

감귤하우스 토양과 노지토양의 화학적 성질과 미생물상

김찬식 · 강순선 · 오명협 · 현해남

Microbial and Chemical characteristics of Citrus House and Field Soils in Cheju Island

Kim, Chan-Shick · Kang, Soon-Sean · Oh, Myung-Hyub · Hyun, Hae-Nam

Summary

Distributions of actinomycetes, bacteria, and fungi were examined in citrus house and field soils sampled from volcanic ash soil area. pH, electrical conductivity, and exchangeable K, Ca, and Mg content in citrus house soil were higher than them in citrus field soil, however, total nitrogen content in citrus house soil is lower than that in citrus field soil.

Number of total microorganisms in citrus house soil was about 3.1×10^5 , which was 10 times lower than that in citrus field soil, and also that was remarkably lower than similar group of volcanic ash soil in cultivating and upland soil. Number of actinomycetes and bacteria in citrus house soil were similar to citrus field soil, however, that of fungi in citrus house soil was lower than that in citrus field soil.

Electical conductivity and Bray No. 1 P in citrus field soil and pH and exchangeable Mg content in citrus house soil were positively correlated with distribution of actinomycetes in soils and Bray No. 1 P in citrus field soil and exchangeable Mg content in citrus house soil were negatively correlated with distribution of fungi in soils

Keywords : volcanic ash citrus orchard soil, soil chemical property, actinomycetes, bacteria, fungi

서 론

토양내 미생물의 수와 종류는 토양 pH, 토양용액중의 무기성분의 함량과 균형 등의 토양화학적 성질과 토양 유기물함량, 뿌리에서 분비하는 당류 등의 미생물 가용성분의 종류와 양에 의해 영향을 받는다. 따라서, 토양 화학적 성질의 변화는 직접적으로 미생물의 수와 종류에 직접적인 영향을 미치게 된다.

감귤이 많이 재배되고 있는 남제주군과 서귀포시 지역의 토양은 주로 농암갈색 화산회토와 흑색 화산회토가 분포되어 있다. 이들 토양의 성질은 양이온치환용량이 크고 인산흡착량이 많기 때문에(김, 1974; 류, 1975; 류 등, 1978; 신 등, 1980; 신과 엄, 1980) 1970년대 초부터 육지부에 비하여 많은 양의 비료가 사용되도록 권장되어 왔다. 그 결과 인산비료를 다량으로 사용하는 감귤원 토양의 유효인산 함량, 치환성 Ca, Mg, K 함량, pH 및 염기포화도는 경작연대가 오래될수록 높아지는 경향이 뚜렷하게 나타났으며(류와 송, 1984a; 류와 송, 1984b), 과다시비에 의한 토양성질의 급격한 변화와 토양내 성분의 과량 집적은 토양 미생물상에 영향을 주었을 가능성이 매우 높을 것으로 생각된다.

노지 감귤원에서 과다시비는 토양내 양분의 과다집적과 양분간 불균형을 초래하여 심한 경우 감귤나무가 고사하는 현상이 나타나며, 이 토양중에는 NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} 등의 음이온의 과다집적 현상이 뚜렷하게 나타난다(임 등, 1996). 또한, 1980년도 후반부터 시작된 감귤의 하우스 재배는 재배방법의 상이성, 비료 사용의 차이

등으로 인해 하우스 내부토양의 화학적 성질을 크게 변화시키고, 변화된 토양의 화학적 성질이 토양의 미생물 분포 및 수에 영향을 미쳤을 가능성이 높다.

제주도 화산회토중 미생물상은 육지부 농경지에 비하여 크게 차이가 있는 것으로 보고되었다(이 등, 1988). 제주도 대두, 땅콩 등의 식용작물 재배지의 토양에서 방선균의 수는 화산회토가 비화산회토에 비해 많은 반면, 세균과 곰팡이는 비화산회토가 약간 많은 특성을 보여 토양군에 따라 미생물상의 차이가 있음이 보고되었다(이 등, 1988). 또한, 세균은 *Rhizobium* spp.와 *Flavobacterium* spp.의 분포가 많으며, 곰팡이 종류는 *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp. 및 *Penicillium* spp.가 많은 것으로 보고되었다.

본 연구는 서귀포시 지역의 감귤하우스 재배지역과 인근 노지감귤원에서 시비에 의한 토양화학적 성질의 변화와 하우스 내외 토양의 화학적 성질의 차이가 토양내 미생물상에 미친 영향을 밝히기 위하여 수행된 것이다.

재료 및 방법

1. 토양시료의 채취 및 토양성질 분석

토양시료는 제주도 화산회토 지역의 하우스 재배 감귤원에서 하우스내와 인근노지에서 각각 14점을 채취하였다. 토양의 pH와 전기전도도는 토양과 증류수의 비를 1:5로 하여 측정하였으며, 유기물함량은 Walkley-Black법, 전질소함량은 semimicro Kjeldahl법, 유효인산은 Bray No. 1법으로 측정하였다. 치환성 Ca, Mg, K는 1N

NH₄OAc(pH 7.0)으로 추출하여 원자흡광광도계로 측정하였다.

2. 토양 미생물의 분리 및 계수

세균의 분리 및 계수는 알부민 한천배지에서 알부민 대신에 yeast extract를 1% 가하고 무기염 성분을 약간 변화시킨 표 1의 YG 배지를 이용하였다.

방선균의 분리와 계수는 GSA 배지에 사상균의 생육억제를 위해 항생물질인 cycloheximide를 가하여 30 °C에서 2주일간 배양한 후에 검정하였으며(표 2), 사상균의 분리에 사용한 배지의 조성은 표 3과 같이 배지중 streptomycin의 최종 농도가 30 ppm이 되도록 Rose bengal 배지에서 28 °C에서 3 - 5일간 배양하여 조사하였다.

Table 1. The composition of YG medium for the isolation of bacteria

Yeast extract	1.0 g
Glucose	1.0 g
K ₂ HPO ₄	0.3 g
KH ₂ PO ₄	0.2 g
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.2 g
Agar	15.0 g
Distilled water	1,000 ml
pH	6.8

Table 2. The composition of GSA medium for the isolation of actinomycetes

Glucose	5.0 g
Starch	5.0 g
Asparagine	0.5 g
K ₂ HPO ₄	0.5 g
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.5 g
NaCl	0.5 g
Yeast extract	0.5 g
FeSO ₄ · 7H ₂ O	0.01 g
Agar	15.0 g
Distilled water	1,000 ml
pH	7.0

Table 3. The composition of Rose bengal medium for the isolation of fungi

KH ₂ PO ₄	1.0 g
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.5 g
Peptone	5.0 g
Glucose	10.0 g
Rose bengal	0.033 g
Agar	20.0 g
Distilled water	1,000 ml
pH	6.8

결 과 및 고찰

1. 시험토양의 특성

하우스내 시험토양의 pH는 4.2 - 6.9, 유기물함량은 55 - 176 g/kg, 전기전도도는 5.6 - 1150 μ S/cm 범위에 있어서 채취한 토양간 화학적 성질의 차이가 뚜렷하였다. 특히, 전질소함량이 2.9 - 6.9 g/kg, 유효인

산함량이 30.5 - 427 mg/kg, 치환성 K 함량이 0.1 - 1.85 cmol/kg으로 토양간 차이가 크고 치환성 양이온들도 함량 차이가 커서 이들 토양환경적 요인들이 토양내 미생물상에 어떤 영향을 주어 토양간 차이가 있을 것으로 예상된다(표 4).

노지토양의 pH는 4.2 - 5.6, 전기전도도가 121 - 390 μ S/cm, 치환성 K 함량이

Table 4. Some chemical properties of soils sampled from inside and outside of citrus house

(1) house soil

	Range	Mean
pH	4.2-6.9	5.2
Organic matter content (g/kg)	50.1-175.6	107.6
Electrical conductivity (μ S/cm)	5.6-1152.0	479.3
Total nitrogen (g/kg)	2.93-6.92	4.77
C/N ratio	7.9-23.9	13.2
Bray No. 1 P (mg/kg)	30.5-427.0	103.5
Exchangeable K (cmol/kg)	0.10-1.85	0.56
Exchangeable Ca (cmol/kg)	0.9-10.8	4.8
Exchangeable Mg (cmol/kg)	0.43-4.59	2.18

(2) field soil

	Range	Mean
pH	4.2-5.6	4.5
Organic matter content (g/kg)	92.2-190.1	154.2
Electrical conductivity (μS/cm)	121.0-390.0	194.9
Total nitrogen (g/kg)	4.30-8.50	6.62
C/N ratio	10.2-17.6	13.7
Bray No. 1 P (mg/kg)	8.8-434.0	73.9
Exchangeable K (cmol/kg)	0.04-1.22	0.35
Exchangeable Ca (cmol/kg)	0.22-6.35	1.40
Exchangeable Mg (cmol/kg)	0.11-1.64	0.52

0.04 - 1.2 cmol/kg로서 하우스내 토양에 비하여 낮은 편이었다. 반면, 전질소 함량은 노지토양이 높았으며, 유효인산 함량은 하우스내 토양과 비슷하였다. 이 분석결과는 감귤 하우스 재배과정에서 외부에 비하여 칼리비료와 고도석회 비료를 많이 사용했다는 것을 의미하는 것이며, 전기전도도 또한 하우스 내부 토양이 훨씬 높은 것으로 보아 하우스내 토양 pH와 치환성 K 함량이 외부토양에 비하여 높은 현상은 현(1994)의 보고와는 약간 차이가 있는 것이었다. 이와 같은 차이는 채취 지점의 하우스의 관리 방법의 차이에서 오는 것으로 생각된다.

2. 미생물의 수

하우스내와 외부에서 채취한 토양에서 조사한 미생물의 수는 표 5에서 보는 바와 같이 하우스내부와 외부 토양에서의 방선균의 수는 각각 평균 9.8×10^3 및 8.5×10^3

cfu/g로서 거의 차이가 없었다. 반면, 세균은 하우스 외부 토양이 1.7×10^6 cfu/g로서 내부토양에 비하여 약 10배 이상 많았으며, 곰팡이도 세균과 비슷하게 하우스 외부 토양이 4.3×10^4 cfu/g로서 하우스 내부 토양에 비하여 약 10배 많았다. 또한, 하우스 외부토양의 총미생물의 수는 내부토양에 비하여 약 6배 정도 많은 것이었다. 이와 같이 하우스 내부토양중의 미생물의 수가 외부에 비하여 전체적으로 적은 것은 외부와 단절된 환경하에서 장기간의 경작과 표 4와 같이 하우스 내부토양의 전기전도도가 높고 질소함량이 낮은 등의 토양적인 환경의 변화에서 오는 것이라고 생각된다.

땅콩과 대두를 경작한 화산회토에서의 세균수와 방선균의 수가 본 보고에 비하여 많은 것으로 보고되었는데(이 등, 1988), 이는 시료채취 지점의 차이, 재배 작물의 차이 및 비료 사용량의 기인되는 것으로 보인다.

Table 5. The number of microorganisms in soils sampled from inside and outside of citrus house

(1) house soil

	Range	Mean
No. of Actinomycetes (cfu/g)	0.72-1.71x10 ⁴	9.85x10 ³
% of Actinomycetes	0.002-30.3	8.7
No. of Bacteria (cfu/g)	1.84x10 ⁴ -1.22x10 ⁶	2.93x10 ⁵
% of Bacteria	63.0-98.8	85.4
No of Fungi (cfu/g)	1.6x10 ³ -1.13x10 ⁴	6.43x10 ³
% of Fungi	0.1-21.1	6.0
B/F ratio	3.7-787.1	95.3
Total no. of microorganisms (cfu/g)	2.92x10 ⁴ -1.23x10 ⁶	3.09x10 ⁵

(2) field soil

	Range	Mean
No. of Actinomycetes (cfu/g)	1.54x10 ³ -1.72x10 ⁴	8.52x10 ³
% of Actinomycetes	0.04-20.8	2.6
No. of Bacteria (cfu/g)	2.22x10 ⁴ -9.8x10 ⁶	1.65x10 ⁶
% of Bacteria	54.8-99.9	91.9
No of Fungi (cfu/g)	2.1x10 ³ -4.86x10 ³	4.28x10 ⁴
% of Fungi	0.1-31.0	5.4
B/F ratio	2.2-1686.7	304.5
Total no. of microorganisms (cfu/g)	4.05x10 ⁴ -9.82x10 ⁶	1.71x10 ⁶

3. 토양의 화학적 성질과 미생물상

토양의 물리화학적 성질은 직간접적으로 토양의 미생물상에 영향을 미친다. 이는 하우스 내부의 토양은 닫혀진 환경조건하에서 시비방법 및 토양수분 관리가 노지토양과 다르기 때문이다(현 등, 1994a, b).

하우스 내부 토양의 전기전도도는 미생

물의 분포에 어떤 영향도 미치지 않는 것으로 나타났다. 노지토양에서도 전기전도도는 세균 및 곰팡이의 수에 영향을 미치지 않았으나, 방선균의 수는 전기전도도가 높아질수록 통계적으로 유의성이 있게 많아졌다(그림 1).

반면, 하우스내 토양 pH가 높을수록 방선균의 수도 많아졌으나, 세균과 곰팡이와는

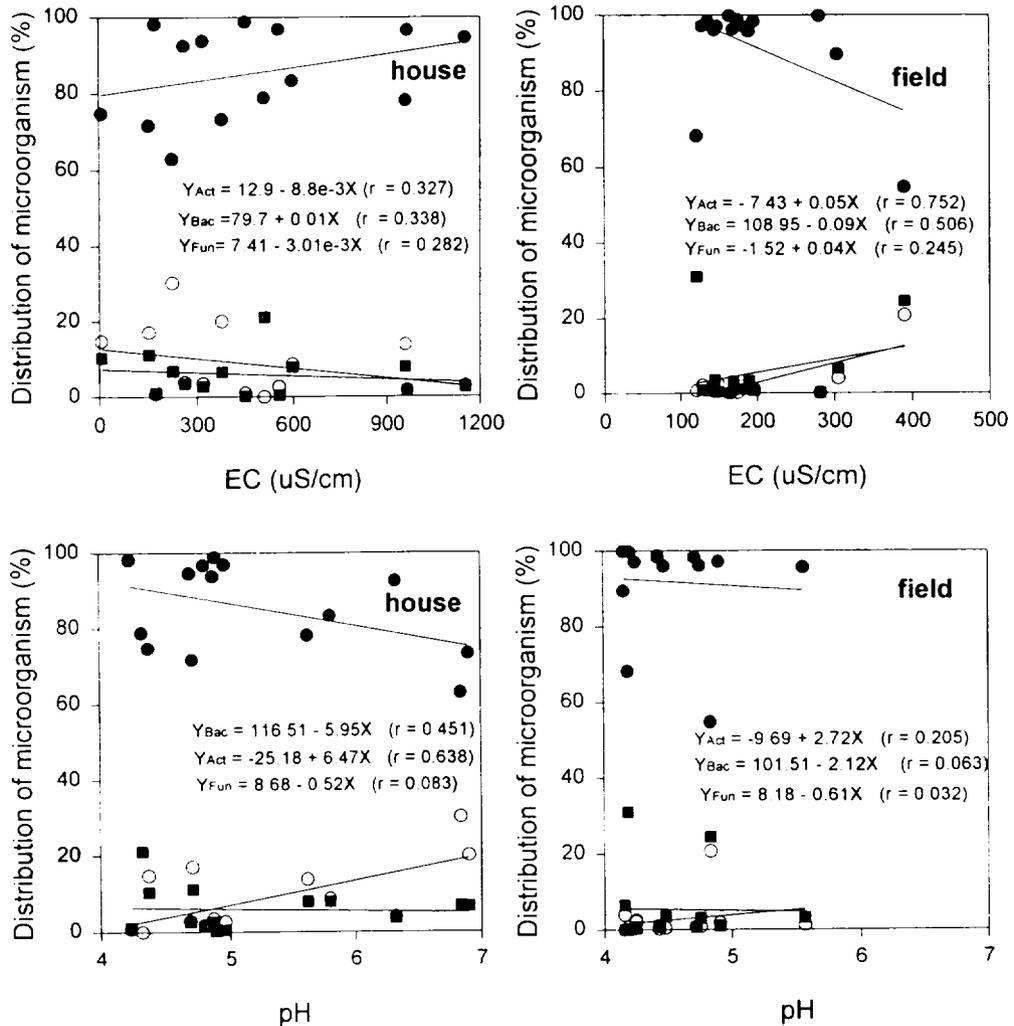


Fig. 1. Effects of pH and EC on the distribution of actinomycetes, bacteria, and fungi in citrus house and field soils. (open circle: % of actinomycetes, solid circle: % of bacteria, and solid square: % of fungi)

무관하였다. 노지토양에서 pH는 미생물상과 관계가 없는 것으로 조사되었다(그림 1).

하우스내와 노지토양의 미생물상에 큰 영향을 미칠 것으로 예상하였던 유기물함량, 질소함량 및 탄질비는 방선균, 세균 및 곰팡이의 분포와 통계적으로 유의성이 있는 상관이 없었다(그림 2). 이는 시험대상 토양이 화산회토로서 토양중의 유기물이

미생물의 분해가 불가능한 형태이기 때문에 미생물의 분포에 아무런 영향도 미치지 않은 것으로 보인다. 화산회토의 유기물은 주로 Al 및 Fe와 complex를 형성하고 있는데, oxalate 침출 활성 Al(Wada, 1980), EDTA 침출성 Al(Anderson 등, 1982), dithionite-citrate 침출성 Al(Mckeague와 Schuppli, 1985)의 농도가 높아 미생물에

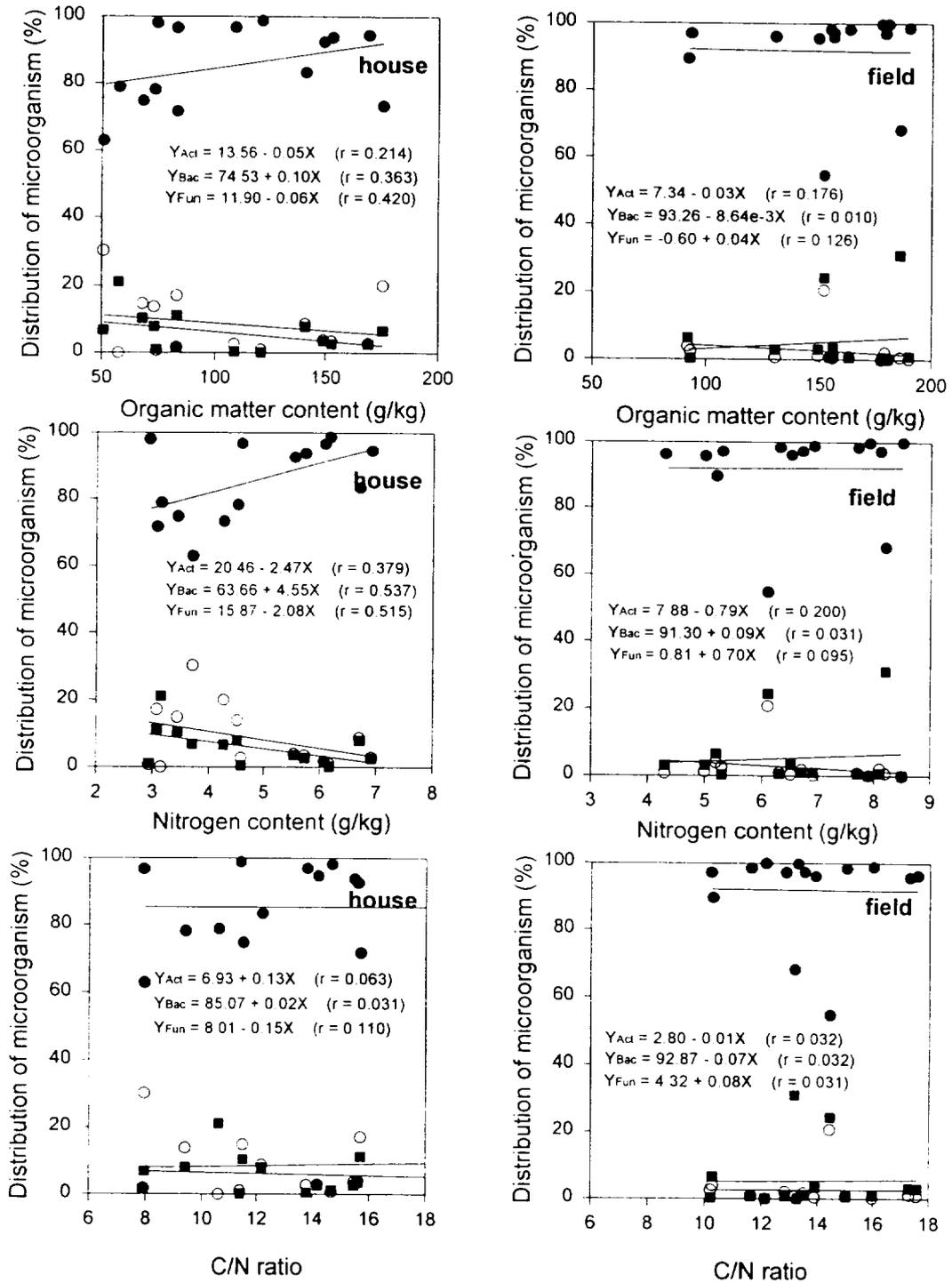


Fig. 2. Effects of organic matter, nitrogen, and C/N ratio on the distribution of actinomycetes, bacteria, and fungi in citrus house and field soils.

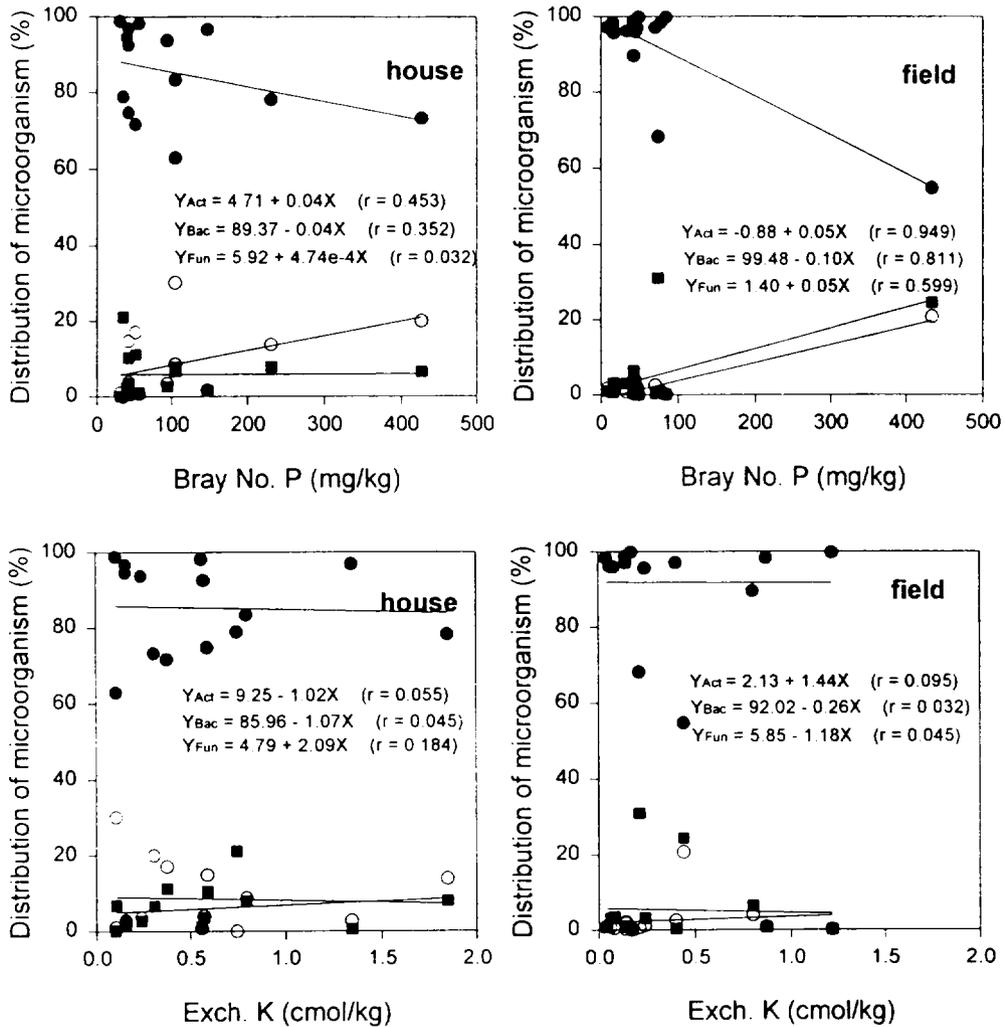


Fig. 3. Effects of available phosphorus and exchangeable K on the distribution of actinomycetes, bacteria, and fungi in citrus house and field soils.

의한 분해 이용이 매우 어려운 형태이다. 따라서, 일반적인 토양과는 달리 화산회토 감귤원 토양에서 유기물 함량의 많고 적음으로부터 미생물의 생육 조건을 예측하는 것은 어려울 것으로 생각된다.

하우스 토양의 유효인산과 치환성 K 함량은 그림 3에서 보는 바와 같이 미생물의 분포와 관계가 없는 것으로 나타났다. 노지

토양에서는 치환성 K 함량은 미생물의 분포에 영향을 미치지 않았으나, 유효인산 함량이 많을수록 통계적으로 유의성을 갖고 방선균과 곰팡이의 분포비율은 많아지고 세균의 분포비율은 적어졌다(그림 3).

토양내 치환성 Ca 함량은 그림 4와 같이 하우스 내부 토양과 노지토양 모두에서 미생물의 분포비율과 통계적으로 유의성 있

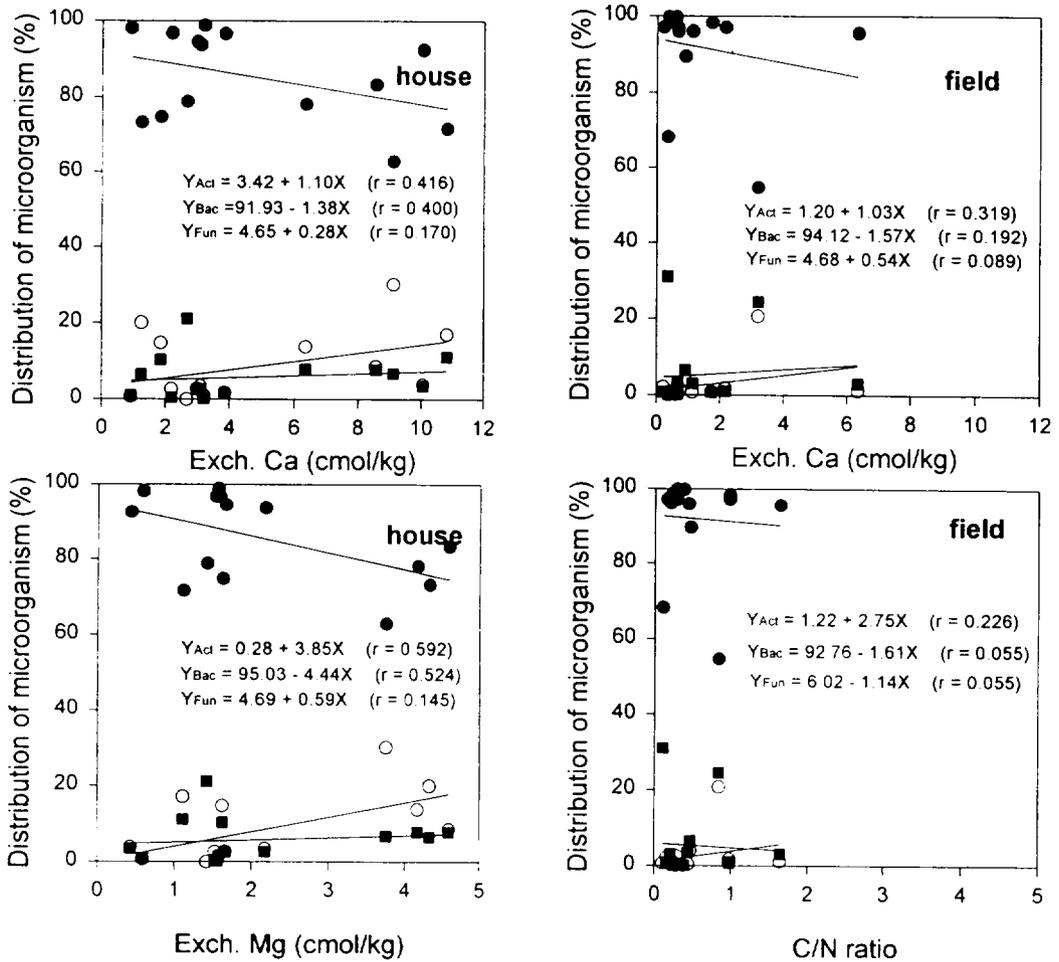


Fig. 4. Effects of exchangeable Ca and Mg on the distribution of actinomycetes, bacteria, and fungi in citrus house and field soils.

는 관계가 없었으며, 하우스내 토양에서는 치환성 Mg 함량이 많을수록 방선균의 분포비율은 많아지고 세균의 분포비율은 적어졌다.

적 요

화산회토 지역의 하우스 재배 감귤원과 인근의 노지에서 각각 14점의 토양을 채취하여 토양의 화학적 성질과 방선균, 세균

및 곰팡이의 분포비율을 조사하였다.

하우스내 토양의 pH, 전기전도도, 치환성 K, Ca 및 Mg 함량은 노지감귤원 토양에 비하여 높은 편이었다. 반면, 전질소함량은 노지토양이 높았다.

하우스내 토양의 총 미생물의 수는 3.1×10^5 cfu/g로서 노지 토양에 비해 10배 적었으며, 제주도 식용작물재배 화산회토와 일반 토양에 비하여 매우 낮았다. 방선균과 세균의 수는 하우스내 토양과 노지토양이

비슷하였으나, 곰팡이의 수는 노지토양에서 많았다. 하우스내 토양에서는 방선균이 거의 검출되지 않는 토양도 조사되었다.

노지토양의 전기전도도, 유효인산 함량, 하우스 토양의 pH, 치환성 Mg는 방선균의 분포비율과 정의 상관관계를 보였으며, 노지토양의 유효인산 함량과 하우스 토양의 치환성 Mg 함량은 세균의 분포비율과 부

의 관계를 보였다.

감사의 글

본 연구는 제주 농축수산 생산가공 연구센터 연구비 지원으로 수행된 연구결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

參 考 文 獻

- Anderson, H.A., M.L.Berrow, V.C.Farmer, A. Hepburn, J. D. Russell, and A. D. Walker. 1982. A reassessment of podzol formation processes. *J. Soil Sci.* 33:125-136
- 현해남, 문두길, 임한철, 문두경. 1994. 시설 감귤에서 단수처리가 광합성과 과실품질에 미치는 영향 I. 단수처리가 토양수분 potential과 광합성 속도에 미치는 영향. 농업논문집 36 : 21-29
- 현해남, 한해룡, 김영효, 임한철, 문두경. 1994. 시설감귤에서 단수처리가 광합성과 과실품질에 미치는 영향 II. 단수처리가 과실품질에 미치는 영향. 농업논문집 36:31-36
- 현해남. 1994. 감귤원 토양의 특성과 시비. pp. 155-174. 제주도농촌진흥원
- 김형욱. 1974. 제주도 감귤원 토양의 인산 형태 및 흡착에 관한 연구. 한국농화학회지. 7:1-16
- 이상규, 서장선, 문재현, 송창훈. 1988. 제주도 화산호토양의 미생물상에 관한 연구. 한국토양비료학회지. 21(2) : 135-140
- 임한철, 문덕영, 이종희, 한승갑, 현해남. 1996. 과다시비에 의한 감귤원 토양의 특성. 한국원예학회 발표논문 14(2):373-373
- Mckeague, J.A. and P.A.Schuppli. 1985. An assessment of EDTA as an extractant of organic-complexed and amorphous forms of Fe and Al in soils. *Geoderma.* 35:109-118
- 신철우, 유인수, 윤정희. 1980. 제주도 토양의 무기태인산 조성과 유효인산의 정량법 비교. 한국토양비료학회지. 13:93-97
- 신제성, 엄기태. 1980. 화산회 토양의 phosphorus retention value에 관한 연구. 농시연보. 22(토비, 작보, 균이) : 7-13
- Wada, K. 1980. Mineralogical characteristics of Andisols. In B. K. G. Theng(ed.). *Soils with variable charge.* pp. 87-107. N.Z. Soil Sci. Soc., Lower Hutt, New Zealand
- 유인수, 윤정희, 김인탁. 1978. 화산회토양에서의 인산의 시비량과 시비법 및

규회석의 효과. 한국토양비료학회
지. 11:25-30
류인수. 1975. 전토양 인산의 흡수계수와

langmuir 최대흡착량과의 비교 연
구. 한국토양비료학회지. 8:1-7