

## 우리나라 유기농 채소내 질산염 함량의 경시적 추이\*

손상목\*\* · 김영호 · 윤지영  
단국대학교 한국유기농업연구소

Nitrate Contents in Vegetables Cultivated by Organic Farming in Korea

Sohn Sang-Mok\*\* · Kim Young-Ho · Yoon Ji-Young  
Research Institute of Organic Agriculture, Don kook University, Cheonan 330-714, Korea

### ABSTRACTS

After the release of facts that the high nitrate contents in vegetables by Korean organic farming, organic farmers were recommended by Korean Organic Farmer Association to apply 20t/ha compost while they applied before as much as they could, sometimes even more than 100t/ha. This study was aimed to check the safety of Korean organic product in terms of nitrate content. Current nitrate content in leaf and root vegetables by 3 different farming systems(organic farming, conventional farming, greenhouse farming) were monitored and furthermore it was compared with previously published another data in Korea to find out any changes among the monitored years(1993-1999).

Current nitrate content in chinese cabbage, lettuce and kale became less compare to those of the beginning of monitoring, and especially those cultivated organic farming got the lowest value while previous organic vegetables at beginning of 90's showed the higher value than those cultivated in greenhouse. This decrease in organic vegetables

\* 이 논문은 농촌경제연구원의 "직불제"와 관련하여 1997-1998년 사이에 실시한 "유기농산물의 식품안전성 조사 연구"의 위탁과제의 연구결과임.

\*\* Corresponding author : Prof. Dr. Sang Mok Sohn  
Laboratory of Environmental Agriculture  
College of Agriculture, Dan Kook University  
Cheonan 330-714, Republic of Korea  
E-mail : dkusohn@chollian.net

was affected by less application rate of organic fertilizer than before at 20t/ha. But the nitrate level by organic farming was still higher compare to those cultivated by conventional farming in open field, since currently monitored organic vegetables were cultivated basically in greenhouse condition. It shows the organic farmer the necessity of transfer their farming site and condition from greenhouse to open field in order to decrease of its high level of nitrate caused long-term application and slow release characteristics of organic fertilizer. It was concluded the adoption of soil nitrate test to recommend a organic farmer the exact application rate for need of crop growth.

Additionally the mechanism of lower nitrate accumulation in rice and fruit vegetables were also discussed in the paper.

## I. 머릿말

'90년대 이후 국내에서 채소의 고질산염 함유 문제가 대두되면서 유기농법으로 재배된 유기채소의 질산염함량이 관행농산물에 비해 상당히 높다는 학계보고(손, 1994<sub>1</sub>; 1994<sub>2</sub>; 1995<sub>1</sub>; 1995<sub>2</sub>)가 알려지면서 유기채소의 식품안전성에 논란이 제기되어 왔다.

채소질산염에 대한 기준치 설정은 아직 우리나라에서 정해져 있지 않다. 다만 1980년대 후반 후터 독일을 시발로 스위스, 오스트리아, 네델란드에서 실시되어 오던 채소종류별 질산염 허용기준치(Scharpf, 1991; 손, 1994<sub>2</sub>; 1995<sub>1</sub>; 1995<sub>2</sub>)가 상추, 시금치 등 일부 채소에서 1997년 2월부터 유럽연합(EU)의 기준치가 마련되어 15개국 전 회원국가로 확대 실시되고 있다는 점에서 우리나라에서도 이에 대한 관심이 점차 높아지고 있다(보건복지부, 1997).

우리나라에서는 「채소 질산염 허용기준치에 관한 연구」가 농림부의 농특 기획과제로 공모되어 1997년부터 4년간의 연구가 진행되고 있으며 이에 대한 최종결과는 2001년 가을쯤에 알 수 있을 것으로 기대되고 있다. 뿐만 아니라 국내 여러 연구기관과 대학에서 채소의 질산염에 대한 관심을 가지고 이에 대한 제반 연구를 수행하고 있다.

그러나 이제까지 알려진 바에 의하면 모든 종류의 농산물에서 질산염 함량이 높은 것은 아니고 단지 엽채류와 근채류에서 높아 문제가 될 소지가 있다는 점과 엽채류 및 근채류에서의 질산염 함량도 유기독농가의 유기질비료 시용과 관련한 적정시비 노력 여하에 따라 얼마든지 줄여 나갈 수 있다는 것이다(손 등, 1996<sub>1</sub>; 1996<sub>2</sub>). 왜냐하면 채소의 질산염 집적량은 생육기간중의 토양근권내 가급태질소량에 좌우됨으로 유기농법의 경우에도 유기질비료 시용량의 다소에 영향을 받는 것으로 알려져 있기 때문이다.

질산염 문제가 제기되면서 유기독농가(유기농업, 자연농업 또는 정농회 소속 독농가 모두를 지칭)는 유기재배 채소의 질산염함량 낮추기에 최우선적인 노력을 경주하여 왔었다. 일례로

(사)한국유기농업협회는 유기질비료 추천시용량을 다다익선 개념에서 80t/ha으로 줄였다가 다시 50t/ha으로 그리고 '97년에는 20t/ha으로 하향조정함으로써 유기농가의 단위면적당 유기질비료(발효퇴비) 시용량을 크게 낮추려고 노력하고 있다(한국유기농업협회, 1998).

이에 본 연구는 최근의 유기농업에 대한 직접지불제도 도입을 앞두고 유기농산물의 질산염 함량을 일반관행농산물과 비교하여 유기농산물의 식품안전성 여부를 검토하는데 목적을 두고, 첫째, 수도와 과채류 유기농산물에서 질산염집적이 문제되지 않는 작물영양생리적 기작을 탐색하고, 둘째, 재배농법별 엽근채류의 질산염 함량 monitoring을 실시하였으며 동시에 연도별 및 조사기관별 질산염 함량 차이도 함께 비교 분석하였다.

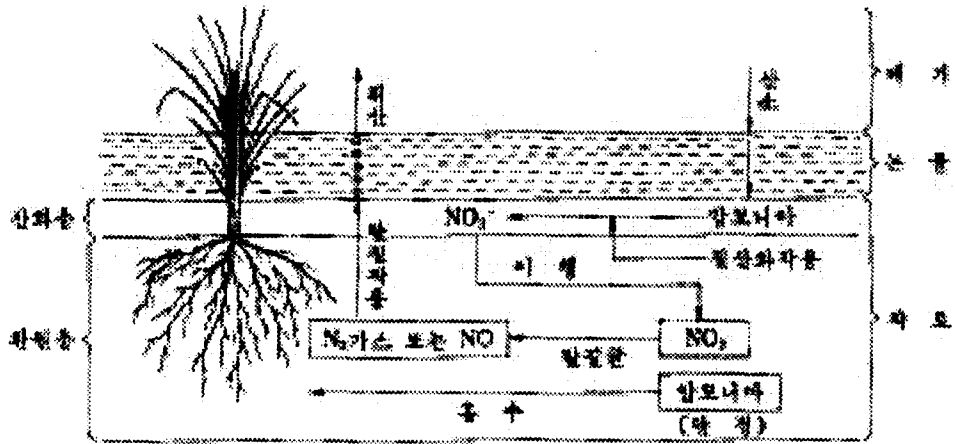
## II. 수도와 과채류 유기농산물에서 질산염 집적이 문제되지 않는 식물영양생리적 기작

### 1. 쌀에서 고질산염 함량이 문제되지 않는 이유

쌀에서 고질산염 함량이 전혀 문제되지 않는 이유는 수도가 재배되는 논토양의 특수한 조건과 질소동태, 그리고 벼의 질소동화작용 과정에서 그 이유를 찾을 수 있다.

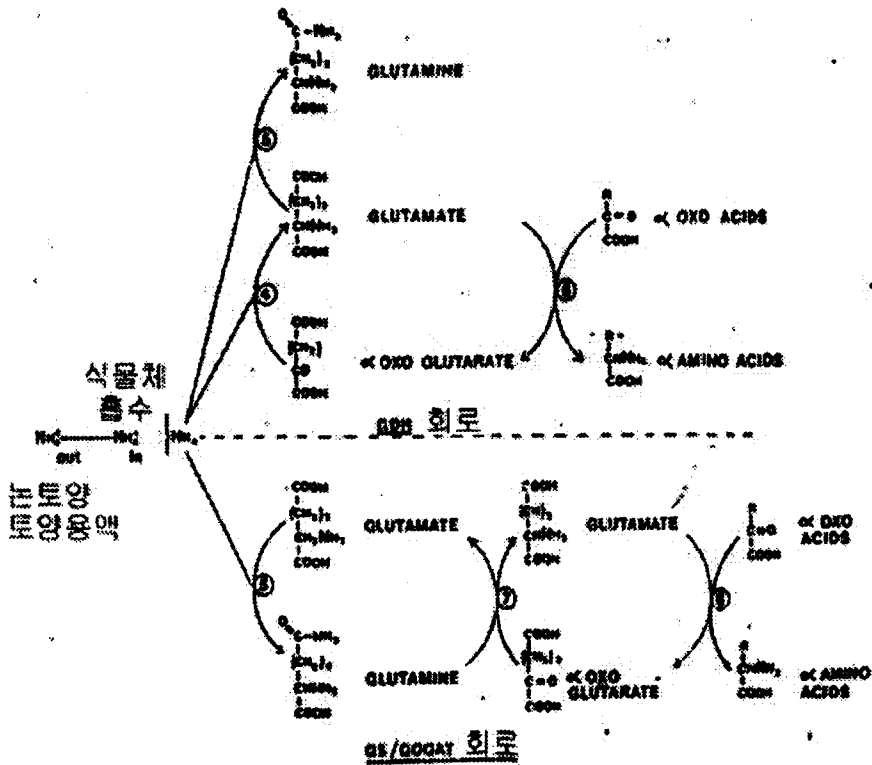
우리나라에서 벼가 재배되는 조건은 담수조건인데, 논토양이 담수되면 <그림 1>에서 보는바와 토층분화현상이 나타난다. 즉 토층의 표층 수 mm에서 1.2cm 깊이의 부분이 공기 또는 물에서 오는 산소와 잡초(일반잡초와 조류)가 광합성을 할 때 배출하는 산소 등으로 인하여 산화층이 형성되어 적갈색을 띠는데, 그보다 하층 즉 대부분의 작토층은 산소부족으로 인하여 환원층을 형성하여 청회색 또는 암회색을 띤다. 또한 쟁기의 보습 및 토양이나 심토는 유기물이 적기 때문에 지하수위 속에 있지 않는 한 다시 산화층을 형성한다. 이와 같이 담수상태하에 있는 토양의 토층이 산화층과 환원층으로 구분되는 것을 토층분화라고 한다.

질산태 질소비료는 벼농사에 사용하지 않는데 그 이유는 첫째, 질산태 질소가 토양에 흡착하는 힘이 약하여 담수조건인 논토양에서 다량이 유실되기 쉽고, 둘째, 질산태 질소비료를 환원층에施用하면 점차 환원되어 산화질소(NO), 이산화질소(N<sub>2</sub>O), 질소가스(N<sub>2</sub>)의 형태로 변하여(NO<sub>3</sub>→NO→N<sub>2</sub>), 공중으로 일탈되는 탈질현상(denitrification)이 생겨 시비질소의 비료효과를 기대하기 어렵기 때문이다. 한편 암모니움태 질소비료는 벼농사에서 심층시비 혹은 전층시비를 하는데 이는 산화층에施用할 경우 탈질로 인한 손실을 최소한으로 줄이기 위해서 이다(그림 1 참조).



<그림 1> 수도작 근권토양내 질소동태 모식도

따라서 논토양 재배되는 벼는 질산태 질소가 아닌 암모늄태 질소를 주로 흡수하게 된다는 것이 쌀에서 고질산염 함량 문제가 원천적으로 발생하지 않게 된다고 설명 할 수 있다.

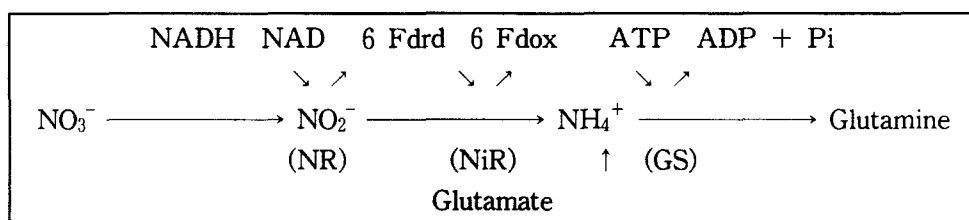


<그림 2> 벼에 흡수된 암모니아태 질소의 동화과정(④: 효소 GDH, ⑤: 효소 GS, ⑥: 효소 Transaminase, ⑦: 효소 GOGAT가 각각 작용함)

이같은 현상은 암모니아태 질소의 동화과정을 설명한 <그림 2>에서 더욱 잘 알 수 있다. 암모니아태 질소는 질소동화과정중에서 질산태 질소로 산화되는 과정을 거치지 않고 그 대부분이 Gultamine synthetase에 의해 유기태질소화합물인 glutamine으로 합성되고 GOGAT에 의해 glutamate로 전환되는 GS/GOGAT회로를 거쳐 동화되기 때문이다. 작물체에 암모니아태 질소로 흡수된 질소는 체내에서의 동화과정에서는 질산태 질소로 전환되지 않으므로 질산염 집적의 우려가 없다고 보아야 할 것이다.

## 2. 과채류에서 질산염 집적이 문제되지 않는 식물영양생리적 기작

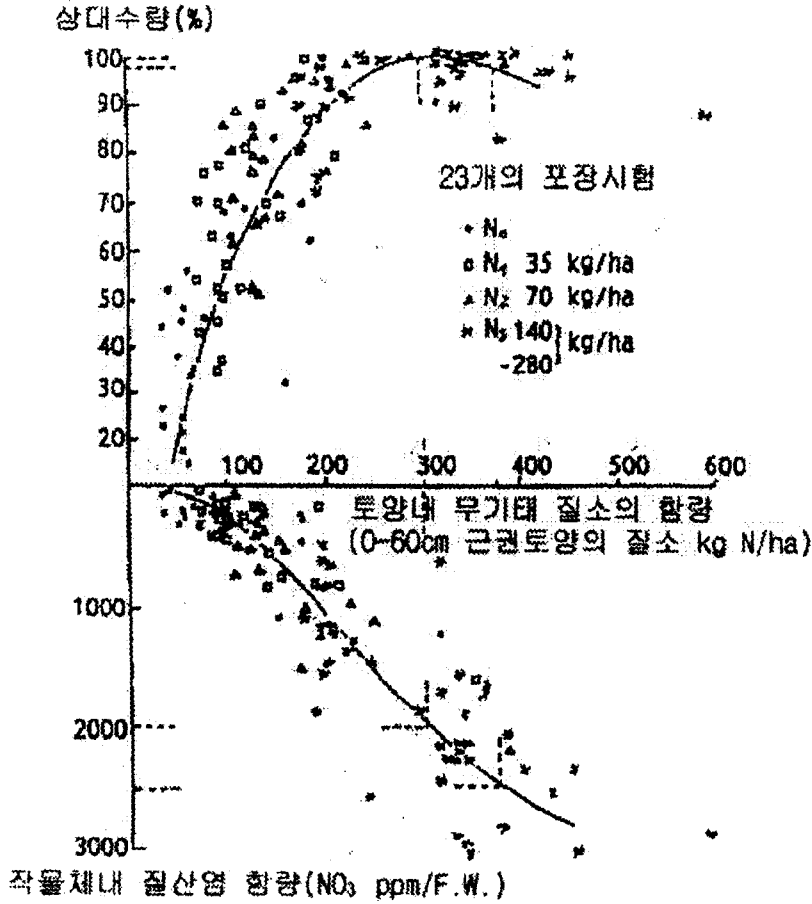
한편 밭토양에서 재배되는 작물체는 주로 질산태 질소를 흡수 이용하게 되는데 식물체내에서 질소는 <그림 3>과 같은 질소동화과정을 거치게 된다. 즉 질산염(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)은 질산염환원효소인 Nitrate reductase(NR)에 의해 아질산(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)으로 환원되고 아질산은 다시 아질산염환원효소인 Nitrite reductase(NiR)에 의해 암모니움(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)으로 환원되며 이후 효소 글루타민합성효소인 Glutamine synthetase(GS)에 의해 유기태질소 화합물인 glutamine으로 전환되는 것이다.



<그림 3> 식물세포내에서의 질소동화작용 기작(NR : Nitrate reductase, NiR : Nitrite reductase, GS : Glutamine synthetase효소 임)

그러므로 이때 효소활성도가 왕성하여 질소동화작용이 활발히 진행되어 토양으로 흡수되는 질산염을 유기태질소 화합물로 합성해 나가는 경우 작물체에 질산염 가능성은 거의 없겠으나 식물체가 지니고 있는 유전정보 즉 DNA내에 저장되어 있는 잠재적 질소동화능력(Potential N turnover capacity)을 상회하는 다량의 질산태 질소가 식물체내로 흡수되는 경우 작물체에 질산염이 쌓이는 집적현상이 나타나게 된다.

만약 토양중에 다량의 질소원(화학비료 또는 유기질비료)을 사용하여 작물체 뿌리가 자라면서 토양용액중에 녹아 있는 고농도의 질소성분을 흡수하게 되는 경우 작물체의 수량과 질산염 함량이 어떻게 영향하는가를 보여주는 것이 <그림 4>이다. 즉, 작물체의 수량은 시금치의 경우 0-60cm 근권토양의 질소함량이 300kg/ha일 때 최고에 도달하고 이후 근권토양의 질소함량이 400kg/ha 또는 500kg/ha로 증가할 때에 오히려 감소하는 경향을 나타내지만, 시금치의 질산염함량은 근권토양의 질소함량이 300kg/ha일 때 2000ppm수준이던 것이 400kg/ha일 때는 2600ppm수준으로 증가하고 400kg/ha일 때는 3000ppm수준으로 계속 증가하는 경향을 나타낸다는 것이다(Scharpf, 1991).

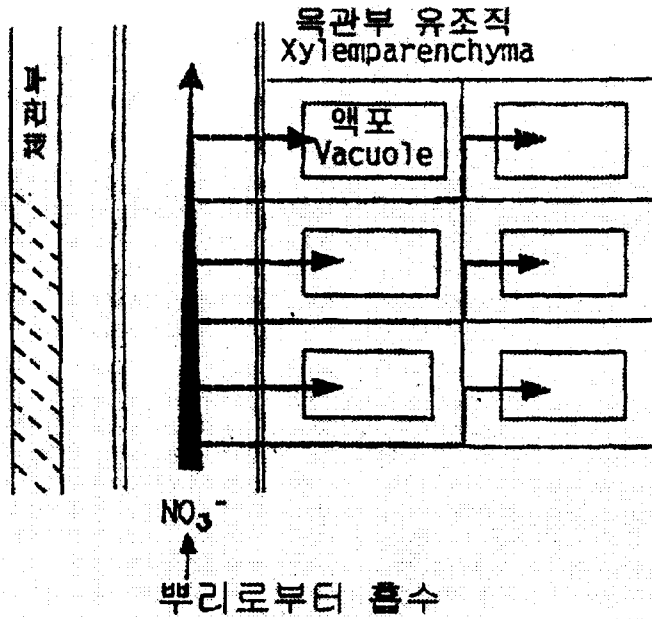


<그림 4> 토양 근권토양중 질소함량이 시금치의 질산염 집적과 수량에 미치는 영향(Scharpf, 1991)

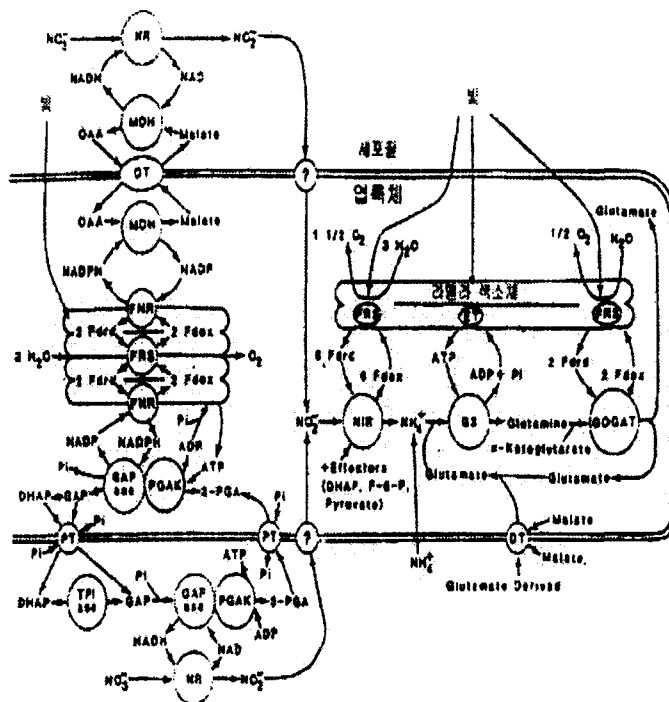
이밖에도 작물체의 질산염집적은 일광의 광도, 온도 및 수분함량에 역상관 관계가 있는 것으로 알려지고 있다(손과 오, 1993; 손 등, 1995).

또한 <그림 5>에서 알 수 있는 바와 같이 뿌리를 통해 토양용액에 녹아 흡수된 질산염은 식물체의 지상부까지 장거리 전류되어 주로 잎에 저장되고 잎 세포내에서도 특히 액포(vacuole)에 저장된다. 잎의 액포는 대개 신생엽에서는 그 크기가 적고 엽령이 증가할수록 커지므로 유엽보다는 완전전개엽(fully developed leaf)과 노엽(senescence leaf)에서 질산염함량이 높다고 볼 수 있다(손과 오, 1993). 따라서 종실체나 과실체의 경우 질산염의 집적현상이 거의 일어나지 않는다.

식물체 엽의 액포와 세포질에 저장되어 있던 질산염은 <그림 6>의 우측에 있는 회로에서 알 수 있는 바와 같이 일광조건하에서 엽록체(chloroplast)내에서 몇가지 환원과정(<그림 3> 참조)을 거쳐 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>로 환원된후 글루타민합성효소인 Glutamine synthetase에 의해 Glutamine으로 합성되었다가 다시 α-Ketoglutarate와 결합하여 Glutamate로 합성 된다.

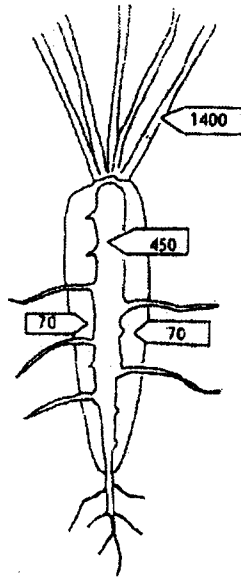


<그림 5> 식물체내에 있어서의 질산염의 장거리 전류와 세포내 저장(Scharpf, 1991)



<그림 6> 식물세포내 질산염의 환원과정과 질소동화작용 및 탄소동화작용

한편 작물체는 부위별로 질산염함량이 크게 차이가 나는 것이 보통이다. 배추의 경우 내부엽 보다는 외부엽에서 높았고 같은 잎에서는 엽신보다 중륵에서 질산염함량이 월등히 높고(손, 1994; 손 등 1995; 손 등, 1996), 내부제1엽에서 아주 낮았던 질산염함량이 외부엽으로 갈수록 서서히 증가하였으며, 엽색이 푸른 최외부엽에서 급격히 증가하여 엽령의 증가와 함께 질산염함량이 증가한다고 한다. 당근의 경우에는 <그림 7>에서 알 수 있는바와 같이 뿌리보다는 지상부 잎에서 질산염함량이 높다고 한다(Scharpf, 1991).



<그림 7> 당근의 부위별 질산염 함량(ppm/F.W.) 차이(Scharpf, 1991)

### Ⅲ. 유기농산물 엽·근채류의 질산염 함량 monitoring

#### 1. 재료 및 방법

중부권내에 산재하는 유기농법, 노지관행농법, 일반시설재배 등 영농방법별로 주요 엽채류 근채류(배추, 상추, 무우 및 일부 케일 포함)를 각각 수확적기에 시료 채취하여 질산염 함량을 분석한 후 이를 질산염 논란이후 국내 각 기관에서 조사분석하여 발표한 타 분석자료 및 외국 자료와 비교 검토하였다.

#### 1) 대상작목

엽채류는 배추, 상추가 근채류로는 무우가 대상작목으로 선택되었으며 부분적으로 일부 케일도 조사되었다.



## 2) 조사농가와 농법

유기농법(유기/자연농법) 실시농가와 노지관행농법, 일반시설재배를 실시하는 농가가 대조농가로 조사되었으며, 1997년 6월부터 1998년 5월까지 1년간 중부권(서울, 경기, 강원, 충남북지역)에서 실시하였다.

## 3) 시료수 및 채취방법

배추, 상추, 무우 수확적기에 각각 100개 시료를 Nitrate reductase의 일일주기성을 고려하여 오전 11시부터 오후 3시사이에 재배농법별로 50개 농가포장 즉 총 150개 농가포장에서 직접 채취하였으며 케일의 경우는 일반시설재배와 유기농법 실시 농가에서만 시료를 채취하였다. 한편 케일시료는 농가포장에서 충분한 시료수를 확보할 수 없어 부득이 40개 시료를 서울시내 백화점 및 대형 슈퍼마켓의 농산물 코너에서 채취하였다.

작목별 시료채취는 배추, 상추, 무우의 경우 <표 1>과 같이 주로 경기 팔당상수원보호구역과 충남북지역에서 이루어 졌다. 케일의 경우 경기, 충남북, 강원지역 농가에서 직접 시료를 채취한 후 모자라는 시료는 서울지역에서 구입하였다. 시료채취 유기독농가의 유기농업/자연농업(이하 유기농법이라 함)의 유기농업 유형별 분포율은 <표 2>와 같다.

<표 1> 작목별 시료 채취지역 분포율(%)

작 목	서 울	경 기	강 원	충 남 북
배 추	-	48	-	52
상 추	-	46	-	54
무 우	-	42	-	58
케 일	40	32	4	26

<표 2> 유기농업/자연농업의 유기농업 유형별 시료 채취 비율(%)

작 목	유 기 농 업	자 연 농 업
배 추	72	28
상 추	86	24
무 우	88	12
케 일	100	-

## 4) 분석방법

질산염함량은 *E. coli* cell를 이용한 질산태질소 분석방법(손 등, 1997)에 따라 다음과 같이 분석하였다.

(1) 시료조제

채취된 시료는 5℃ 내외의 아이스박스에 넣어 실험실로 운반하였으며 즉시 분석 하지 않을 못할 경우에는 -10℃이하로 냉동한 후 분석하였다. 배추, 상추, 무우의 시료는 반으로 자른후 다시 반으로 잘라(즉 4등분 원형) 낸 후, 4등분된 시료의 한면을 약 1cm넓이로 안에서부터 바깥으로 균일하게 잘라 내부엽과 내부엽이 고루 채취되도록 하여 균일성과 대표성을 유지하고자 노력하였다.

(2) 시료용출

4등분되어 균일성있는 채취조제가 끝난 시료는 곱게 빻아 진탕용 병에 10g을 평취한 후 뚜껑을 잘 닫고 증류수 100ml를 가한 다음 1시간동안 진탕하였다가 filterpaper No.2를 이용하여 여과하였다. 이때 처음 여과액 약 5ml 정도는 버리고 이 후의 여과액을 약 20ml를 모아 분석용 시료여과액으로 사용하였다.

(3) 분석 방법

25ppm NO<sub>3</sub>-N 표준용액을 시험관에 순서대로 0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3ml를 넣고 여기에 다시 1.9, 1.85, 1.8, 1.75, 1.7ml의 formate buffer를 가하므로써 각각 0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3ppm의 표준용액을 만들고 새로운 시험관에 분석용시료 여과액 0.2ml를 넣은 후 1.7ml의 formate buffer를 가하였다. 표준용액 및 시료가 담긴 시험관을 37℃ 항온수조에 넣고 여기에 표준용액부터 순서대로 0.1ml의 *E. coli* cell 보관모액을 가하고 voltex mixer로 혼합하며 N<sub>2</sub> gas를 주입하였다. 30초간 주입 후 고무마개로 시험관을 막고 20분간 37℃를 계속 유지한 후 20분 후 다시 시험관에 2ml의 nitrite test solution을 30초간격으로 주입함으로써 반응을 멈추게 하였다. 반응이 끝나면 25ml volumetric flask에 담아 희석하였으며 이 때 시험관 내에 잔여액이 남지 않도록 증류수로 행구어 담고 눈금까지 채워 Spectrophotometer를 이용하여 540nm에서 흡광계수를 읽음으로서 표준용액 대비 시료의 질산염농도를 측정하였다.

(4) 계산 방법

시료의 흡광계수와 표준용액의 흡광계수를 읽은 후 다음과 같은 수식에 의해 시료의 질산염 농도를 계산하였다.

$$NO_3-N \text{ mg/} \ell = \frac{\Delta E \times \text{용출액량} \times 100}{\epsilon \times Wt \times \text{시료추출액}}$$

$$NO_3 \text{ mg/} \ell = \text{mg/} \ell \text{ NO}_3\text{-N} \times 4.43$$

- <Regend> ΔE : 시료의 흡광계수  
 ε : Standards의 흡광계수  
 Wt : 시료 무게

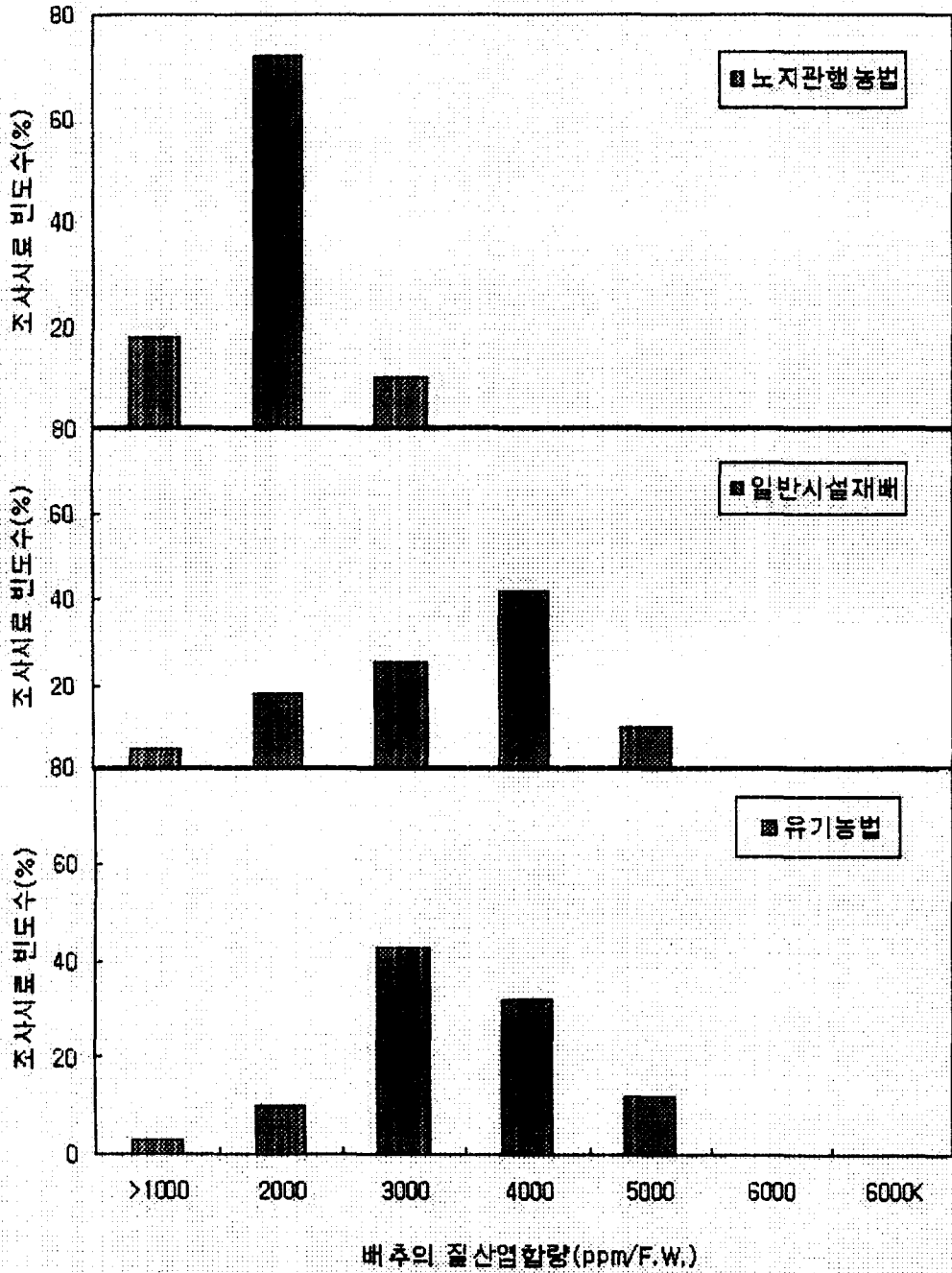
## 2. 유기농산물 업·근채류의 질산염 함량 Monitoring

우리나라의 대표적인 업채류인 배추의 재배농법별 질산염함량 분포와 평균을 나타낸 것이 <그림 8>과 <표 3>이다. 일반시설재배에서 관행농법적으로 생산된 배추의 질산염 함량분포는 848-4870ppm이었고, 평균 질산염함량은 3181ppm, 최대빈도수는 3000-4000ppm 사이에서 42%에 이르렀다. 한편 유기농법에 의해 생산된 배추의 질산염함량 분포는 690-4200ppm, 평균 질산염함량은 2583ppm, 최대빈도수는 2000-3000ppm 사이에서 43%나 되어 일반시설재배에 비해 조금 낮은 경향을 보여 주었다. 그러나 노지관행농법은 질산염함량분포 685-3950ppm, 평균함량 1655ppm, 1000-2000ppm에서의 최대빈도수 72%에 비해서는 유기농법 상추의 질산염함량이 아직도 상당히 높은 수준을 나타내었다.

1998년도 현재 배추내 질산염함량은 최소치 및 최대치가 노지관행농법 685-2950ppm, 일반시설재배 848-4870ppm, 유기농법 69-4200ppm으로 채소의 고질산염 문제가 제기된 후 크게 사회적 이슈로 떠올랐던 1994년의 소비자문제를 연구하는 시민의 모임(소시모)의 발표치(<표 8> 참조) 1847-6955ppm, 식품의약품안전본부(한국FDA)의 조사치 1375-5053ppm 그리고 1995년의 소시모 발표치 1100-6600ppm, 한국FDA의 조사치 59-4155ppm 보다 최고치 및 함량분포가 상당히 낮아지고 있는 경향임을 알 수 있었다.

현재의 이같은 배추의 질산염함량 분포는 오스트리아의 배추 질산염 허용기준치 2500ppm (Scharpf, 1991; 손, 1994<sub>2</sub>, 1995<sub>1</sub>, 1995<sub>2</sub>)과 비교해 볼 때 <그림 8>에서 알 수 있는 바와 같이 일반시설재배 배추의 경우 최소한 52%가 초과되었고 유기농법 배추의 경우 최소한 44%가 초과되는 것으로 밝혀져 아직도 유기농법 배추의 질산염문제가 심각한 상태임을 알 수 있었다.

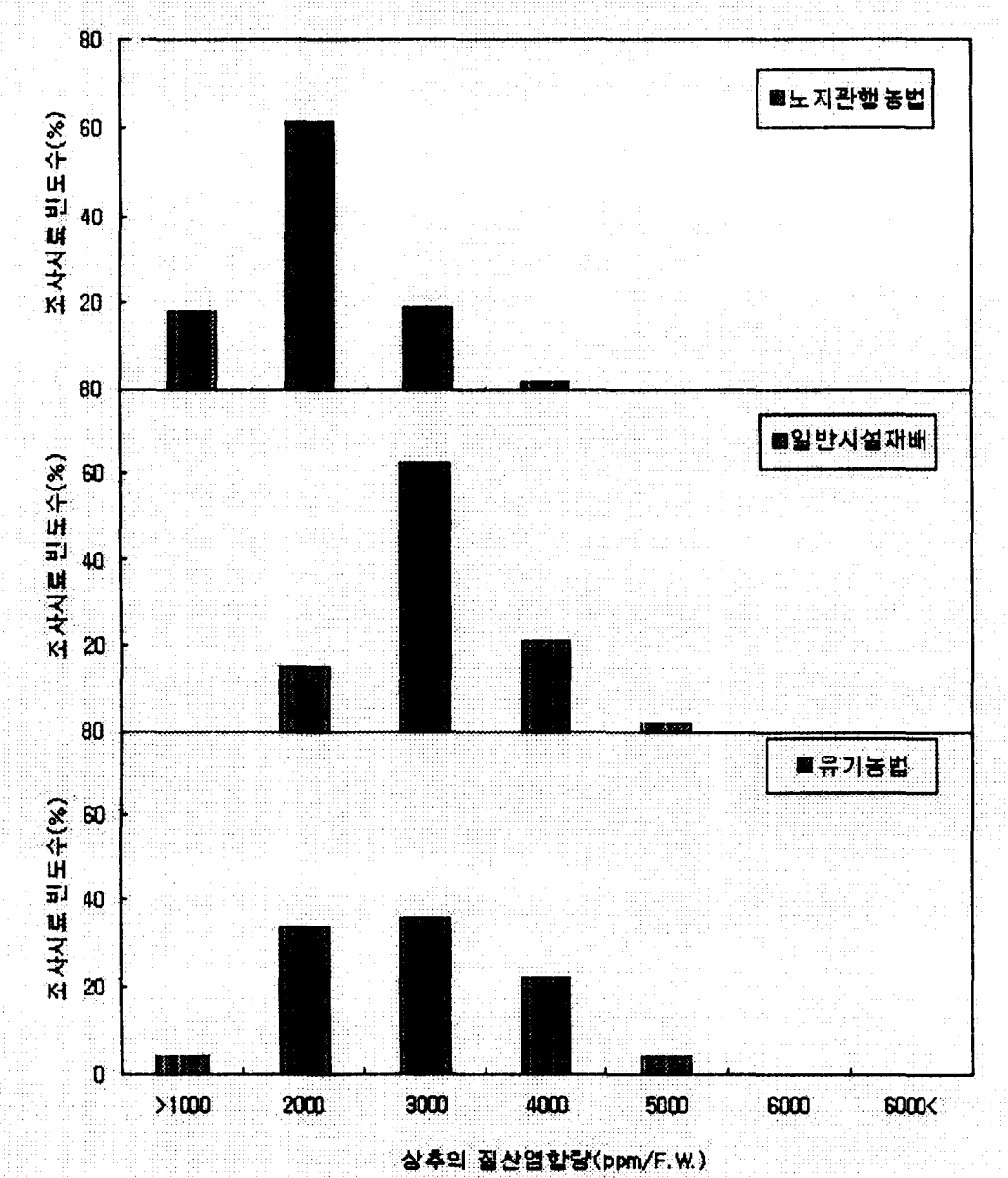
한편 재배농법별로 배추의 monitoring를 시작했던 1996년의 결과치(<표 11> 참조)와 비교해볼 때 노지관행농업 및 일반시설재배와는 달리 유기농업 배추의 질산염 함량분포와 평균치가 크게 낮아지고 있음을 알 수 있었다. 질산염함량 분포와 평균치는 노지관행농법의 경우 1996년 430-3410ppm과 1586ppm, 1998년 685-2950ppm과 1655ppm, 일반시설재배의 경우에도 1996년 904-4631ppm과 3077ppm, 1998년 848-4870ppm과 3181ppm으로 평균치가 각각 약간 높아져 가는 추세를 나타냈다. 그러나 유기농법 배추의 경우 질산염 함량분포와 평균치가 1996년 2135-4742ppm과 3224ppm에 비해 1998년 690-4200ppm 및 2588ppm을 나타내 질산염의 함량분포 즉 최소치와 최대치 뿐만 아니라 평균치도 크게 저감되어지고 있음을 나타냈다. 이는 무엇보다 유기농가들의 질산염 저감을 위한 퇴비 저투입 영농 노력의 결과라고 해석된다.



<그림 8> 조사농가의 배추내 질산염 함량수준 분포의 빈도수(%)

<표 3> 조사농가의 배추내 질산염의 최대, 최소 및 평균 함량(ppm/f.w.)

재배농법별 구분	최소치 ~ 최대치	평균 함량
노지관행농법	685 ~ 2950	1655
일반시설재배	848 ~ 4870	3181
유기농법(유기/자연농업)	690 ~ 4200	2588



<그림 9> 조사농가의 상추내 질산염 함량수준 분포의 빈도수(%)

한편 <그림 9>와 <표 4>는 우리나라의 대표적인 쌈용 엽채류인 상추의 재배농법별 질산염 함량 분포와 평균을 나타낸 것이다. 일반시설재배에서 생산된 상추의 질산염 함량은 1350-4450ppm이었으나 평균 질산염함량은 2678ppm, 최대빈도수는 2000-3000ppm 사이에서 62%나 되었다. 한편 유기농법으로 생산된 상추의 질산염 함량은 450-4100ppm이었고 평균 질산염함량은 2232ppm이었으며 1000-2000ppm과 2000-3000ppm 사이의 최대빈도수는 각각 34%, 36%이었다. 전체적으로 유기농법으로 재배된 상추의 질산염함량은 배추에서와 같이 일반시설재배에 비해 조금 낮은 경향을 보여 주었다. 그러나 노지관행농법은 질산염함량분포 480-2990ppm, 평균함량 1662ppm, 1000-2000ppm에서의 최대빈도수 61%에 비해서는 유기농법 상추의 질산염함량이 아직도 상당히 높은 수준을 나타내었다.

<표 4>에서 알 수 있는바와 같이 1998년 현재의 상추에 함유되어 있는 질산염함량도 최소치 및 최대치가 노지관행농법 480-2990ppm, 일반시설재배 1350-4450ppm, 유기농법 450-4100ppm으로 1994년의 소시모 발표치(<표 8> 참조) 849-4500ppm, 1995년의 소시모 발표치(<표 9> 참조) 1800-5200ppm, 한국FDA 80-4813보다 부분적으로 낮아지고 있음을 알 수 있었다.

현재의 이같은 상추의 질산염 함량 분포는 독일, 네델란드(여름), 오스트리아(여름)의 질산염 허용기준치 3000ppm(Scharpf, 1991; 손, 1994<sub>2</sub>, 1995<sub>1</sub>, 1995<sub>2</sub>)과 비교해 볼 때 <그림 9>에서 알 수 있는 바와 같이 일반시설재배는 최소한 2%, 유기농법은 최소한 4%정도가 초과 되는 것으로 밝혀져 유기농법 상추의 질산염문제가 배추처럼 심각한 상태는 아니라는 사실을 알 수 있었다.

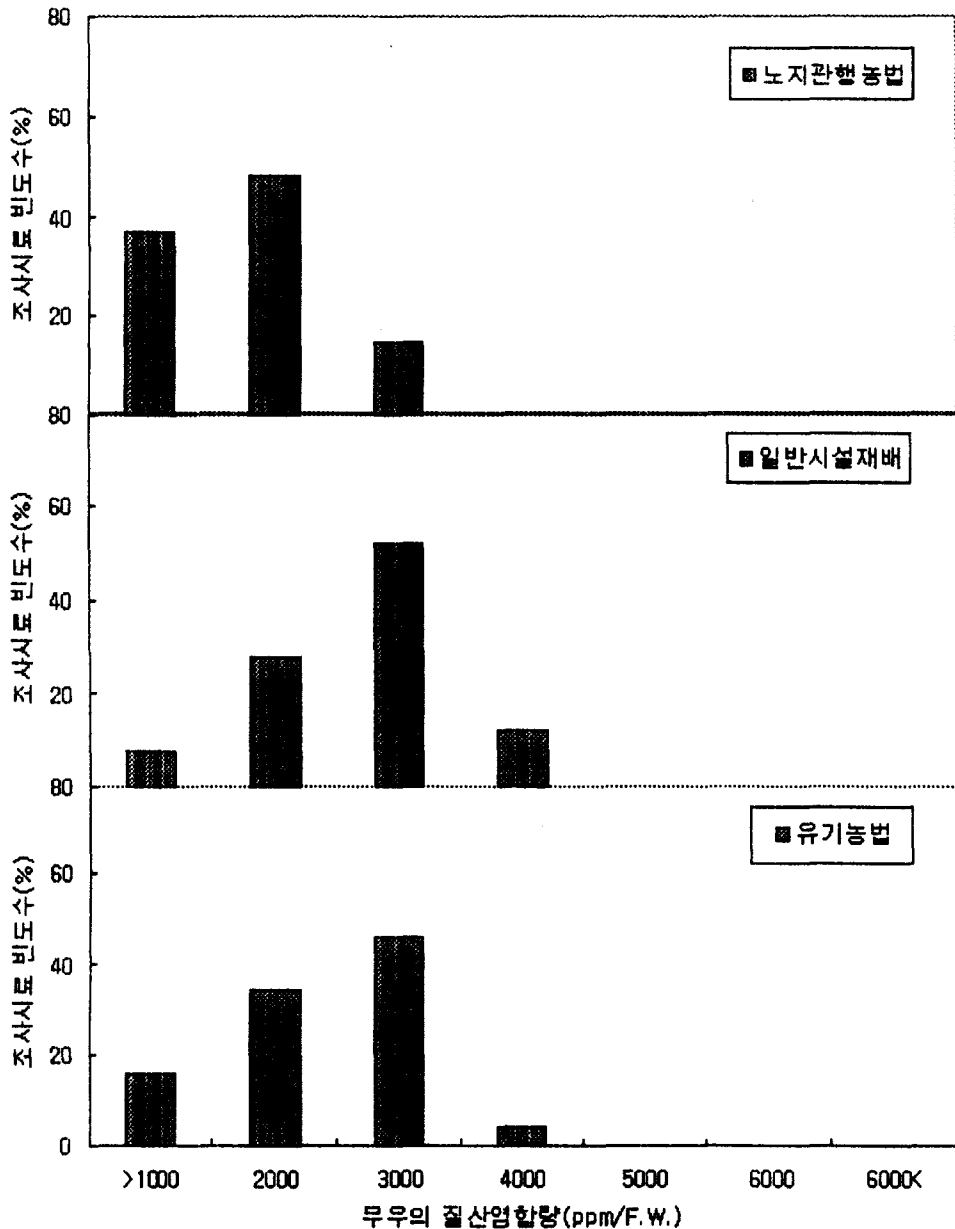
한편 재배농법별로 상추내 질산염함량을 1998년도와 1996년도를 비교해보면 1996년과 1998년도간 함량분포 및 평균치가 노지관행농법과 일반시설재배의 경우에는 별다른 차이를 보이지 않았으나 유기농법 채소의 경우에는 1998년도의 함량분포 450-4100ppm, 평균치 2232ppm은 1996년의 함량분포 679-4680ppm, 평균치 679-4680ppm에 비해 뚜렷이 낮아진 상태를 보여주었다(<표 4>와 <표 11> 참조). 이는 한국유기농업 독농가들이 채소 고질산염을 회피하기 위해 적극적인 퇴비 저투입 등의 조치를 취하고 있었던 결과라고 판단되었다.

<표 4> 조사농가의 상추내 질산염의 최대, 최소 및 평균 함량(ppm/f.w.)

재배농법별 구분	최소치 ~ 최대치	평균함량
노지 관행 농법	480 ~ 2990	1662
일반 시설 재배	1350 ~ 4450	2678
유기농법(유기/자연농업)	450 ~ 4100	2232

<그림 10>과 <표 5>는 대표적인 근채류인 무우의 재배농법별 질산염 함량분포와 평균질산염 함량을 나타낸 것이다. 일반시설재배에서 생산된 무우의 질산염 함량은 대개 890-3340ppm 범위였으나 평균 질산염함량은 2206ppm, 최대빈도수는 2000-3000ppm 사이에서 무려 52%나 되었다. 한편 유기농법으로 생산된 무우의 질산염 함량분포는 530-3150ppm 범위였었고 평균 질산염함량은 2047ppm이었으며 1000-2000ppm과 2000-3000ppm 사이의 최대빈도수는 각각 34%,

46%이었다. 전체적으로 유기농법으로 재배된 무우의 질산염함량은 배추, 상추에서와 같이 일반시설재배에 비해 조금 낮은 경향을 보여 주었다. 그러나 노지관행농법은 질산염함량분포 570-2890ppm, 평균함량 1584ppm, 1000-2000ppm에서의 최대빈도수 48%에 비해서는 유기농법 무우의 질산염함량이 아직도 상당히 높은 수준을 나타내었다.



<그림 10> 조사농가의 무우내 질산염 함량수준 분포의 빈도수(%)

현재의 이같은 무우의 질산염 함량 분포는 독일의 질산염허용기준치 3000ppm(Scharpf, 1991 ; 손, 1994<sub>2</sub>, 1995<sub>1</sub>, 1995<sub>2</sub>)과 비교하면 <그림 10>에서 알수 있는 바와 같이 일반시설재배와 유기농법에서 생산된 무우중 질산염함량이 문제되는 무우가 일부 발견될 가능성을 배제할 수 없겠으나 오스트리아의 겨울철 질산염 허용기준치인 4500ppm과 비교할 경우 문제가 되는 고질산염 무우는 전혀 없는 것으로 밝혀졌다(단, 오스트리아의 여름철 질산염 허용기준치는 3500ppm임).

한편 연도별 재배농법별로 무우 질산염함량을 비교해보면 1997년과 1998년동안 함량분포는 일반농법 즉 관행농업(노지와 시설포함)뿐만 아니라 유기농업의 경우에도 별다른 차이를 보이지 않았고 평균치는 유기농법 채소에서 1997년 1546ppm에 비해 1998년도 2047ppm으로 오히려 조금 높아졌음을 알 수 있었다(<표 5>와 <표 12> 참조).

이는 그동안 학계나 유기농업계에서 엽채류에 대한 고질산염함량의 저감은 강조되어 왔으나 근채류에 대한 고질산염함량의 저감에 대해서는 상대적으로 소홀히 다루어 왔었기 때문이 아니었나 사료된다. 유기농업의 경우에도 과도한 퇴비사용은 엽근채류를 불문하고 작물체에 대한 가급태질소 흡수를 많게 하므로 회피하여야 함을 유기독농가들에게 다시 강조하여 주지시킬 필요가 있음을 알 수 있다.

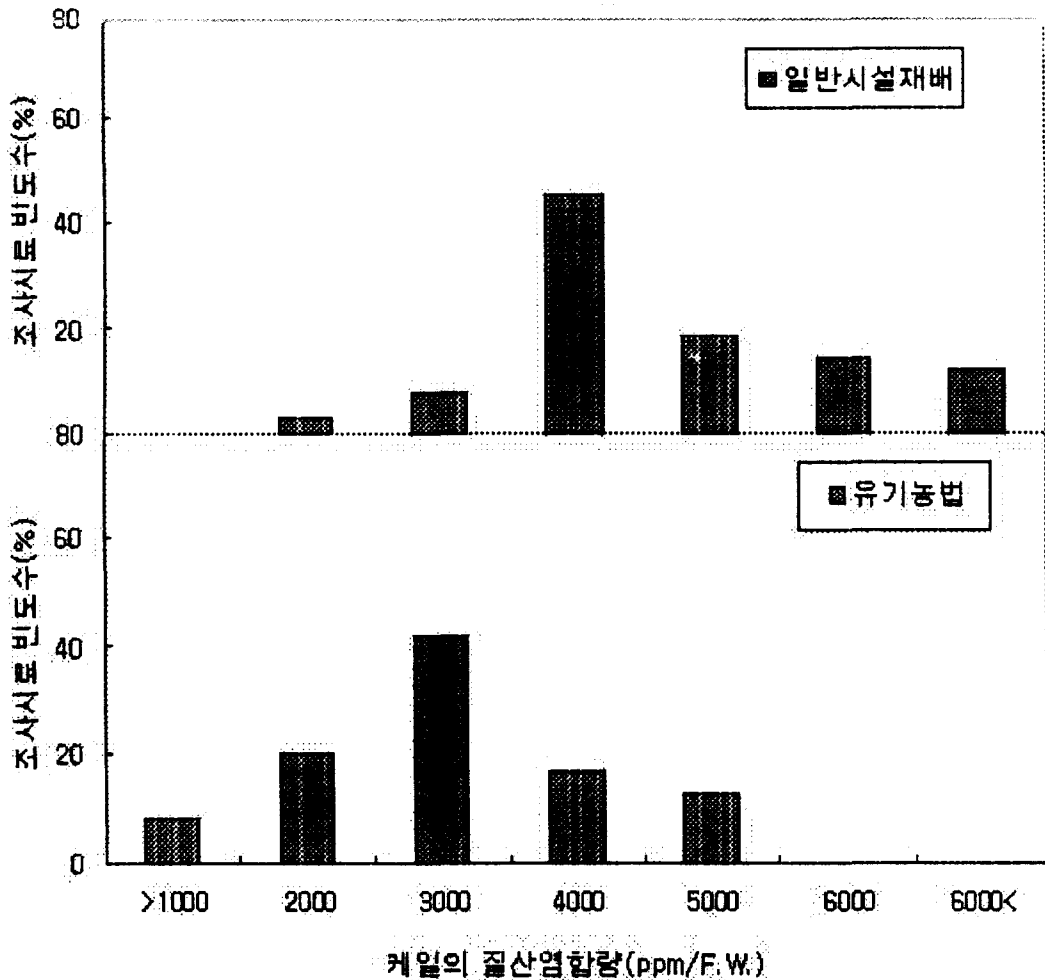
<표 5> 조사농가의 무우내 질산염의 최대, 최소 및 평균 함량(ppm/f.w.)

재배농법별 구분	최소치 ~ 최대치	평균함량
노지 관행농법	570 ~ 2890	1584
일반시설재배	890 ~ 3340	2206
유기농법(유기/자연농업)	530 ~ 3150	2047

한편 <그림 11>은 녹즙과 쌈용으로 최근 인기가 있는 케일의 재배농법별 질산염함량 분포와 평균을 나타낸 것이다. 일반시설재배에서 생산된 케일의 질산염 함량은 1890-6870ppm 범위였으나 평균 질산염함량은 3421ppm, 최대빈도수는 3000-4000ppm 사이에서 45%나 되었다. 한편 유기농법으로 생산된 케일의 질산염 함량은 790-4770ppm 범위이었고 평균 질산염함량은 2047ppm이었으며 2000-3000ppm 사이의 최대빈도수는 42%였다. 전체적으로 유기농법으로 재배된 케일의 질산염함량은 배추, 상추, 무우보다 일반시설재배에 비해 상당히 낮은 경향을 보여 주었다. 그러나 노지관행농법에서의 케일의 질산염함량은 노지재배농가가 많지 않아 적절한 수의 시료채취가 불가능하여 monitoring대상에서 제외되었다.

과거의 케일내 질산염함량수준과 1998년도의 monitoring 결과치를 비교하면 케일의 경우 다른 채소에 비해 월등히 질산염 저감의 경향을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 최초로 농법별 케일의 질산염함량이 발표된 소시모 자료(1997)에 의하면 1997년의 일반농법 케일의 질산염 함량분포(<표 13> 참조) 3681-6320ppm, 평균치 5001ppm이었으나 1998년 본 monitoring 조사치(<표 6> 참조)는 일반시설재배에서 질산염 함량분포 1890-6870ppm, 평균치 3421ppm, 유기농법에서 질산염 함량분포 790-4770ppm, 평균치 2047ppm으로 낮아졌음을 알 수 있었다.





<그림 11> 조사농가의 케일내 질산염 함량수준 분포(%)  
 (단, 관행농법 재배 케일은 충분한 시료를 확보할 수 없어 조사대상에서 제외되었음)

<표 6> 조사농가의 케일내 질산염의 최대, 최소 및 평균 함량(ppm/F.W.)

재배농법별 구분	최소치 ~ 최대치	평균 함량
일반시설재배	1890 ~ 6870	3421
유기농법(유기/자연농업)	790 ~ 4770	2047

## IV. 우리나라 엽·근채류 질산염함량의 경시적 변이

### 1. 채소의 고질산염 함량 문제 제기 초기

#### 1) 1993년도의 분석 결과치

우리나라에서 질소시비와 질산염에 관한 문헌이 발표된 것은 1990년 손(1990)에 의해서 이다. 초기에는 재배방법별로 질산염함량을 monitoring하지 않았는데 이는 재배방법별로 조사분석한 결과가 외국 학계에 보고된 자료 즉 유기농산물의 질산염함량이 관행농산물보다 낮다는 보고와 정반대의 결과를 보이고 있었기 때문이었다. 그러다가 한가지 채소에 대해 재배지역별로 질산염함량의 monitoring이 보고된 것은 1993년 손(1993)에 의해서 이다.

문헌과 자료에 보고에 나타난 우리나라 배추, 상추, 무, 케일의 질산염함량을 연도별로 살펴 보면 1993년도의 경우 <표 7>에서 알 수 있는바와 같이 일반관행농법 및 유기농법 재배 상추의 질산염 함량은 807-3192ppm이었으며 평균 질산염함량은 2128ppm이었다(손, 1993). 이는 1998년도 본 monitoring 연구사업 결과치인 노지관행농법의 상추의 480-2990ppm수준에 비해 높고 평균 질산염 함량 역시 1662ppm에 비해 높았음을 알 수 있었다.

<표 7> 1993년도 재배지역별 적상추의 질산염함량(손과 오, 1993)

재 배 지 역	질산염함량 (ppm/F.W.)
충 남 천 안	807
경 기 양 평	1114
경 기 하 남	2774
경 기 의 왕	2755
경 기 구 리	3192
평 균	2128

#### 2) 1994년도의 분석결과치

<표 8>은 1997년도에 발표된 1994-1997년까지의 소시모와 한국FDA와의 채소 질산염함량에 대한 분석차이를 보여주는 정부자료의 일부이다(보건복지부, 1997).

1994년도의 경우 배추의 평균 질산염함량은 소시모 1847-6955ppm(예상평균치 4401ppm), 한국FDA 1375-5053ppm(예상평균치 3394ppm)으로 소시모의 분석치가 약간 높은 경향이었고 상추의 질산염함량은 849-4500ppm(예상평균치 2675ppm)이었다. 이는 1998년도 본 monitoring 연구사업 결과치인 배추의 평균 질산염함량 1655ppm, 상추의 평균 질산염함량 1662ppm과 비교해 볼 때 소시모와 한국FDA의 질산염함량 모두 배추, 상추에서 각각 상당히 높은 수준이었음을 알 수 있었다.

그러나 무우의 경우는 현재의 평균함량 1584ppm과 당시의 최소치-최대치인 1005-2242ppm(예상평균치 1624ppm)과 비교해 볼 때 별 차이가 없음을 알 수 있었다.

&lt;표 8&gt; 1994년도 우리나라 채소류중 질산염 함량 조사현황(보건복지부, 1997)\*

채소류	조 사 기 관	시료수	최소치 ~ 최대치(ppm/F.W.)
배 추	소비자문제를 연구하는 시민의 모임	5	1847 ~ 6955
	식품의약품안전본부	7	1375 ~ 5053
상 추	소비자문제를 연구하는 시민의 모임	5	849 ~ 4500
	식품의약품안전본부	-	-
무 우	소비자문제를 연구하는 시민의 모임	-	-
	식품의약품안전본부	7	1005 ~ 2242

\* 1997년 보건복지부 설명자료.

## 3) 1995년도의 분석결과치

<표 9> 역시 1997년도에 발표된 1994-1997년까지의 소시모와 한국FDA의 채소 질산염함량에 대한 분석차이를 보여주는 정부자료에서 발췌한 것이다(보건복지부, 1997).

1995년도의 monitoring결과치를 보아도 배추의 질산염 함량은 소시모 1100-6600ppm(예상평균치 3850ppm), 한국FDA 59-4155ppm(예상평균치 2107ppm)으로 각각 1998년도의 본 연구 monitoring결과치인 1655ppm보다 두 기관 모두의 monitoring결과치가 상당히 높은 수준이었음을 알 수 있었다. 한편 상추의 질산염 함량은 소시모 1800-5200ppm(예상평균치 3500ppm), 한국FDA 80-4813ppm(예상평균치 2447ppm)으로 각각 1998년도의 본 연구 monitoring결과치인 1662ppm보다 두 기관 모두의 monitoring결과치가 상당히 높은 수준이었음을 알 수 있었다. 즉 1998년에 비해 1995년도의 배추, 상추내 평균 질산염함량수준은 각각 2.33배, 1.27배 높았다고 볼 수 있다.

그러나 한국FDA가 발표한 무우의 질산염함량은 625-3290ppm(예상평균치 1958ppm)으로 1994년도의 한국FDA 발표치 1005-2242ppm(예상평균치 1623ppm)에 비해 높았고 1998년도의 본 연구 monitoring결과치 1584ppm과 비교하여도 비교적 높은 수준(약 24%)이었다.

&lt;표 9&gt; 1995년도 우리나라 채소류중 질산염 함량 조사현황(보건복지부, 1997)\*

채 소 류	조 사 기 관	시료수	최소치 ~ 최대치(ppm/F.W.)
배 추	소비자문제를 연구하는 시민의 모임	14	1100 ~ 6600
	식품의약품안전본부	18	59 ~ 4155
상 추	소비자문제를 연구하는 시민의 모임	11	1800 ~ 5200
	식품의약품안전본부	18	80 ~ 4813
무 우	소비자문제를 연구하는 시민의 모임	-	-
	식품의약품안전본부	18	625 ~ 3290

\* 1997년 보건복지부 설명자료.

## 2. 재배농법별 채소의 질산염함량 monitoring 실시기

### 1) 1994년도의 분석결과치

우리나라에서 재배농법별로 채소의 질산염함량이 비교되기 시작한 것은 1994년 단국대 환경농업연구소에 의해 배추, 상추, 케일의 질산염함량이 재배농법별로 크게 차이가 난다는 것이 유기농업학회지(손, 1994)에 발표된 것이 처음이다.

<표 10>에서 보는바와 같이 1996년 역시 유기농법 채소의 질산염함량이 일반관행농법 채소에 비해 크게 높았을 뿐만 아니라 염류집적이 가장 심하다고 우려해왔었던 시설내에서 재배된 시설채소보다도 오히려 높아 유기농산물이 안전농산물이라는 인식과는 고질산염 함량 측면에서 보았을 때 정 반대의 결과를 나타냈었다. 열같이 배추와 케일의 경우를 보면 일반 유기농산물이 관행농산물에 비해 질산염함량이 낮으나 상추를 포함한 모든 엽채류에서 품질인증 유기농산물은 일반 유기농산물보다 많았고 관행농산물에 비해서도 월등히 높은 것으로 나타났었다.

이로 인한 크나큰 충격이 유기농업계에 큰 파문을 일으켰을 뿐만 아니라 질산염의 인축위해성에 대한 논쟁으로 까지 발전해 이에 대한 찬반토론이 거의 이후 2-3년동안 끊이지 않았었다. 그러다가 정부의 질산염 기준 설정의 의지가 농림부에서 표명되고, 1997년 농특기획과제로 “채소의 질산염 기준 설정에 관한 연구”가 공모되면서 이제는 유기독농가가 채소의 질산염함량을 줄이기 위해 노력하는 분위기로 일단 돌아섰다.

특히 일반 유기농산물보다 품질인증 유기농산물에서의 질산염함량이 크게 높았던 것은 당시까지만 해도 유기농산물로 품질인증을 받기가 쉽지 않아 선도적으로 유기농업을 주도해온 유기독농가만이 품질인증을 받을 수 있었고, “유기질비료를 많이 사용하면 많이 사용할수록 좋다”는 다다익선적 믿음이 유기농업계에 팽배해 있었기 때문이었다. 그러나 IFOAM기본규약(1996)에 보더라도 유기질비료 과다사용으로 농산물의 질산염함량이 높아질 수 있음에 유의해야 한다고 명시되어 있음을 보더라도 당시의 한국유기농업계가 유기질비료에 지나친 맹신을 갖고 있었음을 알 수 있다(손과 김, 1995; 손과 정, 1997). 그러나 이같은 과다 유기질비료 투입 경향은 채소의 고질산염 파동을 거치면서 유기농업계에서 점차 사라지고 적정량을 사용하는 쪽으로 변화하는 계기가 되었다.

유기채소의 고질산염 문제는 한 때 유기농업계에 큰 타격을 주었으나 이후 퇴비사용량이 크게 줄어드는 계기가 되었고 무엇보다 한국유기농업의 과학화가 진행되는 촉매제가 되었음은 부인할 수 없다고 본다.

그때까지만 해도 유기농업계에서는 퇴비는 화학비료와는 달리 많이 사용하면 많이 사용할수록 좋다는 다다익선적 인식이 팽배해 있었는데 이 논문이 발표되면서 퇴비도 알맞게 적정량을 사용하여야 한다는 쪽으로 서서히 유기독농가들의 유기농업관이 바뀌는 계기가 되었고 퇴비 추천사용량도 이후 다다익선에서 8t/10a로 하향조정되었다가 다시 5t/10a 그리고 최근에는 2t/10a로 낮추어지게 되었기 때문이다.

<표 10> 1994년도 관행농산물과 품질인증 및 일반유기농산물의 채소종류별 질산염 함량(손, 1994)

재배농법	엽신 (ppm/F.W.)	중록 (ppm/F.W.)
	얼갈이 배추	
품질인증 유기농산물	3186 - 5338	5989 - 6955
일반 유기농산물	1847	3056
관행농산물	3279	5542
	상추	
품질인증 유기농산물	849 -1891	2778 - 4500
일반 유기농산물	1545	3558
관행농산물	1454	3542
	케일	
품질인증 유기농산물	3203 -4824	5863 -8960
일반 유기농산물	1542	6064
관행농산물	3470	6840

2) 1996년도의 분석결과치

1996년 단국대 환경농업연구실은 다시 팔당상수원보호구역 등을 중심으로 한 집단적 유기농업 작목반을 시료채취 대상으로 삼아 인근의 관행농법과 비교하여 재배농법별로 채소의 질산염 함량이 비교 하였었다. 이번 조사보고에서도 역시 배추, 상추의 질산염함량이 재배농법별로 크게 차이가 난다는 것이 유기농업학회지(손 등, 1996<sub>1</sub>)와 대산논총(손 등, 1996<sub>2</sub>)에 발표되었다.

<표 11>에서 보는바와 같이 1996년 역시 유기농법 채소의 질산염함량이 일반관행농법 채소에 비해 크게 높았을 뿐만 아니라 염류집적이 가장 심하다고 우려해왔었던 시설내에서 재배된 시설채소보다도 오히려 높았다는 사실이 밝혀 졌었다.

Table 11. NO<sub>3</sub><sup>-</sup> accumulation in chinese cabbage and lettuce by the different farming methods in Kyunggi and Chungnam province of summer 1996(Sohn et al, 19961 ; Sohn et al, 19962)

Crop	Farming method	Range of NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> content (ppm/F.W.)	Average content (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ppm/F.W.)
Chinese cabbage	Conventional farming	430~3410	1586
	Greenhouse cultivation	904~4631	3077
	Organic farming	2135~4742	3224
Lettuce	Conventional farming	472~2455	1537
	Greenhouse cultivation	1608~3452	2455
	Organic farming	679~4680	2543

배추의 경우 유기농법으로 재배한 배추의 질산염함량이 2135-4742ppm으로 관행농법 배추의 질산염함량 430-3410ppm보다 크게 높았을 뿐 아니라 시설재배에서 재배한 배추의 질산염함량 904-4641ppm보다도 높았었다. 상추의 경우에도 이와 비슷한 경향을 보여 유기농법 상추(670ppm)가

관행농법 상추(472-2455ppm)에 비해 월등히 높은 질산염함량수준을 나타냈다.

배추와 상추의 평균 질산염함량 수준에서 이같은 사실은 더욱 분명해져 배추의 경우 유기농법 3224ppm > 시설재배 3077ppm > 관행농법 1586ppm 순으로 높았고, 상추의 경우 유기농법 2543ppm > 시설재배 2455ppm > 관행농법 1537ppm 순으로 높았었다. 한편 유기농법으로 재배한 엽채류의 평균 질산염함량은 배추의 경우 노지관행농법 배추에 비해서는 2.03배나 높았으며, 상추의 경우 유기농법으로 재배한 상추가 관행농법으로 재배한 상추에 비해 1.65배나 높은 수준을 나타냈었다.

1996년도의 이같은 채소의 고질산염함량은 1998년도의 본 monitoring 결과치인 유기농법 배추 2588ppm 및 상추 2232ppm과 비교할 때 배추는 25%, 상추는 14%나 높았으나, 노지관행농법 및 시설재배 배추와 상추는 약간 높았던 것으로 파악되었다.

당시에 상기 논문내용(손 등, 1996<sub>1</sub>; 손 등, 1996<sub>2</sub>)이 발표되면서 비료/농약을 사용하는 관행농업과는 달리 농약을 사용하지 않고 퇴비만을 사용하는 유기농업만은 안전농산물을 소비자들에게 생산 공급한다고 스스로 자긍심을 가지고 있었던 우리나라 유기농가, 특히 팔당상수원지역 유기농가와 농협 및 서울시 관계자들에게 커다란 충격을 주었다.

### 3) 1997년도의 분석결과치

1997년에 이르러서 유기농업으로 재배된 채소에서 높았던 질산염함량이 점차 낮아지면서 이러한 상황이 바뀌기 시작하였다(<표 12> 참조).

한국FDA의 분석자료(보건복지부, 1997)에 의하면 즉 유기농법으로 재배한 채소의 질산염함량이 일반농법으로 재배한 채소에 비해 낮았다고 한다. 배추의 경우 일반농법 1626ppm에 비해 유기농법 1320ppm이었고, 상추는 일반농법 2433ppm에 비해 유기농법 2325ppm, 무우는 일반농법 1822ppm에 비해 유기농법 1546ppm으로 각각 유기농법 채소가 일반농법 채소에 비해 조금씩 평균 질산염함량이 낮았다. 재배농법별로 살펴보면 유기농법 배추는 1996년 3224ppm에 비해 1320ppm으로 반이하로 크게 줄었고 상추는 2543ppm에서 2325ppm으로 저감된 것을 알 수 있다.

<표 12> 1997년도 채소류의 질산이온 함량(보건복지부, 1997)\*

재배농법	작목	시료수	최소치 ~ 최대치 (ppm/F.W.)	평균 질산염함량 (ppm/F.W.)
일반농법	배추	54	220 ~ 3217	1626
	상추	54	614 ~ 4157	2433
	무우	54	651 ~ 3255	1822
유기농법	배추	54	253 ~ 2411	1320
	상추	54	535 ~ 3847	2325
	무우	54	312 ~ 3235	1546

\* 상기 분석은 식품의약품안전본부가 실시한 채소류 질산염함량 monitoring 결과임.

그런데 한가지 보건복지부에서 분석한 일반농법 시료가 시설재배에서 온 시료인지 노지관행 농법에서 온 시료인지가 명확치 않다는 사실은 있다. 다만 여기에서 일반농법의 시료와 시설재배 채소가 혼합되었다고 유추 해석한다면 1996년과 1997년도의 monitoring결과치가 차이가 없다고 할 수 있고, 만일 시설재배 채소가 분석시료로 사용되었다면 1996년에 비해 배추는 3077ppm에서 1626ppm, 상추는 2455ppm에서 2433ppm으로 저감되었다고 볼 수 있겠다.

한편 <표 13>은 1997년 국립농산물검사가 소시모의 의뢰에 의해 분석한 채소의 질산염함량(소비자문제를 연구하는 시민의 모임, 1997)을 채소별 재배농법별로 보여 주고 있다.

특히 재배농법별 평균질산염함량을 나타내고 있는 케일의 경우 평균질산염함량이 일반농법 5001ppm에 비해 유기농법 3503ppm으로 역시 유기농법에 의한 채소재배가 일반농법에 비해 질산염 저감에 효과적이었음을 보여주고 있다. 1998년도 본 monitoring연구조사 결과에서도 케일의 평균 질산염함량이 일반노지재배 3421ppm, 유기농법 2047ppm으로 나타나고 있어 최근 들어 유기농법 케일의 질산염함량 수준이 크게 개선되고 있음을 알 수 있었다.

이같은 유기농법 채소의 질산염함량 저감은 Sohn(1997)의 지적대로 채소의 고질산염문제를 의식한 유기독농가의 퇴비사용량 저투입에 기인하는 것으로 대단히 바람직한 현상으로 평가된다.

<표 13> 1997년도 재배농법별 엽채류 질산염함량 검사결과(소비자문제를 연구하는 시민의 모임, 1997)\*

작 목	재배농법	최소치 ~ 최대치 (ppm/F.W.)	평균 질산염함량 (ppm/F.W.)
배 추	일반농법	690 ~ 2393	1534
	유기농법	1423 ~ 3519	2537
케 일	일반농법	3681 ~ 6320	5001
	유기농법	2995 ~ 4010	3503

\* 소시모의 의뢰에 의해 국립농산물검사가 분석한 결과임(97.5-8)

#### 4) 1998년도의 분석결과치

금년에 본 연구와 함께 실시한 농업과학기술원의 질산염함량 monitoring의 결과(농업과학기술원, 1998)를 나타낸 것이 <표 13>이다. 중부, 영남 및 호남지역 등 3개 지역으로 나누어 지역별 배추, 상추, 무우의 질산염함량을 조사한 것인데 재배농법별로 구분하지 않고 monitoring된 결과이다.

<표 14>에서 알 수 있는 바와 같이 1998년도 작목별 평균 질산염함량(농업과학기술원, 1998)은 배추 3028ppm, 상추 2001ppm, 무우 2083ppm 등으로 같은 해 진행된 본 monitoring연구 결과인 배추의 노지관행농법 1655ppm, 일반시설재배 3181ppm, 유기농법 2588ppm, 상추의 노지관행농법 1662ppm, 일반시설재배 2678ppm, 유기농법 2232ppm, 무우의 노지관행농법 1584ppm, 일반시설재배 2206ppm, 유기농법 2047ppm과 비교 할 때 거의 유사함을 알 수 있었다.

이는 1997년의 monitoring결과와 거의 일치하는 것으로 유기농법 엽채류의 질산염함량이

1996년보다는 개선되어 일반시설재배 엽채류보다는 낮았지만 노지관행농업과 비교할 때 아직도 높은 수준에 있다는 것을 알 수 있었다. 유기농업에서 화학비료 대신 작물재배를 위해 투입하는 퇴비는 완효성이므로 2-3년 이전에 시용한 질소성분이 서서히 분해되어 plant available한 상태로 가용화되어 녹아 나오기 때문에 현재 추천시용량인 퇴비 2t/10a를 주어도 과거에 다량 사용하였던 퇴비로 인한 질산염과다 집적현상이 나타난다고 해석할 수도 있고, 현재의 작기당 2t/10a의 시용량이 너무 많기 때문이라든가 혹은 농가에서 추천시용량 이상으로 아직도 많은 량의 퇴비를 사용하기 때문이라고도 해석하여 볼 수 있겠으나 이에 관해서는 유기농법을 실시하는 독농가포장 근권토양의 질소동태에 대한 토양비료학적 monitoring사업과 정밀검토가 필요하다고 사료된다. 이같은 토양의 질소동태 monitoring연구는 유기농법을 위한 최적퇴비 시비처방을 위한 토양질산염진단법 개발의 부수적인 효과도 거둘 수 있다.

토양진단에 의한 최적시비는 미국, 독일, 영국, 프랑스, 네델란드, 덴마크, 스위스, 오스트리아 등과 같은 농업선진국의 경우 관행농업에서 뿐만 아니라, 유기농업에서도 최적 퇴비 시비처방을 위해 광범위하게 이용되고 있다(손, 1995a).

우리나라에서 직접지불제를 실시할 경우 작물 파종전과 수확후에 각각 농촌지도소와 농협에 의해 토양검정(N, P, K 성분분석)이 이루어 지는 것으로 예정되어 있어 인근의 농과대학의 토양비료 전공교수가 토양검정 결과를 해석하여 시비처방을 내려줄 수 있도록 하는 산·학·관 연계체계가 구축된다면 유기농법 채소의 고질산염함량 저감에 획기적인 개선효과가 있을 것으로 판단된다.

한편 종합적으로 채소의 질산염문제가 제기된 이후 그동안 국내에 monitoring된 각종 자료를 분석해 보면 최근 몇 년 사이에 배추, 상추, 무우의 평균 질산염함량 수준이 점차 저감되고 있다는 사실을 인지할 수 있었다.

배추의 경우 채소의 고질산염 문제가 제기되었던 초기에 4500ppm내외 였던 질산염함량이 최근들어 3000ppm수준으로 낮아졌고, 상추 역시 초기에 2700ppm내외였던 질산염함량 수준이 2200ppm수준으로 떨어졌다는 사실이다. 그러나 예외적으로 무우는 2000-2100ppm수준에서 거의 변화를 보이지 않고 있다.

<표 14> 1998년도 재배지역별 엽채류의 생즙중 질산염함량(농업과학기술원, 1998)

재배지역	작 물	시료점수	최소치 ~ 최대치 (ppm/F.W.)	평균함량 (NO <sub>3</sub> - ppm/F.W.)
충부지역	배 추	21	1519 ~ 3025	2229
	무 우	16	1506 ~ 2856	2083
호남지역	배 추	5	3614 ~ 4495	4058
	상 추	14	1240 ~ 2695	1840
영남지역	배 추	22	1754 ~ 4739	2797
	상 추	10	1284 ~ 3233	2162

\* 작목별 평균 질산염함량은 배추 3028ppm, 상추 2001ppm, 무우 2083ppm임.



## V. 맺는 말

유기농법으로 재배된 유기채소의 질산염함량이 높다는 학계보고가 알려지면서, 유기독농가는 유기재배 채소의 질산염함량 낮추기에 위해, 유기질비료 추천사용량을 다다익선 개념에서 80t/ha으로 줄였다가 다시 50t/ha으로 그리고 '97년에는 20t/ha으로 하향 조정하려 노력하고 있다.

이에 본 연구는 유기농산물의 질산염 함량에 초점을 두고 유기농산물의 식품안전성 여부를 검토하고자, 첫째, 수도와 과채류 유기농산물에서 질산염집적이 문제되지 않는 작물영양생리적 기작을 탐색하고, 둘째, 재배농법별 엽근채류의 질산염 함량 monitoring을 실시하면서, 연도별 국내 채소의 질산염 함량을 비교 분석하였던 바 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 쌀과 과채류는 엽근채류와는 달리 질산염 집적이 문제되지 않는 식물영양학적 기작을 갖고 있다. 그 이유는 벼농사의 경우 요소, 황산암모늄 또는 퇴비의 형태로 시비된 질소가 담수환원조건인 답토양에서 대개 암모니아의 형태로 벼에 의해 흡수되고 벼 뿌리에서 글루타민으로 합성되어 줄기와 잎으로 전류되기 때문이다. 밭작물의 경우 작물체에 흡수되는 질소의 형태는 질산염이 대부분인데 질산염은 뿌리에서 동화되지 않고 잎으로 전류되어 엽 세포의 액포와 세포질에 저장되어 있다가 엽록소에서 *Glutamine synthetase*에 의해 글루타민으로 합성되어지기 때문에 엽채류의 경우에는 과잉시비시 다량의 질산염이 집적되기도 하지만 과채류의 경우 다량의 질소가 흡수되더라도 과일부분에는 거의 저장되지 않는다.

둘째, 유기농법으로 재배된 배추, 무, 상추, 케일 등 엽근채류 채소의 질산염 함량은 같은 일반시설재배조건에서 재배되는 일반시설재배 엽근채류 채소의 질산염함량에 비해 대체로 조금 낮은 경향이였다. 유기농업 채소재배가 대체로 시설조건하에서 이루어진다는 점을 감안한다면 관행농법 일반시설재배에 비해 한국유기농업협회가 권장하고 있는 20t/ha내외의 퇴비추천사용량으로 상당히 유기농법 엽근채류 채소의 질산염 저감에 효과를 거두고 있다고 판단된다.

셋째, 유기채소의 질산염 함량을 저감시키기 위해서는 한국유기농법에서도 환경농업선진국의 유기농업과 같이 토양질산염진단법(soil nitrate testing)에 의한 최적퇴비사용량을 처방하는 체계로 전환되어야 한다. 유기농법 독농가에게 어떤 작목을 재배하던 그리고 그 토양이 어떠한 재배 역사를 가지고 있던 것에 상관하지 않고 확일적으로 20t/ha를 사용하라고 추천하는 것은 바람직하지 않다는 것이다. 왜냐하면 관행농법을 실시하던 토양에서는 작물재배에 20t이상을 사용하는 것이 바람직할지 모르나 유기농법을 다년간 실시해오던 농가 포장의 경우는 이전에 사용된 퇴비로부터 분해되어 나오는 다량의 질소가 근권토양중에 존재하며 가급태(plant available)상태로 무기화작용과 질산화작용을 거쳐 방출되어 나올 수 있다는 점을 간과해선 안 되는 것이다.

넷째, 유기농법으로 재배된 엽근채류의 질산염 함량은 노지관행농법 재배에 비해 아직도 높은 수준이였다. 통상 시설내 유기농법 채소재배는 시설내에서 1년 3작 내외로 이루어지고 다년간에 걸쳐 누적적으로 유기질비료가 사용되고 있기 때문이다. 이는 시설내에서 유기농업을 실시하는 경우 노지에서 처럼 질소가 강우에 의해 용탈될 수 있는 기회가 원천적으로 차단 당하고 있기 때문이다. 따라서 유기농업 채소재배가 시설이 아닌 노지조건에서 실시된다면 유기재

배 엽근채류의 질산염은 더욱 획기적으로 저감시킬 수 있을 것으로 기대된다.

다섯째, 배추, 상추, 케일 등의 엽채류중 질산염 함량은 채소 질산염함량 monitoring 초기에 비해 현저히 저감되는 추세를 나타냈다. 특히 유기농법 엽채류의 질산염함량이 현저하게 낮아지는 추세를 보여 90년대 전반기에 시설재배 엽채류보다 높았던 유기농법 엽채류가 최근에는 오히려 상대적으로 뚜렷이 낮은 경향을 나타내었다.

### 참고문헌

- 보건복지부(1997). 채소류 유독물질 위험수준 관련 설명자료. pages 4.
- IFOAM(1996) : IFOAM Basic Standards for Organic Agriculture and Processing & Guidelines for Coffee, Cocoa and Tea ; Evaluation of Inputs decided by the IFOAM General Assembly at Copenhagen/Denmark, August 1996. IFOAM Standards Committee / Ökozentrum Imsbach. Tholey-Theley / Germany. Pages 44
- 한국유기농업협회(1998) : 유기농업사전. Pages 769.
- 정구복·유인수·김복영(1994) : 중북부지역 시설원예지 토양의 토성, 염농도 및 화학성분의 조성, 한국토양비료학회지, 27(1) : 33-40.
- 정길생·손상목·이윤건(1996) : 선진 유럽유기농업의 환경보전적 기능과 안전농산물 생산. 한국유기농업학회 5(1) : 45-66.
- 국립농산물검사소(1996) : 채소의 질산염함량 분석 자료.
- 농업과학기술원(1998) : 유통채소 질산염함량 조사 및 질산염함량 조절 시비기술 연구. 농특기획과제 진도보고서. 1998. 3. 4.
- 소비자문제를 연구하는 시민의 모임(1997) : 시중 채소류 질산염 과다검출. 시민의 모임 40호. 1997년 9/10월호.
- Scharpf, H.C.(1991) : Nutrient Influences on the Nitrate Contents of Vegetables. The Fertilizer Society. Proceedings No.313. Greenhill House, Thorpe Wood, Peterborough/U.K. Pages 25.
- 손상목(1990) : 질소시비량에 따른 감자 피경내의  $\text{NO}_3^-$ , Glutamine, ASspargine, Protein 함량변화. 단국대학교 논문집 24 : 715-724.
- \_\_\_\_\_ (1994<sub>1</sub>) : 일반 관행농법과 유기농법 배추·무우의 가식부위내  $\text{NO}_3^-$  집적량 차이, 한국유기농업학회지, 3 : 87-97.
- \_\_\_\_\_ (1994<sub>2</sub>) : 채소를 통한 한국인의 일일  $\text{NO}_3^-$  섭취량과 안전농산물의  $\text{NO}_3^-$  함량기준 설정, 유기농업의 현황 및 발전방향에 관한 심포지움(1994. 10. 12-13, 농촌진흥청 농민회관), 농촌진흥청·농업기술연구소·농협중앙회·한국토양학회 공동주최, pp.251-276.

- 손상복(1995) : 채소를 통한 일일  $\text{NO}_3^-$  섭취량과 안전농산물  $\text{NO}_3^-$  함량 허용기준 설정, 한국유기농업학회지 2 : 45-61.
- \_\_\_\_\_ (1995<sub>2</sub>) : 채소를 통한 일일질산염 섭취량과 안전농산물 질산염함량 허용기준 설정, 채소류의 질산염 잔류량 기준 마련을 위한 간담회, 한국프레스센터, 1995. 11. 20, 소비자문제를 연구하는 시민의 모임, pp.1-15.
- \_\_\_\_\_ (1995<sub>3</sub>) : 국제 유기농업 기본규약과 한국 유기농업 실천기술의 비교분석 연구, 한국유기농업학회지 4(2) : 97-136.
- \_\_\_\_\_ (1995<sub>4</sub>) : 주요 유럽 농업선진국들의 환경보전형 지속농업실태와 한국의 접근과제. 국제농업개발학회지 7 : 138-155.
- Sohn, S.M.(1997) : Development, Issues and Prospects of Organic Agriculture in Korea. 한국유기농업학회지 5(2) : 71-84.
- 손상목·오경석(1993) : 질소비료 저투입에 의한 우수농산물 간이 판정지표로서 주요 농작물의 "가식부위내  $\text{NO}_3^-$  함량" 활용 가능성에 관한 연구. 한국유기농업학회지 2(1) : 2-15.
- 손상목·김영호(1995) : 국제 유기농업 기본규약과 한국 유기농업 실천기술의 비교분석 연구 - 국제유기농업기본규약, 환경농업선진국 유기농업단체 기본규약과 한국형 유기농업의 주요 실천기술은 무엇이 어떻게 다른가? 한국유기농업학회지 4(2) : 97-136.
- 손상목·정길생(1997) : 한국 환경농업의 성공적 정착을 위한 정책적 및 기술적 접근과제. 한국유기농업학회지 5(2) : 13-35.
- 손상목·Kuecke, M.·이윤건(1997) : *E. coli* cell을 이용한 식물체, 토양, 수질의 질산태 질소 분석방법. 한국토양비료학회 30(4) : 361-369.
- 손상목·오경석·이장석(1995) : 차광정도 및 질소 시비량이 배추 수량과 가식부위의  $\text{NO}_3^-$  집적량에 미치는 영향, 한국토양비료학회지 28 : 154-159.
- 손상목·한도희·김영호(1996<sub>1</sub>) : 관행농법, 시설재배 및 유기농법 재배지 토양의 화학적 특성과 배추, 상추의  $\text{NO}_3^-$  집적량 차이. 한국유기농업학회지 5(1) : 149-165.
- 손상목·이윤건·한도희·김영호(1996<sub>2</sub>) : 농가의 상이한 농법에 의한 배추, 상추, 케일 재배 근권토양 및 가식부위내  $\text{NO}_3^-$  집적량 차이, 大山論叢, 4 : 143-152.
- 윤순강·유순호(1993) : 토양중 질산태질소의 행방과 지하수질, 한국환경농학회지 12(3) : 281-297.