土壤有益內生菌根菌種繁殖及其田間應用[1]

程永雄　李垂芳[2]

英文摘要

pot culture of VA mycorrhizal fungus was proved as a practical method for inoculum production. The result showed that the autoclaved soil amended with 0.5% rice bran (W/W), 0.1% urea (W/W) or 1% corn stem (W/W) was good for infection and sporulation of Glomus clarum on bahia grass. The numbers of chlamydospores collected from bahia grass pot culture was 36, 31 and 28 times of original at 12wks after inoculation, respectively. VA mycorrhizal fungus can raise the yield of crops at field trials. At Taitung trial, the yield of corn increased 7% and 26% for the treatment of VA mycorrhizal fungus with additional phosphate (MP) as compared with the plot of phosphate alone (P) and control plot without phosphate application (—P), respectively, and increased 3% and 17% for the same treatments as the above mentained at I-chou trial. The yield of corn increased 10% and 11% for the treatment of VA mycorrhizal fungus with the half of additional phosphate (MP') as compared with the-p plot at Taitung and I-chou trials, respectively. There was an increasing of 3% and 11% yield of soybean for MP plot as compared with p and-p plots, respectively, and increasing of 5% for the MP' plot as compared with-p plot at I-chou trial.

中文摘要

消毒土壤盆栽適當寄主植物接種內生菌根菌 (VAM) 孢子是目前大量繁殖菌種唯一可行的方法，經本場試驗結果，盆栽百喜草添加 0.5%米糠、0.1%尿素或 1%玉米桿較適宜菌種繁殖，經培養十二週後，孢子密度增為原先接種密度的36、31和28倍田間接種試驗有提高單位面積產量的效果，尤以含低磷肥的臺東玉米試區最為顯着，在接種內生菌根菌並施磷肥推薦量之全量處理 (MP) 與施全量磷肥不接種內生菌根菌處理 (P) 比較可增產 7%，與不施磷肥不接種內生菌根菌處理 (—P) 比較可增產26%，施半量磷肥接種內生菌根菌處理 (MP') 與不施磷肥區 (—P) 比較可增產10%；義竹玉米試區，MP 處理區分別比 P 處理區及 —P 處理區增產 3%及17%，MP' 處理區比 —P 處理區增產11%；大豆試區，MP 處理區分別比 P 處理區及 —P 處理區增產 3 及11%，MP' 處理區比 —P 處理區增產 5%。

中英文關鍵字

1.本計畫承農委會資助，特此致謝。

2.臺灣省農業試驗所研究員兼主任，臺南區農業改良場助理。

內生菌根　內生菌根菌　VA mycorrhiza. Glomus clarum

前　　言

許多重要經濟作物，如豆科 (Asai, 1944) 和禾本科 (Asai, 1934) 的根部常形成內生菌根 (VA mycorrhizae)。由於內生菌根之形成可以增加作物對養分的吸收而提高礦物養分之有效性，因此近年來引起許多農業專家研究的興趣，惟迄今純粹培養內生菌根菌之技術尚付闕如，而必須培養於適當寄主植物的根部 (Powell and Bagyaraj 1984)。

在低磷肥分土壤，內生菌根菌具有較大之感染潛力 (Gerdemann，1975)，田間施用多量磷肥反而降低玉米內生菌根的感染程度 (Khan，1972)，本計畫乃針對中等或低磷肥地區，以不同的施磷量處理來評估內生菌根菌田間實際應用效益，同時經由盆栽試驗，以不同添加物質和溫度的控制來探討菌種繁殖最佳條件，期於最短期間大量繁殖菌種，提高接種源品質，以供應田間接種或菌根株苗培育所需。

試驗材料與方法

一、實施地點：臺南（鹽水）、嘉義（義竹）、臺東（池上）

二、供試品種：玉米：臺農351號　大豆：臺農15號

三、接種源：內生菌根菌 (Glomus clarum) 採自盆栽百喜草。

四、不同添加物對內生菌根菌繁殖之影響。

本項試驗在網室進行盆栽培養，供試作物為萌芽二週之百喜草健康株苗，土壤為砂質壤土 (pH 5.2，有機質 0.69%，磷酐68.5公斤／公頃，氧化鉀143公斤／公頃) 經100°C，消毒30分鐘，分別進行下列處理：

（1）米糠1%（W／W）　（2）米　糠0.5%　（3）蔗渣1%
（4）蔗渣0.5%　（5）玉米桿1%　（6）玉米桿0.5%
（7）尿素0.1%　（8）尿　素0.05%

以上八處理，每處理五盆（栽盆直徑15公分），每盆視同一重覆，每栽盆栽植百喜草株苗六株，同時接種內生菌根菌（約 200孢子／盆），除尿素外，其它供試添加物並先經酸酵二週。於十二週後採土樣調查孢子繁殖數目。

五、土壤溫度對內生菌根菌種繁殖之影響

本項試驗在玻璃網室進行，土壤恒溫箱分別設定 15.20.28及 30°C 等四種不同定溫處理，各處理均添加同量之堆肥（4%）及尿素（0.1%）按一般栽培法管理之於第八週及十二週後調查孢子繁殖數目。

六、內生菌根菌栽培土田間應用

（一）土壤條件：

鹽水玉米試區：砂質壤土，pH 4.6，有機質1.95%，
磷酐149公斤／公頃，氧化鉀366公斤／公頃。

義竹玉米試區：砂質壤土，pH 6.4，有機質2.1%，
磷酐143公斤／公頃，氧化鉀107公斤／公頃。

義竹大豆試區：砂質壤土，pH 7.2，有機質2.2%，

磷酐315公斤／公頃，氧化鉀390公斤／公頃。

臺東玉米試區：坋質壤土，pH 5.7，有機質2.5%，

磷酐63公斤／公頃，氧化鉀121公斤／公頃。

(二) 田間處理

1. 接種內生菌根菌（約200孢子／株），不施磷肥 (M)。
2. 接種內生菌根菌並施用磷肥推薦量之全量 (MP)。
3. 接種內生菌根菌並施用半量磷肥 (MP')。
4. 單施磷肥 (P)。
5. 不接種內生菌根菌，不施磷肥 (—P)。

以上五處理，每處理四重覆，採完全逢機區集排列，小區面積5.6公尺×8公尺=44.8平方公尺，各處理均按推薦量施用同量之氮（玉米 180 kg／ha，大豆 30 kg／ha) K_2O（玉米 70 kg／ha，大豆 60kg／ha) 於播種同時接種內生菌根菌。

鹽水試區：春作玉米 (75.3.5.播種)

義竹試區：秋作玉米 (74.10.1.播種)

春作大豆 (75.3.3.播種)

臺東試區：春作玉米 (75.2.15.播種)

(三) 調查及記載項目

土壤分析有效養分含量，定期調查植株生長，菌根形成百分率，孢子繁殖數目以及產量調查。

結　　果

一、不同添加物對內生菌根菌繁殖之影響

表 1. 不同添加物對內生菌根菌繁殖之影響

Table 1. Effects of soil amendments on the multiplication of Glomus clarum

處理 Treatment	厚膜孢子*（個／公斤土）Chlamydospores／kg soil 十二週後 12 wks after treatment
1%米 糠 (Rice bran)	2,060**c
0.5%米 糠 (Rice bran)	5,280 a
1%蔗 渣 (Bagasse)	760 e
0.5%蔗 渣 (Bagasse)	920 d
1%玉米桿 (Corn stem)	4,100 bc
0.5%玉米桿 (Corn stem)	3,240 bc
0.1%尿 素 (Urea)	4,440 ab
0.05%尿 素 (Urea)	1,960 d

* 表列數字爲四重覆之平均值 (Each value is the mean of 4 replicates)

**表列英文字母相同者係依 Duncan's 多變域法測得 (P=0.05) 不顯著者 (Column followed by the same letter do not differ significantly (p=0.05) according to Duncan's multiple-range test)

砂質壤土添加1％米糠、0.5％米糠、1％蔗渣、0.5％蔗渣，1％玉米桿、0.5％玉米桿、0.1％尿素以及0.05％尿素等不同處理進行盆栽接種內生菌根菌，在玻璃網室內培養十二週後，由原先每公斤土含133個厚膜孢子（200個／盆）增殖為2060，5280，760，920，4100，3240，4440及1950個／公斤土（表1）

二、土壤溫度對內生菌根菌繁殖之影響

內生菌根菌在不同土壤溫度15、20、28及30°C的盆栽百喜草培養八週後其厚膜孢子調查數分別為650、1190、3240及1540個／公斤土，十二週後增至820、2980、4920及3050個／公斤土（表2）

表2. 土壤溫度對內生菌根菌繁殖之影響

Table 2. Effects of soil temperatures on the multiplication of Glomus clarum

處理 Treatment	厚膜孢子*（個／公斤土） Chlamydospores／kg soil	
	八週後 8 wks after treatment	十二週後 12 wks after treatment
15°C	650 d**	820 c
20°C	1,190 c	2,980 b
28°C	3,240 a	4,920 a
30°C	1,540 b	3,050 b

* 表列數字為四重覆之平均值 (Each value is the mean of 4 replicates)
**表列英文字母相同者係依 Duncan's 多變域法測得 (P=0.05) 不顯著者 (Column followed by the same letter do not differ significantly (p=0.05) according to Duncan's multiple-range test)

三、內生菌根菌培養土田間應用

(一) 鹽水試區春作玉米臺農351號，於接種後四週調查株高，各處理區M、MP、MP'、P及－P試區玉米植株平均株高分別為33.3、45.5、42.8、38.6及28.0公分，八週後平均株高分別為187.6、210.3、198.6、205.8及170.6公分，籽實產量各處理區分別為2357.2、2424.1、2482.2、2544.7及2276.8公斤／公頃（表3）

表3. 內生菌根對玉米生長及增產之效果*（鹽水試區）

Table 3. Effect of VA-mycorrhizae on the growth and yield of corn (Yien-shwei field trial)

處理 Treatment	株高 Height (cm)		產量 (kg/ha) yield	指數 Index
	處理後四週 4 wks after treatment	處理後八週 8 wks after treatment		
M	33.3 ab**	187.6 b	2,357.2 a	104
MP	45.5 a	210.3 a	2,424.1 a	107
MP'	42.8 a	198.6 ab	2,482.2 a	109
P	38.6 ab	205.8 a	2,544.7 a	111
－P	28.0 b	170.6 c	2,276.8 a	100

* 表列數字為四重覆之平均值 (Each value is the mean of 4 replicates)
**表列英文字母相同者係依 Duncan's 多變域法測得 (P=0.05) 不顯著者 (Column followed by the same letter do not differ significantly (p=0.05) according to Duncan's multiple-range test)

(二) 義竹試區秋作玉米臺農351號，於接種後四週調查株高，各處理區 M、MP、MP'、P 及 −P 玉米平均株高分別為58.8、72.3、71.7、76.1 及 54.1公分，八週後平均株高分別為222.4、249.5、242.1、241.6及212.5公分，籽實產量各處理區分別為5804.7、6423.0、6112.7、6275.7及5504.5公斤／公頃（表 4）

表 4. 內生菌根對玉米生長及增產之效果*（義竹試區）

Table 4. Effect of VA-mycorrhizae on the growth and yield of corn (I-chou field trial)

處理 Treatment	株高 Height (cm) 處理後四週 4 wks after treatment	株高 Height (cm) 處理後八週 8 wks after treatment	產量 (kg／ha) yield	指數 Index
M	58.8 bc**	222.4 ab	5,804.7 bc	106
MP	72.3 ab	249.5 a	6,423.0 a	117
MP'	71.7 ab	242.1 a	6,112.7 ab	111
P	76.1 a	241.6 a	6,275.7 a	114
−P	54.1 c	212.5 b	5,504.5 c	100

* 表列數字為四重覆之平均值 (Each value is the mean of 4 replicates)

**表列英文字母相同者係依 Duncan's 多變域法測得 (P=0.05) 不顯著者 (Column followed by the same letter do not differ significantly (p=0.05) according to Duncan's multiple-range test)

(三) 義竹試區春作大豆臺農15號，於接種後四週調查株高，各處理 M、MP、MP'、P 及 − P 玉米平均株高分別為27.0、27.8、26.2、27.4 及 26.7公分，八週後平均株高分別為53.2、59.8、54.4、59.1及49.6公分，籽實產量各處理區分別為 2584.8、2809.2、2661.9、2728.8及2538.0公斤／公頃（表 5）

表 5. 內生菌根對大豆生長及增產之效果*（義竹試區）

Table 5. Effect of VA-mycorrhizae on the growth and yield of corn (I-chou field trial)

處理 Treatment	株高 Height (cm) 處理後四週 4 wks after treatment	株高 Height (cm) 處理後八週 8 wks after treatment	產量 (kg／ha) yield	指數 Index
M	27.0 a**	53.2 b	2,584.8 cd	102
MP	27.8 a	59.8 a	2,809.2 a	111
MP'	26.2 a	54.4 b	2,661.9 bc	105
P	27.4 a	59.1 a	2,728.8 ab	108
−P	26.7 a	49.6 c	2,538.0 d	100

* 表列數字為四重覆之平均值 (Each value is the mean of 4 replicates)

**表列英文字母相同者係依 Duncan's 多變域法測得 (P=0.05) 不顯著者 (Column followed by the same letter do not differ significantly (p=0.05) according to Duncan's multiple-range test)

(四) 臺東試區春作玉米臺農351號，接種後四週調查株高，各處理區 M、MP、MP'、P 及—P 玉米平均株高分別為19.9、56.4、43.0、53.4及19.7公分，八週後平均株高分別為 194.1、251.3、241.1、252.6 及 194.4公分，籽實產量各處理區分別為2616.1、3154.0、2770.1、2991.及2508.9公斤／公頃（表 6）

表 6. 內生菌根對玉米生長及增產之效果*（臺東試區）

Table 6. Effect of VA-mycorrhizae on the growth and yield of corn (Taitung field trial)

處理 Treatment	株高 Height (cm) 處理後四週 4 wks after treatment	株高 Height (cm) 處理後八週 8 wks after treatment	產量 (kg/ha) yield	指數 Index
M	19.9 c**	194.1 c	2,616.1 b	104
MP	56.4 a	251.3 a	3,154.0 a	126
MP'	43.0 b	241.1 b	2,770.1 a	110
P	53.4 a	252.6 a	2,991.1 a	119
—P	19.7 c	194.4 c	2,508.9 b	100

* 表列數字爲四重覆之平均值 (Each value is the mean of 4 replicates)

**表列英文字母相同者係依 Duncan's 多變域法測得 (P=0.05) 不顯著者 (Column followed by the same letter do not differ significantly (p=0.05) according to Duncan's multiple-range test)

討　論

本試驗結果顯示，盆栽百喜草添加 0.5%米糠，0.1%尿素或 1 %玉米桿較適宜內生菌根菌繁殖，接種後十二週，孢子密度分別為5200、4400及4000個／公斤土，遠原先接種密度的36、31和28倍，而這些添加物的來源充足，取得較容易可以符合實際應用之需求，在接種後第八週厚膜孢子的調查數雖然增加不多，但各處理均可觀察到多量的外延菌絲，這些外延或在根內的菌絲，在種源應用上亦有與孢子相同的功能，侵染根部形成菌根之能力。田間試驗結果，除鹽水試區因受天候影響，植株生育遭受阻礙，無法正確評估外，其它試區則顯示接種內生菌根菌有提高單位面積產量之效果，尤其以低磷肥的臺東玉米試區最為顯著，在接種內生菌根菌並施全量磷肥處理 (MP) 與施全量磷肥不接種內生菌根菌處理 (P) 比較，可增產 7 %，與不施磷肥不接種內生菌根菌處理 (—P) 比較可增產26%，施半量磷肥接種內生菌根菌處理 (MP') 與處理—P比較可增產10%，義竹玉米試區，處理 MP 分別比處理 P 及處理 P 及 —P 增產 3 %及17%，處理 MP' 比 —P 增產11%大豆試區，處理 MP 分別比處理 P 及 —P 增產 3 %及11%處理 MP' 比 —P 增產 5 %，由此可知，施用適量肥料並配合接種內生菌根菌，可以增進植株生長，提高作物產量應用於低磷肥地區其助益將更顯著。

內生菌根菌可以產生厚膜孢子在土中殘存一段時間，種植大量形成內生菌根菌孢子的作物，能促進下期作物的生長，尤其該作物屬高度菌根共生依存度者，因此宜對本省目前的輪作方式做其田間消長調查，以做為將來田間接種時機及接種量的依據，又選擇適當作物輪作

，將有助於作物生長，亦可減少田間接種的次數。同時宜再繼續加強菌種繁殖試驗，於短期間大量繁殖菌種。

參考文獻

1. 程永雄、杜金池、林晉卿，1984. 內生菌根對大豆、玉米之增產效果。臺南區農業改良場研究彙場18：29—38。
2. 程永雄 1985 內生菌根之形成及其對大豆、玉米、蘆筍及西瓜生長之效應。國立中興大學植物病理研究所博士論文。
3. Gerdemann, J. W. 1968. Vesicular-arbuscular myeorrhiza and plant glant growth. Ann. Rev. Phytopathol. 6 : 397—418.
4. Gerdemann, J. W. 1975. Vesicular-arbuscular Mycorrhizae. In"The Development and Fuuction of Roots" Acaol. Press. P. 575—591.
5. Khan, A. G. 1972. Tice effectt of vesicular-arbusculcn mycorrhizalassociations on growth of cereals. I. Effects on maize growth. New Phytol. 71 : 613-619.
6. Khan, A. G. 1975. Growth effects of mycorrhiza on crops in the field. P. 419—435. in : F. E. Sanders, B. Mosse, and P. B. Tinker, eds. Endomycorrhizas. Academic press. London. 626pp.
7. Mosse B. 1973. Advances in theestudy of vesicular-arbuscular mpcorrhizae. Ann. Rev. Phytopath. 11 : 171～195.
8. Powell, Conway LI and Bagyaraj D. Joseph 1984 VA Mycorrhiza CRC Press. Boca Raton, Florida 234pp.
9. Sanders, F. E. and Tinker. P. B. 1971. Mechanism of absorption of phosphate from soil by Endogone mycorrhizas. Nature, Lond.