



菌根菌的特性 及田間應用技術

文/圖 ■ 黃瑞彰 江汶錦 林經偉 卓家榮

前言

氣候、土壤、品種、栽培管理及病蟲害防治，乃決定作物產量及品質的五大因素，亦為現代農業講求高收量及高品質所不能忽略。土壤及其管理是農業生產的環節，要有健康的作物就需要有健康的土壤，土壤也是人類最基本的資產，因此，土壤的保育是每一世代人的責任及義務。

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

作物的養分補充中，化學肥料一直都是最佳選擇，因為它具有使用方便、價格合理且效果迅速的優點。但是在享受化肥所帶來便利的同時，應注意到過度使用所帶來的不良影響，眾所皆知就是土壤酸化及劣化問題。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，增加病蟲害發生。

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，豆類接種根瘤菌或瓜類作物苗期接種菌根菌，皆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，提高單位面積產量，增加農民收益，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。

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，均為高磷肥需求之作物，一般農民栽植時慣用大量的化學肥料，磷肥大部分因而被土壤固定結合或流失，不但栽培成本提高，亦可能造成地下水污染，若能利用菌根菌及溶磷菌等微生物肥料，可促進幼苗與植株之生長，提高移植成活率，減少肥料用量，增進作物之產量品質，達到合理化施肥之目標。

菌根菌特性

菌根 (mycorrhiza) 是指有益真菌與植物根部形成共生的合稱，而這些有益真菌即是菌根菌。一般作物其根部表皮受菌根菌的菌絲感染而形成穿入點，接著菌絲穿入皮層而分叉形成叢枝體 (arbuscule)，並在菌絲尾端膨大形成囊狀體 (vesicle)，因而得名囊叢枝菌根菌 (vesicular- arbuscular mycorrhizal fungi; VAMF)。近年來發現並非所有的菌根菌 (如: *Gigaspora*, *Scutellospora*) 皆可在根內形成上述二種構造，因此國外已有不少學者改稱此種菌根為叢枝菌根 (arbuscular mycorrhizae, 簡稱AM)。叢枝體是作物與真菌養分交換的主要場所，即宿主植物將光合作用形成的養分供給真菌，而菌根則以其根外菌絲來協助植物體吸收水分與養分。此類真菌在分類上屬於接合菌綱 (Zygomycetes)，繡球菌目 (Glomales)，下分三個科，六個屬 (*Glomus*, *Sclerocystis*, *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Scutellospora*)，一百四十餘種。

菌根菌是能與90%陸地植物根部形成共生關係的有益真菌，主要包括內生、外生及內外生三大類，一般農田作物以內生菌根菌為最多，尤其以囊狀體一叢枝內生菌根菌最普遍且受到重視。菌根菌可從根毛侵入根部，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，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，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。

菌根菌並沒有宿主專一性 (host specificity)，不同菌種與宿主植物間接



① 菌根菌的感染菌絲自根毛穿入之情形
② *Glomus mosseae* Gerdemann & Trappe之叢枝體

種效益會隨組合不同而有所差異。因此宿主、菌種、生長環境的組合是菌種試驗首要考慮的條件。根據宿主植物對菌根菌的依賴度可分為兩類，一是絕對菌根植物 (obligately mycorrhizal plants)，即當植物在非常肥沃的土壤中，若無菌根菌與其共生便無法正常生長者。如：樹薯、咖啡、酪梨、芒果等。二是非絕對菌根植物 (facultatively mycorrhizal plants)，在適當肥力的土壤中，雖無菌根菌與其共生，仍能正常生長者。如：豆類、玉米、蘆筍、洋蔥等。

一般認為接種菌根菌後對作物之影響如下：1. 促進作物之生長 2. 增加作物對水分、養分的吸收 3. 提早開花、結果 4. 增加作物產量與改善品質 5. 增加作物對環境逆境如浸水、乾旱、鹽害、高溫等的耐性 6.

減輕土壤中有毒物質危害 7. 增加植物對根部病害之抗性 8. 增加植物移植後的存活力 9. 延長鮮花之瓶插壽命 10. 增加花數與鮮花重量 11. 促進維管束組織之發育 12. 減少肥料施用量，降低生產成本。

在日漸重視永續農業的今日，菌根菌被視為一種微生物肥料並極具應用潛能。

菌根菌田間應用實例

菌根菌可促進作物生長與增加產量，故可視為是一種生物性肥料，尤其在一些逆境環境下菌根效果更為明顯。因此相較於一般以減少環境壓力改善作物生產的方法，為植物接種叢枝菌根菌似乎不失為另一較為便捷可行的自然方式。

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，篩選與洋香瓜具親和性之優良菌種 *Glomus clarum*，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源，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种植株為輕，尤其是內生菌根菌與寄生性線蟲病害之關係。

臺南區農業改良場近年來年配合執行合理化施肥示範計畫—微生物肥料之推



- ③ 接種菌根菌可促進番茄幼苗生長勢(左)
- ④ 番茄種苗七號接種菌根菌可延長採收期 未接種區(左)，接種區(右)
- ⑤ 接種菌根菌可促進美濃瓜幼苗生長勢(左)
- ⑥ 美濃瓜嘉玉品種接種菌根菌田間生長情形；未接種(左)，接種區(右)

表1、接種菌根菌對洋西瓜天華品種產量與品質影響

處理	產量 (公斤/0.1公頃)	糖度 (°Brix)
接種菌根菌	3,760a	10.0a
未接種菌根菌	3,560b	9.3a

表2、接種菌根菌對美濃瓜嘉玉品種產量與品質影響

處理	產量 (公斤/0.1公頃)	糖度 (°Brix)
接種菌根菌	1,300a	13.7a
未接種菌根菌	963b	13.4a

表3、接種菌根菌對甜瓜線蟲蟲口數影響

處理	螺旋線蟲	根瘤線蟲
	(隻/100克土)	
接種菌根菌	25b	108b
未接種菌根菌	548a	401a

表4、微生物肥料施用對苦瓜白華品種產量之影響

處理	產量 (公斤/0.1公頃)
接砧接菌	8,748a
接砧未接菌	8,484b

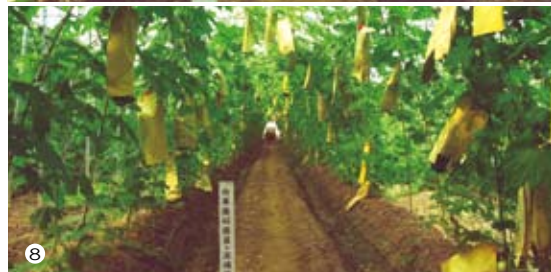
*：表中同欄內英文字母相同者表示差異未達5%顯著性差異（鄧肯氏變方分析）。

廣，應用菌根菌在果菜類作物生產，經該項計畫的實施，農民化學肥料施用量減施20~30%，果菜類果實甜度增加約1°Brix，增產率5~30%。

菌根菌使用方法與注意事項

菌根菌是一類絕對共生菌（obligately symbiotic fungi），要真正大量應用，必須先有適合之菌種與充足的接種源，並將接種工作導入正常的栽培生產程序中，且接種操作必須簡單，感染效率要高，植株不能生長勢弱且增產效果顯著，才能有足夠經濟效益。自1951年代Barbara Mossee於英國開始倡導果樹的菌根研究以來，學者們即不斷探討利用菌根菌於農業生產上之可行

性。在蔬菜方面生長期長、栽培面積大的作物，如茄科、葫蘆科等果菜類蔬菜應用潛能較高，這些作物大多均需育苗，大多數學者研究顯示，在育苗期進行接種，可即早發生感染並爭取更多共生時效。



- ⑦ 苦瓜未接種微生物肥料，開花結果數少
- ⑧ 苦瓜接種微生物肥料開花，結果數多
- ⑨ 接種內生菌根菌可提高苦瓜幼苗移植存活率較高

菌根菌使用方法及注意事項如下：

1. **最適當的使用時機**：菌根菌最適當的使用時機為育苗時，將菌根菌與栽培介質混合均勻，放入穴盤中，挖洞，播種，再覆上栽培介質，澆水，然後按一般穴盤育苗方式管理。
2. **何種作物可接種菌根菌**：菌根菌可

與許多的植物形成菌根，但十字花科的葉菜苗及莧科莧菜等就無法接種菌根菌。

3. 菌根菌接種的孢子濃度：根據農業試驗所嘉義分所所做的試驗研究指出洋香瓜接種菌根菌*Glomus clarum*，基本需要之孢子濃度為50個孢子／株苗。臺灣大學園藝系張喜寧教授則推薦100個孢子/株苗。

4. 栽培介質或土壤的酸鹼值：以菌根菌的種類來說，土壤的酸鹼值可能是一決定性的因子。*Entrophospora*屬的菌根菌大多較喜愛酸性土壤，*Acaulospora*屬的菌根菌大多存在酸性土壤中，*Gigaspora*屬的菌根菌則從酸性到鹼性皆可發現，而目前市售之*Glomus*屬的菌根菌大多較喜愛中性到酸性的土壤。因此，在接種菌根菌前，農友宜先了解所配製的介質及所使用的菌種適應的酸鹼值。

5. 栽培介質或土壤的有效性氮磷含量：栽培介質中若氮磷含量較高，可作適當稀釋，因氮磷含量太高，將會影響菌根菌的效果，氮含量應少於250 ppm，磷含量應少於30 ppm為宜。一般穴盤苗栽培大多以泥碳土為栽培介質，可加入珍珠石，使用的體積比例為1：1到1：2。由於栽培介質經過稀釋，所含養分較少，故在育苗時期，接種菌根菌的菌根苗通常較為矮小黃綠。

6. 農藥與殺草劑之使用：田間的化學藥劑包括土壤燻蒸劑、殺菌劑、殺蟲劑、殺草劑等大多對菌根菌沒有負面的影響，但是有少數則有抑制菌根菌發芽或感染，

或及促進產孢或感染的兩極化的影響。免賴得(Benomyl)、腐絕(Thiabendazole)、甲基多保淨(Topsin)、三得芬(Calixin)、賽福寧(Triforine)、三泰芬(Triademifon)、Imugan、Banrot等，不只是影響菌根菌孢子的發芽與感染植物根部，甚至抑制菌根菌菌絲在根內部的發展。然而，氯乃普(Demosan)、福賽得(Fosetylal)、滅達樂(Ridomil)、依得利(Terrazole)等，殺菌劑不但增加菌根菌的感染率，甚至提高在根圈土壤中的產孢量。

栽培者在施用微生物肥料時，需思考栽培程序是否同時有利於植物及微生物兩者。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，此即是目前國內農地地力普遍衰退的基本原因。

菌根菌產業化待克服之挑戰

有關菌根菌對於作物促進生長的效益方面，截至目前為止，世界各國已提出足夠的論文印證它的好處，我們確認菌根菌是一種有益的微生物。農委會並已將菌根菌的種源生產技術轉移工業



10 菌根菌孢子土與介質均勻攪拌

界，唯農友使用仍不普遍。茲將問題整理如下：

1.種源供應問題：目前推廣之微生物肥料菌種種源係由農委會補助計畫下，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。有關菌根菌商品化的品質，諸如菌種純度與含量等，是目前菌根菌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。

2.加強應用教育宣導：微生物肥料的使用須與農友其他施肥方式配合方能顯現較佳效果，透過宣導增加農民教育，使農民對環境保護和生態平衡之重要性有更清楚的認識，增進農民對使用微生物肥料之意願與瞭解。

3.加強推動微生物製劑產業的國際化：在台灣如果任何一種產業要生根立足，必需要國際化，根據我國現況，在成果分享的前題下，發展與跨國公司的合作，勢在必行。利用國外資金、技術和管理行銷的手段，擴大產業規模，降低成本，提高經營人材的素質。唯有增加我國創新與經營管理的能力，並提高產業化的水準，如此才能將產品與國際化接軌。

4.加速推動生技肥料產業化：肥料已經是作物生長過程中必須使用的生產資材，市場上有既定的需求量，因此未來生物性肥料在工業化生產中，將是不可缺少的生產要素。台灣目前生產生物性肥料的廠商及產值雖然不多，然而憑藉著我國產業及研發方面的優勢，若能立足台灣，以開拓東南亞市場為跳板進軍國際市場，相信將能促進相關產業的升級與發展。此外，也能為發展永續環境的目標貢獻一份心力。因此，為加速推動商品化，相關單位應化被動為主動，針對市場開拓、產品品牌與驗證相關法規展開全面性研究，並加強與業者溝通，促進農業生技之產業化。

結語

臺灣位處於亞熱帶地區，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。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。土壤生物活性廣泛被認定扮演植物養分循環及有效性重要角色，近年來有機栽培等永續性農業的觀念廣泛受到各先進國家與消費大眾的重視，如何減少化學肥料與農藥的使用，又能兼顧農產品品質，是農業研究的新方向。菌根菌是一類存在土壤中能與許多植物共生之有益真菌，若能將其引入一般農業生產體系中，不但能減少化學肥料與農藥的使用，又能兼顧農產品品質，且可降低農業生產成本，提高農民收益。