

# 토마토 시설재배지 토양에서 단기 녹비작물 재배가 연속장해 토양 개량 및 토마토 생육에 미치는 영향

정유진<sup>1,2</sup>, 노일섭<sup>3</sup>, 강권규<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>한경대학교 원예학과, <sup>2</sup>한경대학교 유전공학연구소, <sup>3</sup>순천대학교 원예학과

## Effects of Green Manure Crops on Tomato Growth and Soil Improvement for Reduction of Continuous Cropping Injury through Crop Rotation in Greenhouse

Yu Jin Jung<sup>1,2</sup>, Il Sup Nou<sup>3</sup> and Kwon Kyoo Kang<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Horticulture, Hankyong National University, Ansong 456-749, Korea

<sup>2</sup>Institute of Genetic Engineering, Hankyong National University, Ansong 456-749, Korea

<sup>3</sup>Department of Horticulture, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea

**Abstract** - To reduce the injury by continuous cropping system of tomato cultivation, green manure crops (GMCs) such as hairy vetch and rye were applied. Nutrient contributions of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, and MgO in hairy vetch were 26.2, 5.8, 10.2, 6.6, and 1.5 kg/10a, respectively. Nutrient contributions of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, and MgO in rye were 9.1, 4.2, 11.8, 3.8, and 3.1 kg/10a, respectively. After incorporation of GMCs into soil, bulk density in soil with GMCs was lower than that in soil without GMCs (control). In soil after incorporation of GMCs, pH was not different in all treatment conditions, and ranged from 6.37~6.52. EC in soil after incorporation of GMCs was lower than that in soil without GMCs. The OM, T-N, and avail. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> contents in soil with GMCs were higher than those in soil without GMCs. The tomato growths were increased in the rotational cropping system (RCS) as compared to continuous cropping system (control and without NPK). Also the density of *Pseudomonas corrugata* in soil with GMCs was lower than that in soil without GMCs (control). This study suggest that the RCS using GMCs showed lower disease outbreak density in soil for tomato cultivation as compared to RCS without GMCs. Especially, the GMCs was good effect for reduction of continuous cropping injury of tomato.

**Key words** - Green manure crops, Soil improvement, Reduction of continuous cropping injury, Tomato greenhouse

### 서 언

최근 국민 소득의 증가와 함께 고품질 신선편이의 수요가 급증하면서 이를 위한 시설채소 재배면적은 해마다 증가하여 2010년 약 10만 5천 ha를 차지하고 있다(농림수산 식품부 2010). 시설 재배작물은 무, 배추, 오이, 상추, 호박, 참외, 딸기, 토마토, 가지 등이 대부분을 차지하고 있으며, 대규모화에 따라 동일 시설 내에서 같은 작물의 연작이 계속되고 있다(Son *et al.*, 2011). 시설하우스 재배토양은 외부와 격리되어 천연무기물 공급원인 강우가 차단될 뿐 아니라 시설 내 온도가 높아 하층에서

상층으로 토양수분이 이동하며, 농약, 화학비료 및 유기물의 과다사용으로 시설 내 토양 이화학성이 열악해진다고 보고되고 있다(Allotey *et al.*, 1997). 발작물에서 연속장해는 토양 물리 화학성변화, 알레로파시 및 생물학적 요인 등(Bernstein, 1975; Wright and Upadhyaya, 1996; Cho *et al.*, 2006)으로 윤작은 연작 장해를 해결하는 데 유효하며, 그 효과로는 토양 유기물의 공급·유지, 토양 물리성 개선, 토양의 양분 흡수권의 확대, 토양 양분의 균형 유지 및 병해충 발생의 억제 등이 알려져 있다(Wright and Upadhyaya, 1996; Kim *et al.*, 2002; Lee *et al.*, 2006). 비닐하우스에서 발생하기 쉬운 작물의 생장장해는 여러 가지가 있으나 일반적으로 연작장해에 의한 토양 내 특정양분

\*교신저자(E-mail) : kykang@hknu.ac.kr

의 소모, 토양 물리화학적 악화, 전작물의 뿌리나 작물유체의 분해과정에서 생성되는 독소물질이 토양 중에 축적되어 생육장애를 발생하는 것과 토양의 병원성 미생물, 선충 등에 의한 흡수장애가 알려져 있다(Kim *et al.*, 2002; Lee *et al.*, 2006). 이와 같은 지력저하에 대한 대책의 하나로서 지속가능한 농법으로 지력회복 가능한 녹비도입에 대한 연구가 보고되고 있다(Allotey *et al.*, 1997, Nam *et al.*, 2007; Cho *et al.*, 2006, 2011, 2012). 녹비작물이란 토양개량, 작물의 생육촉진 및 양분공급 등을 목적으로 재배하는 작물로 퇴비처럼 발효시키지 않고 재배된 신선한 식물체를 토양에 갈아엎어 투입하는 작물로서 양질의 유기물을 얻을 수 있고 미생물의 먹이가 많으므로 토양 유효미생물의 증식이 활발하여 토양개량 효과가 크다(Chang and Drengé, 1955; Jun *et al.*, 2002; Lee *et al.*, 2011). 또한, 녹비만으로도 토양개량, 작물의 생육촉진, 양분공급, 토양 유실방지 및 토양 물리화학적 개량효과가 있으며, 자연경관 보전 등의 많은 장점이 있다(Shon *et al.*, 1999; Jun *et al.*, 2002; Cho *et al.*, 2006, 2010, Jeon *et al.*, 2010, 2011, 2012; Lee *et al.*, 2013). 녹비작물 중에서 헤어리베치는 콩과식물로서 다른 두과 녹비작물에 비해 10 g kg<sup>-1</sup>이상의 높은 질소 고정능을 갖고 있으며, C/N율이 15 미만으로 낮아 토양에 환원되면 8주 만에 75~80%가 분해되어 후작물에 양분공급이 가능하여 질소공급을 위한 녹비작물로 중요시되고 있으며, 토양개량, 미생물 번식 증가, 토양수분의 조절, 잡초 발생의 억제, 토양 침식 경감, 대기정화 등 여러 가지 기능을 갖고 있다(Shon *et al.*, 1999; Jun and Park 2001; Cho *et al.*, 2006, 2011, Jeon *et al.*, 2010, 2012; Lee *et al.*, 2013). 본 논문은 토마토 시설재배지에 녹비작물 재배가 토양에 미치는 영향을 알아보기 위해 두과의 헤어리베치와 화본과 호밀을 단파 및 혼파하여 토마토 연작재배지에서 녹비작물의 양분공급 특성, 녹비작물 토양환원 따른 토양의 이화학적 특성 및 토마토의 연작장애 경감효과를 구명하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 시험포장

본 연구는 2010년부터 2013년까지 4년간 경기도 일죽면에 위치한 토마토 시설재배지를 선정하였고, 크기는 가로 6.7 m, 세로 100 m로 총면적은 670 m<sup>2</sup>이었으며, 시험토양의 이화학적 특성은 Table 1과 같다. 시험토양은 pH 6.6~6.7, 전기전도도 (electrical conductivity, EC) 2.52~2.83 dS m<sup>-1</sup>, 토양유기물 (organic matter, OM) 함량 22.1~23.8 g kg<sup>-1</sup>, 총 질소(total-nitrogen) 함량 1.72~1.74 g kg<sup>-1</sup>, 유효인산(available phosphorus) 함량 1464~1519mg kg<sup>-1</sup>, 치환성 칼륨(exchangeable potassium) 함량 1.42~1.46 cmol<sub>c</sub>kg<sup>-1</sup>, 치환성 칼슘(exchangeable calcium) 함량 5.59~5.91 cmol<sub>c</sub>kg<sup>-1</sup>, 치환성 마그네슘(exchangeable magnesium) 함량 1.85~1.98 cmol<sub>c</sub>kg<sup>-1</sup>의 분포를 보였다. 시험 토양의 토성은 미사질 양토였다.

### 녹비작물재배

본 시험에 사용된 녹비작물의 파종은 헤어리베치 및 호밀을 단파 및 혼파로 구분하여 처리하였으며 처리구의 경우 대조구(무처리), 관행 처리구, 녹비작물 단파 및 혼파 처리구로 설정하였다. 토마토 연작재배지에서 녹비작물 파종량은 단파의 경우 헤어리베치 및 호밀을 각각 10a당 9 kg되게 파종하였고, 혼파의 경우는 헤어리베치 및 호밀을 각각 10a당 4.5 kg씩 1:1의 비율로 혼합하여 파종하였다(Table 2).

### 조사항목

녹비작물의 양분공급량은 각 녹비작물의 T-N, T-P, K, Ca 및 Mg 함량과 생체중량을 고려하여 계산하였으며, 나온 결과를 N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO 및 MgO의 비료공급 형태로 환산하였다. 녹비작물의 토양환원 전·후 토양의 이화학적 특성 조사는 녹비작물 토양환원 전인 2010년 9월 20일에 채취한 토양과 2011년부터

Table 1. Chemical properties of soil used in this studies

Block	pH	EC <sup>z</sup>	OM <sup>y</sup>	T-N <sup>x</sup>	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Exch. Cation			Soil texture
						K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	
	1:5	dS m <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----			
I	6.6	2.52	22.1	1.72	1464	1.46	5.91	1.98	Silt loam
II	6.7	2.83	23.8	1.74	1478	1.42	5.84	1.92	Silt loam
III	6.6	2.77	23.7	1.73	1519	1.43	5.59	1.85	Silt loam

<sup>z</sup>EC, electrical conductivity; <sup>y</sup>OM, soil organic matter; <sup>x</sup>T-N, total-nitrogen.

Table 2. Treatment condition of green manure crop

Treatments		Green manure	Amounts of seed (kg 10a <sup>-1</sup> )
Control		-	
Single cropping	HV <sup>z</sup>	Hairy vetch	9
	Rye	Rye	9
Companion cropping	HV <sup>z</sup> +Rye	Hairy vetch + Rye	4.5 + 4.5

<sup>z</sup>HV; Hairy vetch.

Table 3. Growth characteristics of green manure crops

Treatments		Plant height	Root height	Fresh weight	Dry weight	Individual number
		cm	cm	g plant <sup>-1</sup>	g plant <sup>-1</sup>	ea m <sup>-2</sup>
Single cropping	HV <sup>z</sup>	97.9 ± 17.2	22.6 ± 4.3	46.0 ± 6.5	4.8 ± 2.1	76 ± 11.2
	Rye	74.5 ± 9.6	12.0 ± 2.9	16.8 ± 5.8	3.2 ± 1.9	78 ± 9.0
Companion cropping	HV <sup>z</sup>	48.8 ± 6.5	15.5 ± 4.2	21.0 ± 8.9	2.9 ± 1.2	48 ± 6.6
	Rye	30.0 ± 11.1	11.0 ± 3.4	14.8 ± 6.6	2.5 ± 1.5	31 ± 8.4

<sup>z</sup>HV; Hairy vetch.

2013년까지 매년 녹비작물 환원 후에 각 처리구별 토양을 채취하였으며, 토양 화학성의 경우는 pH, EC, OM, T-N, Avail, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 치환성양이온 및 무기성분 함량을 조사하였다. 녹비작물 토양환원 후 토마토의 생육특성은 토마토 정식 2개월 후에 대조구(무처리), 관행처리구, 녹비작물 단파 및 혼파 처리구에서 토마토 생육 특성을 조사하였다. 토마토의 생육특성은 초장 및 줄기 직경, 생체중 및 건물중을 조사하였다. 녹비작물 토양환원 후 토마토 재배 후 토양을 이용하여 토마토 시들음 병원균의 밀도는 대조구(무처리), 관행처리구, 녹비작물 단파 및 혼파 처리구로 구분하여 조사하였다.

### 분석방법

각각의 시험구내 5곳으로부터 작토(깊이 0~20 cm)로부터 채취한 토양은 식물 잔여물을 제거하고, 건조한 후에 2 mm 체를 통과한 것을 화학성분 분석에 사용하였다. 화학성분 분석은 농촌진흥청 농업과학기술원 토양 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, NH<sub>4</sub>-N은 건토 5g을 0.5M K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 50 ml로 용액으로 침출 후 MgO로 알카리화하여 증류법으로 정량하였으며, NO<sub>3</sub>-N은 NH<sub>4</sub>-N을 정류 후 devarida's alloy를 가하여 NO<sub>3</sub>-N을 NH<sub>4</sub>-N로 전환시켜

증류법으로 정량, 유기물은 Tyurin법으로 측정하였으며, 유효 인산은 Lancaster법으로 비색계(UV-1650PC, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하였다. 치환성 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 등의 양이온은 1M NH<sub>4</sub>OAc로 추출하여 ICP(DV-4300, Perkin-Elmer, Norwalk, USA)로 분석하였다. 식물체 분석은 습식분해법(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HClO<sub>4</sub>=1:1)으로 전처리하여 T-N은 Kjeldahl 법(질소자동분석기, Gerhardt autosampler Vapodest 50 carouse, Germany)으로 분석하였고, T-P는 Vanado molybdate법(UV 2550PC, Perkinelmer)을 사용하였다. 무기성분 함량은 습식분해법으로 분해된 용액을 ICP (DV-4300, Perkinelmer)를 사용하여 각각 분석하였다(NIAST, 2000). 또한 분석된 토양 화학성은 SAS 프로그램 9.1.3 버전(2006)을 사용하였다.

## 결과 및 고찰

### 토마토재배지에서 녹비작물의 생육특성

토마토 시설재배지에 녹비작물의 단작 및 혼작 등 재배방법에 따른 초장, 생체중 및 건물중을 조사한 결과 Table 3과 같다. 각 처리구별 생체중 및 건물중 함량은 헤어리베치의 경우는 46.0 및 4.8 g plant<sup>-1</sup>이었으며, 호밀은 16.8 및 3.2 g plant<sup>-1</sup>로 헤어리베치가 높은 경향이였다. 단작 및 혼작에 따른 녹비 1주 당 생체중 및 건물중은 단작의 헤어리베치가 가장 높게 나타났고, 그 밖의 처리구에서 거의 유사한 결과를 얻었다.

**토마토 재배지에서 녹비작물의 성분함량**

토마토 시설재배지에서 녹비작물의 양분 흡수 비율은 단작의 경우 헤어리베치의 질소 함량은 3.29%, 호밀의 질소함량은 1.67%였으며, 혼작의 경우 헤어리베치 질소는 3.02%, 호밀의 질소는 1.35%로서 헤어리베치의 질소가 호밀 보다 높았다 (Table 4). 헤어리베치는 호밀에 비해 식물체내 질소함량 및 기타 무기물 함량이 높고, C/N율이 낮아서 포장에서 분해가 빠르다. 생육 후 토양에 피복하고 2주 정도 지나면 모두 분해되어, 후 작물 재배 시 질소비료 사용량도 감소시킬 수 있다고 하였다 (Lee *et al.*, 2013). 녹비작물 생육 시기별 무기성분 함량은 재배 기간이 길어짐에 따라 감소하였다. 질소의 경우도 생육초기에 함량이 높고 생육이 진행됨에 따라 낮아지는 경향을 보였다. 단파에 비해 혼파의 경우 녹비작물에 포함된 질소의 함량이 감소하였다. C/N율이 높은 호밀은 헤어리베치와 혼파재배 시 초기에 질소를 생산할 수 있는 장점이 있으며 뿌리가 깊어 토양의 통기성을 좋게 하는데 이는 Jeon *et al.* (2011)의 보고와 일치하였다. 또한 녹비작물 수확 후 미량원소 Fe, Mn, Cu 및 Zn 함량은 단작 및 혼작에 따라 거의 유사한 결과를 얻었다. 또한 녹비작물 수확 후 미량원소 Fe, Mn, Cu 및 Zn 함량은 단작 및 혼작에 따라 거의 유사한 결과를 얻었다.

**녹비작물의 biomass 생산량 및 양분공급량**

토마토 시설재배지 토양에서 녹비작물 단파 및 혼파에 따른 biomass 생산량은 단파 처리구인 경우 헤어리베치(2,183 kg/10a)가 호밀(2,154 kg/10a)에 비해 높은 경향으로 녹비작물 환원 시 토양 유기물 공급면에서 호밀 보다는 헤어리베치가 효과적인 것으로 판단된다. 혼파의 경우 2,169 kg 10a<sup>-1</sup>로 단일처리인 헤어리베치 및 호밀과 유사성을 보였다. 건물중 면에서 볼 때 단파처리구의 헤어리베치와 호밀이 각각 515 kg 10a<sup>-1</sup>, 509 kg 10a<sup>-1</sup>로 나타났으며, 혼파처리에서 405 kg 10a<sup>-1</sup>로 나타나 단일재배지가 높은 biomass량을 보였다(Table 5). 흔히 두과인 콩과 화분과인 헤어리베치를 여름과 겨울철에 파종하여 실험했을 때, 겨울철에는 두 녹비작물 간에 별 다른 차이 없이 비슷한 biomass 량을 보였으나, 여름철에 콩은 4 kg/ha였으며, 헤어리베치는 7.7 kg/ha로 큰 차이가 있다고 보고된 바 있다(Lee *et al.*, 2008, Kim *et al.*, 2013).

또한 토마토 시설재배지 토양에서 생육된 녹비작물의 토양 환원 시 인(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)공급량은 단파의 경우 헤어리베치가 5.8 kg/10a, 호밀이 4.2 kg/10a였고, 혼파는 헤어리베치가 3.1 kg/10a, 호밀이 2.5 kg/10a였다. 토마토 시설재배지에서 녹비작물의 토양환원 시 질소 (N) 공급량은 단파의 경우 헤어리베치가 26.2 kg/10a, 호밀은 9.1 kg/10a였고, 혼파는 헤어리베치 13.5 kg/10a,

Table 4. Nutrient content after harvest of green manure crop in tomato continuous cultivation

Treatments		N	P	K	Ca	Mg	Na
		%		%			
Single cropping	HV <sup>z</sup>	3.29	0.92	2.60	1.50	0.38	0.15
	Rye	1.65	0.48	1.82	0.39	0.18	0.12
Companion cropping	HV <sup>z</sup>	3.02	1.21	2.28	1.50	0.29	0.15
	Rye	1.35	0.45	1.82	0.38	0.20	0.12

<sup>z</sup>HV; Hairy vetch.

Table 5. Biomass productions after harvest of green manure crop in tomato continuous cultivation

Treatments		Fresh biomass kg 10a <sup>-1</sup>			Dry biomass kg 10a <sup>-1</sup>		
		Stem + Leaf	Root	Total	Stem + Leaf	Root	Total
Single cropping	HV <sup>z</sup>	1,981	202	1,981	466	49	1,981
	Rye	2,012	142	2,012	461	48	2,012
Companion cropping	HV <sup>z</sup>	992	175	992	168	28	992
	Rye	852	150	852	187	22	852

<sup>z</sup>HV; Hairy vetch.

Table 6. Nutrient contribution of green manure crop in tomato continuous cultivation

Treatments		Nutrient contribution (kg 10a <sup>-1</sup> )				
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
Single cropping	HV <sup>z</sup>	26.2	5.8	10.2	6.6	1.5
	Rye	9.1	4.2	11.8	3.8	3.1
Companion cropping	HV <sup>z</sup>	13.5	3.1	4.1	2.8	1.6
	Rye	3.5	2.5	5.2	2.0	3.2

<sup>z</sup>HV; Hairy vetch.

Table 7. Chemical properties in soil before/ after incorporation of green manure crop

Treatments	Green manure reduction	pH	EC	OM	T-N	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
		1:5	ds m <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	
Single cropping	HV <sup>z</sup>	Before	6.48	2.80	23.8	1.72	1464
		After	6.44	2.64	24.0	1.80	1594
	Rye	Before	6.41	2.91	23.7	1.74	1478
		After	6.37	2.62	24.2	1.77	1490
Mixed cropping	HV <sup>z</sup> + Rye	Before	6.52	2.81	22.1	1.73	1519
		After	6.50	2.62	23.4	1.79	1624

<sup>z</sup>HV; Hairy vetch.

호밀이 3.5 kg/10a였다. 칼륨(K<sub>2</sub>O) 공급량은 단파의 경우 헤어리베치가 10.2 kg/10a, 호밀이 11.8 kg/10a였고, 혼파는 헤어리베치가 4.1 kg/10a, 호밀이 5.2 kg/10a였다. 토마토 시설재배지에서 녹비작물의 토양환원 시 CaO 공급량은 단파의 경우 헤어리베치가 6.6 kg/10a, 호밀이 3.8 kg/10a였고, 혼파는 헤어리베치가 2.8 kg/10a, 호밀이 2.0 kg/10a였다. 또한 MgO 공급량은 단파의 경우 헤어리베치가 1.5 kg/10a, 호밀이 3.1 kg/10a였고, 혼파의 경우 헤어리베치가 1.6 kg/10a, 호밀이 3.2 kg/10a였다 (Table 6). 지금까지 몇몇 연구자들은 양분공급에 있어서 녹비작물 종류, 예취높이 및 녹비작물 혼파비율이 중요한 영향을 미친다고 보고한 바 있다(Jeon *et al.*, 2011, 2012). 본 연구에서도 헤어리베치와 호밀의 예취높이 및 혼파비율을 설정한다면 양분공급효과는 증대될 수 있을 것으로 판단되며, 과잉으로 공급되는 K와 같은 성분들을 감소할 수 있을 것으로 판단된다.

### 녹비 토양환원 전·후 화학적 특성

토마토 시설재배지에서 녹비작물의 토양 환원 전·후 토양의 pH 및 EC는 녹비작물을 토양에 환원한 후 모든 처리에서 약간씩 감소하는 경향을 보였으며, 특히 호밀을 토양에 환원한 처리구에서 가장 낮았다(Table 7). 토양의 EC는 염류가 집적되기 쉬운 시설재배지에서 대체로 높은 경향을 보이기 때문에 뿌리에서 토양수 이용률을 저하시키고(Bernstein, 1975), 이온의 불균

형과 과다 이온의 존재에 의한 이온 독성 발현과 타 유효 이온의 흡수를 저해하여 작물의 생육장해를 유발할 수 있다고 보고된 바 있는데(Chang and Drengé, 1955; Cho *et al.*, 2006), 토마토 시설재배지의 연작장해 경감을 위해 헤어리베치 및 호밀과 같은 녹비작물의 시용이 토양의 EC를 경감시킬 수 있는 방안이라 판단된다. 또한 유기물의 함량은 녹비작물 단파 및 혼파 처리구가 처리전 토양(대조구)에 비해 약간 증가하는 경향이었으며, 녹비작물 처리구별 유기물 함량의 증가량은 혼파처리(0.7 g/kg) > 호밀 (0.5 g/kg) > 헤어리베치 (0.2 g/kg) 순이었다. T-N 함량은 녹비를 토양에 환원한 후 모든 녹비 처리구가 처리 전 토양(대조구)에 비해 증가하는 경향을 보였다(Table 7). 녹비작물 중에서 두과 녹비는 공중질소를 고정하는 능력이 있어 토양에 환원시킨 후에 분해속도가 화분과 녹비에 비해 질소함량이 증가한다고 알려져 있다(Sung *et al.*, 2008, Jeon *et al.*, 2011). 본 연구에서도 두과인 헤어리베치가 화분과인 호밀보다도 질소 함량이 높게 나타났다. 또한 토마토 시설재배지에서 녹비작물의 토양 환원 전·후 토양의 양이온 함량 및 무기성분 함량은 Table 8과 같다. 양이온 중 K의 함량은 호밀이 포함된 처리구의 경우는 약간 증가하는 경향이었고, 헤어리베치는 감소하는 경향이 있었다. 무기성분 함량은 전반적으로 녹비작물 처리 전(대조구)에 비해 약간 증가하는 경향이였다.

Table 8. Exchangeable cation properties in soil before / after incorporation of green manure crop

Treatments	Green manure reduction	Exchangeable cations (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )				
		K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	
Single cropping	HV <sup>z</sup>	Before	1.46	5.91	1.98	1.53
		After	1.33	5.93	2.05	1.55
	Rye	Before	1.42	5.84	1.92	1.32
		After	1.46	5.91	1.99	1.39
Mixed cropping	HV <sup>z</sup>	Before	1.43	5.59	1.85	1.54
	+Rye	After	1.44	5.62	1.88	1.55

<sup>z</sup>HV; Hairy vetch.

Table 9. Growth characteristics of tomato

Treatments	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Fresh weight (g plant <sup>-1</sup> )	Dry weight (g plant <sup>-1</sup> )	
Control	167 ± 12.2	8.2 ± 1.2	707 ± 19.2	66 ± 10.3	
NPK	190 ± 10.1	10.6 ± 0.9	947 ± 18.5	88 ± 9.7	
Single cropping	HV <sup>z</sup>	186 ± 9.6	9.6 ± 1.4	812 ± 21.1	79 ± 11.7
	Rye	179 ± 10.1	10.7 ± 2.0	912 ± 16.8	78 ± 16.8
Companion cropping	HV <sup>z</sup>	171 ± 10.9	11.1 ± 0.8	687 ± 22.3	64 ± 11.8
	Rye	188 ± 8.9	9.8 ± 0.9	679 ± 19.9	52 ± 13.9

<sup>z</sup>HV; Hairy vetch.

Table 10. Change of *Pseudomonas corrugata* density in soil before/ after incorporation of green manure crop

Treatments	<i>Pseudomonas corrugata</i> (CFU/g dry soil)		
	Before of treatment	After of treatment	
Single cropping	HV <sup>z</sup>	3.1 × 10 <sup>5</sup>	2.6 × 10 <sup>4</sup>
	Rye	3.7 × 10 <sup>5</sup>	2.9 × 10 <sup>4</sup>
Mixed cropping	HV <sup>z</sup> + Rye	3.5 × 10 <sup>5</sup>	3.2 × 10 <sup>4</sup>

\*30days after incorporation of green manure crop, *Pseudomonas corrugata* density of 20 cm depth soil

\*Colony numbers in selected medium for *Pseudomonas corrugata*

<sup>z</sup>HV; Hairy vetch.

**후작물(토마토) 생육특성 및 토마토 시들음 병원균의 조사**

각 녹비작물의 토양 환원 후, 토마토 생육특성을 조사한 결과 Table 9와 같다. 녹비작물 처리는 대조에 비해서는 우수한 생육을 보였으나, 관행처리와는 비슷한 생육을 보였다. 이와 같이 녹비작물의 시용만으로도 토마토의 생육에 일정부분 양분공급이 가능할 것으로 판단되며, 화학비료와 적절히 혼합 한다면 토마토의 높은 생산성과 화학비료의 절감효과를 동시에 만족할 수 있을 것으로 사료된다. 녹비작물의 토양환원 후에 토마토 시들음 병원균의 변화를 조사한 결과는 Table 10과 같다. 단파의 헤어리베치구와 호밀구에서 처리 전 시들음 병원균의 밀도는 각각 3.1 × 10<sup>5</sup> CFU/g과 3.7 × 10<sup>5</sup> CFU/g이었으나 녹비작물을

혼입한 후, 그 밀도는 각각 2.6 × 10<sup>4</sup> CFU/g와 2.9 × 10<sup>4</sup> CFU/g으로 현저하게 감소하는 경향을 보였다. 또한 혼파처리에서도 유사한 결과를 얻었다. 따라서 녹비작물이 토양에 혼입되어 알레로파시 역할을 통해 균의 밀도를 현저하게 감소시킨다고 하였다(Nam *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2008; Yang *et al.*, 2011., Lee *et al.*, 2013).

**적 요**

본 연구는 시설하우스 내 토마토 연작장해 경감을 위해 단기 녹비작물 재배가 토마토의 생육특성 및 수량에 미치는 영향을

알아보기 위해 토마토 시설재배지에 헤어리베치와 호밀을 단파 및 혼파로 구분하여 파종하였으며, 생육된 녹비작물의 양분공급량과 녹비작물의 토양환원 후 토양의 이화학적 특성 그리고 녹비작물 환원 후 후작물인 토마토의 생육특성 및 토마토 시들음 병원균의 밀도를 조사한 결과, 녹비작물의 질소(N), 인( $P_2O_5$ ), 칼륨( $K_2O$ ), 칼슘( $CaO$ ) 및 마그네슘( $MgO$ ) 공급량은 헤어리베치의 경우 각각 26.2, 5.8, 10.2, 6.6, 및 1.5 kg/10a였으며, 호밀은 각각 9.1, 4.2, 11.8, 3.8, 및 3.1 kg/10a였고, 혼파의 경우는 단파와 유사한 경향이였다. 토마토 시설재배지에서 녹비작물의 토양환원 전·후 토양의 pH는 대조구와 별다른 차이 없이 6.37-6.52 범위였으며, EC는 헤어리베치(2.64 dS/m) 및 호밀(2.62 dS/m) 처리가 대조구(헤어리베치-2.80 dS/m, 호밀-2.91 dS/m)에 비해 낮았다. 토양 중 유기물, T-N 및 avail.  $P_2O_5$  함량은 녹비작물 처리가 대조구에 비해 증가하는 경향이였다. 녹비작물 토양환원에 따른 후작물인 토마토 생육은 녹비작물 처리는 대조구에 비해 우수한 생육을 보였으나, 관행처리와는 비슷한 생육을 보였다. 또한 녹비처리에서 토마토 시들음 병원균의 밀도가 현저하게 감소하였다. 이상의 결과를 종합할 때, 토마토 시설재배지에서 녹비작물의 사용은 비료로서 충분한 가치가 있으며, 녹비작물 토양 환원 후 토양화학성을 개선함으로써 시설하우스 토마토 연작재배지의 연작장해를 경감할 수 있을 것으로 사료된다.

## 사 사

이 논문은 농촌진흥청의 연구비 지원(PJ007358)에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

## References

- Allotey, D.F.K., T. Horiuchi and S. Miyagwa. 1997. Growth and nutrient dynamics of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) as influenced by different applications of green soybean manure and bio-decomposer. *Japanese J. Crop Sci.* 66(3):407-417.
- Bernstein, L. 1975. Effects of salinity and sodicity on plant growth. *Ann. Rev. of Phytopathology* 13:295-312.
- Chang, C.W. and H.E. Drengel. 1955. The effect of exchangeable sodium on soil properties on growth and cation content of alfalfa and cotton. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 19: 29-35.
- Cho, H.S., W.Y. Park, K.Y. Seong, C.G. Kim, T.S. Park and J.D. Kim. 2011. Effect of green manure barley and hairy vetch on soil characteristics and rice yield in paddy. *CNU J. Agricul. Sci.* 38(4):703-709.
- Cho, H.S., K.Y. Seong, T.S. Park, M.C. Seo, W.T. Jeon, W.H. Yang, H.W. Kang and H.J. Lee. 2012. Change in carbon amount of soil and rice plant as influenced by the cultivation of different green manure crop. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45(6):1058-1064.
- Cho, K.R., C.S. Kang, T.J. Won and K.Y. Park. 2006. Effects of compressed expansion rice hull application and drip irrigation on the alleviation of salt accumulation in the plastic film house soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 39(6):327-379.
- Jeon, W.T., K.Y. Seong, M.T. Kim, G.J. Oh, I.S. Oh and U.G. Kang. 2010. Change of soil physical properties by glomalin concentration and rice yield using difference green manure crop in paddy. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(2):119-123.
- Jeon, W.T., K.Y. Seong, M.T. Kim, I.S. Oh, B.S. Choi and U.G. Kang. 2011. Effect of biomass and N production by cultivation methods of Leguminous and Gramineae green manure on rice growth in central regions of Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44(5): 853-858.
- 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(2):192-197.
- Jun, H.S. and W.C. Park. 2001. Soil chemical characteristics and comparison with infested status of nematode (*Meloidogyne*, spp.) in plastic house continuously cultivated oriental melon in Sonju. *Korean J. Environ. Agric.* 20:127-132.
- Jun, H.S., W.C. Park and J.S. Jung. 2002. Effects of soil addition and subsoil plowing on the changes of soil chemical properties and the reduction of root-knot nematode in continuous cropping field of oriental melon (*Cucumis melo* L.). *Korean J. Environ. Agric.* 21:1-6.
- Kim, B.S. 2011. Selection of desirable cultivar for organic cultivation of carrot. *Res. Plant Dir.* 17(1):95-98.
- Kim, C.G., J.H. Seo, H.S. Cho, S.H. Choi and S.J. Kim. 2002. Effect of hairy vetch as green manure on rice cultivation. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 35(3):169-174.
- Kim, S.H., D.C. Seo, J.H. Park, S.T. Lee, S.W. Lee, H.C. Kim, J.S. Cho and J.S. Heo. 2013. Effects of green manure crops on growth and yield of carrot for reduction of continuous cropping injury of carrot through crop rotation. *Korea J. Environ. Agric.* 32(4):279-286.

- Lee, B.H., J.W. Ahn, D.Y. Hwang, S.H. Oh, J.H. Kim, S.Y. Kim, Y.C. Ku and Z.R. Choi. 2006. Growth characteristics of six rice cultivars under rice-chinese milk vetch (*Astragalus sinicus* L.) cropping system. Korean J. Crop Sci. 51:84-91.
- Lee, B.J., T.H. Yoon, W.T. Cho, H.S. Jun and Y.S. Cho. 2013. Effect of green manure cropping on soil biomass-C and soil fertility in green house soil. Korea J. Organic Agrei. 21(4):647-657.
- Lee, I.B., S.B. Kang and J.M. Park. 2008. Effect of soil incorporation of granminaceous and leguminous manures on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) growth and soil nutrient balances. Korean J. Environ. Agric. 27(4):343-348.
- Nam, S.Y., I.J. Kim, M.J. Kim, H.J. Kang, T. Yun, C.W. Rho, K.B. Min and C.H. Lee. 2007. Effects of green manure crops and rotational cropping system on growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). Korean J. Plant Res. 20(5):404-408.
- NIASST. 2000. Methods of soil and plant analysis, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Shon, B.K., J.S. Cho, J.G. Kang, J.Y. Cho, K.Y. Kim, H.W. Kim and H.L. Kim. 1999. Physico-chemical properties of soils at red pepper, galic and onion cultivation areas in Korea. Korean J. Soil Sci. Fert. 32(2):123-131.
- Son, C.Y., Y.J. Jung, I.H. Lee, U.G. Kang, W.T. Jeon, I.S. Nou and K.K. Kang. 2011. Defference in soil improvement effects of four green manure crops in greenhouse cultivation. Korea J. Plant Res. 24(5):636-641.
- Sung, J.K., S.M. Lee, J.A. Jung, J.M. Kim, Y.H. Lee, D.H. Choi, T.W. Kim and B.H. Song. 2008. Effects of green manure crops. hairy vetch and rye, on N supply, red pepper growth and yields. J. Soil Sci. Fert. 41(4):247-253.
- Wright, S.F. and A. Upadhyaya. 1996. Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungal. Soil Sci. 161: 575-586.
- Yang, C.H., J.H. Lee, N.H. Baek, J.H. Jeong, K.M. Cho, S.B. Lee and G.B. Lee. 2012. Incorporation effect of green manure crop on improvement of soil environment on saemangeum reclaimed land during sorghum x sudangrass hybrid cultivation. Korean J. Soil Sci. Fert. 45(5):744-748.
- 농림수산식품부. 2010. 농림수산식품 주요통계. pp. 1-592.

(Received 29 July 2014 ; Revised 11 February 2015 ; Accepted 21 February 2015)