

不同輪作制度對土壤中內生菌根菌之消長影響

The Fluctuation of Density of VA Mycorrhizal Fungi in Soil at Different Cultural Systems

程永雄¹ 陳紹崇² 李垂芳²

英文摘要

For studying the dynamics of VA mycorrhizal fungi in soil, a survey of six different cultural systems has been conducted at Lu-tsao, Chiayi branching station, Tainan DAIS, since 1986. The results showed that the upland farm was better than paddy field for the survival of VA mycorrhizal fungi. In upland rotation systems, corn was better than sorghum, green manure and soybaen for the survival of VA-mycorrhizal fungi. The density of VA-mycorrhizal chlamydospores in the second year rotation increased as compared with the density in the first year.

The results of field trials showed that watermelon inoculated with *Glomus clarum* can increase the growth of plant and yields. The yields of the plot with mycorrhizal seedings were 19% and 34% more than those of the plot with non-mycorrhizal seedling at Taiwan and Yunlin trails, respectively.

The sterilied soil amended with 0.5% SH mixture was better than those with 0.25%, 1%, or 2% SH mixture for the multiplication of VA-mycorrhizal fungi.

中文摘要

本研究係配合臺南區農改場耕作制度模範試驗進行輪作田內生菌根菌之週年消長調查，經過第一年調查結果顯示，在大豆、玉米或高粱等早作期間有利內生菌根菌在土壤中存活，而在水稻期間不利內生菌根菌殘存，有下降之趨勢。第二年調查結果顯示：各輪作區內生菌根菌孢子數均較第一年為高，早作仍較有利於內生菌根菌之殘存。

西瓜內生菌根株苗田間應用方面，以扁蒲為砧木嫁接西瓜並育成菌根株苗後再移植本田內生菌根能促進西瓜初期之生長，並有保護根系減少被根瘤線蟲侵害之效果。但至後期則無明顯差異。惟內生菌根仍有增產效果；雲林試區內生菌根株苗處理比對照處理增產34%；臺南試區則可增產19%。

以0.25%，0.5%，1%，2%四種添加量之SH土壤添加物，添加於熱力消毒土壤中，

1. 原臺南區農業改良場研究員，現任臺灣省農業試驗所嘉義試驗分所分所長。

2. 分別為臺南區農業改良場助理及研究計劃助理。

另以不添加為對照，栽植玉米，進行內生菌根菌之繁殖試驗，四週後以 0.5% 添加量之處理達每百公克土中含 600 個厚膜孢子為最高，與對照處理比較達顯著差異。

中英文關鍵字

內生菌根

VA-mycorrhizal

內生菌根菌

Glomus clarum

消 長

fluctuation

前 言

植物與內生菌根菌共生 (VA-mycorrhizal association) 關係廣泛的發生於自然界，在大多數的農作物中均可發現，但十字花科、藜科、油桃木科及莎草科等少數植物則較少或者不存在此種關係⁽⁶⁾ 許多學者報告亦曾指出此種共生有助於豆科根瘤之形成與固氮作用之進行，增強作物之抗病性以及促進作物對土壤養分之吸收^(5,8)，特別是磷肥之吸收及利用能力等之有益效應⁽⁷⁾，這對糧食的增產提供了可資研究的方向。

由於磷素在土壤中不易移動，乃長期施用化學肥料硫酸銨與其它因素造成土壤酸化，磷素易被固定而不能為植物吸收，此時若有內生菌根菌之存在，由於菌根菌廣佈的外生菌絲不僅可以增加與磷肥接觸的機會，亦有助於某類固定磷例如鐵結合磷、鋁結合磷之吸收⁽³⁾，本場大豆主要栽培區進行根圈土樣調查，結果發現各土樣均含有內生菌根菌之孢子⁽¹⁾，而內生菌根菌與西瓜、玉米等重要作物亦有良好之親合性⁽²⁾，因此若能配合適當輪作制度加以管理，種植適宜內生菌根菌繁殖的作物如大豆、綠肥不僅可提高土壤有機質，對下一作物及土壤有益微生物提供更佳的生長環境，由於作物內生菌根菌之形成增加土壤中磷肥的有效性，減少肥料施用，本研究乃配合本場嘉義分場設置之不同耕作制度試驗田，進行內生菌根菌之週年消長調查，以探討內生菌根菌可以在建立優勢族羣的作物種類或耕作模式，同時也探討不同添加量之土壤添加劑對內生菌根菌繁殖之影響。

試驗材料與方法

一、不同耕作制度對內生菌根菌消長之影響：

(一) 實施地點：臺南區農改場嘉義分場

(二) 供試品種：水稻：一期臺南9號，二期臺農70號

玉米：臺南16號，高粱：臺中5號

大豆：臺農15號，綠肥：田青

(三) 田間處理：1. 水稻—水稻 (對照)

2. 水稻—大豆—秋作玉米

3. 水稻—綠肥—秋作玉米

4. 大豆—水稻—秋作玉米

5. 高粱—宿根高粱—秋作玉米

6. 高粱—大豆—秋作玉米

以上六種不同耕作制度，田間設計採完全達機區集排列、三重複，每試區面積 $20\text{m} \times 12\text{m} = 240\text{m}^2$ ，按一般栽培法管理之，各作物之施肥量及施肥方法均按

農林廳之推薦法，每兩個月定期採土樣，依網篩傾注法⁽⁴⁾調查内生菌根菌厚膜孢子密度。

二、内生菌根株苗對西瓜生長之效應

(一) 實施地點與供試品種：

臺南（山上）：特小鳳，76年元月10日定植

雲林（二崙）：紅鈴，76年元月8日定植

(二) 土壤條件：

臺南試區：砂質壤土，pH7.6 有機質1.10%，

磷218公斤／公頃，氧化鉀107公斤／公頃

雲林試區：砂質土，pH5.5，有機質1.89%，

磷172公斤／公頃，氧化鉀182公斤／公頃

(三) 田間處理：

以育苗袋裝消毒過之砂質土播種扁蒲為砧木並接種内生菌根菌 *Glomus clarum* 厚膜孢子 (200個／株)，待萌芽後，嫁接特小鳳或紅鈴西瓜，培育成内生菌根株苗 (M)，另以不接種之非内生菌根株苗為對照 (CK)，進行田間處理，每處理四重複，採完全達機區集設計，小區面積4公尺×20公尺=80平方公尺，畦寬4公尺，株距0.7公尺，植畦覆蓋銀白色塑膠布，栽培管理悉如一般法管理之。定期調查植株生育，根部内生菌根菌之感染率、根部罹根瘤指數及產量。根部罹根瘤程度分成四級，I級（輕）支根出現輕微根瘤（1—10%）；II級（中）根羣出現根瘤約10—30%；III級（中）根羣出現根瘤約30—50%；IV級（嚴重）根羣出現嚴重根瘤50%以上）並腐爛，並依下列公式計算罹根瘤指數。

$$\text{罹根瘤指數} = \frac{n_1 \times 1 + n_2 \times 2 + n_3 \times 3 + n_4 \times 4}{N}$$

n_1 ：I級株數； n_2 ：II級株數； n_3 ：III級株數； n_4 ：IV級株數； N ：總調查株數）調查根部内生菌根感染率時，每小區取部份根部組織，以10% KOH 溶液煮沸五分鐘，經水洗，再以 Trypan Blue 染液染色，隔夜後水洗，在解剖顯微鏡下鏡檢，以一公分根段為一調查單位每小區共計調查五十個根段之感染情形，並依下列公式計算根部内生菌根感染率：

$$\text{根部内生菌根感染率} = \frac{\text{内生菌根菌感染之根段數}}{50} \times 100\%$$

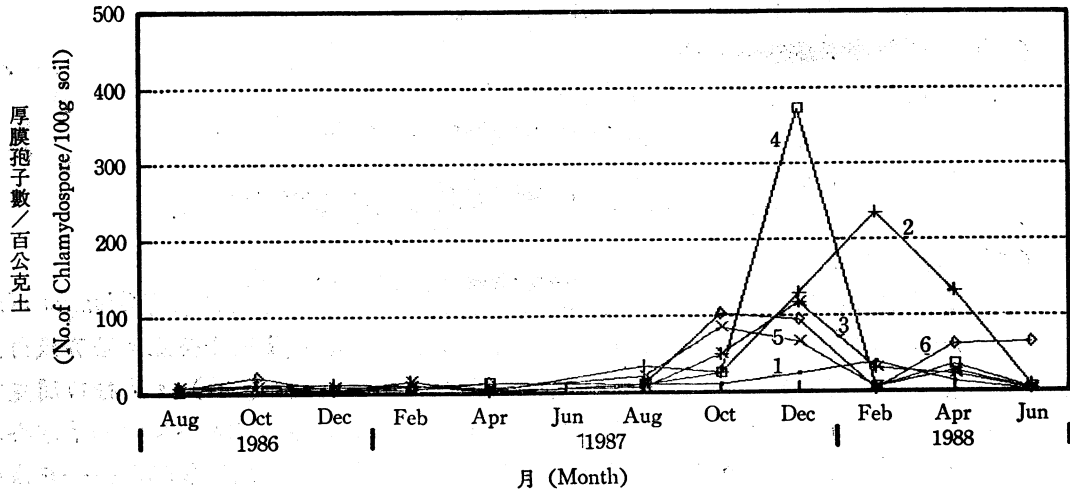
三、土壤添加物不同添加量對内生菌根菌繁殖之影響：（盆栽試驗）

以熱力消毒土壤 (90°C, 1 hr) 分別添加0.25%、0.5%、1%、2%之SH土壤添加劑，另以無添加為對照，共計五處理，裝入植穴管中，每一管視為一重複，每處理各四重複，播種臺南11號玉米，萌芽後接種内生菌根菌 *G. clarum* 厚膜孢子 (50個／100克土)，置於溫室內，按一般栽培方法管理之，四週後調查其内生菌根菌孢子數。

結 果

一、不同耕作制度對土壤中内生菌根菌之消長影響：

六種不同耕作制度對土壤中內生菌根菌存活之影響，經過第一年調查結果顯示，在大豆、玉米或高粱等旱作期間有利內生菌根在土壤中存活，而在水稻期間內生菌根菌有下降趨勢不利其殘存。第二年調查結果顯示：各輪作區土中內生菌根菌孢子數均較第一年為高，水稻對內生菌根菌之殘存仍有不利之影響，仍以各旱作較有利內生菌根菌之存活，而各旱作作物則以秋作玉米較有利於內生菌根菌之存活（圖一）。



圖一、不同輪作制度對土中內生菌根菌之消長影響（鹿草試驗田）

Fig. 1. The fluctuation of density of VA mycorrhizal fungi in different cultural systems (Iu-tsoo field trial)

- | | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. 水稻—水稻—水稻
rice—rice—rice | 2. 水稻—大豆—玉米
rice—soybean—corn | 3. 水稻—綠肥—玉米
rice—manure—corn |
| 4. 大豆—水稻—玉米
soybean—rice—corn | 5. 高粱—宿根高粱—玉米
sorghum—sorghum—corn | 6. 高粱—大豆—玉米
sorghum—soybean—corn |

二、內生菌根株苗對西瓜生長之效應

(一) 臺南試區種植特小鳳西瓜於定植後四週調查蔓長及根部感染內生菌根菌情形，處理M及CK 植株平均蔓長分別為37.2和31.5公分，菌根形成率分別為21.1%和3.7%，罹根瘤指數分別為1.7和2.2；八週後菌根形成率平均為21.6%和4.5%，罹根瘤指數為2.6和3.1產量則分別為24,187kg/ha和20,250kg/ha（表一）。

表一 內生菌根對西瓜生長及產量之影響（臺南試區）

Table 1. Effects of VA-mycorrhizal fungus (*Glomus clarum*) on the growth and yield of watermelon (Tainan field trial)

處理 Treatment	蔓長 (公分) Stem Length (cm)	菌根形成率 (%) Percent of VA-mycorrhiza		罹根瘤指數 Root-knot Index		產量 (公斤/公頃) Yield (kg/ha)
	4wks	4wks	8wks	4wks	8wks	
接種內生菌根株苗 (M)	37.2* a**	21.2 a	21.6 a	1.7 a	2.6 a	24,187 a
未接種內生菌根株苗 (CK)	31.5 a	3.7 b	4.5 b	2.2 a	3.1 a	20,250 a

*Each value is the mean of 4 replicates.

**Colum followed by the same letter do not differ significantly ($p=0.05$) according to Duncan's multiple range grouping test.

(二) 雲林試區種植紅鈴西瓜於定植後四週調查蔓長及根部感染內生菌根情形，處理 M 及 CK 植株平均蔓長分別為 35.9 和 33.4 公分，菌根形成率分別為 17.1% 和 1.8%，罹根瘤指數分別為 2.4 和 3.7；八週後菌根形成率分別為 19.1% 和 3.1%，罹根瘤指數分別為 3.2 和 4，根部嚴重罹患根瘤，產量則分別為 21,003kg/ha 和 15,625kg/ha (表二)。

表二 內生菌根對西瓜生長及產量之影響 (雲林試區)

Table 2. Effects of VA-mycorrhizal fungus (*Glomus clarum*) on the growth and yield of watermelon (Tainan field trial)

處 Treatment	理 Stem Length (cm)	菌根形成率 (%) Percent of VA-mycorrhiza		罹根瘤指數 Root-knot Index		產量 (公斤/公頃) Yield (kg/ha)
		4wks	4wks	8wks	4wks	
接種內生菌根株苗 (M)	35.9* a**	17.1 a	19.1 a	2.4 a	3.2 a	21,003 a
未接種內生菌根株苗 (CK)	33.4 a	1.8 b	3.1 b	3.7 a	4 a	15,625 a

*Each value is the mean of 4 replicates.

**Colum followed by the same letter do not differ significantly ($p=0.05$) according to Duncan's multiple range grouping test.

三、不同添加量之土壤添加物對內生菌根菌繁殖之影響：

四種不同添加量之 SH 土壤改良劑處理繁殖內生菌根菌試驗，經四週後，調查土中內生菌根菌孢子數發現：以 0.5% SH 土壤添加物處理之孢子數 600 個/百克土為最高，對照無添加處理之 240 個/百克土為最低並達顯著差異 (表三)。

表三 SH 土壤改良劑不同施用量對內生菌根菌 (*Glomus clarum*) 厚膜孢子繁殖之影響：
Table 3. Effect of different quantity SH mixture on the multiplication of *Glomus clarum*.

處 Treatment	理 Chlamydo- spores/100g soil	厚 膜 孢 子 / 百 克 土 Chlamydo- spores/100g soil	
		處 4 Weeks after treatment	後 四 週 4 Weeks after treatment
0.25% SH mixture	480* a**		
0.5 % SH mixture	600 a		
1.0 % SH mixture	410 ab		
2.0 % SH mixture	270 ab		
Untreatment	240 b		

*Each value is the mean of 3 replicates.

**Colum followed by the same letter do not differ significantly ($p=0.05$) according to Duncan's multiple range grouping test.

討 論

内生菌根菌為一絕對共生真菌，目前尚無法以人工培養在試管中大量繁殖，於是以適當宿主植物進行活動培養是為唯一可行途徑，以大量繁殖供田間應用之接種來源，本實驗以不同添加量之SH土壤添加物繁殖内生菌根菌，結果發現以0.5%之添加量最適於内生菌根菌之繁殖，惟經四週後内生菌根菌之繁殖速率仍偏低，並非一理想的添加物，故尋求一適合内生菌根菌大量繁殖之添加配方仍為今後探討的重點之一。

本場經多年試驗，在不同地區進行大豆、玉米田間接種以評估其效益，結果顯示除磷肥偏低貧瘠土壤有顯著增產效果外，其餘高土壤肥力試區效益不彰，而一般農地由於長期施用化學肥料，有些農地土壤有逐漸惡化的現象，若能有效利用内生菌根菌有計地將其導入土壤中，並配合有機堆肥之施用及適當作物的輪作安排，任其繁殖殘存建立族羣，將可提供作物及有益土壤微生物生長及生存環境，本試驗經第二年調查結果顯示：各輪作制度第二年土壤中篩檢到的内生菌根菌厚膜孢子數均較第一年為多；在種植秋作玉米期間，土壤中有最多的内生菌根菌厚膜孢子，而經水田期以後，内生菌根菌厚膜孢子則明顯地下降；亦即說明旱田狀況較水田狀況有利於内生菌根菌之殘存，而各早期作中則以玉米最適於内生菌根菌之殘存，和第一年以大豆最有利於内生菌根菌殘存不同，此一結果可能由於内生菌根菌在土壤中對大豆侵染最快，建立族羣以後，則以玉米之繁殖速度最快，故從玉米田中可篩檢到較多的内生菌根菌厚膜孢子。

内生菌根菌有助益西瓜生長之效果，同時可保護植株生長初期之根系，減少被根瘤線蟲侵害之機會，雖在生育後期也免不了根瘤線蟲之為害，但内生菌根菌處理區有增產之效果，由於本試驗田根瘤線蟲密度較高，故與對照區無經計分析上之顯著差異。

參 考 文 獻

1. 程永雄 1982 大豆内生菌根真菌及其與寄生性線蟲關係之調查臺南區農改場研究彙報 16: 45—59。
2. 程永雄 1985 内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. 楊秋忠、莊作權和郭鴻裕，1984 接種内生菌根對大豆生長、生產、固氮作用及礦物磷利用之效應，中華農學會報 新128期：29—42。
4. erdemann, J. W. and T. H. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soli by wet sieving and decanting. Trans. Br. Mycol. Soc. 46: 235—246.
5. Khan, A. G. 1972 The effect of Vesicular-Arbuscular mycorrhizal association on growth of cereals. Effects on maize growth. New Phytol. 71: 613—619.
6. Powell, Li Conway and D. Joseph Bagyaraj 1984. VA mycorrhiza CRC Press, Boca Raton, Florida.
7. Tinker P. B. H1975. Effects of Vesicular-arbuscular mycorrhizae on higher plants, In Symbiosis, Symp. Soc. Exp. Biol., 3: 37—39.
8. Warner, A. and B. Mosse 1980. Independent spread of Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in soil. Trans. Br. Mycol. Soc. 74: 407—410.