

석사학위논문

지역별 감귤원 토양의 화학적 성질 비교

지도교수 현 해 남

110,914



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

제주대학교 산업대학원

생명산업공학과

현 광 식

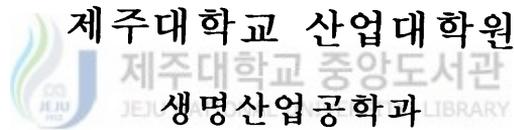
2001

지역별 감귤원 토양의 화학적 성질 비교

지도교수 현 해 남

이 논문을 농학 석사학위 논문으로 제출함.

2001년 6월 일



환경생명공학전공

현 광 식

현광식의 농학 석사학위 논문을 인준함.

2001년 6월 일

위원장 인

위원 인

위원 인

목 차

Summary	1
I. 서론	2
II. 재료 및 방법	4
III. 결과 및 고찰	7
1. 시료 채취지역 토양의 화산회성과 비화산회성	7
2. 지역별 토양의 주요 화학적 성질	9
3. 지역별 토양화학적 성질 분포	11
1) pH	11
2) 유기물함량	13
3) 전질소	14
4) 유효인산함량	17
5) 치환성칼리함량	19
4. 지역별 화학성분의 부족, 적정, 과다비율	21
1) pH	21
2) 전질소	23
3) 유효인산	25
4) 치환성 칼리	27
IV. 적요	29
V. 참고문헌	30

Comparison of Chemical Properties of Different Citrus Orchards Soils

Kwang-Sik Hyun

Department of Industrial Life Science and Technology

Graduate School of Industry

Cheju National University

Supervised by Professor Hae-Nam Hyun

Summary

Soil pH, organic matter, total nitrogen, available phosphate, and exchangeable potassium for 1,244 soil samples collected from citrus orchards in Seongsan-eup, Seogwipo-si, and Aewol-eup districts were measured to obtain basic data for manufacturing bulk blending chemical fertilizer.

Volcanic ash soils were distributed 95.8 and 81.6% in citrus orchards of Seongsan-eup and Seogwipo-si, respectively, however, non-volcanic ash soil 82.3% in Aewol-eup. Average soil organic matter content in Seongsan-eup and Seogwipo-si was 2.7 and 2 times more than that in Aewoleup, respectively and total nitrogen was also same trend.

Soils below pH 5.0 were 83.1, 74.9 and 66.4% in Seongsan-eup, Seogwipo-si, and Aewol-eup, respectively, being remarkably acidified than 25 years ago. Distribution of organic matter content in soils were the same as general citrus orchard soils and total nitrogen content was 0.3 ~ 0.6% for Seongsan-eup, 0.2 ~ 0.6% for Seogwipo-si, and 0.1 ~ 0.3% for Aewol-eup.

Soils below optimum standard content of available phosphate, 201 ~ 300 mg kg⁻¹, were 77.5 and 38.8% in Seongsan-eup and Seogwipo-si, respectively, however, 64.5% of Aewol-eup soil was over optimum standard content. There was no difference to district.

I. 서론

제주도 농경지토양은 토양색에 따라 흑색화산회토(Black volcanic ash soil), 농암갈색화산회토(Very dark brown volcanic ash soil) 및 암갈색 비화산회토(Dark brown non-volcanic ash soil)로 크게 3개의 토양군으로 분류한다. 이와 같은 분류방법은 색으로 토양을 분류하는 방법을 이용한 것으로 일본의 경우에도 토양색을 기준으로 화산회토양을 volcanogenous black soil(Uchiyama 등, 1954), Kurobokudo(The Third Division of Soils, 1973) 등으로 분류한다.

제주도에는 65개 토양통이 분포되어 있으며, 각 토양의 성질이 달라 비료사용량을 결정하는 데는 어려움이 많다. 제주도 토양을 토양 색으로 분류하는 방법은 제주도의 복잡한 토양통을 농가가 토양을 관리하는데 이해하기 위한 것이다. 흑색 화산회토는 양이온치환용량(CEC, cation exchange capacity), 인산흡착계수(PAC, phosphorus adsorption capacity), 유기물함량 등이 높아 비료 요구도가 높은 토양이다. 반면에 암갈색 비화산회토는 이들 성분이 낮아 비료요구도가 낮으며, 농암갈색 화산회토는 흑색 화산회토와 암갈색 비화산회토의 중간 정도의 성질을 갖고 있다.

흑색 화산회토는 주로 동부의 성산읍, 구좌읍에 많이 분포되어 있으며, 암갈색 비화산회토는 북부 해안지대인 김녕읍, 조천읍, 제주시, 애월읍, 한경면, 대정읍에 분포되어 있다. 농암갈색 화산회토는 주로 남부지역인 표선읍의 일부, 남원읍, 서귀포시, 안덕면에 많이 분포되어 있다.

토양성질의 차이는 비료산업과 농가에게 많은 영향을 미쳐서 각 토양 특성에 따라 비료 사용기준을 다르게 적용하고 있다. 즉, 자연비옥도가 낮고 비료 요구량이 많은 흑색 및 농암갈색 화산회토에는 비료 권장량이

많으며, 암갈색 비화산회토에는 적은 양의 비료를 사용하도록 권장하고 있다. 이는 '70년대부터 화산회토 양분의 투수성이 커서 용탈되는 질소 비료의 양이 많으며, 토양에 흡착되는 인산비료의 양이 많은 것으로 보고된 것(류 등, 1975; 김, 1974; 박 등, 1975)에 기인하는 것이다. 반면에 암갈색 비화산회토는 토양의 투수성이 느리며, 인산 등의 비료성분을 흡착하는 용량이 적기 때문에 화산회토에 비해 1/2 ~ 1/3 정도 적은 양의 비료를 사용하도록 권장해 왔다.

토양의 화학적 성질은 토양의 원래 성질과 비료사용량에 따라 변한다. 농가가 사용하는 비료성분은 작물이 이용하고 물에 의해 용탈되고 남은 양이 토양에 흡착되거나 흡수가 가능한 형태로 남게 된다. 따라서, 장기간의 비료사용은 토양의 성질을 변화시키고 변화된 토양성질에 따라 비료의 제조방법 및 혼합비율을 다르게 조절해야 한다. 또한, 제주도 토양은 토양종류에 따라 비료성분의 행동에 관여하는 토양성질의 차이가 매우 커서 동일한 양의 비료를 사용하더라도 토양에 남아 있는 유효한 형태의 비료성분의 양이 달라진다.

비료제조 회사에서 가장 필요로 하는 것은 지역 또는 토양특성별로 토양의 성질을 파악하여 그에 맞는 비료를 제조 판매하는 것이 비료업계의 가장 큰 숙제이다.

이에 본 연구는 제주도 흑색 화산회토의 대표적 특성을 나타내는 성산읍 지역, 농암갈색 화산회토의 특성을 나타내는 서귀포시 지역 및 비화산회토가 많은 애월읍 지역의 토양 pH, 유기물, 전질소, 유효인산, 치환성 칼리함량의 지역간 차이, 분포특성 및 양분의 과·부족 상태를 조사하여 경기화학공업주식회사의 주문비료 제조용 자료로 이용하기 위해 수행되었다.

II. 재료 및 방법

1. 토양시료 채취

분석에 사용한 시료는 2000년 1월부터 2000년 12월까지 경기화학공업 주식회사 제주공장에서 주문비료 제조용으로 채취한 토양을 사용하였다. 토양시료는 그림 1과 같이 표토의 약 2 - 3 cm를 제거한 후에 삽으로 'V'자 홈을 파서 가운데 토양을 제거하고 양측면의 5 - 10 cm 부분의 약 100 - 200 g을 채취하였다.

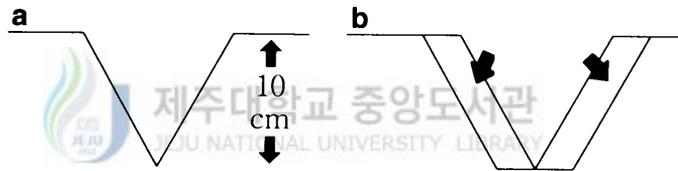


그림 1. 토양시료 채취 방법

a: 삽으로 'V'자 홈을 팠, **b:** 'V'자 홈의 양면을 채취

토양색별 채취지점의 선정은 토양정밀도(농업기술원, 1976)를 사용하였다. 흑색 화산회토의 대표토양은 흑색 화산회토가 가장 많이 분포되었을 것으로 예상되는 성산읍에서, 농암갈색 화산회토는 서귀포시에서, 암갈색 비화산회토는 애월읍에서 채취하였다. 채취한 시료의 수는 성산읍이 71점, 서귀포시에서 333점, 애월읍에서 840점으로 총 1,244점이었다(표 1). 채취한 토양은 50 °C에서 24 시간 이상 건조시켜 분석시료로 사용하였다.

표 1. 시료채취지역 및 시료채취수

조사지역	리·동	시료수	조사지역	리·동	시료수
성산읍	고성리	12	서귀포시	강정동	9
	난산리	17		대륜동	2
	삼달리	14		대성동	3
	수산리	6		대포동	106
	신산리	3		도순동	2
	신천리	3		동홍동	9
	신평리	2		법환동	35
	온평리	13		보목동	30
	하천리	1		상예동	12
소계	71	상효동		12	
애월읍	고성리	285		색달동	7
	곽지리	4		서귀동	1
	광령리	4		서호동	17
	남읍리	18		서홍동	25
	봉성리	8		신효동	8
	상가리	11		용홍동	3
	상귀리	9	중문동	7	
	상명리	2	중앙동	2	
	소길리	1	도평동	14	
	수산리	241	하예동	4	
	애월리	1	하원동	3	
	어음리	1	하효동	4	
	용홍리	5	호근동	18	
	유수암리	3	소계	333	
	장전리	237			
	하가리	2	계	1,244	
	하귀리	8			
	소계	840			

2. 토양성질의 분석

토양의 성질은 Methods of soil analysis(Black 등, 1965)와 농촌진흥청 토양화학분석법(농촌진흥청, 1988)을 수정한 분광학적 방법을 사용하여 측정하였다.

pH(H₂O)는 증류수 침출법으로 사용하였다. 풍건시킨 토양 5g을 삼각플라스크에 넣고 증류수 25 mL를 첨가하여 간헐적으로 저어주면서 1시간 방치한 후에 pH meter(istek, 730P)로 측정하였다. 토양의 화산회토와 비화산회토를 분류하는 요인 중의 하나인 pH(NaF)는 토양 0.5 g을 삼각플라스크에 넣고 1N NaF 용액 25 mL를 첨가하여 2분간 진탕한 다음 pH meter로 측정하였다.

유기물함량은 Walkley-Black법(Black 등, 1965)을 수정한 분광광도계법으로 분석했는데, 토양 0.1 g을 시험관에 넣고 K₂Cr₂O₇와 황산을 첨가하여 반응시킨 후에 일정시간 반응시킨 후에 토양분석 전용 분광광도계(Soiltek KA-P)로 측정하였다. 전질소 함량은 토양 0.5 ~ 1.0 g을 채취하여 황산과 분해촉진제를 첨가한 후에 400°C에서 1시간 가열한 후에 질소분석기(FOSS, 2300 Kjeltac Analyzer Unit)로 정량하였다. 유효인산은 토양 5 g을 삼각플라스크에 넣고 20 mL의 Lancaster 침출액으로 침출한 후 여액 0.5 mL를 시험관에 넣은 다음 증류수 15 mL, P-1A 시약 6방울, P-2A 시약 1스푼을 순서대로 넣어 반응시키고 15분 후에 토양분석 전용 분광광도계(Soiltek KA-P)로 측정하였다. 치환성 칼리 함량은 토양 2g을 100 mL 삼각플라스크에 넣고 칼리침출액(0.5N NaCl) 20 mL를 첨가하여 10분간 진탕, 여과한 후 여액 1 mL를 시험관에 넣고 5 mL의 K-1A 시약, 7방울의 K-2A 시약, 1스푼의 K-3A 시약을 순서대로 넣고 반응시킨 다음 10분 후에 토양분석 전용 분광광도계(Soiltek KA-P)로 측정하였다(Hyun 등, 2000).

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 시료 채취지역 토양의 화산회성과 비화산회성

제주도 토양의 성질을 결정하는 가장 중요한 요소는 화산회성 여부이다. 화산회토양은 용적밀도가 0.85 g/cm^3 이하이고, 알루미늄 함량이 많고 유기물이 다량으로 집적되어 양이온치환용량이 높고 인산흡착량이 매우 많으며, pH(NaF)가 매우 높은 화학적 특성을 갖고 있다. 또한, 비표면적과 수분 보유력이 크고 점토의 분산이 일어나지 않아 일반적으로 소립형의 토양구조를 갖고 있다(ICOMAND, 1979).

화산회토양의 분류방법은 여러 가지 개념을 도입하여 형태적인 특성, 물리적인 특성 및 Al 특성을 이용하여 분류하는 것이 일반적이다. 그러나 실험과정이 매우 까다롭고 시간이 많이 소요되기 때문에 간편하게 pH(NaF) 9.4 이하인 토양을 비화산회토, pH(NaF) 9.4 이상이 토양을 화산회토로 분류하는 간이적인 방법이 실용적으로 사용되고 있다. 이는 NaF로 첨가하는 용액 중의 F이온이 토양 표면에 흡착되어 있는 OH⁻ 이온을 치환시켜 pH를 높이는 원리를 이용한 것이다. Soil Taxonomy에서는 pH(NaF) 9.4 이상을 Andepts로 분류하는 기준의 하나로 적용하고 있다(Soil survey Staff, 1975; Smith, 1978; Blakemore, 1978; ICOMAND, 1979; Leamy 등, 1980).

본 조사에서 성산읍 지역의 pH(NaF)는 9.4 이상인 화산회토가 95.8%, 9.4 이하인 비화산회토가 4.2%로 대부분 화산회토이 분포하고 있는 것으로 나타났다. 또한 서귀포시 지역도 성산읍 지역과 비슷한 분포를 나타내어 화산회토가 81.6%, 비화산회토가 18.9%였다. 따라서, 성산읍와 서귀포시 지역은 화산회토양이 주로 분포된 것으로 분류된다.

반면에, 애월읍 지역은 pH(NaF) 9.4 이하인 토양이 82.3%로 대부분 비화산회토양이 분포하고 있는 것으로 분류되었다(그림 2).

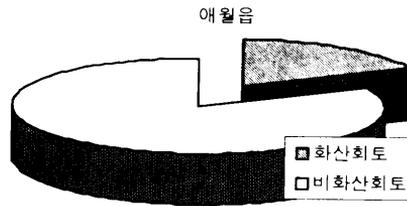
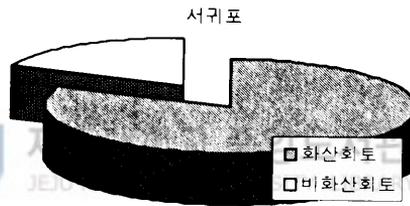
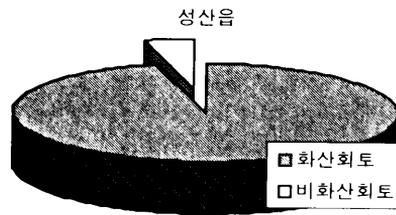


그림 2. 조사지역의 화산회토와 비화산회토의 분포

2. 지역별 토양의 주요 화학적 성질

지역별로 pH, 유기물, 전질소, 유효인산 및 치환성 K의 평균함량과 표준오차를 그림 3에 나타내었다. 토양 pH는 애월읍 지역이 통계적인 유의성은 없었으나 다른 지역에 비해 약간 높았다.

반면에 유기물함량은 애월읍이 평균 4.51%로 가장 낮았으며, 서귀포시는 애월읍의 약 2배, 성산읍은 애월읍의 약 2.7배 높았다. 전질소함량도 유기물과 같은 경향을 나타내었다. 애월읍의 전질소 함량은 0.28%로 일반적인 육지부 토양의 전질소 함량과 비슷하였으나 서귀포시는 애월읍의 1.4배, 성산읍은 애월읍의 1.7배 높았다. 반면에 유효인산은 애월읍이 가장 높았는데, 가장 낮은 성산읍의 136.5 mg/kg에 비해 3배 높았다. 서귀포시 지역의 유효인산 함량은 평균 304 mg/kg 이었다. 치환성 K 함량은 성산읍이 0.51 cmol/kg, 서귀포시와 애월읍이 0.7 cmol/kg으로 거의 비슷한 경향이였다.

본 조사에서 토양 pH는 화산회성 성질을 강하게 나타낼수록 산성을 나타내는 경향이였으며, 유기물함량과 질소함량은 화산회토양일수록 함량이 높았다. 반면에 유효인산은 비화산회 토양이 많이 분포된 애월읍 지역에서 함량이 매우 높았으며, 치환성 K 함량도 비슷한 경향이였다. 이와 같이 비료성분으로 첨가하는 인산과 치환성 K가 비화산회성 토양 중에 많이 집적된 것은 인산흡착계수와 양이온치환용량이 낮은 비화산회 토양에 과량의 인산비료와 가리질 비료의 사용으로 인한 것으로 생각된다.

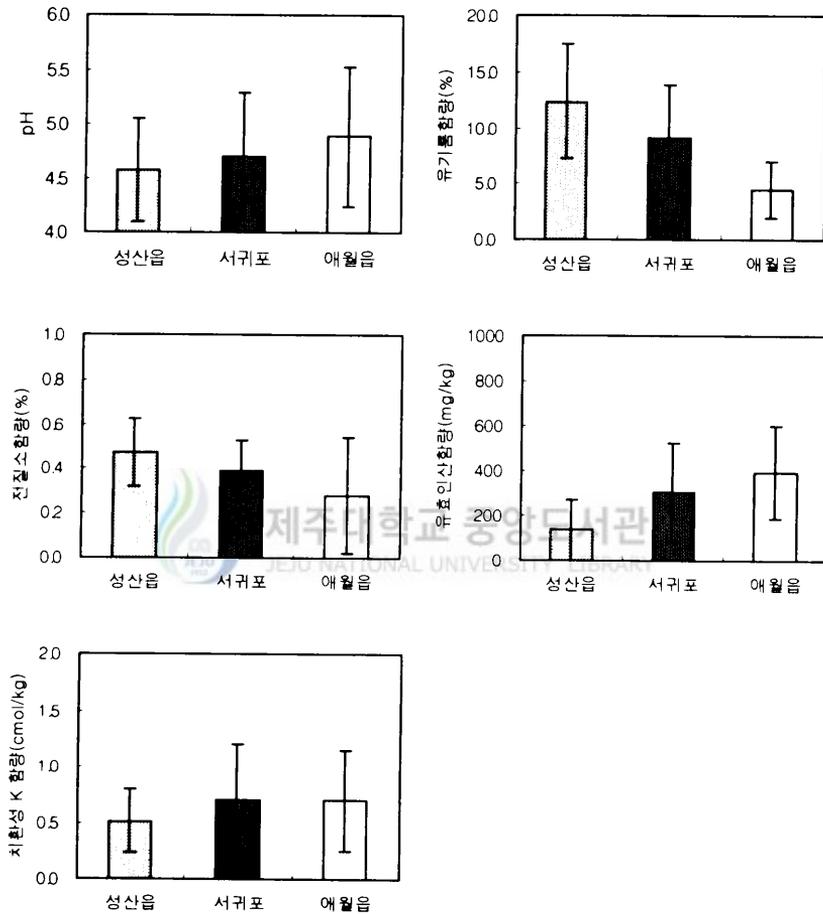


그림 3. 지역별 주요 화학적 성질의 평균 및 표준오차

3. 지역별 토양화학적 성질의 분포

1) pH

토양 pH의 분포는 성산읍, 서귀포, 애월읍 모든 지역에서 비슷한 경향의 분포를 보였다. pH 5.0이하의 범위에 분포하는 토양이 성산읍이 83.1%, 서귀포시가 74.9%, 애월읍이 66.4%로 화산회토양 성질이 강할수록 토양 pH는 낮은 편이었다. 특히, pH 4.0 이하인 토양의 비율도 성산읍, 서귀포시, 애월읍 순서로 많았다(그림 4).

제주도 토양의 모암인 현무암은 염기성 암석으로 분류되기 때문에 자연적인 조건에서 화강암을 모암으로 하는 육지부의 토양에 비해 산성토양을 변할 요인은 적다. 비료 사용량이 적었던 '75년도에 보고된 논문에 의하면 비화산회토가 많이 분포된 북제주 지역 일반 밭토양의 pH가 6.4, 화산회토가 많이 분포된 남제주 지역이 pH 6.1로 거의 중성에 가까운 것으로 보고되었으며, pH 6.0 ~ 7.0 사이의 토양이 각각 60 및 72%로 보고되었다(류 등, 1975). 감귤원 토양의 pH에 대해서도 박 등(1975)에 의해서 거의 같은 경향임이 보고되었다. 일반 사료재배지 토양의 pH도 평균 5.5로 현재의 조사결과에 비해 높은 편이었다(이와 이, 1975).

이와 같이 비료사용량이 적었던 시기에는 토양 pH가 거의 중성에 가까웠으나 본 조사에서 pH가 매우 낮은 토양이 많은 것으로 나타난 것은 인위적인 요인인 화학비료의 과다 사용에 의해 나타난 것으로 생각된다. 제주도에서 가장 많이 사용해온 비료는 벼1모작비료인 17-21-17 복합비료와 벼2모작비료인 21-17-17 복합비료이다. 벼농사에 사용되는 비료가 논농사의 비중이 매우 적은 제주도에서 많이 사용되고 특히 감귤원에서 많이 사용된 원인은 질소, 인산, 칼리의 총성분함량이 55%로 매우 높고 정부 보조금이 있어서 저렴하기 때문으로 생각된다. 반면에, 감귤원이 밀식재배를 하고 있기 때문에 산성토양 개량효과가 있는 석회고토 비료를

사용하는데 불편하여 농가가 사용을 기피했기 때문에 나타난 결과라고 생각된다.

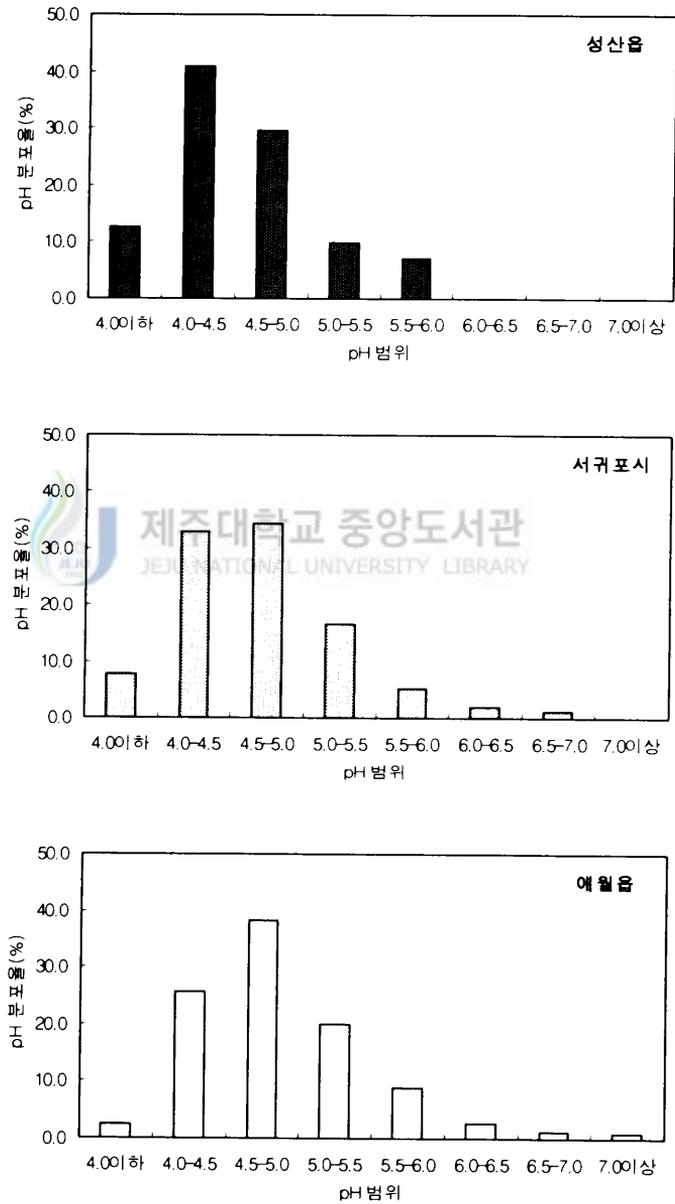


그림 4. 지역별 토양 pH 분포

2) 유기물함량

제주도 토양의 유기물함량은 유기질비료 또는 부산물비료를 사용함으로써 나타나는 육지부와는 달리 토양의 고유 성질에 의해서 결정되는 경우가 많다. 화산회토는 화산회가 토양층위를 덮이고 풍화되어 만들어진 토양을 말한다. 화산회토양의 주요 점토광물은 알로판(allophane)으로 규산판(silica layer)와 알루미늄판(aluminum layer)이 1.3 ~ 2 : 1로 형성되어 있다. 이는 일반적으로 카오리나이트(kaolinite)의 1 : 1형, 몽모릴로나이트(montmorillonite)의 2 : 1형과 같이 고정되어 있는 경우와 다른 것으로 풍화작용을 받으면서 빗물 등에 의해 규소가 세탈되면서 나타나는 현상이다. 규소의 세탈에 의해 자연히 알루미늄이 노출되며 토양 중의 알루미늄 함량이 많아진다. 알루미늄은 토양에 첨가되는 유기물과 쉽게 결합하며 유기물은 미생물에 의한 분해가 저해를 받는다. 이는 알루미늄의 독성에 의한 것으로 분해가 저해된 유기물이 장기간에 걸쳐 토양에 집적되게 된다(Aomine과 Yoshinaga, 1955; Martini와 Palencia, 1975; Shin, 1989; 류 등, 1975; 채와 이, 1972). 이 과정에서 유기물 중의 질소, 인산, 칼륨, 칼슘, 마그네슘과 같은 유기물 형성 성분 및 작물에 흡수할 수 있는 영양분들이 용탈되어 유기물함량이 많을수록 필요한 양분은 적은 상태가 된다. 반면에 유기물 고유의 관능기가 있어서 물리적 성질을 양호하게 하는 성질을 갖는다.

본 연구에서는 흑색 화산회토, 농암갈색 화산회토, 암갈색 비화산회토를 각각 대표하는 성산읍, 서귀포시, 애월읍을 선택하여 유기물함량 분포 비율을 조사하여 그림 5에 나타내었다.

성산읍은 유기물함량이 6%이상인 토양이 대부분이 분포하고 있으며 특히 유기물함량이 14%이상인 토양이 32%를 차지하여 화산회토 성질이 매우 강한 지역이었다. 서귀포시는 유기물함량이 4%이상에서 대부분 분포하고 있어 화산회토 성질이 비교적 강한 지역으로 나타났다. 반면, 애월읍

은 유기물함량이 2.0 ~ 6.0% 범위에서 80%이상 분포하고 있어 비화산회토 성질이 강한 지역으로 나타났다.

제주도 토양의 유기물함량은 인위적인 요인으로는 크게 변하지 않는 것으로 생각된다. '75년도에 신과 김(1975)이 암갈색 비화산회토의 유기물함량이 3.7%, 농암갈색 화산회토는 10.4%, 흑색 화산회토가 17.5%라고 한 보고와 류 등(1975)이 보고한 조사결과와 차이가 없었다.

3) 전질소

일반적으로 Kjeldahl법으로 측정하는 토양의 전질소 함량은 분석과정이 까다롭고 복잡하기 때문에 토양 현황 조사시에는 분석하지 않는 경우가 대부분이었다. 따라서, 기존에 보고된 분석결과와 비교하여 설명하기는 어려우나 전질소의 함량분포에서 성산읍은 0.3 ~ 0.6%범위, 서귀포시는 0.2 ~ 0.6%범위, 애월읍은 0.1 ~ 0.3%범위에서 대부분이 분포하고 있었으며, 화산회토양 성질이 강할수록 함량이 높은 것으로 나타났다(그림 6). 이와 같은 경향은 인위적인 요인에 의해서 농민이 사용한 질소비료가 토양에 집적되어 나타날 수도 있으며, 유기물이 많은 토양에 함유된 유기물에 결합된 질소에 의한 것일 수도 있다고 생각된다.

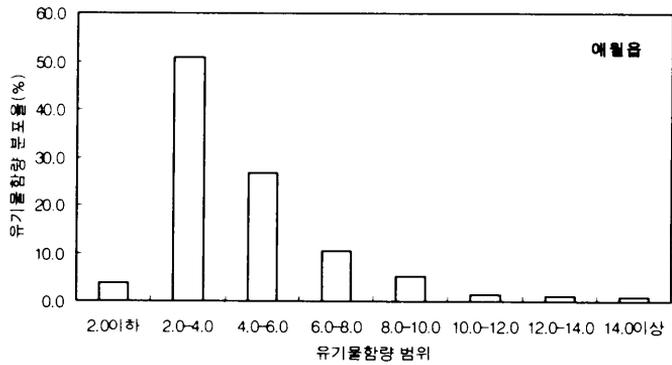
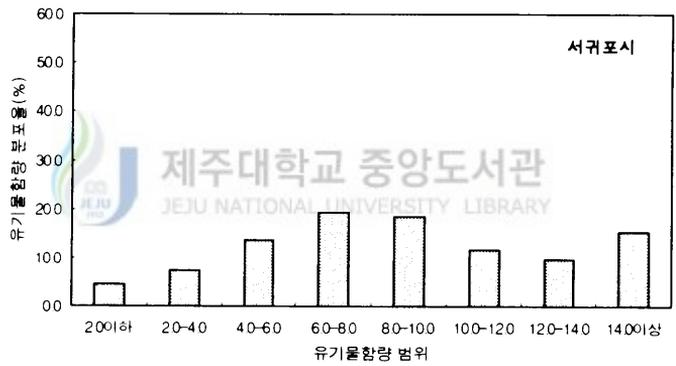
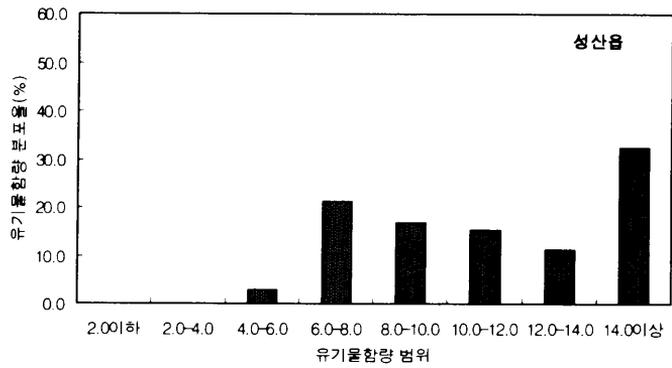


그림 5. 지역별 유기물함량분포

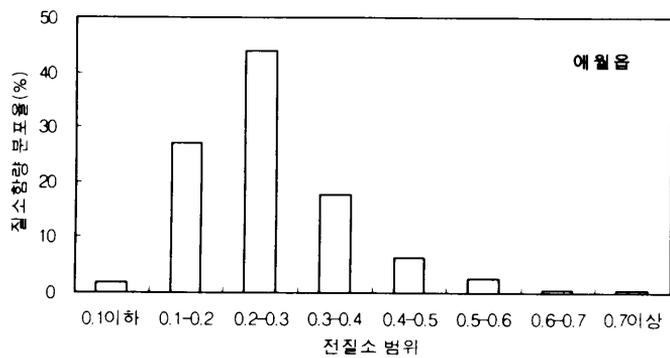
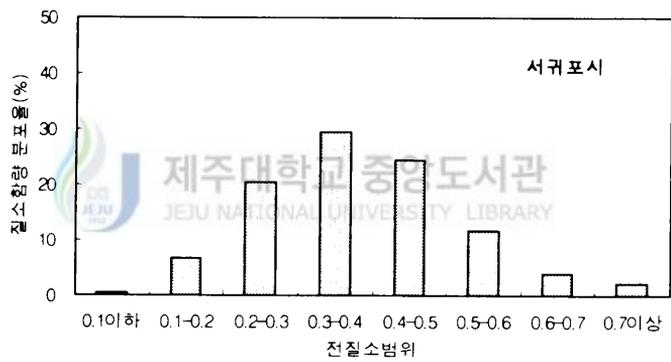
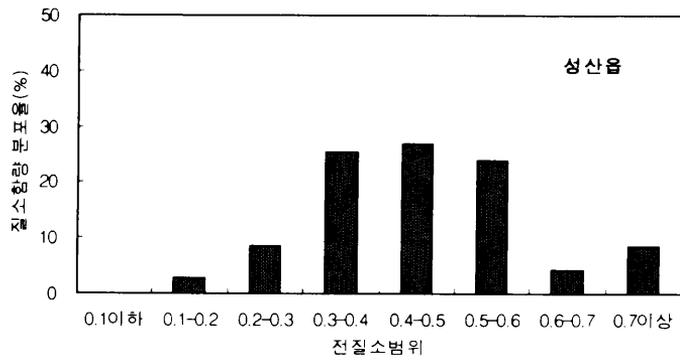


그림 6. 지역별 전질소함량 분포

4) 유효인산

유효인산 분포비율은 지역에 따라 가장 뚜렷하게 차이를 보이는 성분이었다. 유효인산 함량의 적정기준인 200 ~ 300 mg/kg을 기준으로 했을 때, 성산읍은 77.5%가 부족하였으며, 적정기준에 포함되는 토양은 9.9%에 불과하였다. 또한, 적정기준 이상의 토양은 13.4%로 성산읍 지역의 유효인산 함량은 대부분 낮은 것으로 조사되었다(그림 7).

서귀포시 토양의 유효인산 함량은 적정기준 이하가 38.9% 였으며, 적정기준 이상은 42.3%였다. 애월읍 지역은 적정기준 이하가 20.6%로 낮았고 적정기준 이상이 64.6%이었으며, 적정기준의 거의 2배에 해당하는 500 mg/kg 이상인 토양도 33.3%가 되었다. 따라서, 토양의 유효인산은 성산읍 지역에서는 적정기준보다 함량이 낮은 토양이 많은 반면에 애월읍 지역은 적정기준보다 함량이 많은 토양이 많아 지역간 차이가 심하게 나타나는 것으로 조사되었다.

과거에 유효인산 함량은 제주도 토양의 생산성을 낮추는 가장 큰 요인으로 작용해왔다. 제주도 토양에서는 인산이 특이적으로 흡착되기 때문에 흡착량이 매우 많을 뿐만 아니라 인산비료의 효과도 느리게 나타나는 특성을 갖고 있다(송, 1982; 류, 1975). 또한, 화산회토양에 수용성 인산비료인 중과석을 사용하는 경우에는 쉽게 물에 용해되어 알루미늄과 반응하여 쉽게 작물이 이용하지 못하는 불용태로 변하기 때문에 구용성인 용성인비의 사용이 권장되어 왔다. 농민들이 사용량도 일반적으로 육지비에서 사용하는 양의 약 2 ~ 3배가 관행적으로 사용되어 왔다.

이와 같은 용성인비의 과다사용의 관행은 약 20여년 이상 이어져왔으며, 이로 인해 토양에 인산집적 현상이 나타나는 것으로 보인다. 특히, 알루미늄 함량이 많은 흑색 화산회토가 분포된 성산읍 지역에서는 유효인산함량이 적정치를 초과하는 경우가 적으나, 알루미늄 함량이 낮은 암갈색 비화산회토가 많이 분포된 애월읍 지역에서는 집적 현상이 뚜렷하

게 나타난 것으로 보아 무조건 인산비료의 양을 많이 주는 것보다 토양의 인산함량에 따라 조절하여 시비하는 것이 바람직하다고 생각된다.

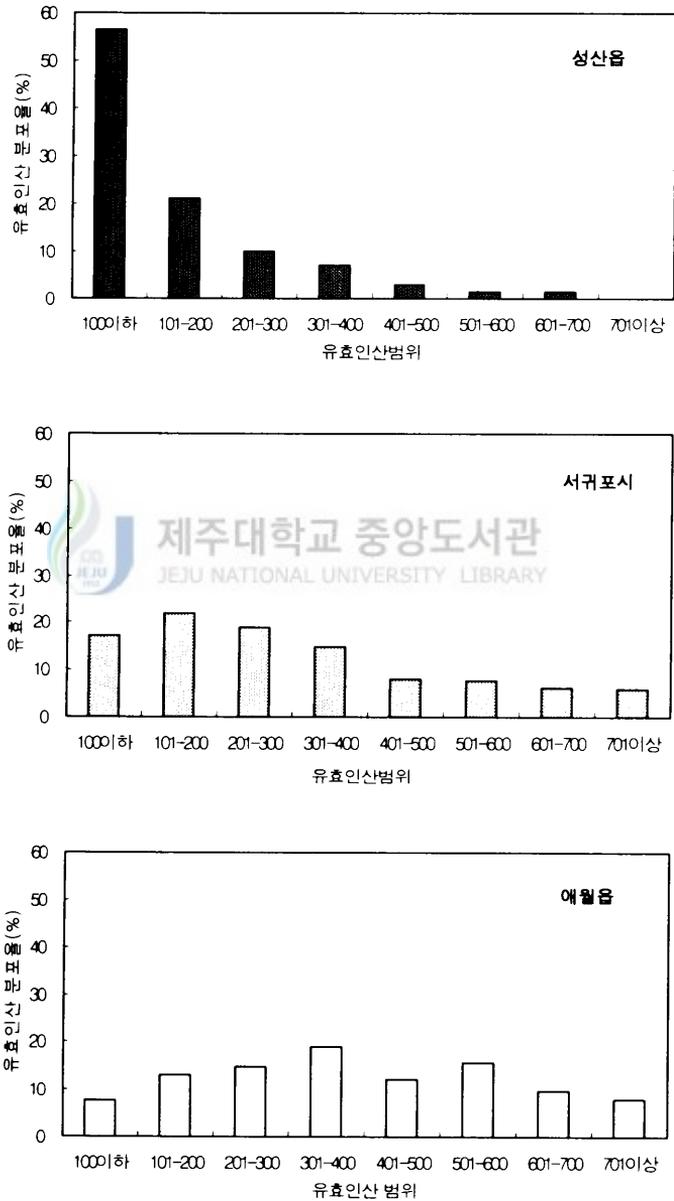


그림 7. 지역별 유효인산함량 분포

5) 치환성 칼리

지역별 치환성 칼리의 분포는 그림 8에 나타낸 것과 같이 지역간 차이없이 비슷한 경향을 보였다. 0.70 cmol/kg이하의 범위에 있는 토양은 성산읍이 84.5%로 가장 많이 분포하였으며 서귀포시와 애월읍은 각각 61.1%, 60.1%로 비슷하게 나타났다. 이러한 결과는 75년도에 조사한 밭토양의 치환성 칼리 함량분포와 비슷한 경향을 보였다(류 등, 1975).

강우가 많은 제주도의 화산회토에서 치환성 양이온은 용탈되기 쉬운 조건으로 보고되고 있다(박 등, 1975; 류 등, 1975). 이는 알로판과 알루미늄이 강하게 결합하여 상대적으로 양이온의 흡착이 약하며, 강우에 의해 양이온의 용탈이 쉽게 일어나기 때문으로 생각된다.



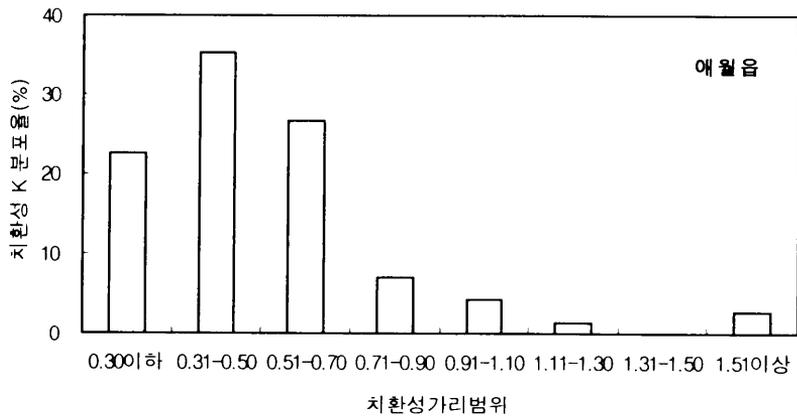
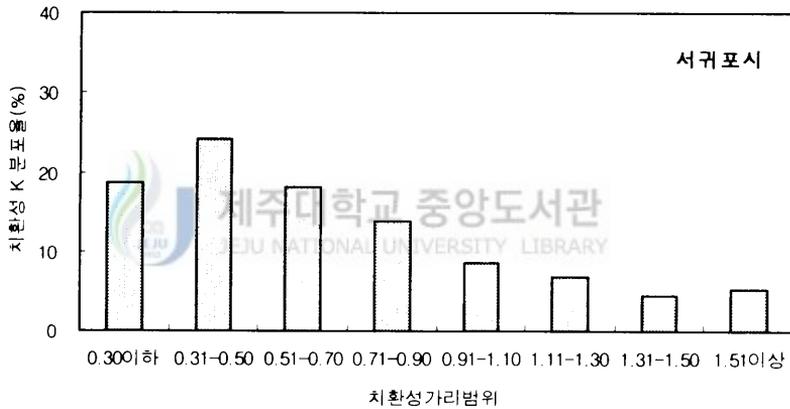
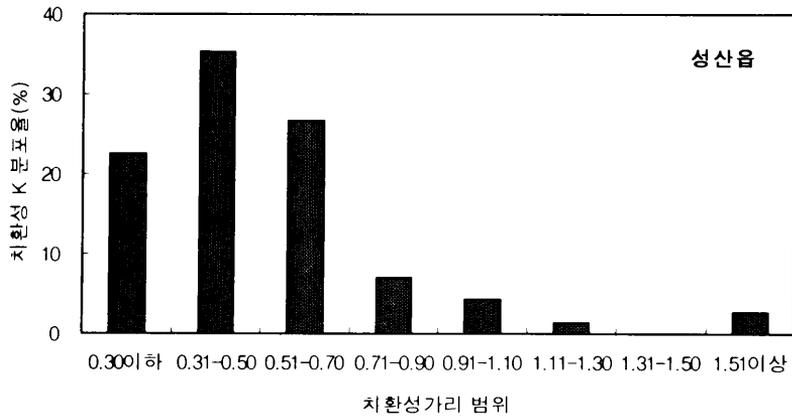


그림 8. 지역별 치환성칼리 함량 분포

4. 지역별 화학성분의 부족, 적정, 과다비율

조사된 자료를 이용하여 경기화학공업주식회사 주문비료 제조의 기초 자료 및 원료수급에 이용하기 위해 지역별 성분의 부족, 적정 및 과다비율을 조사하였다. 적정범위는 농촌진흥청의 시비처방기준에 준하였으며, 농촌진흥청 기준에 없는 성분은 경기화학공업주식회사에서 자체 작성한 기준에 적용시켜 분류하였다.

1) pH

그림 9는 토양 pH 5.5 ~ 6.5를 적정범위로 하여 그 이하를 낮음, 그 이상을 높음으로 분류한 것이다. 조사지역에 관계없이 모든 지역은 적정 수준에 있는 토양이 7%에 불과하였고 그 나머지는 모두 적정기준보다 낮은 산성토양이었다.

이와 같은 결과는 류 등(1975)이 1975년도에 제주도 밭토양이 pH 6.5 이상이 많이 분포하는 반면에 pH 5.5이하의 산성토양은 17%이하로 적게 분포한다는 보고에 비해 많은 토양이 산성화된 것을 나타낸다.

토양의 산성화는 기후적 원인과 화학비료의 과다사용에 의한 것으로 본다. 비료사용량이 적었던 '75년도 이전에는 중성 토양이 많았으나 비료사용량이 급격하게 많아진 그 이후에 토양이 산성화된 것으로 보아 농가가 관행적으로 질소, 인산, 칼리가 다량 함유되어 있는 벼전용 복합비료에 의해 토양의 산성화가 촉진된 것으로 보인다. 또한 산성토양을 개량할 수 있는 석회고토 비료의 사용량이 상대적으로 적은 이유 때문으로 생각된다.

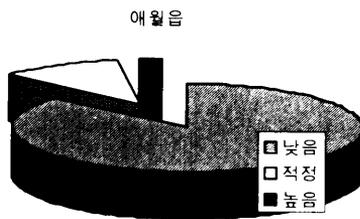
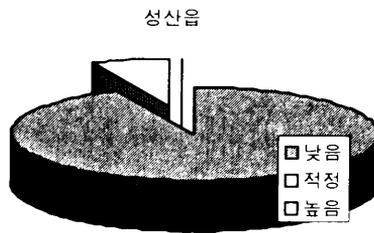


그림 9. 토양 pH의 낮음, 적정 및 높음 범위별 분포

2) 전질소

토양 전질소함량은 농촌진흥청의 기준치가 없으며, 질소시비량은 유기물함량으로부터 계산하도록 시비처방식이 구성되어 있다. 경기화학공업주식회사의 제주 공장에서는 비화산회토양(애월읍)에 대한 적정기준을 0.21 ~ 0.3%, 화산회토양(성산읍과 서귀포시)에 대한 적정기준을 0.41 ~ 0.6%로 정하여 그 이하를 부족, 그 이상을 과다로 정하여 사용하고 있다. 이 기준에 따라 지역별 질소함량의 과·부족 분포는 그림 10와 같다

성산읍지역은 적정범위의 토양이 50.7%로 가장 많았고 부족이 36.6%였으며 서귀포시 지역은 부족범위의 토양이 57.4%로 가장 많았으며 적정은 36.2% 였다. 또한, 애월읍 지역은 적정, 과다, 부족의 분포비율이 각각 44.0, 27.3, 28.7%로 비슷한 비율로 분포하여 지역에 따라 질소의 과·부족 분포가 다르게 나타나고 있다.

토양의 질소함량은 퇴비 또는 유기질비료로 첨가된 유기물 중의 질소, 화학비료에 함유된 질소 및 화산회성 유기물에 함유된 질소에 비롯된다. 이 중에 유기질 또는 화학비료로 첨가된 질소는 작물에 이용될 수 있는 형태이지만 화산회성 유기물에 함유된 질소는 유기물과 강하게 결합되어 풍화작용에 대해 저항성을 갖는 질소로 작물이 이용하기 어려운 형태이다.

유기물함량으로 질소시비량을 계산하는 현재의 방법은 육지부 토양에는 적합한 방법일 수 있으나 난분해성 유기물이 많은 제주의 화산회토에는 적용시키는데 문제가 발생할 수 있을 것으로 생각된다. 따라서, 토양의 질소함량을 측정하여 질소시비량을 산정하는 방법의 개발이 필요하다고 생각된다.

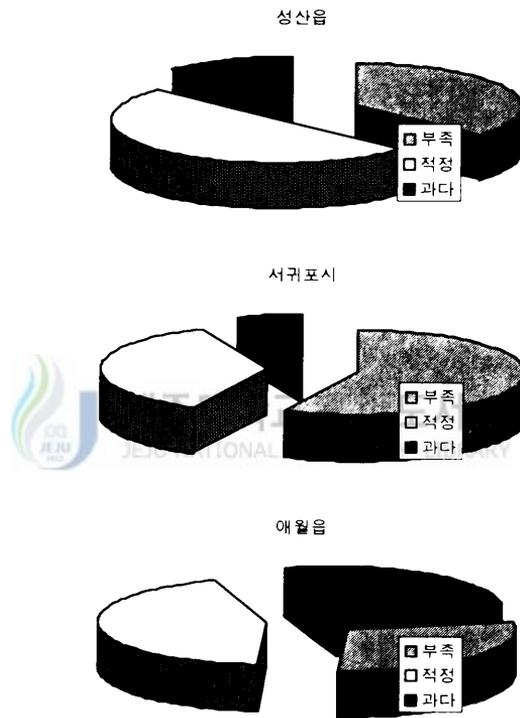


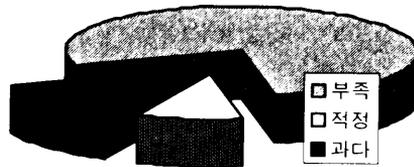
그림 10. 토양 전질소함량의 부족, 적정 및 과다 범위별 분포

3) 유효인산

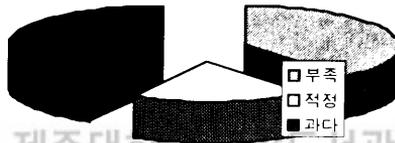
토양의 인산은 작물에 유효형태로 존재하는 양을 측정하기 때문에 토양의 성질과 종류에 구별없이 201 ~ 300 mg/kg의 범위의 함량을 적정치로 보고 있다. 그림 11은 유효인산 함량을 분포를 나타낸 것으로 흑색 화산회토인 성산읍 지역의 토양에서는 77.5%가 부족범위에 있는 반면 암갈색 비화산회토인 애월읍 지역은 64.5%가 과다범위에 있어 대조적인 경향을 보였다. 농암갈색 화산회토인 서귀포시는 과다범위가 42.4% 및 부족범위가 38.8%로 분포하였다. 그리고, 조사한 모든 지역에서 적정범위에 있는 토양은 18.8% 이하로 나타나 적정범위에 있는 토양의 분포비율이 매우 낮았다.

흑색 화산회토(성산읍지역)는 인산흡착계수가 2,000 mg/100g 이상으로 인산을 흡착·고정하는 능력이 대단히 강하지만 암갈색 비화산회토(애월읍지역)는 인산흡착계수가 600 mg/100g 내외로 낮다(류, 1975; 김, 1974; 신과 김, 1975). 따라서, 그 동안 농가가 토양의 인산흡착 특성을 고려하지 않은 관행적인 시비방법으로 인해 인산흡착계수가 높은 흑색 화산회토(성산읍) 지역에서는 유효인산 함량이 낮고 인산흡착계수가 낮은 비화산회토(애월읍) 지역에서는 함량이 매우 높게 나타난 것으로 생각된다.

성산읍



서귀포시



애월읍



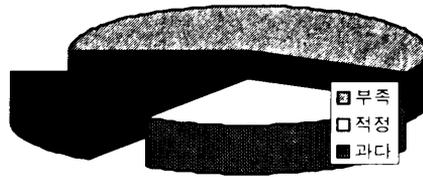
그림 11. 토양 유효인산함량의 부족, 적정 및 과다 범위별 분포

4) 치환성 칼리

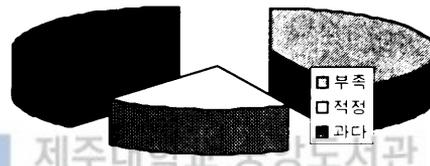
농촌진흥청의 시비처방 기준(적정범위 0.5~0.7 cmol/kg)에 따라 토양 치환성 칼리의 부족, 적정 및 과다범위별 분포도는 그림 12와 같다. 서귀포시와 애월읍 토양의 치환성 칼리함량은 비슷한 경향을 보여 적정범위에 있는 토양이 20% 내외, 과다와 부족범위에 있는 토양이 각각 40% 내외였다. 반면에 성산읍 토양은 부족범위에 있는 토양이 57.7%로 가장 많은 비중을 차지하였으며, 적정범위에 있는 토양은 26.8%였다. 이와 같은 결과는 75년도에 조사한 결과에 비해 함량이 전체적으로 높아진 것으로 나타났다(류 등, 1975; 박 등, 1975).

토양내 화학적 성분함량이 다양한 지역에서는 질소, 인산, 칼리 함량이 정해져 있는 복합비료에 비해 주문비료가 적합하다. 농림정책적으로도 불균형이 심각한 국내 토양에 토양분석을 통해 토양내 함량을 측정된 후에 비료를 제조하는 주문비료를 적극 추진하고 있다. 이를 위해서는 지역별 토양내 화학적 성질에 대한 조사가 선결되고 이를 비료제조에 응용할 수 있는 자료의 수집이 무엇보다도 중요하다. 본 연구에서는 제주도에서 가장 대표적인 토양성질을 나타내는 성산읍, 서귀포시 및 애월읍의 화학적 성질을 비교하여 산업적으로 이용할 수 있는 자료를 얻고자 하였으며, 추후 이외의 지역에 대해서도 정밀한 조사가 이루어져 과학적인 비료제조에 이용함으로써 농가의 측면에서는 비료구입비를 절약하고 환경적으로 악영향을 미치지 않을 뿐만 아니라 과학적인 주문비료 제조에 이용되어야 할 것이다.

성산읍



서귀포시



애월읍

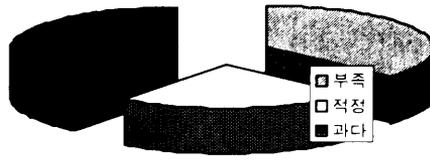


그림 12. 토양 치환성 칼리 함량의 부족, 적정 및 과다 범위별 분포

IV. 적 요

성산읍, 서귀포시 및 애월읍 감귤원에서 1,244점의 감귤원 토양을 채취하여 주문비료 제조를 위한 기초자료를 얻기 위해 토양의 pH, 유기물, 전질소, 유효인산 및 치환성 칼륨의 함량을 조사하였다.

성산읍과 서귀포시 감귤원 토양은 화산회토가 95.8 및 81.6%를 차지하고 있었으며, 애월읍 지역의 감귤원 토양은 비화산회토가 82.3%를 차지하였다.

토양 유기물 평균함량은 애월읍에 비해 성산읍이 2.7배, 서귀포시가 약 2배 많았으며, 전질소 함량도 비슷한 경향이였다. 화산회토양 성질이 강할수록 토양 유효인산함량이 뚜렷하게 적었다.

pH 5.0 이하의 토양은 성산읍, 서귀포시 및 애월읍이 각각 83.1, 74.9 및 66.4% 로 25년 전에 비해 토양산성화가 뚜렷하게 진행되었다. 유기물 함량의 분포는 일반적인 제주도 토양의 특성을 보였으며, 전질소 함량은 성산읍 0.3 ~ 0.6%, 서귀포시 0.2 ~ 0.6%, 애월읍 0.1 ~ 0.3% 토양이 많았다. 유효인산 함량은 적정함량(201 - 300 mg/kg)을 기준으로 성산읍 지역은 77.5%가 부족범위에 있었으며, 서귀포시 지역은 38.8%였다. 반면에 애월읍 지역은 64.5%가 적정기준을 초과하였다. 치환성 칼리함량은 지역간 뚜렷한 차이가 나타나지 않았다

V. 참고문헌

- Aomine, S. and N. Yoshinaga. 1955. Clay minerals of some well-drained volcanic ash soils in Japan. *Soil. Sci.* 79: 349-358
- Black, C.A. (ed.) et al. 1965. *Methods of soil analysis.* Amer. Soc. Madison. Wis. II. pp. 771-1572
- Blakemore L.C. 1978. Exchange complex dominated by amorphous material (ECDAM). typed manuscript. p. 2.
- Hyun, H.N., S.S. Oh, B.J. Koo, and H.J. Kang. 2000. Spectrophotometric determination of soil chemical properties using Soiltek spectrophotometer. *J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert.* 33:127-138.
- ICOMAND. 1979. Circular Letter No. 1. Int. Comm. Classf. of Andisols. c/o Soil Breu, Lower Hutt, New Zealand
- Leamy M.L., Smith G.D., Colmet-Daage F. and Otowa M. 1980. The morphological characteristics of Andisols. In: B.K.G. Theng (Editor), *Soils with variable charge.* N.Z. Soc. Soil Sci., Lower Hutt. pp. 17-34.
- Martini, J.A. and J.A. Palencia. 1975. Soils derived from volcanic ash in central america : 1. *Andepts.* *Soil Sci.* 120: 278-287
- Shin, J.S. 1989. Composition and genesis of volcanic ash soils derived from basaltic materials in Jeju Island (Korea). Ph. D. Thesis. State Univ. of Ghent, Belgium.
- Smith G.D. 1978. A preliminary proposal for reclassification of Andepts and some Andic subgroups. Unpublished letter. p. 20.
- Soil Survey Staff. 1975. *Soil Taxonomy.* A basic system of soil

- classification for making and interpreting soil surveys. U.S. Dept. Agr., Handbook No. 436. p. 754.
- The Third Division of Soils. 1973. Criteria fo making soil series and a list of soil seriesrs. The first approximation. Nat. Inst. Agr. Res. Japan.
- Uchiyama, N., K. Abe, and T. Tsuchiya. 1954. research on soil types of arable land, Tochigi Prefecture. Bull. Nat. Inst. Agr. Sci. B3:43-139
- 김형옥, 1974. 제주도 감귤원 토양의 인산형태 및 흡착에 관한 연구. 한국 토양비료학회지. 17(3):1-6.
- 농업기술원. 1976. 토양정밀도(제주도)
- 농촌진흥청. 1988. 토양화학분석법
- 류인수, 류순호, 윤정희. 1975. 제주도 전토양의 비옥도 현황과 개량. 한국토양비료학회지. 8(3): 121-132
- 류인수. 1975. 전토양 인산의 흡수계수와 Langmuir 최대흡착량과의 비교 연구. 한국토양비료학회지. 8(1): 1-7
- 박훈, 유순호, 홍순범. 1975. 제주도 감귤원토양의 특성과 관리. 한국토양 비료학회지. 8(3): 133-153
- 송관철. 1982. 제주도 토양의 화학적 특성 조사 연구. 서울대학교 석사학 위논문.
- 신용화, 김형옥. 1975. 화산회토의 특성에 관하여. 한국토양비료학회지. 8(3): 113-120
- 이종기, 이근상. 1975. 제주도 초지개발에 있어서 토양학적 문제점. 한국 토양비료학회지. 8:153-160
- 채상석, 이동태. 1972. 제주도 화산회성 흑색토에 대한 생성 및 분류학적 조사연구. 농시연보. 14(식환편) : 27-38

감사의 글

본 논문이 완성되기까지 아낌없는 지도와 격려를 하여주신 현해남 지도교수님께 진심으로 감사드리며, 심사를 하여 주신 류기중 교수님, 김찬식 교수님의 지도에 깊은 감사를 드립니다. 평소 가르침으로 이끌어주신 농과대학 모든 교수님께도 감사드립니다.

그리고 토양학 실험실에서 도움을 준 모든 학생과 회사 동료인 강지한 대리에게도 고마움을 전합니다.

