

Research Article

Open Access

당근 연작장해 경감을 위한 녹비작물 재배가 당근 생육 및 수량에 미치는 영향

김성현,^{1†} 서동철,^{2†} 박종환,¹ 이성태,³ 이상원,⁴ 김홍출,⁴ 조주식,² 허종수^{1*}

¹경상대학교 응용생명과학부(Bk21 농생명산업 글로벌 인재 육성 사업단) & 농업생명과학원, ²순천대학교 생물환경학과,
³경상남도농업기술원, ⁴경남과학기술대학교 제약공학과

Effects of Green Manure Crops on Growth and Yield of Carrot for Reduction of Continuous Cropping Injury of Carrot through Crop Rotation

Seong-Heon Kim,^{1†} Dong-Cheol Seo,^{2†} Jong-Hwan Park,¹ Seong-Tae Lee,³ Sang-Won Lee,⁴ Hong-Chul Kim,⁴ Ju-Sik Cho² and Jong-Soo Heo^{1*} (1)Division of Applied Life Science & Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, 660-701, Korea, (2)Department of Bio-Environmental Sciences, Suncheon National University, Suncheon, 540-742, Korea, (3)Gyeongnam Agricultural Research and Extension Services, Jinju, 660-370, Korea, (4)Department of Pharmaceutical Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju, 660-758, Korea.)

Received: 23 October 2013 / Revised: 29 November 2013 / Accepted: 17 December 2013

© 2013 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

BACKGROUND: Soil incorporation of green manure crop(GMC) is one of the methods for reducing continuous cropping injury and increasing yield of carrot. The purpose of this study was to evaluate the effects of green manure crops on growth and yield of carrot for reduction of continuous cropping injury of carrot through crop rotation. **METHODS AND RESULTS:** To reduce the injury by continuous cropping system(CCS) of carrot cultivation, GMCs such as crotalaria and sudangrass were applied, which GMC was sowed in latter-June and returned to soil in latter-October. Nutrient contributions of N, P₂O₅, K₂O, CaO, and MgO in crotalaria were 8.3, 7.5, 4.4, 7.8, and 2.1 kg/10a, respectively. Nutrient contributions of N, P₂O₅,

K₂O, CaO, and MgO in sudangrass were 8.4, 8.6, 26.8, 0.3, and 2.7 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 6.37~6.64. EC in soil after incorporation of GMCs was lower than that in soil without GMCs. The OM, T-N, and avail. P₂O₅ contents in soil with GMCs were higher than those in soil without GMCs. The growth and yields were increased as 39.2%(6,226 kg/10a) in the rotational cropping system(RCS) as compared to continuous cropping system(control and without NPK) of 4,473 kg/10a. Crotalaria cultivation were the most effective crop for reducing the injury of continuous cropping of carrot.

CONCLUSION(S): This study suggest that the RCS using GMCs showed lower disease outbreak density in soil for carrot cultivation as compared to CCS without GMCs. Especially, the GMCs good effect for reduction of continuous cropping injury of carrot.

[†] 공동제1저자

*교신저자(corresponding author),

Phone: +82-55-772-1963; Fax: +82-55-772-1969;

E-mail: jsheo@gnu.ac.kr

Key words: Carrot, Continuous cropping, Green manure crop, Rotational cropping system

서 론

국민소득 증대와 생활수준의 향상으로 채소의 소비량은 계절에 관계없이 지속적으로 증가해 왔으며, 그 중 당근은 우수한 비타민 A 공급원으로 우리나라 사람들이 많이 먹는 대표적인 채소 중 하나이다. 당근은 재배가 쉽고 단위 면적당 수확량이 많아 생식은 물론 가공용으로도 높이 평가받고 있다 (Kim, 2011). 우리나라의 당근 주재배지는 제주도이며 노지재배를 주로 하고 있으나, 최근에는 남부지방 시설원예지대 당근재배 농가 또한 증가하고 있는 추세이다. 일반적으로 시설원예지 당근 재배농가의 경우 당근을 주년으로 생산하고 있으며, 비료과다 사용 및 시설관리에 대한 별 다른 대책 없이 계속적인 연작으로 인하여 연작장해에 대한 피해가 해가 거듭될수록 증가하고 있는 추세이다.

연작장해 현상이란 같은 종류의 작물을 같은 장소에 연속해서 재배하여 작물의 생육과 수량 및 품질 등이 어떤 원인에 관계없이 떨어지는 현상을 말한다. 연작장해 현상으로 토양의 이화학적 변화, 토양전염성 병균 증가, 토양미생물의 변화 및 토양산층 피해 등으로 인하여 작물생육불량, 잎의 황화, 뿌리부패, 지상부 위조, 수량감소 및 품질저하 등 많은 경제적 손실을 초래한다(Shon *et al.*, 1999; Jun and Park, 2001). 연작장해의 특징적인 증상으로는 작물이 전체적으로 생육 불량, 황화, 뿌리의 갈변과 부패 증상 등이 나타난다. 또한 연작을 하게 되면 토양물리성의 악화, 영양분의 불균형, 염류집적 등에 의한 작물에 근권환경의 악화로 뿌리가 갈변하거나 부패되어 생육이 불량해진다. 이때 작물의 뿌리에 생긴 상처부위로 토양병원균이 쉽게 침입하게 되어 병의 발생이 많아지게 된다. 시설재배에서 연작장해의 큰 문제점 중 하나로 생각되는 것이 각종 화학비료의 다량투입에 의한 염류집적과 농도장해로 작물의 뿌리에 손상을 일으켜 토양병원균의 침입을 용이하게 한다는 것이다(Kim *et al.*, 2002; Lee *et al.*, 2006).

이러한 연작장해 토양을 개량하기 위하여 객토, 심경, 관수 및 제염작물 재배 등의 기술을 활용하고 있으며, 특히 선충피해 등 토양병해충이 발생할 때는 약제처리, 증기소독 및 태양열 소독 등의 처리를 하고 있다(Jun *et al.*, 2002; Khoshgofarmanesh *et al.*, 2003). 그러나 이러한 방법들은 여러가지 제약조건들이 따르며, 연작장해 경감 효과도 미미한 실정이다.

이에 화학비료의 가격 상승과 화학비료의 사용을 절감시키는 친환경 농업의 필요성이 대두되면서 토양에 유기물을 공급하여 지력을 향상시킴으로써 질소 시비량을 절감시키는 녹비작물의 재배면적이 증가되고 있는 추세이다. 이러한 녹비작물을 이용한 재배는 후작물에 대한 질소공급원으로 활용가능하며, 토양건전성 개선효과를 갖는 것으로 알려져 있어 화학비료를 대체하고, 농업환경 등도 동시에 보전할 수 있다

(Jeon *et al.*, 2010; Cho *et al.*, 2011).

하지만 이러한 대부분의 녹비활용 연구는 광범위한 지역에서 재배되는 벼와 같은 작물에 집중 되어져 왔으며, 당근과 같은 과채류 생산에 효과적이라는 보고가 되어진 바 있으나, 과채류 생산에 적용하기 위한 연구들은 불과 소수만이 수행 되어져 왔을 뿐이다(Nam *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2011; Cho *et al.*, 2012).

이에 본 연구는 시설하우스 당근 연작재배지에서 녹비작물 재배가 토양에 미치는 영향을 알아보기 위한 연구로서 두 과의 크로타라리아와 화분과 수단글라스를 단파 및 혼파하여 당근 연작재배에서의 녹비작물의 양분공급 특성, 녹비작물 토양환원 후 토양의 이화학적 특성 및 당근의 연작장해 경감 효과를 조사하였다.

재료 및 방법

시험포장

본 실험은 경상남도 밀양시 상남면 마산리에 소재하고 있으며, 당근 연작장해 시험포장지는 시설하우스로 15년간 당근을 연작재배한 지역을 선정하였고, 크기는 가로 6.7 m, 세로 100 m로 총 면적은 670 m²이었으며, 공시토양의 이화학적 특성은 Table 1에서 보는 것과 같다. pH는 6.2이었으며, EC는 3.42 dS/m로 Choi 등(경상남도 농업기술원, 2003)이 보고한 경남지역 시설원예지대 EC와 유사하였으며, 적정수준인 2.0 dS/m에 비해 높은 경향이었다. 공시토양의 OM, T-N, Avail. P₂O₅의 함량은 각각 22 g/kg, 1.82 g/kg 및 1,624 mg/kg이었으며, 치환성 양이온인 K, Ca, Mg 함량은 각각 0.88, 7.24 및 2.61 cmol_c/kg 이었다. 공시토양의 토성은 미사질양토였다.

Table 1. Physico-chemical properties of soil used

pH	EC	OM	T-N	Av. P ₂ O ₅	Exch. Cation			Soil texture
					K	Ca	Mg	
1:5	dS/m	g/kg	g/kg	mg/kg	--	cmol _c /kg	--	
6.2	3.42	22	1.82	1,624	0.88	7.24	2.61	Silt loam

실험방법

본 실험에 사용되어진 녹비작물의 과종은 크로타라리아 및 수단글라스를 단파 및 혼파로 구분하여 처리하였으며 처리구의 경우 대조구(무처리), 관행처리구, 녹비작물 단파 및 혼파 처리구를 설정하여 실험을 진행하였다. 크로타라리아의 경우 두파로서 토양 내 질소를 공급하는 역할과 토양내 뿌리혹선충에 대한 억제효과가 좋아 토양건전성을 증진시키는 효과가 있는 것으로 알려져 있으며, 화분과인 수단글라스의 경우는 해충방제와 토양구조 개선을 통한 연작장해 경감 효과를 가지고 있다. 당근 연작재배지에서 각 처리구별 녹비작물 과종량은 단파의 경우 크로타라리아 및 수단글라스를 각각

10a당 6 kg되게 파종하였고, 혼파의 경우는 크로타라리아 및 수단글라스를 각각 10a당 3 kg씩 1:1의 비율로 혼합하여 파종하였다(Table 2).

Table 2. Treatment condition of green manure crop

Treatments	Green manure crop	Amounts of seeding (kg/10a)
Control	-	-
Single cropping	CT	Crotalaria 6
	SG	Sudangrass 6
Companion cropping	CT + SG	Crotalaria + Sudangrass 3 + 3

녹비작물의 양분공급량은 각 녹비작물의 T-N, T-P, K, Ca 및 Mg 함량과 생체중량을 고려하여 계산하였으며, 나온 결과를 N, P₂O₅, K₂O, CaO 및 MgO의 비료공급 형태로 환산하였다.

녹비작물의 토양환원 전·후 토양의 이화학적 특성 조사는 녹비작물 토양환원 전인 2012년 6월 24일에 채취한 토양과 녹비작물 환원 후인 2013년 5월 16일에 각 처리구별 토양을 채취하였으며, 토양 물리성의 경우 가밀도, 공극률을 조사하였고, 토양 화학성의 경우는 pH, EC, OM, T-N, Avail. P₂O₅, 치환성양이온 및 무기성분 함량을 조사하였다.

녹비작물 토양환원 후 당근의 생육특성은 당근 파종 후 6개월 후인 2013년 5월 16일에 대조구(무처리), 관행처리구, 녹비작물 단파 및 혼파 처리구에서 생산된 당근을 수확하여 조사하였다. 각 처리구별 수확한 당근의 생육특성은 초장, 근장, 초중, 근중 및 개체수로 구분하여 조사하였다.

녹비작물 토양환원 후 생산된 당근의 장해율 조사는 대조구(무처리), 관행처리구, 녹비작물 단파 및 혼파 처리구로 구분하여 조사하였으며, 조사항목은 당근의 일반적인 장해로 알려져 있는 생리적 장해인 지근, 열근, 생육저하, 착색불량과 병리적 장해인 무름병과 뿌리썩음병으로 구분하여 조사하였다.

녹비작물 토양환원 후 당근의 수량 및 상품수량 조사는 대조구(무처리), 관행처리구, 녹비작물 단파 및 혼파 처리구에서 총 수확된 당근의 수량을 조사하였으며, 총 수확된 당근의 수량에서 각 처리구별 장해율을 제외한 것을 상품수량으로 계상하였다.

분석방법

본 시험에서 토양 및 식물체 분석은 농촌진흥청의 토양 및 식물체 분석법에 준하여 분석하였다. 토양의 pH 및 EC는 초자전극법을 사용하였으며, 무기성분은 습식분해법(H₂SO₄:HClO₄=1:1)으로 전처리 하여 T-N은 Kjeldahl법(질소자동분석기, Gerhardt autosampler Vapodest 50 carouse, Germany)으로 분석하였고, Avail. P₂O₅는 Lancaster법(UV2550PC, Perkinelmer)을 사용하였다. 유기물 분석은 Tyurin법으로 하였고, 치환성 양이온은 1N-NH₄OAc 용액을

을 침출한 후 ICP(DV-4300, Perkinelmer)를 사용하여 각각 분석하였다.

식물체 분석은 습식분해법(H₂SO₄:HClO₄=1:1)으로 전처리 하여 T-N은 Kjeldahl법(질소자동분석기, Gerhardt autosampler Vapodest 50 carouse, Germany)으로 분석하였고, T-P는 Vanado molybdate법(UV2550PC, Perkinelmer)을 사용하였다. 무기성분 함량은 습식분해법으로 분해된 용액을 ICP(DV-4300, Perkinelmer)를 사용하여 각각 분석하였다(NIAST, 2000).

결과 및 고찰

녹비작물의 양분공급량

시설하우스 당근 연작재배지에서 녹비작물의 단파 및 혼파에 따른 biomass 생산량은 단파 처리구의 경우 수단글라스(4,132 kg/10a)가 크로타라리아(1,037 kg/10a)에 비해 높은 경향으로 녹비작물 토양환원 시 토양의 유기물 공급적인 측면에서 크로타라리아 보다는 수단글라스가 효과적일 것으로 판단된다. 혼파 처리구의 경우도 단파 처리구와 같은 경향으로 수단글라스가 2,254 kg/10a로 크로타라리아에 비해 높은 경향이었다. Lee 등(2008)의 연구결과에서 두과인 콩과 화분과인 수단글라스를 여름과 겨울철에 파종하여 실험했을 때, 겨울철에는 두 녹비작물 간에 별 다른 차이 없이 비슷한 biomass 량을 보였으나, 여름철에 콩은 4 Mg/ha이었으며, 수단글라스는 8.7 Mg/ha로 큰 차이가 있다고 보고된 바 있으며, 본 연구결과와도 유사한 경향이었다.

당근 연작재배지에서 생육된 녹비작물의 토양환원량 중 단파의 biomass 생산량은 크로타라리아가 1,089 kg/10a, 수단글라스가 3,150 kg/10a이었고, 혼파의 biomass 생산량은 크로타라리아가 480 kg/10a, 수단글라스가 1,464 kg/10a이었다. 당근 연작재배지에서 녹비작물의 토양환원 시 질소공급량(Table 3)은 단파의 경우 크로타라리아가 8.3 kg/10a, 수단글라스가 8.4 kg/10a이었고, 혼파의 경우 크로타라리아가 3.5 kg/10a, 수단글라스가 4.0 kg/10a이었다. 당근 연작재배지에서 녹비작물의 토양환원 시 인(P₂O₅)공급량은 단파의 경우 크로타라리아가 7.5 kg/10a, 수단글라스가 8.6 kg/10a이었고, 혼파의 경우 크로타라리아가 3.5 kg/10a, 수단글라스가 3.3 kg/10a이었다. 당근 연작재배지에서 녹비작물의 토양환원 시 칼륨(K₂O)공급량은 단파의 경우 크로타라리아가 4.4 kg/10a, 수단글라스가 26.8 kg/10a이었고, 혼파의 경우 크로타라리아가 1.9 kg/10a, 수단글라스가 12.8 kg/10a이었다. 당근 연작재배지에서 녹비작물의 토양환원 시 CaO 및 MgO 공급량은 Fig. 1에서 보는 바와 같다. Jeon 등(2011, 2012)은 양분공급에 있어 녹비작물 종류, 예취높이 및 녹비작물 혼파비율이 중요한 영향을 미친다고 보고한 바 있다. 본 연구에서도 크로타라리아와 수단글라스의 예취높이 및 혼파비율을 설정한다면 양분공급효과는 증대될 수 있을 것으로 판단되며, 과잉으로 공급되는 K와 같은 성분들을 감소할 수 있을 것으로 판단된다.

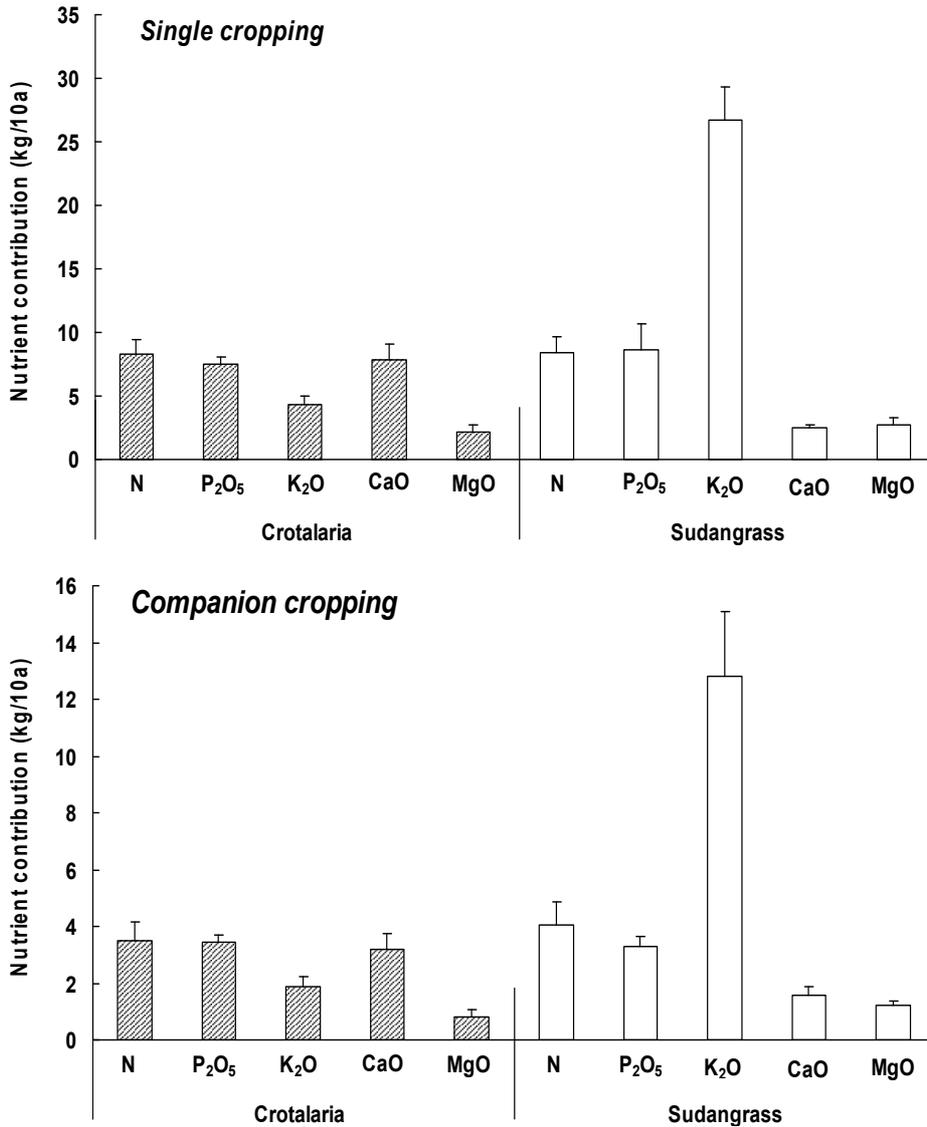


Fig. 1. Nutrient contribution of green manure crop in carrot continuous cultivation.

녹비작물의 토양환원 전·후 토양의 이화학적 특성

당근 연작재배지에서 녹비작물의 토양 환원 전·후 토양의 용적밀도는 관행처리구의 경우 대조구와 비슷한 경향이었으나, 녹비작물 처리구는 대조구 및 관행처리구에 비해 0.2~0.4 Mg/m³정도 감소하는 경향이었고, 그에 따라 공극률은 녹비작물 토양환원 후 0.7~1.5% 증가하는 경향이였다(Table 3). Yang 등(2012)의 연구결과에 따르면 녹비작물의 혼입은 용적 밀도를 감소시키고, 공극률을 증가시켜 물리성을 개선하는 것으로 보고된 바 있으며, 본 연구결과와도 동일한 경향이였다.

당근 연작재배지에서 녹비작물의 토양 환원 전·후 토양의 pH 및 EC 변화는 Table 3과 같다. 당근 연작재배지에서 토양 중 pH는 녹비작물을 토양에 환원한 후 모든 처리구에서 약간씩 감소하는 경향이었고, EC도 pH와 유사한 경향으로 크로타라리아와 수단글라스를 토양에 환원한 후 약간 감소하는 경향이였으며, 특히 수단글라스를 토양에 환원한 처리구에서 가장 낮았다. 염류집적에 의한 시설재배지 내에서 높

은 EC는 삼투압 작용에 의해 작물의 토양수 이용률을 저하시키고(Bernstein, 1975), 이온의 불균형과 과다이온의 존재에 의한 이온독성 발현과 타 유효이온의 흡수를 저해하여 작물의 생육장해를 유발할 수 있다고 보고된 바 있는데(Chang and Drengel, 1955; Cho et al., 2006), 수단글라스 및 크로타라리아와 같은 녹비작물은 시설하우스 당근재배지 토양의 EC를 경감시킬 수 있는 방안이라 판단된다.

당근 연작재배지에서 녹비작물의 토양 환원 전·후 토양의 OM, T-N 및 avail. P₂O₅ 함량변화는 Table 3과 같다. 토양 유기물 함량은 녹비작물 단파 및 혼파 처리구가 대조구에 비해 약간 증가하는 경향이였으며, 녹비작물 처리구별 유기물 함량의 증가량은 SG(0.6 g/kg) > CT + SG(0.5 g/kg) > CT(0.3 g/kg) 순이였다. 당근 연작재배지에서 토양 중 T-N 함량은 녹비를 토양에 환원한 후 모든 녹비 처리구가 대조구에 비해 증가하는 경향이였고, 녹비의 단파 및 혼파에서는 CT(1.91 g/kg) > CT + SG(1.87 mg/kg) = SG(1.86

Table 3. Physico-chemical properties in soil before/after incorporation of green manure crop

Content	Treatment			
	Control	CT	SG	CT+SG
Physical property				
Bulk density (Mg/m ³)	1.32b	1.30ab	1.28a	1.29ab
Porosity (%)	50.2a	50.9ab	51.7b	51.3ab
Chemical property				
pH (1:5)	6.42±0.12	6.45±0.08	6.37±0.22	6.4±0.11
EC (dS/m)	3.14±0.32	2.86±0.19	2.24±0.22	2.84±0.35
OM (g/kg)	22.2±0.22	22.5±0.11	22.8±0.13	22.7±0.23
T-N (g/kg)	1.82±0.24	1.91±0.19	1.86±0.25	1.87±0.28
Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	1,568±284	1,612±168	1,602±202	1,594±158
Ex. Cation (cmol _c /kg)				
K	0.81±0.13	0.79±0.06	0.94±0.12	0.91±0.17
Ca	7.19±0.24	7.43±0.31	7.36±0.23	7.34±0.22
Mg	2.59±0.13	2.67±0.16	2.66±0.22	2.65±0.20
Fe (mg/kg)	4,009±106	4,029±122	4,022±84	4,023±158
Mn (mg/kg)	101.2±7.2	104.2±5.8	103.1±8.0	114.6±4.2
Cu (mg/kg)	10.4±0.2	11.2±0.4	10.7±0.4	10.2±0.1
Zn (mg/kg)	22.4±0.3	24.2±0.2	18.6±0.4	19.8±0.5

CT: Crotalaria, SG : Sudangrass, Mean±deviation (n=3).

Table 4. Growth characteristics of carrot

Treatments	Plant height (cm)	Root length (cm)	Steam+leaf weight (g)	Root weight (g)	Individual number (ea/m ²)
Control	36.4±3.2a	19.4±1.6a	142.3±21.3a	106.5±15.2a	86±1a
NPK	54.6±5.6c	21.6±0.4b	186.9±14.5b	112.6±8.2ab	86±4a
CT	47.5±3.6b	21.2±0.9b	183.6±13.7b	118.7±4.9ab	89±3a
SG	48.3±2.6b	22.1±1.5b	175.6±6.6b	115.1±5.7ab	84±2a
SG+CT	47.1±1.6b	22.3±1.2b	184.6±16.2b	121.2±5.2b	83±2a

CT: Crotalaria, SG : Sudangrass, Mean±deviation (n=3).

mg/kg) 순이었다. Sung 등(2008)의 연구결과에 의하면 두 과 녹비작물은 공중질소를 고정하는 능력이 있고, 토양에 환원된 후에는 분해속도가 빠르기 때문에 화분과 녹비에 비해 토양환원 후 토양내 질소함량이 증가한다고 하였는데, 본 연구결과에서도 두 과 녹비인 크로타라리아가 화분과 녹비인 수단글라스에 비해 질소함량이 높은 경향이였다. Avail. P₂O₅의 함량도 질소와 동일한 경향으로 녹비작물 토양 환원 후 토양 환원 전에 비해 증가하였다.

당근 연작재배지에서 녹비작물의 토양 환원 전·후 토양의 양이온 함량 및 무기성분 함량은 Table 3과 같다. 양이온 중 K의 함량은 수단글라스가 포함된 처리구의 경우는 약간 증가하는 경향이었고, 크로타라리아의 경우는 감소하는 경향이였다. 무기성분 함량은 전반적으로 대조구에 비해 약간 증

가하는 경향이였다.

당근의 생육특성 및 상품수량

녹비작물의 토양환원 후 당근의 생육특성은 Table 4에서 보는 것과 같이 녹비작물 처리구는 대조구에 비해서는 우수한 생육을 보였으나, 관행처리구와는 비슷한 생육을 보였다. 이와 같이 녹비작물의 시용만으로도 당근의 생육에 일정부분 양분공급이 가능할 것으로 판단되며, 화학비료와 적절히 혼합한다면 당근의 높은 생산성과 화학비료의 절감효과를 동시에 만족할 수 있을 것으로 사료된다.

녹비작물의 토양환원에 따른 후작물인 당근의 장해율은 Fig. 2에서 보는 것과 같이 대조구에서는 양분결핍으로 인한 생육저하된 당근의 발생량이 가장 많았으며, 관행처리구의 경

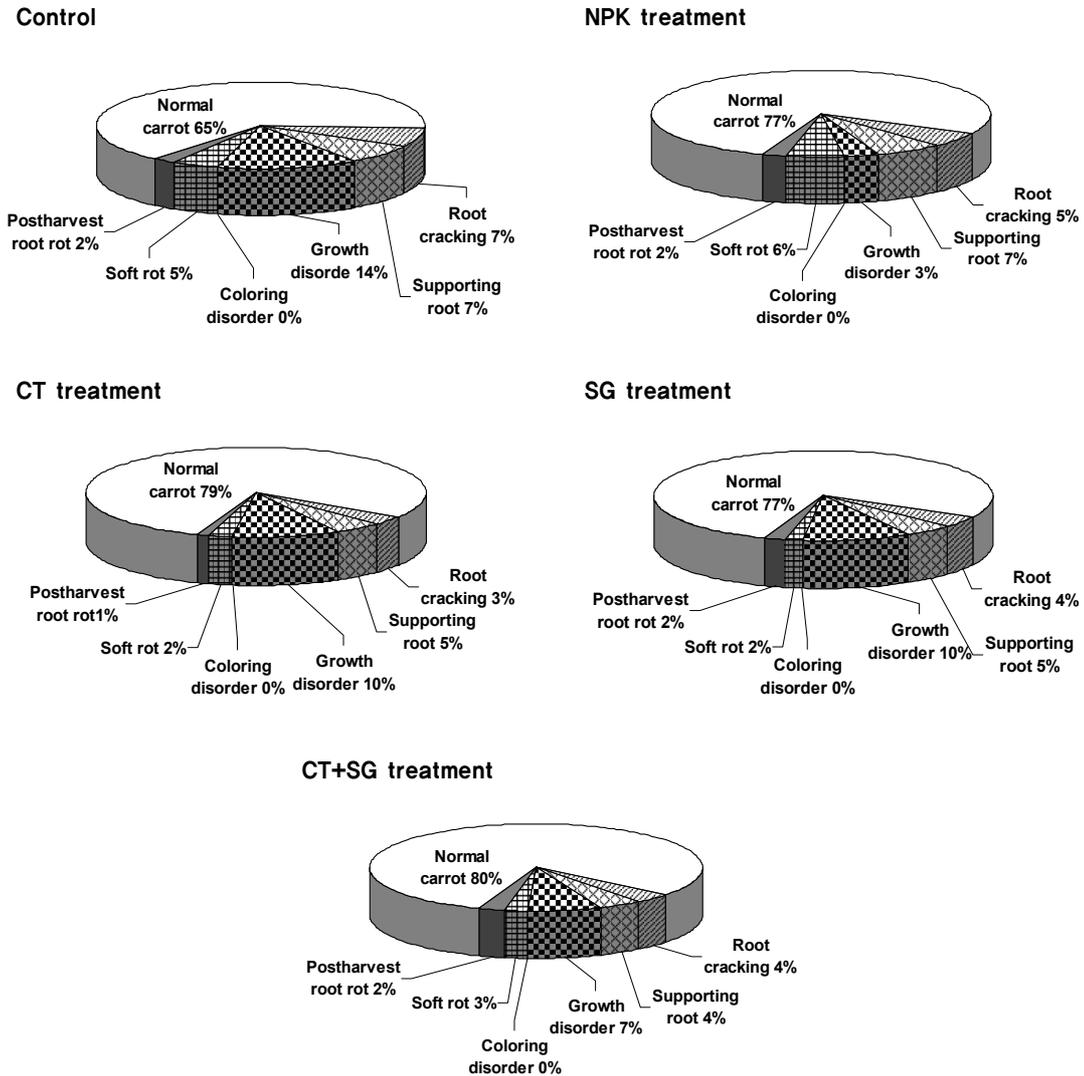


Fig. 2. Injury ratio of carrot before/after incorporation of green manure crop (CT: Crotalaria, SG: Sudangrass).

우는 비료공급으로 인해 생육저하된 당근의 발생량은 감소하였지만 열근 및 지근 그리고 무름병에 의한 당근의 장애가 많았다. 녹비작물 처리구의 경우 대조구와 비슷하게 양분부족으로 인해 생육저하된 당근의 발생량은 많았지만 열근 및 지근 그리고 무름병 및 뿌리썩음병에 의한 장애는 관행처리구에 비해 급격히 감소하는 경향이였다. 결과적으로 모든 녹비작물 처리구는 대조구 및 관행처리구에 비해 당근의 장애율을 경감할 수 있었다.

시설하우스 당근 연작재배지에서 각 처리구별 당근의 총 생산량 및 당근의 상품수량은 Table 5에서 보는 것과 같다. 총 당근의 수량은 크로타리아 처리구가 7,916 kg/10a로 가장 높은 수량을 보였으며, 대조구의 경우는 6,869 kg/10a로 가장 낮았다. 비상품률은 대조구가 가장 높았고, 수단글라스와 크로타리아 혼파처리구가 가장 낮았다. 당근의 상품수량은 녹비작물 처리구가 대조구 및 관행처리구에 비해 높았다. 이는 녹비작물 처리구가 토양 물리성 및 화학성을 개선함으로써 당근의 장애율이 감소하고, 그에 따라 상품으로 출하

될 수 있는 당근의 수량은 증가하였다. 당근뿐만 아니라 고추, 딸기, 토마토 등과 같이 시설하우스에서 재배되는 작물의 경우 녹비작물의 시용이 상품수량을 증대시킨다고 보고된 바 있다(Nam *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2008; Yang *et al.*, 2011).

Table 5. Total yield and marketable yield of carrot

	Total yield (kg/10a)	Injury ratio (%)	Marketable yield (kg/10a)
Control	6,869a	34.9	4,473a
NPK	7,651bc	23.1	5,890b
CT	7,916c	21.4	6,226c
SG	7,283b	22.9	6,099bc
SG+CT	7,544bc	19.8	6,090bc

CT: Crotalaria, SG : Sudangrass.

이와 같이 당근 연작재배지에서 녹비작물의 시용은 토양 물리성 및 화학성을 개선함으로써 당근의 장애율을 저감시키고, 그에 따라 당근의 생산량을 증가시킬 수 있는 것으로 판단된다.

요약

본 연구는 시설하우스 당근 연작장애 경감을 위한 녹비작물 재배가 당근의 생육특성 및 수량에 미치는 영향을 알아보기 위한 연구로서 하계녹비작물인 크로타라리아 및 수단글라스를 실제 당근 연작재배지에 단파 및 혼파로 구분하여 파종하였으며, 생육된 녹비작물의 양분공급량을 조사하였고, 녹비작물의 토양환원 후 토양의 이화학적 특성을 조사하였으며, 녹비작물 토양에 환원 후 후작물인 당근의 생육특성 및 당근의 장애율과 상품수량을 조사하여 녹비작물의 당근 연작장애 경감효과를 조사하였다.

시설하우스 당근 연작재배지서 생육된 녹비작물의 질소(N), 인(P_2O_5), 칼륨(K_2O), 칼슘(CaO) 및 마그네슘(MgO) 공급량은 크로타라리아의 경우 각각 8.3, 7.5, 4.4, 7.8 및 2.1 kg/10a이었으며, 수단글라스의 경우 각각 8.4, 8.6, 26.8, 0.3 및 2.7 kg/10a이었으며, 혼파의 경우는 단파와 유사한 경향이었다.

당근 연작재배지에서 녹비작물의 토양환원 전·후 토양의 물리학적 특성을 조사한 결과 용적밀도는 녹비작물 처리구가 대조구에 비해 감소하는 경향이었고, 공극률은 증가하는 경향이었다. 토양환원 전·후 토양의 pH는 대조구와 별다른 차이 없이 6.37-6.64 범위였으며, EC는 크로타라리아(2.86 dS/m) 및 수단글라스(2.24 dS/m) 처리구가 대조구(3.14 dS/m)에 비해 낮았다. 토양 중 유기물, T-N 및 avail. P_2O_5 함량은 녹비작물 처리구가 대조구에 비해 증가하는 경향이었다.

녹비작물 토양환원에 따른 후작물인 당근의 총 생산량은 크로타라리아 처리구에서 7,916 kg/10a로 가장 높은 수량을 보였으며, 대조구의 경우는 6,869 kg/10a로 가장 낮았다. 장애율은 대조구, 관행처리구, 크로타라리아, 수단글라스, 수단글라스 + 크로타라리아 처리구에서 각각 34.9, 23.1, 21.4, 22.9 및 19.8%로 혼파 처리구에서 가장 낮은 장애율을 보였다. 당근의 상품수량은 크로타라리아 처리구($6,226 \text{ kg } 10a^{-1}$)가 관행처리구(5,890 kg/10a) 및 대조구(4,473 kg/10a)에 비해 각각 5.7% 및 39.2%의 증수효과를 보였다.

이상의 결과를 미루어 볼 때, 당근 연작재배지에서 녹비작물의 시용은 비료로서 충분한 가치가 있으며, 녹비작물 토양환원 후 토양의 물리성 및 화학성을 개선함으로써 시설하우스 당근 연작재배지의 연작장애를 경감할 수 있을 것으로 사료된다.

Acknowledgment

This work was carried out with the support of

“Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development(Project No. PJ007358)”, Rural Development Administration, Republic of Korea. This work was also supported by Gyeongnam National University of Science and Technology Grant.

References

- Bernstein, L., 1975. Effects of salinity and sodicity on plant growth, *Ann. Rev. of phytopathology* 13, 295-312.
- Chang, C.W., Drengel, H.E., 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., Park, W.Y., Seong, K.Y., Kim, C.G., Park, T.S., Kim, J.D., 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., Seong, K.Y., Park, T.S., Seo, M.C., Jeon, W.T., Yang, W.H., Kang, H.W., Lee, H.J., 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., Kang, C.S., Won, T.J., Park, K.Y., 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., Seong, K.Y., Kim, M.T., Oh, G.J., Oh, I.S., Kang, U.G., 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., Seong, K.Y., Kim, M.T., Oh, I.S., Choi, B.S., Kang, U.G., 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., Seong, K.Y., Oh, G.J., Kim, M.T., Lee, Y.H., Kang, U.G., Lee, H.B., Kang, H.W., 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., Park, W.C., 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., Park, W.C., Jung, J.S., 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.
- Khoshgoftarmanesh, A.H., Shariamadari, H., Valki, R., 2003. Reclamation of saline soils by leaching and barley production, *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 34, 2875-2883.
- Kim, B.S., 2011. Selection of desirable cultivar for organic cultivation of carrot, *Res. Plant Dir.* 17(1), 95-98.
- Kim, C.G., Seo, J.H., Cho, H.S., Choi, S.H., Kim, S.J., 2002. Effect of hairy vetch as green manure on rice cultivation, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 35(3), 169-174.
- Lee, B.H., Ahn, J.W., Hwang, D.Y., Oh, S.H., Kim, J.H., Kim, S.Y., Ku, Y.C., Choi, Z.R., 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, I.B., Kang, S.B., Park, J.M., 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., Kim, I.J., Kim, M.J., Kang, H.J., Yun, T., Rho, C.W., Min, K.B., Lee, C.H., 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.
- NIAST., 2000. *Methods of soil and plant analysis*, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Shon, B.K., Cho, J.S., Kang, J.G., Cho, J.Y., Kim, K.Y., Kim, H.W., Kim, H.L., 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.
- 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, *J. Soil Sci. Fert.* 41(4), 247-253.
- Wright, S.F., Upadhyaya, A., 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., Lee, J.H. Baek, N.H., Jeong, J.H., Cho, K.M., Lee, S.B., Lee, G.B., 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.
- Yang, S.K., Seo, Y.W., Kim, Y.S., Kim, S.K., Lim, K.H., Choi, K.J., 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. Organic Agric.* 19(2), 255-272.