中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 48(4) 64～70 (1999)

泥炭苔對叢枝菌根菌繁殖之影響[1]

莊明富 程永雄[2]

摘要：叢枝菌根菌*Glomus mosseae*的繁殖一般採用河砂爲栽培介質，是因河砂具有高透氣性與低肥份的特性，但缺點是保水性差及不具緩衝性，泥炭苔則具有高保水性的優點，因此本試驗目的是探討河砂中添加泥炭苔，提高叢枝菌根菌在宿主根系的繁殖效果。試驗首先將泥炭苔(10%)添加方式分成混合或覆蓋兩種處理，供試宿主植物有百喜草、營多藤、玉米及甘藷等四種，結果除甘藷外，菌根形成率與孢子濃度都以混合處理者高於覆蓋處理者。將河砂混合1/5, 1/3, 1/2(體積/體積)的泥炭苔，或單獨使用河砂，探討對*G. mosseae*在百喜草根圈土繁殖之影響，結果顯示盆缽中完全爲河砂者，菌根形成率與厚膜孢子數最高，隨著泥炭苔混合比例增加，菌根形成率與厚膜孢子數逐漸減低。泥炭苔採用覆蓋方式，定期調查*G. mosseae*在玉米根圈土的繁殖，顯示隨接種時間增加，菌根形成率與孢子數逐漸提高，至接種後第11週達到高峰，而後逐漸降低。由以上結果，顯示單獨以河砂爲介質，所生產的孢子數最高，添加泥炭苔反而不利於菌根形成與孢子的產生，其可能的原因有待進一步探討。

關鍵詞：泥炭苔、盆缽繁殖法、叢枝菌根菌

前　言

叢枝菌根菌(*Glomus mosseae* (Nicol. & Gerd.) Gerdemann & Trappe)是一種與植物共生的有益眞菌，當其感染宿主植物根系形成內生菌根時，可增加植物對土壤養分、水分的吸收，促進植物生長，提高植物對乾旱、鹽份的抵抗性，並增強植物對病害的抗、耐病性。程氏等[1]報告指出洋香瓜接種菌根菌，可使根群茁壯，提高移植存活率，促進植株的生長，增加果品品級，並可宿根栽培，提高農友收益。目前叢枝菌根菌在洋香瓜栽培上的推廣應用，已達每年350-400公頃，但年增長率相當有限，主要原因在叢枝菌根菌爲絕對共生菌，利用盆栽法(pot culture)[9]生產接種原相當費時、費力，阻礙推廣面積的擴增。近年來研究人員相繼開發薄層養液法(nutrient film technique)[4,14]、氣霧耕法(aeroponic culture)[8]及Ri T-DNA 轉型根法[3,15]等技術繁殖叢枝菌根菌，但是實際可供田間應用的接種原仍以盆栽生產者爲主。本研究室利用傳統盆缽法，每年生產約4000包菌土(5公斤/包)，供應洋香瓜示範推廣或農友索取之用，但限於人力、空間不足，要提高生產數量較爲困難，因此如果可以提高菌土內之接種原密度，相對地用較少的菌土，仍可得相同的接種效果。

一般盆栽法使用的介質，有砂、泥炭苔、蒙特石[17]及樹皮等，或者配合其他介質調配而成，但有報告指出有機質與可利用性磷含量高不利菌根形成與孢子產生[2,6,7,10,13]，因此調配上須注意不能影響叢

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2001號。

2. 本所嘉義農業試驗分所助理、研究員兼分所長。台灣省 嘉義市。

枝菌根菌的感染與增殖。本研究室一直以河砂作爲繁殖叢枝菌根菌的基本栽培介質，因其具有極佳的通氣性及低肥份的特點，但是相對地，其保水、保肥力差較不利於宿主植物初期的生長，Millner等人[11]研發自動澆水與施肥系統，解決此一問題。Morton等人[12]採用砂土與壤土以2：1的方式混合，作爲菌種繁殖的標準配方，本試驗則以質地較輕、保水力較佳的泥炭苔爲添加對象，探討其添加的比例、添加方式對叢枝菌根菌產孢的影響，並調查整個台農1號玉米生長期，菌根發育與孢子的變化，以提供採收期的參考。

材料與方法

一、供試叢枝菌根菌的來源與接種方法

供試叢枝菌根菌*G. mosseae*由玉米根圈土壤分離而來，經數次孢子分離、接種繁殖步驟確定爲單一菌種後，保留作爲原種。取部份原種菌土以盆栽玉米大量繁殖，成爲各項試驗所需之接種原。試驗期間所用的盆栽介質如河砂、泥炭苔、盆缽等，均事先以70℃蒸汽消毒30分鐘，放置一週後備用。接種原收集時取部份菌土及根系，利用濕篩法(wet sieving and decanting)[5]分離孢子，以計算每百克菌土之孢子數，根系則採用透化染色法[16]調查菌根形成率。菌根形成率的計算方式如下：透化染色後的根系，分別剪成約1公分長度，逢機取60段置於載玻片上，每一玻片20條根段，於光學顯微鏡下鏡檢，每一根段如有根內菌絲及叢枝體(arbuscules)或囊狀體(vesicles)即視爲已感染，計算60根段中已感染根段的百分比，即爲菌根形成率。以下各試驗均採用孢子接種，方法如下：首先菌土以濕篩法將孢子分離出來，篩出的孢子懸浮液倒入玻璃培養皿中，置於解剖顯微鏡下以拉成細針狀的玻璃吸管，吸取內容物完整的孢子，每50個孢子置於一指型管內。接種前小心移去盆栽植株周圍的河砂，使宿主植物根系露出，再以玻璃吸管吸取指型管內的孢子，將孢子溶液滴在根上，接種後蓋上河砂及澆水。接種植株2週後，每盆每公斤河砂施用1.5公克3號奧妙肥(N:P:K=18:5:11)。

二、泥炭苔添加方式對叢枝菌根菌繁殖之影響

供試宿主植物有百喜草(*Paspalum notatum* Flugge)、營多藤(*Desmodium intortum* Urb.)、玉米(*Zea mays* L.)台農1號及甘藷(*Ipomoea batatas*(L.) Lam.)台農66號等，除甘藷採用扦插苗每盆2株外，其餘三種宿主植物均以種子播種，播種前種子以0.5%次氯酸鈉表面消毒，發芽後每盆疏苗僅留2株。栽培介質爲消毒河砂與消毒泥炭苔(Finnpeat ST-400 A.2, Finland)，泥炭苔標示的水溶性氮、磷、鉀含量分別爲0.17%, 0.1%, 0.27%。泥炭苔添加方式分成混合與覆蓋兩種處理，混合處理是將河砂與10%(V/V)泥炭土混合均勻後，裝入盆缽中，每盆3公升(約5公斤)，再分別種植百喜草、營多藤、玉米及甘藷，每一宿主植物各3重覆，覆蓋處理則是先將盆缽裝入河砂，10%(V/V)泥炭苔於宿主植物播種或移植後覆蓋(mulch)於河砂表面，每一宿主植物有3重覆。供試叢枝菌根菌爲*G. mossea*，每盆接種50個孢子，接種後14周調查每百克砂土的孢子數及菌根形成率。

三、河砂與不同比例泥炭苔混合對叢枝菌根菌繁殖的影響

河砂及泥炭苔分別以4:1, 2:1及1:1(V/V)混合後，每5公斤裝1盆(盆缽直徑18公分，高20公分)，另以全砂爲對照處理，每處理3盆。供試宿主植物爲百喜草，取自盆栽百喜草成株莖部，每5公分剪取一截，除去部份葉片，以清水洗淨扦插於蛭石中，待其發根並長出新葉片後即爲繁殖宿主，每盆移植2株，移植時同時接種50個*G. mosseae*孢子。試驗期間之溫度，最高31℃最低22℃。接種後第14週，調查孢子數及菌根形成率。

四、叢枝菌根菌在宿主玉米根圈土中之繁殖消長

供試宿主植物爲台農1號玉米，種子經表面消毒後，每盆播種2顆，播種日期爲6月24日，盆栽介質爲消毒河砂(5公斤/盆)，播種後1週每盆接種50個孢子，之後覆蓋10%(v/v)消毒的泥炭苔。試驗盆栽置於簡易塑膠網室中，試驗期間網室溫度記錄，最高39℃最低22℃。玉米植株接種後第7週開始，每隔1週分別取出3盆，調查百克砂土的孢子數及菌根形成率，至玉米接種後第15週止(日期爲10月13日)。

五、供試栽培介質分析

供試河砂與泥炭苔使用前分別進行酸鹼值、EC值及有效磷(available phosphorus)的測定。測定方式是將河砂或泥炭苔與蒸餾水以1:5比例混合，利用酸鹼度計與導電度計分別測定pH及EC，有效磷的測定是採用白雷氏第一法(Bray-1 method)分析。

結　果

一、栽培介質分析

栽培介質河砂或泥炭苔與蒸餾水以1：5比例混合，測定酸鹼值、導電度，以及利用白雷氏第一法分析有效性磷，結果河砂與泥炭苔酸鹼值分別爲7.34與6.22，導電度分別是0.123與0.854(dS/m)，有效性磷含量分別爲0.77與15.13(ppm)。

二、泥炭苔添加方式對叢枝菌根菌繁殖的影響

河砂與10%泥炭苔以覆蓋或混合方式處理，調查接種後第14週百喜草、營多藤、玉米、甘藷的菌根形成率與孢子數，結果如表1。四種作物菌根形成率，在覆蓋處理分別爲百分之72.9, 18.9, 19.5及35，混合處理分別爲百分之86.7, 61.7, 31.7及69.4，由結果顯示，在四種作物上，混合處理者之菌根形成率較覆蓋處理者爲高。四種作物產生的孢子在覆蓋處理分別爲373, 464, 605, 254(個/100克土)，混合處理者分別爲773, 1115, 1424, 58(個/100克土)，除甘藷外，顯示產孢以混合處理者優於覆蓋處理者，在營多藤上達顯著差異(p=0.05)。

三、泥炭苔混合比例對叢枝菌根菌繁殖的影響

河砂與泥炭苔以1:0, 4:1, 2:1, 1:1(v/v)比例混合，於接種後第14週調查的菌根形成率，分別爲百分之82.4, 76.6, 26.3及15等，每百克土之孢子數則分別爲631.3, 362.7, 0, 0等。由圖1結果可知，完全以河砂爲栽培介質，菌根程度比混合不同比例泥炭苔的處理爲高，且泥炭苔混合量愈高，菌根感染率則愈低，孢子的產生也有相似趨勢，且泥炭苔用量在33及50%的處理，甚至未有孢子產生。

表 1. 泥炭苔施用方式對叢枝菌根菌*G. mosseae*繁殖的影響

Table 1. Effect of mulching and mixing peat moss on the spore production of *G. mosseae* in sandy pot culture

處理	孢子數(個/100克土)				菌根形成率(%)			
	百喜草	營多藤	玉米	甘藷	百喜草	營多藤	玉米	甘藷
覆蓋	373a*	464b	605a	254a	72.9	18.9	19.5	35.0
混合	773a	1115a	1424a	58b	86.7	61.7	31.7	69.4

*Means in the same column followed by the different letter are significantly different (p=0.05) by Duncan's multiple range test.

四、叢枝菌根菌在宿主玉米根圈土中之繁殖消長

叢枝菌根菌*G. mosseae*在盆栽台農1號玉米根圈土的繁殖調查，是從接種後第7週開始如圖2，其菌根形成率與孢子數分別爲7.23%與20個/100克土，而後逐漸增加，至接種後第11週出現一波高峰，此時

菌根形成率達52.2%，每百克土含孢子數1064.3個，而後逐漸降低，至第15週時菌根形成率與孢子數分別爲16.1%與197.7個/100克土。在夏季整個盆栽玉米的生長期，抽穗約出現在接種後第6週，接種後第12週植株地上部開始乾枯，而菌根形成率與孢子數約自此時開始逐漸降低。

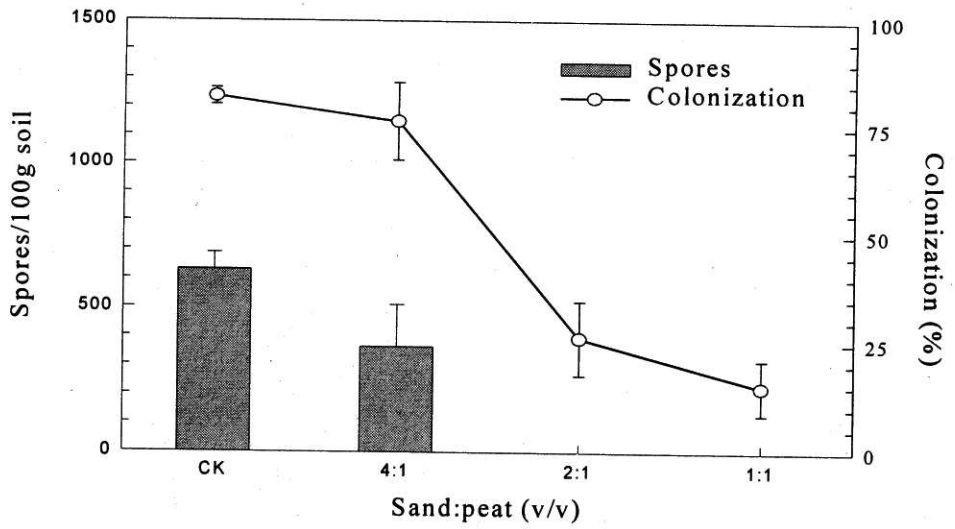


圖 1.河砂添加泥炭苔的比例對叢枝菌根菌*G. mossrae* 繁殖的影響。

Fig. 1. Effect of mixing ratio between peat moss and sand on the spore production of *G. mosseae* in pot culture (bars indicate standard error).

討　論

河砂具有通氣佳、養分少的優點，適於作爲叢枝菌根菌的繁殖介質，但對宿主植物而言，並不利於其初期的生長，尤其在夏天與冬天的季節，而泥炭苔(peat moss)具有良好的保水性及養分低，可彌補河砂的缺點，頗爲適合作爲添加之用。在泥炭苔混合試驗中，發現添加泥炭苔確可改善宿主植物初期的生長，並減少補植的情形發生，但其對叢枝菌根菌繁殖的影響，結果顯示泥炭苔添加的比例愈高，百喜草菌根形成率降低，產孢減少，添加量超過20%以上，接種後第14週，仍未發現孢子產生，而添加20%泥炭苔者，每百克土含有363個*G. mosseae*孢子，仍較對照未添加者之631個孢子爲少，可見泥炭苔中含有不利叢枝菌根菌繁殖的因子。有些報告指出有機質含量[10]與磷肥[6,7,13]，不利叢枝菌根菌的繁殖，因此推測可能是泥炭苔中磷肥與有機質含量抑制叢枝菌根菌繁殖，因爲部份商業產品可能在產品中添加化學肥料，這其中又以磷肥對叢枝菌根菌的繁殖影響較大。經測定後，供試泥炭苔的可溶性磷含量爲15.1ppm，EC值爲0.854(ds/m)，顯示有可能添加了化學性磷肥。磷肥濃度對叢枝菌根菌的影響，已有許多報告發表，少量磷有助於叢枝菌根菌孢子發芽與發芽管的生長，但是有效性磷肥的濃度太高，對孢子發芽與菌根發展則有抑制作用[19]，另一方面磷的有效性常受土壤質地、酸鹼值等因子影響，要判斷有效性磷的濃度達何種標準，始對叢枝菌根菌的繁殖有影響確實不易，而此次泥炭苔的可溶性磷雖達15.1ppm，是否即對叢枝菌根菌造成抑制作用，仍有待繼續探討。

泥炭苔混合量過高影響叢枝菌根菌的繁殖，混合方式亦會影響孢子篩洗後的鏡檢工作，因此若將泥炭苔添加量減至10%，並與覆蓋處理比較對產胞的影響，採用覆蓋方式較易將表層泥炭苔去除，具

有鏡檢時干擾較少的優點，但由表1的結果，四種宿主植物中除台農66號甘藷外，百喜草、營多藤、台農1號玉米之菌根形成率與百克土之孢子數，均以混合方式高於覆蓋方式，但爲什麼會有此種現象原因並不清楚。比較宿主植物間的產孢情形，供試玉米在混合方式之處理中每百克土有1424個孢子，

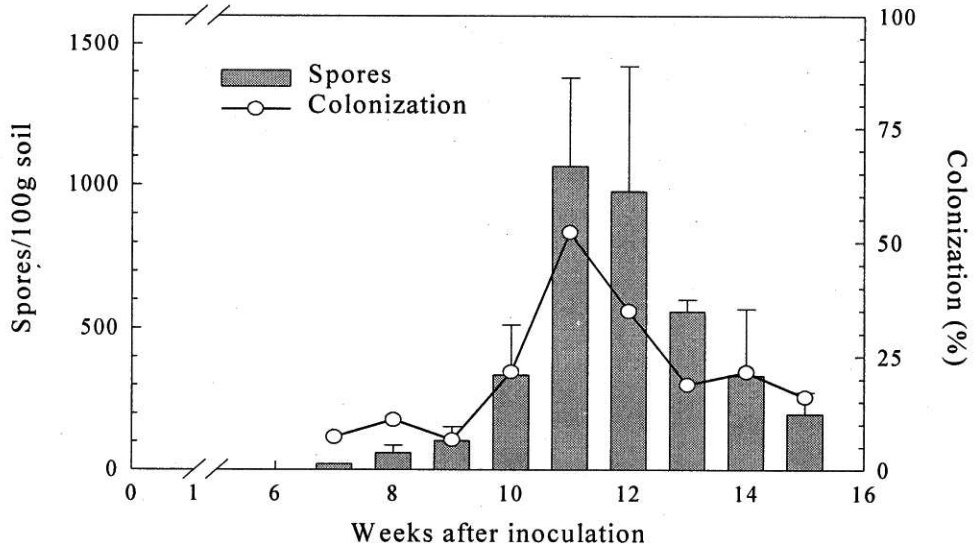


圖 2.叢枝菌根菌*G. mosseae* 在玉米根圈土中的消長。

Fig. 2. Spore fluctuation of *G. mosseae* in corn rhizosphere (bars indicate standard error).

而覆蓋處理之土中則爲605個*G. mosseae*孢子，高於其他宿主植物，營多藤與百喜草爲宿主者孢子數其次，台農66號甘藷則是產孢較差的宿主植物，但甘藷對其他*Glomus*屬菌種可能是相當適合的宿主植物(未發表資料)。由於宿主植物是影響叢枝菌根菌繁殖的因子之一[18,20]，在本次試驗使用的四種宿主植物中，玉米是繁殖*G. mosseae*較適當的宿主之一，有需要進一步瞭解*G. mosseae*在玉米根圈的發育情形，以取得產胞量最適期的資料，提供菌土採收的參考，如圖2所示，*G. mosseae*的繁殖確有一個高峰期出現，約在接種後第11週，或是抽穗後第5週，而後孢子有減少產生的趨勢，但高峰期可能受環境因子如溫度的影響，而在時間上有部份的差異。

引用文獻

1. 程永雄、莊明富、杜金池。1993。內生菌根菌*G. clarum*應用在洋香瓜生產上之效益評估。中華農業研究 42:74-84。
2. Biermann, B., and R. G. Linderman. 1983. Effect of container plant growth medium and fertilizer phosphorus on establishment and host growth response to vesicular-arbuscular mycorrhizae. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108:962- 971.
3. Diop, T. A., G. Becard, and Y. Piche. 1992. Long-term in vitro culture of an endomycorrhizal fungus, *Gigaspora margarita*, on Ri T-DNA transformed roots of carrot. Symbiosis 12:249-259.
4. Elmes, R. P., C. M. Hepper, D. S. Hayman, and J. O'Shea. 1984. The use of vesicular-arbuscular mycorrhizal roots by the nutrient film technique as inoculum for field sites. Ann. Appl. Biol. 104:437-441.
5. 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.
6. Graham, J. H., and L. W. Timmer. 1984. Vesicular-arbuscular mycorrhizal development and growth response of rough lemon in

soil and soilless media: Effect of phosphorus source. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109:118-121.

7. Hayman, D. S. 1982. Influence of soils and fertility on activity and survival of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Phytopathology 72:1119-1125.
8. Hung, L. L., and D. M. Sylvia. 1988. Production of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus inoculum in aeroponic culture. Appl. Environ. Microbiol. 54:353-357.
9. Menge, J. A. 1984. Inoculum production. pp. 187-203. In: VA Mycorrhiza, C. L. Powell and D. J. Bagyaraj, eds. CRC Press, Boca Raton, FL. 234pp.
10. Menge, J. A., W. M. Jarrell, C. K. Labanauskas, J. C. Ojala, C. Huszar, E. L. V. Johnson, and D. Sibert. 1982. Predicting mycorrhizal dependency of Troyer citrange on *Glomus fasciculatus* in California citrus soils and nursery mixes. Soil Sci. Soc. Amer. J. 46:762-768.
11. Millner, P. D., and D. G. Kitt. 1992. The Beltsville method for soilless production of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Mycorrhiza 2:9-15.
12. Morton, J. B., S. P. Bentivenga, and W. W. Wheeler. 1993. Germplasm in the International Collection of Arbuscular and Vesicular-arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM) and procedures for culture development, documentation and storage. Mycotaxon 48:491-528.
13. Mosse, B. 1973. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza. Ann. Rev. Phytopathol. 11:171-196.
14. Mosse, B., and J. P. Thompson. 1984. Vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculum production. I. Exploratory experiments with beans (*Phaseolus vulgaris*) in nutrient flow culture. Can. J. Bot. 62:1523-1530.
15. Mugnier, J., and B. Mosse. 1987. Vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in transformed root-inducing T-DNA roots grown axenically. Phytopahtology 77:1045-1050.
16. Phillips, J. M., and D. S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans. Br. Mycol. Soc. 55:158-161.
17. Plenchette, C., V. Furlan, and J. A. Fortin. 1982. Effects of different endomycorrhizal fungi on five host plants grown on calcined montmorillonite clay. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107:535-538.
18. Simpson, D., and M. J. Daft. 1990. Spore production and mycorrhizal development in various tropical crop host infected with *Glomus clarum*. Plant and Soil 121:171-178.
19. Siqueira, J. O., D. M. Sylvia, J. Gibson, and D. H. Hubbell. 1985. Spores, germination, and germ tubes of vesicular- arbuscular mycorrhizal fungi. Can. J. Microbiol. 31:965-972.
20. Struble, J. E., and H. D. Skipper. 1988. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungal spore production as influenced by plant species. Plant and Soil 109:277-280.

48-4-6

Effects of Peat Moss Amendment on Propagation of Arbuscular Mycorrhizal Fungi[1]

Ming-Fuh Chuang and Yung-Hsiung Cheng[2]

Summary

Sand is a good medium for inoculum production of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, because of its high aeration and lower fertility, but it has poor water-conserved and buffering ability. In contrast, peat moss has high water-conserved ability, so we try to amend sand with peat moss to improve initial growth of host plants, and to increase colonization and spore of VAM fungi. Effect of 10% peat moss mulched or mixed with sand on colonization and spore production of *G. mosseae* are tested in four host plants of bahiagrass, intortum, corn, and sweet potato. Results indicated sand mixed with peat moss is better than those mulched with peat moss. Then, the effects of sand mixed with peat moss in ratio of 1/5, 1/3, 1/2 on propagation of *G. mosseae* in rhizospheric soil of bahiagrass were conducted. Results indicated that the amendment of peat moss in sand could improve initial growth of host plants, but colonization or spore production was the highest in treatment without peat moss amendment. When amended volume of peat moss was over 1/4, there was no spore in rhizospheric soil at 14 weeks after inoculation. Periodic investigation were conducted to monitor propagation of *G. mosseae* in the rhizosphere of corn, and results indicated that root colonization and spore production in soil gradually increased, and reached the highest at 11 weeks after inoculation, and then decreased. The results showed that spore production was the highest in sand without any amendment. Peat moss was not beneficial to colonization and spore production, if amended with sand.

Key words: Peat moss, Pot culture, Arbuscular mycorrhizal fungi

---

1. Contribution No.2001 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Respectively, Assistant and Director, Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI, Chiayi, ROC.