

酸性紅壤接種菌根菌及溶磷菌對洋香瓜 生育、產量及品質之影響

林燕玉

摘 要

本研究旨在探討於酸性紅壤接種菌根菌 (*Vesicular-arbuscular mycorrhizae*, VAM) 及溶磷菌 (*Phosphorus-solubilizing bacteria*)，在不同磷肥施用量下，對磷肥有效性和洋香瓜生長之影響。試驗結果顯示，洋香瓜苗定植30天後，接種區的植株單一子蔓長度，比未接種區長4~10公分，可知其對洋香瓜初期營養生長有促進效果。在產量方面，菌根菌及溶磷菌一起接種比個別接種佳，施用 P_2O_5 90 kg/ha 下，同時接種溶磷菌及菌根菌之處理可比未接種區增產12%，差異達5%顯著水準，且與施用 P_2O_5 180 kg/ha 試區相較，產量差異並不明顯。在果實品質方面，磷肥施量越高則果實越重，在施用磷酐0及60 kg/ha 試區，接種微生物可明顯增加果實大小及甜度，平均單果重較未接種區分別增加80及70公克，果實可溶性固形物含量 (Soluble solids content) 則可分別提高0.7及1.0 °Brix，與施 P_2O_5 180 kg/ha 試區相比，毫不遜色，而對品質增進效果隨磷肥之減施而增大。可見接種溶磷菌及菌根菌在低磷肥區對洋香瓜生育確有正面之效果，可促進產量及品質，但在施高化學磷肥田區則效用不顯著。

關鍵詞：酸性紅壤、洋香瓜、施肥技術、生物肥料、菌根菌、溶磷菌、可溶性固形物。

前 言

囊狀叢枝體菌根菌 (*Vesicular-arbuscular mycorrhizae*, VAM) 與植物根部結合相宜，無法離根繁殖，外伸菌絲可使根部具有較大的吸收表面或減少難移動之養分至根部的路程，所以貧瘠土壤中 VAM 有顯著促進植物生長的效果，但對 NO_3^- 等易移動離子的吸收，反應極微。一般而言，溫帶地區植物中具有肉質根群而根毛短少者對 VAM 依存程度較高，且其菌絲亦可固結土壤顆粒，安定土壤結構，強化植物對某些根部病原菌和線蟲的抗性⁽³⁾。據楊氏等在大豆根部接種內生菌根菌証實可促進吸收與鐵、鋁、鈣結合之磷素⁽¹⁾，促進大豆產量⁽⁹⁾，於本省酸性土壤中接種菌根菌，則施用磷礦石粉對玉米的肥效不亞於過磷酸鈣⁽²⁾，而溶磷菌 (*Phosphorus-solubilizing bacteria*) 在缺磷土壤中可促進植物生長及產量已為多位學者發現^(4,6,7)，在自然界存在的溶磷菌數目與土壤性質無明顯相關，但與植被種類卻有關，大略依下列順序減少，蔬菜、豆類、牧草、穀類、果樹⁽¹¹⁾，又依楊氏在台灣三種土壤中混合接種菌根菌及溶磷菌發現可促進苗木生長，有些甚至具協同效應 (synergistic effect)，效果較單一接種更佳⁽¹²⁾。由於本省北部地區多屬

強酸性紅壤，土壤中的鐵、鋁易與磷結合，不易為植物吸收，長期耕種累積過多不溶性磷，造成肥料使用上的浪費，所以促進土壤中磷肥之有效性為重要之解決方法，又洋香瓜在本場轄區之栽種面積日益增加。因此，本研究乃於酸性紅壤上接種菌根菌及溶磷菌，探討其對磷肥有效性和洋香瓜生育之影響。

材料與方法

本試驗在桃園縣新屋鄉洋香瓜田進行(試驗前土壤性質如表1)。供試品種為秋香，育苗時，即行接種溶磷菌及菌根菌，田間採逢機完全區集設計，四重複，行距3m，株距0.6m，小區面積為18平方公尺，整地時撒佈2-3 ton/ha 矽酸爐渣，以耕耘機打入土中，14天後定植並施5 ton/ha 台肥一號有機質肥料，氮、鉀肥施用量均固定為150 kg/ha -N、180 kg/ha -K₂O，以全量磷肥、50% 氮、50% 鉀肥當基肥，於蔓長40公分及小果期時再各施25% 氮、25% 鉀肥當追肥，定期調查植株生長產量，並分析土壤及植體無機養分含量。本試驗在1992年及1993年春作進行，試驗處理分述如下。

一、比較分別接種菌根菌或溶磷菌對磷肥有效性之試驗

共8處理：(1)接種溶磷菌，並施磷肥P₂O₅ 90 kg/ha；(2)接種溶磷菌，並施磷肥P₂O₅ 180 kg/ha；(3)接種菌根菌，並施磷肥P₂O₅ 90 kg/ha；(4)接種菌根菌，並施磷肥P₂O₅ 180 kg/ha；(5)接種菌根菌及溶磷菌，並施磷肥P₂O₅ 90 kg/ha；(6)接種菌根菌及溶磷菌，並施磷肥P₂O₅ 180 kg/ha；(7)不接種，並施磷肥P₂O₅ 90 kg/ha(CK)；(8)不接種，並施磷肥P₂O₅ 180 kg/ha(CK)。

二、不同磷肥施用量下接種菌根菌及溶磷菌之效應試驗

共8處理：(1)不施磷肥，接種菌根菌及溶磷菌；(2)不施磷肥，不接種；(3)施磷肥P₂O₅ 60 kg/ha，接種菌根菌及溶磷菌；(4)施磷肥P₂O₅ 60 kg/ha，不接種；(5)施磷肥P₂O₅ 120 kg/ha，接種菌根菌及溶磷菌；(6)施磷肥P₂O₅ 120 kg/ha，不接種；(7)施磷肥P₂O₅ 180 kg/ha，接種菌根菌及溶磷菌；(8)施磷肥P₂O₅ 180 kg/ha，不接種。

三、菌種來源

溶磷菌由中興大學土壤系楊秋忠教授提供，接種源係含1 × 10⁸ CFU cell/ml的培養液，在洋香瓜播種後即添加稀釋1000倍之菌液。菌根菌由農試所嘉義分所程永雄所長提供，菌種為 *Glomus clarum* 之厚膜孢子，在洋香瓜播種時置入育苗土中。

表1. 試驗前表土肥力分析

Table 1. Soil properties analyzed before testing.

Soil property	1992	1993
Texture	CL	CL
pH(1:1)	5.2	4.7
Organic matter(%)	4.6	3.2
Avail. P ₂ O ₅ (kg/ha) (Bray's 1)	105	44
Exch. K ₂ O(kg/ha)	289	202
Exch. CaO(kg/ha)	3110	2125
Exch. MgO(kg/ha)	465	662

四、果實產量及品質調查

至收穫期，每日採集各處理區成熟瓜果，記錄個數及重量，計算產量及平均果重，同時分別在盛產期及尾瓜期，將洋香瓜削去果皮後，分成接蒂基部、尾端、中段向光面及向地面等不同部位打汁，以日製數字型屈折計(Refractometer)測定果汁可溶性固形物。

結果與討論

一、對初期營養生長之影響

洋香瓜幼苗定植於本田後，予以摘心只留二子蔓，定植30天後調查其生育情形，發現有接種微生物之植株初期生長均較好，在1992春作，施磷肥 P_2O_5 半量(90kg/ha)田區接種微生物蔓長有較未接種區增長的趨勢(圖1-(A))，無論是菌根菌或溶磷菌均有促進洋香瓜營養生長的效果，在三種接種中，以菌根菌效果最好，且優於施用全量磷酐(180kg/ha)之處理。兩種微生物皆接種時，分別施用0、60、120、180 kg/ha四級磷酐量的處理也顯示子蔓生長較旺盛的情形(圖1-(B))，菌根菌外伸菌絲可使根部具較大吸收表面，而溶磷菌促進難溶性磷素的溶解，都可使洋香瓜生長初期根系尚未十分繁盛時，具有較強的吸收力。

二、對洋香瓜產量之影響

在低磷肥施用量條件下，接種菌根菌及溶磷菌能顯著提高洋香瓜的產量。由表2可知，施用90 kg/ha磷酐之試區，單一接種菌根菌或溶磷菌比未接種區可增加4~7%，而兩種微生物均接種則可增產12%(產量33.3 ton/ha)，與對照區差異達5%顯著水準，顯然同時接種菌根菌及溶磷菌較單一菌源接種的促進效果大，亦即兩者在促進洋香瓜生育上具協同作用。雖然其產量並未高於施180 kg/ha磷酐試區，但兩者差異並不顯著。惟於180 kg/ha磷酐試區，接種溶磷菌與菌根菌對其產量均無顯著效應，可見接種微生物在低磷肥田區之增產效果較好，在施高化學磷肥田區效果則不顯著，由於菌根菌會耗用植物的碳水化合物或影響代謝途徑，有可能導致二者結合弊大於利的情況發生，甚至在一些草類及禾穀類植物給予高磷量生長時，即會出現由互利共生轉變為有害寄生現象⁽³⁾，但本試驗在施180 kg/ha磷酐下，接種菌根菌並未發現不良情形。

表2. 接種菌根菌、溶磷菌對洋香瓜產量之影響

Table2. Effect of P-solubilizing bacteria(PSB) and VAM fungi inoculation on the muskmelon yield

Inoculation	Rate of P_2O_5 (kg/ha)	
	90	180
	----- Yield (ton/ha) -----	
PSB	31.0 ^{ab}	34.8 ^a
VAM	31.6 ^{ab}	36.0 ^a
PSB + VAM	33.3 ^a	35.7 ^a
Without inoculated	27.7 ^b	34.7 ^a

Means followed by the same letter within each column are insignificantly different ($p=0.05$) by Duncan's multiple range test.

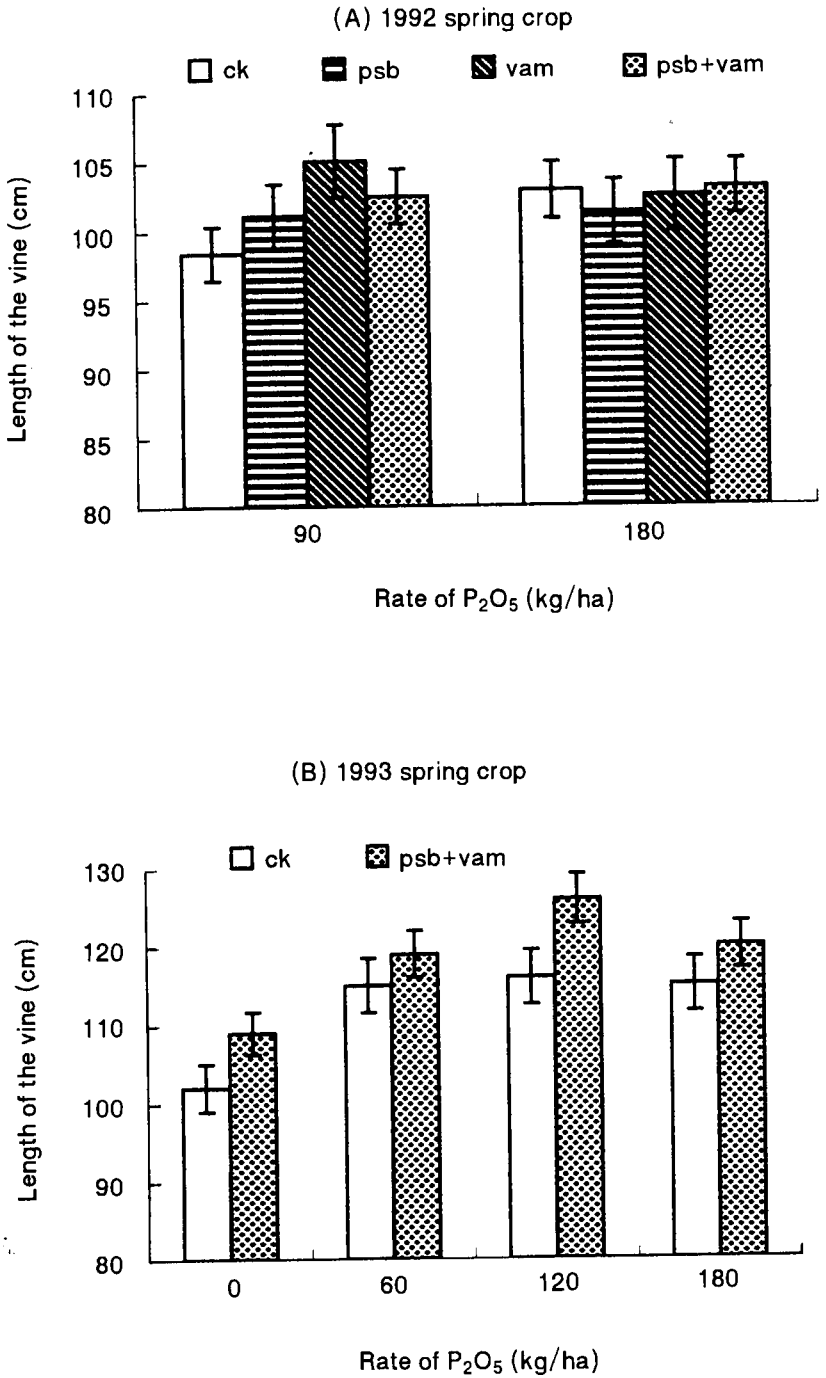


圖1. 接種菌根菌及溶磷菌對洋香瓜營養生長之影響

Fig. 1. Effect of P-solubilizing bacteria and VAM inoculation on the muskmelon vegetative growth.

三、對品質之影響

由於在洋香瓜中可溶性固形物含量與糖分、維他命C含量具有高度相關性^(5,10)，所以從可溶性固形物含量之測值能評估洋香瓜果實之甜度、品質，而經由可溶性固形物含量(Soluble solids content, SSC)測定結果發現，同一果實中段較頭尾兩端之可溶性固形物含量高，尾端次之，而接蒂基部最低，向光面又比接觸地面處高 0.6°Brix ，比接蒂基部高 1.6°Brix ，越靠近外果皮的可溶性固形物含量越低(表3)，因此比較洋香瓜果實甜度時宜固定部位。本試驗以去外皮的整粒果實榨汁，測定果汁之可溶性固形物發現，1993春作盛產期(7月3日採收)之果實，在完全不施化學磷肥及施 60 kg/ha 磷酐之處理區，接種菌根菌及溶磷菌可較未接種者分別提高 0.7° 及 1.0°Brix ，差異達LSD 5%顯著水準，且與其他施用較高磷肥處理區比較毫不遜色，但施 180 kg/ha 磷酐下，接種微生物未見效果(圖2-(A))，至尾瓜期(7月17日採收)，果實可溶性固形物含量比盛產期時降低 $0.8\sim 1.7^{\circ}\text{Brix}$ ，而仍以接菌區較高，比未接種區高 $0.7^{\circ}\sim 1.0^{\circ}\text{Brix}$ (圖2-(B))。

在果實重量方面，接種菌根菌及溶磷菌區之單果重可比對照區多 $10\sim 80$ 公克(表4)，而無論在可溶性固形物或果重上，接種微生物的促進效應均隨磷肥之減施而提高。

表3. 洋香瓜果實不同部位平均可溶性固形物之分布情形

Table 3. Changes in soluble solids content of muskmelon fruit juice at different sites

Soluble solids content ($^{\circ}\text{Brix}$)			
Sub-basal	Near up-side	Near down-side	Sub-terminal
9.5	11.1	10.5	10.9

表4. 接種菌根菌及溶磷菌對洋香瓜單果重之影響

Table 4. Effect of P-solubilizing bacteria and VAM fungi inoculation on the muskmelon fresh fruit weight

Inoculation	Rate of P_2O_5 (kg/ha)			
	0	60	120	180
	----- Fresh fruit weight (g) -----			
PSB + VAM	1100 ^a	1150 ^a	1170 ^a	1210 ^a
Without inoculated	1020 ^b	1080 ^b	1150 ^a	1200 ^a

Means followed by the same letter within each column are insignificantly different ($p=0.05$) by Duncan's multiple range test.

四、對土壤肥力之影響

由表5-1及表5-2可發現，在1992及1993春作試驗中，各處理區試驗後田間殘留之有機質、有效性磷酐、交換性鈣及鎂含量均比試驗前高，應為基肥施用的肥料殘留及土壤取樣採到洋香瓜細根所致，且磷肥施用量越多則殘留越多，由此可知大量施用的化學肥料，並無法在洋香瓜當期作被吸收用盡，則對後作的效應，以及對土壤理化性質的影響，均值得進一步探討，同時由圖3也可發現，相同磷肥施用量下，不論是單一接種菌根菌及溶磷菌或兩者均接種，皆會提高土壤中之有效性磷酐，此效應可能是因接種繁殖的溶磷菌，提高不溶性磷的溶解度，也可能是因接種微生物使植株生長較佳，根系較旺盛則分泌較多有機酸，有助於磷的溶解，但也有研究指出，溶磷菌促進植株生長的原因，可能是因產生類植物生長激素，並非由於增加可溶性磷所致^(4,8)，本試驗由於並未調查土

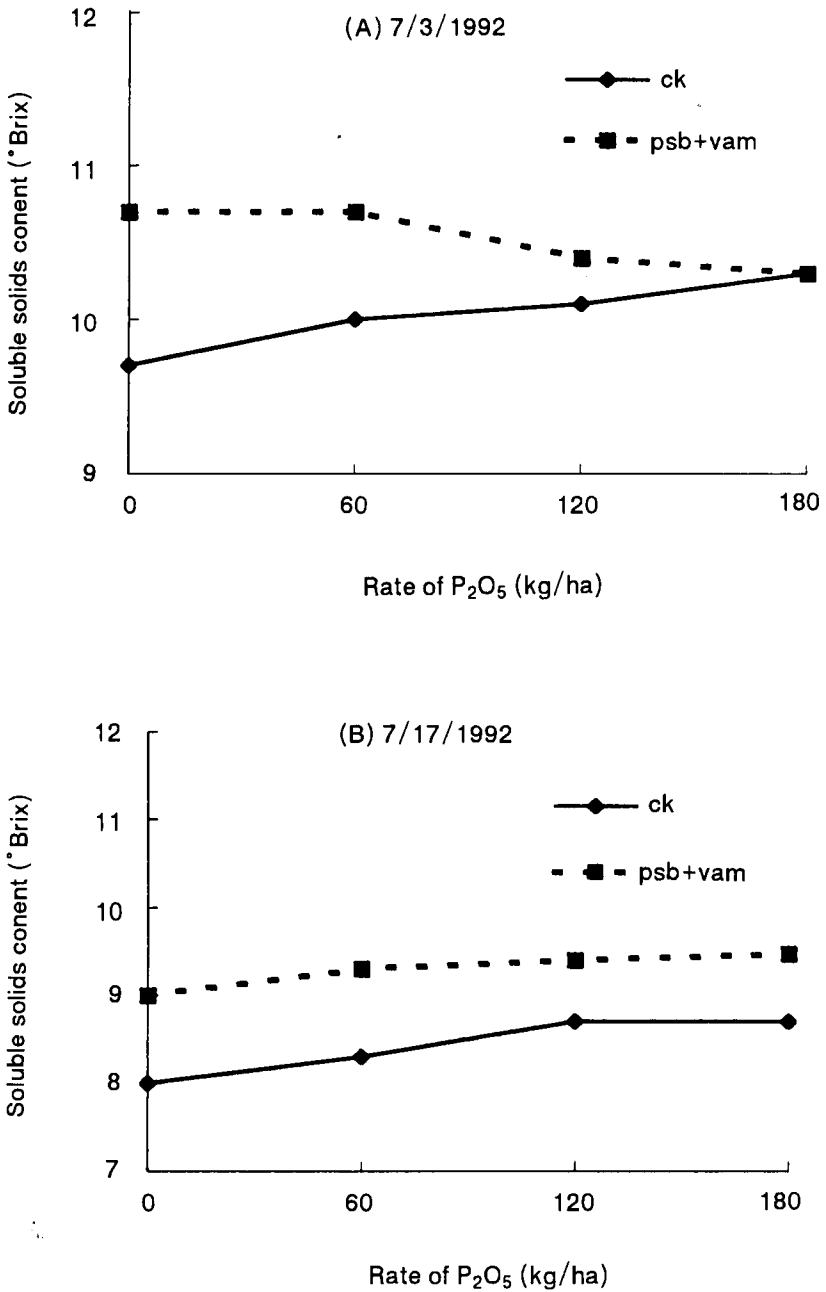


圖2. 接種菌根菌及溶磷菌對洋香瓜營養糖度之影響

Fig. 2. Effect of P-solubilizing bacteria and VAM inoculation on the soluble solids content of muskmelon fruit.

壤中磷素總含量，因此無法證明有效性磷的增加是否確由提高磷溶解度而來。

但由上述結果可了解，因為磷素在土壤中不似硝酸態氮易移動流失，而易與土壤中鐵、鋁、鈣等陽離子結合沉澱，則長期施用累積下，也可能造成這些陽離子的缺乏，所以促進土壤中磷肥之有效性，不僅在降低肥料使用上的浪費，對土壤地力的影響也相當重要。

表 5-1. 洋香瓜收穫後表土肥力(1992 春作)

Table 5-1. Analysis of soil fertility after harvesting treated with P-fertilizer(1992)

Treatment	pH	O.M. %	Available P ₂ O ₅ kg/ha	Exchangeable		
				K ₂ O	CaO	MgO
				----- kg/ha -----		
PSB	5.2 ^a	5.2 ^a	192 ^a	296 ^a	4186 ^a	583 ^a
VAM	5.0 ^a	5.1 ^a	185 ^a	240 ^a	3356 ^{ab}	560 ^a
PSB + VAM	5.3 ^a	5.1 ^a	177 ^a	263 ^a	4194 ^a	519 ^{ab}
Without inoculated	5.3 ^a	5.1 ^a	164 ^a	224 ^a	3663 ^a	544 ^a
Before experiment	5.2 ^a	4.6 ^a	105 ^b	289 ^a	3110 ^b	465 ^b

Means followed by the same letter within each column are insignificantly different ($p=0.05$) by Duncan's multiple range test.

表 5-2. 洋香瓜收穫後表土肥力(1993 春作)

Table 5-2. Analysis of soil fertility after harvesting treated with P-fertilizer(1993)

Treatment	pH	O.M. %	Available P ₂ O ₅ kg/ha	Exchangeable		
				K ₂ O	CaO	MgO
				----- kg/ha -----		
PSB	5.1 ^a	3.4 ^a	68 ^{ab}	270 ^a	4156 ^a	813 ^a
VAM	5.1 ^a	3.5 ^a	84 ^{ab}	249 ^a	4237 ^a	794 ^a
PSB + VAM	5.2 ^a	3.5 ^a	102 ^a	246 ^a	4446 ^a	796 ^a
Without inoculated	5.1 ^a	3.5 ^a	121 ^a	247 ^a	4009 ^a	745 ^a
Before experiment	4.7 ^b	3.2 ^a	44 ^b	202 ^a	2125 ^b	662 ^b

Means followed by the same letter within each column are not significantly different ($p=0.05$) by Duncan's multiple range test.

結 論

溶磷菌及菌根菌對土壤磷肥的有效性及植物吸收養分的效果，會因不同作物、菌種及土壤環境而發生變異^(9,11,13)，由於酸性紅壤對磷素的固定力強，如何增進其磷肥有效性，尤其值得探討，從本試驗田間結果顯示，接種溶磷菌及菌根菌對酸性紅壤栽培洋香瓜確有正面效益，在施用低化學磷肥（90 kg/ha P₂O₅）區可增產 12%，與未接種且施 180 kg/ha P₂O₅ 區之產量並無顯著差異，而完全不施化學磷肥時，接種微生物可大幅提高果實品質，洋香瓜果汁可溶性固形物較未接種者高 1.0 °Brix，平均單果重則多 80 g，但隨著化學磷肥的增施，此促進效果有降低傾向，在施用 180 kg/ha P₂O₅ 時，無論產量或品質均無顯著效益，亦即當施用高化學磷肥時，溶磷菌及菌根菌的施用，均無法明顯栽培出更高產量或更佳品質之洋香瓜，但基於降低施用累積多量化學磷肥，即可減低對水源環境及土壤性質的影響，在酸性紅壤接種溶磷菌及菌根菌確為可行。

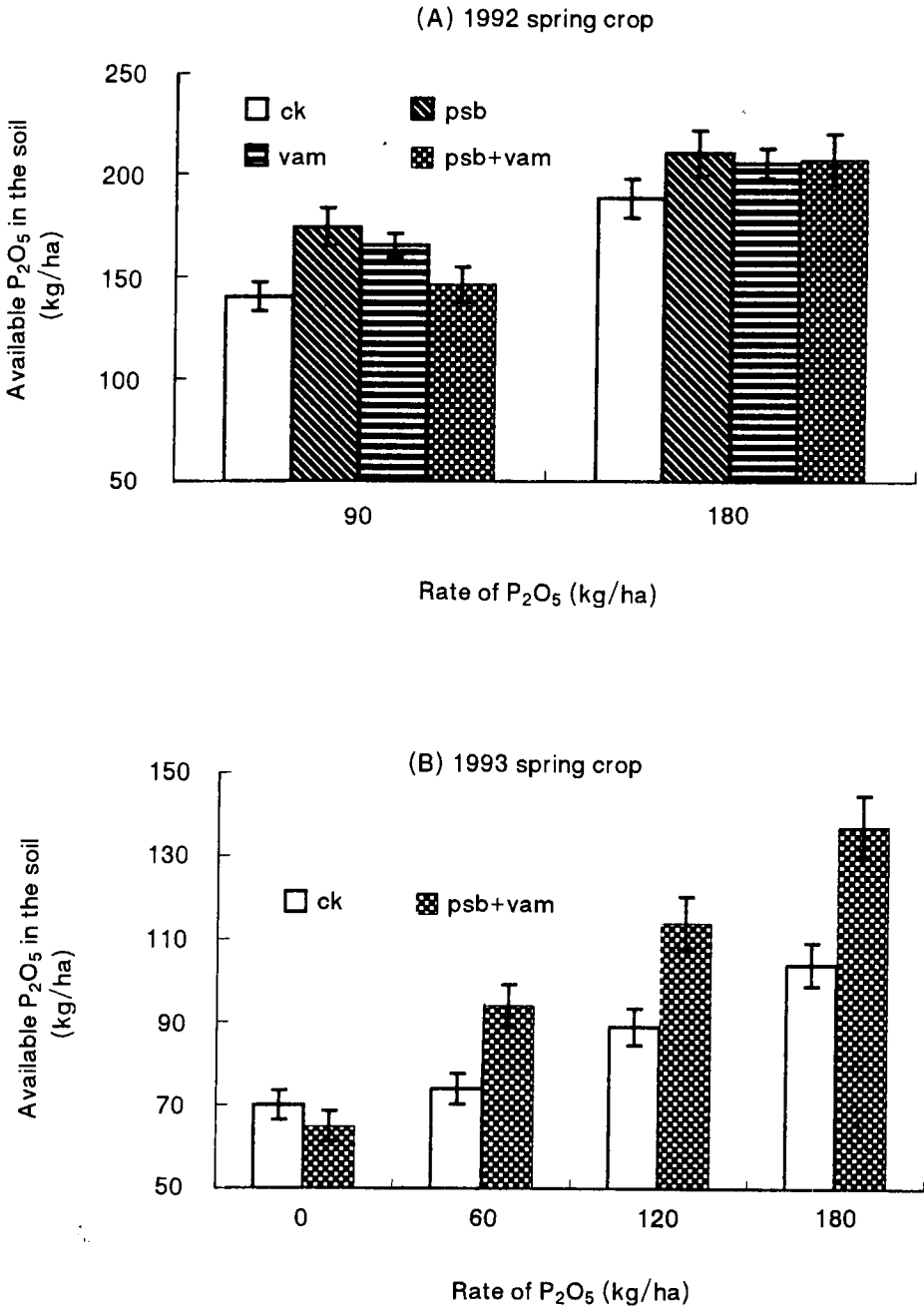


圖3. 接種菌根菌及溶磷菌對土壤中有效性磷含量之影響

Fig. 3. Effect of P-solubilizing bacteria and VAM inoculation on the available P₂O₅ contents in the soil after harvesting.

參考文獻

1. 楊秋忠、莊作權、郭鴻裕。1984。接種內生菌根對大豆生長、固氮作用及礦物磷利用之效應。中華農學會報新 128:29-42。
2. 郁宗雄。1980。台灣農家要覽(上) p 982 - 984. 種菌根菌及施用磷礦石粉對玉米生長之影響。中華農學會報新 136:15-24.
3. 黃瑞祥。1981。利用根共生真菌於作物生產的研究與展望。科學農業 29(5-6):155-156.
4. Azcon, R., J. M. Barea and D. S. Hayman. 1976. Utilization of rock phosphate in alkaline soils by plants inoculated with mycorrhizal fungi and phosphate-solubilizing bacteria. *Soil Biol. Biochem.* 8:135-138.
5. Wells, J. A. and P. E. Nugent. 1980. Effect of high soil moisture on quality of muskmelon. *HortSci.* 15(3): 258-259.
6. Kucey, R. M. N. 1987. Increased phosphorus uptake by wheat and field beans inoculated with a phosphorus-solubilizing *Penicillium bilaji* strain and with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Appl. Environ. Microbiol.* 53(12):2699-2703.
7. Laheurte, F. and J. Berthelin. 1988. Effect of a phosphate solubilizing bacteria on maize growth and root exudation over four levels of labile phosphorus. *Plant and Soil* 105:11-17.
8. Ocampo J. A., J. M. Barea and E. Montoya. 1975. Interactions between *Azotobacter* and "phosphobacteria" and their establishment in the rhizosphere as affected by soil fertility. *Can. J. Soil Sci.* 21:1160-1165.
9. Paul, N. B. and W. V. B. Sundara Rao. 1971. Phosphate-dissolving bacteria in the rhizosphere of some cultivated legumes. *Plant and Soil* 35:127-132.
10. Wagner, L. E., J. C. Hoffman, and H. D. Brown. 1939. Correlation between vitamin C content and refractive indices of muskmelons. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 37:839-840.
11. Young, C. C., T. C. Juang and C. C. Chao. 1988. Effects of *Rhizobium* and vesicular-arbuscular mycorrhiza inoculations on nodulation, symbiotic nitrogen fixation and soybean yield in subtropical-tropical fields. *Biol. fertil. soils.* 6:165-169.
12. Yahya, A. I. and S. K. Alazawi. 1989. Occurrence of phosphate-solubilizing bacteria in some Iraqi soils. *Plant and Soil* 117:135-141.
13. Young, C. C. 1990. Effects of phosphorus-solubilizing bacteria and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of three species in subtropical-tropical soils. *Soil Sci. Plant Nutr.* 36(2):225-231.

Effect of Vesicular-arbuscular Mycorrhiza and Phosphorus-solubilizing Bacteria on the Growth of Muskmelon in Acid Red Soil

Yan-yui Lin

Summary

A field experiment was conducted to study the effect of inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhiza (VAM), *Glomus clarum*, and phosphorus-solubilizing bacteria (PSB) on the muskmelon growth in acid red soil. Data showed that the single vine length of muskmelon inoculated with VAM and PSB was longer than noninoculated controls at 30 days after transplanting. The application of P_2O_5 at rate of 90 kg/ha with inoculation of VAM and PSB resulted in an increase in fruit yield by 12% as compared with that application of the phosphate alone, however, it was not significantly different as compared with those plots applied at rate of 180 kg/ha. The fruit weight and soluble solids content were increased by 80, 70 g/per fresh fruit and 1.0, 0.7 °Brix with inoculation at the application rate of 0 and 60 kg/ha P_2O_5 , respectively. This study suggested that the muskmelon yield increases can be obtained by inoculation with VAM and PSB in acid red soil under the conditions of low phosphate application.

Key words: Acid red soil, Muskmelon, Fertilizer practice, Bio-fertilizer, Vesicular-arbuscular mycorrhiza, Phosphorus-solubilizing bacteria, Soluble solids content.