

國立臺灣大學森林系研究報告
林務局研究計畫

紅樹林生態與菌根相關性之研究
(一)土壤性質、菌根菌種類與菌根形態
**Study on the Relationship between Mangrove
Forest Ecology and Mycorrhizae (I) Soil
Characteristics, Mycorrhizal Fungi
and Morphology of Mycorrhizae**

胡弘道(Hu, Hung-Tao)

國立台灣大學森林學系森林土壤與菌根研究室
中華民國七十七年五月印行

Forest Soil and Mycorrhizae Research, Dept. of Forestry,
National Taiwan University,
Taipei, Taiwan, R.O.C.
May, 1988

目 錄

	頁 次
摘 要	1
前 言	2~3
材料與方法	3~6
結 果	6~19
討 論	20~21
參 考 文 獻	22~24
圖 版	25~40

摘 要

水筆仔在水生條件下，甚少有菌根感染，內生菌根孢子數亦少，然在受潮水影響較少之土壤，則內生菌根頻度及孢子數皆明顯增加，顯示菌根化爲水筆仔在陸地生存之必需條件。由菌根合成試驗可知，陸地上之內生菌根菌亦能與水筆仔形成內生菌根，故若水筆仔在陸上生長時，將可不依賴固有菌種。

本研究確定紅樹林土壤之內生菌根菌種共 18 種，其中 8 種爲新種，另未確定學名者共 6 種，分別以圖及文在此報告中敘述。

[關鍵詞] 紅樹林、水筆仔、菌根

English Summary

In this report the soil characteristics of mangrove forest (*Kandelia candel* (L.) Druce) in Chu-Wei and Tang-Sui, in northern part of Taiwan, were described. 18 species of endomycorrhizal fungi were identified and described, among which eight species were new speceis. Six species of endomycorrhizal fungi were not yet identified.

Kandelia candel formed few mycorrhizae, if the rootsystem was longer submerged in tidewater of in riverwater. Their mycorrhizal frequency and spore production were greatly increased in the habitat, where the rootsystem was little submerged in water.

The fine rootlets of *K. candel* could form VA mycorrhizae with *Glomus clarum* isolated from the rhizosphere of China-fir.

[Key words] mangrove forest, *Kandelia candel*, mycorrhizae.

紅樹林生態與菌根相關性之研究

(一)土壤性質、菌根菌種類與菌根形態

一、前 言

有關紅樹林的生態報告（呂光洋，1982；周昌宏、姚正，1980；周昌宏、楊棋明，1981；周昌宏、黃文勳，1982；陳明義，1981；陳明義等 1976；Cintron *et al.* 1985；Lugo and Snedaker, 1974），至今仍未見有任何學者論及其與菌根之關係。吾人知悉今日之陸地植物，早期乃由水生植物經長久衍化後始能在陸地生存，此認為與菌根之形成具有密切關係（Trappe，1977）。雖然水生植物的菌根並不常見（Bagyaraj *et al.*, 1979），然其是否能進入陸地繁衍，若從菌根問題去試驗、探討，則是頗確實具的。地球上許多植群的分布頗受菌根型的影響，如寒冷及溫帶地區的林型，大部屬外生菌根，而熱帶及亞熱帶地區的植群，大部為內生菌根的。

有關紅樹林的菌根研究仍未有報告向世，究竟紅樹林的生長與分布是否與菌根有關，又其關係程度如何？乃具理論與應用之價值。紅樹林共有 11 科 55 種（Chapman, 1970）分布於地球南緯可至 40°（紐西蘭海岸）、北緯可達 35°（日本海岸）（Walsh, 1974）。紅樹林生態體系乃屬海潮林，最良的結構化育發生於濕潤之熱帶。本省竹圍至淡水河口之紅樹林為現存面積最大的水筆仔純林，年平均溫為 21.94℃（中央氣象局，民國六十一年），由於其現在之生長分布區，土壤性質及潮水淹蓋程度或呈明顯不同，因之在探求其與菌根衍變之關係

時，將對可否改變水筆仔（或紅樹林）必需在河口或海灣生育的說法，具革命性的創意。本計畫之目的，乃在了解紅樹林生長與菌根之相關性，第一年旨在確定淡水水筆仔生育地之土壤性質、水筆仔菌根型、菌根菌種類及菌根合成試驗。

二、材料與方法

本研究之試驗地區為於竹圍淡水河口淤泥地之水筆仔林分（圖一），於此區中分別在如圖一所示之 7 點，分別採取 30 公分深之土壤經充分混合後，作為土壤分析及篩選孢子之樣品，同時於各點附近採取水筆仔根系，以供鑑定菌根。

1 土壤性質分析

(1)土壤質地——取通過篩孔直徑 2 mm 之烘乾土各 90 ~ 100 克，以鮑氏比重計法（Bouyoucos, 1951）測定之。

(2)土壤 pH 值——取通過篩孔直徑 2 mm 之烘乾土各 20 克，分別以 1 : 2 (W / V) 之蒸餾水及 0.01N KCl 持續攪拌 40 分鐘後，以 pH 玻璃電極測定。

(3)土壤電導度——取通過篩孔直徑 2 mm 之烘乾土各 200 克，分別加入蒸餾水至土壤呈泥濘狀後，即以抽出之過濾液測定之（Rhoades, 1982）。

(4)土壤陽離子置換容量（CEC）——取通過篩孔直徑 1mm 之烘乾土，以中性醋酸銨法抽出後，測定之（Wilde *et al.*, 1979）。

(5)土壤全氮量——取通過篩孔直徑 1mm 之烘乾土各約 1 克，以 Kjeldahl 法測定（Bremner and Mulvaney, 1982）。

(6)土壤有效磷——取通過篩孔直徑 1mm 之烘乾土各 5 克，經

NaHCO₃ 抽出後，以 Spectrophotometric 70 於光波長 660 nm 下測定 (Olsen and Sommers, 1982)。

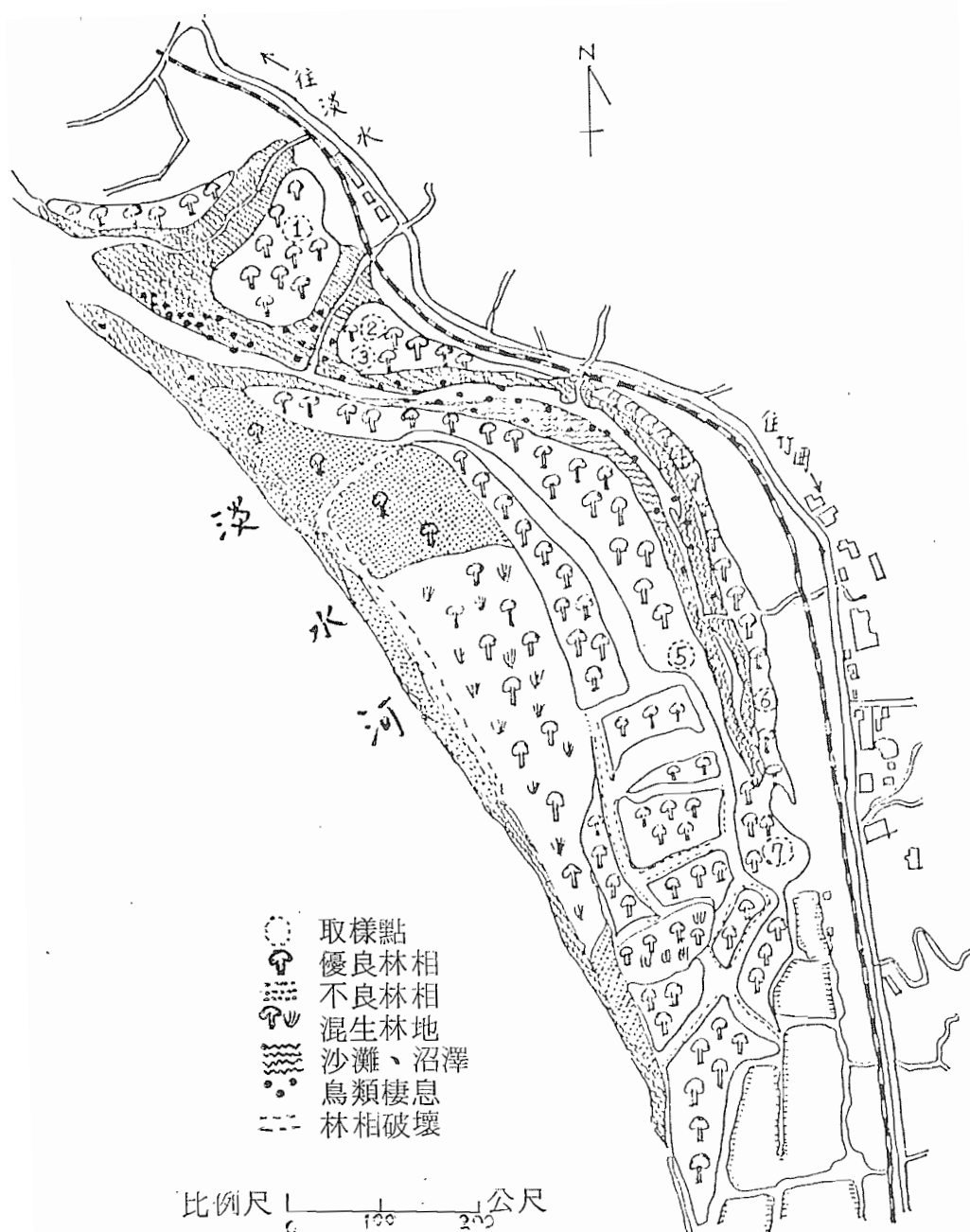
(7) 土壤有機質含量——取通過篩孔直徑 1mm 之烘乾土各約 100~300mg，以濃硫酸及重鉻酸鉀溼氧化後，用硫酸亞鐵鉍定量之 (Scho-lenberger, 1931)。

2 菌根形態的觀察

將上述 7 個試驗點所挖取土壤中之水筆仔根系取出後，以自來水沖洗乾淨，旋放入培養皿水中，並置於 30 倍立體顯微鏡下觀察其形態。部分根系經甲基藍染色後，即置於光學顯微鏡下觀察 (Hayman, 1970)；部分根系，切成 2mm 長之片斷後，經前固定及後固定過程及脫水與鍍金後，置於掃描電子顯微鏡下觀察及照像 (胡弘道，1981)

3 菌根菌的分離與分類

於各取樣點分別於 76 年 4 月及 10 月中旬，在水筆仔根域至 30 公分深處所採約 2 公斤之土壤，携回實驗室後，以 100 cm³ 採土圓筒於每一試點之土壤取 400 cm³ 土壤，用濕篩傾倒法 (sieving and decanting method) (Gerdemann and Nicolson, 1963) 分別通過直徑為 1mm、425 μ m、210 μ m、105 μ m 及 74 μ m 之銅篩分離孢子並保存於 100ml 之燒杯中，以吸管吸出之孢子懸浮液置於培養皿中，再於 30 倍立體顯微鏡下分類及計數。分離之孢子置於含有 1 滴乳酚或 PVL (Polyvinyl alcohol)、或 A.H. 溶液 (Andre's and Hoyer's solution) 之切片上，以蓋玻片封閉後，即置於光學顯微鏡下觀察其特徵及分類。各孢子種類之鑑定主依據 Gerdemann and Trappe (1974)、Nicolson and Schenck (1979)、Schenck and Pérez (1987)、Trappe (1982) 及 Walker and Sanders (1986) 之分類為準。部分孢子經前固定後，於 SEM 下觀察其形態特徵，方法同前述報告 (胡弘道，1986)。



圖一 竹圍淡水紅樹林之分布與取樣點

4. 菌根合成試驗

於 76 年 5 月中旬將水筆仔胎生種子摘下携回實驗室後，即以無菌水沖洗乾淨，旋植於經高溫、高壓（ 121°C 、 $1.7\text{Kg}/\text{cm}^3$ ）殺菌過已與 *Glomus clarum* 感染有菌根之杉木幼苗根系旁中生長（Plate II 圖 B），經 6 個月後取出水筆仔幼苗根系，以自來水沖洗乾淨後，即置於立體顯微鏡下觀察並照像，部分根系經前固定與後固定後，作 SEM 之觀察及照像（胡弘道，1986）。

三、結 果

紅樹林土壤之一些理化性質如表 1 所示。土壤中內生菌根孢子量，因採樣地點而變異甚大（見表 1）。在此研究地點內已確定有學名之內生菌根菌種共 18 種，其中 8 種為新種，未確定學名者共 6 種，所有孢子之形態分別示於圖版 IV B 至圖版 XIII 之圖片中。水筆仔菌根屬內生菌根，在受長期水浸濕之地區，甚少有菌根形成，然在只短暫受潮水浸濕區（如 1、2、7 等取樣點），則不僅有較多孢子，且根系甚多已感染有菌根（圖版 IVA）。

所有活的孢子只發生於繡球菌屬（*Glomus*）及無柄孢子屬（*Acaulospora*），已確定學名之繡球菌屬共 16 種，未確定者有 2 種，已確定學名之無柄孢子屬共 2 種，未確定者共 4 種，茲將其各種之特徵，分述於次。

表 1 紅樹林土壤之一些理化性質及每 100 cm³ 土壤之內生菌根孢子數

採 樣 地 號	項 目	導電度 mmhos/ cm	土壤有效磷 (available P) ppm	砂粒 (S) %	粒 (U) %	粘粒 (T) %	土壤質地 Soil texture	陽離子置換 容量 (CEC) meq/100g soil	菌根百分率 mycorrhiza infection percentage	pH	全氮 total N %	有機物 organic matter %	內生菌根 孢子數 spore No.
1		17.50	2.50	68.2	20.7	11.8	砂質壤土	10.78	11	6.2	0.05	1.75	245
2		18.65	2.75	39.6	34.3	26.1	壤土	—	9	6.0	0.12	2.78	251
3		9.10	3.46	15.1	75.2	9.7	粉質壤土	17.65	1	6.1	0.23	7.46	62
4		22.50	3.78	29.4	49.1	21.5	壤土	19.25	1	5.7	0.11	5.48	47
5		21.70	4.12	13.1	78.3	8.6	粉質壤土	20.78	1	5.4	0.10	11.05	39
6		23.50	5.10	14.0	77.4	8.6	粉質壤土	21.85	5	6.2	0.13	7.23	112
7		28.85	5.43	17.4	64.2	18.2	粉質壤土	—	10	6.1	0.15	6.53	207

Glomus boreale (Thaxter) Trappe & Gerd. Mycologia Memoir No. 5. p 58-59. 1974.

(Plate VI, Fig. A, Slide: Hu-217)

= *Endogone borealis* Thaxter, Proc. Am. Acad. Arts Sci. 57: 318. 1922.

Chlamydospores singly in Soil, globose to subglobose 110-120 μm , dull brown. Spore walls 8-10 μm thick, outer hyaline 0.5 μm thick, middle 6-8 μm , orange brown, laminated, inner yellow brown, 0.5 μm thick, membranous. Subtending hypha 8-12 μm diam at the spore base, wall 2-3.3 μm thick.

厚壁孢子在土壤單獨產生、球形至亞球形、110-120 微米、不明顯的褐色。孢子壁 8 - 10 微米厚、外層透明、0.5 微米厚、中層 6 - 8 微米、橙褐、薄片化的，內層黃褐、0.5 微米、膜的結構。延伸菌絲在孢子基部之直徑 8 - 12 微米、壁 2 - 3.3 微米厚（圖版 VI，圖 A）。

Glomus intraradices Schenck & Smith, Mycologia 74(1): 77-92. 1982. (Plate VI, Fig. B, Slide: Hu-150)

Chlamydospores formed singly or in clusters in soil, globose to subglobose, 60-100 μm , dull brown. Spore walls 4-8 μm thick, yellowish brown to gray-brown, appearing greenish brown with transmitted light, outer hyaline 0.5 μm thick, middle 4-7 μm thick, gray-brown, laminated, inner 0.5 μm thick, black, membranous. Hyphal attachment 25-30 μm wide with a wall thickness 5 μm at the spore base.

厚壁孢子在土壤單獨或叢生、球形至亞球形、60 - 100 微米、不明顯的褐色。孢壁厚 4 - 8 微米、黃褐至灰褐，在穿透光下呈綠褐色，外層透明 0.5 微米厚、中層 4 - 7 微米厚、灰褐、薄片的，內層 0.5 微米厚、黑、膜的結構。延伸菌絲與孢子接觸位置之寬 25 - 30 微米、壁厚 5 微米（圖版 VI，圖 B）。

Glomus fragilis (Berk. & Broome) Trappe & Gerdemann, Mycologia Memoir No. 5.

p. 59-60. 1974. (Plate V, Fig. D, Slide: Hu-521)

= *Paurocotylis fragilis* Berk. & Broome, J. Linn. Soc. London 14: 137. 1875.

Chlamydospores singly in soil, globose to subglobose, 55-65 μm , light yellow. Spore walls 5-6 μm thick, outer hyaline 0.5 μm thick, middle yellow, greenish yellow to orange brown, 4-5 μm thick, laminated, inner orange brown to greenish brown, 0.5 μm thick, membranous, the opening separated by a septum. Hyphal attachments $\pm 5 \mu\text{m}$ diam, inconspicuous.

厚壁孢子單獨在土壤產生、球形至亞球形、55 - 65 微米、淡黃。孢子壁 5 - 6 微米厚、外層透明、0.5 微米厚，中層黃色、綠黃至橙褐、4 - 5 微米厚、薄片化，內層橙褐至綠褐、0.5 微米厚、膜的構造，開口由隔膜分隔。菌絲接觸位置直徑約 5 微米、菌絲不明顯（圖版 V，圖 D）。

Clomus fasciculatum (Thaxter & Gerdemann) Gerdemann & Trappe, Mycologia Memoir No. 5. p. 51-53. 1974. (Plate V, Fig. B & C, Slide: Hu-162, -507)

= *Endogone macrocarpa* f. *media* Tul. & Tul., Fungi Hypogaei, p. 182. 1851.

= *Endogone fasciculata* Thaxter, Proc. Am. Acad. Arts Sci. 57: 308-309. 1922. Emend. Gerdemann, Mycologia 57: 562-575. 1965.

= *Endogone arenacea* Thaxter, Proc. Am. Acad. Arts Sci. 57: 317. 1922.

= *Rhizophagites butleri* Rosend, Bull. Torrey Bot. Club 70: 131. 1943.

Chlamydospores borne free in soil, in loose aggregations. Chlamydospores globose to subglobose, yellow-brown to orange brown, 61(-108) X 70(-100) μm , smooth. Spore walls highly variable in thickness (5-9 μm), outer hyaline 0.5-1.7 μm thick, inner yellow brown 4-7.5 μm thick, laminated, the thicker walls often minutely perforated. Hyphal attachments 10-12 μm diam, occluded by wall thickening at maturity. Walls of attached hyphae often thickened to 3-4 μm near the spore.

厚壁孢子在土壤單獨或以疏鬆聚塊產生。厚壁孢子

球形至亞球形、黃褐至橙褐、 $61(-108) \times 70(-100) \mu\text{m}$ 、表面平坦。
。孢子壁厚度變異大(5 - 9 微米)、外層透明 0.5 - 1.7 微米厚，內
層黃褐 4 - 7.5 微米厚、薄片的，較厚之孢壁常有細的穿孔。菌絲接觸
位置之直徑 10~12 微米，成熟時被增厚之孢壁阻塞。近孢子處之接觸
菌絲壁常增厚至 3 - 4 微米(圖版 V，圖 B 與 C)。

Glomus claroideum Schenck & Smith, Mycologia 74(1). p. 77-92. (Plate V, Fig. A.
Slide: Hu-507.)

Sporocarps unknown. Chlamydospores formed singly or loose clusters in the soil, globose to subglobose, $75(-90) \times 80(-95) \mu\text{m}$, orange brown; spore wall consisting of 3 walls, outer hyaline 1.6 μm thick, middle brown 7-8 μm thick, laminated, inner dark brown, 0.5 μm thick, membranous. Subtending hypha 17-19 μm wide at the spore attachment with thick walls (7 μm) extending up to 70 μm below the spore. Pore opening to the chlamydospore 5 μm in width with a bulging septum in the pore separating the spore contents from the subtending hyphae.

孢子果不知。厚壁孢子在土壤單獨產生或叢生，球形至亞球形，
 $75(-90) \times 80(-95)$ 微米，橙褐色；孢子壁共 3 層，外層透明、1.6
微米厚；中層褐色、7 至 8 微米厚、薄片的；內層暗褐、0.5 微米厚
、膜的構造。延伸菌絲在孢子接觸位置寬 17 - 19 微米、厚壁(7 微
米)可延伸至孢子下 70um 長之位置。延伸菌絲有孔(5 微米寬)通
至厚壁孢子，由一鼓起之隔膜分隔孢子(圖版 V，圖 A)。

Glomus pustulatum Koske, Fries, Walker et Dalpé, Mycotaxon 26: 143-149. 1986.
(Plate VI, Fig. C, Slide: Hu-163).

Chlamydospores formed singly in soil, globose to subglobose, 85-100 μm , yellow brown to orange brown. Spore wall 5 μm thick; outer hyaline 0.5 μm , evanescent, the

second layer 1,6 μm thick, orange brown, unit wall, the third layer yellow, 4 μm thick, laminated, the fourth layer yellow, 0,5 μm thick, membranous. Subtending hypha straight or recurved, pale yellow to greenish yellow.

厚壁孢子在土壤單獨形成、球形至亞球形、85-100 微米、黃褐至橙褐。孢壁 5 微米厚、外層透明 0.5 微米厚、易消失，第二層 1.6 微米厚、橙褐、單位結構，第三層黃色、4 微米厚、薄片的，第四層黃色、0.5 微米厚，膜的結構。延伸菌絲直或彎曲、淡黃至綠黃。

Glomus versiforme (Karsten) Berch. Can. J. Bot. 61(10): 2608-2617. 1983. (Plate VI, Fig. D, Slide: Hu-507)

= *Endogone versiformis* Karsten, Hedwigia, 23: 39. 1884.

= *Glomus epigaeum* Daniels & Trappe, Can. J. Bot. 57: 540. 1979.

Chlamydospores globose to subglobose, 100-120 μm , dull yellow to orange-brown. Spore wall 5-7 μm thick, outer hyaline 0,5 μm , middle yellow brown to orange brown 5-6 μm thick, laminated, inner greenish brown 1 μm thick, membranous. Subtending hypha 10 μm diam at the spore base, straight, pore separated by an inner membrane.

厚壁孢子球形至亞球形、100-120 微米、模糊的黃色至橙褐。孢壁 5-7 微米厚、外層透明 0.5 微米厚、中層黃褐至橙褐 5-6 微米厚、薄片的，內層綠褐 1 微米厚、膜的結構。延伸菌絲在孢子基部之直徑 10 微米寬、直的、孔被內膜阻隔（圖版 VI，圖 D）。

Glomus microcarpum Tul. & Tul. Giorn. Bot. Ital. 2: 63. 1845. (Plate VII, Fig. A, Slide: Hu-506)

= *Endogone microcarpa* (Tul. & Tul.) Tul. & Tul. Fungi Hypogaei. p. 182. 1851.

= *Endogone neglecta* Rodway, Proc. Roy. Soc. Tasmania. 1917: 107. 1918.

Chlamydospores formed singly or loose clusters in the soil, globose to subglobose, 35-45 μm , yellow brown to orange-brown. Spore wall laminated, 3-3,5 μm thick, yellow or orange-brown. Hyphal attachment at the spore base 10 μm diam. The pore in the subtending hypha separated by inner membrane.

厚壁孢子在土壤單獨或疏鬆叢生、球形至亞球形、35-45微米、黃褐至橙褐。孢壁薄片的、3-3.5微米厚、黃或橙褐，孢子基部之接觸菌絲直徑10微米。延伸菌絲孔被內膜分隔（圖版Ⅶ，圖A）。

Glomus mosseae (Nicol. & Gerd.) Gerdemann & Trappe, Mycologia Memoir No. 5. p 40-41. 1974. (Plate VII, Fig. B, Plate XII, Fig. A, Slide: Hu-520)
= *Endogone mosseae* Nicol. & Gerd. Mycologia 60: 314-315. 1968.

Chlamydospores formed singly in the soil, yellow to brown, globose to ovoid, ob-ovoid, 110-220 μm , with funnel-shaped bases 12-18 μm diam, divided from subtending hyphae by a curved septum; walls 5-6 μm thick, with a thin hyaline outer membrane and a thick, brownish yellow inner layer.

厚壁孢子在土壤單獨形成、黃至褐、球形至卵形或橢圓形、110-220微米，延伸菌絲漏斗形，由彎曲之隔膜阻隔、菌絲在孢子基部直徑12-18微米。孢壁5-6微米厚、具一薄透明之外膜及一厚的、褐黃色之內壁（圖版Ⅶ，圖B，圖版Ⅺ，圖A）。

Glomus tortuosum Schenck & Smith, Mycologia 74(1): 77-92. 1982. (Plate VII, Fig. C, slide: Y-150)

Chlamydospores formed singly in soil, yellow to dull gray-brown with a mantle of sinuous hyphae closely appressed to the spore and flattened, 4-10 μm wide, globose to subglobose, 200-215 μm . Spore walls, yellow, 1-2 μm thick, laminated. Hyphal attachment at the spore base 25-30 μm diam.

厚壁孢子在土壤單獨形成，黃至不明亮之灰褐、表面被密集彎曲之菌絲所覆蓋、菌絲直徑4-10微米，孢子球形至亞球形、200-215微米。孢壁黃色、1-2微米厚、薄片的。在孢子基部之延伸菌絲直徑25-30微米（圖版Ⅶ，圖C）。

Glomus kandelium Hu, sp. nov. (Plate VII, Fig. D, Slide: Hu-251)

Sporocarpia ignota. Chlamydosporae globosae vel subglobosae, 70(-80) $\times$ 60(-70) μ m diametro, diluto-brunneae vel brunneae. Tunica sporae strata trium in uno turma, externa hyalina, evanescens, ± 0.8 μ m crassa, media diluto-brunnea vel brunnea, 8-11,6 μ m crassa, laminata, interna brunnea, ± 0.8 μ m crassa, membranacea. Tunica externae perducta secus hypham subtendentem ad 33 μ m. Hyphae subendentes 5 μ m diametro ad sporam basem, decrescentes in sporis tunicis 3 μ m diametro, tunicae 1,5 μ m crassa, flavido-brunneae.

Sporocarps unknown. Chlamydospores globose to subglobose, 70(-80) $\times$ 60(-70) μ m diam, light brown to brown. Spore wall structure of three walls in one group, outer colourless, evanescent, ± 0.8 μ m thick, middle light brown to brown, 8-11,6 μ m thick, laminated, inner brown ± 0.8 μ m, membranous. Outer wall extending down the subtending hypha for up to 33 μ m. Subtending hyphae 5 μ m diam at the spore attachment, narrowing in the spore wall, 3 μ m diam, wall 1,5 μ m thick, yellowish brown.

孢子果不知。厚壁孢子球形至亞球形、70(-80) $\times$ 60(-70)微米、淡褐至褐。孢壁由三層組成一體，外層無色、易消失、約0.8微米厚，中層淡褐至褐、8-11.6微米厚、薄片的，內層褐色、約0.8微米厚、膜的結構。外層孢壁顯著延伸菌絲下降至33微米。延伸菌絲在孢子接觸位之直徑5微米、在孢壁內縮小成3微米、壁厚1.5微米、在孢壁內縮小成3微米、壁厚1.5微米、黃褐色（圖版Ⅶ，圖D）。

Glomus mosseoides Hu, sp. nov. (Plate IX, Fig. A, Slide: Hu-523)

Sporocarpia ignota. Chlamydosporae globosae vel subglobosae, 90(-126) $\times$ 108(-145) diametro, luteae vel aurantiaco-brunneae. Tunica sporae strata duarum in uno turma, externa hyalina, evanescens, ± 0.8 μ m crassa; interna brunnea vel viriduale-brunnea, 3-4 μ m crassa, laminata. Tunica externae perducta secus hypham subtendentem ad 120 μ m, internae extensa secus hypham subtendentem, pro usque ad 15-20 μ m. Hyphae subtendentae 23-25 μ m diametro ad sporam affixam, infundibuliformes, ab-

sque septis inter hyphas subtendentes et sporas contentas.

Sporocarps unknown. Chlamydospores globose to subglobose, 90(-126) × 108(-145) μm diam, yellow-brown to orange-brown. Spore walls two layers in one group, outer hyaline, evanescent, ± 0.8 μm thick, inner brown to greenish brown, 3-4 μm thick, laminated. Outer wall extending down the subtending hypha for up to 120 μm , inner wall extending down the subtending hypha for up to 15-20 μm . Subtending hyphae 23-25 μm diam at the spore attachment, funnel-shaped, without septum between subtending hypha and spore contents.

孢子果不知。厚壁孢子球形至亞球形，90(-126)×108(-145) 微米、黃褐至橙褐。孢壁二層成一體，外層透明、易消失、厚約0.8 微米，內層褐至綠褐、3-4 微米厚、薄片化的。外壁顯著延伸菌絲達120 微米長，內壁則延伸至15-20 微米。延伸菌絲在孢子接觸位置之直徑23-25 微米、漏斗形，延伸菌絲與孢子內含物間無隔膜分隔（圖版Ⅸ，圖A）。

Glomus spinosum Hu, sp. nov. (Plate VII, Fig. E, Plate VIII, Fig. A, Slide: Hu-202)

Sporocarpia ignota. Chlamydosporae surdellbrunneae vel atrobrunneae, globosae vel subglobosae, raro ellipsoideae, 88-125 μm diametro. Sporae tunica 7-12.5 μm crassa, brunnea, e lamina externa tenui et interna crassa composita, externa hyalina, 1.6 μm crassa, interna 5-11 μm crassa, laminata, aculeis minutis, in externam protrusis notata viridia, incrassatione ejus in hypham subtendentem producta ad 16-25 μm . Hyphae subtendentes 15-26 μm diametro ad sporam basem. Sporae globulos oleosos continentes.

Sporocarp unknown. Chlamydospores dull brown to dark brown, globose to subglobose or rarely ellipsoid, 88-125 μm diam. Spore walls 7-12 μm thick, brown, composed of a thin outer wall and a thick inner wall, outer hyaline, 1.6 μm thick, inner 5-11 μm thick, laminate, with greenish minute, abundant echinulations, that protrude into the outer wall; thickening of inner wall extending into subtending hypha for up to 16-25 μm . Subtending hyphae 15-26 μm diam at the spore attachment. Chlamydospores containing oil globules.

孢子果未知。厚壁孢子晦褐至暗褐、球形至亞球形，很少爲橢圓形、88-125 微米。孢壁 7-12 微米厚、褐色、由一薄的外壁及一厚的內壁組成，外壁透明、1.6 微米厚，內壁 5-11 微米厚、薄片的，甚多綠色細小之刺突出至外壁，內壁延著延伸菌絲至 16-25 微米長。延伸菌絲在孢子接觸位置之直徑 15-26 微米。厚壁孢子內含油滴（圖版 VII，圖 E 及圖版 VIII，圖 A）。

Glomus taiwanianum Hu, sp. nov. (Plate IX, Fig. C, slide: Hu-520)

Sporocarpia ignota. Chlamydosporae burneae vel viridifuscae, subglobose, 95(-106) $\times$ 70(-93) μ m. Tunica sporae stratis tribus, maturiorae saepe perforata, externa hyalina, 1,6 μ m crassa, media surde brunnea, 6-7 μ m crassa, laminata, interna aurantiaco-brunnea 0,5 μ m crassa, membranacea. Hyphae subtendentes 15-17 μ m diametro ad sporam basem.

Sporocarps unknown. Chlamydospores brown to orange brown, subglobose, 95(-106) $\times$ 70(-93) μ m. Spore walls structure of three layers in one group, often perforated, outer hyaline 1,6 μ m thick, middle dull brown, 6-7 μ thick, laminated, inner orange brown, 0,5 μ m thick, membranous. Outer wall extending down to the subtending hypha. Walls inseparable. Subtending hyphae 15-17 μ m diam at the spore attachment, wall thickening at the spore base for up to 4(-5) μ m thick.

孢子果未知，厚壁孢子褐至橙褐、亞球形、95(-106) $\times$ 70(-93) μ m。孢壁由三層構成一體，常有穿孔，外壁透明、1.6 微米厚，中層晦褐、6-7 微米厚、薄片的，內壁橙褐、0.5 微米厚、膜結構。外壁延伸至延伸菌絲，孢壁不可分開。延伸菌絲在孢子接觸位置之直徑 15-17 微米（圖版 IX，圖 C）。

Glomus nigrum Hu, sp. nov. (Plate IX, Fig. D, Slide: Y-160)

Sporocarpia ignota. Chlamydosporae globosae vel subglobosae, 80(-88) × 83(-95) μm , surde brunneae vel atrobrunneae. Tunica sporae stratis tribus, externa hyalina, 2,5 μm crassa, media atrobrunnea vel atra, 5,5-6,5 μm crassa, laminata, interna brunnea, 0,7 μm crassa, membranacea. Tunica sporae media curvata ad sporam basem. Hyphae subtendentes 10-12 μm ad sporam basem.

Sporocarps unknown. Chlamydospores globose to subglobose, 80(-88) × 83(-95) μm , dull brown to dark brown. Spore wall structure of three walls in one group, outer hyaline, 2,5 μm thick, middle dark brown to black, 5,5-6,5 μm thick, laminated, inner brown, 0,7 μm thick, membranous. Outer and middle wall extending down to the subtending hypha, middle wall curved at the spore base. Walls inseparable. Subtending hyphae 10-12 μm wide, 3-5 μm long.

孢子果未知，厚壁孢子球形至亞球形、80(-88)×83(-95)微米、晦褐至暗褐。孢壁由三層組成一體，外層透明、2,5微米厚，中層暗褐至黑、5,5-6,5微米厚、薄片的，內層褐色、0,7微米厚、膜的結構。外層與中層孢壁延著延伸菌絲延伸、中層孢壁在孢子基部凹曲。胞壁不可分開，延伸菌絲10-12微米寬、3-5微米長(圖版Ⅸ，圖D)。

Glomus infundibuliformum Hu, sp. nov. (Plate VIII, Fig. B, C and D, Slide: Hu-212, and-508)

Sporocarpia ignota. Chlamydosporae singulae in solo efformatae, luteae, aurantiaco-brunneae vel atrobrunneae, globosae vel subglobosae, 90-200 μm diametro. Tunica sporae strata trium in uno turba, externa ephemera hyalina, 1,5 μm crassa, media viridifusca, 4-5 μm crassa, laminata, interna armeniaca 0,5 μm crassa, membranous. Spororum contentus primo ab hypha a membrano separatus. Hyphae subtendentes 15-18 μm diametro ad sporam basem, forma coni.

Sporocarps unknown. Chlamydospores formed singly in soil, yellow, orange-brown

to dark brown, globose to subglobose, 90-200 μm diam. Spore wall structure of three layers in one group, outer hyaline evanescent, 1,5 μm thick, middle greenish brown with greenish tint in the inner layer, 4-5 μm thick, laminate, inner orange yellow, 0,5 μm thick, membranous. Subtending hyphae 15-18 μm diam at the spore attachment, flared with a septum at the end (arrow). Spore contents separated from attached hypha by a thin inner membrane.

孢子果未知，厚壁孢子在土壤單獨形成、黃、橙褐至暗褐、球形至亞球形，90-200 微米。孢壁由三層構成一體，外層透明、1.5 微米厚，中層綠褐色，在較內部呈綠色韻調、4-5 微米厚、薄片的，內層橙黃、0.5 微米厚、膜的結構。延伸菌絲在孢子接觸位置之直徑 15-18 微米、膨大、末端由隔膜分開。孢子內容物由一薄的內膜與接觸菌絲分開（圖版Ⅶ，圖 B、C、D）。

Acaulospora kandelia Hu, sp. nov. (Plate IX, Fig. E, Plate X, Fig. A, Plate XII, Fig. B, Slide: Hu-160-2)

Sporocarpia ignota. Azygospores singulae in solo efformatae, sessiles, globosae vel subglobosae, 115(-90) $\times$ 95(-85) μm diametro, viridifuscae vel luteo-brunneae. Sporae tunica continua, e stratis tribus, exteriore hyalino vel subhyalino, 1,6 μm crasso, medio viridifusco, 5,8-7 μm crasso, laminato, interiore luteae-brunneo 1,5 μm crasso, membranaceo. Tunicae individuae.

Sporocarps unknown. Azygospores formed singly in soil, globose to subglobose, 115(-90) $\times$ 95(-85) μm diam, orange-brown to yellow-brown. Spore wall continuous consisting of three layers in one group, outer hyaline to subhyaline, 1,6 μm thick, middle gray brown, 5,8-7 μm thick, laminated, inner yellow-brown, 1,5 μm thick, membranous. Walls inseparable.

孢子果未知，非接合孢子在土壤單獨生成、球形至亞球形、直徑 115(-90) $\times$ 95(-85) 微米，橙褐至黃褐色。孢壁由三層構成一體，外層透明至半透明、1.6 微米厚，中層灰褐、5.8-7 微米厚、薄片的，

內層黃褐、1.5 微米厚，膜的結構。孢壁不可分開（圖版Ⅸ，圖 E，圖版Ⅹ，圖 A，圖版Ⅺ，圖 B）。

Acaulospora formosana Hu, sp. nov. (Plate IX, Fig. B, Slide: Hu-501)

Sporocarpia ignota. Azygospores singulae in solo efformatae, sessiles, globosae vel subglobosae, 110-250 μm diametro, flavidae vel luteo-brunneae. Tunica sporae continua, strata trium in uno turba, externa subhyalina, 0.5 μm crassa, media luteo-brunnea, 1.7-3.3 μm crassa, interna armeniaca, membranacea. Tunica individuae.

Sporocarps unknown. Azygospores formed singly in soil, globose to subglobose, 110-250 μm diam, pale yellow to yellow-brown. Spore wall continuous consisting of three layers in one group. Outer wall subhyaline, 0.5 μm thick, middle yellow-brown, 1.7-3.3 μm thick, laminated, inner greenish, membranous. Walls inseparable.

孢子果未知，非接合孢子在土壤單獨生成、球形至亞球形、直徑 110 - 250 微米，淡黃至黃褐。孢子壁連續的，由三層構成一體，外層半透明、0.5 微米厚，中層黃褐、1.7 - 3.3 微米厚，薄片的，內層綠色、膜的結構，孢壁不可分開（圖版Ⅸ，圖 B）。

Acaulospora sp. 001 (Plate X, Fig. C & D; Plate XII, Fig. D, Slide: Hu-158)

Sporocarps unknown. Azygospores formed singly in soil, globose, yellow to yellow-brown, 190-225 μm diam. Spore wall one layer, yellow-brown to brown, 2-2.5 μm thick, laminated. Spore surface ornamented with dense small warts, 1(-2) $\times$ 1(-3) μm .

Acaulospora sp. 002 (Plate X, Fig. E; Plate XII, Fig. C; Slide: Hu-152)

Sporocarps unknown. Azygospores formed singly in soil, globose to subglobose, yellow-brown to orange-brown, 110-130 μm diam. Spore wall 5 μm thick, outer hyaline 0.5 μm thick, middle greenish yellow 4 μm thick, laminated, inner yellow to greenish yellow 0.5 μm thick, membranous.

Acaulospora sp. 003 (Plate XIII, Fig. A & B)

Sporocarps unknown. Azygospores globose to subglobose, orange-brown to yellow-brown, 150-175 μm diam. Spore surface ornamented with reticulum, mesh 2(-5.5)(-7)

μm , ridge $\pm 0.2 \mu\text{m}$ high. Spore wall structure unknown.

Acaulospora sp. 004 (Plate XIII, Fig.C)

Sporocarps unknown. Azygospores globose to subglobose, orange-brown to yellow-brown, $\pm 150 \mu\text{m}$ diam. Spore surface ornamented with irregular mesh. Spore wall structure unknown.

Glomus sp. 001 (Plate X, Fig. B, Slide: Hu-152)

Sporocarps unknown. Chlamydospores orange-brown to brown, globose to subglobose, $85(-90) \times 90(-95) \mu\text{m}$ diam. Spore wall structure of three walls in one group, outer hyaline, $0.3-0.5 \mu\text{m}$ thick, middle orange-brown, $3.5-5.5 \mu\text{m}$ thick, laminated, inner orange-brown, $0.3-0.5 \mu\text{m}$, membranous. Subtending hypha $5.5 \mu\text{m}$ diam at the spore attachment.

Glomus sp. 002 (Plate XI, Fig. D)

Sporocarps unknown. Chlamydospores globose to subglobose, $\pm 60 \mu\text{m}$ diam, blackish brown to black. Hyphal attachment $13 \mu\text{m}$ diam at the spore base. Spore wall structure unknown.

水筆仔在生育區之菌根屬內生菌根中之囊叢枝菌根，在受潮水浸漬較久之地很少有菌根生成，然在只短暫受浸漬區，則大部分根系受菌根感染（圖版IV，圖A）。皮層細胞內最常形成之構造為胞內菌絲（intracellular hyphae）、菌絲卷（fungus coil）及叢枝菌絲（arbuscular hyphae），甚少有菌絲囊（圖版XVI，圖D）之形成。水筆仔六個月大小之根系，經感染*G. clarum*後，可形成體外菌絲（external hyphae）（圖版XV，圖1）、體外孢子（圖版XV，圖B）、胞內菌絲（圖版XVI，圖B）及叢枝菌絲（圖版XVI，圖C），未見有菌絲囊（internal vesicle）之生成。

四、討 論

竹園淡水水筆仔生育地除了 1 號取樣點之砂質壤土含氮略低外，其餘地區之含氮量顯示對水筆仔有足夠之氮供應。由土壤有效磷顯示其頗利於菌根之形成，然因大部分土壤常受潮水浸漬，致不僅土壤氧氣減少，根內氧氣亦將大量減少，如五梨朥 (*Rhizophora mangle*) 根內之氧濃度可由退潮時之 15~18% 降至漲潮時之 7% (Scholander *et al.*, 1955)，因菌根菌為好氣性微生物，故此可能是抑制水筆仔形成菌根之最主要因子。於 1 號、2 號及 7 號取樣區之土壤，因較少受漲潮之影響，大部分土壤常呈不飽和狀態，因而通氣較佳，故此區不僅有較多之內生菌根孢子，且根系亦較多被感染。由表 1 分析之結果可知，土壤導電度並非影響內生菌根孢子產生之原因，少受漲潮浸漬之土壤顯然是較多內生菌根感染之原因，此趨勢顯示水筆仔若欲在陸上繁衍與菌根化將有密切關係。由於在泥濘土壤之養分易隨土壤溶液流動，此時根的吸收養分甚為容易，故其可不賴根毛或菌根，此可能亦是水筆仔不具根毛之原因。若水筆仔欲進化至陸地上生存，則因土壤較乾燥，養分在質量流之量必趨減少，此時若無較高之菌根頻度則養分吸收將趨困難，生長勢必受影響，此可能是在 1 號、2 號及 7 號等處有較高菌根頻度及較多內生菌根孢子之原因。為證實此相關性，將可由控制土壤不同含水量下與菌根形成及水筆仔之生長情況予以確認。因為在常受水浸漬地區之水筆仔甚少菌根，故其中存在之孢子可能乃隨上游沖蝕土壤經水攜帶至此沉積者。此區水筆仔生育地之有機物皆甚豐富，由表 1 知，其與菌根感染及孢子產量無關。土壤 pH 值據 1976 年之報告乃微鹼性 (陳明義等氏)，然現所測得者皆為弱酸至酸性，

顯示此河流必受一些酸性化學排放物之嚴重污染。由現階段之 pH 值看，應不致影響菌根菌之生存，然是否受其它污染物之影響則不知。

此生育地中所發現之孢子大部皆為繡球菌屬 (*Glomus*)，可能這些種有較強的耐鹽力。令人驚訝的是，所有無柄孢子屬之菌種皆未曾在已發表之陸上內生菌根中出現過，其可能對水生植物或半陸地植物，擔負一過度階段的角色。除了繡球菌屬及無柄孢子屬外，未曾發現有活的大孢子屬 (*Gigaspora*)、硬囊孢子屬 (*Sclerocystis*) 及盾蓋孢子屬 (*Scutellospora*) 等之孢子存在，顯示水筆仔對前述二屬之菌種有較強的親和性或專一性外，對後三屬之菌種是否不適於此生育地，則仍待確定。

有些菌種之孢子因其數量較少，不易同時在光學顯微鏡及掃描電子顯微鏡下獲得二者之特徵，故有些仍無法命名，此仍需繼續篩離孢子以獲取資訊。

由菌根合成試驗，證實陸地之內生菌種亦能與水筆仔形成內生菌根 (圖版 XVI、圖 B 與 C)，其是否能與大孢子菌種等形成內生菌根，則仍在合成試驗中。

水筆仔對土壤特性之要求似乎不苛，最主要影響其生存之因子，若在泥濘地應是溫度、若在半乾燥地與陸地則除溫度外，土壤水分與菌根可能是最重要的因子，因為自田間取回之水筆仔幼苗，若植於泥炭土及水稻田土壤，其皆可生長良好 (圖版 XIV、圖 B)，經在立體顯微鏡下之觀察，已知其有甚多感染之菌根發生。

由本研究可知，水筆仔在水生情況下之生長與菌根無關，然至半陸地土壤時，則因菌根感染與內生菌根孢子數之增加，其對菌根之依賴性似有增強之勢。

五、參考文獻

- Bagyaraj, D. J., A. Manjunath and R. B. Patil, 1979. Occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas in some tropical aquatic plants. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 72(1): 164-169.
- Bouyoucous, G. J., 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soil. *Agron. J.* 43: 434-438.
- Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney, 1982. Nitrogen-Total. In: *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Micro-Biological Properties*, 2ed. (A. L. Page, D. E. Baker, R. Ellis, Jr., D. R. Keeney, R. H. Miller and J. D. Rhoades eds.) pp. 595-616.
- Chapman, V. J., 1970. Mangrove Phytosociology. *Trop. Ecol.* 11(1): 1-19.
- Cintron, G., A. E. Lugo and R. Martinez, 1985. Structural and functional properties of mangrove forests. In: *The Botany and Natural History of Panama* (W. G. D'Arcy and Mireya D. Correa A. eds) p. 53-66.
- Gerdemann, J. W. and T. H. Nicolson, 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 46: 235-244.
- Gerdemann, J. W. and J. M. Trappe, 1974. The Endogonaceae in the Pacific Northwest. *Mycologia Memoir* (5): 75p.
- Hayman, D. S., 1970. Endogone spore numbers in soil and vesicular-arbuscular mycorrhiza in wheat as influenced by season and soil treatment. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 54(1): 53-63.
- Lugo, A. E. and S. C. Snedaker, 1974. The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5: 39-64.
- Nicolson, T. H. and N. C. Schenck, 1979. Endogonaceous mycorrhizal endophytes in Florida. *Mycologia* 71: 178-198.
- Olsen S. R. and L. E. Sommers, 1982. Phosphorus. In: *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Micro-Biological Properties*, 2ed. (A. L. Page, D. E. Baker, R. Ellis, Jr., D. R. Keeney, R. H. Miller and J. D. Rhoades eds.) pp. 403-422.
- Rhoades, J. D., 1982. Soluble salts. In: *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Micro-Biological Properties*, 2ed. (A. L. Page *et al.*, eds.) pp. 167-173.
- Schenck, N. C. and Y. P'erez, 1986. Manual for the Identification of VA Mycorrhizal

Fungi. (in press)

- Scholander, P. E., L. van Dan and S. I. Scholander, 1955. Gas exchange in the roots of mangroves. *Am. J. Bot.* 42: 92-98.
- Scholenberger, C. J., 1931. *Soil Sci.*, 31: 483-486. In: *Soil and Plant Analysis for Tree Culture* (S. A. Wilde, R. B. Corey, J. G. Iyer and G. K. Voigt eds., 1979). Oxford & IBH Publishing Co.
- Trappe, J. M., 1977. Selection of fungi for ectomycorrhizal inoculation in nurseries. *Ann. Rev. Phytopathol.* 15: 203-222.
- _____, 1982. Synoptic keys to the genera and species of Zygomycetous mycorrhizal fungi. *Phytopathol.* 72(8): 1102-1108.
- Walker, C. and F. E. Sanders, 1986. Taxonomic concepts in the Endogonaceae: III. The separation of *Scutellospora* gen. nov. from *Gigaspora* Gerd. and Trappe. *Mycotaxon* 27: 169-182.
- Walsh, G. E., 1974. Mangroves: a review. In: *Ecology of Halophytes*. (R. J. Reimold and W. H. Queen eds.), p. 51-174. New York: Academic Press, 605p.
- Wilde, S. A., R. B. Corey, J. G. Iyer and G. K. Voigt, 1979. *Soil and Plant Analysis for Tree Culture*. Oxford & IBH Publishing Co. p. 54-57.

中央氣象局，民國 61 年。農業氣象旬報，19 卷合訂本。

呂光洋，1982。竹圍紅樹林沼澤生態調查，中華林學季刊 15 (3)：69-76。

周昌宏、姚正，1980。紅樹林的生態及其價值，科學月刊 11 (11)：32-35。

—、楊棋明，1981。紅樹林生態生理的研究，科學農業 29 (11-12)：327-335。

周昌宏、黃元勳，1982。紅樹林之生態，中華林學季刊 15(3)：27-43。

胡弘道，1981。臺灣高海拔重要針葉樹種內生菌根之研究，國立台灣大學農學院研究報告 21(2)：113-134。

胡弘道，1986。大孢子菌之內生菌根合成及其在紅檜人工林與天然林之孢子產量，國立台灣大學農學院研究報告 26(2)：59-76。

陳明義，1981。亞洲之紅樹林，台灣林業 7 (8)：10-15。

陳明義、陳谷季、李遠慶 1976。淡水河口紅樹林之生態研究，中華林學季刊 9 (3)：43-50。

附

圖

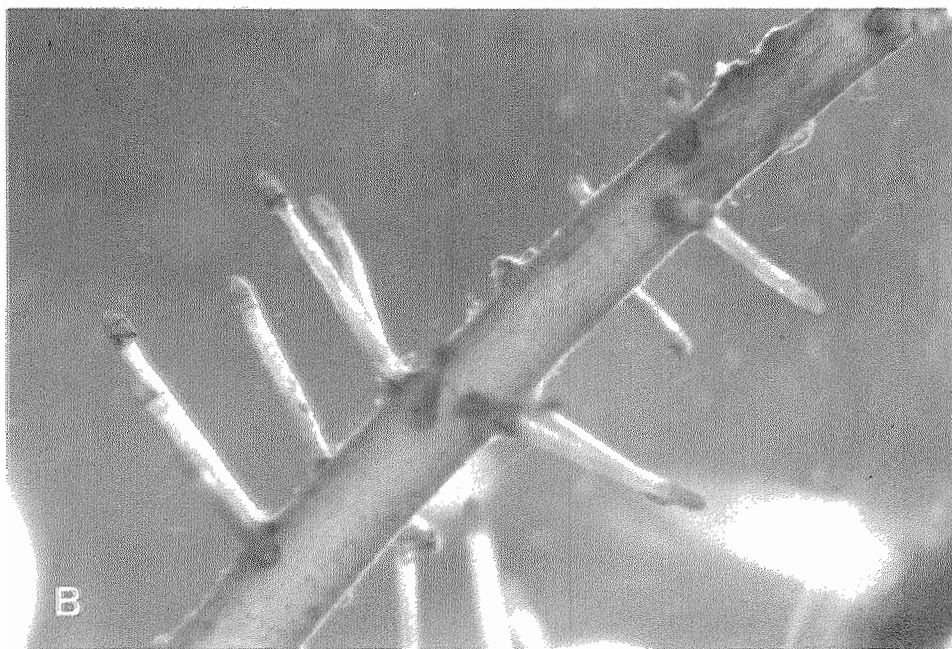
圖版 II (Plate II)



A：2 號取樣點之紅樹林，漲潮時紅樹林表土不完全被水淹沒

B：水筆仔種子植於杉木幼苗感染有 *Glomus clarum* 之泥炭土
盆鉢中，經 6 個月後水筆仔亦形成菌根

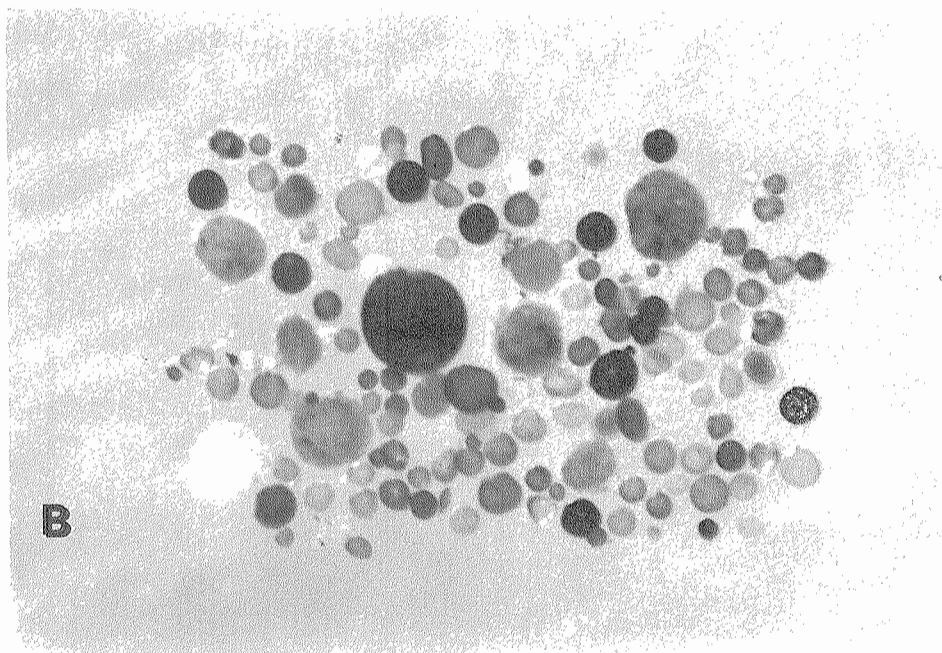
圖版Ⅲ(PlateⅢ)



A：4 號取樣點周圍之紅樹林，根基部顏色較深部位為漲潮時淹
歿之高度（箭頭）

B：水筆仔之側根 及其最小短根，短根尖端因有單寧堆積故常呈
褐色

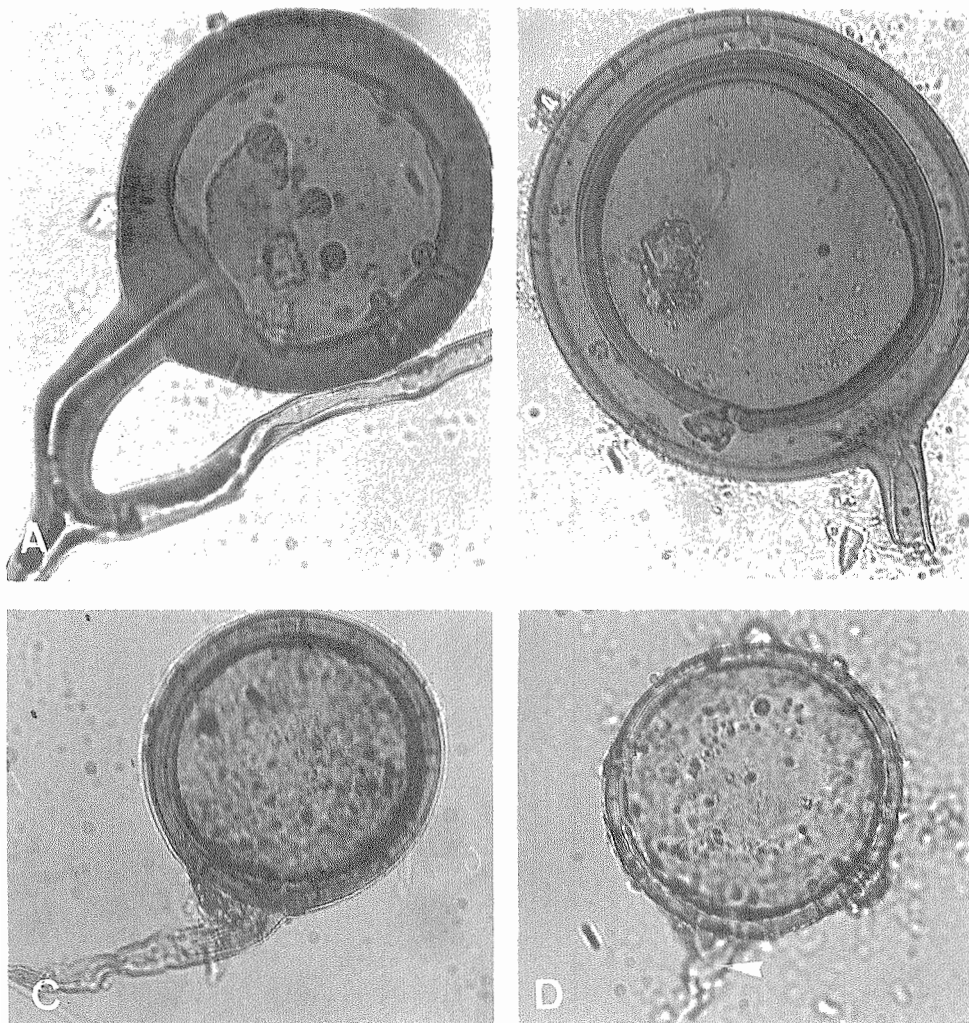
圖版IV(Plate IV)



A：水筆仔根系自然感染內生菌根之外部形態，側根周圍可見有許多體外菌絲（樣品取自 2 號點），X 17。

B：立體顯微鏡下所見於水筆仔林下土壤篩離之一些內生菌根孢子，X36。

圖版V (Plate V)



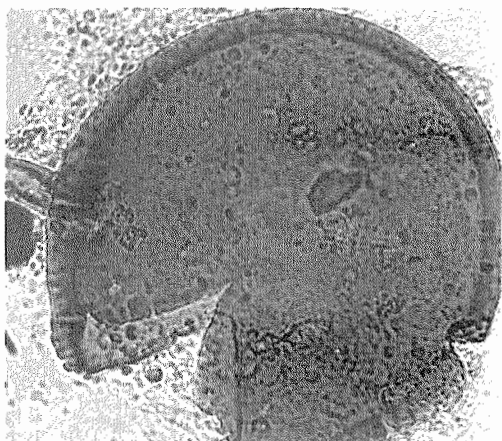
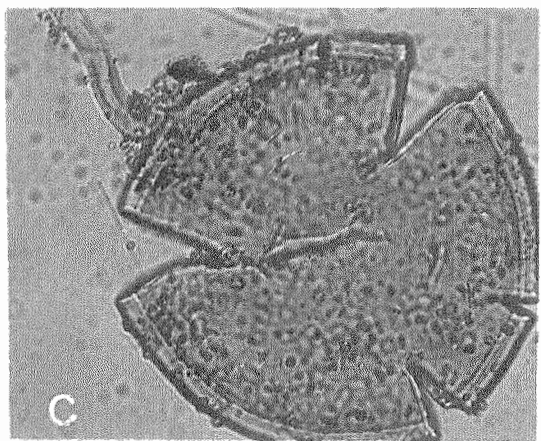
A : *Glomus claroiduem*之厚壁孢子，X 600 。

B : *Glomus fasciculatum*之厚壁孢子及其內形成之無柄孢子 (*Acaulospora* sp.) X 600 。

C : *Glomus fasciculatum*之厚壁孢子，X 600 。

D : *Glomus fragilis*之厚壁孢子，接觸菌絲不明顯 (箭頭) ，
X 600 。

圖版VI(Plate VI)



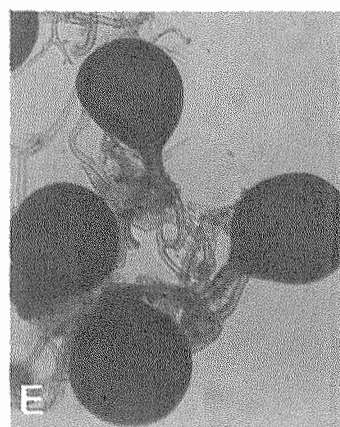
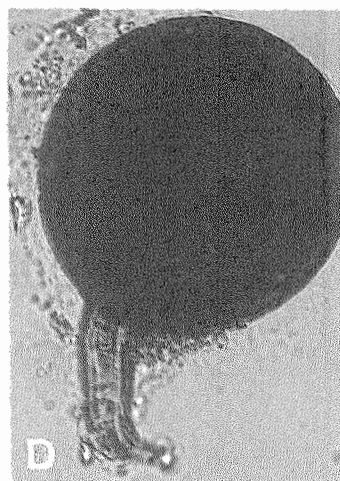
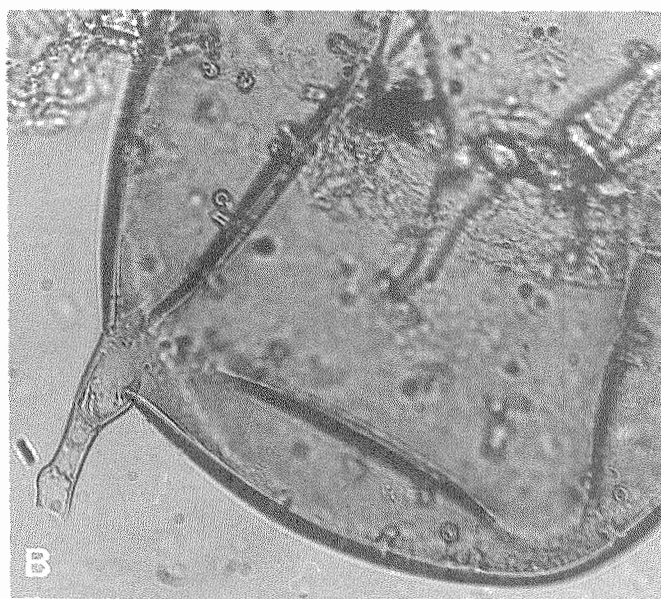
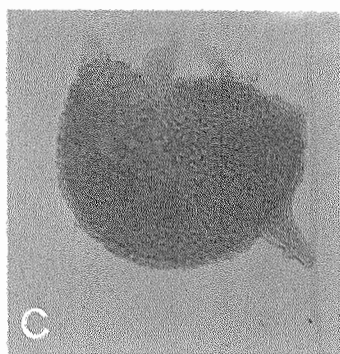
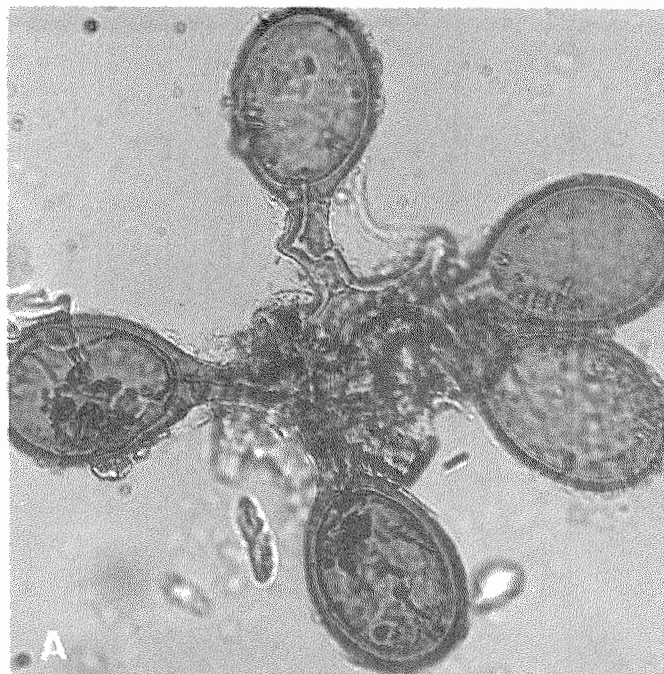
A : *Glomus boreale* 之厚壁孢子，X 600 。

B : *Glomus intraradices* 之厚壁孢子，X 600 。

C : *Glomus pustulatum* 之厚壁孢子，X 600 。

D : *Glomus versiforme* 之厚壁孢子，X 600 。

圖版Ⅶ(PlateⅦ)



A : *Glomus microcarpum* 之厚壁孢子，X 600 。

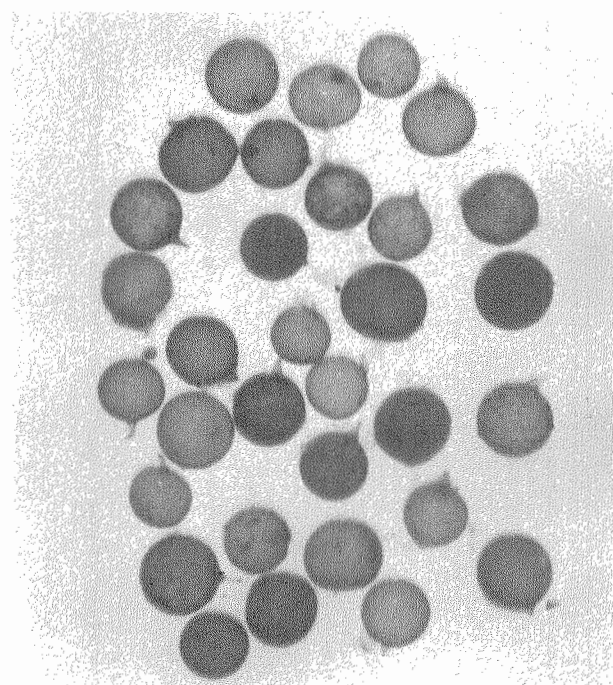
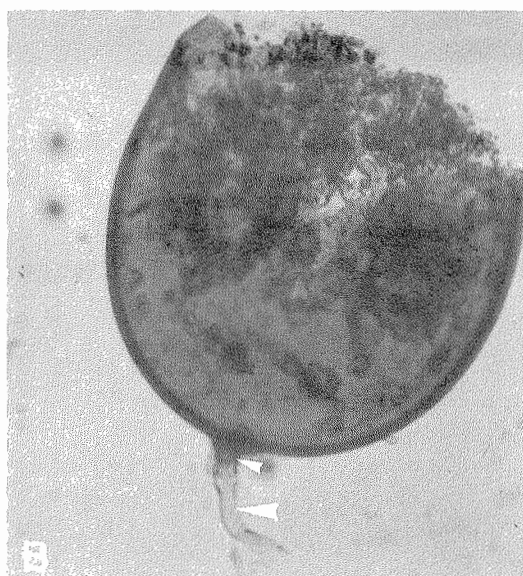
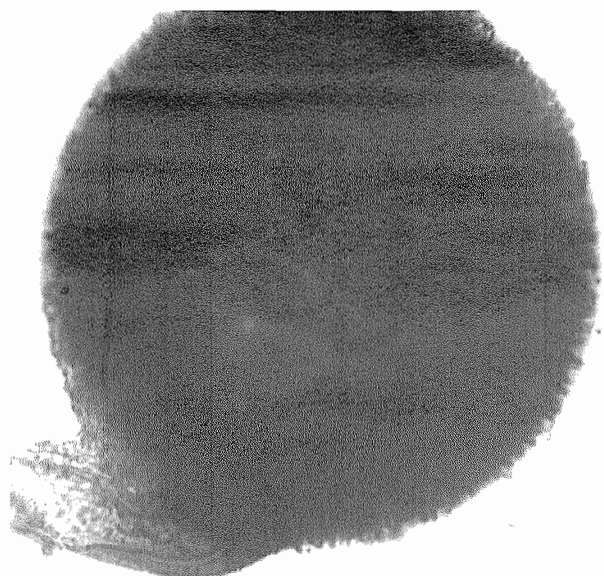
B : *Glomus mosseae* 之厚壁孢子，X 600 。

C : *Glomus tortuosum* 之厚壁孢子，X 150 。

D : *Glomus kandelium* 之厚壁孢子，X 600 。

E : *Glomus spinosum* 之厚壁孢子，X 150 。

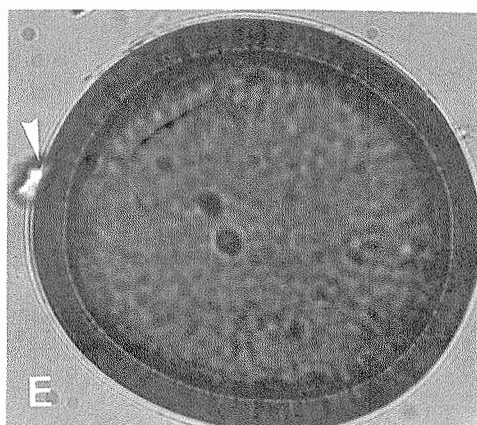
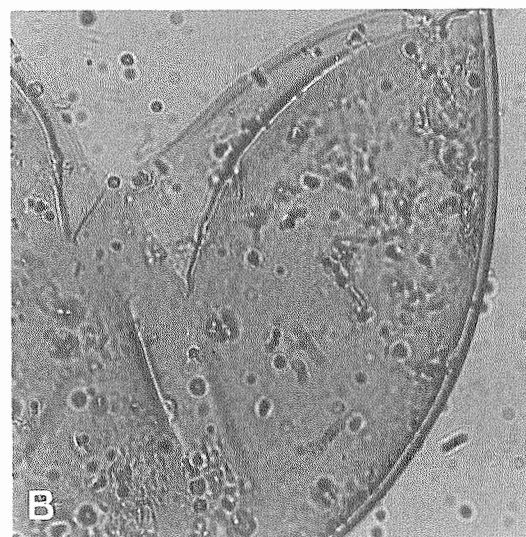
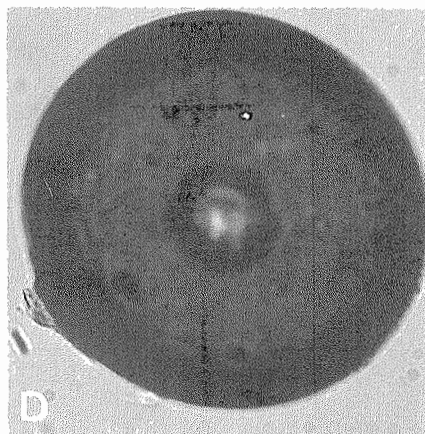
圖版Ⅶ(PlateⅦ)



A : *Glomus spinosum*之厚壁孢子，X 600 。

B,C,D: *Glomus infundibuliformum*之厚壁孢子，B圖為以偏光接物鏡頭所攝（X 217），上部小箭頭指處為漏斗形之延伸菌絲，下部箭頭指處為發芽生長之菌絲。C圖為立體顯微鏡下之孢子（X 64），D圖為光學顯微鏡下之孢子（X 600 ），箭頭指處為菌絲隔膜。

圖版IX(Plate IX)



A : *Glomus mosseoides* 之厚壁孢子，X 600 。

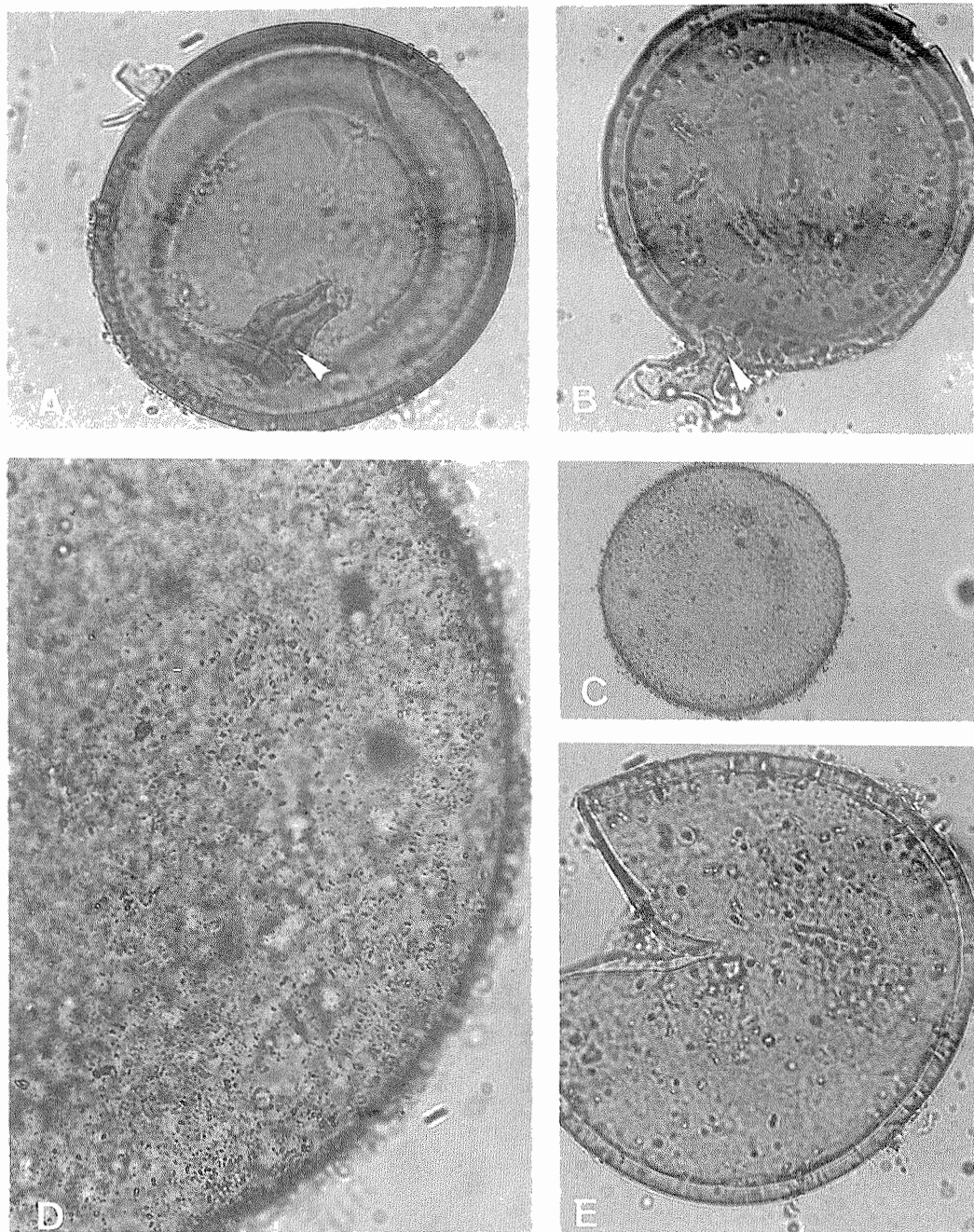
B : *Acaulospora formosana* 之厚壁孢子，X 600 。

C : *Glomus taiwanianum* 之厚壁孢子，X 600 。

D : *Glomus nigrum* 之厚壁孢子，X 600 。

E : *Acaulospora kandelii* 之厚壁孢子，（箭頭示菌絲脫落之痕跡）X 600 。

圖版 X (Plate X)



A : *Acaulospora kandelia* 孢子內形成 *Glomus* 之厚壁孢子，箭頭指處爲其接觸菌絲，X 600

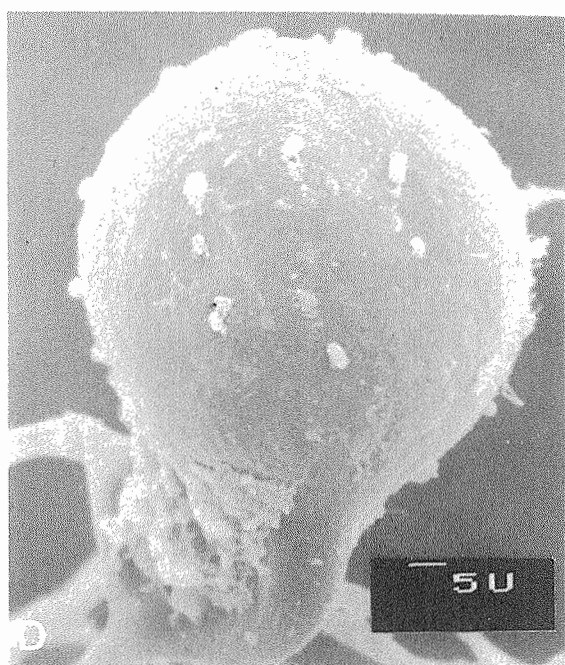
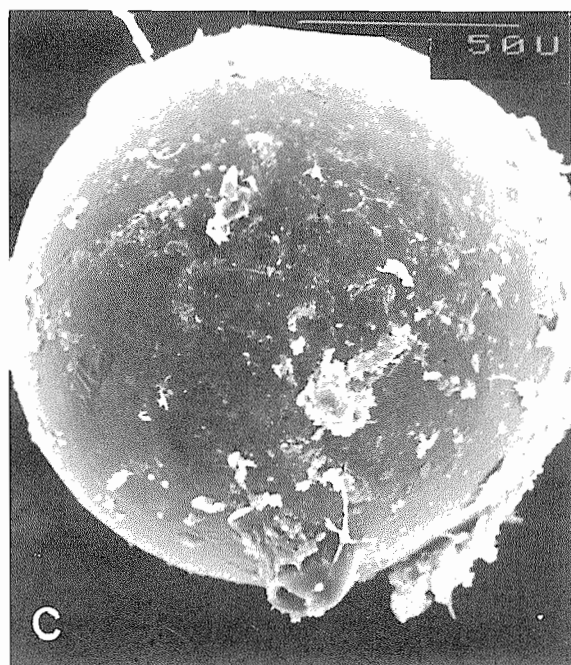
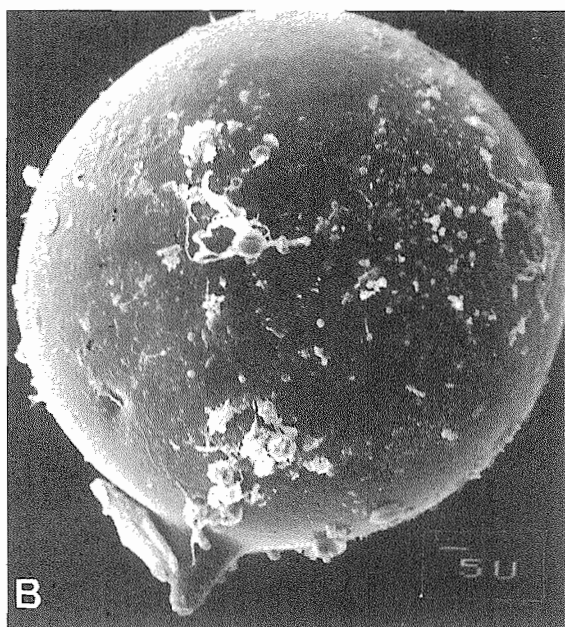
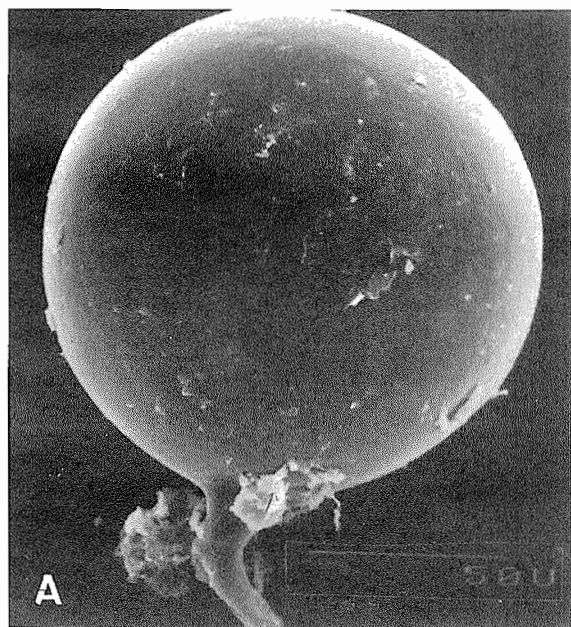
B : *Glomus* sp. 001 之厚壁孢子，箭頭指處爲具隔膜之接觸菌絲，X 600

C : *Acaulospora* sp. 001 之非接合孢子，X 150

D : 圖 C 之放大，顯示孢子表面有甚多之突出物，X 600

E : *Acaulospora* sp. 002 之非接合孢子，X 600

圖版XI (Plate XI)



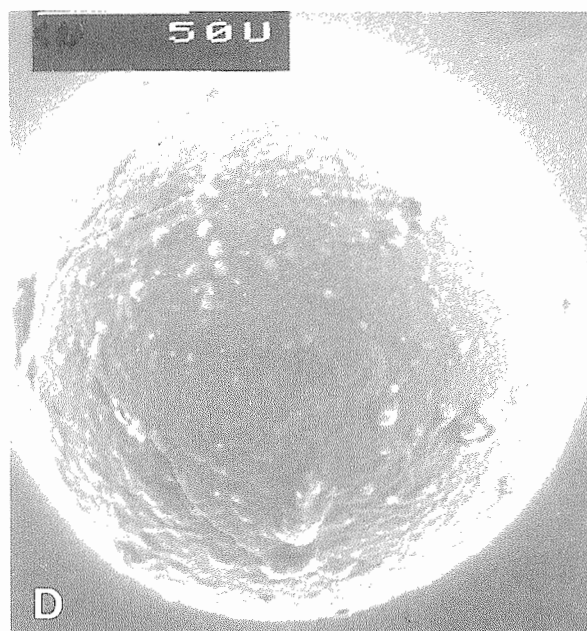
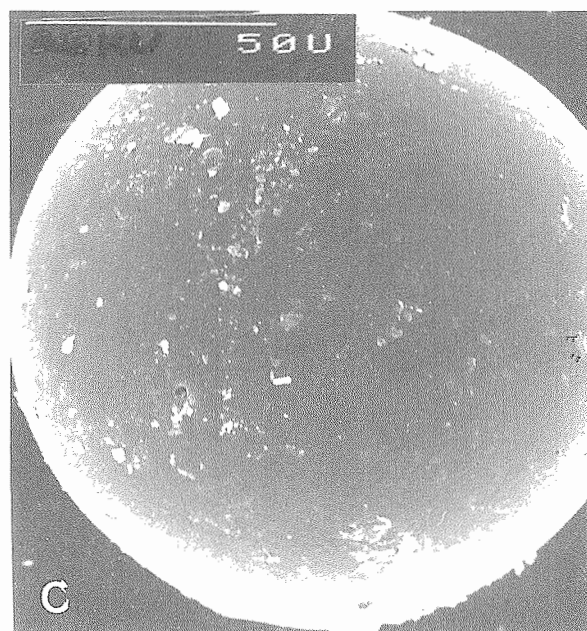
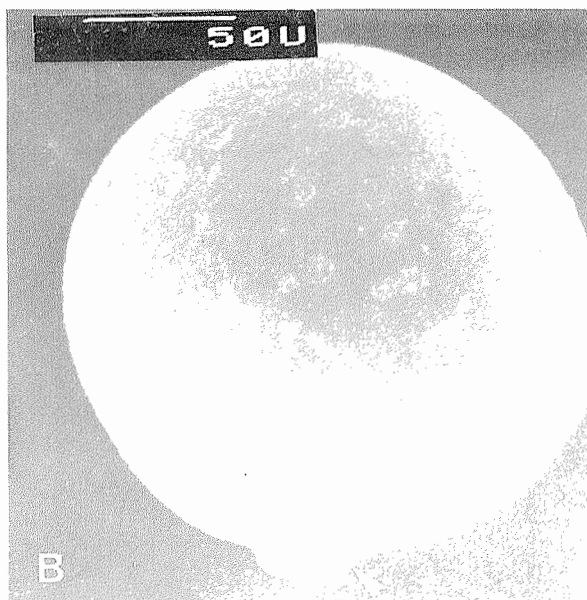
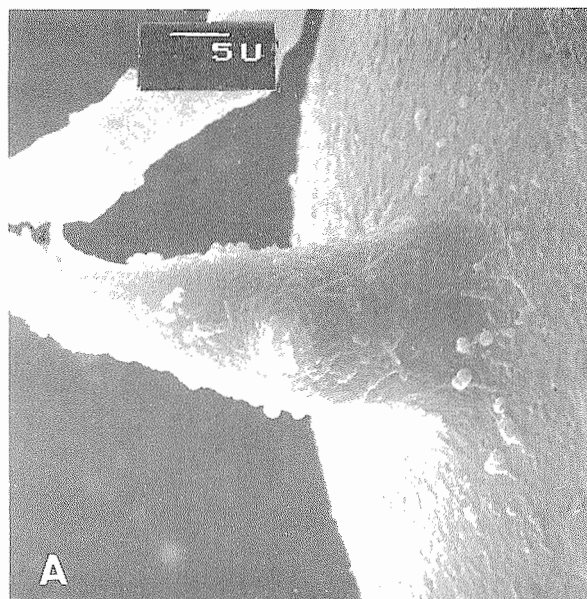
A : *Glomus versiforme* 孢子在 SEM 下之特徵。

B : *Glomus infundibuliformum* 孢子在 SEM 下之特徵。

C : *Glomus boreale* 孢子在 SEM 下之特徵。

D : *Glomus* sp.002 孢子在 SEM 下之特徵。

圖版Ⅺ(PlateⅪ)



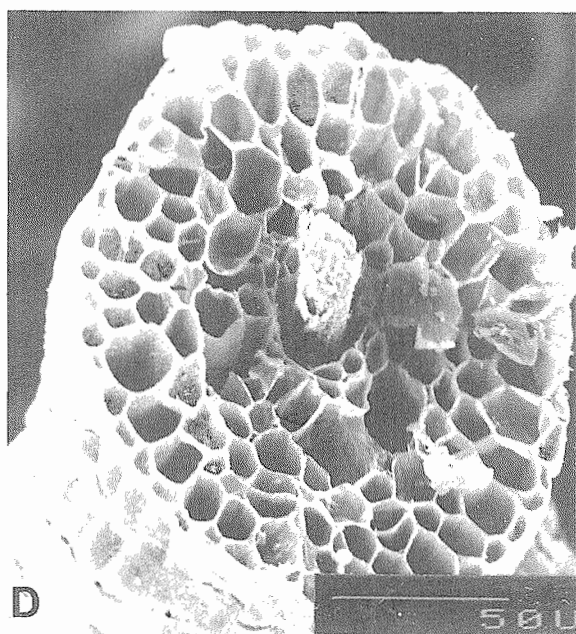
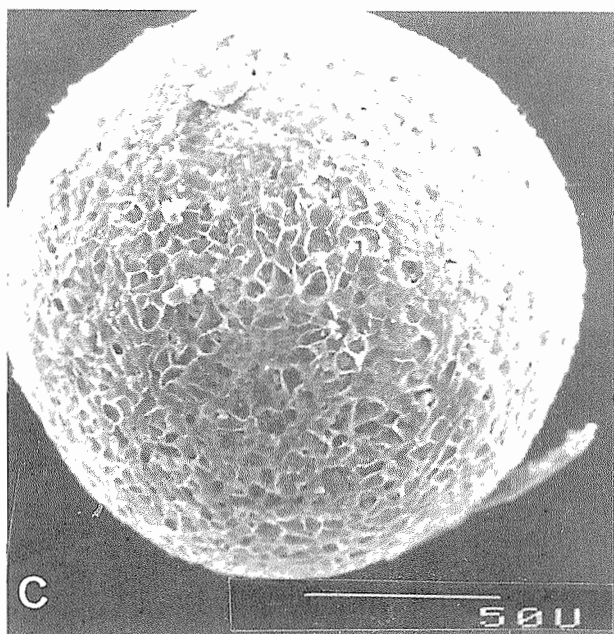
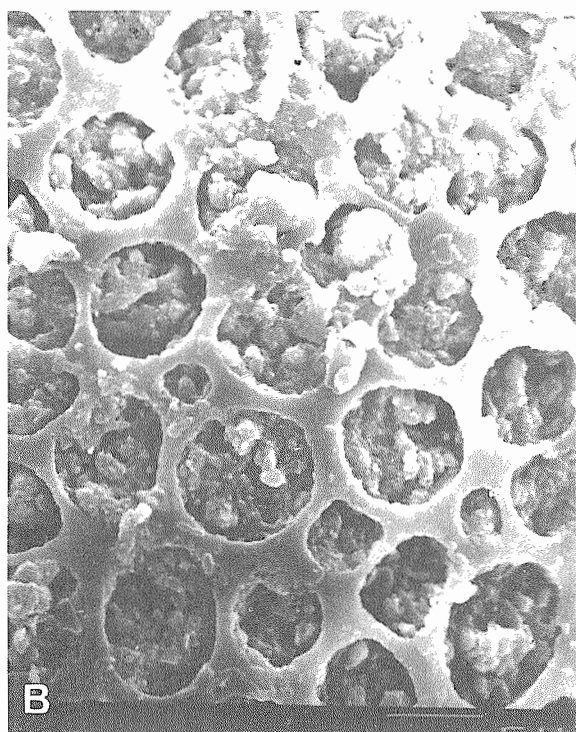
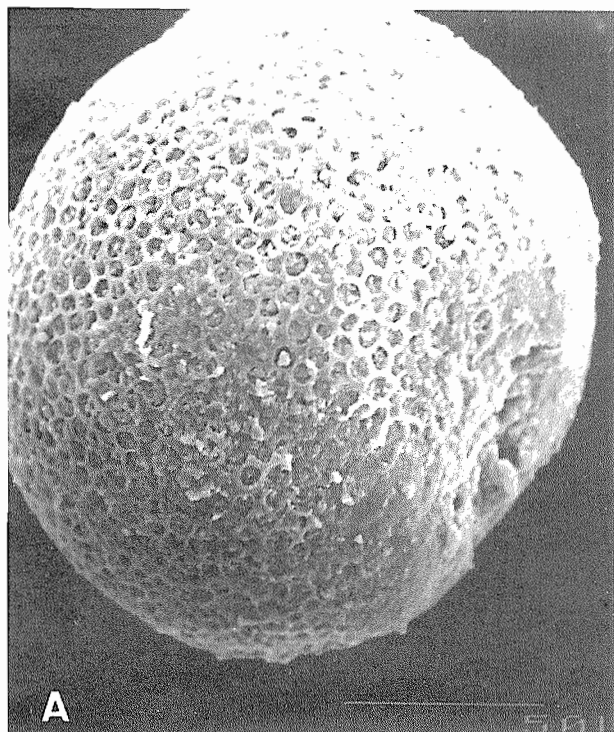
A : *Glomus mosseae* 孢子在 SEM 下之特徵。

B : *Acaulospora kandelii* 孢子在 SEM 下之特徵，箭頭指處為接觸菌絲脫落之痕跡。

C : *Acaulospora* sp. 002 孢子在 SEM 下之特徵。

D : *Acaulospora* sp. 001 在 SEM 下之特徵，表面甚多凸起。

圖版XIII(Plate XIII)



A : *Acaulospora* sp. 003 孢子在 SEM 下之特徵。

B : A 圖孢子表面之放大特徵。

C : *Acaulospora* sp. 004 孢子在 SEM 下之特徵。

D : 水筆仔未受感染最細短根之橫切面。

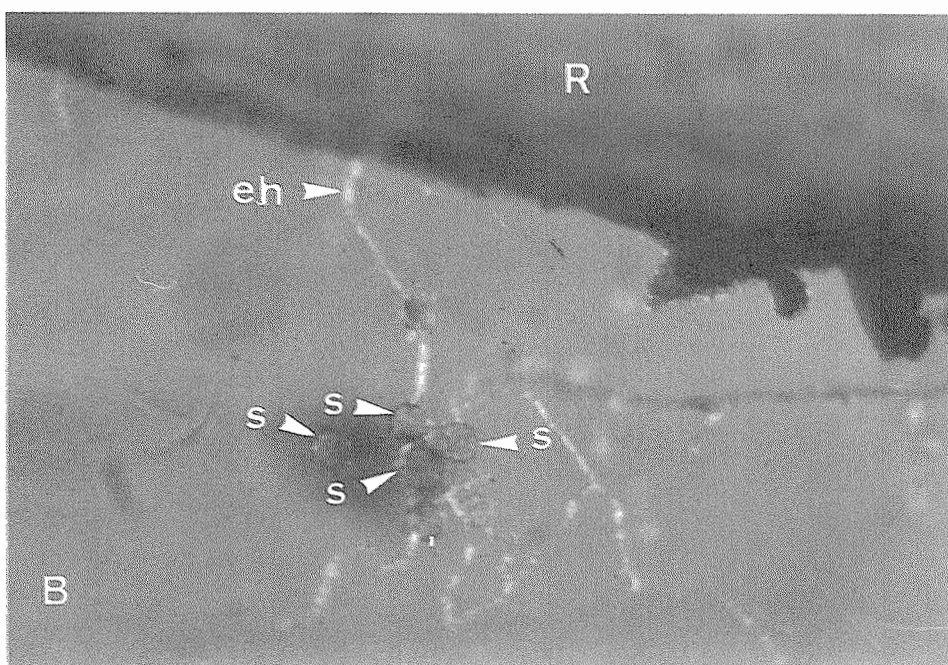
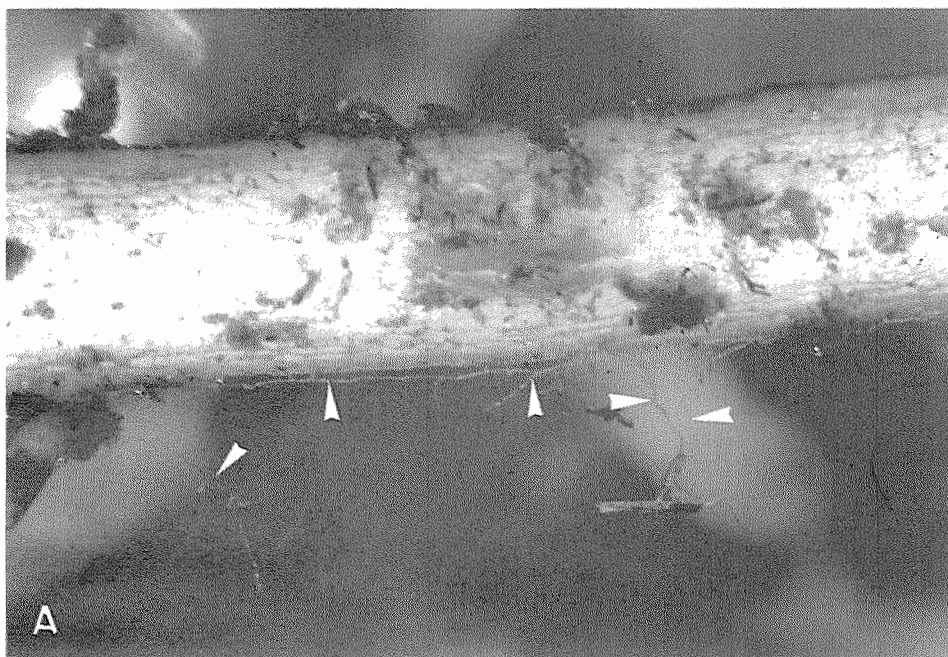
圖版XIV(Plate XIV)



A：水筆仔種子發芽一個月後之根系，上側部分可形成支柱根（箭頭指處），左邊比例尺每一小格＝1mm。

B：取自水筆仔生育區，移植至稻田土盆鉢中生長已8個月之幼苗，苗高30cm。

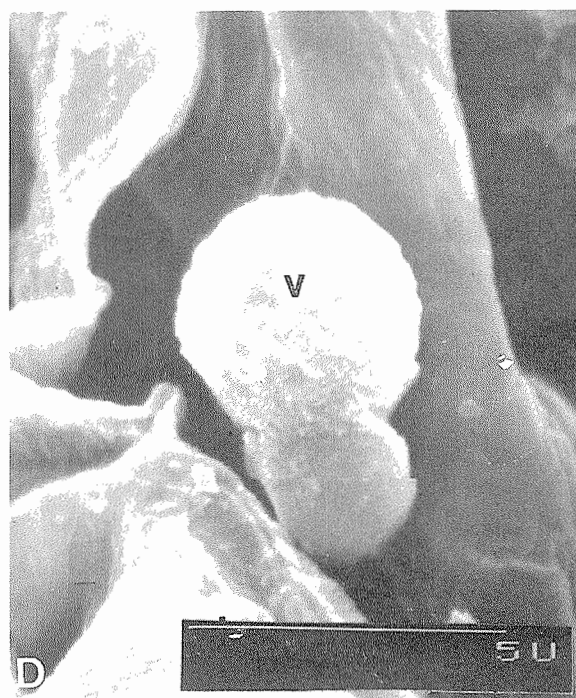
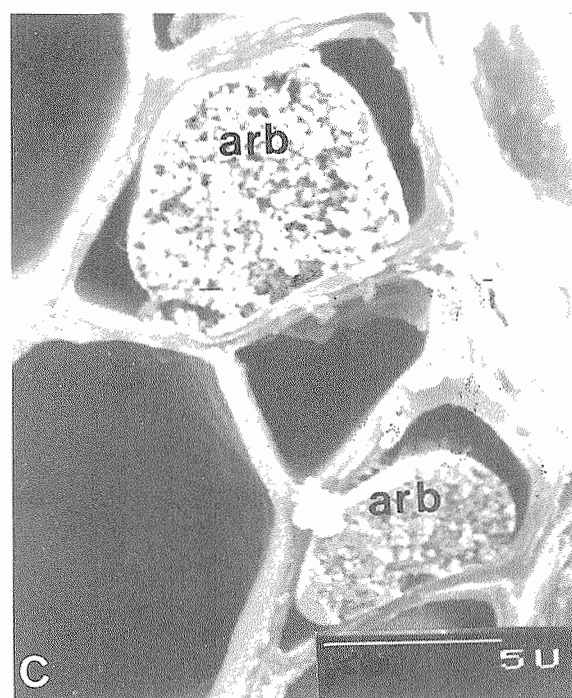
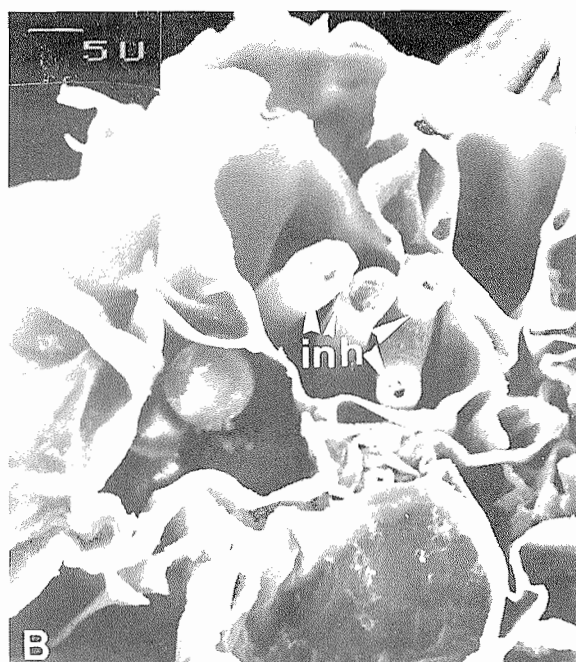
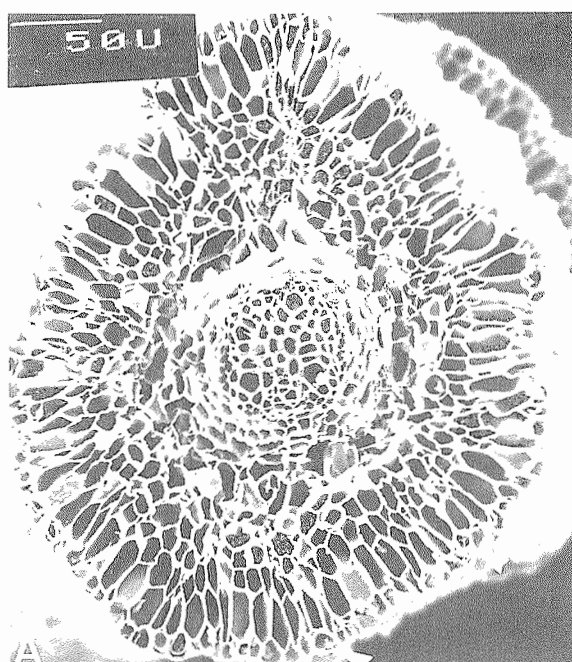
圖版XV(Plate XV)



A：水筆仔幼苗與*Glomus clarum*形成內生菌根表面之體外延伸菌絲（external hyphae）

B：自水筆仔側根長出之體外延伸菌絲（eh），已生成*Glomus clarum*之孢子（S），X 106。R＝側根。

圖版 XVI (Plate XVI)



A：水筆仔感染 *Glomus clarum* 後在較粗側根之橫切面表皮處，可見有胞內菌絲（箭頭指處）

B：水筆仔表皮細胞內之 *G. clarum* 胞內菌絲（inh）。

C：水筆仔表皮細胞內由 *G. clarum* 形成之叢枝菌絲（arb）。

D：水筆仔根皮層細胞內於自然環境下感染菌根形成之胞內菌絲囊（V）。