

# 지역 현안 문제 해결을 위한 논단

## 제주도 감귤원의 시비 문제점과 대책

### 유 장 결

제주대학교 농과대학 농화학과

### 서 언

제주도의 1992년도 총 농가수는 40,055(전업 20,156; 1종 겸업 11,126; 2종겸업 8,773)로 총 농가인수는 152,093명(전업 66,321; 1종 겸업 47,482; 2종겸업 38,289)이었으며 이는 전체 도민의 약 30%에 해당되어 전국 평균치를 훨씬 웃돌고 있는 실정이다<sup>(1)(2)</sup>. 한편 1987년도의 총 경지면적 5,895 ha 중에서 31.7%인 1,892 ha가 감귤원으로 39,200톤의 감귤을 생산 했었으나 1992년도에는 총 경지면적이 5,574 ha로 약간 감소한 반면 감귤원은 오히려 2,595 ha로 증가하여 총 경지면적의 46.7%에 이르렀고 감귤 생산량은 74,070톤으로 1.8 배 이상 늘어났던 바 감귤산업이 지역경제에 미치는 기여도를 보면 1991년도의 경우 감귤 조수익이 4,251억 원으로 지역 총생산의 20%, 농업 총소득의 67%에 이르고 있음을 알 수 있다. 이상에서 살펴 본 바와 같이 감귤이 제주도의 중요한 기간산업임은 주지의 사실인데 최근에 타결된 다자간 무역협정 결과 1995년 부터 1997년에 걸쳐 감귤 수입에 대한 수입쿼터를 3%로 제한하는 최소시장 접근 기간이 설정되고 1997년 7월 부터 2004년 까지는 1997년의 2만 5천톤을 기준으로 수입쿼터를 매년 12.5% 씩 인상 조정하는 관세화 기간이 설정되었다. 따라서 현재 우리는 1997년 이후 도입물량이 많아지는 상황에 대비하여 국제 경쟁력 강화의 기초를 닦아야 할 중요한 시점에 놓여 있는 것이다. 경쟁력을 갖추기 위해서는 품질향상과 경쟁가격의 유지가 필수적인 바 이를 위해서는 여러가지 요인의 상호조화가 중요하다. 즉 효율적인 적정시비, 시설 자동화에 의한 인건비 절약, 생산 구조 개선, 품종개량 등 복합적인 생산기술을 체계화해야 할 것이

며 유통체계의 효율화와 적극적인 수출 확대책도 마련되어야 할 것으로 사료된다.

근년에 이르러 질산성 질소에 의한 지하수의 오염<sup>(3)</sup>을 비롯해서 다비재배에 의한 각종 부작용이 부각됨에 따라 제주도의 감귤재배 역사가 30년이 넘는 현금에 이르러 감귤시비 문제점과 적정 시비량에 대해 재조명하는 것은 매우 중요한 일이라고 생각된다.

### 제주도 감귤원의 시비현황과 문제점

1980년대 이미 우리나라는 단위면적당 비료시비량이 농업 선진국 대열에 이르렀으며 1993년도 비료연감에 의하면 전국의 단위 면적당 평균 시비량은 성분량으로 해서 10a 당 질소 20.68 kg, 인산 9.69 kg, 칼륨 11.23 kg 인 반면 제주도의 경작지 전체 평균은 전국 평균에 비해서 질소가 2.12배인 43.91 kg/10a, 인산이 2.83배인 27.4kg/10a, 칼륨은 2.87배인 32.22kg/10a 로 조사되었으며<sup>(4)</sup>, 감귤원만의 평균 시비량은 질소가 90 kg/10a, 인산이 45 kg/10a, 칼륨은 55 kg/10a<sup>(5)(6)(7)</sup> 로서 이들을 비교하여 나타내 보면 삼요소 합계치가 제주는 전국의 2 배, 감귤원 시비량은 제주 경작지 평균의 2 배로 결국 감귤원 시비량은 전국 평균의 4 배에 이르고 있음을 알 수 있다. 비료 종류별 총 소비량은 그림 2에 보인 바와 같으며 연간 사용되는 총 비료 금액은 193억 원에 달하고 있다<sup>(1)</sup>. 한편 제주도 농촌진흥원은 수입개방 대응 고품질 생산을 위한 '감귤원 시비 기준표'를 발표하였던 바 수령이 25년일때 화산회토의 경우 질소, 인산, 칼륨이 각각 30, 40, 40 kg/10a 이고 비화산회토의 경우에는 28, 20, 25 kg/10a<sup>(6)</sup> 이었는데 거의 모든 농가에서는 이 기준표의 값보다 훨씬 많은 양을 사용함을 알 수 있다. 이와 같은 자료를 차치하고라도 제주도의 감귤원에는 많은 양의 비료를 주고 있다는 것이 일반적인 통념으로 받아 들여지고 있는 것이 사실인데 그렇다면 수확량을 많이 올리기 위해서 기준량 이상의 비료를 공급할 수 밖에 없다는 생산자들의 변을 어떻게 해석하여야 할지가 풀어야 할 숙제라고 생각된다.

#### 1. 비료 사용량과 감귤원 비옥도

지금까지 제주감귤원의 시비량 조사는 산발적으로 이루어져 왔으나 1992년에 감귤연구소가 190여 농가를 대상으로 재배환경과 더불어 시비현황을 조사한 것<sup>(7)</sup>과, 제주 농촌진

홍원 및 각 시군 지도소에서 조사한 자료를 종합해서 검토해보면 재배지역, 감귤나무의 수령, 수종등과 재배자의 개인적인 소신에 따라서 그 차이는 매우 다양하여 질소, 인산, 칼륨 모두 20 kg/10a 을 전후해서 부터 200 kg/10a 이상까지도 있었다.

최근에 보고된 제주 감귤원의 경작지의 물리화학적 특성은<sup>(7)</sup> 산도가 pH는 약 5.0, 유기물 함량이 5.5-19.0, 유효인산은 3.4-115 ppm(랑카스터법)이었으며, 본인이 금년 4월에 6 군데의 감귤원을 무작위로 선정해서 비료 사용량을 조사하고 토양을 채취해서 비옥도에 관련된 몇가지 항목에 대하여 분석한 결과는 표 1과 표 2에 나타낸 바와 같다. 물리화학적 성질 중에서 조사된 경작지 모두 pH가 매우 낮았(4.0 부근)을 보이므로써 강한 산성이라는 사실을 알 수 있었다. 질소의 경우는 0.6% - 0.8% 로서 일반 경작지 보다 높은 함량을 나타냈고<sup>(8)</sup>, 유효인산(브레이 법)은 감귤원에 따른 함량 차이가 컸으며 중문 하효 조천 포장인 70 ppm 이 하로 낮은 반면 산양 서호 남원 포장은 230 ppm 이상으로 충분히 높은 함량<sup>(9)</sup>을 보였으며 치환성 칼륨의 경우도 1-2.3 me/100g 으로서 다비성인 시설 채소밭의 0.4 me/100g 보다도 훨씬 높은 값을 나타냈다. 반면에 치환성 칼슘은 3번 포장을 제외하고는 낮은 값을 보여 토양산성이 치환성 칼슘의 부족과 관련이 있을 것으로 생각된다. 결국 조사된 감귤원 포장의 물리화학적 성질을 종합해 보면 질소 인산 칼륨 비료의 중점시비 결과 삼요소 성분은 충분한 반면에 석회시비의 부족으로 인한 치환성 칼슘량이 낮고 pH가 아주 낮아서 각종 무기양분의 유효도를 저하시키고 있을 가능성이 크다는 사실을 알 수 있다.

## 2. 과다시비에 의한 부작용

생산량 제일주의의 시비관행에 따른 과다시비는 제주 감귤원에만 한정된 현상이 아니고 수확량에 따라 농업소득이 증대되는 모든 경우에 발생되어져 왔고 이에 따른 부작용은 매우 심각하여 미국과 유럽공동체는 이에 대한 대응책으로 1985년 이후 '저투입에 의한 지속가능한 농업(Low Input Sustainable Agriculture, LISA)'을 강조하기 시작했다.

비료의 과다시용은 작물의 병충해 저항성을 저하시키므로써 농약의 사용량이 늘어나 자연 생태계의 변화와 파괴를 유발시키는 결과를 초래케 하는 것으로 알려져 있다. 생태계의

교란은 단시간내에 이루어지는 것이 아니고 서서히 진행되어 비가시적이기 때문에 관련 전문가들에 의해서 먼저 발견되는데 일단 파괴된 먹이사슬 등이 복구되기는 매우 힘들뿐 아니라 장기간이 요구된다. 제주도의 경우 감귤을 비롯한 각종 시설 농업의 역사가 비교적 짧기 때문에 비료와 농약 사용에 따른 환경 생태계의 변화가 아직 현저하지는 않지만 늦기 전에 세밀한 연구 조사가 이루어져야 할 것으로 생각된다. 1986년 부터 시작한 제주지역 지하수 조사 연구로 부터 김필자 등은<sup>(3)</sup> 제주도 지하수 중에 질산성 질소가 기준량 이상 함유되어 있음을 보고한 바 있으며 최근에는 오염도와 오염지역이 확대되어가고 있는 실정이다. 그러나 질산성 질소의 오염원이 농경지에 사용된 질소질 비료인지 또는 정화되지 않고 방류되는 가축의 분뇨에 의한 것인지 또는 위생 시설이 불량한 주거지로 부터 유입되는지의 여부가 밝혀지지 않고 있는 실정이다. 이에 대한 조사 연구가 시급히 요구되며 그 결과에 따라서 대책이 마련됨은 물론 수확량 위주의 영농양식도 재검토 되어야 할 것이다. 화란, 덴마크, 독일, 불란서 등에서는 이미 1970년대에 수질오염이 지역적으로 발생되어 본격적인 실태조사를 수행하였고 드디어는 유럽공동체 위원회가 각종 개선 대책을 강구하여 오다가 1991년에 질산이온( $\text{NO}_3^-$ -N)의 수질오염을 방지하기 위한 지령을 채택함과 동시에 법제정을 서두르게 되었으니 환경 감시지역의 선정, 비료사용의 제한, 가축 사양 두수의 면적당 상한 설정 등이다. 일본의 경우도 지방정부에 따라 현재의 수확량과 품질을 저하시키지 않는다는 전제조건으로 비료와 농약의 사용량을 2000년 까지는 30% 절감할 수 있는 방안을 검토하고 있다.

재배환경 측면에서의 비료 과다 피해는 양분의 과잉집적과 불필요하게 많이 동반 투입되는 성분(염화加里의 경우에는 염소성분)에 의한 염류집적효과, 특정 성분의 과량존재에 의한 타염기의 용탈축진, 그리고 교질입자의 흡수능력 초과에 따른 비료성분의 용탈등이다.

질소질 비료의 과다시용은 채소류 가식 부분의 질산태 질소 농도를 증가시켜 인체에 유해한 식품 오염 문제로 대두되고 있으며 우리나라에서도 이 같은 사실이 무, 배추에서 밝혀진 바 있다<sup>(10)</sup>.

감귤원의 경우 기준량 이상의 시비에 따른 역기능에 관해서는 수확량의 감소나 품질의 저하로 나타낼 수 있다<sup>(6)</sup>. 비료

표 1. 감골원의 시비실태

시비량 지역	춘 비			꽃비료		하 비			7월-8월		추 비			합 계		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
산양	31.5	27	27	11.5	9.6	31.5	27	27			40.5	29.3	29.3	115	83.3	93
중문	12.6	10.8	10.8	11.5	15	11.5		15			16	4	4	107	32.4	77.4
서호	14	12	12	13.8	18	13.8		18	13.8	18	6	12.7	5	61.4	24.7	71
하효	33.6	28.8	28.8	46	60	46		60			16	4	4	141	32.8	153
남원	33.6	28.8	28.8	23	30	23		23			41	61	45	121	99.9	104
조천	10.8	24	9.6			3.15	7	2.8			20.4		16.8	34.7	31	29

(kg/10a)

표2. 감골원 토양의 물리 화학적 특성

지 역	pH 1:5	유기물 %	총질소 %	유효 인산* ppm	치 환 성 염 기 me/100g K Ca Mg	염기치환 용량 me/100g
산 양	3.8	3.6	0.31	268	1.9 1.1 0.9	7.7
중 문	4.1	9.1	0.67	72	2.3 1.5 1.7	14.0
서 호	4.6	8.2	0.61	175	1.5 3.0 1.3	20.0
하 효	4.5	10.6	0.63	51	1.6 2.9 1.1	14.0
남 원	3.7	10.7	0.83	175	1.5 1.5 0.5	15
조 천	4.0	10.0	0.77	28	1.0 1.8 0.5	13

\* Bray No. 1

사용량을 늘리므로서 수확량을 증대시킨다는 관념을 많은 재배자들이 갖고 있는데 이는 여러가지 재배환경에 따라 달라질 것으로 생각된다. 제주도 농촌진흥원에서 54 농가의 시비량과 수확량을 조사한(1993)자료를 근거로 상관관계를 나타낸 것으로 상관 계수가 매우 낮았다. 따라서 조사대상 있었던 감귤원 포장에서는 비료 사용량이 수량에 큰 영향을 주지 못했던 것으로 해석된다.

## 시비관련 문제점에 대한 해결방안

### 1. 적정시비량 결정

1960년대 감귤원이 새로 조성되어 비옥도가 낮았을 때에는 상당량의 비료사용이 불가피했을 뿐 아니라 그 효과도 컸을 것으로 생각되나 20-30 년간의 경작 역사를 갖고 있는 오늘날에 와서는 그동안 투입된 비료성분의 일부가 경작지중에 잔존하고 있을 것이므로 비옥도가 높아졌을 것으로 생각되기 때문에 적정 시비량의 결정을 제주도 감귤원의 환경여건 하에서 도내의 전문가들에 의해서 하루 빨리 수행해야 할 것이다.

#### 가. 비료의 소요량 결정

시비량의 결정은 기후조건 작물의 종류 경작지의 비옥도 기타 자연적 조건에 따라 결정되는 것으로 다음과 같은 방법들이 있다<sup>(11, 12)</sup>. 시비관행에 의한 방법은 농가가 다년간의 체험에 의해서 정하는 것으로 반드시 합리적인 것은 아니더라도 중요한 참고 자료가 된다. 삼요소 적량시험에 의한 방법은 질소 인산 칼륨의 세성분을 수준별로 사용해서 실험한 뒤에 그 결과 최대수량 또는 경제수량을 얻기위한 삼요소 성분량을 계산하여 얻는 것으로 매우 합리적이므로 일반 초본류 작물에 많이 사용되고 있지만 영년식물인 감귤나무의 경우에는 시비반응이 불량해서 비료사용 수준에 따른 효과가 잘 관찰되지 않기 때문에 지금까지 이 방법으로는 좋은 결과를 얻어내지 못하였다. 따라서 작물의 소요 성분량으로부터 계산하는 방법을 사용하는 것이 좋다고 생각되는데 계산식은 다음과 같다.

(목표수량을 위해 필요한 성분량-천연공급량)

$$\text{시비할 성분량} = \frac{\text{목표수량을 위해 필요한 성분량} - \text{천연공급량}}{\text{이용율}}$$

윗식에서 얻어진 '사용할 성분량'을 사용할 비료의 성분함유율로 나누면 그 비료의 시비량이 된다.

목표수량을 위해 필요한 성분량은 수확 예정 목표량을 정하고(영년생 식물은 연간 생체량 증가분을 포함시킴), 수확물과 년중 증가된 생체량에 각각의 성분 함량율을 곱한 뒤 이를 합해서 얻어질수 있다. 천연 공급량은 비료를 사용하지 안했을 때에 작물이 흡수한 성분원소의 양으로 비료를 주기 전 경작지중에 존재하는 양분과 강수 및 관개수로 부터 공급 되어진 것으로 무비구의 작물 생산량에 성분 함량율을 곱해서 계산될 수 있다. 이용율 계산은 다음 항에서 설명하기로 하고 우선 감귤나무의 경우 시비할 질소 성분량 계산 방법을 예시해 보면 다음과 같다.

목표수량(6000 kg/10a)중의 질소량

$$6000 \times 0.00183 = 11 \text{ kg/10a}$$

(감귤과일중 평균 질소 함량은 0.183%)

연간 생체중 증가량(500 kg/10a)중의 질소량

$$500 \times 0.01 = 5 \text{ kg/10a}$$

(감귤나무의 평균 질소 함량은 1.0%)

질소의 천연공급량 4 kg/10a

$$(11 + 5) - 4 = 12$$

$$\text{시비할 질소 성분량} = \frac{\text{필요한 질소량} - \text{천연공급량}}{\text{이용율}} = \frac{12}{\text{이용율}} \text{ kg/10a}$$

이용율이 50% 라면 24 kg N/10a

40% 라면 30 kg N/10a

25% 라면 44 kg N/10a

20% 라면 55 kg N/10a

12% 라면 100 kg N/10a 이 사용할 질소 성분량

이 된다.

이 것을 역으로 말하면 성분량으로 질소 100 kg을 300평에 주었을 때 이 중에서 12 kg 만이 감귤나무에 이용 된다는 뜻(이용율 12%)이 다.

천연공급량은 질소의 경우 작물체가 흡수한 량의 1/3로 간주하는데<sup>(18)</sup> 이상에서는 1/4로 가정했으므로 이용율 값이 더 크게 계산되어진다.

나. 비료 이용율 산정

경작지에 뿌려지는 비료가 모두 작물에 흡수 이용되는 것이

아니고 그중의 일부는 근권 밖으로 손실되거나 이용되지 못한 채 남아 있게 된다. 비료의 이용율을 알아 내는데는 두가지 방법이 있는데 첫째는 비료 시용구와 무비구의 작물체를 화학분석하여 작물체중의 성분 총량을 계산하여 그 값을 각각 A, B라고 하고 비료 시용량을 C라고 했을 때  $(A-B)/C \times 100$ 의 계산식으로 이용율(%)을 알아 낼 수 있다<sup>(11)(12)</sup>. 이 방법은 일년생의 초본류에서는 비교적 쉽게 사용될 수 있다. 그러나 비료 시용구는 시비효과로 인해서 근권 및 지상부 발달이 무비구보다 훨씬 좋기 때문에 그 계산치는 실제 이용율보다 크게 나오는 것이 단점으로 지적되고 있다. 한편 감귤나무와 같은 영년생 목본류의 경우는 무비구와 시비구간의 균질성 불량으로 부터 오는 오차가 매우 크기 때문에 정확하지 못하여 거의 사용되지 못하고 있다. 두번째는 동위원소 회석법을 이용하는 방법이다<sup>(13)(14)(15)</sup>. 즉 어느 비료성분의 동위원소로 표지된 비료를 사용하게 되면 토양에 들어가서 기존의 동일성분과 유사한 행동을 하게 되며 작물 뿌리는 이 둘을 차별없이 흡수하여 지상부로 보내게 되므로 지상부의 식물체내에는 비료를 주기전 부터 수체내에 존재하고 있던 성분 원소와 토양 자체로부터 흡수된 성분 원소, 그리고 공급된 비료로부터 흡수된 성분 원소의 세가지가 공존케 된다. 비료의 이용율을 알기 위해서는 비료로부터 온 성분 원소만을 골라서 알아 내면 되는데 이는 일반적인 화학분석만으로는 불가능해서 방사선 측정이나 질량차를 이용한 질량 분석방법으로 측정하여 비료의 성분 원소가 얼마나 많이 식물에 흡수 이용되었는지를 정확하게 알아 낼 수 있게 된다. 이 방법은 특히 영년생 작물의 비료 이용율을 측정하는데 많이 사용되며 1960년에서 1980대에 이르기 까지 국제원자력기구(IAEA)에서는 개발도상국들의 경제작물에 대한 시비반응과 비료 이용율을 연구하는데 동위원소 기술을 지원해줌으로써 농업발전에 크게 공헌한 바 있다. 제주대학교의 방사능이용연구소는 동위원소 회석법을 이용하기 위한 시설이 완벽하게 갖추어져 있으며 방사선측정 및 동위원소 응용기술을 확보하고 있기 때문에 감귤나무에 대한 비료의 이용율을 정확하게 측정할 수 있으리라고 생각한다.

#### 다. 무기양분의 연간 수탈량과 비료 효율 추정

매년 감귤을 수확해냄으로서 감귤밭으로부터 얼마나 많은 무기영양분이 없어지는지를 알기위해서 27년생의 감귤나무

를 수체분해하고 무기물 함량을 화학분석한 결과는 표 3과 같다. 무기 성분 함량은 기존 문헌<sup>(16)(17)</sup>의 값과 비교했을때 특징적 차이는 없었다. 조직부위별 양분 함량을 알기 위해서 잎, 녹지(잔가지와 굵은 가지), 잔뿌리, 굵은 뿌리로 나누어서 생체중, 건물중(수분함량), 5대 영양소인 질소, 인산, 칼륨, 칼슘, 마그네슘을 분석했으며 과일은 과즙과 과피로 나누어 분석했고 과일의 수확량은 주당 113 kg 으로 간주하여 계산했다.

과일을 제외한 지상부의 신선중 총량은 53.7 kg 이었고 뿌리의 신선중은 58.9 kg 으로 그 비는 약 1.1 이었다. 10a 당 50주의 감귤나무가 있다고 했을때 과일을 통해서 제거되는 질소 성분량은 한 나무에서 생산되는 감귤 113 kg 중에 195.8 g의 질소가 함유되어 있으므로  $195.8 \times 50 = 9790$  g N/10a 로서 약 10 kg N/10a이 된다. 이외에 연간 생체량 증가를 위해서 제거되는 성분량도 고려해야 되겠지만 사용된 비료외에 천연적으로 공급되는 양도 적지 않기 때문에 이 둘을 서로 상쇄시켜주면 최소 10 kg N/10a 의 질소성분이 매년 감귤원에서 제거 된다고 말할 수 있다. 이와 같은 방법으로 계산해보면 인산은  $9.5 \times 50 = 475$  g P/10a = 0.475 kg P/10a(약 1.1 kg P2O5/10a), 칼륨은  $70.5 \times 50 = 3525$  g K/10a = 3.53 kg K/10a(약 4.24 kg K2O/10a), 칼슘은  $20.1 \times 50 = 1005$  g Ca/10a = 1.005 kg Ca/10a(약 1.4 kg CaO/10a), 마그네슘은  $10.4 \times 50 = 520$  g Mg/10a = 0.52 kg Mg/10a(약 0.86 kg MgO /10a)이 된다. 이상의 무기양분 소모량을 보충하기 위해서 얼마나 많은 양의 비료를 주어야 할 것인가는 비료의 이용율을 어느 정도 높일수 있는나에 따라 결정되는데 제주도의 평균 시비량을 고려해 볼때 삼요소소의 이용율은 질소가 15% 내외, 인산은 5% 이내, 칼륨은 10% 내외 밖에 되지 않을 것으로 잠정 추정되는데 이는 기존 문헌에 나와 있는 질소는 30-50%, 인산은 10-20%, 칼륨은 30-40%<sup>(18)(19)</sup> 보다 훨씬 작은 값이다.

#### 라. 시비된 비료의 잔존량과 손실량

감귤원에 시용된 비료는 감귤뿌리에 의해서 흡수되거나 토양중에 잔존하거나 물에 의해서 용탈 또는 기체상태(질소)로 날아가 버려 손실된다. 이용되는 양은 위에서 언급한 바와 같이 측정되며 잔존량 역시 동위원소 회석법을 이용하면 정확하게 측정되어질 수 있다. 손실량은 시비량에서 흡수 이용된 양과 잔존량을 빼주므로써 구할 수 있게 된다. 일반적으로

표3. 감귤나무 조직별 생체중, 건물중, 무기물 함량

	Fr.wt kg	H <sub>2</sub> O %	D.M. kg	N		P		K		Ca		Mg	
				%	g	%	g	%	g	%	g	%	g
가 지	37.2	32.6	25.1	1.08	271.1	0.05	12.6	0.11	27.6	0.82	205.8	0.08	20.1
녹 지	3.9	55.2	1.7	2.04	35.3	0.14	2.4	0.47	8.1	1.25	21.6	0.29	5.0
잎	12.6	60.7	5.0	3.2	157.9	0.10	5.0	0.71	35.1	1.79	88.6	0.24	11.9
소 계	53.7		27.3		464.3		20.0		70.8		316		37.0
뿌 리	57.4	44.4	31.9	1.3	414.7	0.05	16.0	0.17	54.2	0.23	73.4	0.08	25.5
잔뿌리	1.5	51.4	0.73	3.08	22.5	0.12	0.9	1.25	9.1	0.69	5.0	0.19	1.4
소 계	58.9		32.63		437.2		16.9		63.3		78.4		26.9
과 줄	84.4	89.1	9.28	1.0	92.8	0.05	4.6	0.1	9.3	0.008	0.7	0.008	0.7
과 피	28.6	65.9	9.72	1.06	103	0.05	4.9	0.63	61.2	0.1	19.4	0.1	9.7
소 계	113		19.0		195.8		9.5		70.5		20.1		10.4
총 계	225.6		83.43		1097.3		46.4		204.6		414.5		74.3

로 사용하고 있는 비료의 성분원소는 땅에 들어간 뒤에 원래 토양중에 들어있던 성분원소와 동일한 형태임으로 상호 구별이 안되기 때문에 동위원소로 표지된 비료를 관행법으로 사용하고 일정기간이 경과한 뒤에 토양중에 남아있는 표지된 비료를 방사능 측정장치나 질량분석기 등으로 분석하여 작물에 이용되거나 손실되지 않고 토양중에 아직 남아있는 비료량(잔존량)을 알아낼수 있게 되는데 나.에서 설명한 방법으로 이용율을 구할 수 있기 때문에 '시비량-(잔존량 + 이용량)=손실량'의 관계를 이용하면 손실량이 계산되어 질 수 있다.

## 2. 시비기술 향상 및 전용비료개발

이상에서 지적한 바와 같이 제주도의 감귤원에 사용된 비료는 그 이용율이 매우 낮아 손실되는 양이 막대하므로 이용율을 높이게 되면 그 만큼 비료절감 효과를 갖을 수 있을 것이다.

대부분의 비료는 현재 표층시비되고 있기 때문에 바람과 빗물에 의한 손실이 클 것으로 추측된다. 이 같은 손실을 줄이기 위해서는 심층시비가 바람직 하나 인건비의 상승 때문에 물에 녹여서 시비하는 방법을 강구해야 할 것이다. 관주 시비법이나 점적법등 자동화와 경제성을 고려한 연구가 필요하며 인산질 비료의 경우도 용성인비가 입상으로 분해되지 않은 채 오랫동안 토양중에 남아있는 것을 보면 유효태 인산이 충분한 포장에서는 오히려 수용성 인산비료가 높은 이용율을 보일 것으로 생각한다. 자동약제 분무시설을 이용한 엽면시비와 유안의 사용 가능성도 함께 검토되어야 하는데 그 이유는 유안은 화학성유 산업의 부산물로 저렴한 가격으로 공급될 수 있어 값비싼 황산칼륨을 사용하지 않고서도 황산이온이 감귤의 당도를 증가시키는 효과를 기대할 수 있기 때문이다. 한편 토양의 산성화를 예방할 수 있는 시비처방과 비종 선택도 함께 연구대상이 되어야 한다. 발작물 전용으로 적합한 지효성 비료의 개발, 질산화성 억제제의 도입, 수용성 복합비료의 개발등에 관한 연구도 아울러 수행되어야 한다. 전용비료를 개발하기 위해서는 감귤나무의 시기별 양분 요구성과 영양분의 균형농도에 관해서 기초자료를 얻어야 하므로 감귤의 수경 재배법도 시급히 확립되어야 한다.

3. 작물 및 토양 비료 분석체제확립과 감귤영양 진단법 도입  
삼요소의 시비적량이나 시비기준이 설정된다 하더라도 이것은 어디까지나 토양 특성별이나 수령별 또는 품종별로 만들어진 일반적 지표에 불과하기 때문에 재배 농가별로 영양진단의 필요성이 배제될 수는 없는 것이다. 잘 알려진 바와 같이 농경지의 비옥도는 경작방법에 따라서 시간이 경과됨에 따라 서서히 변화될 수 있기 때문에 그 변화의 양상을 반드시 주의 깊게 관찰하고 조사해야 한다. 감귤원의 비옥도를 유지하고 비료효율을 극대화시키는 첩경은 작물체와 경작지를 정기적으로 화학분석해서 그 자료를 데이터 베이스화시켜 평가 해석하는 방법밖에는 없으며 이러한 작업이 농업 선진국의 경우 30 여년 전부터 행하여지고 있다는 사실을 감안하면 우리는 아직도 이 방면에 관한 후진국의 수준에 머물고 있는 실정이다. 최근 제주도에서 가장 많이 사용되고 있는 용성인비의 유효성 여부에 관한 문제가 크게 대두된 일이 있었는데 그와 비슷한 문제는 얼마든지 많이 발생할 가능성이 있다. 제주도에서 사용되는 모든 비료에 대하여 농민들의 요구에 따라 성분분석이 수시로 이루어질 수 있다면 생산자와 소비자간의 신뢰가 더욱 깊어지리라 생각한다. 명실공히 과학영농의 불가피성을 서로 인정한다면 농민과 정부기관 모두가 지대한 관심을 갖고 분석센터를 만들기 위하여 노력해야 할 것이다. 몇십년 전과는 달리 오늘날에는 분석기기와 컴퓨터가 눈부시게 발달하여 기기구입비나 소요 인원이 대폭 줄어들은 반면 국제 경쟁력이라는 당면 문제의 해결을 위해서 그 요구도는 증폭되고 더 절실한 실정이다. 분석기기를 통한 성분분석과 더불어 시비측면에서 의문이 제기되는 감귤원에 대해서는 삼요소 성분의 생리적 요구도를 측정해서 시비량의 조절을 할 필요가 있는데 필자들은 이미 인산의 생리적 영양진단법을 개발했고 칼륨은 개발완료 단계에 있다<sup>(8)(20)</sup>.

## 4. 무토양 재배기술 개발

생산량을 많이 올려서 영농수지를 맞춘다는 개념은 과감히 떨쳐버려야 할 때가 왔다. 우리가 맞고 있는 농업위기를 극복하기 위해서는 농업 환경오염을 최소한으로 줄이면서 최고 품질의 농산물을 생산해 내는 길 밖에 없다는 것을 통감하면서 하루 속히 재배기술의 첨단화에 전력투구해야 겠다고 생각한다. 따라서 감귤

도 시설재배와 더불어 기계화 및 자동화로 변신해야 할 마당에 무토양 재배기술의 확립은 당면 과제임에 틀림이 없다. 다 작물 특히 다비성의 채소재배에 많이 응용되고 있는 무토양 재배 기술을 감귤재배에 도입하기 위한 예비실험을 우선 시도하고 여기서 얻어진 결과를 토대로 하여 재배농가에 보급해 나간다는 것을 전제로 기초실험이 우선 선행되어야 한다. 토양을 매개로 하지 않고 영양액을 직접 뿌리에 공급하면 비료성분의 이용율을 극대화 시킬 수 있으며 염류집적 현상이나 토양을 매개로하는 각종 병해충을 예방할 뿐 아니라 화아분화와 제일 상관인 큰 것중의 하나로 알려진 양분의 공급량과 공급시간을 정확하고 자유롭게 조절하며 당도 증진에 결정적으로 작용하는 수분의 조절도 정확하고 손쉽게 해결할 수 있다는 장점을 구비하고 있기 때문에 무토양 재배기술의 확립은 궁극적으로 비료와 농약의 사용량을 큰 폭으로 줄일 수 있어 영농비 절감은 물론 질산성 질소에 의한 지하수 오염의 가능성도 사전에 배제할 수 있다. 또한 주년 재배도 가능해질 수 있으므로 감귤가격의 안정화에 기여하고 당도증진에 의한 고품질화로 타과일이나 타경쟁국과의 경쟁력을 갖추게 될 것으로 여겨진다.

제주대학교 방사능 이용연구소와 감귤연구소는 1993년도에 칼륨의 생리적 영양진단법 개발이라는 연구사업을 통해서 감귤나무의 무토양재배 가능성을 입증한 바 있는데, 이제부터는 구체적인 재배조건을 조사 검토하고 실용화를 위해 필요한 각종 요인들에 관한 연구를 하루 속히 수행해 나가야 할 것이다.

## 결 론

감귤 산업 관련 각종 보고서와 통계자료를 종합하고 북군과 남군 및 서귀포시로 부터 1994년 4월에 무작위 선정한 6개 감귤원 포장에 대하여 조사한 시비현황과 감귤수체분해 및 토양분석 결과를 보면

- 1) 대부분 경작지의 pH는 4.0 - 5.0 부근으로 강한 산성을 보이고 있었음에도 불구하고 석회비료의 사용실적은 저조하였던 바 석회비료의 투입에 의한 산도교정이 요구된다.
- 2) 유기질 비료의 경우 퇴비생산의 어려움때문에 손쉽게 구입할 수 있는 유채박이나 돈분 계분 등으로 만들어진 부식 생성량이 낮은 유기질 비료에 많이 의존하고 있어서 '양질의 유기질비료 효과'를 기대하기는 어렵다고 생각되었다.

- 3) 비료사용량은 권장 기준보다 평균적으로 질소가 300%, 인산이 150%, 칼륨은 190% 많이 사용하고 있는데 이것이 불필요하게 많은 양이라고 말하기 보다는 비료의 이용율이 기존 문헌에 보고된 것(질소 50%,인산 10%,칼륨 40%)보다 실제로는 훨씬 낮기 때문이라고 해석하는 것이 옳다고 본다.
- 4) 수체분석과 부위별 무기물 분석 등으로 삼요소 이용율을 잠정 추정해보았지만(질소 15%내외, 인산 5%이내,칼륨 10% 내외),동위원소 회석법에 의해서 비료의 이용율을 직접적인 방법으로 정확하게 측정하게 되면 이용율이 너무 낮다는 사실을 확증할 수 있을 뿐 아니라 시비적량을 알아낼 수 있다.
- 5) 관주법 등에 관한 연구를 통해서 표토 시비관행을 조속한 시일내에 개선하여 비료의 효율을 올려야 할 것이라고 생각한다.현재의 비료 이용율을 2 배만 향상시켜도 연간 100 억여원의 비료값을 절약하게된다. 따라서 이용율을 높일 수 있는 실용적이고도 효율적인 시비법을 개발함은 물론 이에 따른 시비적량도 아울러 제시되어야 할 것이다.
- 6) 감귤원의 비옥도를 좋게 유지하고 이상유무를 적시적절하게 알아내기 위해서는 생리적 양분 요구도에 의한 영양진단법을 도입하고, 농민이 원하는 작물체나 토양의 분석을 신속하게 처리함과 동시에 얻어진 자료를 데이터 베이스화하여 이를 분석 평가하고 시판되는 비료의 보증성분 함량을 수시로 검증할 수 있는 제도적 뒷받침이 마련되어야 할 것이다(분석업무 전담부서 또는 센터설치).
- 7) 저투입 환경 보존형 지속적 농업이라는 선진국들의 농업철학은 이제 남의 것이 아니고 바로 우리가 걸어야 할 길이기 에 기계화와 자동화를 주축으로 하는 시설농업에서 무토양 재배기술의 확립은 제주감귤산업의 첨단화를 위해서 절실하게 요구된다고 확신한다.

## 참 고 문 헌

1. 제주도. 제주 통계연보(1993).
2. 농업 협동조합 중앙회. 농협연감(1993).
3. 유장걸, 정창조, 송성준, 안종성. 동위원소를 이용한 제주 지역 수자원에 관한 연구(VIII). 제주대학교 방사능이용 연보. p11-29(1992).
4. 한국 비료 공업협회. 비료연감(1993).
5. 서귀포시 농촌지도소. '92 감귤작황. p38-41(1993).
6. 제주도 농촌진흥원. 감귤원 시비 기준화(1993).

7. 문덕영, 고상욱, 김용호, 김유학. 감귤원 영양 및 관리실태 조사에 의한 종합기술 전산화에 관한 연구. 과수연구소시험연구보고서(1993).
8. 임선욱. 토양학통론. 문운당. p317(1985).
9. 유장걸, 송성준. 감귤나무 인산시비 적정화를 위한 감귤의 생리영양 진단법 개발 및 실용화 연구. 농업논문집. p87-97(1993).
10. 한국 토양비료학회. 환경 보존형 농업을 위한 토양관리 심포지움. p105(1993).
11. 奥田東. 肥料學概論. 養賢堂. p225(1968).
12. 조성진. 신고 비료학. 향문사. p176-177(1978).
13. L'Annunziata, M. F. and J. O., Legg. Isotopes and Radiation in Agricultural Sciences(vol.1). Academic Press. p126, p278 (1984).
14. IAEA. Laboratory Training Manual on the Use of Isotopes and Radiation in Soil-Plant Relations Research. Technical Reports Series No. 29. p147 - 161 (1964).
15. Oezbek, Nurinnisa. Factors affecting the amount of available soil phosphorus, A-value. Isotopes in Plant Nutrition and Physiology, IAEA. p35-46(1967).
16. 石原正義. 果樹의 營養生理. 農山漁村文化協會. p42(1982).
17. 문덕영, 권혁모. 제주도 감귤원의 무기 영양 진단에 관한 시험. 제주 시험장 report(1979).
18. 韓海龍, 權五均. 柑橘園藝新書. 先進文化社. p362-367 (1983).
19. 濟州道 農民敎育院. 柑橘栽培. p184-185(1990).
20. 유장걸, 한해룡, 문덕영, 김창명, 임한철, 문두경, 송성준. K-bioassay를 이용한 감귤나무의 가리 영양 진단법의 개발. 한국농화학회 포스터 발표(1994).