감귤원 이상낙엽 원인 구명 및 토양환경 개선에 관한 연구

Studies on Improvement of Soil Environment and Investigation for Unnormal Defolication in Citrus Orchards

최 종
연구보고서

감귤원 이상낙엽 원인 구명 및 토양환경 개선에 관한 연구

Studies on Improvement of Soil Environment and Investigation for Unnormal Defolication in Citrus Orchards

연구기관

제주농업시험장 감귤시험장

농 림 부

제 출 문

본 보고서를 “감귤원 이상낙엽 원인 구명 및 토양환경 개선에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2001. 1

주 관 기 관 명: 제주농업시험장 감귤시험장
총괄연구책임자: 임 한 철
협동연구기관명: 제주대학교
협동연구책임자: 현 해 남
협동연구기관명: 남제주군농업기술센터
협동연구책임자: 김 종 하

요 약 문

Ⅰ. 제 목

감귤원 이상낙엽 원인 구명 및 토양환경 개선에 관한 연구

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 중요성

1. 연구개발의 목적

제주도는 단위면적당 비료 사용량이 전국에서 가장 높으며, 특히 감귤원에서 사용하는 비료량은 제주도내의 다른 작물에 비해 매우 높다. 이는 감귤원의 대부분 화산회토로 이루어져 비료 요구도가 크다는 잘못된 인식에서 비롯된 것으로 비료를 많이 주는 것이 미덕으로 생각되어 왔다.

이와 같은 비료 사용 습관은 토양내 양분의 과다집적을 가져왔고 '95 '96년 사이에 감귤나무 이상 낙엽현상이 나타나고 감귤원이 폐원이 되는 경우까지 나타났다. 이에 본 연구는 이상낙엽 현상이 나타나는 감귤원 현황을 파악하고 토양내 양분의 이온특성, 토양성질의 특이성, 개량방법 등을 연구하여 그 결과를 농가에 교육함으로써 적정한 양의 비료를 사용하도록 유도하고 농가 이상낙엽 현상을 줄이기 위한 것이다.

1. 연구개발의 중요성

1) 기술적 측면

○ 감귤나무의 이상낙엽 원인 및 사례분석으로 감귤원 토양 및 시비관리 지도자료 활용

○ 감귤 적정 pH조건 구명으로 감귤원 산성토양 개량 지표 설정
○ 감귤 수체 영양과 수량성 비교
○ 토양 개량제에 의한 토양개량효과 실증 검토
○ 유기질 종류별 토양개량 및 수체 영양에 미치는 영향 검토
○ 시비량에 따른 토양변화 및 양분이동 문제 검토로 지하수 오염 대책 자료 활용
○ 감귤나무의 이상낙엽 초기진단에 의한 사전예방 방법으로 농가애로 문제 해결

2) **경제·산업적 측면**

○ 토양환경 개선으로 양분 유효도를 높이고 양분손실을 줄임으로서 시비량을 감소시켜 생산비 절감
○ 다량 시용된 감귤원의 토양은 양분 불균형, 토양 산성화로 토양개량 자재 투입에 의한 자재비 낭비, 감귤나무 수세저하 및 및 나무고사, 생산물의 품질저하로 인한 손실이 크기 때문에 때문에 이를 방지하고 고품질 생산을 위한 적정 시비량 유도
○ 합리적인 토양 관리 및 시비로 인한 토양 생태계유지, 지속적인 감귤 산업유지를 위한 토양관리 체계 기술 확립
○ 감귤 이상낙엽 사전예방으로 농가의 안정적 생산 및 조수익 향상에 기여

3) **사회·문화적 측면**

○ 제주도는 강우가 많고 토양의 투수성이 큰 특성을 지니고 있어 과다 시비로 야기될 수 있는 지하수의 질산성 질소의 오염 방지
○ 또한 세계적으로는 농산물 생산시 투입되는 비료 사용에 대한 규제가 강화되고 있는 추세에 따라 감귤원 친환경 농업 기반 구축
○ 국민소득 향상에 따른 안전하고 품질좋은 농산물 소비욕구가 커지고 있고, 이러한 시점에서 과실의 품질향상과 생산비 절감을 위한 친환경 농업 및 농가현장애로기술 해결

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구는 감귤원 이상낙엽원인 구명 및 토양개선에 관한 농가현장에로 기술개발을 위한 것으로 3년간으로 수행하였다.

제주도의 감귤산업은 재배면적 25,800ha에서 615,000톤이 생산되고 있으며 농가 조수익은 4,335억원으로 제주농업생산액의 60%을 차지하고 우리나라 과수산업의 비중은 1위를 할만큼 감귤은 중요한 위치에 있다.

감귤재배에서 격년결과 현상은 과다 착과와 낙엽 등에 의해 발생되고 있는데 특히 겨울철 이상낙엽현상은 '96년에 7.9ha가 발생되어 감귤나무가 고사되어 재배적 측면에서 접근하였으나 그 원인이 정확히 구명되지 않아 토양 환경적 측면으로 접근하여 그 원인과 예방방법을 해결하고자 하였다. 각 세부과제별 연구내용 및 범위는 다음과 같다.

1. 세부과제별 연구 내용

제1세부과제 : 감귤원 이상낙엽 원인구명 및 토양환경개선 연구

- ○ 감귤원 이상낙엽 발생원인 조사
- ○ 감귤 수체 영양 실태조사
- ○ 감귤의 적정 pH 조건 구명
- ○ 감귤 이상낙엽 초기진단에 의한 사전예방 방법
- ○ 감귤 이상낙엽 발생 예방을 위한 대농민 교육

제2세부과제 : 토양개량 방법의 감귤 수체에 미치는 영향

- ○ 토양개량제 처리에 의한 토양개량효과 및 수체 영향
- ○ 유기물 종류별 토양개량 및 수체에 미치는 영향

제3세부과제 : 피해 지역 토양용액 중 이온의 존재 형태 구명

- ○ 감귤 이상낙엽 피해지역의 토양 특성(음이온 특성)
- ○ 시비량에 따른 토양 및 양분 변화

○ Geocheam PC를 이용한 토양용액 중 이온의 존재 및 활성도

2. 연차별 연구내용 및 범위

연차별	세부과제명	연구개발내용과 범위
1차년도 ('97.10 '99.12)	○감귤원 이상낙엽 원인 구명 및 토양환경개선연구	○감귤원 실태 및 이상 낙엽 원인조사
	○토양개량 방법의 감귤 수체에 미치는 영향	○토양개량제 처리가 수체에 미치는 영향 조사
	○피해지역 토양용액 중 이온의 존재 형태구명	○피해지역과 정상 과원의 이온특성비교
2차년도 ('98.12 '99.12)	○감귤원 이상낙엽 원인 구명 및 토양환경개선연구	○감귤수체 영양 실태 조사 및 적정 pH 조건 구명
		○감귤 이상낙영 발생 예방을 위한 대농민 교육
	○토양개량 방법의 감귤 수체에 미치는 영향	○유기물 종류별 토양 개량 및 수체에 미치는 영향 조사
	○피해지역 토양용액 중 이온의 존재 형태구명	○시비량에 따른 토양 및 양분 변화조사
3차년도 ('99.12 '2000.12)	○감귤원 이상낙엽 원인 구명 및 토양환경개선연구	○감귤의 적정 pH 조건 구명
		○감귤 이상낙엽 초기 진단에 의한 사전예방 방법
	○토양개량 방법의 감귤 수체에 미치는 영향	○토양개량 및 유기물 종류별 효과 구명
	○피해지역 토양용액 중 이온의 존재 형태구명	○Geocheam PC을 이용한 토양 중 이온 형태 구명

Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구 개발 결과

가. 감귤 이상낙엽 발생원인 분석 및 사례 조사

감귤 이상낙엽 발생은 겨울철 12월 3월까지 발생이 많았다. 이상낙엽 발생과원은 속효성 복합비료를 시용하는 농가였으며 시비량은 표준시비(50kg/10a)의 2 6배를 시용하고 있었다.

이상낙엽 발생과원의 시비방법은 대부분 표층시비와 부분시비를 매년 반복적으로 시행하고 있었고 토양개량제 시용 및 심경은 10년 이상 1회도 하지 않은 것으로 조사되었다. 이상낙엽 발생과원의 뿌리 분포는 표층 10㎝ 이내에 90%이상 세근이 분포되어 있고 심한 지역에서는 세근의 모두 농도 장해에 의해 고사된 경우가 많았다.

많이 착과되었던 나무에 가을비료를 과다하게 시용 할 경우 이상낙엽현상이 심하였다.

이상낙엽 발생되는 나무는 엽 끝에 갈색 또는 적갈색 반점이 발생 가지 윗 부분부터 점차적으로 낙엽 되었고, 심한 지역은 나무전체가 고사되는 경우가 있었다.

이상낙엽 발생과수원 토양은 pH 4.5이하로 매우 산성을 나타내었고 토양 중 망간 함량이 100ppm 정도로 높은 경향이었다.

토양 중 석회와 고토 함량이 칼리 함량보다 상대적으로 낮아 양분 불균형 문제가 심각하였다.

감귤나무의 이상낙엽 증상을 나타내는 엽의 무기성분 함량은 정상적인 감귤잎과 비교하여 인산, 칼리는 비슷한 경향이었다. 그러나, 미량원소인 철, 망간, 아연 등은 많은 편이었고, 특히 잎중 망간 함량은 정상적인 잎과 비교하여 (52㎎/kg) 이상낙엽 증상 잎에서 3 4배(166 246㎎/kg) 높은 경향이었다.

나. 감귤의 적정 pH 조건 구명

감귤의 적정 pH 조건을 구명하기 위하여 pH 3, 4, 5, 6, 7을 양액

으로 조절하였다. 양액의 농도는 Hoagland 조성액을 이용하여 감귤(흥진조생) 3년생의 생육을 검토하였다.

감귤 생육은 pH 5와 pH 6에서 신초수, 신초장이 많았고, 뿌리 근활력도 pH 5 6 범위에서 좋은 경향이었다.

감귤 엽 및 뿌리의 무기성분함량을 조사한 결과 엽 중 무기성분 함량은 pH 조건에 따라 질소, 인산, 칼리의 차이는 거의 없는 경향이었으나, 미량원소 중 망간, 철 함량은 pH가 낮을수록 높아지는 경향이었다.

뿌리 중 무기성분 함량은 엽 중 무기성분 함량과 마찬가지로 pH 조건에 따라 다량원소의 차이는 거의 없었으나, 미량원소 중 망간, 철 함량은 pH가 낮을수록 매우 높아지는 경향이었다. 특히 엽 중 망간, 철 함량보다 뿌리 중에 함량이 망간은 3배, 철은 30배정도 높았다.

감귤생육에 적합한 pH 조건은 pH 5.5이면 알맞은 것으로 생각된다.

현재 감귤원 토양 개량 목표는 pH 6.5로 되어 있어, 이에 필요한 석회 소요량을 환산 농가에 지도하고 있다.

pH 5.5를 개량목표로 감귤원 토양을 개량한다면 필요 고토석회 함량의 30%는 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

또한 감귤의 적정 pH 조건을 구명하는데 3년생 감귤묘목을 갖고 1 2년에 양액 재배로 검토한 결과이므로 앞으로 노지 감귤원 또는 성과수원에서 지속적인 검토가 필요하다고 생각된다.

다. 감귤 이상낙엽 초기진단에 의한 사전예방 방법

감귤 이상낙엽 초기 증상은 그림에서 보는 바와 같이 잎 끝에 갈색 또는 흑갈색 반점이 발생한다.

(그림1, 2)

<그림 1> 이상낙엽 초기 증상 <그림 2> 이상낙엽 현상

발생시기는 12월 상순부터 이듬해 3월까지 발생되며 심하면 낙엽이 된다.

농가에서 초기진단 방법으로 감귤 엽 끝에 갈색 또는 흑갈색 반점이 보이면 토양검정을 통하여 정확한 진단을 받도록 교육하고 있다. 대부분 잎 끝에 갈색 또는 흑갈색 반점이 있는 감귤원은 pH가 4.5이하로 매우 강산성이였으며, 비료시비량은 권장시비량의 2 3배를 시용하고 있다.

이상낙엽 초기 사전예방을 위한 방법으로 농가에서는 감귤수확시 엽 끝을 면밀히 관찰토록 하고 있다.

98년 이후부터는 감귤 이상낙엽현상이 발생되지 않았고 초기 진단방법에 따라 철저한 예방을 하고 있다.

이러한 이상낙엽 초기 증상은 토양산성화에 의한 망간 과잉증상으로 구명되었다.

감귤 이상낙엽 초기진단에 의한 사전예방 방법으로 엽 끝의 반점을 조사하고 또한 농가에서 시비하는 양의 화학비료를 30 40% 절감하고 석회고토 200 300kg/10a를 봄비료시용전에 시비토록 지도하고 있다.

라. 토양개량 방법의 감귤 수체에 미치는 영향

토양개량 방법의 감귤 수체에 미치는 영향 시험은 농가 포장에서 실증시험으로 수행하였다.

토양 개량제 처리와 토양개량 및 수체 영향은 석회고토 300kg/10a를 처리하고 마분퇴비를 2,000kg/10a를 시용한 결과 토양중 pH 1.5정도 높아졌고, 석회, 고토함량이 대비구에 비하여 2 4배 증가하는 경향이었다.

토양 물리적인 개선도 용적밀도가 낮아지고 공극율이 높아져 토양입단구조가 잘 형성되는 편이었다. 그러나 엽 중 무기성분 함량에서는 큰 차이가 없었다. 감귤은 영년생 과수이므로 토양 개량에 의한 수체 영향 반응은 지속적 검토가 필요하다고 생각된다.

엽과 과실수의 비율은 토양 개량제 처리구에서 낮은 경향으로 착과량이 많은 경향이었다.

과실특성은 토양 개량제 처리구에서 당도 및 당산비가 높은 경향이었다.

유기물 종류별 토양개량 및 수체 영향은 유기물 처리에 따라 토양 pH가 1.5정도 높아졌고, 유효인산, 유기물, 치환성 양이온 함량이 높아졌다.

유기물 종류별로는 채종유박, 유기농1호에서 효과가 높았다.

유기물 종류별 과실특성은 채종유박, 유기농1호 처리에서 당함량이 높은 경향이었다.

감귤재배 농가에서 이상낙엽 초기 징후가 발생되면 토양 개량제(석회고토 300kg/10a)를 시용하고 유기물은 채종유박 등을 시용하는 것이 토양개량 및 수체 영양을 위하여 효과적이라 사료된다.

마. 피해지역 토양용액 중 이온의 존재형태 및 활성도

감귤 이상낙엽 피해지역의 토양용액 중 음이온 존재량은 표토에서 심층보다 2배이상 높게 나타났다.

피해지역 토양의 음이온량은 일반 감귤원(감귤시험장 포장)보다 12배 정도 높은 실정이었다.

음이온 중에서는 SO_4 이온이 가장 높았고 다음으로 Cl 이온 농도가 높았다.

전기전도도 값은 피해지역에서 대부분 2.0ms/m 정도로 높았고 감귤나무가 완전 고사된 지역은 최고는 12ms/m를 나타내었다.

치환성 양이온과 pH와의 관계는 양이온 합의 7cmol/kg까지는 거의 직선적으로 증가하다가 그 이후부터는 증가하지 않는 현상이 나타났다. ($y = 2.55 \times (1 - e^{-0.47x}) + 2.68$)

이와 같은 현상은 염기포화도가 높아져도 과다시비에 의해 pH가 높아지지 않는다는 것을 의미한다.

즉, 감귤원 토양의 산성화는 과다시비에 의한 결과일 가능성이 매우 크다고 말할 수 있다.

시비량 차이에 따른 토양 pH는 무비료, 표준시비 보다 표준 3배 시용한 구에서 pH가 0.5정도 낮아지고 전기전도도는 2배 정도 높아지

는 경향이었다.

Geocheam PC에 의한 토양용액 중 이온의 존재 및 활성도는 질산이온의 경우 다른 이온과 결합하지 않고 100% 질산이온 형태로(free ligand) 존재하는 것으로 나타났다.

인산이온의 경우는 H와 80%이상 결합된 형태이고 나머지는 Ca, Mg과 2.3 6.7%, Fe, Cu와 결합된 형태는 매우 적었다.

황산 이온의 경우는 90%이상 free ligand 형태로 존재하였다.

양이온과 결합은 주로 CaSO4, MgSO4로 존재하였고 그 양은 10%내외이었다.

칼슘이온의 경우는 90%정도가 free ligand 형태이었으며 SO4, CO3 결합형태는 10%내외이었다.

감귤원 토양에 비료를 시용 할 경우 대부분 free ligand 형태로

존재하고 있어 가뭄이 발생시 염류 장해를 받을 가능성이 높다. 또한 강우량이 많으면 양분 유실이 심하여 제주도인 경우 지하수 오염 방지가 필요하다고 하겠다.

바. 감귤 이상낙엽 관련 농가애로기술 해결을 위한 추진 내용

(1) 흙 살리기 운동 추진

제주도 화산회토양은 인산고정능력이 높고 염기용탈이 쉽게 일어나기 때문에 육지부 토양에 비해 생산성이 낮은 토양으로 알려져 있다.

따라서 '70년대부터 화학비료를 다량 시용하여 왔고 '90년대 이후부터는 토양 완충능력이 떨어져서 감귤원 이상낙엽과 같은 피해를 초래하였다.

감귤이상낙엽 원인 구명과 관련 흙살리기 운동을 추진하였다.

흙살리기 운동은 '96. 6 '99. 12(3년 7개월)까지 실무기획단 및 추진위원회를 경성하여 단계별로 추진하였다.

감귤시험장은 흙살리기 관련 시험 연구사업을 추진하였으며 그 중에서도 감귤 이상낙엽원인 구명에 대해 중점 추진하였다.

그외에도 감귤 엽색판 개발 보급, 인산 가용화 미생물 선발 등을 추진하였다.

⑵ 감귤 이상낙엽 사전 예방을 위한 책자 발간

감귤원 이상낙엽원인 구명 연구를 추진하면서 농가애로기술을 조기에 해결할 수 있는 "감귤 이상낙엽 증상 및 생리장해 특성" 책자를 500부 발간하여 연구지도기관, 농·감귤협동조합, 읍면별 작목반에 배부하고 교육을 실시하였다.

책자발간 및 교육홍보에 의해 '98년 이후 감귤 이상낙엽 현상은 발생되지 않았다.

⑶ 감귤 이상낙엽 관련 농가애로기술 해결을 위한 대농민 교육

감귤 이상낙엽 원인구명 연구는 농가애로기술과제로서 문제점 및 해결방안을 과제 수행 중에도 필요에 따라 교육을 실시하였다.

대농민 교육은 연 평균 과제 책임자별로 10회 이상 실시하였고 수강 농가수는 3,000명에 이른다.

특히, 감귤이상낙엽 관련 MBC와 공동으로 "흙을 살리자"다큐멘터리를 제작 '98. 7. 20일 50분동안 기획물로 방영하여 감귤 이상낙엽 원인은 화학비료 다량 시비에 의한 토양 산성화와 양분 불균형이 주요한 원인임을 교육한 바 있다. 또한 불량 부산물 비료의 문제점도 교육하였다.

2. 활용에 대한 건의

본 연구는 감귤 농가애로 문제인 겨울철 이상낙엽 원인과 해결 방안에 대하여 제시하였다.

특히 본 연구는 감귤 재배 생리적 측면보다 토양환경 측면에서 접

근하여 토양개량이 이상낙엽방지 및 격년결과 해결을 위한 초석임을 감귤행정, 지도 및 재배농가에게 알림으로서 감귤의 안정적 생산에 기여하게 될 것이다.

감귤원 토양관리의 중요성, 시비개선의 필요성 등 감귤의 고품질 및 안정적 생산을 위한 자료로 활용될 것으로 기대된다.

특히 감귤원 토양 산성화 개량에 있어 현재까지는 pH 6.5를 목표로 토양 개량제 투입을 실시하였으나, 본 연구의 결과에 의해 감귤원 토양 개량목표를 pH 5.5로 할 경우 석회고토 사용량이 30%감소 할 것으로 기대된다.

또한 감귤 이상낙엽 초기진단에 의해 현장에서 농가애로 문제점을 해결 할 수 있고, 화학비료 사용량을 줄 일수 있는 토양 검정에 의한 시비관리가 정착될 것으로 기대된다.

따라서, 본 연구의 활용은 감귤 이상낙엽 발생 예방, 토양개량방법 등 농가애로기술지도에 이용되어야 할 것이다.

또한 친환경 농업과 관련하여 화학비료의 절감, 토양의 완충능력 개선 방법으로 활용 감귤의 고품질 및 안정적 생산 기반조성에 정책, 지도자료로 중요하다고 생각한다.

목 차

SUMMARY

Ⅰ. Title

Studies on Improvement of Soil Environment and Investigation for Abnormal Defoliation in Citrus Orchards

Ⅱ. Objectives and Significance of the Research

1. Objectives

The average amount of fertilizer application per unit area(kg/10a) in Jeju province, especially in citrus orchard, is known to be the highest among those of other provinces in Korea. That is due to the misunderstanding farmers believe citrus trees grown on Volcanic Ash Soil need more fertilizer since Volcanic Ash Soil is apt to fix and make lots of nutrients useless.

This high application of fertilizer caused salt accumulation in orchard soil during 1995 1996 and abnormal defoliation of citrus trees, sometimes closed citrus orchards.

Accordingly, the objectives of this study is 1) to survey present conditions of citrus orchards showing abnormal defoliation of citrus trees, 2) to investigate ion characteristics of nutrients and specific characteristics of citrus orchard soil, 3) to develop soil improving method of abnormal orchards, 4) to lead proper amount of fertilizer application in citrus orchards and to reduce the damages of abnormal defoliation of citrus trees.

1. Significances

1) Technical Aspects

○ To use as instruction materials for soil and fertilizer

management in citrus orchards, by analyzing cases and causes of abnormal defoliation of citrus trees

○ To establish improvement standards for acidic citrus orchard soil, by determining proper soil pH condition in citrus orchard

○ To compare fruit productivity and tree nourishment of citrus

○ To test actual effects of soil improving agents

○ To study effects of various organic materials on soil improvement and citrus tree nourishment

○ To use as a basic material for the preventing of ground water pollution, by investigating soil change and nutrient movement after fertilizer application

○ To solve farmer's difficulties, by developing diagnosis methods for preventing abnormal defoliation of citrus tree

2) Economical and Industrial Aspects

○ To reduce citrus production cost, by decreasing the level of fertilizer application and increasing nutrient effectiveness in soil

○ To establish proper application level of chemical fertilizer and produce high-quality citrus, by preventing nutrient unbalance, soil acidification, and waste of agricultural material

○ To establish reasonable management system for sustainable production of citrus and preservation of soil ecosystem

○ To contribute for stabilized citrus production and increasing gross income for citrus farmers

3) Social and Cultural Aspects

○ To prevent nitrate pollution of ground water caused by

over-application of nitrogen fertilizer in Jeju Island

○ To establish a basement for environment friendly agriculture according to tendency of enforced restriction in chemical fertilizer application for agricultural production in the world

○ To satisfy farmers and consumers who want to get safe and qualified agricultural products and to preserve natural resources

Ⅲ. Contents and Scope of the Research

This study was aimed to develop the technology for solving one of farmer's difficulties in soil improvement and to investigate the causes for abnormal defoliation of citrus tree in citrus orchard for 3 years. Citrus is first ranked fruit in Korea in gross income and production (434 billion won and 615 thousand metric ton, respectively), and is main agricultural product, with 25,800 ha of cultivated area, and accounts for 60% of total agricultural gross income in Jeju province.

In citrus cultivation the phenomena of alternate bearing is common and known to be caused by over-fruiting and defoliation of trees. But, in 1996, harmed 7.9 ha of citrus orchards was dead with abnormal defoliation in winter. Researchers tried to find the causes of abnormal defoliation from cultivation aspects but hadn't good result in finding good reasons. Accordingly we are trying to study the phenomena from soil environmental aspects and to develop reasonable measures for preventing abnormal defoliation of citrus tree.

The details of this study are as follows.

1. Contents of Research Subjects

1st Subject : Investigation for the Causes of Abnormal Defoliation of Citrus Tree and Improvement for Soil Environment in Citrus Orchards

- ○ Survey for occurrence of abnormal defoliation of citrus tree
- ○ Survey for actual state of citrus tree nourishment
- ○ Investigation of proper pH conditions for citrus
- ○ Development of precautious method for preventing abnormal defoliation by early diagnosis in citrus
- ○ Instruction of citrus farmers for preventing appearance of abnormal defoliation

2nd Subject : Effects of Soil Improving Methods on Citrus Trees

- ○ Effects of soil improvement agents on citrus tree and orchard soil
- ○ Effects of various organic materials on citrus tree and soil improvement

3rd Subject : Studies on Ionic States in Soil Solution of Damaged Orchards

- ○ Soil characteristics(anion characteristics) in abnormal defoliation orchards
- ○ Changes in soil and nutrients by fertilizer application levels
- ○ Investigation of ionic states and activities in soil solution with Geocheam PC

2. Annual Contents and Scopes of the Research

1st year

○ Survey of actual state of citrus orchards and the reason of abnormal defoliation of citrus tree

○ Survey of the effects of soil improving agents on citrus tree

○ Comparison of ionic characteristics in soil solution between damaged and normal orchards

2nd year

○ Survey of tree nourishment and investigation of proper pH condition in orchard

○ Instruction of farmers for preventing appearance of abnormal defoliation of citrus trees

○ Effects of various organic materials on citrus tree and soil improvement

○ Survey of Changes in soil and nutrients with fertilizer application

3rd year

○ Investigation of proper pH condition for citrus production

○ Development of precautious method for preventing abnormal defoliation by early diagnosis in citrus

○ Studies on effects of soil improving agents and organic materials

○ Investigation of ionic states and activities in soil solution with Geocheam PC

Ⅳ. Results and Suggestions for Application of the Research

1. Results of the Research

Chapter 1. Case study and analysis of reason for abnormal defoliation of citrus tree

The appearance of abnormal defoliation was happened mainly in winter, from December to March. Most of damaged orchards have been applied quick-acting mixed fertilizers and also over-applied 2 6 times more than standard amount of fertilizer(50kg/10a) annually with surface and partial application method. Farmers also have not been tried any kinds of soil improving agents and deep plows.

The rootlets of the damaged trees were distributed mostly(over 90% of them) to 10 cm in soil surface layer, and some of them were dead. In particular, over-fruiting and over-fertilized trees were damaged severely with abnormal defoliation in winter.

The damaged leaves became brown or red-brown from leaf end and followed by defoliation gradually from the end of branch to the limb of tree, sometimes caused whole tree dead.

The soil of damaged orchards was characterized by very acidic, below pH 4.5, by high content of Mn, over 100 ppm, and relatively low content of Ca and Mg, compared to K.

The inorganic components of defoliated citrus leaves were similar in P, K contents to those of normal leaves, but superior in Fe, Mn, Zn contents known as trace elements. Especially Mn content in damaged leaves, 166 246mg/kg, 3 4 times higher than in normal leaves, 52mg/kg.

Chapter 2. Proper soil pH for citrus growth

For investigating proper pH condition for citrus growth,

3-year-old citrus trees were cultivated in Hoagland nutrient solutions set pH 3, 4, 5, 6, 7, respectively and their plant growth, root activity, mineral contents of leaves and roots were measured.

The number and length of new flush were better in pH 5 and pH 6 than in any other treatments, also root activity showed same trend.

In inorganic components of leaves and roots, the contents of macro-nutrient elements such as N, P, K had no differences between damaged and normal leaves, but those of some trace elements such as Mn, Fe showed increasing tendency as solution pH decreases. Especially, in the damaged trees, the Mn, Fe contents in the roots were higher 3, 30 times, respectively, than those in the leaves.

So we can conclude that pH 5.5 is proper to grow citrus tree. Currently the standard of pH for soil improvement is 5.5, and needed lime amount was calculated by this standard. It is possible, we think, to decrease required amount of lime up to 30% if the standard are changed from pH 6.5 to pH 5.5. But this result was obtained from nutrient solution cultivation with 3-year-old citrus tree, we think it needs to be tested in the field condition with full productive trees.

Chapter 3. Precautious method for preventing abnormal defoliation by early diagnosis in citrus

First symptom of abnormal defoliation in citrus is characterized by brownish or dark brownish spots at the end of leaves(Fig. 1, 2).

<Fig. 1> Initial stage <Fig. 2> Abnormal defoliation

The period of occurrence was from late December to March, and in severe cases, defoliation of leaves is started. In our experiment, abnormal defoliation of citrus leaves was caused by excess injury of Mn in the tree caused by soil acidification.

Farmers can identify the symptom easily by observing leaves during harvesting or winter season, and by soil test at extension service center. If soil pH is very low(below pH 4.5), the amount of fertilizer application should be reduced to 60 70% and 200 300kg/10a of lime applied before spring fertilizer application.

For preventing abnormal defoliation of citrus, we have informed same precautious method to farmers since 1998, and this method has been effective for preventing of abnormal defoliation in citrus orchards.

Chapter 4. Effects of soil improvement methods on citrus tree

We conducted this experiment to study effects of soil improvement methods on citrus tree in the citrus farming orchards.

In case of applying soil improving agent(limestone 300kg/10a) and manure (horse dropping 2,000kg/10a), soil pH was increased by 1.5, and Ca, Mg contents also increased by 2 4 times compared to the control. And soil physical state was also improved due to lower bulk density, higher porosity, and better soil aggregates.

But there were no differences in mineral contents of the leaves. We think, because citrus is a perennial fruit crop, the effects of applying soil improving agents may be slow.

The amounts of fruiting and sugar contents were higher in

soil improving agent treatment than in control, but no significantly.

Treatment of organic materials on soil increased soil pH(to 1.5), available P, soil organic material and soil CEC. In particular rapeseed meal and 'Uginong No. 1' were effective for soil improvement and for increasing sugar content of fruit.

We can conclude that application of soil improving agents (limestone 300kg/10a) and organic material such as rapeseed meal will be a good method for preventing abnormal defoliation of citrus tree, if early symptom of tree injury was detected.

Chapter 5. Ionic types and activities in soil solution of damaged orchards

The amount of anions in soil solution of damaged orchards was higher 12 times than those of normal orchards(in order of SO4, Cl etc), and they were distributed 2 times more in surface soil than in deep soil.

Electric conductivity(EC) was over 2.0ms/m in most of damaged orchards, and the highest was 12ms/m in which most of trees had been dead.

Both of CEC and pH were increased linearly to the point of 7cmol/kg of CEC. After that point there was no relationship ($y = 2.55 \times (1 - e^{-0.47x}) + 2.68$). It implies that degree of base saturation was increased by over fertilization, but soil pH didn't be increased. Also soil acidification of citrus orchards was possibly caused with the result of over fertilization. We can confirm this phenomena that over fertilization(3 times more than standard amont) caused soil pH decrease by 0.5 and EC increase by 2 times, compared to standard and no fertilization treatments.

We also investigated ionic types and activities in soil solution with Geocheam PC. In case of anions, 100% of nitrate ions and over 90% of sulfate ions were free ligand types, but about 80% of phosphate ions combined with H ion, 2.3, 6.7% of them with Ca, Mg, respectively. Trace phosphate ions were combined with Fe, Cu ions. In cations, main form was CaSO4, MgSO4, and the amount was about 10%. Ninety percent of Ca ions were free ligand types, and 10% of them were combined with SO4 and CO3 ions.

It means that salt stress could be appeared possibly in drought season and spoiled ground water with heavy precipitation because most of ions can moved easily as free ligand form if over fertilization is persistent in citrus orchards.

Chapter 6. Practical trials for solving farming difficulties related to abnormal defoliation of citrus

(1) Establishment of "Movement for Vital Soil"

Volcanic ash soil in Jeju Island was well known of high P fixing capacity, easily base leaching, and low productivity compared to other soils. So farmers have been applied much amount of chemical fertilizers in their orchards since 1970's, and it lowered soil buffer capacity and caused damages of citrus production such as abnormal defoliation of citrus.

So we tried to propel a social movement named "Movement for Vital Soil" related to research this project.

"Movement for Vital Soil" was established step by step for 3 years and 7 months from June, 1996 to December, 1999, making Actual Planning Section and Executive Committee.

Citrus Experiment Station was taken the responsibility of researching related to revitalize the soil, especially searching

the reason of abnormal defoliation of citrus and developing a new environment-friendly technologies such as propagation of citrus leaf color chart, and selection of phosphate releasing microorganism etc.

⑵ Making booklets for precautious prevention of abnormal defoliation of citrus

We made 500 copies of book named "Symptom and physiological characteristics of abnormal defoliation in citrus orchards" and distributed to related research institutes, extension service centers, agricultural cooperatives, and farmers. And we also tried to instruct a new technology for preventing abnormal defoliation of citrus. As a result, abnormal defoliation has not occurred since 1998 in Jeju.

⑶ Training of farmers for solving farming difficulties related to abnormal defoliation of citrus

This project planned to solve farming difficulties and to develop a new technology. So we tried to train farmers occasionally during carrying out this project.

Every responsible persons for this project attended training program more than 10 times per year, and the number of farmers attended this program was about 3,000 persons.

In particular, a special documentary program named "Revitalize the Soil" was constructed with MBC and broadcasted on television for 50 minutes in 20th July, 1998. In this program it was pointed that main reason of abnormal defoliation of citrus were soil acidification and unbalanced nutrients caused over application of chemical fertilizers on the soil.

2. Suggestion for the application

Through this study, it is suggested the reason and solution of abnormal defoliation of citrus was in soil environment. Especially it should be stressed that soil improvement can be the basement for preventing abnormal defoliation and for reducing alternate bearing of citrus.

It is also expected that this results can be used as base materials to instruct farmers for the production of high quality citrus with stability by stressing out the impotance of soil management and fertilization improvement.

In particular, if pH standard of soil improvement could be changed from 6.5 to 5.5 with the result of this project, it is also expected to save 50% of limestone.

Also we hope that scientific soil management technique will be generalized by establishing exact application level of fertilizers after soil testing and precautious diagnosis of farming difficulties such as abnormal defoliation of citrus etc.

As a result, the application of this result could be used as teaching materials for preventing abnormal defoliation of citrus and soil improvement in citrus orchards, also as standards for making a policy related to decreased use of chemical fertilizers, to stabilize citrus production, and to preserve soil resources etc.

CONTENTS

Chapter 5. Practical trials for solving farming difficulties related to abnormal defoliation of citrus

1. Establishment of "Movement for Vital Soil"
2. Public relationship for preventing abnormal defoliation of cirus
3. Instruction to farmers for developed technology

Chapter 6. Spreading effects of executing for this project

1. Precautious Prevention of abnormal defoliation of citrus orchards
2. Reduction of using chemical fertilizers
3. Establishment of basement for environment-friendly agricultural technology in citrus orchards

제1장 서 론

제1절 연구배경 및 필요성

제주도의 감귤은 재배면적 25,802ha에서 615,000톤이 생산되고 있으며, 농가 조수익은 4,335억 원으로 제주농업생산액의 60%을 차지하고 있다.

따라서 감귤산업에서 문제점이 발생되는 경우 제주도 전체에 영향을 미치게 된다.

또한 감귤은 우리나라 과수 가운데 사과 다음으로 면적과 수량이 많으며, 단위면적 당 수량 및 조수익 면에서는 가장 우수한 과수로 평가받고 있다. '97년 7월 1일부터는 농산물이 완전 개방되어 무한경쟁체제에 돌입하게 된다. 감귤의 수입개방에 따른 무한경쟁체제에서 이길수 있는 길은 안정생산과 품질향상 기술이다.

감귤이 안정생산과 품질향상은 토양이 건강하고 수체가 안정될 때 가능하다.

그러나 최근 감귤원에서는 토양의 이화학성 악화로 여러 문제가 발생되고 있는데, '96년 봄에는 7.9ha(45농가)에서 이상낙엽 증상으로 나무가 고사하는 피해를 받아 농가 현장애로 문제점으로 제기 되기에 이르렀다.

제주지역은 다른 지역에 비하여 토양의 특성과 기후 등이 특이해서 토양변화 요인이 많고 시비실태도 다른 편이다. '70년대 개원초기 화산회토 토양은 양분요구도가 육지부 토양에 비하여 많은 것으로 알려져 현재까지 권장 시비량의 2-3배 이상 많이 시용 되어지고 있다. 이러한 관행적인 다량시비는 토양 중 양분의 불균형을 초래하였고, 질산성 질소에 의한 지하수 오염까지 초래하고 있다.

따라서, 본 연구는 농가의 현장애로기술을 해결하기 위해서 이상낙엽에 관한 원인구명, 토양 환경개선 대책, 양분의 토양중 활성도

및 이동양상을 구명하고, 안정적 고품질 감귤생산과 환경 친화형 과원관리를 위해 필요한 연구이다.

제2절 연구개발의 목표 및 내용

본 연구과제는 과다시비에 의한 것으로 보이는 이상낙엽 증세가 '95 '96년에 나타나기 시작하여 이를 해결하기 위한 현장애로 과제로 시작되었다. 감귤원 토양의 시비량은 질소질의 경우 87.5%, 인산은 59%, 가리는 70%가 2배 이상 의 비료를 시용하고 있을 정도로 과다하게 사용되어 왔고 관행적인 표층시비 및 과다시비로 토양의 산성화 되고 양분 불균형이 초래되어 있는 실정이다.

감귤원 이상낙엽에 대한 농가현장애로기술을 개발하기 위하여 연구개발의 목표 및 내용을 다음과 같이 추진하였다.

제 1 과제 : 감귤원 이상낙엽 원인 구명 및 농가현장애로기술개발
- o 감귤원 이상낙엽 발생원인 사례분석 및 토양의 화학적 특성
- o pH 조건에 따른 감귤의 생육
- o 감귤 이상낙엽 초기진단에 의한 사전예방 방법

제 2 과제 : 토양개량 방법이 감귤 수체에 미치는 영향
- o 토양 개량제 처리에 의한 토양개량효과
- o 유기물 종류별 토양개량 및 수체에 미치는 영향

제 3 과제 : 피해지역 토양의 용액 중 이온의 존재형태 구명
- o 피해지역과 정상과원의 토양 특성
- o 시비량에 따른 토양 및 양분변화
- o Geocheam PC를 이용한 토양용액 중 이온의 형태 및 활성도

제2장 감귤원 이상낙엽 원인 및 농가현장 애로기술 개발

제1절 서론

감귤산업은 '70년 초부터 지속적으로 성장하여 '90년대에 이르러는 25,801 ha에 70만톤 이상을 생산하는 우리나라 제1과수로서 자리매김 하였다. 최근에는 과잉생산이 문제가 되어 고품질 안정생산기술을 보급하고 있는 실정이나 감귤농가에서는 30여년간 수량위주의 재배관리에 익숙해 있는 실정이다. 수량위주의 재배관리는 다량시비를 초래하여 일반농가 시비량이 권장 시비량의 2 3배 이상을 시용하고 있는 실정에 있다. '96년 감귤원 이상낙엽 현상이 발생되면서 토양과 시비관리에 대한 관심이 높아지고 있다. 감귤의 이상낙엽은 기상, 토양조건, 수체영양 등 환경적 요인에 의해서 좌우된다. 그러나 일본의 연구결과를 보면 토양 양분불균형, 산성화, 망간과잉 등 시비에 따른 토양변화의 연구가 많다('87 態本縣 特別報告書).

따라서 본 장에서는 감귤 이상낙엽 원인에 대한 사례분석과 토양의 화학적 성질 등을 구명하여 이상낙엽 원인에 대한 본질적 해결과 사전 예방 방법을 구명하고자 수행하였다.

제2절 시험수행 및 방법

감귤원 이상낙엽 발생원인 사례분석을 위하여 도내 감귤원에서 이상낙엽이 발생하고 있다는 정보를 농업기술센터, 작목반, 감귤농업협동조합으로부터 파악하고 피해상황을 조사하였다. 피해농가로부터 이상낙엽 피해시기와 증상, 토양 및 시비관리 방법을 청취 조사하였다. 청취조사가 끝나후에는 피해 감귤원의 토양을 표토와 심토로 구분 채취하여 토양의 pH, 전기전도도, 유기물함량, 유효인산, 전질소, 치환

성 K, Ca 및 Mg, Fe, Mn, Zn 및 Cu 함량을 조사하였다.

토양 pH는 토양과 증류수의 비를 1 : 5로 하여 pH meter로 측정하였으며, 유기물함량은 $K_2Cr_2O_7$과 황산을 첨가하여 유기물을 산화분해하여 $FeSO_4$로 적정하는 Walkley-Black법으로, 유효인산은 Bray No. 1법으로 침출하여 분광광도계로 측정하였다. 치환성 K, Ca 및 Mg는 NH_4OAc 용액으로 치환침출시켜 원자흡광광도계로 측정하였으며, Fe, Mn, Zn 및 Cu는 DPTA 종합 침출법으로 침출하여 원자흡광광도계로 측정하였다.

감귤 수체영양과 수량과의 관계 조사는 일반 감귤원에서 영양상태를 달관으로 조사한 다음 2월에 엽 시료를 채취하고 수확시기에 수량을 조사하여 상관을 보았으며, 조사샘플은 480점을 조사하였고 DRIS(Diagnosis Recommemdation Integrated System)을 이용 분석하였다. 감귤의 pH조건에 따른 생육상황은 1999년 3월부터 양액재배에 의한 감귤적정 pH구명을 위하여 pH3, pH4, pH5, pH6, pH7을 4반복으로 처리 양액변화, 생육상황, 수체영양 등을 조사하였다.

양액농도는 Hoagland 조성액으로 조성비율은 다음과 같으며, pH 조건을 맡추기 위해서 6N HCl, 1N NaOH를 갖고 pH를 조절하였다.

<표 2-1> Hoagland조성액

성 분	시 약 (g/L)	배양액 (ml/L)	20리터에 들어갈 량
KNO_3	101.10 g/L	6 ml	120 ml
$Ca(NO_3)_2 4H_2O$	236.16 g/L	4 ml	80 ml
$NH_4H_2PO_4$	115.08 g/L	2 ml	40 ml
$MgSO_4 7H_2O$	246.49 g/L	1 ml	20 ml
KCl	3.728 g/L		
H_3BO_3	1.546 g/L		
$MnSO_4 H_2O$	0.338 g/L	1 ml	20 ml
$ZnSO_4 7H_2O$	0.575 g/L		
$CuSO_4 5H_2O$	0.125 g/L		
H_2MoO_4	0.081 g/L		
Fe-EDTA	6.922 g/L	1 ml	20 ml

제3절 결과 및 고찰

1. 감귤원 이상낙엽 발생 원인 사례 분석

이상낙엽 현상이 나타난 감귤원은 표2-2와 같이 제주도 전지역에서 발생하였는데, 주로 감귤 추비용 복합비료에 의해 발생하였다. 이상낙엽 발생 농가는 대부분 20년 이상 감귤원을 경작하였으며, 일반 농가에 비해 비료를 많이 시용하는 경향이 있었으며, 전체 면적은 약 781.1 a 였다. 농가의 시비관행으로 보아 이와 같은 이상낙엽 현상은 계속 증가되리라고 예상되었다. 이를 방지하기 위해 과제 수행과정에서도 연 10회에 약 3,000여명의 감귤농가를 대상으로 이상낙엽 발생 현황과 사전예방을 위하여 농가 교육을 실시하였다.

<표 2-2> 이상낙엽 발생 현황

지 역	발생농가수(호)	피해면적(a)
제주시(광령지역)	2	80
서귀포시(중문,법환)	25	121.3
북제주군(조천 선흘)	10	413.5
남제주군(남원,토산)	8	172.3
계	45	781.1

감귤원 이상낙엽 현상 과원의 특징은 엽 끝에 갈색 또는 적갈색의 반점이 발생하였으며, 이 현상이 진행되면 나무 전체에서 낙엽 현상이 발생하였다. 이상낙엽 초기 엽의 외형적인 특성은 토양산성화와 Mn 과잉 및 양분과다 현상과 유사하였고, 이상낙엽이 발생하는 대부분의 감귤원이 농촌진흥청 권장 시비량에 비해 과다하게 비료를 사용해 온 것으로 조사되었다.

2. 감귤 이상낙엽 발생 감귤원 토양의 화학성

가. 중문 예례지역 이상낙엽 발생 감귤원

예례지역에서 발생한 이상낙엽 감귤원의 화학적 성질은 표2-3 에서 보는 바와 같이 예례 A 감귤원의 토양 pH는 6.1로서 예례 지역 감귤원 평균에 비해 높은 편이었는데, 이는 다른 지역에 비해 치환성 Ca와 K 함량이 높기 때문으로 생각된다. 그러나, 치환성 K와 Ca 함량이 25 cmol/kg 내외로 매우 높은 것으로 보아 석회고토의 과다시비와 칼리비료의 과다시비가 이루어진 것으로 보인다. 예례 B 지역은 치환성 K 함량을 제외하고 일반 감귤원과 큰 차이가 없는 감귤원으로 이상낙엽이 발생한 감귤원이었다.

<표 2-3> 예례지역 이상낙엽 감귤원의 토양성질

조사지점		pH	유기물 함량 (g/kg)	토양 전질소 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성 양이온 (cmol/kg)		
						K	Ca	Mg
예례 A	표토	6.1	18.5	16.4	165.1	25.0	25.2	1.6
예례 B	표토	4.9	20.2	10.7	27.9	5.4	2.3	0.7
	심토	4.5	21.5	7.8	0.3	3.0	1.5	0.5
평 균		5.2	88.0	-	258.0	0.87	3.32	1.11

나. 광령지역 이상낙엽 발생 감귤원

광령지역 이상낙엽 발생 감귤원 토양은 표토보다는 심토에서 pH가 낮은 편이었으며, 석회, 고토가 칼리에 비하여 상대적으로 낮은 것이 특징이었다. 감귤원 토양에서 양이온의 비율이 석회: 고토: 칼리 가 5: 2: 1로 존재 할 때가 이상적인 양이온 비율이라고 岩切은 보고한 바가 있다. 이상낙엽의 발생하는 과원의 양이온 비율은 석회: 고토: 칼리 가 2: 1: 1 정도로 매우 불균형을 이루고 있다.

<표 2-4> 광령지역 이상낙엽 감귤원의 토양성질

조사지점		pH	유기물 함량 (g/kg)	토양 전질소 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성 양이온 (cmol/kg)		
						K	Ca	Mg
광령 A	표토	5.8	125.4	0.70	47.1	4.12	1.0	0.3
	심토	4.5	132.0	0.48	4.7	1.39	0.6	0.5
광령 B	표토	4.9	127.6	0.29	19.5	1.58	0.8	0.2
	심토	4.4	129.8	0.40	3.6	0.69	0.9	0.4
광령 C	표토	5.2	88.0	0.22	184.6	1.47	1.3	0.4
	심토	4.6	94.6	0.16	60.4	0.66	1.0	0.7
평 균		4.85	46.5	-	617	1.50	3.12	1.82

다. 남원지역 이상낙엽 발생 감귤원

남원지역에서도 광령지역과 비슷하게 토양 산성화와 양이온 불균형이 심하게 나타나는 토양이었다. pH는 4.1 - 4.3으로 매우 강산성을 나타내고 있었으며, 이는 남원지역 평균 pH 4.6에 비해서도 낮으며, 제주도 감귤원 평균인 pH 5.0에 비해서도 낮은 편이었다. pH 이외에 일반 감귤원과 차이가 나는 성분은 없었다. 일반과원에서도 분석 결과처럼 산성화와 양이온 양분불균형이 지속된다면 이상낙엽이 초래 될 수 있으리라 생각된다. 일반 감귤원 토양도 토양개선과 시비관리가 필요하다고 하겠다.

<표 2-5> 남원지역 이상낙엽 감귤원의 토양성질

조사지역		pH	유기물 함량 (g/kg)	토양 전질소 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성 양이온 (cmol/kg)		
						K	Ca	Mg
남원 A	표토	4.21	100.8	0.42	173.64	0.90	0.59	0.39
	심토	4.22	117.6	0.38	67.09	0.77	0.66	0.45
남원 B	표토	4.28	90.7	0.42	236.9	1.95	1.73	0.85
	심토	4.05	117.6	0.39	161.68	1.51	1.36	1.68
평 균		4.60	124.0	-	292.0	0.39	2.94	1.01

라. 토산지역 이상낙엽 발생 감귤원

토산지역에서 이상낙엽이 발생한 감귤원에서는 넓은 지역에서 확산되는 형태로 나타났는데, 유효인산함량이 매우 낮고 pH는 토산지역 평균 pH 4.9에 비해 약간 높은 편이나 상대적으로 칼리함량이 높은 편이었다.

<표 2-6> 토산지역 이상낙엽 감귤원의 토양성질

조사지역		pH	유기물 함량 (g/kg)	토양 전질소 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성 양이온 (cmol/kg)		
						K	Ca	Mg
토산	표토	5.64	181.4	0.64	21.2	2.02	3.24	0.88
	심토	4.60	188.1	0.49	0.93	1.32	0.53	0.22
평 균		4.88	126.0	-	496.0	1.25	3.89	1.25

마. 이상낙엽 현상이 나타나는 감귤원의 뿌리분포

이상낙엽 현상이 나타나는 감귤원의 대부분은 사진 2-9와 같이 대부분의 뿌리가 표토에 분포되어 이었다. 현재까지 이상낙엽 현상과 징후를 토대로 볼 때, 이상낙엽의 원인은 주로 과다시비와 뿌리의 표토 분포로 인해 가을 또는 봄비료 과다시비시 시비한 비료성분이 용

해되어 표토에 분포된 뿌리에 일시에 직접 닿아 뿌리에 먼저 피해가 온 후에 낙엽현상이 나타나는 것으로 생각된다.

바. 이상낙엽 과원의 엽중 무기성분 함량비교

이상낙엽 증상을 나타내는 엽과 정상과원의 엽을 분석 비교 한결과 다량원소인 질소, 인산, 칼리 등은 큰차이가 없었으나 미량원소에서는 철, 아연은 2배정도 높았고 특히 망간 함량은 정상과원의 엽(52.4mg/kg)에 비하여 이상낙엽 증상을 보이는 엽은 3 4배(166 246mg/kg) 높은 경향을 보였다.

<그림 2-7> 엽중 다량원소 비교

<그림 2-8> 엽중 미량원소 비교

3. 감귤 수체영양과 수량관계

감귤 엽중 무기성분 함량에 따라 수체영양과 수량을 진단하기 위하여 일반 감귤원중에서 엽색의 차이가 있는 나무를 선정하여 분석한 결과 질소, 인산, 칼리, 마그네슘, 철 등은 47.8 - 75.8%정도가 적정범위에 포함되어 있었으나, 칼슘, 망간, 아연, 구리는 25% 미만이 포함되어 있었다.

<표 2-7> 엽중 무기성분의 함량

구분	다 량 성 분 (%)					미량성분 (mg/kg)			
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu
평균	2.66	0.18	1.22	2.02	0.33	58.53	64.63	14.99	4.11
최저	2.12	0.11	0.40	0.84	0.13	7.6	30.8	5.1	1.5
최고	3.43	0.30	3.01	6.62	0.59	218.2	114.7	39.5	13.3
C.V	8.95	13.49	29.97	24.06	16.45	83.13	15.44	32.04	27.04
비율*	68.4%	47.8	75.8	9.0	66.6	25.0	87.6	0.6	22.3

* 비율 : 조사샘플중 무기성분들의 적정범위에 속하는 비율

DRIS 공식
(Diagnosis AND Recommendation Integrated System)

공식 1) 만약 X >S 일 때 , $f(X)=100(1-X/S)*10/CV$
X<S 일 때 , $f(X)=100(S/X-1)*10/CV$
X ,CV : 최적의 표본 집단의 평균과 변이계수
s : sample의 값

공식 2) N 양분지수(NI) = [f(N)1+f(N/P)2+ …+f(N/Cu)n]/n
P 양분지수(PI) = [f(P)1 — f(N/P)2+ …+f(P/Cu)n]/n

공식3) 양분불균형지수 (nutrient imbalance index)
각성분의 양분지수값의 절대값의 합

주당 수량이 30, 50, 70, 90kg 범위의 10개체를 선발하여 적정범위방법과 DRIS방법을 이용하여 비교한 결과 무기성분들은 DMRT0.05에서 유의성이 있는 상관을 나타내었으나 이들의 평균값은 대부분 적정범위에 속해 있어 영양진단의 어려움이 있었다. 그러나 DRIS방법에 의해 분석하면 (-)값이 클수록 양분부족이 많음을 알 수 있었다.

<표 2-8> 적정범위기준의한 방법과 DRIS 영양진단 방법 비교

○ 적정범위 방법

수량	NII	다 량 성 분 (%)					미량성분 (mg/kg)			
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu
30	59.1a	2.72b	0.17	1.03b	2.35a	0.38a	129.58	62.57b	22.51	3.36bc
50	47.1a	2.85ab	0.18	1.13b	2.05b	0.34ab	125.72	71.81a	21.28	3.91a
70	31.4b	2.89ab	0.18	1.22ab	1.97b	0.27b	113.70	72.85a	20.38	3.13c
90	29.8b	2.93a	0.19	1.27a	1.94b	0.34ab	112.45	71.10a	19.87	3.65ab
DMRT	***	*	ns	**	*	*	ns	*	ns	*
적정 기준		2.5-3.0	0.15-0.18	1.0-2.0	2.5-4.0	0.3-0.6	50-150	50-150	30-150	5-15

○ DRIS 방법

30	77	-8	-4	-16	14	11	6	-10	6	0
50	39	-5	-3	-11	3	3	2	0	4	7
70	16	-1	-3	0	0	2	1	2	3	-5
90	20	-1	3	-4	-1	3	-1	-3	1	3

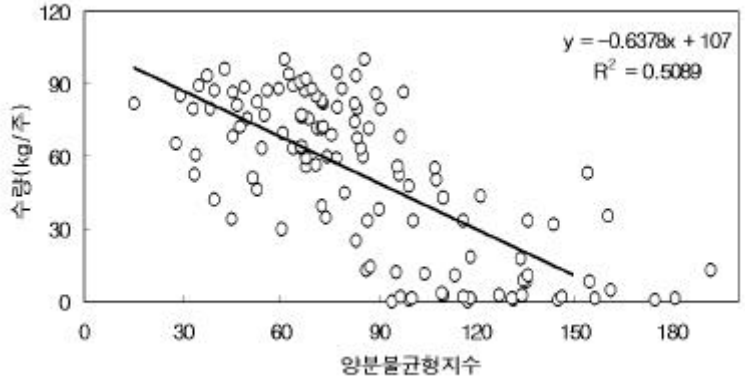
* 각 data는 수량단계별 10개체의 평균값

* NII : nutrient imbalance index

수량과 양분 불균형지수와의 단순회귀식은 y=-0.6378x+107, 상관

계수(R2)가 0.5089이며, p=0.0001 유의수준에서 고도로 유의한 부의 상관을 보였으나, 변이계수(CV)가 42.87%로 높았다. 감귤과 같이 영년생 과수에서는 수년간 반복을 하여 변이계수를 낮추는 것이 바람직하며, 앞으로 단순 무기분석에 의한 진단보다는 양분상호간의 분석에 의한 영양진단이 바람직하다고 생각된다.

<그림 2-1>양분불균형 지수와 수량과의 상관관계



4. pH조건에 따른 감귤의 생육관계

가. pH조건별 감귤 생육상황

pH 3, 4, 5, 6, 및 7로 처리하여 양액재배로 감귤 생육관계를 조사 한결과 pH 5-6에서 수고, 신초수 및 신초장이 양호하였고 뿌리의 근활력 역시 pH 5에서 좋은 결과를 얻었다.

<표 2-9> pH별 감귤 생육상황

처리	반복	수고 (㎝)	신초수 (개)	신초장 (㎝)	근활력 (μg/g/h)
pH3	1	86	45	34	254
	2	83	0	0	293
	3	78	55	26	238
	4	74	5	11.5	211
pH4	1	86	16	14	316
	2	60	55	29	285
	3	97	94	19	321
	4	85	35	14	287
pH5	1	92	84	11	494
	2	108	26	11	361
	3	102	27	18	251
	4	71	49	24	275
pH6	1	71	44	16	428
	2	95	72	27	422
	3	87	59	25	205
	4	90	60	24	352
pH7	1	92	0	0	422
	2	99	42	19	176
	3	100	102	12	280
	4	75	37	22	293

<사진 2-2> 양액 pH3 감귤생육

<사진 2-2> 양액 pH4 감귤생육

<사진 2-3> 양액 pH5 감귤생육

<사진 2-4> 양액 pH6 감귤생육

<사진 2-5> 양액 pH7 감귤생육　　<사진 2-6> 양액재배 전경

나. pH조건별 양액농도의 변화

양액농도의 변화는 시일이 경과함에 따라 pH는 낮아지는 경향이었으며, 이는 양액중의 NO3의 생성에 의한 것으로 예상되며, 또한, NO3의 생성은 양액에 첨가한 NH4 H2PO4의 NH4+ 이온이 nitrification이 일어나 생성되는 것으로 사료 된다. EC의 변화는 5-6월에 높아지는 경향이었으며. 인산은 온도가 높아질수록 올라가는 경향이었다.

<그림 2-2> 양액의 pH변화

<그림 2-3> 양액의 EC변화

<그림 2-4> 양액의 NO3변화

<그림 2-5> 양액의 PO4변화

<그림 2-6> 양액의 K변화

<그림 2-7> 양액의 SO4변화

다. pH조건에 따른 감귤 지상부 및 지하부의 무기성분 함량

pH조건에 따라 감귤 지상부 및 지하부의 무기성분 함량을 조사한 결과 질소함량은 pH 5 이하에서는 엽중질소 함량이 높았고 pH 6이상에서는 뿌리에서 높아지는 편이었다.

인산함량은 엽보다는 뿌리에서 높았으며 pH가 높을수록 많아지는 경향이었다. 칼리함량은 pH에 따른 큰 차이는 없었으나 엽중에서 뿌리보다 많은 편이었다.

특히 망간인 경우 pH가 낮을수록 뿌리중 망간함량이 높았고 엽에서도 비슷한 경향이었다.

철함량은 엽에서 보다는 뿌리에서 높은 경향을 보였다.

<그림 2-8> pH별 질소함량

<그림 2-9> pH별 인산함량

<그림 2-10> pH별 칼리함량

<그림 2-11> pH별 망간함량

<그림 2-12> pH별 철함량

5. **감귤 이상낙엽 초기진단에 의한 사전 예방 방법**

감귤 이상낙엽 발생시기는 12월부터 다음해 3월까지로 이때 엽끝 부분의 갈색 또는 흑갈색 반점이 발생되는 것이 특징이다.

농가에서 감귤 수확시 엽끝부분이 갈색 또는 흑갈색 반점이 보이면 토양의 산성화 되어 있다는 것을 암시하는 것으로서 이런 증상의 원인은 엽중 망간 과잉증으로 구명 되었다.

따라서 사진에서 보는 것처럼 증상을 보일 때는 우선 토양을 채취하여 검정기관에 의뢰를 하고, 비료사용량은 감귤시험장에서 개발 보급한 감귤엽색판을 기준으로 시비토록 한다.

이러한 증상을 사전에 판단 할수 있도록 과제 수행중 책자를 500부 제작 농가에 배부 교육하였고, 농가 반응 역시 눈으로 쉽게 판단할수 있어 어떤 방법보다 관심을 갖고 이용하고 있는 실정이다.

'98년 이후부터는 이상낙엽 현상이 발생되지 않는 것으로 보아 그 효과는 매우 크다고 할 수 있다.

개량방법으로는 우선 봄비료 시용전에 이상낙엽 징후가 보이는 과원은 석회고토를 200 - 300 kg/10a 시용하여 토양개량을 실시하고 봄비료는 토양검정결과에 의해 시비관리하는 체제로 활용하고 있다.

<사진 2-7>이상낙엽 초기현상 1 <사진 2-8>이상낙엽 초기현상 2

<사진 2-9> 이상낙엽 과수원 1 <사진 2-9> 이상낙엽 과수원 2

제 4절 결 론

1. 감귤원 이상낙엽 발생 원인 사례 분석

이상낙엽 현상이 나타난 감귤원은 제주도 전지역에서 지역에 구분 없이 골고루 781a가 발생하였는데, 주로 감귤추비용 복합비료를 과다하게 시용한 감귤원에서 발생하였다. 초기증상은 엽면에 적갈색 반점이 나타나기 시작하여 낙엽이 발생하며, 심하면 나무가 고사하였다.

2. 감귤 이상낙엽 발생 감귤원 토양의 화학성

이상낙엽이 발생한 감귤원 토양의 성질과 그 지역 평균 토양의 성질을 비교했을 때 토양 산성화 현상이 뚜렷하였으며, 양분간 불균형이 심하게 나타났다. 이상낙엽 발생과원의 뿌리 분포는 표층 10㎝ 이내에 대부분 세근이 분포되어 있고 심한 지역에서는 세근이 모두 농도장해에 의해 고사된 경우가 많았다. 이상낙엽 발생과원 토양은 pH 4.5 이하로 매우 산성을 나타내었고, 칼리함량이 석회, 고토에 비하여 높은 경향이었다. 엽중 무기성분 함량은 정상적인 엽과 비교하여 인산, 칼리는 비슷한 경향이었으나, 미량원소인 철, 망간 함량은 3 4배 높은 경향이었다.

3. 감귤 수체영양과 수량관계

감귤 엽중 무기성분 함량에 따라 수체영양과 수량을 진단하기 위하여 DRIS 영양진단 방법을 이용하였을 때 (-)값이 클수록 양분부족이 많음을 알 수 있었다.

수량과 양분 불균형지수와의 단순회귀식은 y=-0.6378x+107, 상관계수(R2)가 0.5089이며, p=0.0001 유의수준에서 고도로 유의한 부의 상관을 보였으나, 변이계수(CV)가 42.87%로 높았다. 감귤과 같이 영년생 과수에서는 수년간 반복을 하여 변이계수를 낮추는 것이 바람직하다고 생각된다

4. pH조건에 따른 감귤의 생육관계

pH 조건에 따른 감귤의 생육관계를 Hogland 용액으로 양액재배를 하면서 조사한 결과 pH 5 6에서 수고, 신초수 및 신초장이 양호하였고, 뿌리의 근활력 역시 pH 5에서 좋은 결과를 얻었다. pH 조건별 양액 농도의 변화를 보면 시일이 경과함에 따라 pH는 낮아지는 경향이

었으며 인산은 온도가 높아질수록 올라가는 경향이었다. pH 조건에 따른 감귤 지상부 및 지하부의 무기성분 함량은 pH 5이하에서 엽중 질소 함량이 높았고, pH 6이상에서는 뿌리에서 높아지는 편이었다. 망간인 경우 pH가 낮을수록 뿌리중 망간함량이 높았고 엽에서도 비슷한 경향이었다.

5. 감귤 이상낙엽 초기진단에 의한 사전 예방 방법

감귤 이상낙엽 발생은 겨울철 12월 3월까지 발생하였고, 사전예방을 위하여 감귤 수확시 엽끝 갈색 또는 흑갈색 반점이 보이면 토양산성화에 의한 망간 과잉현상에 의한 이상낙엽 초기 증상으로 간주를 한다. 그런 다음 토양개량방법으로 우선 봄비료 시용전에 이상낙엽 징후가 보이는 과원은 석회고토를 200 - 300 kg/10a 시용하여 토양개량을 실시하고 봄비료는 토양검정결과에 의해 시비관리하는 것이 좋다.

제3장 토양개량 방법의 감귤수체에 미치는 영향

제1절 서론

감귤 재배 농가에서는 비료시용을 대부분 표층시비를 하고 있으며 토양 개량제 처리는 밀식에 의해 거의 실시되고 있지 않는 실정이다. 또한, 화학비료 과다시용에 의한 문제점이 발생됨에 따라 농가에서는 유기물 시용이 늘어나고 있고 유기질 비료의 종류도 매우 다양한 실정이다.

본 장 연구에서는 토양개량제 처리 및 유기물종류별에 의한 토양개량효과와 수체영양을 농가포장에서 실증시험 함으로써 그 파급효과를 높이고자 하였다.

감귤원 토양은 육지부와 달리 화산회토양으로 토양별 특성이 매우 다르다. 따라서 농가 실증 시험을 토양별 2개소로 나누어 토양 개량효과를 검토하고자 하였고, 유기물 종류별 효과시험은 감귤농가에서 많이 사용되고 있는 유기질 비료 5종을 선택하여 효과를 검토하고자 실시하였다.

제2절 시험수행 및 방법

토양 개량제 처리에 의한 토양개량효과시험은 농가포장에서 실증시험으로 실시하였는데 흑색화산회토(성산, 표선지역)과 농암갈색 화산회토(안덕,대정)에 10a당 마분퇴비 2,500kg과 석회고토 300 kg를 처리하고 30㎝로 심경한 후 토양성질의 변화를 조사하였다(표 3-1).

토양 및 엽분석은 농촌진흥청 분석법에 의해 분석하였고 과실의 횡경,종경 및 과실특성은 성숙기에 조사하였다. 유기물 종류별 토양개량 및 수체에 미치는 영향시점은 흑색 화산회토양에서 실시하였으며 유기물종류는 감귤농가에서 많이 사용되는 5종을 선택하였으며 10a당 시용량은 200-300kg이며 추천시비량을 준수하였다. 토양, 엽분석 및 과실조사는 토양개량제 효과시험과 동일하게 조사 분석 하였다.

<표 3-1> 토양 개량방법 농가실증 시험포장 및 처리

토 양	지 역	면적(a)	처리일자	처리내용
흑 색 화산회토	성산지역	100	'98. 2. 23	- 마분퇴비: 2,500kg - 석회고토: 300 kg - 유기질비료 -봄: 100 kg -여름: 60kg -가을: 80kg
	표선지역	100	'98. 2. 20	
농암갈색 화산회토	안덕지역	100	'98. 2. 18	- 마분퇴비: 2,500kg - 석회고토: 300 kg - 유기질비료 -봄: 160 kg -여름: 80kg -가을: 80kg
	대정지역	100	'98. 2. 26	

제3절 결과 및 고찰

1. 토양개량제 처리에 의한 토양개량 효과

가. 시험전 토양의 화학적 성질

제주도 대표토양을 4개로 나누어 농가포장에서 토양 개량방법 시

험을 하였는데, 시험 전 토양의 성질은 표 3-2에서 보는 바와 같다. 토양 유기물함량은 95 127g/kg으로 일반적인 제주도 토양의 유기물 함량과 비슷하였으며, 유효인산은 대정 및 성산지역이 적정기준인 300mg/kg과 비슷하였고 남원과 안덕지역은 약 2배 높았다. 치환성 Ca와 Mg는 대부분 낮았으며, 이로 인해 토양 pH는 4.4 4.8로 매우 낮았다.

<표 3-2> 시험 전 토양의 화학적 성질

토 양	지 역	pH	유기물 함량 (g/kg)	유효 인산 (mg/kg)	치환성양이온 (cmol/kg)			EC (mS/cm)
					K	Ca	Mg	
흑 색 화산회토	성산 지역	4.9	168	440	1.01	3.11	1.4	0.182
	표선 지역	5.0	149	971	1.10	3.1	1.3	0.062
농암갈색 화산회토	안덕 지역	4.4	128	540	1.14	1.4	1.0	0.192
	대정 지역	4.4	86	641	1.29	1.98	1.1	0.528

토양별로 각각 2개지역의 농가포장에서 실시된 토양개량제 처리후 토양의 화학적 성질의 변화는 표 3-3와 같다.흑색화산회토인 성산과 표선지역의 경우 시험구가 대비구에 비하여 pH가 상승하였고 석회요구량이 낮아 토양개량효과를 나타냈다. 토양중 치환성 Ca과 Mg함량은 증가하였으나 유기물함량은 비슷한 경향을 나타냈다.

농암갈색 화산회토인 안덕과 대정지역에서도 흑색화산회토와 마찬가지로 pH가 상승하였고, 토양중 치환성 Ca과 Mg함량이 2-3배 가량 개선되는 효과를 나타냈다.

<표 3-3> 토양 개량제 처리후 토양의 화학적 성질

토양	지역	구분	pH (1:5)	유기물 (g/kg)	유효 인산 (mg/kg)	치환성양이온 (cmol/kg)			석회요구량 (kg/10a)
						K	Ca	Mg	
흑색 화산회토	성산 지역	시험구	5.6	185	340	0.97	4.65	1.78	1010
		대비구	4.2	178	322	0.88	1.69	0.07	1450
	표선 지역	시험구	5.5	151	345	1.24	6.43	1.30	1112
		대비구	4.0	140	464	1.09	1.84	0.38	1550
농암갈색 화산회토	안덕 지역	시험구	5.8	159	612	1.35	10.96	3.93	750
		대비구	4.5	127	581	0.83	4.18	1.45	1112
	대정 지역	시험구	5.8	149	270	1.67	5.79	1.83	1175
		대비구	4.6	130	182	0.78	1.62	0.24	1690

토양개량제 처리후 토양의 물리적 성질의 변화는 표 3-3과 같다. 흑색화산회토인 성산지역의 경우 시험구가 대비구에 비하여 용적밀도와 입자밀도가 낮고 공극률이 증가하여 물리성이 개선되는 효과를 보인반면 표선지역의 경우는 차이가 없었다.

농암갈색 화산회토인 안덕과 대정지역의 경우 시험구가 대비구에 비하여 용적밀도가 낮고 공극률이 증가하여 물리성이 개선되는 효과를 나타냈다.

<표 3-4> 토양 개량제 처리후 토양 물리성 개량효과

토 양	농가명	구 분	용적밀도 (g/㎤)	중량수분함량 (%)	입자밀도 (g/㎤)	삼상분포 기상	액상	고상	공극률 (%)
흑색화산회토	성산지역	시험구	0.69	58	2.22	11	58	31	69
		대비구	0.81	59	2.30	6	59	35	65
	표선지역	시험구	0.82	55	2.30	9	55	36	64
		대비구	0.75	50	2.35	18	50	32	68
농암갈색화산회토	안덕지역	시험구	0.97	39	2.55	22	40	38	62
		대비구	1.07	38	2.54	20	38	42	58
	대정지역	시험구	0.97	37	2.48	24	37	39	61
		대비구	1.05	40	2.55	19	40	41	59

나. 토양개량제 처리에 의한 수체 영향

토양개량제 처리에 의한 감귤 엽중 성분의 함량은 표 3-5와 같다.

흑색화산회토인 성산지역에서는 질소와 칼리함량이 시험구가 대비구에 비해 높았으나 칼슘과 마그네슘함량은 낮았다. 표선지역에서는 질소와 인산함량은 비슷한 경향이었으나 칼리, 칼슘, 마그네슘 함량은 증가하는 경향이었다.

농암갈색 화산회토인 안덕지역의 경우 시험구가 대비구에 비해 가리, 칼슘, 마그네슘 함량은 증가하는 경향이었으며 대정지역에서는 인산, 칼리, 칼슘함량이 증가하는 경향이었다.

<표 3-5> 토양개량제 처리에 의한 감귤 엽중 성분함량

토양	지역	구분	질소 (%)	인산 (P2O5)	가리 (K2O)	칼슘 (CaO)	마그네슘 (MgO)
흑색 화산회토	성산지역	시험구	1.56	0.10	0.51	0.64	0.17
		대비구	1.46	0.11	0.35	0.84	0.22
	표선지역	시험구	1.44	0.14	0.69	0.69	0.20
		대비구	1.45	0.13	0.38	0.34	0.17
농암갈색 화산회토	안덕지역	시험구	1.39	0.15	0.68	0.81	0.29
		대비구	1.37	0.17	0.36	0.56	0.18
	대정지역	시험구	1.38	0.14	0.76	0.75	0.19
		대비구	1.40	0.11	0.72	0.46	0.18

'98. 8. 19일 시험포장의 과실 특성은 그림 3-1에서 보는 바와 같이 성산 지역에서는 처리구가 대조구에 비해 횡경이 2㎜ 컸으며, 표선 지역에서는 3.2㎜ 켰다. 또한, 안덕 지역에서는 0.8㎜ 컸으나, 대정 지역에서는 0.6 ㎜ 적어 토양개량제의 처리구에서 과실 횡경이 커지는 경향을 나타내었다.

<그림 3-1> 지역별 토양개량제가 과실 횡경에 미치는 영향

과실종경은 횡경과는 달리 처리효과가 나타나지 않았다(그림 3-2). 토양개량제의 처리가 과실의 특성에 미치는 영향은 앞으로 과실이 성숙함에 따라 달라질 것으로 예상된다.

<그림 3-2> 지역별 토양 개량제가 과실 종경에 미치는 영향

토양개량제 처리후 '99년 9월 6-7일에 주당 엽수, 과실수 및 엽과

비를 비교한 결과는 표 3-6에서 보는바와 같다.

흑색화산회토인 성산지역의 경우 시험구가 대비구에 비해 주당 엽수, 과실수가 많았으며 엽과비는 낮아 수체의 안정과 적정착과를 유도할수 있었다. 그러나 표선지역의 경우는 엽과비가 18.6으로 대비구에 비해 높은 경향이었다.

농암갈색 화산회토인 안덕지역에서는 같은 결과를 얻을 수 있었으나 대정지역의 경우 엽과비가 17.5로 남제주군 평균엽과비와 비교하여 98년보다는 낮았으나 99년과는 비슷한 경향을 나타냈다.

<표 3 - 6> 처리별 주당엽수, 과실수 및 엽과비 비교

토양	지역	구분	엽수(개)/주	과실수(개)/주	엽과비
흑색 화산회토	성산지역	시험구	10446	315	33.6
		대비구	11035	298	37.0
	표선지역	시험구	19119	1029	18.6
		대비구	8179	200	24.4
농암갈색 화산회토	안덕지역	시험구	10188	412	24.7
		대비구	6211	239	26.0
	대정지역	시험구	11059	632	17.5
		대비구	9808	213	21.8

※ 남제주군 평균 엽과비

구분	평균(96,97,98년)	'98	'99	비고
남제주군	25.7	28.7	16.3	

'99년 5월 11일 화엽비의 조사결과는 표 3-6과 같이 안덕지역을 제외한 지역에서는 시험구가 대비구에 비해 높은 편이었다

<표 3-7> 토양개량제 처리별 화엽비 비교

토양	지역	화엽비	
		시험구	대비구
흑색 화산회토	성산지역	0.56	0.44
	표선지역	0.78	0.49
농암갈색 화산회토	안덕지역	0.34	0.56
	대정지역	0.76	0.69

토양개량제 처리 후 과실의 당도와 산도를 조사한 결과는 표 3-8과 같다. 모든 지역에서 시험구가 대비구에 비해 당도가 증가하였으

며 안덕지역을 제외하고 당산비가 향상되는 효과를 나타냈다.

<표 3-8> 토양개량제 처리에 의한 과실특성

토 양	지 역	구 분	당도(Brix)	산도(%)	당산비
흑 색 화산회토	성산지역	시험구	7.87	1.68	4.68
		대비구	6.83	1.66	4.11
	표선지역	시험구	7.57	1.61	4.70
		대비구	7.10	1.75	4.06
농암갈색 화산회토	안덕지역	시험구	7.50	1.53	4.90
		대비구	6.53	1.17	5.58
	대정지역	시험구	7.53	1.26	5.98
		대비구	7.43	1.33	5.59

2. 유기물 종류별 토양개량 및 수체에 미치는 영향

가. 유기물 종류별 토양개량 효과

1) 시험전 토양의 화학적 성질

시험전 토양의 화학적 성질은 pH가 매우 낮고 유효인산함량은 적정수준(300 ㎎/㎏)보다 약간 높았으나, 치환성 양이온의 함량은 낮고 석회 요구량은 높은 경향을 나타냈다.

<표 3-9> 처리전 토양의 화학적 성질

토 양	구 분	pH (1:5)	유기물 (g/kg)	유효 인산 (㎎/㎏)	치환성 양이온 (cmol/kg)			석 회 요구량 (kg/10a)
					K	Ca	Mg	
흑 색 화산회토 (표선지역)	시험구	3.8	95	346	2.04	3.90	1.70	2008
	대비구	3.7	89	354	1.82	1.90	1.00	1897

유기질 비료 및 퇴비 처리 후 '97년 11월의 토양의 pH는 약 1-2 높아졌으며, 유기물함량은 약 4% 내외 높아졌다. 또한, 유효인산함량과 치환성 Ca 및 Mg함량이 높아졌으며, 치환성 K 함량은 큰 차이가 없었다. 토양개량을 위한 석회의 요구량은 감소하였으며 유기농 1호에서 훨씬 좋은 결과를 얻을수 있었다.

<표 3-10> 유기질 비료 및 퇴비 처리 후 토양화학적 성질의 변화

토 양	유기물 종류	구 분	pH (1:5)	유기물 (g/kg)	유효 인산 (mg/kg)	치환성양이온 (cmol/kg)			석회 요구량 (kg/10a)
						K	Ca	Mg	
흑색화산회토 (표선지역)	바이오 퇴비	시험구	5.4	118	552	0.70	4.24	1.65	1050
		대비구	4.2	92	441	0.82	1.34	0.72	1450
	채종 유박	시험구	5.6	125	663	0.70	4.66	1.90	900
		대비구	4.2	92	441	0.82	1.34	0.72	1450
	부산물 퇴비	시험구	5.8	145	643	0.85	5.88	1.84	750
		대비구	4.2	92	441	0.82	1.34	0.72	1250
	발효 어박	시험구	5.5	158	645	1.65	5.79	1.83	950
		대비구	4.2	92	441	0.82	1.34	0.72	1250
	유기농 1호	시험구	5.9	125	428	0.78	6.17	1.27	675
		대비구	4.2	92	441	0.82	1.34	0.72	1250

흑색 화산회토인 표선지역에서 유기물을 종류별로 처리후 토양의 물리성의 변화를 조사한 결과 용적밀도가 감소하고 공극률이 증가하여 물리성이 개선되는 효과를 얻었다. 유기물별로는 유기농 1호, 채종유박, 부산물 퇴비 등에서 좋은 결과를 얻을 수 있었으며 입자밀도

등은 차이가 없었다.

<표 3-11> 유기물 종류별 처리후 토양물리성 변화

토양	유기물 종류	구분	용적밀도 (g/㎤)	중량수분함량 (%)	입자밀도 (g/㎤)	삼상분포			공극률 (%)
						기상	액상	고상	
흑색 화산회토 (표선지역)	바이오 퇴비	시험구	0.67	65	2.40	7	65	28	72
		대비구	0.72	64	2.40	16	64	30	70
	채종 유박	시험구	0.61	63	2.39	12	63	25	75
		대비구	0.72	64	2.40	16	64	30	70
	부산물 퇴비	시험구	0.59	54	2.36	21	54	25	75
		대비구	0.72	64	2.40	16	64	30	70
	발효 어박	시험구	0.68	58	2.52	15	58	27	73
		대비구	0.72	64	2.40	16	64	30	70
	유기농 1호	시험구	0.60	54	2.41	21	54	25	75
		대비구	0.72	64	2.40	16	64	30	70

나. 유기물 종류별 수체 영향

바이오 퇴비, 채종유박, 부산물 퇴비, 발효 어박, 유기농 1호를 처리후 감귤 엽중 무기성분 함량의 변화를 조사한 결과는 표 3-12과 같다.

바이오 퇴비, 유기농 1호를 처리한 시험구는 대비구에 비해 질소, 인산, 칼슘, 마그네슘 함량이 증가하였으며, 채종유박, 부산물 퇴비,

발효 어박을 처리한 시험구에서는 인산, 칼슘, 마그네슘 함량이 증가하였다.

<표 3-12> 유기물 종류별 감귤엽중 무기성분함량

지역	농가명	비료별	구 분	질소 (%)	인산 (P_2O_5)	가리 (K_2O)	칼슘 (CaO)	마그네슘 (MgO)
표선지역	고창구	바이오퇴비	시험구	1.44	1.10	0.75	0.41	0.24
			대비구	1.33	0.98	0.51	0.27	0.19
		채종유박	시험구	1.30	10.8	0.64	0.77	0.25
			대비구	1.33	0.98	0.51	0.27	0.19
		부산물퇴비	시험구	1.35	0.92	0.58	0.29	0.19
			대비구	1.33	0.98	0.51	0.27	0.19
		발효어박	시험구	1.25	1.09	0.41	0.49	0.22
			대비구	1.33	0.98	0.51	0.27	0.19
		유기농 1호	시험구	1.41	1.18	0.44	0.43	0.19
			대비구	1.33	0.98	0.51	0.27	0.19

'99년 5월 14일에 유기물 종류별로 화엽비에 미치는 영향을 조사한 결과 시험구가 대비구에 비해 약간 높은 편으로 유기물별로는 발효어박과 유기농 1호 처리구에서 높았다(표 3-13).

<표 3-13> 유기물 종류별 화엽비에 미치는 영향

토 양	유기물종류	시험구	대비구
흑색화산회토 (표선지역)	바이오퇴비	0.7	0.88
	채종유박	1.0	0.88
	부산물퇴비	1.1	0.88
	발효어박	1.2	0.88
	유기농1호	1.2	0.88

<표 3-14> 유기물 종류별 주당 엽수, 과실수, 엽과비

토양	유기물종류	구 분	엽 수 (개)/주	과 실 수 (개)/주	엽과비
흑 색 화산회토 (표선지역)	부산물퇴비	시 험 구	12710	509	25.0
		대 비 구	12337	318	25.8
	채종유박	시 험 구	11510	441	26.1
		대 비 구	12337	318	25.8
	바이오퇴비	시 험 구	9544	388	24.6
		대 비 구	12337	318	25.8
	발효어박	시 험 구	7009	326	21.5
		대 비 구	12337	318	25.8
	유기농1호	시 험 구	12228	534	22.9
		대 비 구	12337	318	25.8

유기물을 종류별로 처리 후 주당 엽수, 과실수, 엽과비를 조사한 결과 시험구가 대비구에 비해 과실수가 많았으며 엽과비는 비슷한 경향을 나타냈으나 발효어박과 유기농 1호 처리구에서는 시험구가 대비구에 비해 엽과비가 낮았다(표 3-14).

<표 3-15> 유기물 종류별 감귤 횡경 및 종경

토 양	유기물종류	구 분	횡경(㎝)	종경(㎝)	과형지수
표선지역	바이오퇴비	시 험 구	56.9	50.0	87.8
		대 비 구	58.5	50.5	86.3
	채 종 유 박	시 험 구	57.1	50.0	87.5
		대 비 구	58.5	50.5	86.3
	부산물퇴비	시 험 구	56.3	49.2	87.3
		대 비 구	58.5	50.5	86.3
	발 효 어 박	시 험 구	56.6	48.7	86.0
		대 비 구	58.5	50.5	86.3
	유기농1호	시 험 구	57.7	49.0	84.9
		대 비 구	58.5	50.5	86.3

유기물을 종류별로 처리 후 과실의 횡경과 종경을 조사한 결과 모든 시험구에서 횡경과 종경이 대비구보다 작았으며 유기농 1호와 발효어박를 제외한 모든 처리구에서 과형지수가 높았다(표 3-15).

다. 유기물 종류별 과실특성

유기물을 종류별로 처리한 후의 과실의 당도와 산도를 조사한 결과 모든 처리구에서 당도와 산도는 증가하였으며 당산비는 낮아지는 경향이었다(표 3-16). 유기물 종류별로는 채종유박과 유기농 1호에서 당도가 증가하였다.

<표3-16> 유기물 종류별 과실특성

토 양	유기물종류	구 분	당도(Brix)	산도(%)	당산비
흑색 화산회토 (표선지역)	부산물퇴비	시 험 구	7.10	1.58	4.49
		대 비 구	6.00	1.13	5.31
	채 종 유 박	시 험 구	7.23	1.70	4.30
		대 비 구	6.00	1.13	5.31
	바이오퇴비	시 험 구	6.47	1.39	4.65
		대 비 구	6.00	1.13	5.31
	발 효 어 박	시 험 구	6.50	1.53	4.25
		대 비 구	6.00	1.39	5.31
	유기농1호	시 험 구	7.23	1.70	4.30
		대 비 구	6.00	1.39	5.31

제4절 결 론

1. 토양개량제 처리에 의한 토양개량 효과

토양개량제 처리 및 유기물 종류에 의한 토양 개량효과와 수체영향을 흑색, 농암갈색 화산회토 농가포장에서 실증시험으로 수행하였다.

석회고토 300kg/10a를 처리하고 마분퇴비를 2,000kg/10a를 시용한 결과 토양중 pH 1.5정도 높아졌고, 석회, 고토함량이 대비구에 비하여 2 4배 증가하였으며, 석회 요구량은 감소하여 30% 시용 절감효과를 나타냈다.

토양 물리적인 개선도 용적밀도가 낮아지고 공극율이 높아져 토양 입단구조가 잘 형성되는 편이었으며 농암갈색 화산회토에서는 칼슘 함량은 증가하였다. 그러나 엽 중 무기성분 함량에서는 큰 차이가 없었다. 감귤은 영년생 과수이므로 토양 개량에 의한 수체 영향 반응은 지속적 검토가 필요하다고 생각된다.

과실의 횡경은 토양 개량제 처리구에서 커진 반면 종경은 처리효과가 나타나지 않았다.

엽과 과실수의 비율은 토양 개량제 처리구에서 낮은 경향으로 착과량이 많은 경향이었다. 화엽비는 대체로 토양 개량제 처리구가 대비구에 비해 높은 편이었다.

과실특성은 토양 개량제 처리구에서 당도 및 당산비가 높은 경향이었다.

2. 유기물 종류별 토양개량 및 수체에 미치는 영향

유기물 종류별 토양개량 및 수체 영향은 유기물 처리에 따라 토양 pH가 1.5정도 높아졌고, 유효인산, 유기물, 치환성 양이온 함량이 높아졌다.

유기물을 종류별로 처리후 토양의 물리성의 변화를 조사한 결과 용적밀도가 감소하고 공극률이 증가하여 물리성이 개선되는 효과를 보였으며 채종유박, 유기농1호에서 효과가 높았다.

감귤나무의 엽중 무기성분 중 칼슘, 마그네슘 함량은 유기물 처리 후 증가하였고 엽과비와 화엽비도 높았다.

유기물 종류별 과실특성은 채종유박, 유기농1호 처리에서 당함량이 높은 경향이었다.

감귤재배 농가에서 이상낙엽 초기 징후가 발생되면 토양 개량제(석회고토 300kg/10a)를 시용하고 유기물은 채종유박 등을 시용하는 것이 토양개량 및 수체 영양을 위하여 효과적이라 사료된다.

제4장 피해지역 토양용액 중 이온의 존재형태 구명

제1절 서론

이상낙엽 현상이 나타난 감귤원의 특징은 첫째 기상학적으로 전년도 겨울이 건조하고 저온 상태가 많이 유지되어 수세가 약해질 수 있는 조건이었으며, 둘째 표층 시비를 하여 뿌리가 주로 표토에 많이 분포되었고, 셋째 비료를 많이 사용하는 농가였다. 따라서 제 1세부과제의 현장 조사에서 추론한 것은 이상낙엽의 원인이 수세 약화에 따른 과다시비에 의한 것으로 추정하였다.

특히, 이 시기는 감귤농가가 일반적으로 사용해온 요소(NH4)2CO) 대신에 유안((NH4)2SO4)을 많이 시용한 시기인데, 요소가 토양 중에서 NH+4, NO-3로 변하는데 반하여 유안은 NH+4, NO-3, SO2-4 이온으로 존재하기 때문에 동일한 양의 비료를 사용한다고 하더라도 뿌리에 미치는 영향은 더 크게 나타날 수 있다.

토양 중에 염류농도가 높을 경우에는 뿌리의 양·수분 흡수력이 약해지고 탈수현상이 나타나 낙엽현상을 유도하는 것이 일반적이다. 또한, 비료의 사용량이 많다고 하더라도 토양 중에서 어떤 형태로 존재하느냐에 따라 뿌리에 미치는 영향이 달라지는데, Ca, Mg, Na 및 미량원소와의 결합비율 또는 free ligand로 존재하는 양에 따라 달라진다. 따라서 토양용액 중에 free ligand의 양이 많아질수록 뿌리에 직접적으로 미치는 해가 커지며, 침전형태 또는 용해도가 낮은 형태로 존재하는 경우에는 뿌리에 미치는 피해가 적어질 수 있다. 따라서, 토양 용액 중의 이온의 농도, 분포 특성 등은 이상낙엽 현상을 해석하고 방지대책을 마련하는데 필요하다.

본 연구는 이상낙엽 현상의 원인 구명을 위해 첫째 이상낙엽 현상

이 나타난 예래 지역의 2개 감귤원, 광령 지역의 3개 감귤원, 남원지역 2개 지역, 대평 지역 2개 감귤원, 토양지역 1개 감귤원에서 토양시료를 채취하여 포화침출액 중의 음이온의 분포특성을 조사하여 이상낙엽 현상의 발생에 미치는 영향을 조사하고, 둘째 6년간 비료 사용량을 무비료구, 무질소구, 무인산구, 무칼리구, 3요소 표준구(농촌진흥청 권장 시비량), 3요소 3배구(농촌진흥청 권장 시비량의 3배 시용구)로 처리하여 토양깊이별 토양 화학적 성질의 차이를 조사하고, 셋째 토양용액을 포화 침출법으로 침출하여 각 처리별 용액 중 음이온이 양이온과 결합된 형태의 비율과 free ligand의 비율을 Geochem PC로 해석하여 이상낙엽현상의 원인을 밝히기 위해 수행되었다.

제2절 시험수행 및 방법

1. 이상낙엽 지역의 음이온 특성

이상낙엽 현상이 발생하는 감귤원의 토양을 표토와 심토로 구분 채취하여 증류수로 각 토양을 침출하여(1:5) 수용성 양, 음이온을 조사하였다. Ca, Mg, K 등은 원자흡광광도계로, Cl, PO4, SO4, NO3 등은 이온 크로마토그라피로 측정하였다.

2. 시비량 차이에 따른 이온 특성의 비교

이상낙엽 발생 현상은 과제를 시작한 이후 매년 약 10 - 20회에 걸쳐 과다시비에 의한 고사현상을 설명하여 발생되지 않아 감귤시험장에서 6년간 무비료, 표준구, 표준 3배구 비료처리 포장에서 토심별로 토양을 채취하여 토양의 pH, EC, 유기물함량, 유효인산, 치환성 Ca, Mg, K 등을 조사하였다. 분석방법은 농촌진흥청 토양화학분석법에 준하여 분석하였다.

이온의 분포특성은 표토와 심토로 나누어 채취한 후에 포화침출법으로 침출하여 Ion chromatography(Dinex 100)와 AAS(Varian AA)를 사용하여 정량한 후에 Geochem PC 프로그램을 이용하여 구하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. 이상낙엽 지역의 음이온 특성

가. 예례지역 이상낙엽 발생 감귤원 토양의 음이온 함량

예례지역 감귤원 토양중 음이온의 양은 표 4-1에서 보는 바와 같이 Cl과 SO4 농도가 매우 높으며, PO4 농도는 매우 낮거나 검출되지 않았다. 인산함량이 낮은 것은 인산비료(용성인비)가 주로 봄비료로 사용하기 때문에 이상낙엽 현상이 나타난 시기에는 토양 중의 함량이 매우 낮게 나타난 것으로 보이며, 이상낙엽 현상에 영향을 주지 않은 것으로 보인다.

반면에 SO4와 Cl 이온은 매우 농도가 높았다. 즉, 토양에 들어갔을 때 쉽게 용해되는 염화칼리, 유안 등을 사용함으로써 일시적으로 높아지면서 뿌리의 탈수현상이 나타나고 이상낙엽 현상이 유도되며, 약해진 수세 때문에 그 피해가 커진 것으로 보인다.

<표 4-1> 예례지역의 음이온 특성

조사지점		Cl	NO3	PO4	SO4	total anions
		mg/kg				
예례 A	표토	4,663.2	722.1	115.9	25,101.1	30,602.3
예례 B	표토	2,590.4	577.3	0.0	7,520.5	10,688.2
	심토	1,350.0	629.5	0.0	3,282.0	41,290.5

나. 광령지역 이상낙엽이 발생한 감귤원 토양의 음이온 함량

광령지역에서는 이상낙엽이 발생한 3개 지점에서 토양을 채취하여 음이온의 농도를 조사했는데(표 4-2), Cl과 NO3 농도는 다른 지역에 비해 낮은 편이었으며, PO4는 매우 낮거나 검출되지 않았다. 반면, SO4 농도는 다른 지역의 피해 감귤원과 동일한 경향으로 높은 편이었다.

광령지역은 표토 토양용액 중의 SO4 농도는 1,000 mg/kg 이상이었으며, PO4 이온의 농도는 다른 지역과 마찬가지로 낮은 편이었다.

<표 4-2> 광령지역의 음이온 특성

조사지점		Cl	NO3	PO4	SO4	total anions
		mg/kg				
광령 A	표 토	371.78	129.86	1.1	3,538.5	4,041.23
	심 토	698.9	78.2	0.0	2,496.1	3,273.2
광령 B	표 토	252.17	119.57	0.0	1,881.5	2,253.2
	심 토	479.01	83.48	0.0	549.25	1,111.74
광령 C	표 토	140.77	25.81	5.09	1,011.55	1,183.22
	심 토	193.06	38.77	0.0	800.95	1,032.78

다. 남원지역 이상낙엽이 발생한 감귤원 토양의 음이온 함량

남원지역에서는 이상낙엽이 발생한 2개 지점에서 토양을 채취하여 음이온의 농도를 조사했는데(표 4-3), NO3와 SO4 농도가 다른 이온에 비해 높은 편이었으며, 심토에서는 PO4는 검출되지 않았다.

<표 4-3> 남원지역의 음이온 특성

조사지점		Cl	NO3	PO4	SO4	total anions
		mg/kg				
남원 A	표 토	105.8	266.7	38.2	976.6	1,387.3
	심 토	178.6	291.1	0.0	1,116.2	1,585.9
남원 B	표 토	205.2	461.5	6.1	594.5	1,267.3
	심 토	268.8	500.2	0.0	506.5	1,275.5

라. 대평 지역 이상낙엽이 발생한 감귤원 토양의 음이온 함량

대평 지역에서 채취한 토양중 음이온은 SO4 농도가 가장 높았으

며, 총 음이온의 농도는 1,280 mg/kg으로 다른 지역에 비해 낮은 편이었다(표 4-4).

<표 4-4> 대평지역의 음이온 특성

조사지점	Cl	NO3	PO4	SO4	total anions
	mg/kg				
대 평	240.2	167.8	113.5	761.3	1,282.8

마. 토산지역 이상낙엽이 발생한 감귤원 토양의 음이온 함량

토산지역에서 이상낙엽 발생 감귤원의 음이온 농도는 표 4-5에서 보는 바와 같이 다른 지역에 비해 낮은 편이었으며, 일반 농경지에 비해 피해를 일으킬만한 특이성을 나타내지는 않았다.

<표 4-5> 토산지역의 음이온 특성

채취지점		Cl	NO3	PO4	SO4	total anions
		mg/kg				
토 산	표 토	35.5	165.5	0.0	339.3	540.3
	심 토	77.6	160.1	0.0	84.6	322.2

바. 전기전도도와 음이온 함량과의 관계

조사된 이상낙엽 발생감귤원 토양의 음이온의 합과 전기전도도와는 직선적인 관계를 갖고 있었으며(그림 4-1), 최고 12 mS/m의 높은 전기전도도 값을 나타내는 감귤원이 조사되었다.

반면, 감귤시험장 및 인근 정상 감귤원 토양중 음이온 합의 농도는 최고 800mg/kg을 상회하는 것도 조사되었으나, 대부분 400mg/kg 이하였으며, 전기전도도도 0.6mS/m 이하였다.

사. 엽중 성분함량 비교

이상낙엽이 발생한 예례와 조천 및 정상 감귤원인 감귤시험장 포장의 감귤나무 엽중 함량 비교는 그림 6-2와 같다. 엽중 함량은 N, P, K, Mg 등은 이상낙엽이 발생한 지역과 정상지경간에 차이가 없었으며, Fe, Mn 및 Zn 함량은 이상낙엽이 발생한 지역이 정상지역에 비해 약 2배 이상 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 제 1 세부과제의 이상낙엽 초기 현상이 Mn 과잉현상과 비슷한 모양을 나타낸 것과 관련이 있는 것으로 생각된다.

아. 치환성 양이온과 pH와의 관계

그림 4-3은 이상낙엽이 발생한 지역에 치환성 양이온의 합과 pH와의 관계를 나타낸 것으로 토양 치환성 양이온의 합이 7 cmol/kg까지는 거의 직선적으로 증가하다가 그 이후부터는 증가하지 않는 현상이 나타났다($Y = 2.55 x (1 - e^{-0.4X}) + 2.68$). 이와 같은 현상은 제 1 세부과제에서 조사한 결과를 감안할 때 토양의 염기포화도가 높아져도 과다시비에 의해 pH가 높아지지 않는다는 것을 의미하는 것으로 제주도 토양의 산성화가 과다시비에 의한 결과일 가능성이 크다는 것을 뒷받침하는 것이었다.

2. 시비량 차이에 따른 이온특성의 비교

표준구의 토양 pH는 토심에 따라 큰 차이 없이 pH 5.6 - 5.3 범위에 있었으며, 전기전도도는 50 uS/m 내외였으며, 치환성 Ca 와 Mg함량은 표토에서 높았으며, 심토로 내려갈수록 낮았다.

<표 4-6>. 표준구 토양의 토층별 화학적 성질

구 분	pH	EC	N	P	K	Ca	Mg	Na
		(uS/m)	(%)	(mg/L)	(cmol/kg)			
0-10cm	5.7	31.08	0.68	30.8	2.15	9.1	2.7	0.2
	5.69	55.44	0.59	14.36	1.63	9.4	2.6	0.2
	5.42	78.54	0.73	26.3	2.31	7.6	2.2	0.1
평 균	5.6	55.0	0.67	23.8	2.03	8.7	2.5	0.2
10-20cm	5.57	37.80	0.70	2.95	1.40	4.2	1.3	0.1
	6.2	53.76	0.71	2.41	2.18	12.8	3.4	0.1
	5.06	96.60	0.60	0.6	1.09	1.1	0.6	0.1
평 균	5.6	62.7	0.67	2.0	1.56	6.0	1.8	0.1
20-30cm	5.21	62.16	0.60	0	0.92	1.1	0.4	0.1
	5.96	63.00	0.60	0.94	1.27	4.4	1.5	0.1
	4.81	57.12	0.47	3.67	0.84	0.4	0.3	0.1
평 균	5.3	60.8	0.56	1.5	1.01	2.0	0.7	0.1
30-40cm	5.39	54.60	0.39	0.3	0.92	1.3	0.6	0.1
	5.58	61.32	0.42	0.11	1.25	2.0	0.9	0.1
	4.87	43.68	0.34	0.05	0.74	0.4	0.3	0.1
평 균	5.3	53.2	0.38	0.2	0.97	1.2	0.6	0.1

구 분	Mn	Zn	Cu	Fe
	(mg/kg)			
0-10cm	6.6	9.6	4.6	81.3
	4.9	5.7	2.5	72.1
	9.5	9.8	4.1	74.2
평 균	7.0	8.3	3.7	75.9
10-20cm	3.6	1.5	1.2	49.6
	2.7	4.2	2.2	49.7
	2.5	1.5	0.5	48.3
평 균	2.9	2.4	1.3	49.2
20-30cm	1.6	0.5	0.3	58.8
	2.2	1.1	0.7	44.5
	1.6	0.6	0.3	63.2
평 균	1.8	0.7	0.4	55.5
30-40cm	2.3	0.5	0.3	63.9
	2.1	0.8	0.4	89.0
	1.4	0.5	0.2	78.6
평 균	1.9	0.6	0.3	77.2

무비료구의 토양 pH는 표준구에 비해 약간 낮았으며, 토심이 깊어짐에 따라 pH가 낮아지는 경향이 뚜렷하였다. 전기전도도는 30 uS/m 내외로서 표준구에 비해 낮았으며, 치환성 양이온의 함량도 현저히 낮은 경향이었다.

<표 4-7> **무비료구 토양의 토층별 화학적성질**

구 분	pH	EC	N	P	K	Ca	Mg	Na
		(uS/m)	(%)	(mg/L)	cmol/kg			
0-10cm	5.6	31.9	0.62	16.7	1.21	8.2	2.1	0.4
	5.2	37.8	0.62	1.5	0.76	1.3	0.3	0.2
	5.9	26.0	0.70	26.1	1.07	9.6	2.9	0.3
평 균	5.6	31.9	0.65	14.8	1.01	6.4	1.8	0.3
10-20cm	4.9	40.3	0.62	3.1	0.60	0.9	0.4	0.1
	5.2	30.2	0.56	4.5	0.82	1.4	0.3	0.1
	5.4	22.7	0.59	0.2	0.81	1.1	0.6	0.2
평 균	5.2	31.1	0.59	2.6	0.75	1.1	0.5	0.1
20-30cm	4.8	42.0	0.52	3.6	0.71	0.6	0.2	0.1
	5.2	24.4	0.55	0.9	0.66	1.4	0.4	0.2
	5.4	31.1	0.53	0.5	0.83	1.4	0.8	0.2
평 균	5.1	32.5	0.53	1.7	0.73	1.1	0.5	0.2
30-40cm	4.8	35.3	0.37	0.2	0.60	0.3	0.1	0.1
	5.4	35.3	0.51	0.5	0.76	1.5	0.4	0.1
	5.6	21.0	0.38	0.0	0.82	1.2	0.7	0.2
평 균	5.3	30.5	0.42	0.3	0.72	1.0	0.4	0.1

구 분	Mn	Zn	Cu	Fe
	ppm			
0-10㎝	7.7	13.4	8.0	89.5
	3.0	2.0	1.4	50.2
	5.9	13.3	6.8	94.8
평 균	5.6	9.5	5.4	78.2
10-20㎝	1.9	0.8	0.7	48.1
	1.9	1.9	1.2	48.3
	1.8	1.1	0.7	58.4
평균	1.8	1.3	0.8	51.6
20-30㎝	1.9	0.6	0.5	59.0
	2.8	0.9	0.6	48.6
	1.9	1.0	0.6	104.0
평균	2.2	0.9	0.6	70.5
30-40㎝	1.2	0.4	0.4	69.2
	1.9	0.8	0.4	54.5
	1.3	0.8	0.4	59.0
평균	1.5	0.7	0.4	60.9

표 4-8에서 보는 바와 같이 3배구의 토양 pH는 4.9 4.3으로서 표준구와 무비료구에 비해 현저히 낮았으며, 토심이 깊어짐에 따라 pH가 낮아지는 경향이 뚜렷하였다. 전기전도도는 100-170uS/m 내외로서 무비료구에 비해 3배 이상, 표준구에 비해 2배 이상 높았으며, 유효인산함량은 무비료구와 표준구에 비해 크게 높지 않은 것으로 보아 인산비료 시용효과는 나타나지 않았다. 치환성 양이온의 함량은 부비료구와 표준구에 비해 큰 차이가 없었다.

<표 4-8> 표준 3배구 토양의 화학적성질

구 분	pH	EC	N	P	K	Ca	Mg	Na
		(uS/m)	(%)	(mg/L)	(cmol/kg)			
0-10cm	4.4	168.0	0.59	7.9	1.85	1.4	0.9	0.1
	4.8	67.2	0.72	32.0	2.16	2.4	0.9	0.1
	5.4	77.7	0.53	28.3	2.89	5.5	2.7	0.1
평 균	4.9	104.3	0.61	22.7	2.30	3.1	1.5	0.1
10-20cm	4.3	176.4	0.63	1.7	1.47	0.6	0.5	0.1
	4.2	142.8	0.76	0.6	1.10	0.6	0.4	0.2
	4.5	168.0	0.41	0.8	1.83	1.0	0.7	0.1
평 균	4.3	162.4	0.60	1.0	1.47	0.7	0.5	0.1
20-30cm	4.1	226.8	0.46	0.3	1.46	0.6	0.5	0.2
	4.3	92.4	0.59	0.5	0.86	0.2	0.2	0.1
	4.5	126.0	0.37	0.7	1.73	0.4	0.4	0.1
평 균	4.3	148.4	0.47	0.5	1.35	0.4	0.4	0.1
30-40cm	4.2	168.0	0.41	0.8	1.32	0.5	0.4	0.1
	4.2	79.8	0.45	0.3	1.02	0.4	0.2	0.1
	4.3	117.6	0.29	1.8	1.75	0.3	0.3	0.1
평 균	4.3	121.8	0.38	0.9	1.37	0.4	0.3	0.1

구 분	Mn	Zn	Cu	Fe
	(mg/kg)			
0-10cm	4.0	1.3	1.7	74.9
	10.0	6.1	4.6	97.1
	7.5	4.0	1.9	72.5
평 균	7.2	3.8	2.7	81.5
10-20cm	2.5	2.1	1.5	68.5
	2.7	1.6	0.6	57.7
	2.2	1.0	0.3	54.5
평 균	2.5	1.6	0.8	60.3
20-30cm	1.9	0.7	0.4	49.4
	2.5	0.6	0.3	56.8
	1.8	0.5	0.2	74.8
평 균	2.1	0.6	0.3	60.3
30-40cm	1.6	0.5	0.4	45.1
	1.3	0.4	0.2	36.2
	1.6	0.4	0.2	76.7
평 균	1.5	0.5	0.3	52.7

다. 시비량 차이에 따른 이온의 분포특성

6년간 비료 사용량을 무비료구, 무질소구, 무인산구, 무칼리구, 3요소 표준구(농촌진흥청 권장 시비량), 3요소 3배구(농촌진흥청 권장 시비량의 3배 시용구)로 처리하여 각 이온의 결합된 형태를 조사하였다.

표토의 수용액 중의 인산은 주로 H와 결합된 형태로 존재했으며, Fe 또는 Cu와 결합된 형태는 매우 적었다. 반면에 Ca와 결합된 형태

는 2.3 - 6.7% 범위에 있었으며, Mg와 결합된 형태는 Ca와 결합된 형태에 비해 높은 편이었다. 3요소 3배구에서의 인산은 다른 처리에 비해 Mg와 결합된 형태가 많은 편이었다.

<표 4-9> 인산이온의 분포특성(%)

존재형태	무비료	무질소	무인산	무칼리	3요소표준	3요소3배
Fe+2	-	0.11	0.1	0.35	0.08	0.33
Cu+2	-	0.05	0.04	-	0.12	-
Mg	6.65	12.95	4.84	6.88	6.42	18.81
Ca	4.57	6.67	4.25	2.1	2.31	6.32
Na	1.11	1.25	1.32	1.16	2.14	0.96
H	87.65	78.97	89.45	89.51	88.92	73.58

토양용액 중에 황산이온의 존재형태는 표 4-10과 같이 주로 90% 이상이 free ligand 형태로 존재하였다. 양이온과의 결합은 주로 CaSO4, MgSO4로 존재하는 것으로 보이며, 비료사용량이 많아질수록 free ligand로 존재하는 비율이 적었으나 절대량은 많았다.

이상낙엽 현상이 나타난 지역에서 사용한 비료가 주로 황산이 함유된 황산가리 또는 유안 함유된 복합비료를 사용한 것을 감안하면 비료 중의 황이 주로 free ligand로 존재하여 쉽게 뿌리에 해를 주어 이상낙엽현상이 나타난 것으로 보인다. 3요소3배구에서 free ligand로 존재하는 황산이온의 비율은 다른 처리에 비해 낮았고 MgSO4로 존재하는 형태는 많아지는 경향을 보였다.

<표 4-10> 황산이온의 분포특성(%)

존재형태	무비료	무질소	무인산	무칼리	3요소표준	3요소3배
free ligand	93.99	90.91	93.57	95.45	95.11	84.77
Fe+2	-	-	-	0.01	-	0.02
Mg	2.42	4.68	2.02	2.56	2.38	8.5
Ca	3.19	3.96	3.87	1.54	1.7	6.27
Na	0.4	0.45	0.53	0.43	0.81	0.44

토양용액 중의 질산이온은 다른 이온과는 결합하지 않고 100% 질산이온 형태로 존재하는 것으로 나타났다(표 4-11). 따라서, 질소비료 사용량이 많아 토양 중의 NO3의 농도가 높아질수록 뿌리에 직접적으로 영향을 미칠 것으로 예상된다.

<표 4-11> 질산이온의 분포특성(%)

존재형태	무비료	무질소	무인산	무칼리	3요소표준	3요소3배
free ligand	100	100	100	100	100	100

염소이온도 대부분 염소이온으로 존재했으나, 극히 적은 양이 Mg 또는 Na와 결합된 형태로 존재하였다(표 4-12). 따라서 염소이온의 농도가 높을수록 뿌리에 악영향을 미치는 정도는 클 것으로 예상된다.

<표 4-12> 염소이온의 분포특성(%)

존재형태	무비료	무질소	무인산	무칼리	3요소표준	3요소3배
free ligand	99.83	99.73	99.8	99.82	99.72	99.56
Mg	0.07	0.14	0.06	0.07	0.07	0.3
Na	0.1	0.12	0.14	0.11	0.2	0.13

제4절 결론

1. 이상낙엽 지역의 음이온 특성

이상낙엽이 발생한 감귤원 토양의 용액 중의 이온 특성은 SO4의 농도가 매우 높았으며, 대부분의 토양용액 중 음이온의 농도는 1,000 mg/kg을 초과하였다. 특히, 토양과 흡착이 쉽게 일어날 수 있는 Ca, Mg, K 및 PO4의 농도는 크게 높지 않았으나, 음이온의 농도가 높아 직접적으로 뿌리에 악영향을 미쳐서 낙엽을 유도할 수 있을 것으로 생각된다.

이상낙엽이 발생한 지역 중에서 예례 지역의 경우는 총 음이온의 농도가 10,000mg/kg 이상을 나타내어 % 수준으로 존재하였으며, 광령 지역, 남원지역, 대평 지역은 1,000mg/kg 이상을 나타내었다. 그러나 토산지역의 경우는 음이온의 농도가 낮았음에도 이상낙엽 현상이 나타났는데 약한 수세에 의한 것으로 보여진다. 특히, 토양용액 중의 SO4 농도가 다른 이온에 비해 높은데 이는 '90년대 중반부터 사용하기 시작한 황함유 비료인 유안, 황산칼리에 의한 것으로 추정된다.

이상낙엽이 발생한 감귤원 토양의 용액 중 음이온의 총합과 정의 상관관계를 나타낸 전기전도도는 최고 12mS/m로 높아 뿌리에 직접적인 해를 미칠 가능성이 매우 높았다. 특히, 정상적인 생육을 하는 감귤시험장 포장의 엽중 성분농도와 비교했을 때, N, P, K, Mg 등은 이상낙엽이 발생한 지역과 정상지경간에 차이가 없었으나 Fe, Mn 및 Zn 함량은 이상낙엽이 발생한 지역이 정상지역에 비해 약 2배 이상 높은 것으로 나타났다. 또한, 일반적인 현상이 치환성 양이온(Ca, Mg 및 K)의 함량이 많을수록 토양 pH가 높아지는 현상이 이상낙엽이 발생한 감귤원에서는 plateau 현상을 보여 치환성 양이온이 많아지더라도 토양 pH가 5.5 이상 높아지지 않는 현상이 나타났는데(토양 pH = 2.55 x (1 - e0.4X) + 2.68, 여기서 x는 치환성 양이온의 합), 이는 토양중의 NO3, Cl 및 SO4 이온의 농도가 높기 때문으로 해석되었다.

2. 시비량 차이에 따른 이온특성의 비교

6년간 비료 사용량을 무비료구, 무질소구, 무인산구, 무칼리구, 3요소 표준구(농촌진흥청 권장 시비량), 3요소 3배구(농촌진흥청 권장 시비량의 3배 시용구)로 처리하여 각 이온의 결합된 형태를 조사한 결과는 다음과 같다.

표준 시비량을 사용한 토양의 전기전도도는 50uS/m로 이상낙엽 현상이 나타난 토양에 비해 현저히 낮았으며, 시비량이 적을수록 전기전도도는 더 낮아졌다. 또한, 시비량이 많아질수록 토양 pH는 현저히 낮았으며, 3요소 3배구에서의 전기전도도도는 무비료구, 무질소구, 무인산구, 무칼리구 및 표준시비구에 비해 현저히 높았다.

3. 시비량 차이에 따른 이온의 분포특성

표토의 수용액 중의 인산은 free ligand로 존재하는 양은 검출되지 않았으며, 주로 H와 결합된 형태로 존재했고 Fe 또는 Cu와 결합된 형태는 매우 적었다. 반면에 Ca와 결합된 형태는 2.3 6.7% 범위에 있었으며, Mg와 결합된 형태는 Ca와 결합된 형태에 비해 높은 편이었다. 3요소 3배구에서의 인산은 다른 처리에 비해 Mg와 결합된 형태가 많은 편이었다. 그러나, 이상낙엽이 발생한 감귤원 토양용액 중의 인산농도가 낮은 것은 free ligand로 존재하는 양이 적기 때문으로 해석되었다.

황산이온은 모든 처리에서 90% 이상이 free ligand 형태로 존재하였다. 따라서 이상낙엽 현상이 발생한 경우 토양용액 중의 황산이온의 농도가 높은 것과 깊은 관계가 있었으며, 모든 처리에서 황산이온이 주로 free ligand로 존재하는 것으로 보아 황을 함유한 비료의 사용이 많을 경우 직접적으로 뿌리에 해를 입힐 것으로 예상되었다.

특히, NO3 이온은 100% free ligand로 존재하여 질소비료의 과다한 사용은 이상낙엽 현상을 발생시키는데 가장 큰 요인으로 작용할 것으로 예상되며, 유안을 과다 시용할 경우에는 피해가 더 커질 것으로 예상되었다.

제5장 감귤원 이상낙엽관련 농가애로 해결을 위한 추진내용

1. 흙살리기 운동추진

'96년 2 3월경에 제주도 일원 감귤농가에서 감귤나무가 고사하고 이상낙엽 증상이 발생 심각한 문제를 가져왔다.

피해농가 대부분이 수량위주의 화학비료를 다량 시용한 농가에서 발생하였고, 토양 및 시비관리가 심각한 정도로 문제가 되어 있었다.

선진 외국에서는 그린라운드가 체택되고 환경농업에 대한 관심이 높아지고 있는 시점에 감귤재배 농가에서는 '70년대식 재배 관리를 하고 있어 감귤 이상낙엽 현상을 기회로 흙살리기 운동을 범도민적으로 추진할 것을 건의하였다.

그 결과 제주도가 주관이 되어 흙살리기 운동 추진 실무기획단을 '96. 6월에 구성하여 흙살리기 운동 추진 본부장을 토양학의 전문가이며 사회적으로 덕망이 있고 전 제주대학교 총장 김형옥 박사를 추대 추진위원회를 학계, 행정, 연구, 지도, 농업인단체 등 15명으로 결성하였다.

흙살리기 운동 기본 방향은 ① 감귤밭 심경 ② 산성 토양 개량 ③ 유기물 생산 및 공급 ④ 시비 개선 ⑤ 감귤원 토양 정밀 검정 및 시비 처방으로 하여 '99년 12월까지 3년7개월 동안 실시하였다.

도 행정에서는 토양 개량제(석회고토 및 규산질 비료)를 적극 지원하였고, 지도원 및 농가에 교육하였다.

특히, 이상낙엽 초기진단을 위한 방법과 농가 보급용 간이 엽색 시비 진단표를 제작 30,000여 감귤 재배 농가에 보급하였다.

흙살리기 운동은 감귤 재배의 새로운 기회를 마련하였으며 행정, 연구, 지도, 농업인 단체, 농가 등 하나가 되는 역할을 하였다.

제주의 청정지역을 지키는 계기가 되었으며, 친환경 농업 정착 및 감귤 안정생산에 활력소가 되었다고 생각된다.

2. 감귤원 이상낙엽 사전에방을 위한 책자 발간

우선 해결되어야 할 것은 농가에 발생되는 이상낙엽 현상을 미리 예측하여 방지 할수 있는 방법을 찾고자 하였다.

감귤 이상낙엽이 발생되는 시기를 파악하고 그 증상 및 증후를 면밀히 분석 검토한 결과 몇 가지의 공통적인 것을 구명하였다.

① 감귤원 이상낙엽 발생시기는 12월부터 3월 사이에 발생하였음

② 이상낙엽이 발생하는 과원은 거의 엽 끝에 갈색 또는 흑갈색 반점이 발생하였음

③ 엽 끝에 갈색 반점이 있는 엽은 망간함량이 3 4배 높았음

④ 엽 끝에 갈색 반점이 있는 과원은 토양의 산성화되어 있었고, 양분불균형이 심하였음

이와 같은 결과를 토대로 농가에서 쉽게 이상낙엽 현상을 판단할 수 있는 “감귤 이상낙엽 증상 및 생리장해 특성” 책자를 500부 발간하여 연구지도기관, 농·감협, 읍·면별 작목반에 배부하고 교육을 실시하였다.

책자 발간 및 홍보교육 실시에 의해 ’98년 이후 감귤 이상낙엽 현상은 발생되지 않았다.

3. 감귤 이상낙엽 관련 농가애로기술 대농민 교육

감귤 이상낙엽 원인 구명 연구는 농가애로 기술 과제로서 문제점 및 해결 방안을 과제 수행 중에도 필요에 따라 교육을 실시하였다.

대농민 교육은 연평균 과제 책임자별로 10회 이상 실시하였고, 수강 농가수는 3,000여 명에 이른다.

특히, 감귤 이상낙엽과 관련 MBC와 공동으로 “흙을 살리자” 다큐멘터리를 제작 ’98. 7. 20일 50분동안 기획물로 방영하여 감귤 이상낙엽 원인은 화학비료 다량 시비에 의한 토양 산성화와 양분 불균형이 주요한 원인임을 교육한 바 있다.

또한 불량 부산물 비료의 문제점도 교육하였다.

<표 5-1> 대농민 교육 실시 현황

일 시	시 간	교육장소	교육인원(명)	교육강사	비고
’98. 4. 9	10:30-12:30	제주시농촌지도소	100		
’98. 4. 18	10:00-12:00	서귀포감협	200		
’98. 4. 21	10:00-12:00	제주시감협	150		
’98. 4. 26	10:00-12:00	남원감협	80		
’98. 4. 29	10:00-12:00	중문감협	200		
’98. 4. 30	10:00-12:00	안덕감협	80		
’98. 7. 16	10:30-12:30	제주시작목반	60		
’98. 7. 24	10:30-12:30	서귀포시지도소	100		
’98. 8. 10	13:00-18:00	감협본소	60		
’98. 9. 4	09:30-11:30	중문농협	150		
’98. 9. 10	09:30-11:30	서귀포농협	150		
’98. 9. 14	09:30-11:30	효돈농협	150		
’98. 11. 18	10:00-12:00	한림농협	120		
’98. 11. 20	10:00-12:00	한경농협	100		
’98. 11. 26	10:00-12:00	고산농협	100		
’98. 11. 27	10:00-12:00	함덕농협	150		
’98. 12. 15	10:00-11:00	남군기술센터	60		
’99. 1. 14	11:30-12:30	표선리	150		
’99. 1. 16	12:30-13:30	태흥1리	100		
’99. 1. 18	11:30-12:30	태흥2리	100		
’99. 1. 19	11:30-12:30	하례1리	80		
’99. 1. 25	11:30-12:30	감산리	100		
’99. 1. 26	11:30-12:30	보성리	120		
’99. 2. 25	14:00-14:50	농협본소	70		
계		24회	2,730		

제6장 과제수행 결과에 따른 파급효과

1. 과제수행 중 이상낙엽 감귤원 발생 사전예방

'96년도 7.9ha에 이르는 감귤 이상낙엽 현상이 발생하였는데 본 과제를 수행하면서 이상낙엽에 대한 사전예방 방법을 농가에 교육 및 홍보함으로써 '98년 이후 이상낙엽 감귤원은 발생하지 않았다.

감귤재배 농가에서 본 과제 수행 이전에는 감귤원 토양 및 시비 관련 교육을 의뢰한 바가 거의 없었다.

그러나, 이상낙엽과 관련 토양 및 시비 관리에 대한 교육 의뢰가 각 농업기술센터, 농·감협 등에서 핵심교육 과제로 실시하게 되었다.

이와 같은 결과로 본 과제의 필요성과 농가 현장애로 기술해결에 효과가 큰 것으로 판단되었다.

2. 화학비료 사용량 절감

제주도의 화학비료 사용량은 '97년 54,501톤에서 '98년 43,077톤으로 21%로 절감되었다. 본 과제 수행결과 년간 감귤 생산비(비료대) 45억원을 절감하는 효과를 얻었다.

<그림 6-1> 제주도 전체 비료사용량('98 제주통계연보자료)

<그림 6-2> 감귤농가 시비량(서귀포시 농업기술센터)

3. 감귤원 토양 개량 및 친환경 농업 기반 구축

감귤원 토양 개량에 있어 현재까지는 pH 6.5를 목표로 토양 개량제를 시용토록 하였으나, 본 연구의 결과에 의해 감귤원 토양 개량 목표를 pH 5.5로 할 경우 석회고토 사용량이 30% 감소될 것으로 기대된다.

또한 토양용액 중 이온의 형태구명으로 감귤의 흡수이용 및 용탈 이온에 대한 기초결과를 토대로 시비방법을 개선하고, 친환경 농업 기술개발의 중요자료로 활용될 것이다.

□ 참고문헌

Arnold, R J., Jett, J. B., and H. L. Allen. 1992. Identification of nutritional influences on cone production in Fraser fir. Soil-Science-Society-of-America-journal. v. 56(2) p. 586-591

Bailey, J. S., Beattie, J. A. M., and D. J. Kilpatrick. 1997. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for diagnosing the nutrient status of grassland swards. 1. Model establishment. Plant-and-Soil (Netherlands). v. 197(1) p. 127-147.

Baldock, J. O. and E. E. Schulte. 1996. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. Agronomy-journal. v. 88(3) p. 448-456.

Bell, P. F., Hallmark, W. B., Sabbe, W. E., and D. G. Dombeck. 1995. Diagnosing nutrient deficiencies in soybean, using M-DRIS and critical nutrient level procedures. Agronomy-journal. v. 87(5) p. 859-865

Cerda, A., Nieves, M., and V. Martinez. 1995. An evaluation of mineral analysis of 'Verna' lemons by DRIS. Communications-in-soil-science-and-plant-analysis. v. 26(11/12) p. 1697-1707.

Drechsel, P. and Zech, W. 1994. DRIS [Diagnosis and Recommendation Integrated System] evaluation of teak (Tectona grandis L. f.) mineral nutrition and effects of nutrition and site quality on teak growth in West Africa. Forest-Ecology-and-Management (Netherlands). v. 70(1-3) p. 121-133.

Gharbi, A. 1997. Evaluation of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) in plant analysis. Ryan,-J. (ed.) (ICARDA, Aleppo (Syria)). International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Aleppo (Syria); Institut Mondial du Phosphate, Casablanca (Morocco). Accomplishments and future challenges in dryland soil fertility research in the Mediterranean area. Aleppo (Syria). ICARDA. p. 279-283.

Jpn. J, Soil Sci. Plant Nutr. 1996. Comparion of the forms of Cu, Zn, Fe and Mn in soils Two
orange orchards with a different history of land use.

J. Soil. Sci. Plant Anal. 1981. Toxicity symptoms and tissue levels associated with exess boron in pear trees.

Moreno, J. J., Lucena, J. J., and O. Carpena. 1996. Effect of the iron supply on the nutrition of different citrus variety/rootstock combinations using DRIS. Journal-of-plant-nutrition. v. 19(5) p. 689-704.

Parent, L. E., Isfan, D., Tremblay, N., and A. Karam. 1994. Multivariate nutrient diagnosis of the carrot crop. American-Society-for-Horticultural-Science. v. 119(3) p. 420-426.

QUAL. J. ENVIRON. 1995. Nutrient-loss Trends for vegetable and citrus Fields in west-central
Florida.

Soltanpour, P. N., Malakouti, M. J., and A. Ronaghi. 1995. Comparison of diagnosis and recommendation integrated system and

nutrient sufficiency range for corn.
Oil-Science-Society-of-America. v. 59(1) p. 133-139.

Wortman, C. S., Kisakye,-J., Edje,-O. T., Bosch,-C. H., and L. Mukandala. 1994. Foliar testing for diagnosis of nutritional disorders in beans and East African highland bananas. AFrican-Crop-Science-Conference-Proceedings (Uganda). v. 1(1) p. 78.

감귤원 비료 사용실태와 시비개선 방안. 1997. 흙살리기운동 기본교재

감귤원 토양의 수분특성에 관여하는 토양물리적 성질. 1996. 한국원예학회 논문발표요지.

감귤원 토양 종합관리대책을 위한 감담회 1996. 제주감귤연구소

과다시비에 의한 피해 감귤원 토양의 특성. 1996. 한국원예학회 논문발표요지.

果樹園の 微量重金屬元素に 關する 硏究. 果樹試報 1982

肥料窒素の 溶脫ど 緩效性 肥料. 農業 および 園藝 1991

酸性雨の 植物への 影響. 果實日本 1995

수도의 동피해에 대한 물관리 및 석회물질의 효과. 한국환경농학회지 1985

水耕培養液の 窒素形態ど pHがそ 葉の 亞鉛 過剩障害に及ぼす 影響. Japan .Soc. Hort. Sci 1985

석회시용에 수도의 cadmium 흡수 및 생육에 미치는 영향. 한토비지 1984

시험연구보고서, 과수연구소 제주감귤연구소편, 1993

植物の 營養ど環境. 農業 および 園藝

汚染土壤 淨化方法에 관한 硏究. 국립환경연구원보 1994

溫州 ミカンの 異常落葉に關する 硏究(第3報) 1969. 靜岡縣柑橘試驗場業績 第121號

溫州みがん 營養障害園の 葉および 土壤分析. 園試報 1

溫州みかんの 異常落葉どりんごの 粗皮病園におげる 土壤條件 および 微量重金屬 元素に 關する 調査.
果樹試報 1975

營農化學物質이 土壤 및 水質環境에 미치는 影響. 국립환경연구원보 1991

제주도 감귤원 토양의 특성과 관리 (심포지움) 한국토양비료학회, 1975. Vol.8 No3;135-152

제주도 지하수 중 NO_3-N의 농도와 토양 중 그의 이동성에 관한 연구 1994. 제주대학교 대학원

제주도 토양 화학적 성질 조사 연구. 한국토양비료학회, 1984.Vol.17, No1;1-6

제주도 토양의 화학적 성질 조사연구. 한국토양비료학회, 1984.Vol,17, No2;

제주도 토양특성과 감귤생육. 1995. 농업과학기술원.

춘계 합동학술발표회 제주도의 농업 환경과 토양, 한국토양비료학회, 1993

置換基の 種別へ 關する 硏究 (酸性 土壤の 所要石灰量)日本土壤肥料學會 1996

土壤保全ど 果樹園の 土壤對策の 課題. 果實日本, 1995

化學物質의 환경危害性 評價硏究. 국립환경연구원보 제13권 1991

환경보전 농업에서 석회의 역할 심포지엄, 한국토양비료학회, 1995

環境保全型 農業の 意義ど 果樹農業の 課題. 果實日本, 1995

21세기를 향한 비료개발과 정책방향 심포지엄, 한국토양비료학회, 1994

りんご園土壤の 酸性化 防止對策. 農業 および 園藝 1982

リン酸および 石灰にする 土壤改良試驗(第2報) 1967. 靜岡縣柑橘試驗場業績 第115號 968