

磷鑛石의 磷酸肥效增進에 관한 研究*

-土壤中 mycorrhizae 孢子密度調査 및 磷鑛石溶解性糸狀菌의 分離와 培養-

柳長杰, 金滢玉, 李信燦

Improvement of Rock Phosphate Utilization Efficiency

-Distribution of V. A. Mycorrhizae on Cheju Island, and Isolation and Cultivation of Rock Phosphate Solubilizing Fungi-

U. Zang-kual, Kim Hyeong-ok, Lee Shin-chan

Summary

To make a survey on the distribution of V. A. mycorrhizae on Cheju-Island, 60 soil samples were taken from the cultivated and non-cultivated lands (27 volcanic soils and 33 non-volcanic soils). Spore densities (spore number/100g soil) were measured by the floating method. Phosphate-solubilizing fungi were isolated from 18 soil samples and selected by the pure cultivation method on PDA-calcium phosphate media. Adaptation cultivations of the selected fungi were conducted in the rock phosphate-liquid media successively with the change of sugar to straw composition.

1. Low spore density below 100 was observed in 19 sampling sites and high density above 500 was shown in only five fields, rest of the locations being ordinary levels.

It seemed that spore density was related to the locality but not to pH, water content, total nitrogen and phosphate percentage of the soils.

2. Phosphate solubilizing fungi were found on PDA-calcium phosphate media in 41 soil samples.

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 in 18 soil samples.

4. Five successive cultivations in the liquid media containing powdered rock phosphate were undertaken to adapt the selected fungi to the low sugar/straw condition (sugar 0.35%, straw 1.15%). At the end of 5th cultivation, seven fungi (from soil No. 1, 8, 24, 26, 31, 43 and 45) remained and showed about 29 percentage of rock phosphate solubility making the liquid media neutral.

* 본 研究는 1984年度 韓國科學財團 研究造成費에 의하여 遂行되었음.

序 論

우리나라에서 제조 판매, 사용되고 있는 磷酸質肥料은 모두 全量 수입에 의존되고 있는 磷鑛石을 原料로 하고 있다. 인산질비료중에서 용과린이나 용성인비의 경우를 보면 제조과정중에 磷鑛石을 고온으로 가열 용융시키는 것이 불가결한 바 오늘날같이 에너지 절약이 절실한 형편에서는 비경제적인 것이 분명하기 때문에 여러나라에서는 磷鑛石의 직접사용에 관한 研究(IFDC, 1978)가 활발하게 진행되어 왔다. 특히 濟州道의 경우는 경작지의 상당량이 火山灰土를 母材로 하여 생성되어 磷酸質肥料成分의 土壤에 의한 고정에 매우 크기 때문에 비교적 많은 인산비가 권장되어 왔다. 1981년도에 우리나라에서 生産된 溶性磷肥 48,161% 중에서 50%가 넘는 25,639%를 濟州道에서 消費했다(한국비료협회, 1983). 이것은 火山灰土라는 토양특성 때문에 과석이나 중과석보다 溶性磷肥를 사용할 수 밖에 없는 불가피한 농민들의 경제적 부담인 것이다. 외국에서의 mycorrhizae 및 인산용해성 사상균에 관한 연구중에는 citrus(Marx, 1971) 및 clover(Powell 1979)의 생육이 mycorrhizae에 의해서 증가됨이 발표되었다. 그리고 Agnihotri(1970)는 不溶性 磷酸을 溶解하는 곰팡이를 土壤에서 分離했고 Sundara Rao와 Sinha(1963)는 P-32 추적자를 利用해서 土壤微生物에 의한 磷酸溶解를, Taha et al(1969)은 磷酸溶解性 糸狀菌의 활성을 研究보고 한 바 있다.

本 研究에서는 1983년에 실시되었던 濟州道內 몇 개 지역에서 채취된 土壤試料中の mycorrhizae胞子密度 調査 및 磷酸칼슘 溶解性 糸狀菌 選抜에 관한 기초연구 결과를 토대로 해서 감귤, 유채, 감자, 마늘, 목초등의 경작지 60군대를 대상으로 土壤試料를 채취해서 mycorrhizae分布 상태를 확대 조사했고 磷鑛石粉末을 溶解하는 糸狀菌을 選抜한뒤 液體培地中の 탄수화물 조성을 변화시켜서 이들 선발된 糸狀菌의 培地에 대한 적응성을 검토했다. 磷鑛石을 직접사용 할 경우 作物에 의한 이용율이 매우 낮기 때문에 퇴비 제조시에 磷鑛石을 효율적으로 溶解할 수 있는 糸狀菌을 접종시켜서 磷鑛石 퇴비중에 可溶性 磷酸成分을 증가시키고 따라서 磷酸質肥料의 효

과를 높이라는 目的으로 磷鑛石粉末 溶解性 糸狀菌의 選抜과 培養에 관한 研究를 시도했다. 동시에 濟州道內의 경작지중에 존재하는 mycorrhizae分布 정도를 調査함으로써 사용된 인산질비료 효율을 이같은 土壤微生物을 利用하여 높일 수 있는가의 가능성을 調査했다.

材料 및 方法

1. 공시토양

공시토양은 모두 60개 지역이었는데 火山灰 토양이 27개 지역이며 비火山灰토양이 33개 지역이었고 그중 감귤원 토양은 26개 지역(비火山灰 토양 13개 지역), 목장토양 5개 지역(비火山灰 토양 1개 지역), 미개간지 토양이 4개 지역(비火山灰 토양 1개 지역) 그리고 경작지 토양은 25개 지역(비火山灰 토양 18개 지역)이었다. 이들 토양시료는 지면에서 30cm 깊이의 토심에 분포되어 있는 뿌리부근의 토양을 약 2kg 채취하였다. 시료를 채취한 위치와 재배작물 및 토양의 성질등은 Table 1과 같으며 채취한 토양은 습윤상태로 비닐 봉투에 넣어 4℃이하에서 보관하였다.

2. 토양 특성 조사 및 mycorrhiza 포자밀도 분포 측정

토양 pH는 토양과 H₂O의 비율을 1:5로 하여 pH메타로 측정하였으며 토양수분 함량은 100~110℃에서 건조후 측정하였다. 그리고 전질소는 semi-micro kjeldahl 법으로, 전인산은 Vanado molybdate법에 준하였다. mycorrhiza 포자밀도는 부상분리법(floating-method)(金 등, 1983)에 의하여 2회 반복 측정하였다. 즉, 습윤공시 토양 100g을 500ml beaker에 넣고 수돗물로 혼탁액을 만든다음 부유물질중의 mycorrhizae포자(평균크기 100 μ m)를 74 μ m와 250 μ m체를 이용하여 걸러낸 다음 이를 1:1 glycerol 수용액(비중 1.12)을 사용하여 부상 분리시켰다. 이를 dissecting microscope로 검경하면서 살아있는 mycorrhizae 포자만을 counting하였

다.

3. Halo를 형성하는 사상균의 선발

습윤 공시토양을 회석 평판 배양법으로 $1:10^{-7}$ 로 희석하여 0.01% streptomycine을 처리한 PDA-calcium phosphate 배지에 접종시켜 5일간 25℃에서 배양한후 halo를 형성하는 사상균만을 순수 분리했다.

4. H/R에 의한 사상균의 선발

Halo를 형성하는 사상균을 다시 PDA-calcium phosphate 배지에 접종시켜 25℃에서 6일간 배양하였는데 이때의 colony 크기와 halo 크기와 의 비(H/R)가 1.20이상인 비교적 인산칼슘용해능이 좋은 사상균만을 선발하였다.

5. 사상균을 접종 배양시킨 인광석 분말 배양액의 pH 측정 및 수용성 인산질량

PDA-calcium phosphate배지로 부터 H/R에 의하여 선발된 사상균을 한층 접촉하기 쉽게 하기 위해서 분말 인광석을 함유하는 액체배지에 접종시켰는데 배지의 조성은 다음과 같다.

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

이 액체배지 200ml에 분말 인광석(주식회사 풍농 비료에서 제공한 미국산으로 40mesh체를 통과시켜 사용. 13.6P%)300mg과 sugar 및 straw를 잘 혼합한 후에 선발된 사상균을 접종하고 25℃의 shaking incubator에서 10일간 배양한 다음 이 여액의 pH를 pH메타로, 인산을 Trug법으로 측정하였다. 접종했던 사상균은 점차적으로 sugar와 straw 조성비만을 달리한 배지에 접종하고 동일한 방법으로 배양한후에 pH와 가용성 인산량을 측정하였다.

sugar와 straw 조성비는 다음과 같이 점차적으로 변화시켰다.

1. Sugar 1%
- Straw 0.5%

2. Sugar 0.75%
- Straw 0.75%
3. Sugar 0.5%
- Straw 1%
4. Sugar 0.4%
- Straw 1.1%
5. Sugar 0.35%
- Straw 1.15%

結果 및 考察

1. Mycorrhizae의 분포밀도

토양 100g당 존재하는 孢子數로 表示하는 孢子密度는 table 2에서 나타난바와 같이 살아있는 孢子가 없는 것으로 부터 900개 이상의 것까지 매우 다양한 분포를 나타냈다. 이들 孢子密度는 토양의 pH 변화에 따른 일정한 경향이 없었고 단 pH 7.6이상에서는 낮은 값을 보인 반면에 산성인 조건 즉 pH 4.9이하에서는 비교적 높은 300이상의 값을 나타냈다. 토양수분과 포자밀도 사이에서도 특유한 관계를 발견할 수 없었지만 孢子密度 500개가 넘는 5개 토양시료의 수분 함량은 모두 24%이상이었다. 토양 시료중의 총 인산 함량은 0.4~2.1%의 분포를 보였고 평균치는 약 1.0%이었는데 총 인산 함량이 孢子密度數를 좌우하지는 않는 것을 table 2로부터 알 수 있다. 또 토양중 질소함량도 최저 0.5%에서 최고 2.0%의 분포였고 평균치는 1.0%이었는데 역시 孢子密度數와 질소 함량간의 상관성이 발견되지 않았다.

이상에서 본 토양의 산도, 수분함량 그리고 총 인산 및 질소 함량이 孢子密度數에 직접 관련되는 것이 아니고 오히려 지역적인 특수성에 의해서 孢子密度가 결정됨을 알 수 있다.

Table 2에서 보는 바와같이 화북2동의 세개의 토양시료 모두와 삼양1동에서는 적은수의 포자밀도를 보였고 도련1동의 (a)는 20년생 감귤원 토양으로 낮은 孢子密度를 갖는 반면 도련1동(b)의 3년생 감귤원 토양에서는 413개의 높은 값을 나타냈다. 이것은 1983년의 연구결과(金 등, 1983)와 일치하는 것

Table 1. 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	Udo	Very dark brown non-volcanic ash soils
16	Onpyeong-ri Seongsan	Jungeon	Very dark greyish brown non-volcanic ash soils
17	Shinsasan-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
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
32	Ora 3-dong, Cheju-shi (c)	Songag	Dark brown volcanic ash soils
33	Gyeom-ri AeweoI (a)	Gyoraе	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
34	Gyeom-ri AeweoI (b)	Gyoraе	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
35	Kumseong-ri AeweoI(a)	Sara	Dark brown non-volcanic ash soils
36	Kumseong-ri AeweoI(b)	Sara	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
37	Suweon-ri Halnim (a)	Dongui	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
38	Suweon-ri Halnim (b)	Dongui	Dark brown non-volcanic ash soils
39	Yongsu-ri Hankyung (a)	Gangjeong	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
40	Yongsu-ri Hankyung (b)	Sanbong	Dark greyish brown volcanic ash soils
41	Ilkwa 2-ri Daejeung (a)	Mureung	Dark yellow brown non-volcanic ash soils
42	Ilkwa 2-ri Daejeung (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
46	Sange-ri Seogwipo-shi	Ora	Dark yellow brown volcanic ash soils
47	Dosoon-ri Seogwipo-shi (a)	Yongheung	Dark yellow brown non-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, Jungmoon (a)	Jungmun	Dark yellow brown volcanic ash soils
51	Beopjeong-dong, Jungmoon (b)	Jungmun	Dark yellow brown volcanic ash soils
52	Gyoraе-ri Jocheon (a)	Cheju	Very dark greyish brown volcanic ash soils
53	Gyoraе-ri Jocheon (b)	Namweon	Yellow brown volcanic ash soils
54	Gyoraе-ri Jocheon (c)	Gyoraе	Black volcanic ash soils
55	Ara-dong, Cheju-shi (a)	Ora	Very dark brown non-volcanic ash soils
56	Ara-dong, Cheju-shi (b)	Ora	Dark yellow brow volcanic ash soils
57	Ara-dong, Cheju-shi (c)	Ora	Dark yellow brow volcanic ash soils
58	Ara-dong, Cheju-shi (d)	Ora	Dark yellow brow volcanic ash soils
59	Ara-dong, Cheju-shi (e)	Ora	Dark yellow brow volcanic ash soils
60	Ara-dong, Cheju-shi (f)	Ora	Dark yellow brow volcanic ash soils

Table 2. Soil characteristics and mycorrhiza spore densities distributed in the soils

Soil number	Spore density (Spore/100g soil)	pH H ₂ O(1:5)	Water contents (%)	Total N (%)	Total P (%)	Cultured plants
1	63	5.5	24.9	0.7	0.6	3y-citrus
2	*	5.5	24.9	0.8	0.9	4y-citrus
3	40	5.2	27.7	0.7	1.0	garlic
4	23	6.8	22.0	0.9	0.6	garlic
5	52	6.0	22.9	0.9	1.1	20y-citrus
6	413	4.9	30.4	1.1	0.6	3y-citrus
7	148	5.0	19.4	0.8	1.1	chinese cabbage
8	120	6.3	33.3	1.1	1.1	7y-citrus
9	*	5.7	31.2	1.3	2.0	15y-citrus
10	48	6.2	21.8	1.3	1.3	rape
11	35	7.8	19.9	1.2	0.8	garlic
12	67	7.9	21.1	0.7	0.9	barely
13	52	6.8	36.7	1.8	1.2	carrot
14	44	7.5	30.2	1.2	1.0	carrot
15	196	6.3	34.3	1.3	1.0	carrot
16	190	5.3	41.3	2.0	2.1	radish
17	150	5.7	33.5	1.1	1.0	carrot
18	170	5.0	27.8	0.8	0.8	onion
19	219	5.9	39.5	1.5	0.9	radish
20	128	6.1	33.2	1.2	1.3	7y-citrus
21	149	5.3	29.4	0.9	1.0	6y-citrus
22	86	6.2	34.9	0.9	0.8	20y-citrus
23	236	5.0	44.8	1.5	1.1	7y-citrus
24	71	5.2	30.5	1.5	1.4	13y-citrus
25	908	6.3	23.8	1.2	1.7	12y-citrus
26	79	5.5	26.5	1.3	2.0	20y-citrus
27	93	5.4	40.3	1.5	0.9	3y-citrus
28	117	5.7	39.6	1.4	1.3	12y-citrus
29	71	5.2	23.1	1.5	1.1	17y-citrus
30	136	5.5	26.0	1.7	0.9	5y-citrus
31	279	5.7	32.5	0.6	0.4	virgin soil
32	233	6.8	23.7	0.7	0.7	pasture soil
33	118	6.8	23.3	0.5	0.7	garlic
34	141	6.1	20.2	0.5	0.6	chinese cabbage
35	68	6.9	16.4	0.6	1.3	cabbage
36	100	5.3	16.0	0.7	1.0	cabbage
37	73	6.0	20.5	0.6	0.5	radish
38	89	6.1	23.5	0.5	0.7	potato
39	225	7.3	18.9	0.7	0.8	garlic
40	290	6.3	25.6	1.1	0.9	virgin soil
41	335	5.8	12.2	0.8	1.9	rape
42	245	6.6	12.1	0.8	0.7	garlic
43	202	5.9	24.2	0.9	1.1	pepper
44	355	5.6	31.0	1.1	1.8	7y-citrus

Soil number	Spore density (Spore/100g soil)	pH H ₂ O (1:5)	Water contents (%)	Total N (%)	Total P (%)	Cultured plants
45	400	5.5	25.0	1.2	2.2	16y-citrus
46	181	6.1	32.0	1.6	1.4	rape
47	370	5.2	25.0	1.0	0.6	6y-citrus
48	361	5.4	27.9	1.0	1.7	10y-citrus
49	276	7.2	27.7	1.0	0.7	14y-citrus
50	555	5.2	38.7	1.4	0.6	pasture soil
51	555	5.7	53.0	1.6	0.7	3y-citrus
52	333	4.6	23.4	1.0	0.1	pasture soil
53	309	5.7	49.5	2.0	0.9	pasture soil
54	346	5.8	51.3	1.7	0.9	pasture soil
55	421	4.8	29.8	1.0	1.2	15y-citrus
56	385	4.8	29.8	1.0	1.3	6y-citrus
57	457	6.6	22.2	0.7	0.8	8y-citrus
58	615	5.0	28.3	0.9	0.7	buck wheat
59	680	5.7	38.1	1.1	0.9	virgin soil
60	458	5.6	20.7	1.4	0.8	virgin soil

* No alive spore was found.

로 고령수의 토양보다 감귤수령이 낮은 토양에서 더 많은 胞子が 분포되어 있었다. 선홍리(a), (b), (c) 모두 포자수가 적었고 김녕(a), (b)와 신정동의 (a), (b) 지역에서도 낮은 값들이었다. 태홍2리와 태홍1리 (a), (b)는 약간 높은 값이었으나 태홍1리 (c)는 20년생 감귤원 토양으로 86개의 포자밀도였다. 토양 시료 번호 25인 동홍동의 12년생 감귤원은 자갈밭으로 척박한 땅이었는데 908의 제일높은 胞子分布를 보였다. 토령리 (a), (b) 및 오라3동 (a), (b), (c)는 포장간에 큰 차이가 없었지만 오라3동의 (b)는 미경지로 이들중에서 제일 높은 포자밀도를 나타냈다. 금성리 (a), (b)와 수원리는 100개 이하의 값들이었다. 용수리 (a), (b)와 대정의 일과2리 (a), (b) 그리고 창천리 (a), (b), (c) 및 도술리 (a), (b), (c), 범정동의 (a), (b)의 목초지와 3년생 감귤원 토양 지역에서는 모두 555개의 높은 胞子密度를 나타냈다. 교래리 (a), (b), (c)는 모두 300개 이상의 높은 포자분포를 보였고 아라동의 (a), (b), (c), (d), (e), (f) 6개 지역도 모두 400~600개의 아주 높은 胞子密度가 관찰되었다. 따라서 어느 지역의 자연환경 및 포장관리방법에 따라서 mycorrhizae의 서식정도가 달라지는 것으로 생각된다. 한편 胞子密度가 아주 높은 토양과 낮은 토양에서의 토양인산 이용율이 mycorrhizae에 의해서 영향받는지에 대해서도 앞으로 研究해야 할 분야라고

본다.

2. 磷酸칼슘 溶解性 糸狀菌의 分離

土壤溶液의 회석액으로 부터 5회 반복해서 얻어지는 磷酸칼슘 溶解性 糸狀菌의 발현정도는 Table 3에서와 같이 동일한 試料에서 5반복을 통해 항상 발견되지는 않았고 1~4회 발견되었다. 磷酸칼슘을 溶解하는 糸狀菌과 溶解하지 않는 糸狀菌은 colony 주위의 투명도에 의해서 plate 1에서 보는 바와 같이 쉽게 分辨할 수 있었다.

회석된 土壤溶液으로 부터 磷酸칼슘 溶解性 糸狀菌이 한번도 발견되지 않은 土壤은 모두 19개 지역

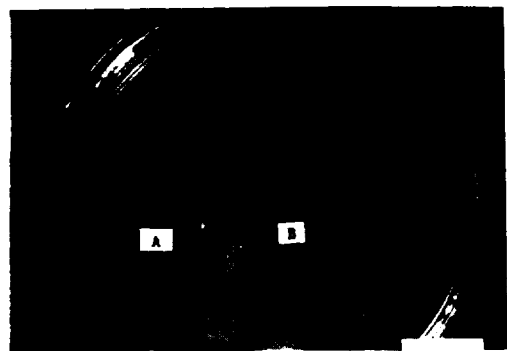


Plate.1 Calcium phosphate-solubilizing fungi (a) and non-solubilizing fungi (b)

의 토양이었으며 이들 土壤간의 物理化學的 공통점 이 관찰되지는 않았지만 mycorrhizae 孢子密度는 토양번호 11, 37번을 제외하고는 모두 보통이상의 높은 값을 갖고 있었다. 19개 지역중 火山灰土는 6개 지역이고 나머지는 13개 지역이 비화산회토이었는데 이것 만으로는 비화산회토양중에 인산칼슘 溶解性 糸狀菌이 적다는 이유를 설명하기는 곤란했다.

3. PDA-磷酸칼슘 培地에 의한 糸狀菌選抜

PDA培地에 磷酸칼슘을 혼합해서 여기에 Table

3에서와 같이 찾아낸 糸狀菌을 접종시켜서 6일간 순수배양하는 동안에 colony의 크기와 halo의 크기를 측정해서 그들의 크기를 반경(mm)으로 나타낸 것이 table 4에서 보는 바와 같다.

磷酸칼슘침전을 잘 溶解시키는 경우에는 plate 2에서와 같이 colony 주위는 투명하게 되어 halo의 반경이 커짐을 볼 수 있다.

halo의 반경(H)을 colony의 반경(R)으로 나눈 값이 1.6이상인 것들은 fungi number(토양시료 번호와 동일함) 5, 8, 32, 33, 39, 43, 그리고 45이었고 1.4이하인 것으로는 2, 4, 10, 22이었다. H/R값이 1.6이상인 土壤에서는 H/R값이 1.4이하인 토양보

Table 3. 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	-	+	-	-	-

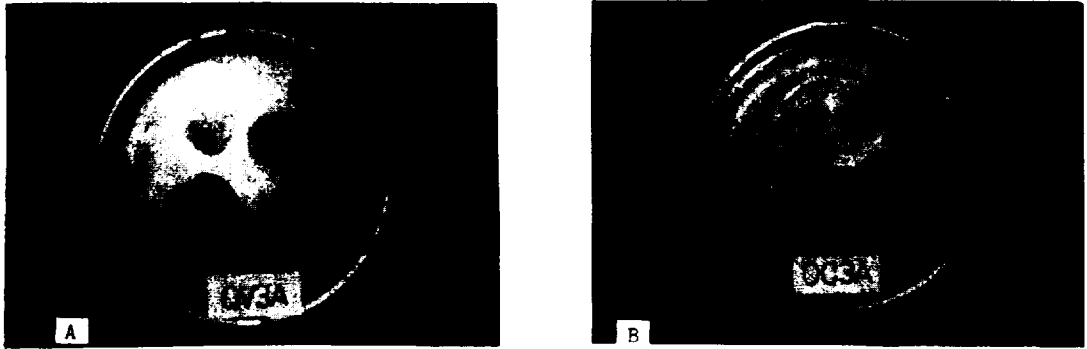


Plate 2. The fungi (a) which dissolved calcium phosphate precipitation very well and (b) which dissolved slightly.

다 mycorrhizae 胞子密度가 훨씬 높다는 것이 특징적이었다. 그러나 인산칼슘용해성 糸狀菌과 mycorrhizae 分布와의 상관관계에 대해서 좀더 깊은 研究가 필요한 것으로 생각된다.

4. 탄수화물조성을 달리한 연속액체배양에 따른 사상균의 적응성

Table 4에 나타나 있는 18개의 糸狀菌을 1.0%

sugar와 0.5% straw의 조성을 갖는 磷鑛石粉沫液體培地에 10일간 培養한 뒤에 측정된 液體培地의 pH 값과 水溶性 磷酸의 量을 측정하고 계속해서 sugar와 straw 조성을 0.75%씩 만든 培地에 옮겨 반복배양을 실시하고 pH 및 水溶性 磷酸값을 측정하면서 粉沫磷鑛石을 잘 溶解시키는 糸狀菌을 選拔해냈다. 液體培地에서 糸狀菌이 증식해서 colony를 형성해서 굵은 공모양의 구형입자가 많이 생기게 되는데 (plate 3에서 보는바와 같이) 相異한 크기와 모양을

Table 4. 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 number	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	1.22
45	4	5	7	10	8	13	9	16	11	19	11	20	1.82

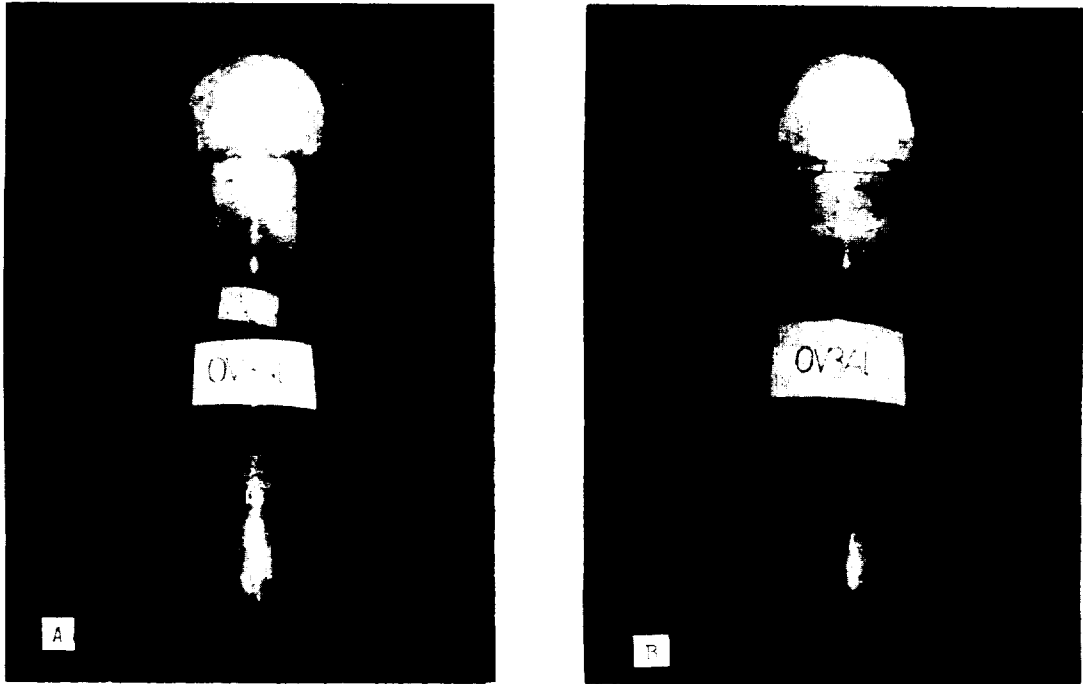


Plate 3. The fungi colonies which were growing well (a) and not (b) in the liquid media mixed with sugar, straw and powdered rock phosphate, after 10 days incubation.

관찰할 수 있었다.

sugar 0.35%와 straw 1.15%의 조성을 갖는 배지 조건에서 培養하는데까지는 5단계에 걸쳐 변화시켰고 이때까지 잘 적응되어 생장 및 磷鑛石 溶解가 우수한 糸狀菌만을 골라서 Table 5에 나타냈다.

연속적인 배양에 따라서 10일간 배양후의 培地液 pH는 상승하는 경향을 나타내는 반면에 水溶性 磷酸 %는 증가했다. 또 培地液의 pH값이 낮다고 해서 水溶性 磷酸이 더 많아지는 것만은 아님을 Table 5에서 볼 수 있는데 일반적으로 微生物의 분비 대사 물질중에 섞여 있는 유기산에 의해서 磷鑛石이 溶解된다는 說로 이같은 현상들을 설명할 수 없으므로 용해기작과 pH와의 관계는 좀 더 연구되어야 할 것이다. 그리고 Table 4에서와 같이 H/R 값으로 糸狀菌의 磷鑛石 溶解性を 평가하였지만 Table 5의 결과를 보면 H/R값이 적은 糸狀菌들도 液體培地에서는 H/R값이 낮은 糸狀菌보다도 더 많은 磷鑛石을 溶解하는 것도 있으므로 우수균주의 최종선발은 液體培地에서의 성능으로 평가되어질 수 밖에 없다고

생각된다. 물론 앞으로 sugar농도를 0%로 할때까지의 이들 糸狀菌中에서 어떤 것이 더 잘 적응할 수 있는지는 미지수이다. 이들 糸狀菌의 300mg 粉末磷鑛石을 처음에는 약 15% 정도만 溶解시키던 것이 5단계에 와서는 약 28% 溶解시킬 수 있게된 것을 보면 培地조성의 변화에 대해서 잘 적응되고 있다고 생각된다. sugar의 양을 한꺼번에 너무 많이 변화시켜서 줄여 주면 糸狀菌의 생육이 현저하게 불량해짐을 경험했기 때문에(本 論文에 資料를 기록하지는 않았음) 제3단계부터는 sugar%를 조금씩만 감소시키므로 좋은 생육을 얻을 수 있었다.

摘 要

제주도의 경작지 및 미경작지중의 V. A. mycorrhizae 분포상태를 알기 위해서 60개 지역의 토양(화산회토 27개 지역과 비화산회토 33개 지역)을 채취하여 부상분리법으로 포자밀도(포자수/100g 토

Table 5. The amounts and percentage of dissolved phosphate from 300mg rock phosphate (40.8mg P) and pH values of the filtrated liquid media after 10-day incubation with the gradual change of suger and straw compositions.

Fungi number	Compositions of suger and straw														
	Sugar 1 % Straw 0.5 %		Sugar 0.75 % Straw 0.75 %		Sugar 0.5 % Straw 1 %		Sugar 0.4 % Straw 1.1 %		Sugar 0.35 % Straw 1.15 %		Dissolved P(%)				
	pH	P(mg)	pH	P(mg)	pH	P(mg)	pH	P(mg)	pH	P(mg)	pH	P(mg)			
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
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
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
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
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
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
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

Dis P(%) : Dissolved P(%)

양)를 측정했다. 또 인광석의 효율을 증진코저 인산 용해성 사상균을 채취토양에서 분리한뒤에 순수배양하고 인광석퇴비 제조를 위해서 straw배지에 적용시키는 실험을 행하였다.

1. 포자밀도가 100이하로 낮은 분포를 갖는 곳은 19개이며 500이상 높은 수준을 나타낸 곳은 5개 지역 뿐이었고 나머지는 보통수준이었다. 포자밀도의 다소는 토양의 pH 수분함량 총 질소 및 총 인산함량에 관계없었으며 토양 채취 지역에 따라서 달라지므로 지역별 환경 특성에 따라서 결정되는 것으로 생각된다.

2. PDA-calcium phosphate 배지에서 인산을 용해하는 사상균이 발견된 것은 60개 지역중 41개 토양이었다.

3. 분리된 인산용해성 사상균을 PDA-calcium phosphate 배지에 6일간 배양했을 경우 colony 반경이 8~15mm, halo 반경 14~22mm, H/R가 1.2로서 용해성이 우수한 것으로 선발된 fungi가 18개 토양시료에서 관찰되었다.

4. PDA 배지에서 선발된 사상균을 인광석 분말을 함유하는 액체배지에서 sugar/straw 조성을 1%/0.5%, 0.75%/0.75%, 0.5%/1%, 0.4%/1.1%, 0.35%/1.15%의 5단계로 변화시키면서 10일간씩 연속배양하면서 잘 적응되는 fungi(토양번호 1, 8, 24, 26, 31, 43, 45)를 선발하였다. 배양후 액체배지의 pH는 5차례 연속배양에 따라 5.0에서 6.9로 점차 증가하는 반면 인광석의 용해율은 약 15%에서 29%로 증가되었다.

參 考 文 獻

- Agnihotri, V. P., 1970. Solubilization of insoluble phosphates by some soil fungi isolated from nursery seed-beds. *Candian Journ of Microbiology*, 16; 887-880.
- 한국비료공업협회, 1983. 비료연감.
- Hayman, D. S., B. Mosse, 1972. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. *New Phytol.* 71; 41-47.
- IFDC, 1978. Seminar on phosphate rock for direct application.
- 金禮玉, 柳長杰, 李信燦, R. M. Kucey, 1983. 제주도 감귤원토양의 V. A. mycorrhizae 분포 및 사상균에 의한 인광석용해에 관한 연구, 제대논문집, 17집; 45-50.
- Marx, D. H., 1971. Effect of endomycorrhizae formed by endogone mosseage on growth of citrus, *Mycologia*, 63; 1222-1226.
- Menge, J.A., C. K. Labanaukas, E. L. V. Johnson, R. G. Platt, 1978. Partial substitution of mycorrhizal fungi for phosphorous fertilization in the greenhouse culture of citrus, *Soil Science Soc. Amer. J.*, 42-6; 926-930.
- 農業技術研究所, 1976. 濟州道, 精密土壤圖.
- Powell, C. L., 1979. Effect of mycorrhizal fungi on recovery of phosphate fertilizer from soil by ryegrass plants, *New Phytol.*, 83; 681-674.
- Sundara Rao, W. V. B., M. K. Sinha, 1963. Phosphate dissolving organisms in the soil and the rhizosphere. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 33; 272-278.
- Taha, S. M., S. A. Z. Mahmoud, A. H. El-Damaty, El-Hafez, 1969. Activity of phosphate dissolving bacteria in Egyptian soils. *Plant and Soil*, 31-1; 149-160.