

微生物肥料介紹與應用

臺灣之高溫氣候環境與長期集約耕作模式，加上農友對肥料使用種類及用量未有審慎考量，常導致土壤地力退化如土壤養分不均、生物多樣性降低、土壤酸化及鹽化等，進而影響生產效能，此外為考量地球資源有限，未來施肥管理策略勢必需做調整，以達地力涵養、土壤環境改善及環境資源有效利用，於此微生物肥料將扮演絕對性角色。舉例說明，農友慣用複合肥料做為作物營養需求之補充，導致土壤磷的累積，將造成環境問題與資源浪費。因此於高磷含量之土壤，可應用溶磷菌將土壤中的固定性磷源，轉換為作物可吸收利用之型態，且可於作物需磷時期施用，例如根部旺盛生長及開花前施用，以動態調整土壤養分，有利於農業永續經營。

微生物肥料指其成分含具有活性微生物或休眠孢子，如細菌、放線菌、真菌、藻類及其代謝產物之特定製劑，應用於作物生產具有提供植物養分或促進養分利用等功效之物品。目前臺灣將微生物肥料列入肥料管理，並以微生物功能做為產品區隔，分別為(1) 豆科根瘤菌肥料(品目編號8-01)；(2) 游離固氮菌肥料(品目編號8-02)；(3) 溶磷菌肥料(品目編號8-03)；(4) 溶鉀菌肥料(品目編號8-04)；(5) 複合微生物肥料(品目編號8-05)；(6) 叢枝菌根菌肥料(品目編號8-06)。

一、豆科根瘤菌

(一) 特性與作用機制：

豆科根瘤菌與豆科植物根部共生後形

成特定構造-根瘤，此時根瘤菌型態轉變並活化固氮酵素系統，將大氣氮轉換為銨態氮經植體傳輸而供作物利用，宿主作物可直接自根瘤獲取氮素來源，而作物則提供光合產物供根瘤菌利用，達互利共生。豆科根瘤菌與宿主作物常有共生專一性，因此在豆科根瘤菌的開發過程中，篩選可與多種豆科作物共生之根瘤菌，亦為此肥料開發重點。

(二) 注意事項：

1. 豆科根瘤菌之使用效果與土壤中養分含量特別是氮素有絕對關係，因為豆科根瘤菌並非絕對共生微生物，當土壤氮素等養分含量豐富時，豆科根瘤菌可自土壤獲取生長所需養分，此時作物根部亦可直接自土壤吸收所需氮素，不需與根瘤菌共生以獲取氮源，而會減少根瘤菌與作物根部結瘤共生的發生；此外根部結瘤成功後，土壤氮素含量過高也導致有效根瘤數目減少。剖開根瘤後呈現紅色(圖1)，則為有效根瘤，此判斷依據為根瘤菌固氮過程中需合成豆血紅素(紅色)以排除氧氣，進而維持固氮酵素運轉。因此豆科作物接種根瘤菌，不論基肥或追肥皆應減少施用或不施氮肥，不僅有助於根瘤形成及固氮作用且可減少過量氮肥施用。
2. 不同根瘤菌菌種與不同豆科作物常有共生專一性，一般開發之根瘤菌皆會進行與特定作物之結瘤測試，如自大

豆根瘤篩選之根瘤菌與紅豆共生結瘤能力測試，以確定此篩選之根瘤菌對不同豆科作物的結瘤能力高低，因此農友選用根瘤菌時，需事先瞭解此根瘤菌產品與栽種作物之共生能力，以免降低根瘤菌使用效益。

(三) 使用方式：

豆科根瘤菌使用，可取原液或**5-10**倍稀釋液與豆科種子混合拌勻並使每一種子表面皆與根瘤菌接觸，取出攤平自然陰乾後(圖2)，即可播種，若豆科作物已事先播種，可待子葉長出後將根瘤菌稀釋**100**至**300**倍後噴施接種於根部。

二、溶磷菌

(一) 特性與作用機制：

溶磷菌為微生物具有溶解沉澱態金屬磷化合物(磷酸鈣、磷酸鐵、磷酸鋁)及磷礦石粉的能力，使不溶性磷轉換為水溶性型態而供作物利用(圖3)；或將有機磷經由酵素作用而釋出可溶性磷。然而因土壤中含有大量金屬磷化合物沉澱，因此目前針對溶磷菌之溶磷活性以能自沉澱態金屬磷化合物或磷礦石溶出多少磷量，做為分析依據。溶磷菌之溶磷機制主要有分泌有機酸、生成無機酸、氧化還原反應、生成孢外多醣體及分泌有機磷分解酵素等，其中有機或無機酸分泌而導致作物根圈環境酸化，有助於磷酸鈣之溶解，而有機酸具有鉗合能力，可與金屬鉗合增加磷酸鈣、磷酸鋁及磷酸鐵溶解度，並可避免溶出磷源再次與金屬反應沉澱。另溶鐵磷菌參與三價鐵還原成二價鐵之反應，可提高磷酸

鐵之溶解度。而孢外多醣體可暫時保存水溶性磷而促使溶磷反應的進行。

(二) 注意事項：

溶磷菌因其功能為將土壤中已存在且被固定之磷源轉化為水溶性磷供作物吸收，因此若土壤中磷含量低，僅施用溶磷菌將減低其效用，而需搭配磷肥施用。但針對高磷含量土壤，溶磷菌則具有施用效益，且使用溶磷菌時應避免大量施用磷肥，以免溶磷菌無法發揮其效用。此外目前之溶磷菌商品因未敘述其耐鹽特性，因此施用時最好與化學肥料分開施用，以免混施後因鹽度太高而傷害溶磷菌。

(三) 使用方式：

溶磷菌使用可於種子或幼苗接種，也可在作物需磷時期前約**2**至**4**週施用，如根部旺盛生長期或開花期。接種方式分成：

1. 液劑接種：可將溶磷菌稀釋**100~300**倍後，澆灌於作物根部，使其與根部接觸。若為幼苗接種則可將幼苗根部浸泡於**5-10**倍稀釋液中或以噴施根部方式接種，沾濕後即可取出種植。種子接種方式同根瘤菌使用方法。
2. 粉劑接種：可於施基肥時與有機質肥料混用，追肥可開溝或挖穴施用後覆土。種子或幼苗接種，可先將粉劑施入穴中，再播種種子或種植幼苗，其接種過程必須使溶磷菌能與作物根部接觸。種子接種溶磷菌可先將種子加入黏著劑(如羧甲基纖維素鈉, sodium carboxymethyl cellulose)後再加入溶磷菌粉劑以包覆種子。

三、菌根真菌

(一) 特性與作用機制：

菌根真菌菌種分類地位屬接合菌綱(*Zygomycetes*)，繡球目(*Glomales*)，其下區分成三個科，六個屬分別為*Glomus*、*Sclerocystis*、*Acaulospora*、*Entrophospora*、*Gigaspora*及*Scutellospora*，因與植物根部共生後，其菌絲可延伸至根外廣泛範圍，其吸收之養分可經菌絲傳送至根部供植物利用，增加植物養分吸收，目前農業經濟作物常藉由接種叢枝菌根菌，以增進作物生長。叢枝菌根菌為內生菌根菌，其菌絲可穿入植物細胞壁內並特化成囊泡或叢枝體等結構(圖4)，以做為養分交換區域。目前已有登記之叢枝菌根菌肥料屬於*Glomus* 菌屬，由於目前內生菌根真菌尚未能於培養基中放大培養，故其成品為藉由介質栽培作物後放大菌根菌孢子數(圖5)，藉由此介質產品與作物根部接觸以接種菌根菌。目前經研究證實菌根菌與作物根部共生具有以下優點：(1)增加作物對水分及養分的吸收，特別是土壤磷的吸收增加而有助於作物提早開花、結果；(2)增加作物對環境逆境的耐受性如乾旱、鹽害、浸水等；(3)增加作物移植存活率；(4)增強作物根部抗病能力；(5)減少土壤有毒物質之危害；(6)減少肥料施用量，降低生產成本。

(二) 注意事項：

菌根真菌無法與十字花科、莧科、石竹科、藜科等作物根部形成共生，因此這些作物不需接種菌根菌。此外目前菌根菌產品為固體劑型且使用上必須能與作物根部接觸。

(三) 使用方式：

作物於種子或幼苗期接種菌根菌效果最佳，使用時可將菌根菌產品與栽培介質混合後，播種種子或種植苗株，使作物根部與菌根菌孢子接觸以達接種效果，需注意混合之栽培介質磷含量不可過高且酸鹼度介於微酸至中性之間較佳，且於種植初期可減少或不施肥料，以免栽培介質磷等養分含量過高而抑制菌根菌與作物根部共生的發生。若已於田間種植作物且其根部不易與菌根菌產品接觸，如果樹深根特性不易接種菌根菌，可藉由草生栽培法搭配菌根菌使用，使菌根菌與深根性草類根部共生，以放大土壤菌根菌數量及增加果樹新根與菌根菌菌絲或孢子接觸共生的機會。

微生物肥料因以生物活性來幫助作物對養分吸收利用，需有生化反應時程，因此微生物肥料施用，其效果未必能像化學肥料一般，可迅速反應在作物生長勢上，而使用上應著重在涵養地力並以減緩過量施用肥料或農藥所造成的土壤環境退化及補充土壤有益微生物之功能。未來微生物肥料除具有應用於有機農業之契機外，也具有緩和或調整過量施肥造成之土壤養分不均、酸化或鹽化等不利效應，在功能應用上則需開發出多功能複合型微生物肥料，除兼具土壤養分循環與供應(固氮、溶磷、溶鉀、有機物分解及分泌載鐵物質等)、促進作物根部生長(如分泌促進植物生長賀爾蒙)等功能外，也應篩選具有提高作物抗逆境如乾旱、鹽害等能力之功能微生物，並結合開發生物農藥之功能，使其商品具有更廣泛應用性。



圖1.有效根瘤其剖面呈現紅色

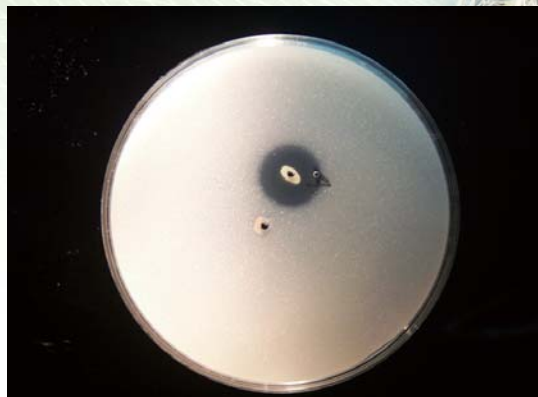


圖3.溶磷菌溶解沉澱態磷(透明圈)



圖2.豆科種子接種根瘤菌簡易流程 (1.選取合適的根瘤菌商品 2.將根瘤菌倒入並攪拌 3.使每一種子表面與根瘤菌液接觸 4.取出種子陰乾後即可播種)



圖4.菌根真菌與玉米根部共生之特化結構

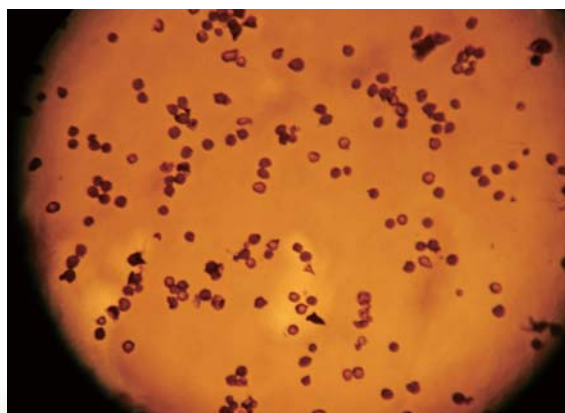


圖5.菌根真菌孢子