7^{a}	36.8^{a}	51.0^{a}	66.7^{a}
VA＋NF＋PS＋B	7.2^{ab}	9.6^{ab}	16.3^{b}	26.7^{a}	35.2^{a}	48.6^{a}	61.7^{a}

[z] VA：VA mycorrhiza；B：Bran； PS：Phosphate solubilizing bacteria；NF：Free-living nitrogen-fixing bacteria.
[y] Means in each column with the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test, 5% level.

表3. 苦柚接種不同微生物製劑252天後對葉數與葉面積之影響.
(接種日期：83年3月1日)

Table 3. Effects of different microbial inoculation on the leaf number and area of *C. maxima* after 252 days (Inoculation date: March 1, 1994)

Treatments[z]	leaf number (no.)	Total leaf area (cm^2)
Blank	7$^{d\ y}$	49^{c}
VA	27^{c}	610^{c}
B	45^{b}	2043^{b}
PS＋B	40^{bc}	2080^{b}
NF＋B	40^{bc}	2010^{b}
VA＋PS＋B	55^{ab}	2898^{ab}
VA＋NF＋B	68^{a}	3611^{a}
VA＋NF＋PS＋B	66^{a}	3701^{a}

[z] VA：VA mycorrhiza；B：Bran； PS：Phosphate solubilizing bacteria；NF：Free-living nitrogen-fixing bacteria.
[y] Means in each column with the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test, 5% level.

其結果列於表3，由表3可知，苦柚添加米糠之六處理，其葉數(40~68葉)明顯比不加米糠之兩處理(7,27葉)多，總葉面積(2010 cm^2~3701cm^2)亦明顯比不加米糠之兩處理(49,610 cm^2)大。在不加米糠的兩處理中，苦柚接種菌根菌之處理(VA)，其葉數(27葉)比不接菌之處理(Blank) (7葉)多，其總葉面積(610cm^2)比不接菌之處理(Blank)(49cm^2)多，但無顯著差異。在添加米糠的六處理中，苦柚複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌(VA+PS+NF+B)及複合接種菌根菌與游離性固氮細菌(VA+NF+B)，兩處理之葉數分別爲66葉,68葉，明顯比只添加米糠之處理(B)(45葉)多，其總葉面積分別爲3701cm^2,3611cm^2，亦明顯比只添加米糠之處理(B)2043cm^2大，兩處理之總葉面積爲只添加米糠之處理(B)之1.8倍。添加米糠並複合接種菌根菌與溶磷細菌(VA+PS+B)、單獨接種溶磷細菌(PS+B)及單獨接種游離性固氮細菌(NF+B)之三處理，葉數與總葉面積與只添加米糠之處理(B) 無明顯差異。

(二)第二組試驗

各處理苦柚定期調查之株高列於表4，由表4可知，在試驗處理141天後，栽培介質添加米糠之六種

表4. 苦柚接種不同微生物製劑後對株高之影響 (接種日期：83年5月4日)

Table 4. Effects of different microbial inoculation on the plant height of *C. maxima* (Inoculation date: May 4, 1994)

Unit: cm

Treatments [z]	Days after inoculation							
	8	26	49	78	109	141	169	199
Blank	3.9 [by]	4.3 [b]	4.8 [cd]	5.1 [c]	5.1 [c]	5.7 [c]	5.7 [c]	5.7 [c]
VA	3.7 [b]	4.1 [b]	4.5 [cd]	5.3 [c]	5.3 [c]	6.0 [c]	6.0 [c]	6.0 [c]
B	4.5 [ab]	4.9 [ab]	6.5 [bc]	10.2 [bc]	16.4 [bc]	27.3 [b]	42.6 [b]	47.7 [bc]
PS+B	4.0 [b]	4.7 [ab]	8.5 [ab]	14.3 [ab]	23.5 [ab]	37.5 [ab]	62.0 [ab]	74.0 [ab]
NF+B	5.6 [a]	5.8 [a]	9.0 [ab]	15.0 [ab]	24.0 [ab]	35.2 [ab]	66.7 [ab]	76.0 [ab]
VA+PS+B	4.0 [b]	4.7 [ab]	9.1 [a]	14.5 [ab]	22.2 [ab]	37.5 [ab]	62.0 [ab]	81.3 [ab]
VA+NF+B	3.8 [b]	4.4 [ab]	8.3 [ab]	15.8 [ab]	27.2 [ab]	42.2 [ab]	58.0 [ab]	78.3 [ab]
VA+PS+NF+B	4.5 [ab]	5.0 [ab]	10.9 [a]	20.2 [a]	31.0 [a]	48.3 [a]	83.0 [a]	108.3 [a]

[z] VA ：VA mycorrhiza ；B ：Bran ； PS ：Phosphate solubilizing bacteria ；NF ：Free-living nitrogen-fixing bacteria.

[y] Means in each column with the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test, 5% level.

表5. 苦柚接種不同微生物製劑後對葉數之影響 (接種日期：83年5月4日)

Table 5. Effects of different microbial inoculation on the leaf number of *C. maxima* (Inoculation date: May 4, 1994)

Unit: no.

Treatments [z]	Days after inoculation							
	8	26	49	78	109	141	169	199
Blank	4.7[ay]	4.9[a]	5.4[c]	5.7[d]	6.3[c]	6.7[c]	6.7[d]	6.7[d]
VA	3.7[a]	3.7[a]	4.3[c]	5.3[d]	6.0[c]	6.0[c]	6.0[d]	7.3[d]
B	4.9[a]	4.9[a]	6.1[bc]	11.2[bc]	16.4[ab]	23.3[d]	31.3[c]	37.0[c]
PS+B	4.8[a]	4.9[a]	7.6[ab]	12.7[abc]	17.2[ab]	27.0[bcd]	35.0[bc]	40.7[bc]
NF+B	4.6[a]	4.7[a]	8.4[a]	11.1[c]	15.6[b]	24.1[cd]	34.3[bc]	37.7[bc]
VA+PS+B	4.8[a]	4.9[a]	9.3[a]	12.8[abc]	19.8[ab]	27.1[bcd]	37.7[abc]	46.0[abc]
VA+NF+B	4.7[a]	4.7[a]	9.0[a]	14.5[ab]	21.5[a]	34.0[a]	45.7[ab]	58.0[a]
VA+PS+NF+B	4.6[a]	4.7[a]	8.4[a]	15.5[a]	21.2[a]	33.1[ab]	48.7[a]	56.0[a]

[z] VA ：VA mycorrhiza ；B ：Bran ； PS ：Phosphate solubilizing bacteria ；NF ：Free-living nitrogen-fixing bacteria.

[y] Means in each column with the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test, 5% level.

種處理，苦柚株高(27.3~48.3cm)明顯比不加米糠之兩處理(5.7cm,6.0cm)高。在栽培介質不加米糠的兩處理中，苦柚接種菌根菌之處理(VA)(6.0cm) 與不接菌不添加米糠之處理(Blank)(5.7cm)，其株高無明顯差異。在栽培介質添加米糠的六種處理中，苦柚複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌之處理(VA+PS+NF+B) ，在處理199天後，其株高(108.3cm)明顯比只添加米糠之處理(B)(47.7cm)高，爲添加米糠之處理(B)之2.3倍。其他四種處理苦柚之株高(74.0~81.3cm)比只添加米糠之處理(B)高，但差異不顯著。各處理苦柚定期調查之葉數列於表5，由表5可知，在調查期間，苦柚栽培介質不加米糠之兩處理，其葉片生長勢比栽培介質添加米糠之六種處理差，在試驗處理78天後，葉數(5.7葉,5.3葉)已明顯比添加米糠之六種處理(11.1~15.5葉)少。在栽培介質添加米糠的六種處理中，苦柚複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌(VA+PS+NF+B) 及複合接種菌根菌與游離性固氮細菌(VA+NF+B)兩處理，在試驗處理199天後，苦柚葉數分別爲56葉,58葉，明顯比只添加米糠之處理(B)(37葉)多。試驗處理187天後，調查苦柚之葉數及總葉面積，結果列於表6，由表6可知，苦柚添加米糠之六種處理，其葉數與總葉面積明顯比不加米糠之兩處理大。在不加米糠的兩處理中，苦柚接種菌根菌之處理(VA)，

表6. 苦柚接種不同微生物製劑187天後對葉數與葉面積之影響 (接種日期：83年5月4日)

Table 6. Effects of different microbial inoculation on the leaf number and area of *C. maxima* after 187 days (Inoculation date: May 4, 1994)

Treatments [z]	Leaf number(no.)	Total leaf area(cm^2)
Blank	$5^{b\,y}$	26^{c}
VA	7^{b}	53^{c}
B	31^{a}	1027^{b}
PS+B	34^{a}	1485^{ab}
NF+B	31^{a}	1459^{ab}
VA+PS+B	35^{a}	1765^{ab}
VA+NF+B	41^{a}	1549^{ab}
VA+PS+NF+B	43^{a}	2147^{a}

[z] VA ：VA mycorrhiza ；B ：Bran ； PS ：Phosphate solubilizing bacteria ；NF ：Free-living nitrogen-fixing bacteria.

[y] Means in each column with the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test, 5% level.

表7. 文旦柚接種不同微生物製劑後對乾重之影響 (接種日期：83年5月4日)

Table 7. Effect of different microbial inoculation on the dry weight of wentan pomelo (*C. grandis forma buntan*) (Inoculation date: May 4, 1994)

Treatments [z]	Stem weight(g)	Leaf weight(g)	Shoot weight(g)
B	$59.43^{b\,y}$	37.34^{c}	96.76^{c}
PS+B	93.9^{ab}	61.04^{bc}	154.94^{abc}
NF+B	86.53^{ab}	62.89^{bc}	149.42^{bc}
VA+PS+B	111.13^{a}	64.20^{abc}	175.33^{ab}
VA+NF+B	117.51^{a}	90.99^{a}	217.68^{a}
VA+PS+NF+B	126.68^{a}	78.73^{a}	196.25^{ab}

[z] VA ：VA mycorrhiza ；B ：Bran ； PS ：Phosphate solubilizing bacteria ；NF ：Free-living nitrogen-fixing bacteria.

[y] Means in each column with the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test, 5% level.

其葉數(7葉)與總葉面積($53cm^2$)與不接種之處理(Blank)(5葉,$26cm^2$)無顯著差異。在添加米糠的六種處理中，只有苦柚複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌(VA+PS+NF+B)一處理其總葉面積($2147cm^2$)明顯比添加米糠之處理(B)($1027cm^2$) 大，爲米糠處理(B)之2.1倍。

二、微生物接種對文旦柚地上部乾重及葉片氮、磷吸收量之影響

苦柚於隔年(84年3月3日)進行嫁接，接穗爲文旦柚嫩芽。不添加米糠的兩處理(Blank, VA)，因生長勢太差，無法進行嫁接。苦柚嫁接後生長348天，採收其地上部，洗淨、烘乾、秤其乾物重，各處理之莖、葉與地上部乾重列於表七，由表7可知，在莖之乾重方面，栽培介質添加米糠的六種處理中，複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌(VA+PS+NF+B)(126.68g)， 複合接種菌根菌與游離性固氮細菌(VA+NF+B) (117.51g)，與複合接種菌根菌與溶磷細菌(VA+PS+B)(111.13g)，此三種處理之莖乾重明顯比只添加米糠(B)之處理(59.43g)大。在葉之乾重方面，複合接種菌根菌與游離性固氮細菌並添加米糠(VA+NF+B)(90.99g)及複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌並添加米糠(VA+PS+NF+B)(78.73g)，此二處理之葉乾重最大，明顯比只添加米糠之處理(B)(37.34g)大。在地上部

之乾重方面，複合接種菌根菌與游離性固氮細菌並添加米糠(VA+NF+B)(217.68g)，複合接種菌根菌與溶磷細菌並添加米糠(VA+PS+B)(175.33g)，與複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌並添加米糠(VA+PS+NF+B)(196.25g)，此三種處理之地上部乾重皆明顯比只添加米糠之處理(B)者(96.76g)大，分別爲只添加米糠之處理(B)者之2.2倍,1.8倍,2.0倍。

葉片之氮、磷濃度及總吸收量列於表8，由表8可知，氮的濃度以接種溶磷細菌並添加米糠之處理(PS+B)最高，而接種游離性固氮細菌並添加米糠之處理(NF+B)最低。氮的總吸收量，以複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌並添加米糠之處理(VA+PS+NF+B)(2.53g/plant)最大，明顯比只添加米糠之處理(B)(1.1g/plant)大，磷的濃度各處理間無明顯差異。磷的總吸收量，以複合接種菌根菌與游離性固氮細菌之處理並添加米糠(VA+NF+B)(0.14g/plant)最大，明顯比只添加米糠之處理(B) (0.07g/plant)大。

表8. 文旦柚接種不同微生物製劑後對葉片氮、磷之影響 (接種日期：83年5月4日)

Table 8. Effect of different microbial inoculation on the change of leaf N and P contents of wentan pomelo (*C. grandis forma buntan*) (Inoculation date: May 4, 1994)

Treatments [z]	N(%)	P(%)	N(g/plant)	P(g/plant)
B	2.88$^{abc\ y}$	0.17^{a}	1.10^{c}	0.07^{c}
PS+B	3.24^{a}	0.17^{a}	1.98^{abc}	0.11^{ab}
NF+B	2.51^{c}	0.16^{a}	1.57^{bc}	0.10^{bc}
VA+PS+B	2.86^{abc}	0.17^{a}	1.84^{abc}	0.11^{ab}
VA+NF+B	2.68^{bc}	0.16^{a}	2.43^{ab}	0.14^{a}
VA+PS+NF+B	3.20^{ab}	0.16^{a}	2.53^{a}	0.13^{ab}

[z] VA ; VA mycorrhiza ; B ; Bran ; PS ; Phosphate solubilizing bacteria ; NF ; Free-living nitrogen-fixing bacteria.

[y] Means in each column with the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test, 5% level.

三、微生物接種對栽培介質理化性質之影響

在文旦柚嫁接隔天進行栽培介質取樣，分析栽培介質之理化性質：

(一)第一組試驗

各處理栽培介質之理化性質列於表9，由表9可知，單獨接種菌根菌不加米糠(VA)與不接菌不加米糠(Blank)兩處理之pH值較高，其pH值爲8.4，明顯比其他添加米糠之各處理高，其他添加米糠之處理爲7.85～8.08，pH值會影響營養元素之有效性，pH值太高，有些營養元素有效性降低。有機質之含量，單獨接種菌根菌不加米糠(VA)與不接菌不加米糠(Blank)兩處理0.69 %最低，其他處理有機質含量爲0.76~1.04 %。各處理之EC值皆不高，123.7~148.1 μS/cm。有效性磷的含量，單獨接種菌根菌不加米糠(VA)與不接菌不加米糠(Blank)兩處理分別爲2.3,2.0 ppm (Olsen's P)，明顯比其他有加米糠之各處理磷含量少，其他處理爲11.0～12.5 ppm 。

(二)第二組試驗

第二組試驗各處理栽培介質之理化性質列於表10，由表10可知，單獨接種菌根菌不加米糠(VA)與不接菌不加米糠(Blank)兩處理之pH值較高，其pH值分別爲8.54, 8.53，明顯比其他添加米糠之各處理高，其他添加米糠之處理爲7.76~7.96。有機質之含量，單獨接種菌根菌不加米糠(VA)與不接菌不加米糠(Blank)兩處理0.64, 0.67 %最低，其他添加米糠之處理有機質含量爲0.78~0.89 %。各處理之EC值皆不高，104~138 μS/cm。有效性磷的含量，單獨接種菌根菌不加米糠(VA)與不接菌不加米糠(Blank)兩

處理分別爲1.3, 1.7 ppm (Olsen's P)，明顯比其他有加米糠之各處理磷含量少，其他有加米糠之各處理爲10.7~14.0 ppm。

表9. 苦柚接種不同微生物製劑363天後栽培介質之理化性質 (接種日期：83年3月1日)

Table 9. Physical and chemical properties of potting medium (sand: vermiculite=1:1 v/v) after 363 day-growth of *C. maxima* (Inoculation date: March 1, 1994)

Treatments [z]	pH(1:1)	OM(%)	EC(μS/cm)	Olsen's P(mg/kg)
Blank	8.40[a y]	0.69[c]	148.1[a]	2.0[b]
VA	8.40[a]	0.69[c]	144.4[ab]	2.3[b]
B	7.96[c]	0.92[b]	135.2[bc]	11.0[a]
NF+B	8.08[b]	0.89[b]	124.6[d]	10.5[a]
PS+B	7.94[cd]	0.95[ab]	130.2[cd]	12.0[a]
VA+NF+B	7.98[c]	1.04[a]	123.7[d]	11.7[a]
VA+PS+B	7.85[d]	0.92[b]	125.0[d]	12.5[a]
VA+PS+NF+B	7.97[c]	0.76[c]	126.0[cd]	12.2[a]

[z] VA ：VA mycorrhiza ；B ：Bran ； PS ：Phosphate solubilizing bacteria ；NF ：Free-living nitrogen-fixing bacteria.

[y] Means in each column with the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test, 5% level.

表10. 苦柚接種不同微生物製劑298天後栽培介質之理化性質(接種日期：83年5月4日)

Table 10. Physical and chemical properties of potting medium (sand:vermiculite=1:1 v/v) after 298 day-growth of *C. maxima* (Inoculation date: May 4, 1994)

Treatments [z]	pH(1:1)	OM(%)	EC(μS/cm)	Olsen's P(mg/kg)
Blank	8.53[a y]	0.67[c]	127[ab]	1.7[b]
VA	8.54[a]	0.64[c]	138[a]	1.3[b]
B	7.96[b]	0.88[a]	116[bcd]	12.2[a]
PS+B	7.95[b]	0.84[ab]	116[bcd]	10.7[a]
NF+B	7.84[cd]	0.78[b]	120[bc]	11.7[a]
VA+PS+B	7.76[d]	0.89[a]	124[b]	14.0[a]
VA+NF+B	7.83[cd]	0.87[a]	111[cd]	11.3[a]
VA+PS+NF+B	7.91[bc]	0.83[ab]	104[d]	11.0[a]

[z] VA ：VA mycorrhiza ；B ：Bran ； PS ：Phosphate solubilizing bacteria ；NF ：Free-living nitrogen-fixing bacteria.

[y] Means in each column with the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test, 5% level.

討　論

由第一組試驗與第二組試驗結果可知，單獨接種菌根菌不加米糠與不接菌不加米糠兩處理之苦柚生長勢較弱，可能因其栽培介質之pH值太高且有效性磷含量太低所致。在鹼性的栽培介質中，單獨接種菌根菌對苦柚生長幫助不大，磷礦石粉在鹼性與中性的土壤中，很難被植物吸收利用，即使是菌根植物亦無法有效吸收[29]。但添加米糠後，則能明顯促進苦柚之生長。由於米糠是一種含磷量高的有機添加物，所以能提高栽培介質中有效性磷的含量，由2mg/kg提高至11~12mg/kg。此外，添加米糠亦可

稍微降低栽培介質之pH值，原栽培介質之pH值爲8.4~8.5，添加米糠後，pH值降爲8.0。pH值會影響植物營養元素之有效性，當pH值下降時，栽培介質中有些營養元素之有效性亦隨之提高[27]。

添加米糠後再接種游離性固氮細菌，苦柚植株之生長與只添加米糠之對照組無明顯差異。該苦柚於嫁接文旦柚後之地上部乾重，葉片之氮、磷總吸收量皆比對照組大，但未達顯著水準(5%)。添加米糠後再複合接種菌根菌與游離性固氮細菌，則苦柚生長明顯比只添加米糠之處理好，而嫁接後文旦柚之地上部乾重與葉片之氮、磷總吸收量，亦明顯比單獨添加米糠之處理大。複合接種菌根菌與游離性固氮細菌，對苦柚與文旦柚之促進效果，比單獨接種游離性固氮細菌好。根據前人研究之推論，由於菌根菌可幫助植株吸收磷肥，而游離性固氮細菌固氮酵素(nitrogenase)所需的能量來自於ATP，當磷肥處於欠缺狀態時，菌根菌可提供固氮酵素所需ATP的磷，兩者有相互加成的作用，進而促進作物之生長[21,41]。此外，Tien等人指出，游離性固氮細菌可產生植物生長促進物質 (plant growth-promoting substances) ，如IAA，gibberellin ，類似cytokinin的物質[40]，IBA[14]等，因此可增加側根與根毛，增加吸收面積，促進植株生長。但在本研究中發現游離性固氮細菌的接種並沒有造成根部形態的改變現象。

添加米糠後再接種溶磷細菌，雖然苦柚與文旦柚之生長勢皆未明顯增加，但接種溶磷細菌使文旦柚植株葉片之磷總吸收量增加，這可能因溶磷細菌可溶解磷礦石粉，使磷釋放，幫助植株吸收磷肥[26,38]。添加米糠並複合接種菌根菌與溶磷細菌，文旦柚地上部已明顯比只添加米糠之處理重，且葉片之磷總吸收量亦比較多。複合接種菌根菌與溶磷細菌，對苦柚與文旦柚之促進效果，比單獨接種溶磷細菌好，但差異未達顯著。

添加米糠後再複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌，則苦柚生長明顯比只添加米糠之處理好，而嫁接後文旦柚之地上部乾重與葉片之氮、磷總吸收量，皆明顯比單獨添加米糠之處理大。複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌，對苦柚生長之促進效果，比複合接種菌根菌與溶磷細菌或游離性固氮細菌好，對嫁接後文旦柚地上部之乾重，則高於複合接種菌根菌與溶磷細菌，但低於複合接種菌根菌與游離性固氮細菌。

各接菌組之文旦柚葉片磷含量與對照組沒有明顯差異(表8)，但在植株的乾重上(表7)卻有顯著差異，這可能是由於作物生長的稀釋現象所致[23] 。

以複合接種菌根菌、溶磷細菌和游離性固氮細菌(VA+PS+NF+B)來促進作物生長之文獻，迄今尚未有人發表，有關其反應機制，仍待繼續深入探討。

結　論

未添加米糠之處理雖接種菌根菌，其苦柚生長亦不佳。添加米糠可促進苦柚之生長勢，株高、葉數與總葉面積皆明顯增加。而添加米糠後再複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌或添加米糠後再複合接種菌根菌與游離性固氮細菌，可使苦柚長得更好，且在苦柚嫁接文旦柚後，使文旦柚苗之地上部乾重及氮、磷總吸收量明顯增加。

單獨接種菌根菌不加米糠與不接菌不加米糠兩處理之苦柚生長勢較弱，這可能因栽培介質之pH值太高且有效性磷含量太低所致。栽培介質中若加入米糠，則藉由微生物(米糠中原有的或接種的)使米糠分解，釋出營養成份並降低栽培介質之pH值，進而促進苦柚與嫁接後文旦柚之生長。

在石灰性低磷的栽培介質中，添加米糠並複合接種菌根菌與游離性固氮細菌，或添加米糠並複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌，這兩個處理皆可促進苦柚與文旦柚苗之生長。

誌　謝

本研究感謝臺灣省政府公務預算及農委會計畫(85-科技-1.7- 糧-22(5)，84-科技-2.6-糧-16(2-8)，83-科技-2.6-糧-57(2-8))經費之支持，以及花蓮區農業改良場在試驗期間所提供人力及技術之支援。

引用文獻

1. 陳春泉。1979。花蓮、臺東縣土壤調查報告。臺灣省農業試驗所報告 第36號。
2. Antunes, V., and E. J. B. N. Cardoso. 1991. Growth and nutrient status of *Citrus* plants as influenced by mycorrhiza and phosphorus application. Plant and Soil 131:11-19.
3. Asea, P. E. A., R. M. N. Kucey, and J. W. B. Stewart. 1988. Inorganic phosphate solubilization by two *Penicilliun* species in solution culture and soil. Soil Biol. Biochem. 20:459-464.
4. Azcon, R., J. M. Barea, and D. S. Hayman. 1976. Utilization of rock phosphate in alkaline soil by plants inoculated with mycorrhizal fungi and phosphate-solubilizing bacteria. Soil Biol. Biochem. 8:135-138.
5. Bagyaraj, D. J., and J. A. Menge. 1978. Interaction between a VA mycorrhiza and *Azotobacter* and their effects on rhizosphere microflora and plant growth. New Phytol. 80:567-573.
6. Bajpai, P. D., and W. V. B. Sundara Rao. 1971. Phosphate solubilizing bacteria. Part I. Solubilization of phosphate in liquid culture by selected bacteria as affected by different pH values. Soil Sci. & Plant Nutr. 17:41～43.
7. Bajpai, P. D., and W. V. B. Sundara Rao. 1971. Phosphate solubilizing bacteria. Part III. Soil inoculation with phosphorous solubilizing bacteria. Soil Sci. & Plant Nutr. 17:46-53.
8. Barea, J. M., A. F. Bonis, and J. Olivares. 1983. Interactions between *Azospirillum* and VA mycorrhiza and their effects on growth and nutrition of maize and ryegrass. Soil Biol. Biochem. 15:705-709.
9. Bingham, F. T., J. P. Martin, and J. A. Chastain. 1958. Effects of phosphorus fertilization of California soils on minor element nutrition of citrus. Soil Sci. 86:24-31.
10. Brown, M. E. 1974. Bacterization of seeds and roots. Ann. Rev. Phytop. 12:181-198.
11. Döbereiner, J., and J. M. Day. 1976. Associative symbiosis in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites. Vol. 2, pp. 518-538. In ：W. E. Newton and C. J. Nyman (eds.). Proceedings of 1st International Symposium on Nitrogen Fixation. Washington State University Press, Pullman, WA, USA.
12. Dart, P. J. 1986. Nitrogen fixation associated with non-legumes in agriculture. Plant and Soil 90:303-334.
13. Davis, R. M., and J. A. Menge. 1981. *Phytophthora* parasitic inoculation and intensity of vesicular-arbuscular mycorrhizae in *Citrus*. New Phytol. 87:705-715.
14. Fallik, E., Y. Okon, and M. Fischer. 1988. Growth response of maize roots to *Azospirillum* inoculation: effect of soil organic matter content, number of rhizosphere bacteria and timing of inoculation. Soil Biol. Biochem. 20:45-49.
15. Fulchier, M., and L. Frioni. 1994. *Azospirillum* inoculation on maize (*Zea mays*): effect on yield in a field experiment in central Argentina. Soil Biol. Biochem. 26:921-923.
16. Gerretsen, F. C. 1948. The influence of microorganisms on the phosphate intake by the plant. Plant and Soil 1:51-81.
17. Graham, J. H., and D. S. Egel. 1988. *Phytophthora* root rot development on mycorrhizal and phosphorus-fertilized nonmycorrhizal sweet orange seedlings. Plant Dis. 72: 611-614.
18. Graham, J. H., and J. P. Syvertsen. 1984. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizae on the hydraulic conductivity of roots of two *Citrus* rootstocks. New Phytol. 97:277-284.
19. Gryndler, M., and M. Vosatka. 1996. The response of *Glomus fistulosum*-maize mycorrhiza to treatments with culture fractions from *Pseudomonas putida*. Mycorrhiza 6:207-211.
20. Halvorson, H. O., A. Keynan, and H.L. Kornberg. 1990. Utilization of calcium phosphates for microbial growth at alkaline pH. Soil Biol. Biochem. 22:887-890.
21. Ho, I. 1993. Analysis of nutrient uptake by six species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in *Zea mays* L. Indian J. Mycol. Plant Pathol. 23:64-69.
22. Illmer, P., and F. Schinner. 1992. Solubilization of inorganic phosphate by microorganisms isolated from forest soil. Soil Biol. Biochem. 24:389-395.

23.Jarrell, W. M., and R. B. Beverly. 1981. The dilution effect in plant nutrition studies. Adv. Agron. 34:197-224.

24.Kleinschmidt, G. D., and J. W. Gerdemann. 1972. Stunting of *Citrus* seedlings in fumigated nursery soils related to the absence of endomycorrhizae. Phytopathol. 62: 1447-1453.

25.Kucey, R. M. N., and M. E. Leggett. 1989. Increased yields and phosphorous uptake by Westar canola (*Brassica napus* L.) inoculated with a phosphate-solubilizing isolate of *Penicillium bilaaji*. Can. J. Soil Sci. 69:425-432.

26.Kucey, R. M. N. 1983. Phosphate-solubilizing bacteria and fungi in various cultivated and virgin Alberta soils. Can. J. Soil Sci. 63:671-678.

27.Marschner , H. 1991. Root-induced changes in the availability of micronutrients in the rhizosphere. pp. 503-528. In：Y. Waisel, A. Eshel, and U. Kafkafi (eds.). Plant roots. Marcel Dekker Inc. New York.

28.Mishustin, E. N., and V. K. Shil nikova. 1971. Biological fixation of atmospheric nitrogen. Pennsylvania State Univ. Press, College Park. Pennsylvania.

29.Mosse, B., C. LL. Powell and D. S. Hayman. 1976. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. IX. Interactions between VA mycorrhiza, rook phosphate and symbiotic nitrogen fixation. New Phytol. 76:331-342.

30.Neyra, C. A., and J. Döbereiner. 1977. Nitrogen fixation in grasses. Advances in Agron. 29：1-38.

31.Okon, Y., and Y. Kapulnik. 1986. Development and function of *Azospirillum*-inoculated roots. Plant and Soil 90:3-16.

32.Olsen, S. R., and F. E. Khasawneh. 1980. Use and limitations of physical-chemical criteria for assessing the status of phosphorous in soil. pp.361-410. In : F.E. Khasawneh,E.C. Sample, and E.J. Kamprath (eds.). The role of phosphorus in agriculture. Amer. Society of Agron., Madison, Wis.

33.Raj, J., D. J. Bagyaraj, and A. Manjunath. 1981. Influence of soil inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhiza and a phosphate-dissolving bacterium on plant growth and ^{32}P-uptake. Soil Biol. Biochem. 13:105-108.

34.Reed, H. S. and T. Fremont. 1935. Factors that influence the formation and development of mycorrhizal associations in *Citrus* roots. Phytopathol. 25:645-647.

35.Russel, E. W. 1973. Soil conditions and plant growth. 10th ed., pp. 555-603. Logman, London.

36.Scheffer, F., and P. Schachtschabel. 1992. Lehrbuch der Bodenkunde. Fredinand Enke Verlag. Stuttgart.

37.Sperber, J. I. 1958. The incidence of Apatite-solubilizing organisms in the rhizosphere and soil. Aust. J. Agric. Res. 9:778-781.

38.Subba Rao, N. S. 1982. Phosphate solubilizing microorganisms. pp.128-136. In：Biofertilizers in agriculture. Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi.

39.Thomas, G. V., M. V. Shantaram, and N. Saraswathy. 1985. Occurrence and activity of phosphate-solubilizing fungi from coconut plantation soils. Plant and Soil 87:357-364.

40.Tien, T. M., M. H. Gaskins, and D. H. Hubbell. 1979. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). Appl. & Envir. Microbiol. 37:1016-1024.

41.Tilak, K. V. B. R., C. Y. Li and I. Ho. 1987. Occurrence of nitrogen-fixing *Azospirillum* on surface sterilized mycorrhizal roots of green onion (*Allium cepa*). p. 222. In: Mycorrhizae in the next decade, practical applications and research priorities. IFAS, University of Florida, Gainesville.

42.Timmer, L. W., and R. F. Leyden. 1978. Relationship of seedbed fertilization and fumigation to infection of sour orange seedlings by mycorrhizal fungi and *Phytophthora parasitica*. J. Am. Soc. Hort. Sci. 103: 537-541.

43.Timmer, L. W., and R. F. Leyden. 1978. Stunting of *Citrus* seedlings in fumigated soils in Texas and its correction by phosphorus fertilization and inoculation with mycorrhizal fungi. J. Am. Soc. Hort. Sci. 103: 533-537.

44.Tzean, S. S., and Y. S. Huang. 1980. The occurrence and formation of vesicular-arbuscular mycorrhizae of *Citrus* and maize. Bot. Bull. Acad. Sinica 21:119-134.

45.Young, C. C. 1990. Effects of phosphate-solubilizing bacteria and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of tree species in subtropical-tropical soils. Soil Sci. & Plant Nutr. 36: 225-231.

Effect of Microbial Inoculation on the Seedling Growth of *Citrus maxima* and Wentan Pomelo[1]

Su-Chen Lin[2], Shan-Ney Huang[3], Kun-Huang Houng[4] and Chi-Guang Wu[2]

Summary

The main purpose to design this experiment was to evaluate the inoculation effect of VA mycorrhizal fungi (VAMF), phosphate-solubilizing (PSB) and free-living nitrogen-fixing (NFB) bacteria, and the amendment of rice bran on the growth of *Citrus maxima* and wentan pomelo in calcareous medium. The results indicated that without amendment of rice bran did wentan pomelo stock stunt. However, inoculation of VA mycorrhizal fungus solely did not enhance plant growth. Amendment of rice bran could highly improve the growth of wentan pomelo stock. An incorporated use of rice bran and microbial inoculation (VAMF and other bacteria) showed synergistic effect. The biomass of wentan pomelo, which had been grafted for one year and treated with rice bran and other microbial inoculants in the growth medium was two times as much as that of plants treated by rice bran only. Among these microbial treatments, the leaf N and P of wentan pomelo were significantly higher than those treated by rice bran only. A triple inoculation of VAMF, PSB and NFB or a dual inoculation of VAMF and NFB, and an incorporated amendment with rice bran could significantly promote the growth of *Citrus maxima* and wentan pomelo especially in alkaline medium with low organic matter and phosphorus.

Key words : Wentan pomelo, Bran, Arbuscular mycorrhizal fungi, Free-living nitrogen-fixing bacteria, Phosphate-solubilizing bacteria.

---

1. Contribution No. 2015 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Respectively, Assistant Researcher, Associate Researcher, Department of Agricultural Chemistry, TARI., Wufeng, Taichung, Taiwan.

3. Director, Tainan District Agricultural Improvement Station, Tainan, Taiwan, ROC.

4. Professor, Department of Agricultural Chemistry, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(1): 76～85 (2000)

蓮霧農場技術效率之分析[1]

楊世華 陳唐平 潘德芳[2]

摘要：本研究的目的係利用最大概似半常態隨機性生產邊界函數，衡量47個蓮霧農場的技術效率值，並探討農場間技術效率差異的因素。研究結果發現：Translog隨機性生產邊界函數較Cobb-Douglas函數適合於蓮霧生產型態。依Translog函數之估計結果，蓮霧農場之生產彈性平均值，以勞動投入之0.5852爲最大，資本費之0.5072次之，種植面積之0.0565爲最小。其規模報酬值爲1.1489，表示蓮霧農場之生產具有規模報酬遞增之特性。因 λ 值(組合誤差比例)爲1.06，顯示在蓮霧農場間的生產誤差，人爲的技術效率誤差稍大。整體而言，蓮霧生產之技術效率平均值爲0.8715，顯示其技術效率距離完全技術效率之邊界尚差12.85%，表示個別農場之技術效率尚有提升之空間。在技術效率之影響因素方面，發現農場主教育水準較高、每株蓮霧產量較多、蓮霧銷售價格較高及每一勞動管理面積較大，有助於蓮霧生產技術效率的提升；是以要提高蓮霧農場的技術效率，農場主宜多參加相關講習訓練，吸收新知及新技術，加強種植技術、管理能力及生產因素之使用組合，有效利用人力資源，使蓮霧品質提高，並做好產品分級包裝及品牌行銷等工作。

關鍵詞：蓮霧、技術效率、隨機性、邊界生產函數、Translog函數。

前　言

民國87年，蓮霧之種植面積爲8,465公頃，主要產區爲屏東縣及高雄縣，種植面積分別爲6,969公頃(占82.3%)及649公頃(占7.7%)。年產量爲106,733公噸，年產值爲25億餘元，爲台灣重要之經濟果樹之一。爲求國內蓮霧產業之進一步發展，宜針對不同蓮霧農場間技術效率之差異進行分析，並探討其技術效率差異的原因，以作爲提升蓮霧農場技術效率之參考。

文獻上估計生產邊界函數的方法很多，依其函數之特性，可分爲確定性(deterministic)生產邊界法及隨機性(stochastic)生產邊界法兩種。前者假設廠商均面對相同的技術訊息，所有廠商僅存有一個共同的生產邊界，而個別廠商技術效率差異，完全歸因於人爲的管理或技術上的差異；這類的估計方法以Aigner and Chu[9]的線性規劃法，Timmer[18]的機率型線性規劃法，以及Greene[12]的修正最小平方法爲代表，但確定性生產邊界法之估計值較容易受極端值影響。後者則假設廠商原先對應的技術訊息中，有一部份爲非人爲所能控制的因素(如天候等)，因此個別廠商之技術效率差異除來自人爲管理的無效率外，亦包括那些人爲無法控制之天然因素所造成的差異。由於非人爲控制因素所造成之差異具有隨機性質，因此個別廠商所面對的生產邊界亦具有隨機性。這種估計方法分別以Aigner, Lovell and Schmidt[10]及Meeusen and Van den Broeck[16]兩組學者爲代表。

1.行政院農業委員會農業試驗所　研究報告第2016號。

2.本所農業經濟系助理研究員、助理及研究員兼主任。台灣省　台中縣　霧峰鄉。

在台灣，利用確定性生產邊界函數法來測量農場之技術效率者，計有彭作奎及吳江胡[5]、彭作奎[6]、邱毅及陳永林[2]等。至於利用隨機性生產邊界函數法者，計有傅祖壇及詹滿色[7]、傅祖壇、詹滿色及劉錦添[8]、李佩郁及李朝賢[1]等。

蓮霧生產之技術效率，除受到人爲管理與技術之差異外，亦受到天候等非人爲所能控制的因素影響，是以利用隨機性生產邊界模型來測定蓮霧農場之技術效率，應較符合現實情況。基此，本文乃利用Aigner, Lovell and Schmidt[10]之最大概似半常態隨機性生產邊界模型，分別以Cobb-Douglas及Translog生產函數加以設定，並以其概似函數值之差異，來探討何種函數型式較爲適合。再計算出個別蓮霧農場之技術效率值，且針對影響技術效率的因素進行分析，並探討其差異之原因。本文第二部分係說明隨機性生產邊界法之統計特性；第三部分爲模型設定及資料敘述；第四部分爲隨機邊界函數之實證結果及影響技術效率之因素分析；最後爲結論與建議。

隨機性生產邊界法

隨機性生產邊界之模型，係假設迴歸式的誤差項包括隨機性誤差及技術效率誤差兩部分：

$$y_t = f(x_t, B)\, e^{\varepsilon_t} \qquad t = 1,\cdots\cdots,N \tag{1}$$

其中y_t表示第t個農場的產出，x_t爲第t個農場的因素投入向量，B爲估計參數向量，ε_t爲第t個農場產出的誤差項。而ε_t爲一包括隨機性誤差及技術效率誤差之組合性誤差，即$\varepsilon_t = v_t - u_t$；式中$v_t$爲隨機性誤差，服從對稱性的隨機誤差常態分配；而$u_t$代表農場間的技術效率誤差，具有單邊(one-side)(即$u_t>0$)半常態或指數分配性質。

式(1)中，若$v_t=0$，則式(1)屬於確定性生產邊界之模型；而若$u_t=0$，則式(1)變成爲Zellner的一般生產函數模型。

在v_t與u_t彼此互相獨立的條件下，$\varepsilon_t = v_t - u_t$之聯合機率密度函數(joint density function)爲：

$$f(\varepsilon_t \mid \lambda, \sigma^2) = \frac{2}{\sigma} f^*\left(\frac{\varepsilon_t}{\sigma}\right)\left[1-F^*\left(\frac{\varepsilon_t \lambda}{\sigma}\right)\right],\ \text{且} -\infty \le \varepsilon \le +\infty \tag{2}$$

其中$\sigma^2 = \sigma^2_u + \sigma^2_v$，$\lambda = \frac{\sigma_u}{\sigma_v}$，$f^*$及$F^*$分別爲標準常態分配之機率密度(density)函數與累計分配(cumulative distribution)函數，σ^2_u及σ^2_v分別表示技術效率誤差及隨機性誤差之變異數，σ^2爲總變異數，λ爲技術效率誤差與隨機性誤差之比例，代表組合誤差比例，當λ值愈大，表示產出差異(σ^2)來自技術效率誤差之變異(σ^2_u)愈大，或來自隨機性誤差之變異(σ^2_v)愈小。

根據$v_t - u_t$的分配特性，可建立N個樣本的最大概似函數式：

$$\ln L(y \mid \beta, \lambda, \sigma^2) = N \ln \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} + N \ln \sigma^{-1} + \sum_{t=1}^{N} \ln\left[1-F^*\left(\frac{\varepsilon_t \lambda}{\sigma}\right)\right] - \frac{1}{2\sigma^2}\sum_{t=1}^{N} \varepsilon^2_t \tag{3}$$

利用Newton-Rephon 等反覆求解法，可藉由式(3)求得生產邊界函數參數β，亦可求得組合誤差比率(λ)及誤差項σ^2、σ^2_v與σ^2_u之估計值。

根據$v_t - u_t$生產邊界概念所推估的技術效率值是一種「相對」的效率值。例如第j個農場的技術效率值，爲某一生產因素投入下第j個農場的產出水準，與相同因素投入下最具生產效率(生產邊界上)農場之產出水準之比。是以對應於隨機性生產邊界之技術效率值爲

$$TE_t = y_t / [f(x_t, B)\, e^{v_t}] = e^{-u_t} \tag{4}$$

Jondrow, et. al.[14]提出以條件期望值的概念，來推估個別農家的(條件預期)技術效率值。Jondrow, et. al.的方法係先利用最大概似法求得的組合性誤差項(ε_t)，再以條件期望值分解出u_t的期望值。當u_t爲

爲半常態分配時，在隨機性生產邊界法中，第t個農場之技術效率值

$$TE_t = e^{-u_t} = e^{-E(u_t \mid \varepsilon_t)} \quad , \text{且} 0 \leqq TE_t \leqq 1 \quad \text{.....(5)}$$

而式(5)中， $E(u_t \mid \varepsilon_t) = \frac{\sigma_u \sigma_v}{\sigma} \left[\frac{f^*(\varepsilon_t \lambda / \sigma)}{1-F^*(\varepsilon_t \lambda / \sigma)} - \frac{\varepsilon_t \lambda}{\sigma} \right]$ .....(6)

式(6)中， σ^2、σ^2_u、σ^2_v、λ、f^*及F^*之定義如前。

當u_t爲半常態分配時，Lee and Tyler[15]推導出母群體的預期效率值

$$EFF = E(e^{-u_t}) = 2 \exp\left(\frac{\sigma^2_u}{2}\right)[1-F^*(\sigma_u)] \quad \text{.....(7)}$$

根據這個公式，母群體技術效率平均值受到σ_u值之影響。

模型設定及資料敘述

一、生產邊界函數之設定

本研究的生產函數將採用兩種函數型式，即Cobb-Douglas及Translog生產函數型態。Translog生產函數包含生產因素間的平方項及交互乘積項，考慮了生產因素間的交互影響，而且容許生產彈性及替代彈性的變動，因此較Cobb-Douglas生產函數更一般化且具包容性。

Translog生產函數設成下列型式：

$$\begin{aligned} LnY_j = {} & b_0 + b_1 lnA_j + b_2 lnL_j + b_3 lnK_j + b_{12} lnA_j lnL_j + b_{13} lnA_j lnK_j + b_{23} lnL_j lnKj \\ & + 1/2 b_{11} (lnA_j)^2 + 1/2 b_{22} (lnL_j)^2 + 1/2 b_{33} (lnK_j)^2 + v_j - u_j \end{aligned} \quad \text{.....(8)}$$

其中Y_j =第j個農場的蓮霧收入(單位：萬元)。

A =蓮霧耕種面積(單位：分)，包括自有土地與租用土地。

L =勞動投入(單位：日工)，包括家工與雇工。

K =包括變動成本及固定成本(單位：萬元)，即肥料費、材料費、農藥費、能源費、農舍折舊費及農機折舊費等。

v_j ：隨機性誤差，爲常態$(0, \sigma^2_v)$的分配。

u_j ：技術效率誤差，爲半常態$\mid 0, \sigma^2_u \mid$的分配。

式(8)中，當交互乘積項與平方項皆等於0時， Translog生產函數即演變成Cobb-Douglas函數：

$$LnY_j = b_0 + b_1 lnA_j + b_2 lnL_j + b_3 lnK_j + v_j - u_j \quad \text{.....(9)}$$

就Translog生產函數之生產彈性估計而言，生產因素A、L、K之生產彈性可以表示爲：

$$E_A = b_1 + b_{11} lnA_j + b_{12} lnL_j + b_{13} lnK_j$$
$$E_L = b_2 + b_{12} lnA_j + b_{22} lnL_j + b_{23} lnK_j$$
$$E_K = b_3 + b_{13} lnA_j + b_{23} lnL_j + b_{33} lnK_j$$

在Translog函數中，投入因素的生產彈性隨生產因素投入點之不同而有差異，因此彈性是可變的。當函數型式爲Cobb-Douglas時，$b_{ij}=0$，如式(9)所示，因此各估計參數即表示生產彈性，所有估計係數之和(即$b_1+b_2+b_3$)，則爲該蓮霧農場的規模報酬值。

在實證處理上，爲決定到底是Cobb-Douglas或Translog隨機性生產邊界函數型態適合於蓮霧農場，我們以概似比(likelihood ratio) χ^2假設法檢定之。根據Huang and Bagi[13]研究1969-70年間印度西北151家

家農場之實證結果，顯示Translog隨機性生產邊界函數較適合該模型。本文以此方法檢定，χ^2檢定統計量爲Translog 與Cobb-Douglas生產邊界函數兩者概似函數值之差的兩倍，其χ^2值若大於臨界點χ^2值，則接受Translog生產函數較適合本模型，反之，則接受Cobb-Douglas生產函數較適合。

二、設定技術效率影響因素之迴歸式

在求得各蓮霧農場之技術效率值後，本文進一步要分析究竟是何種因素造成農場間生產技術效率之差異。在實證處理上，本文將參考相關文獻上使用過之因素，並依蓮霧產業之特性，設定其技術效率影響因素之迴歸式。

根據彭作奎及吳江胡(1986)對40個酪農戶之技術效率分析，發現精料比例、家工比例、農場主年齡及教育程度對技術效率有正的影響。其次，傅祖壇及詹滿色(1992)對108戶果樹農家記帳戶分析技術效率之影響因素時，發現教育程度、專業程度、淨利資產比、雇工率等因素，對技術效率的影響爲正且達顯著水準，而變動成本及負債資產比對技術效率爲負且顯著的影響。另外，依李佩郁及李朝賢(1996)對53戶菊花農場進行技術效率的分析結果，顯示農場主種植的年數及每勞動所管理的土地面積，對技術效率的提升有正面的影響，但是種植年數過長、種植規模擴張過大，將會對技術效率值產生負面的影響。

本文將個別農場之估計技術效率值(TE)當作被解釋變數，將11個可能影響其技術效率差異之因素當做解釋變數，本文測定技術效率影響因素之迴歸式爲：

$$TE_j = a_0 + a_1(AGE_j) + a_2(AGE_j)^2 + a_3(EDU_j) + a_4(WEY_j) + a_5(ARE_j) + a_6(ARE_j)^2 + a_7(PLQ_j) + a_8(PRI_j) + a_9(KLR_j) + a_{10}(PLA_j) + a_{11}(HLR_j) + e_j \quad \text{.....(10)}$$

其中TE_j：第j個蓮霧農場的技術效率值。

AGE及AGE^2：農場主年齡及農場主年齡平方。

EDU：農場主受教育年數(單位：年)，以國小=6，國中=9，高中=12，餘類推。

WEY：種蓮霧之年數(單位：年)。

ARE及ARE^2：種植蓮霧面積(單位：分)及種植蓮霧面積平方。

PLQ：每株產量(單位：公斤/株)。

PRI：銷售價格(單位：元/公斤)，即蓮霧銷售金額除以其銷售量。

KLR：資本勞動比，係農場每一勞動日工的資本投入。

PLA：每一勞動管理面積(單位：分/日工)，以蓮霧種植面積除以農場總勞動日工而得。

HLR：家工比率，係家工勞動日工占農場總勞動日工之比率。

三、資料敘述

本文係採用橫斷面資料(cross-sectional data)，於現有蓮霧農場中依不同地區，以非隨機抽樣之「配額抽樣」方式進行，有效樣本問卷爲47戶，即六龜鄉5戶、枋寮鄉13戶、高樹鄉8戶、內埔鄉5戶、南州鄉9戶及鹽埔鄉7戶，蒐集到該等蓮霧農場87年之蓮霧產出及生產成本等相關資料，作爲本文分析之依據。

如表1所示，蓮霧之每公頃生產成本爲64.3萬元，其中以勞動成本之37.0萬元(占57.5%)爲最多，變動成本之23.4萬元(占36.5%)次之，固定成本之3.9萬元(占6.0%)爲最少，由於蓮霧之生產需經過施肥、病蟲害防治、剪定修枝、疏果套袋、採收及分級包裝等過程，是以勞動成本的投入爲最多。另如表2所示，蓮霧農場每戶每公頃平均蓮霧收入爲87.3萬元，每戶平均種植面積爲1.12公頃，每戶每公頃勞動及資本費投入方面，分別爲369.6日工及27.3萬元。有關經營主年齡、受教育年數及種蓮霧年數之平均值，分別爲47.3歲、9.3年及12.0年；平均每株蓮霧產量爲84.8公斤，每公斤蓮霧之平均銷售價格爲53.1

53.1元，每勞動日工之平均資本投入及平均管理面積，分別爲767.9元及0.0303分地，家工比率之平均值則爲0.75。就離散程度(以變異係數表示，即標準差除以平均值)而言，以每戶種植面積之47.3%爲最大，而每戶家工比率之13.3%爲最小。

表1 蓮霧之每公頃生產成本

Table 1. The production cost per hectare of wax apples

	總成本	勞動成本	變動成本	固定成本
萬元/公頃	64.3	37.0	23.4	3.9
百分比(%)	100.0	57.5	36.5	6.0

資料來源：本研究調查。

表2 蓮霧農場之敘述統計值

Table 2. The descriptive statistics of wax apples farms

	平均值	標準差	最大值	最小值	變異係數
每戶蓮霧收入 (萬元/公頃)	87.3	32.2	200.0	34.4	37.0%
每戶種植面積 (公頃)	1.12	0.53	2.7	0.3	47.3%
每戶勞動投入 (日工/公頃)	369.6	125.1	669.0	150.8	33.8%
每戶資本費 (萬元/公頃)	27.3	9.1	54.3	13.4	33.3%
經營主年齡 (歲)	47.3	8.4	66	30	17.8%
經營主受教育年數 (年)	9.3	2.5	12	6	26.9%
經營主種蓮霧年數 (年)	12.0	5.5	23	2	45.8%
每株蓮霧產量 (公斤/株)	84.8	30.7	166.7	32.6	36.2%
蓮霧銷售價格 (元/公斤)	53.1	21.7	100.0	24.4	40.9%
資本勞動比 (元/日工)	767.9	232.7	1480.1	420.8	30.3%
每一勞動管理面積(分地/日工)	0.0303	0.0105	0.0663	0.0150	34.7%
家工比率	0.75	0.10	0.95	0.48	13.3%

資料來源：如表1。

實證結果

一、邊界生產函數的估計結果

(一) 邊界生產函數之檢定

在實證處理上，爲決定到底是Cobb-Douglas或Translog隨機性生產邊界函數型態適合於蓮霧農場，我們以概似比(likelihood ratio) χ^2假設法檢定之。結果顯示，Translog 及Cobb-Douglas生產邊界函數之概似函數值(Log Likelihood Value)，分別爲10.36及3.20，是以其χ^2統計值= 2(10.36-3.2) =14.32，在α =0.05顯著水準下，臨界點$\chi^2(6)$=12.59，因蓮霧農家的χ^2值大於臨界點χ^2值，拒絕虛無假設，即Translog生產函數型態較適合於蓮霧農場。

(二) Translog生產函數的估計結果

以Translog生產函數所得到的估計結果，如表3所示。其參數估計值b_2、b_3、b_{13}、b_{11}及b_{22}，在α =0.05顯著水準下均爲顯著。就蓮霧農場之生產彈性平均值而言，以勞動投入之0.5852爲最大，資本費之0.5072次之，種植面積之0.0565爲最小，表示增加同一百分比的投入，以勞動投入所能增加的收入最多。上述這些生產彈性值係在各投入要素爲平均值下之導出值；因爲Translog函數下之生產彈性值爲變動值(因j的要素值而不同，見式(9))。生產規模報酬值爲1.1489，表示蓮霧農場之生產具有規模報酬遞

酬遞增之特性。其 λ 值大於一(即 λ =1.06，σ_u =0.1742，σ_v=0.1637)，顯示在蓮霧農場間的生產誤差，人爲的技術效率誤差稍大。

表3 Translog隨機性生產邊界函數之估計結果

Table 3. The estimation results of translog stochastic frontier production function

估計參數	係數值	估計參數	係數值
b_0	18.0463 (1.822)[z]	b_{13}	1.5427 (2.385)**
b_1	-2.4432 (-1.005)	b_{23}	-1.2995 (-1.569)
b_2	-8.1161 (-2.078)**	b_{11}	-1.9485 (-2.264)**
b_3	6.4714 (2.134)**	b_{22}	2.0726 (2.219)**
b_{12}	0.3366 (0.595)	b_{33}	-0.5849 (-0.615)

規模報酬值(RTS)= $E_A+E_L+E_K$= 0.0565+0.5852+0.5072 = 1.1489

σ^2_u =0.03035　σ^2_v=0.02679　λ =1.06　σ =0.239

概似函數值(Log Likelihood Value) = 10.36　R^2 = 0.81

以Cobb-Douglas函數所得之概似函數值爲3.20

[z]括弧內爲t值(顯著水準達1%、5%及10%分別以***、**、*表示)

二、個別農場技術效率值的估計結果

由前節分析得知：蓮霧農場的生產函數較適合用Translog函數型態，是以本節則以其Translog生產函數之估計參數，計算出個別農場技術效率值，所得結果如表4所示。

蓮霧農場技術效率之分布情形，有31.9%的農家介於0.9-1.0之間，有61.7%介於0.8-0.9之間，有6.4%介於0.7-0.8之間。其技術效率值最大值爲0.9463，最小值爲0.7203，平均值爲0.8715，整體而言，平均技術效率距離完全技術效率的邊界尚差12.85%，而個別蓮霧農場技術無效率值介於5.37%與27.98%間，表示個別農場之技術效率尚有提升之空間。

表4 蓮霧農場技術效率之次數分配

Table 4. The frequency distribution of technical efficiency of wax apples farms

技術效率值	農場數	百分比(%)
0.9<TE≤1.0	15	31.9
0.8<TE≤0.9	29	61.7
0.7<TE≤0.8	3	6.4

樣本技術效率平均值 =0.8715　最大值=0.9463　最小值=0.7202

母群體技術效率平均值 = 0.8749

三、影響技術效率之因素分析

表5結果顯示：農場主教育年數、每株產量、銷售價格及每一勞動管理面積等四個變數，對生產技術效率之影響爲正且達顯著水準，顯示此四個變數爲影響蓮霧農場技術效率之重要因素。以下就個別變數之結果分述如下：

(一)農場主年齡的係數爲正，年齡平方的係數爲負，顯示農場主年齡的增加，可提升技術效率，但其年齡愈大時，其體力狀況愈不佳，對農場生產技術效率產生負面的影響。

(二)農場主教育年數的係數爲正，且達顯著水準，表示教育水準愈高，農場主愈易吸收新知，較可能接受新技術，對技術效率的影響爲正的。

(三)種蓮霧年數對技術效率的影響爲負，主要係有多位農場經營主種植蓮霧之時間雖短，但由於本身積極吸取種植經驗與管理技巧，使其技術效率大爲提升，是以技術效率高低不在於經驗年數長短，而在於種植經驗與管理技巧是否已純熟。

(四)種植面積的係數爲負，而種植面積平方的係數爲正，顯示若要擴大生產規模，其種植面積應達相當之規模，才有助於提高其技術效率。

(五)每株產量對技術效率之影響爲正，且達顯著水準。由於蓮霧屬於多年生作物，每株產量除代表蓮霧樹齡結構之差異外，亦表示農場主對蓮霧經營管理能力之高低；換言之，每株產量高可表示此農場內正值高產量之蓮霧比例較大，而且農場主之管理能力較高，技術效率較高。

(六)銷售價格對技術效率之影響爲正，且達顯著水準。蓮霧之銷售價格高，主要係因爲品質好、分級清楚、信譽佳、瞭解市場供需、進行產期調節、選擇較適合的行銷通路等，是以要提高蓮霧之銷售價格，除須提升蓮霧品質外，亦應蒐集相關之市場資訊，並做好分級包裝及品牌行銷等工作。

(七)資本勞動比的係數爲負，由於蓮霧生產是勞動使用密集的產業，是以雖然增加新設備之投資，但勞動力如果不足，對農場之技術效率卻有負面的影響，是以資本勞動比並非愈高愈好。

(八)每一勞動管理面積對技術效率之影響爲正，且達顯著水準。蓮霧農場平均每一勞動日工所管理的面積僅0.0303分地，面積很小，若能增加每勞動日工所管理的土地面積，對技術效率的提升會有幫助。

(九)家工比率的係數爲正，由於家工在工作上較雇工用心且賣力，家工之效率高於雇工，但未達顯著水準。

表5 技術效率影響因素之估計結果

Table 5. The estimation results of significant factors of technical efficiency

變數名稱	參數估計值	T值	顯著水準›
常數項	0.5111	2.30	**
經營主年齡	0.0042	0.46	
經營主年齡平方	-0.00003	-0.27	
經營主教育年數	0.0093	2.86	***
種蓮霧年數	-0.0012	-0.65	
種植面積	-0.0068	-1.10	
種植面積平方	0.0002	0.81	
每株產量	0.0007	2.16	**
銷售價格	0.0014	3.13	***
資本勞動比	-0.00004	-1.09	
每一勞動管理面積	1.9357	1.97	*
家工比率	0.0600	0.80	
	F 值 = 3.06		***
	R^2 = 0.49		

›顯著水準達1%、5%及10%分別以***、**、*表示

結論與建議

一、結論

本文的目的係利用最大概似半常態隨機性生產邊界模型，衡量47個蓮霧農場的技術效率值，並探

討農場間技術效率差異的因素。經由以上之分析，可得到下列三點結論：

(一)經概似比χ^2假設法檢定，因蓮霧農場χ^2值大臨界點χ^2值，顯示Translog隨機性生產邊界函數較Cobb-Douglas函數適合於蓮霧生產型態。依Translog生產函數所估計之結果，蓮霧農場之生產彈性平均值，以勞動投入之0.5852爲最大，資本費之0.5072次之，種植面積之0.0565爲最小。其規模報酬值爲1.1489，表示蓮霧農場之生產具有規模報酬遞增之特性。其λ值(組合誤差比例)爲1.06，顯示在蓮霧農場間的生產誤差，人爲的技術效率誤差稍大。

(二)就蓮霧生產之技術效率而言，蓮霧農場技術效率之分布情形，有31.9%的農家介於0.9-1.0之間，有61.7%介於0.8-0.9之間，有6.4%介於0.7-0.8間。其技術效率值最大值爲0.9463，最小值爲0.7202，平均值爲0.8715，整體而言，平均技術效率距離完全技術效率的邊界尚差12.85%，而個別農場之技術無效率值介於5.37%與27.98%之間，表示個別農場之技術效率尚有提升之空間。

(三)依技術效率影響因素的分析結果，發現農場主教育年數、每株產量、銷售價格及每一勞動管理面積等四個變數，對生產技術效率之影響爲正且達顯著水準，表示農場主教育水準較高、每株蓮霧產量較多、蓮霧銷售價格較高及每一勞動管理面積較大，有助於蓮霧生產技術效率的提升。

二、建議

(一)由分析結果得知，蓮霧農場間生產的差異，主要係來自人爲的技術效率差異，且個別農場之技術效率尚有提升空間。因此，爲提高蓮霧農場之技術效率，農場主應注意人爲管理因素的加強，如種植蓮霧技術、經營管理能力及生產因素的使用組合等。

(二)就蓮霧農場之生產彈性而言，以勞動投入爲最大，顯示增加勞動投入較有利於蓮霧之生產，但在農村勞力日漸短缺情況下，未來可考慮提高勞動素質或適度以資本代替勞動。另外，蓮霧農場宜提高每一勞動的土地管理面積，有效利用人力資源，對提高技術效率亦有助益。

(三)蓮霧銷售價格對技術效率之影響爲正，且達顯著水準。蓮霧之銷售價格高，主要係因爲品質好、分級清楚、信譽佳、瞭解市場供需、進行產期調節、選擇較適合的行銷通路等，是以要提高蓮霧之銷售價格，除須提升蓮霧品質外，亦應蒐集相關之市場資訊，並做好分級包裝及品牌行銷等工作。

(四)政府及相關單位應針對蓮霧種植技術及農場經營管理等方面，舉辦各種講習及新技術的示範教學，鼓勵農民使用，以提升其技術效率。近年來，農委會爲推動「經營管理合理化」政策，將工商業常用的經營管理觀念與作法引進到農業，如生產管理、物料管理、品質管理、現場管理、財務管理、行銷管理及組織管理等，農場主若能用心學習，必能對其農場進行最適當的改善，而獲致豐碩的成果。

引用文獻

1. 李佩郁、李朝賢。1996。台灣菊花生產技術效率之分析。農業金融論叢36：93-123。
2. 邱毅、陳永林。1992。台糖公司各糖廠技術效率之研究。台灣土地金融季刊29(4)：87-105。
3. 黃春旺。1995。屏東縣內埔鄉蓮霧產銷班經營效率之實證分析。農業金融論叢33：249-278。
4. 陳唐平。1994。農產品合理運銷途徑之研究-蓮霧之運銷途徑及效率。台灣農業試驗研究成果年報(82年度)：160。
5. 彭作奎、吳江胡。1986。台灣乳牛生產之技術效率與其影響因素之分析。農業金融論叢16：29-38。
6. 彭作奎。1988。台灣主要農作物生產技術效率之研究。台灣銀行季刊39(4)：301-340。
7. 傅祖壇、詹滿色。1992。記帳農家之技術效率及差異來源探討—闡隨機性生產邊界模型之應用。中國農業經濟年刊1：39-52。
8. 傅祖壇、詹滿色、劉錦添。1992。生產邊界估計方法、函數型式與個別農場技術效率—台灣稻作與果樹農場之實證。經濟論文叢刊20(2)：129-153。

9. Aigner, D.J. and Chu, S.F. 1968. On estimating the industry production function. American Economic Review 58(4):826-839.
10. Aigner, C. Lovell, A. K., and Schmidt, P. 1977. Formulation and estimation of stochastic frontier production model. Journal of Econometrics 6(1)：21-37.
11. George E. Battese. 1992. Frontier production functions and technical efficiency ： A survey of empirical applications in agricultural economics. Agricultural Economics 7：185-208.
12. Greene, W. H. 1980. Maximum likelihood estimation of econometric frontier function. Journal of Econometrics 13(1)：27-56.
13. Huang C. and Bagi, F.S. 1984. Technical efficiency on individual farms in northwest India. Southern Economic Journal 51(1)：108-115.
14. Jondrow, J. K., Lovell, C. A., Materov, I. And Schmidt, P. 1982. On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. Journal of Econometrics 19：233-238.
15. Lee, L. F. and W. J. Tyler. 1978. The stochastic frontier production function and average efficiency ： An empirical analysis. Journal of Econometrics 7 ：385-389.
16. Meeusen, W. and J. Van den Broeck. 1977. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production function with composed error. International Economic Review 18：435-444.
17. Olson, J. A., Schmidt, P., and Waldman, D. M. 1980. A Monte Carrlo study of estimators of stochastic frontier production functions. Journal of Econometrics 13：67-82.
18. Timmer, C.P. 1971. Using probabilistic frontier production function to measure technical efficiency. Journal of Political Economics 79:779-794.

Technical Efficiency Analysis for Wax Apples Farms[1]

Shi-Hua Yang, Tarng-Ping Chen and Te-Fang Pan [2]

Summary

The purposes of this study are to evaluate the technical efficiency of wax apples farms and to find out factors that influence the technical improvement of wax apples production significantly. The stochasic frontier production function was used to estimate technical efficiency. Forty-seven wax apples farms were sampled and evaluated based on technical efficiency. Data of eleven factors were fitted with regression analysis. The results showed that the wax apples farms can be fitted better with the Translog function than with the Cobb-Douglas function. The average technical efficiency level was 0.8715. It means that there is still some room of wax apples production efficiency could be improved. Also, the results suggested that the education of wax apples farmers, yield of wax apples per tree, the sale prices of wax apples and the planted area of wax apples per labor-day are main factors affecting the technical efficiency level. Hence, the production technology, farm management, farming training, grade package and brand promotion should be enhanced to raise the technical efficiency.

Key words : Wax apples, Technical efficiency, Stochastic, Frontier production function, Translog function.

1.Contribution No. 2016 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2.Respectively, Assistant Researcher, Research Assistant, Researcher and Head, Department of Agricultural Economics, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

中華農業研究

第四十九卷　第一期

中華民國八十九年三月出版

發行人：林俊義

總編輯：陳炳輝

編審委員：

農藝組：盧煌勝（主審）

王強生　呂秀英　郭益全　陳一心

楊純明　劉大江　劉新裕　蔡新聲

園藝組：蕭吉雄（主審）

王德男　施昭彰　徐信次　劉政道

歐錫坤

農化組：林木連（主審）

王鐘和　吳繼光　郭鴻裕　劉慧瑛

植病組：彭金騰（主審）

安寶貞　林正忠　張清安　程永雄

蔡武雄

昆蟲組：羅幹成（主審）

王清玲　何琦琛　周樑鎰　陳炳輝

陳健忠　鄭　允　鄭清煥

農機組：梁連勝（主審）

黃禮棟　賴建州　蔡致榮

另聘請農業評議委員或各大學院校有關學者專家擔任審查委員。

Vol. 49, No.1 Mar. 2000

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

PUBLISHER: Chien-Yih Lin

EDITOR IN CHIEF: Bing-Huei Chen

EDITORIAL BOARD:

Chi-Hsiung Hsiao (Horticulture)
Mu-Lien Lin (Agri. Chemistry)
Lien-Sheng Liang (Agri. Engineering)
Kang-Chen Lo (Applied Zoology)
Hung-Shung Lu (Agronomy)
Jin-Tong Peng (Plant Pathology)

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

Pao-Jin Ann
Chin-An Chang
Bing-Huei Chen
Chien-Chung Chen
Yi-Shin Chen
Ching-Huan Cheng
Edward Yun Cheng
Yung-Hsiung Cheng
Liang-Yih Chou
Horng-Yuh Guo
Chyi-Chen Ho
Hsin-Tszu Hsu
Li-Duhng Huarng
Yih-Chuan Kuo
Chien-Chou Lai
Cheng-Chung Lin
Tsung-Dao Liou
Dah-Jiang Lin
Huey-Ing Liu
Sin-Yie Liu
Hsiu-Ying Lu
Shyi-Kuan Ou
Jau-Chang Shih
Wu-Hsiung Tsai
Hsin-Sheng Tsay
Jyh-Rong Tsay
Chan-Sen Wang
Chong-Ho Wang
Chin-Ling Wang
Der-Nung Wang
Chi-Guang Wu
Chwen-Ming Yang

Reviewers of related fields are invited from universities, and other research organizations.

統一編號
030853880023

Vol. 49, No.1 Mar. 2000

行政院新聞局出版事業登記證局版臺省誌字第二九八號
中華郵政中臺字第〇三〇九登記爲雜誌交寄

JOURNAL OF
AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA
(Formerly Journal of Taiwan Agricultural Research)

CONTENTS

Development of Tainung No. 1 Tray for the Nursery of Rice Seedlings
……Chi-Hsiung Lai, Ching-Hsiang Yang, Bang-Hua Chen, Lit-Fu Chan, Chih-Sheng Chen and Dah-Jiang Liu …… 1

Development of Hsian-tsao Variety TARI No. 1
……Min-Fu Hu, Sin-Yie Liu, Shu-Chin Lo and Hung-Shung Lu…12

Structure Simplification for Morphological Diversity in a World Germplasm Collection of Mungbean (*Vigna radiata* (L.)Wilczek)
……Shu Chen, Cheng Chen, Ming-Jen Fan and Samson C. S. Tsou…26

Studies on Lactic Acid Fermentation of Melon (*Cucumis melo* L.) Juice
……Shu-Hui Yang and Po-Jung Chien…35

Herbicide, a Stress Factor on the Population Fluctuation of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi……Chi-Guang Wu, Su-Yuang Lin, and Su-Chen Lin…42

Inoculation Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on the Growth and Phosphorus Contents of Oriental Lily Bulb……Chi-Guang Wu and Su-Chen Lin…50

Growth Responses of *Anthurium andraeanum* After Microbial Inoculation
……Chi-Guang Wu, Su-Chen Lin, Su-Yuang Lin, and Keng-Chang Chuang…57

Effect of Microbial Inoculation on the Seedling Growth of *Citrus maxima* and Wentan Pomelo
……Su-Chen Lin, Shan-Ney Huang, Kun-Huang Houng and Chi-Guang Wu…63

Technical Efficiency Analysis for Wax Apples Farms
……Shi-Hua Yang, Tarng-Ping Chen and Te-Fang Pan…76

Published by
THE TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE,
COUNCIL OF AGRICULTURE
Taichung, Taiwan, Republic of China