

微生物肥料在果園之利用

楊秋忠

國立中興大學土壤環境科學系

摘 要

果樹為多年生作物，長年需要土壤供應營養、水分及氧氣等三大需求，因此其生長受土壤物理、化學及生物性的影響甚大。尤其是在熱帶地區，土壤管理影響果樹生產及品質甚鉅，而其中的施肥技術尤與微生物肥料的施用有密切關係。微生物肥料在果園中的利用，包括果樹幼苗接種及果園中微生物肥料的應用或間接利用微生物肥料到果園中的綠肥作物上。

果園中利用微生物肥料的種類及所需發揮的功能，包括溶磷微生物、根系生長促進及保護微生物、固氮微生物、內生菌根菌、有機分解菌、土壤團粒改善微生物等，其中包括細菌、放射菌、藍綠藻、真菌等四大類。土壤若有機質缺乏嚴重時，可種植豆科綠肥、並依需要接種固氮根瘤菌。土壤若已固定多量磷肥時，可利用溶磷微生物，將結合型磷肥分解釋放，以供作物利用。根系生長促進及保護之微生物可協助果樹根系健壯，有利肥料營養之吸收利用。內生菌根菌主要利用在育苗及種苗時的效果最佳，在已植果樹的應用上，則需配合深耕有機肥料，使內生菌根菌與根接觸的效果良好，才能有所表現。有機物分解菌方面，土壤有機質不宜加速分解，雖可從有機質中獲得營養，但將降低土壤有機質之聚合及累積，得不償失。土壤微生物中有部份微生物可分泌大量多醣類，可促進土壤團粒構造，則有利土壤之通氣排水。

微生物肥料的正確施用時期及配合施用條件是成功與否的重要關鍵，其施用法除可供作基肥使用並可作為追肥之用。當作為追肥時可在幼果期及中果期配合腐植酸及液體肥料灌施。農業生產在未來需重視環境生態的永續性農業，微生物肥料將是不可缺少的生長資材。在微生物肥料的應用上需要去瞭解其功效，適當的調配及應用，才更能充份發揮功能，達到事半功倍的效果。

前 言

果樹常為多年生作物，需要長年供應果樹的養分、水份及氧氣，在氣候季節變化下，將直接影響作物的生產，然而要充份滿足果樹的三大要求，土壤微生物扮演著重要的角色，包括營養份的供應量及有效性，水份的保持及通氣性的條件。根系是植物吸收營養及水份的主要部份，土壤微生物會影響根系的生長及吸收能力，因此，土壤微生物的健全性常被認為是植物健康及土壤永續性條件的指標^(7, 8, 9, 10, 11, 23)，在土壤保育上，土壤微生物及有機質有同樣重要的地位。

台灣位於亞熱帶～熱帶地區，氣候高溫、多雨、高濕，旱季及雨季差異明顯，對長年性的果樹而言，營養及水份供應及吸收在季節變化中有顯著差別。在此不利生產環境下，根系的的健康也受到衝擊。土壤微生物在保護根系上佔有重要地位^(18, 21, 24)，在單位面積農藥用量高的土地，若常有農藥進入土壤中，將導致土壤微生物相的變化，因此，為了土壤之有益微生物的制衡力，土壤微生物之保健有其需要⁽¹⁴⁾，本文將以介紹微生物肥料之應用至土壤中發揮功能，以便提供果園「永續性農業」經營之參考。

果園土壤需要應用微生物肥料？

果園土壤如同一般農業土壤，農業土壤中原本即存在有許許多多的微生物，種類甚多，依生物分類學上，主要包括細菌、放射菌、真菌、藻類、原生動物等，在自然環境下相生相剋的生存著，在生態上扮演絕對重要的角色。在整個生態環境中，各種微生物各有其功能，各發揮其所長，但從不同角度上，某些微生物對作物而言可區分為有益及有害微生物，有益微生物可利用作為微生物肥料，有害微生物就是作物病害微生物，不同土壤中有害微生物的多寡不同，有害微生物受有益微生物及土壤環境所控制⁽²³⁾。

為何原本果園土壤已有微生物還需要施用微生物肥料呢？其原因如下：

(一) 農用化學物質的大量使用：

現代農業栽培管理上，為了增產及改善生產品質，使用大量農藥化學

肥料，長期使用後，對有益微生物之減少及抑制，或生態相不平衡之影響都不可忽視，正確的土壤栽培管理應有長遠的眼光，才能讓土壤永續生產。

(二) 土壤受到污染：

環境的污染使土壤遭到各種污染物的影響，可能來自水的污染或空氣的污染，致使土壤變酸或增加污染物，長期的污染或酸化下，首當其衝的土壤微生物受到相當程度的影響。

(三) 果園缺乏輪作之便：

果園常為多年生植物，長年累月無輪作機會，在單一作物之條件下，易使生態相有偏向之機會，導致多病蟲害外，土壤中的問題也將增加機會。

(四) 增加有益微生物的優勢：

根圈或土壤中的各種有益微生物工作能力及效率有好也有差，若能施用優良菌，將在根圈及土壤中佔優勢，其工作效果就提高了。有益微生物可增進土壤肥力及生產力、協助植物吸收營養及抓地力、增加植物抗病及抗旱能力、減少環境污染等功效，因此，增加有益微生物有相當重要的意義。

應用在果園的微生物肥料的種類

微生物肥料的種類分別說明如下：

全球微生物的產品主要是包括細菌、放射菌、真菌、藍綠藻等微生物，在商品上一般可見單一或多菌類混合的微生物肥料。單一菌類微生物肥料一般也是複合多株同類菌株的產品^(15, 16)。以下為一般常見的微生物肥料之菌種：

(一) 溶磷菌：

溶磷菌是果園中常見的應用微生物，此微生物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^(4, 17, 20, 29)。果園中施用許多的化學磷肥，然而磷肥中有效性磷非常容易與土壤中的成份及正離子（鈣、鐵、鋁、鎂等）結合及固定，形成不易溶性的磷化合物，如磷酸鈣、磷酸鐵、磷酸鋁等，加上磷的流失性小，於是磷在農田中累積，但作物並不易

利用。若能利用溶磷微生物，將有利作物於土壤中磷肥的有效利用。

不同的溶磷菌種類中，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」，有的菌種卻可溶解多樣的不易溶解的磷化物^(5, 6, 34, 36)。常見的溶磷菌包括細菌及真菌，如 *Pseudomonas*，*Bacillus*，*Thiobacillus*，*Penicillium*，*Aspergillus* 屬等⁽²³⁾。

(二) 根圈有益微生物：

根圈有益微生物是指此類微生物適宜生長在根圈周圍，並能促進根系或植物生長。根圈有益微生物依不同功能而有差別，例如有分泌或轉化植物賀爾蒙或促進劑的微生物促進根系生長，增加營養吸收^(13, 22)；另有抑制病原菌的微生物，而此類菌之功能與肥料功能有所差別，不宜以「微生物肥料」稱之，而以「微生物接種劑」或「微生物資材」稱之為宜，例如「載鐵物質」的分泌菌抑制病菌生長。

(三) 分解菌

分解菌是指可分解土壤有機物、農藥或有機肥料的菌類，此類的菌常與有機質混合應用，增加土壤中有機質的礦質化作用，而釋出營養分。分解菌的種類甚多，作用的範圍甚廣，從大分子的有機質分解成小分子之有機或無機物（如銨、二氧化碳等），甚至包括去除惡臭物的分解作用及解毒作用⁽²³⁾。但需注意若會分解土壤有益物質的分解菌不宜加入土中。

(四) 有機聚合物的產生菌

土壤中有許多小分子之有機物（如酚類、基類、醣類等），會被此類微生物聚合成大分子的有機物（如腐植酸、黃酸、黑色素等），這些聚合有機物對土壤的理化性質貢獻甚大，如增進土壤團粒作用，功效不可忽視。

以上各種重要的微生物，可以複合在一種或多種菌的微生物肥料中，使其發揮所長，達到有效的成果，是未來肥料的重要資材。

(五) 固定氮素的微生物：

在果樹中甚少豆科作物，故缺少共生固氮之微生物，除非果園中有豆科綠肥之應用，否則應利用共生固氮菌。除共生固氮菌外，尚有非共生者，可在果樹根圈中協助作物。植物原木不能直接利用氮氣（ N_2 ），氮氣在空

氣中約佔 80% ，只能經由固氮菌轉化為有效的氮化合物，這種作用叫作「固氮作用」⁽²⁵⁾。固氮菌的種類依分類上區分為細菌、放射菌及藍綠藻類，其共同特徵是此類微生物均為無細胞核的微生物。固氮菌與作物關係上可分為共生性、非共生性及協同性固氮菌：(1) 共生性固氮菌與植物（如豆科、赤楊）形成瘤狀或固氮能，如根瘤菌、放射菌、共生藍綠藻類；(2) 非共生固氮菌是在土壤的游離固氮微生物，如固氮螺旋藻及光合固氮細菌類；(3) 協同性固氮菌是存在植物根圈附近，利用植物之根分泌物生活而固氮，其固氮效率一般較非共生固氮菌為高。其中，共生固氮作用在微生物肥料中是被研究生理、生化、生態及應用最多的一項^(1, 2, 3, 12, 19, 26, 30, 31, 32, 33, 35, 38)。

(六) 菌根真菌

菌根真菌應用在果樹有苗時即接種，其效應最高，但接種則較費工，菌根菌是一種與植物根部共生極為廣泛的真菌，主要的菌根菌包括內生、外生及內外生二大類，作物的根部與菌根菌發生共生後有三種情況：(1) 外生菌根菌伸入真皮層，但不進入細胞內，常在根的外部形成瘤狀或掌狀物，外生菌根菌的共生以森林木為最多；(2) 內生菌根菌伸入根皮層及細胞內；(3) 內外生菌根菌則細胞內外皆有⁽²³⁾。一般農田作物以內生菌根菌為最多，尤其囊狀體叢枝體內生菌根菌最普遍受到重視^(27, 28, 36, 37)。

微生物肥料的使用方法：

微生物肥料的使用方法非常方便，直接以液劑施入土中或施肥時配合施用，或在苗圃種植時，接種在幼苗中，都與原來慣用施肥方法相同應用的主要要領是將種子、根部或小苗直接與接種劑充份接觸，達到接種微生物的目標，使用方法可視需要配合，甚為簡便⁽²³⁾。

依接種劑的型態，主要可分為液劑及固劑兩種，分別說明如下：

(一) 液體菌液之使用方法：

1. 直接灌入土壤之方法或種植後之接種方法：

將 100 倍之稀釋液灌入種植成株及果樹之根部或土中即可，或以 10 倍之稀釋液在雨後噴入土中也可。

2. 幼苗接種的方法：

- (1) 浸苗法：以稀釋液（約 5~10 倍）浸苗，浸入液體沾溼後立即取出即可。
- (2) 噴苗法：當樹苗很多時，可用稀釋液（約 5~10 倍）放入噴筒中噴溼根部即可。

3. 種子接種之方法：

- (1) 播種前浸入或噴溼法：將種子與原液或 5~10 倍稀釋液浸入或噴溼，使種子與液態生物肥料接觸後再播種。
- (2) 播種覆土前噴溼法：將原液或 5~10 倍稀釋液噴在苗床上未覆土的種子上，將種子沾溼後，再覆土。

(二) 固體菌種的方法：

1. 幼苗及果樹接種的方法：

將固態生物肥料先施入穴中或條行中，再種植幼苗，使幼苗根部能與生物肥料接觸，或在果園施有機質肥料時，同時混合施用在溝穴中。

2. 種子接種的方法：

(1) 大種子接種：

- A. 包覆種子法：將種子直接加入黏著劑（如 CMC）及少量的水後，再加入固態生物肥料包覆種子，所以種子外覆有一層固體生物肥料。
- B. 土中接觸法：將固態接種劑施入土中後，再將種子放在固態接種劑上方。

(2) 小種子接種：

- A. 混合方法：將小種子與固態接種劑以一定比例均勻混合後，再將混合物施入苗床上，達到種子分散，混合比例依施入量及發芽率而定，原則上施入土中後種子即在固態接種劑中。

B. 土中接觸法：如上述大種子之方法，將固態接種劑施入土中後，再將種子放在固態接種劑上方，再覆土即可。

如何發揮微生物肥料在果園的功效

任何肥料要發揮最大功效，應注意土壤及作物條件的配合，微生物肥料也不例外，在果園中需要注意下列配合條件：

（一）微生物肥料的品質需求：

微生物肥料是活菌，因此，接種劑的品質要求菌數要維持，菌活性要高，需要能適應本土環境，並且微生物肥料中要無雜菌。

（二）土壤不能太酸或太鹼：

土壤太酸（小於 pH 5）或太鹼（pH 7.8）均影響各種營養的吸收及有效性，對微生物肥料的發揮上將受到限制。強酸性土壤，可先用石灰質材（如苦土石灰、蚵殼粉、矽酸爐渣、白雲石粉等）中和；強鹼性土壤，可用酸性質材（如硫磺粉或酸性泥炭）中和。

（三）配合微生物繁殖之場所或資材：

微生物肥料是活菌，施入土壤後需要繁殖生存，其最佳生殖之處是根圈，因此，施用在根上的效果最佳，是直接的作用，若微生物肥料在稀釋液中添加少量腐植酸、糖蜜或營養液劑，將有助微生物的繁殖及生存。

（四）配合作物的需求：

各種作物在不同生長期中對不同微生物肥料求要配合，微生物肥料之接種愈早期愈好，以幼苗期接種最有效。多年生果樹則在生長期重視增進氮及磷功能的菌種，中果之後則重視增進磷鉀功能的菌種。

微生物肥料的保存方法及注意事項

（一）接種劑貯藏於蔭涼處或冷藏室（5°C以上）為佳，菌種是活的生物，有一定之保存期限，當活的菌種數量降低時，效果將減少。

（二）避免與有毒害之農藥混合使用，但播種覆土後可施農藥。

（三）使用固氮接種劑，不可與氮肥混合使用，但磷鉀肥仍需於整地時作

基肥施如需施用氮肥，可當為追肥，少量施用。如施用溶磷菌或菌根菌，不可加入多量的過磷酸鈣。

- (四) 接種劑與種子拌種時，若種子怕浸水時，應將多餘的水倒出，絕不能浸泡種子，否則，怕浸水的種子發芽率受影響而降低。
- (五) 混合種子與接種劑後儘量不要存放過久，立即播種為最佳。土地不可太乾。

結論—果園微生物肥料的展望

果樹生產在未來全球的動向上，將是講求品質、新鮮及安全的生產，尤其在重視環境生態及永續性農業之前提下，微生物肥料將是不可缺少的生產資材。

肥料包括化學、有機及微生物肥料，任何一種肥料在農業生產上都不可能是萬能，因此，在微生物肥料的應用上需要去瞭解其功效，適當的調配及應用，才能充份發揮功能，達到事半功倍的效果，尤其果樹是長年作物，水果成熟時間又較長，微生物肥料應用研究甚為缺乏，今後有待加強研究。