

질소시비량과 시비방법에 따른 온주밀감의 질소회수율

강영길* · 유장걸*

Effects of Nitrogen Recovery of Satsuma Mandarins with Different Nitrogen Rate and Application Methods

Young-Kil Kang* and Zang-Kual U*

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

※ 이 연구는 한국과학재단 지정 제주대학교 아열대
원예산업연구센터의 지원에 의한 것임

ABSTRACT

In order to evaluate the effects of nitrogen (N) rate and application method on the recovery of N fertilizer applied in spring and summer by Satsuma mandarins (cv. Myakawa Wase), N as urea was surface-applied at the rates of 50 (applied with 20 mm water; 50% N application) and 100% (three treatments; applied as solid, with 5 or 20 mm water) of the recommended rate ($150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) on 25 March and 12 June with a application ratio of 50 and 20%. The labeled N was applied only once in spring or summer. There were no differences among the four treatments in fruit yield, fruit quality except acid content of juice, and N content of leaves. The recovery of fertilizer N applied in spring by a tree ranged from 7.8 to 8.3% and that of N applied in summer ranged from 11.3 to 14.2% at the three recommended N rates and was 18.0% for the 50% N application. The recovery of fertilizer N applied in spring in the upper 40 cm of soil ranged from 32.1 to 37.7% at the three

recommended N rates and was 55.8% at the 50% N application while that of N applied in summer was 69.8% for surface application of the recommended N rate and ranged from 80.7 to 84.4% for the three N applications with water. The total (tree + soil) recovery of N fertilizer applied in spring was highest (64.1%) for the 50% N application and ranged from 40.3 to 45.5% for the three recommended N rates. The total recovery of N fertilizer applied in summer was also highest (99.4%) for the 50% N application and tended to be higher for the application of N with water than surface application and to be increased with increasing irrigation amount at N application.

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

서 언

제주도의 감귤 재배농가 중 많은 농가가 질소시비량이 많을수록 감귤 수량도 많을 것으로 잘못 알고 질소를 과다 시비함으로써 불필요한 영농비 지출은 물론 감귤의 품질을 저하시키고(浮皮 증가, 착색지연, 과육을 및 당도 감소) 있을 뿐 만 아니라(Embleton et al., 1973a; 1973b; Reitz & Koo, 1959; 坂本과 奥地, 1969), 제주도의 주급수원인 지하수의 질산성 질소 오염을 야기시킬 가능성이 점차 중대하고 있다(고 등, 1996).

사용된 질소비료 중 작물에 의하여 흡수·이용되는 양은 작물의 종류, 시비량, 시비시기, 시비방법 등에 따라 다르다. 비료로부터 유래된 질소의 비율은 질소 시비량이 많을 경우 높지만 질소 이용율(회수율)은 대체로 시비량이 적을 때에 높다고 알려져 있다(이와 유, 1994; Varvel & Peterson, 1990). 요소는 제조비용이 비교적 저렴하고 질소함량이 높아 단위 질소당 운송비용이 낮으므로 국내에서 가장 많이 사용되는 질소비료이나 표층에 사용할 경우 토양의 종류에 따라 상당한 량의 질소가 암모니아로 휘산될 가능성이 있다. 따라서 요소를 표층시비하는 것보다 심층시비하

로써 암모니아 휘산을 줄일 수 있다(Ernst et al., 1960). Murihead et al.(1985)는 요소를 관개수에 녹여 질소를 시용하는 효과적 시비법이라고 하였다.

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 휘산이 꽤 많아서 질소 비료의 이용율이 낮을 것으로 생각된다. 1996년까지 감귤원에 살수관개 시설이 3,662.5 ha에 설치되어 있고 장차 확대 보급될 전망이다. 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 기대된다. 본 연구자는 1996년 봄비료로 ^{15}N 요소를 1 mm의 물에 녹여 시용하는 것이 관행표층시비보다 질소회수율이 다소 높은 경향을 확인하였다(강 등, 1998). 본 연구는 질소 시비량과 시비시 관수량을 달리하였을 때 봄과 여름비료의 질소 회수율을 구명함으로써 질소 비료의 합리적인 시비법 개발을 위한 기초 자료를 얻고자 수행되었다.

재료 및 방법

이 시험을 한 감귤원은 서귀포시 토평동에 있으며 (해발 100 m), 모재는 화산회이고 표토는 흑색 미사질 양토, 심토는 황갈색 미사질양토이었다. 시험전 토양의 화학적 특성은 표 1과 같다.

공시 시험수는 2.8 × 2.8 m 거리로 재식된 8년생 宮川早生이었다. 1그루를 시험단위로 하였고, 비료의 이동을 막기 위하여 시험수 사이를 토심 45 cm, 토양 표면 위 5 cm 높이로 비닐막을 설치하였다.

처리는 질소 시비량과 질소시비시 관수량을 조합한

4처리였다. 즉 질소기준량($150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ 년}^{-1}$) 표층(농가관행) 시비(이하 기준량 표층시비), 질소기준량 5 mm 관수(기준량 5 mm 관수), 질소기준량 20 mm 관수(기준량 20 mm 관수), 질소 50% 감비 20 mm 관수(50% 감비 관수)구를 두었다. 봄비료와 여름비료는 1997년 3월 25일과 6월 12일에 각각 시용되었다. 질소는 요소로 봄에 기준량의 50%, 여름에 20% 비율로 분시하였고 가을비료는 사용하지 않았다. 2반복에는 5.5 atom % ^{15}N (중질소) 요소를 봄에, 일반 요소를 여름에 시용하였고(중질소 봄시용구) 다른 2반복에는 일반 요소를 봄에, 5.5 atom % ^{15}N 요소를 여름에 시용하였으며(중질소 여름시용구) 또 다른 4반복에는 일반 요소만을 봄과 여름비료로 시용하였다. 표층시비는 손으로 시험구 전면에 살포하였고 관수구에는 2.5 mm의 수돗물에 요소를 녹여 시험구 토양 전면에 물뿌리개로 준 다음 나머지는 2.5 mm 또는 17.5 mm는 수돗물만을 더 관수하였다. 인산(P_2O_5)과 칼리(K_2O)의 연간 시비량은 각각 232, 150 kg ha^{-1} 이었고, 인산은 용성인비로 전량 봄에 표층시비하였고 칼리는 염화가리로 봄에 30%, 여름에 40% 상당량을 표층시비하였다.

시험수 배치는 난괴법 8반복으로 배치하여 관행재 배하였으며 적과는 실시하지 않았다. 과실 수량 및 특성과 엽신의 전질소분석은 8반복, 수체분석은 중질소 봄과 여름시용구 각각 2반복을 대상으로 조사하였다.

11월 24일에 나무별로 전체 과실을 수확하여 과실수와 과실중을 조사하였다. 평균과중은 나무당 과실수를 과실중으로 나누어 산출하였다. 나무당 크기와 착색 정도가 중용의 과실 20개를 대상으로 橫經과 縱經을 측정한 다음 과실 10개를 박피하여 과육율을 조사하였다. 과육율을 조사하는데 사용되었던 과육 10개의 과즙을 100 mesh 체를 통과시킨 다음 Abbe굴절계(Atago社 model PR 101)로 가용성 고형물(Brix 당도)을 측정하였고, 0.01 N NaOH로 중화적정하여 구연산

Table 1. Chemical properties of soil before the experiment

Soil depth (cm)	pH (1:5)	O.M. (g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exchangeable cations (cmol ⁺ kg ⁻¹)				CEC (cmol ⁺ kg ⁻¹)	EC (dS m ⁻¹)
				Ca	Mg	K	Na		
0~10	6.4	86.7	158	13.92	2.11	1.90	0.28	21.85	0.14
10~20	6.5	89.8	92	13.72	2.28	1.51	0.21	20.58	0.21
20~30	5.7	104.0	27	4.59	1.05	0.89	0.23	11.71	0.24
30~40	6.0	117.8	25	7.66	1.52	0.71	0.33	14.51	0.20

으로 환산한 산함량을 산도로 하였다.

엽신의 전질소분석용 시료는 6월 11일, 8월 27일과 12월 19일에 열매가 달리지 않은 전년 봄순에서 20매씩 채취하였다. 채취된 잎을 중성세제로 씻어낸 다음 수돗물과 증류수로 행귀내고 상온에서 말린 후 80℃의 통풍 건조기에서 건조시켰다. 건조한 시료를 분쇄기로 분쇄하여 40 mesh 체를 통과시킨 것을 분석용 시료로 하였다.

1997년 12월 19일에 樹體를 지상부는 樹幹, 大枝, 小枝, 綠枝, 잎으로, 지하부는 根幹, 大根, 細根으로 구분하여 채취하여 생체중을 측정하고 그 중 150~250 g을 70℃의 통풍 건조기에서 시료의 무게가 더 이상 감소되지 않을 때까지 건조시켜 건물중을 조사하고 전질소와 ¹⁵N 분석에 이용하였다. 토양은 뿌리 窟取 전 0~10, 10~20, 20~30, 30~40 cm로 구분하여 채취, 풍진한 후 2 mm체를 통과시킨 것을 70℃에서 48시간 건조시켜 전질소와 ¹⁵N 분석에 이용하였다. 전질소는 Kjeldahl 분해 후 원소분석기(Fisons Instruments 社. model EA 1108), ¹⁵N 분석은 원소분석기와 동위원소질량분석기(Istech社. model SIRA II)를 이용하여 분석하였다. 수체와 토양 중 시비한 요소로부터 유래하는 질소의 비율과 사용된 질소의 이용율(회수율) 등은 이와 유 (1994)가 제시한 식을 이용하여 계산하였다.

결과 및 고찰

1. 과실수량 및 품질

질소시비량과 시비방법에 따른 나무(본)당 과실수와 과실수량, 품질 관련 형질은 표 2에 나타내었다. 본당 과실수와 과실수량은 각각 230~265개, 24~27 kg으로 처리간 유의한 차이가 없었다. 평균 과중은 105 g 내외, 과실의 橫經과 縱經은 각각 64 mm, 53 mm내외, 과육율은 77%로 처리간 유의한 차이가 없었다. 기준량사용구에 비해 50% 감비 관수구에서 산도는 다소 낮고 당도(brix)와 糖酸比는 다소 높았다. 坂本과 奧地(1969)는 16년생 온주밀감에 질소를 4년 동안 0~800 g 본⁻¹년⁻¹ 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 시비량차이와 사용방법에 따른 수량 및 품질의 뚜렷한 차이는 수년간 처리를 한 후에야 나타날 것으로 보인다.

2. 葉身의 전질소 함량

6월 11일, 8월 27일, 12월 19일에 채엽한 전년 봄순 신엽 엽신의 전질소 함량은 표 3에 제시하였다. 질소를 포함한 감귤의 영양 상태를 알기 위해서 엽분석이 흔히 이용되고 있는데, 엽분석치는 시비와 토양조건은

Table 2. Effects of N rate and irrigation amount on fruit yield and fruit quality of Satsuma mandarin trees

N Application (kg ha ⁻¹)		Irrigation amount [†] (mm)	No. of Fruit per tree	Fruit yield (kg tree ⁻¹)	Fruit weight (g fruit ⁻¹)	Fruit length (mm)	Fruit width (mm)	Edible part ratio (%)	Soluble solid (brix)	Acid content (%)	Brix/acid ratio
25 March	12 June										
75	30	0	265 [†]	27	103	65	53	77	9.18	1.07	8.58
75	30	5	230	25	108	65	54	77	9.31	1.12	8.35
75	30	20	247	26	105	64	54	77	9.40	1.07	8.84
38	15	20	240	24	102	63	52	77	9.57	1.04	9.27
LSD (5%)			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.05	0.56
CV (%)			20.2	19.4	8.6	3.8	5.4	1.2	4.0	4.6	6.2

[†] Applied at N application: urea dissolved in 2.5 mm water was surface-applied and then 2.5 or 17.5 mm of water

[†] The average of 8 trees (replications)

Table 3. Effects of nitrogen rate and irrigation amount on the nitrogen content of spring flush leaves on Satsuma mandarin trees

N Application (kg ha ⁻¹)		Irrig. amount [†] (mm)	Sampling date		
25 March	12 June		11 June	27 August	19 December
75	30	0	3.02 [†]	3.03	2.94
75	30	5	2.99	3.05	3.00
75	30	20	2.98	3.07	2.97
38	15	20	2.93	3.03	2.93
	LSD (5%)		NS	NS	NS
	CV (%)		4.2	3.7	4.4

^{†, †} See Table 2 for explanation

물론 기상조건, 생육시기, 생육상태, 지역 등에 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Embleton et al., 1973b; 石原, 1982). 엽신의 전질소 함량은 6월 11일에 2.93~3.02, 8월 27일에 3.03~3.07, 12월 19일에는 2.93~3.00으로 채엽시기에 관계없이 처리간 유의한 차이가 없었는데, 이는 수체내에 저장된 질소가 수용기관인 잎으로 이동되었기 때문에 시비량에 따른 유의한 질소함량의 차이가 없었던 것으로 생각된다. 坂本과 奥地(1969)도 16년생 온주밀감에 질소를 연간 0~800 g 분⁻¹ 사용한 경우 첫해에는 질소시비량간 엽중 질소함량의 유의한 차이가 없었다고 하였다. 온주밀감의 영양상태를 진단하기 위한 채엽의 최적기는 신초의 신장이 정지되고 엽내 성분 변동이 없는 8월 상순부터 9월 상순이고 수량과 품질을 고려한 엽중 적정질소함량은 2.8~3.0%로 알려져 있는데(石原, 1982) 본 시험의 50% 감비 관수구에서도 적정질소함량을 유지하고 있었다.

3. 수체 부위별 질소회수율

봄과 여름에 ¹⁵N(중질소) 요소를 사용하였던 試驗樹를 根幹, 大根, 細根, 樹幹, 大枝, 小枝, 綠枝, 잎(모든 잎의 엽신과 엽병포함), 果皮, 果肉별로 나누어 건물중을 측정하고, 全窒素 및 ¹⁵N를 분석하였으나, 간결하게 나타내기 위해 뿌리, 줄기, 잎, 과실별로 재정리하여 건물중, 질소함량, 질소총량, NDF(전체 질소 중 사용된 질소비료로부터 유래된 질소의 비율), 사용된 요소로부터 유래된 질소 흡수량, 질소회수율(이용율) 등을 표 4에 제시하였다.

중질소를 여름에 사용했던 試驗樹에 비하여 봄에 사용하였던 시험수의 크기가 컸었다. 전질소함량은 중질소 사용시기에 관계없이 잎에서 2.5%내외로 가장 높았고 과실과 뿌리에서는 1.0%정도, 줄기에서는 약 0.8%이었는데, 어느 부위에서도 처리간 유의한 차이가 없었다. 수체내 질소총량은 건물중과 질소함량에 의해 좌우되므로 건물중이 30% 많았던 중질소 봄사용구에서가 여름사용구에서 보다 약 29% 많았으나, 중질소 사용시기에 관계없이 처리간에는 유의한 차이가 없었다. NDF는 중질소 사용시기에 관계없이 과실 또는 잎, 줄기, 뿌리 순으로 높았고, 기대되는 바와 같이 기준량 사용구에서가 50% 감비 관수구에서 보다 높은 경향이었으나, 기준량 사용구내의 시비방법간에 있어서는 뚜렷한 차이가 없었다. 비료로부터 유래한 질소흡수량은 중질소 사용시기에 관계없이 잎에서 가장 많았고 과실, 줄기, 뿌리 순으로 많은데, NDF와 대체로 같은 경향이였다.

樹體에 의한 질소회수율은 시비량이 동일할 때에는 비료로부터 유래한 질소흡수량과 같은 경향을 보이게 되므로 기관별로는 중질소 사용시기에 관계없이 잎, 과실, 뿌리, 줄기 순으로 높았다. 처리별 수체 전체의 질소회수율은 중질소 봄사용구에서는 7.8~8.2%로 처리간에 차이가 없었으나 중질소 여름사용구에서는 변이계수가 커서 5% 수준에서 유의성은 없지만 기준량 사용구(11.3~14.2%)에 비하여 50% 감비 관수구(18.0%)에서 높은 경향이였다. 벼, 옥수수 등에 있어서도 시비량이 적을 때 질소회수율이 대체로 높은 것으로 알려져 있다(이와 유, 1994; Varvel & Peterson, 1990).

Table 4. Effects of N rate and application method on dry matter, N content, N accumulation, N derived from fertilizer, and uptake and recovery of fertilizer N in various parts of Satsuma mandarin trees receiving ¹⁵N on 25 March or 12 June

N application [†] (kg ha ⁻¹)		Irrig. amount [‡] (mm)	¹⁵ N application on 25 March [§]					¹⁵ N application on 12 June [¶]				
25 Mar.	12 June		Roots	Stems	Leaves	Fruits	Total or avg.	Roots	Stems	Leaves	Fruits	Total or avg.
Dry matter (kg tree ⁻¹)												
75	30	0	2.24 [‡]	4.65	1.85	2.96	11.70	2.18	3.42	1.37	2.54	9.52
75	30	5	2.36	4.67	1.81	2.71	11.55	1.64	3.57	1.33	1.68	8.22
75	30	20	2.69	4.41	1.63	2.83	11.55	2.63	3.19	1.38	2.16	9.37
38	15	20	2.76	4.72	1.62	2.99	12.08	2.11	3.37	1.28	2.00	8.75
LSD (5%)			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)			27.3	7.7	3.53	8.7	6.5	14.6	8.4	17.1	38.9	17.8
N content (%)												
75	30	0	1.05	0.68	2.58	0.91	1.11	0.89	0.70	2.44	0.99	1.07
75	30	5	0.98	0.81	2.70	0.99	1.18	1.00	0.78	2.51	0.99	1.15
75	30	20	0.97	0.76	2.63	1.01	1.13	1.04	0.82	2.70	0.99	1.20
38	15	20	0.87	0.67	2.53	0.99	1.04	0.93	0.76	2.54	0.96	1.11
LSD (5%)			0.10	0.09	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)			3.1	3.6	6.0	5.1	2.6	10.4	7.9	3.8	1.8	4.4
Total amount of N accumulation (g tree ⁻¹)												
75	30	0	23.7	31.6	47.5	27.0	129.8	19.4	23.9	32.3	25.1	101.6
75	30	5	23.0	37.5	48.7	27.0	136.1	16.4	27.8	33.4	16.3	93.9
75	30	20	25.8	33.3	42.7	28.5	130.2	27.4	26.1	37.1	21.6	112.1
38	15	20	23.9	31.5	40.7	29.2	125.2	19.6	25.4	32.3	19.0	96.3
LSD (5%)			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)			27.0	7.1	9.0	6.6	7.1	20.5	11.2	15.0	38.9	17.9
N derived from fertilizer (%)												
75	30	0	1.26	2.46	4.38	6.15	3.78	1.12	1.78	3.62	3.56	2.70
75	30	5	1.48	2.54	4.20	5.46	3.53	1.75	2.05	3.49	3.81	2.82
75	30	20	1.36	2.11	5.08	4.79	3.52	1.25	2.24	4.35	3.75	2.99
38	15	20	0.77	1.09	0.87	2.57	1.95	1.05	1.51	3.53	3.05	2.38
LSD (5%)			NS	0.40	0.06	0.11	0.56	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)			24.8	6.1	4.1	3.7	5.5	23.9	12.7	7.9	17.1	14.3
Fertilizer N (g tree ⁻¹)												
75	30	0	0.26	0.77	2.08	1.66	4.90	0.22	0.46	1.26	0.91	2.85
75	30	5	0.34	0.95	2.05	1.47	4.81	0.29	0.58	1.16	0.62	2.65
75	30	20	0.35	0.70	2.17	1.36	4.58	0.34	0.58	1.61	0.81	3.34
38	15	20	0.18	0.34	1.16	0.75	2.44	0.19	0.34	1.04	0.55	2.12
LSD (5%)			0.11	0.13	0.58	0.34	0.63	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)			12.3	5.9	9.7	8.2	4.7	23.3	19.7	19.6	36.6	21.9
Recovery of fertilizer N (%)												
75	30	0	0.45	1.32	3.54	2.81	8.12	0.95	1.94	5.34	3.88	12.12
75	30	5	0.55	1.53	3.43	2.48	7.92	1.22	2.45	4.95	2.64	11.26
75	30	20	0.59	1.20	3.18	2.32	7.29	1.46	2.46	6.84	3.43	14.19
38	15	20	0.58	1.07	3.70	2.41	7.76	4.62	2.86	8.85	4.71	18.04
LSD (5%)			NS	NS	0.19	0.31	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)			13.9	12.6	8.0	5.6	4.1	26.2	18.8	28.3	54.7	31.9

[†] 15, 30, 38 and 75 kg ha⁻¹ = 11.8, 23.5, 29.8 and 58.8 g tree⁻¹

[‡] Applied at N application; urea dissolved in 2.5 mm water was surface-applied and then 2.5 or 17.5 mm of water

[§] Labeled N was surface-applied on 25 March and nonlabeled N on 12 June

[¶] Nonlabeled N was surface-applied on 25 March and labeled N on 12 June

[‡] Each value is the average of 2 trees (replications)

작물에 의한 질소회수율은 토양의 종류, 재배환경, 시비법 등에 따라 현저히 다르다. 옥수수의 경우 지상부에 의한 질소회수율은 2~65%로 보고된 바 있다 (Timmons & Cruse, 1990; Torbert et al., 1992). 본 시험에서도 질소회수율이 낮는데 강우가 고르지 못하고 7월 하순 이후 가뭄에 의한 질소 흡수의 저해 등에 기인되었던 것으로 생각된다.

5. 토심별 질소잔류율과 전체 회수율

봄과 여름 중질소 시용구에 있어서 토심별 질소함량, m^2 당 질소보유량, NDFP, 시용된 ^{15}N 요소로부터 유래된 질소 잔류량, 시용된 ^{15}N 요소에서 유래된 질소의 토양중 잔류율(회수율) 등은 표 5에서 보는 바와 같다. 토양의 질소함량은 중질소 봄시용구에서 평균 0.43%내외, 여름시용구에서 0.36%이었는데 동일양의 질소를 시용하였으므로 봄시용구의 지력이 다소 높았던 것으로 판단되었고 토심 40 cm까지 토심이 깊을수록 대체로 다소 낮아지는 경향이었으나 중질소 처리시기에 관계없이 처리간에 있어서 유의한 차이가 없었다. 이와 유(1994)도 벼에 질소를 배량 시비하여도 관행시비구와 질소농도가 차이가 없었다고 보고하였다. 토심별 m^2 당 질소보유량도 질소함량과 대체로 같은 경향이었는데 0~40 cm내의 질소총보유량은 중질소 봄시용구에서 846~910 $g m^{-2}$ 이었고 여름시용구에서 710~777 $g m^{-2}$ 이었다.

NDFP와 ^{15}N 요소로부터 유래된 질소잔류량은 변이 계수가 매우 높아서 토심에 따른 뚜렷한 경향은 없었지만 중질소 시용시기에 관계없이 0~10 cm내에서 비교적 높았고 기준량 시용구에 비하여 50% 감비 관수구에서 낮은 경향이어서 이와 유(1994)가 벼 재배 토양에서 얻은 결과와 대체로 비슷한 경향이였다. 기준량 시용구에서 시비방법에 따른 ^{15}N 요소로부터 유래된 질소잔류량은 대체로 표층시비구보다 관수구에서 높은 편이었고 관수구에서는 관수량이 20 mm인 경우가 5 mm보다 다소 높은 경향이였다. 토양중 질소회수율(잔류율)은 중질소 시용시기에 관계없이 토심이 깊을수록 대체로 낮아지는 경향이어서 벼(이와 유, 1994), 옥수수(Wienhold et al., 1995) 재배 토양에서 얻은 결과와 대체로 비슷하다. 토심 40 cm까지의 회수율은 중질소 봄시용구의 기준량시용구에서 32.1~37.7%로 관수에 따른 영향이 크지 않았고 50% 감비

관수구에서는 55.8%이었던 반면 중질소 여름시용구인 경우에는 표층 시비구에서 69.8%이었고 관수구에서는 82%내외였다. 본 연구자가 1996년 봄비료로 45, 90, 135 $kg ha^{-1}$ 를 시용하였던 시험에서의 토양중 질소회수율은 31.3~48.5%였는데 본 시험의 중질소 봄시용구의 결과와 대체로 비슷한 경향이였다(강 등, 1998).

수체의 질소회수율과 토심 40 cm까지의 토양중 질소잔류율을 합한 전체 회수율은 표 6에서 보는 바와 같이 중질소 봄시용구의 경우 토양중 질소잔류율이 높았던 50% 감비 관수구에서 64.1%로 가장 높았고, 기준량 시용구에서는 40.3~45.5%로 표층시비와 관수구간 별 차이가 없었다. 중질소 여름시용구의 전체 회수율도 50% 감비 관수구에서 99.4%로 가장 높았고 기준량 시용구에서는 표층시비구에서 보다 관수구에서 높은 경향이었고 관수구에서는 관수량이 20 mm인 경우가 5 mm보다 다소 높은 경향이였다. 토양중 질소회수율이 중질소 봄과 여름 시용구에서 각각 전체 질소회수율의 79.6~87.7%, 81.7~87.7%으로 매우 높았는데, 이는 제주도 흑색 화산회토의 특성에 기인된 것인지에 대한 검토가 필요하다. Tobert et al.(1992)가 미국 Illinois주 3개 토양에서 관수량을 달리하여 옥수수를 2년간 재배하여 질소회수율을 조사하였던 바에 의하면 전체질소회수율 중 토양에 의한 회수율은 12.0~45.3%이었다. 중질소 봄시용구의 경우 회수되지 않은 질소가 시용된 질소의 35.9~59.7%에 달하는데 회수되지 않은 질소는 토심 40 cm 이하로 용탈되었거나 휘산 및 탈질반응에 의한 가스 상태로 손실되었고 생각된다. 또한 일부는 장마철 폭우시 유실될것을 가능성도 있다. 관행표층시비를 계속하여 온 경우 세균이 토심 20 cm내에 주로 분포되어 있으므로 추후에 흡수되는 질소의 양은 그리 많지 않을 것으로 생각되며 상당한 량의 질소가 서서히 근권 밖으로 용탈되거나 탈질될 것이다. 중질소 여름시용 관수구에서 토양중 질소회수율이 80% 이상으로 매우 높는데 이는 중질소 시비량이 적고 시험구내 ^{15}N 분포가 균일하지 않기 때문에 토양 시료 채취 및 분석 상의 오차 등에 기인될 가능성이 있다.

대부분의 감귤농가가 질소를 과다하게 사용하고 있으므로 질소회수율이 낮을 것으로 생각된다. 감귤원에 과다한 질소시비에 따른 영농비를 줄이고 지하수의 질산성 질소의 오염을 줄이기 위해서 토양 검정에 의

한 질소시비량을 추천하는 한편 질소이용율이 낮은 것을 늘이거나, 엽면시비 등에 의한 질소회수율을 높일
 봄비료를 줄이는 반면 이용율이 비교적 높은 여름비료 수 있는 방법을 개발·보급해야할 것으로 생각된다.

Table 5. Effects of N rate and application method on N content, total amount of N, N derived from fertilizer, fertilizer N and recovery of fertilizer N at various soil depths in plots receiving ¹⁵N on 25 March or 12 June

N application [†] (kg ha ⁻¹)		Irrig. amount [†] (mm)	¹⁵ N application on 25 March [†]					¹⁵ N application on 12 June [‡]				
25 Mar.	12 June		Soil depth(cm)				Total or avg.	Soil depth(cm)				Total or avg.
			0~10	10~20	20~30	30~40	Total or avg.	0~10	10~20	20~30	30~40	Total or avg.
N content (%)												
75	30	0	0.48 [§]	0.48	0.40	0.40	0.44	0.40	0.37	0.31	0.30	0.35
75	30	5	0.46	0.45	0.41	0.42	0.43	0.40	0.37	0.34	0.29	0.35
75	30	20	0.48	0.43	0.42	0.45	0.45	0.44	0.42	0.39	0.27	0.38
38	15	20	0.48	0.42	0.38	0.37	0.41	0.39	0.39	0.33	0.29	0.35
LSD (5%)			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)			3.1	5.0	5.6	9.0	2.1	5.9	8.0	9.4	10.4	6.8
Total amount of N (g m ⁻²)												
75	30	0	243	244	204	203	894	206	190	159	155	710
75	30	5	233	229	210	214	885	205	188	175	148	716
75	30	20	247	219	214	230	910	223	216	199	139	777
38	15	20	247	216	194	190	846	200	199	168	148	715
LSD (5%)			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)			3.1	5.0	5.6	9.0	2.1	5.9	8.0	9.4	10.4	6.7
N derived from fertilizer (%)												
75	30	0	0.39	0.24	0.24	0.19	0.26	0.43	0.15	0.14	0.45	0.29
75	30	5	0.54	0.19	0.19	0.22	0.28	0.43	0.20	0.41	0.28	0.33
75	30	20	0.39	0.40	0.26	0.19	0.31	0.54	0.35	0.16	0.20	0.31
38	15	20	0.26	0.22	0.29	0.20	0.25	0.26	0.11	0.18	0.12	0.17
LSD (5%)			0.16	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.04
CV (%)			12.4	56.0	34.1	10.2	17.8	26.7	68.8	41.8	44.3	4.30
Fertilizer N (g m ⁻²)												
75	30	0	0.95	0.60	0.48	0.38	2.40	0.88	0.28	0.23	0.71	2.10
75	30	5	1.25	0.43	0.39	0.46	2.53	0.92	0.37	0.71	0.42	2.42
75	30	20	0.96	0.88	0.55	0.44	2.83	1.20	0.73	0.31	0.29	2.53
38	15	20	0.65	0.49	0.57	0.39	2.09	0.51	0.23	0.31	0.18	1.22
LSD (5%)			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.20
CV (%)			12.4	55.5	32.5	15.6	17.6	31.6	62.6	36.9	54.1	3.0
Recovery of fertilizer N (%)												
75	30	0	12.6	8.0	6.4	5.0	32.1	29.3	9.5	7.5	23.5	69.8
75	30	5	16.7	5.8	5.1	6.1	33.7	30.6	12.4	23.8	13.9	80.7
75	30	20	12.8	11.7	7.3	5.9	37.7	40.1	24.4	10.2	9.7	84.4
38	15	20	17.3	12.9	15.2	10.3	55.8	33.8	15.3	20.5	11.7	81.3
LSD (5%)			NS	NS	NS	2.98	NS	NS	NS	NS	NS	5.3
CV (%)			21.6	46.4	47.3	13.7	15.1	31.9	58.4	33.7	50.5	2.1

[†], [‡], [§] See Table 4 for explanation

Table 6. Effects of N rate and application method on total (tree + soil) recovery of ^{15}N applied on 25 March or 12 June

N Application [†] (kg ha ⁻¹)		Irrig. amount [†] (mm)	¹⁵ N application date	
25 March	12 June		25 March [†]	12 June [‡]
75	30	0	40.3 [†]	81.4
75	30	5	41.9	92.0
75	30	20	45.5	98.6
38	15	20	64.1	99.4
LSD (5%)			20.0	14.7
CV (%)			13.1	5.0

[†], [‡], [§], [¶] See Table 4 for explanation

적 요

질소 시비량과 시비시 관수량이 온주밀감에 있어서 봄비료와 여름비료의 질소회수율에 미치는 영향을 구명하고자, 8년생 궁천조생에 질소기준량(150 kg ha⁻¹ 년⁻¹) 표층시비, 기준량 5 mm 관수, 기준량 20 mm 관수, 50% 감비 20 mm 관수 처리를 두고 봄과 여름 비료로 각각 기준량의 50%(중질소 봄시용구에는 표지질소, 여름시용구에는 일반질소 사용)와 20%(중질소 봄시용구에는 일반질소, 여름시용구에는 표지질소 사용) 비율로 분시하여 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

과실 수량 및 과즙의 산도를 제외한 품질, 엽신의 질소함량은 처리간 유의한 차이가 없었다. 산도는 기준량시용구에 비해 50% 감비 관수구에서 다소 낮았다. 나무당 질소회수율은 중질소 봄시용구에서는 7.8~8.3%로 처리간 차이가 없었으나 중질소 여름시용구에서는 50% 감비 관수구에서 18.0%로 기준량 시용구에서의 11.3~14.2%에 비해 다소 높은 경향이었다. 토심 40 cm내의 질소잔류율(회수율)은 중질소 봄시용구의 경우 기준량시용구에서 32.1~37.7%, 50% 감비 관수구에서는 55.8%이었다. 중질소 여름시용구에서는 기준량 표층시비구에서 69.8%이었고 관수구에서는 80.7~84.4%이었다. 전체(수체 및 토심 40 cm내) 질소회수율은 중질소 봄시용구의 경우 50% 감비 관수구에서 64.1%로 가장 높았고, 기준량 시용구에서는 40.3~45.5%로 큰 차이가 없었다. 중질소 여름시용구의 전체 회수율도 50% 감비 관수구에서 99.4%로 가장 높았고 기준량 시용구에서는 표층시비구에서 보다 관

수구에서 높은 경향이었고 관수구에서는 관수량이 20 mm인 경우가 5mm보다 다소 높은 경향이었다.

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.
- 石原正義. 1982. 果樹の榮養生理. pp. 370.
- 강영길, 유장결, 강봉균. 1998. 온주밀감원에서의 시비 방법과 시비수준에 따른 질소 회수율. 韓土肥誌 31(2)
- Muirhead, W.A., F.M. Melhuish, and R.J.G. White. 1985. Comparison of several nitrogen fertilizers applied in surface irrigation systems. I. Crop response. Fertilizer Research 6:97-109.
- 고용구, 김성홍, 송영철, 유장결. 1996. 제주 지하수의 수질특성. 환경친화형 농업을 위한 국제심포지움.

- 제주대학교 아열대원예산업연구센터 p. 83-115.
- 이상모, 류순호. 1994. 논토양에서 중질소(N-15)를 이용한 표면시용 요소로부터 유래하는 질소의 행동에 관한 연구. 한국농화학회지 37(4):277-286.
- 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.
- Timmons, D.R. and R.M. Cruse. 1990. Effect of fertilization method and tillage on nitrogen-15 recovery by corn. Agron. J. 82:777-784.
- Torbert. H.A., R.L. Mulvaney., R.M. Vanden, and R.G. Hoelt. 1992. Soil type and moisture regime effects on fertilizer efficiency calculation methods in a nitrogen-15 tracer study. Agron. J. 84:66-70.
- 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.