

유기농법 실시농가를 위한 토양진단 최적 유기질비료 시비법

손상목* · 김영호** · 박양호**

(*단국대학교 한국유기농업연구소 소장¹⁾ · **단국대학교 한국유기농업연구소 연구원)

Site- and Crop- Specific Fertilization Recommendation by Soil Nitrate Testing for Organic Farming

Sang-Mok Sohn*, Young-Ho Kim**, Yang-Ho Park**

*, ** Research Institute of Organic Agriculture Dan Kook University, Cheonan 330-714, Republic of Korea

적 요

한국유기농업이 안고 있는 가장 큰 문제점중의 하나는 “유기질비료는 얼마를 사용해야 하는냐”이다. 왜냐하면 그동안 유기질비료 과다사용으로 인한 유기농가 토양의 염류집적과 그로 인한 질산염, 인산염 용탈 문제가 제기되어 왔기 때문이다. 본 연구는 유기농법을 실시하는 농가포장에서 최적유기질비료의 사용량을 어떻게 결정해야 하는지를 규명하는 것에 목적을 두고, 토양질산염진단법에 의한 시비처방의 결과 유기질비료를 사용하지 않아도 된다는 판단에 따라 무비구와 관행 사용량을 시비하는 보비구를 두고 천안의 유망작목반 오이재배 포장에서 실시되었다. 토양진단에 의한 시비처리구(무비구)에서의 전기전도도(EC), 질산태 질소함량 등이 보비구에 비해 근권깊이별로 큰 차이가 나타났다. 0-30cm 표토의 경우 무비구에서의 EC값이 1mS/cm 내외를 유지하였으나 보비구의 경우 1.15mS/cm에서 시용2주만에 2.4mS/cm로 급상승하였다가 이후 1.7-1.9mS/cm 정도를 유지하였다. 한편 30-60cm 심토내 EC값은 표토와는 달리 시용 2주후에 이르러 차이가 나타나다가 시용 4주-8주경에 약 0.5mS/cm내외의 차이를 유지하였다. 근권토양중 질산태질소 함량은 무비구와 보비구의 0-30cm 표토에서 3월 21일경 450ppm을 초과하는 엄청난 양을 나타냈으나, 30-60cm심토층으로 서서히 이동하는 양상을 3월-4월의 경시적 변이를 통해 알 수 있었다. 즉 다년간에 걸쳐 연3작 오이를 재배하면서 매 작기때 마다 사용한 퇴비의 영양성분이 토양에 잔류되고 있어, 무비구에서조차 질산염이 지하로 용탈되어 지하수오염을 일으키고 있음을 보여 주고 있었다. 오이 수량은 노균병이 발생한 4월 7일 이전까지는 오히려 무비구가 보비구에 비해 수량이 월등히 많았으며, 노균병 발생후에도 무비구에서의 수량이 보비구에 비해 조금 많았다. 따라서 현재와 같은 작목별 고정 추천시비량에 의한 시비법보다는 토양진단을 통한 포장별 작목별 추천시비량 계산후 토양비옥도를 감안하여 최적시비량을 가감하여 결정하는 방법이 가장 합리적인 것으로 제안되었다.

1) 유기농업협회와 단국대학교간의 협약에 의해 단국대학교내에 설립된 유기농업분야 산학협동연구기관임.
330-714 충남 천안시 안서동 산29. Tel: 0417-550-3633, Fax: 563-1618, E-mail: dksohn@yahoo.com

1. 서론

유기농업에 참여하고 있는 농가의 수는 정부의 여러가지 지원책과 다수 국민의 관심 속에 최근 비약적으로 늘어나고 있다. 그러나 한편으로는 일부 뜻 있는 유기농업운동가들에 의해 주도되어 발전된 한국유기농업이 그동안 자연과학적인 기술검증 없이 유기질비료만으로 작물을 재배하는 것으로 오인되어 왔고, 그 결과 한국유기농업은 ① 유기농법 재배 채소의 고 질산염 함량, ② 유기농법 실시 토양의 높은 염류집적 현상, ③ 유기농법 농가토양에서의 질산염 용탈로 인한 지하수 오염 위험성 등 많은 문제점을 안고 있다는 지적^{16, 19, 21)}이 있어 왔다.

이와 같은 일련의 한국유기농업의 문제점은 근본적인 문제점이 한국유기농업이 「국제유기농업 기본규약」의 「토양비옥도 증진을 위한 최저요구사항」에 나타난 윤작체계 도입, 녹비작물과 두과작물의 재배, 적정 가축마릿수 사양을 통한 가축분뇨 사용, 토양진단에 의한 최적시비 등과 같은 핵심기술들을 수용하지 않고 유기질비료 사용에만 의존하는 유기질비료 농법을 고집해 오고 있었다는 데 있다. 한국유기농업에서는 유기농법은 화학농법과 달리 유기질비료만을 사용하여 작물을 재배함으로써 전혀 환경친화적이며, 유기질비료는 화학비료와는 달리 아무리 많은 양을 사용하더라도 전혀 해가 없고 오히려 작물과 토양에 좋을 것이라는 인식이 한때 전 유기농가에 지배적으로 퍼져 있었다. 이러한 그릇된 편견이 유기농업토양의 염류집적과 작물 수량성 저하를 야기하는 주원인이 되어 왔던 것이다. 그러나 최근에 이르러 유기농가에서 관행적으로 이루어지는 유기질비료의 과다투입은 유기농업계가 가장 시급히 해결해야 할 과제라는 인식이 점차 확산되고 있다.

유기농법을 다년간 실시해온 유기농가포장에서 작물재배를 위해 유기질비료를 얼마나 사용하여야 하는가를 알 수 있는 방법은 아직까지 개발되어 있지 않다. 물론 관행농업 포장에서 유기질비료 시험이 일부에서 실시된 것이 있다고는 하나, 유기질비료만을 다년간 사용해 온 유기농업 토양조건에서 유기질비

료 최적시비시험이 이루어진 것은 전혀 없었다.

유기농업에 종사하는 많은 독농가들이 호소하고 있는 가장 큰 애로사항은 10a당 2-5t까지 사용해야 하는 유기질비료의 구입 또는 생산비용이 막대할 뿐만 아니라 또한 유기질비료는 부피가 커서 운반에도 비용이 많이 든다는 점이다.

그러나 우리나라에서는 토양진단을 통해 유기질비료를 얼마나 사용하는 것이 가장 적절한 것인지에 대해서는 전혀 알려진바가 없이 유기질 비료는 많이 사용할수록 좋다는 막연한 믿음만이 일반적으로 통용되어 왔던 것이다. 따라서 유기농업을 실시하는 독농가들은 값비싼 유기질 비료를 다량 사용하는 것이 관행으로 되어 왔고 유기물을 다년간 다량 사용하여 유기물 함량이 높을수록 유기농업을 완전하게 실시한 것처럼 생각해 왔던 것도 사실이었다. 즉 적정 유기물 사용량에 대한 개념이나 사용량 규명 연구, 또는 환경 영향 평가²⁾가 전혀 이루어지지 않은 채 경험에 의한 개별 유기농가의 유기물 사용이 여태껏 실시되어 왔던 것이다.

토양질산염진단에 의한 최적 유기질비료 사용량 결정방법^{2, 3)}은 미국과 독일을 비롯한 선진농업국에서 개발되어 농가에서 사용되고 있는 실용화된 최적시비기술이나 아직까지 국내 유기농업계에서는 이를 적용하지 못하고 있었다. 토양질산염진단법에 의한 최적시비기술은 일거에 유실될 가능성이 있는 무기질비료 의존 관행농법에서 보다 유기질비료의 무기화물에 의한 질산염 공급이 지속적으로 유지되는 유기농법 토양 및 시비조건에서 그 정확성이 높다고 알려져 있다⁶⁾.

이에 본 연구는 유기농업을 실시하고 있는 농가포장에서 근권깊이별 무기태질소함량을 조사 분석함으로써 질산태질소의 동태와 작물체 흡수이용량 그리고 수량과의 관계를 검토함으로써 토양진단에 의한 최적 유기질비료시비법의 가능성을 검토하고자 한다. 본 연구의 결과, 환경에 부하를 주지 않고 고수량도 확보할 수 있는 토양진단에 의한 최적 유기물 투입량의 우수성이 입증되면 국내 유기농업을 보다 지속적 환경보전형으로 정착시키고 유기독농가에게도 유기물 적량 사용을 유도함으로써 그 비용을 절감케

이 사용해도 된다는 것은 잘못된 시비관리법이 된다. 그렇다고 관행농법에서 사용하는 유기물함량에 근거한 시비량 계산법을 따르는 것도 많은 무리가 있을 수 있다^{6, 14)}. 유기질비료를 다량으로 다년간 사용해온 유기농가에게 알맞는 유기농업용 최적시비법이 개발되어 보급되어야 한다.

그러나 이제까지 우리나라 유기농가들에서는 초창기에 유기농업협회에서 유기질비료는 화학비료와는 달리 많이 사용하면 많이 시용할수록 좋다는 다다이선적 인식에서 되도록 많은 양의 유기질비료를 사용할 것을 권장하여 왔다. 그러다가 90년대초에 이르러 국내채소의 고질산염 함량이 밝혀지고 관행농법 재배 엽채류보다 유기농법 재배 엽채류의 고질산염 함량이 문제시 되면서, 그리고 유기농가 근권토양의 고질산염 함량 및 염류집적 현상이 알려지면서 유기농가는 유기질비료 시용량을 줄여 나가기 시작 했다. 유기농업협회도 유기질비료의 추천시용량을 다다이선이라고 한 초기의 권장량을 후퇴시켜 8t/10a으로 줄

였다가, 다시 5t/10a으로 낮추고 최근에는 2t/10a으로 낮추어 발표하고 있다.

유망작목반의 반원이 경작중인 7개 포장의 토양분석 결과 표 2에서 알 수 있는 바와 같이 지난 5년간 총13-15회의 유기농법적 오이재배를 통해 전기전도도(EC)가 0.602~1.231ds/m 수준으로 염류집적이 상당한 정도로 진행되어 있으며, 질산태질소함량과 인산함량도 각각 101~241ppm, 641~1115ppm으로 상당히 높았음을 알 수 있었다. 이같은 토양진단 결과에 따른 유기질비료 시비량 결정과정에서 추가적인 유기질비료 사용 없이도 무난히 오이재배가 가능하다는 판단하에, 유기질비료를 사용하지 않는 무비구와 각 농가가 이제까지 사용해온던 유기질비료 사용량을 이번 작기에도 그대로 사용하는 관행적 퇴비시용구를 두고(표 1 참조) 토양진단에 의한 최적시비법에 대한 실증적 평가를 하기 위해 각 처리구별로 오이의 생육과 수량 및 토양내 전기전도도, 질산태질소함량, 엽중 엽록소 함량등에 관해 조사하여 비교 검

Tab. 2. Chemical property of different organic farming site for the experiment in "Yoomang" cultivation group of Cheonan area.

Farming site	Chemical property of experimental site of organic farmer						
	pH (1:5 H ₂ O)	EC (ds/m)	OM (%)	T-N (%)	NH ₄ -N (ppm)	NO ₃ -N (ppm)	P ₂ O ₅ (ppm)
I (Lee, CW)	6.15	1.231	7.9	0.23	9	241	785
II (Park, GS)	6.26	1.072	9.5	0.37	17	149	1047
III (Park, JS)	6.37	0.602	6.5	0.21	14	101	641
IV (Jeon, J K)	6.60	0.876	7.9	0.30	9	153	1115
V (Lee, JW)	6.42	0.998	7.4	0.18	17	112	758
VI (Lee, TW)	6.25	0.918	7.0	0.20	6	170	941
VII (Lee, DW)	6.12	0.484	8.2	0.24	8	117	919

토하기로 하였다.

토양분석결과중 재배관리가 잘 되고, 수량조사등이 가장 정확하게 이루어진 이창원씨 포장의 경우, 시비

처리수준간 토양 화학성분의 경시적 변이를 살펴보면 다음과 같았다. pH의 경우 그림 1에서 알 수 있는 바와 같이 표토와 심토에서 그리고 무비구와 관행적

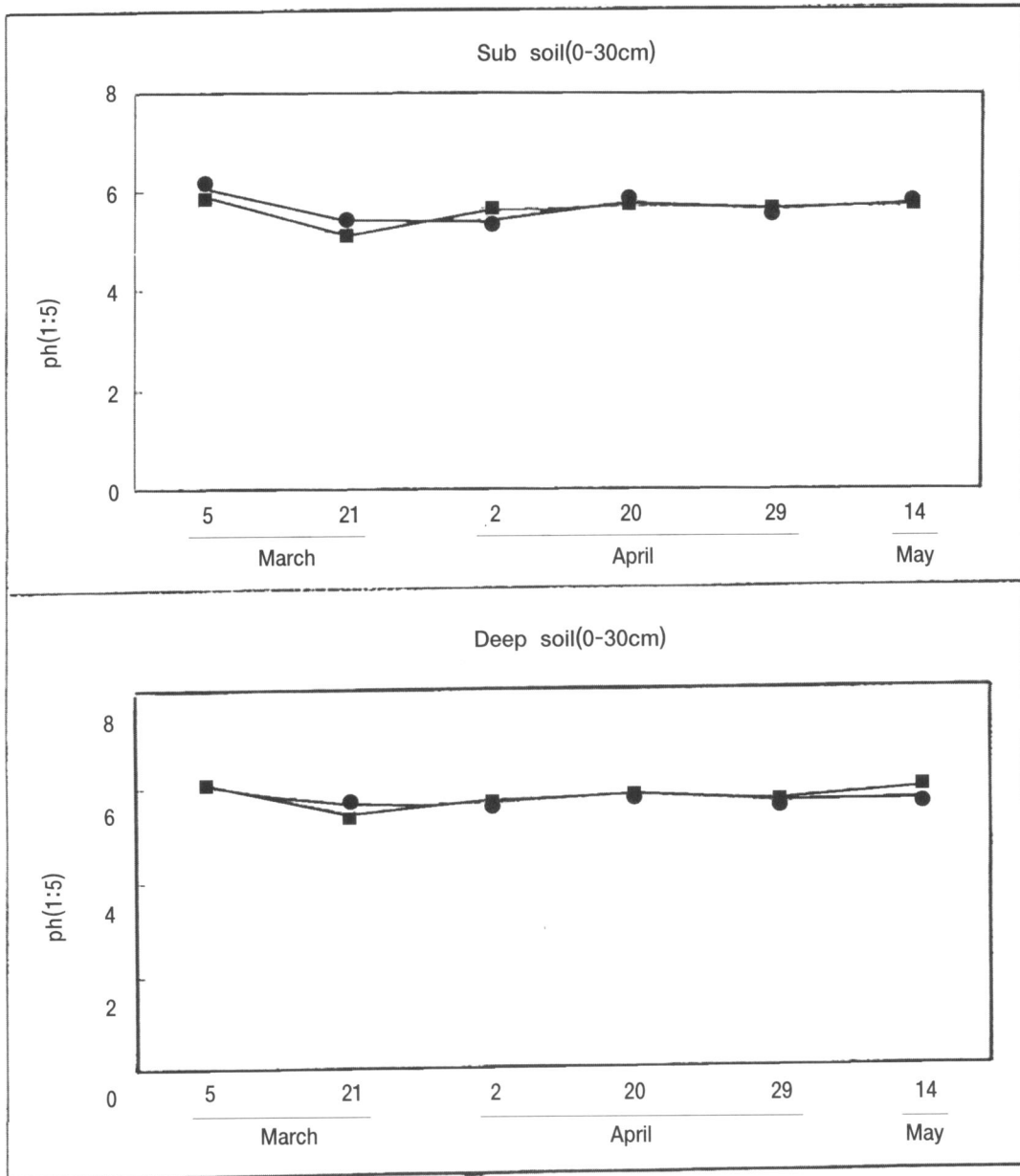


Fig. 1. The changes of pH value in top and deep soil of organic farming experiment sites.

- Plot I : Usual rate of compost application
- Plot II : Non-application after soil test

퇴비시용구의 처리간에 거의 차이가 없었다. 3월초부터 5월 중순까지의 토양의 pH는 대개 6내외로 당 작기의 유기질비료 시용 유무와 관계없이 일정한 수치를 유지되었다.

다만 염류집적 정도를 나타내는 EC의 경우 그림 2에서 보는 바와 같이 근권깊이별로 큰 차이가 나타났다. 0-30cm깊이 포토의 경우 퇴비를 사용하지 않은 무비구(0t/ha)에서 EC값이 1mS/cm 내외를 유지하였

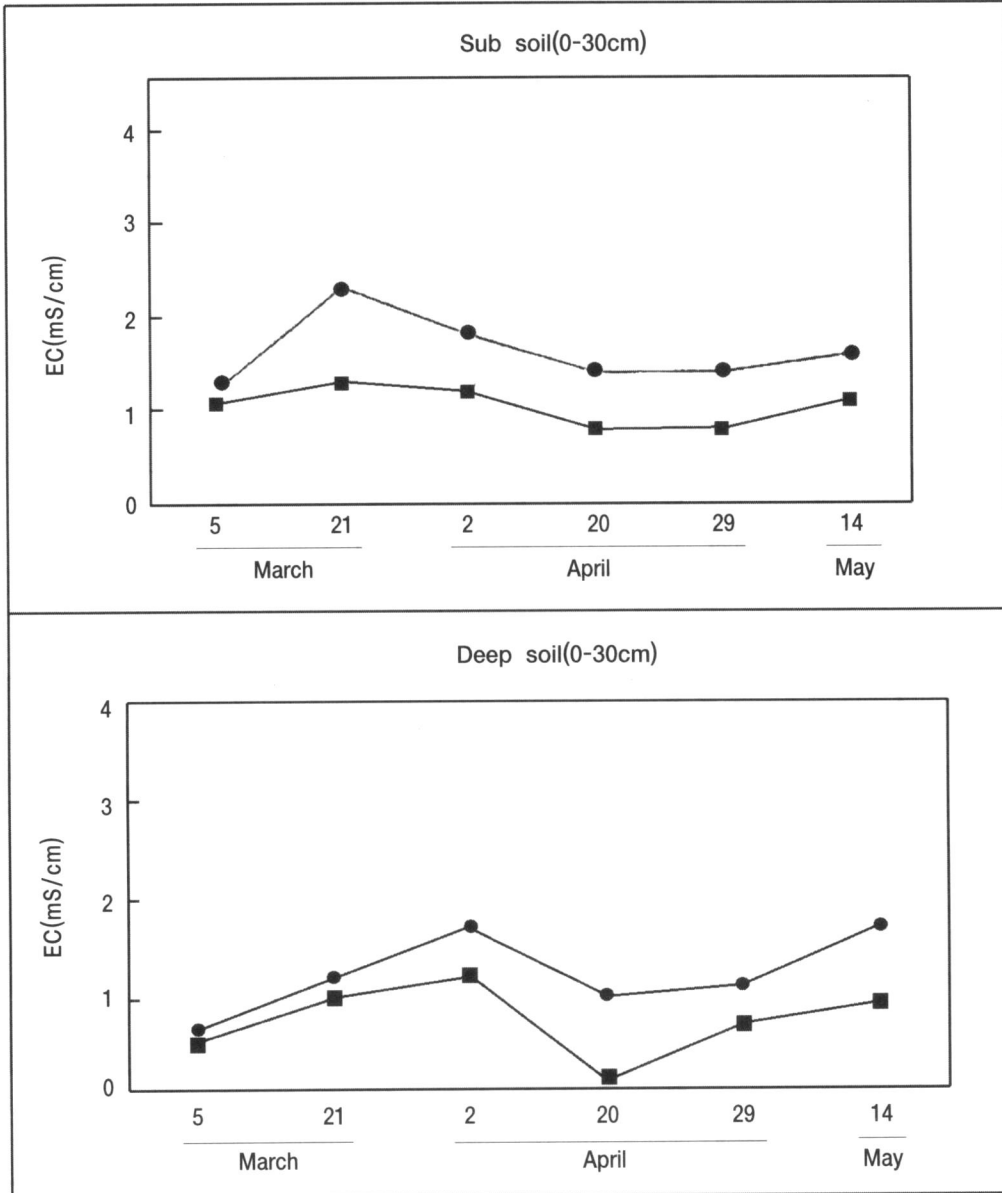


Fig. 2. The changes of EC value in top and deep soil of organic farming experiment sites.

Plot I : Usual rate of compost application

Plot II : Non-application after soil test

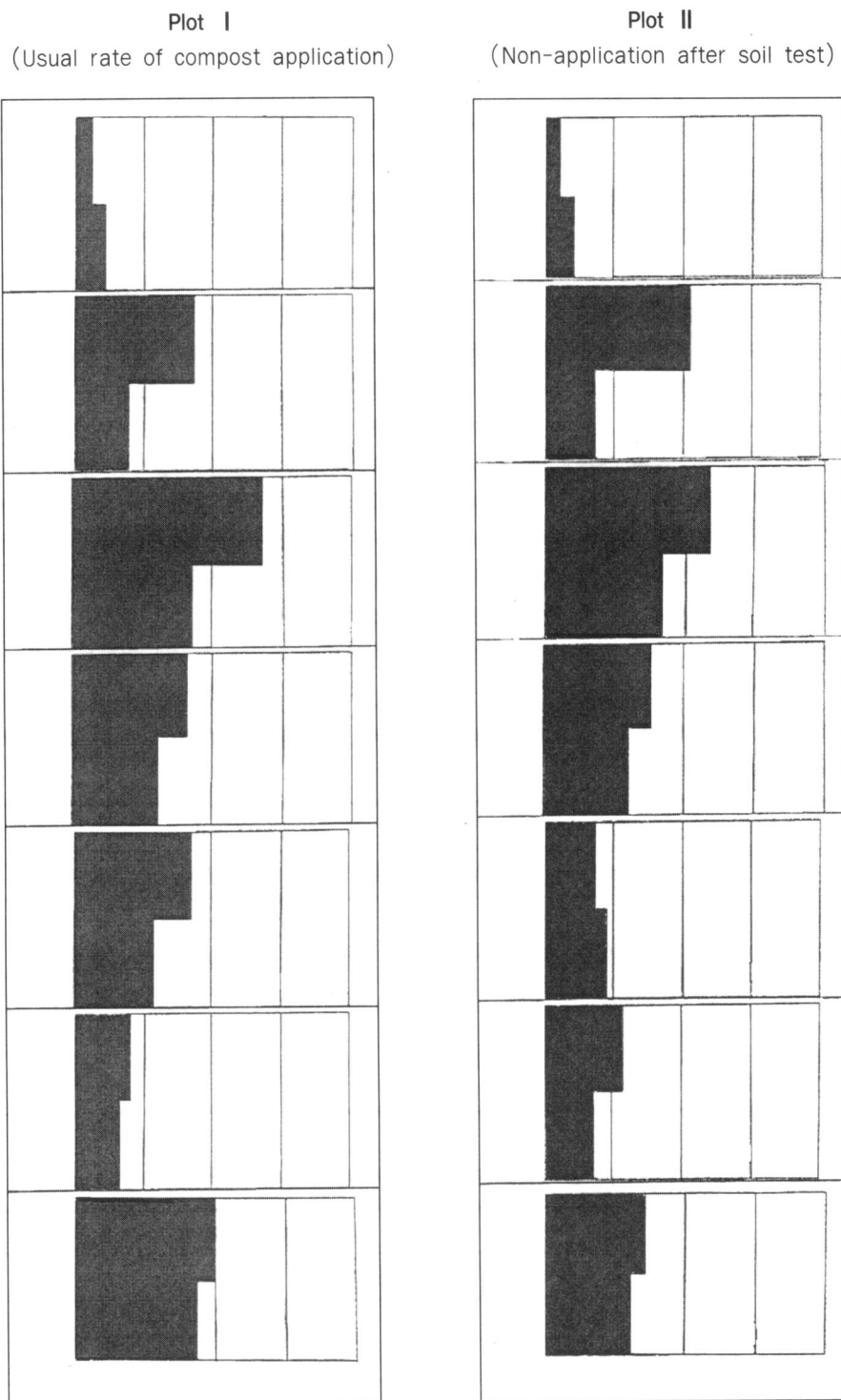


Fig. 3. The changes of nitrate-nitrogen in top and deep soil of organic farming experiment site.

으나 농가에서 이전까지 사용해오던 퇴비량을 관행적 퇴비사용구(60t/ha)의 경우 1.15mS/cm에서 시용2주만에 2.4mS/cm로 급상승하였다가 이후 1.7~1.9mS/cm 정도를 유지하였다. 한편 30-60cm깊이의 심토내 EC 값은 표토와는 달리 시용 2주후에 이르러 차이가 나타나다가 시용 4주~8주경에 큰 차이(약 0.5mS/cm)를 유지하였다. 이같은 염류집적 경향도 유기농업토양에서 나타나는 높은 전도도가 높다는 보고와 거의 일치하는 경향이였다¹⁶⁾.

그림 3은 토양층의 근권깊이별 질산태질소 함량 변이 추세를 경시적으로 나타낸 것이다. 무비구와 관행적 퇴비사용구의 0-30cm 깊이 표토에서 3월 21일경 450ppm을 초과하는 엄청난 량을 나타내 과다한 질소 성분이 근권층에 존재하였음을 나타내 주었다. 이같은 0-30cm 표토층에 존재했던 과다한 양의 질산태질소는 30-60cm 심토층으로 서서히 이동하는 양상을 3월~4월의 경시적 변이를 통해 알 수 있었다. 이같은 사실은 지난 4년간에 걸쳐 3작기 오이를 재배하면서

매 작기때마다 관행적으로 사용해온 퇴비성분이 토양 근권층에 많이 남아 있어서 퇴비를 사용하지 않은 관행적 퇴비사용구에서조차 질산염이 지하로 용탈되어 지하수오염을 일으키고 있음을 보여 주는 것이었다. 유기농법 시행 토양에서의 이같은 질산염용탈 가능성은 관행농법 토양에 비해 유기농법 토양에서 더욱 심하다는 이전의 보고와 일치¹⁶⁾하는 것이었다.

지상부로부터 약 80cm높이의 완전전개엽 20개를 대상으로 엽록소 함량을 측정 한 결과는 표 2와 같다. 유기질비료를 사용하지 않은 무처리구와 관행적 퇴비사용구에서의 차이는 없는 것으로 나타났다. 2월 2일, 3월 21일, 4월 1일 및 4월 20일에는 토양진단에 의해 유기질비료를 사용하지 않은 무처리구에서 엽중 엽록소 함량이 높았으나, 5월 5일과 4월 30일에는 유기질비료를 관행적으로 사용한 양만큼 사용한 관행적 퇴비처리구에서 높았기 때문이다. 이것은 유기질비료를 사용하지 않은 무처리구에서 생육한 오이 식물체도 엽록체 함량에 있어서는 유기질비료를 시

Tab. 3. Chlorophyll contents of cucumber leaves grown in organic farming site by different fertilization rate of compost.

Compost application rate	Chlorophyll content					
	2nd Feb	5th March	21st March	1st April	20th April	30th April
Plot I (Usual rate of compost application)	46.3	42.8	45.9	52.4	60.1	64.8
Plot II (Non-application after soil test)	48.1	41.7	46.26	57.1	61.4	61.9

Tab. 4. Plant height of cucumber grown in organic farming site by different fertilization rate of compost.

Compost application rate	Plant height (cm)	
	5th March	21st March
Plot I (Usual rate of compost application)	86.2	171
Plot II (Non-application after soil test)	87.3	169

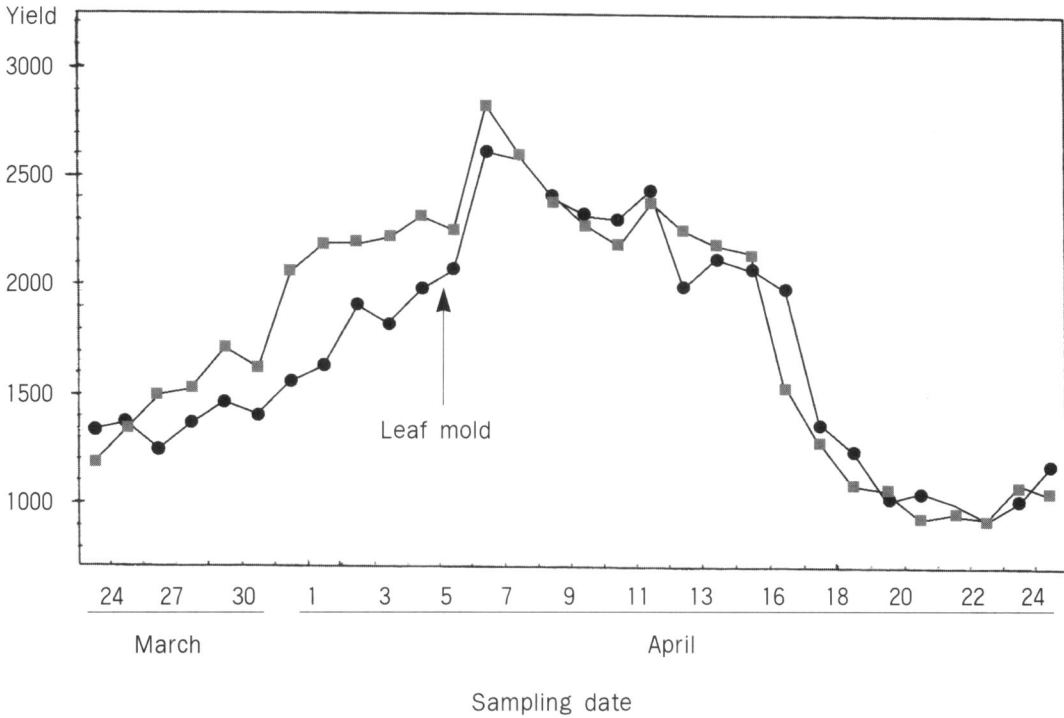


Fig. 4. Cucumber yield of organic farming by the sampling dates as affected by different application rate of compost.

- Plot : Usual rate of compost application
- Plot : Non-application after soil test

용한 관행적 퇴비시용구에서 오이와 거의 차이가 없는 상태라는 것을 보여주고 있다. 따라서 토양진단 결과에 따라 유기질 비료 시용을 하지 않은 처리구에서의 오이 생육이 초장이나 엽록소 함량 측면에서 살펴볼 때 아무런 질소결핍 증세를 나타내지 않음을 확인할 수 있었다.

(2) 오이 생육과 수량

보비구와 무비구의 오이 수량을 살펴보면 노균병이 발생한 4월 7일 이전까지는 오히려 무비구가 관행적 퇴비시용구에 비해 수량이 월등히 많았음을 알 수 있다. 노균병은 무비구쪽 포장에서 발생하기 시작하여 약 2/3정도의 면적에서 심하게 발생하였으며 관

행적 퇴비시용구는 1/2의 면적에서 경미한 발생이 있었다. 병충해 확산을 방지하기 위해 부득이 4월중순경 약제를 살포하였다.

무비구의 병발생이 심했음에도 불구하고 노균병이 확산된 4월 9일 이후부터 오이 수확이 끝난 4월 하순까지의 오이수량은 보비구와 관행적 퇴비시용구의 차이가 거의 없었다. 유기질비료를 시용하지 않은 무비구에서 노균병의 발생이 없었다라고 가정한다면 토양진단에 의해 최적시비를 실시한 관행적 퇴비시용구에서의 오이수량은 훨씬 이보다 많았을 것이라고 판단되었다. 4월 이전까지의 무비구와 관행적 퇴비시용구의 수량만을 비교한다면 그 차이는 약 13% 정도 토양진단에 의한 무비구가 관행적 퇴비시용구에서보다 많았다.

한편 출하초기의 오이 가격이 높았던 점과 퇴비를 투입하지 않은데 따른 비용절감 등을 감안한다면 농가에게 돌아오는 순이익은 이보다 훨씬 더 높을 수 있는 것으로 판단되었다. 그러나 무엇보다 토양진단을 통해 최적시비를 할 경우 토양의 염류집적을 미리 방지할 수 있고 또한 질산염과 인산염으로 인한 수질오염 등을 예방할 수 있다는 점도 간과해서는 안된다.

이상의 결과들은 토양진단에 의한 최적시비법을 유기농가가 적용해 나갈 때 유기농법의 환경친화적인 기능 수행에서 뿐만 아니라 농가가 가장 예민하게 반응하는 수량성 측면에서도 기존의 관행적 시비법보다 우수할 수 있다는 것을 실증하는 것이다.

IV. 유기농가를 위한 토양진단과 최적 유기질비료 시비법

유기질비료를 사용하여 작물을 재배하는 유기농법이 환경친화적이 아닐 수 있다는 연구결과가 최근 보고된 바 있다. 다량의 유기질 퇴비를 사용할 경우 토양에 과잉의 무기성분이 집적되어 나타나는 염류 집적현상이 나타날 뿐만 아니라 질산태질소가 토양으로 용탈되어 지하수를 오염시킬수 있다는 보고도 있고, 또한 과도한 질소질비료 사용시 수확후의 채소의 가식부위내에 질산태질소가 많이 남아 있어 사람의 건강에 해로울 수 있다는 것이다²¹⁾.

따라서 작물의 수량을 정상적으로 유지하면서 환경(토양, 수질)에 부하를 주지 않고 질산염함량이 낮은 안전한 농산물을 생산할수 있는 최적 유기질비료 사용량을 구명해 내는 과학적인 토양진단 방법이 한국 유기농업에서 가장 절실히 요구되는 현장애로기술 중의 하나가 되어 왔다.

유기농업협회는 유기농법으로 재배된 채소의 고질산염 함량이 알려지면서 이를 방지하기 위해 다다익선적 유기질비료의 추천시비량을 최근에는 2t/10a까지 하향조정하기에 이르렀다. 그러나 실제 농가포장에서는 농민들은 과연 얼마만큼의 유기질비료를 사용하여야 가장 알맞는 시비처방이 될 것인지를 정확히 알수 없어 몰라 고민하고 있으며, 아직도 많은 농민들은 기존과 같은 경험에 의한 유기질비료 사용량 결정방법에 따르고 있는 것으로 알려지고 있다.

독일의 경우 최적시비량을 결정할 때 점토함량, 유기물함량, 토양산도와 같은 토양화학적 특성과 토양미생물의 활력, 근의 신장력, 근근깊이, 보수력과 같은 토양물리적 특성을 고려하여 토양비옥도를 척박/비옥 수준에 따라 5개 등급으로 나누어 유기질비료의 무기성분 공급량을 전체 시비량에서 가산 또는 감산하여 결정하는 방법을 채택하여 왔었다⁶⁾. 미국에서도 시비량을 결정할 때 토양비옥도에 따라 토양을 4개 등급으로 나누어 적용하고 있다^{4, 7)}.

이 방법과 같이 최적시비량을 결정할 때는 표 5에서와 같이 우선 토양의 물리적 특성, 화학적 특성 그

Tab. 5. Nitrogen fertilization recommendation by soil fertility level for organic farming

Soil fertility level*	Recommendation rate for nitrogen fertilization (N kg/10a)
VH	16
H	18
M	20
L	22
VL	24

* Soil fertility level based on chemical, physical and biological factors of the organic soil, and VH represents for very high, H for high, M for moderate, L for low, and VL for very low respectively.

리고 미생물적 활력 등을 고려하여 토양을 5개 등급으로 분류한 후 토양 등급에 따라 최적시비량을 10-20% 정도를 가감하는 것은 현재 우리나라 유기농업에서 권장되고 있는 고정된 2t/ha 추천시비량 시비법 보다는 일견 진일보된 것으로 생각할수 있다. 이 시비법의 원리를 따를 경우 토양비옥도(물리적, 화학적 및 미생물적 요소를 모두 포함하는 유기농업 토양의 토양비옥도 척도를 말함)를 기준으로 과부족(--), 부족(-), 적정수준, 과다(+), 중과다(++) 등 5개 등급으로 나누고 각 등급별로 10-20%씩의 질소시용량을 가감하여, 20kg N/10a의 유기질비료 시용이 희망 작물재배의 추천시용량인 경우, 표 5에서 보는 바와 같이 토양비옥도가 과부족한 농가토양의 경우 20%를 추가하는 24kg N/10a를, 토양비옥도가 부족한 농가토양의 경우 22kg N/10a를, 적정수준의 토양비옥도를 갖고 있는 농가포장은 20kg N/10a를, 토양비옥도가 과다수준인 농가포장은 18kg N/10a를, 토양비옥도가 지나치게 높은 토양의 경우 16kg N/10a를 사용하는 것이 되겠다.

한편 최근 독일과 미국에서는 이같은 시비법에서 더 발전된 토양질산염진단법이 개발되어 보급되고 있다¹¹⁾. 작물재배 직전에 토양진단을 실시하여 토양의 무기태질소 공급량을 평가한 후 이를 토대로 재배 희망작물이 필요로 하는 질소요구량과의 차이를 계산해 그 부족분을 유기질비료의 형태로 시비하는 토양질산염진단법에 의한 최적시비가 광범위하게 실시되고 있다. 이같은 토양질산염진단법에 의한 최적시비를 미국에서는 PSNT법(Pre-sidedress Nitrate Test)이라고 하고¹³⁾, 독일에서는 N_{min}법(N mineralization method)이라고 하나 그 토양진단과 시비원리는 대동소이하다고 볼 수 있다^{5, 15, 17)}.

N_{min} method에 의한 최적시비법의 원리는 표 6과 표7에서 보는 바와 같이 재배 희망작목과 포장의 토양비옥도에 따라 정해지는 N_{min} 시비목표치(Site- and crop-specific fertilization target value)에서 근권토양내 N_{min}값을 빼주고 그 차이에 해당하는 질소량을 유기질비료의 형태로 사용하는 것이다²²⁾. 재배 희망작목과 포장의 토양비옥도에 따라 정해지는 N_{min} 시비목표치는 수량의 최대확보와 NO₃ 용탈의 최소화의 두 가지 측면을 고려하면서 결정되는 것이다. 만약 시비목표치보다 근권토양의 N_{min}값이 더 많을 때에는 작물체가 생육하는 동안 필요로 하는 질소 영양분 이상으로 많은 양의 질소가 이미 근권토양중에 존재하고 있다는 것을 의미함으로써 작물재배전의 추가적인 기비나 추비의 형태의 시비가 필요없다는 것으로 해석할 수 있다.

이같은 토양진단에 의한 최적시비법은 잠재적 무기화 질소(Potential mineralizable nitrogen)를 토대로 하는 예측치에 근거하는 토양비옥도(또는 유기물함량)에 의한 시비법보다 정확도가 높다고 알려져 있는데 이는 토양진단 최적시비법이 토양중의 무기태 질소함량을 파악하는 실측치에 근거하면서 토양의 비옥도와 작물의 양분요구도 등을 고려하고 있기 때문이라고 볼 수 있다.

토양진단에 의한 최적시비법을 토양비옥도 등급에 의한 시비량 조절과 연계시켜 실시한다면 더 좋은 결과를 기대할수도 있다고 사료된다. 즉 표 8에서 볼 수 있는 바와 같이 유기농가 포장별로 그 토양의 물리적(사질 및 점토함량, 입단 형성정도, 보수력, 근권 토양의 깊이 등), 화학적(EC, CEC, pH, 무기영양분, 중금속 등), 미생물적(효소활성도, 미생물 밀도 등) 특성과 농가의 재배 희망작물의 질소요구도를 고려

Tab. 6. Determination principle of fertilization rate by Nmin target value¹⁸⁾

Determination principle of Nmin method	Crop (eg. vegetable which has a high target value)
Target value before cultivation	20
Amount of Nmin in the rhizosphere	9
Actual N fertilization rate for crop cultivation	11

하여 질소비료목표치를 설정한 후 유기농가 포장별 토양시료의 무기태질소함량에 대한 분석한 결과를 빼준 값을 산출하여 유기질비료의 형태로 사용하는 것이다. 우선 유기농법을 실시하는 농가포장의 토양을 토양비옥도에 의해 4-5개 등급으로 구분하고 척박/비옥도 수준에 따라 토양진단에 의한 질소비료목표치를 산정하고 유기질 비료의 사용량을 가산 또는 감산하여 사용하는 방법으로 보다 합리적인 방법이

라고 할 수 있다. 그러나 유기농법 실시 농가 포장의 토양비옥도를 우리나라 실정에 적절하게 구체적으로 어떤 수치에 따라 등급화해 나갈 것인지는 앞으로 연구해야 할 과제라고 생각된다.

우리나라에서와 같이 유기농업 원예생산 활동의 대부분이 이 강우가 차단된 비닐하우스 조건하에서 이루어지고 있는 조건에서는 유기질비료가 분해되어 작물체가 흡수이용할 수 있는 무기태질소로 변환되는데

Tab. 7. Crop-specific nitrogen target value by soil testing(N_{min} method) for organic farming by different nutrient need of crops

Crop-specific nitrogen target value(N _{min}) by soil nitrate testing		
High target value* (N min value + N fertilization, kg/10a)	Medium target value** (N min value + N fertilization, kg/10a)	Low target value*** (N min value + N fertilization, kg/10a)
30	20	10
rape, broccoli, radish, chinese cabbage, lettuce	maize, wheat, spinach, leek	soybean, pea

* High target value, medium target value, low target value based on the nitrogen need of crop

Tab. 8. Site- and crop-specific fertilization target value by soil testing(N_{min} method) for different crops (different N min target value) and different soil fertility levels in organic farming

Application target rate by the nutrients need of crop Soil fertility level*	Site- and crop-specific fertilization target value by soil testing		
	High target value (N min value + N fertilization, kg/10a)	Medium target value (N min value + N fertilization, kg/10a)	Very low target value (N min value + N fertilization, kg/10a)
	rape, broccoli, radish, chinese cabbage, lettuce	maize, wheat, spinach, leek	soybean, pea
VH	22	12	2
H	26	16	6
M	30	20	10
L	34	24	14
VL	38	28	16

* Soil fertility level based on chemical, physical and biological factors of the organic soil, and VH represents for very high, H for high, M for moderate, L for low, and VL for very low respectively

영향하는 각종 인자¹²⁾들에 의한 무기화작용 속도의 차이가 노지조건에 비해 크지 않고, 더욱이 강우로 인한 질산염용탈의 가능성은 그리 많지 않다고 사료되기 때문에 노지조건에 비해 토양진단에 의한 최적 시비기술의 적용의 타당성이 높다고 사료된다.

V. 결론

토양진단에 의한 시비처리구(무비구)에서의 생육과 수량이 관행적 퇴비시용구에 비해 약 13%정도 많았을 뿐만 아니라 각종 토양의 화학적 성질의 개선에도 효과적이었다. 즉 무비구에 비해 관행적 퇴비시용구 토양의 전기전도도(EC)가 상승하여 유기질비료 시용에 따라 염류가 집적되고 있음을 나타냈다. 또한 근권토양의 질산태질소 함량도 무비구의 표토에서 생육 초기에 450ppm을 초과하였다가, 이후 심토층으로 서서히 이동하는 양상을 나타내 현재와 같은 작목별 고정 추천시비량에 의한 시비법보다는 토양진단을 통한 포장별 작목별 추천시비량 계산후 토양비옥도를 감안하여 최적시비량을 결정하는 방법이 환경보전 측면에서도 가장 합리적인 것으로 제안되었다.

토양진단에 따른 최적시비법은 현재의 작목별 고정 추천시비량 시비법에 비해 다음과 같은 몇가지 실질적 효과를 기대할 수 있다. 적정 유기질비료의 시용량을 각 필지별로 보다 정확함으로서 유기농업 독농가들의 가장 큰 애로사항중의 하나인 막대한 유기질 비료의 생산비(또는 구입비)를 줄여 비용절감 효과를 기대할 수 있고, 최적 수준의 유기질비료의 시용을 각 필지별로 가능케 함으로서 유기질비료 과다시용으로 인한 토양의 염류집적, 지하수 및 수질오염 등을 방지할 수 있다.

한편 토양질산염진단법과 토양비옥도에 의한 시비량 조절을 통한 최적 시비법은 포장별로 최적량의 시비량을 제시할 수 있다는 장점이 있는 반면, 개별 포장단위별로 매작기 직전에 토양시료를 채취하여 분석해야 한다는 번거로움이 있다. 그러나 유기농업이 추구하는 목표인 환경친화적인 기능과 안전농산물 생산 기능에 충실하고자 한다면 유기농가는 토양 질산염진단법에 의한 최적시비법은 마땅히 도입되어

실천해야 한다.

인용문헌

- 1) BML, 1994, Richtlinien fuer die sachgerechte Duengung, Ministry of Agriculture, Bonn, Germany.
- 2) 정길생, 손상목, 이윤건, 1996, 선진 유럽유기농업의 환경보전적 기능과 안전농산물 생산, 유기농업학회지 5(1): pp.45-66
- 3) Commonwealth of Virginia, 1995, Virginia Nutrient Management Standards and Criteria, DCR, Conserving Virginia's Natural and Recreational Resources, p.64.
- 4) Donohue, S. J. and Heckendorn, S. E., 1994, Soil Test Recommendations for Virginia, Virginia Cooperative Extension, Blacksburg, USA, p.155.
- 5) Kücke, M., Han, I. A. and Sohn, S. M., 1996, Implication of Examination of the Mineral Nitrogen Dynamics in Korea and Germany for N Fertilization Recommendations and Environmental Protection in Asia, Eds. Ishii, R. and Horie, T, Crop Research in Asia: Achievements and Perspective, Asian Crop Science Association, March 1996. pp.462-463.
- 6) Kücke, M., 1999, Personal communication, Institute of Crop Sciences, Federal Agricultural Research Centre, Braunschweig, Germany.
- 7) Magdoff, F., 1992, Building Soils for Better Crops, Organic Matter Management, University of Nebraska Press, USA, p.176.
- 8) Oshins, C., 1995, Strategies for Encouraging the Use of Organic Wastes in Agriculture, In: Agricultural Utilization of Urban and Industrial By-Products, ASA Special Publication 58: pp.73-86.
- 9) Piekielek, W. P. Fox, R. H. Toth, J. D. and Macneal, K. E., 1995, Use of a Chlorophyll Meter at the Early Dent Stage of Corn to

- Evaluate Nitrogen Sufficiency, Agronomy Journal 87(4): pp.403-408.
- 10) Piekielek, W. P. and Fox, R. H., 1994, Use of a Chlorophyll Meter to Predict Sidedress Nitrogen Requirements for Maize, Agronomy Journal 84(1): pp.59-65.
 - 11) Raupp, J., 1995, Main effects of various organic and mineral fertilization on soil organic matter turnover and plant growth, Fertilization Systems in Organic Farming, Publications of the Institute for Biodynamic Research, Vol. 5, p.58.
 - 12) Rice, C. W. and Havlin, J. L., 1994, Integrating Mineralizable Nitrogen Indices into Fertilizer Nitrogen Recommendations, In: eds, Havlin, J. L. and Jacobsen, J. S., Soil Testing: Prospects for Improving Nutrient Recommendations, SSSA Special Publication 40: pp.1-14.
 - 13) Schepers, J. S. and Meisinger, J. J., 1994, Fields Indicators of Nitrogen Mineralization, In: eds, Havlin, J. L. and Jacobsen, J. S., Soil Testing: Prospects for Improving Nutrient Recommendations, SSSA Special Publication 40: pp.31-48.
 - 14) 손상목, Kücke, M., 한인아, 1995, 질산태 질소의 보리 근권토양내 동적변화와 Nmin 토양진단법에 의한 적정 질소추비량 결정, 작물학회지 40: pp.185-194.
 - 15) 손상목, Alley, M. A., 1996, 적정질소시비를 위한 미국의 토양 질산염 진단법과 이용현황, 국제농업개발학회지 8(1): pp.24-33.
 - 16) 손상목, 김영호, 한도희, 1996, 관행농법, 시설재배 및 유기농법재배지 토양의 화학적 특성과 배추, 상추의 NO₃-집적량 차이, 유기농업학회지 5(1): pp.149-165.
 - 17) Sohn, S. M. and Kücke, M., 1996, Investigation on the Dynamic of NO₃ in Barley Rhizosphere and its Suitability for N-Fertilization Strategies and Environmental Control, Eds, R. Ishii and T.Horie, Crop Research in Asia: Achievements and Perspective, Asian Crop Science Association, March 1996, pp.460-461.
 - 18) 손상목, 1997, 질소영양 및 생리측정, 농업과학 기술총서 2집, 「작물재배생리의 이론과 실험」, 농촌진흥청, pp.595-640.
 - 19) 손상목, 정길생, 1997, 한국 환경농업의 성공적 정착을 위한 기술적 및 정책적 접근과제, 유기농업학회지 5(2): pp.13-36.
 - 20) 손상목, Kücke, M., 이윤건, 1997, E. coli cell을 이용한 식물체, 토양, 수질의 질산태질소 분석 방법, 한국토양비료학회 30(4): pp.361-369.
 - 21) Sohn, S. M. and Chung, K. S., 1997, Development, Issues and Prospects of Organic Agriculture in Korea, Journal of Korean Organic Agriculture 5(2): pp.71-84.
 - 22) Scharpf, H. C. and Wehrmann, J., 1991, Fachgerechte Stickstoffdüngung, AID 1017, Bonn / Germany, p.35.