

Research Article

Open Access

녹비작물의 토양환원이 상추 및 얼갈이 배추의 수량에 미치는 영향

임태준,^{1*} 김기인,² 박진면,¹ 이성은,¹ 홍순달³

¹국립원예특작과학원 원예특작환경과, ²미네소타대학교 토양, 물 및 대기학과, ³충북대학교 농업생명환경대학 환경생명화학과

The Use of Green Manure Crops as a Nitrogen Source for Lettuce and Chinese Cabbage Production in Greenhouse

Tae-Jun Lim,^{1*} Ki-In Kim,² Jin-Myeon Park,¹ Seong-Eun Lee¹ and Soon-Dal Hong³ (¹Horticultural & Herbal Crop Environment Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Suwon 441-440, Korea, ²Department of Soil, Water, and Climate, University of Minnesota, St. Paul, MN 55108, the United States, ³Department of Agricultural Chemistry, Chung-buk National University, Cheongju 361-763, Korea)

Received: 25 June 2012 / Accepted: 27 July 2012

© 2012 The Korean Society of Environmental Agriculture

Abstract

BACKGROUND: Green manure and graminaceous manure crops have several benefits, such as improving soil physical and chemical properties and utilizing excessive greenhouse nutrients that they have a potential to be a water pollutant source.

METHODS AND RESULTS: The objective of this study was to investigate nitrogen (N) supplying capabilities of green manure and graminaceous manure crops for lettuce (*Lactuca sativa* L.) and Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.) grown under greenhouse conditions. For this two leguminous manures (*Crotalaria juncea* (Cr.) and *Sesbania exaltata* (Se.)) and two graminaceous manures (*Sorghum bicolor*; Haussolgo (Ha.) and Sudangrass (Sg.)) in the greenhouse were grown, cut, and incorporated into the greenhouse soil before planting. Chemical nitrogen (N) fertilizer rate was estimated based on N recommendation for lettuce and Chinese cabbage. 100% of the N recommended rates (1N) were 70 kg N ha⁻¹ for lettuce and 60 kg N ha⁻¹ for Chinese cabbage and 50% of the N recommendation rates (0.5N) were 35 kg N ha⁻¹ for lettuce and 30 kg N ha⁻¹ for Chinese cabbage. Nitrogen treatments were control (0N), Cr., Se.,

Cr + 0.5 N, Se + 0.5 N, Ha + 0.5 N, Sg + 0.5 N, and N recommendation rate (1N). Incorporated N from green manure and graminaceous manure crops were 130, 116, 93, and 87 kg N ha⁻¹ for Cr., Se., Ha., and Sg., respectively. Lettuce and Chinese cabbage were grown after incorporated green manure crops into the greenhouse soil. There was no significant difference in lettuce and Chinese cabbage yields under N treatments except control (0 kg/ha). Nitrogen use efficiency (NUE) was from 44% to 73% and the highest NUE was under Se. treatment. Although yields were not statistically different under N treatments except control, actual yield increase ranged from 170 to 1,100 kg/ha for lettuce and ranged from 2,770 to 5,210 kg/ha for Chinese cabbage compared to yield under N recommendation rate. Estimated economic benefit from this would be higher approximately between ₩2,770,000 and ₩5,210,000/ha under N treatments except control than the N recommendation rate. **CONCLUSION:** These results suggest that incorporating green manure crops, such as Cr. and Se. into soil or adding 0.5 N after incorporation of them can be beneficial in many ways in that it increases economic return because of yield increase, reduces the use of chemical N, and decreases the negative environmental impact on water quality because excessive N in the greenhouse soil can be used by green manure crops during the fallow.

Key Words: Economic return, Fallow, N recommendation rate, Nitrogen use efficiency

*교신저자(Corresponding author),

Phone: +82-31-290-6263; Fax :+82-031-290-6259;

E-mail: taejun06@korea.kr

서론

시설재배지에서 지속농업을 영위하기 위한 토양 등 농업 환경의 질적 개선은 오늘날 농업분야에서 가장 중요한 관심 분야로 대두되고 있다(Choiet al., 2010). 지금까지의 시설재배는 다수확을 목표로 화학비료나 가축분뇨 등 과도한 비료 자원의 투입과 동일한 작물을 연속적으로 재배함으로써 토양 염류집적 및 양분간의 불균형 심화, 연작장애의 발생 등 여러 문제점이 발생되어 작물수량 감소의 원인이 되고 있다(Lim et al., 2007; Yang et al., 2011). 이러한 측면에서 비료자원의 사용량을 줄이고, 토양비옥도를 높이는 동시에 채소의 품질을 향상 시킬 수 있는 대안 마련이 필요하다.

비료 투입량을 절감하고 토양 건전성을 개선시킬 수 있는 효과적인 수단은 녹비작물로 판단된다. 녹비작물은 화학비료를 대체하기 위해서 생육 최성기에 토양에 환원하여 주는 두과 및 화본과 등의 작물을 말한다(Park et al., 2008). 두과 녹비작물의 장점은 생물학적 과정을 통해 고정된 다량의 질소가 후작물에 이용될 수 있다는 점이고, 화본과 녹비작물에서는 작물에 질소를 공급하는 능력은 적으나 토양 유기탄소를 증가시키는 것으로 알려져 있다(Shibley et al., 1992; Lee et al., 2008; Sung et al., 2008). 또한 녹비작물은 토양의 물리적 특성인 용적밀도, 토양입단, 투수성 등이 향상되어 토양 환경을 개선시키는 역할이 크다고 보고되고 있다(Fred and Harold, 2000; Bronick and Lai, 2005).

시설에서 엽채류 재배는 연중 재배되고 있으나, 여름철에는 고온 및 병 발생률 증가 등으로 재배 면적을 줄이거나 휴경을 실시하고 있는 상황이다(Lee et al., 2006). 이러한 여름 휴경기 동안 적용할 수 있는 녹비작물을 선발하여 재배할 경우 후작물 엽채류의 안정적인 생산과 더불어 효율적인 작부 체계의 확립을 통해서 작물의 지속적 생산을 유지 보전할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 시설재배지에서 여름 휴경기 동안 녹비작물 중에서 두과는 네마장황(*Gotalaria juncea*)과 세스바니아(*Sesbania exaltata*)를 화본과에서는 수단그라스(*Sorghum bicolor*)와 하우스솔고(*Sorghum bicolor*)를 재배한 후 토양에 환원함으로써, 화학비료를 시비한 관행재배 처리와의 비교를 통해서 녹비작물에 의한 양분공급과 후작물 엽채류 생산성에 미치는 영향을 알아보기 위해서 수행하였다.

재료 및 방법

시험 재료 및 재배방법

시험 전 토양의 이화학적 특성은 Table 1과 같이 사양토(모래:미사:점토=65:21:14)로 토양 산도는 7.4이고, EC는 2.5 dS/m, 그리고 유효인산은 함량은 186 mg/kg로서 엽채류 재배에 적절한 토양이었다. 여름 휴경기 동안 재배된 녹비작물과 후작물 엽채류인 상추와 얼갈이 배추 간 작부체계는 Table 2와 같다. 녹비작물의 종류로는 두과는 네마장황과 세스바니아 이었으며 화본과는 수수류 인 하우스솔고과 수단그라스를

이용하였다. 녹비작물의 재배기간은 43일 (2010년 7월 5일 파종)이었으며 재배 후에 5cm 내외로 잘게 썰어 토양에 환원 시킨 후에 상추와 얼갈이 배추를 연속 재배하였다. 상추와 얼갈이 배추의 재배기간은 각각 96일 (2010년 8월 30일 정식)과 35일 (2011년 5월 9일 정식) 이었다. 시험 처리는 무시비구, 두과 녹비작물 (네마장황, 세스바니아) 시용구, 녹비작물 (네마장황, 세스바니아, 하우스솔고, 수단그라스) + 화학비료 0.5N과 더불어서 토양검정에 의한 질소 표준 시비량 (130 kg/ha)을 처리한 화학비료 1.0N을 대조구로 하여 총 8처리를 두었다. 질소 시비는 작물 정식 12일 전에 상추는 70 kg/ha를, 얼갈이 배추는 60 kg/ha 해당량을 전량 밀거름으로 각각 사용하였다. 시험구 당 면적은 5m²이며 난괴법 3반복으로 처리하였다.

Table 1. Physicochemical properties of the soil used for the field experiment.

pH	EC (1:5)(dS/m)	OM (g/kg)	Av. NO ₃ -NH ₄ - P ₂ O ₅ N N			Ex. Cation (cmol ⁺ /kg)			Soil Texture
			-----(mg/kg)-----	K	Ca	Mg			
7.4	2.5	12	186	12.7	6.5	0.26	4.9	1.2	SL ^a

^aSL: Sandy loam.

Table 2. N treatment, crop rotation, and chemical N recommendation rate for lettuce and Chinese cabbage for the study

N treatment	Crop rotation ^a	Chemical N recommendation rate (kg/ha)	
		Lettuce	Chinese cabbage
Control	Fallow-Le-Cc	0	0
Cr.	Cr-Le-Cc	0	0
Cr. + 0.5 N	Cr-Le-Cc	35	30
Se.	Se-Le-Cc	0	0
Se. + 0.5 N	Se-Le-Cc	35	30
Ha. + 0.5 N	Ha-Le-Cc	35	30
Sg. + 0.5 N	Sg-Le-Cc	35	30
N recommendation rate	Fallow-Le-Cc	70	60

^aLe: lettuce, Cc: Chinese cabbage, Cr: Crotalaria, Se: Sesbania, Ha: Haussolgo, Sg: Sudangrass, Cf: chemical fertilizer. Green manure crops were grown from July 5 to Aug 17, 2010. Lettuce was grown from Aug 30 to Dec 5, 2010 after incorporated green manure crops into the soil. Chinese cabbage after lettuce was grown for 35 days from May 9 to Jun 13, 2011.

분석 및 조사방법

토양 화학성 분석은 2mm 체를 통과한 풍건 시료에 대해서 토양 pH는 토양과 물의 비율을 1:5로 하여 30분간 진탕 후 pH meter (ORION Model 720A, USA)로 측정하였고, 토양 EC는 1:5로 침출한 후 Conductance meter (YSI Model 35, USA)로 분석하였다. 유기물은 Tyurin법 (Schollenberger, 1927), 유효인산은 Lancaster 법으로, 치환성 K, Ca, Mg은

1N-CH₃COONH₄ (pH 7.0)원충용액으로 침출하여 ICP-OES (MX2, GBC, Australia)를 사용하여 측정하였다. 질산態 질소는 2M KCl로 침출하여 켈달 (B-316, B?chi, Switzerland)로 증류한 후 황산표준용액 0.01N로 적정하여 계산하였다 (Mulvaney, 1996). 식물체 시료는 70°C에서 건조 후 분쇄된 시료를 산 분해용액 (HClO₄:H₂SO₄=10:1)으로 습식 분해하여 질소는Kjeldahl법 (NIAST, 2000)으로, 인산은Ammonium-vanadate법 (Gericke와 Kurmies, 1952), 칼리는 원자흡광분광분석법 (NIAST, 2000)으로 측정하였다.

결과 및 고찰

녹비작물의 생육 및 질소 고정량

여름 휴한기 동안 재배된 두과 녹비작물인 네마장황의 경우 4.1 Mg/ha를 세스바니아는 3.1 Mg/ha의 건중량을 보였으며, 화본과 녹비작물인 하우스솔고는 8.3 Mg/ha, 수단그라스는 7.7 Mg/ha를 나타내어 화본과 작물이 두과에 비교하여 건중량에 있어서 큰 증가를 나타내었다(Table 3). 그러나 두과 작물인 네마장황과 세스바니아의 질소함량은 각각 32 g/kg과 37g/kg로서, 화본과 작물인 하우스솔고와 수단그라스의 11 g/kg에 비해 높은 질소함량을 보였다. 이러한 녹비작물의 건중량과 질소 양분함량으로부터 질소의 고정량을 환산하면 두과인 네마장황은 130 kg/ha를 세스바니아에서는 116 kg/ha를 나타내어 화본과인 하우스솔고 93 kg/ha 및 수단그라스 87 kg/ha와 비교하여 높은 질소 고정능을 나타냈다.

Table 3. Dry matter for green manure crops, N concentration, and total N uptake during the summer fallow

Crops ^a	Dry matter (Mg/ha)	N concentration (g/kg)	Total N uptake (kg/ha)
Cr.	4.1	32	130
Se.	3.1	37	116
Ha.	8.3	11	93
Sg.	7.7	11	87

^aCr: Crotalaria, Se: Sesbania, Ha: Haussolgo, Sg: Sudangrass.

녹비의 토양환원 후 상추와 열갈이배추의 수량

녹비작물을 재배하고 토양에 환원시킨 후에 녹비에 의한 양분공급능을 평가하기 위해서 후작물인 상추와 열갈이 배추의 연속재배에 따른 작물수량을 조사하였다. 상추에서는 9,850 kg/ha으로 가장 낮은 생산성을 보인 무시비구를 제외하고 모든 처리에서 화학비료 검정시비구와 동일한 작물 생산이 가능하였으며, 열갈이 배추에서도 마찬가지로 무시비구가 25,080 kg/ha으로 유의성 있는 수량감소를 제외하고 모든 처리에서 동일하였다(Table 4). 이러한 결과는 녹비작물이 토양에 공급된 후 분해로 인한 후작물로의 질소 공급능력이 인정된다고 할 수 있겠다(Jeon et al., 2011). Wagger(1989)

는 녹비의 C/N율이 낮고 셀룰로오스나 리그닌과 같은 난분해성 물질의 함량이 적을수록 질소공급능이 우수하다고 하였으며, 두과 및 화본과 녹비를 대상으로 16주간의 무기화 과정에서 셀룰로오스나 리그닌 함량이 낮은 두과인 헤어리베치의 경우 65~87%의 질소가 분해된 반면 화본과인 호밀의 경우 41~47% 정도만 분해되었다고 보고하였다. 이러한 무기화율의 기준을 토대로 하였을 때 두과인 네마장황에서는 84~113 kg/ha가 세스바니아는 75~101 kg/ha에 해당하는 질소가, 화본과인 하우스솔고에서는 38~43 kg/ha가 수단그라스는 35~40 kg/ha에 해당하는 질소가 무기화 되었을 것으로 판단된다. 그리고 본 시험의 경우와 같이 거의 1년간 경과되는 경우에는 이 보다 많은 양의 질소가 무기화 되었을 것으로 사료되므로 작물이 요구하는 충분한 양의 질소가 공급될 수 있음을 알 수 있다.

Table 4. Lettuce and Chinese cabbage yields under N treatments

N treatment	Yield	
	Lettuce	Chinese cabbage
	------(kg/ha)-----	
Control	9,850b ^z	25,080b
Cr.	12,640a	47,490a
Cr. + 0.5 N	12,770a	46,550a
Se.	12,990a	46,770a
Se. + 0.5 N	13,290a	45,050a
Ha. + 0.5 N	13,570a	45,440a
Sg. + 0.5 N	12,820a	46,680a
N recommendation rate	12,470a	42,280a

^aMean separation within columns by Duncan's multiple range test at p=0.05.

질소양분수지 및 녹비작물에 의한 후작물 비료절감 효과

토양의 질소 양분수지는 질소 공급원인 녹비작물과 화학비료의 질소 공급량에서 상추와 열갈이 배추에 의해 흡수된 질소 산출량을 공제함으로써 평가하였다(Table 5). 상추와 열갈이 배추에 의한 질소 산출량은 수량 감소로 인해 질소흡수량이 적은 무시비구를 제외하고 각각 37~40 kg/ha와 43~49 kg/ha의 흡수량을 보였으며, 총 흡수량은 81~86 kg/ha의 질소 산출량을 나타내었다. 질소 양분수지는 두과 녹비만을 처리한 네마장황과 세스바니아는 각각 46 및 31 kg/ha이었고, 두과 녹비에 토양검정 질소시비량의 50%를 시비한 네마장황+화학비료 0.5N과 세스바니아+화학비료 0.5N 처리에서는 각각 109와 99 kg/ha 를 보였다. 또한 화본과 녹비에 토양검정 질소시비량의 50%를 공급한 하우스솔고+화학비료 0.5N과 수단그라스+화학비료 0.5N 처리에서는 각각 72와 66 kg/ha의 값을 나타내었다. 이러한 결과는 토양검정 질소시비량의 100%를 공급한 화학비료 1.0N 처리에서의 질소 양분수지인 49 kg/ha와 비교하여 볼 때 녹비작물 및 화학비료와의 혼합시비를 통해서도 작물에 필요한 질소의 양분공급

과 더불어서 토양에 안정적인 질소 유지가 가능하다고 할 수 있다. 또한 상추와 얼갈이 배추의 생산 소득에 있어서 다양한 녹비작물과 화학비료 1.0N 처리간의 수량 비교에서 유의성은 보이지 않았지만 상추에서는 170~1,100 kg/ha가 얼갈이 배추는 2,770~5,210 kg/ha가 증대되었고, 이러한 상추 및 얼갈이 배추의 수량 증수로 인해서 3,953~5,120 천원/ha에 해당하는 소득 증가 효과가 산출되었다 (Table 6). 이는 녹비작물의 투입으로 인해서 토양공극 및 용적밀도 등 토양 물리성을 개선시켜 수량이 증대되는 효과가 있는 것으로 판단되었다(Yang et al., 2009). 이상의 결과들로부터 시설 상추와 얼갈이 배추의 연속 재배에서 녹비작물의 토양 환원을 통해서 화학비료의 시비가 필요 없거나 시비 추천량의 50%를 절감할 수 있을 것으로 판단되었다.

Table 5. N input, N output, and N balance under N treatments during greenhouse study

N treatment	N input		N output		N Balance ^a	NUE ^b
	Green manure	Chemical fertilizer	Lettuce	Chinese cabbage		
	------(kg/ha)-----					%
Control	0	0	29	27	-56	
Cr.	130	0	37	47	46	65
Cr. + 0.5 N	130	65	37	49	109	44
Se.	116	0	38	47	31	73
Se. + 0.5 N	116	65	38	44	99	45
Ha. + 0.5 N	93	65	39	47	72	54
Sg. + 0.5 N	87	65	40	46	66	56
N recommendation rate	0	130	38	43	49	62

^aN balance = N input-N output

^bNUE: nitrogen use efficiency = 100 * (N output/N input).

Table 6. Profit for lettuce and Chinese cabbage, and profit change under N treatments

N treatment	Profit ^a		Profit change ^b		
	Lettuce	Chinese cabbage	Lettuce	Chinese cabbage	Total
	------(×10 ³ Won)-----				
Control	24,625	18,810	-6,550	-12,900	-19,450
Cr.	31,600	35,618	425	3,908	4,333
Cr. + 0.5 N	31,925	34,913	750	3,203	3,953
Se.	32,475	35,078	1,300	3,368	4,668
Se. + 0.5 N	33,225	33,788	1,050	2,078	4,128
Ha. + 0.5 N	33,925	34,080	2,750	2,370	5,120
Sg. + 0.5 N	32,050	35,010	875	3,300	4,175
N recommendation rate	31,175	31,710	0	0	0

^aProfit = crop production (kg/ha) × crop price. Price unit: lettuce 4kg per ₩10,000 was the average price during harvest period from Sep 20 to Dec 4, 2010; Chinese cabbage 4kg per ₩ 3,000 was the average price on June 14 by auction results from www.garak.co.kr.

^bProfit change = profit from N treatment-profit from N recommendation rate. Chemical N fertilizer: 20 kg per ₩10,650. Highest profit for Lettuce is under Ha + 0.5 N treatment and for Chinese cabbage is under Cr. treatment.

요약

녹비작물의 토양 환원에 따른 상추 및 얼갈이 배추의 수량과 더불어서 토양의 양분 수지량에 미치는 영향을 평가하고자 여름 휴한기 동안 두과 (네마장황, 세스바니아) 및 화분과 (하우스솔고, 수단그라스) 녹비작물을 재배하였으며 화학비료를 시비한 질소 검정시비구 1.0N (130 kg/ha)를 대조구로 하여 비교하였다. 녹비작물의 생육에 있어서 두과인 네마장황과 세스바니아는 화분과인 하우스솔고와 수단그라스와 비교하여 생초량은 적었으나 질소의 양분함량은 높아서 토양으로 환원된 질소량은 네마장황(130 kg/ha) 및 세스바니아(116 kg/ha)가 하우스솔고(93 kg/ha)나 수단그라스 (87 kg/ha) 보다 많았다. 녹비작물의 토양환원 후 상추와 얼갈이 배추의 수량은 질소 무시비구를 제외하고 두과 녹비작물, 두과 녹비작물+화학비료 0.5N, 화분과 녹비작물+화학비료 0.5N 등 다양한 녹비작물 처리는 대조구인 화학비료 1.0N과의 비교에서 유의성 없었지만 수량은 상추에서 170~1,100 kg/ha가 얼갈이 배추에서 2,770~5,210 kg/ha가 증대되었으며, 이러한 수량 증수로 인해서 3,953~5,120 천원/ha에 해당하는 소득 증가 효과가 산출되었다. 토양의 질소 양분수지는 녹비작물만 투입한 네마장황과 세스바니아 처리에서는 각각 46과 31 kg/ha를, 네마장황+화학비료 0.5N과 세스바니아+화학비료 0.5N 에서는 각각 109와 99 kg/ha를 보였으며, 하우스솔고+화학비료 0.5N과 수단그라스+화학비료 0.5N 에서는 각각 72와 66 kg/ha의 값을 나타내었다. 이는 화학비료 1.0N 처리에서의 질소 양분수지인 49 kg/ha와 비교하여 볼 때 녹비작물 및 화학비료와의 혼합시비를 통해서도 토양에 안정적인 질소 유지가 가능하다. 그러므로 녹비작물의 토양환원 후 시설 상추와 얼갈이 배추를 재배하는 경우 화학비료의 시비가 필요 없거나 시비추천량의 50%를 절감할 수 있을 것으로 판단되었다.

참고문헌

- Bronick, C.J., Lai, R., 2005. Soil structure and management: a review, *Geoderma* 124,3-22.
- Choi, B.S., Jung, J.A., Oh, M.K., Jeon, S.H., Goh, H.G., Ok, Y.S., Sung, J.K., 2010. Effects of green manure crops on improvement of chemical and biological properties in soil, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(5), 650-658.
- Fred, M., Harold, E., 2000. Building soils for better crops. Part 2. Ecological soil & crop management. Chapter 10. Cover crops, pp. 87-98, Sustainable Agriculture Network.
- Gericke, S., Kurmies, B., 1952. Die kolorimetrische phosphorsäurebestimmung mit ammonium-vandat-molybdat und ihre anwendung bei der pflanzenanalyse. Z. Pflanzenernährung, *Düngung und Bodenkunde*.

- 59, 235-247.
- Jeon, W.T., Seong, K.Y., Kim, M.T., Oh, I.S., Choi, B.S., Kang, U.G., 2011. Effect of monoculture and mixtures of green manure crimson clover (*Trifolium incarnatum*) on rice growth and yield in paddy, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44(5), 847-852.
- Lee, I.B., Park, J.M., Lim, J.H., Hwang, K.S., 2006. Growth and yield response of the following Tomato crop according to incorporation of green manures into soil, *Korean J. Environ. Agric.* 25(4), 346-351.
- Lee, I.B., Kang, S.B., Park, J.M., Lim, J.H., 2008. Effect of soil incorporation of Gramineous and Leguminous manures on Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) growth and soil nutrient balances, *Korean J. Environ. Agric.* 27(4), 343-348.
- Lim, T.J., Hong, S.D., Kim, S.H., Park, J.M., 2007. Recommendation of nitrogen fertilization for Cucumber from relationship between soil nitrate nitrogen and yield, *Korean J. Environ. Agric.* 26(3), 223-227.
- Mulvaney, R.L., 1996. Nitrogen inorganic forms. Methods of soil analysis. Part 3. SSSA Book Series No 5. SSSA, Madison, WI.
- Park, S.T., Jeon, W.T., Kim, M.T., Sung, K.Y., Ku, J.H., Oh, I.S., Lee, B.K., Yoon, Y.H., Lee, J.K., Lee, K.H., Yu, J.H., 2008. Understanding of environmental friendly agriculture and rice production using green manure crops. RDA, NICS. pp.20-21, Sammi, Suwon.
- Schollenberger, C. J., 1927. An rapid approximate method for determining soil organic matter, *Soil Sci.* 24, 65-68.
- Shibley, P.R., Meisinger, J.J., Cecker, A.M., 1992. Conserving residual corn fertilizer nitrogen with winter cover crops, *Agron. J.* 84, 869-876.
- Sung, J.K., Lee, S.M., Jung, J.A., Kim, J.M., Lee, Y.H., Choi, D.H., Kim, T.W., Song, B.H., 2008. Effects of green manure crops, Hairy vetch and Rye, on N supply, Red pepper growth and yields, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 41(4), 247-253.
- Wagger, M.G., 1989. Time of desiccation effects on plant composition and subsequent nitrogen release from several winter annual cover crops, *Agron. J.* 81:236-241.
- Yang, C.H., Ryu, J.H., Kim, T.K., Lee, S.B., Kim, J.D., Back, N.H., Kim, S., Choi, W.Y., Kim, S.J., 2009. Effect of green manure crops incorporation with rice cultivation on soil fertility improvement in paddy field, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42(5), 371-378.
- Yang, S.K., Seo, Y.W., Kim, Y.S., Lim, S.K., Choi, K.H., Lee, J.H., Jung, W.J., 2011. Changes of Pepper yield and chemical properties of soil in the application of different green manure crops and no-tillage organic cultivation, *Korean J. Org. Agric.* 17(3), 381-389.