

# 유채박 이용 시설하우스 연작재배 시 뿌리혹선충 밀도억제효과

이후관, 이영화, 김광수, 장영석\*, 최인후

농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물센터

## The Effect Control of Root-knot Nematode by Using Rapeseed Meal in Continuous Cultivation at Greenhouse

Hoo-Kwan Lee, Young-Hwa Lee, Kwang-Soo Kim, Young-Seok Jang\* and In-Hu Choi

<sup>1</sup>Bioenergy Crop Research Center, National Institute of Crop Science, RDA, Muan 534-830, Korea

**Abstract** - The objective of this study was to determine the effectiveness of rapeseed meal in controlling soil nematode. Two different rapeseed meals (Jeju local rape varieties and 'Sunmang' variety) were mixed with the soil to control nematodes environmentally. When soil physical properties in the rapeseed meal-mixed soils were analyzed, OM (organic matter), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ca, Mg, CEC (Cation Exchange Capacity) value increased. Especially, the level of OM was 3-fold higher than control soil. Glucosinolate content of rapeseed meal was higher in Jeju local rape varieties than 'Sunmang' variety. The major components of glucosinolates were consisted of progoitrin, gluconapin, glucobrassicin napin, and sinigrin. These components were likely to be involved in reducing nematode density.

**Key words** - Rapeseed meal, Nematode, Continuous cultivation, Glucosinolate, Soil

### 서 언

시설재배는 집약적인 재배특성으로 인하여 화학비료와 퇴비의 사용량이 많고, 친환경 농업을 위해 투입된 미숙퇴비는 결국 선충의 먹이가 되어 선충의 밀도를 높이는 원인이 되며, 뿌리혹선충은 작물의 뿌리에 기생하여 작물의 생육을 저해하게 된다 (McSorley *et al.*, 1999). 국내에는 땅콩 뿌리혹선충(*Meloidogyne arenaria*), 당근 뿌리혹선충(*M. hapla*), 고구마 뿌리혹선충(*M. incognita*), 자바니카 뿌리혹선충(*M. javanica*) 등 4종외에도 양다래에서 확인된 *M. cruciani*, 기주식물이 확인되지 않은 *M. hispanica* 등 6종이 서식하고 있다(Cho *et al.*, 2000; Kim and Choi, 2001). 가지, 감자, 고추, 당근, 수박, 오이, 토마토, 호박 등을 기주식물로 하는 땅콩 뿌리혹선충, 당근 뿌리혹선충, 고구마 뿌리혹선충 등 3종이 국내재배지에서 큰 피해를 주고 있다 (Choi and Choo, 1978). 국내의 시설하우스 재배지에는 연작으로 인해 오이, 참외, 토마토 등의 거의 모든 작물들이 큰 피해를 받고 있으며, 뿌리혹선충의 감염으로 연간 약 30~40%의 수량

감소를 가져온다(Lee, 2003). 또한 토마토와 가지를 연작할 경우 뿌리혹선충(*Meloidogyne* spp.)과 시들음병(*Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici), 풋마름병 등이 복합적으로 발생하여 수확되는 과실수량이 60~80% 감소하기도 한다. 선충 피해를 감소시키기 위해 윤작, 객토, 태양열 소독, 담수처리, 토양 혼중, 살선충제 처리 등을 이용하는데, 살선충제 처리의 경우 제한된 공간에 약효보다 약해 등의 부작용이 많고 농민들의 건강에 악영향을 미치며, 또한 연작으로 인한 선충서식 부위가 깊어져서 살선충제의 효과가 제대로 미치지 못하여 밀도회복이 빨라지는 문제점이 발생한다(Thomas, 1978). 위와 같은 이유로 선충방제는 효과가 지속적이고 환경에 안정적이어야 하는데, 유채의 박에는 다량의 glucosinolate를 함유하고 있기 때문에 (Karcher *et al.*, 1999), 선충의 발생을 친환경적으로 억제할 수 있다. 자연에 존재하는 물질 중 배추과 식물에 이차대사산물로 존재하는 glucosinolate는 100여 종 이상이 알려져 있으며 (Mithen *et al.*, 1987), 각각의 물질들은 생합성 단계의 전구물질의 종류에 따라 methionine으로부터 유래된 aliphatic glucosinolate와 phenylalanine, tyrosine으로부터 유래된 aromatic

\*교신저자(E-mail) : j570510@korea.kr

glucosinolate, tryptophane)로부터 유래된 indolic glucosinolate로 분류된다(Bennett *et al.*, 1995; Ludwig-Muler *et al.*, 1997). 병 저항성 기작과 깊이 연관되어 있음이 알려져 있으며 myrosinase와 nitrilase 효소계가 관여하여 최종적으로 IAA (indole-3-acetic acid)로 전환되기 때문에 뿌리혹병의 발병에 대한 하나의 체내 화학적 요인으로 간주되어 왔다(Grsic *et al.*, 1999). 또한 Arabidopsis 등의 식물체에 대한 실험을 통하여 glucosinolate가 뿌리혹병 발병 과정에 깊이 관여되어 있음이 밝혀진 바 있다(Grsic *et al.*, 2000). 이에 본 실험에서는 유채종자로부터 기름을 착유하여 식용으로 쓰고 착유 후 얻어진 유채박을 선충방제에 이용하고자 기주식물로 토마토(cv. Rutgers)를 선정하여 농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물센터 내 유리온실에서 재배하여 유채박의 뿌리 및 토양에 기생하는 뿌리혹선충에 대한 밀도억제 효과를 알아보기 위해 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 시설하우스 연작지 토양 채집 및 선충밀도 조사

뿌리혹선충의 시설하우스 연작지에 대한 피해실태를 알아보기 위해 2013년 3월~4월 사이에 연작횟수가 5년 이상인 광주, 나주, 순천의 시설하우스 재배 농가 한곳을 선정하여 고추, 가지, 주키니호박, 오이, 토마토 등을 재배한 토양샘플을 3반복 채집 후 조사하였다. 채집한 토양 30 g을 집게로 막은 고무호스를 연결한 깔때기(Baermann's Funnel)에 철망과 여과용 필터를 깔고 시료와 물을 채워준 다음 24시간 경과 후에 중력에 의해 아래 모인 선충들을 모아 Cytacuse watchglass 위에 두고 현미경 하에서 40배로 확대해 관찰하였다.

### 토마토 재배

유채박의 선충방제 효과 구명을 위해 기주식물로 사용할 토마토(cv. Rutgers) 종자를 펠트리디쉬에 치상 후 실온에서 발아시켜 포트에 심어서 20일 육묘한 토마토를 식양토와 모래를 1:1로 혼합하여 고압멸균기(Sanyo, Japan)로 120°C에서 1시간 멸균한 토양 1kg과 제주산 재래종 유채박, 선망 유채박을 각각 50 g씩을 혼합하여 채운 토화분(직경 19 cm × 높이 19 cm)에 이식하고 1주일 뒤 고구마뿌리혹선충(*M. incognita*)의 난낭과 유충을 뿌리주변에 2~3 cm 깊이로 구멍을 파서 1000~1500 마리 접종하였다. 그 후 7~8주간 토마토를 육묘하였다. 물 관리 및 기타 재배법은 농촌진흥청 토마토 재배법(2001)에 따라 관리하였다.

### 토양선충 분리 및 조사

선충을 집중하여 토마토를 재배한 토양 500 g을 물과 섞은 후 60 mesh (Chung gye Industrial, Korea) 체를 사용해 찌꺼기를 걸러 내고 체를 통과한 물을 받아 다시 400 mesh 체에 천천히 통과시켜 체 위에 모인 흙을 50 ml 튜브에 모아 3000 rpm에서 4 분간 원심분리 하였다. 분리된 상층액은 버리고 설탕물(비중 1.18)을 2/3정도 채워 설탕물과 흙이 잘 섞이도록 저어주고 3000 rpm에서 2 분간 다시 원심 분리한다. 튜브의 상층액을 500 mesh 체에 모아 2 ml의 용액을 Cytacuse watchglass (Fujiwara Scientific Company, Japan) 위에 두고 현미경(Carl Zeiss, Germany) 하에서 40배로 확대해 관찰하였다(Southey, 1986).

### 식물체뿌리로부터 선충 분리 및 조사

식물체로부터 선충을 분리하기 위해 토마토의 뿌리를 1 cm 정도 되게 잘라 플라스크에 넣고 sodium hypochlorite (DaeJung, Korea)를 5%로 희석하여 뿌리가 잠길 만큼 채운 후 4분간 세계 흔들어 준다. 플라스크의 용액 및 뿌리를 200 mesh 체를 통하여 물통에 붓고 체 위에 걸린 뿌리를 제거 한 다음 물통에 모인 용액을 500 mesh 체에 모아 2 ml의 용액을 Cytacuse watchglass 위에 두고 현미경 하에서 40배로 확대해 관찰하였다(Southey, 1986).

### 토양분석

토양은 농촌진흥청 국립농업과학원 토양화학 분석법(2000)에 준하여 토양의 pH는 초자전극법, 총질소는 Kjeldahl법, 유기물은 Turin법, 유효인산은 Lancaster법, 양이온 K, Ca, Mg는 NH<sub>4</sub>OAC로 침출하여 ICP (Teledyne leeman prodigy)를 이용하여 측정하였다.

### 유채박의 Glucosinolate 분석

질량분석은 C18 column (Zorbax Eclips X DB C18, 4.6 × 150 mm)을 이용한 HPLC system (Agilent 1200 series, Agilent Technologies)과 mass spectrometry (MS) module (Applied Biosystem 4000 Q TRAP, Applied Biosystems, Darmstadt, Germany)이 연결된 장치를 사용하였다. Mobile phase는 5 mM ammonium acetate와 acetonitrile을 사용하며, gradient mode (0-5분: 2% acetonitrile, 25분: 25%acetonitrile)를 사용하고, positive ion mode를 사용하여 electro spray ionization을 처리하고, ion spray 조건은 4500 volts spray gas pressure, 50 V의 declusterin potential, 10 V의 enhanced potential 조건에서 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 연작지 채소 작물별 선충발생 밀도 조사

시설하우스에 연작 재배한 작물별로 연작횟수에 따른 토양 중 선충밀도를 깔때기법을 이용하여 조사하였다. 전체적으로 연작 횟수가 많을수록 선충의 발생밀도가 높았음을 나타내었고, 재배된 작물별 차이보다는 연작 횟수가 선충발생의 증가에 크게 영향을 미치고 있음을 보여주었다(Table 1). 연작을 할 경우 토양의 이화학적 변화 및 전염성 병원균, 토양 미생물의 변화, 토양선충 피해로 인하여 작물생육불량, 잎의 황화 현상,

뿌리부패, 지상부 위조, 수량 및 품질저하 등 전반적인 경제적 손실을 초래한다고 알려져 있다(Jun & Park, 2001).

### 연작지 선충 오염 토양에 유채박 처리 후 선충밀도 조사

연작지에서 선충발생이 있었던 토양을 채취하여 제주재래종 유채박과 '선망' 유채박을 50 g씩 혼합한 후 기주식물로 토마토 (cv. Rutgers)를 화분에 이식하여 농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물센터 유리온실에서 8주 정도 재배한 후 토양 중에 선충발생 밀도를 조사한 결과, 채집해 온 연작지 선충오염 토양의 선충 밀도는 토양 500 g 당 고추에서 2,029, 가지에서

Table 1. Investigation of nematode density in the soil of greenhouse vegetable crops under repeated cultivation

(Unit: No./2 ml)

Crop	Repeated cultivation number	Sample number	Investigation number									Average
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	NO./30 g soil
Hot pepper	5	1	29	29	35	17	32	23	23	20	30	26.4 ± 5.96
		2	39	22	25	30	20	34	8	22	19	24.3 ± 9.12
		3	36	43	30	14	27	19	29	51	36	31.7 ± 11.42
		Ave.	34.7 ± 5.13	31.3 ± 10.69	30.0 ± 5.0	20.3 ± 8.50	26.3 ± 6.03	25.3 ± 7.77	20.0 ± 10.82	31.0 ± 17.35	28.3 ± 8.62	<b>27.5 ± 3.78a</b>
Egg plant	8	1	36	53	36	51	38	44	35	33	38	40.4 ± 7.23
		2	99	144	122	160	111	150	127	133	144	132.2 ± 19.53
		3	89	47	44	51	41	57	61	55	43	54.2 ± 14.71
		Ave.	74.7 ± 33.86	81.3 ± 54.35	67.3 ± 47.51	87.3 ± 62.93	63.3 ± 41.31	83.7 ± 57.81	74.3 ± 47.43	73.7 ± 52.55	75.0 ± 59.81	<b>75.6 ± 49.49c</b>
Zucchini	10	1	104	84	48	80	43	82	97	83	56	75.2 ± 21.38
		2	178	245	218	207	163	182	215	207	52	185.2 ± 55.65
		3	94	167	100	203	68	142	203	209	177	151.4 ± 53.06
		Ave.	125.3 ± 45.9	165.3 ± 80.5	122.0 ± 87.1	163.3 ± 72.2	91.3 ± 63.3	135.3 ± 50.3	171.7 ± 64.9	166.3 ± 72.2	95.0 ± 71.0	<b>137.3 ± 56.3d</b>
Cucumber	8	1	107	84	67	133	142	68	66	79	81	91.9 ± 28.80
		2	44	45	34	35	22	49	32	27	41	36.6 ± 8.90
		3	16	12	5	9	13	7	17	22	11	12.4 ± 5.29
		Ave.	55.7 ± 46.61	47.0 ± 36.04	35.3 ± 31.02	59.0 ± 65.39	59.0 ± 72.02	41.3 ± 31.21	38.3 ± 25.11	42.7 ± 31.56	44.3 ± 35.12	<b>47.0 ± 40.7b</b>
Tomato	6	1	5	5	1	3	6	2	5	2	4	3.7 ± 1.73
		2	59	55	63	78	72	57	61	82	54	64.6 ± 10.28
		3	29	47	51	27	33	37	48	26	37	37.2 ± 9.47
		Ave.	31.0 ± 27.06	35.7 ± 26.86	38.3 ± 32.88	36.0 ± 38.30	37.0 ± 33.18	32.0 ± 27.84	38.0 ± 29.31	36.7 ± 41.05	31.7 ± 25.42	<b>35.1 ± 30.50ab</b>

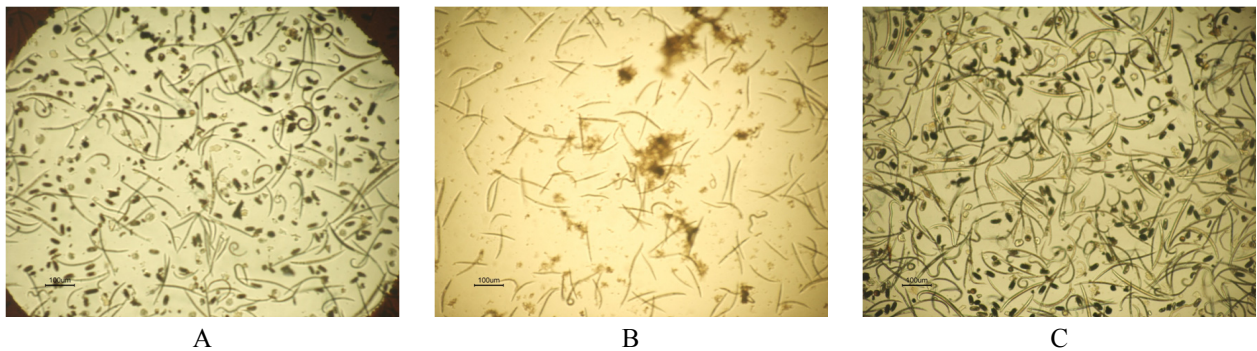


Fig. 1. Observation of investigated nematodes with greenhouse vegetable crops under repeated cultivation; A: Eggplant, B: Hotpepper, C: Zucchini (40 ×).

Table 2. Investigation of nematode density treated with rapeseed meal in the polluted soil by nematode of greenhouse vegetable crops under repeated cultivation

Crop	Treated soil	Investigation number			Average
		1	2	3	NO./500 g soil
Hot pepper	Repeated cultivation soil	1,478	2,142	2,468	2,029.3 ± 504.52b
	Soil of mixed rapeseed meal from Jeju local rape varieties	122	134	367	207.7 ± 138.12a
	Soil of mixed rapeseed meal from 'Sunmang' variety	228	342	378	316.0 ± 78.31a
Egg plant	Repeated cultivation soil	12,385	8,764	7,923	9,690.7 ± 2,370.95b
	Soil of mixed rapeseed meal from Jeju local rape varieties	1,467	2,341	1,247	950.7 ± 578.66a
	Soil of mixed rapeseed meal from 'Sunmang' variety	2,760	3,568	2,512	1,783.4 ± 552.19a
Zucchini	Repeated cultivation soil	11,614	12,213	9,236	11,021.0 ± 1,574.60b
	Soil of mixed rapeseed meal from Jeju local rape varieties	1,787	2,789	1,872	2,149.3 ± 555.60a
	Soil of mixed rapeseed meal from 'Sunmang' variety	3,012	3,762	2,764	3,179.3 ± 519.62a

9,690, 주키니에서 11,021 마리를 나타냈으며, 제주재래종 유채박을 혼합한 경우는 고추에서 207 마리, 가지에서 950 마리, 주키니에서 2,149 마리를 보여주었고, '선망' 유채박을 혼합한 경우는 고추에서 316 마리, 가지에서 1,783 마리, 주키니에서 3,179 마리를 보여주었는데, 이는 유채박을 처리하지 않은 선충 오염 토양이 유채박을 처리한 토양에 비해 5~10배 많이 발생하였다. 유채박의 종류에 있어서도 제주재래종 유채박을 혼합한 토양이 선망 유채박이 혼합된 토양보다 선충발생이 더 적었지만 유의적인 차이는 인정되지 않았다(Fig. 1, Table 2). 이러한 결과는 Kim *et al.* (2010)이 시설오이재배에서 뿌리혹선충의 친환경적 방제를 위하여 유채종자를 으깨어서 살포한 결과 유채박에서 glucosinolate가 분해되면서 thiocyanate가 생성되어 토양선충의 밀도가 줄었다는 결과와도 일치하는 경향이였다.

#### 유채박 혼합토에 선충 접종 처리 후 선충밀도 조사

보다 구체적으로 유채박의 선충방제 효과를 구명하기 위해 식양토:모래의 비율을 1:1로 하여 멸균한 토양을 무처리로 하고 멸균토양에 제주산 재래종과 '선망' 유채의 박을 50g씩 혼합한 토화분에 토마토를 이식하고 선충을 접종하여 농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물센터 유리온실 내에서 8주정도 재배한 후 처리별로 토양에 포함되어 있거나 뿌리에 기생하고 있는 선충의 밀도는 토양에서 바로 체에 걸러서 선충을 포집하는 방법, 감염된 뿌리를 잘게 썰어서 분리해 내는 방법 및 토양을 물에 혼합한 후 깔때기에 선충을 분리해 내는 방법으로 선충 밀도를 조사하였다.

토양직접분리의 경우는 유채박 무처리 1,596 마리에 비교하여 제주재래종 유채박이 653 마리로 2.44배, '선망' 유채박이 867 마리로 1.84배 선충발생밀도가 줄어들었다. 뿌리로부터 선충분리의 경우에도 유채박 무처리 3,764 마리에 비교하여 제주

Table 3. Investigation of nematode density through pot cultivation by using tomato (cv. Rutgers) with host plant to know the effect nematode control of rapeseed meal

Separation method of nematode	Treated soil	Investigation number					Average
		1	2	3	4	5	NO./1000 g soil
Separation from soil	Control	1701	1182	1465	1421	2215	1,596.8 ± 391.59b
	Mixture of rapeseed meal from Jeju local rape varieties	121	489	756	524	1377	653.4 ± 464.04a
	Mixture of rapeseed meal from ‘Sunmang’ variety	367	647	823	797	1701	867.0 ± 500.20a
Separation from root	Control	4830	5632	2016	2982	3362	3,764.4 ± 1,453.82b
	Mixture of rapeseed meal from Jeju local rape varieties	964	2172	288	1349	435	1,041.6 ± 760.62a
	Mixture of rapeseed meal from ‘Sunmang’ variety	1072	2944	954	1426	383	1,355.8 ± 963.80a
Separation from soil (funnel method)	Control	58	67	98	280	154	131.4 ± 91.16a
	Mixture of rapeseed meal from Jeju local rape varieties	9	40	51	82	68	50.0 ± 27.97a
	Mixture of rapeseed meal from ‘Sunmang’ variety	13	68	84	98	83	69.2 ± 33.16a



Fig. 2. Comparison of nematode damage of root between control and rapeseed meal treatment by using tomato (cv. Rutgers) with host plant; A: Control, B: Rapeseed meal from Jeju local rape varieties, C: Rapeseed meal from ‘Sunmang’ variety.

재래종 유채박이 1,041 마리로 3.61배, ‘선망’ 유채박이 1,355 마리로 2.77배 선충발생밀도가 줄었다. 토양갈대기법의 경우는 유채박 무처리 131 마리에 비교하여, 제주재래종 유채박이 50 마리로 2.62배, ‘선망’ 유채박이 1.89배 선충발생밀도가 줄었음을 보여주고 있었다(Table 3). 특히 유채박을 혼합하지 않은 경우 비교적 뿌리가 기형적으로 비대해지고 흑의 발생이 증가하는 경향을 보였다(Fig. 2). 토화분에 토마토를 이식한 후 활착이 된 다음에 선충을 접종하게 되면 선충이 뿌리에 기생하면서 선

충이 증식을 하게 되는데 유채박을 처리한 경우에는 선충의 증식을 억제한다는 것을 알 수 있었다(Brown and Morra, 1996).

**시험 전 · 후 토양의 화학적 특성**

유채박을 토양과 혼합하여 선충방제 효과를 구명하기 위해 준비한 토양의 시험 전 · 후 토양 화학적 특성을 분석한 결과를 보면 유채박을 혼합하지 않은 시험토양의 경우 시험 전과 시험 후를 비교해 본 바 pH는 6.9에서 7.6으로, OM(유기물함량)은

20 g/kg에서 23, Av.P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(유효인산함량)은 238 mg/kg에서 284, Ca는 3.8 cmol+/kg에서 10.9, Mg는 0.8 cmol+/kg에서 3.3, CEC는 5.5 cmol+/kg에서 18.4, EC는 0.62 dS/m에서 0.80으로 증가되었으나 K만 0.30 cmol+/kg에서 0.17로 감소되었다. 제주재래종 유채박을 혼합한 경우에는 pH가 5.6에서 7.3, Av.P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>은 292 mg/kg에서 636, Ca는 4.2 cmol+/kg에서 11.7, Mg는 2.3 cmol+/kg에서 3.9, CEC는 8.2 cmol+/kg에서 20.3으로 증가되었으나, OM은 69 g/kg에서 26, K는 1.18 cmol+/kg에서 0.31, EC는 1.96 dS/m에서 1.03으로 감소된 경향을 보였다. 선망 유채박을 혼합한 경우에는 pH가 6.0에서 7.5으로, Av.P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>은 297 mg/kg에서 540으로, Ca는 4.0 cmol+/kg에서 12.3, Mg는 2.2 cmol+/kg에서 4.1, CEC는 6.5 cmol+/kg에서 20.5으로 증가되었으나, OM은 62 g/kg에서 31, K는 1.24 cmol+/kg에서 0.39, EC는 1.58 dS/m에서 0.76으로 감소된 경향을 보였다(Table 4). 결과적으로 유채박을 혼합한 토양이 OM, Av.P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 등의 수치가 증가하여 하였으며, 특히 유기물함량은 무처리 토양보다 3배가량 높게 나타났다. 채종유박, 맥주오니 등의 산업활동에서 나오는 부산물 또한 물리성 개선 효과가 있는 것으로 보고하였으며(Hur *et al.*, 1986), 유기물은 미량요소를 함유하고 있어 양분공

급의 기능을 할 뿐 아니라 토양 원충능을 높여 지력을 좋게하고, 함량이 많을 경우 인산의 용해도가 증가되기도 한다(Jeong *et al.*, 2001).

**유채박 혼합토와 비 혼합토 토마토 재배 시 생육정도 비교**

토마토를 유채박이 혼합된 토화분에 재배한 바 이식 후 4주가 지나면서 유채박이 혼합되지 않은 토화분의 토마토는 생육이 다소 저조하고 잎색이 옅은 노란색을 띠면서 양분이 부족한 상태로 자라고 있는 것을 볼 수 있었다. 반면에 유채박이 혼합된 토화분에서 자라고 있는 토마토는 잎색이 짙은 녹색을 띠면서 식물체 내에 양분이 충분한 상태임을 보여주고 있었다. 이것은 유채박이 분해되면서 유기물 공급이 충분히 이루어진 결과라고 사료되었다(Fig. 3). Kim *et al.* (2010)은 유채종자를 으개어서 시설오이연작재배지에 살포한 후 선충방제 효과를 시험한 결과 토양 중에 선충밀도가 경감되었고, 특히 유채종자에 함유된 양분이 공급되어 오이재배에 synergy 효과가 있었다고 보고한 결과와 일치하는 경향임을 알 수 있었다. 또한 집중한 뿌리혹선충의 밀도가 토마토 생육에 영향을 주는바 유채박이 혼합된 토화분의 토마토 재배가 유채박이 혼합되지 않은 경우보다 생육이

Table 4. Comparison of chemical characteristic of mixed soil with rapeseed meal in order to nematode control

Treated Soil		pH (1:5)	OM (g/kg)	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. cat. (cmol <sup>+</sup> /kg)			CEC (cmol <sup>+</sup> /kg)	EC (dS/m)
					K	Ca	Mg		
Control	before test	6.9	20	238	0.30	3.8	0.8	5.5	0.62
	after test	7.6	23	284	0.17	10.9	3.3	18.4	0.80
Mixture of rapeseed meal from Jeju local rape varieties	before test	5.6	69	292	1.18	4.2	2.3	8.2	1.96
	after test	7.3	26	636	0.31	11.7	3.9	20.3	1.03
Mixture of rapeseed meal from 'Sunmang' variety	before test	6.0	62	297	1.24	4.0	2.2	6.5	1.58
	after test	7.5	31	540	0.39	12.3	4.1	20.5	0.76

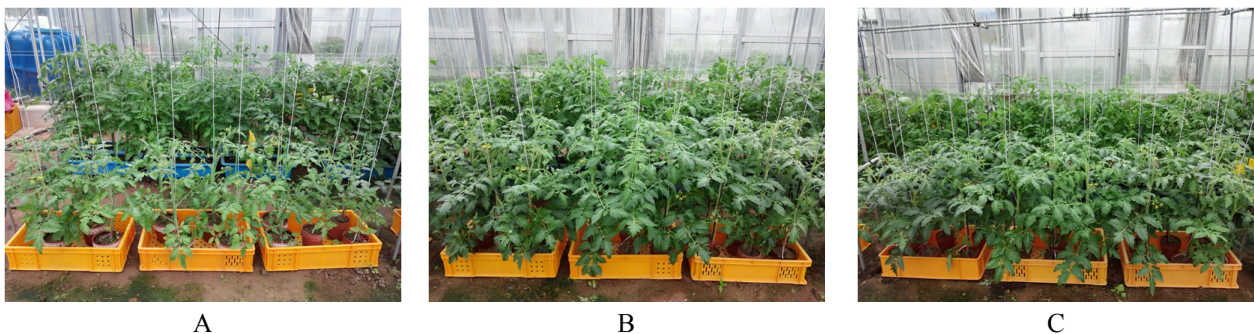


Fig. 3. Comparison of nematode damage of growth and development between control and rapeseed meal treatment by using tomato (cv. Rutgers) with host plant; A: Control, B: Rapeseed meal from Jeju local rape varieties, C: Rapeseed meal from 'Sunmang' variety.

Table 5. Component analysis of rapeseed meal from Jeju local rape varieties and rapeseed meal from 'Sunmang' variety make use of nematode control test

No. <sup>z</sup>	RT (min)	Trivial names	Rapeseed meal from Jeju local rape varieties	Rapeseed meal from 'Sunmang' variety
1	6.12	Progoitrin	99.81 ± 0.46	69.79 ± 0.77
2	7.29	Sinigrin	5.23 ± 0.34	3.63 ± 0.09
3	8.16	Glucoalyssin	1.04 <sup>y</sup>	0.54 <sup>y</sup>
4	9.07	Gluconapoleiferin	3.26 ± 0.37	2.15 ± 0.06
5	13.20	Gluconapin	76.81 ± 0.12	37.17 ± 0.17
6	15.56	4-Hydroxyglucobrassicin	1.00 ± 0.03	1.99 ± 0.06
7	19.18	Glucobrassicinapin	9.14 ± 0.12	5.46 ± 0.12
8	22.04	Glucobrassicin	0.74 ± 0.01	0.77 ± 0.01
9	24.51	4-Methoxyglucobrassicin	0.04 <sup>c)</sup>	0.06 ± 0.01
10	25.27	Gluconasturtiin	2.85 ± 0.12	1.75 ± 0.03
11	29.96	Neoglucobrassicin	0.05 ± 0.00	0.04 ± 0.00
Total			199.97 ± 0.64	123.35 ± 0.77

<sup>z</sup>No., The elution order of glucosinolate HPLC analysis.

<sup>y</sup>n = 1 Glucosinolate contents unit: μmol/g dry wt.

양호한 것을 보여주었다(Fig. 3). 이는 Collins *et al.* (2006)이 토마토 재배 시 토양 중에 선충 감염이 심할 경우 토마토 생산량이 줄었다는 보고와도 일치하는 경향이였다.

#### 제주재래종 유채박 및 선망 유채박의 glucosinolate 분석

유채박에 종류에 따라서 선충발생에 차이를 보이고 있었던 원인을 알아보고자 선충방제에 사용했던 제주재래종 유채박 및 '선망' 유채박의 glucosinolate 함량 및 성분을 분석하였다. Glucosinolate 함량은 제주재래종 유채박이 199.97 μmol/g로 무안잡종박의 123.35 μmol/g 보다 76.62 μmol/g 더 많았으며, 특히 유채박의 glucosinolate의 성분 중에 progoitrin, gluconapin, glucobrassicinapin, 및 sinigrin 등이 높았다(Table 5). 선충의 피해를 경감시키는데 있어서 우선은 glucosinolate 함량이 많고 progoitrin, gluconapin, sinigrin 및 glucobrassicinapin 등의 함량이 높은 것이 효과적이라는 점에서는 제주재래종 유채박이 선충 발생밀도를 줄이는데 더 기여한 것으로 생각해 볼 수 있다 (Brown and Morra, 1996).

## 적 요

유채 종자에서 기름을 착유한 후 부산물인 유채박을 토양에 처리하여 토양 내 선충을 친환경적으로 방제하기 위하여 실험한 결과를 보면, 유채박을 혼합한 토양이 OM, Av, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ca, Mg,

CEC 등의 수치가 증가하였으며, 유기물함량은 무처리 토양보다 3배가량 높게 나타났다. 또한 유채박의 glucosinolate 함량은 제주재래종 유채박이 199.97 μmol/g로 선망 유채박의 함량보다 76.62 μmol/g 더 많았으며, 특히 progoitrin, gluconapin, glucobrassicinapin, 및 sinigrin 등의 함량이 높게 나타나기 때문에 유채박의 선충밀도 감소에 효과가 있으며 '선망' 유채박보다 제주재래종 유채박이 선충밀도를 더 줄여주었지만 유의적인 차이는 아니었다.

## References

- Bennett, R., J. Ludwig-Muler, G. Kiddle, W. Hilgenberg and R. Wallsgrove. 1995. Developmental regulation of aldoxime formation in seedlings and mature plants of Chinese cabbage (*Brassica campestris* ssp. *pekinensis*) and oilseed rape (*Brassica napus*): Glucosinolate and IAA biosynthetic enzymes. *Planta* 196:239-244.
- Brown, P.D. and M.J. Morra. 1996. Hydrolysis products of glucosinolates in *Brassica napus* tissues as inhibitors of seed germination. *Plant and Soil*. 181:307-316.
- Cho, M.R., S.Y. Na and M.S. Yiem. 2000. Biological control of *Meloidogyne arenaria* by *Pasteuria penetrans*. *J. Asia-Pacific Entomol.* 3:71-76.
- Choi, Y.E. and H.Y. Choo. 1978. A study on the root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) affecting economic crops in Korea. *Korean*

- J. Plant Protec. 17:89-98 (in Korean).
- Collins, H.P., A. Alva, R.A. Boydston, R.L. Cochran, P.B. Hamm, A. McGuire and E. Riga. 2006. Soil microbial, fungal, and nematode responses to soil fumigation and cover crops under potato production. *Biol Fertil Soils* 42:247-257.
- Jeong, J.H., B.W. Sin and C.H. Yoo. 2001. Effects of the successive application of organic matters on soil properties and rice yield. *J. Korea Soc. Soil Sci and Fert.* 34(2):129-133 (in Korean).
- 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 Songju. *Korean J. Environ. Agric.* 20:127-132 (in Korean).
- Karcher A., H.A. Melouk and Z. El Rassi. 1999. High-performance liquid phase separation of glycosides. 5. Determination of individual glucosinolate in cabbage and rapeseed by laser-induced fluorescence capillary electrophoresis via the enzymatically released isothiocyanate aglycon. *J. Agri. Food Chem.* 47:4267-4274.
- Kim, D.G. and S.K. Choi. 2001. Effects of incorporation method of nematicides on reproduction of *Meloidogyne arenaria*. *Korean J. Appl. Entomol.* 40:89-95 (in Korean).
- Kim, H.K., K.C. Ma, M.S. Kim, G.P. Bang, J.K. Kim and M.S. Park. 2010. Environmentally-friendly control of soil nematode by crashed-rape (*Brassica napus*) seed. *Korean J. Environ. Agric.* 29(3):282-286 (in Korean).
- Lee, J.G. 2003. Occurrence, ecology and control of rootknot nematodes under greenhouse cultivation system. Ph.D Thesis, Chungnam National Univ., Korea. (in Korean).
- Ludwig-Muler, J., B. Schubert, K. Pieper, S. Ihmig and W. Hilgenberg. 1997. Glucosinolate content in susceptible and resistant chinese cabbage varieties during development of clubroot disease. *Phytochemistry* 44(3):407-414.
- Hur, B.K., L.Y. Kim, I.S. Jo, Y.S. Park, K.T. Um and M.S. Kim. 1986. Effects of organic matter resources on the soil improvement and crop growth. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fet.* 28:7-12 (in Korean).
- McSorley, R., M. Ozores-Hamton, P.A. Stanly and M. Conner. 1999. Nematode management, soil fertility and yield in organic vegetable production. *NMTROPICA* 29(2):206-213.
- Mithen, R., B.G. Lewis, R. Heaney and G.R. Fenwick. 1987. Glucosinolates of wild and cultivated *Brassica* species. *Phytochemistry* 26:1969-1973.
- National Academy of Agriculture Science. 2000. Method of soil and crop plant analysis.
- Rural Development Administration. 2001. Method of Tomato Culture.
- Southey, J.F. 1986. Laboratory methods for with plant and soil nematodes. Her Majesty's Stationery Office, Encyclopaedia Britannica, London, UK. p. 202.
- Thomas, S.H. 1978. Population densities of nematodes under seven tillage regimes. *J. Nematology* 10(1):24-27.
- Grsic-Rausch, S., B. Kirchheim, K. Pieper, M. Fritsch, W. Hilgenberg and J. Ludwig-Muler. 1999. Induction of auxin biosynthetic enzymes by jasmonic acid and in clubroot diseased Chinese cabbage plants. *Physiol. Plant.* 105:521-531.
- Grsic-Rausch, S., P. Kobelt, J.M. Siemens, M. Bischoff, and J. Ludwig-Muler. 2000. Expression and localization of nitrilase during symptom development of the clubroot disease in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.* 122:369-378.

(Received 4 July 2014 ; Revised 11 December 2014 ; Accepted 22 December 2014)