

온주밀감 과원 토양에서 질소에 대한 시비방법과 시비수준에 따른 회수율

강영길*, 유장걸*, 강봉균*

Nitrogen Recovery and Application Method in a Satsuma Mandarin Orchard

Young-Kil Kang*, Zang-Kual U* and
Bong-Kyoon Kang*

* 제주대학교 농과대학 (College of Agriculture, Cheju National University, Cheju 690-756, Korea)

※ 이 논문은 한국과학재단 지정 제주대학교 아열대 원예산업연구센터의 1996년도 연구비 지원에 의해 수행된 결과임

ABSTRACT

In order to evaluate nitrogen (N) balance, from the different application method and levels of ^{15}N applied to a satsuma mandarin orchard soil in spring, we surface-applied N as urea at a rate of 50 (water-dissolved), 100(solid and water-dissolved) and 150%(solid) of the recommended rate (180 kg ha^{-1}) in spring (labeled N), summer (nonlabeled N) with application ratio of 5:2:3. Fruit yield and quality were not significantly affected by any treatment. Nitrogen contents of spring flush leaves in late August were 3.0% regardless of the treatments. The N recovery by parts of tree itself was in the order of leaves, fruits, roots, stems, and the highest recovery per tree was 22.3% in the 50% recommended water-dissolved surface broadcast while there were not much differences for N recovery (11.9 to 13.6%) among the other three treatments. Total N content in top 30cm of soils was 0.47% regardless of the treatments, but N proportion and

total residual N from the fertilizer applied increased with increasing N rate while the N recovery in soils decreased. For the recommended N rate, N proportion and the residual N from the fertilizer applied were greater in the water-dissolved surface broadcast than those in soils surface broadcast. The highest total(tree + soils) N recovery was 70.9% in the 50% recommended water-dissolved surface broadcast, but tended to decrease to 52.2, 46.6, and 43.2% for the recommended water-dissolved surface broadcast, 100 and 150% of the recommended solid surface broadcast, respectively

Key words : Satsuma mandarin, Application method, Nitrogen rate, Nitrogen recovery

서 언

감귤원 ha당 기준 질소시비량이 5년생이 130kg, 25년생이 300kg이지만, 시비량이 많을수록 감귤 수량도 많을 것으로 잘못 알고 있는 감귤 재배농가가 아직도 꽤 많이 있어 질소 비료를 ha당 연간 400kg 이하 시비하는 농가가 17.3%에 불과하고 400~800kg, 800~1,200kg, 1,200kg 이상 시용 농가 비율의 각각 48.8, 19.5, 14.5%로 조사되었다(현, 1996). 감귤원에 질소를 과다 시비함으로써 불필요한 영농비 지출은 물론 감귤의 품질을 저하시키고(Embleton et al., 1973a; 1973b; Reitz & Koo, 1959; 坂本과 奥地, 1969), 제주도의 주급수원인 지하수의 질산성 질소 오염을 야기시킬 우려가 점차 증대되고 있다(고 등, 1996).

시용된 질소비료 중 작물에 의하여 흡수·이용되는 양은 작물의 종류, 시비량, 시비시기, 시비방법 등에 따라 다르다. ^{15}N 를 추적자로 이용하는 방법은 표지된 질소가 측정되므로 처리의 효과를 보다 정확히 측정할 수 있고 무질소구가 필요 없이 비료로부터 유래된 질소를 토양이나 작물체에서 구분할 수 있으므로 질소의 행동에 관한 연구에 널리 사용되고 있다(Hauck & Bremner, 1976).

비료로부터 유래된 질소의 비율은 질소시비량이 많을 경우 높지만 질소 이용율(회수율)은 대체로 시비량

이 적을 때에 높다고 알려져 있다(이와 유, 1994; Varvel & Peterson, 1990). Ernst & Massey (1960)는 공기의 상대습도가 0 또는 100%일 때에 비하여 50~55%, 85~90%일 때 표층시비한 요소로부터 암모니아 휘발이 많았다고 보고하였다. 또한 지온이 높을수록 암모니아 휘발이 많으므로 여름에 건조한 감귤원에 요소를 시비할 경우 암모니아 휘발이 더욱 많을 것으로 보인다.

질소 비료의 이용율을 높이기 위하여 시비 후 복토 하거나 흙과 고루 섞일 수 있도록 중경을 권장하고 있으나, 감귤 재배 농가의 대부분이 봄에도 요소를 표층시비하고 있으므로 질소 비료의 유실과 암모니아의 휘발이 꽤 많아서 질소 비료의 이용율이 낮을 것으로 생각된다. 1996년까지 감귤원에 살수관개 시설이 3,662.5ha에 설치되어 있고 장차 확대 보급될 전망인 바 질소 비료를 사용한 후 관수하거나 관개수에 녹여 용액으로 시비할 경우 질소 비료의 이용율이 향상되어 질소 비료에 의한 질산성 질소의 지하수 오염을 줄일 수 있을 것으로 기대되지만 이에 관한 연구는 없는 것 같다. 본 연구는 질소 시비방법과 시비량에 따른 질소 이용율을 구명함으로써 질소 비료의 합리적인 시비법 개발을 위한 기초 자료를 얻고자 수행되었다.

재료 및 방법

이 시험에 이용된 감귤원은 제주시 아라동에 위치하고 있으며(해발 220m), 모재는 화산회이고 표토는 농암회갈색인 자갈이 있는 미사질양토, 심토는 암회갈색인 자갈이 있는 미사질양토이었다. 표토(10cm)의 화학적 특성은 표 1에서 보는 바와 같다.

공시 시험수는 2.5m × 2.5m 거리로 재식된 10년생 홍진조생(조생온주)이었다. 1그루를 시험단위로 하였고, 비료의 이동을 막기 위하여 시험수 사이를 토심 45cm, 토양 표면 위 5cm 길이로 비닐막을 설치하였다.

처리는 질소 시비법과 시비량을 조합한 4처리였다. 즉 관행 기준량(표층시비, 180kg/ha/년), 관행 50%증비(표층시비, 270kg/ha/년), 관비(수용액 시비) 기준량, 관비 50% 감비구(90kg/ha/년)를 두었다. 봄비료, 여름비료, 가을비료는 1996년 4월 11일, 6월 18일, 11월 13일에 각각 시용되었다. 질소는 요소로 봄에 50%, 여름에 20%, 가을에 30% 비율로 분시하였는데, 봄에는 3반복에 5.5 atom % ¹⁵N 요소를, 6반복에는 일반요소 비료를 시용하였고, 여름과 가을에는 9반복 모두 일반요소로 시비하였다. ¹⁵N 요소를 시용한 3반복 중 1반복에는 감귤 수확 직후 수체를 분석하기 위해 굴취되어서 가을 비료가 시용되지 않았다. 봄비료는 ¹⁵N 요소를 시비 적기에 구입할 수 없어서 표준 시비 시기보다 다소 늦게 시비되었다. 관행시비는 손으로 시험구 전면에 살포하였고 관비는 1mm의 강우에 상당하는 물에 요소를 녹여 시험구 토양 전면에 물뿌리개로 주었다. 인산(P₂O₅)과 칼리(K₂O) 시비량은 각각 ha당 280, 180kg이었고, 인산은 용성인비로 전량 봄에 표층시비하였고 칼리는 염화加里로 봄에 30%, 여름에 40%, 가을에 30% 비율로 표층시비하였다.

시험수 배치는 난괴법 9반복으로 배치하였고, 과실 수량과 특성은 9반복, 엽분석은 3 또는 6반복, 수체분석은 ¹⁵N 시용구인 3반복을 대상으로 조사하였다. 시험년도인 1996년에는 착과가 불량한 해였으므로 적과는 실시하지 않았다. 기타 관리는 관행재배에 준하였다.

시험수 평균 착색과율이 외관상 약 80%에 도달한 11월 7일에 나무별로 전체 과실을 수확하여 과실수와 과실중을 조사하였다. 과중은 나무당 과실수를 과실중으로 나누어 산출하였다. 나무당 크기와 착색 정도가 중용의 과실 20개를 대상으로 橫經과 縱經을 측정한다. 과실 10개를 박피하여 과육율을 조사하였다. 과육율을 조사하는데 사용되었던 과육 10개의 과즙을 100mesh 체를 통과시킨 다음 Abbe굴절계(Attago, 일본)로 가용성 고형물(Brix 당도)을 측정하였고, 0.01N NaOH로 중화적정하여 구연산으로 환산한 산함량 산도로 하였다.

Table 1. The properties of surface soil (0~10cm) before experiment

pH (1:5)	O.M (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cations(cmol ⁺ /kg)				CEC (cmol ⁺ /kg)	EC dS/m
			Ca	Mg	K	Na		
4.8	126	115	0.75	0.84	0.54	0.27	11.0	0.17

엽분석용 시료는 6월 15일에는 ^{15}N 처리구 3반복, 9월 4일과 11월 12일에는 ^{15}N 처리구 3반복과 일반 질소비료 시용구 3반복에서 채엽하였는데, 수관 주위의 높이가(1.6m)에서 열매가 달리지 않은 가지에서 신엽과 구엽으로 구분하여 20매씩 채취하였다. 채취된 잎을 중성세제로 씻어낸 다음 수돗물과 증류수로 행귀내고 상온에서 말린 후 70°C의 통풍 건조기에서 건조시켰다. 건조한 시료를 분쇄기로 분쇄하여 40 mesh체를 통과시킨 것을 P, K, Ca, Mg 등의 분석용 시료로 하였다. 무기성분을 분석하기 위하여 분쇄시료를 Kjeldahl 분해 후 전질소는 원소분석기(Elemental Analyzer; Fisons Instruments社 model EA 1108), P, Ca, Mg은 원자방출분광기(Inductively-coupled-plasma Atomic Emission Spectroanalyzer; Jonbin-Yvon社 model JY 138 Ultrace), K는 원자흡광광도계(Atomic Absorption Spectrophotometer; Pye Unicam社 model SP9-800)를 이용하여 분석하였다. ^{15}N 분석은 원소분석기와 동위원소 질량분석기를 이용하여 분석하였다.

^{15}N 요소를 시비한 3반복중 1반복은 과실 수확 후, 2반복은 1997년 4월 9일에 식물체 부위별로 채취하여 樹體 분석에 이용하였고 3반복의 평균치를 표 5에 나타내었다. 지상부는 樹幹, 大枝, 小枝, 綠枝, 잎으로, 지하부는 根幹, 大根, 細根으로 구분하여 채취하여 생체중을 측정하고 그 중 150~250g을 70°C의 통풍 건조기에서 건조시켜 건물중을 조사하고 전질소와 ^{15}N

분석에 이용하였다. 전질소와 ^{15}N 분석은 엽분석과 같은 방법으로 하였다.

토양은 지하부 채취 전 0~10, 10~20, 20~30cm로 구분하여 채취, 풍건한 후 2mm체를 통과시킨 것을 80°C에서 48시간 건조시켜 전질소와 ^{15}N 분석에 이용하였다. 수체와 토양 중 시비한 요소로부터 유래하는 질소의 비율과 시용된 질소의 이용율(회수율) 등은 이와 유(1994)가 제시한 식을 이용하여 계산하였다.

결과 및 고찰

1. 과실수량 및 품질

시비방법과 시비량에 따른 나무(본)당 과실수와 과실수량, 품질 관련 형질은 표 2에 나타내었다. 본당 과실수는 290개 내외로 처리간 유의한 차이가 없었다. 본당 과실수량은 23.1~27.3kg이었는데 질소시비량이나 시비방법보다는 나무 자체의 수량성에 좌우되는 것으로 여겨진다. 평균 과중은 95g, 과실의 橫徑과 縱徑은 각각 61mm, 52mm내외로 처리간 유의한 차이가 없었다.

착색과율은 관비 50%감비구에서 87.8%로 다른 처리구에 비하여 높은 경향이었으나 5% 수준에서 유의한 차이는 없었다. 과육율, 당도(brix), 산도, 糖酸比도 각각 63.5%, 10.8, 1.90, 5.82안팎으로 처리간 유의한

Table 2. Effects of application method and rate of nitrogen on fruit yield and quality of satsuma mandarin trees (cv. Okitsu Wase)*

Application method**	N rate*** (kg/ha/yr)	No. of fruits (no./tree)	Fruit yield (kg/tree)	Fruit weight (g/fruit)	Fruit length (mm)	Fruit width (mm)	Edible part ratio(%)	Soluble solid brix	Acid content (%)	Brix/acid ratio
Liquid	90	306	27.3	94	52	61	76.9	11.1	1.96	5.78
	180	297	25.4	95	51	61	76.3	10.6	1.85	5.90
Solid	180	250	24.2	103	53	62	76.2	10.8	1.97	5.55
	270	302	23.1	89	51	61	76.0	10.7	1.82	6.04
LSD(5%)		NS	4.0	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV(%)		15.7	16.7	16.4	4.7	4.0	1.5	5.9	13.8	11.4

* Each value is the average of 9 trees (replications)

** Liquid : urea dissolved in 1 mm water was surface-applied (broadcast sprayed)

Solid : urea granules (nonlabeled N) or powders (labeled N) were broadcast surface-applied

*** 50 (labeled N), 20 (nonlabeled N) and 30% (nonlabeled N) of N were applied on 11 April, 18 June and 13 November, respectively

차이가 없었다.

坂本과 奥地(1969)는 16년생 온주밀감에 질소를 4년 동안 0~800g/분/년 사용한 경우 어느 해에도 수량 차이가 없었고 과실 품질도 첫 해에는 질소시비량간 차이가 없었지만 2년째부터는 질소시비량이 증가됨에 따라 당산비가 감소되었다고 하였다. 이상의 결과로 볼 때 질소 시비방법과 시비량이 현저하지 않을 경우 처리에 의한 수량 및 품질의 뚜렷한 차이는 수년간 처리를 한 후에야 나타날 것 같다.

2. 잎의 무기성분 농도

질소 시비방법 및 시비량에 따른 채엽시기별 신엽과 구엽의 무기성분 농도는 표 3에 제시하였다. 감귤의 영양 상태를 알기 위해서 엽분석이 흔히 이용되고 있는데, 엽분석치는 시비와 토양조건은 물론 기상조건, 생육시기, 생육상태, 지역 등에 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Embleton et al., 1973b; 石原, 1982). 4월 11일 ¹⁵N 요소를 시비한 후 6월 15일에 채엽한 신엽과 구엽의 질소 농도를 포함하여 분석한 모든 원

Table 3. Effects of application method and rate of nitrogen on the concentration of macronutrients in spring flush leaves (Spring) and old leaves (Old) of satsuma mandarin trees (cv. Okitsu Wase) collected on 15 June, 4 September and 12 November 1996*

Application method**	N rate*** (kg/ha/vr)	N		P		K		Ca		Mg	
		Spring	Old	Spring	Old	Spring	Old	Spring	Old	Spring	Old
15 June											
Liquid	90	2.57	2.73	0.19	0.11	1.77	0.81	0.40	2.05	0.27	0.32
	180	2.60	2.80	0.20	0.12	1.88	0.89	0.65	2.29	0.32	0.37
Solid	180	2.60	2.60	0.19	0.10	1.76	0.75	0.46	2.08	0.28	0.38
	270	2.53	2.73	0.19	0.11	1.83	0.84	0.62	1.90	0.30	0.31
LSD(5%)		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV(%)		4.3	5.5	12.9	9.0	3.9	31.4	32.3	24.9	9.0	24.0
4 September											
Liquid	90	3.15	2.67	0.16	0.10	1.46	0.89	1.69	2.19	0.45	0.34
	180	3.22	2.50	0.16	0.10	1.40	0.81	1.82	2.49	0.48	0.38
Solid	180	3.17	2.43	0.16	0.11	1.47	0.86	1.62	2.31	0.48	0.37
	270	3.12	2.45	0.16	0.10	1.19	0.76	1.99	2.37	0.47	0.35
LSD(5%)		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV(%)		2.7	7.2	6.3	5.8	20.0	25.7	23.6	15.9	12.9	16.7
12 November											
Liquid	90	3.23	2.71	0.15	0.10	0.93	0.67	1.84	2.46	0.38	0.32
	180	3.22	2.82	0.14	0.10	0.75	0.71	2.18	2.47	0.44	0.33
Solid	180	3.25	2.69	0.15	0.11	0.83	0.67	2.40	2.52	0.44	0.38
	270	3.25	2.67	0.13	0.10	0.70	0.45	2.69	2.82	0.42	0.36
LSD(5%)		NS	NS	NS	NS	0.20	NS	0.60	NS	NS	0.06
CV(%)		6.0	10.6	10.2	10.1	20.0	31.0	21.4	16.1	14.4	12.9

* Each value is the average of 3 (on 15 June) or 6 trees (on 4 Sept. 15 and 12 Nov.)

** Liquid = urea dissolved in 1 mm water was surface-applied (broadcast sprayed)

Solid : urea granules (nonlabeled N) or powders (labeled N) were broadcast surface-applied

*** 50 (labeled N), 20 (nonlabeled N) and 30% (nonlabeled N) of N were applied on 11 April, 18 June and 13 November, respectively

소에서 처리간 유의한 차이가 없었다. 신엽의 질소 농도는 2.53~2.60%로 9월 4일 또는 11월 12일에 채엽한 성적보다 낮은데, 질소는 9월부터 12월까지 질소 농도가 높고 변화가 적으나 1월 이후부터는 감소되는 것으로 알려져 있다(石原, 1982).

9월 4일과 11월 12일에 채엽하여 분석한 성적은 봄 비료와 여름비료 시비구의 평균치이다. 11월 12일에 채엽한 엽중 칼슘을 제외하고는 모든 분석치가 5% 수준에서 처리간 유의한 차이가 없었다. 감귤의 영양 상태를 진단하기 위한 채엽의 최적기는 신초의 신장이 정지되고 엽내 성분 변동이 없는 8월 상순부터 9월 상순으로 알려져 있다. 9월 4일에 채엽한 신엽의 무기성분 농도를 보면 질소 3.12~3.22%, 인 0.16%, 칼륨 1.19~1.47%, 칼슘 1.62~1.99%, 마그네슘 0.45~0.48%로 칼슘이 적정치보다 낮은 것을 제외하고는 적정 농도를 유지하고 있는 것으로 보인다(石原, 1982).

수확기인 11월 12일에 채엽한 잎의 질소와 마그네슘 농도가 각각 3.2, 0.42% 내외로 9월 4일 채엽한 성적과 별차이가 없었으나 9월 4일 성적에 비하여 인과 칼륨 농도는 감소되었고 칼슘 농도는 크게 증가되었는데, 石原(1982)의 보고와 대체로 같은 경향이었다.

비료로부터 유래된 엽중 질소 비율

질소 시비 방법 및 시비량에 따른 채엽 시기별 신엽과 구엽내 질소 중 비료(¹⁵N 요소)로부터 유래된 질소비율(NDFP)은 표 4에 나타내었다. 4월 11일에 ¹⁵N 요소를 사용하고 6월 15일에 채엽시 신엽내 ¹⁵N 요소로부터 유래된 질소의 비율은 질소시비량이 많을수록 증가하는 경향이고 관행시비구에 비하여 관비구에서 다소 높은 경향이었으나 변이계수가 높아서 5% 수준에서 유의성은 없었다. 구엽에서는 NDFP가 1.8% 내외로 처리간 차이가 없었다. 9월 4일 채엽시의 NDFP는 6월 15일 채엽시보다 모든 처리에서 증가되었고, 6월 15일 채엽시와 대체로 같은 경향이었다. 벼, 옥수수에서도 질소시비량이 증가할수록 NDFP는 증가되는 것으로 알려져 있다(이와 유, 1994; Wienhold et al., 1995). 11월 12일 채엽시의 NDFP는 9월 4일 채엽시보다 증가되었고 처리간 경향도 이전과 같았으나 구엽에서도 처리간 유의한 차이가 나타났었다. 관비구에 비하여 관행시비구에서 시비 후 NDFP의 증가 속도가 늦은 것으로 보아 관비의 비효가 일찍 나타나던 것 같다.

Table 4. Effects of application method and rate of nitrogen on percentage of N derived from fertilizer in spring flush leaves (Spring) and old leaves (Old) of satsuma mandarin trees (cv. Okitsu Wase) collected on 15 June, 4 September and 12 November in 1996*

(unit : %)

Application method**	N rate*** (kg/10a/yr)	15 June		4 September		11 November	
		Spring	Old	Spring	Old	Spring	Old
Liquid	90	4.9	1.6	7.2	3.2	7.5	4.1
	180	6.0	2.1	9.5	3.1	9.5	5.3
Solid	180	5.1	1.9	7.7	3.3	9.1	6.1
	270	8.3	1.6	13.8	4.5	15.3	8.2
LSD(5%)		NS	NS	5.5	NS	4.5	2.6
CV(%)		35.8	28.8	18.6	36.8	19.2	16.2

* Each value is the average of 3 trees (replications)

** Liquid : urea dissolved in 1 mm water was surface-applied (broadcast sprayed)

Solid : urea granules (nonlabeled N) or powders (labeled N) were broadcast surface-applied

*** 50 (labeled N), 20 (nonlabeled N) and 30% (nonlabeled N) of N were applied on 11 April, 18 June and 13 November, respectively

4. 수체 부위별 질소회수율

봄비료로 ¹⁵N 요소 비료를 시비하였던 試驗樹를 根幹, 大根, 細根, 樹幹, 大枝, 小枝, 綠枝, 잎, 果皮, 果肉 별로 나누어 全窒素 및 ¹⁵N를 분석하였으나, 간결하게 나타내기 위해 뿌리, 줄기, 잎, 과실별로 정리하여 건물중, 질소농도, 질소흡수량, NDF, 비료로부터 유래된 질소 흡수량, 질소회수율(이용율) 등의 성적을 표 5에 제시하였다. 질소 농도는 잎, 과실, 뿌리, 줄기 순으로 높았으나, 어느 부위에서도 처리간 유의한 차이가 없었다. NDF는 과실, 잎, 뿌리, 줄기 순으로 높았고, 질소시비량이 많을수록 높은 경향이었으나 시비방법간에는 큰 차이가 없었다. 비료로부터 유래한 질소 흡수량은 잎에서 가장 많았고 과실에서 다음으로 많았고, 뿌리와 줄기는 비슷하였는데 시비량이 많을수록 많은 경향이었으나 시비방법간에는 현저한 차이가 없었다. 樹體에 의한 질소회수율은 잎, 과실, 뿌리, 줄기 순으로 높았고, 관비 50% 감비구에서 22.3%로 가장 높았으나 관비 기준량, 관행 기준량, 관행 50%증비구에서 각각 13.6, 12.1, 11.9%이었다. 질소시비량과 질소회수율과의 관계는 2차회귀방정식으로 나타낼 수 있었다($Y = 40 - 2.45x + 0.052x^2, R^2 = 0.98$). 벼, 옥수수 등에 있어서도 시비량이 적을수록 질소회수율이 대체로 높은 것으로 알려져 있다(이와 유, 1994; Varvel & Peterson, 1990). 일년생작물인 벼, 옥수수, 담배 등에서는 지상부 질소회수율이 보통 40% 이상임을 고려해 볼 때(이와 유, 1994; MacKwon & Sutton, 1997; Varvel & Peterson, 1990; Wienhold et al.(1995), 본 시험에서 회수율이 낮은 원인은 온주밀감의 특성과 여름철 가뭄에 의한 질소 흡수의 저해 등에 기인되었던 것으로 판단된다.

5. 토층별 질소잔류율과 전체 회수율

봄에 ¹⁵N 요소 시비구에 있어서 토양깊이별 질소농도, NDF, 비료로부터 유래된 질소잔류량, 질소잔류율 등은 표 6에서 보는 바와 같다. 토양의 질소농도는 토심 30cm까지 토층간 큰 차이가 없었고 처리간에도 차이 없이 4.7%안팎이었다. 이와 유(1994)도 벼에 질소를 배량 시비하여도 관행시비구와 질소농도가 차이가 없었다고 보고하였다. 본 시험의 질소총량도 질소농도와 같은 경향이었는데 0~30cm내의 질소총량은

m²당 580g안팎이었다.

NDF와 비료로부터 유래된 질소잔류량은 대체로 토심이 깊을수록 또한 시비량이 적을수록 감소하는 경향이어서 이와 유(1994)와 Wienhold et al.(1995)이 각각 벼, 옥수수 재배 토양에서 얻은 결과와 비슷한 경향이였다. 기준시비량에서 시비방법에 따른 NDF와 비료로부터 유래된 질소잔류량은 5% 수준에서 유의성은 없으나 대체로 관행시비구보다 관비구에서 다소 높은 경향이였다. 시용된 질소의 토양중 잔류율은 시비량이 많을수록 감소하는 경향이였고($Y = 55.4 - 0.096x, r^2 = 0.88$), 시비량이 같은 경우 관행시비구보다 관비구에서 다소 높은 경향이였다.

수체의 질소회수율과 30cm까지 토양중 질소잔류율을 합한 전체 회수율은 표 7에서 보는 바와 같이 관비 50%감비구에서 70.9%로 가장 높았고 관비기준량, 관행기준량, 관행 50%증비구에서 각각 52.2, 46.6, 43.2%로 시비량이 많을수록 적어지는 경향이였고($Y = 107.7 - 0.494x + 0.00094x^2, R^2 = 0.97$), 관행시비에 비해 관비구에서 다소 높은 경향이였다. 나머지 회수되지 않은 질소는 토심 30cm 이하에 존재하였거나 일부는 휘산이나 탈질반응에 의한 가스 상태로 손실되었다고 생각된다. 관행표충시비를 계속하여 온 경우 세근이 토심 20cm내에 주로 분포되어 있으므로 추후에 흡수되는 질소의 양은 그리 많지 않을 것으로 생각되며 상당한 량의 질소가 서서히 용탈되거나 탈질될 것이다.

대부분의 감귤농가가 질소를 과다하게 사용하고 있으므로 질소회수율이 낮을 것으로 생각된다. 감귤원에 과다한 질소시비에 따른 영농비를 줄이고 지하수의 질산성 질소의 오염을 줄이기 위해서 토양 검정에 의한 질소시비량을 추천하는 한편 질소흡수속도가 늦은 봄, 가을에 시비하는 비율을 줄이는 반면 흡수속도가 빠른 여름에 시비하는 비율을 늘이거나, 엽면시비 등에 의한 질소회수율을 높일 수 있는 방법을 개발·보급해야할 것으로 판단된다(久保 등, 1972; 金과 高, 1996).

Table 5. Effects of application method and rate of nitrogen on dry matter, derived from fertilizer (NDF), fertilizer N and recovery of fertilizer N in various parts of satsuma mandarin trees (cv. Okitsu Wase)*

Application method**	N rate*** (kg/ha/yr)	Roots	Stems	Leaves	Fruits	Total or Average
Dry matter (kg/tree)						
Liquid	90	4.62	8.15	2.31	2.86	17.94
	180	4.12	7.72	2.10	2.92	16.86
Solid	180	3.21	6.32	1.63	2.87	14.03
	270	3.62	6.92	1.79	3.51	15.83
LSD(5%)		NS	NS	NS	NS	NS
CV(%)		19.01	21.7	38.2	17.4	17.3
N concentration (%)						
Liquid	90	0.39	0.33	2.79	0.75	0.73
	180	0.38	0.32	2.66	0.80	0.71
Solid	180	0.35	0.31	2.80	0.71	0.69
	270	0.53	0.46	2.30	0.63	0.72
LSD(5%)		NS	NS	NS	NS	NS
CV(%)		15.1	12.1	5.3	4.8	6.9
N uptake (g/tree)						
Liquid	90	18.0	26.5	64.4	21.4	130.3
	180	15.8	24.8	55.8	23.4	119.9
Solid	180	11.1	19.7	45.6	20.4	96.8
	270	19.0	32.1	41.2	22.1	114.4
LSD(5%)		NS	NS	NS	NS	18.3
CV(%)		16.2	17.1	16.8	17.1	7.6
NDF (%)						
Liquid	90	3.44	2.49	5.70	6.17	4.81
	180	4.94	2.50	7.51	8.85	6.40
Solid	180	4.86	3.81	8.27	8.53	7.02
	270	7.74	3.18	11.4	12.81	8.76
LSD(5%)		2.8	NS	NS	3.8	NS
CV(%)		26.6	28.1	26.1	20.4	23.9
Fertilizer N (g/tree)						
Liquid	90	0.62	0.66	3.67	1.32	6.27
	180	0.78	0.62	4.19	2.07	7.67
Solid	180	0.54	0.75	3.77	1.74	6.80
	270	1.47	1.02	4.70	2.83	10.02
LSD(5%)		0.30	NS	NS	0.74	1.83
CV(%)		17.7	27.9	31.2	18.4	11.7
Recovery of fertilizer N (%)						
Liquid	90	2.19	2.35	13.03	4.71	22.27
	180	1.40	1.11	7.45	3.69	13.64
Solid	180	0.96	1.34	6.70	3.09	12.09
	270	1.74	1.21	5.65	3.36	11.87
LSD(5%)		NS	0.76	4.82	NS	6.75
CV(%)		38.2	28.8	27.2	19.1	21.1

* Each value is the average of 3 trees (replications)

** Liquid : urea dissolved in 1 mm water was surface-applied (broadcast sprayed)

Solid : urea granules or powders (labeled N) were broadcast surface-applied

*** 50 (labeled N), 20 (nonlabeled N) and 30% (nonlabeled N) of N were applied on 11 April, 18 June and 13 November, respectively

Table 6. Effects of application method and rate of nitrogen on N concentration, total amount of N, N derived from fertilizer (NDFF), fertilizer N and recovery of fertilizer N at various soil depths*

Applicati on method**	N rate*** (kg/ha/yr)	Soil depth (cm)			Total or avg.
		0~10	10~20	20~30	
N concentration (%)					
Liquid	90	0.45	0.46	0.46	0.46
	180	0.49	0.48	0.44	0.47
Solid	180	0.49	0.42	0.46	0.46
	270	0.47	0.46	0.49	0.48
LSD(5%)		NS	NS	NS	NS
CV(%)		11.6	12.0	13.3	7.6
Total amount of N (g/m ²)					
Liquid	90	198	204	189	591
	180	191	186	184	561
Solid	180	207	178	209	594
	270	188	182	208	578
LSD(5%)		NS	NS	NS	NS
CV(%)		13.2	11.2	12.8	7.4
NDFF (%)					
Liquid	90	0.51	0.39	0.28	0.37
	180	0.75	0.59	0.53	0.62
Solid	180	0.64	0.62	0.37	0.52
	270	0.96	0.59	0.63	0.72
LSD(5%)		NS	NS	NS	0.17
CV(%)		31.6	30.7	16.8	14.8
Fertilizer N (g/m ²)					
Liquid	90	0.93	0.76	0.49	2.18
	180	1.42	1.06	0.99	3.47
Solid	180	1.25	1.09	0.76	3.10
	270	1.76	1.09	1.29	4.14
LSD(5%)		NS	NS	NS	1.18
CV(%)		23.7	30.3	37.9	18.3
Recovery of fertilizer N (%)					
Liquid	90	20.7	16.9	10.9	48.5
	180	15.8	11.8	11.0	38.6
Solid	180	13.9	12.1	8.5	34.5
	270	13.0	9.1	10.2	31.3
LSD(5%)		NS	NS	NS	NS
CV(%)		25.3	43.7	15.2	19.0

* Each value is the average of 3 trees(replications)

** Liquid : urea dissolved in 1 mm water was surface-applied (broadcast sprayed)

Solid : urea granules or powders (labeled N) were broadcast surface-applied

*** 50 (labeled N), 20 (nonlabeled N) and 30% (nonlabeled N) of N were applied on 11 April, 18 June and 13 November, respectively

Table 7. Effects of application method and rate of nitrogen on total recovery of fertilizer N by satsuma mandarin tree (cv. Okitsu Wase) and soil*

Application method**	N rate*** (kg/ha/yr)	Total recovery (%)
Liquid	90	70.9
	180	52.2
Solid	180	46.6
	270	43.2
LSD(5%)		10.5
CV(5%)		9.9

* Each value is the average of 3 replications

** Liquid : urea dissolved in 1 mm water was surface-applied (broadcast sprayed)

Solid : urea granules or powders (labeled N) were broadcast surface-applied

*** 50 (labeled N), 20 (nonlabeled N) and 30% (nonlabeled N) of N were applied on 11 April, 18 June and 13 November, respectively

적 요

중질소(¹⁵N)를 추적자로 이용하여 질소 시비방법과 시비수준에 따른 온주밀감에 있어서 봄비료의 질소 수지를 구명하고자, 10년생 홍진조생에 관행 질소기준량(표층시비, 180kg N/ha/년), 관행 50% 질소증비(270kg), 관비(수용액 시비) 질소기준량, 관비 질소 50%감비(90kg) 시비처리를 하였고 봄 비료(3반복 표지 질소, 6반복 일반 질소), 여름 비료(일반 질소), 가을 비료(일반 질소)로 각각 질소시비량의 5 : 2 : 3 비율로 분시하여 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 과실 수량 및 품질, 잎의 질소농도는 처리간 유의한 차이가 없었다. 9월 4일에 조사한 신엽의 질소농도는 모든 처리에서 3.1% 이상이었다.
2. 수체중 비료로부터 유래된 질소흡수량은 질소시비량이 많을수록 많은 경향이었으나 기준시비량에 있어서 시비방법간 큰 차이가 없었다.
3. 수체 부위별 질소회수율은 잎, 과실, 뿌리, 줄기 순으로 높았고, 나무당 질소회수율은 관비 50% 감비구에서 22.3%로 가장 높았고 관비 기준량,

- 관행 기준량, 관행 50%증비구에서 각각 13.6, 12.1, 11.9%로 처리간 뚜렷한 차이가 없었다.
4. 토심 30cm내의 질소농도 및 질소총량은 처리에 영향을 받지 않았으나, 질소시비량이 증가됨에 따라 비료로부터 유래된 질소비율 및 질소잔류량은 증가하는 경향을 보였던 반면 질소잔류율은 감소하는 경향이였다. 기준시비량에 있어서 비료로부터 유래된 질소비율과 질소잔류율은 관행시비에 비해 관비구에서 높은 경향이였다.
5. 전체 질소회수율(수체 및 토심 30cm내)은 관비 50% 감비구에서 70.9%로 가장 높았고 관비 기준량, 관행 기준량, 관행 50%증비구에서 각각 52.2, 46.6, 43.2%로 시비량이 많을수록 적어지는 경향이였고 관행시비에 비해 관비구에서 높은 경향이였다.

인 용 문 헌

- Embleton, T.W. H.J. Reitz, and W.W. Jone. 1973. Citrus fertilization. In W. Reuther(ed) The Citrus industry. vol. 3. Div. of Agri. Sci., Univ. of Calif. p. 122-182.
- Embleton, T.W., W.W. Jone, C. K. Labanauskas, and W. Reuther. 1973. Leaf analysis as a diagnostic tool and guide to fertilization. In W. Reuther(ed) The Citrus industry. vol. 3. Div. of Agri. Sci., Univ. of Calif. p. 183-210.
- Ernst, J. W., and H. F. Massey. 1960. The effects of several factors on volatilization of ammonia formed from urea in the soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 24:87-90.
- Hauck, R.D. and J. M. Bremner. 1976. Use of tracers for soil and fertilizer nitrogen research Adv. Agron. 28:219-266.
- 현승원. 1996. 제주도 환경보전형 농업의 방향. 환경친화형 농업을 위한 국제심포지움. 제주대학교 아열대원예산업연구센터 p. 119-139.
- 石原正義. 1982. 果樹の栄養生理. pp. 370.
- 金榮龍, 高光出. 1996. 温州蜜柑 收穫前後의 尿素 葉面施肥가 葉中成分과 耐寒性에 미치는 影響. 韓園誌 37(1):70-76.
- 고용구, 김성홍, 송영철, 유장걸. 1996. 제주 지하수의 수질특성. 환경친화형 농업을 위한 국제심포지움. 제주대학교 아열대원예산업연구센터 p. 83-115.
- 久保田收治, 赤尾勝一郎, 福井春雄. 1972. 重窒素利用による温州のミカンの窒素の吸収とその体内移行に關する研究. 第1報 初夏肥ついて. 四國農試報 25:93-103.
- 이상모, 류순호. 1994. 논토양에서 중질소(N-15)를 이용한 표면시용 요소로부터 유래하는 질소의 행동에 관한 연구. 한국농화학회지 37(4):277-286.
- MacKown, C., and T.G. Sutton. 1997. Recovery of nitrogen applied to Burley tobacco. Agron. J. 89:183-189.
- Reitz, H.J., and R.C.J. Koo. 1959. Effect of nitrogen and potassium fertilization on yield, fruit quality, and leaf analysis of Valencia orange. Amer. Soc. Hort. Sci. 75:244-252.
- 坂本辰馬, 奥地進. 1969. 温州ミカン果實の酸, 可溶性固形物に及ぼすチッソ栄養の 影響. 園藝學會雜誌 38(4):301-308.
- Varvel, G. E., and T. A. Peterson. 1990. Nitrogen fertilizer recovery by corn in monoculture and rotation system. Agron. J. 82:935-938.
- Wienhold B.J., T.P. Trooien, and G.A. Reichman. 1995. Yield and nitrogen use efficiency of irrigated corn in the northern Great Plains. Agron. J. 87:842-846.