中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）48(2)：135～142（1999）

叢枝內生菌根菌與溶磷細菌接種對亞洲型百合球莖增大之影響[1]

林素禎[2]　吳繼光[2]　黃山內[3]　洪崑煌[4]

摘要：亞洲型雜交百合小鱗莖，在鹼性的栽培介質中，單獨接種菌根菌 *Glomus etunicatum* 對百合小鱗莖的生長影響並不顯著。介質中添加米糠可促進小鱗莖之生長。複合接種菌根菌與溶磷細菌並添加米糠之處理，在第二季接菌處理生長 132 天後，百合植株高度與葉片數均明顯較其他處理組爲佳。

關鍵詞：百合、菌根、溶磷細菌、鱗球生長。

前　言

百合爲世界重要球根花卉之一，可盆栽與切花，主要生產國家爲美國、日本與荷蘭。目前臺灣百合切花生產業者，大多自荷蘭輸入種球，經一季或二季養球栽培，獲得開花球，這種生產方式，不但成本高，栽培預定期也受制於國外種球商。爲了降低栽培成本，有必要進行繁殖培育之研究，解決種球生產技術上之問題。一般溫帶地區百合種球生產，由鱗片繁殖養成小鱗莖，由小鱗莖培育出一年生球，再培育一年才成爲商業種球，養球時間需費 2 年，種球生產時間很長。

有關百合接種有益微生物以加速種球增大的研究報告，國內外並不多見。Ames[6]及Vanderploeg[38]等人於溫室中將鐵砲百合(*Lilium longiflorum* Thunb.)幼苗接種囊叢枝內生菌根菌後，證實對於種球有增大的效果。 Ames 及 Linderman[7] 經由田間土壤調查發現，美國奧勒岡州 (Oregon) 鐵砲百合的根圈內生菌根菌種主要爲 *Glomus fasciculatum* 和 *Acaulospora trappei*。Ames 及 Linderman [8] 接種百合根圈所發現的菌根菌種並配合不同施肥量，進行對鐵砲百合幼苗的生長試驗。他們發現以幼苗期接種菌根菌爲最佳時期且田間施肥量會嚴重影響菌根菌的接種效果。田間施肥量越高，對於菌根菌的感染越不利。Mosa [26] 將菌根菌(*Glomus intraradices* Schenck & Smith) 接種於鐵砲百合，發現該菌種可兩倍促進上根(stem root)與下根(basal root)的生長，同時可降低種球根腐病(root rot complex) 的病害程度。

我國有關百合的菌根菌接菌試驗，啓始於 1983 年。王也珍及簡秋源[1]對台灣百合(*Lilium formosanum* Wall.)以 *Scutellospora gregaria, S. nigra* 及 *Gigaspora gigantea* 等菌種進行接種，研究其感染過程並了解介質的酸鹼值對於菌根菌孢子發芽的影響。結果發現以酸鹼值介於 5 至 6 之間爲最佳。只可根菌的感染[3]。

我國將菌根菌與其它有益微生物共同接種於百合及其它園藝作物的應用研究開始於 1994 年[4]。最

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1980 號。
2. 本所農化系助理研究員、副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 台南區農業改良場 場長。臺灣省　臺南市。
4. 臺灣大學農化系教授。台北市。

近種苗場完成一香水百合組培苗的接種菌根菌與螢光菌的試驗，其結果顯示香水百合組培苗單獨接種 *Glomus etunicatum* Becker & Gerdeman 或 *Gigsapora* sp.者，四個月後可促進葉片、根及球莖鮮、乾重，並明顯增加球莖之直徑大小。單獨接種螢光菌對香水百合無促進效果[2]。

土壤中除了菌根菌外，還有一些有益微生物可幫助作物生長，如溶磷細菌與游離性固氮細菌。

磷在土壤中約佔 0.05%(w/w)，但植物可利用的磷只佔全磷量的 0.1%[33]，磷肥施入土壤後，僅 5-15%爲當季作物吸收，其餘在酸性土壤中多與鋁及鐵結合形成難溶性鋁結合磷及鐵結合磷；在鹼性土壤中多與鈣結合，形成難溶性鈣結合磷，對植物吸收造成阻礙[30,32]。Gerretsen[19]發現植物施用不溶性的磷肥，經接種土壤微生物後，可促進植物生長，增加磷的吸收。他純化這些微生物之後，發現這些微生物可幫助磷礦石溶解，促進植物的生長及磷的吸收。自此之後，許多學者致力於純化土壤中的溶磷細菌，期能幫助作物吸收磷，提高磷肥的利用率[13,21,22,34,36]。溶磷菌可爲細菌、眞菌及放線菌[35]，眞菌對磷酸鈣與磷礦石的溶解力比細菌強，且眞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[23]。油菜施用磷礦石 (20 mg/kg soil)並接種溶磷眞菌 (*Penicillium bilaji*)，其磷吸收量與不接菌而施用等量的磷酸銨 (monoammonium phosphate) 處理的油菜相當[24]。小麥接種 *Penicillium bilaji* 後，其植株之乾物重可增加 16%，磷總吸收量增加 14%[9]。Bajpai and Sundara Rao [12]在小麥的盆栽試驗中發現，接種 *Bacillus* 可幫助小麥吸收磷，使小麥乾物重增加 19%。

游離性固氮細菌廣泛存在土壤中，是提供土壤氮肥重要來源之一[28]。*Azotobacter* 屬之游離性固氮細菌消耗 1g 的碳，可同化 100g 的 N_2 [25]。游離性固氮細菌可固氮或產生植物生長促進物質(plant growth-promoting substances)，幫助作物生長，增加作物產量[14,15,17]。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[37]。作物接種 *Azospirillum* 後，側根增加，側根上的根毛亦增多[29]。接種 *Azospirillum* 可增加玉米的地上部與根重，玉米收穫時，有接種 *Azospirillum* 之玉米每穗種子數約爲未接種之 3 倍，其種子之乾重爲未接種之 1.59 倍; 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[18]。

植物複合接種菌根菌與溶磷細菌後，其所吸收的氮量及磷量比單一接種者所吸收的多[10,31]。玉米經複合接種菌根菌 (*Glomus fistulosum*) 與溶磷螢光細菌 (*Pseudomonas putida*) 後，對於地上部植體重與總葉面積有加成作用；同時對於根的感染率也較單一接種菌根菌者顯著增加[20]。

植物複合接種菌根菌與游離性固氮細菌後，其根圈內的細菌與放線菌的數目比單一接種者多[11]。番茄接種菌根菌 (*G. fasciculatum*) 後，根圈內游離性固氮細菌 (*Azotobacter chroococcum*) 之數目增加，番茄根部接種游離性固氮細菌 (*A. chroococcum*) 後，菌根菌 (*G. fasciculatum*) 之感染率及產孢量增加，複合接種菌根菌與游離性固氮細菌的番茄，其乾物重明顯比未接種者大[11]。

溶磷細菌與游離性固氮細菌在土壤中須要有機物提供碳源，米糠是一種養份高的農業廢棄物，本試驗乃以米糠作爲溶磷細菌與游離性固氮細菌之碳源。有關百合之菌根菌接種研究，大多爲菌根菌單一接種，本試驗乃利用複合性微生物配方(菌根菌、溶磷細菌及游離性固氮細菌)，探討其對亞洲型百合小鱗莖生長之影響；另外亦探討米糠之添加對百合小鱗莖生長之效應。

材料與方法

一、**試驗作物**：百合品種爲亞洲型雜交百合(*Lilium*" Elite")。剝取百合種球外層及中層鱗片，將鱗片扦插於濕的泥炭苔中，置於溫度 26 ℃ 下 9 週，使百合鱗片產生鱗片球；在低溫打破休眠之前，先置於 17 ℃ 下 2 週，最後在 5 ℃下 11 週，打破鱗片球休眠。選取周徑大小相當之鱗片球，約 3 公分，進行接種試驗。

二、**作物生長環境**：本試驗於花蓮區農業改良場網室中進行，試驗期間，網室之溫度範圍爲 15.6～37.5 ℃。

三、**試驗處理**：試驗處理有九種：(一)對照組（Control），(二)接種菌根菌之處理(VA), (三) 栽培介質添加米糠之處理(B), (四)接種溶磷細菌並添加米糠之處理(PS+B)，(五)接種游離性固氮細菌並添加米糠之處理(NF+B), (六) 複合接種菌根菌與溶磷細菌並添加米糠之處理(VA+PS+B), (七) 複合接種菌根菌與游離性固氮細菌並添加米糠之處理(VA+NF+B), (八)複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌並添加米糠之處理(VA+PS+NF+B), (九)複合接種溶磷細菌與游離性固氮細菌並添加米糠之處理(PS+NF+B)。每一處理各種 10 盆，每盆一株。

四、**栽培介質**：栽培介質爲蛭石與石英砂 1:1 (v/v) 之混合物，每盆栽培介質的量爲 1.0 升。石英砂以 3N HCl 浸泡 2 天，以水洗至 pH 值接近 7.0，洗淨之石英砂置於烘箱 90℃中烘一天。栽培介質之 pH 值約爲 8.3。栽培介質每升添加 24 公克 磷礦石粉，磷礦石粉 P_2O_5 含量爲 32～33%，由臺灣肥料公司購得。百合接菌處理後生長 191 天換大盆繼續培養，栽培介質如前所述，另於換盆時作第二次接種，所使用之菌種與接種方法與第一次接種相同。

五、**試驗菌種**：(1)菌根菌：試驗所使用之菌根菌爲 *Glomus etunicatum*，菌根菌以百喜草當宿主，百喜草種在以砂爲介質的盆栽中，百喜草收穫後，以塑膠袋密封，置於冷房 4℃ 中保存，本試驗所使用之菌土在冷房中保存了 3 個月。(2)溶磷細菌(TARI-93113001-2，TARI-93121301)：由選擇性培養基篩選出可溶解磷酸鈣之菌株[39]，菌株來自農業試驗所之試驗田土與自製堆肥(雞糞、鋸木屑堆肥)。(3) 游離性固氮細菌 (TARI-93120106，TARI-93120102)：菌株來源與溶磷細菌一樣亦由農業試驗所之試驗田及自製堆肥中篩選而得，以選擇性培養基[16]培養。溶磷細菌與游離性固氮細菌培養一週後，菌液以離心法分離培養液與菌體，培養液倒棄，收集菌體，菌體加水稀釋至定量體積。菌液使用時之菌數約爲 10^7 cells ml^{-1}。

六、**接種方法**：(1)菌根菌之接種：接種方法爲菌土與栽培介質混合均勻，菌土的接種量爲每個鱗片球接種約 100 個孢子。(2)溶磷細菌、游離性固氮細菌之接種：接種方法爲吸取處理好之菌液 10 ml，在百合鱗片球四周注入菌液，每個鱗片球接種量約爲 10^8 cells。

七、**施肥方法**：在苗期每星期以 Modified Hoagland 營養液(含磷 8 ppm) 50ml 澆灌，隨著植株生長增加，營養液之用量亦增加。米糠之添加量爲每升栽培介質中添加 24 公克。

八、**生育調查**：百合鱗片球接菌 191 天後調查各處理之生育情形，調查完後，換大盆栽種，並作二次接種，接菌後繼續培養。二次接種 132 天後，調查百合之開花率及植株之生育情形。

結果與討論

一、微生物接種對亞洲型百合鱗片球生長之影響

百合鱗片球經試驗處理後生長 191 天，調查其生育情形，如表 1 所示,不添加米糠不接菌之對照組(Control)，百合鱗片葉數 1.3 葉，鱗片葉長 12.6cm，鱗片葉寬 1.1cm，周徑 4.6cm，生長勢爲所有處理中最差者。單獨接種菌根菌之處理(VA)，百合鱗片葉數 1.4 葉，鱗片葉長 14.7cm，鱗片葉寬 1.4cm，周徑 5.0cm，生長勢比對照組(Control)稍好，但差異不顯著。添加米糠之處理(B)，百合鱗片葉數 5.6 葉，鱗片葉長 17.2cm，鱗片葉寬 1.5cm，周徑 7.1cm，生長勢比不加米糠之兩處理(Control，VA)好，百合球莖周徑明顯比不添加米糠之兩處理(Control，VA)大，由此可知，百合在球莖增大期須要較多的養分，每週所施加之營養液養份與添加之磷礦石粉尚不足供應百合生長所需。菌根菌雖可幫助作物吸收養份，但由於栽培介質所含養份很少(蛭石，石英砂)，而施加之肥料磷礦石粉與營養液，不足以供應百合生長所需，且磷礦石粉在中性與鹼性的環境中很難被植物所利用，即使接種菌根菌，效益也不大，此結果與前人研究結果相同[27]。

表 1. 亞洲型百合接種不同微生物製劑 191 天後對其生長之影響(第一季)

Table 1. Different microbial inoculation effect on the growth of Asian hybrid lily (1st crop) after 191 days

Treatments[z]	Leaf number (no.)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Root length (cm)	Root number (no.)	Bulb perimeter (cm)	Death rate (%)
Control	1.3 [cy]	12.6 [c]	1.1 [c]	26.1 [a]	7.8 [c]	4.6 [b]	60
VA	1.4 [c]	14.7 [bc]	1.4 [b]	24.7 [a]	10.4 [bc]	5.0 [b]	20
B	5.6 [a]	17.2 [ab]	1.5 [ab]	28.6 [a]	14.3 [a]	7.1 [a]	10
PS + B	4.9 [a]	17.4 [ab]	1.7 [a]	26.3 [a]	15.1 [a]	7.1 [a]	10
NF + B	4.5 [ab]	15.7 [ab]	1.5 [ab]	26.2 [a]	12.8 [ab]	6.8 [a]	40
VA + PS + B	4.4 [ab]	17.6 [a]	1.5 [ab]	27.7 [a]	13.0 [ab]	7.2 [a]	0
VA + NF + B	4.9 [a]	18.0 [a]	1.7 [a]	28.1 [a]	12.8 [ab]	7.5 [a]	0
VA + PS + NF + B	5.0 [a]	17.0 [ab]	1.5 [ab]	24.2 [a]	13.6 [ab]	7.4 [a]	0
PS + NF + B	4.3 [b]	16.8 [ab]	1.5 [ab]	27.8 [a]	13.9 [ab]	7.4 [a]	0

[z] VA：VA mycorrhiza；B：Bran； PS：Phosphate solubilizing bacteria；NF：Free-living nitrogen-fixing bacteria.

[y] Mean separation in columns by the same letter is not significantly different by Duncan's multiple range test, 5% level.

接種溶磷細菌並添加米糠之處理(PS+B)，百合鱗片葉數 4.9 葉，鱗片葉長 17.4cm，鱗片葉寬 1.7cm，周徑 7.1cm，生長勢與添加米糠之處理(B)無明顯差異。接種游離性固氮細菌並添加米糠之處理(NF+B)，百合鱗片葉數 4.5 葉，鱗片葉長 15.7cm，鱗片葉寬 1.5cm，周徑 6.8cm，生長勢與添加米糠之處理(B)無明顯差異。複合接種菌根菌與溶磷細菌並添加米糠之處理(VA+PS+B)，百合鱗片葉數 4.4 葉，鱗片葉長 17.6cm，鱗片葉寬 1.5cm，周徑 7.2cm，生長勢與添加米糠之處理(B)無明顯差異。複合接種菌根菌與游離性固氮細菌並添加米糠之處理(VA+NF+B)，百合鱗片葉數 4.9 葉，鱗片葉長 18.0cm，鱗片葉寬 1.7cm，周徑 7.5cm，生長勢與添加米糠之處理(B)無明顯差異。複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌並添加米糠之處理(VA+PS+NF+B)，百合鱗片葉數 5.0 葉，鱗片葉長 17.0cm，鱗片葉寬 1.5cm，周徑 7.4cm，生長勢與添加米糠之處理(B)無明顯差異。複合接種溶磷細菌與游離性固氮細菌並添加米糠之處理(PS+NF+B)，百合鱗片葉數 4.3 葉，鱗片葉長 16.8cm，鱗片葉寬 1.5cm，周徑 7.4cm，生長勢與添加米糠之處理(B)無明顯差異。由以上結果可知，在百合由鱗片球長至公斤球(周徑 6～9cm)之階段，添加米糠之各處理，無論有無接菌處理，在生長勢上無明顯之差異。

二、微生物接種對亞洲型百合球莖第二季生長之影響

百合球莖經生育調查後，換大盆(1.5 升)繼續培養。本省冬季低溫可使百合球莖自然打破休眠，各處理百合於換盆後，球莖迅速抽莖，換盆後 132 天，調查百合植株之生育情形及開花率，結果列於表 2。由表 2 可知，不添加米糠不接種之處理(Control)，百合株高 27cm，葉數 24.2 葉，花朵數 0，開花率 0%。不添加米糠而接種菌根菌之處理(VA)，百合株高 24.9cm，葉數 21.9 葉，花朵數 0.1，開花率 12.5%，接種菌根菌(VA)與不接菌之處理(Control)比較，百合之生長勢無明顯差異，而添加米糠不接菌之處理(B)，百合株高 43.3cm，葉數 38.6 葉，花朵數 0.8，開花率 55.6%，百合生長勢比不加米糠之兩處理(Control，VA)好。由此可知，當栽培介質爲鹼性時，雖接種菌根菌，對百合之生長並無助益，反而有出現因菌根菌消耗百合碳源而呈現生長減緩之現象。

表 2. 亞洲型百合接種不同微生物製劑 132 天後對其生長之影響(第二季)

Table 2. Different microbial inoculation effect on the growth of Asian hybrid lily (2nd crop) after 132 days

Treatments[z]	Plant height (cm)	Leaf number (no.)	Flower number (no.)	Flowering rate (%)
Control	27.0 cy	24.2 c	0.0 c	0
B	43.3 b	38.6 b	0.8 ab	55.6
VA	24.9 c	21.9 c	0.1 bc	12.5
PS + B	33.1 bc	35.8 b	0.6 abc	55.6
NF + B	37.5 bc	37.3 b	0.3 bc	33.3
VA + PS + B	57.4 a	52.0 a	1.2 a	80.0
VA + NF + B	40.4 bc	42.3 b	0.6 bc	57.1
VA + PS + NF + B	36.0 bc	38.0 b	0.6 abc	44.4
PS + NF + B	27.7 bc	35.4 b	0.3 bc	28.6

[z] VA：VA mycorrhiza；B：Bran； PS：Phosphate solubilizing bacteria；NF：Free-living nitrogen-fixing bacteria.

[y] Mean separation in columns by the same letter is not significantly different by Duncan's multiple range test, 5% level.

接種溶磷細菌並添加米糠之處理(PS+B)，百合株高 33.1cm，葉數 35.8 葉，花朵數 0.6 朵，開花率 55.6%，百合生長勢與添加米糠之處理(B)無明顯差異。接種游離性固氮細菌並添加米糠之處理(NF+B)，百合株高 37.5cm，葉數 37.3 葉，花朵數 0.3 朵，開花率 33.3%，百合生長勢與添加米糠之處理(B)無明顯差異。複合接種菌根菌與溶磷細菌並添加米糠之處理(VA+PS+B)，百合株高 57.4cm，葉數 52.0 葉，花朵數 1.2 朵，開花率 80.0%，百合生長勢明顯比只添加米糠之處理(B)好。複合接種菌根菌與游離性固氮細菌並添加米糠之處理（VA + NF + B），百合株高 40.4cm，葉數 42.3 葉，花朵數 0.6 朵，開花率 57.1 %，百合生長勢與添加米糠之處理（B）無明顯差異。複合接種菌根菌、溶磷細菌與游離性固氮細菌並添加米糠之處理（VB + PS + NF + B），百合株高 36.0cm，葉數 38.0 葉，花朵數 0.6 朵，開花率 44.4 %，百合生長勢與添加米糠之處理（B）無明顯差異。複合接種溶磷細菌與游離性固氮細菌並添加米糠之處理（PS + NF + B），百合株高 27.7cm，葉數 35.4 葉，花朵數 0.3 朵，開花率 28.6 %，百合生長勢與添加米糠之處理（B）無明顯差異。由以上結果可知，在鹼性的環境中，複合接種菌根菌與溶磷細菌並添加米糠之處理(VA+PS+B)，對植株生長之促進效益最大，溶磷細菌可溶解磷礦石粉，使磷釋放，菌根菌根外菌絲增加吸收面積，兩種菌配合在一起，加上米糠提供之養分(氮含量 1.95%，磷含量 4.38%，鉀含量 1.49%)，百合生長明顯增加。

本項接菌試驗在鹼性的栽培介質中單獨接種菌根菌無法增大球莖，這與 Ames[6] 及 Vanderploeg[38] 等人所做的試驗結果相反。其可能原因除了百合品種與菌根菌種類不同外，栽培介質的 pH 與養份的供應是否充足亦有關係。菌根菌與溶磷細菌的接種雖無法在第一季生長期間增大百合球莖的周徑，但卻蓄積較多的養分，進而在下一季的生長時，能在株高與葉片數上顯著優於其他各組。

誌　謝

本研究感謝臺灣省政府公務預算及農委會計畫(86 科技-1.7-糧-23(5); 87 科技-1.1-糧-17(4); 88 科技-1.1-糧-10(3))經費之支持，以及花蓮區農業改良場在試驗期間所提供人力及技術之支援。

引用文獻

1. 王也珍、簡秋源。1983。數種大孢菌屬孢子的萌發與接種對百合內生菌根形成的研究。中華眞菌學會會刊 1:29-40。
2. 文紀鑾、蔡瑜卿、蕭芳蘭、張正。1997。囊叢之菌根菌在百合組織培養苗上的應用。八十五年度土壤肥料試驗研究成果報告 119-126 頁。
3. 呂斯文、張喜寧。1995。百合接種囊叢枝菌根菌之感染模式及菌根形態觀察。臺大農學院研究報告 35: 285-293。
4. 吳繼光、林素禎。1998。叢枝內生菌根菌應用技術手冊。232 頁。臺灣省農業試驗所編印。
5. 張喜寧、鄭淑芬、文紀鑾、江婉祺，邱郁月。1994。囊叢枝菌根在花卉上之應用，173-181 頁。微生物肥料之開發與利用研討會專刊。臺灣省農業試驗所嘉義分所編印，臺灣，嘉義。
6. Ames, R. N. 1977. Studies on the vesicular-arbuscular mycorrhizae of Easter lily in the Pacific Northwest. MS thesis, Oregon State University, Corvallis, Oregon, U.S.A.
7. Ames, R. N., and R. G. Linderman. 1977. Vesicular-arbuscular mycorrhizae of Easter lily in the northwest United States. Can. J. Microbiol. 23:1663-1668.
8. Ames, R. N., and R. G. Linderman. 1978. The growth of Easter lily (*Lilium longiflorum*) as influenced by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, *Fusarium oxysporum*, and fertility level. Can. J. Bot. 56:2773-2780.
9. Asea, P. E. A., R. M. N. Kucey, and J. W. B. Stewart. 1988. Inorganic phosphate solubilization by two *Penicilliun* species in solution culture and soil. Soil Biol. Biochem. 20:459-464.
10. Azcon, R., J. M. Barea, and D. S. Hayman. 1976. Utilization of rock phosphate in alkaline soil by plants inoculated with mycorrhizal fungi and phosphate-solubilizing bacteria. Soil Biol. Biochem. 8:135-138.
11. Bagyaraj, D. J., and J. A. Menge. 1978. Interaction between VA mycorrhiza and *Azotobacter* and their effects on rhizosphere microflora and plant growth. New Phytol. 80:567-573.
12. Bajpai, P. D., and W. V. B. Sundara Rao. 1971. Phosphate Solubilizing bacteria. Part III. Soil Inoculation with phosphorous solubilizing bacteria. Soil Sci. and Plant Nutr. 17:46-53.
13. Bajpai, P. D., and W. V. B. Sundara Rao. 1971. Phosphate solubilizing bacteria. Part I. Soubilization of phosphate in liquid culture by selected bacteria as affected by different pH values. Soil Sci. and Plant Nutr. 17:41-43.
14. Barea, J. M., A. F. Bonis, and J. Olivares. 1983. Interactions between *Azospirillum* and VA mycorrhiza and their effects on growth and nutrition of maize and ryegrass. Soil Biol. Biochem. 15:705-709.
15. Brown, M. E. 1974. Bacterization of seeds and roots. Ann. Rev. Phytop. 12:181-198.
16. Döbereiner, J., and J. M. Day. 1976. Associative symbiosis in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites, pp.518-538. In: Newton, W. E., and C. J. Nyman eds. Proceedings of 1st International Symposium on Nitrogen Fixation, Vol. 2., Washington State University, Pullman, USA.
17. Dart, P. J. 1986. Nitrogen fixation associated with non-legumes in agriculture. Plant and Soil 90:303-334.
18. Fulchier, M., and L. Frioni. 1994. *Azospirillum* inoculation on maize (zea mays): effect on yield in a field experiment in central Argentina. Soil Biol. Biochem. 26:921-923.
19. Gerretsen, F. C. 1948. The influence of microorganisms on the phosphate intake by the plant. Plant and Soil 1:51-81.
20. Gryndler, M., and M. Vosatka. 1996. The response of *Glomus fistulosum*-maize mycorrhiza to treatments with culture fractions from *Pseudomonas putida*. Mycorrhiza 6:207-211.
21. Halvorson, H. O., A. Keynan, and H.L. Kornberg. 1990. Utilization of calcium phosphates for microbial growth at alkaline pH. Soil Biol. Biochem. 22:887-890.
22. Illmer, P., and F. Schinner .1992. Solubilization of inorganic phosphate by microorganisms isolated from forest soil. Soil Biol. Biochem. 24:389-395.
23. Kucey, R. M. N. 1983. Phosphate-solubilizing bacteria and fungi in various cultivated and virgin Alberta soils. Can. J. Soil Sci. 63:671-678.
24. Kucey, R. M. N., and M. E. Leggett. 1989. Increased yields and phosphorous uptake by Westar canola (*Brassica napus* L.) inoculated with a phosphate-solubilizing isolate of *Penicillium bilaaji*. Can. J. Soil Sci. 69:425-432.
25. Mishustin, E. N., and V. K. Shil nikova. 1971. Biological Fixation of Atmospheric Nitrogen. Pennsylvania State Univ. Press, College Park. Pennsylvania.

26. Mosa, Jose R. V. 1991. Effects of inoculations with pathogenic and beneficial microorganisms and ammonium or nitrate fertilization on Easter lily growth. MS. thesis, Oregon St. University, USA. 78pp.
27. Mosse, B., C. L. Powell, and D. S. Hayman. 1976. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. IX. Interactions between VA mycorrhiza rock phosphate and symbiotic nitrogen fixation. New Phytol. 76:331-342.
28. Neyra, C. A., and J. Dobereiner. 1977. Nitrogen fixation in grasses. Advances in Agronomy 29 : 1-38.
29. Okon, Y., and Y. Kapulnik. 1986. Development and function of *Azospirillum*-inoculated roots. Plant and Soil 90:3-16.
30. Olsen, S. R., and F. E. Khasawneh. 1980. Use and limitations of physical-chemical criteria for assessing the status of phosphorous in soil. pp.361-410. In: The role of phosphorus in Agriculture. F.E. Khasawneh,E.C. Sample, and E.J. Kamprath (eds.), Amer. Society of Agron., Madison, Wis.
31. Raj, J., D. J. Bagyaraj, and A. Manjunath. 1981. Influence of soil inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhiza and a phosphate-dissolving bacterium on plant growth and ^{32}P-uptake. Soil Biol. Biochem. 13:105-108.
32. Russel, E. W. 1973. Soil conditions and plant growth. 10th ed., pp. 555-603. Logman, London .
33. Scheffer, F., and P. Schachtschabel .1992. Lehrbuch der Bodenkunde. Fredinand Enke Verlag. Stuttgart.
34. Sperber, J. I. 1958. The incidence of Apatite-solubilizing organisms in the rhizosphere and soil. Aust. J. Agric. Res. 9:778-781.
35. Subba Rao, N. S. 1982. Phosphate solubilizing microorganisms. pp.128-136. In: Biofertilizers in Agriculture. Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi.
36. Thomas, G. V., M. V. Shantaram, and N. Saraswathy. 1985. Occurrence and activity of phosphate-solubilizing fungi from coconut plantation soils. Plant and Soil 87:357-364.
37. Tien, T. M., M. H. Gaskins, and D. H. Hubbell .1979. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). Appl. & Environ. Microbiol. 37:1016-1024.
38. Vanderploeg, J. F. 1972. The mycorrhizal association between *Lilium* taxa and the phycomycete *Endogone fasciculata*. MS thesis, University of Delaware, Newark, Delaware, U.S.A.
39. Young, C. C. 1990. Effects of phosphate-solubilizing bacteria and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of tree species in subtropical-tropical soils. Soil Sci. Plant Nutr. 36: 225-231.

Inoculation Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Phosphate-Solubilizing Bacteria on the Growth of Asian Hybrid Lily[1]

Su-Chen Lin[2], Chi-Guang Wu[2], Shan-Ney Huang[3] and Kun-Huang Houng[4]

Summary

In an alkaline growth medium, inoculation of *Glomus etunicatum* could not significantly enhance the bulblets growth of Asian hybrid lily. Instead, amendment of rice bran in the medium could increase the growth of bulblets. With the same amendment, dual inoculation of VA mycorrhizal fungus and phosphate-solubilizing bacteria showed the best promotion of growth. Especially at the second crop, the same treatment showed significant effect in the features of plant height and leaf number.

Key Words: Lily, Mycorrhiza, Phosphate-solubilizing bacteria, Bulb growth.

---

1. Contribution No. 1980 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively, Assistant Researcher, Associate Researcher, Department of Agricultural Chemistry, TARI., Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Director, Tainan District Agricultural Improvement Station, Tainan, Taiwan, ROC.
4. Professor, Department of Agricultural Chemistry, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.