

무경운 유기재배에서 녹비작물별 고추의 수량과 토양 화학성 변화*

양승구** · 서윤원*** · 김용순*** · 김선국***
임경호*** · 최경주*** · 이정현***** · 정우진*****

Changes of Pepper Yield and Chemical Properties of Soil in the Application of Different Green Manure Crops and No-Tillage Organic Cultivation

Yang, Seung-Koo · Seo, Youn-Won · Kim, Yong-Soon · Kim, Sun-Kook ·
Lim, Kyeong-Ho · Choi, Kyung-Ju · Lee, Jeong-Hyun · Jung, Woo-Jin

This work studied the growth and yield of green crops, changes of mineral composition in greenhouse soil and green crops, and infection with wintering green crops cultivation in greenhouse field. At 74 days after seeding of wintering green crops, dry matter was 710kg/10a in rye, 530kg/10a in barley, 230kg/10a in hairy vetch, and 240kg/10a in bean or weeds. Total nitrogen content in green crops was 4.5% in pea and hairy vetch, and 3~4% in barley and rye. P₂O₅, CaO, and MgO contents in all green crops were about 1.0%, and K₂O content was the highest level by 4~5% among macro elements. Total nitrogen fixing content in shoot green crops uptaken from soil was 22.1kg/10a in rye, 20.6kg/10a in barley, 10.6kg/10a in hairy vetch, and 9.6kg/10a in pea and giant chickweed. P₂O₅ fixing content in shoot green crops uptaken from soil was 8.4kg/10a in rye, 6.3kg/10a in barley, and 2.3 kg/10a in hairy vetch and pea. K₂O fixing content in shoot green crops uptaken from soil was 28kg/10a in rye, 24.7kg/10a in barley, and 11kg/10a in hairy vetch and pea. CaO fixing content in shoot green crops uptaken from soil was 2~3kg/ 10a in all green crops, and MgO fixing content was 1.7~2.6kg/10a in all green crops. Pepper growth in no-tillage was not a significant difference at all

* 본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원에 의해서 수행되었습니다.

** 교신저자, 전라남도농업기술원(sky3878@korea.kr)

*** 전라남도농업기술원

**** 전남대학교 농업생명과학대학 응용생물공학부 친환경농업연구사업단

***** 전남대학교 농업생명과학대학 식물생물공학부

green manure crops. The number of fruit and fruit weight were higher in control, pea, hairy vetch and harvest barley than rye and barley. Soil mineral compositions in wintering green crops increased at pH, organic matter, CEC compared with control. Soil chemical compositions were stable level at green crops cultivation according as decreases of EC, available phosphoric acid, Ca, and Mg contents. After no-tillage by green manure crops, pH in soils was higher in green manure crops than control. EC content in soils was lower in green manure crops than control, and was remarkably low level in barley harvest. Organic matter content in soils increased in hairy vetch and barley green manure but decreased by 35% in barley harvest. Total nitrogen and available P_2O_4 content in soils remarkably increased but was not a significant difference at all green manure crops. Cation (K, Ca, and Mg) content in soils decreased by 15~20% in K, 2~11% in Ca, and 3~6% in Mg at rye, barley and pea compared with control.

Key words : *manure crops, mineral uptake, no-tillage*

I. 서 론

우리나라는 국민소득과 지식수준의 향상으로 식품과 환경의 안전성에 대한 국민들의 관심이 높아져 유기재배 농산물의 생산과 소비가 급증하고 있다. 고추는 중요한 양념채소로 재배면적은 53천ha로 연간 117천톤이 생산되고 있으며, 고추는 같은 장소에서 동일한 비료와 퇴비 및 유기자재의 과도한 투입으로 토양의 양분 불균형이 초래되고 있다(박 등, 2009).

우리나라 유기재배 채소의 공급은 대부분 시설재배에서 생산되고 있으며, 그 동안 시설재배는 다수확을 목표로 과도한 유기자재 투입에 의한 토양염류 집적량 증가로 인한 유해미생물 밀도 증가, 유용미생물의 부족, 토양 무기성분간의 길항작용과 병해충의 확산 등 많은 토양 내 문제점이 발생되고 있는 실정이다(손, 2000; 양 등, 2011a).

환경 친화적인 유기농업의 추진은 다수확 위주의 일반 관행농업에 의해서 수질, 대기 및 토양이 오염되고 생태계가 파괴되는 등 심각한 환경문제를 해결하고자 하는 의지와 고품질 안전 농산물에 대한 요구에서 비롯되었다(정과 손, 2000).

IFOAM과 Codex의 유기식품 규격에서 토양비옥도의 유지증진을 위하여 두과작물, 심근성작물, 녹비작물 재배를 필수사항으로 규정하고 있다(류, 2008). 두과 녹비작물을 재배하여 식물체를 녹비로 투입하면 유기물 및 질소를 토양에 공급하여 질소비료의 많은 양을 절감할 수 있고(Utomo 등, 1991; 서 등, 2000b), 헤어리베치는 다른 두과작물에 비하여 내한성이 강하며 질소 고정 능력이 높고(Power와 Zachariassen, 1993), 체내 질소함량이 많아(Smith 등, 1987) 월동 녹비작물로 유망하다. 뿐만 아니라 화분과인 호밀은 피복효과가 크지만 녹비 효과가 적고, 헤어리베치는 질소 고정능력이 높고 피복효과도 높아 유망하며 잡초발생을 억제할 수 있다(서 등, 2005; 이 등, 2005).

토양 근권에 서식하는 여러 생명체는 토양 물리성과 유기 영양분의 무기화, 여러 가지 합성물질의 생성 및 토양 입단화 증진 등 식물뿌리와 협생관계를 구축하여 수분 및 영양분의 흡수를 증진시키는 등 다양한 혜택을 식물에 제공한다(손 등, 2008; 양 등, 2011b).

한편 우리나라에서는 최근 호밀과 헤어리베치 등을 중국과 호주 등지에서 수입하여 벼 녹비작물로 농가에 보급하고 있다. 그러나 국외에서 수입하는 녹비작물 종자는 수입 통관을 위하여 종자속독을 실시하기 때문에 원칙적으로 친환경재배에서 직접 사용할 수 없다. 따라서 소비 둔화로 판매가 감소하는 보리의 소비 촉진과 녹비작물의 시설재배 효과를 검토하고자 시험을 추진하였다. 본 시험에서는 고추 무경운 유기 시설재배 시 녹비작물의 시비효과를 검토하기 위하여 호밀과 보리 등 녹비작물을 재배하여 토양과 식물체의 무기성분 및 고추의 수량 반응 검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 녹비작물 재배

본 시험은 1984년 7월 2중 비닐온실을 설치하여 현재까지 약 23년간 시설채소를 재배하고 있는 전남 나주시 남평읍 미사질양토(JD 중동통)의 비닐온실을 이용하여 시험을 수행하였다(Table 1). 녹비작물 재배는 무농약 인증 시설하우스 토양에서 시비를 하지 않고 유기재배 방법에 준하여 시험을 수행하였다.

호밀(*Secale cereale*)과 보리(*Hordeum vulgare* var. *hexastichon*)는 10a당 20kg, 헤어리베치와 완두콩(*Pisum sativum*)은 10a당 5kg을 난괴법 3반복으로 파종하였다. 녹비작물 재배기간 2007년 12월 18일 파종하여 2008년 3월 19일까지 74일간 재배하였으며, 녹비작물을 예취하여 녹비작물의 생육량과 식물체의 무기성분 함량 및 무기성분 고정량을 조사하였다.

Table 1. Chemical characteristics of upland soil

T-N (%)	pH (1:5)	OM (g/kg)	Available P ₂ O ₄ (mg/kg)	K	Ca	Mg	CEC	EC (dS/m)
				(cmol ⁺ /kg)				
0.17	5.8	39.00	1,126	0.33	10.42	3.83	17.26	3.17

2. 토양 및 녹비작물의 무기성분 분석

토양 및 식물체 무기성분 함량은 농촌진흥청 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법에

준하여 실시하였다.

토양의 무기성분 분석은 토양과 증류수를 1:5의 비율로 혼합하여 30분간 진탕시킨 후, pH와 EC는 pH/ISE Conductivity Meter(Model 460 CP)로 측정하였다. 질산태 질소는 Kjeldahl 법으로 측정하였고, 유효 인산은 Lancaster법으로 비색(Agilent Technologies, us/8453E) 정량하였다. 양이온인 K, Ca, Mg는 1-N ammonium acetate로 침출하여 atomic absorption spectrometer(Varian SF-200, Mulgrave, Australia)로 분석하였다.

식물체 분석은 식물체를 70°C에서 건조한 후 분쇄한 시료를 산 분해 용액(HClO₄:H₂SO₄=10:1)으로 습식 분해하여 전 질소는 Kjeldahl법으로, 인산은 Vanadate법으로, 양이온 K, Ca, Mg는 ICP(Optima 7300 DV, Perkin, Elmer)로 정량하였다.

3. 녹비작물 재배지의 무경운 유기재배 고추의 생육 및 수량

2007년 12월 18일 고추(*Capsium annuum* L.)를 파종하여 녹비작물이 생육하고 있는 상태에서 풋고추 “녹광” 품종의 플러그묘를 호미를 이용하여 무경운으로 2008년 4월 1일 정식하였다. 녹비작물과 고추묘의 경합으로 고추 뿌리의 착근이 지연될것이 우려되어 고추 정식 3일 후 녹비작물을 예취하여 이랑을 피복하였다. 시험구 배치는 녹비작물 재배와 동일하게 하였으며, 재식거리는 135×38cm로 10a 당 1,949주를 정식하였으며, 5월 30일부터 8월 13일까지 수확하고 시험을 완료하였다. 기비는 녹비로 대체하였는데, 추비는 농촌진흥청 표준시비 처방(N:P:K=22.5:6.4:10.1kg/10a)에 따라서 시판중인 천연유기질 비료(N:P:K:Ca=13:3:6:2%)를 이용하여 3회 추비하였다. 고추 수확 완료 후 토양을 채취하여 무기성분의 변화를 분석하였다.

4. 통계분석

본 시험의 통계분석은 SAS 9.2(Statistical Analysis System Institute Inc. 2002) package를 이용하여 분석하였으며, 처리간 유의성은 “Tukey’s Honestly Significant different Test”를 이용하여 검정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 녹비작물의 생육 및 수량

파종 74일 후에 조사한 녹비작물의 생육은 Table 2와 같다. 녹비작물의 건물수량은 10a당

호밀은 720kg, 보리는 530kg, 헤어리베치는 230kg, 완두콩 재배구는 잡초를 포함 240kg 이 생산되었다. 3월 중순에 조사한 시설재배 녹비작물 생체중 일일 증가량은 10a당 호밀과 보리는 약 100kg, 헤어리베치는 약 65kg 정도가 하루에 증가되었다.

한편, 손 등(2008)은 인삼재배 예정지에 월동 녹비작물을 재배한 결과 10a 당 지상부 건물중이 호밀은 2,312kg, 보리는 1,583kg이었다고 하여 본 시험에 비하여 3배 정도 많았다. 이는 노지재배 호밀과 보리는 10월 초순에 파종하여 6월 초에 수확하며, 콩과 수단그라스는 여름작물로 6월에 파종하여 10월에 수확하는 작형이며, 본 시험은 시설재배에서 염류제거를 목적으로 단기간 재배하기 때문에 재배기간의 차이로 생각되었다.

Table 2. Growth characteristics of green manure crops in vinyl greenhouse

Treatment	Length of stalk (cm)	No. of stalk (ea./m ²)	Fresh matter yield (kg/10a)			Dry matter yield (kg/10a)
			11 Mar.	19 Mar.	Growth increment (Day)	
Control (Total weed)	-	-	-	-	-	135.0 ^b
Rye	87.6 ^a	24.2	5,200	6,056	107.0	709.5 ^a
Barley	50.7 ^b	46.2	5,283	6,063	97.5	527.7 ^a
Pea (Giant chickweed)	36.3 ^c	24.2	-	-	-	215.0 ^b
Hairy vetch	40.8 ^{bc}	129.8	2,267	2,790	65.4	242.8 ^b
cv (%)	4.5	-				4.6

Values shown in each column are the means based on three replicates. Data followed by the same letter within columns are not significantly different ($p \leq 0.05$) as determined by Tukey's Honestly Significant different Test.

호밀과 보리, 헤어리베치 재배구의 시설토양 표면은 녹비작물에 의하여 대부분 피복되었으나, 녹비종자를 파종하지 않은 무처리구와 발아율이 낮은 완두콩 파종구는 쇠별꽃과 같은 잡초가 무성하게 자라 토양 표면을 대부분 피복되었다. 녹비작물을 파종하지 않은 무처리와 입모율이 낮은 완두콩 재배구에서 7종의 잡초가 발생되었는데, 잡초의 건물 수량은 10a당 135kg 수준으로 쇠별꽃(*Stellaria aquatica*)과 황새냉이(*Cardamine flexuosa*) 2종의 잡초 발생량이 99% 이상을 점유하였으며, 독새풀(*Alopecurus aequalis* var. *amurensis*), 방가지똥(*Sonchus oleraceus*), 유럽점나도나물(*Cerastium holosteoides*)과 냉이(*Capsella bursa-pastoris*), 망초류(*Erigeron canadensis*) 순이었다.

한편 유 등(2007)은 노지 과수원에서 가을에 헤어리베치를 파종하고 다음해 봄에 발생된 잡초의 초종을 조사한 결과 파종량이 증가되면 잡초의 발생은 현저하게 감소되었는데, 헤

어리베치의 파종량이 10a당 5kg 이상에서는 잡초 방제 효과가 95%이상이라고 하였다. 그리고 무처리에서 발생된 잡초의 주요 초종은 냉이, 꽃다지, 보리쟁이, 개불알풀, 지칭개, 독새풀 등 다양한 초종이 분포하였다(유 등, 2007)고 하였다. 이는 23년간 연작한 시설토양과 노지 과수원의 식생의 차이로 생각되었으며, 우와 변(1988)은 시설과 노지의 잡초발생 특성을 조사한 결과 시설 하우스에서는 냉이, 명아주, 바랭이, 쇠비듬이 우점하고 노지에서는 명아주, 여뀌, 쇠비듬, 바랭이가 우점하였다며 멀칭의 종류에 따라서도 잡초의 발생양상은 달라진다고 하였다.

Table 3. Dry weight (kg/10a) of weeds in green manure crops of vinyl greenhouse

Giant chickweed	Wavy bittercress	Common mouse-ear chickweed	Short awn	Shepherds-purse	Annual sowthistle	Horseweed	Total weeds
128.6	4.6	0.3	0.8	0.1	0.5	0.1	135.0

따라서 시설재배의 작부체계에 있어서 전작물 재배 후 다음 작물 재배까지 일정기간 이상 태양열 소독을 하고, 적절한 수분 관리로 잡초를 자라게 한다면 발생하는 자생 초종의 종류에 따라서 다를 수 있으나 녹비작물의 역할을 할 수 있을 것으로 생각되었다.

2. 녹비작물의 무기성분

2중 비닐온실에서 재배한 녹비작물의 식물체내 무기성분 함량을 조사한 결과(Table 4), 음이온인 질소함량은 두과 녹비작물인 완두콩과 헤어리베치가 4.5% 수준으로 화분과 녹비작물인 보리와 호밀의 3~4% 보다 높았다(Table 4). 또한 식물체내 양이온 농도는 칼리와 칼슘, 마그네슘의 함량도 두과 녹비작물인 완두콩과 헤어리베치가 화분과 녹비작물인 호밀, 보리 보다 높은 경향을 보였다.

녹비작물의 식물체내 인산 함량과 칼슘 그리고 마그네슘 함량은 작물의 종류에 관계없이 1% 내외였으나, 칼륨은 식물체의 무기성분이 4~5% 수준으로 다량 원소 중 가장 높게 나타났다.

한편 서 등(2000a)은 월동 녹비작물인 헤어리베치의 체내 질소성분 농도는 생육단계에 4.2~3.8%, 인산함량은 0.8~0.9%라고 하여 본 시험과 같은 경향이었으나, 호밀의 질소함량은 1.6~0.5%라고 하여 본 시험보다 낮았다. 그리고 양 등(2011a)은 시설재배지 미사질양토에서 콩과 네마장황의 T-N 함량은 3~3.6%, 수수와 하우스슬고는 1.7~2.1%, 칼리함량은 콩과 네마장황은 1.6~2.6%, 수수와 하우스슬고는 2.8~3.7%라고 하여 녹비의 종류에 따라서 무기성분 함량이 다르다고 하였다.

쇠별꽃, 호밀, 보리 녹비작물 식물체의 무기성분 중 음이온 질소 : 인산의 함량비는 2.6~3.3 : 1, 완두콩과 헤어리베치는 4.1~4.6 : 1 수준이었다.

양이온 칼륨 : 칼슘 : 마그네슘의 함량비는 호밀과 보리는 11.0~13.4 : 1.4~2.3 : 1이었으며, 쇠별꽃과 완두콩, 헤어리베치는 3.9~6.3 : 0.6~1.7 : 1 수준이었다.

Table 4. Content of fertilizing ingredients in green manure crops

Treatments	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
	----- (%) -----				
Control	3.44 ^{bc}	1.19 ^a	5.22 ^a	0.76 ^b	1.33 ^a
Rye	3.11 ^c	1.19 ^a	3.95 ^b	0.49 ^c	0.36 ^d
Barley	3.91 ^{ab}	1.20 ^a	4.68 ^{ab}	0.82 ^b	0.35 ^d
Pea	4.44 ^a	1.08 ^a	4.96 ^a	0.90 ^b	1.01 ^b
Hairy vetch	4.55 ^a	0.99 ^a	4.76 ^{ab}	1.27 ^a	0.75 ^c

Values shown in each column are the means based on three replicates. Data followed by the same letter within columns are not significantly different ($p \leq 0.05$) as determined by Tukey's Honestly Significant different Test.

녹비작물이 식물체내에 고정된 무기성분량을 녹비작물의 건물중과 녹비작물의 무기성분 함량을 곱하여 환산하여 보면 Fig. 1과 같다. 10a당 질소량이 화분과 작물인 호밀은 22.1kg, 보리는 20.6kg으로, 두과 작물인 헤어리베치 10.6kg, 완두콩과 쇠별꽃 9.6kg 보다 2배 이상 많았다(Fig. 1). 이와 같은 결과는 ha당 녹비용 헤어리베치 20톤을 논토양에 환원하면 벼 생육에 충분한 질소성분인 110~120kg의 공급효과가 있다는 김 등(2002)의 보고와 유사한 경향을 보였다.

그리고 서 등(2000c)은 호밀 녹비작물의 잔사는 건물중으로 ha당 3톤 정도가 토양에 환원되지만 질소함량이 낮아서 질소 공급량은 ha당 24kg에 불과하고 C : N율이 높아 토양 무기태 질소를 일시 고갈시킬 수 있다고 하였다. 그러나 이와 같은 문제는 식물체내 질소함량이 높은 생육이 왕성한 시기에 호밀과 보리 녹비작물을 수확하여 토양에 환원하여 해결할 수 있을 것으로 생각되었다.

10a당 인산의 고정량은 화분과 작물인 호밀은 8.4kg, 보리는 6.3kg으로 두과 작물 2.3kg에 비하여 2.7배 정도 많았고, 칼리의 고정량도 호밀은 28kg, 보리는 24.7kg으로 두과 작물인 완두콩과 헤어리베치 11kg보다 2.2~2.6배 정도 많았다(Fig. 1).

그리고 녹비작물에 의하여 토양으로부터 흡수된 칼슘량은 완두콩과 헤어리베치는 10a당 2~3kg, 호밀과 보리는 4kg 수준이었으며, 마그네슘은 1.7~2.6kg 수준이었다.

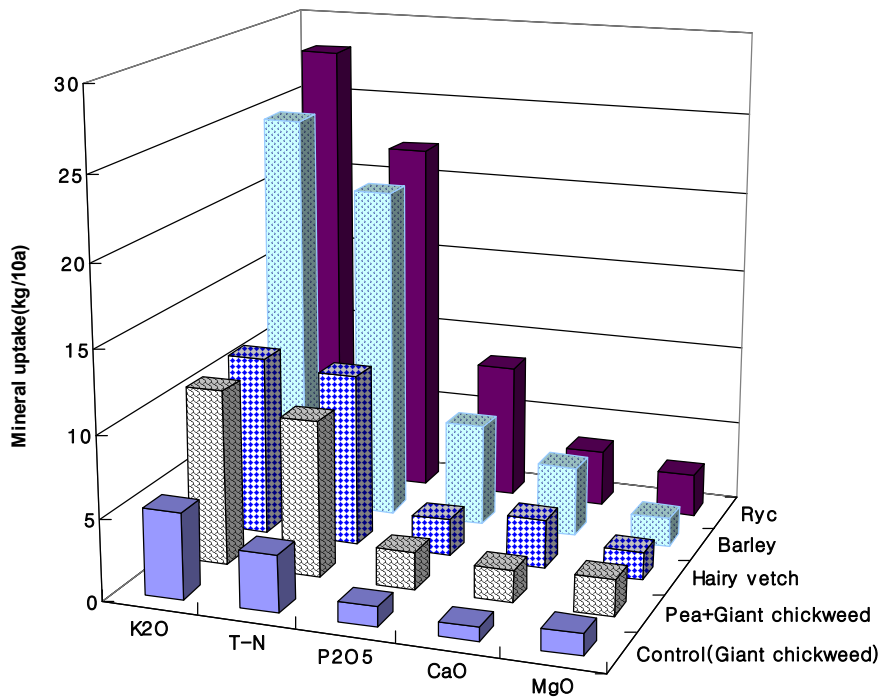


Fig. 1. Composition of fixing minerals uptaken from soil in shoots green manure crops of vinyl greenhouse.

따라서 비닐 하우스내 월동 녹비작물 재배에서 지상부가 토양으로부터 흡수한 무기 성분량은 화분과 작물인 호밀과 보리가 식물체내 무기성분 함량이 높고 지상부의 건물 생산량이 많아서 높은 편이었다(Table 2와 5, Fig. 1).

한편 양 등(2011a)은 하계 시설녹비작물 재배 시험에서 콩과 하우스솔고, 수수는 N성분의 10a당 고정량은 31.3~32.3kg, 네마장황은 14.4kg 수준이라고 하였고, 김 등(2002)은 ha당 20톤의 헤어리베치를 투입하면 N성분 110~120kg의 공급효과가 있다고 하여 작물의 종류에 따라서 차이가 있으나, 헤어리베치의 경우 본 시험과 유사한 경향이였다.

3. 녹비작물과 고추 재배에 따른 토양 화학성 변화

녹비작물을 재배하여 토양에 녹비를 투입 환원하기 전 토양과, 녹비작물 재배 토양에 고추를 무경운 정식하고 녹비를 환원하여 고추를 재배한 후의 토양 화학성 변화를 조사한 결과는 Fig. 2~5와 같다.

녹비작물 재배 토양의 pH는(Table 1, Fig. 2-A) 재배 전 토양 pH 5.8에 비하여 무처리를 포함 녹비작물 재배 토양의 pH 5.95~6.22로 증가되었으며, 녹비를 환원하고 고추를 무경운

정식하여 재배한 토양 pH는 5.94~6.16 수준이었다.

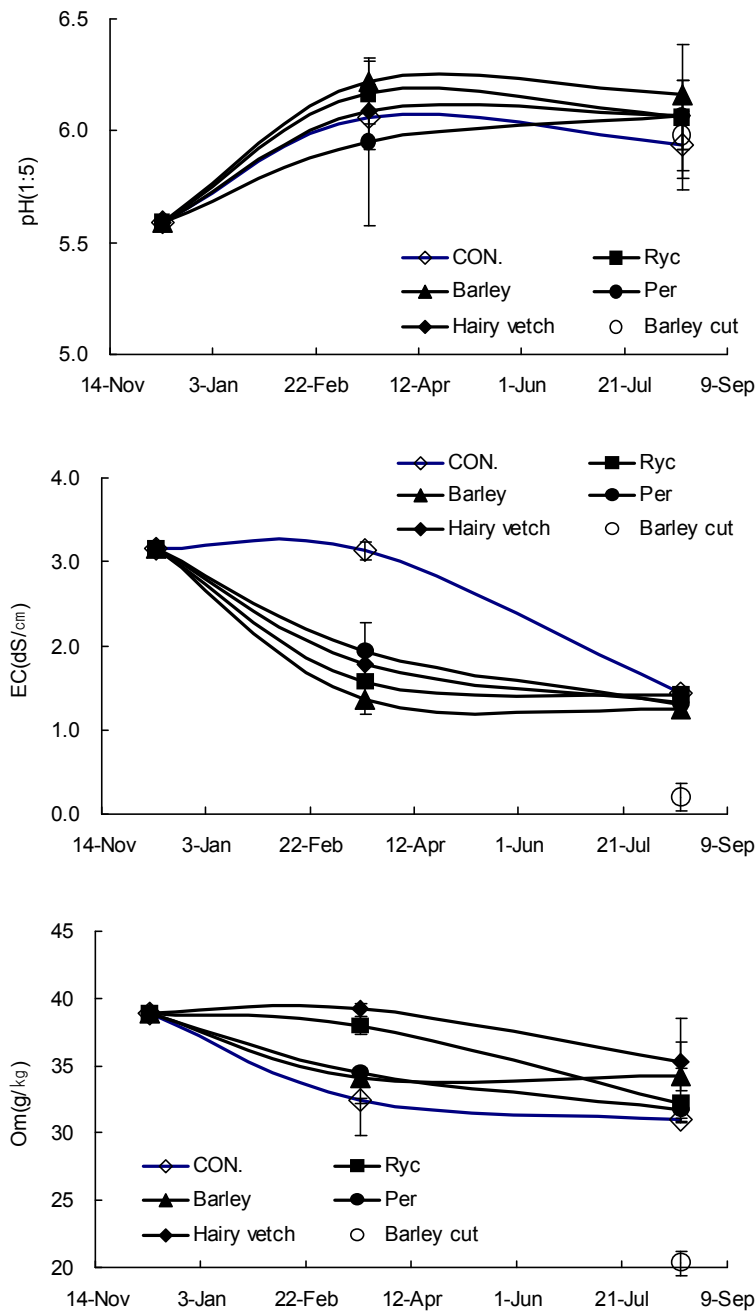


Fig. 2. Changes of pH, EC, and organic matter content in non-tillage soils by green manure crops in vinyl greenhouse.

녹비작물 재배 토양의 염류농도는(Table 1, Fig. 2-B) 녹비재배에 의하여 보리와 호밀은 1.37~1.56dS/m, 헤어리베치는 1.78dS/m으로 녹비작물 재배 전 EC 3.17dS/m에 비하여 44~76 % 정도 토양에 염류농도가 감소되었으나, 녹비작물을 재배하지 않은 무처리는 3.13dS/m으로 차이가 없었다. 녹비작물을 토양에 환원하여 고추를 재배한 토양의 EC는 1.24~1.44dS/m으로 녹비작물 무처리에서 감소되었으며, 보리 녹비를 예취 제거하고 고추를 재배한 토양 EC는 0.21dS/m으로 현저하게 감소되었다.

호밀과 헤어리베치 재배 토양의 유기물함량은(Table 1, Fig. 2-C) 38~39.3%로 녹비작물 재배 전 토양과 유사하였으나, 무처리와 보리, 완두콩 재배 토양은 32.4~34.5%로 유기물 함량이 12~17% 정도 감소되었다. 녹비작물을 환원하여 고추를 재배한 토양의 유기물 함량은 호밀과 헤어리베치 재배지에서 감소되었다.

양 등(2011a)은 하계 시설 녹비작물을 재배하여 토양에 환원하기 전에 조사한 토양 pH는 증가되었고 토양에 EC 농도와 유기물함량은 감소를 보였으며, 고추 재배 토양의 유기물 함

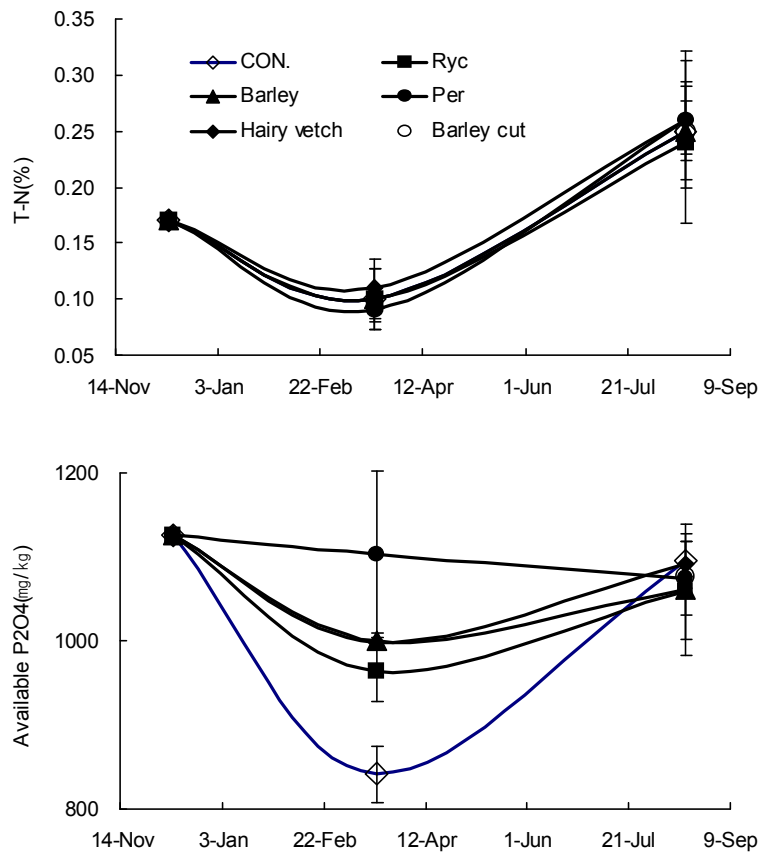


Fig. 3. Changes of total nitrogen and available P₂O₄ content in non-tillage soils by green manure crops in vinyl greenhouse.

량의 감소는 유기물이 분해되어 고추가 흡수 이용된 결과로(윤과 남, 2009) 생각되었다고 하였다.

이는 녹비작물 재배 시 시비를 하지 않았고, 고추도 기비를 투입하지 않고 무경운 상태에서 동일한량의 추비로 고추를 재배하였기 때문에 퇴비와 같은 유기물이 투입되지 않아서 나타난 결과로 추정되었다. 따라서 무경운 재배와 같이 적극적으로 외부의 유기물을 투입하지 않는 저 투입을 목적으로 할 경우 자체 토양에서 생산된 식물체의 잔사는 전량 토양에 환원 재투입하여 장기적으로 유기물이 부족 되지 않게 토양을 관리에 신경을 써야 할 것으로 생각되었다.

녹비작물 재배 토양의 총질소 함량은(Table 1과 Fig. 3-A) 0.09~0.11%로 녹비재배 전 토양 질소 함량 0.17%의 35~43% 정도가 감소되었다. 그리고 녹비를 환원하여 고추를 재배한 토양의 총질소 함량은 0.24~0.26%로 녹비작물 재배 전 토양에 비하여 41~53% 정도 증가되었다.

녹비작물 재배 토양의 유효인산 함량은(Table 1과 Fig. 3-B) 녹비 작물재배 전에 1,126mg/kg으로 시설 토양 기준량보다 2배 이상 높았으나, 녹비를 환원하기 전 963~1,103mg/kg으로 2~14% 정도 유효인산이 감소되었고, 녹비작물을 재배하지 않은 무처리는 536mg/kg으로 52% 정도 감소되었다. 그리고 고추를 무경운 정식하고 녹비를 환원 재배한 토양의 유효인산 함량은 1,060~1,096mg/kg으로 녹비작물 재배 전 토양에 비하여 3~6% 정도 감소되었다.

한편 박 등(2009)은 노지 고추재배 시 무비구에서 인산함량이 71mg/kg 수준이었으나, 3요소 시비구는 361mg/kg, 3요소+퇴비 시용구는 613mg/kg으로 증가되어, 인산질 비료와 퇴비의 지속적인 시용은 토양에 인산의 축적이 가중될 것이라고 하였다.

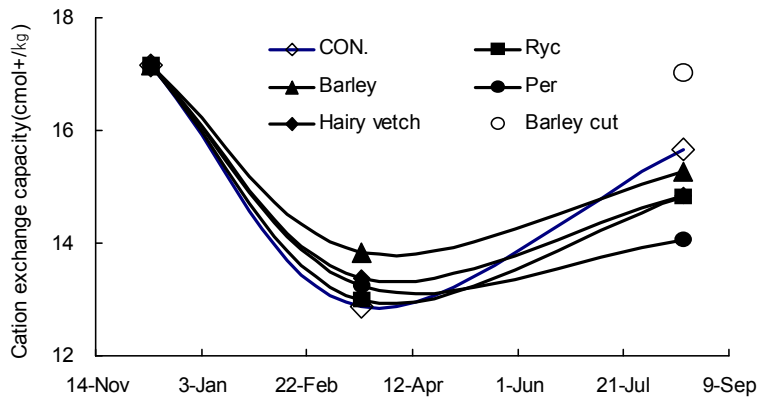


Fig. 4. Changes of Cation exchange capacity in non-tillage soils by green manure crops in vinyl greenhouse.

녹비작물 재배 토양의 양이온치환용량은(Table 1과 Fig. 4) 12.9~13.8cmol⁺/kg로 녹비작물 재배 전 17.3cmol⁺/kg에 비하여 20~25% 정도 감소되었으나, 녹비를 환원하여 고추를 재배한 토양의 양이온치환용량은 증가되었으며, 보리 녹비작물을 예취하여 제거한 토양은 현저하게 증가되었다.

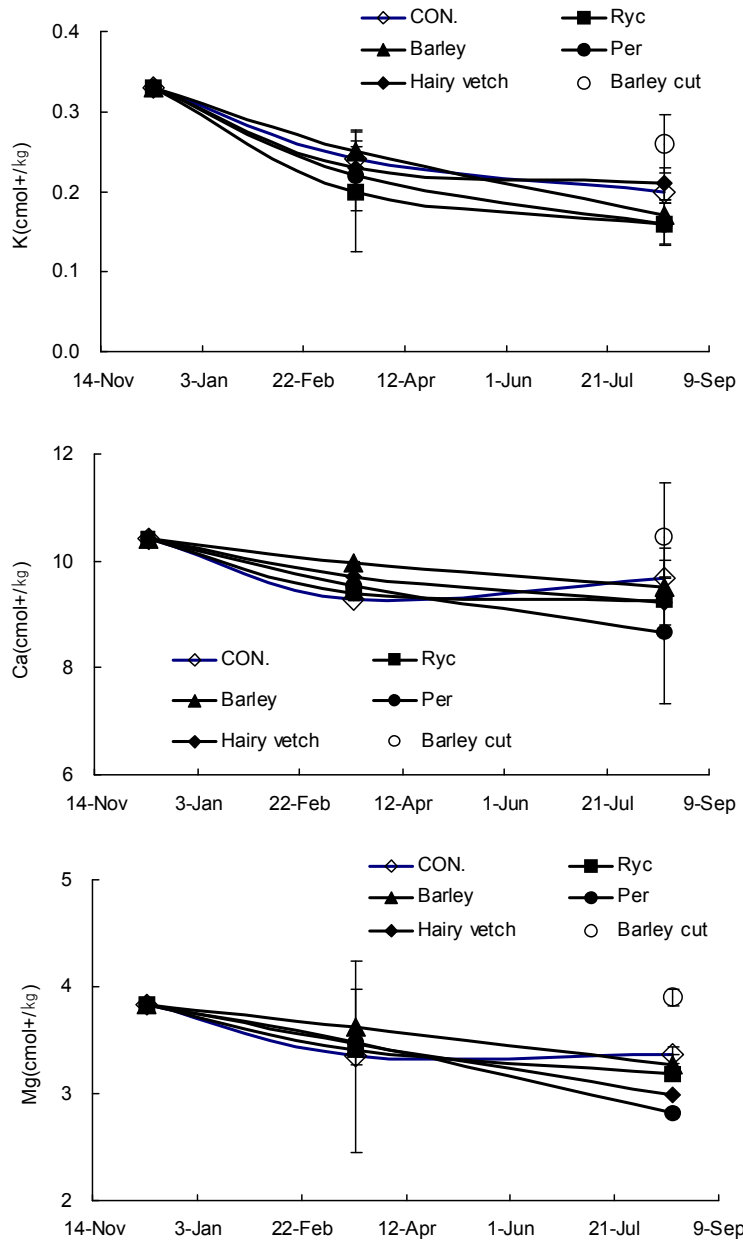


Fig. 5. Changes of cation(K, Ca, and Mg) content in non-tillage soils by green manure crops in vinyl greenhouse.

토양의 K 함량은(Table 1, Fig. 5-A) $0.33\text{mol}^+/kg$ 으로 시설토양 기준의 1/2 수준으로 낮은 농도를 보였던 녹비작물 재배 종류에 따라서 $0.20\sim 0.25\text{mol}^+/kg$ 로 24~39% 정도가 감소되었다. 그리고 녹비를 토양에 환원하고 고추를 재배한 토양에 K 함량은 변화가 없었으나, 보리녹비를 예취하여 제거한 토양의 K 함량은 $0.26\text{mol}^+/kg$ 으로 보리 녹비를 전량 투입하여 고추를 재배한 토양에 비하여 53% 정도 K 함량이 증가되었다.

녹비작물 재배 토양의 Ca 함량은(Table 1, Fig. 5-B) $10.4\text{cmol}^+/kg$ 로 시설토양의 기준량 보다 약 2배 이상 높은 Ca 함량이 $9.3\sim 10.0\text{cmol}^+/kg$ 으로 녹비작물 재배 전에 토양에 비하여 Ca 함량이 4~11% 정도 감소되었다. 그리고 녹비작물을 토양에 환원하여 고추를 무경운 재배한 토양에 Ca 함량은 보리녹비 제거와 녹비 무처리구에서 증가되었으나, 기타 녹비 처리구에서는 $8.7\sim 9.7\text{cmol}^+/kg$ 으로 7~16% 정도 감소되었다.

녹비작물 재배 전에 토양 Mg 함량은(Table 1, Fig. 5-C) $3.8\text{mol}^+/kg$ 로 시설토양의 기준 보다 약 2배 이상 높았으나 무처리를 포함 녹비작물 재배에 의하여 토양 Mg 함량이 $3.4\sim 3.6\text{mol}^+/kg$ 으로 녹비작물 재배 전 토양에 비하여 5~11% 정도 감소되었다. 그리고 녹비작물 재배 토양에 녹비를 환원하고 고추를 재배한 토양의 Mg 함량은 $2.8\sim 3.4\text{mol}^+/kg$ 으로 녹비작물 재배 전 토양에 비하여 10~26% 정도 감소되었으나, 보리녹비작물을 예취하여 제거한 토양과 녹비 무처리에서 Mg 함량은 증가되었다.

한편 박 등(2009)은 고추의 표준 추천 시비에서 무비재배에 비하여 토양 Ca과 Mg 함량이 2배 정도 증가되었다며, 시비방법에 따라서 토양의 K 함량에 차이가 많은데, 양분 흡수량의 차이에 의하여 나타난 결과로 판단된다고 하였다. 그리고 양 등(2011a)은 하계녹비작물 재배시 토양에 무기성분은 녹비의 종류에 따라서 무기성분량이 증가되거나 감소되었는데 이는 녹비의 건물 생산량과 무기화된 량에 따라서 다른 경향을 보인 것 같다고 하였다.

토양에 이화학성이 녹비작물과 고추재배 등 작부체계에 따라서 단기적으로 감소되거나 증가되어도 장기적인 변화는 크게 영향을 받지 않는 것으로 보이는데, 이는 완충능력이 큰 토양의 특성과 토양 시료 채취 및 조제 시 분해되지 않은 식물체 잔사 등이 제거되는 등 분석방법도 원인중 하나로 생각되었다(양 등, 2011a).

4. 녹비작물 재배 토양의 무경운 유기재배 고추의 생육 및 수량

녹비작물 재배 토양에 무경운으로 재배한 고추의 생육은(Table 5) 절간장이 긴 헤어리베치와 호밀 재배지에서 경장이 긴 경향을 보였으나, 엽장의 길이는 적었다.

고추의 수량성을 살펴보면(Table 6) 고추 수확과수는 녹비작물을 재배하지 않은 무처리와 녹비 건물량이 적은 보리 예취 이용구와 완두콩 및 헤어리베치 재배지가 보리와 호밀 재배지에 비하여 수확과수가 현저하게 많았다.

Table 5. Growth characteristics of the pepper in non-tillage by green manure crops in vinyl greenhouse (12 Aug. 2008)

Treatments	Trunk length (cm)	Branch length (cm)	Plant length (cm)	No. of internode (ea./plant)	Internode length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Stem diameter (mm)
Control	24.9	132.0 ^b	156.9 ^{bc}	28.4	4.6 ^b	10.3	5.0	7.8
Rye	26.9	137.3 ^a	164.2 ^{ab}	28.0	4.9 ^a	9.2	4.2	6.9
Barley	26.6	123.6 ^c	150.2 ^b	27.2	4.5 ^b	10.9	4.8	7.3
Pea	24.3	124.9 ^c	149.2 ^c	27.4	4.6 ^b	9.2	4.5	7.6
Hairy vetch	27.2	139.8 ^a	167.0 ^a	28.8	4.9 ^a	8.6	4.5	7.2
Harvest Barley	25.3	130.2 ^b	155.5 ^{bc}	30.0	4.3 ^c	10.0	4.7	6.7

Values shown in each column are the means based on three replicates. Data followed by the same letter within columns are not significantly different ($p \leq 0.05$) as determined by Tukey's Honestly Significant different Test.

그리고 고추의 1과중은 처리간에 큰 차이를 보이지 않았으나, 무처리와 보리재배지에서 생산된 고추에서 증가되는 경향이였다. 따라서 고추의 수량은 보리를 예취하여 이용한 처리와 녹비작물을 재배하지 않은 무처리 및 녹비량이 적은 완두콩 재배지에서 화분과 녹비작물 재배지보다 많았다(Table 6).

Table 6. Yield and characteristics of the pepper in non-tillage by green manure crops in vinyl greenhouse (Harvest period: 30 May~18 Aug. 2008)

Treatments	No. of fruit (ea./Plant)	Fruit weight (g/ea.)	Fruit weight (g/Plant)	Yield (kg/10a)	Yield index	Fruit length (cm)	Fruit diameter (mm)
Control	160.5 ^{ab}	15.6 ^a	2,404 ^{ab}	4,856 ^{ab}	100	14.7	18.3
Rye	119.4 ^b	13.8 ^b	1,676 ^b	3,203 ^b	66	13.0	15.0
Barley	121.1 ^b	15.7 ^a	1,884 ^b	3,698 ^{ab}	76	14.6	17.3
Pea	144.0 ^{ab}	14.8 ^{ab}	2,079 ^{ab}	4,124 ^{ab}	85	14.3	18.1
Hairy vetch	131.4 ^{ab}	15.0 ^{ab}	1,905 ^{ab}	3,819 ^{ab}	79	14.7	16.5
Harvest Barley	187.0 ^a	14.8 ^{ab}	2,652 ^a	5,382 ^a	111	13.8	16.0

Values shown in each column are the means based on three replicates. Data followed by the same letter within columns are not significantly different ($p \leq 0.05$) as determined by Tukey's Honestly Significant different Test.

이는 녹비작물을 예취하지 않은 상태에서 경운하지 않고 고추를 정식하였기 때문에 고추와 녹비작물의 경합으로 활착 및 착과가 지연된 원인으로 생각되었다. 그리고 토양 미생물인 균근균(Arbuscular mycorrhizal Fungi, AMF)은 토양 근권에 서식하며 토양 물리성과 유기 영양분의 무기화, 여러 가지 합성물질의 생성 및 토양 입단화 증진 등 다양한 혜택을 식물뿌리에 제공하는 것으로 알려져 있다(손 등, 2008). 본 시험의 다른 논문에서 균근균(AMF)의 밀도를 조사한 결과(양 등, 2011b) 보리 녹비작물을 조기에 예취하여 이용한 처리가 무처리 및 다른 녹비 작물재배에 비하여 균근균(AMF)의 밀도가 50% 정도 증가된 것도 수량이 증수된 하나의 원인으로 생각되었다. 따라서 녹비작물을 재배하고, 무경운 재배 할 경우 다음 작물과 일정한 기간을 두고 녹비작물을 예취하여 투입 또는 제거하거나, 태양열을 이용한 고온소독으로 녹비작물을 고사 시킨 후 작물을 정식 재배하는 것이 유리 할 것으로 생각되었다.

IV. 적 요

우리나라 유기채소는 대부분 시설재배에서 생산되고 있으나, 그 동안 시설재배는 다수확을 목표로 과도한 유기자재 투입에 의한 토양염류 증가로 인한 토양 내 문제점이 발생되고 있다. 따라서 본 연구에서는 고추 무경운 시설 유기재배 시 녹비작물 재배 효과를 검토하기 위하여 본 시험을 수행하였다.

1. 녹비작물의 생육 및 수량

월동 녹비작물을 파종 74일 후에 조사한 결과 건물 수량은 10a당 호밀은 720kg, 보리는 530kg, 헤어리베치는 230kg, 완두콩과 잡초는 240kg 수준이었으며, 1일 생체중으로 10a당 호밀과 보리는 100kg, 헤어리베치는 65kg 정도 하루에 증가되었다. 녹비작물을 파종하지 않은 무처리와 발아율이 낮은 완두콩 재배구에서 빈 공간에 7종의 잡초가 발생되었는데, 쇠별꽃과 황새냉이 2종의 잡초 발생량이 99% 이상을 점유 건물수량은 135kg 수준이었다.

2. 녹비작물의 무기성분

녹비작물 식물체의 질소농도는 완두콩과 헤어리베치가 4.5%, 보리와 호밀은 3~4% 수준이었다. 식물체내 칼리와 칼슘, 마그네슘의 함량도 완두콩과 헤어리베치가 호밀, 보리보다 높은 경향을 보였다. 녹비작물의 식물체내 인산 함량과 칼슘 그리고 마그네슘 함량은 녹비의 종류에 관계없이 1% 내외였으나, 칼륨은 식물체의 무기성분이 4~5% 수준으로 다량 원

소 중 가장 높게 나타났다. 녹비작물의 지상부가 체내에 고정된 총 질소량이 10a당 호밀과 보리는 20.6~22.1kg으로 헤어리베치, 완두콩+쇠별꽃 보다 2배 이상 많았다.

인산과 칼리의 고정량도 호밀과 보리는 6.3~8.4kg/10a으로 헤어리베치와 완두콩+쇠별꽃에 비하여 2.7배 정도 많았고, 칼리의 고정량도 호밀과 보리는 24.7~28kg/10a으로 헤어리베치와 완두콩+쇠별꽃 보다 2배 정도 많았다. 그리고 녹비작물에 의하여 흡수된 칼슘량은 10a당 2~3kg 수준이었으며 마그네슘은 1.7~2.6kg 수준이었다.

3. 녹비작물과 고추 재배에 따른 토양 화학성 변화

녹비작물 재배 토양의 pH는 무처리를 포함하여 재배 전 토양에 비하여 증가되었다.

녹비작물 재배 토양의 염류농도는 감소되었으며, 보리녹비를 제거한 토양의 염류농도는 현저하게 감소되었다.

호밀과 헤어리베치 재배 토양의 유기물함량은 변함이 없었으나, 무처리와 보리, 완두콩 재배 토양에서는 감소되었으며, 녹비를 환원하여 고추를 재배한 토양의 유기물 함량은 호밀과 헤어리베치 재배 토양에서 감소되었다. 녹비작물 재배 토양의 총질소 함량은 감소되었으나, 녹비를 환원하여 고추를 재배한 토양의 총질소 함량은 증가되었다. 녹비작물 재배 토양과 녹비를 환원 고추를 재배한 토양의 유효인산 함량은 감소되었다. 녹비작물 재배 토양의 양이온치환용량은 감소되었으나, 녹비를 환원하여 고추를 재배한 토양에서 양이온 치환용량이 증가되었다. 토양의 K, Ca, Mg 함량은 녹비작물 재배 토양과 녹비 환원 후 고추를 재배한 토양에서 감소되었다.

4. 녹비작물 재배지 무경운 유기재배 고추의 생육 및 수량

녹비작물 재배 토양에 무경운으로 재배한 고추의 생육은 녹비 품종간에는 차이가 적었다. 고추 수확과수는 녹비작물을 재배하지 않은 무처리와 녹비 건물량이 적은 보리 예취이용구와 완두콩 및 헤어리베치 재배지가 보리와 호밀 재배지에 비하여 수확과수가 현저하게 많았다. 고추의 수량은 보리를 예취하여 이용한 처리와 녹비작물을 재배하지 않은 무처리 및 녹비량이 적은 완두콩과 헤어리베치 재배지가 화본과 녹비작물 재배지보다 많았다.

[논문접수일 : 2010. 7. 12. 논문수정일 : 2010. 11. 23. 최종논문접수일 : 2011. 6. 23]

참 고 문 헌

1. 김충국·서종호·조현숙·최성호·김시주. 2002. 벼 재배시 헤어리베치 녹비의 이용 효과. 한토비지 35: 169-174.
2. 류종원. 2008. 고랭지에서 파종시기에 따른 헤어리베치와 올리포트베치의 생육특성 및 녹비생산량. 한유지 16(4): 409-420.
3. 박진면·이인복·강윤임·황기성. 2009. 무기질 및 유기질 비료 시용이 고추 생육과 토양 화학성에 미치는 영향. 한원지 27(1): 24-29.
4. 서종호·이호진·김시주. 2000a. 헤어리베치의 추파시기에 따른 녹비의 수량 및 질소량 변화. 잡초지 45: 400-404.
5. 서종호·이호진·허일봉·김시주·김충국·조현숙. 2000b. 동계 녹비작물 초종별 화학성 및 생산성 비교. 한초지 20(3): 193-198.
6. 서종호·이호진·허일봉·김시주·김충국·조현숙. 2000c. 동계 사초호밀 및 녹비 헤어리베치 재배에 따른 토양 질산태질소 및 옥수수 질소 흡수량 비교. 한초지 20(3): 199-206.
7. 김충국·서종호·조현숙·최성호·김시주. 2002. 벼 재배시 헤어리베치 녹비의 이용 효과. 한토비지 35: 169-174.
8. 서종호·박종열·송득영. 2005. 경사지 발토양 유실억제 및 질소비료 절감에 대한 피복작물 헤어리베치의 효과. 한토지 38(3): 134-141.
9. 손보균·진서영·김홍림·조주식·이도진. 2008. 인삼재배 예정지의 Arbuscular 근균군 (AMF) 번식체 밀도 향상. 한토지 41: 170-176.
10. 손상묵. 2000. 한국 토착유기농업의 토양비옥도 증진책의 문제점과 대안. 한유지 8: 53-77.
11. 우인식·변종영. 1988. 시설재배지(P.E. 하우스, P.E. 터널, P.E. 멀칭)에서 잡초발생특성. 한잡초지 8(3): 317-323.
12. 양승구·서윤원·이유석·김현우·마경철·임경호·김홍재·김정근·정우진. 2011a. 시설재배지 녹비작물 재배가 고추의 수량과 토양 이화학성에 미치는 영향. 한유지. 19(2): 게재 예정
13. 양승구·서윤원·김병호·손보균·위치도·최경주·정우진·박노동. 2011b. 시설재배지 무경운 토양에서 녹비작물별 Arbuscular Mycorrhizal Fungi(AMF) 감염양상과 포자밀도 특성. 한유지. 19(3): 게재 예정
14. 윤덕훈·남기웅. 2009. 콩 유기재배시 춘파 호밀 간작의 효과. 한유지 17: 529-538.
15. 유영채·이철원·송범현·오성환·최낙거. 2007. 과수원에서 헤어리베치(*Vicia villosa* Roth)를 이용한 잡초방제 효과. 한잡초지 27(2): 140-147.
16. 이정태·이계준·박철수·황선웅·용영록. 2005. 고랭지 배추 재배지에서 헤어리베치 초

- 생재배에 의한 토양유실 경감 및 질소비료 공급효과. 한토지 38(5): 294-300.
17. 정경란·손상묵. 2000. 두과·녹비작물 재배를 통한 유기농업 토양비옥도의 유지와 증진. 한유지 pp. 97-110.
 18. Power, J. F. and J. A. Zachariassen. 1993. Relative nitrogen utilization by legume cover crop species at three soil temperatures. Agron. J. 85: 134-140.
 19. Rural Development Administration. 1989. Method of soil chemical analysis. RDA. Suwon, Korea.
 20. Smith, M. S., W. W. Frye, and J. J. Varco. 1987. Legume Winter cover crops. Advances in Soil Sci. 7: 95-139.
 21. Utomo, M., W. W. Frye and R. L. Blevins. 1990. Sustaining soil nitrogen for corn using hairy vetch cover Crop. Agron. J. 82: 979-983.