

시설 하우스 토양에서 녹비작물 재배가 Biomass-C와 양분변화에 미치는 영향*

이병진** · 윤태현**** · 조우태***** · 전현식*** · 조영손***

Effects of Green Manure Cropping on Soil Biomass-C and Soil Fertility in Green House Soil

Lee, byung-Jin · Yoon, Tae-Hyun · Cho, Woo-Tae · Jun, Hyun Sik · Cho, Young-Son

This experiment was done to evaluate the effects of green manure cropping in green house soil on the changes of soil nutrients and soil microorganisms. The biomass of green manure crop was the highest in ryegrass and nitrogen absorption was the highest in hairy vetch. After cropping, soil phosphate content was the lowest in ryegrass, however, biomass C was the highest of all the green manures. Nitrogen uptake of plant and nitrogen content of the soil after the experiment showed a negative correlation. Total N content of soil was increased in hairy vetch plot, but decreasing tendency showed in the ryegrass and common crabgrass plots. In this results are summarized that green manure cropping greatly reduced salt accumulation in green house.

Key words : *green manure, green house, microorganisms, salt accumulation, soil microorganisms*

* 본 논문은 2012~13년 농촌진흥청 농업인기술개발사업과제로 수행된 연구임.

** Corresponding author, 경남과학기술대학교 농학·한약자원학부(E-mail : choyoungson@hanmail.net)

*** 경남과학기술대학교 농학·한약자원학부

**** 경남 밀양시 농업기술센터

***** 경남 경남귀농연합회

I. 서 론

국민소득의 향상으로 신선채소에 대한 요구도 증가와 농가수입 증대 목적으로 시설하우스 재배 면적이 매년 증가하고 있다. 특히 시설하우스 재배는 계절에 관계없이 집약적 재배를 실시하며, 생산성을 증대시키기 위해 매 작기마다 많은 퇴비와 비료를 사용하고 있는데, 시설재배는 외부와 격리되어 강우가 차단되고 내부 온도가 높아 토양 하층부의 수분이 상승하면서 표토에 염류성분 등이 집적되어 일반토양에 비해 염류집적이 많이 일어나는데(Yuk er al., 1993), 박 등(Park et al., 1998)은 경기지역 시설재배지 토양 조사에서 EC가 일반 노지에 비해 월등히 높으며, EC를 증가시키는 요인으로 Mg, K, P₂O₅, 유기물 Ca, SO₄ 등이 있음을 지적하였다. 염류가 집적되면 작물 생육과 수량 감소뿐 만 아니라 토양과 주변 환경을 오염시키게 되는데, 시설하우스 염류집적 문제를 해결하기 위한 방안으로 수세법(Chung et al., 2008), 옥수수 재배(Kim et al., 2006), 녹비작물(Park et al., 2006) 재배 등이 있고, 김 등(Kim et al., 2006)은 시설재배지에 유공관 암거배수 연구를 통해 염류집적 문제를 해결할 수 있을 것이라고 했다.

최근 들어 농업생산 환경의 중요성이 부각되면서 토양 미생물의 기능과 집적된 양분이 환경으로 유출될 수 있는 가능성을 평가하고 2차 오염을 방지하는 것이 중요하게 되었다(Cho et al., 2002; Tang et al., 2008). 건전한 토양은 경작지 내 미생물 군집의 다양성과 관련되어 있으며 미생물의 밀도, 생물량, 효소활성 등과 밀접한 관계(Cheng, 1990; Lee et al., 2011)가 있고, 토양 내 원활한 물질순환이 진행되고, 이 과정 모두 토양미생물이 관여하고 있다(Munnecke et al., 1982; Tate, 1995). 논에서 녹비작물 재배는 토양의 유기물함량을 증가시켜 토양 미생물 밀도를 증가(Pollock et al., 2008; Pretty, 2008; Zhao et al., 2008; Lee & Kim, 2011) 시킨다. Suh(1998)의 연구결과에 따르면 토양과 작물 근계에는 수십만 종의 미생물이 군집을 이루면서 서로 경쟁 보완 및 공생 등의 상호 관계를 이루면서 살아가고 있다. 이들 미생물 군집은 토양의 물리화학적 성질과 밀접한 관계를 맺고 있으며 미생물의 에너지를 공급하는 유기물 함량과도 상관관계가 높은 것으로 알려져 있다. 특히 작물의 잔사나 토양 유기물의 저장은 토양의 물리적 특성 변화에 영향을 주며(Carter, 2002), 토양 병해를 감소시키는 효과가 있다(Pedersen & Hughes, 1992; Scholte, 1987). 이러한 관점에서 미생물에 의한 토양 건전성 유지는 환경 보전을 위해 매우 중요하다. 우리나라에서도 친환경 농업의 실천을 위해 농가현장에 적용할 수 있는 화학비료 대체기술로서 자운영, 헤어리벳치, 청보리, 트리티케일 등의 녹비작물이 다양하게 연구되고 있다(Jeon et al., 2009; Kim et al., 2001; Kim et al., 2011).

본 시험은 시설재배지에서 작물 수확 후 토양 염류를 줄이는 방법으로 녹비작물 재배와 물로 수세하는 방법이 토양미생물과 토양 양분의 변화에 미치는 영향을 평가하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 토양 시료 및 작물재배

본시험은 경남과학기술대학교에서 식물 생육상(GC-300, Jeio Tech Co., Korea) 의 온도조건을 컨트롤하여 2013년 두 차례에 걸쳐 수행되었으며 수치는 평균하여 나타내었다. 시험에 사용된 토양은 밀양시 초동면의 농가 고추 시설재배지에서 채집한 토양으로 토양의 화학적 조성은 Table 1과 같다. 토양을 실내에서 건조하여 2mm 체로 치고 300-g을 원예용 pot(Ø10-cm)에 담아 헤어리벳치(*Vicia villosa*)와 호밀(*Secale cereale* L.), 바랭이(*Digitaria sanguinalis* L.)를 3립/pot 파종하였으며, 대조구는 pot에 식물을 파종하지 않고 식물 생육장에서 주간 13시간(25°C) 야간 11시간(15°C)으로 조정하고 70일간 재배하였다. 수분공급은 3일 간격으로 50ml/pot로 관주하였으며, 비료는 사용하지 않고 시험을 수행하였다.

Table 1. Soil chemical properties before the experiment

pH	EC	OM	T-N	Avail. P ₂ O ₅	Exch. cation			
					Ca	K	Mg	Na
1:5	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	-----cmol _c kg ⁻¹ -----			
7.6	7.98	27.2	0.20	280	28.2	0.68	5.16	1.65

토양 시료조제 및 화학성분 분석방법 채취한 토양은 실내에서 건조하여 2mm 체를 통과한 것을 화학성분 분석에 사용하였다. 화학성분 분석은 농촌진흥청 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법(NIAST, 2000)을 적용하여 pH와 EC는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 희석한 후 pH meter(Orion 520A pH meter, Orion Research Inc., Boston, USA)와, EC meter(Orion 3STAR EC meter, Orion Research Inc., Boston, USA)로 측정하였다. T-N은 Kjeldhal 법으로, NH₄-N은 건토 5g을 0.5M K₂SO₄ 50ml로 용액으로 침출 후 MgO로 알카리화하여 증류법으로 적량하였으며, NO₃-N은 NH₄-N을 정류 후 devarda's alloy를 가하여 NO₃-N을 NH₄-N로 전환시켜 증류법으로 정량, 유기물은 Tyurin법으로 측정하였으며, 유효인산은 Lancaster 법으로 비색계(UV-1650PC, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하였다. 치환성 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 등의 양이온은 1M NH₄OAc로 추출하여 ICP(Analyst 300, Perkin-Elmer, Norwalk, USA)로 분석하였다.

2. 식물체 분석

각 pot별 식물체의 지상부와 지하부를 채취하여 80°C에 48시간 건조하여 무게를 측정하고, 식물체 질소함량은 Kjeldhal 방법으로 측정하였다.

3. 토양 미생물의 Biomass C

토양 미생물의 Biomass C 함량은 Vance(1987) 등의 방법에 따라 클로로포름 혼증 추출법을 이용하여 조사하였다. 습토를 2-mm 체로 쳐서 10g을 채취하여 50ml 비이커에 넣고 클로로포름으로 적시고 데시케이터에 넣어 24시간 혼증하여 0.5M K₂SO₄ 50ml로 추출하여 8-ml를 250ml 용량의 둥근바닥플라스크에 넣고 2ml의 0.4N 중크롬산칼륨용액과 15ml의 황산인산 혼합용액을 가하여 넣고 냉각관에 부착하여 150°C로 30분간 가열하였다. 가열 후 냉각하고 25ml의 증류수를 가하여 25mM 페로인 지시약으로 하여 40mM의 황산제1철 아모니움 용액으로 역적정 하여 soil organic carbon(SOC) 정량하여 Biomass C 계산식에 환산계수는 0.35(sparling et al., 1990)를 곱하여 계산하였다.

$$\text{Microbiomass C(mg)} = \text{Ec/K}$$

4. 통계분석

분석된 토양 화학성은 SAS 프로그램 9.1.3 버전(2006)을 사용하였다. 재배작물별 미생물 총량은 5% 수준에서 LSD 검정을 하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 작물 생육량

시설하우스 토양에 헤어리벧치, 호밀, 바랭이를 pot에 심어 생육상에서 70일 동안 재배한 식물 종류별 전체 생장량은 건물중으로 나타낸 결과는 Table 2와 같다. 녹비작물별 지상부 생장량은 호밀에서 1.1g으로 가장 많았으며 헤어리벧치 바랭이 순으로 0.8, 0.7g으로 나타났으며, 뿌리에서는 호밀과 바랭이에서 0.4g으로 헤어리벧치에서 가장 낮게 나타났다. 지상부/뿌리(S/R)은 헤어리벧치가 3.5로 가장 높았으며, 호밀과 바랭이는 2.4, 1.6순으로 나타났는데, 이는 헤어리벧치의 뿌리의 생육이 다른 작물에 비해 낮았기 때문으로 사료된다.

Table 2. Dry weight and shoot/root of green manure after the experiment

Treatment	Dry weight		
	Straw	Root	S/R
	----- g pot ⁻¹ -----		
Harivetch	0.8	0.2	3.5
Rye	1.1	0.4	2.4
common crabgrass	0.7	0.4	1.6
Lsd .05	0.2	0.1	1.2

작물별 질소의 함량과 흡수량은 Table 3과 같다. 건물생산량은 헤어리벧치가 가장 적었지만 질소함량에서는 헤어리벧치 지상부가 15mg kg⁻¹로 가장 높았으며, 바랭이 9mg kg⁻¹, 그리고 호밀 6mg kg⁻¹ 순으로 나타났다. 식물체 지상부의 전체 질소 흡수량도 헤어리벧치가 가장 높게 나타났다. 토양 내 잔존 질소 함량(Table 5)이 헤어리벧치구가 가장 많았음에도 불구하고 헤어리벧치의 질소 흡수량이 많은 것은 근류균에 의한 질소 고정(Gutschink, 1980)이 있었기 때문으로 사료된다. 뿌리의 질소함량은 헤어리벧치 12mg kg⁻¹로 가장 높았으며 호밀 7mg kg⁻¹ 그리고 잡초 0.5% 순으로 나타났다.

Table 3. Nitrogen uptake by green manure straw and root

Treatment	Straw		Root		Total
	Nitrogen content (g kg ⁻¹)	Nitrogen uptake (mg pot ⁻¹)	Nitrogen content (g kg ⁻¹)	Nitrogen uptake (mg pot ⁻¹)	Nitrogen uptake (mg pot ⁻¹)
Harivetch	15	12	12	3	15
Rye	6	7	4	2	9
Common crabgrass	9	5	5	2	7
Lsd .05	2	2	3	1	2

2. 토양 화학성

헤어리벧치, 호밀, 바랭이를 pot에 심어 생육상에서 70일 동안 재배 후 토양의 화학성 변화를 조사한 결과 Table 4로 나타내었다. 토양 pH는 대조구가 7.8로 다른 시험구에 비해 높았으며, 헤어리벧치 재배구가 7.7로 가장 낮았다 이러한 경향은 Kim과 Lee(2011)은 녹비작물을 재배 후 토양에 환원함으로 pH가 낮아진다고 보고하고 있다. 본 시험에서는 재배한 녹비작물을 투입하지 않고 제거 했는데 토양의 pH가 낮아진 것으로 확인 되었는데 이러한

결과에 대해 추후 보다 정밀한 실험이 이루어져야 할 것으로 사료된다. 유기물함량은 대조구가 다른 시험구에 비해 높은 경향을 보였지만 통계적 유의성은 인정되지 않았다. EC는 시험 전 토양과 비교해 모든 시험구에서 낮아졌으며, 호밀을 재배한 것이 다른 식물을 재배한 것 보다 감소량이 크게 나타났다. 옥수수, 녹비작물 재배 이외에 단순히 물을 공급하는 것만으로 토양의 EC를 낮출 수 있다는 Chung 등(2008)과 Kim 등(2006)의 연구결과와 같이 대조구에서 EC가 줄어든 원인은 관개수에 의해 Ca와 Na이 씻겨 나갔기 때문으로 사료된다. 따라서 시설 재배지의 EC를 낮추는 방법으로 녹비작물 재배 후 축산 사료로 사용하거나 물을 이용한 수세법 등 농가의 상황에 맞게 하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

유기물 함량에 있어서 본 시험은 짧은 기간에 이루어져 유기물의 감소가 적었지만(Sparling, 1992) 지속적으로 유기물을 투입하지 않고 작물을 재배하게 되면 토양유기물 함량이 감소될 것으로 사료된다. 인산 함량은 호밀 재배구에서 인산의 함량이 가장 낮게 나타났으며, 대조구와 헤어리벳치 재배구의 인산함량은 유의적인 차이가 인정되지 않았다. 이는 Jeong 등(1996)의 연구 결과와 다른 경향을 보였는데, 그 원인은 작물 재배기간이 짧고 토양 pH가 Jeong 등(1996)의 연구결과 보다 높게 나타났기 때문으로 사료된다. 이는 토양내 pH가 6.5 일대 유효도가 가장 높아지며(Chang and Lee, 1983) 토양 pH가 올라가면 석회, 고토화 결합되어 불용화 되어 식물이 이용할 수 없기 때문이다. 치환성양이온의 함량은 헤어리벳치 재배구가 다른 시험구에 비해 높은 경향을 나타내었으며, 호밀 재배구에서 가장 낮은 값을 나타내었다. Lee 등(2012)은 동절기 녹비작물 재배가 우리나라 농경지의 인산집적을 완화시키는 역할을 할 것이라고 보고하였는데 본 시험에 사용된 토양이 10년 이상 시설재배지의 토양인 점을 고려하면 시설재배지의 염류집적 피해를 줄이기 위해 단순히 물만 담수하는 것보다 녹비작물을 재배 후 토양에 환원하지 않고 사료작물로 수거하는 것이 더 효과적일 것으로 사료된다.

Table 4. Soil chemical properties after green manure cropping

Treatment	pH	EC	OM	Avail. P ₂ O ₅	Exch. cation			
					Ca	K	Mg	Na
	1:5	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	-----cmolc kg ⁻¹ -----			
Harivetch	7.7	5.48	27.4	342.3	27.3	0.50	5.78	1.81
Rye	7.8	4.28	27.3	298.7	27.9	0.38	4.55	1.18
Common crabgrass	7.7	5.66	27.6	321.3	28.0	0.46	4.85	1.36
Control	7.8	4.69	28.3	338.4	25.9	0.59	4.94	1.52
LSD .05	0.05	1.23	ns	29.1	2.8	0.10	0.99	0.54

3. 토양 Biomass C

토양 미생물은 토양속의 양분의 고정과 무기화 그리고 순환에 중요한 역할을 한다(Yan & Marschner 2012). 토양의 유기물함량은 짧은 기간 동안 변화가 어렵지만 biomass-C 함량은 빠르게 변한다(Sparling, 1992). 토양속의 미생물 양을 알아보기 위한 방법으로 토양 biomass-C의 양을 조사하여 Fig. 1로 나타내었다. Kim과 Lee(2011)은 논에서 녹비작물의 시용이 토양 속 미생물을 증대시킨다고 보고 하였다. 본 시험은 녹비작물을 시용하지 않고 재배한 후 토양의 biomass-C의 양을 조사하여 토양 건전성을 알아보기 수행하였다. 유기물의 함량(Table 3)은 작물재배에 따라 유의성이 인정되지 않았지만, 작물종류에 따른 토양 biomass-C 함량에서 헤어리벳치와 호밀 재배구에서 다른 시험구에 비해 높게 나타났으며, 바랭이 재배구와 대조구 사이에는 유의적 차이가 인정되지 않았는데 이런 결과는 Silva 등 (2010)이 발표한 작물의 종류에 따라 토양의 biomass-C 양이 달라진다는 결과와도 유사하였으며, 이는 토양미생물의 밀도를 높여 토양건전성을 유지에 도움이 될 것으로 사료된다. Yan과 Marschner(2012)는 토양 biomass-C 양과 EC와의 관계에서 부의 관계를 나타낸다고 발표하였는데 본 시험의 결과와 유사하였다.

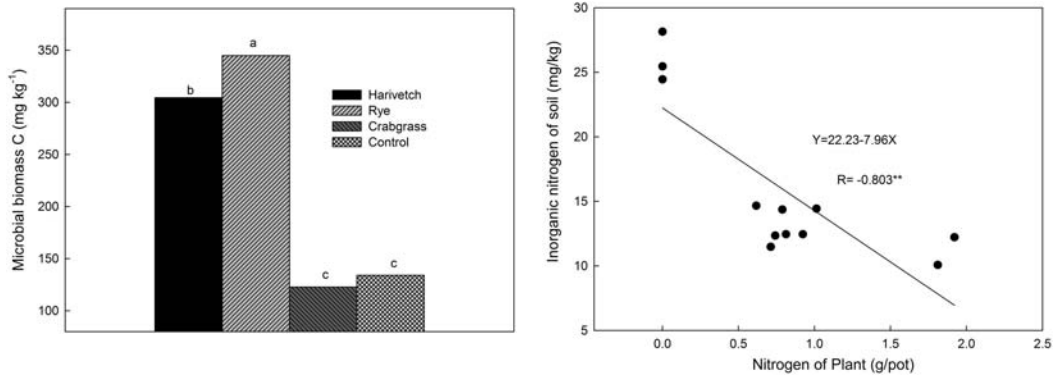


Fig. 2. Correlation between inorganic nitrogen of soil and nitrogen of plant

4. 토양질소와 식물체 질소 흡수량

헤어리벳치, 호밀, 바랭이를 pot에 심어 생육상에서 70일 동안 재배 후 토양의 유기물, T-N 그리고 무기태 질소 함량을 Table 5로 나타내었다. 토양 전체 질소량은 헤어리벳치 재배구가 다른 시험구에 비해 높게 나타났다. 이는 두과작물인 헤어리벳치가 근류균의 작용으로 대기중의 질소가 고정(Jeon et al., 2012) 되었기 때문이다. 호밀과 바랭이 재배구는 대조구에 비해 전체 질소함량이 감소하는 경향을 보였다. 암모늄태 질소와 질산태 질소함량

은 T-N과 다른 경향을 보였다. 대조구가 가장 높게 나타났으며, 헤어리벳치 시험구는 다른 시험구보다 질소무기화작용 속도가 늦어져 암모늄태 질소와 질산태 질소의 함량이 낮게 나타났다. 시험 후 토양속의 무기태 질소함량과 식물체 질소함량과 상관관계를 Fig. 2로 나타내었다. 토양속의 무기태 질소함량과 식물체 질소함량은 고도의 부의 유의상관을 나타내어($P < 0.001$) 토양중의 질소함량은 식물체의 흡수에 따라 감소됨을 알 수 있었다. 작물재배에 따른 토양유기물 함량은 유의성이 없었지만 대조구가 높은 경향을 보였다(Table 5). 클로로프롬 혼정법(sparling et al., 1990)으로 정량한 soil organic carbon(SOC)는 헤어리벳치와 호밀재배구가 다른 시험구에 비해 높게 나타났다. 전체 질소함량은 헤어리벳치재배구가 다른 시험구에 비해 높게 나타났으나, 암모늄태 질소와 질산태 질소 함량은 다른 시험구에 비해 낮게 나타났다. 토양유기물과 질소의 비율은 헤어리벳치 시험구가 가장 낮게 나타났는데 이는 질소의 함량이 다른 시험구에 비해 높게 나타났기 때문이다. 토양화학성 변화에서 pH와 인산은 낮아지는 경향을 보였으며, 유기물과 총 질소는 작물의 종류에 따라 증감의 차이를 보이고 있다.

Table 5. Content of nitrogen and organic(C) of soil by green manure cropping

	SOM*	SOC**	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	C/N*** ratio
	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹		
Harivetch	27.4	115.7	22	4.1	7.5	0.53
Rye	27.3	131.0	19	5.2	7.6	0.69
Common crabgrass	27.6	46.6	19	5.9	8.0	0.25
Control	28.3	50.9	20	5.1	20.1	0.25
Lsd .05	ns	25.5	1	1.4	6.4	

* SOM, Soil organic matter; ** SOC, soil organic carbon; *** C/N ratio, (SOC/TN)×100.

IV. 적 요

시설재배지 토양에 녹비작물의 재배가 Biomass-C와 토양 양분의 변화에 미치는 영향을 평가하고자 pot(Ø10-cm)에 헤어리벳치, 호밀, 바랭이를 70일간 재배 후 식물체와 토양을 분리하여 분석한 결과가 다음과 같다. 녹비작물의 생육량은 호밀이 가장 많았으며, 질소흡수량은 헤어리벳치가 가장 높게 나타났다. 호밀 재배구가 토양의 인산함량은 가장 낮았으며, biomass C는 가장 높게 나타났다. 시험 후 토양의 질소함량과 식물체 질소 흡수량은 고도의 부의 상관을 보였다. T-N 함량은 헤어리벳치 시험구에서는 증가하였지만, 호밀과 바랭이

재배구에서는 감소하는 경향을 보였다. 이상의 결과를 요약해볼 때 시설재배지에서 가장 중요한 것이 토양의 염류집적(EC) 인데 시험 후 토양에서 대조구에 비해서 콩과인 헤어리벳치는 EC가 약간 증가했고 다른 무기성분은 큰 변화가 없으며, 화분과인 호밀은 EC와 다른 무기성분도 약간 감소하는 경향으로 시설연작재배지에서는 화분과 작물이 염류집적 경감을 위해서 유리하다

[논문접수일 : 2013. 9. 3. 논문수정일 : 2013. 9. 16. 최종논문접수일 : 2013. 9. 23.]

Reference

1. Carter, M. R. 2002. Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interaction that maintain soil functions. *Agron. J.* 94: 38-47.
2. Chang, N. K. and B. S. Lee. 1983. The effect of pH on the mineral nutrient uptake in the rice seedlings. *Korean J. Ecology.* 6(4): 243-249.
3. Cheng, H. H. 1990. Pesticides in the soil environment; processes, impacts and medeling. *Soil Sci. Soc. of America.* pp. 429-466.
4. Cho, J. Y., K. W. Han, J. K. Choi, Y. J. Kim, and K. S. Yoon. 2002. N and P losses from a paddy field plot in central Korea. *Soil Sci. Plant Nutr.* 48: 301-206.
5. Chung, B. Y., K. S. Lee, M. K. Kim, Y. H. Choi, M. K. Kim, and J. Y. Cho. 2008. Salt accumulation and desalinization of rainfall intereception culture soils of rubus sp in gochang-gun Jeollabuk-do. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 41(5), 310-317.
6. Gutschink, V. P. 1980. Energy flow in the nitrogen cycle, especially in fixation. In. *Nitrogen Fixation Vol. 1.* W. E. Newton and W. H. Orme-Johnson, Eds. P. 17-27. University Park Press. Baltimore.
7. Kim, S. M., B. S. Yoon, and D. H. Cho. 2006. The desalinization effects by corn as a cleaning crop and its physiological characteristics in salt accumulated soil of the plastic film house cultivation. *Korean J Organic Agri.* 6: 179-189.
8. Jeon, W. T., K. Y. Seong, G. J. Oh, M. T. Kim, Y. H. Lee, U. G. Kang, H. B. Lee, and H. W. Kang, 2012. Changes of biomass of green manure and rice growth and yield using leguminous crops and barley mixtures by cutting height at paddy. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45: 192-197.
9. Kim M. T., J. H. Ku, W. T. Jeon, K. Y. Seong, C. Y. Park, J. H. Ryu, H. S. Cho, I. S.

- Oh, Y. H. Lee, J. K. Lee, M. Park, and U. G. Kang. 2001. Effect of barley green manure on rice growth and yield according to tillage date in spring. *Korean J. Crop Sci.* 56(2): 119-123.
10. Kim, E. S. and Y. H. Lee. 2011. Response of soil microbial communities to applications of green manures in paddy at an early rice-growing stage. *Korean. J. Soil. Sci. Fert.* Vol. 44(2): 221-227.
11. Kim, S. Y., S. O. Shin, Y. C. Ku, and S. T. Park. 2006. Effect of long-term dry-seeded rice on growth, rice yield and soil physicochemical properties in rice-barley double cropping system. *Korean J. Intl Agri.* 18(4): 281-286.
12. Lee, Y. H. and S. T. Lee. 2011. Comparison of microbial community of orchard soils in gyeongnam province. *Kor. J. Soil. Sci. Fert.* 44: 492-497.
13. Munnecke, D. M., L. M. John. H. W. Talbot, and S. Barik. 1982. Microbial metabolism and enzymology of selected pesticides, in A. M. Chakrabarty (ed.) *Biodegradation and Detoxification of Environmental Pollutants*, CRC press, Boca Raton, FL: 1-32.
14. Yan, N., and P. Marschner. 2012. Response of microbial activity and biomass to increasing salinity depends of the final salinity, not the original salinity. *Soil Bio & Bioc.* 53: 50-55.
15. Park, C. G., Y. S. An, J. S. Yang, and C. S. Kang. 1998. Soil chemical properties under plastic film house of Kyunggi districts. *Kyunggi Agriculture Research.* 9: 169-176.
16. Park, J. H., Y. J. Lee, S. B. Lee, and K. W. Park. 2006. Effect of green manure of the reduction of salt injuries of crops in the salt accumulated soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* pp. 196-196.
17. Pedersen, E. A. and G. R. Hughes. 1992. The effect of crop rotation on development of the septoria disease complex on spring wheat in SasKatchewan. *Can. J. Plant Pathol.* 14: 152-158.
18. Pollock, C., J. Pretty, I. Crute, C. Leaver, and H. Dalton. 2008. Introduction sustainable agriculture. *Philos Trans R. Soc. B.* 363: 445-446.
19. Pretty, J. 2008. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philos Trans R. Soc. B.* 363: 447-465.
20. Scholte, K. 1987. The effect of crop rotation and granular nematicides on the incidence of *Rhizoctonia solani* in Potato. *Potato Res.* 30: 187-199.
21. Sparling, G. P. 1992. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Aust. J. Soil Res.* 30: 195-207.
22. Suh, J. S. 1998. Soil microbiology. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 31(S): 76-89.
23. Tang, J., B. Zhang, C. Gao, and H. Zepp. 2008. Hydrological pathway and source area of

- nutrient losses identified by a multi-scale monitoring in an agricultural catchment. *Catena* 72: 374-385.
24. Tate, R. L. 1995. *Soil microbiology. Energy transformations and metabolic activities of soil microbes.* John Wiley & Sons Inc. pp. 64-92. USA.
 25. Yuk, C. S., J. J. Km, S. D. Hong, and B. G. Kang. 1993. Salt accumulation in horticultural soils of PE film house in chungbuk area. *Kor. J. Soil. Sci. Fert.* 26(4): 172-180.
 26. Zhao, J., Q. Luo, H. Deng, and Y. Yan. 2008. Opportunities and challenges of sustainable agricultural development in China. *Philos Trans R. Soc. B.* 363: 893-904.