

녹비의 토양환원에 따른 후작물 토마토 생육과 수량 반응

이인복* · 박진면 · 임재현 · 황기성

농촌진흥청 원예연구소 원예토양관리팀
(2006년 10월 13일 접수, 2006년 12월 15일 수리)

Growth and Yield Response of the Following Tomato Crop According to Incorporation of Green Manures into Soil

In-Bog Lee*, Jin-Myeon Park, Jae-Hyun Lim, and Ki-Sung Hwang (National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon, Korea)

ABSTRACT: The study was performed to investigate the effect of incorporation of green manures (GM) into a sandy loam soil for organic vegetable production in the condition of plastic film house, relating to growth and yield of tomato crop. Three species of GM as perennial ryegrass, sudangrass and soybean are cultivated during the rest time of summer season and incorporated into soil just after the harvest. Thereafter tomato crop was transplanted as the following crop to soil incorporated GM. Among GM, soybean was proper as GM crop for organic farming, due to the effect of yield increase by continuous supply of nitrogen on following the tomato crop. Yield of tomato crop after soybean incorporation into soil was 4.2 Mg ha⁻¹ similar to 4.4 Mg ha⁻¹ of N-P-K standard fertilization (conventional) treatment. But, perennial ryegrass and sudangrass were improper, because the biomass yield of perennial ryegrass was very low due to growth retardation by high temperature during summer season and soil incorporation of sudangrass as GM results in yield decrease of following the tomato crop caused by high C/N ratio of sudangrass itself. In conclusion, soybean incorporation into soil had advantage of producing conventional level on following the tomato yield and therefore it could recommend as GM for organic vegetable production.

Key Words: Leguminous plant, Nutrient balance, Nutrient availability

서 언

유기농업에 대한 농림부 품질기준(농림부령 제 1269호)에 따르면 유기농업이란 윤작을 하거나 유기질 비료의 투입 등으로 토양을 관리하며, 화학비료와 합성농약을 전혀 사용하지 아니하는 농법으로 정의하고 있다¹⁾. 그에 반하여 FAO/WHO Codex에서 규정하는 유기농업을 위한 경종관리 방법에서는 두과작물 및 녹비작물 재배 또는 심근성 작물의 윤작, 규정된 가축 사양두수에서 생산되는 분뇨나 퇴비 등과 같은 유기물질의 토양환원 등을 통하여 토양지력을 유지하도록 하고 있다. 손¹⁾에 따르면 국제유기농업과는 다소 차이가 있는 이러한 우리의 유기농업 정의는 자칫 유기농재배에 있어

윤작은 농가의 선택사항이며, 유기질비료를 사용하여 작물을 재배하는 것이 유기농법인 것으로 착각하게 한다고 하였다. 이를 반증하는 결과로서 유기질비료에 의존적인 토착 유기재배 농가들의 토양화학성을 살펴보면 일반적으로 토양 내 유기물 함량이 높고 질산염과 인산염의 축적^{2,3)}이 심각하며, 또한 손⁴⁾은 녹비작물의 재배 없이 유기질비료를 연용 할 경우 환경오염의 우려가 있다고 주장하였다. 그 때문에 유기농재배지 토양의 지력증진을 위해서는 녹비작물이나 심근성 작물을 적극 활용할 필요가 있다. 그러나 이러한 절실한 필요성에도 불구하고 유기농재배지 토양지력 증진을 위한 녹비활용에 관한 국내의 연구 자료는 드물다.

한편 시설원예재배지의 파채류는 봄과 가을작기 동안 연중 재배되며, 하우스 내 온도환경이 열악한 여름철 고온기와 겨울철 저온기에 각각 약 2개월간 작물재배를 하지 않는다. 이 중 겨울철 휴한기는 저온으로 인하여 녹비뿐만 아니라 모든 작물의 생육이 크게 제한된다. 따라서 유기농 파채류 생산을 위

*연락처:

Tel: +82-31-290-6223 Fax: +82-31-290-6259
E-mail: inboglee@rda.go.kr

한 녹비작물 활용시 중요한 핵심은 고온기인 여름 휴한기 동안(7~8월) 다량의 녹비를 생산할 수 있는 녹비작물을 선발하는 것이다. 또한 작물의 생육은 질소가 가장 큰 제한 인자로 작용하기 때문에 녹비작물로서는 두과 녹비작물이 유리하다. 두과작물은 질소성분을 다량 고정하여 토양 환원시 후작물 과채류에 필요한 질소를 지속적으로 공급할 수 있기 때문이다.

일반적으로 가장 자주 언급되는 두과 녹비류는 콩과 벼치류가 대표적이다. 콩은 광범위한 토양에서 잘 생장할 뿐 아니라 풍부한 질소를 고정하고, 벼치류(*Vicia villosa*)는 초세가 강하고 겨울철에 월동 가능할 뿐 아니라 효율적으로 질소를 고정하여 토양 내에서 질소의 용탈을 억제해 주기 때문이다⁵⁻¹³.

이러한 대부분의 녹비활용 연구는 광범위한 지역에서 재배되는 벼와 같은 작물에 집중 되어져 있다¹⁴. 비록 다양한 녹비작물들이 과채류 생산에 유망하다고는 하나 과채류 생산에 적용하기 위한 연구들은 불과 소수만이 수행되어져 왔을 뿐이다. Abudal-Baki와 Teasdale¹⁵은 두과 녹비를 토양환원 후 토마토를 재배하였을 경우 화학비료 관행구에 비교할만한 수량을 확보했다고 하였으나, Lennartsson¹⁶은 척박한 개간지의 경우 채소생산에 대한 녹비효과는 그다지 현저하지 않다고 보고하였다. 그럼에도 불구하고 녹비활용은 일반적으로 작물수량 증진에 현저한 효과가 있는 것으로 알려져 왔다^{17,18}.

그러한 관점에서 본 연구는 유기농 과채류 생산재배지에서 여름 휴한기 동안 재배 가능한 녹비작물을 선발하기 위하여 수행하였으며, 두과 및 화분과 등 3종의 녹비작물 재배하여 토양에 환원하였을 때 후작물 토마토의 생산성에 미치는 효과를 비교 검토하고, 그 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

시험재료

실험에 사용된 시험 전 하우스 토양의 pH는 7.1로서 중성에 가깝고, EC는 1.7 dS m⁻¹, 그리고 유효인산 함량은 622 mg kg⁻¹로서 과채류재배에 적절한 토양이었으며(Table 1), 토성은 사양토였다. 녹비용 시험작물은 페레니얼라이그라스(*Lolium perenne* L.), 수단그라스(*Sorghum bicolor* L.), 실팔달콩(*Glycine max* L.)을 사용하였으며, 녹비작물 토양환원 후 작물반응 조사를 위한 토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill)는 '서영' 품종을 이용하였다.

재배방법

녹비용 시험작물로서 건물중 생산량이 많은 화분과 녹비

작물 2종과 질소 고정능력이 우수한 두과작물 1종을 선정하였다. 화분과 작물인 페레니얼라이그라스와 수단그라스는 6월 중순에 각각 ha당 100 kg, 그리고 두과작물인 실팔달콩은 200 kg 비율로 포장 전체에 걸쳐 골고루 산파한 다음 8월 중순에 예취하여 5 cm 길이로 절단한 다음 비가림 하우스 토양에 환원하였다. 녹비작물들을 토양에 환원 후 10일이 경과한 다음 후작물로서 토마토를 정식하였다. 토마토 재배를 위한 시험구모는 처리구별 3 m×4 m 이었으며, 파종 후 60일된 묘목을 40 cm×90 cm 간격으로 정식하였다. 재배기간 동안의 관수는 텐시오미터를 사용하여 -10 kPa 수분장력 하에서 제어하였다. 녹비작물 토양환원후 후작물 토마토 생산성에 미치는 효과를 검토하기 위한 처리구는 무비구, 표준시비처리구, 수단그라스 녹비환원구, 페레니얼라이그라스 녹비환원구, 콩 녹비환원구로 하였다. 표준시비처리구의 N-P₂O₅-K₂O는 ha당 240-164-238 kg 비율¹⁹로 사용하였고, 녹비환원처리구는 화학비료처리 없이 녹비만 토양에 환원하였다.

분석방법

RDA²⁰의 분석방법에 따라 토양 pH는 토양과 증류수의 비를 1:1로 혼합하여 24시간 진탕 후 ORION Model720A pH meter로 측정하였고, 토양 EC는 1:5법으로 침출한 다음 conductance meter(YSI model 35)로 측정하였다. 토양 유기물은 Tyurin법, KCl-추출성 질소는 Kjeldahl법으로 측정하였고, 유효인산은 Lancaster법, 그리고 치환성 K, Ca, Mg은 NH₄OAc(pH 7.0) 추출 후 Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy(GBC Integra XM2 model)로 측정하였다. 식물체중 질소함량은 황산분해 후 Kjeldahl법으로 결정하였고, 식물체 P와 K를 분석하기 위하여 Zhao 등²¹의 방법에 따라 1g의 식물체에 25 ml 질산-과염소산 혼합산(85:15, v/v)을 가하고 60℃에서 3시간, 100℃에서 1시간, 120℃에서 1시간, 190℃에서 2시간 동안 분해하였다. 분해 후 냉각한 다음, 20% HCl 5 ml를 가하고 80℃에서 30분간 가온 한 다음 증류수를 가하여 대략적으로 100 ml로 맞추고 다시 30분간 가온 후 냉각하고 100 ml로 최종 정용하여 P는 Ammonium Vanadate법으로, 그리고 K는 Inductively coupled plasma Atomic emission spectroscopy(GBC Integra XM2 model)로 측정하여 정량하였다. 식물체 탄소함량은 Carter²²의 방법에 준하여 강열감량법으로 정량하였다.

작물생육 및 양분 이용율

녹비작물의 수량은 수확기에 조사하였으며, 후작물인 토마

Table 1. Chemical properties used before this experiment

pH (H ₂ O, 1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exch. cation(cmol kg ⁻¹)			NO ₃ -N (mg kg ⁻¹)	NH ₄ -N (mg kg ⁻¹)
				K	Ca	Mg		
7.1	1.7	18	622	1.0	5.3	1.6	31	32

토의 생육조사를 위하여 정식 후 90일째 초장 및 경경을 조사하였다. 수확기에 토마토 생육량 및 식물체 N-P-K를 분석함으로써 녹비에 의해 투입된 양분량 대비 후작물 토마토에 의해 흡수된 양분을 제외함으로써 녹비처리별 N-P-K 양분수지량을 계산하였으며, 녹비처리에 따른 양분이용율은 다음과 같이 구하였다.

$$\text{양분 이용율} = \frac{(\text{처리구별 토마토 양분흡수량} - \text{무비구 토마토의 양분흡수량})}{\text{처리구별 양분 투입량}} \times 100$$

결과 및 고찰

녹비수량

여름 휴한기인 7~8월 동안 녹비로 재배된 라이그라스는 고온에 의한 하고 현상으로 생육이 부진하여 생육량이 3.9 Mg ha⁻¹이었던 반면, 수단그라스는 42 Mg ha⁻¹, 콩은 13 Mg ha⁻¹의 생육량을 보였다(Table 2). 본 연구의 콩 생육량 13 Mg ha⁻¹은 Meetu와 Morris²³⁾가 수도재배용 녹비로 60일간 재배하여 얻은 6.4 Mg ha⁻¹에 비하여 현저하게 높은 수준이다. 이러한 두 시험 간 수량 차이는 토양특성, 재배환경, 재배품종 및 과중량에 따라 달라질 것이다. 녹비용 수단그라스는 조사된 다른 녹비작물들에 비하여 칼륨함량은 높은 반면, 질소함량이 크게 낮아 C/N율은 53.4로서 질소고정작물인 콩의 16.7에 비해 현저하게 높았다. 두과작물인 콩과 화분과작물인 수단그라스 간 현저한 C/N율 차이를 고려할 때, C/N율이 높은 수단그라스에 비해 C/N율이 현저하게 낮은 콩을 녹비로 토양환원 할 경우 후작물 토마토 생육에 필요한 질소를 보다 효과적으로 공급할 수 있을 것으로 판단되었다. 두 녹비작물 간 이러한 현저한 질소 고정능력 차이로 인하여 수단그라스의 생육량은 콩 생육량의 3배 수준이었으나, 콩 녹비에 의해 토

양환원된 질소량은 418 Mg ha⁻¹로서 수단그라스의 382 kg 보다 높았다(Table 5). 대개의 작물의 생산성은 질소가 가장 큰 제한인자로 작용한다는 점^{24,26)}과 유기농재배는 토양비옥도 유지 수단으로서 화학비료를 사용할 수 없다는 점⁴⁾을 고려할 때 유기농재배지 토양환원용 녹비작물은 질소를 충분히 흡수·고정하는 두과작물이 유리할 것으로 판단되었다.

녹비토양환원에 따른 토마토 생육 반응

두과 녹비작물인 콩의 토양환원 시 화분과 녹비작물인 페레니얼라이그라스와 수단그라스의 토양환원처리구 보다 토마토의 초장과 경경의 발달이 현저히 증가하였으며, 그 결과 토마토의 수량 및 줄기+엽 생육량도 크게 증가하였다(Table 3). 처리된 녹비 간에 후작물 생산량에 미치는 이러한 현저한 차이는 녹비작물 토양환원 시 토양 내에서 분해되면서 작물에 공급하는 질소 공급능의 차이에서 기인 한다²⁷⁾. 즉 질소 고정량이 많은 두과작물의 경우 토양 내 지속적인 질소공급으로 화학비료 수준의 토마토 과실 생산량을 얻을 수 있었던 반면, 화분과 녹비의 경우 녹비자체의 높은 C/N율로 인해 토마토 재배기간 중 토양 내 질산태 질소 함량이 꾸준히 감소하고 (Fig. 1) 그로 인해 후작물 토마토의 수량은 관행(화학비료 표준시비 처리구) 및 두과(콩) 녹비 환원구와 비교하여 크게 감소한 것으로 판단되었다. 한편 두과 녹비 토양환원 처리구의 토마토 수량 및 지상부 발달은 관행재배와 유사한 수준이었다. 특히 콩을 녹비로 환원한 경우 후작물 토마토의 수량은 4.2 Mg ha⁻¹로서 무처리의 3.1 Mg ha⁻¹보다 35% 증가하였으며, Chapman과 Myers²⁸⁾는 콩을 녹비환원 후 후작물 벼를 재배한 결과 46%의 수량증가 효과를 관측했다고 보고함으로써, 두과작물의 녹비활용은 후작물 생산성 및 토양특성 개선에 긍정적 효과가 있는 것으로 알려졌다.

Table 2. Yield and chemical compositions of green manure selected

Green manures	Biomass (d.w. Mg ha ⁻¹)	Nutrient content (g kg ⁻¹)			C/N ratio
		N	P	K	
Perennial ryegrass	3.9	21.0	4.0	23.3	22.5
Sudangrass	42.5	9.0	3.4	33.4	53.4
Soybean	13.2	31.7	3.3	28.1	16.7

Table 3. Growth and yield characteristics of tomato cultivated in soil incorporated green manures

Treatment	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Biomass (d.w. Mg ha ⁻¹)		
			Fruit	Stem + Leaf	Total
Control	127	9.4	3.1 a*	2.2	5.3
Conventional ^a	132	9.7	4.4 b	2.9	7.3
Perennial ryegrass	131	9.8	3.9 b	2.8	6.7
Sudangrass	125	9.2	2.9 a	1.9	4.8
Soybean	132	9.8	4.2 b	2.9	7.1

^a N-P-K standard fertilization

* Values followed by the same letter for each cultivation are not significantly different at 5% level of DMRT.

녹비작물 토양환원 후 토마토 부위 중 양분함량

녹비작물 자체의 양분함량은 녹비작물을 토양에 환원한 후 재배한 후작물 토마토의 양분함량에도 뚜렷한 영향을 미쳤다. 콩을 녹비작물로 활용한 처리구의 경우 토마토 과실과 엽+줄기의 질소함량이 각각 24 g kg⁻¹과 22 g kg⁻¹로서 관행처리구의 23 g kg⁻¹과 21 g kg⁻¹에 비교할 때 유사하였던 반면, 수단그라스 토양 환원구의 경우 각각 18 g kg⁻¹과 17 g kg⁻¹로서 콩 녹비환원구 혹은 관행 처리구에 비해 낮았다(Table 4). 토마토의 칼륨 흡수의 경우, 콩 녹비작물에 비해 수단그라스의 칼륨 함량이 높고 토양 환원량도 많았으나(Table 2와 5), 토마토 식물체내 칼륨 함량 및 흡수량 모두 수단그라스 환원구에 비해 콩 환원구에서 높은 경향이였다. 이러한 결과는 토양 내에서 수단그라스의 분해성이 콩에 비해 부진하여 칼륨을 포함한 양분들의 공급이 제한적이었거나 토마토의 생육 감소에 따른 양분흡수 기능 약화에 그 원인이 있는 것으로 판단되었다.

녹비작물 처리별 양분 수지량

비록 단기간의 여름 휴한기 동안 이었음지라도 수단그라스의 생육량이 많아 60일 동안 N:P:K 고정량은 382:144:1419 kg ha⁻¹에 이르렀다(Table 5). 반면에 수단그라스의 C/N율이 높아 후작물 토마토의 수량은 건물중 기준으로 2.9 Mg ha⁻¹에 불과하였으며, 수단그라스 녹비환원구에서 수확한 이러한 토마토의 수량은 무처리구의 3.1 Mg ha⁻¹ 보다도 낮았다. 그 결과, 수단그라스 녹비 환원구에서 재배된 토마토의 N:P:K 흡수량은 85:28:164 kg ha⁻¹이었고, 수단그라스 토양환원에 의해 공급된 투입 양분량 대비 후작물 토마토에 의해 흡수된 양분량 사이의 N:P:K 수지량은 297:116:1255 kg ha⁻¹로서 상

당량의 잉여 양분이 토양 내에 잔류하는 것으로 나타났다. 이러한 과잉의 양분잔류는 수단그라스의 양분 고정량이 많은 탓도 있으나, 현저히 낮은 수단그라스의 질소흡수 특성으로 인해 후작물 토마토의 생장 및 발달이 부진한데에 근본적인 원인이 있다. 페레니얼라이그라스의 경우 여름철 고온 하고 현상으로 생육량은 적은 반면, 수단그라스에 비해 C/N율이 낮고 수단그라스 녹비환원구보다 후작물 토마토의 생육량은 많아 N:P:K 양분수지량 모두가 음(minus)의 값을 보였다. 콩을 녹비로 활용한 경우는 지속적인 토양 내 질소공급으로 인해(Fig. 1, Table 5) 관행수준의 토마토 수량을 얻을 수 있었고, 그 결과 N:P:K 양분수지량은 253:0:-34 kg ha⁻¹ 이었다. 이러한 결과로 볼 때 화학분과 녹비작물인 수단그라스나 페레니얼라이그라스에 비해 질소고정능력이 우수한 콩을 녹비작물로 이용할 경우 후작물 토마토의 생산성을 보다 높일 수 있을 것으로 판단된다.

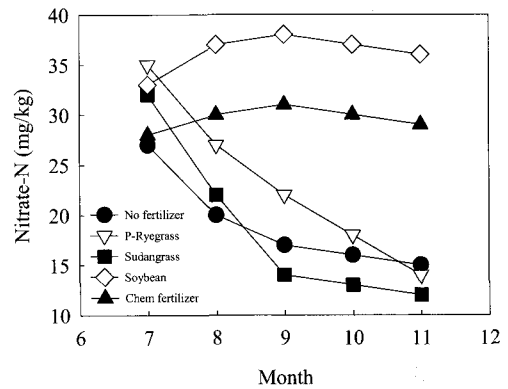


Fig. 1. Changes of soil nitrate-N during cultivation of tomato after soil incorporation of green manures.

Table 4. Nutrient contents of tomato plants cultivated in soil incorporated green manures at harvesting stage

Treatment	Fruit (g kg ⁻¹)			Stem + Leaf (g kg ⁻¹)		
	N	P	K	N	P	K
Control	20	5.4	45	19	6.6	40
Conventional ^a	23	5.8	46	2.1	6.1	41
Perennial ryegrass	21	5.6	45	19	6.5	43
Sudangrass	18	5.3	44	17	6.7	38
Soybean	24	6.0	48	22	6.5	48

^a N-P-K standard fertilization

Table 5. Characteristics of Nutrient balances of tomato cultivated in soil amended with different kinds of green manures

Treatment	Input (kg/ha)			Uptake (kg/ha)			Nutrient balance (kg/ha)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Control	0	0	0	104	31	228	-104	-31	-228
Conventional ^a	240	72	198	162	43	320	78	29	-122
Perennial ryegrass	82	16	110	135	40	254	-53	-24	-144
Sudangrass	382	144	1419	85	28	164	297	116	1255
Soybean	418	44	307	165	44	341	253	0	-34

^a N-P-K standard fertilization

Table 6. Nutrient efficiency (%) of tomato cultivated in soil incorporated different kinds of green manures

Treatment	N	P	K
Conventional ^a	24.2	16.7	46.5
Perennial ryegrass	37.8	56.0	23.6
Sudangrass	-5.0	-2.1	-4.5
Soybean	14.6	29.6	36.8

^a N-P-K standard fertilization

녹비작물 처리별 양분이용율

수단그라스 토양환원 후 후작물 토마토의 양분흡수량은 무처리 보다도 낮은 수준이어서 수단그라스 처리구의 양분이용율은 N:P:K 모두 음의 값을 보였다(Table 6). 이러한 결과는 수단그라스 자체의 높은 C/N율로 인해 토마토의 생육이 부진하였던 것에서 기인하는 것이므로 유기농 토마토 재배시 수단그라스를 녹비작물로 활용하는 것은 적절하지 못함을 의미한다. 페레니얼라이그라스 처리구의 N:P:K 양분이용율은 각각 37%, 56%, 23%로서 상대적으로 높게 나타났으며, 이는 라이그라스의 생육량은 비교적 낮았던 반면 시험이 수행된 토양비옥도가 토마토 재배에 적절하여 토마토의 생육량은 비교적 높았기 때문이다. 콩을 녹비로 환원한 처리구의 N:P:K 양분이용율은 각각 14%, 29%, 36%이었으나 화학비료 처리구의 N:P:K 양분이용율은 24%, 16%, 46%로서 콩 처리구의 인 이용율은 화학비료보다 높고 질소와 칼륨의 이용율은 다소 낮았다. 관행처리구에 비해 콩 처리구의 질소 이용율이 낮은 것은 Table 5에 나타난 바와 같이 콩의 질소 고정량은 많은 반면 토마토의 생육량은 관행처리구와 유사하였기 때문이다. 비록 콩의 질소이용율이 14.6%로서 Yadvinder- Singh와 Singh²⁹⁾이 보고한 벼 재배를 위해 녹비작물로 사용된 녹두와 동부 콩의 질소 이용율 33% 보다는 현저히 낮았으나, 콩을 녹비작물로 토양환원 하였을 경우 관행수준의 토마토 수량 확보가 가능하여 화학비료 대체 영양원으로서 그리고 토양비옥도 유지수단으로서 유망할 것으로 판단되었다.

요 약

시설 유기농 토마토 생산을 위한 녹비 토양환원 효과를 조사하기 위하여 여름 휴한기 동안 페레니얼라이그라스, 수단그라스, 콩 등 3종의 녹비를 재배한 후 토양에 환원 하였다. 녹비 토양환원 후, 후작물로서 토마토를 재배하였으며, 녹비토양환원에 따른 토마토 생육 및 수량, 양분이용율, 양분수지량을 조사하였다. 녹비 토양환원 후 토마토의 생육 및 생산성은 콩과 같은 두과작물을 녹비로 활용 시 현저히 증가하였다. 반면에 페레니얼라이그라스는 여름철 고온에 따른 하고 현상으로 생육이 부진하였고, 수단그라스는 녹비 수확량은 많았으나 높은 C/N율로 인해 토마토의 수량을 감소시켰다. 콩을 녹비로 토양환원 시 후작물 토마토의 수량은 화학비료를 처리한 관행과 비교할 때 현저한 차이가 없었고, 토양 내 질소 수지량은 양의 값을 보였다. 결과적으로 수단그라스 녹비는 후작물

토마토의 생산성을 크게 감소시킨 반면, 콩 녹비는 관행수준의 토마토 수량을 얻을 수 있을 뿐 아니라 토마토 재배에 필요한 양분수지를 충족시킬 수 있어 수단그라스에 비해 우수한 녹비로 판단된다.

참고문헌

- Sohn, S. (2000) Problems and solutions of soil fertility enhancement in Korean organic farming, *Kor. J. Org. Agric.* 8, 53-77.
- 김복진 (1999) 친환경농업과 흙살리기. 제 4회 농업인의 날-흙을 살리자 심포지엄, 농협중앙회, p. 13.
- 손상목, 김영호, 한도희 (1996) 관행농법, 시설재배 및 유기농업 재배지 토양 화학적 특성과 배추, 상추의 NO₃⁻ 집적량 차이, *한국유기농업학회지*, 5, 149-165.
- Sohn, S. (2000) Codex guideline for organically grown food and its implementation of organic crop and animal production in Korea, *Kor. J. Org. Agric.* 8, 17-34.
- Larson, J. A., Roberts, R. K. and Tyler, D. D. (2001) Profit-maximizing nitrogen fertilization rates for alternative tillage winter cover crops, *J. Cotton Sci.* 5, 156-168.
- Millhollon, E. P. (2002) After 40 years, winter crops still produce superior cotton yield, *La. Agric.* 45, 5-6.
- Varcor, J. J., Suprlock, S. R. and Sanabria-Garro, O. R. (1999) Profitability and nitrogen rates optimization associated with winter crop management in no-tillage cotton, *J. Prod. Agric.* 12, 91-95.
- Cho, Y. S. (2003) Nitrogen fixation and growth characteristics three legume cover crops in no-tillage paddy field, *Kor. J. Crop Sci.* 48, 305-15.
- Boquet, D. J., Hutchison, R. L. and Paxton, K. W. (2003) Conservation tillage, cover crop BMP's for cotton, *La. Agric.* 46, 32-33.
- Decker, A. M., Clark, A. J. and McIntosh, M. S. (1994) Legume cover crop contributions to no tillage corn production, *Agron J.* 86, 126-135.
- Hargrove, W. L. (1986) Winter legumes as a nitro-

- gen source for no-till grain sorghum, *Agron. J.* 78, 70-74.
12. McVay, K. A., Radcliffe, D. E. and Hargrove, W. L. (1989) Winter legume effects on soil properties and nitrogen fertilizer requirements, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53, 1856-1862.
 13. Power, J. F., Doran, J. W. and Koerner, P. T. (1991) Hairy vetch as a winter cover crop for dry land corn production, *J. Prod. Agric.* 4, 62-67.
 14. Ladha, J. K., Myan, S. and Garcia, M. (1989) *Sesbania rostrato* as a green manure for lowland rice, *Biol. Fertil. Soils.* 7, 191-197.
 15. Abudal-Baki, A. A. and Teasdale, J. R. (1993) A no-tillage tomato production system using hairy vetch and subterranean clover mulches, *Hort. Sci.* 28, 106-108.
 16. Lennartsson, E. K. T. (1990) The use of green manures in organic horticultural systems, Paper presented at 8th Int. Conf. Fed. of Organic Agric. Movement, Budapest, Hungary.
 17. Biederbeck, V. O., Campbell, C. A., Rasiyah, V. and Wen, G. (1998) Soil quality attributes as influenced by annual legumes used as green manure, *Soil Biol. Biochem.* 30, 1177-1185.
 18. Thonnissen, C., Bidmore, D. J. and Ladha, J. K. (2000) Tomato crop response to short-duration legume green manures in tropical vegetables systems, *Agron. J.* 92, 245-253.
 19. Rural Development Administration (RDA), (1999) Recommended standard fertilization for crops, RDA, p.25.
 20. Rural Development Administration(RDA). 1988. Method of Soil Chemistry Analysis, RDA. Korea.
 21. Zhao, F., McGrath, S. P. and Crosland, A. R. (1994) Comparison of three wet digestion methods for the determination of plant sulphur by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP-AES), *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 25, 407-418.
 22. Carter, M. R. 1993. *In: Soil sampling and methods of analysis*, pp.459-471. Can. Soc. of Soil Sci. Lewis Publishers, Boca Raton, USA.
 23. Meetu, O. P. and Morris, R. A. (1988) *In: Green manure in rice farming*, p. 209-222. Int. Rice Res. Inst., Los Banos, Philippines.
 24. Rochester, I and Peoples, M. (2005) Growing vetches in irrigated cotton systems: inputs of fixed N, N fertiliser savings and cotton productivity, *Plant and Soil*, 271, 251-264.
 25. Danso, S. K. A., Hera, C. and Douka, C. (1987) Nitrogen fixation soybean as influenced by cultivar and Rhizobium strain, *Plant and Soil*, 99, 163-174
 26. Buresh, R. J. and De Datta, S. K. (1991) Nitrogen dynamics and management in rice-legume cropping systems, *Adv. Agron.* 45, 1-59.
 27. Ashraf, M., Mahmood, T., Azam, F. and Quresh, R. M. (2004) Comparative effects of applying leguminous and non-leguminous green manures and inorganic N on biomass yield and nitrogen uptake in flooded rice, *Biol. Fertil. Soils.* 40,147- 152.
 28. Champman, A. L. and Meyers, R. J. (1987) Nitrogen contributed by grain legumes to rice grown in rotation on the Cununurra soils of the Ord Irrigation Area, Western Australia, *Aust. J. Exp. Agric.* 27, 155-163.
 29. Yadvinder-Singh, C. S. K. and Singh, B. (1991) Efficient management of leguminous green manures in wetland rice, *Adv. Agron.* 45, 135-189.