

# 不同輪作制度田微生物相之調查研究<sup>1</sup>

## I. 叢叢枝內生菌根菌與溶磷菌之變動

吳繼光 劉燕雪 簡宣裕 譚增偉<sup>2</sup>

**摘要：**本微生物相調查研究係在農業試驗所內的六十八號試驗田進行。在1993年一月至1994年十二月的調查期間，每年各有兩個休耕期，一在七月至八月間，另一在一月至四月間。在這兩個休耕期中，全年的內生菌根菌產孢量，以一月至四月間的休耕期最高，顯示休耕期的田間雜草可能扮演著重要角色。有關內生菌根菌的產孢量比較，以玉米連作田的每百克土含孢量最低（4—8孢子/100克土），其可能原因與土壤中有有效磷含量有關。1994年的產孢量較1993年同期的產量為少。整理1993年資料發現內生菌根菌孢子產量與溶磷菌族群數有互為消長的現象。這種現象，在三月至七月的第一期作生長期間最明顯。在三月初期，內生菌根菌孢子數最多而溶磷菌數相對減少。反之，在七月時溶磷菌逐漸增多而內生菌根菌孢子減少。在九月至十一月期間種植二期作時，在水稻連作區與玉米連作區，卻發現溶磷菌數與內生菌根菌，亦有類似消長的現象。但在一期水稻二期玉米的輪作區，與一期玉米二期水稻的輪作區，則有不同的族群變化。在一期水稻二期玉米的輪作區內，二期作的溶磷菌數與內生菌根菌數皆有增加的趨勢。而在一期玉米二期水稻的輪作區內，溶磷菌數與內生菌根菌則有相對減少的現象。整理1994年的資料顯示內生菌根菌孢子產量與溶磷菌族群數雖有互為消長的現象，但卻有不同的變化。此外內生菌根菌的種類與前一年的結果相較，並沒有明顯的差異，可見 *Glomus mosseae* 與水稻有密切相關的依存度；而在輪作區與玉米連作區內則 *Glomus geosporum*, *Glomus manihotis*, *Acaulopora elegans* 有明顯的相關性。

**關鍵詞：**微生物相、叢枝菌根菌、溶磷菌、消長。

土壤微生物在生態平衡上是一群重要的分解者，對於土壤有機質的分解及肥力之維持均功不可沒<sup>(3)</sup>。但也有許多土生病原菌會寄生在作物根部而造成嚴重病害，甚至危害人類的生存。在歷史上，*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary 就曾造成嚴重的馬鈴薯腐疫病 (Potato late blight)，使得約二十五萬愛爾蘭人民因飢餓而死亡<sup>(1)</sup>。無論是有益或有害於作物生長的微生物均同時存在於土壤中，且會因土壤環境因子（氣候，作物，土壤肥力，農業藥物…等）的改變而互為消長<sup>(9,18)</sup>。研究如何提升有益土壤微生物的活動力 (activity) 來改善土壤肥力及抑制有害土生病原菌的數量，一直是土壤微生物界努力的方向之一。作物的輪作及水田和旱田的輪換制度，便是改善土壤微生物生態的一種手段<sup>(1,8,13,14)</sup>。本研究的目的是擬觀察不同輪作制度田有益微生物，如溶磷菌，菌根菌等微生物相在根圈土壤中互動消長的變化情形，以提供研究不同輪作田之土壤微生物生態，肥培管理，及作物土生病害防治參考用。

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1783 號。

2. 本所農業化學系副研究員、約僱助理、助理研究員及助理研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

## 材料與方法

本研究係利用位於霧峰本所農場的68號實驗田進行。該實驗田使用於輪作試驗已有8年，有關各項土壤肥力變化等背景資料均已搜集完備。此次調查的輪作制度計有：(1) 水稻連作 (2) 玉米連作 (3) 一期水稻，二期玉米 (4) 一期玉米，二期水稻。在每一輪作制度中，均有一雜草分隔帶，將其區分為兩個小區。每月採樣時，在每個輪作田區內設六個區集。每一區集以4公尺平方為限並該區內隨機取樣8個樣品。每一樣品係以直徑5cm的採樣器所採得。採土深度自表土以下15cm採樣後，8個樣品將予以合併成一混合樣品。採樣的時間將自1993年1月份起至1994年12月底止。

### 一、囊叢枝內生菌根菌的分離與數量估算

在每一混合樣品中，稱取100克土後，以濕篩法和糖液離心法<sup>(5)</sup>分離孢子後，在立體顯微鏡下計算孢子數量並挑取孢子，以 Polyvinyl alcohol lactophenol glycerol (PVLG)<sup>(10)</sup>或 Hoyer's 包埋劑製成半永久片，以利於孢子的鑑定與標本之保存。孢子的鑑定與資料之紀錄將採 Schenck and Perez<sup>(16)</sup>所建議的步驟進行。經鑑定後，屬於臺灣新記錄或世界新種的孢子，將以百喜草或其他適當的宿主，在溫室中培養繁殖以供進一步研究其對作物的生產效益。

### 二、溶磷菌的分離與數量估算

在每一混合樣品中，稱取適量的土經過適當的稀釋後，以三角玻棒均勻塗抹於 Young<sup>(20)</sup>平板培養基上，並置於攝氏25度的培養箱中培養。經過數天後，觀察菌落溶磷現象並計算菌落數。

## 結果與討論

### 一、叢枝內生菌根菌

在臺灣省農業試驗所的68號田區，其水稻連作的土壤酸鹼值變化較穩定，在5.0到6.0之間。水稻根圈土壤中主要的內生菌根菌種以 *Glomus mosseae* 為主 (表1)。在兩年的調查結果顯示，此一菌種與水稻的親合性十分穩定，且產孢高峰期在一月至四月間。(圖1)。這期間恰逢休耕且稻田內長滿雜草。田間雜草顯然與土壤中囊叢枝內生菌根菌族群的連繫有關。這點與 Ilag 等人<sup>(7)</sup>的發現相似。水稻與玉米輪作的田區，在根圈土壤中可發現主要內生菌根菌種為 *Gl. mosseae* (Nicol. & Gerd.) Gerdemann & Trappe, *Gl. geosporum* (Nicol. & Gerd.) Walker 和 *Gl. manihotis* Howeler, Sieverding & Schenck。其中 *Gl. geosporum* 和 *Gl. manihotis*，主要與玉米有關。這點從玉米連作田間的根圈土壤中也可找到這兩種優勢菌種而獲得證實。此外，*Acaulospora elegans* Trappe & Gerdemann 也是另一與旱作有關的重要菌種。除玉米外，這菌種也常常出現在酸性土壤的玫瑰，甘藷或甘蔗的根圈土壤中<sup>(19)</sup>。由於 *Gl. geosporum*, *Gl. manihotis*, 和 *Acaulospora elegans* 在旱根圈內是優勢菌種。吾人似可進一步做接種試驗，以確知其促進作物生長的效果，進而開發成為新的菌種供農民使用。

從試驗田區的分隔地帶的雜草根域土壤中 (圖2)，發現土壤的酸鹼值 (6.20) 較所有四種耕作制度田土的酸鹼值為高，且在第三與第四耕作制度田區的分隔地帶的雜草根域中發現 *Scutellispora gilmorei* (Trappe & Gerd.) Walker & Sanders。由以上的調查結果顯示，農作物經長期種植後，會對該農作田內的菌根菌產生選擇性的篩選作用。這點與 Schenck and Kinloch<sup>(15)</sup>所做的結論相同。若比較不同輪作制度田中每一百克土壤每月的孢子平均含量 (表2)，其中以玉米連作田所含孢子數最少，水稻田所含孢子數量最多其次為一期玉米、二期水稻的輪作田。推究其原因可能是由於玉

米田水中含有較多量的有效磷所致 (表3)<sup>(6,11)</sup>。此外, 1994年的產孢量也較1993年同期的產量為少。原因並不明確, 有待進一步觀察後確認。另經由本次調查可知本所輪作田中每百克土壤所含孢子數(4—22孢子/100克土), 若與加拿大安大略省玉米田所含孢子數相較(4,000—7,000孢子/100克土)<sup>(17)</sup>, 則明顯偏低, 實有添加菌根菌種或延長休耕期以增加菌根菌數並減少化學肥料施用的必要。

表 1. 在四種不同耕作制度下內生菌根菌的種類  
Table 1. Species found in different cropping systems

Cropping systems	pH	Species
I	5.30~6.07(5.79*) <sup>z</sup>	
Rice-Rice continuous system	5.50~6.04(5.67) <sup>y</sup> 5.60~6.29(6.00) <sup>x</sup>	<i>Glomus mosseae</i> , <i>Gl. geosporum</i>
grass zone	6.24~6.40(6.32) <sup>w</sup>	
II	4.33~4.84(4.60)	
Rice-Corn cropping system	4.24~4.89(4.50) 4.90~5.80(5.30)	<i>Glomus geosporum</i>
grass zone	5.91~6.72(6.32)	
IV	3.95~4.40(4.13)	<i>Glomus geosporum</i> , <i>Gl. manihotis</i> ,
Corn-Corn continuous system	4.04~5.27(4.60) 5.10~5.64(5.30)	<i>Acaulospora elegans</i> , <i>A. laevis</i>
grass zone	5.93~6.38(6.16)	
III	4.72~4.91(4.83)	<i>Glomus geosporum</i> , <i>Gl. manihotis</i> , <i>A.</i>
Corn-Rice cropping system	5.03~5.38(5.19) 3.89~4.21(4.12)	<i>elegans</i> , <i>A. laevis</i>
grass zone	5.86~6.40(6.13)	

\* average of pH

<sup>z</sup> Data of December, 1992

<sup>y</sup> Data of February, 1993

<sup>x</sup> Data of 1994

<sup>w</sup> Data of April, 1994

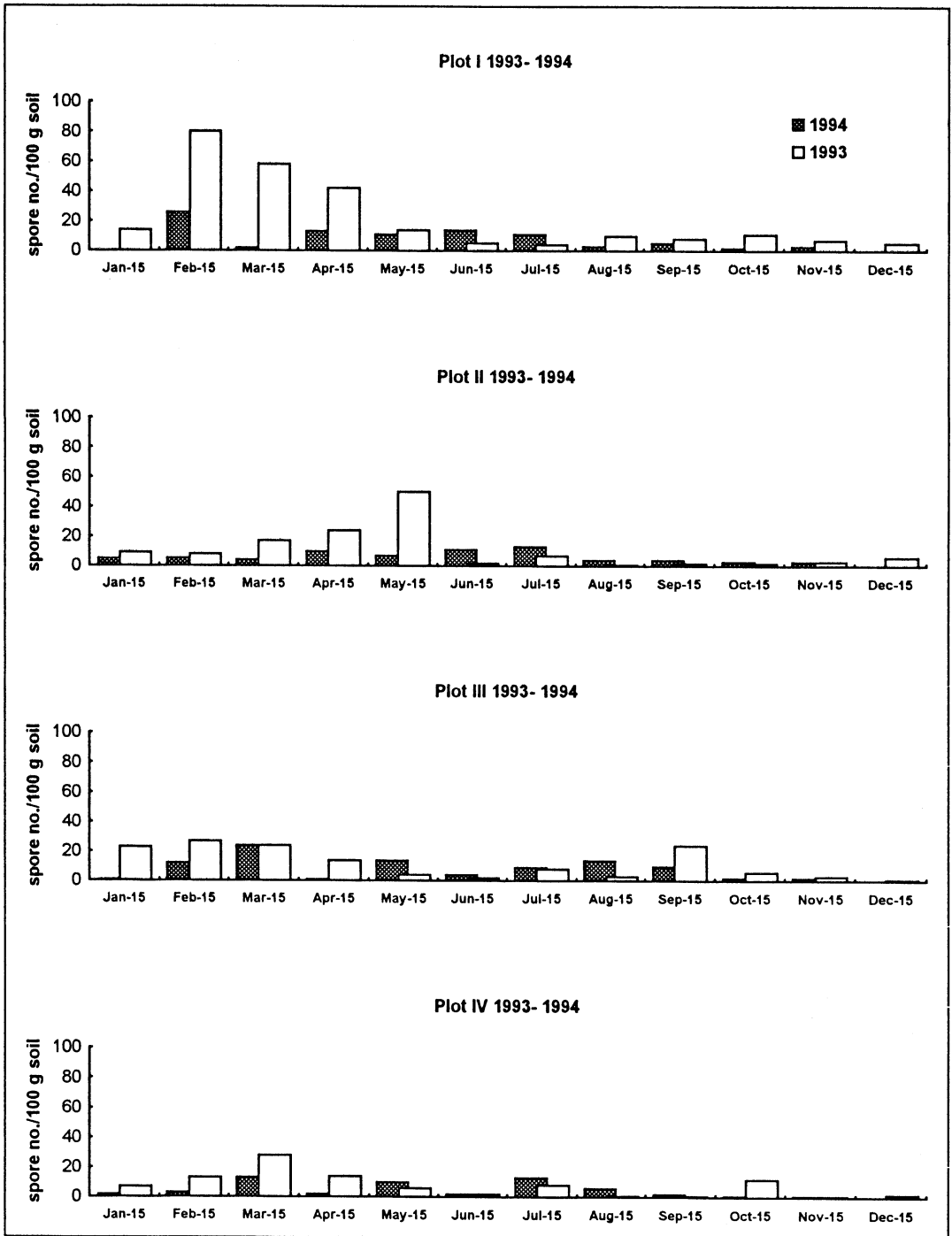


圖 1. 叢枝內生菌根菌在不同輪作制度田的變化情形。第一區：水稻連作區 第二區：一期水稻二期玉米輪作區 第三區：一期玉米二期水稻輪作區 第四區：玉米連作區

Fig. 1. Spore production of arbuscular mycorrhizal fungi in different cropping systems. Plot I -rice continuous cropping system, Plot II -1st rice-2nd corn rotation system, Plot III -1st corn-2nd rice rotation system, Plot IV -corn continuous system.

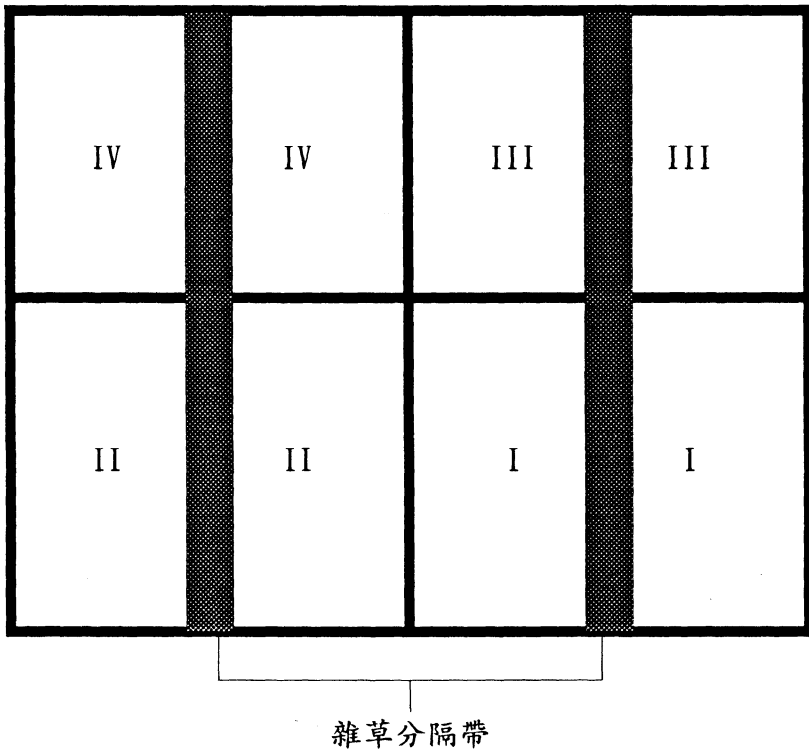


圖 2. 臺灣省農業試驗所六十八號田區試驗區域劃分概況

Fig. 2. Four cropping systems in #68 field, TARI. A grass zone segregates each plot into two parts.

表 2. 菌根菌孢子於四種輪作制度田中之月平均產量 (每百克土)

Table 2. Average production of arbuscular mycorrhizal fungal spores in four cropping systems.

Year	Rotation		Cropping Systems	
	I <sup>y</sup>	II	III	IV
1992 <sup>z</sup>	6.80 ± 4.00	5.10 ± 5.20	10.00 ± 4.10	3.60 ± 3.70
1993	21.50 ± 29.80	10.92 ± 15.15	11.61 ± 10.84	7.86 ± 9.21
1994	8.15 ± 10.39	6.33 ± 4.75	8.54 ± 7.84	5.18 ± 5.02

(spore no./100gm soil)

<sup>z</sup> data collected from July to December, 1992.

<sup>y</sup> I, II, III, IV same as in Table 1.

表 3. 四種輪作制度田中土壤有效磷含量之比較  
 Table 3. Quantitative comparison of available phosphate in four rotation cropping systems.

Bray-P (mg kg <sup>-1</sup> soil)								
Plots	1987(2nd) <sup>z</sup>	1988(2nd)	1989(2nd)	1990(2nd)	1991(2nd)	1992(1st)	1992(2nd)	1993(1st)
I <sup>y</sup>	11.3	13.2	35.5	18.3	22.5	28.0	23.2	26.5
II	12.7	3.7	35.7	33.8	26.8	24.0	42.3	27.2
III	9.7	11.3	33.2	20.0	24.7	29.0	26.7	46.0
IV	16.0	42.5	63.7	64.2	74.0	67.0	63.5	47.5

<sup>z</sup> sample collected after the crop harvested.

<sup>y</sup> I, II, III, IV same as in Table 1.

## 二、溶磷微生物

內生菌根菌的孢子產量與溶磷菌族群數有互為消長的現象。這種現象，在1993年三月至七月的第一期作生長期最明顯（圖3）。在三月初期，內生菌根菌孢子數量最多而溶磷菌數相對減少。反之，在七月時溶磷菌逐漸增多。在九月至十一月期間種植第二期作時，在水稻連作區與玉米連作區，也發現溶磷菌數與內生菌根菌，有類似消長的現象（圖3，6）。但在一期水稻二期玉米的輪作區內，在九月至十一月期間，溶磷菌數與內生菌根菌數皆有增加的趨勢（圖4）。而在一期玉米二期水稻的輪作區內，溶磷菌數與內生菌根菌則有相對減少的現象（圖5）。在1994年的調查結果與1993年略有不同。在一期水稻田中菌根菌數量逐漸增加而溶磷菌卻在逐漸減少（圖7，8）。在一期的玉米田中菌根與溶磷菌皆隨著作物的成熟而逐漸減少（圖9，10）。在二期作中，無論是水稻或玉米，皆因不同輪作制度的變化而使得溶磷菌與菌根菌數量的消長有不同的差異。此種菌根菌與溶磷菌互為消長的現象，與過去所報導的菌根菌可促進或抑制根圈微生物的族群數顯然有所不同<sup>(2,4,12)</sup>。有關溶磷菌數與內生菌根菌族群互動的原因有待進一步的探討。

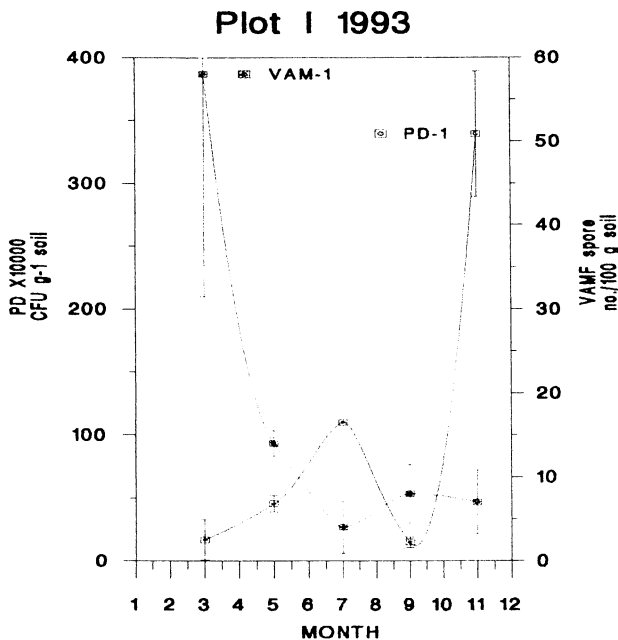


圖 3. 囊叢枝內生菌根菌與溶磷微生物在水稻連作制度下的消長情形  
 Fig. 3. Succession of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate-dissolving microbes (PD) in plot I-rice continuous cropping system.

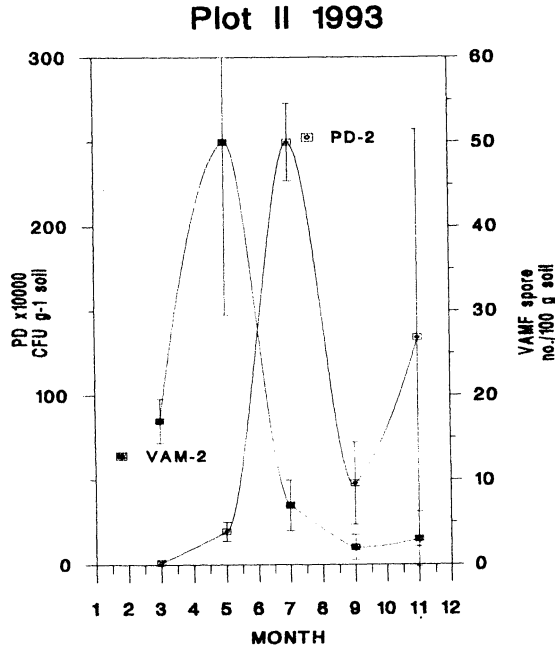


圖 4. 囊叢枝內生菌根菌與溶磷微生物在一期水稻、二期玉米輪作制度下的消長情形  
 Fig. 4. Succession of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate-dissolving microbes (PD) in plot II-1st rice-2nd corn rotation system.

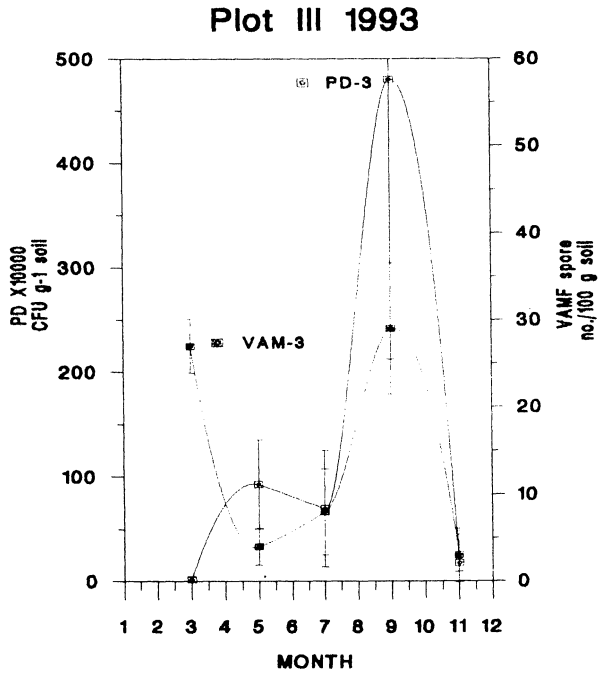


圖 5. 囊叢枝內生菌根菌與溶磷微生物在一期玉米、二期水稻輪作制度下的消長情形  
 Fig. 5. Succession of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate-dissolving microbes (PD) in plot III-1st corn-2nd rice rotation system.

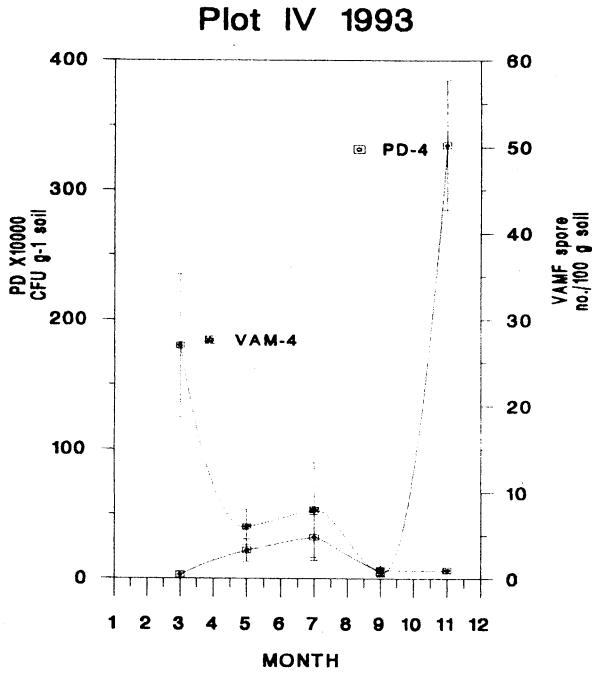


圖 6. 囊叢枝內生菌根菌與溶磷微生物在玉米連作制度下的消長情形  
 Fig. 6. Succession of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate-dissolving microbes (PD) in plot IV-corn continuous system.

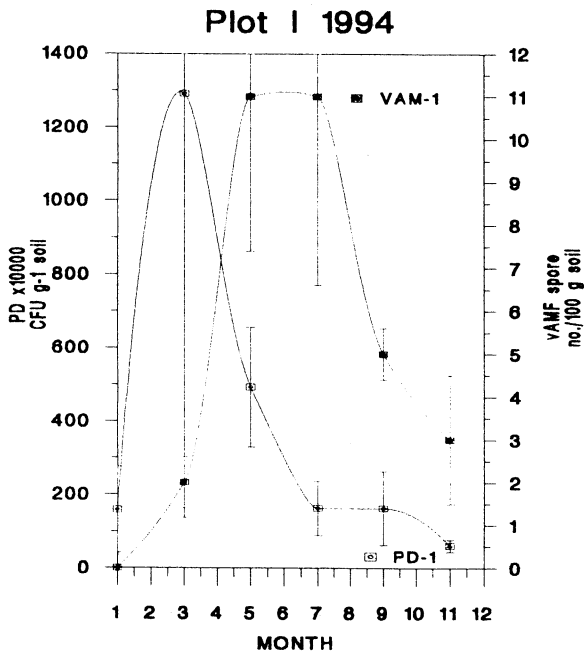


圖 7. 囊叢枝內生菌根菌與溶磷微生物在水稻連作制度下的消長情形  
 Fig. 7. Succession of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate-dissolving microbes (PD) in plot I-rice continuous cropping system.



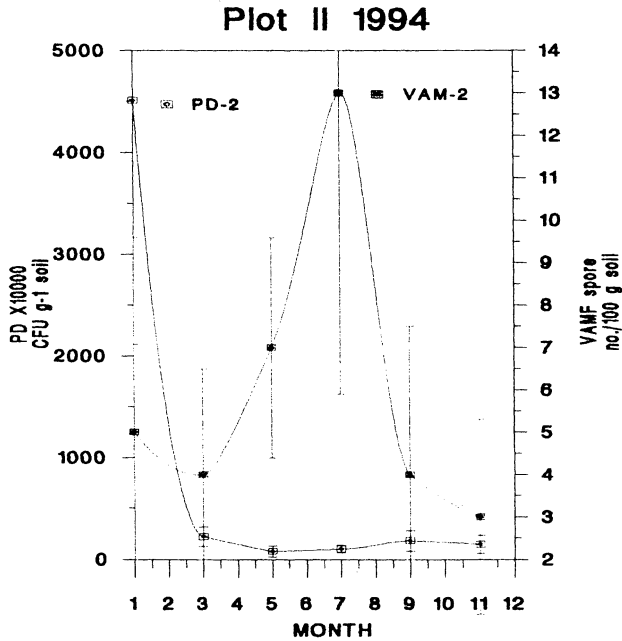


圖 8. 囊叢枝內生菌根菌與溶磷微生物在一期水稻、二期玉米輪作制度下的消長情形  
 Fig. 8. Succession of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate-dissolving microbes (PD) in plot II-1st rice-2nd corn rotation system.

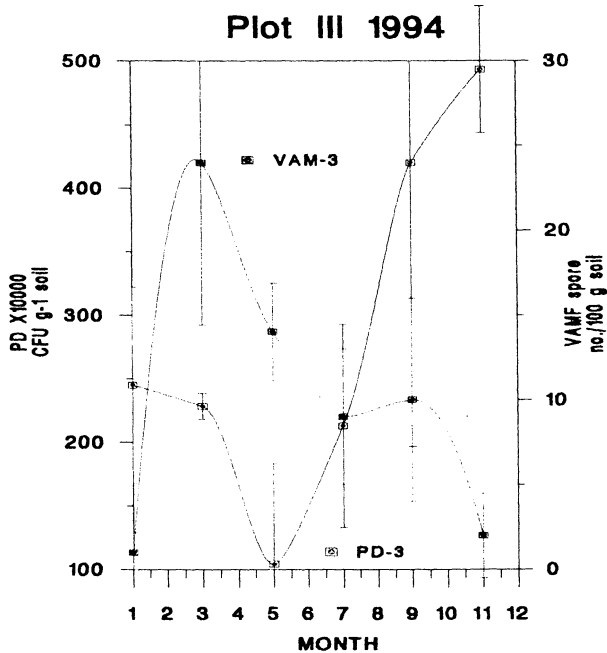


圖 9. 囊叢枝內生菌根菌與溶磷微生物在一期玉米、二期水稻輪作制度下的消長情形  
 Fig. 9. Succession of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate-dissolving microbes (PD) in plot III-1st corn-2nd rice rotation system.

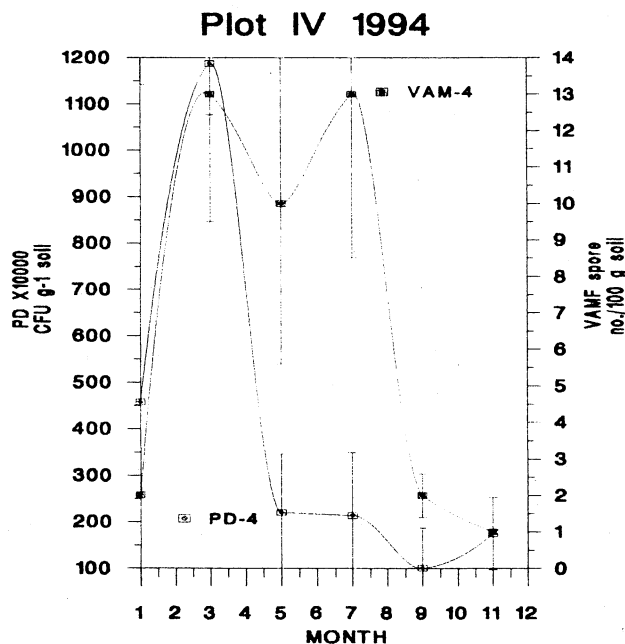


圖 10. 囊叢枝內生菌根菌與溶磷微生物在玉米連作制度下的消長情形  
 Fig. 10. Succession of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate-dissolving microbes (PD) in plot IV-corn continuous system.

### 誌 謝

本研究經費係來自農委會計畫 (83科技—2.6—糧—57) , 在此致謝。

### 引用文獻

1. Agrios, G. N. 1988. Plant pathology. p. 803. Academic Press, New York.
2. Ames, R. N., C. P. P. Reid, and E. R. Ingham. 1984. Rhizosphere bacterial populations response to root colonization by a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus. *New Phytol.* 96 : 555—563.
3. Atlas, R. and R. Bartha. 1993. Interactions between microorganisms and plants. pp. 69—102. In: *Microbial Ecology*. The Benjamin/Cummings Publishing Co., Inc.
4. Christensen, H. and I. Jakobsen. 1993. Reduction of bacterial growth by a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus in the rhizosphere of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Biol. Fert. Soil* 15 : 253—258.
5. Daniels, B. A. and H. D. Skipper. 1982. Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil. pp. 20—45. In: *Methods and principles of mycorrhizal research*, (N. C. Schenck, ed.) The American Phytopathological Society, St. Paul.
6. Hayman, D. S. 1970. *Endogone* spore numbers in soil and vesicular-arbuscular mycorrhizae in wheat as influenced by season and soil treatment. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 54: 53—63.
7. Ilag, L. L., A. M. Rosales, F. A. Elazegui and T. W. Mew. Changes in the population of infective endomycorrhizal fungi in a rice-based cropping system. *Plant and Soil* 103: 67—73.
8. Joaquim, T. R., V. L. Smith and R. C. Rowe. 1988. Seasonal variation and effects of wheat rotation

- populations of *Verticillium dahliae* Kleb. in Ohio potato field soils. Am. Potato J. 65: 439—447.
9. Korpraditskul, V., S. Jiwajinda, R. Korpraditskul, S. Wicharn, and C. Ratanagreetakul. 1987. Side effects of three herbicides on soil microorganisms. Kasetsart Journal fo Natural Sciences 22: 54—66.
  10. Koske, R. E. and B. Tessier. 1983. A convenient, permanent slide mounting medium. Newsletter Mycol. Soc. Amer. 34(2) : 59.
  11. Miranda, J. C. C., P. J. De Hareis, and A. Wild. 1989. Effects of soil and plant phosphorus concentrations of vesicular-arbuscular mycorrhiza in sorghum plants. New Phytol. 112 : 405—410.
  12. Meyer, J. R. and R. G. Linderman. 1986. Selective influence on populations of rhizosphere bacteria and actinomycetes by mycorrhizas formed by *Glomus fasciculatum*. Soil Biol. Biochem. 18 : 191—196.
  13. Ploetz, R. C., D. J. Mitchell, and R. N. Gallaher. 1985. Population dynamics of soilborne fungi in a field multicropped to rye and soybean under reduced tillage in Florida. Phytopathology 75: 1447—1451.
  14. Rothrock, C. S. and B. M. Cunfer. 1986. Absence of take-all decline in double-cropped fields. Soil Biol. Biochem. 18 : 113—114.
  15. Schenck, N. C. and R. A. Kinloch. 1980. Incidence of mycorrhizal fungi on six field crops in monoculture on a newly cleared woodland site. Mycologia 72 : 445—456.
  16. Schenck, N. C. and Y. Perez (Editors) 1988. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. p. 241. INVAM, Gainesville.
  17. Sutton, J. C. and G. L. barron. 1972. Population dynamics of *Endogone* spores in soil. Can. J. Bot. 50 : 1990—1914.
  18. Tamimi, K. M., H. A. Hadwan, and N. I. Nashaat. 1987. Seasonal fluctuation in the rhizosphere fungi of potato. Indian Phytopathology 40 : 555—557.
  19. Wu, Chi-Guang. 1994. General survey of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi ans its use in agriculture. pp.131—156. In: Proceeding of a symposium on development and utilization of microbial fertilizer. (C. C. Tu, Y. S. Cheng and M. F. Chuang, ed.)
  20. 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.

# Microbial Succession in Different Rotation Cropping Systems<sup>1</sup>

## I. Fluctuations of VA Mycorrhizal Fungi and Phosphate-Dissolving Microbes

Chi-Guang Wu, Yen-Sher Liu, Shiuan-Yuh Chien and Tzean-Wei Tan<sup>2</sup>

### Summary

Between 1993 and 1994, four different cropping systems, namely rice continuous, rice-corn rotation, corn-rice rotation, and corn continuous cropping systems, were selected for the study of microbial succession. There were two fallow periods in these farming systems i. e. July-August and December-April. The vesicular-arbuscular mycorrhizal fungal (VAMF) spore production was maximal in the second fallow period. Weeds in the fallow field may play an important role in the spore production. Among the four cropping systems, corn continuous cropping system produced least spores and this was attributed to the high level of available phosphate in the soil. Totally, the production of VAMF spore in 1994 is less than in 1993.

In 1993, the populational growth of VAMF was negatively correlated with that of phosphate-dissolving microorganisms (PD). This phenomenon was obvious in the first crop from March to July. In the second crop, negative correlation was also observed in the rice and corn continuous cropping systems. However, the other two systems showed another type of succession. In 1994, the population of VAMF and PD showed different patterns of fluctuations if compared with that of 1993.

The VAMF species was selected by the crops growing in different cropping systems. *Glomus mosseae* was highly correlated with the planting of rice. In the rotation or corn continuous cropping systems, *Glomus geosporum*, *G. manihots* and *Acaulospora elegans* were dominant species.

**Key words :** Microbial flora, vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, phosphate-dissolving microbes, succession.

1. Contribution No. 1783 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Respectively, Soil Microbiologist, Research Assistant, Assistant Agricultural Chemist, Assistant Agricultural Chemist, Department of Agricultural Chemistry, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.