

微生物肥料在瓜果類作物應用研究

撰文/黃瑞彰·江汶錦

前言

自然界中存在有豐富之微生物資源，對農作物生產而言，常利用環境中之資源，如將有益微生物接種在種子或施用在幼苗、土壤上，其可增加植物營養要素之供應、提高土壤中養分之有效性、增進根系之生長與養分之吸收、保護根系及增進抗逆境能力等，均可稱之為「微生物肥料」。

作物的養分補充，化學肥料一直都是農友的最愛，因為它具有使用方便、價格合理且效果迅速等優點。但是在使用化肥所帶來便利的同時，應注意到過度使用所導致的不良影響，其中眾所皆知的就是土壤酸化及環境水源污染問題。農友大量施用農用化學物質造成土壤劣化與污染，影響土壤微生物多樣性，使生物制衡能力降低，病蟲害增加，而致農作物的收成減少與品質降低。土壤微生物是自然界中推動各種元素循環之最基層的生物，近年來，隨著生物技術的崛起，土壤微生物所扮演的角色日趨重要，目前國內已研發應用推廣之微生物肥料有根瘤菌、溶磷菌及叢枝菌根菌等，根據試驗調查，於豆類接種根瘤菌，及瓜類作物育苗接種菌根菌之微生物肥料，可提高土壤營養分之供應及有效性，替代部份化學肥料，非但可節省肥料投入之成本，且可充分運用微生物資源，減緩農業生產對自然生態平衡及環境之衝擊、進而提高單位面積產量，增加農民收益。

臺灣地區高經濟果樹如木瓜、鳳梨與蓮霧及蔬果作物如胡瓜、苦瓜、西瓜、洋香瓜、番茄與甜椒等，均為高磷肥之作物，一般農民栽植慣用大量的化學肥料，磷肥大部分因被土壤固定結合或流失，不但栽培成本提高，亦可能造成地下水污染，若能利用菌根菌及溶磷菌等生物肥料，可促進幼苗與植株之生長，提高移植成活率，減少肥料用量，增進作物之產量品質，達到合理化施肥之目標。

土壤微生物多樣性是生態保育的基礎，亦是減少農業災害的根本，合乎自然法則，農業才能永續。生物多樣性是永續的、無價的、無形的效益，尤其在臺灣的島形地區，又是高溫、多雨、多風之多變環境。為了臺灣農業永續發展，唯有重視農業土壤微生物多樣性，才能維持健康的土壤環境，亦才有健康的人類。這是一個值得政府及全民重視的課題。

微生物肥料之功能

有益的土壤微生物種類甚多，不同微生物肥料有不同之功能，其功能主要如下。

（一）固氮作用

固氮根瘤菌包括共生、協生及非共生固氮根瘤菌，可以將空氣中的氮素固定為氨，轉變成作物可以利用的氮化合物，此作用是直接增加土壤的氮素來源，並能替代或減少化學氮肥的施用。自 1964 年

Burton 開發與豆科植物共生之根瘤菌以來，在美國、歐洲、澳洲均有商品化產品出售，例如大豆接種劑 *Rhizobia* 即是。不論國內外皆已證實豆科共生根瘤菌的使用可以顯著節省化學氮肥之施用量，但接種劑菌數要 10^8 cfu/ml 以上為佳。整體而言，共生性固氮菌的發現，使用歷史雖已久，但由於土壤生態系的複雜性與菌種對作物的專一性，其應用效果往往因地區，作物而異，所以仍需研發能針對不同土壤，作物之專一性配方產品，或與其他菌種混合開發混合劑以提高使用效果。

（二）溶解作用

營養元素的存在型式會影響吸收效率，土壤中存有許多作物不能利用的結合型營養元素，如磷、鈣、鐵等需靠根圈之某些土壤微生物分泌一些有機酸溶解後才能被利用，因此，溶解結合型營養元素的微生物，可以做為提供作物營養的功能，並可替代或減少化學肥料的施用，例如溶磷菌。

（三）增進根系營養吸收及生長的作用

植物吸收營養主要需靠根毛部，根毛愈多，吸收的表面積就愈大，吸收能力就愈高。微生物肥料中有增進根系營養吸收及生長的菌類，增加根系吸收能力及表面積，即可減少化學肥料的施用，提高土壤中的營養供應效率，如菌根菌。

（四）增加植物對逆境的抗性與病原菌之拮抗

有些微生物的分泌物質，對其他微生物之生存具有抑制作用，此種微生物可使土壤或植體中病原菌減少，減少病害發生，降低農藥之使用。

（五）促進有機物之分解及轉化

大分子之有機物需經由微生物分泌酵素分解成較小的分子或無機物，才能被植物利用。目前此類商品多為複合微生物，直接添加在有機材料中，可加速堆肥熟成，降低有機質之碳氮比 (C/N)，增加腐植化之功能，並除去製程中之臭味。所以在推行

有機農業時，此類微生物肥料是相當重要之添加物。

微生物肥料的使用方法

微生物肥料的使用方法，目前被常用為推廣於瓜果栽培有溶磷菌及菌根菌，使用方法分別說明如下。

1. 溶磷菌液劑灌注方法

每毫升之菌數約為 4×10^8 cfu，稀釋 300-500 倍，澆灌於根系附近之土壤至澆濕為原則，使菌液儘量接觸到根系為佳（圖一）。



圖一 溶磷菌菌液稀釋後澆灌於根系附近之土壤

2. 菌根菌粉劑拌種之方法

以每穴約 2 公克之菌根菌孢子土（每克約含 100 粒菌種）撒施於介質，再與介質均勻攪拌，攪拌後之介質填入穴盤中，再進行播種育苗（圖二）。

微生物肥料在瓜果作物應用

（一）溶磷菌在瓜果之應用

溶磷菌是泛指能溶解土壤中不易溶解的無機或有機磷化物的微生物總稱。土壤中磷素存在之形式，包括無機態及有機態，磷肥施入土壤中後，磷素常被固定而成不易溶解型，導致不易被植物吸收，磷素在土壤中之移動性較差，不易流失而常



圖二 菌根菌孢子土與介質均勻攪拌

在農田中累積，溶磷菌之作用即在溶解此累積之無機及有機結合之磷素，溶磷菌亦能促進根系之伸展，有利營養之吸收。不同的溶磷菌的種類中，溶磷能力及能溶解物的範圍差異甚大，有的菌可溶解「鈣結合磷」，可是不能溶解「鐵結合磷」，有的菌種且可溶解多樣的不易溶解的磷化物。常見的溶磷菌包括細菌及真菌，如 *Pseudomonas*、*Bacillus*、*Thiobacillus*、*Penicillium*、*Aspergillus* 屬等。

土壤微生物中的溶磷菌接種於酸性土壤中，可以增進磷礦石粉、過磷酸鈣、鋁磷化合物的溶解。溶磷菌除可溶解化合物增加作物根部對磷肥吸收的能力外，還能分泌出植物生長激素如吲哚乙酸 (IAA)、奈乙酸 (NAA) 等，在非洲菊、百合之相關試驗均有顯著之效益。

(二) 叢枝內生菌根菌在瓜果之應用

叢枝內生菌根菌是能與 90% 陸地植物形成共生關係的有益真菌，能促進作物生長與增加產量，可視為生物性肥料。主要的菌根菌包括內生、外生及內外生三大類，一般農田作物以內生菌根菌為最多，尤其以囊狀體—叢枝內生菌根菌最普遍受到重視。菌根真菌可從根毛侵入根部，在內皮層產生叢枝 (arbuscule)，在皮層產生囊泡 (vesicle)，並將菌絲伸出根外。菌絲可分解土壤中的有機物，並吸收無機養分、低分子有機物和水分子，並透過內皮進入導

管向上運輸，因此可以使成熟根也有如同根毛的吸收功能。

由於這類真菌在感染植物之根部後會向根外延伸出長達 8 至 10 公分長的根外菌絲。這些根外菌絲有如根毛一般，因此有助於增加植物根部的吸收面積，特別是對於磷肥的吸收，效果尤其顯著。此外，叢枝內生菌根菌對於幫助作物抵抗逆境、土傳性病害、線蟲等的研究，也備受肯定。在花卉方面，促進早花，增大花朵，及延長切花在花瓶的插花壽限等。叢枝內生菌根菌目前被認為是最有效益及發展潛力之「生物肥料」。

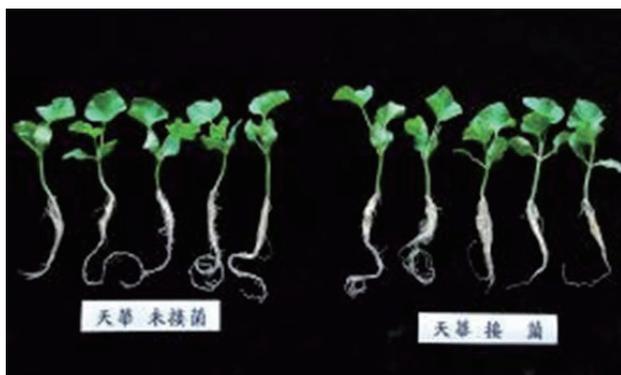
農業試驗所嘉義分所自 1980 年起即從事內生菌根菌之開發研究，篩選優良菌種 *Glomus clarum*，與洋香瓜具親和性，育苗期接種感染形成內生菌根，可促進根群發育，有助磷肥等要素吸收能力，提高產量與品質。經由該所大量繁殖菌根菌接種原，供育苗接種應用。雲嘉南地區近年來已將菌根菌應用於洋香瓜之育苗上，有助於瓜苗根部之發育及其移植之成活率，提早採收與提高果實品質。

內生菌根植物與土傳性病害之關係，近 30 年來引起許多學者研究之興趣，在這些研究報告中，大多數均顯示作物接種囊叢枝內生菌根菌後，病害嚴重程度較未接種植株為輕，尤其是內生菌根菌與寄生性線蟲病害之關係。

臺南場近年來年配合執行合理化施肥與作物健康管理示範計畫 -- 微生物肥料之推廣，應用菌根菌在瓜果類作物，經該項計畫實施資料結果顯示化學肥料施用量減施 20-30%，並可促進植株養分吸收，瓜果類果實甜度增加 1-2°Brix，增產率 5-10% (圖三至圖六；表一至表二)。

使用微生物資材應考慮的因素

微生物資材之菌數、活性與肥效之良否實非一般農民所能辨識，有好的微生物肥料外需賴有效之肥料管理，才能確保農民之權益。



圖三 接種菌根菌可促進洋香瓜幼苗生長勢（右）



未接種（右）；接種區（左）

圖六 香瓜接種菌根菌促進植株生長情形



未接種（左）；接種區（右）

圖四 洋香瓜淑芬品種接種菌根菌田間生長情形



接菌處理（左）；未接菌處理（右）

圖五 接種內生菌根菌香瓜幼苗生長勢

表一 洋香瓜天華品種植株接種菌根菌定植四週後生長情形

處理	感染率 (%)	株高 (公分)	葉數
未接菌	nd ^b	130 ^b	18 ^b
接菌	67.5 ^a	148 ^a	22 ^a

註1. nd表未檢測出。

註2. 表中同欄內英文字母相同者表示差異未達5%顯著性差異（鄧肯氏變方分析）。

表二 接種菌根菌對洋香瓜產量與品質影響

處理	產量 (公斤/0.1公頃)	榨汁率 (%)	糖度 (° Brix)
未接菌	3,558 ^b	81.09 ^a	12.1 ^a
接菌	3,773 ^a	82.74 ^a	13.0 ^a

註1. 表中同欄內英文字母相同者表示差異未達5%顯著性差異（鄧肯氏變方分析）。

表三 接種菌根菌對香瓜產量與品質之影響

處理	產量 (公斤/0.1公頃)	榨汁率 (%)	糖度 (° Brix)
未接菌	950 ^b	77.60 ^a	13.4 ^a
接菌	1,350 ^a	78.06 ^a	13.7 ^a

註1. 表中同欄內英文字母相同者表示差異未達5%顯著性差異（鄧肯氏變方分析）。

表四 接種菌根菌對香瓜葉片元素之影響

處理	氮 (%)	磷 (%)	鉀 (%)	鈣 (%)	鎂 (%)
未接菌	2.932 ^b	0.125 ^a	3.254 ^a	10.014 ^a	1.710 ^a
接菌	3.240 ^a	0.134 ^a	3.592 ^a	8.967 ^b	1.549 ^b

註1. 表中同欄內英文字母相同者表示差異未達5%顯著性差異 (鄧肯氏變方分析)。

表五 接種菌根菌對甜瓜線蟲蟲口數影響

處理	根瘤線蟲	根瘤線蟲
	(隻/100克土)	
未接菌	536 ^a	172 ^a
接菌	124 ^b	58 ^b

註1. 表中同欄內英文字母相同者表示差異未達5%顯著性差異 (鄧肯氏變方分析)。

(一) 耕地土壤之基本性質

土壤質地、酸鹼度、有機物含量、排水通氣情形，耕作制度及方式等，通常與土壤養分的分佈、移動、土壤的生態有密切關係，因而影響到微生物肥料能提供作物吸收利用養分的效果。不同性質的土壤，則還須要考慮使用微生物肥料菌株之種類。

(二) 微生物肥料菌株活性要高

菌的活性是重要的指標，活躍的微生物才能適應環境及發揮作用，或達到共生的現象，幫助作物吸收養分或提供養分給作物吸收利用。

(三) 配合作物的需求

各種作物在不同生長期中有不同微生物肥料的需求，微生物肥料之接種愈早期愈好，以幼苗期接種最有效。若多年生果樹則在營養生長期重視氮及磷功能的菌種，中果期則重視增進磷功能的菌種。

(四) 掌握合理的施用量

每一作物有其合適的肥料用量，由此可知，微生物肥料菌劑之使用對各種作物而言，如何與化學肥料及有機質肥料配合使用，如此才能使微生物肥料發揮出應有的功效，而不致浪費生產成本。

(五) 種源供應問題

目前推廣之微生物肥料菌種種源係在農委會補助計畫下，由相關大學或研究單位培植免費供應，因限於經費及設備，供應數量有限，無法普及，實非產業發展正確與長遠之計。經研究開發具成效之技術或產品，應朝技術移轉，由相關業者投資量產普遍供應，才能普及並落實於產業。微生物肥料在國內尚在初期發展階段，雖然市場有限，配合永續農業之發展，應有成長之空間。有關微生物肥料商品化的品質，諸如菌種純度與含量等，是目前微生物肥料產業化面臨最大挑戰，在微生物肥料管理辦法正式實施後此一問題應可迎刃而解。

綜而言之，可瞭解到栽培者在微生物接種應用上必須小心謹慎，同時思考栽培管理是否對於植物及微生物均有利。換言之，栽培者所需照顧的不只是作物的種子，同時要考慮微生物的孢子，在觀念上可將其視為第二種種子，所以必須兼顧二種種子都要發芽，並且生長良好才是。如果只為了第一類種子生長而長期犧牲了其他種子的生機，勢必造成土壤生態失衡導致土壤劣變，此即是目前農地地力普遍衰退的基本原因。

結論

地處熱帶及亞熱帶下的臺灣，為高溫多雨之氣候型態，對土壤中微生物之活動及變遷影響頗大。尤以土壤有機質含量普遍偏低，以及酸性土壤居多，致土壤中所含植物營養要素之有效性受到很大的限制，如土壤中磷與鐵、鋁等結合成不溶解性物質，而有些細菌能分泌有機酸，幫助磷化合物之分解，增進植物對磷等養分之吸收。

對於有效微生物使用到農作物生產上，在國外早已開始，在臺灣最早期是由大豆的固氮作用開始，而近年來大量引入，利用土壤微生物來促進作物生產，改善土壤等，這是農業生產的新科技產物，可減少環境污染，又可提高產品品質與增加產量。

臺南場近年來配合推動永續農業工作，推廣微生物肥料之使用，其成效已於作物生產中獲得驗

證。因此，如能適當利用廉價自然資源培育土壤中有益微生物，並積極開發適宜本省氣候條件之有益菌種，推廣應用於農業生產，維護土壤肥力，並替代部分化學肥料之施用，舒減化學肥料不當使用對環境之衝擊，對農業永續發展當有很大的助益。

AgBIO

黃瑞彰 行政院農業委員會 臺南區農業改良場 副研究員
江汶錦 行政院農業委員會 臺南區農業改良場 助理研究員

參考文獻

1. 行政院農業委員會 (2001) 根瘤菌、菌根菌等微生物肥料應用與推廣。合理化施肥推廣手冊5，頁32。
2. 呂斯文、張簡秀容、張喜寧 (1995) 利用穴植盤培育番茄菌根苗及其田間生長之反應。中國園藝，41(1):54-67。
3. 李玉玲 (1995) 微生物肥料在農業上之應用。嘉義農專農藝學報，27:81-87。
4. 吳繼光、林素楨 (1998) 囊叢枝內生菌根菌應用技術手冊。臺灣省農業試驗所，頁54。
5. 程永雄、杜金池、鄭安秀、陳紹崇 (1991) 內生菌根菌在洋香瓜栽培上之應用。台灣農業，27:53-55。
6. 程永雄、莊明富、杜金池 (1993) 內生菌根菌 *Glomus clarum* 應用在洋香瓜生產上之效益評估。中華農業研究，42(1):74-84。
7. 程永雄、莊明富、蔡東纂 (2001) 洋香瓜囊叢枝內生菌根菌與根瘤線蟲之相互關係。植物病理學會刊，10:19-26。
8. 黃瑞彰、林晉卿、孫文章 (2009) 設施栽培合理化施肥技術。台南區農業改良場技術專刊98-3(NO.138)，頁20。
9. 黃瑞彰、林晉卿 (2009) 微生物在蔬果生產之應用。生物科技產學論壇-生物製劑專刊。國立中興大學生物科技發展中心編印，頁17-24。
10. 黃瑞彰、林晉卿、江汶錦、卓家榮、林經偉 (2009) 洋香瓜合理施肥。豐年第59(2)期，頁38-41。
11. 楊秋忠 (1997) 固氮菌及溶磷菌的應用及發展有益微生物在農業上之應用研討會專刊。頁11-26。
12. 楊秋忠 (1990) 微生物肥料的種類及其應用品質。農藥世界，81:33-35。
13. 鄭安秀、黃圓滿、黃瑞彰、陳昇寬、彭瑞菊 (2009) 洋香瓜安全生產管理。台南區農業改良場技術專刊98-3(NO.137)，頁25。
14. Abbot, L. K. and Robson, A. D. (1985) *The effect of pH on the formation of VA mycorrhiza by two species of Glomus*. Aust. J. Soil. Res. 23:253-261.
15. Adams, P. (1992) *Crop nutrition in hydroponics*. Acta Hort 323:289-305.
16. Koske, R. E. and Gemma, J. W. (1989) *A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizae*. Mycol. Res. 92: 486-505.
17. Smith, G. S. and Roncadori, R. W. (1986) *Responses of three vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi at four soil temperatures and their effects on cotton growth*. New Phytol. 104: 89-95.
18. Toby Kiers, E. et al. (2011) *Reciprocal Rewards Stabilize Cooperation in the Mycorrhizal*. Science 333:880-882.