

碩士學位論文

濟州道 火山灰土壤에서 内生根菌 (Vesicular -Arbuscular
Mycorrhiza)이 쪽파의 生育에 미치는 影響과 磷酸溶解性
絲狀菌에 의한 磷鑛石의 肥效增進에 관한 研究

濟州大學校 大學院
農 化 學 科



1986年 12月

濟州道 火山灰土壤에서 內生根菌 (Vesicular -Arbuscular
Mycorrhiza)이 쪽파의 生育에 미치는 影響과 磷酸溶解性
絲狀菌에 의한 燐鑛石의 肥效增進에 관한 研究

指導教授 金 滢 玉

李 信 燦

이 論文을 農學碩士學位 論文으로 提出함.

1986年 12月

李信燦의 農學 碩士學位 論文을 認准함.

審査委員長

柳 長 杓

委 員

員

康 順 善

委 員

員

金 滢 玉

濟州大學校 大學院

1986年 12月

**EFFECT OF VESICULAR- ARBUSCULAR MYCORRHIZA
ON SHALLOT PLANT GROWTH AND IMPROVEMENT
OF ROCK PHOSPHATE EFFICIENCY BY P- SOLUBI-
LIZING FUNGI ON CHE JU VOLCANIC ASH SOIL**

Shin-Chan Lee

(Supervised by Professor Hyeong-Ok Kim)



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF AGRICULTURE**

**DEPARTMENT OF AGRICULTURAL CHEMISTRY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY**

1986. 12

目 次

Summary	1
I. 緒 論	2
II. 材料 및 方法	4
III. 結果 및 考察	17
1. 內生根菌(Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza)이 쪽파의 生育에 미치는 影響에 관한 實驗	17
1) 쪽파의 生育에 미치는 影響	17
2) 쪽파의 無機物含量에 미치는 影響	19
2. 磷酸溶解性絲狀菌에 의한 磷鑛石의 肥效增進에 관한 實驗	23
1) 磷酸칼슘溶解性絲狀菌의 分離	23
2) PDA-磷酸칼슘沈澱培地에 의한 絲狀菌의 選拔	25
3) 磷鑛石粉末混合液體培地에 의한 絲狀菌의 選拔	27
4) 液體培地에서 絲狀菌의 炭水化物基質에 대한 適應性	30
IV. 摘 要	31
參考文獻	32

Summary

This study was carried out to investigate the effect of *V. A. mycorrhiza* inoculation on the growth and mineral composition of shallots on Cheju volcanic ash soil and non-volcanic ash soil, and to improve the efficiency of rock phosphate utilization by phosphate-solubilizing fungi isolated and selected by the pure cultivation on PDA-calcium phosphate media. Adaptation cultivations of the selected fungi were conducted in the rock phosphate-liquied media sucessively with the change of sugar to straw composition to look for possibility of rock phosphate compost preparation.

1. *V. A. mycorrhiza* inoculation increased first growth and concentration of K, Zn in shallot shoot on unsterilized volcanic ash soil, and increased concentration of Cu in shallot bulb on sterilized volcanic ash soil.
2. When shallots were inoculated with *V. A. mycorrhizae*, fresh weight of shallots were significantly increased except for the sterilized non-volcanic ash soil.
3. After 6-day pure cultivation on PDA-media, fungi having 8-15mm of colony radii(R), 14-22mm of halo radii(H) and higher H/R ratio than 1.2, were obtained from 18 soil samples.
4. Ten sucessive cultivations in the liquid media containing powdered rock phosphate were undertaken to adapt the selected fungi to the low sugar/straw condition(sugar 0.125%, straw 1.4%). At the end of tenth cultivation, six fungi(*pencillium frequentas*) remained, showing about 11.2 percentage solubility of rock phosphate.

I. 緒 論

濟州道는 韓半島의 最西南端에 位置하고 있는 섬으로 東經 126°10'으로 부터 127°00'에 이르고 北緯 33°10'으로 부터 33°35'에 달하나 楸子群島 및 馬羅島를 包含하면 北緯 33°05'으로 부터 34°00'까지 이다.

濟州道는 東西軸이 긴 橢圓形의 火山島이고 火山形態는 漢拏山(1950 m)을 主峯으로 하여 極히 완만한 傾斜를 이루는 亞스피데形 火山(楯狀火山)이며 周圍에는 360여개의 寄生火山이 形成되어 있다.

年平均 氣溫은 15.1~15.8°C, 降水量은 1,441 mm~1,718 mm 이며 夏期는 高溫多濕하고 反面 冬期는 寒冷乾燥하다(중앙기상대, 1982).

濟州道の 全面積은 181,997 ha 이며 그중 火山灰를 母材로한 火山灰土의 分布面積이 135,910 ha 로서 全道面積의 74.3%(農耕地에 있어서는 약 60%)를 차지하고 있으며 母材와 地形의 影響을 받은 間帶性土壤이다.

火山灰土는 Allophane 이라는 特異한 粘土鑛物로 되어 있고 一般土壤에 비하여 C. E. C.가 높으나 透水性이 良好하고 保水力이 크다. 鹽基(特히 NH_4 , K^+)의 保存力은 鹽基置換容量에 비하여 強度가 매우 弱하기 때문에 鹽基가 쉽게 離脫되어 버리기 쉽다. 反面에 磷酸을 吸着固定하는 能力이 대단히 크며(金, 1974 ; 柳 등, 1984) 微量元素의 缺乏現象도 發見된다. 그리고 土壤物理性으로는 假比重이 낮고 三相分布에서 固相이 顯著히 적은 反面, 液相과 氣相이 커서 輕鬆하다는 등의 問題點이 있으나 磷酸固定能力이 높은 것이 低肥沃性의 큰 原因으로 되어 왔다.

作物의 生産性を 높이기 위해 比較적 많은 磷酸質肥料가 施用되어 왔으며 不溶化되기 쉬운 水溶性磷酸보다 熔成磷肥와 같은 枸溶性磷肥의 勸奨으로 1980년부터는 熔成磷肥만이 소비되어 왔는데 5.345^M/T에서 1984년에는 國內生産量(年間 40,012^M/T)의 약 50%인 19,628^M/T을 濟州道에서 소비하였다(農水産部, 1985).

우리나라에서 製造·生産되는 磷酸質肥料는 全量 수입에 의존하는 磷鑛石을 원료로 하고 있는데 특히 熔成磷肥와 과석은 製造過程에서 막대한 에너지를 사용하므로 오늘날 같이 에너지절약시대에 비경제적이고 생산단가가 높음으로 인해 농민 부담이 크다.

火山灰土壤에서의 肥效增進에 관한 研究는 주로 理化學的인 面에 대해서 이루어

저 왔지만 國內에서는 아직까지 土壤微生物을 利用하여 磷酸肥效를 增進시키는 研究가 없었으며 磷鑛石의 效果增進에 대해서도 보고된 바 없다.

한편 外國의 경우를 보면 V. A. Mycorrhiza 에 의한 土壤磷酸의 利用率을 높이고 作物의 生育을 增加시켰다는 보고들이 있다(Jackson 등, 1972 ; Mosse 등, 1973 ; Ross 등, 1973 ; Khan 1975 ; Azcon 등, 1975 ; Abbot 등, 1978 ; Powell, 1979). 이들 V. A. Mycorrhiza 는 대부분 植物이 根細胞와 組織에 侵入하여 共生 관계를 갖는 內生根菌이며 이들의 菌絲는 植物根이 利用하기 힘든 低濃度의 磷酸을 吸收할 수 있을 뿐만아니라 이들 菌絲가 植物의 뿌리 表面에 分布하게 되므로 磷酸 吸收를 위한 根系表面積을 增加시켜서 결국 磷酸吸收力이 커지게 되는 것이라고 알려졌다(Hayman 등, 1972 ; Subba Rao 등, 1982).

또한 여러나라에서 價格이 低廉한 磷鑛石의 直接施用에 관한 研究(IFIC, 1978)가 활발히 進行되어 왔다. Sperber(1958)는 土壤微生物에 의해서 不溶性磷灰石(磷酸 3 灰石)의 溶解度를 增加시켰다고 보고 하였고, Agnihotri(1970)는 不溶性磷酸을 溶解하는 絲狀菌을 土壤에서 分離하였다. 그리고 Sundara 등(1963)은 P-32 追跡子를 利用해서 土壤微生物에 의한 磷酸溶解를, Taha 등(1969)은 磷酸溶解性絲狀菌의 活性를 보고한 바 있다. Banik 등(1981)은 磷酸을 溶解하는 微生物을 分離하여 磷鑛石이 함유되어 있는 土壤에 接種시켰을때 土壤의 有效磷酸含量을 增加시켰다고 보고한 바 있다.

本 研究에서는 濟州道 一部 農家에서 栽培되고 있는 쪽파에 V. A. Mycorrhiza 를 接種시켜 火山灰土壤에서의 쪽파의 生育에 미치는 影響을 調査하였으며 한편으로는 濟州道內 60個地域에서 채취한 土壤으로부터 磷鑛石粉末을 溶解하는 絲狀菌을 選拔하였고 磷鑛石粉末을 使用한 퇴비제조시에 이 絲狀菌을 接種시켜 可溶性磷酸含量을 增加시키기 위해서 主原料인 straw 에 적응할 수 있도록 磷鑛石粉末을 혼합한 液體培地에서 培養한 다음 適應性이 좋은 絲狀菌을 選拔하면서 점차 Sugar/Straw 比가 낮은 조건으로 培養하는 實驗을 遂行하였다.

II. 材料 및 方法

實驗 1. 內生根菌(Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza)이 쪽과의 生育에 미치는
영향에 관한 實驗

1) 供試土壤

供試土壤은 2 個地域의 耕作地土壤, 즉 黑色火山灰土壤과 褐色非火山灰土壤을 選
定하여 地面에서 약 30 cm 깊이의 土壤을 採取하였고 土壤別로 殺菌한 것과 殺菌
하지 않은 것으로 나누어서 지름 13 cm, 높이 11 cm 의 Plastic 화분(pot)을 利用
하여 實驗을 實施하였다. 土壤을 採取한 位置와 栽培作物 및 土俗 V. A.
Mycorrhiza 密度는 表 1 과 같으며, 理化學的 性質은 表 2 와 같다.

Table 1. Description for soil sampling sites.

Soil number	Location	Soil series	Soil association	Spore density (spore/100g soil)	Cultured plants
1	Pyeong Dae-ri Gujwa up	Songdang	Black volcanic ash soils	1003	Welsh onion
2	Shin Chon-ri Jocheon up	Donghong	Dark brown non-volcanic ash soils	100	Chinese cabbage

Table 2. Physical and chemical properties of soil used

Soil number	Particle-size distribution			Texture	pH			Water contents(%)
	2.00-0.05mm	0.05-0.002mm	<0.002 mm		H ₂ O (1:2.5)	KCl (1:2.5)	NaF (1:50)	
1	26.8	62.9	10.3	SiL	4.8	4.6	10.7	24.6
2	13.4	53.3	32.3	SiC	4.8	4.3	8.2	16.8

Organic C (%)	Total N (%)	C.E.C (me/100g)	Exchangeable base (me/100g)				Base saturation (%)	Total P ₂ O ₅ (%)	Available P ₂ O ₅ (ppm)
			Ca	Mg	K	Na			
16.6	0.74	24.37	2.8	0.93	0.54	0.20	18.3	1.75	7.7
2.1	0.16	9.75	3.2	1.6	0.77	0.10	58.2	0.84	193.2

2) 供試作物 및 栽培方法

供試作物은 濟州道 濟州市 삼양동 農家에서 多年間 栽培해온 Allium 속의 쪽파 種球를 고르고 건전한 것을 分球하여 供試하였다.

1985年 10月 23日 pot 당 種球 7條로 하여 播種하고 1986年 1月 24日 收穫하였다.

V. A. Mycorrhiza 接種處理는 土壤別로 殺菌한 것과 殺菌하지 않은 것을 主區로 하고 細區는 대조구(Non-V. A. Mycorrhiza), 5 V. A. Mycorrhiza spore/g soil 구, 3.5g V. A. Mycorrhiza root/1kg soil(pot)구로 하였다. V. A. Mycorrhiza 는 播種直前에 供試土壤과 충분히 혼합하여 亂塊法 6 反覆으로 放射能利用研究所 室內生長床에서 實施하였으며 處理內容은 다음과 같다.

2 Soil type (Volcanic ash soil, Non-Volcanic ash soil) × 2 Sterilization treatment(Sterilized soil, Non-Sterilized soil) × 3 Inoculation method(Non-V. A. Mycorrhiza, V. A. Mycorrhiza spore, V. A. Mycorrhiza infected root)

3) 生育調査

草長은 播種後 4週, 8週, 12週 3회에 걸쳐 調査하였으며 根伸長 生體重 乾物重, 뿌리에 침입한 V. A. Mycorrhiza 의 着生率은 收穫後 측정하였다.

4) 土壤의 物理·化學性分析

粒徑分析은 30% H₂O₂로 有機物을 分解시킨다음 Calgon 을 分散劑로 하여 Pipette 法으로 Sand(2~0.05 mm), Silt(0.05~0.002 mm), Clay(0.002 mm 이하)을 分離하여(Black 등, 1955) 美國農務省法에 따라 土性を 분류했다.

土壤의 pH는 土壤을 H₂O(1:2.5), 1NKCl(1:2.5), 1NNaF(1:50)에 녹여서 硝子電極(TOA HM-5ES)으로 測定하였다.

土壤水分含量은 100~110℃에서 乾燥시킨후 測定하였으며 全炭素는 Walkley-Black 法으로, 全窒素는 0.5 mm 체를 통과시킨 土壤 1gr을 Semi-micor kjeldahl 法으로 定量하였다.

陽이온置換容量은 1N-NH₄OAc(pH 7.0)法에 의하였으며 이때 ammonium ion 에 의하여 置換浸出된 陽이온을 定量하였다.

置換性鹽基는 $\text{IN-NH}_4\text{OAC}$ (pH 7.0) 으로 浸出한뒤 原子吸光光度計(Pye Unicam SP 9-800)로 測定하였다.

有效磷酸은 Bray NO1(1:7)法으로, 全磷酸은 과염소산과 濃窒酸을 使用하여 土壤을 分解시킨다음 Vanado-moybdate 法으로 比色定量하였다(農村振興廳 農業技術研究所, 1974).

5) 쪽파의 無機物含量分析

쪽파를 地上部(Shoot)와 鱗莖으로 나누어서 80°C 로 調節된 乾燥器에서 乾燥시킨후 分쇄하여 1 mm 체를 통과시켰다. 地上부와 鱗莖은 分離하여 acid mixture ($\text{HNO}_3; \text{H}_2\text{SO}_4; \text{HClO}_4 = 5:1:2$)를 使用하여 가열판상에서 分解시켰다. 全磷酸은 Ammoium molybdate 法으로, Ca, Mg, K, Na, Cu, Zn, Mn, Fe 는 原子吸光光度計(Pye Unicam SP9-800)에 의해 測定하였다.

6) 土壤殺菌

供試土壤은 濕潤狀態로 고압살균기에 넣고 121°C , 15PSi 에서 1 시간 동안 殺菌한 다음 室內에 靜置하여 風乾시키고 使用하였다.

7) V. A. Mycorrhiza 의 接種方法

(1) V. A. Mycorrhiza 의 孢子

V. A. Mycorrhiza 의 孢子는 濕潤土壤(表 1 에서 黑色火山灰土壤)을 다음과 같이 浮上分離法(floating method)으로 分離하고 採取하여 接種하였다.

濕潤土壤 100 gr 을 500ml beaker 에 넣고 수돗물을 土壤이 損失되지 않을 정도의 유속으로 직접 떨어뜨리면서 약 350ml 가 되도록 한다. 이것을 유리막대로 強하게 저어 주어 混濁液을 만든 다음 浮遊物質中の V. A. Mycorrhiza 孢子(比重 1.05)를 分離하기 위하여 10~15抄 동안 靜置하고 上澄液中の V. A. Mycorrhiza 의 孢子(平均 直徑 $100\mu\text{m}$)를 $74\mu\text{m}$ 체와 $250\mu\text{m}$ 체를 使用하여 걸러내었다. $74\mu\text{m}$ 체에는 V. A. Mycorrhiza 의 孢子和 이와같은 크기의 土壤粒子들 및 植物體 부스러기들이 포함되어 있게 된다. 이것을 1:1 glycerol 水溶液(比重 1.12)이 들어있는 250ml Cylinder 에 Spatula 및 소량의 물을 使用하여 옮겨 넣고 잘 혼합한 후 이

Cylinder 를 30分間 靜置하여 浮上分離시켰다. 土壤粒子들은 대부분 沈澱되어 있으므로 上澄液만을 $74\mu m$ 체에 옮겨 걸렀으며 수돗물로 충분히 씻고 이를 100ml beaker 에 소량의 물을 사용하여 옮겨 넣었다.

分離한 胞子들은 解剖顯微鏡($\times 60$)으로 檢鏡하면서 살아있는 胞子數를 計數하였다. 이 計數에 따라 接種에 必要한 濕潤土壤의 양을 決定하였다. 供試土壤에 첨가한 V. A. Mycorrhiza 의 胞子量은 土壤 1gr 당 5 개였다.

그림 1 은 표 1 의 火山灰土壤에서 분리한 V. A. Mycorrhiza spore 를 보여주고 있다.

(2) V. A. Mycorrhiza 가 着生되어 있는 대파뿌리

V. A. Mycorrhiza 가 着生되어 있는 대파뿌리는 表 1 의 火山灰土壤에서 栽培된 것을 使用하였는데 着生率은 70%이었다.

供試土壤에 대파뿌리 3.5gr을 0.5cm 크기로 잘라서 잘 섞고 Pot 에 넣었다.

8) V. A. Mycorrhiza 의 着生率測定

쪽파뿌리에 붙어 있는 土壤을 조심스럽게 수돗물로 씻어낸 다음 3~5 cm 크기로 잘라서 5g정도를 100ml beaker 에 넣었다. 10% KOH 溶液을 약 80ml 가하고 70~80°C에서 가온 처리하였다. 뿌리를 체($74\mu m$)로 걸러낸 다음 수돗물을 흘려 보내면서 KOH 溶液을 제거하였다. 0.01% fuchsin acid-lactophenol 염색용액 50~60ml 를 가하고 70~80°C에서 10~15분간 가열하였는데 그 용액의 조성은 다음과 같다.

40ml	Glycerol
20ml	Lactic acid
20ml	Water
20g	Phenol crystals
0.01%	Acid fuchsin powder

그림 2 는 쪽파에 V. A. Mycorrhiza 를 접종하고 栽培했을때 根細胞와 組織에 侵入되어 있는 V. A. Mycorrhiza hyphae 를 보여주고 있다.



Plate 1. V. A. Mycorrhiza spore isolated from volcanic ash soil(table 1.). ($\times 100$)



Plate 2. V. A. Mycorrhiza hyphae penetrated into the shallot plant root.

實驗 2. 磷酸溶解性絲狀菌에 의한 磷鑛石의 肥效增進에 관한 實驗

1) 磷酸溶解性絲狀菌의 分離

磷酸溶解性絲狀菌을 分離하기 위하여 60個地域의 土壤을 選定하였는데 火山灰土壤이 27個地域이며 非火山灰土壤이 33個地域이었다. 그 중 柑橘園土壤은 26個地域(火山灰土壤 13個, 非火山灰土壤 13個), 牧場土壤은 5個地域(火山灰土壤 4個, 非火山灰土壤 1個), 未開墾地土壤은 4個地域(火山灰土壤 3個, 非火山灰土壤 1個), 그리고 耕作地土壤은 25個地域(火山灰土壤 7個, 非火山灰土壤 18個)이었다. 이들 土壤試料는 地面에서 30 cm 깊이의 土壤을 약 2kg 채취하였다. 이 試料를 採取한 位置와 栽培作物 및 土壤의 性質 등은 表 3, 4 와 같으며 採取한 試料는 비닐 봉투에 넣어 4℃ 이하에서 保管하여 絲狀菌分離用試料로 使用하였다.

磷酸溶解性絲狀菌을 分離하기 위한 培地는 다음과 같이 調製하였다.

Potato-dextrose agar (PDA) 5 gr을 증류수 400ml에 넣고 약한 불로 완전히 녹여 맑게 만든 용액과 10% CaCl_2 溶液, 10% K_2HPO_4 溶液을 각각 殺菌器에 넣고 121℃ 15PSi에서 10~15分間 殺菌시켰다. PDA의 溫度가 70~80℃일때 10% CaCl_2 溶液 20ml를 加한 뒤 흔들어 주면서 10% K_2HPO_4 溶液 20ml를 加하여 沈澱되는 미세한 입자가 牛乳狀이 되도록 하였다. 이때 絲狀菌만을 選擇적으로 培養하기 위한 培地는 0.01% streptomycin을 添加하였다. 이상과 같이 調製한 培地(PDA-P)를 殺菌된 petri dish에 약 15ml씩 부어 넣었다.

濕潤供試土壤 1gr을 稀釋平板法에 의해서 $1:10^{-7}$ 로 稀釋하여 만든 溶液 0.1ml를 PDA-P培地위에 添加하여 接種시켰으며 同一한 土壤試料溶液에 대해서 5回 반복 實施하였고, 20~25℃의 培養室에서 약 7日間 培養하여 colony의 주위가 맑게 된 것을 磷酸칼슘溶解能이 있는 絲狀菌으로 選拔하였다.

2) H/R에 의한 絲狀菌의 選拔

Halo 形成 有無에 의해 選拔된 絲狀菌을 PDA-磷酸칼슘沈澱培地(PDA-P)에 다시 接種하고 6日間 培養한뒤에 colony의 크기와 halo의 크기를 測定하였으며 이때의 colony 크기(R)와 halo 크기(H)와의 比(H/R)가 1.20以上인 것들을 磷酸칼슘溶解能이 우수한 絲狀菌으로 再選拔하였다.

Table 3. Description for soil sampling sites

Soil number	Location	Soil series	Soil association
1	Hwabuk 2-dong, Cheju-shi(a)	Gueom	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
2	Hwabuk 2-dong, Cheju-shi(b)	Gueom	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
3	Hwabuk 2-dong, Cheju-shi(c)	Gueom	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
4	Samyang 1-dong, Cheju-shi	Ido	Dark brown non-volcanic ash soils
5	Doryun 1-dong, Cheju-shi(a)	Donggui	Dark brown non-volcanic ash soils
6	Doryun 1-dong, Cheju-shi(b)	Donggui	Brown non-volcanic ash soils
7	Shinchon-ri Jocheon	Donggui	Brown non-volcanic ash soils
8	Seonheul-ri Lagseong-dong(a)	Ora	Very dark greyish brown volcanic ash soils
9	Seonheul-ri Lagseong-dong(b)	Ora	Very dark greyish brown volcanic ash soils
10	Seonheul-ri Lagseong-dong(c)	Ora	Very dark greyish brown volcanic ash soils
11	Gimryeong Gujwa(a)	Gujwa	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
12	Gimryeong Gujwa(b)	Gujwa	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
13	Shinjeondong Gimryeong(a)	Udo	Black volcanic ash soils
14	Shinjeondong gimryeong(b)	Udo	Very dark brown volcanic ash soils
15	Jongdarl-ri Gujwa	Daeheul	Very dark brown non-volcanic ash soils
16	Onpyeong-ri Seongsan	Jungeon	Very dark greyish brown non-volcanic ash soils
17	Shinsan-ri Seongsan	Haweon	Dark brown non-volcanic ash soils
18	Seihwa 2-ri Pyoseon	Ido	Dark brown non-volcanic ash soils
19	Taeheung 2-ri Namweon	Cheju	Very dark greyish brown volcanic ash soils
20	Taeheung 1-ri Namweon(a)	Gueom	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
21	Taeheung 1-ri Namweon(b)	Gueom	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
22	Taeheung 1-ri Namweon(c)	Jungeon	Dark yellow brown volcanic ash soils

Soil number	Location	Soil series	Soil association
23	Sangwimi Seogwipo-shi(a)	Jungeon	Dark yellow brown volcanic ash soils
24	Sangwimi Seogwipo-shi(b)	Jungeon	Dark yellow brown volcanic ash soils
25	Dongheung-dong, Seogwipo-shi(a)	Youngheung	Dark brown non-volcanic ash soils
26	Dongheung-dong, Seogwipo-shi(b)	Youngheung	Brown non-volcanic ash soils
27	Topyeong-ri Seogwipo-shi(a)	Namweon	Black volcanic ash soils
28	Topyeong-ri Seogwipo-shi(b)	Namweon	Black volcanic ash soils
29	Ora 2-dong, Cheju-shi	Donggui	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
30	Ora 3-dong, Cheju-shi(a)	Donggui	Dark brown non-volcanic ash soils
31	Ora 3-dong, Cheju-shi(b)	Donggui	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
32	Ora 3-dong, Cheju-shi(c)	Songag	Dark brown volcanic ash soils
33	Gueom-ri Aeweol(a)	Gyoraе	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
34	Gueom-ri Aeweol(b)	Gyoraе	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
35	Kumseong-ri Aeweol(a)	Sara	Dark brown non-volcanic ash soils
36	Kumseong-ri Aeweol(b)	Sara	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
37	Suweon-ri Halrim(a)	Donggui	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
38	Suweon-ri Halrim(b)	Donggui	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
39	Yongsu-ri Hankyung(a)	Gangjwong	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
40	Yongsu-ri Harkyung(b)	Sambong	Dark greyish brown volcanic ash soils
41	Ilkwa 2-ri Daejeong(a)	Mureung	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
42	Ilkwa 2-ri Daejeong(b)	Mureung	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
43	Changcheon-ri Andeok(a)	Ora	Dark yellow brown volcanic ash soils
44	Changcheon-ri Andeok(b)	Ora	Dark yellow brown volcanic ash soils
45	Changcheon-ri Andeok(c)	Ora	Dark yellow brown volcanic ash soils

Soil number	Location	Soil series	Soil association
46	Sangge-ri Seogwipo -shi	Ora	Dark yellow brown volcanic ahs soils
47	Dosoon-ri Seogwipo -shi(a)	Yongheung	Dark yellow brown volcanic ash soils
48	Dosoon-ri Seogwipo -shi(b)	Yongheung	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
49	Dosoon-ri Seogwipo -shi(c)	Yongheung	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
50	Beopjeong-dong, Jungmum(a)	Jungmun	Dark yellow brown volcanic ash soils
51	Beopjeong-dong, Jungmum(b)	Jungmun	Very dark greyish brown volcanic ash soils
52	Gyora-ri Jocheon(a)	Cheju	Yellow brown volcanic ash soils
53	Gyora-ri Jocheon(b)	Namweon	Black volcanic ash soils
54	Gyora-ri Jocheon(c)	Gyora-ri	Very dark brown non-volcanic ash soils
55	Ara-dong, Cheju-shi(a)	Ora	Dark yellow brown volcanic ash soils
56	Ara-dong, Cheju-shi(b)	Ora	Dark yellow brown volcanic ash soils
57	Ara-dong, Cheju-shi(c)	Ora	Dark yellow brown volcanic ash soils
58	Ara-dong, Cheju-shi(d)	Ora	Dark yellow brown volcanic ash soils
59	Ara-dong, Cheju-shi(e)	Ora	Dark yellow brown volcanic ash soils
60	Ara-dong, Cheju-shi(f)	Ora	Dark yellow brown volcanic ash soils



Table 4. Soil characteristics

Soil number	pH H ₂ O (1 : 5)	Water contents(%)	Total N(%)	Total P(%)	Cultured plants
1	5.5	24.9	0.7	0.6	3y-citrus
2	5.5	24.9	0.8	0.9	4y-citrus
3	5.2	27.7	0.7	1.0	garlic
4	6.8	22.0	0.9	0.6	garlic
5	6.0	22.9	0.9	1.1	20y-citrus
6	4.9	30.4	1.1	0.6	3y-citrus
7	5.0	19.4	0.8	1.1	chinese cabbage
8	6.3	33.3	1.1	1.1	7y-citrus
9	5.7	31.2	1.3	2.0	15y-citrus
10	6.2	21.8	1.3	1.3	rape
11	7.8	19.9	1.2	0.8	garlic
12	7.9	21.1	0.7	0.9	barley
13	6.8	36.7	1.8	1.2	carrot
14	7.5	30.2	1.2	1.0	carrot
15	6.3	34.3	1.3	1.0	carrot
16	5.3	41.3	2.0	2.1	radish
17	5.7	33.5	1.1	1.0	carrot
18	5.0	27.8	0.8	0.8	onion
19	5.9	39.5	1.5	0.9	radish
20	6.1	33.2	1.2	1.3	7y-citrus
21	5.3	29.4	0.9	1.0	6y-citrus
22	6.2	34.9	0.9	0.8	20y-citrus
23	5.0	44.8	1.5	1.1	7y-citrus
24	5.2	30.5	1.5	1.4	13y-citrus
25	6.3	23.8	1.2	1.7	12y-citrus
26	5.5	26.5	1.3	2.0	20y-citrus
27	5.4	40.3	1.5	0.9	3y-citrus
28	5.7	39.6	1.4	1.3	12y-citrus
29	5.2	23.1	1.5	1.1	17y-citrus
30	5.5	26.0	1.7	0.9	5y-citrus
31	5.7	32.5	0.6	0.4	virgin soil

Soil number	pH H ₂ O(1 : 5)	Water contents(%)	Total N(%)	Total P(%)	Cultured plants
32	6.8	23.7	0.7	0.7	pasture soil
33	6.8	23.3	0.5	0.7	garlic
34	6.1	20.2	0.5	0.6	chinese cabbage
35	6.9	16.4	0.6	1.3	cabbage
36	5.3	16.0	0.7	1.0	cabbage
37	6.0	20.5	0.6	0.5	radish
38	6.1	23.5	0.5	0.7	potato
39	7.3	18.9	0.7	0.8	garlic
40	6.3	25.6	1.1	0.9	virgin soil
41	5.8	12.2	0.8	1.9	rape
42	6.6	12.1	0.8	0.7	garlic
43	5.9	24.2	0.9	1.1	pepper
44	5.6	31.0	1.1	1.8	7y-citrus
45	5.5	25.0	1.2	2.2	16y-citrus
46	6.1	32.0	1.6	1.4	rape
47	5.2	25.0	1.0	0.6	6y-citrus
48	5.4	27.9	1.0	1.7	10y-citrus
49	7.2	27.7	1.0	0.7	14y-citrus
50	5.2	38.7	1.4	0.6	pasture soil
51	5.7	53.0	1.6	0.7	3y-citrus
52	4.6	23.4	1.0	0.1	pasture soil
53	5.7	49.5	2.0	0.9	pasture soil
54	5.8	51.3	1.7	0.9	pasture soil
55	4.8	29.8	1.0	1.2	15y-citrus
56	4.8	29.8	1.0	1.3	6y-citrus
57	6.6	22.2	0.7	0.8	8y-citrus
58	5.0	28.3	0.9	0.7	buck wheat
59	5.7	38.1	1.1	0.9	virgin soil
60	5.6	20.7	1.4	0.8	virgin soil

3) 絲狀菌의 培養條件

本實驗에 使用하였던 液體培地의 pH는 5.5~6.0이었으며 培養溫度는 25~30℃ 培養期間은 10日, 振盪速度는 100~120 strokes/min 이었다.

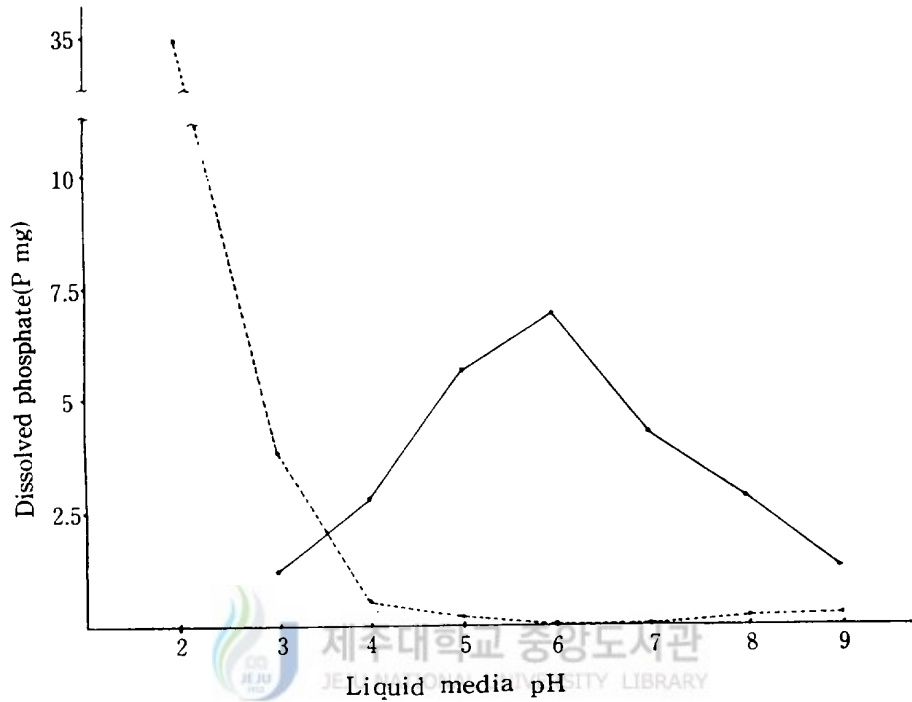


Figure 1. Influence of initial pH of liquid media on the phosphate amount dissolved from 300mg(40.8mg P) rock phosphate during 10-day incubation(--- rock phosphate dissolved by acid).

4) 液體培地에서 絲狀菌의 炭水化物基質에 대한 適應性

PDA-P培地로 부터 H/R에 의해 選拔한 絲狀菌이 粉末磷鑛石에 한층 더 접촉하기 쉽게 하기 위해서 液體培地를 다음과 같이 調製하여 使用하였다.

NaCl	0.01%	KNO ₃	0.078%
NH ₄ Cl	0.04%	CaCl ₂ ·2H ₂ O	0.01%
MgSO ₄	0.05%	Sugar	1%

이 液體培地 200ml에 粉末磷鑛石(美國產으로 주식회사 풍농비료에서 제공, 40mesh 체를 통과시켜 사용했고 磷酸含量은 13.6 P%) 300mg 과 straw 0.5%를 잘 혼합한 후에 殺菌하고 選拔된 絲狀菌을 接種處理하여 培養했다. 이 培養결과에 따라서 다음과 같이 straw 와 sugar 조성비만을 점차적으로 조절하면서 기질적응 실험을 실시하였다.

1. sugar	1%	2. sugar	0.75%
straw	0.05%	straw	0.75%
3. sugar	0.5%	4. sugar	0.4%
straw	1%	straw	1.1%
5. sugar	0.35%	6. sugar	0.25%
straw	1.15%	straw	1.25%
7. sugar	0.2%	8. sugar	0.175%
straw	1.3%	straw	1.33%
9. sugar	0.15%	10. sugar	1.25%
straw	1.37%	straw	1.4%

絲狀菌의 기질적응성은 磷酸溶解能에 의해서 측정했고 磷酸溶解能과 colony 형성이 우수한 絲狀菌만을 고르면서 straw 를 증가시키고 sugar 를 감소시킨 培養液에 대한 적응성을 유지시켰다.

배양이 끝날때마다 培養液은 여지(Toyo NO.2)로 濾過하고 이 濾液의 pH는 硝子電極(TOA HM-5ES)으로, 水溶性磷酸은 2.5% SnCl₂를 使用하는 Truog 法에 의해 發色시켜 比色定量하였다.

III. 結果 및 考察

實驗 1. 內生根菌(Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza)이 쪽파의 生育에 미치는 影響에 관한 實驗

1) 쪽파의 生育에 미치는 影響

火山灰土壤과 非火山灰土壤을 殺菌 또는 非殺菌한 뒤 V. A. Mycorrhiza 接種材料를 달리하여 쪽파에 接種處理하고 Pot 栽培해서 表 5 와 같은 結果를 얻었다.

着生率은 7.1~18.1%로써 火山灰土壤의 非殺菌土壤에 V. A. Mycorrhiza 가 接種되어 있는 뿌리로 接種하였을 때가 가장 높은 着生率을 보였다. 그러나 全般的으로 20%이하의 낮은 수준이었으므로 接種處理間 影響도 地上部(shoot)의 生育面에서 인정되지 않았다. 반면에 Abbot(1978)는 磷酸供給이 制限되어졌을 때 Subterranean clover 의 生育은 V. A. Mycorrhiza 의 발달정도와 관계가 있다고 보고 하였다.

Furlan 등(1973)은 양파의 V. A. Mycorrhiza 着生率이 11°C 밤 / 26°C 낮에서 보다 21°C 밤 / 26°C 낮에서 현격하게 높다는 것을 발견하였다. 따라서 生理的으로 비슷한 쪽파의 경우 栽培溫度(10°C 밤/20°C 낮)가 낮은 관계로 着生率이 떨어졌다고 생각된다.

쪽파의 뿌리신장, 생체중, 건물중, 건물중/생체중이 V. A. Mycorrhiza inoculum 處理에 별다른 影響을 받지 않았다. 뿌리 inoculum 處理에 의해서 쪽파 뿌리의 V. A. Mycorrhiza 착생정도가 火山灰土壤의 非殺菌時 유의성 있게 增加되었음에도 불구하고 이에 따른 效果가 나타나지 않은 것은 쪽파의 室內栽培條件中에서 光의 강도가 충분하지 못했기 때문인 것으로 생각된다. V. A. Mycorrhiza 가 식물에 無機磷酸을 공급해주는 반면에 식물로부터 합성된 有機物을 공급받는다는 사실을 감안할 때 光도가 약하면 탄소동화작용이 활발하지 못해서 共生관계에 있는 V. A. Mycorrhiza 에게 충분한 유기영양을 주지 못하게 될 것이기 때문이다. 본 실험에서 관찰된 20%이내의 낮은 착생율을 보더라도 V. A. Mycorrhiza 가 뿌리에서 잘 자라지 못했던 것으로 사료되며 결국 V. A. Mycorrhiza 의 활성이 약하게 된 결과 V. A. Mycorrhiza 가 식물생육에 유의성 있는 영향을 주지 못

Table 5. Degree of infection and growth response of shallot inoculated with spores and pieces of mycorrhizal roots in volcanic ash soil and non-volcanic ash soil

Soil	Treatment	Inoculum type	%infected root tissue	Shoot length (cm)			Root length(cm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	Dry weight /Fresh weight(%)
				4wks	8wks	12wks				
1	NS	Control	11.92cd	9.27cd	20.95b	24.52de	18.93d	6.12b	0.81i	13.2b
		MS	13.60d	10.17e	22.17bc	25.53ef	19.40d	6.38i	0.79b	12.4ab
		MR	18.07e	10.08de	21.55bc	25.70ef	18.32d	6.57j	0.84j	12.8b
	S	NM	0.00a	9.08c	20.72b	22.92cd	16.57c	5.38d	0.63f	11.7ab
		MS	9.92bcd	8.82c	21.95bc	23.88cde	17.15c	5.63f	0.58d	10.3a
		MR	9.60bc	9.40cde	21.65bc	24.07de	17.25c	5.50e	0.62e	11.3ab
2	NS	Control	7.07b	7.87b	21.80bc	26.07ef	14.22b	5.73f	0.70g	12.2ab
		MS	9.53bc	9.05c	23.70c	27.43f	12.83b	5.88g	0.70g	11.9ab
		MR	9.93bcd	7.32b	18.33a	26.70ef	13.77b	5.73f	0.70g	12.2ab
	S	NM	0.00a	6.05a	15.90a	18.33a	6.35a	2.35a	0.27a	11.5ab
		MS	8.40bc	6.23a	17.12a	21.77bc	6.03a	3.07c	0.40c	13.0b
		MR	10.43bcd	6.37a	16.20a	20.10ab	6.58a	2.48b	0.34b	13.7b

*NS: Non sterilized soil S: Sterilized soil MS: Mycorrhiza spores MR: Mycorrhizal roots NM: Non mycorrhiza

Mean in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level according to Duncan's Multiple Range Test ; letter indicate statistical significance using log-transformation of data.

했다고 본다.

接種材料의 密度에 따라 接種率이 增加한다는 것은 Carling 등(1979)도 지적한 바 있는데 火山灰供試土壤의 孢子密度가 土壤 100 gr당 약 1,000個로 높은 수준이었고 여기에 다시 inoculum을 處理했기 때문에 좀더 높은 착생율을 나타냈어야 될 것이라고 생각되며 더우기 供試火山灰土壤에서 生育된 대파의 경우 70%의 V. A. Mycorrhiza 착생율이 관찰된 것을 고려한다면 생리적 특성이 유사한 쪽파에서도 생육환경 특히 충분한 광도조건이 주어진다면 훨씬 높은 착생율과 생육효과를 기대할 수 있으리라고 생각된다.

2) 쪽파의 無機物含量에 미치는 影響

短日條件에서 쪽파는 營養生長하게 되는데 쪽파의 뿌리는 磷酸吸收力이 弱하므로 土壤의 有效態磷酸含量이 生育에 미치는 影響이 크다.

火山灰土壤에서 分離한 V. A. Mycorrhiza 孢子和 V. A. Mycorrhiza가 착생된 대파뿌리를 接種材料로 하여 쪽파에 接種處理하였을 때 表 6 과 같은 結果를 얻었다.

Fowells 등(1959)은 砂耕栽培에서 소나무苗木에 1ppm의 P와 5ppm의 N을 供給하였을 때는 많은 V. A. Mycorrhiza가 形成되었으나 營養溶液으로 5ppm의 P와 25ppm의 N을 供給하였을때 接種이 되지 않음을 보고한 바 있다. 본 실험에서 사용한 공시토양중 火山灰土壤은 有效磷酸이 7.7ppm, 그리고 非火山灰土壤은 193.2ppm이었다. 즉 有效磷酸이 많은 非火山灰土壤에서의 V. A. Mycorrhiza 착생율은 7~10%인 반면에 有效磷酸이 낮은 火山灰土壤에서는 착생율이 9~18%로 훨씬 높아 Follows 등(1959)의 실험결과와 잘 일치한다고 볼 수 있다.

地上部(shoot) : P, Mg, Na, Cu, Fe는 火山灰土壤보다 非火山灰土壤에서 더 많이 吸收된 경향을 보이고 있는데 특히 非火山灰土의 殺菌土壤에서는 P, Na, Cu가 유의성 있는 增加를 보였다. 火山灰土, 非火山灰土 모두가 殺菌土壤의 경우에는 현저한 Mn의 含量增加를 나타내고 있는데 이는 가열살균 과정에서 불용성 Mn이 가용성으로 변화되었기 때문으로 생각된다. 한편 V. A. Mycorrhiza inoculum 處理에 따른 각 무기물함량의 변화는 관찰되지 않았다.

鱗莖部(Bulb) : P, Ca, Mg, Na, Zn, Mn, Fe는 火山灰土보다 非火山灰土에서 더

Table 6. Effect of mycorrhiza on nutrient concentration in shallot plant grown in volcanic ash soil and non-volcanic ash soil

Soil	Treatment	Inoculum type*	Shoot									
			P	Ca	Mg	K	Na	Cu	Zn	Mn	Fe	
			g/kg									
NS	Control	Control	1.97ab	0.97cd	0.32abc	22.78ab	0.45ab	14.67a	46.33a	90.67a	3056.67bcd	
		MS	2.24bc	1.13d	0.42e	29.53d	0.46ab	23.67abcd	69.00bcd	109.67a	2763.33abcd	
		MR	1.92ab	0.69a	0.32abc	25.27bc	0.46ab	21.00abc	73.33cd	99.33a	4133.33def	
	S	NM	2.09ab	0.77ab	0.32abc	27.35cd	0.53bcd	19.33ab	62.00bcd	3173.33e	1303.33ab	
		MS	1.99ab	0.69a	0.30ab	29.90d	0.66d	18.67ab	66.67bcd	2936.67de	1293.33ab	
		MR	1.66a	0.68a	0.28a	28.05cd	0.63cd	18.33abcd	61.33ab	2556.67cd	1183.33a	
			mg/kg									
NS	Control	Control	1.98ab	0.85abc	0.34bc	28.85d	0.49bc	19.67abc	75.67d	160.00a	4913.33ef	
		MS	2.07ab	0.90abc	0.35bc	29.92d	0.34a	23.00abcd	57.33abc	124.00a	1976.67abc	
		MR	2.07ab	0.91bc	0.33abc	28.78d	0.32a	31.00cd	56.33ab	202.67a	5023.33f	
S	Control	NM	2.61c	0.83abc	0.35bc	21.88a	1.13e	23.33abcd	71.33bcd	2046.67b	2504.83abcd	
		MS	2.66c	0.92bc	0.41de	22.90bc	1.16e	33.00d	72.33cd	2250.00bc	3083.33cde	
		MR	2.69c	0.81abc	0.37cde	23.07bc	1.15e	28.50bcd	57.50abc	2026.67b	2890.00abcd	

1

2

Soil	Treatment*	Inoculum type*	Bulb									
			P	Ca	Mg	K	Na	Cu	Zn	Mn	Fe	
			g/kg									
			mg/kg									
1	NS	Control	1.00ab	0.79cd	0.18a	7.48ab	0.53a	23.67abc	59.67ab	89.33a	2943.33abc	
		MS	0.96a	0.56a	0.16a	7.27a	0.52a	21.67abc	66.00abc	71.00a	1630.00ab	
		MR	1.13abc	0.72bc	0.19ab	8.50abc	0.54a	20.00ab	55.67a	84.00a	2910.00abc	
	S	NM	1.27abcd	0.59bc	0.16a	8.23abc	0.65a	14.33a	54.33a	779.00b	1596.67ab	
		MS	1.50cde	0.64abc	0.17a	8.95bc	0.74abc	26.67bcd	58.33ab	868.33b	1285.00a	
		MR	1.42abcde	0.58ab	0.18a	8.78bc	0.70ab	36.33d	68.00abc	839.00b	1653.33ab	
	NS	Control	2.13fg	1.04e	0.27c	11.13e	0.60a	26.67bcd	69.67abc	150.67a	6727.67e	
		MS	1.87efg	0.94de	0.24bc	12.73f	0.52a	20.33ab	67.67abc	111.00a	3823.33abcd	
		MR	1.72def	0.97e	0.33d	10.65de	0.61a	24.00abc	63.33abc	5996.67de	5996.67de	
S	NM	2.23g	0.99e	0.24bc	9.33cd	1.17bc	21.67abc	77.33c	1671.00d	4266.67bcde		
	MS	2.11fg	0.92de	0.23b	8.97bc	1.23c	25.67bc	77.67c	1280.00c	6210.00e		
	MR	2.03fg	0.92de	0.22b	8.27abc	1.34c	31.67cd	69.83bc	1080.83bc	4561.67bcde		

*NS: Non sterilized Soil S: Sterilized soil MS: Mycorrhiza spores MR: Mycorrhizal roots NM: Non-mycorrhiza

Mean in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level according to Duncan's Multiple range Test; letters indicate statistical significance using log-transformation of data

많은 含量을 나타냈고 특히 P, Ca, Mg, Fe는 5% 수준에서 유의성이 인정되었다. 地上部에서와 같이 Mn은 火山灰土·非火山灰土의 殺菌土壤에서 非殺菌土壤보다 훨씬 더 많은 含量을 보였는데 V. A. Mycorrhiza inoculum 效果는 관찰되지 않았다.

그러나 Ojala 등(1983)은 鹽基性 土壤에서 V. A. Mycorrhiza가 양파의 地上部(shoot)와 鱗莖의 無機物含量(P, Ca, Mg, Na, K, Zn, Fe)을 V. A. Mycorrhiza가 없는 경우보다 상당히 增加시켰다고 報告한 바 있다.

이처럼 본 실험에서 inoculum 처리에 의한 無機成分含量의 차이가 관찰되지 않은 이유에 대해서는 좀더 구체적으로 검토가 있어야 할 것이다.



實驗 2. 磷酸溶解性 絲狀菌에 의한 磷鑛石의 肥效增進에 관한 實驗

1) 磷酸칼슘溶解性絲狀菌의 分離

土壤溶液의 稀釋液을 5回 反覆 接種處理하여 培養해서 磷酸칼슘을 溶解시키는 絲狀菌을 관찰한 결과 表 7과 같으며 +는 발견된 것, -는 발견되지 않은 것을 나타낸다.

磷酸칼슘을 溶解하는 絲狀菌과 溶解하지 않은 絲狀菌은 그림 3에서 보는 바와 같이 colony 주위의 透明度가 다르기 때문에 쉽게 分別할 수 있었다.

稀釋된 土壤溶液으로 부터 磷酸칼슘溶解性絲狀菌이 한번도 발견되지 않은 土壤은 모두 19個地域의 土壤이었으며 19個地域中 火山灰土壤은 6個地域이고 나머지 13個地域은 非火山灰土壤이었다.

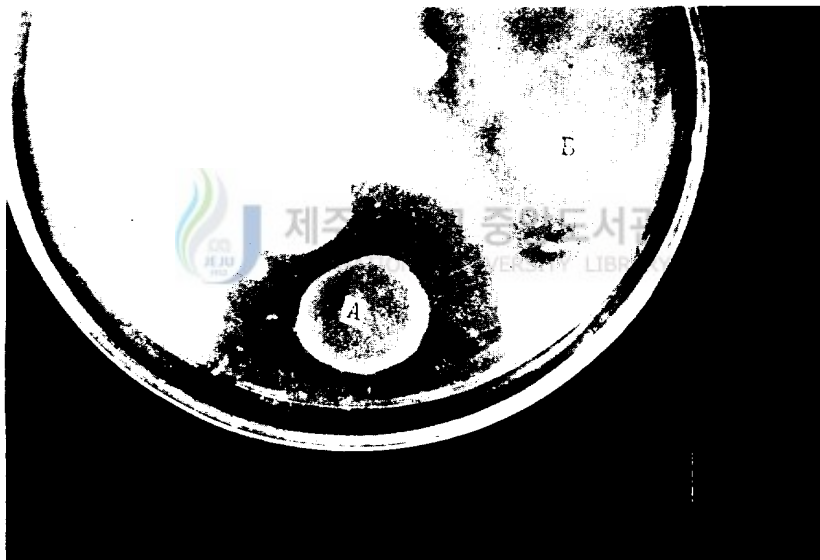


Plate 3. Calcium phosphate-solubilizing fungi(a)
and non-solubilizing fungi(b)

Table 7. The isolation degree of calcium phosphate-solubilizing fungi from each soil when incubated five times.

Soil number	Replication					Soil number	Replication				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	+	-	+	-	-	31	+	-	-	-	-
2	-	-	-	+	-	32	-	-	-	+	-
3	-	+	-	-	-	33	+	+	+	-	-
4	-	-	+	-	-	34	-	-	-	-	-
5	-	-	+	-	-	35	+	-	+	-	-
6	-	-	-	-	-	36	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	37	-	-	-	-	-
8	-	+	+	-	-	38	+	-	-	-	-
9	+	-	+	-	-	39	+	-	+	+	-
10	-	-	-	-	+	40	+	+	-	-	-
11	-	-	-	-	-	41	-	-	-	-	-
12	+	-	+	-	-	42	-	-	+	+	-
13	+	-	+	-	-	43	+	-	+	-	-
14	+	-	+	-	-	44	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	45	+	-	+	-	-
16	-	-	-	-	-	46	-	-	-	-	-
17	+	+	+	-	-	47	-	-	-	-	-
18	-	+	-	-	-	48	-	-	-	-	-
19	-	+	+	+	+	49	-	-	-	-	-
20	+	-	+	-	-	50	-	-	-	-	-
21	-	-	-	+	+	51	-	-	-	-	-
22	-	+	-	-	-	52	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	53	-	+	-	-	-
24	-	-	+	-	-	54	-	+	+	-	-
25	+	+	-	-	-	55	-	-	+	-	-
26	+	-	-	-	-	56	-	-	-	-	-
27	+	+	-	+	-	57	-	-	+	-	-
28	-	+	-	-	-	58	+	-	-	-	-
29	+	+	-	+	-	59	-	-	+	-	-
30	-	-	-	-	-	60	-	+	-	-	-

2) PDA-燐酸칼슘沈澱培地에 의한 絲狀菌의 選拔

PDA-燐酸칼슘沈澱培地에서 colony 주위가 透明한 絲狀菌만을 分離하여 순수배양하고 보관하면서 이들 絲狀菌을 PDA-燐酸칼슘沈澱培地에 다시 接種시켜 6日間 培養하면서 colony 의 크기(R)와 halo 의 크기(H)를 測定(반경, mm)하였는데 그 결과는 표 8 과 같다.

燐酸칼슘沈澱을 잘 溶解시키는 경우에는 그림 4에서와 같이 colony 주위는 透明하게 되고 halo 의 반경이 커짐을 볼 수 있다.

Halo 의 반경(H)을 colony 의 반경(R)으로 나눈 값이 1.20이상인 것만을 18개 採選받았으며 그중에서 1.6이상인 것들은 絲狀菌번호(土壤試料番號와 同一함) 1, 5, 8, 27, 29, 32, 33, 39, 43, 45이었고 1.4이하인 것으로는 2, 4, 10, 22이었다.

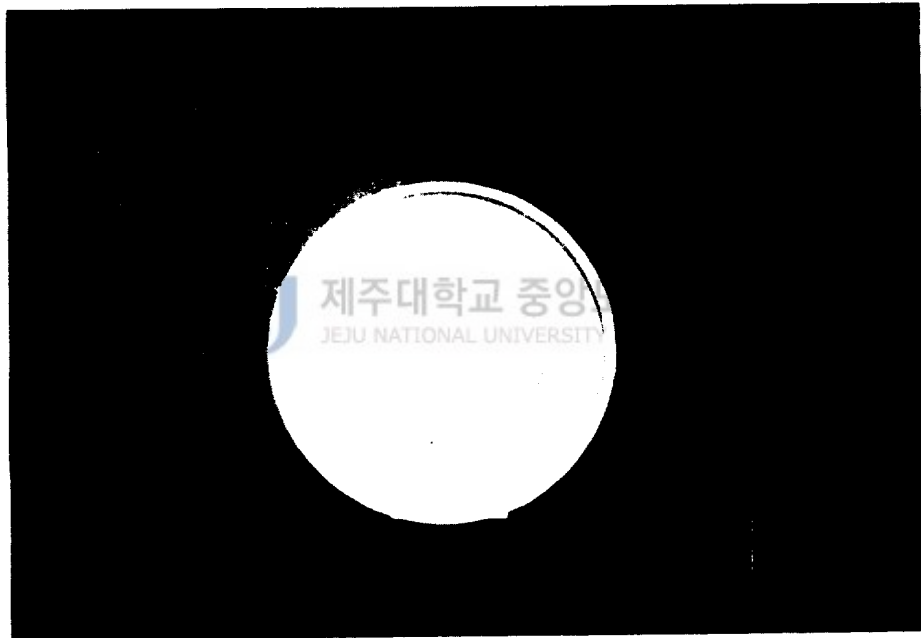


Plate 4. The fungi dissolving calcium phosphate precipitation very well

Table 8. Change of colony(R) and halo(H) radii during 6-day cultivation and ratio of colony to halo radii at the end of growth

Fungi	1st day		2nd day		3rd day		4th day		5th day		6th day		H/R on 6th day
	R	H	R	H	R	H	R	H	R	H	R	H	
1	2	2.5	5	6	7	10	8	11	8	13	8	14	1.75
2	2.5	0	5	6	8	11	11	12	11	13	15	18	1.20
4	2	0	6	7	8	10	10	13	12	15	13	18	1.38
5	3.5	5	6	10	8	14	10	15	10	20	10	21	2.10
8	3.5	4.5	5.5	8	8	10	8	14	9	17	10	28	1.80
10	3	4	5	9	12	15	14	19	14	19	14	19	1.36
17	1.5	0	4	5	8	10	10	12	10	15	12	17	1.42
22	4	5	10	11	11	12	12	13	12	15	13	17	1.31
24	2	3	7	9	8	12	9	13	10	15	11	17	1.55
26	1.5	2.5	4	6	6	10	8	11	10	14	12	17	1.42
27	2.5	0	5	7	6	11	8	11	8	13	9	15	1.67
29	3	4	6	7	7	13	9	13	10	16	10	17	1.70
31	2.5	4	6	8	8	12	9	13	9.5	15.5	11	17	1.55
32	3	3.5	5	8	7	8	10	15	10	18	10	18	1.8
33	2.5	3	5	8	8	10	10	15	10	18	12	20	1.67
39	4	5	6.5	9	8	13	10	16	11	19	12	22	1.83
43	2	4	5	9	7	14	8	15	9	18	9	20	2.22
45	4	5	7	10	8	13	9	16	11	19	11	20	1.82

3) 磷鑛石粉末混合液體培地에 의한 絲狀菌의 選拔

이상과 같이 選拔된 表 8의 絲狀菌을 磷鑛石粉末混合液體培地에 接種시키고 25°C에서 24시간 培養하면서 10日間 培養한 뒤의 液體培地의 pH값 및 水溶性磷酸의 量은 表 9의 1 단계(Sugar 1%, Straw 0.5%)와 같다.

液體培地에서 培養한뒤에 형성된 colony는 그림 5에서와 같이 相異한 크기와 모양을 보여주고 있으며 培養液이 透明해짐도 관찰할 수 있다.

液體培地에서 絲狀菌의 選拔은 水溶性磷酸量이 9.3P%이상인 것만으로 했는데 H/R에 의해 選拔된 絲狀菌 18個中 5個의 絲狀菌만이 選拔되었다.

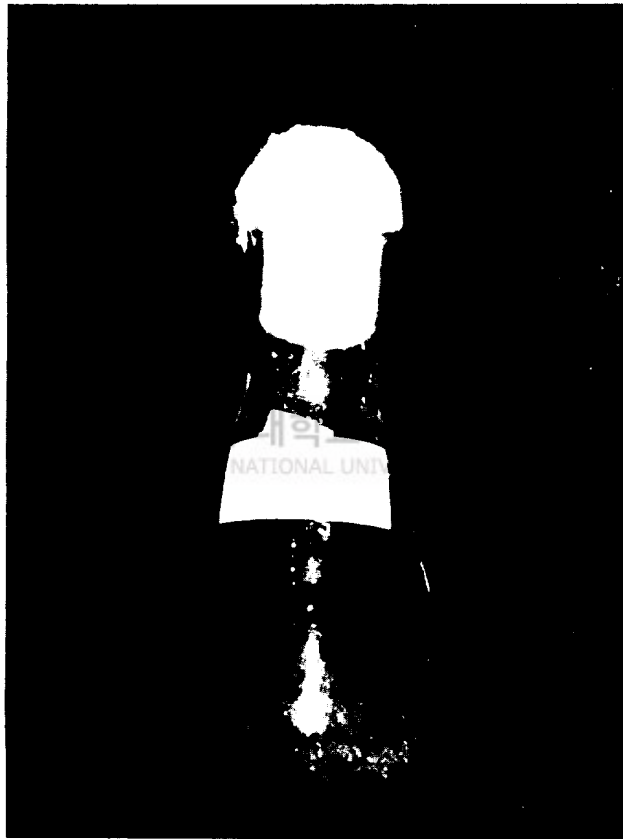


Plate 5. The fungi colonies which were growing well in the liquid media mixed with sugar, straw and powdered rock phosphate, 10 day after incubation.

Table 9. The amounts and percentage of dissolved phosphate from 300mg rock phosphate(40.8mg) and pH values, after incubating for ten days with the gradual change of sugar and straw compositions of the liquid media

Fungi number	Compositions of sugar and straw																	
	Sugar 1% pH	Sugar 0.5% Dis.P(%)	Sugar 0.75% Straw 0.75% pH	Sugar 0.5% Straw 1% Dis.P(%)	Sugar 0.4% Straw 1.1% Dis.P(%)	Sugar 0.35% Straw 1.15% Dis.P(%)	Sugar 0.25% Straw 1.25% Dis.P(%)	Sugar 0.4% Straw 1.1% Dis.P(%)	Sugar 0.35% Straw 1.15% Dis.P(%)	Sugar 0.25% Straw 1.25% Dis.P(%)	Sugar 0.4% Straw 1.1% Dis.P(%)	Sugar 0.35% Straw 1.15% Dis.P(%)						
1	5.3	6.3	15.5	5.4	4.7	11.6	4.6	6.9	17.0	6.6	8.8	21.7	6.8	12.8	31.5	4.9	4.7	10.7
8	5.2	3.8	9.3	5.1	4.8	11.8	4.7	5.3	13.1	6.0	8.3	20.4	6.4	11.4	28.1	6.2	5	11.5
24	4.8	6.3	15.5	4.6	6.8	16.7	4.8	7.3	18.0	6.2	7.8	19.2	6.8	12.0	29.6	4.6	3.4	8.3
26	4.6	8.1	20.0	4.3	7.4	18.2	4.7	7.3	18.0	6.2	8.9	21.9	7.3	11.4	28.1	5.5	5.2	11.9
31	4.9	4.7	11.6	4.7	4.3	10.6	4.1	2.6	6.4	5.6	7.6	18.7	7.3	10.2	25.1	4.9	4.7	10.8
43	4.7	4.7	11.6	4.8	3.1	7.6	4.9	7.3	18.0	5.9	9.2	22.7	6.8	12.1	29.8	5.9	4.9	11.2
45	5.0	6.2	15.3	5.2	4.6	11.3	4.6	6.9	17.0	5.9	8.3	20.4	7.1	12.4	30.5	6.0	4.0	9.2

Fungi number	Compositions of sugar and straw											
	Sugar 0.2% Straw 1.3%			Sugar 0.175% Straw 1.33%			Sugar 0.15% Straw 1.37%			Sugar 0.125% Straw 1.4%		
	pH	P(mg)	Dis.P(%)	pH	P(mg)	Dis.P(%)	pH	P(mg)	Dis.P(%)	pH	P(mg)	Dis.P(%)
1	5.0	6.4	14.7	5.3	7.5	18.3	4.8	3.7	9.1	6.3	4.4	10.8
8	4.7	6.0	13.7	4.7	5.6	13.6	4.6	4.6	11.3	6.0	4.5	11.0
24	4.5	3.4	8.3	4.5	2.6	6.4	4.5	2.6	6.4		NG	
26	4.8	4.7	13.0	4.9	6.3	15.4	4.7	4.9	12.0	6.2	5.0	12.3
31	4.9	6.2	14.0	6.6	6.4	15.6	5.2	3.7	9.1	6.1	4.0	9.8
43	6.6	7.4	16.7	4.9	6.3	15.4	5.6	2	5.0	4.4	5.0	12.3
45	4.9	6.0	13.7	4.9	5.4	13.2	4.8	3.5	8.6	5.9	4.4	10.8

Dis.P(%) : Dissolved P(%) NG : negligible quantity

培養前 培地液의 pH는 5.5이었는데 培養後 培地液의 pH는 0.2~0.9程度가 減小하는 경향을 보였는데 培地液의 pH가 낮다고 해서 水溶性磷酸이 增加하지는 않았다.

一般的으로 微生物의 분비대사물질 중에 섞여 있는 有機酸에 의해 磷鑛石이 溶解한다는 說이 있긴하지만 아직까지 용해기작과 pH와의 관계는 不分明하다.

液體培地에서 최종선발된 絲狀菌을 形態學的으로 同定한 結果 모두 *Penicillium frequentas* 속이었다.

4) 液體培地에서 絲狀菌의 炭水化物基質에 대한 適應性

液體培地에서 選拔한 絲狀菌을 sugar와 straw의 조성을 10단계에 걸쳐 변화시켜 가면서 培養한 結果 表9에서 보는 바와 같이 炭水化物공급원으로 sugar 대신 straw를 상당량 대체한 조건에서도 生育이 잘되고 磷鑛石粉末을 溶解시킬 수 있도록 적응되었음을 알 수 있다.

sugar의 含量은 3단계에서부터 한꺼번에 많은 量을 변화시킬 경우에는 生育이 불량해지는 것을 경험했기 때문에 적은 量씩만 減小시킴으로써 좋은 적응성을 얻을 수 있었다.

감귤박과 같이 상당한 당함량을 갖는 부산물을 퇴비제조시에 섞은 뒤 磷鑛石粉末과 함께 이와같이 적응된 絲狀菌을 接種시켜 磷鑛石으로 可溶性磷酸을 增加시키는 방안을 모색할 수 있으리라 생각되며 다른 한편으로 계속적으로 sugar를 공급하지 않고 straw만을 炭水化物공급원으로 해줄 수 있을 때까지 적응성실험을 연속시킬 필요가 있다.

IV. 摘 要

濟州道 火山灰土壤과 非火山灰土壤에서 쪽파에 內生根菌(Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae)를 接種시켰을 때 쪽파의 生育과 無機物含量에 미치는 影響을 알아 보고, 또한 磷鑛石의 肥效를 增進시키고자 PDA-磷酸칼슘沈澱培地를 利用하여 土壤으로 부터 磷酸溶解性絲狀菌을 分離·選拔했다. 또 磷鑛石퇴비제조시에 利用하기 위해서 選拔된 絲狀菌에 대해 炭水화물기질적응성을 검토했는데 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 火山灰土壤의 非殺菌土壤에서 V. A. Mycorrhiza 에 의한 쪽파의 초기생육은 촉진되었으며 地上部(Shoot)의 Ca, Mg, K, Zn, Fe의 無機物含量을 增加시켰다. 그리고 火山灰土壤의 殺菌土壤에서 V. A. Mycorrhiza 에 의해서 쪽파의 磷莖의 Cu 含量을 增加시켰다.

2. 쪽파에 V. A. Mycorrhiza 를 接種시켰을 때 쪽파의 生體重은 非火山灰土壤의 非殺菌土壤을 제외하고는 상당한 증가를 보였다.

3. 分離된 磷酸溶解性絲狀菌을 PDA-磷酸칼슘培地에서 6日間 培養했을 경우 colony 반경이 8~15 mm, halo 반경이 14~22 mm, H/R가 1.2로서 溶解性이 우수한 것으로 選拔된 絲狀菌이 18個土壤에서 관찰되었다.

4. PDA-磷酸칼슘培地에서 選拔된 絲狀菌을 磷鑛石粉末을 함유하는 液體培地에서 Sugar/Straw 組成을 1%/0.5%, 0.75%/0.75%, 0.5%/1%, 0.4%/1.1%, 0.35%/1.15%, 0.25%/1.25%, 0.2%/1.3%, 0.175%/1.33%, 0.15%/1.37%, 0.125%/1.4%의 10단계로 變化시키면서 10日間 연속배양하면서 잘 적응하는 絲狀菌(Penicillium frequentas-1, 8, 26, 31, 43, 45)를 選拔하였다. 培養後 液體培地의 pH는 10차례 연속배양에 따라 4.9에서 5.8로 다소 증가하는 반면에 磷鑛石의 溶解率은 14.1%에서 11.2%로 다소 낮아졌으나 좋은 生育은 유지되었다.

参 考 文 献

- Abbott, L. K., A. D. Robson. 1978. Growth of Subterranean clover in relation to the formation of endomycorrhizas by introduced and indigenous fungi in a field soil. *New phytol.*, 81 ; 575-585.
- Abbott, L. K., A. D. Robson. 1977. Growth Stimulation of Subterranean Clover with Vesicular-Arbuscula Mycorrhizas. *Aust. J. Agric. Res.*, 28 ; 639-649.
- Agnihotri, V. P.. 1970. Solubilization of insoluble phosphates by some soil fungi isolated from nursery seed-beds. *Can. J. of Microbiology.* 16 ; 887-880.
- Azcon, R., J. M. Barea, D. S. Hayman. 1976. Utilization of rock phosphate in alkaline soils by plants inoculated with mycorrhizal fungi and phosphate-solubilizing bacteria. *soil. Biol. biochem.* 8 ; 135-138.
- Bank, S., B. K. Dey. 1981. Phosphate-Solubilizing Microorganisms of a Lateritic soil, I. Solubilization of inorganic phosphates, Isolated in sucrose calcium phosphate agar plates, *Zbl. Bakt. II. Abt.*, 136 ; 478-486.
- Black, C. A., D. D. Evans, J. C. white, L. E. Ensminger, F. E. Clark. 1965. *Methods of soil Analysis part. 1,2.* American society of Agronomy.
- Carling, D. E., M. F. Brown, R. A. Brown. 1979. Colonization rates and growth responses of soybean plants infected by Vesicular-Arbuscular mycorrhizal fungi, *Can. J., Bot.* 57 ; 1769-1772.
- Fowells, H. A., R. W. Krauses. 1959. The inorganic nutrition of loblolly pine and virginia pine special reference to nitrogen and phosphorus. *For. Sci.* 5 ; 95-112.
- Furlan, V., J. A. Fortin. 1973. Formation of endomycorrhizae by endogone *Calospora* on *Allium Cepa* Under three temperature regimes. *Naturaliste Can.* 100 ; 467-477.
- Hayman, D. S., B. Mosse. 1972. Plant growth responses to Vesicular-Arbuscular

- mycorrhiza. II. Increased uptake of labile p from soil. *New. phytol.*, 71 ; 41-47.
- IFDC. 1978. Seminar on phosphate rock for direct application.
- 중앙기상대. 1982. 한국기후포(제주, 서귀).
- Jackson, N. E., R. E. Franklin, R. H. Miller. 1972. Effects of Vesicular -Arbuscular mycorrhizae on Growth and phosphorous content of Three Agronomic Crops. *Soil. Sci. Amer. Proc.* 36 ; 64-67.
- Khan A. G. 1975. The effect of Vesicular-Arbuscular mycorrhiza associations on growth of cereals. *Ann, Appl. Biol.* 80 ; 27-36.
- 김형욱. 1974. 제주도 화산회토양의 인산동태에 관한 연구, 제대논집. 6 ; 207-215.
- Mosse, B., D. S. Hayman, D. J. Arnold. 1973. Plant growth responses to Vesicular-Arbuscular mycorrhiza. V. phosphate uptake by three plant species from P-deficient soils labelled with ^{32}P . *New phytol.*, 72 ; 809-815.
- 농수산부. 1985. 농수산통계연감.
- 농업기술연구소. 1976. 제주도 정밀토양도.
- 농업기술연구소. 1974. 토양화학분석법.
- Powell. C. Li.. 1979. Effect of mycorrhizal fungi on recovery of phosphate fertilizer from soil by Ryegrass plants. *New phytol.*, 83 ; 681-694.
- 유순호, 송관철. 1984. 입지토양의 특성, 아열대농업연구소지 1 ; 73-102.
- 유장걸, 김형욱, 이신찬. 1985. 인광석의 인산비료증진에 관한 연구(토양중 mycorrhizae 포자밀도조사 및 인광석용해성사상균의 분리와 배양, 제대논집. 20 ; 81-92.
- Ross J. D., J. W. Gilliam. 1973. Effect of endogone mycorrhiza on phosphorus uptake by soybeans from inorganic phosphates. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 37 ; 237-239.
- Sperber, J. I.. 1958. The incidence of Apatite-Solubilizing organisms in the rhizosphere and soil. *Aust. J. Agric. Res.* 9 ; 778-781.

- Sperber, J. I. 1958. Solution of Apatite by soil microorganisms producing organic acids. *Aust. J. Agric. Res.* 9 ; 782-787.
- Sundara Rao, W. V. B., M. K. Sinha. 1963. Phosphate dissolving organisms in the soil and the rhizosphere. *Indian J. Agri. Sci.* 33 ; 272-278.
- Taha. S. M., S. A. Z. Mahmoud, A. HJ. El-Damaty, El-Hafez. 1969. Acitivity of phosphate dissolving bacteria in egytian soils. *Plant and soil* 31-1 ; 149-160.



謝 辭

本 論文이 이루어지기까지 指導와 激勵를 해주신 指導教授 金澄玉 교수님, 柳長杰 교수님께 깊이 感謝드리오며 항상 많은 가르침을 주신 康順善 교수님, 高正三 교수님, 柳基中 교수님, 尹彰勳 교수님께도 感謝드립니다.

각별히 實驗與件의 마련과 助言을 해주신 방사능이용연구소의 여러분께 감사한 마음 금할 길 없습니다.

실험수행에 동참하여준 대학원 黃다리아학우와 농화학과 金昇淙학우에게 고마운 뜻을 표하며 공동기기실의 여러분께도 感謝드립니다.

저를 무한한 사랑과 기도로 보살펴주신 어머님께 이 論文을 드립니다.

