

채蔬를 통한 一日 NO_3^- 攝取量과 安全農産物 NO_3^- 含量 許容基準 設定

檀國大學校 農科大學 國際農業開發學科
孫 尙 穆

I. 머릿말

안전농산물이란 그나라 국민의 식생활 패턴을 고려하여 각 농산물별로 식품내 잔류농약, 중금속, 무기성분 등 허용물질의 수와 허용치에서 안전한 농산물을 말한다.

우리나라는 안전농산물의 규정이 아직까지 마련되어 있지 않은 상태에 있을 뿐만 아니라 특히 청색증(청람증)과 각종 암의 원인물질로 알려져 있는 NO_3^- 함량의 허용기준은 물론 그 개념조차 건강(안전?)농산물이라고 일반인들이 믿고 있는 품질인증(유기/수경)농산물의 검사대상에도 포함되어 있지 않다. 한편 유럽 각국에서는 각 채소별 NO_3^- 함량 허용기준치가 정해져 있다. 뿐만 아니라 각 채소의 NO_3^- 함량 허용기준을 초과하는 경우(BML: 1993, Rahner: 1994) 국가간 교역이 금지되어 수출채소가 국경에서 되돌려 보내지거나, 국내생산 채소의 경우도 시장 또는 식당/급식소에서의 검사를 통해 NO_3^- 함량 허용기준치를 초과하는 채소가 강제 폐기 처분되고 있다. 수년간에 걸쳐 계속된 NO_3^- 함량 허용기준치 협상에서 EU 회원국가는 그 동안 각국별로 달랐던 채소의 NO_3^- 함량 허용기준(875-4500ppm)을 역내 모든 국가에서 통용되는 단일 허용기준치로 통일하기 위해 각국의 실무자들이 협상하였으며(Rahner: 1994) 우선 상추의 경우 2000ppm으로 하자는 안에 합의하였고 기타 채소에 대해서도 곧 단일 기준치를 결정할 예정이다(Kücke, 1995).

본고는 채소를 통한 NO_3^- 위험성, 각국별 채소별 허용기준과 일일 NO_3^- 섭취량을 제시하면서 한국인의 채소를 통한 일일 NO_3^- 섭취량 및 주요 채소별 NO_3^- 허용기준치 설정에 대하여 기술하고자 한다.

II. NO_3^- 위험성과 유럽의 채소별 NO_3^- 허용기준

1. NO_3^- 위험성

식수 또는 각종 식품류를 통해 NO_3^- 가 다량 섭취할 경우의 인체에 미칠수 있는 위험성

(Frommberger, 1985 ; Miwa & Miwa, 1995 ; Tanimura, 1983) ;

표 1. 혈액내 Hemoglobin 대비 Methemoglobin 비율과 청람증 증세

| 비율 | 청람증 증세 |
|--------|---------------------------------------|
| 10% | 근육의 강화 등 경미한 청람증의 징후 |
| 30~40% | 근육이완, 피부색변화, 맥박 및 호흡속도 증가. 뚜렷한 청람증 증세 |
| 40-70% | 심한 청람증 증세 또는 사망의 위험(Blue baby 현상) |

*1% 건강한 성인, 4% 신생아, 6% 호흡기 질환, 실사중인 아기

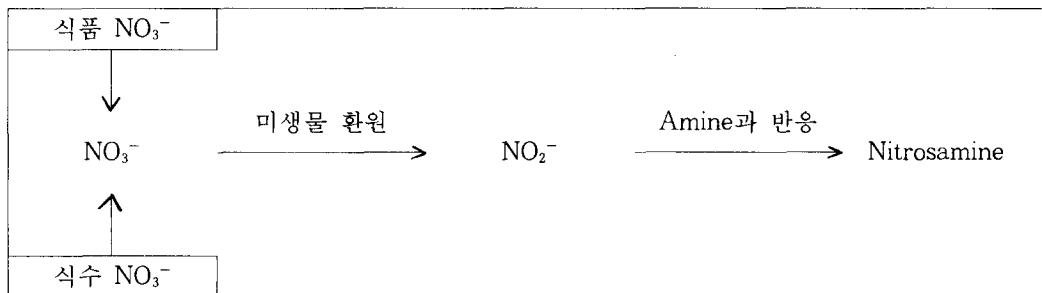


그림 1-1. NO₃⁻의 흡수 및 Nitrosamine의 체내 생성도(AID : 1991, Scharpf, 1991)

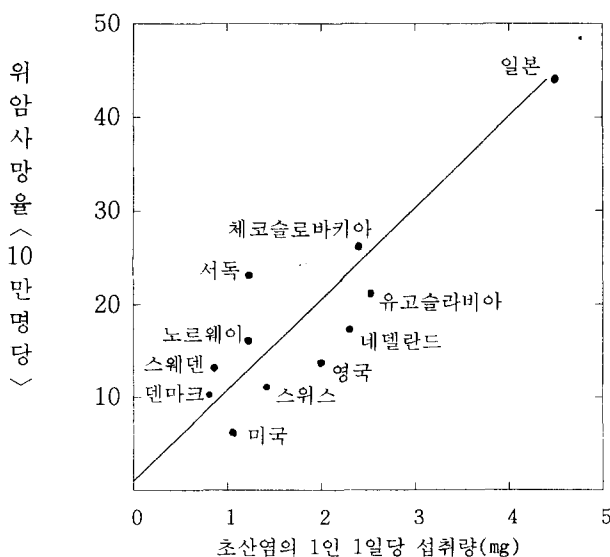


그림 1-2. NO₃⁻ 섭취량과 위암 사망율의 관계(Tanimura, 1983)

첫째, 체내에 흡수된 NO₃⁻는 혈액중의 Hemoglobin과 결합하여 Methemoglobin을 형성하게 된다. Methemoglobin은 산소결합능력이 없어 이의 비율이 높아질 경우 혈액중의 산소운반 능력이 저하되며 청람증(일명 청색증) 증세가 나타나며 특히 유아의 경우 그 위험성이 크다. Hemoglobin 대 Methemoglobin의 비율이 40-70%에 이를 경우 심한 청람증 증세 또는 사망의 위험까지 있다.

둘째, NO₃⁻는 소화과정중 Oxalacid와 Nitrosamine을 생성하는데 특히 NO₃⁻가 Amine과 결합될 때 생성되는 Nitrosamine은 발암성물질로 작용할 수도 있다고 의학계에 보고되어 있다(단, NO₃⁻에 의한 수질오염지역과 암 발생과의 상관관계는 아직까지 증명되지 못하고 있다).

2. 유럽 환경농업선진국의 채소별 NO₃⁻ 함량 허용기준치와 EU 단일기준치

NO₃⁻ 위험성이 알려지면서 일일섭취량 및 식품원별 섭취량에 대한 연구는 유럽의 농업선진국들을 중심으로 1970년대부터 본격적으로 이루어졌다.

표 2-1. 독일 가정음식의 NO₃⁻ 주요 섭취원 및 일인당 평균섭취량

| 섭취원/재료 | 섭취비율 | 섭취량 |
|--------|-------|--------|
| 채 소 | 72.4% | 35.7mg |
| 육 류 | 18.5% | 9.1mg |
| 곡 류 | 5.5% | 2.7mg |
| 과 일 | 2.9% | 1.4mg |
| 유제품 | 0.9% | 0.3mg |
| 총 계 | 100% | 49.2mg |

표 2-2. 일본인의 NO₃⁻ 주요 섭취원 및 일인당 일일 평균섭취량(Tanimura, 1983)

| 섭취원/재료 | 섭취비율 | 섭취량 |
|-----------|-------|---------|
| 야 채 | 89.9% | 281.3mg |
| 식육 및 유가공품 | 1.3% | 4.0mg |
| 곡 류 | 6.0% | 18.7mg |
| 과 일 | 0.9% | 2.8mg |
| 우유 및 유가공품 | 0.1% | 0.2mg |
| 음 료 | 0.2% | 0.8mg |
| 기 타 | 1.6% | 5.2mg |
| 수 액 | | (68.9) |
| 합 계 | 100% | 313.0mg |

독일의 경우 일인당 일일 NO₃⁻ 섭취량(Claus : 1983, Rahner : 1994, Scharpf : 1991, Wehrmann & Scharpf : 1984, Wiebe & Behr : 1987)은 병원음식 45mg, 가정음식 49mg 내외로 보고되고 있으며 가정음식중의 주요 NO₃⁻ 섭취원은 채소이다. 표 2-1에서 보는 바와 같이 독일인들은 일일 NO₃⁻ 섭취량의 72.4%인 35.7mg을 채소를 통해 섭취하고 있다. 한편 일본인은 일일 313mg을 섭취한다고 하며 표 2-2에서 알 수 있는 바와 같이 채소를 통해 89.9%인 281.9mg을 섭취한다(Tanimura, 1983).

NO₃⁻ 일일섭취량 중 채소를 통한 NO₃⁻ 섭취율이 매우 높기 때문에 외국에서는 식수의 NO₃⁻ 허용기준과 함께 채소에서의 NO₃⁻ 허용기준이(AID 1223 ; 1991, AID 1024 ; 1993, Rahner : 1994) 정해져 있다. 유럽 환경농업선진국에서는 채소별 NO₃⁻ 허용기준치가 농약, 중금속 허용치와 함께 식품규격에 포함되어 있다(Rahner : 1994).

각국별 1인당 일일 NO₃⁻ 섭취량은 미국 99.8mg, 영국 63mg, 체코슬로바키아 142mg, 네델란드 131mg, 유고슬라비아 114-132mg, 스위스 91mg, 독일 49-75mg 등인데 비해 채식을 상대적으로 많이하고 있는 일본은 218-408mg을 섭취하는 것으로 밝혀지고 있다(Tanimura, 1983).

표 2-3 각국의 1인당 일일 NO₃⁻ 섭취량(Tanimura, 1983)

| 국가명 | 방법 | 조사년도 | NO ₃ ⁻ 섭취량(mg) |
|---------|----|-----------|--------------------------------------|
| 영 국 | 계산 | 1973 | 63 |
| 네델란드 | 분석 | 1976 | 131 |
| 체코슬로바키아 | 계산 | | 142 |
| 스 위 스 | 계산 | 1977 | 91 |
| 유고슬라비아 | - | 1972-1974 | 131.6 |
| | - | 1977-1978 | 113.5 |
| 서 독 | 분석 | | 75 |
| | 계산 | | 49 |
| 미 국 | 계산 | | 99.8 |
| 일 본 | 계산 | 1976 | 408 |
| | 계산 | 1977 | 251 |
| | 분석 | 1977 | 276 |
| | 분석 | 1977 | 218 |
| | 계산 | 1974 | 286 |
| | 계산 | 1976 | 245 |
| | 계산 | 1972-1974 | 314 |

독일, 네델란드, 스위스, 오스트리아 등 유럽 농업선진국의 상치, 양상치, 시금치, 빨간

무우, 무우 등 5개 주요 채소의 NO₃⁻ 함량 허용기준치(ppm/FW)는 2000-4500ppm이며 그중에서 독일의 기준치가 2000-3000ppm으로 가장 엄격하다(AID : 1993).

표 3. 각국별 주요 채소의 NO₃⁻ 함량허용 기준치(ppm/FW)*

| 식품 또는 채소 | 독 일 | 네델란드 | | 스위스 | 오스트리아 | |
|-------------|------|-------|-------|------|-------|-------|
| | | 11-3월 | 4-10월 | | 11-4월 | 5-10월 |
| 상치/양상치 | 3000 | 4500 | 3000 | 4000 | 4000 | 3000 |
| 시금치 | 2000 | 4500 | 3500 | 3500 | 3000 | 2000 |
| 빨간무우 | 3000 | 4000 | 3500 | 3000 | 4500 | 3500 |
| 무 우 | 3000 | | | | 4500 | 3500 |
| 양배추 | | | | 875 | | 1500 |
| 치커리/파 | | | | | | 1500 |
| 당근/셀러리 | | | | | | 1500 |
| 배 추 | | | | | | 2500 |
| 회향 | | | | 2000 | | |

*(AID 1223 ; 1991, AID 1024 ; 1993, Rahner : 1994)

독일의 경우 연방정부 보건부 및 환경부가 공동으로 제정한 “식품규정”의 제1차-제5차 개정시까지의 농약에 대한 허용기준치만을 규정하고 있었으나 1992년 개정된 제6차 식품규정, 1994년 개정된 제7차 식품규정에서는 채소별 NO₃⁻ 함량 허용기준이 추가되었다. 채소나 가공식품 등이 NO₃⁻ 허용기준치를 초과하는 경우 그 농산물은 외국으로부터 수입, 국내 산지로부터의 시장까지의 운반 및 판매가 금지되며, 전량 수거되어 폐기 처분된다.

식품 특히 채소의 NO₃⁻ 함량 허용기준치에 대한 독일의 통제관리체제에 의하면(AID 1154 ; 1992) 주 최고행정기관인 주지사는 관할권역내의 검사소 설치와 업무내역을 조정하고 지역행정책임자는 개별검사소의 관리감독을 담당하며 시/군/구의 단위 식품검사소는 관할지역의 농산물의 식품검사 및 통제관리 업무를 수행하고 있다. 단위 식품검사소가 실시하는 검사에서 채소 및 가공식품의 NO₃⁻ 함량이 허용기준치를 초과할때 그 정도가 경미한 경우 경고조치 또는 벌금조치가, 심한 경우 식품검사소의 통고에 따라 경영책임자는 檢事에 의해 고발되어지고 엄청난 벌금형으로 회사를 파산케 하고 있다. 실제로 농장, 운반용 트럭, 가공공장, 시장, 식당 등에서의 시료채취를 통해 정기 및 부정기적 통제관리를 담당하는 곳은 단위 식품검사소이며 이밖에 국경, 공항, 항만에서도 검사를 실시하고 있다(Rahner : 1994).

Ⅲ. 한국인의 NO₃⁻ 일일 섭취량 및 주요 채소별 NO₃⁻ 허용기준치 설정 방안

1. 한국인의 NO₃⁻ 일일섭취량과 섭취율

육식위주의 서구인에 비해 채식위주의 동양인은 채소를 통한 NO₃⁻ 섭취량이 많을수 밖에 없다(손 : 1994₃). 한국인의 일일 채소 섭취량은 세계 제1위이며 일본인의 경우 장년층 세대 주 가정의 채소 섭취량이 제일 많다(농수산물유통공사 1994년 자료 520g, 농촌진흥청 1992년 자료 352g).

표 7-5. 각국별 일인당 채소 섭취량(농수산물유통공사, 1994)

| 국가명 | 1인당 채소소비량 (g/person/day) | 국가명 | 1인당 채소소비량 (g/person/day) |
|-----|-----------------------------|-----|-----------------------------|
| 스페인 | 359 | 이집트 | 329 |
| 구소련 | 259 | 일 본 | 298 |
| 미 국 | 270 | 터어키 | 519 |
| 멕시코 | 87 | 호 주 | 216 |
| 칠 레 | 189 | 한 국 | 520 |

표 7-6. 일본인의 세대주 연령층별 채소 섭취량(g/person/day)*

| 연 령 | 1980년 | 1989년 |
|--------|-------|-------|
| 19세 이하 | | 144.2 |
| 20-29세 | 213.7 | 171.5 |
| 30-39세 | 217.7 | 221.2 |
| 40-49세 | 249.4 | 234.8 |
| 50-59세 | 262.5 | 260.8 |
| 60-69세 | 253.5 | 262.8 |
| 70세 이상 | 238.3 | 251.0 |

*일본 후생성 “국민영양조사”

한국인의 1인당 무우, 배추 소비량은 1974년 각각 72g, 72g이었다가 증가하여 1978년 178g, 296g으로 최고였으며 이후 점차 감소 추세에 있다. 1994년 현재 1인당 무우, 배추의 소비량은 각각 98g, 166g이다(통계청 자료,1995).

표 7-4. 1인당 무우, 배추 및 주요 채소 소비량(통계청,1995자료)

| 연 도 | 일일 무우소비량 (g/person/day) | 일일 배추소비량 (g/person/day) | 주요채소(무우, 배추, 양배추, 파)소비량 (g/person/day) |
|------|----------------------------|----------------------------|----------------------------------------------|
| 1974 | 72.26 | 71.71 | 153.29 |
| 1976 | 129.54 | 238.29 | 377.38 |
| 1978 | 178.38 | 296.58 | 491.93 |
| 1980 | 141.79 | 218.47 | 398.20 |
| 1982 | 137.24 | 243.56 | 422.39 |
| 1984 | 117.84 | 227.82 | 381.54 |
| 1986 | 113.34 | 226.62 | 390.15 |
| 1988 | 114.53 | 163.15 | 321.55 |
| 1990 | 112.54 | 215.57 | 367.09 |
| 1992 | 95.12 | 150.97 | 294.97 |
| 1994 | 98.18 | 165.73 | 304.95 |

서구인이 주로 섭취하는 채소는 가식부위별 NO₃⁻ 함량이 500ppm 이하인 저수준군 또는 중간수준군 채소(Claus : 1983, Scharpf : 1991, Wiebe & Behr : 1987)들인데 반해 우리가 주로 섭취하는 채소인 무우, 배추, 상추는 NO₃⁻ 함량이 고수준군에 속하는 채소(손과 오 : 1993, 손 : 1994, 4)들 이라는데 문제가 있다.

표 4-1. 가식부위별 NO₃⁻ 함량에 따른 한국 채소, 과일, 화곡류의 분류
(손과 오 : 1993, 손 : 1994, 4)

| NO ₃ ⁻ 함량 수준 | 채 소 종 류 |
|------------------------------------|------------------------------------------|
| 고수준 | 무우, 배추, 상치, 시금치, 꽃상치, 썩갓 |
| 중수준 | 샐러리, 당근, 호박, 감자, 양배추, 대파 |
| 저수준 | 치커리, 양파, 오이 |
| 미량수준 | 고구마, 키위, 레몬, 사과, 금귤, 배, 포도, 토마토, 고추, 화곡류 |

표 4-2. 가식부위별 NO₃⁻ 함량에 따른 채소, 과일, 화곡류의 분류(Scharpf, 1991)

| NO ₃ ⁻ 함량 수준 | 채 소 종 류 |
|------------------------------------|------------------|
| 고수준(200-5000ppm) | 무우, 배추, 상치, 시금치 |
| 중수준(500-2000ppm) | 샐러리, 당근, 감자, 양배추 |
| 저수준(500ppm 이하) | 호박, 토마토, 완두, 멜론 |

한국인은 질산염(NO₃⁻) 섭취량의 대부분을 채소를 통해 섭취하고 있는 것으로 나타나고 있다(표 5 참조). 식수의 NO₃⁻가 10ppm 식수 내에 함유되어 있고 채소중에는 합의중인 허용기준치 2000ppm 또는 그 절반인 1000ppm 정도밖에 함유되고 있지 않다고 가정하는 경우의 適當 NO₃⁻ 섭취량 2727- 5197mg은 각각 WHO의 適當 허용치 1540mg을 최소한 약 1.77-3.37배나 초과하고 있다는 사실이다. 한편 식수를 통한 NO₃⁻ 섭취량은 전체섭취량의 최대한 2.7-5.1%에 불과한 것으로 나타나고 있다.

표 5. 식품원별 한국인 질산염섭취량, 섭취율 및 WHO 질산염 일일섭취량 허용치와의 비교

| 식품원 % | 섭식량** (kg/week/person) | NO ₃ ⁻ 함량 (mg/kg or mg/ℓ) | NO ₃ ⁻ 섭취량 (mg/week) | 섭취율 (a/c, b/c) |
|---------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|
| 곡 류 | 3.19kg | — | — | |
| 육 류 | 0.42kg | 100 | 42 | |
| 우 유 | 0.83kg | 30 | 25 | |
| 채 소 | 2.47kg | (1000) ^a | (2470) | (90.6) ^a |
| | | (2000) ^a | (4940) | (95.1) ^b |
| 서 류 | 0.06kg | 60 | 4 | |
| 과 일 | 0.92kg | 50 | 46 | |
| 계 | | | (2587) ^a | (94.9) ^a |
| | | | (5057) ^b | (97.3) ^b |
| 식 수 | 141 | (10) | (140) | (5.1) ^a (2.7) ^b |
| 총 계 | | | (2727) ^a | (100) ^a |
| | | | (5197) ^b | (100) ^b |
| WHO 일일 허용기준치* (NO ₃ ⁻ mg/60kg 체중) | | | 1540 | (177) ^a (337) ^b |

* WHO Technical Report Series 648(1980), ** 농산물 섭식량 : 1992, 농촌진흥청 자료
a : EU에서 잠정합의되고 있는 채소 NO₃⁻ 함량 허용기준치 2000ppm의 1/2이 함유되고 있는 것으로 가정.
b : EU에서 잠정합의되고 있는 채소 NO₃⁻ 함량 허용기준치 2000ppm를 함유하고 있는 것으로 가정.

한국인이 채소를 섭식할때는 주로 김치의 형태로 이용하는데 본인이 조사한 김치 내의 NO₃⁻ 함량 자료(표 6)에 의하면 엽채류, 근채류를 재료로 하는 김치는 2437-5871ppm으로 대단히 높았으나, 과채류를 재료로 하는 김치는 618-722ppm 정도로 조금 낮았으며 김치나 김치국물의 NO₃⁻ 함량은 거의 동일한 수준이었다. 이같은 김치의 NO₃⁻ 함량의 차이는 단지 김치 재료의 NO₃⁻ 함량에 의한 것이었다.

2. 채소의 NO₃⁻ 집적량에 미치는 영향

채소의 가식부위내 NO₃⁻ 집적량은 작목 및 품종, 작물체의 가식부위, 재배환경 조건 등에 따라 다르고 NO₃⁻ 집적량에 미치는 재배환경조건으로는 질소시비량, 토양비옥도, 광조도, 단백질 합성의 저해조건, 수분 및 온도조건 등을 들수 있다(손 : 1994₃, 4).

NO₃⁻는 십자화과(케일, 순무, 배추), 명아주과(시금치, 사탕무우) 등에 속하는 채소들이 NO₃⁻ 집적량이 많고(Lorenz : 1978), 과일보다는 채소류에서 과채류보다는 근채류, 엽채류에서 NO₃⁻ 함량이 높다(손과 오 : 1993₂). 배추는 내부엽보다 외부엽의 NO₃⁻ 함량이 높고(손과 오 : 1993_{1, 2}, 1994_{1, 2, 3}), 시금치는 잎이 부드러운 계통보다는 잎이 오그라드는 계통이 NO₃⁻ 집적량이 높다(Barker et al : 1974). 가식부위별로는 배추의 경우 중록의 NO₃⁻ 함량이 엽신에 비하여 많고, 무우의 경우 근지상부가 근지하부보다 NO₃⁻ 함량이 많다(손과 오 : 1993_{1, 2}, 1994_{1, 2, 3}).

NO₃⁻ 집적량은 배추, 무우의 경우 질소시비량이 증가할수록 증가하며 특히 추천시비량을 초과하는 질소과다시비구에서 수량의 증가는 거의 없거나 완만한 반면 NO₃⁻ 집적량은 무비구에 비해 배비구에서 배추 엽병은 22.2배, 무우의 근지상부는 40.8배까지 급격한 증가한다(손과 오 : 1993_{1, 2}, Sohn : 1993₄). 감자 역시 NO₃⁻ 함량은 질소시비량이 증가함에 따라 생체중 100g당 3.6mg에서 18.2mg까지 크게 증가된다(손 : 1990).

차광조건하에서의 배추재배는 전일광조건에 비해 내부 및 외부의 엽신, 중록의 NO₃⁻ 집적량이 많고 차광정도가 심할수록 가식부위별 NO₃⁻ 집적량이 더욱 컸고(손 등 : 1994, Sohn : 1994₂), 토양비옥도가 높은 토양에서 재배한 배추, 무우의 NO₃⁻ 집적량이 척박토양에서 재배한 것에 비해 높았다(손과 문 : 1993_{1, 2}).

수경재배하는 시금치와 콜라비의 양액중의 NO₃⁻ 농도가 20-30uM을 초과하는 경우 수확물 가식부위의 NO₃⁻ 집적량이 급격히 상승한다(Steingrobe & Schenk, 1991)

Ⅳ. 주요 채소별 NO₃⁻ 허용기준치 설정과 안전농산물 생산

단위면적당 질소비료사용량을 1976년부터 1994년까지의 단순 계산해 보더라도 1990년을 제외하고는 꾸준한 증가 추세를 보이고 있다.

최근 추천시비량을 훨씬 상회하는 질소다비재배가 작물의 다수확을 겨냥하는 일반재배농가에서 관행적으로 실시되고 있을 뿐만 아니라 해가 지날수록 이러한 현상이 더욱 심해지고 있는 추세에 있다. 작목별 재배면적과 추천시비량을 근거로 연간 소비되어야 할 질소비료 사용량은 292,600M/T이나 실제 사용되고 있는 질소비료량은 467,000M/T으로 추천시비량의 약 1.6배나 되는 질소비료가 더 많이 시용되고 있는 것으로 나타나고 있다.

표 7-1. 경지면적당 질소질비료 소비량의 연도별 변화추세(통계청, 1995 자료)

| 연 도 | 질소소비량 (100M/T) | 경지이용면적 (ha) | 단위면적당 질소사용량 (kg/ha) |
|------|-------------------|----------------|------------------------|
| 1976 | 361 | 3,173,603 | 113.75 |
| 1978 | 462 | 3,001,132 | 153.94 |
| 1980 | 448 | 2,765,195 | 162.01 |
| 1982 | 312 | 2,678,296 | 116.49 |
| 1984 | 394 | 2,706,896 | 145.55 |
| 1986 | 423 | 2,570,803 | 164.54 |
| 1988 | 469 | 2,529,382 | 185.42 |
| 1990 | 562 | 2,409,360 | 233.26 |
| 1992 | 467 | 2,260,723 | 206.57 |
| 1994 | 475 | 2,205,180 | 215.40 |

표 7-2 각 작물별 식부면적을 기준으로 계산한 추천시비량 시용시의
예상비료사용량과 실제비료소비량의 비교(1992년)

| 작 목 | 재배면적*** (1000ha) | 추 천 시 비 량 | | | | | |
|--------|---------------------|---------------|-----|-----|-------------|-------|-------|
| | | 추천시비량(kg/ha)* | | | 시비량1000(mt) | | |
| | | N | P | K | N | P | K |
| 벼 | 1,157 | 120 | 100 | 110 | 138.8 | 115.7 | 127.2 |
| 맥 류 | 103 | 100 | 110 | 170 | 10.3 | 11.3 | 17.5 |
| 옥수수 | 22 | 180 | 150 | 150 | 3.9 | 3.3 | 3.3 |
| 기타 화곡류 | 196 | 30 | 60 | 60 | 5.8 | 11.7 | 11.7 |
| 채 소 | 356 | 230 | 140 | 210 | 81.8 | 49.8 | 74.7 |
| 과 수 | 126 | 150 | 80 | 120 | 18.9 | 10.0 | 15.1 |
| 감 귤 | 22 | 280 | 400 | 280 | 6.1 | 8.8 | 6.1 |
| 뽕나무 | 8 | 300 | 130 | 180 | 2.4 | 1.0 | 1.4 |
| 초 지 | 88 | 280 | 200 | 240 | 24.6 | 17.6 | 21.1 |
| 총 계 | 2,086 | | | | 292.6 | 229.2 | 278.1 |
| 소비량** | | | | | 467 | 219 | 254 |

* 농촌진흥청 추천시비량(1993)

** 소비량은 1993년도 비료연감에서 실제 농민들이 구입한 량

*** 농수산부 자료 1993

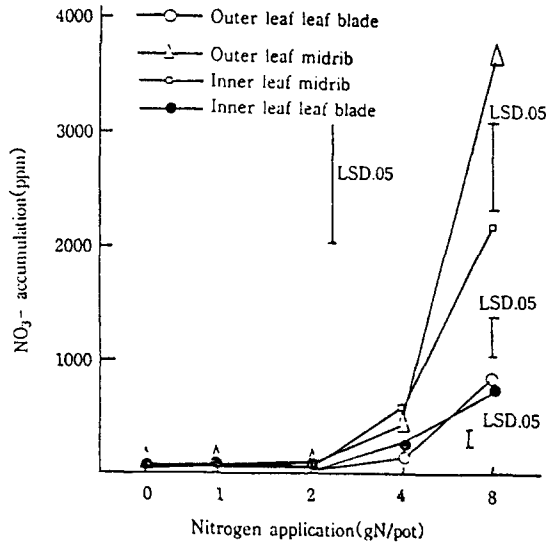


그림 3-1. 질소시비수준별 배추 가식부위내 NO₃⁻ 집적량 차이 (손과 오 : 1993₁, 2)

이와같은 질소다비조건에서 재배한 작물을 섭취할 경우 주지하는바와 같이 질소과다사용에 의한 가식부위내 NO₃⁻ 과잉집적(손과 오 : 1993₁, 2, 손 등 : 1994, Sohn : 1994₂, Wiebe & Behr : 1987)이 우려되는 것은 당연하다. 배추의 NO₃⁻ 집적량은 질소시비량이 증가할수록 최고 130배까지 증가하여 질소를 많이 사용할수록 채소의 가식부위내 NO₃⁻ 집적량이 크게 증가하기 때문이다(손과 오 : 1993₁, 2, 손 등 : 1994, 손 : 1994₃, Sohn : 1994₂, 4).

러시아, 독일, 네델란드, 스위스, 오스트리아 등 농업선진국의 경우 이미 채소에서의 NO₃⁻ 허용기준이(AID 1223 ; 1991, AID 1024 ; 1993) 정해져 있을 뿐만 아니라 농산물검사소를 통한 강력한 통제 체제가 식수에 대한 NO₃⁻ 허용기준의 규정과 대책 못지 않게 확립되어 있다는 것은 이미 설명한 바와 같다.

우리나라에서 안전농산물에 대한 NO₃⁻ 함량 허용기준을 유럽국가에서보다 더욱 엄격히 설정하고 이를 규제하여야 할 당위성은 다음과 같다.

첫째, 일일 NO₃⁻ 섭취량중 채소를 통한 NO₃⁻ 섭취량이 75.1-85.8%에 이른다는 점(식수를 통한 NO₃⁻ 섭취량은 12.2-21.3%에 불과),

둘째, 우리나라 일인당 일일 채소 소비량이 532g으로 세계 제1위인 점,

셋째, 우리가 애용하는 채소인 배추와 무의 가식부위내 NO₃⁻ 집적량이 다른 채소들(양채류)에 비해 월등히 높은 작물인 점(우리가 주로 많이 섭취하는 배추, 무우는 고수준군에서 양인들이 많이 먹는 양채류 계통은 대개 중수준군 및 저수준군에 속함),

넷째, 우리나라 단위면적당 질소시비량이 세계 제2위로서 추천시비량보다 1.6배나 많은 질소비료를 사용하고 있다는 점(질소비료사용량의 증가에 따라 채소의 NO₃⁻ 집적량이 증가)

등 때문이다.

안전농산물의 판단기준에는 농약, 중금속 외에 NO_3^- 함량 허용기준치가 농업선진국에서와 마찬가지로 마땅히 포함되어져야 하며 각 채소별 NO_3^- 함량 허용기준치는 육식위주인 유럽 각국에 비해 보다 강력하고 엄격하게 제정되고 시행되어져야 한다. 국내 주요 채소별 NO_3^- 함량 허용기준치를 설정할 경우 안전농산물의 지속적 생산/공급이라는 목표 외에 적정질소비료 시비를 유도 함으로서 과도한 질소시비를 줄여 나갈 수도 있다. 적정질소비료시비체계를 도입하면 과도한 질소시비를 줄임으로서 비용과 노력의 절감, 병충해 저항성 향상(농약, 제초제 사용 절감), 지하수 오염방지 및 안전농산물 생산 등의 효과를 동시에 거둘 수 있다고 사료된다(손과 오 : 1993₂).

만약 무우, 배추의 NO_3^- 허용기준치를 2000ppm으로 한다고 하고 무우 50g, 배추 100g 섭취를 통해서 300mg의 NO_3^- 을 섭취하는 것이 되어 이미 FAO의 일일 NO_3^- 섭취허용량 219mg을 초과하게 된다는 계산이 가능하다.

$$\text{무우 } 50\text{g 섭취} * 2000\text{ppm} = 100\text{mg } \text{NO}_3^- \text{ 섭취}$$

$$\text{배추 } 100\text{g 섭취} * 2000\text{ppm} = 200\text{mg } \text{NO}_3^- \text{ 섭취}$$

채소별 NO_3^- 함량 허용기준치를 정할 때에는 외국의 기준을 그대로 모방해서는 안되며 더욱 엄격한 NO_3^- 함량 허용기준을 만들어야 한다고 본다. 왜냐하면 우리 국민의 채소섭식량이 세계 제1위로서 외국인에 비해 많기 때문이다. 서양인과 다른 한국인의 식생활습관, 즉 채소별 섭취량을 고려하여 일일 NO_3^- 섭취량이 WHO의 허용기준치를 초과하지 않도록 채소별 NO_3^- 함량 허용 기준치를 정하여야 한다. 다만 농민들에게 주는 충격을 감안하여 년차적으로 채소별 NO_3^- 함량 허용기준치를 줄여나가는 방법을 도입하는 것이 바람직하다. 예를 들어 배추의 경우 실시 1차년도(1996년)에는 4000ppm정도로 하고 2년 간격으로 1000ppm씩 낮추어 1998년에 3000ppm, 2000년에 2000ppm으로 조정하는 방법이 있을수 있겠다.

V. 안전농산물 기준에 NO_3^- 함량 포함 여부와 채소 수량과의 관계

그림 3-1에서 알 수 있는 바와 같이 배추, 무우를 추천시비량을 사용하여 재배할 때 채소 수량은 최고수준을 유지하나 가식부위내 NO_3^- 집적량은 대단히 낮다(손과 오, 1993). 질소 질비료의 과다사용이 관행적으로 되어 있는 현재의 시비관습을 바로잡아 적정시비로 유도할 수 있다면 채소 가식부위내 NO_3^- 함량은 문제 되지 않을 것이다.

시금치 재배시 최고의 수량을 가져올 수 있는 근권토양(0-60cm) 내 무기태질소 함량이 300kg/ha을 초과 할 경우 수량은 감소하나 시금치 가식부위내 NO_3^- 집적량은 급격히 증가 된다(Scharpf, 1991)

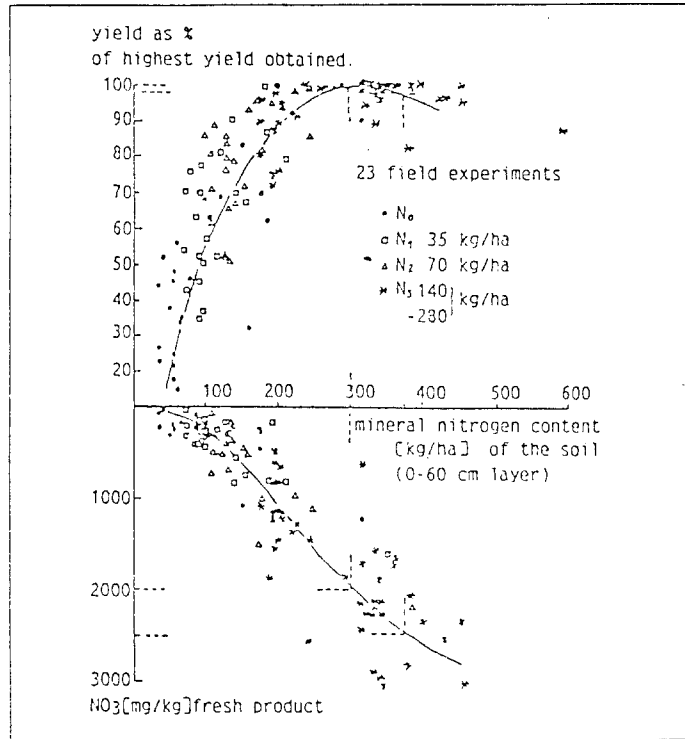


그림 3-2. 0-60cm 근권토양의 NO₃⁻ 집적량이 시금치 수량 및
가식부위내 NO₃⁻ 함량에 미치는 영향

채소 NO₃⁻ 함량수준이 낮아져 질소가 제한요소로 될 때 채소의 수량감소가 문제되지 않겠는가의 의문에 대해 Scharpf(1991)는 가식부위의 NO₃⁻ 함량이 2000ppm까지 줄어들어도 무우, 배추, 상치 등의 수량 감소는 전혀 없으며 시금치(봄)의 경우 9%의 수량이 감소한다고 하였다.

표 7-3. 채소 NO₃⁻ 함량수준과 질소제한에 따른 수량 감소와의 관계(Scharpf, 1991)

| NO ₃ ⁻ 허용기준치 (ppm/FW) | 시금치(봄) | 무 우 | 배 추 | 상 추 |
|------------------------------------------------|--------|-----|-----|-----|
| 4000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3000 | (1) | 0 | 0 | 0 |
| 2000 | 9 | 0 | 0 | 0 |
| 1000 | 40 | 50 | 30 | 70 |

Ⅶ. 유기 또는 수경재배 농산물의 품질인증의 Parameter에 NO_3^- 함량 포함

우리나라의 유기농업은 적정 유기물시용, 윤작, 녹비작물, 두과작물재배를 통한 토양비옥도 증진, 유기농업용 저항성 품종재배 등을 구사하여 안전농산물 생산과 환경보전을 동시에 추구하는 영국, 독일, 스위스, 프랑스 등 농업선진국들의 유기 농업(Kopke : 1994) 및 IFOAM의 기본규약과 달리 지나치게 유기물(퇴비) 지상주의에 젖어 있다(손, 1995). 유기물 과다 투입만으로 채소를 유기재배하는 경우 잔류농약에 대한 우려 만을 줄일수 있을 뿐 지하수 오염 및 가식부위 NO_3^- 집적의 문제가 있을 수 있음을 간과해서는 안된다. 특히 유기물을 많이 투입하면 화학질소비료를 과다하게 사용하는 것과 같이 재배농산물의 가식부위내 NO_3^- 집적량을 높이는 결과를 가져올 수 있다. 유기농산물의 경우에도 무조건 화학비료와 농약을 사용하지 않았으므로 무공해식품 또는 안전농산물이라는 인식은 전혀 옳지 않다. 외국의 경우 유기농산물이 정부에서 정한 NO_3^- 함량 허용기준을 초과할 경우 NO_3^- 함량 허용기준을 초과하는 관행농산물과 마찬가지로 폐기되고 있을 뿐만 아니라 (BML : 1993, Rahner : 1994), 최근에는 채소와 같은 유기농산물의 품질인증 표시시 저농도의 NO_3^- 가 함유됨을 표시하려는 시도(Schupbach : 1993)가 있다. 한편 IFOAM 기본규약에는 유기질비료 과다사용으로 농산물내 NO_3^- 함량이 높지 않도록 유의해야 한다고 분명히 규정되어 있다(IFOAM, 1994).

얼갈이배추의 경우 NO_3^- 집적량이 관행농산물의 엽신 3279ppm, 중록 5542ppm에 비해 일반유기농산물은 엽신 1847ppm, 중록 3056ppm으로 낮은 경향이었으나, 품질인증 유기재배농산물의 경우 엽신 3186-5338ppm, 중록 5989-6955ppm으로 오히려 약간 높은 수준을 나타냈다. 한편 상주나 케일의 경우 관행농산물과 유기농산물간의 차이는 물론 일반유기농산물과 품질인증 유기농산물 즉 유기농산물 종류간의 차이 역시 거의 찾아볼 수 없었다. 품질인증 유기농산물의 NO_3^- 집적량이 일반유기농산물과 비슷하거나 오히려 높은 것은 유기물 즉 퇴비를 많이 투입할수록 더 완전한 유기농업이며 건강한 유기농산물을 생산할수 있다는 그릇된 신념 때문이다.

표 8. 관행농산물과 품질인증 및 일반유기농산물의 가식부위내 NO_3^- 집적량 비교*

| 생산농산물 | 엽 신 | 중 록 |
|-----------------|---------|---------|
| | 얼갈이 배추 | |
| 품질인증 유기재배농가 I | 3732ppm | 6742ppm |
| 품질인증 유기재배농가 II | 5338ppm | 6955ppm |
| 품질인증 유기재배농가 III | 3186ppm | 5989ppm |
| 일반유기농산물 | 1847ppm | 3056ppm |
| 관행농산물 | 3279ppm | 5542ppm |

상 추

| | | |
|-----------------|---------|---------|
| 품질인증 유기재배농가 I | 1771ppm | 3445ppm |
| 품질인증 유기재배농가 II | 849ppm | 2778ppm |
| 품질인증 유기재배농가 III | 1394ppm | 3795ppm |
| 품질인증 유기재배농가 IV | 1891ppm | 4500ppm |
| 일반유기농산물 | 1545ppm | 3558ppm |
| 관행농산물 | 1454ppm | 3542ppm |

케 일

| | | |
|-----------------|---------|---------|
| 품질인증 유기재배농가 I | 3245ppm | 8960ppm |
| 품질인증 유기재배농가 II | 4824ppm | 7688ppm |
| 품질인증 유기재배농가 III | 3203ppm | 5863ppm |
| 일반유기농산물 | 1542ppm | 6064ppm |
| 관행 농산물 | 3470ppm | 6840ppm |

*일반유기농산물과 관행농산물은 4반복의 평균치임

배추, 무우의 가식부위내 NO₃⁻ 집적량은 과다한 질소시비에 의해서 뿐만 아니라 과다한 유기물시용량에 의해서도 증가함을 그림 5에서 알수 있다. 즉 근권토양층의 공급 질소량이 문제이지 공급되는 질소원의 형태가 유기태질소원 즉 유기물이든 또는 무기태질소원 즉 화학비료인가는 아무 의미가 없는 것(Addiscott : 1992, 손과 문 : 19931, Sohn : 1994_{2, 3})이다. 중요한 것은 얼마만큼의 질소원이 작물체에 가급태의 형태로 근권 내에 존재(외부공급 + 토양 함유)하느냐이다. 따라서 바람직한 유기농업의 구현을 위해 하루속히 작목별, 토성별, 유기질비료원별 적정유기물 투입량을 규명하고 실제 영농에서 반드시 적정량의 유기질비료를 사용하도록 해야 한다.

일반 관행재배포장에서 채취한 배추의 NO₃⁻ 집적량은 800-7400ppm으로 평균 3000ppm 내외였으나, 일반 유기농업포장에서 채취한 배추는 450-4700ppm으로 평균 2000ppm 내외로 일반 관행농법포장의 배추에 비해 낮았다.

NO₃⁻ 함량과 관련하여 안전농산물 및 고품질 농산물에 대한 국민의 이해가 부족한 것은 아직 국내에 안전농산물의 규정이 마련되어 있지 않은 상태에 있을 뿐만 아니라 특히 청색증(청람증)과 각종 암의 원인물질로 알려져 있는 NO₃⁻ 함량의 허용기준은 물론 그 개념조차 유기 또는 수경재배 농산물 품질인증시의 검사대상에 포함되어 있지 않기 때문이다. 안전농산물 및 품질인증 농산물의 기준에 NO₃⁻ 함량 허용치를 포함시키는 규정을 제정하거나 포함시켜 관행농업과 유기농업을 환경보전형 지속농업화하도록 유도하는 정부의 획기적인 조치가 시급히 요청된다.

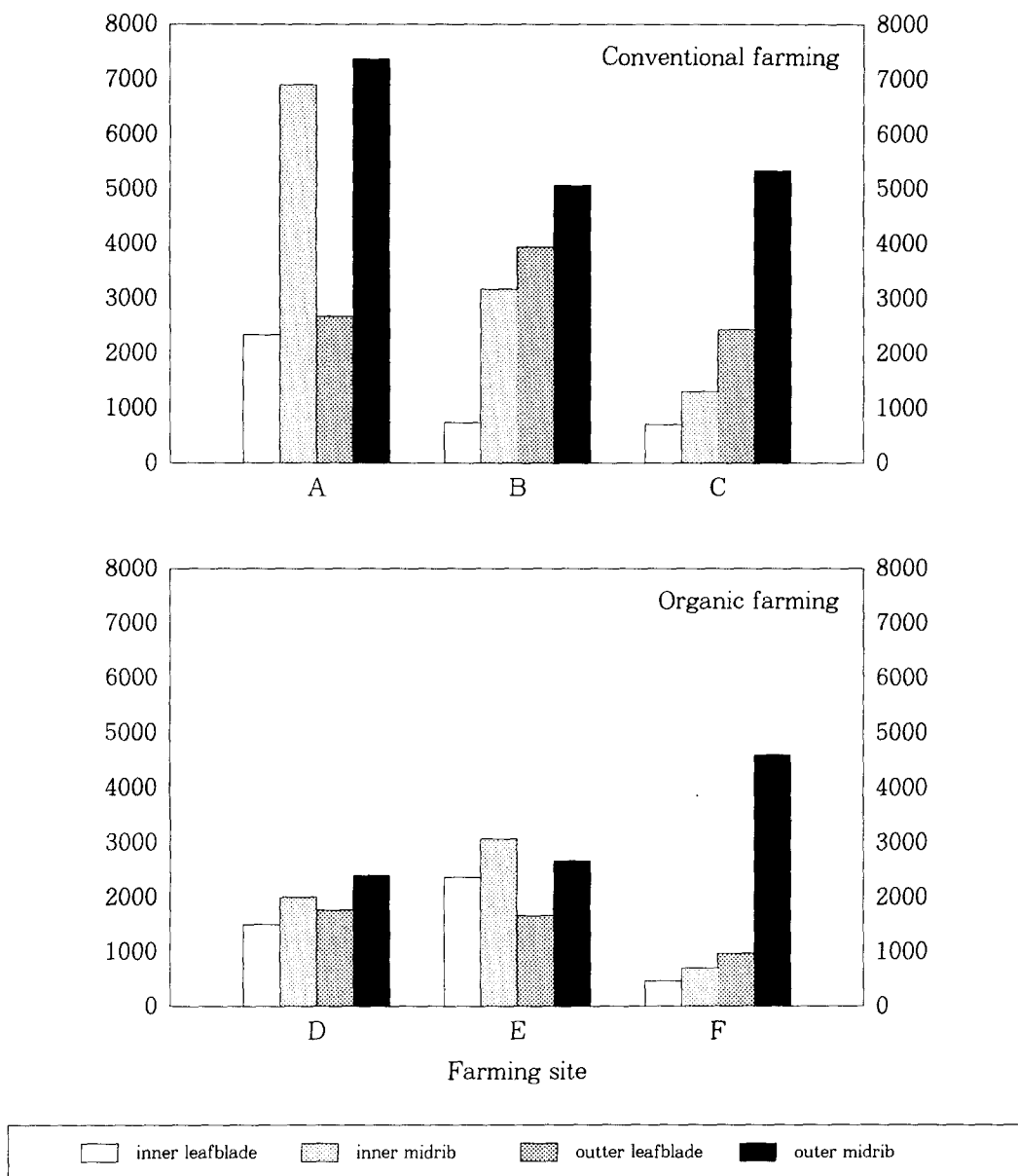


그림 5. 일반 유기농산물과 관행농산물 배추의 가식부위별 NO_3^- 집적량 비교(손 : 1994_{3, 4})

VII. 결 론

첫째, 채소의 NO₃⁻ 과다집적은 추천시비량을 초과하는 질소과다시비에서 기인하므로 토양 진단(Soil Testing)에 의한 적정질소시비가 실시되도록 노력하여야 함.

둘째, 채소별 NO₃⁻ 함량 허용기준을 실시하여 국민에 대한 안전농산물 공급을 추진하여야 함. 단 농민에게 주는 충격과 피해를 감안하여 각 채소별 NO₃⁻ 함량 허용기준을 연차별로 점차 줄여나가는 예고제를 실시하는것이 바람직할 것으로 판단됨.

| | | |
|----------|-------|---------|
| (예) 배추 : | 1996년 | 4000ppm |
| | 1998년 | 3000ppm |
| | 2000년 | 2000ppm |

셋째, 유기 및 수경재배 품질인증 농산물도 일반 관행재배농산물에 준하여 채소별 NO₃⁻ 함량 허용기준을 적용토록 하여야 함.