韓蠶誌 28(1), 1~14(1986)
Korean J. Seric. Sci

VA 內生菌根菌, *Glomus mosseae*,가 뽕나무의 生長과 營養에 미치는 影響

金 重 彩·文 在 裕
서울大學校 農科大學

Responses of VA mycorrhizal Fungus, *Glomus mosseae*, on the Growth and Nutriition of Mulberry tree

Joong Chai Kim and Jae Yu Moon
College of Agriculture, Seoul National University

SUMMARY

This study was carried out to acguire some basic information on nutritional and physiological effects of vesicular arbuscular mycorrhizae (VAM) on mulberry trees inoculated with *Glomus mosseae*, Gerd. & Trap. grown in clay for 65 days and treated with 5 different levels of phosphorus, ie 30, 60, 120, 240, 480 ppm as $(NH_4)_2$ HPO_4.

At the end of the expermental period the levels of fixed phosphate in the soil was measared.

And the native VAM fungi were collected to select the most effective VAM species on mulberry tree. The nutritional and biochemical effects of VA mycorrhizae on the mulberry leaves were also studied.

Those results are as follow.

1. The mulberry trees grown in clay and inoculated with VAM were heavier in shoot dry weight as much as 197% than uninoculated plants. But in vermioulite, uninoculated mulberry trees were heavier as much as 135% than inoculated.

2. The rates of endo mycorrhizal formation in clay was highest at 60ppm level of phosphorus, and vesicles in roots were formed in 240ppm and 480ppm level of phosphorus, but not in 30ppm, 60ppm and 120ppm.

3. The greatest growth responses of VAM inoculation was found at 60ppm level of phosphorus, and the optimum phosphorus level for VAM responese appeared to be 60ppm.

4. VAM was able to absorb soil-fixed phosphate.

VAM abosrbed Fe-bound phosphate most efficiently and Ca-bound phosphate with ease but not Al-bound phosphate and Al-Fe occluded phosphate.

5. Three species of *Gigaspora* and one species of *Glamus* growing naturally in mulberry plantations were collected and tested for the growth responses.

Gigaspora tricalipta and *Gigaspora calospora* revealed the greatest growth responses on mulberry tree among tested VAM fungi.

6. Mulberry leaves inoculated with VA mycorrhizal fungi contained 9.8% more phosphate and 15.2% more nitrogen, 22.2% more water-soluble carbohydrates and 15.2% more proteins than uninoculated plants.

7. The electrophoretic pattern of mulberry leaf protein inoculated with VAM fungi has 19 bands. But that of uninoculated mulberry leaf protein has 16 bands.

8. The patterns of peroxidase zymogram and Amylase zymogram were different between the mulberry leaves inoculated and uninoculated with VA mycorrhizal fungi. The peroxidase zymogram of inoculated leaves has 1 less majour band than uninoculated leaves The amylase zymogram of inoculated leaves has 2 bands near the ⊕pole, but that of uninoculated leaves has 1 band near the ⊖ pole.

緖 論

地球上의 大部分의 維管束植物이 菌根을 가지고 있으며 菌根은 寄主植物의 生長을 크게 促進시킨다는 것은 널리 알려진 事實이다.

菌根은 土壤內에서 流動性이 적은 營養分, 特히 燐酸의 吸收를 촉진할 뿐 아니라 土壤病原菌이 植物 뿌리로 浸透하는 것을 抑制해 주고 그 밖에 土壤 溫度의 급격한 變化, 매우 낮은 土壤 酸度와 土壤 毒性物質에 의한 被害를 輕減시켜 준다고 한다.

天然的인 生態界에서는 菌根 形成이 自然的으로 이루어지고 있으나 最近에는 人工 接種을 통하여 좀 더 效率的인 菌根菌으로 菌根形成을 誘導하여 寄主植物의 生長을 현저하게 促進시킨 事例가 많이 발표되고 있다. 特히 瘠薄한 土壤에서의 生長促進이 뚜렷하다. 우리나라에서도 最近 菌根에 대한 관심이 높아져 여러 연구기관과 대학에서 硏究가 活潑히 이루어지고 있으나 아직까지 그 成果는 적은 편이며 특히 뽕나무를 대상으로 한 硏究는 적다.

本 實驗은 菌根이 뽕나무의 生長에 미치는 影響과 菌根에 接種된 뽕나무에 가장 알맞는 燐酸 水準, 土壤에 固定된 燐酸에 대한 菌根의 吸收 機作, 菌根接種이 뽕잎의 營養物質과 酵素에 미치는 影響 및 뽕나무에 알맞는 菌根의 選拔을 행하였던바 다소의 知見을 얻었으므로 이에 報告하는 바입니다.

硏 究 史

19세기 初부터 식물 뿌리가 病徵을 나타내지 않고 곰팡이와 함께 共存하는 것에 대하여 관심을 가진 사람들이 많았다. 獨逸의 Frank(1885)는 너도 밤나무와 곰팡이가 共生하는 것을 菌根(Mycorrhizae)이라고 命名하였다.

菌根은 菌의 形態, 菌의 種類, 寄主 植物의 種類를 고려하여 VA(Vesicular arbuscular) 內生菌根, Ericaceous(진달래科) 內生菌根, Orchidaceous(난초科) 內生菌根, 外生菌根, 內外生菌根으로 分類된다(Black, 1980 Lewis, 1973. Miller, 1981).

VA 內生菌根은 植物 뿌리 外部에 菌絲가 발달하고 뿌리의 皮層細胞內에 浸透하여 Vesicles(囊)와 arbuscules(작은 나무가지 모양)를 만든다. Vesicle은 皮層細胞 內部나 外部에 모두 形成되며 養分貯藏器官으로 생각하고 있으며 arbuscule는 주로 內皮 細胞層에 가까운 안쪽 皮層細胞層에 發達하고 寄主植物과 菌絲가 養料를 交換하는 장소(haustorium)로서 차츰 寄主植物에 消化 吸收된다(Brown and king, 1982: Carling and Brown, 1982). 菌根은 種類에 따라 차이가 있지만 땅속에 40~500μm의 胞子를 形成한다.

VA內生菌根은 Endogonaceae에 속하며 이 科에는 *Glomus, Gigaspora, Acaulospora, Sclerocystis, Endogone, Complexipes, Entrophosphora*, Gleziella, 그리고 *Modicella* 等이 알려져 있으며 이중에서 Endogone은 外生菌根을 形成하며 VA內生菌菌을 形成하는 것은 *Glomus, Gagaspora, Acaulospora*, 그리고 *Sclerocystis* 屬이다(Gerdemann and Trappe, 1974).

Ericoid 內生菌根은 진달래科 Erica屬 植物에서 볼 수 있으며 Orchid 內生菌根은 난초에서만 볼 수 있고 葉綠體를 갖고 있지 않은 난초類는 平生을 菌根關係에 의지하고 葉綠體를 갖고 있는 것이라도 發芽時에는 菌根에 의지한다(Micola, 1982).

內外生菌根은 外生菌根을 形成하는 소나무科 樹木의 幼苗때에 뿌리 皮層細胞의 內部까지 菌絲가 侵入하므로서 생기는 것이다.

外生菌根은 表皮細胞 外部에 菌套(fungal mantle)를 形成하고 皮層細胞에는 細胞 사이에 들어가서 Hartig net를 形成하고 細胞內部에는 浸透하지 않는다(Zak, 1973).

菌根의 分布 狀況을 보면 地球上에 있는 維管束植物의 95% 以上이 菌根을 形成하는 種을 包含한다(Kormanik等, 1977), 菌根을 形成하지 않는 植物은 水生 혹은 濕生植物, 사막에서 자라는 일부 植物과 일부 특수한 植物 즉 명아주科, 십자화科, 현호색科, 사초科 닭의장풀科, 쇄기풀과, 마디풀科의 식물이다.

外生菌根은 顯花植物의 극소수, 즉 3% 정도에서만 볼수 있으며(Meyer, 1973) 소나무科 樹木과는 絕對共生하는 것으로 알려져 있으며 그외에 참나무科, 자작나무科, 버드나무科, 피나무科, 측백나무과科, 가래나무科, 장미科, 단풍나무科에서도 잘 발달한다(Meyer, 1973).

VA內生根菌은 전적으로 外生菌根만을 갖는 植物과 난초科, 진달래科 및 전혀 菌根을 形成하지 않는 일부 植物을 除外한 모든 植物과 共生關係를 維持한다(Gerdemann, 1975).

菌根은 自然狀態에서도 흔히 觀察된다는 普遍性 때문에 그 役割이 오히려 宥過되는 점이 많다. 그러나 菌根은 여러가지 機作으로서 寄主植物의 生長을 돕는다. 菌根은 菌絲가 토양중에 뻗어나가 뿌리가 닿지 못하는 곳에 있는 流動性이 적은 養料(燐酸, 구리, 亞鉛等)을 吸收하여 寄主植物에 供給한다(kormanik等, 1477). 또한 菌根은 diatretyne nitrile 3이라는 抗生物質을 生產하여 周圍에 있는 病原菌의 繁殖을 抑制하고 Auxin, Cytokinin, Gibberellin 같은 植物生長 홀몬을 生產하여 植物生長을 促進하기도 한다(Zak, 1964: slankis, 1973: kormanik等, 1977).

菌根의 微細構造에 對하여 電子顯微鏡으로 觀察하여 보면 VA內生菌根의 境遇 arbuscule이 形成됨에 따라 寄生細胞의 細胞質이 크게 擴大되고 核도 커지며 plastid와 mitochondria의 숫자가 增加하는 반면에 液胞는 줄어들게 된다(carling ang Brown, 1982). 이러한 것으로 볼 때 菌과 寄主植物과의 養分 交換은 細胞의 原形質膜을 통하여 일어나는(cox and Tinker, 1976) 에너지를 소모하는 活潑한 代謝活動이라는 것이 입증되고 있다(Pearson and Tinker, 1975).

菌根을 가지고 있는 植物에서는 土壤中의 P.N.S.Zn, Cu 等의 吸收가 促進되는데 이중에서 가장 현저한 것은 P이다(Mosse, 1957: Lambert, 1975). 燐酸의 吸收가 促進되는 機作에 대하여는 여러가지 假說이 있으나(Safir and Nelson, 1981) 菌根은 非菌根보다 吸收面積이 클 뿐만 아니라 실제로 燐酸에 대한 親和力도 크기 때문(Cress等, 1979)이며 일단 吸收된 燐酸은 菌絲內에서 Polyphosphate 形態로 바뀌어서 寄主에게로 전달 된다고 믿어지고 있다(Callow等, 1978).

窒素吸收에 대한 菌根의 役割에 대하여는 否定的인 結果도 많지만 窒素가 窒酸態窒素의 濃度가 낮거나 土壤水分이 모자랄 경우 암모니아態로 존재하여 吸收가 容易하지 않을 경우 土壤內에 廣範圍하게 뻗어있는 菌絲에 의하여 窒素의 吸收가 促進된다고 생각된다(Bowen, 1981).

菌根의 形成은 菌의 種類, 寄主植物, 그리고 環境에 의하여 지배되는데 특히 뿌리내의 탄수화물의 양이 주요한 要因으로 생각된다. 비옥한 土壤內에서는 뿌리 자체가 잘 發達하지 않고 菌根 形成率도 낮다. 특히 土壤內 燐酸 含量이 높을 때에는 이러한 現象이 더욱 뚜렷하게 된다. 그러나 여기에서의 가장 큰 要因은 土壤內의 燐酸 含量 自體 보다는 뿌리안의 燐酸 含量이다(Menge等 1978). 土壤中의 燐酸의 含量이 낮아지면 寄主 細胞內의 燐酸의 含量이 減少하고 原形質膜의 透過性이 增加하고 따라서 뿌리의 滲出量이 增加하여 뿌리 周圍의 菌根菌이 자극을 받아 뿌리에 侵透하게 된다. 반대로 土壤中에 燐酸의 含量이 많을 때는 위의 逆現象이 일어난다(Granam等 1981).

菌根形成에 관여하는 環境因子로는 光度, 土壤溫度, 水分, pH, 通氣性, 뿌리 주위의 微生物 等이 있다.

지난 수 년 동안 VA菌根의 人工接種으로 農作物의 生長이 현저하게 促進된 例는 무수히 많다. 즉 밀(Azcon and Qcampo, 1981) 보리(Owusu—Bennoch and Mosse, 1979), 옥수수(Mosse, 1977), 등부(Bagyaraj and Manjunath, 1980), 클로바(Smith and Smith, 1981), 양파(Manjunath and Bagyaraj, 1981), 목화(Pugh等, 1981) 等에서 菌根에 接種된 植物은 생장이 월등히 우수하였다.

現在까지의 菌根에 관한 實驗은 주로 土壤 消毒後에 接種을 시도한 것이기 때문에 이 技術을 실제의 大規模 營農에 應用하기에는 힘들다. 그러나 土壤消毒을 하지 않은 土壤에서도 菌의 種類를 잘 選擇하면 接種效果가 있다(Mosse, 1977: Bagyaraj and Munjunath, 1980).

菌根菌의 接種 效果는 果樹, 園藝作物에서도 많이 발표 되었는데 사과나무(plenchette等, 1981), 귤나무(Aemec, 1981: Nemec and Guy, 1982) 等에서도 현저한 生長促進 效果가 있었으며 挿木 發根이 促進된다는 結果도 있다(Linderman and Call, 1977).

本 實驗에서는 뽕나무에 대한 菌根의 接種 效果에 대하여 消毒한 土壤에서 實施하여 뽕나무 菌根 接種實用化의 可能性을 調査하였으며 뽕나무에 가장 알맞는 VA內生菌根을 選拔하기 위하여 一般 뽕밭과 산에 自生하는 뽕나무에 共生하는 菌을 蒐集하여 뽕나무의 生長 促進 效果를 調査하였다.

또한 뽕나무는 누에를 사육하는 作物이므로 VA內生菌根이 뽕잎의 無機成分, 炭水化物과 蛋白質의 含量에 미치는 影響을 調査하였으며 뽕잎에 있어서의 生化學的인 變化를 알기 위하여 蛋白質의 電氣泳動像의 變化, Peroxidase와 amylase의 zymogram도 調査하였다.

第一章 VA內生菌根이 뽕나무의 生長과 뽕잎의 營養에 미치는 影響

1. 目 的

VA內生菌根에 알맞는 燐酸 施肥 水準, 土壤에 고정된 인산의 吸收形態, 뽕나무의 生長에 미치는 影響 및 뽕잎의 營養과 酵素에 미치는 影響을 밝히고자 한다.

2. 材料 및 方法

가. 供試材料

本 實驗에 供試한 VA內生菌根은 韓國林木育種研究所로부터 分讓받아 Sudan grass에 接種하여 培養한 Glomus mosseae, Mosse and Trappe이다. 土壤은 黃土와 Vermiculite를 使用하였으며 供試한 黃土는 PO_4: 4ppm, K:0.09, Ca: 1.29, Mg: 0.32me/100g인 매우 瘠薄한 土壤이었다.

直徑 11cm, 높이 13cm인 花盆에 650g의 土壤을 넣어 使用하였다.

接種源은 接種된 土壤과 뿌리 100g을 500μm와 53μm 체로 쳐서 使用하였으며 菌根 胞子만의 數는 100個 內外였다. 뽕나무는 魯桑(Morus lhou koidz) 實生苗를 使用하였다.

나. 栽培條件

Growth Chamber에서 溫度 25~28°C, 光 14,000lux, 光 16時間, 暗 8時間으로 하여 栽培하였다. 施肥는 Hoagland solution(-P)로 뽕나무 本葉이 나온 때부터 1주일 간격으로 50ml씩 하였다. 栽培期間은 65日이었다. 물주기는 3日에 1回씩 100ml씩 주었으며 土壤狀態에 따라 조절하였다.

다. 施肥方法

土壤 條件을 黃土와 Vemiculite로 하고 燐酸 水準은 30, 60, 120, 240, 480ppm으로, 5反復으로 하였다.

라. 菌根 形成과 生長 促進 效果

菌根 形成 調査는 栽培한 뽕나무 뿌리를 5cm씩 20個씩 採取하여 Lacto-phenol trypan blue로 染色하여 實施하였다. 乾燥 重量은 70°C에서 48時間 乾燥하여 精密 天秤으로 計測하였다.

마. 土壤에 固定된 燐酸의 分劃

供試 材料에 대한 燐酸의 分劃(Fractionation)을 實施하여 土壤中에 남아있는 固定된 燐酸의 量으로서 吸收된 燐酸의 量을 推定하였으며 分劃은 Chang and Jackson: Peterson and Corey(1976) 方法에 의하여 다음과 같은 抽出液으로 抽出하여 890nm에서 吸光度를 測定하였다.

- Saloid phosphate: NH_4Cl 1M
- Al-bound phosphate: NH_4F 1.5M
- Fe-bound phosphate: NaOH 0.1M
- Ca-bound phosphate: H_2SO_4 0.25M
- Occluded Al-Fe phosphate: Na dithionite-Na citrate 0.3M

바. 뽕잎의 無機成分 分析

乾燥 粉抹에 Salicylic acid 存在下에서 Conc. H_2SO_4와 H_2OC_2를 加하여 濕式分解(Van Schouwenberg and Wallings, 1978)後 全 窒素는 Technicon Auto Analyzer III에 의하여 比色 定量하고 Ca, Mg, K는 Atomic Absorption spectrophotometer(L.I. AA/AE)에 의하여 實施하였다.

사. 可溶性 炭水化物

뽕잎 5g을 0.1M phosphate buffer(pH 7.0)에서 마쇄한 후 20ml로 한 후 3,000rpm에서 10분간 遠心分離하였다. 上澄液 0.5ml를 취하여 0.6N $HClO_4$ 4.5ml를 넣어 3,000rpm에서 10분간 다시 遠心分離하여 蛋白質을 除去한 후 上澄液 0.04ml를 취하여 80% phenol 0.05ml와 Conc. H_2SO_4 5ml를 加하여 發色시킨 후 spectrophotometer로 490nm에서 吸光度를 測定하였다.

아. 蛋白質의 電氣泳動

Vertical Slab전기영동장치를 이용하여 Davis(1964) 方法에 준하여 實施하였다. Acrylamide 濃度 7.5%, gel의 두께 2mm로 하였으며 泳動用 buffer는 pH 8.3 tris-glycine으로 하였다. 試料液은 70μl로 하였고 30mA에서 3시간 泳動하였다. 染色은 0.05% Coomassie-brilliant blue R-250으로 12시간 한 후 7% acetic acid로 2일간 脫色하였다.

자. Peroxidase zymogram

冷凍 乾燥된 뽕잎을 2배의 0.1M phosphate buffer (pH7.0)으로 마쇄후 4°C에서 8,000×g로 遠心分離한 후 上澄液을 90%$(NH_4)_2SO_4$로 처리한 후 4°C, 20,000×g로 遠心分離하였다. 沈澱物을 0.05M Tris buffer로 透析한 것을 試料로 사용하였다.

Davis 方法에 준하여 電氣泳動한 후 Endo 方法(1972)에 의하여 發色시켰다. 즉 2mM O-dianicidine와 2mM β-naphthol을 20ml의 acetone에 完全히 녹인 후 0.1M tris-acetic acid buffer(pH7.0) 10ml와 물 50ml, 3% H_2O_2 1ml를 넣어 100ml로 한 후 37°C에서 30분간 미리 incubation한 전기영동 gel을 넣어 37°C에서 12시간 반응시켰다.

차. Amylase zymogram

Davis 方法에 준한 電氣泳動과 Iodine-starch 反應을 이용하였다. 電氣泳動은 7.5% acrylamide gel을 사

Table 1. Root endomycorrhizal colonization indexes (percent) of 2-month-old mulberry grown in clay and Vermiculite

soil \ levels of phosphorus		30ppm	60	120	240	480	Mean
Clay	(C)	43.2	63.2	54.1	51.0	46.2	51.5
Vermiculite	(V)	48.1	42.1	30.0	23.0	18.1	32.3
C/V		0.89	1.50	1.80	2.22	2.55	1.90

용하였다. M/5 Borax-N/10 NaOH buffer (pH7.0)에 starch 0.5g와 agarose 1.0g을 녹여 만든 starch-agarose layer를 만들어 미리 37°C에서 15분간 incubation시킨 gel을 starch-agarose layer 위에 올려 놓아 37°C에서 30분간 incubation 시켰다. gel을 除去하고 starch-agarose layer 를 I/KI 용액에 12시간 浸漬하였다. 이때 amylase 活性을 나타내는 部分은 透明하게 되는데 반하여 活性을 나타내지 않은 部分은 黑色으로 染色이 되었다.

3. 結果 및 考察

가. 菌根 形成 程度

黃土와 Vermiculite에서 菌根을 接種하여 栽培한 뽕나무는 黃土에서 全體 平均 51.5%의 뿌리가 接種된 반면 Vermiculite에서는 32.3%로서 黃土에서 越等하게 많이 接種되었다. 이것은 黃土는 燐酸을 施肥하였을 때 大部分이 土壤에 固定되어 버리지만 Vermiculite는 大部分 固定되지 않은 理由로 생각된다. 黃土에 燐酸을 주면 大部分 土壤에 固定되어 뽕나무가 吸收하기 어려운 상태로 되고 相對的으로 뽕나무 뿌리의 燐酸 含量이 낮아지고 細胞原形質膜의 透過性이 增加하여 뿌리의 滲出量이 增加되어 菌根의 形成이 促進된 것으로 생각된다. 그러나 Vermiculite에서는 大部分의 燐酸이 土壤에 吸收되지 않고 그대로 植物에 吸收되므로 菌根의 形成이 억제된 것으로 생각된다. 黃土에서는 60ppm區에서 菌根 形成이 가장 잘 되었으나 全體 處理區에서 모두 집중되었다. Vermiculite에서는 30ppm區와 60ppm區에서 菌根 形成이 가장 잘 되었다. 120ppm 以上 區에서는 높은 燐酸 含量이 菌根 形成을 抑制한 것으로 보인다(Table 1 참조).

燐酸 水準에 따른 뿌리에서의 菌根 形態를 보면 Table 2에서와 같이 菌絲는 480ppm에서는 잘 發達하지 못한 反面 30, 60, 120ppm에서는 잘 發達하였고 Vesicle은 240ppm과 480ppm에서만이 發達하였고 30, 60, 120ppm에서는 거의 發達하지 못하였다. 이것은 Vesicle은 營養貯藏器官이므로 高燐酸 水準에서만 形成되었으며 적어도 240ppm은 되어야만 營養貯藏이 이루어진다고 보여진다.

Table 2. Formation of hyphae, vesicles and arbuscules at different levels of soil phosphorus in clay.

types \ levels of phosphorus	30ppm	60	120	240	480
hyphae	++	+++	+++	++	+
vesicle	—	—	±	++	++
arbuscule	++	+++	++	++	+

나. 菌根이 뽕나무 生長에 미치는 影響

뽕나무에 菌根을 接種하여 黃土에 심었을 때에는 다음에서와 같이 非接種區에 비하여 顯著한 生長促進 效果(全體平均乾燥重 97% 增)를 가져 왔으나 Vermiculite에 심었을 때에는 상당한 生長抑制(全體平均乾燥重 35%)를 가져왔다. 이것은 菌根의 特殊한 生理的 現象으로서 黃土에서는 施肥한 燐酸은 곧 바로 Al^{+++}, Fe^{+++}, Ca^{++} 等에 固定되어 植物이 利用하기 어려운 狀態로 되어 非接種뽕나무는 심한 燐酸 不足으로 生長이 抑制되지만 VA內生菌根에 接種된 뽕나무는 菌根이 土壤中에 固定되어 있는 燐酸을 吸收, 供給하여 주므로서 旺盛한 生長을 할 수 있는 것으로 생각된다. 한편 Vermiculite에서는 施肥한 燐酸은 그대로 土壤中에 남아있어 뽕나무가 그대로 吸收, 利用하지만 菌根에 接種된 뽕나무는 뿌리에 共生하고 있는 菌根에게 炭素同化作用에 의

Fig. 1. Formation of mycorrhizal organisms in the root cortical cells.
A : Arbuscule
H : Hyphae
V : Vesicle

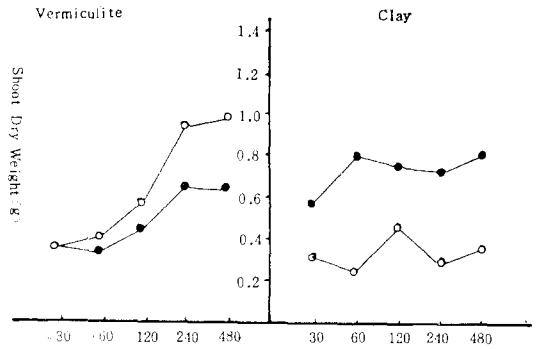


Fig. 2. Comparative growth responses of mulberry trees inoculated with VA mycorrhizae grown in vermiculite and clay.
●: inoculated
○: uninoculated

하여 生成된 炭水化物을 供給하여 주므로서(J.L. Harley, 1974等) 심한 生長 抑制를 받게 된 結果로 생각된다.

燐酸 水準에 따른 뽕나무의 生長을 위의 그림 2의 Vermiculite에서 보면 菌根을 接種하지 않았을 때에 뽕나무의 生長은 直線的인 關係가 아니라 S字型(Sigmoidal) 關係를 나타내며 最初 效果 發現 濃度는 60~120 ppm 사이에 있으며 正常 生長 濃度는 240ppm으로 보인다. Vermiculite에서 菌根을 接種한 때에는 낮은 濃度에서는 非接種區와 마찬가지로 燐酸이 制限要素로서 生長이 극히 不良하고 燐酸 濃度가 높아질수록 非接種區와 生長 差異가 더욱 커졌다.

黃土에 栽培한 때에는 非接種의 경우 不規則한 모양으로 燐酸濃度에 따른 生長 差異가 거의 없으나 接種의 경우 60, 120, 240, 480ppm 모두 같은 水準으로 生長이 越等하였다. 이것으로 볼 때 60ppm이 黃土에서 VA內生菌根을 接種한 때의 가장 알맞는 燐酸施肥水準이라고 생각된다.

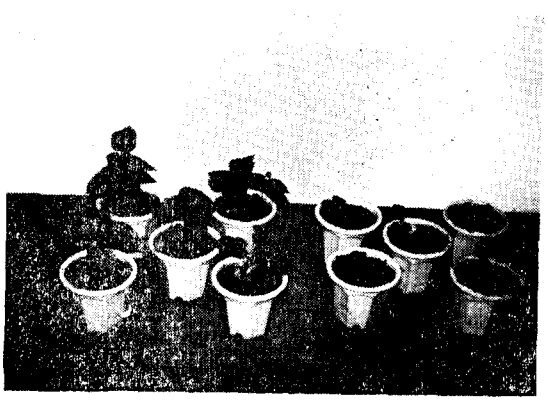


Fig. 3. Different growth responses of mulberry trees inoculated and uninoculated with VA mycorrhizae in clay.
U : uninoculated
I : inoculated

다. 菌根이 土壤에 固定된 燐酸의 吸收에 미치는 影響

1) Saloid phosphate

植物이 즉시 利用할 수 있는 燐酸으로서 分析 結果 VA內生菌根의 接種, 非接種 與否에 관계없이 檢出되지 않았다. 當初의 黃土는 5ppm, 一般耕作土는 8ppm(P_2O_5量으로 表示된 것이며 以下 모든 ppm은 P_2O_5量으로 表示된 것임)이었다.

2) Al-bound phosphate

그림 4에 나타난 바와 같이 Al-bound phosphate는 VA內生菌根 接種區가 非接種區에 비하여 많았다. 即 VA內生菌根을 接種하면 土壤中에 있는 Al에 의하여 固定된 燐酸의 吸收는 더 적어진다.

當初 供試 黃土에는 14ppm, 一般 耕作土에는 260ppm이 含有되어 있었다.

非接種의 480ppm區에서 Al-bound phosphate가 增加한 것은 餘分의 燐酸이 植物에 利用되지 않고 남아있는 것으로 생각된다.

3) Fe-bound phosphate

Fe-bound phosphate는 VA內生菌根 接種區가 非接種區에 비하여 그 量이 적었다. 즉 VA內生菌根에 接

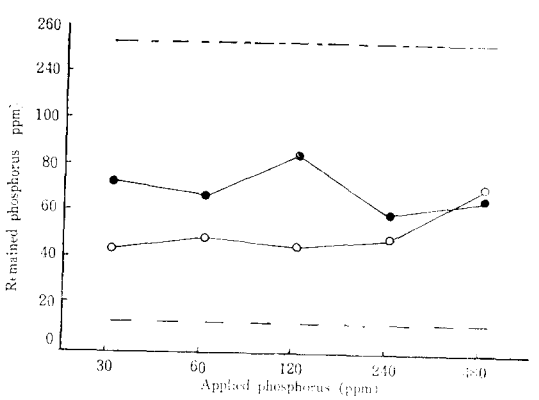
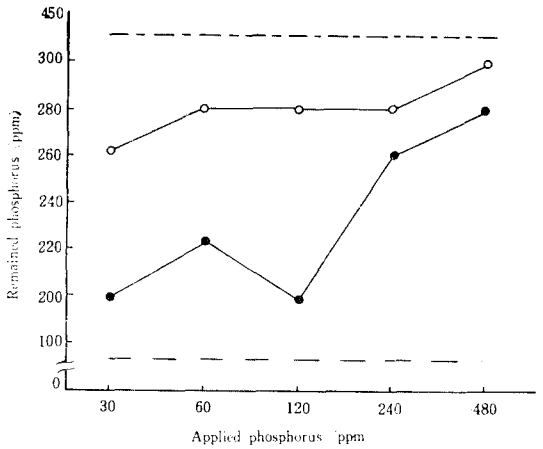
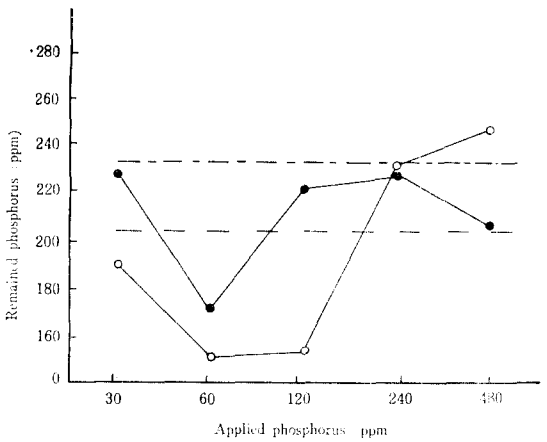


Fig. 4. Difference in Al-bound phosphate level in the soil between inoculation and non inoculation of VA mycorrhizae.
● : inoculation
○ : non inoculation
— — —: applied original soil
— - — - —: general cultured soil



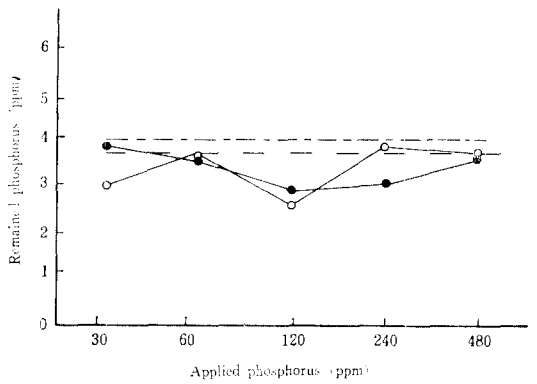
(Applied phosphorus (ppm)

Fig. 5. Difference of Fe-bound phosphate level in the soil between inoculation and non inoculation of VA mycorrhizae.
- •: inoculation
- ○: non inoculation
- — — —: applied original soil
- — - — -: general cultured soil



Applied phosphorus (ppm)

Fig. 6. Difference of Ca-bound phosphate level in the soil between inoculation and non inoculation of VA mycorrhizae.
- •: inoculation
- ○: non inoculation
- — — —: applied original soil
- — - — -: general cultured soil



(Applied phosphorus (ppm)

Fig. 7. Difference of Al-Fe occluded phosphate level in the soil between inoculation and non inocculation of VA mycorrhizae.
- •: inoculation
- ○: non inoculation
- — — —: applied original soil
- — - — -: general cultured soil

種된 뽕나무는 Fe-bound phosphate를 더 效率的으로 吸收하는 것으로 보인다. 非接種區는 480ppm區에서 Fe-bound phosphate가 增加하였는데 이것은 植物이 利用하고 남은 餘分의 燐酸이 나타난 것으로 생각되며 接種區에서는 240ppm 이상에서 크게 增加하였다.

4) Ca-bound phosphate

Ca-bound phosphate는 VA內生菌根 接種區가 非接種區에 비하여 더 많았다. 非接種區의 경우 240ppm區와 480ppm區에서 그 量이 급격이 增加하였으며 接種區에서는 60ppm區를 除外하면 큰 差異가 없었다. 이와 같은 사실로 미루어 非接種 뽕나무는 燐酸 含量이 낮은 土壤에서는 Ca-bound phosphate를 잘 吸收하는 것으로 보이며 燐酸 濃度가 높아지면 Ca-bound phosphate의 量이 크게 增加하는 것으로 보인다. VA內生菌根을 接種한 때에는 240ppm 이상 480ppm의 경우에도 Ca-bound phosphate量이 큰 差異가 없고 60ppm區에서 그 吸收가 많은 것으로 미루어 菌根은 Ca-bound phosphate에 대하여 상당한 친화성을 가지고 있는 것으로 생각된다.

5) Al-Fe occluded phosphate

Al-Fe occluded phosphate는 植物이 利用하기 어려운 狀態의 燐酸으로서 그림 7에 나타난 바와 같이 VA內生菌根을 接種한 경우와 接種하지 않은 경우 그 差異가 없었으며 當初에 試驗에 供試한 土壤이나 一般 耕作土와도 差異가 없었던 것으로 미루어 VA內生菌根도 Al-Fe occluded phosphate는 전혀 吸收하지 못하는 것으로 보이며 土壤中에 그 量도 많지 않은 것 같다.

이상의 結果로 보아 1) VA內生菌根은 土壤中에 Fe-bound phosphate를 가장 잘 吸收하며 Ca-bound phosphate도 一部 吸收하지만 Al-bound phosphate와 Al-Fe occluded phosphate는 吸收하지 못하는 것으로 보

인다. 2) VA內生菌根을 接種하지 않은 뽕나무에서는 Al-bound phosphate와 Fe-bound phosphate는 480ppm에서, Ca-bound phosphate는 240ppm과 480ppm에서 크게 增加한 것으로 미루어 480ppm 水準을 施肥하여야 正常的인 生長을 할 수 있는 것으로 보이고 VA內生菌根을 接種한 경우에는 Al-bound phosphate와 Ca-bound phosphate는 施肥 燐酸 水準에 따라 큰 差異가 없고 Fe-bound phosphate에서만 240ppm과 480ppm 水準에서 크게 增加한 것으로 미루어 240ppm이면 충분한 燐酸 水準이 되지만 菌根 形成과 뽕나무 生長을 하려면 60~120ppm 범위가 알맞는 것으로 보인다.

라. 菌根이 뽕잎의 營養과 酵素에 미치는 影響

1) 뽕잎의 無機成分 組成에 미치는 影響

VA內生菌根에 接種한 뽕나무 잎은 接種되지 않은 뽕나무 잎과 큰 差異가 있었다. 다음 "表 3"에서와 같이 VA內生菌根에 接種된 뽕잎(接種區)은 接種되지 않은 뽕잎(非接種區)에 比하여 인산은 9.8%, 全窒素는 15.2%가 많았고 K_2O와 CaO는 差異가 없었으며 MgO는 非接種區가 接種區에 비하여 17%가 더 많았다.

VA內生菌根에 接種된 뽕나무 잎에 燐酸의 含量이 많다는 것은 菌根이 土壤中의 燐酸吸收를 促進시킨다는 여러 報告(Callow, 1978 等)에 의하여 밝혀진 바와 같고 植物體에서의 含量도 높다는 것은 Plenchette 等에 의한 사과나무에서의 경우와도 일치된다.

菌根에 接種된 뽕나무 잎의 全窒素 量이 많은 것은 일부 부정적인 견해도 있으나 土壤內에 廣範圍하게 뻗어 있는 菌根의 菌絲에 의하여 吸收가 促進된다고 생각되고 있는(Bowen and Smith, 1981) 경향과 一致되는 것으로 생각되며 이것은 잎을 유일한 蛋白質源으로 하는 누에의 成長과도 관계가 깊을 것으로 생각된다. 菌根에 接種된 뽕나무 잎의 MgO 含量이 적은 것은 Plenchette(1981)가 사과나무에서 調査한 것과 一致되는 것이나 이것이 미치는 影響에 대하여는 그 이상의 硏究가 없어 여기에 대한 究明이 필요할 것으로 생각된다.

2) 可溶性 炭水化物의 含量에 미치는 影響

接種區가 뽕잎 生體重의 7.5%로서 非接種區의 6.2%

Table 3. Effects of inoculation with VA mycorrhizae on leaf mineral contents of Six-month old mulberry trees. (%)

	P_2O_5	Total N	K_2O	CaO	MgO
Control (A)	0.61	3.62	2.78	1.63	0.65
Inoculated (B)	0.67	4.17	2.83	1.61	0.54
B/A×100	109.8	115.2	101.8	98.8	83.0

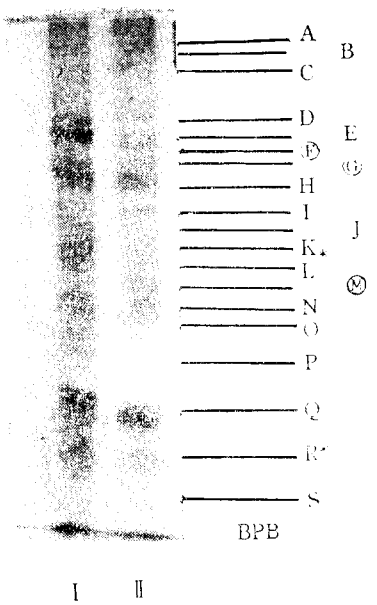


Fig. 8. Electrophoretic pattern of mulberry leaves inoculated and uninoculated with VA mycorrhizae.
Ⅰ : uninoculated
Ⅱ : inoculated

에 비하여 1.3%가 많았는데 이것은 內生菌根接種에 의한 충분한 養料의 供給으로 光合成 作用을 促進시킨 結果로 생각되지만 寄主植物의 뿌리의 內部에 共生하는 菌根이 寄主 植物로부터 炭水化物을 供給받는다는 것(J.L. Harley, 1974)과 관련시켜 보면 매우 흥미있는 사실이다.

3) 뽕잎 蛋白質의 質的인 變化에 미치는 影響

뽕잎을 polyacrylamide gel 電氣泳動으로 蛋白質의 種類를 본 結果 그림 8에 나타난 바와 같이 VA內生菌根을 接種한 뽕잎은 19개의 band가 나타났으나 非接種 뽕잎은 16개의 band가 나타났다. 즉 接種區에서는 10本(A, C, D, F, H, I, M, N, O, Q)의 主要 band와 9本(B, E, G, J, K, L, P, R, S)의 微量 band가 檢出되었으나 非接種區에서는 10本(A, C, D, E, H, L, N, O, Q, R)의 主要 band와 6本(B, G, I, J, K, M, P, S)의 微量 band가 檢出되었다. 接種區에서는 主要 band에서 F와 M의 2本이 더 있었고 微量 band에서 G band가 더 있었지만 非接種區에서는 主要 band인 E, L, R band가 接種區에서는 微量 band로 나타났다.

VA內生菌根을 뽕나무에 接種하므로서 蛋白質의 種類가 바뀐다는 것은 特異한 일이다. Roncardori와 Hussey(1982)는 amino acid와 還元糖의 變化가 있다고

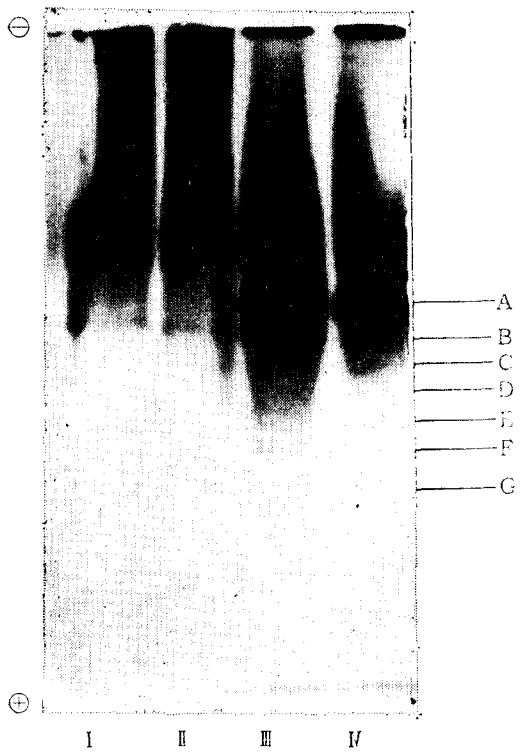


Fig. 9. Peroxidase zymograms of mulberry leaves inoculated and uninoculated with VA mycorrhizae.
I and II : crude extract of uninoculated leaves
III : fine extract of uninoculated leaves
IV : fine extract of inoculated leaves

報告하였는데 菌根은 뽕잎내의 蛋白質의 變化도 可能케 하리라고 생각되나 變化된 蛋白質 pattern에 대한 硏究는 추후에 더욱 계속돼야 할 것으로 보인다.

4) VA內生菌根이 Peroxidase zymogram에 미치는 影響

VA內生菌根을 接種하여 60일간 栽培하여 잎에 있어서의 Peroxidase zymogram을 그림 9에 표시하였다.

Peroxidase는 遺傳子에 의하여 支配되는 品種 固有의 酵素로서 植物의 生長과 組織에 따라 그 pattern이 바뀐다(Schneider, E. A. and Wighiman, F., 1974). 이 實驗에 供試한 材料는 한나무에서 採集한 씨앗을 심어서 얻은 實生苗이므로 各 個體에 따라 差異가 있을 것으로 생각되어 菌根을 接種하지 않은 對照區 (그림 9에서 I, II)를 두어 接種 후의 酵素의 變化에 參考하였다. 그림 9에서와 같이 對照區에서는 A, B 두개의 主要 band가 같이 나타났다. 對照區에서는 III과 IV에서 나타난 微量 band가 나타나지 않은 것은 試料를 濃縮시키지 않았기 때문에 나타나지 않은 것으로 생각된다.

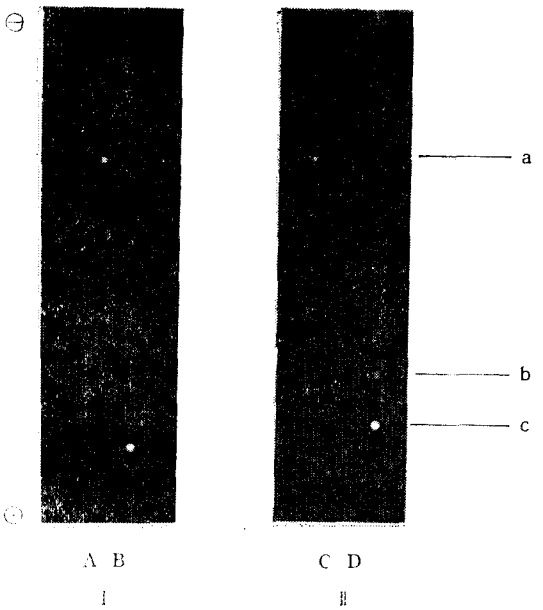


Fig. 10. Amylase zymogram of mulberry leaves inoculated and uninoculated with Vesicular Arbuscular mycorrhizae.
I : crude extracts of mulberry leaves
II : fine extracts of mulberry leaves
A, C: uninoculated
B, D: inoculated

VA內生菌根을 接種한 것은 band의 數와 位置에서 接種하지 않은 것과 차이가 없이 6개의 band가 나타났으나 主要 band인 "B"가 微量 band로 나타났다. 菌根의 接種에 의한 Peroxidase zymogram의 變化에 대한 報告는 아직 발표되지 않았으나 菌根의 arbuscule이 寄主 植物 뿌리에서 그대로 分解되어 吸收된다는(Brown and King, 1982, Carling and Brown, 1982) 事實로 미루어 菌根에 存在하는 Peroxidase가 植物의 Peroxidase에 어떤 영향을 미칠수도 있다고 생각되나 여기에 관한 것은 정확한 개체에서의 變化를 더욱 조사하여야 할 것으로 생각한다.

5) VA內生菌根이 Amylase zymogram에 미치는 影響

Amylase zymogram도 Peroxidase zymogram과 마찬가지로 뽕나무 品種 變異에 의한 zymogram 變化를 배제하기 위하여 2개의 다른 材料로서 對照하였다.

VA內生菌根에 接種한 뽕나무 잎과 非接種 잎 사이에는 현격한 차이가 있었다. 電氣泳動 試料를 증류수로 抽出한 "I"에 있어서는 非接種區는 amylase가 (−)極에 가까운 곳에서 나타났고 接種區에서는 (+)極에

가까운 곳에서 나타났으며 試料를 $(NH_4)_2SO_4$로 抽出한 "Ⅱ"에서는 "Ⅰ"에서와 같은 위치에 나타났으나 接種區에서는 b, c의 두개의 band가 나타났다.

以上의 結果로 미루어 뽕나무에 VA內生菌根을 接種시키면 뽕잎의 無機成分의 組成, 炭水化物의 含量, 蛋白質의 電氣泳動像, 蛋白質의 含量, Peroxidase zymogram과 Amylase zymogram 모두 큰 差異를 나타냈다. 菌根이 土壤의 燐酸, 窒素 등 無機養料의 供給을 원활히 하여 뽕나무의 生長을 促進시키므로서 뽕잎中의 燐酸과 窒素 등의 無機成分의 組成에 差異를 가져와 炭水化物과 蛋白質의 量을 增加시키는 것은 이제까지의 旣存 文獻으로 미루어 이해가 가는 일이지만 蛋白質의 電氣泳動像이 바뀐 것과 Peroxidase와 Amylase의 zymogram이 바뀐 것은 意外의 結果이다. 이제까지 菌根接種에 의한 酵素의 變化에 대하여는 旣存의 報告가 없어 여기에 따른 影響과 그 機作에 대하여는 분명하지 않으므로 더욱 硏究가 必要하리라고 생각된다.

菌根의 接種에 의한 뽕잎中의 炭水化物과 蛋白質 含量의 增加는 매우 고무적인 結果이다. 누에 사료로서의 뽕잎의 위치는 절대적이므로 이러한 養料의 增加가 누에 營養에 크게 영향하리라 생각되며 이것에 대한 究明도 시급하다고 생각한다.

第Ⅱ章 뽕나무에 알맞는 VA內生菌根의 選拔

1. 目 的

뽕나무에 가장 알맞는 VA內生菌根의 選拔

2. 材料 및 方法

가. VA內生菌根의 蒐集 및 同定

경기도 용인군, 강원도 춘성군, 전북 부안군, 경북 상주군, 경남 산청군의 5개 蠶業 主産地 뽕밭과 지리산과 설악산의 산뽕나무에서 採集하여 Wet sieve and decanting法(Gerdemanm and Ncolson, 1963)에 의하여 500μm, 250μm, 105μm, 53μm의 체로 쳐서 20倍 해부현미경 아래에서 수집하고 뽕나무 뿌리를 Lactophenol trypan blue로 染色하여 菌根 與否를 確認하였다. 同定은 蒐集 當時와 Bioassay를 實施한 후 採集된 胞子로서 J.M. Trappe의 同定基準(1982)에 의하여 하였으며 蒐集된 당시에는 일부 採集되었으나 Bioassay後 나오지 않은 것은 除外시켰다.

나. Bioassay

直徑 25cm, 높이 30cm의 花盆에서 耕作하지 않은 瘠薄한 黃土로(黃土 2 : 모래 1) 燐酸 60ppm 水準으로 하고 다른 養料는 Hoagland solution으로 供給하였다(7日 간격).

Fig. 11. Gigaspora calospora, Gerdeman and Trappe.

供試한 黃土는 P : 3.9ppm, K : 0.09, Ca : 1.29, Mg : 0.32me/100gr이었다.

栽培期間은 85.6.10~9.30로 110일간 이었다.

VA內生菌根의 接種은 試料 土壤을 53μm의 체에 걸러서 60個/100g 胞子와 菌絲를 接種源으로 하였으며 對照區는 燐酸 60ppm區와 240ppm區 2個로 하였다. 3反復으로 하였다.

3. 結果 및 考察

가) VA內生菌根의 同定

1) Gigaspora Calospora, Gerdemann and Trappe(전북부안군에서 채취)

- spore shape : globose
- longest dimension at maturity : 200~500μm
- surface configuration : Smooth
- wall color : outer layer hyaline, inner layer yellow to brown
- bulbous attachanent diameter : 43μm

2) Gigaspora tricalyta, Herr and Ferr(강원춘성군에서 채취)

- spore shape : globose

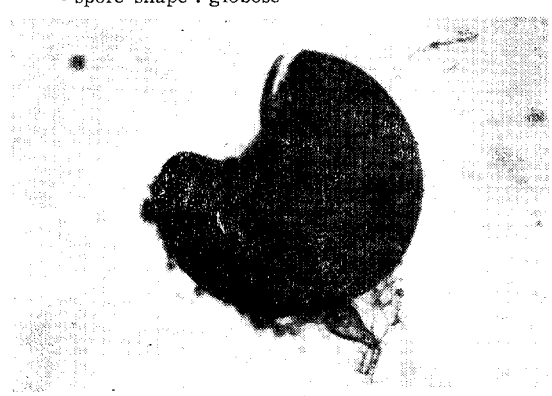


Fig. 12. Gigaspora tricalipta, Herr and Ferr

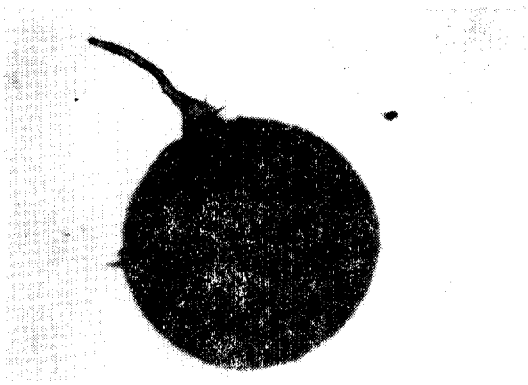


Fig. 13. Glomus species

- ○ Longest dimension : 300~400μm
- ○ surface ornamentation : dull roughened.
- ○ wall color : outer layer dark brown : inner layer brown.

3) Glomus species(지리산에서 채취)

- ○ spore shape : globose
- ○ spore wall color : yellow
- ○ Longest dimension at maturity : 100~300μm
- ○ surface configuration : dull roughened
- ○ form of hyphae near attachment : inflated.

4) Gigaspora species(설악산에서 채취)

- ○ spore shape : irregular.
- ○ longest dimension : 200~400μm
- ○ surface configuration : smooth to dull roughened attached hyphae : 2~3個

Fig. 14. Gigaspora species

위와 같이 Gigaspora屬 3種과 Glomus屬 1種을 採取하였다. 蠶業主産團地의 뽕밭에서는 VA 內生菌根의 發見이 어려웠고 發見하더라도 그 빈도가 매우 작았으나 산뽕나무에서는 그 빈도는 높은 편이었다.

나. Bioassay

Table 3. Comparative growth responses of mulberry trees inoculated with several native(VA mycorrhizae(VAM). units : fresh weight g.

VAM species \ replications	1	2	3	mean
Control Ⅰ (P : 60ppm)	3.9	4.0	5.7	4.5
Control Ⅱ (P : 240ppm)	7.2	8.6	12.0	9.3a
Gigaspora tricalipta	11.9	12.3	8.7	11.0a
Gigaspora calospora	7.3	12.9	10.3	10.2a
Gigaspora species	6.5	9.3	6.7	7.5b
Glomus mosseae	8.8	8.6	8.2	8.5b
Glomus species	5.3	10.2	6.0	7.1b

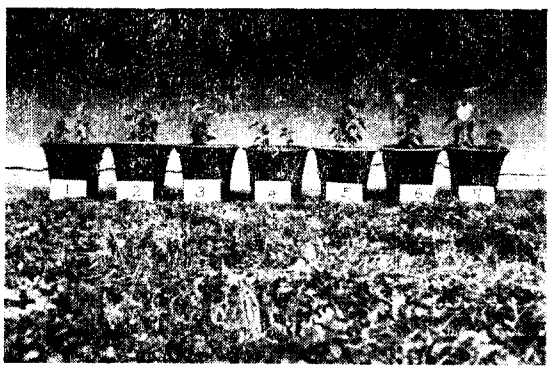


Fig. 15. Comparative growth responses of mulberry trees inoculated with native VA mycorrhizas
1: Control (P : 60ppm)
2: Control (P : 240ppm)
3: Gigaspora tricalipta
4: Gigaspora calospora
5: Glomus mosseae
6: Gigaspora species
7: Glomus species

위의 表 3에 나타난 바와 같이 각 VA 內生菌根處理는 대조인 燐酸 60ppm 水準에서 모두 월등한 生長 促進 效果를 나타냈다.

燐酸 240ppm 水準과 비교하면 Gigaspora tricalipta와 Gigaspora Calospora는 같은 水準으로서 가장 生長이 좋았고 Gigaspora species, Glomus mosseae, Glomus species는 生長이 더 좋지 않았다.

이 Bioassay는 黃土 土壤에서만 實施되었기 때문에 여기에서 生長이 가장 좋은 2種의 Gigaspora가 뽕나무에 가장 알맞는 VN 內生菌根이라고 단정하기는 어렵고 土性이 다른 土壤에서 반복 實驗을 더 實施하여 選拔할 필요가 있다고 생각된다.

綜 合 考 察

VA 內生菌根을 農作物, 果樹 및 樹木에 應用하여 生

産性을 向上시키려는 勞力은 1960年代 이후 活潑하게 이루어져 現在는 部分的인 實用化가 이루어지고 있으며 美國에서는 菌根開發研究所(Institute for mycorrhizal Research and Development)를 設立하여(1976) VA內生菌根 및 外生菌根을 大量 增殖, 培養하여 여러 種類의 植物에 接種試驗을 하고 있다.

위의 試驗 結果로 미루어 판단하여 보면 뽕나무는 VA 內生菌根의 形成이 잘되며 그 生長效果도 顯著하다.

VA 內生菌根은 菌의 種類, 植物의 種類 및 土壤의 條件에 따라 寄生植物의 生長에 미치는 效果도 달라진다(Mosse, 1972, Gerdeman 1973).

우리나라의 뽕밭은 대부분이 黃土로서 척박한 토양이다. VA內生菌根이 燐酸 固定이 많고 척박한 土壤에서 效果가 크다는 사실은 VA 內生菌根을 뽕나무에 應用할 수 있는 충분한 배경이 될 수 있겠다.

VA 內生菌根의 뽕나무에 대한 生長促進效果는 實驗室內에서 이루어진 것이므로 野外圃場에 適用할 경우 그 效果는 상당한 差異가 있을 것으로 생각되므로 여러가지 土性이 다른 土壤에 대한 圃場 試驗이 필요하다고 생각한다.

VA 內生菌根의 土壤에 固定된 燐酸의 吸收에 대한 試驗은 이제까지 吸收 面積이 크고(Sarders and Tinker, 1971) 燐酸에 대한 親和力이 있기 때문(Cress 等, 1979)이라고 설명되어 왔으나 土壤中에 어떤 形態로 固定된 燐酸을 잘 吸收하는지는 밝혀지지 않았으나 本 調査結果Fe-bound phosphate를 가장 잘 吸收하였는 바 우리나라 土壤에 固定된 燐酸의 大部分이 Fe-bound 燐酸인 것을 감안하면 菌根의 實用化에 큰 參考가 되리라고 믿는다.

뽕나무에 VA 內生菌根을 接種한 결과 뽕잎 無機成分中 특히 燐酸과 窒素의 含量이 많았고 炭水化物과 蛋白質의 含量도 상당량 많이 포함되어 있었는데 이것은 外國의 여러 學者에 의하며 이미 밝혀진대로 뽕나무에서 다시 확인된 셈이지만, 누에의 사료로서 사용된다는 점을 고려하면 누에의 血質과 繭質에 크게 영향을 미칠 것으로 생각된다. 菌根에 接種된 뽕나무의 Peroxidase와 Amylase zymogram의 pattern이 바뀌었는데 특히 Amylase zymgram의 pattern은 큰 차이가 났다. 여기에 대한 旣存의 文獻이 없어 자세한 변화는 더욱 연구가 필요하리라 생각되지만 이것은 뽕잎中의 무기성분 조성의 변화와 菌根의 arbuscule이 뽕나무 뿌리에 吸收되는데 따른 內生菌根의 Amylase로부터온 變化로 推定된다.

이상의 結果들로 미루어 볼 때 뽕나무에 알맞은 VA 內生菌根을 選拔하여 알맞은 條件에서 재배하면 뽕나무의 生長도 월등히 促進되어 뽕밭 單位面積當 生產量도 增加하고 뽕잎에 있는 養分도 增加하여 蠶絲業의 發展에도 크게 기여하리라 생각되므로 實際 뽕밭에서의 實驗等實用化를 위한 研究가 필요하다고 생각된다.

摘 要

VA 內生菌根이 뽕나무의 生長과 뽕잎중의 營養物質, 酵素에 미치는 影響을 調査하고 뽕나무에 알맞는 菌株를 選拔하기 위하여 全國 6個 蠶業主產地 뽕밭과 2個所의 산뽕나무 自生地에서 VA 內生菌根을 蒐集, Bioassay를 實施하였다. 그 結果는 다음과 같다.

1. VA 內生菌根을 接種한 뽕나무는 接種하지 않은 뽕나무에 비하여 黃土에서는 97%의 生長促進 效果가 있었고 Vermiculite에서는 35%의 生長抑制가 있었다.

2. VA 內生菌根의 形成은 인산 60ppm 水準에서 가장 旺盛하고 30ppm과 480ppm에서는 抑制됐으며 Vesicle은 燐酸 240ppm 이상 水準에서만 形成되었다.

3. VA 內生菌根에 接種된 뽕나무는 燐酸 60ppm 水準 이상에서 生長이 가장 旺盛하였으며 菌根의 形成도 가장 旺盛하였으므로 가장 알맞는 燐酸水準은 60ppm으로 생각된다.

4. VA 內生菌根은 土壤中의 Fe-bound phosphate를 가장 잘 吸收하고 Ca-bound phosphate도 一部 吸收하였으나 Al-bound phosphate와 Al-Fe occluded phosphate는 吸收하지 못하였다.

5. VA 內生菌根은 뽕잎의 燐酸은 約 10%, 窒素는 15% 增加시켰으며 炭水化物은 22%, 蛋白質은 15% 增加시켰다.

6. 단백질의 電氣泳動像은 접종하지 않은것은 16개의 band가 나타났으나 접종한 것은 19개의 band가 나타났다.

7. VA 內生菌根은 뽕잎의 Peroxidase와 Amylase zymogram pattern을 변화시켰으며 특히 Amylase zymogram은 菌根을 처리하지 않은 것과 큰 差異가 있었다. Peroxidase zymogram은 菌根을 접종한 것은 접종하지 않은 것에 비하여 主要 band가 한개 더 적었고 Amylase zymogram은 菌根을 접종하지 않은 것은 band가 한개이고 (−)극에 가까운곳에 나타났으며 접종한 것은 band가 2개이었으며 (+)극 가까이 나타났다.

8. 우리나라 蠶業 主產區地와 산뽕나무에서 Gigaspora屬 3種과 Glomus屬 1種을 選拔하였으며 Bioassay를 한 결과 Gigaspora tricalipta와 Gigaspora Calospora가 뽕나무 生育에 가장 큰 生長促進效果가 있었다.

引 用 文 献

Azcon, R. and Ocampo (1981) Factors offecting the vesicular arbascalar infection and mycorrhizal dependence of thirteen wheat ealtibars. new phytology 87, 677-685.

Bagyaraz, D.J. and A. Manjunath (1980) Responses of Crop plants to VA mycorrhizal inoculation in an unsterilized indiansoil. new phytol. 85:33-36.

Bagyaraz. D.J., A. Manjunath and R.B. Patil (1979) Interaction between a vesicular arbascular mycorrhizal and Rhizobium and their effects or soybean in the field. New phytol. 82:141-145.

Black, R. (1980) The role of mycorrhizal symbiosis in the nutritun of tropical plants. Tropical mycorrhizal Reseach, oxford. 276p.

Bowen, G.D. and S.E. Smith (1981) the effebts of mycorrhizas on nitrogen uptake by plants. Terrestrial nitropen cycles, Ecol. Ball.

Brown, M.F. and E.J. King (1982) Morphology and history of vesicular arbascular mycorrhizae. Methods and principles of mycorrhizal Research. american phytopathology. soc. 244p.

Callow, J.A., L.C.M. Capaccio, G. Parish and P.B. Tinker (1978) Detection and estimation of polyphosphate in vesicalar arbuscular mycorrhizas. New phytol. 80: 125-134.

Carling D.E. and M.F. Brown (1982) Anatomy and physiology of vesicular and non mycorrhizal roots. Phytopathology 72:1108-1114.

Gerdemann J.W. and J.M. Trappe (1974) The endogonaceae in the pacific northwest. Mycologia Memoir (New york Botanical Garden) 5:1-76.

Graham, J.H., R.T. Leonard and J.A. Menge (1981) Membrane mediated decrease in root exudation responsible for phosphorus inhibition of uesicular arbuscular mycorrhiza formation. plant physiology. 68:548-552.

Harvey, A.E., M.F. Jurpensen and M.J. Larsen (1978) geasonal distribation of ectomycorrhizae in a mature Douglas-Fir/larch forest soil in uestern Montana. Forest sci. 24:203-308.

J.M. Trappe (1982) gynoptic keys to the Genera and species fo zygomycetous Mycorrhizal Fungi phytopathology. Vol. 72, No. 8, 1102-1107.

Kormanik, P.P., W.C. Bryan and R.C. Schultz (1977) The role of mycorrhizae in plant growth and development. physiology of Root-mycroorganisms association.

Lambert, D.H., D.E. Baker and H. Cole (1979) The role of mycorrhizae in the interaction of phosphorus with zinc copper and other elements. soil sci. soc. Am. J. 43:976-980.

Lewis, D.H. (1973) concepts in fungal nutrition and the origin of biotrophy, Biol. Rev. 48:976-980.

Linderman, R.G. and C.A. Call (1977) Enhanced rooting of woody plant catting by mycorrhigal fungi, J. Amer. soc. Hort. sci. 102:629-632.

Menge, J.A., D. sterile, D.J. Bagyaraj, E.L.V. Johnson (1978) phosphorus concentration in plant responsible for inhibition of mycorrhizal infection. New phytol. 80:575-578.

Meyer, F.H. (1973) Distribution of ectomycorrhizae in native and man-made forests. Ectomycorrhizae Academic Press.

Mikola, P. (1982) The role of mycorrhizal association in plant Kingdom.

Miller, O.K. Jr. (1981) Taxonomy, morphology, and nistribution of mycorrhizae.

Mosse, B. (1977) plant Growth responses to vesicalar arbuscular mycorrhiza. New phytol. 78:277-288.

Nemec, S. (1982) Aspects of vesicular arbuscular mycorrhizae in plant disease research. phytopathology, 72:1102.

Namec, S. and G. Guy (1982) Carhohydrate gtatus of mycorrhizal and non mycorrhizal citrus rootstocks. J. Amer. soc. Hort. 107: 177-180.

Owusu-Bennoah, E. and B. Mosse (1979) plant Growth responses to vesicular arbuscular mycorrhizae. New phytol. 83:671-679.

Pearson, V. and P.B.H. Tinker (1975) Measurement of phosphorus fluxes in the external hyphae of endomycorrhizae Endomycorrhizas. acad. London. 626pp.

Plenchette, C., V. Furlan, and J.A. Fortin (1981) Growth stimulation of apple trees in unsterilized soil under field condition with VA mycorrhizae inoculation. Can. J. Bot. 59:2003-2008.

Pugh, L.M. and R.W. Roncadori (1981) Factors

affecxing of cotton. Mycologia development and growth of cotton. Mycologia. 73:869-879.

Slankis, V. (1973) Hormanal relationships in mycorrhizal development. Ectomycorrhizae. page 232-298.

Zak, B. (1964) Role of mycorrhizae in root disease. Ann. Rev. phytopathology. 2:377-392.

Zak, B. (1973) classification of ectomycorrhizae. page 44-78. Ectomycorrhizae. Acad. press.