

# 오이와 상추 재배지에서 수단그라스를 이용한 *Meloidogyne incognita*의 방제 효과

## Control Effect of Sudan Grass on Root-Knot Nematode, *Meloidogyne incognita*, in Cucumber and Lettuce Greenhouses

김형환<sup>1\*</sup> · 김동환<sup>1</sup> · 양창열<sup>1</sup> · 강택준<sup>1</sup> · 한경숙<sup>1</sup> · 박해웅<sup>2</sup> · 정영학<sup>3</sup> · 전성욱<sup>1</sup> · 송진선<sup>1</sup> · 추호렬<sup>3</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 원예특작환경과, <sup>2</sup>세계김치연구소, <sup>3</sup>경상대학교 응용생명과학부, 농업생명과학연구원

Hyeong-Hwan Kim<sup>1\*</sup>, Dong-Hwan Kim<sup>1</sup>, Chang-Yeol Yang<sup>1</sup>, Taek-Jun Kang<sup>1</sup>, Kyung-Sook Han<sup>1</sup>, Hae-Woong Park<sup>2</sup>, Young-Hak Jung<sup>3</sup>, Sung-Wook Jeon<sup>1</sup>, Jin-Sun Song<sup>1</sup> and Ho Yul Choo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Horticultural & Herbal Crop Environment Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Suwon 441-440, Korea

<sup>2</sup>World Institute of Kimchi, An Annex of Korea Food Research Institute, Gwangju 503-360, Korea

<sup>3</sup>Division of Applied Life Science (BK21+)/Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

### \*Corresponding author

Tel : +82-31-290-6227

Fax : +82-31-290-6259

E-mail: hkim8753@korea.kr

The effect of biological control of the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, on cucumber and lettuce was evaluated with green manure crop species in greenhouse. Nematicidal effect of sudan grass cultivation in cucumber greenhouse was comparable to that of chemical treatment with fosthiazate GR, showing the high activity of 88.6%. Sudan grass cultivation in lettuce greenhouse significantly reduced the number of *M. incognita* in soil, showing 93.5% of nematicidal activity. In addition, since growth of sudan grass was superior to other green manure crop species, it is considered that cultivation of sudan grass is proper to control *M. incognita* in greenhouse.

**Keywords:** Cucumber, Green manure crop, Lettuce, *Meloidogyne incognita*, Sudangrass

Received October 31, 2014  
Revised November 6, 2014  
Accepted November 7, 2014

## 서 론

전 세계적으로 2009년 현재 97종의 다양한 뿌리혹선충들이 원예작물 재배지에 발생하여 작물의 생산성을 저하시키고 있으며(Perry 등, 2009), 대표적인 종으로는 땅콩뿌리혹선충(*M.*

*arenaria*), *M. cruciani*, 당근뿌리혹선충(*M. hapla*), *M. hispanica*, 고구마뿌리혹선충(*M. incognita*), 자바니카뿌리혹선충(*M. javanica*) 등 6종이 알려져 있다(Kim 등, 2010).

뿌리혹선충은 토양 내에서 주로 피해를 주기 때문에 지상부에서 피해를 주는 진딧물, 응애, 총채벌레 등과 다르게 발생과 피해를 예측하기가 쉽지 않아 매년 피해가 늘어나고 있다. 또한 한번 발생한 원예작물 재배지는 몇 년에 걸친 완전 휴작이나 멸균을 하지 않는 이상은 매년 작물을 재배하게 되면 반복적으로

### Research in Plant Disease

©The Korean Society of Plant Pathology  
pISSN 1598-2262, eISSN 2233-9191

밀도가 줄거나, 늘어나면서 작물의 생산량에 영향을 주게 된다. 국내에서 현재 뿌리혹선충은 시설재배지 중 약 54%가 감염되어 있으며 원예작물의 15% 이상이 뿌리혹선충에 의해 수량이 감소되고 있다(Cho 등, 2000).

뿌리혹선충의 밀도 감소 혹은 방제법에는 다양한 방법들이 개발되어 농가에서 활용되고 있지만, 농가에서 대표적으로 쉽게 이용하는 것이 살선충제를 이용한 화학적 방제법이다. 화학적 방제법 이외에 담전윤환, 객토, 태양열 소독, 저항성 품종, 윤작, 휴경, 재배시기 조절, 길항식물과 유치작물 재배, 잔재물 소각, 담수, 기생된 작물 잔재물 제거, 접목, 유기물 토양 개선과 생물적 방제, 작물 경작 개선 등과 같이 다양한 방법들이 알려져 있다(Kim, 2001; Kim과 Choi, 2001; Kim과 Lee, 2008; Park 등, 1995). 또한 뿌리혹선충의 종이나 race에 따라 저항성 품종에 대한 반응이 상이하기 때문에 친환경적인 방법으로 저항성 작물을 이용한 윤작도 피해를 줄이는 방법이라고 할 수 있다(Kim, 2001; Rhoades, 1976).

한편으로 토양 중 뿌리혹선충의 밀도를 억제하는 다양한 방법들이 농가에서 활용되고 있지만, 최근에는 휴작기 동안 녹비작물을 재배하여 토양을 비옥화 할 목적으로 재배한 작물을 부숙시키지 않고 토양에 투입하여 비료화하는 것으로 토양 물리성 개선, 선충 등 토양병해충 경감 등 다양한 효과에 대해 알려져 있다(Vaughan과 Evanylo, 1998). 또한 녹비작물은 토양의 물리적 특성인 용적밀도, 토양입단, 투수성 등이 향상되어 토양 환경을 개선시키는 역할을 한다고 보고하였다(Bronick와 Lai, 2005; Fred와 Harold, 2000).

따라서 본 연구에서는 여름 휴작기 동안 재배가 용이한 녹비작물인 수단그라스의 *M. incognita*의 토양 중 밀도 감소효과를 알아보기 위하여 오이와 상추 재배지에서 시험을 수행하였다. 또한 여름 휴작기에 녹비작물의 종류에 따라 생육정도도 조사하여 효율적으로 이용할 수 있는 녹비작물을 선별하였다.

## 재료 및 방법

**오이 재배지 방제효과 시험.** 오이재배지에서 녹비작물에 대한 *M. incognita* 방제 효과를 알아보기 위하여 2010년 충청남도 공주와 경기도 수원시의 시설 오이 재배지에서 각각 수행하였다. 공주의 시설오이 재배지에서 오이(조은백다가기)의 수확이 끝나고 로터리 작업 후에 6월 28일부터 40일 동안 녹비작물인 수단그라스(*Sorghum bicolor*), 헤어리베치, 네마장황(*Crotalaria juncea*), 라이그라스를 재배하였다. 녹비작물은 991 m<sup>2</sup> 당 5 kg을 직접 파종한 다음 얇게 흙을 복토하고 물을 뿌려주었다. 파종 후 건조로 인하여 초기 발아율이 떨어지는 것을 막기 위하여 매일 2회 이상 물관리를 하였다. 녹비작물의 초기 발아 이후에는 주기적으로 물을 관주처리 하였다. 대조약제로는 살선충제 fosthiazate 5% GR을 사용하였고, 1,000 m<sup>2</sup> 당 6 kg을 정식 7일 전에 사용 하였다. 무처리는 물만 관리하면서 비교 조사하였다.

토양 내 *M. incognita*의 밀도 조사는 녹비작물과 살선충제를 파종 및 정식하기 전과 40일 휴작 후 33 m<sup>2</sup> 구역을 정하고 5곳을 지정한 다음 지점 당 토양 100 g을 채취하여 500 g을 취하여 골고루 섞고 다시 이중에서 100 g의 토양을 개량칼때기법(Kaya와 Stock, 1997)을 이용하여 뿌리혹선충의 유충을 추출하여 생충수를 조사하였다. 조사는 10 m<sup>2</sup> 1개 구역을 1반복으로 5반복으로 토양 내 *M. incognita*의 밀도를 조사하였다.

수원의 국립원예특작과학원 시설오이 온실에서 오이(조은백다가기)의 수확이 끝나고 로터리 작업 후에 6월 25일부터 40일 동안 녹비작물인 수단그라스, 헤어리베치, 네마장황, 라이그라스를 재배하였다. 녹비작물은 60 m<sup>2</sup> 당 0.3 kg을 직접 파종한 다음 얇게 흙을 복토하고 물을 뿌려 주었으며, 이후 관리는 상기 공주의 오이 재배 시험과 동일하였다. 대조약제로 처리된 살선충제 fosthiazate 5% GR을 60 m<sup>2</sup> 당 0.36 kg을 정식 7일 전에 사용하였다. 무처리는 물만 관리하면서 비교 조사하였다. 토양 내 *M. incognita*의 밀도 조사는 녹비작물과 살선충제를 파종 및 정식 하기 전과 45일 휴작 후 60 m<sup>2</sup> 두둑에서 5곳을 지정한 다음 지점 당 토양 100 g을 채취하여 500 g을 취하여 골고루 섞고 다시 이중에서 100 g의 토양을 개량칼때기법을 이용하여 뿌리혹선충의 유충을 추출하여 생충수를 조사하였다. 조사는 60 m<sup>2</sup> 1개 구역을 1반복으로 5반복으로 토양 내 *M. incognita*의 밀도를 조사하였다.

**상추 재배지 방제효과 시험.** 상추 재배지에서 녹비작물의 *M. incognita* 방제 효과를 알아보기 위하여 2010년 경기도 용인과 수원의 시설 상추 재배지에서 각각 수행하였다. 용인의 시설상추 재배지에서 상추(적측면상추)의 수확이 끝나고 로터리 작업 후에 6월 25일부터 20일 동안 녹비작물인 수단그라스, 헤어리베치, 네마장황, 라이그라스를 재배하였다. 녹비작물은 330 m<sup>2</sup> 당 1.7 kg을 직접 파종한 다음 얇게 흙을 복토하고 물을 뿌려주었다. 파종 후 초기 발아를 용이하게 하기 위하여 파종 후 7일 동안은 매일 2회 이상 물관리를 하였다. 이후에는 주기적으로 물을 관주처리 하였다. 대조약제로 처리된 살선충제 fosthiazate 5% GR을 330 m<sup>2</sup> 당 1.98 kg을 정식 7일 전에 사용하였다. 무처리는 물만 관리하면서 비교 조사하였다. 토양 내 *M. incognita*의 밀도 조사는 녹비작물과 살선충제를 파종 및 정식 하기 전과 20일 휴작 후 33 m<sup>2</sup> 구역을 정하고 5곳을 지정한 다음 지점 당 토양 100 g을 채취하여 500 g을 취하여 골고루 섞고 다시 이중에서 100 g의 토양을 개량칼때기법을 이용하여 뿌리혹선충의 유충을 추출하여 생충수를 조사하였다. 조사는 10 m<sup>2</sup> 1개 구역을 1반복으로 5반복으로 토양 내 *M. incognita*의 밀도를 조사하였다.

수원의 국립원예특작과학원 시설상추 재배지에서 상추(적측면상추)의 수확이 끝나고 로터리 작업 후에 6월 28일부터 25일 동안 녹비작물인 수단그라스, 헤어리베치, 네마장황, 라이그라스를 재배하였다. 녹비작물은 165 m<sup>2</sup> 당 0.85 kg을 직접

파종한 다음 얇게 흙을 복토하고 물을 뿌려주었으며 이후 관리는 상기 용인의 상추 재배 시험과 동일하였다. 대조약제로 처리된 살선충제 *fosthiazate* 5% GR을 165 m<sup>2</sup> 당 0.99 kg을 정식 7일 전에 사용하였다. 무처리는 물만 관리하면서 비교 조사하였다. 토양 내 *M. incognita*의 밀도 조사는 녹비작물과 살선충제를 파종 및 정식 하기 전과 25일 휴작 후 33 m<sup>2</sup> 구역을 정하고 5곳을 지정한 다음 지점 당 토양 100 g을 채취하여 500 g을 취하여 골고루 섞고 다시 이 중에서 100 g의 토양을 개량갈때기법을 이용하여 뿌리혹선충의 유충을 추출하여 생충수를 조사하였다. 조사는 10 m<sup>2</sup> 1개 구역을 1반복으로 5반복으로 토양 내 *M. incognita*의 밀도를 조사하였다.

**녹비 작물 생육 조사.** 여름 휴경기 동안 이용 가능한 녹비작물 중 *M. incognita*에 대한 방제효과도 우수하면서 여름기간 동안 시설하우스내에서 쉽게 재배를 할 수 있는 녹비작물을 선발하기 위하여 수단그라스, 헤어리베치, 네마장황, 라이그라스를 파종한 후 생육을 비교하였다. 녹비작물의 생육조사는 파종

후 10일, 20일, 30일, 40일째 초장 및 생체중을 측정하여 기록하였다. 초장은 12 × 5 m 구마다 50주씩 5개 구에서 150주를 임의로 선택하여 길이를 측정하였다. 생체중은 12 × 5 m 구를 1반복으로 5개구에서 전체 녹비작물을 수확하여 생체중을 측정하였다.

**통계분석.** *M. incognita*에 대한 수단그라스, 헤어리베치, 네마장황, 라이그라스의 생충율과 방제 효율을 구하여 Tukey's HSD test로 처리평균간 유의성 차이를 검정 하였다. 또한 녹비작물의 초장과 생체중도 Tukey's HSD test로 처리평균간 유의성 차이를 검정하였다.

## 결과 및 고찰

**오이 재배지에서 *M. incognita* 방제효과.** 공주의 시설오이 재배지에서 녹비작물인 수단그라스, 헤어리베치, 네마장황, 라이그라스를 40일 동안 재배한 후 *M. incognita*의 방제효과는 수단그라스가 88.6%, 헤어리베치 51.0%, 네마장황 57.6%, 라이그

**Table 1.** Nematicidal effect of green manure crop cultivation during a cultivation of cucumber in Gongju

Treatment	Pre-density <sup>z</sup>	40 DAT		
		No. of Survival Ijs <sup>y</sup>	% Survival rate <sup>x</sup>	Control effect <sup>w</sup>
Sudan grass	163.6 a <sup>v</sup>	36.2 d	22.4 d	88.6
Hairy vetch	105.8 d	101.6 b	96.1 b	51.0
Crotalaria	136.2 bc	112.6 b	83.2 b	57.6
Ryegrass	115.0 cd	77.4 c	67.4 c	65.6
Fosthiazate GR	150.2 d	22.6 d	15.0 d	92.4
Control	101.6 d	198.6 a	196.0 a	—

<sup>z</sup>Pre-density of juveniles(Ijs)/100 g soil.

<sup>y</sup>Number of survival juveniles(Ijs)/100 g soil.

<sup>x</sup>Survival rate of juveniles(Ijs)/100 g soil.

<sup>w</sup>Control effect; (Survival ratio of *M. incognita* juveniles in control-Survival ratio of *M. incognita* juveniles in treatment)/Survival ratio of *M. incognita* juveniles in control × 100.

<sup>v</sup>Means within a column followed by different letters are significantly different (Tukey's HSD test  $P < 0.001$ ).

**Table 2.** Nematicidal effect of green manure crop cultivation during a cultivation of cucumber in Suwon

Treatment	Pre-density <sup>z</sup>	45 DAT		
		No. of Survival Ijs <sup>y</sup>	% Survival rate <sup>x</sup>	Control effect <sup>w</sup>
Sudan grass	473.4 ab <sup>v</sup>	85.6 d	18.2 d	85.5
Hairy vetch	506.8 a	352.8 b	69.8 c	44.4
Crotalaria	438.6 abc	382.0 b	87.1 b	30.7
Ryegrass	395.2 c	234.8 c	59.6 c	52.5
Fosthiazate GR	435.4 bc	35.6 d	8.4 d	93.3
Control	422.6 bc	529.4 a	125.7 a	—

<sup>z</sup>Pre-density of juveniles(Ijs)/100 g soil.

<sup>y</sup>Number of survival juveniles(Ijs)/100 g soil.

<sup>x</sup>Survival rate of juveniles(Ijs)/100 g soil.

<sup>w</sup>Control effect; (Survival ratio of *M. incognita* juveniles in control-Survival ratio of *M. incognita* juveniles in treatment)/Survival ratio of *M. incognita* juveniles in control × 100.

<sup>v</sup>Means within a column followed by different letters are significantly different (Tukey's HSD test  $P < 0.001$ ).

라스 65.6%를 나타내었다(Table 1). 그 중에서 수단그라스는 대조약제로 이용된 fosthiazate GR의 92.4%와 유사한 88.6%를 나타낼 만큼 방제효과가 우수하였다. 수원외 국립원예특작과학원 시설오이 재배지에서 수단그라스, 헤어리베치, 네마장황, 라이그라스를 45일 동안 재배한 후 *M. incognita*의 밀도 감소 효과는 수단그라스가 85.5%, 헤어리베치가 44.4%, 네마장황이 30.7%, 라이그라스가 52.5%를 나타내었다(Table 2).

두 지역의 오이 시설재배지에서 *M. incognita*에 대한 수단그라스의 방제효과는 각각 88.6%, 85.5%로 높은 효과를 나타내었다. 녹비작물은 화학비료를 대체하기 위해서 생육 최성기에 토양에 환원하여 주는 두과 및 화분과 등의 작물을 말한다(Park 등, 2008). 두과 녹비작물의 장점은 생물학적 과정을 통해 고정된 다량의 질소가 후작물에 이용될 수 있다는 점이고, 화분과 녹비작물에서는 작물에 질소를 공급하는 능력은 적으나 토양 유기탄소를 증가시키는 것으로 알려져 있다(Lee 등, 2008; Shipley 등, 1992; Sung 등, 2008). 또한 녹비작물은 뿌리혹선충, 뿌리썩이선충, 둥근꼬리나정선충 방제에 효과가 있는데

Mojtahedi 등(1993)의 연구에 의하면 수단그라스 잎을 녹비로 이용하였을 때 *M. chitwoodi*의 밀도를 감소시킨다고 하였고, 네마장황은 *Rotylenchulus reniformis* 암컷의 발육을 저해하고 분해되는 48시간 동안 타감 물질이 생성되어 생존능력과 부화를 억제한다고 보고하였다(Wang 등, 2001). 우리나라에서도 최근 녹비작물을 이용한 연구가 이루어지고 있는데 녹비작물로 하우스솔고와 콩을 재배한 토양 보다 수수와 네마장황을 재배한 토양에서 뿌리혹선충의 밀도가 현저히 감소하였다(Yang 등, 2011). 본 연구에서는 네마장황 보다 수단그라스에서 약 1.5~2배 정도 더 높은 뿌리혹선충 밀도 감소 효과가 나타났으므로 여름철 휴작기에는 수단그라스가 *M. incognita* 방제에 더 효율적일 것으로 생각된다.

수단그라스는 재배 기간에 따라 뿌리혹선충에 대한 감소 효과가 달라진다. 수단그라스를 3개월 이상 재배하게 되면 그 효과가 떨어지게 되는데 그 이유는 노숙화 될수록 돌린의 양이 감소하고 줄기보다는 잎에 돌린이 더 많기 때문이다(Viaene 등, 1998). 따라서 녹비작물로 수단그라스를 이용할 때 재배기간을

**Table 3.** Nematicidal effect of green manure crop cultivation during a cultivation of lettuce in Yongin

Treatment	Pre-density <sup>z</sup>	No. of Survival Ijs <sup>y</sup>	20 DAT	
			% Survival rate <sup>x</sup>	Control effect <sup>w</sup>
Sudan grass	681.8 ab <sup>v</sup>	230.2 c	32.4 c	65.8
Hairy vetch	439.6 c	278.0 bc	63.8 b	32.7
Crotalaria	619.2 b	409.2 b	69.0 ab	27.2
Ryegrass	537.0 bc	362.6 bc	67.7 ab	28.6
Fosthiazate GR	653.8 b	79.2 d	12.2 c	87.1
Control	832.6 a	786.4 a	94.8 a	—

<sup>z</sup>Pre-density of juveniles(Ijs)/100 g soil.

<sup>y</sup>Number of survival juveniles(Ijs)/100 g soil.

<sup>x</sup>Survival rate of juveniles(Ijs)/100 g soil.

<sup>w</sup>Control effect; (Survival ratio of *M. incognita* juveniles in control-Survival ratio of *M. incognita* juveniles in treatment)/Survival ratio of *M. incognita* juveniles in control × 100.

<sup>v</sup>Means within a column followed by different letters are significantly different (Tukey's HSD test *P* < 0.001).

**Table 4.** Nematicidal effect of green manure crop cultivation during a cultivation of lettuce in Suwon

Treatment	Pre-density <sup>z</sup>	25 DAT		
		No. of Survival Ijs <sup>y</sup>	% Survival rate <sup>x</sup>	Control effect <sup>w</sup>
Sudan grass	16.6 a <sup>v</sup>	2.0 c	12.9 b	93.5
Hairy vetch	12.6 a	4.8 c	41.6 b	79.1
Crotalaria	16.2 a	38.6 a	251.1 a	0
Ryegrass	14.6 a	8.4 c	58.7 b	70.5
Fosthiazate GR	15.0 a	1.6 c	9.4 b	95.3
Control	9.4 a	17.8 b	198.9 a	—

<sup>z</sup>Pre-density of juveniles(Ijs)/100 g soil.

<sup>y</sup>Number of survival juveniles(Ijs)/100 g soil.

<sup>x</sup>Survival rate of juveniles(Ijs)/100 g soil.

<sup>w</sup>Control effect; (Survival ratio of *M. incognita* juveniles in control-Survival ratio of *M. incognita* juveniles in treatment)/Survival ratio of *M. incognita* juveniles in control × 100.

<sup>v</sup>Means within a column followed by different letters are significantly different (Tukey's HSD test *P* < 0.001).



너무 길게 하면 뿌리혹선충 방제 효과가 떨어지므로 본 연구의 오이에서와 같이 40–45일 정도가 적당 할 것으로 생각된다.

**상추 재배지 *M. incognita* 방제효과.** 용인의 시설상추 재배지에서 수단그라스, 헤어리베치, 네마장황, 라이그라스를 20 동안 재배한 후 *M. incognita*의 밀도 감소효과는 수단그라스가 65.8%, 헤어리베치가 32.7%, 네마장황이 27.2%, 라이그라스가 28.6%를 나타내어 수단그라스가 가장 높았다(Table 3). 그러나 대조약제인 *fosthiazate* GR의 87.1% 보다는 유의적으로 방제 효과가 떨어지는 것을 알 수 있었다. 수원외국립원예특작과학원의 시설상추 재배지에서 수단그라스, 헤어리베치, 네마장황, 라이그라스를 25동안 재배한 후 *M. incognita*의 밀도 감소효과는 수단그라스가 93.5%, 헤어리베치가 79.1%, 네마장황이 0%, 라이그라스가 70.5%를 나타내어 수단그라스가 가장 높았다(Table 4). 수단그라스의 방제효과는 대조약제인 *fosthiazate* GR의 95.3%와 유의적인 차이가 없이 높은 효과를 나타내었다. 상추는 연중 4작기 이상을 재배하는 작물로 작기와 작기 사이가 14–21일로 과채류의 40일 이상 보다 매우 짧은 것이 특징이다. 따라서 본 시험에서와 같이 약 20–25일 간의 수단그라스 재배로도 *M. incognita*의 토양 중 밀도에 따라 65.8–93.5%의 우수한 밀도 감소효과가 있었다.

수단그라스는 상추 재배지에서 *M. incognita* 방제에 있어서 방제 효과가 아주 높았다. Viaene 등(1998)의 연구에서 상추 재배지에 파셀리아, 오일시앗무, 머스타드, 귀리, 호밀, 수단그라스를 녹비작물로 사용하였을 때 수단그라스가 가장 효과적으로 당근뿌리혹선충의 알 수를 감소시킨다고 보고하였다. 수단그라스는 시안생성식물로서 씨앗을 제외한 모든 부분에 돌린이라는 물질을 가지고 있다(Davis, 1991). 돌린이 가수분해 되면 시안화수소와 p-히드록시벤즈알데하이드가 발생하게 되는데 시안화수소가 독소로 작용하여 뿌리혹 선충을 죽이는 것으로 생각되어 진다. 또한 두과 녹비작물(네마장황, 세스바니아) 및 화분과 녹비작물(하우스솔고, 수단그라스)은 토양에 영양분을 공급하는데 있어 뛰어난데, 토양환원 후 시설 상추와 열같이 배추를 재배하는 경우 화학비료의 시비가 필요 없거나 시비 추천량의 50%를 절감할 수 있다고 보고되어 있다(Lim 등, 2012). 일반적으로 시설 엽채류는 연중 재배되고 있으나, 여름철에는 고

온 및 병해충 발병을 및 피해 증가 등으로 재배 면적을 줄이거나 휴경을 실시하고 있는 상황이다(Lee 등, 2006). 이러한 휴경기에 녹비작물을 재배함으로써 토양에 유기물을 공급하는 동시에 연작에 의한 피해나 병충해를 방제 하여 농가 소득에 크게 기여할 것으로 생각된다.

**녹비 작물 생육.** 수단그라스, 헤어리베치, 네마장황, 라이그라스의 생육조사 결과 수단그라스는 파종 후 10, 20, 30, 40일째 초장이 20.4 cm, 93.8 cm, 108.2 cm, 154.2 cm로 다른 녹비작물 보다 생육이 매우 양호하였다. 또한 파종 후 40일째의 생체중을 조사한 결과 30.4 kg으로 역시 헤어리베치 5.0 kg, 네마장황 7.8 kg, 라이그라스 4.8 kg 보다 더 높았다.

이는 겨울 휴경기 동안 재배된 두과 녹비작물과 화분과 녹비작물의 건중량의 차이는 없었으나 여름철 녹비의 경우 두과작물보다 화분과작물인 수단그라스의 건물중이 더 많았던 연구결과와 일치하였다(Lee 등, 2008). 이러한 결과로 미루어 보아 여름 휴작기의 환경에 재배가 용이한 녹비작물이 수단그라스로 판명되었으며, 또한 *M. incognita*의 밀도 감소효과도 우수하다는 결론을 얻을 수 있었다.

본 연구에서 오이와 상추 시설 재배지에서 수단그라스가 *M. incognita* 밀도를 현저히 감소시키는 것을 알 수 있었다. 현재 뿌리혹선충의 방제를 위해 대부분 화학 살충제를 사용하고 있는데 화학 살충제를 이용한 방제는 단기간 내에 높은 효과를 볼 수 있으나, 천적 미생물 등의 감소로 선충의 재 유입가능성이 높다. 하지만 녹비작물을 이용하게 된다면 뿌리혹선충의 밀도를 효과적으로 방제하는 동시에 유기물의 증가로 토양의 이화학적 성질도 향상되어 작물의 품질과 생산량이 증가하고 농가 소득 증대도 향상될 것으로 기대된다.

## 요 약

시설오이와 상추 재배지에서 녹비작물의 종류에 따른 *M. incognita*의 생물학적 방제효과를 조사하였다. 시설오이 재배지에서 수단그라스 재배는 *fosthiazate* GR의 화학적 처리 효과와 유사한 88.6%의 살선충 효과를 보였다. 상추재배지에서 수단그라스의 재배는 토양중 93.5%의 *M. incognita* 밀도 감

Table 5. Growth of green manure crop cultivation in Suwon

Cultivation	Height (cm/plant) <sup>z</sup>				Fresh weight (kg/plot) <sup>y</sup>
	10 DAT	20 DAT	30 DAT	40 DAT	
Sudan grass	20.4 a <sup>x</sup>	93.8 a	108.2 a	154.2 a	30.4 a
Hairy vetch	4.0 c	17.2 c	28.4 c	41.2 b	5.0 b
Crotalaria	5.4 c	21.8 bc	38.0 b	45.4 b	7.8 b
Ryegrass	9.4 b	27.4 b	35.2 bc	51.0 b	4.8 b

<sup>z</sup>The heights of green manure crops were measured in cm per plant.

<sup>y</sup>The fresh weights of green manure crops were measured in kg per plant.

<sup>x</sup>Means within a column followed by different letters are significantly different (Tukey's HSD test  $P < 0.001$ ).

소를 보였다. 또한 수단그라스는 다른 녹비작물보다 매우 우수한 생육을 보였기 때문에 시설 재배지에서 *M. incognita*를 관리하는데 수단그라스가 적당한 것으로 생각된다.

## Acknowledgement

This work was supported by the Rural Development Administration (PJ010207022014).

## References

- Bronick, C. J. and Lai, R. 2005. Soil structure and management: a review, *Geoderma* 124: 3–22.
- Cho, M. R., Lee, B. C., Kim, D. S., Jeon, H. Y., Yiem, M. S. and Lee, J. O. 2000. Distribution of plant-parasitic nematodes in fruit vegetable production areas in Korea and identification of root-knot nematodes by enzyme phenotypes. *Korean J. Appl. Entomol.* 39: 123–129. (In Korean)
- Davis, R. H. 1991. Cyanogens. In: Toxic Substances in Crop Plants, eds. by J. P. Felix D'Mello, C. M. Duffus and J. H. Duffus, pp. 202–213. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, England.
- Fred, M. and Harold, E. 2000. Building soils for better crops. In: Part 2. Ecological soil & crop management. Chapter 10. Cover crops, pp. 87–98, Sustainable Agriculture Network.
- Kaya, H. K. and Stock, S. P. 1997. Manual of techniques in insect pathology. In: Techniques in insect nematology. pp. 297–301. Academic Press. New York.
- Kim, D. G. 2001. Occurrence of root-knot nematodes on fruit vegetables under greenhouse conditions in Korea. *Res. Plant Dis.* 7: 69–79. (In Korean)
- Kim, D. G. and Choi, S. K. 2001. Effects of incorporation method of nematicides on reproduction of *Meloidogyne arenaria*. *Korean J. Appl. Entomol.* 40: 89–95. (In Korean)
- Kim, D. G. and Lee, J. H. 2008. Economic threshold of *Meloidogyne incognita* for greenhouse grown cucumber in Korea. *Res. Plant Dis.* 14: 117–121. (In Korean)
- Kim, H. H., Cho, M. R., Kang, T. J., Jung, J. A. and Han, Y. K. 2010. Screening of tomato cultivars resistant to root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *Res. Plant Dis.* 16: 294–298. (In Korean)
- Lee, I. B., Park, J. M., Lim, J. H. and 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: 346–351. (In Korean)
- Lee, I. B., Kang, S. B., Park, J. M. and 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: 343–348. (In Korean)
- Lim, T. J., Kim, K. I., Park, J. M., Lee, S. E. and Hong, S. D. 2012. The use of green manure crops as a nitrogen source for lettuce and Chinese cabbage production in greenhouse. *Korean J. Environ. Agric.* 31: 212–216. (In Korean)
- Mojtahedi, H., Santo, G. S. and Ingham, R. E. 1993. Suppression of *Meloidogyne chitwoodi* with sudangrass cultivars as green manure. *J. Nematol.* 25: 303–311.
- Park, S. D., Kwon, T. Y., Jun, H. S. and Choi, B. S. 1995. The occurrence and severity of damage by root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in controlled fruit vegetable field. *RDA. J. Agric. Sci.* 37: 318–323. (In Korean)
- 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. and Yu, J. H. 2008. Understanding of environmental friendly agriculture and rice production using green manure crops. RDA, NICS. pp. 20–21. Sammi, Suwon. (In Korean)
- Perry, R. N., Moeus, M. and Starr, J. C. 2009. Root-knot nematodes. 488 pp. CAB International. Wallingford.
- Rhoades, H. L. 1976. Effects of *Indigofera hirsuta* on *Belonolaimus longicaudatus*, *Meloidogyne incognita*, and *M. javanica* and subsequent crop yield. *Plant Dis. Rep.* 60: 384–386.
- Shiple, P. R., Meisinger, J. J. and 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. and 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: 247–253. (In Korean)
- Vaughan, D. J. and Evanylo, G. K. 1998. Corn response to cover crop species, spring desiccation time, and residue management. *Agron. J.* 90: 536–544.
- Viaene, N. M. and Abawi, G. S. 1998. Management of *Meloidogyne hapla* on lettuce in organic soil with sudangrass as a cover crop. *Plant Disease.* 82: 945–952.
- Wang, K. H., Sipes, B. S. and Schmitt, D. P. 2001. Suppression of *Rotylenchulus reniformis* by *Crotalaria juncea*, *Brassica napus*, and *Tagetes erecta*. *Nematropica.* 31: 237–251.
- Yang, S. K., Seo, Y. W., Lee, Y. S., Kim, H. W., Ma, K. C., Lim, K. H., Kim, H. J., Kim, J. G. and Jung, W. J. 2011. Effects of green manure crops on red-pepper yields and soil physico-chemical properties in the vinyl house. *Korean J. Org. Agric.* 19: 215–228. (In Korean)