

요소 엽면시비에 따른 온주밀감의 질소회수율

강 영 길 · 유 장 곁

제주대학교 농업생명과학대학

Nitrogen Recovery of Foliar Applied Urea by Satsuma Mandarins

Young-Kil Kang and Zang-Kual U

* College of Agriculture and Life Sciencel, Cheju
National University, Jeju 690-756, Korea

1)

ABSTRACT

A field experiment was conducted at Cheju from early March 1998 to early March 1999 to evaluate the effects of foliar applied urea on leaf N content and N recovery in satsuma mandarins (*Citrus unshiu* Marc.). Seven years old 'Okitsu Wase' trees received foliar spray of urea (22 or 43 g N tree⁻¹ yr⁻¹) or soil application of urea (86 g N tree⁻¹ yr⁻¹). 55% of N was applied in spring, 11% in summer and 33% in fall. There were seven trees per N treatment and two trees per N treatment received ¹⁵N-labeled urea in spring and summer to determine N recovery. There were no differences between the treatments for fruit yield and its quality. Nitrogen content of spring flush leaf blades up to early September was greater for trees received foliar spray comparing with soil application but was not greatly affected by any treatment after mid-November. The recovery of fertilizer N in various parts of trees receiving foliar

spray of 22 g N tree⁻¹ yr⁻¹ was greatest, followed by receiving foliar spray of 43 g N and soil application of 86 g N. The recovery of fertilizer N in tree was 29.2 and 17.7% for foliar spray of 22 and 43 g N tree⁻¹ yr⁻¹, respectively and 8.0% for soil application of 86 g N tree⁻¹ yr⁻¹. The recovery of fertilizer N in the upper 40 cm of soil was 50.3, 45.6, and 51.8% for foliar spray of 22 and 43 g N tree⁻¹ yr⁻¹, and soil application of 86 g N tree⁻¹ yr⁻¹, respectively. The total (tree, fallen leaves, winter weeds, and soil) recovery of fertilizer N was 81.8, 65.1, and 60.6% for foliar spray of 22 and 43 g N tree⁻¹ yr⁻¹, and soil application of 86 g N tree⁻¹ yr⁻¹, respectively.

Key words : Satsuma mandarin, *Citrus unshiu*, Foliar spray, Urea, Nitrogen recovery

서 언

감귤 재배에 있어서 질소 비료의 효율적인 시비는 영농비 절감과 제주도의 주급수원인 지하수의 질산성 질소 오염을 줄인다는 점에서 매우 중요하다. 질소 비료의 회수율을 높이기 위하여 시비 후 흙과 고루 섞일 수 있도록 중경을 권장하고 있으나, 감귤 재배 농가의 대부분이 요소를 표층시비하고 있으므로 질소 비료의 유실과 암모니아의 휘산이 꽤 많아서 질소 비료의 회수율이 낮을 것으로 생각된다(Ernst와 Massey, 1960). 본 연구자가 ¹⁵N로 표시된 요소를 사용하여 온주밀감의 질소회수율을 조사하였던 바에 의하면 봄 또는 여름에 표층시비한 질소의 수확시까지 수체에 의한 회수율은 10% 내외에 불과하였고, 수용액으로 시용할 경우에도 표층시비와 별 차이가 없거나 다소의 증가에 그쳤다(강과 유, 1998; 강등, 1998). 이 등(1999)도 온주밀감에 의한 질소회수율은 질소시비량이 증가함에 따라 감소되었고, 질소 기준량의 반량~4배량 시비구에서의 질소회수율은 화산회토에서 3.2~10.5%, 비화산회토에서는 이보다 다소 높은 4.2~13.3%였다고 하였다. 감귤재배에 있어 질소회수율이 높으면서 편리한 질소 시비방법 개발이 절실히 요구되고 있다.

감귤 재배에 있어서 요소 엽면시비는 과다하게 착과했던 온주밀감 수체의 영양을 개선하기 위해 주로 이용

* 이 연구는 한국과학재단 지정 제주대학교 아열대 원예산업연구센터의 지원에 의한 것이며, 한국토양 비료학회지 32(2):132-139 (1999)에 게재되었음.

되고 있는데, 11월 중순부터 요소 0.5%액을 1주일 간격으로 2~3회 살포하도록 권장하고 있다. 엽면 살포된 요소는 감귤잎에 의해 매우 빠르게 흡수되는 것으로 알려져 있다. 金(1987)이 4년생 온주밀감의 춘엽에 의한 요소 엽면흡수를 조사한 바에 의하면 2시간 내에 48%, 24시간 내에 85%, 48시간 내에 90%가 각각 흡수되었다. Impey와 Jones(1960)는 왓슨턴 네이블 오렌지를 공시하여 요소의 엽면흡수를 추적한 결과 24시간 내에 처리요소의 70~80%가 흡수되었다고 하였고, Lea-Cox와 Syvertsen(1995)는 그레이프 후르트에 엽면살포한 요소의 24%가 엽면살포 후 1시간에, 53.6%가 48시간에 잎에서 흡수되었다고 하였다.

Embleton과 Jones(1974)는 연간 3~6회의 요소 엽면 살포로 감귤 생산에 필요한 질소를 공급할 수 있다고 하였다. 제주도의 감귤 재배농가 대부분이 연간 8회 이상 농약을 살포하고 있으므로 농약살포시나 살수관개 시설을 이용하여 요소를 엽면시비를 한다면 질소 회수율을 높일 수 있을 것으로 생각되나, 제주도에 있어서 온주밀감에 엽면시비한 질소의 회수율에 대한 보고는 없는 것 같다. 본 연구는 표지된 요소를 사용하여 봄과 여름에 엽면시비한 질소비료의 회수율을 측정함으로써 질소 비료의 합리적인 시비법 개발을 위한 기초 자료를 얻고자 수행되었다.

재료 및 방법

이 시험을 한 감귤원은 제주시 삼양동에 위치하고 있으며(해발 80 m), 동귀 자갈이 있는 미사질 양토였고, 토양의 화학적 특성은 표 1에서 보는 바와 같다.

공시 시험수는 2.64×2.64 m 거리로 재식된 7년생 홍진조생온주였다. 1그룹을 시험단위로 하였고, 비료의 이동을 막기 위해 시험수 사이를 토심 45 cm 깊이, 토양 표면 위 5 cm 높이로 비닐막을 설치하였다.

처리는 질소 시비법과 시비량을 조합한 3처리였다. 즉 기준량 표층시비(124 kg ha⁻¹ yr⁻¹, 나무당 86 g), 기준량의 50% 엽면시비(62 kg ha⁻¹ yr⁻¹, 나무당 43 g), 기준량의 25% 엽면시비(31 kg ha⁻¹ yr⁻¹, 나무당 22 g)를 하였고, 이후부터 각각 '표층시비', '50% 엽면시비', '25% 엽면시비'라고 표현하였다. 봄, 여름, 가을 비료는 1998년 3월 25일, 6월 11일, 11월 16일에 각각 사용하였다. 질소

는 요소로 봄에 56%, 여름에 11%, 가을에 33% 비율로 분시하였는데, 봄, 여름, 가을 비료의 비율은 원래 50, 20, 30%로 계획했었으나 착과가 적고 과도한 영양생장으로 인해 여름 비료는 계획량의 10%만 시비하였다. 2반복에는 5 atom % ¹⁵N 요소를 봄과 여름에 사용하였으며, 5반복에 일반 요소를 사용하였고, 가을에는 모든 시험구에 일반 요소를 사용하였다. 표층시비구에는 손으로 시험구 전면에 살포하였고, 엽면시비는 3월과 4월 상순에는 1%, 4월 중순부터 하순에는 0.8%, 5월부터는 0.5% 요소 수용액으로 소정의 시비량이 될 때까지 소형 분무기를 이용하여 잎에 분무하였다. 인산(P₂O₅)과 칼리(K₂O) 시비량은 각각 116, 96 kg ha⁻¹ yr⁻¹였고, 인산은 전량을 용성인비로 봄에 표층시비하였고, 칼리는 염화加里로 봄, 여름, 가을 비료 비율을 30, 40, 30%로 하여 표층시비하였다.

시험수 배치는 나무의 크기를 반복으로 한 난괴법 7반복으로 배치하여, 관행재배하였다. 다만 과실 수량과 특성은 과실이 달리지 않은 나무를 제외하였기 때문에 6반복을 이용하였고, 수채분석에 이용되었던 나무는 봄과 여름에 ¹⁵N 요소사용구인 2반복이었다.

시험수 평균 착색과율이 외관상 약 80%에 도달한 11월 16일에 나무별로 전체 과실을 수확하여 과실중과 과실수를 조사하였다. 기타 과실 특성 및 품질에 관련된 형질은 저자가 1998년에 발표하였던 보고와 같은 방법으로 조사하였다(강 등, 1998; 강과 유, 1998).

엽신의 전질소분석용 시료는 1998년 6월 11일(여름비료 사용직전), 9월 3일(질소함량이 변동이 적어 영양진단 최적기), 11월 16일(가을비료 사용직전)과 1999년 3월 3일에 열매가 달리지 않았던 봄순에서 나무당 10매씩 채취하였다. 채취된 잎을 중성세제로 씻어낸 다음 수돗물과 증류수로 행구고 상온에서 말린 후 70℃의 통풍 건조기에서 향량이 될 때까지 건조시켰다. 건조한 시료를 분쇄기로 분쇄하여 40 mesh 체를 통과시킨 것을 분석용 시료로 하였다.

1999년 3월 3일에 樹體를 窟取하였는데, 지상부는 樹幹, 大枝, 小枝, 綠枝, 잎으로, 지하부는 根幹, 大根, 中根, 細根으로 구분하여 채취하여 생체중을 측정하고 그 중 150~250g을 70℃의 통풍 건조기에서 건조시켜 건물중을 조사하였고, 전질소와 ¹⁵N 분석에 이용하였다. 토양은 뿌리 窟取 전 나무로부터 40, 80cm 떨어진 4지점에서 0~10, 10~20, 20~30, 30~40cm로 구분하여 채취, 풍건

한 후 2mm 체를 통과시킨 것을 전질소와 ¹⁵N 분석에 이용하였다. 여름잡초는 발생 직후에 손호미로 제거하였고 과실 수확 후에 발생하였던 잡초는 수채 굴취시에 채취하여 수채 분석과 같은 방법으로 질소회수율 등을 조사하였다. 전질소는 Kjeldahl 분해 후 원소분석기(Fisons Instruments社 model EA 1108), ¹⁵N 분석은 원소분석기와 동위원소질량분석기(Istech社 model SIRA II)를 이용하여 분석하였다. 수채와 토양 중 시비한 요소로부터 유래하는 질소의 비율과 시용된 질소의 회수율(이용율) 등은 이와 류(1994)가 제시한 식을 이용하여 계산하였다.

과실 수량과 품질, 엽신의 전질소 함량 등의 평균간 비교는 LSD를 이용하였고, 수채분석에 이용되었던 시험수에는 고가인 ¹⁵N(중질소) 요소를 시용하였기 때문에 처리당 2반복으로 하였는데, 신뢰성 있는 오차의 분산을 추정하기에 오차의 자유도가 충분하게 크지 못하므로 이들 형질에 대해서는 평균치±표준오차로 나타내었다(Gomez와 Gomez, 1984).

결과 및 고찰

1. 과실수량 및 품질

나무당 과실수와 과실수량, 품질 관련 형질은 표 2에서 보는 바와 같이 처리간 유의한 차이가 없었다. 본 시험을 수행했던 1998년도는 착과가 매우 낮은 해였고, 나무간 착과수도 매우 큰 차이가 있어 과실수와 과실수량의 변이계수가 각각 48.6, 33.4%였다. 감귤의 경우 수채에 다량의 양분을 축적하고 있으므로 질소시비 당년에 시비에 따른 과실수량 및 품질이 차이가 현저하게 나타나지 않은 것으로 알려져 있다(강과 유, 1998 ; 강 등, 1998). 坂本과 奥地(1969)는 16년생 온주밀감에 질소를 4년 동안 0~800 g 본⁻¹년⁻¹ 시용한 경우 어느 해에도 수량 차이가 없었고, 과실 품질도 첫 해에는 질소시비량간 차이가 없었지만 2년째부터는 질소시비량이 증가됨에 따라 당산비가 감소되었다고 하였다. 이상의 문헌으로 볼 때 질소 시비량과 시용방법에 따른 수량 및 품질의 뚜렷한 차이는 수년간 처리를 한 후에야 나타날 것 같다.

Table 1. Chemical properties of soil before the experiment

| Soil depth (cm) | pH (1:5) | O.M. (g kg ⁻¹) | T-N (g kg ⁻¹) | Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹) | Exchangeable cations (cmol ⁺ kg ⁻¹) | | | EC (dS m ⁻¹) |
|-----------------|----------|----------------------------|---------------------------|--|--|-----|-----|--------------------------|
| | | | | | Ca | Mg | K | |
| 0~10 | 4.5 | 56 | 2.9 | 26 | 1.0 | 0.4 | 0.4 | 11.69 |
| 10~20 | 4.1 | 52 | 2.4 | 22 | 0.6 | 0.3 | 0.4 | 9.08 |
| 20~30 | 4.6 | 48 | 2.1 | 19 | 0.6 | 0.2 | 0.4 | 12.12 |
| 30~40 | 4.5 | 38 | 1.6 | 17 | 0.8 | 0.3 | 0.4 | 0.20 |

Table 2. Effects of N foliar application on fruit yield and its quality of 7 years old satsuma mandarin trees

| N application | | 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 |
|---|--------|-----------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|-----------------|
| Rate (g tree ⁻¹ yr ⁻¹) | Method | | | | | | | | | |
| 22 ¹ | Foliar | 25 ² | 2.749 | 141 | 71 | 58 | 81 | 9.70 | 1.13 | 9.54 |
| 43 | Foliar | 21 | 2.623 | 135 | 70 | 57 | 79 | 9.70 | 1.08 | 9.09 |
| 86 | Soil | 18 | 2.126 | 122 | 68 | 57 | 79 | 9.28 | 0.98 | 8.83 |
| LSD (5%) | | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| CV (%) | | 48.6 | 33.4 | 23.0 | 5.0 | 6.3 | 1.9 | 8.5 | 15.1 | 16.9 |

¹ 56, 11 and 33% of N were applied 25 March, 11 June and 16 November 1998, respectively

² The average of 6 trees (replications) because of trees without fruits

Table 3. Effects of N foliar application on the nitrogen content of spring flush leaves on 7 years old satsuma mandarin trees

| N application | | (unit : %) | | | |
|--|--------|-------------------|-------------|-------------|---------|
| | | 1998 | | 1999 | |
| Rate(g tree ⁻¹ yr ⁻¹) | Method | 11 June | 3 September | 16 November | 3 March |
| 22 ¹ | Foliar | 2.67 ² | 3.07 | 3.20 | 3.08 |
| 43 | Foliar | 3.00 | 3.10 | 3.28 | 3.19 |
| 86 | Soil | 2.51 | 2.99 | 3.31 | 3.20 |
| LSD (5%) | | 0.06 | 0.05 | 0.11 | 0.09 |
| CV (%) | | 1.83 | 1.28 | 2.67 | 2.42 |

¹ See Table 2 for explanation

² The average of 7 trees (replications)

2. 葉身의 전질소 함량

1998년에 발생한 봄순에 있어 엽신 전질소 함량은 표 3에 보는 바와 같이 6월 11일에는 50% 엽면시비구에서 3.0%로 가장 많았고, 25% 엽면시비구에서는 2.7%였으며, 표층시비구에서 2.5%로 가장 적었다. 이는 기대되는 바와 같이 요소엽면시비의 효과가 토양표층시비보다 일찍 나타남을 의미하고 있다. 金과 高(1996)도 수확전후에 요소시비에 의한 엽록소와 질소 증가효과는 토양시비보다 엽면시비에서 뚜렷하다고 하였다. 9월 3일에는 3.0~3.1%로 처리간 큰 차이가 없었고, 수확기인 11월 16일에도 3.2~3.3%로 처리간 유의한 차이가 없었다. 1999년 3월 3일에도 3.1~3.2%로 처리간 큰 차이가 없었다. 온주 밀감의 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 25% 엽면시비구에서도 적정질소함량을 유지하고 있었다.

3. 수체 부위별 질소회수율

봄과 여름에 ¹⁵N(중질소) 요소를 사용하여던 試驗樹를 根幹, 大根, 中根, 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, 질소함유량, NDFP(전체 질소 중 봄과 여름에 사용된 ¹⁵N 요소로부터 유래된 질소의 비율), 사용된 ¹⁵N 요소로부터 유래된 질소 흡수량, ¹⁵N로 사용된 질소시비

량에 대한 ¹⁵N 요소로부터 유래된 질소 흡수량의 비율인 질소회수율(이용률) 등을 표 4에 제시하였다. 또한 낙엽에 대해 조사한 성적은 잎의 팔호안에 나타내었고 겨울 잡초에 의한 질소회수율 등도 표 4에 제시하였으나 이들의 비중이 크지 않음으로 설명은 생략하였다.

전질소함량은 수체 부위별로 보면 잎에서 3.2% 내외로 가장 높았고 뿌리와 줄기에서는 1.0% 내외였고, 과실에서는 약 0.8%였는데, 잎에서는 엽면시비구가 표층시비구에 비하여 다소 높은 경향이었으나 다른 부위에서는 처리간 큰 차이가 없었다. 수체 내 질소함유량은 질소함량이 비슷하였기 때문에 건물중에 의해 좌우되어 건물중이 다소 많았던 표층시비구에서 다소 많은 편이었으나 이는 처리의 효과보다는 수체의 크기 차이에 기인되었던 것으로 생각된다. NDFP는 수체 부위별로는 과실이 12.5~25.49%로 가장 높았고 잎, 줄기, 뿌리 순이었다. 처리별 NDFP는 수체 부위에 관계없이 50% 엽면시비구에서 가장 높았으나 과실을 제외하고는 25% 엽면시비구에서는 표층시비구에서보다 다소 낮은 경향이였다. ¹⁵N요소로부터 유래한 질소흡수량은 뿌리에서는 표층시비구에서 가장 많았으나 다른 부위에서는 50% 엽면시비구에서 가장 많았고 표층시비와 25% 엽면시비간에는 대체로 큰 차이가 없었다.

樹體에 의한 질소회수율은 어느 수체 부위에서나 25% 엽면시비구에서 가장 높았고, 50% 엽면시비구에서 다음으로 높았다. 처리별 수체 전체의 질소회수율은 25, 50% 엽면시비구, 표층시비구에서 각각 29.2, 17.7, 8.0%였다. 따라서 질소시비량을 줄이고 요소를 엽면시비함으로써 질소회수율을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 기대

된다. 본 연구자가 1996년과 1997년에 조사한 질소회수율은 1996년 시험에는 질소기준량표충시비구에서 12.3%였으나 반량 수용액시비구에서 22.3%였고, 1997년 중질소 봄시비구에서는 표충시비나 수용액시비에 관계없이 7.8~8.2%였고, 중질소 여름시용구에서는 기준량 시용구에서 11.3~14.2%, 반량 관수구에서 18.0%였다(강과 유, 1998; 강 등, 1998). 이 등(1999)도 온주밀감에 있어서 토양에 사용한 질소의 수체에 의한 질소회수율은 시비량이

Table 4. Effects of N foliar application on dry matter, N content, N accumulation, N derived from fertilizer, and uptake and recovery of fertilizer N in various parts of 7 years old satsuma mandarin trees and winter annual weeds

| N application | | Parts of tree ¹ | | | | | Winter weeds |
|--|--------|----------------------------|-------------|--------------------------|-------------------|---------------|--------------|
| Rate (g tree ⁻¹ yr ⁻¹) | Method | Roots | Stems | Leaves (fallen) | Fruits | Total or avg. | |
| Dry matter (kg tree ⁻¹) | | | | | | | |
| 22 ² | Foliar | 1.44±0.463 ² | 2.02±0.488 | 0.82±0.177 (0.16±0.015) | 0.36±0.340 | 4.64±1.468 | 0.02±0.009 |
| 43 | Foliar | 1.42±0.386 | 1.94±0.469 | 0.79±0.339 (0.19±0.058) | 0.12±0.020 | 4.26±1.215 | 0.04±0.020 |
| 86 | Soil | 1.90±0.411 | 2.00±0.607 | 0.89±0.250 (0.16±0.014) | 0.08 ³ | 4.83±1.307 | 0.16±0.143 |
| N content (%) | | | | | | | |
| 22 | Foliar | 1.00±0.020 | 1.01±0.071 | 3.17±0.039 (2.98±0.017) | 0.87±0.003 | 1.40±0.082 | 3.03±0.220 |
| 43 | Foliar | 1.01±0.031 | 1.03±0.006 | 3.34±0.036 (2.98±0.040) | 0.87±0.015 | 1.43±0.082 | 3.10±0.801 |
| 86 | Soil | 1.01±0.022 | 1.01±0.002 | 3.12±0.093 (2.82±0.104) | 0.89 | 1.40±0.003 | 3.02±0.363 |
| Total amount of N accumulation (g tree ⁻¹) | | | | | | | |
| 22 | Foliar | 14.47±4.905 | 20.04±3.504 | 25.93±5.298(4.70±0.431) | 3.15±2.958 | 63.59±16.665 | 0.46±0.250 |
| 43 | Foliar | 14.38±4.327 | 19.96±4.719 | 26.47±11.612(5.62±1.796) | 1.02±0.187 | 61.82±20.846 | 0.96±0.318 |
| 86 | Soil | 19.38±4.597 | 20.30±6.181 | 27.38±6.961(4.63±0.234) | 0.70 | 67.41±18.090 | 5.20±4.885 |
| N derived from fertilizer (%) | | | | | | | |
| 22 | Foliar | 5.11±0.635 | 6.55±1.970 | 7.08±0.113 (0.07±0.000) | 15.52±2.826 | 6.75±0.561 | 1.49±0.194 |
| 43 | Foliar | 7.28±1.008 | 8.12±0.268 | 8.81±0.856 (0.09±0.004) | 25.49±2.985 | 8.49±0.739 | 1.48±0.209 |
| 86 | Soil | 6.24±0.480 | 7.10±0.377 | 7.11±0.297 (0.04±0.009) | 12.65 | 6.88±0.342 | 4.05±2.244 |
| Fertilizer N (g tree ⁻¹) | | | | | | | |
| 22 | Foliar | 0.71±0.159 | 1.24±0.165 | 1.84±0.404 (0.32±0.028) | 0.41±0.370 | 4.19±0.768 | 0.01±0.005 |
| 43 | Foliar | 1.00±0.170 | 1.61±0.330 | 2.23±0.797 (0.51±0.144) | 0.25±0.017 | 5.10±1.314 | 0.01±0.007 |
| 86 | Soil | 1.19±0.194 | 1.42±0.363 | 1.93±0.414 (0.20±0.029) | 0.09 | 4.58±1.014 | 0.32±0.315 |
| Recovery of fertilizer N (%) | | | | | | | |
| 22 | Foliar | 4.93±1.106 | 8.65±1.150 | 12.81±2.813 (2.24±0.193) | 2.82±2.574 | 29.21±5.342 | 0.05±0.032 |
| 43 | Foliar | 3.49±0.591 | 5.60±1.147 | 7.78±2.774 (1.79±0.501) | 0.88±0.061 | 17.74±4.573 | 0.05±0.023 |
| 86 | Soil | 2.07±0.337 | 2.47±0.631 | 3.35±0.720 (0.34±0.051) | 0.15 | 7.96±1.765 | 0.56±0.548 |

¹ Trees except fruits and weeds were harvested 3 March 1999 ; fruits were harvested 16 November 1998

² 56 (labeled), 11 (labeled) and 33% (nonlabeled) of N were applied 25 March, 11 June and 16 November 1998, respectively

³ Each value is average ±1 SE for 2 trees (replications)

⁴ One tree did not produce any fruit

증가함에 따라 감소되었고, 질소 기준량의 반량~4배량 시비구에서의 질소회수율은 화산회토에서 3.2~10.5%, 비화산회토에서 4.2%~13.3%이었으며, 여름비료의 회수율이 높았다고 하였다. 일본 四國農業試驗場에서 콘크리트 포트에 재식된 보통온주밀감에 강우나 관수에 의한 비료의 유실을 없도록 조치한 경우 이른 봄에 초산석회를 사용하여 6월 중순 또는 7월 상순에 조사한 질소회수율은 약 25%였고 가을에 사용하여 6월 중순에 조사한 질소회수율은 41.4%였다(赤尾 등, 1978; 久保田 등, 1976). 온주밀감에 있어서 질소회수율은 토양의 종류, 재배환경, 시비법 등에 따라 현저히 다른 것 같다. 옥수수의 경우도 지상부에 의한 질소회수율은 2~65%로 보고된 바 있다(Timmons과 Cruse, 1990; Torbert 등, 1992).

4. 토심별 질소잔류율과 전체 회수율

봄과 여름비료로 ^{15}N 요소, 가을비료로 일반요소를 사용하여 조사한 토심별 질소함량, m^2 당 질소함유량, NDFP, 시용된 ^{15}N 요소로부터 유래된 질소 잔류량, 시용된 ^{15}N 요소에서 유래된 질소의 토양 중 잔류율(회수율) 등은 표 5에 나타났다. 토양의 질소함량은 0.21~0.39%로 토심 40 cm까지 토심이 깊을수록 대체로 다소 낮아지는 경향이었고, 표층시비구가 엽면시비구보다 다소 높았으나 엽면시비구간에는 별 차이가 없었다. 2 mm 이상의 자갈을 제외한 세토중에 가비중을 곱하여 토양중을 산출하였고, 토양중에 질소함량을 곱하여 산출한 토심별 m^2 당 질소함유량도 질소함량과 대체로 같은 경향이었는데 0~40 cm 내의 질소총함유량은 25, 50% 엽면시비구, 표층시비구에서 각각 571, 588, 627 g m^{-2} 이었다.

Table 5. Effects of N foliar application on N content, total amount of N, N derived from fertilizer, fertilizer N and recovery of fertilizer N at various soil depths

| N application | | Soil depth ¹ | | | | |
|---|--------|-----------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| Rate ($\text{g tree}^{-1} \text{yr}^{-1}$) | Method | 0~10 | 10~20 | 20~30 | 30~40 | Total or avg. |
| N content (%) | | | | | | |
| 22 ² | Foliar | $0.33 \pm 0.017^{\text{a}}$ | 0.27 ± 0.001 | 0.25 ± 0.011 | 0.21 ± 0.033 | 0.27 ± 0.015 |
| 43 | Foliar | 0.31 ± 0.006 | 0.26 ± 0.012 | 0.23 ± 0.021 | 0.21 ± 0.030 | 0.25 ± 0.017 |
| 86 | Soil | 0.39 ± 0.047 | 0.34 ± 0.014 | 0.27 ± 0.021 | 0.22 ± 0.015 | 0.31 ± 0.024 |
| Total amount of N (g m^{-2}) | | | | | | |
| 22 | Foliar | 175.75 ± 8.828 | 144.99 ± 0.535 | 136.16 ± 5.618 | 114.23 ± 17.388 | 571.13 ± 31.299 |
| 43 | Foliar | 180.33 ± 7.564 | 153.14 ± 2.719 | 131.03 ± 4.128 | 123.17 ± 9.815 | 587.68 ± 3.660 |
| 86 | Soil | 197.26 ± 2.382 | 176.43 ± 16.167 | 138.26 ± 7.661 | 115.12 ± 7.899 | 627.07 ± 34.110 |
| N derived from fertilizer (%) | | | | | | |
| 22 | Foliar | 0.23 ± 0.003 | 0.15 ± 0.020 | 0.18 ± 0.071 | 0.15 ± 0.002 | 0.18 ± 0.022 |
| 43 | Foliar | 0.42 ± 0.001 | 0.37 ± 0.082 | 0.27 ± 0.072 | 0.17 ± 0.025 | 0.31 ± 0.032 |
| 86 | Soil | 0.63 ± 0.109 | 0.68 ± 0.054 | 0.68 ± 0.012 | 0.75 ± 0.047 | 0.69 ± 0.005 |
| Fertilizer N (g m^{-2}) | | | | | | |
| 22 | Foliar | 0.40 ± 0.026 | 0.22 ± 0.029 | 0.24 ± 0.087 | 0.18 ± 0.024 | 1.04 ± 0.066 |
| 43 | Foliar | 0.75 ± 0.033 | 0.57 ± 0.116 | 0.35 ± 0.105 | 0.21 ± 0.014 | 1.88 ± 0.174 |
| 86 | Soil | 1.24 ± 0.200 | 1.21 ± 0.205 | 0.95 ± 0.036 | 0.87 ± 0.114 | 4.27 ± 0.154 |
| Recovery of fertilizer N (%) | | | | | | |
| 22 | Foliar | 19.44 ± 1.247 | 10.74 ± 1.428 | 11.62 ± 4.205 | 8.51 ± 1.178 | 50.31 ± 3.208 |
| 43 | Foliar | 18.17 ± 0.793 | 13.71 ± 2.810 | 8.58 ± 2.554 | 5.10 ± 0.342 | 45.55 ± 4.229 |
| 86 | Soil | 15.07 ± 2.432 | 14.66 ± 2.482 | 11.47 ± 0.436 | 10.58 ± 1.384 | 51.78 ± 1.870 |

¹ Soils were sampled 3 March 1999

^{2, a} See Table 4 for explanation

NDFP는 토심에 따른 뚜렷한 경향은 없었지만 어느 처리에 있어서도 0~10cm 내에서 비교적 높았고 토심을 평균한 NDFP는 25, 50% 엽면시비구, 표층시비구에서 각각 0.18, 0.31, 0.69%으로 시비량이 많을수록 높은 경향이였다(강 등, 1998; 이와 유, 1994). 사용된 ¹⁵N 요소로부터 유래된 질소 잔류량은 어느 토심에서나 25% 엽면시비<50% 엽면시비<표층시비 순이었고 토심 40cm 내에는 25, 50% 엽면시비구, 표층시비구에서 각각 1.0, 1.9, 4.2gm²이었다. 사용된 질소의 토양 중 잔류율은 처리에 관계없이 토심이 깊을수록 대체로 낮아지는 경향이어서 온주밀감(강과 유, 1998; 강 등 1998), 벼(이와 유, 1994), 옥수수(Wienhold 등, 1995) 재배 토양에서 얻은 결과와 대체로 비슷하다. 토심 40cm까지의 잔류율은 25, 50% 엽면시비구, 표층시비구에서 각각 50.3, 45.6, 51.8%이었다. 본 연구자가 1996년 10년생 홍진조생에 봄비료로 45, 90, 135kg/ha¹를 사용하였던 시험에서의 토양 중 질소잔류율은 31.3~48.5%이었고(강 등, 1998), 1997년 8년생 궁천조생에 봄과 여름에 각각 중질소를 기준량의 50, 20% 표층시비하여 수확기에 조사하였던 봄과 여름 질소비료의 토양 중 질소잔류율은 각각 40.3, 81.4%였다(강과 유, 1998).

수체 및 겨울 잡초의 질소회수율, 토심 40cm까지의 토양 중 질소잔류율을 합한 전체 회수율은 표 6에서 보는 바와 같이 25, 50% 엽면시비구, 표층시비구에서 각각 81.8, 65.1, 60.6%였는데, 이는 주로 수체에 의한 회수율의 차이에 기인되었다. 사용된 질소 중 수체에 흡수되지 않았거나 토양에 잔류되지 않은 질소는 토심 40cm 이하로 용탈되었거나 휘산 및 탈질반응에 의한 가스 상태로 손실되었을 것이다. 또한 일부는 장마철 폭우시 유실되었을 가능성도 있다. 관행표층시비를 계속하여 온 경우 세균이 토심 20cm 내에 주로 분포되어 있으므로 토양에 잔류된 질소중 일부는 추후에 감굴에 의해 흡수되지만

상당한 양의 질소가 서서히 근권 밖으로 용탈될 것이며 일부는 탈질될 것이다.

본 시험의 결과로 볼 때 제주도의 감굴 재배농가 대부분이 연간 8회 이상 농약을 살포하고 있으므로 농약살포시나 살수관개 시설을 이용하여 질소 기준시비량의 반량을 요소로 엽면시비함으로써 과실의 수량과 품질에 영향을 주지 않으면서 질소 이용률을 크게 높일 수 있어 영농비 절감은 물론 용탈에 의한 지하수 오염을 줄일 수 것으로 생각된다.

적 요

요소 엽면시비가 온주밀감 잎의 질소함량, 수체 및 토양의 질소회수율에 미치는 영향을 구명하고자 1998년 7년생 홍진조생에 질소 기준량 표층시비(124 kg ha⁻¹ yr⁻¹, 나무당 86 g), 기준량의 50% 엽면시비(62 kg ha⁻¹ yr⁻¹, 나무당 43 g), 기준량의 25% 엽면시비(31 kg ha⁻¹ yr⁻¹, 나무당 22 g)처리를 두고 봄, 여름, 가을 비료로 56(2반복 ¹⁵N 표지 요소, 5반복 일반 요소), 11((2반복 ¹⁵N 표지 요소, 5반복 일반 요소), 33%(7반복 모두 일반 요소) 비율로 분시하여 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다. 나무(본)당 과실수량 및 품질은 처리간 유의한 차이가 없었다. 당년 봄순의 엽신의 전질소함량은 9월 상순까지는 엽면시비구에서 많았으나 11월 16일(수확기) 이후에는 처리간 큰 차이가 없었다. 樹體에 의한 질소회수율은 어느 수체 부위에서나 25% 엽면시비구에서 가장 높았고, 50% 엽면시비구에서 다음으로 높았다. 수체 전체의 질소회수율은 25, 50% 엽면시비구, 표층시비구에서 각각 29.2, 17.7, 8.0%이었다. 봄과 여름에 사용된 질소의 토심 0~40 cm에서의 잔류율은 25, 50% 엽면시비구, 표층시비구에서 각각 50.3, 45.6, 51.8%이었다. 전체(수체, 낙엽, 잡초, 토양) 회수율은 25, 50% 엽면시비구, 표층시비구에서 각각 81.8, 65.1, 60.6%이었다.

Table 6. Effects of N foliar application method on total fertilizer N recovery

(unit : %)

| N application | | Tree | Fallen leaves | Weeds | Soil | Total |
|---|--------|-------|---------------|-------|-------|-------|
| Rate (g tree ⁻¹ yr ⁻¹) | Method | | | | | |
| 22 ¹ | Foliar | 29.22 | 2.24 | 0.05 | 50.31 | 81.82 |
| 43 | Foliar | 17.74 | 1.79 | 0.05 | 45.55 | 65.13 |
| 86 | Soil | 7.96 | 0.34 | 0.56 | 51.78 | 60.64 |

¹ See Table 4 for explanation

인용문헌

- 赤尾勝一郎, 久保田收治, 林田至人. 1978. 温州ミカン樹の春季新器官形成時における樹体内貯藏窒素, 特に秋肥窒素の利用について(その1). 園學雜 47(1):31-38.
- Embleton, T.W. and W.W. Jones. 1974. Foliar-applied nitrogen for citrus fertilization. J. Environ. Qual. 3:388-391.
- 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.
- Gomez, K.A. and A.A. Gomez. 1984. Statistical procedures for agricultural research. 2nd ed. John-Wiley & Son, New York.
- Impey, R.L. and W.W. Jones. 1960. Rate of absorption of urea by intact leaves of Washington navel orange. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 76:181-185.
- 石原正義. 1982. 果樹の栄養生理. p.370.
- 강영길, 유장걸. 1998. 질소시비량과 시비방법에 따른 온주밀감의 질소회수율. 韓土肥誌 31(4):342-349.
- 강영길, 유장걸, 강봉균. 1998. 온주밀감 과원 토양에서 질소에 대한 시비방법과 시비수준에 따른 질소회수율. 韓土肥誌 31(2):143-150.
- 金榮龍. 1987. 温州蜜柑 收穫前後의 尿素 葉面施肥가 葉中成分, 耐寒性 및 結實에 미치는 影響. 서울大學校 農學博士學位論文 pp.19-20.
- 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.
- 久保田收治, 加藤忠司, 赤尾勝一郎, 文屋千代. 1976. 重窒素利用による, 温州ミカンの窒素の吸収とその体内移行に関する研究. 第3報 早春肥窒素について. 四國農試報 No.29:49-53.
- Lea-Cox, J.D. and J.P. Syvertsen. 1995. Nitrogen Uptake by *Citrus* Leaves. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120:505-509.
- 이상모, 류순호. 1994. 논토양에서 중질소(N-15)를 이용한 표면시용 요소로부터 유래하는 질소의 행동에 관한 연구. 한국농화학회지 37(4):277-286.
- 이신찬, 양상호, 강호준, 황재중, 현승원, 유장걸. 1999. ¹⁵N동위원소 추적자법을 이용한 감귤질소 시비적량 구명 시험. 1998년도 제주농업시험연구보고서. pp.349-360.
- 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. 園學雜 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. Hoef. 1992. Soil type and moisture regime effects on fertilizer efficiency calculation methods in a nitrogen-15 tracer study. Agron. J. 84:66-70.
- 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.