

# 농가의 상이한 농법에 의한 배추, 상추, 케일 재배 근권토양 및 가식부위내 $\text{NO}_3^-$ 집적량 차이

손상목\* · 이윤건 · 한도희 · 김영호

(단국대학교 농과대학 국제농업개발학과)

## $\text{NO}_3^-$ Accumulation in Rhizosphere and Edible Parts of Chinese Cabbage, Lettuce and Kale by Different Farming Methods in farm level

Sohn, Sang-Mok\* · Lee, Yoon-Gun · Han, Do Hee · Kim, Young Ho

Dept of International Agriculture, Dan Kook University, 330-714 Cheon An, Korea

### 적 요

본 연구는 관행농법과 유기농법을 실천하는 농가포장의 근권토양의  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  함량과 수확된 배추, 상추, 케일의 가식부위내  $\text{NO}_3^-$  함량을 분석함으로써 한국유기농업의 문제점과 유기질비료 과다투입의 문제점을 파악하는데 목적을 두고 실시하였다.

현재의 한국유기농업은 지나치게 많은 유기질비료를 사용하고 있으며 이로 인해 근권토양의  $\text{NO}_3^-$  함량이 지나치게 높아  $\text{NO}_3^-$  용탈로 인한 지하수오염의 위험성이 크고  $\text{P}_2\text{O}_5$  및  $\text{K}_2\text{O}$  집적량 또한 대단히 높아 염류집적으로 인한 작물생육 장애 및 수질오염의 가능성이 컸다.

배추, 상추, 케일의 가식부위내  $\text{NO}_3^-$  함량은 근권토양내  $\text{NO}_3^-$  함량이 증가할수록 증가하며 근권토양내  $\text{NO}_3^-$  함량은 유기질비료 과다사용시 활발한 무기화작용에 의한  $\text{NO}_3^-$  공급량에 의해 좌우되었다. 유기질비료를 많이 사용한 품질인증 유기농산물 배추, 상추, 케일의 가식부위내  $\text{NO}_3^-$  함량은 관행농산물보다 높은 경향이었으며 유기질비료를 많이 사용하지 않은 일반유기농산물은 오히려 관행농산물보다 낮았다.

한국유기농업이 장차 환경보전형 농업화 하기 위해서는 첫째, 유기질비료는 많이 사용할수록 좋다는 유기물지상주의에서 적정 유기질비료 사용으로의 기본원칙 전환과, 둘째, 국제유기농업 기본규약에 나타나 있는 6대 핵심기술의 의의와 효과를 한국의 기상, 토양, 작목, 재배조건하에서 경제적 측면이 아니라 환경적 측면에서 검증하여 한국유기농업의 기본규약 제정시 수용하여야 한다.

\* 충남 천안시 안서동 산 29, 단국대학교 농과대학 작물영양학연구실

E-Mail: dkusohn@chollian.dacom.co.kr

## I. 서 론

유기농업을 실천할 경우 안전농산물을 생산할수 있고 환경농업을 실천할수 있다고 믿고 팔당상수원 유기농업사업 및 중소농대책으로 유기농업 지원 등이 최근 실시되고 있다. 그러나 아직까지 유기농업 포장에 대한 환경영향 평가나 토양비료학적 기술검증이 이루어진 바는 전혀 없었다.

우리나라에서는 농약과 화학비료를 사용하지 않고 유기질비료만을 사용하여 작물을 재배하는 것을 유기농업이라고 이해하고 있다. 그러나 한국유기농업은 세계 각국의 유기농업단체, 관련학자 등이 모여 조직된 그리고 한국유기농업협회와 한국유기농업학회도 회원단체로 가입되어 있는 국제유기농업운동연맹(IFOAM, International Federation of Organic Agriculture Movement)이 각국의 기상, 토양, 작목, 재배조건 등이 달라도 최소한 유기농업을 실천하기 위해서 반드시 지켜져야 할 최소요구사항으로 제시한 기본규약(Basic standard)의 저항성 품종의 재배, 폐쇄 순환농법, 윤작, 두과작물의 재배, 녹비작물의 재배, 적정 유기질비료 사용 등 7대 핵심기술(손상목, 1995) 어느 하나도 수용하지 않은 명목상의 유기농업일 뿐 이라는 지적도 있다.

따라서 국제유기농업의 기본규약과 상이한 핵심기술을 실천하고 있는 한국유기농업에 대한 토양비료학적 측면에서 근권토양의 무기성분 동태와 생산농산물의 질적 평가는 장차 21세기 한국농업은 점차 환경농업화 하여야 한다는 목소리가 점차 높아져 가고 있는 이 시기에 대단히 필요한 연구라고 생각된다.

본 연구는 농가의 상이한 유기농법에 따른 토양근권내  $\text{NO}_3^-$ 을 비롯한 각종 무기염류의 집적현상과 재배농산물의 가식부위별  $\text{NO}_3^-$  함량을 분석함으로써, 유기질비료 투입을 핵심기술로 인정하고 있는 한국유기농업의 문제점과 유기질비료 과다투입의 문제점을 파악함으로써, 첫째, 적정 유기물 투입량을 밝혀 과다한 유기물 투입으로 질산태질소 용탈로 인한 지하수 또는 식수원 오염의 원인을 제공하지 않도록 필요한 기초자료를 제공하고, 둘째, 유기농업에 종사하는 독농가들에게 가장 큰 애로사항인 유기질 비료의 생산비 또는 구입비를 줄여 나갈수 있는 방안을 제시하고, 셋째, 유기농업의 과학적 기술체계 확립등에 기여하고자 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 공시시료 채취 및 처리

농가의 재배농법 차이에 의한 배추, 상추, 케일 재배 토양 및 가식부위내  $\text{NO}_3^-$  집적에 미치는 차이를 알아보기 위해 경기도 구리시와 문산, 충남 천안시에서 관행농법, 시설재배, 유기농가, 품질인증유기농가등 재배농법별로 각각 20곳의 농가를 임의로 선정하여 토양과 식물체를 채취하였다. 토양은 0~30cm의 깊이에서 농가당 3군데씩을 채취하여 즉시 4℃이하의 신선한 상태로 운반하였다. 배추의 경우 내·외부엽으로 구분하고 다시 엽신과 증륜으로, 상추와 케일은 엽신과 증륜으로 구분하여 채취하였다.

### 2. 분석방법

토양내  $\text{NO}_3^-$  함량은 0~30cm깊이의 시료를 채취한후 즉시 4℃이하의 신선한 상태로 운반하여 'NAVONE'법을 이용하여 분석하였다. 토양 100g을 평취하여 0.025N의  $\text{CaCl}_2$  용액 250ml을 넣어 교반후 여과하여 추출액 20ml에 일정량의 증류수와 10%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  용액 1ml을 넣은후 환원과 비환원으로 나누어 10시간 이상 방치후에 UV spectrophotometer (MILTON ROY, Model : Spectronic 601)를 이용하여 210nm에서 측정하였다. 인산은 Lancaster법으로 칼리는 1N Ammonium acetate 용액으로 침출하여 원자흡광분광분석기로 측정하였고 전기전도도는 E.C. meter법에 의하여 분석하였다.

식물체  $\text{NO}_3^-$  함량은 가식부위별로 채취한 시료를 일정량의 증류수와 1M의 이온강화비교용액(aluminium sulfate) 5ml을 넣고 1시간 교반시켜 여과한 후  $\text{NO}_3^-$  ionselective electrode와 reference electrode를 이용하여 Przemeczek 등의 방법(1984)에 따라 분석하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 배추, 상추 및 케일의 유기재배 근권토양내 $\text{NO}_3^-$ , $\text{P}_2\text{O}_5$ , $\text{K}_2\text{O}$ 함량 집적

유기농법으로 3년 이상 작물을 재배한 포장을 대상으로 근권토양내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>과 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 함량 등의 집적 양상을 분석한 것이 표 1이다. 0-30cm 표토층과 30-60cm 심토층에서 모두 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>함량이 배추재배 포장 311ppm, 254ppm, 상추재배 포장 196ppm, 210ppm, 케일재배 포장 269ppm, 246ppm 등으로 나타나 적정범위라고 생각되는 200ppm을 대부분 상회하는 것으로 나타나 유기질비료의 과다한 사용으로 작물생육에 필요한 성분 이상의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>가 근권층으로부터 작물체에 공급되고 있음을 나타냈다. 이는 유기질비료를 과다 사용할 경우 근권토양내에 다량의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>가 집적될 가능성이 있다는 이(1994)와 홍(1994)의 보고와 일치하는 것이었다. 조사대상 유기농업 농가포장의 약 55%가 200ppm을 초과하였는데, 이들 농가에 대한 적극적인 시비지도를 통해 유기질비료 감비조치가 필요한 것으로 판단되었다.

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량을 분석하기 위한 토양시료 채취시기가 수확기였기에 생육기간 다량의 질소요구도가 높은 배추, 상추, 케일의 생육기간중의 질소흡수율 0-30cm 근권토양내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 잔류 함량이 각각 311ppm, 196ppm, 269ppm이었던 점을 감안하면 재배기간중 근권토양의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량은 더욱 높았을 것으로 판단된다. 또한 유효근권이 0-30cm라고 알려져 있는 배추, 상추, 케일재배 토양의 30-60cm 심토층의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>이 254ppm, 210ppm, 246ppm이나 되는 것은 과다시비로 인한 질소 무기화작용이 작물의 질소요구도를 훨씬 상회하고 있음과 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>가 지하로 용탈되고 있음을 나타내었다. 따라서 유기질비료 과다사용으로 인한 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>용탈의 개연성과 지하수 오염의 위험성(이, 1994; 홍, 1994)을 유기농업 농가포장에서도 부인키 어려운 것으로 판단된다.

한편 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>의 경우에도 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 집적과 비슷한 현상을 나타냈는데 이는 유기질비료 과다사용시 각종 무기염류가 집적될 가능성이 있다는 이(1994)와 홍(1994)의 보고와 일치하는 것이었다. 배추, 상추, 케일 재배포장 0-30cm 표토층의 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 함량은 각각 2648ppm, 2302ppm, 3145ppm으로 나타나 적정범위라고 알려져 있는 500ppm의 4.6배 내지 6.2배 초과하는 집적을 나타냈다. 톱밥돈분발효퇴비 40t/ha를 사용한 구에서 405ppm에서 487ppm으로 인산이 증가하였다는 보고(민 등, 1995)에 비추어 조사대상 유기농가 포장에서의 이같은 인산의 과다집적은 다년간에 걸쳐 다량의 유기질비료가 사용되었기 때문이라고 생각된다. 인산은 유기질비료 사용후 대부분이 토양에 고정되므로 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>에 비해 장기간 근권토양내에 잔류하고 토양이 강우에 의해 유실될 때

지표수에 유입되므로 인근의 수질을 오염시키고 부영양화를 초래할 가능성이 매우 클 수 있는 것으로 사료되었다. 0-30cm 표토층 뿐만아니라 30-60cm 심토층의 경우에도 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 함량이 1367-2766ppm에 이르러 유기농업 농가 포장의 심토층 근권토양까지도 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 집적현상이 심각하므로 적정 유기질비료 사용 또는 심근성 다비작물 윤작을 통해 과다한 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 함량을 줄여나가는 재배적 조치가 요청되고 있는 것으로 판단 되었다. 조사대상 유기농업 농가포장 근권토양의 약 97%가 500ppm을 초과하는 인산집적을 나타냈는데 유기농업을 실시하는 농가포장의 인산함량은 시험전 368ppm에 비해 2년차 850ppm, 3년차 1020ppm으로 경작년도가 진행됨에 따라 급격히 증가한다고 한 농촌진흥청 보고(농업기술연구소, 1994)는 이같은 인산 집적 사실을 뒷받침하였다.

일반적으로 염류집적이 심하다고 알려져 있는 시설재배지 1년 경작 0-30cm 근권토양의 인산함량 669ppm, 2-4년 경작 800ppm, 5년이상 경작 1364ppm(정 등, 1994)보다도 유기농업 농가포장의 인산집적이 우려할 수준인 것으로 나타났다.

치환성칼리 함량 역시 0-30cm, 30-60cm 근권에서의 K<sub>2</sub>O 함량이 배추재배 포장 0.84, 1.48, 상추재배 포장 0.92, 1.02, 케일재배 포장 1.24, 0.91로 나타나 우리나라 밭토양 평균치 0.32-0.47me/100g에 비해 2-3배나 높은 집적 상태를 보였다. 이는 적정범위라고 알려져 있는 0.5me/100g보다 약 2배나 많은 집적현상을 나타냈으며, 육 등(1993)이 조사한 시설재배 토양의 K<sub>2</sub>O 수준인 0.71-1.29me/100g과 비교해서도 조금 높은 집적량이었으나 근권 0-30cm에서의 치환성 칼리 함량이 시설재배 1년 경작 0.97, 2-4년 경작 1.11, 5년이상 경작 1.15me/100g이라는 정 등(1994)의 보고와는 비슷한 집적량을 나타냈다. 그러나 시험전 치환성칼리 함량이 0.24me/100g에서 1년차 0.60, 2년차 1.35, 3년차 1.60me/100g으로 유기농업 재배년수가 급격히 증가한다는 농촌진흥청의 보고(농업기술연구소, 1994)에 비해서는 상당히 낮은 수준이었다.

환경보전형농업이라고 알려져 있는 유기농업 농가포장의 근권토양내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 함량이 이처럼 과다하게 집적되어 있다는 사실은 유기농업이 환경보전형 농업형태이며

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>용탈로 인한 수질 오염 경감에 기여할수 있다는 Green peace 또는 독일 및 덴마크정부의 농업백서에 나타난 것과 전혀 상이한 결과이다.

유기농업 포장에서 염류의 집적이 많은 까닭은 한국유기농업이 국제유기농업연맹(IFOAM) 및 환경농업선진국 유기농업단체의 기본규약(Basic standard) 또는 핵심기술과는 달리 유기질비료 사용에 지나치게 의존하고 유기질비료를 사용하여 영농하는 것이 유기농업이라고 잘못 인식하고 있는데서 야기되는 문제점 중의 하나라고 판단된다. IFOAM 및 독일 유기농업단체인 Bioland의 기본규약에서 규정하고 있는 윤작, 두과작물의 재배, 녹비작물의 재배를 통해 토양의 비옥도를 유지하고 작물의 질소 등과 같은 무기양분에 대한 요구도를 합리적으로 충족시키는 방법을 사용하여야 한다. 그러나 한국유기농업은 유기질비료 사용이라는 하나의 방법만으로 작물이 필요로 하는 질소, 인산, 칼리 등 모든 무기성분 공급을 도모하여 왔으므로 작물이 가장 많이 필요로 하는 질소성분의 요구도를 충족시키기 위해 다량의 유기질비료를 사용할 수밖에 없었고 이는 결과적으로 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>와는 달리 토양에 다량 고정되어지는 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 등의 축적을 야기하게 되었다고 판단된다.

광과 가식부위내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 집적량을 보면 그림 1과 같다. 근권토양내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량은 농가별로 31.7kg에서 98.8kg으로 변이를 나타냈으나 배추 연작년수에 따른 차이는 거의 없었다. 그러나 근권토양내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량에 비례하여 가식부위내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 집적량은 증가하는 경향의 차이를 보였으며, 부위별로는 내부엽엽신(1,470ppm) < 내부엽중륵(1,509ppm) < 외부엽엽신(3,559ppm) < 외부엽중륵(5,099ppm) 순으로 높아 내부엽보다는 외부엽이, 엽신보다는 중륵에서의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 집적량이 높다는 손등(1993)의 보고와 일치하였다.

하우스에서의 농가별 근권토양의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량은 그림 2에서 보는 바와 같이 5년 이하의 재배년수 포장의 332.4kg~368.9kg, 5년이상인 재배년수 포장의 142.1kg~163.1kg 등으로 하우스내 재배년수에 따라 토양내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 집적정도에 많은 차이를 나타냈다. 시설재배농가의 근권토양내 평균 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량은 271.1kg으로 관행농법 토양의 66.4kg에 비해 4.08배나 높았다. 이는 5년이내의 재배년수를 기점으로 시설재배지에서 집적량이 높다는 정(1994)과 박(1975)의 보고와

Table 1. Accumulation of NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O of soil of organic farming in chinese cabbage, lettuce and crown daisy

Soil depth	pH (1:5 H <sub>2</sub> O)	NO <sub>3</sub> (ppm)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	K <sub>2</sub> O (me/100g)	EC (ms/cm)
Chinese cabbage					
0-30cm	5.7	311	2649	0.84	1.96
30-60cm	5.2	254	1367	1.48	1.30
Lettuce					
0-30cm	5.8	196	2302	0.92	1.60
30-60cm	5.3	210	2766	1.02	1.94
Crown daisy					
0-30cm	6.0	269	3145	1.24	1.73
30-60cm	5.7	246	2318	0.91	1.44

## 2. 배추의 재배농법별 근권토양내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량과 가식부위내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 집적량 차이

배추를 관행농법으로 재배한 농가의 근권토양내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함

일치하는 것이다. 가식부위내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 집적량도 관행농법에서와 같이 토양내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량과 일치되는 경향을 보였다.

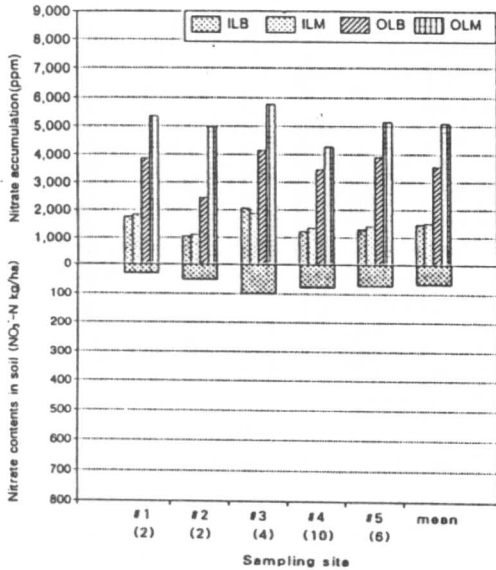


Fig. 1. Comparison between the NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N content in 0~30cm soil depth and the NO<sub>3</sub><sup>-</sup> accumulation in edible parts of chinese cabbage cultivated by conventional farming in open field.

\* ILB : Inner Leaf Blade, ILM : Inner Leaf Midrib,  
 OLB : Outer Leaf Blade, OLM : Outer Leaf Midrib,  
 ( ) : Cultivated years

일반 유기농법과 품질인증유기농법 실천농가에 의한 농가별 토양과 가식부위내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 집적량을 나타낸 것이 그림 3과 그림 4이다.

Z일반 유기농가의 근권토양내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량은 490.5kg~772.8kg으로 관행농법 66.4kg, 시설재배 271kg에 비하여 각각 9.16배, 2.28배나 많은 집적량을 나타내 유기물을 많이 사용하면 많이 사용할수록 좋다는 한국유기농업기술의 오류를 단적으로 보여주고 있다. 품질인증유기농가 역시 평균 280.6kg의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 집적량을 나타내 관행농법 토양보다는 4.23배, 시설재배와는 비슷한 수준의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>이 집적되어 있음을 보여주었다. 이는 한국 유기농업의 과도한 유기질비료 사용이 수질오염의 위험성과 채소의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 집적의 원인이 된다는 손(1994·2, 1995)의 지적에 따른 한국유기농업협회의 유기질비료 사용량 하향조정(1994년이전 무제한, 1994~1995년 80MT/ha, 1995~1996년 5월 50MT/ha, 1996년 5월 이후 30MT/ha)과 무관하지 않은 것으로 사료되며, 또한 유기

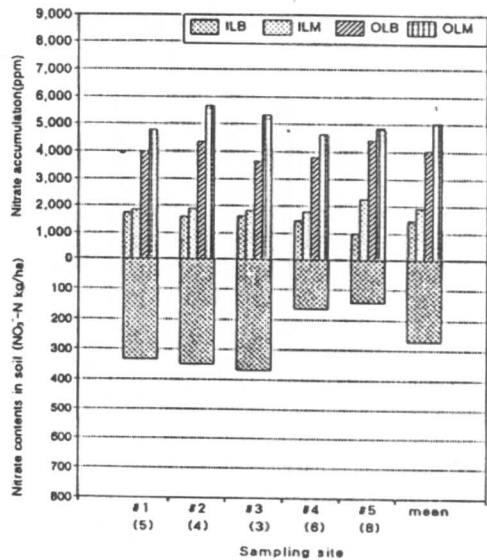


Fig. 2. Comparison between the NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N content in 0~30cm soil depth and the NO<sub>3</sub><sup>-</sup> accumulation in edible parts of chinese cabbage cultivated in greenhouse.

\* ILB : Inner Leaf Blade, ILM : Inner Leaf Midrib,  
 OLB : Outer Leaf Blade, OLM : Outer Leaf Midrib,  
 ( ) : Cultivated years

물을 3년이상 과용한 유기농업 토양내에는 인산과 염기의 과도한 집적현상이 나타나며(홍,1993), 5년이상의 경우 염류 집적정도가 시설원예지보다도 심각하다고 한 정등(1994)의 보고와 일치한다. 가식부위내 평균 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 집적량은 품질인증 유기농가 포장의 경우 6,314ppm으로 관행농법 2,909ppm, 시설재배 3,115ppm에 비해 2.17배, 2.03배 높았으며 재배농법별 가식부위별 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 집적량 차이는 외부엽보다는 내부엽에서 훨씬 컸다.

재배농법의 구분없이 배추재배에 의한 근권토양내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량과 가식부위별 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 집적량과의 상관 관계는 표 2와 그림 5에서 보는 바와 같이 근권토양내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량과 외부엽 엽신, 외부엽 중륜, 내부엽 엽신, 내부엽 중륜에서 고도의 정 상관성이 인정되었다. 이것은 근권토양내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량이 증가할수록 배추의 가식부위별 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 집적량도 급격히 증가함을 나타낸 것이다.

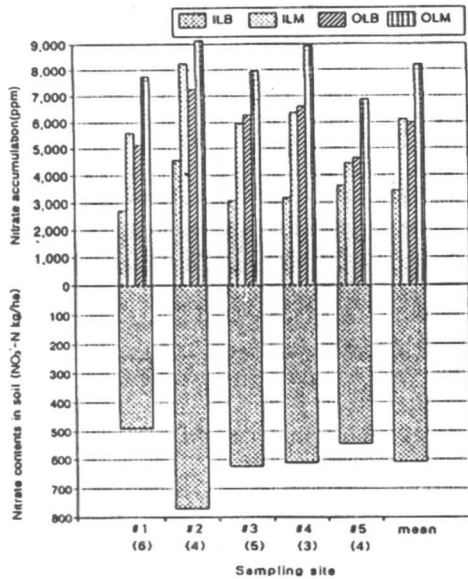


Fig. 3. Comparison between the NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N content in 0~30cm soil depth and the NO<sub>3</sub><sup>-</sup> accumulation in edible parts of chinese cabbage cultivated by organic farming

\* ILB : Inner Leaf Blade, ILM : Inner Leaf Midrib,  
 OLB : Outer Leaf Blade, OLM : Outer Leaf Midrib,  
 ( ) : Cultivated years

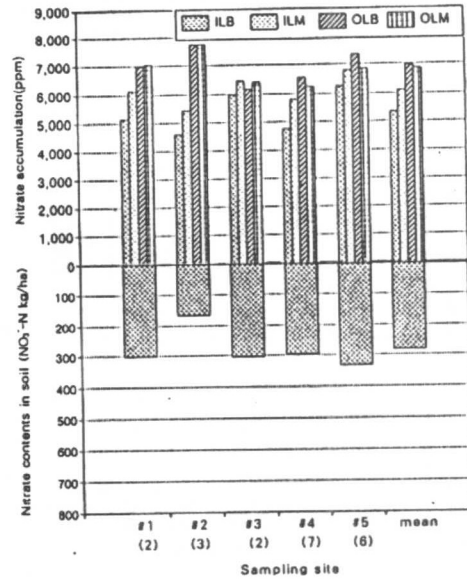


Fig. 4. Comparison between the NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N content in 0~30cm soil depth and the NO<sub>3</sub><sup>-</sup> accumulation in edible parts of chinese cabbage cultivated by organic farming guaranteed by government.

\* ILB : Inner Leaf Blade, ILM : Inner Leaf Midrib,  
 OLB : Outer Leaf Blade, OLM : Outer Leaf Midrib,  
 ( ) : Cultivated years

	Nitrate content in 0~30cm soil (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N kg/ha)
Inner leaf blade	Y = 1,881 + 3.41 X (r = 0.4212*)
Inner leaf midrib	Y = 1,478.2 + 7.93 X (r = 0.7136**)
Outer leaf blade	Y = 3,918.7 + 3.97 X (r = 0.5383**)
Outer leaf midrib	Y = 4,593.7 + 5.55 X (r = 0.7968**)

Table 2. Correlation coefficients and regressions between the nitrate accumulation in inner leaf blade, inner leaf midrib, outer leaf blade, outer leaf midrib of chinese cabbage and the nitrate content in 0~30cm soil of organic farming

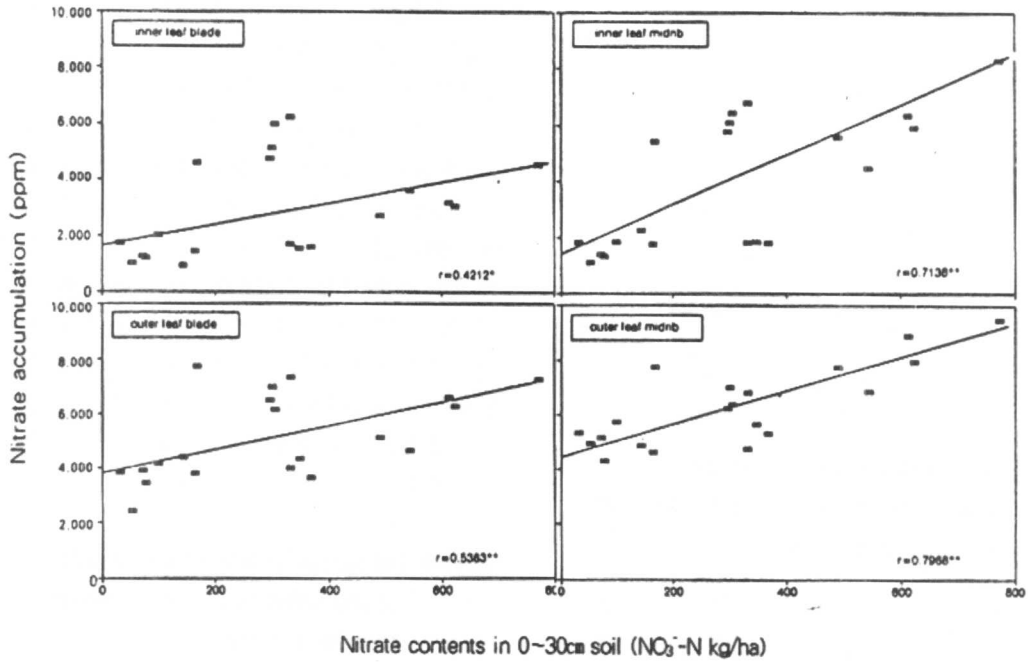


Fig. 5. Relationship between the nitrate accumulation in edible parts of chinese cabbage and the NO<sub>3</sub><sup>-</sup> content in 0~30cm soil of organic farming.

### 3. 상추 및 케일의 유기재배 근권토양내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량과 가식부위내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 집적량 차이

상추의 경우 그림6에서 알수 있는바와 같이 엽중이 증가할수록 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량이 거의 직선적으로 증가하는 경향을 나타냈다. 약 3g 내외의 소형 상추잎의 경우 생체 1g당 2000 ppm 정도의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 집적량을 나타냈으나 7g 내외의 대형 상추의 경우 생체 1g당 4000ppm 정도의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>이 집적되고 있는 것으로 나타났다. 유럽과 마찬가지로 2000ppm 범위에서 허용기준치가 설정된다면 엽당 약 4g 내외의 소형 상추가 대개 통과할수 있을 것으로 판단되며 약 40% 가량의 유기재배 상추가 허용기준치 범위에 드는 것으로 나타나 앞으로 유기질비료 사용량을 줄여나가야 할것으로 사료되었다.

상추 재배농가의 경우 0-30cm, 30-60cm 근권의 평균 NO<sub>3</sub> 함량이 300ppm에 달해 지하수 오염의 위험성이 클것으로 판단되었다. 300ppm을 초과하는 농가에 대한 적극적인 시비지도를 통한 감비조치가 필요할것으로 판단되었다.

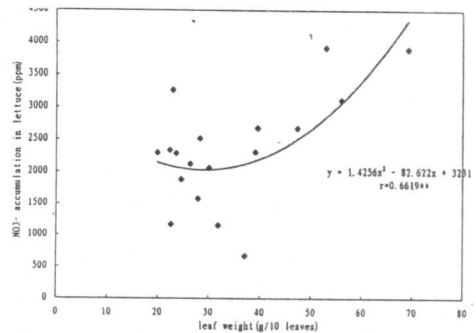


Fig. 6. Relationship between leaf weight and the NO<sub>3</sub><sup>-</sup> content in lettuce cultivated by organic farming.

200ppm의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>이 근권토양중에 집적되어 있을 경우 약 240kg/ha정도의 질소가 작물체에 이용 가능한 상태로 존재하고 있다고 판단할수 있다. 따라서 이를 초과하는 과도한 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>이 근권토양중에 집적되어 있을 경우 강우 등에 의해 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>용탈이 나타날 수 있고 따라서 지하수오염 등의 위험

성이 있을 수 있다(손, 1994; 윤과 유, 1993)고 추정할 수 있다.

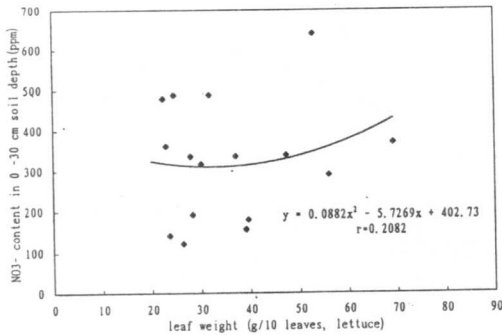


Fig. 7. Relationship between leaf weight of lettuce and the NO<sub>3</sub><sup>-</sup> content in 0~30cm soil of organic farming.

같은 유기재배농법을 실시하는 경우에도 국립농산물검사에서 품질을 인증하는 품질인증 유기재배 케일의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량이 관행농산물보다 높았으며, 품질인증을 받지 못한 일반 유기재배농산물은 관행농산물과 비슷하거나 오히려 낮은 경향을 나타냈다. 이는 유기농산물 상추, 무, 당근의 평균 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량 1560ppm, 1680ppm, 500ppm이 일반관행농산물 1190ppm, 1230ppm, 200ppm보다 상당히 낮다(Rauter and Wolkerstorfer, 1982)는 독일의 경우와는 전혀 다른 양상이었다. 상추의 경우 엽신과 중륵의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량이 관행농산물 1454ppm, 3542ppm, 일반유기농산물 1545ppm, 3558ppm 들인데 비해 품질인증 유기농산물은 1476ppm, 3629ppm을 나타내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량에서 품질인증 유기농산물이 결코 질적으로 우수하다고 할수 없음을 나타냈다. 한편 케일의 경우 엽신과 중륵의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량이 관행농산물 3470ppm, 6840ppm에 비해 일반유기농산물 1542ppm, 6064ppm으로 상당히 낮아 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 집적량 측면에서 우수한 유기농산물이었다. 그러나 품질인증 유기농산물의 경우 3757ppm, 7504ppm으로 오히려 관행농산물보다 높아 유기농업을 가장 앞장서서 선도하고 모범적으로 영농하고 있다는 품질인증 농가의 유기농업에서 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 집적이 많았는데 이는 유기질비료를 많이 사용할수록 더 완전한 유기농업을 실천하는 것이고 더 안전한 유기농산물을 생산할수 있다는 그릇된 믿음이 아직까지 뿌리 깊이 남아 있기 때문(손, 1994)이 아닌가 사료된다.

더욱이 WHO Technical Report Series 859(1995)에 의하면 일일 219mg 이상의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>을 섭취하는 것은 인체에 유해할수 도 있다고 규정되어 있을 뿐만 아니라, 인체에 섭취된 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>의 80%에 배설되나 15%내외가 구강내 타액으로 재분비되고 구강타액 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>의 15-25%는 다시 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>로 환원되는데 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>가 소화과정중의 아민과 결합하여 nitrosamine을 생성할 경우 발암성 물질로 작용(谷村, 1983; 三輪·三輪, 1995)할수 있는 것으로 알려져 있어 채소를 통해 90-95% 가량의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>을 섭취하는 한국인(손, 1994)에게 큰 경중을 올려주고 있다. 더욱이 유기질비료를 사용하여 재배하는 유기농산물 채소가 안전한 농산물인 것으로 인식하고 있으나 현재의 한국유기농업적 영농기술하에서는 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량이 낮은 질 좋은 유기농산물 생산에 상당한 문제가 있는 것이 밝혀졌다.

Table 4. Comparison of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> content in edible parts of vegetables from different farming methods in Korea

Sources	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> content *)	
	Leaf blade	Midrib
	Lettuce	
OPG	1476ppm	3629ppm
OAP	1545ppm	3558ppm
CFP	1454pp	3542ppm
	Kale	
OPG	3757ppm	7504ppm
OAP	1542ppm	6064ppm
CFP	3470ppm	6840ppm

\*) Average value from 4 farming sites, 10 samples of each farming site

OPG: Organic products guaranteed by Government,

OAP: Organic Agriculture products (not guaranteed by Government),

CFP: Conventional farming products

#### IV. 결 론

유기농업을 실천하는 농가 포장의 근권내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>을 비롯한



P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 집적량이 관행농법 노지포장에 비해 훨씬 높을 뿐만 아니라 적정수준을 크게 상회하여 작물의 정상적 생육에 장애를 일으킬 정도에 이르고 있는 것으로 밝혀 졌다. 특히 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량이 200ppm 이상인 것은 유기질비료 과다 사용으로 무기화작용이 왕성하여 작물체 생육에 요구되는 량 이상의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>이 공급되어 과잉의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>이 잔류되어 지하로 용탈될수 있는 가능성이 클 뿐만아니라 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 역시 적정수준인 500ppm을 4.6배 내지 6.2배나 상회하는 량이 근권내에 잔존하여 과다한 유기질비료 공급의 문제가 심각함을 나타냈고 강우로 인한 표토 유실시 수질오염의 주요 원인으로 작용될 수 있다고 판단되었다.

또한 유기농산물 채소의 가식부위내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량이 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 허용기준치 이하임은 물론이고 관행농산물의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량 보다 훨씬 낮은 것이 당연하며 독일의 경우 실제 그러하다 (Rauter and Wolkerstorfer, 1982). 그러나 농가포장에서 채취한 식물체시료 분석결과 품질인증 유기농산물이 일반유기농산물보다 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량이 많고 관행농산물과 비슷하거나 높은 것은 선도적 유기농업 농가로 정부로부터 인정을 받은 품질인증 유기재배 농가에서 유기질비료 가격이 만만치 않아 일반 유기농업농가에서는 많이 쓸수 없는 유기질비료를 다량으로 사용하였기 때문이었다. 품질인증 유기농업 농가들은 유기질비료를 많이 사용하였다는 것과 그래서 땅이 스펀지처럼 푹신푹신 한 것을 오히려 자랑스럽게 여기고 있었던데서 유기물 지상주의에 몰입한 한국유기농업의 잘못과 유기농업독농가들의 그릇된 유기농업관을 엿볼수 있었다.

유기농업을 환경보전형 농업의 한 형태로 보아온 우리에게 충격적인 일이 아닐수 없다. Green peace의 보고서와 독일 및 덴마크의 농업백서에서 유기농업을 수질보호에 기여하는 농업형태로 인정하고 있기에 우리나라에서도 유기농업을 환경보전형 농업기술의 하나로 인식하고 있었기 때문이다. 그러나 현재의 한국유기농업이 국제유기농업의 기본규약에 나타나 있는 윤작, 두과작물의 재배, 녹비작물의 재배, 적정 유기질비료 사용, 저항성 품종의 사용, 폐쇄순환농업 등 유기농업 핵심기술을 어느 것 하나 제대로 실천하지 못하고 있는 상이한 유기농업 형태(손과 김, 1995)이라는 사실과 일부 독농가들에 의한 경험적 기술축적과 전파가 전부이지 않았나 하는 그간의 사정을 감안할 때, 이제부터 한국유기농업은 환경영향 평가와 과학적 기술 검증 및 개발이 필요하다고 판단된다.

장차 한국유기농업이 진정 환경보전형 농업화 하기 위해

서는 무엇보다 그동안 유기질비료를 사용하여 작물을 재배하기에 유기농업이며 유기질비료는 많이 사용하면 사용할수록 좋다는 유기물지상주의에서 탈피하여 적정 유기질비료 사용으로 선회하고 국제유기농업 기본규약에 나타나 있는 기타 핵심기술의 의의와 효과를 한국의 기상, 토양, 작목, 재배조건하에서 농업경제적 측면이 아니라 환경농업적 측면에서 검증한 후 한국유기농업의 기본규약 제정시 수용하여 한국유기농업의 과학화와 세계화에 앞장서 나가야 할 것이다. 이것이야말로 농약과 화학비료 사용을 거부하고 환경에 부하를 주지않아 자연과의 조화를 이루며 안전한 먹거리를 생산하겠다는 유기농업이 추구해 마지 않는 본래의 목표를 구현하는 길이 아닌가 생각된다.

## 참고문헌

1. 농업기술연구소 (1994): 유기농업에 관한 연구. 농촌진흥청. 제3차년도 완결보고서 Page 98.
2. 민경범, 조현숙, 이진일, 남윤규 (1995): 톱밥분뇨발효퇴비가 하우스재배 토마토의 수량 및 양분흡수에 미치는 영향. 한국토양비료학회지 28(1):88-94
3. 손상목·오경석(1993): 질소비료 저투입에 의한 우수농산물 간이판정지표로서 주요 농작물의 “가식부위내 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량” 활용 가능성에 관한 연구. 유기농업학회지 2(1): 2-15
4. 손상목(1994): 채소를 통한 한국인의 일일 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 섭취량과 안전농산물의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량 기준 설정. 유기농업의 현황 및 발전 방향에 관한 심포지움 (1994.10.12-13, 농촌진흥청 농민회관). 농촌진흥청 농업기술연구소·농협중앙회·한국토양비료학회 공동주최, pp 251-276
5. 손상목(1995): 주요 유럽 농업선진국들의 환경보전형 지속 농업 실태와 한국의 접근과제. 국제농업개발학회지 7:138-155
6. 손상목·김영호(1995): 국제 유기농업 기본규약과 한국 유기농업 실천기술의 비교 분석 연구 - 국제 유기농업 기본규약, 환경농업선진국 유기농업단체 기본 규약과 한국형 유기농업의 주요 실천기술은 무엇이 어떻게 다른가. 유기농업학회지 4:97-136
7. 손상목·오경석·이장석(1995): 차광정도 및 질소시비량이 배추수량과 가식부위의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 집적량에 미치는 영향.

- 토양비료학회지 28:154-159
8. 육창수, 김재정, 홍순달, 강보구 (1993): 충북지역 시설원예 재배지 토양의 염류집적 실태조사. 한국토양비료학회지 26(3):172-180
  9. 윤순강·유순호(1993): 토양중 질산태 질소의 행방과 지하수질. 한국환경농학회지. 12(3):281-297
  10. 이상은·이춘수(1994): 염류가 집적된 시설재배 토양에서 질소와 카리의 시비 효과 및 양분수지. 한국토양비료학회지 27(2):78-84
  11. 정구복·유인수·김복영(1994): 중북부지역 시설원예지 토양의 토성, 염농도 및 화학성분의 조성. 한국토양비료학회지 27(1):33-40
  12. 谷村顯雄(1983): 亞硝酸およびその關聯物質に關する最近の研究. 食品衛生研究 33:17-23
  13. 三輪 操·三輪清志(1995): 發癌とNO. 實驗醫學 13:118-121
  14. 相馬 曉(1988): 品質アップの野菜施肥. 農漁村文化協會. 享有堂. 東京, p 228
  15. Przemecck, E.(1994): Nitrat Bestimmung. In: Biochemishes und Ernährungsphysiologisches Praktikum. Institut für Agrikulturchemie der Universität Göttingen. pp 7-10
  16. Rauter,W. and Wolkerstorfer,W. (1982): Nitrat in Gemüse. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 175:122-124
  17. WHO Technical Report Series 859. Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants. 44th report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. World Health Organization. Geneva 1995