

微生物肥料的應用

有機農業生產不使用或少用化學肥料，主要是利用有機質肥料與微生物肥料來提供作物之營養來源。有機質肥料與微生物肥料相互搭配使用，是有機農業生產成功的基楚。微生物肥料或生物肥料這個名詞對大家而言，已不是一個陌生的字眼。但究竟什麼才是微生物肥料？市面上到處可見到這類的產品，但那些才是真正微生物肥料呢？根據生物技術開發中心江晃榮先生的《微生物肥料之市場調查》一書對微生物肥料所下的定義，是指含有某種活微生物或酵素的粉狀或液狀製劑，施用在種子、幼苗或土壤上，可加強營養素之有效性或增加土壤中營養分，補充土壤中有益微生物數量，使土壤維持在良好生態環境下發揮功能。印度農業研究所的舒伯勞博士 (Dr. N. S. Subba Rao) 對微生物肥料所下的定義與上述江先生的說法極為類似，所不同的是他強調微生物肥料應是一種含有活的或呈休眠狀態微生物的製劑。

微生物肥料的種類

微生物肥料根據其作用基本上可分為固氮菌、溶磷菌、菌根菌、促進植物生長之根圈微生物、有機分解菌、有

機聚合物產生菌等。以下就微生物肥料做一簡單介紹：

一. 固氮菌

固氮菌可分為 3 類，第 1 類為共生性固氮菌，第 2 類為附著性固氮菌，第 3 類為游離性固氮菌。

(一) 共生性固氮菌

共生性固氮菌可與植物根系共生而固定氮素，共生性固氮菌又可細分為 3 種：第 1 種為豆科根瘤菌，可與大豆、花生等豆科作物共生，目前已有大豆、花生、綠豆與紅豆等專用根瘤菌，此類菌種有專一性，接錯菌種是無效的；第 2 種為非豆科根瘤菌，可與赤楊木等樹種共生之佛氏放線菌 (*Frankia* spp.)，此類菌主要用於森林苗木育苗栽培；第 3 種為藍綠藻，藍綠藻可與蛇蕨共生，蛇蕨又稱滿江紅，水稻田種植滿江紅可節省氮肥 40



番茄育苗時接種菌根菌可促進生長，提早開花，圖左為接種菌根菌，圖右對照組。

- 50 公斤/公頃，而滿江紅繁殖力強，可遮蔽水田表面，對抑制雜草生長有良好的效果。這 3 種共生性固氮菌之固氮能力較強，每一作物生長季每公頃土壤約可固定氮素 30 - 350 公斤，視作物種類而異 (簡，1999)。

(二) 附著性固氮菌

附著性固氮菌附著在作物根系或四周的土壤，由土壤中有機質或從根分泌物中獲得碳源，作為固氮之能量，每一作物生長季固氮量為每公頃 5 - 25 公斤的氮素。

(三) 游離性固氮菌

游離性固氮菌廣泛存在土壤中，利用土壤中之有機質轉換為有效性碳時獲得能量而固定氮素。Azotobacter 屬之游離性固氮細菌消耗 1 克的碳，可同化 10 - 30 克的氮素 (Mishustin and Shil nikova, 1971)。游離性固氮細菌可固氮或產生植物生長促進物質，幫助作物生長，增加作物產量。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。作物接種 Azospirillum 後，側根增加，側根上的根毛亦增多 (Okon and Kapulnik, 1986)。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 (Fulchier, and Frioni, 1994)。

二. 溶磷菌

溶磷菌可分為 3 類，即溶磷細

菌、溶磷真菌與溶磷放線菌，真菌對磷酸鈣與磷礦石的溶解力比細菌強，且真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 (Kucey, 1983)。小麥接種溶磷真菌後，其植株之乾物重可增加 16%，磷總吸收量增加 14% (Asea et al., 1988)。Bajpai and Sundara Rao 在小麥的盆栽試驗中發現，接種溶磷細菌可幫助小麥吸收磷，使小麥乾物重增加 19%。

三. 菌根菌

菌根菌的根外菌絲可以延伸至根外 8 公分甚或更長的距離，所以它能幫助宿主廣泛地吸收土壤中的養分特別是磷肥，進而對作物有促進生長的效用。也因為如此，菌根菌被認為是種生物肥料。除外，菌根菌對作物的好處還有很多，譬如提高植物幼苗移植的存活率，加速健康種苗的生長，提早開花，增加花朵數及花朵大小，延長切花的插花壽命，幫助植物抵抗逆境等。

四. 促進植物生長之根圈微生物

此類微生物生長在根圈周圍，能分泌植物生長促進物質，促進根系或植物生長。

五. 有機物分解菌

有機物分解菌可分解土壤中有機物及農業廢棄物，此類菌可增加土壤中有機質的礦質化作用，使大分子的

有機物分解成小分子的有機物或無機養分，提供作物吸收利用。有些分解菌在厭氧環境下可將有機物分解為小分子的有機物、氫氣、二氧化碳或甲烷，此類菌可用於廢水處理、有機廢棄物的除臭、有機肥料與有機液肥的製作等。

六. 有機聚合物產生菌

此類菌株可分泌多醣類或具有聚合功能之代謝產物，可將土壤中小分子之有機物聚合成大分子之有機物，這些大分子的聚合成有機物可促進土壤團粒構造之形成，增加土壤通氣性，有利於作物之生長。

微生物肥料的使用方法與注意事項

微生物肥料中農民最常使用的微生物肥料為固氮菌、溶磷菌與菌根菌，固氮菌與溶磷菌的使用，本文中將介紹菌根菌的使用方法與注意事項：

一. 最適當的使用時機

菌根菌最適當的使用時機為育苗時直接加入栽培介質中，與栽培介質混合均勻，栽培介質混合菌種後放入穴盤中，挖洞，播種，覆上栽培介質，澆水，然後按一般穴盤育苗方式管理。



香蕉組織培養苗出瓶後接種菌根菌可明顯促進生長，圖左為接種菌根菌，圖右為對照組。

二. 何種作物可接種菌根菌

菌根菌可與許多的植物形成菌根。如瓜類、茄科、豆科、菊科、香蕉、柑橘，玉米，蘆筍…等不勝枚舉，皆可接種叢枝內生菌根菌。在森林苗木方面如銀杏、紅檜，台灣杉…等，也是可形成叢枝內生菌根。而一般十字花科的葉菜類種苗，莧科的莧菜等就無法來接種菌根菌了。

三. 菌根菌接種的孢子濃度

根據仙克 (N. C. Schenck) 博士的報導，每 100 克的介質所需的菌種量為 60 - 100 個孢子。以色列方面以青椒所做的試驗結果，則推薦每 100 毫升的介質含有 100 個孢子的濃度，是讓青椒在以沙為介質的盆栽育苗中能充分感染的基本需求量。農業試驗所

嘉義試驗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 孢子/株苗。台灣大學園藝系張喜寧教授則推薦 100 孢子/株苗。



菌根菌配合溶磷菌與游離性固氮菌並添加有機物可使矮性洋桔梗提早開花，增加花朵數。圖中 ①：對照組，不添加有機物與微生物；②：添加有機物；③：接種菌根菌並添加有機物；④：接種菌根菌、溶磷菌與游離性固氮菌並添加有機物。

四. 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，*Gomus* 屬的菌根菌大多較喜愛中性到酸性的土壤，*Acaulospora* 屬的菌根菌大多存在於酸性土壤中，*Gigaspora* 屬的菌根菌則從酸性到鹼性皆可發現。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的適應酸鹼值。

五. 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 (百萬分之一)，磷含量應少於 30 ppm 為宜。一般穴盤苗栽培大多以泥炭土為栽培介質，可加入珍珠石作稀釋，泥炭土與珍珠石使用

的體積比例為 5：1 到 5：3，依作物種類不同而異，例如，洋香瓜適合的泥炭土與珍珠石的體積比例為 5：1，番茄與小黃瓜適合的泥炭土與珍珠石的體積比例為 5：3。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，若育苗期為期 3 周以上，可在栽培第 3 周與第 4 周添加適量的液體肥料，每周添加 1 次即可，氮含量應少於 250 ppm，磷含量應少於 30 ppm 為宜，液體肥料添加的量與一般澆水用量相同即可。

六. 栽培介質或土壤中有機質的含量

菌根菌的施用與堆肥用量的多寡有密切的關係。不完熟的堆肥或過多的堆肥都足以讓菌根菌無法發芽或產孢，而無法發揮功用。德國斯爾丁所做的堆肥施用量與菌根菌接種效應的研究中指出堆肥施用量在 5 噸/公頃時，對於產量與菌根的感染率皆有正面的影響。但是根據布雷雪爾 (A. Brechelt) 所做的研究指出，若添加不完熟的堆肥且添加量由 5 噸/公頃增加到 30 噸/公頃時，則對菌根菌的感染則有負面的影響。可能的原因是堆肥所釋出的氨氣所致。農業試驗所在盆栽中所做的試驗顯示河沙與豬糞堆肥以 9：1 的混合比例下，苜蓿無法被叢枝內生菌根菌感染。此外，堆肥或其它有機質如泥炭土等在製作的過程中是否添加化學肥料等，也可能影響菌根菌的接種。

七. 田間或溫室的管理包括農藥、殺草劑等的使用

田間的化學藥劑包括土壤燻蒸劑、殺菌劑、殺蟲劑、殺草劑等。這些藥劑大多對菌根菌並沒有負面的影響，但是有少數則有抑制菌根菌發芽或感染植株，以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)…等，不只是影響菌根菌孢子的發芽與感染植物根部而已，這些藥劑甚至會減少菌根菌菌絲在根內部的發展。然而，氯乃普 (Demosan)、福賽得 (Fosetyl-Al)、滅達樂 (Ridomil)…等殺菌劑，不但會增加菌根菌的感染率，甚而提高在根圈土壤中的產孢量。

結語

真正含有微生物菌體的產品，在施加到土壤或作物根圈後，需要一段時間的活化、生長後，方能表現出它的功效來。而大多數的化學肥料在添加後，短時間內便能表現出正面的生長效果來。因此，微生物肥料的使用就好比是吃中藥一般，藥效雖較難立竿見影，可是療效卻與日俱增；反之，化學肥料所表現出來的效果，就好比是吃西藥一般，藥效立即可見，可是藥效卻不持久。

