

더덕에서 약용식물을 이용한 당근뿌리혹선충 증식 억제 효과

임주락* · 황창연¹ · 류 정 · 최영근
전라북도농업기술원, ¹전북대학교 농업생명과학대학

Some Medicinal Plants Suppressed Reproduction of *Meloidogyne hapla* on *Codonopsis lanceolata* Trautv

Ju Rak Lim*, Chang Yeon Hwang¹, Jeong Ryu and Yeong Geun Choi

Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan 570-704

¹Faculty Biological Resources Science, Chonbuk National University, Jeonju 561-756

ABSTRACT : Possible nematicidal effects of plant extracts of 25 species uninfected by *M. hapla* were observed at the 5 times dilutions in all treatments and at the 10 times dilutions in *Anemarrhena asphodeloides*, *Acorus calamus*, *Achyranthes japonica*, *Agrimonia pilosa*, *Dianthus chinensis*, *Geum aleppicum*, *Houttuynia cordata*, *Rudbeckia bicolor*, *Ricinus communis*, *Scrophularia buergeriana*, *Sesamum indicum*, *Sedum kamtschaticum*, and *Sanguisorba officinalis*. The 13 species plant extracts of 5 times dilutions were evaluated for the suppression effects on reducing densities of *M. hapla* by treating to *C. lanceolata* sown and transplanted later in pots. All the plant extracts showed suppressive effects on *M. hapla* except for *A. pilosa*. The suppressive effects of *A. asphodeloides*, *A. japonica*, *A. calamus*, *D. chinensis*, *R. communis*, and *S. buergeriana* were over 80%. When the selected plants had been incorporated into the soil before *C. lanceolata* was sown, the numbers of root galls, egg sacs and J₂ appeared lower in the treatment of 12 plant species than in control except for *S. indicum*. But the suppressive effects were lower than the effects of selected plants being cultivated simultaneously in the field. *A. calamus* and *A. japonica* exhibited over 70% suppressive effects, among the tested plants.

KEY WORDS : *Codonopsis lanceolata*, *M. hapla*, Medicinal plants

초 록 : 약용식물 25종 중 지모, 창포, 쇠무릎, 짚신나물, 패랭이, 큰뽕무, 약모밀, 원추천인국, 아주까리, 현삼, 흑참깨, 기린초, 오이풀 등 13종의 식물체 추출액 5배와 10배의 희석농도에서 살선충 효과가 있는 것으로 나타났다. 더덕을 Pot에 파종하여 13종의 식물 추출액 5배액의 살선충 효과를 평가한 결과 짚신나물을 제외한 12종의 식물체 추출액에서 살선충 효과가 있었고, 지모, 쇠무릎, 창포, 패랭이, 원추천인국, 아주까리 등 6종의 추출액은 80% 이상의 억제효과를 나타내었다. 선발된 약용식물을 재배했던 포장에 더덕을 파종하고 당근뿌리혹선충의 감염정도를 조사한 결과, 대조구에 비해 짚신나물을 제외한 지모 등 12종의 식물 포장에서 뿌리혹 및 토양 내 유충밀도가 적게 발생하였으며, 80% 이상의 방제가를 나타내었다. 선발된 약용식물을 퇴비처럼 처리한 포장에 더덕을 파종하였을 때는, 뿌리혹수 및 난낭수, 토양 내 유충밀도가 무처리에 비해서 흑참깨 처리를 제외하고는 적게 발생하였으나, 방제효과는 선발된 약용식물을 재배했던 포장에 비해 크게 떨어졌으며, 쇠무릎과 창포 처리의 방제가만 70% 이상으로 다른 식물에 비해 좋았다.

검색어 : 더덕, 당근뿌리혹선충, 약용식물

*Corresponding author. E-mail: jr1138@lycos.co.kr

살선충제를 대체할 수 있는 식물기원의 활성물질을 탐색하고자 하는 연구는 전세계적으로 이루어지고 있으며, 그 중 뿌리혹선충 증식 억제 식물에 대한 연구로는 Belcher & Hussey (1977)가 토마토에서 만수국이 고구마 뿌리혹선충의 피해를 줄인다는 결과를 보고하였고, Lenne (1981)는 콩과 식물인 *Desmodium ovalifolium* 밭에서 여러 가지 목초들이 자바니카뿌리혹선충(*Meloidogyne javanica*)에 전혀 감염되지 않는다는 사실을 보고하였으며, Belair & Benoit (1996)는 캐나다 퀘벡 남서부의 시설원예지에서 유기질토양에 자생하는 32종의 잡초를 대상으로 당근뿌리혹선충의 감염여부를 조사한 결과 털비름, 돼지풀, 망초, *Solidago canadensis*, 피, *Panicum capillare*, 강아지풀, 바늘꽃과의 *Oenothera parviflora*를 당근뿌리혹선충의 비기주식물로 기록하였으며, 국화과의 개썩갓을 유인식물로 추천한 바 있다.

우리나라에서는 Yang *et al.* (1996)이 인삼포장에 발생하는 당근뿌리혹선충의 방제를 위한 길항식물 탐색에서, 26종의 식물을 공시한 결과 석창포(*Acorus graminens*)를 비롯한 17종의 식물체 추출액 처리에 의해 선충 난의 부화율이 상당히 억제되었고, 그 중 결명자, 옥수수, 석창포, 석류, 멀구슬나무 등 11종의 식물체 추출액은 80% 이상의 살선충 효과가 있었다고 하였으며, Kim *et al.* (1998a)은 시설원예 내 뿌리혹선충의 생물적 방제를 위한 길항식물 자원 조사에서, 고구마뿌리혹선충 피해가 심했던 오이, 메론, 피망 재배 온실에서 피해를 받지 않은 식물로 팽이밥, 마디풀, 개기장, 바랭이, 독새풀, 쇠뜨기, 밭뚝외풀, 개망초, 중대가리풀, 한련초 등을 확인하였고, 또한 만수국(*Tagetes patula*), 잔디, 산검양옥나무, 불나무 및 양파 추출액도 당근뿌리혹선충의 발생을 현저히 억제한다고 보고(Kim *et al.*, 1998b)하였다.

또한 Lim *et al.* (2004)은 고구마뿌리혹선충(*Meloidogyne incognita*)에 대한 국내 자생식물의 살선충 활성에 대한 연구에서 쇠비름(*portulaca oleraceae* L.)과 쇠별꽃(*Stellaria aquatica* SCOP.) 조추출물의 살선충 효과가 높아 친환경농가에서 뿌리혹선충 예방 혹은 방제용도로 활용될 수 있음을 시사하였으며, 그 밖에 식물 추출물을 이용한 해충 방제를 위한 연구로서 갈매나무 등 몇몇 식물의 추출물과 담배나방과의 관계(Choi & Boo, 1989), 황련 등 한방식물체 추출물의 배추좀나방이나 담배저세미나방에 대한 살충활성 연구(Kweon *et al.*, 1994) 등이 보고되어 있으나, 국내에서 흔히 자생하는 약용식물 중에서 당근뿌리혹선충의 증식을 억제할 가능성이 있는 식물

에 대한 연구는 아직 이루어진 바가 없다.

따라서 본 연구는 우리나라에서 전국적으로 가장 흔히 자생하면서 식용 및 약용으로 널리 쓰이는 더덕을 대상으로 더덕에 가장 큰 피해를 주고 있는 당근뿌리혹선충에 대한 증식을 억제할 가능성이 높은 여러 가지 약용식물의 살선충 효과를 검토하고, 살선충 효과가 큰 식물을 대상으로 포트실험과 포장실험을 수행하여 더덕에서 발생하는 당근뿌리혹선충에 대한 방제 방법 및 방제 효과를 알아보고자 하였으며, 향후 살선충 활성 물질 개발과 식물기생선충 방제를 위한 기초 자료를 제공하는데 목적을 두었다.

재료 및 방법

약용식물 추출액의 살선충 효과

뿌리혹선충에 잘 감염되지 않는 약용식물 25종을 대상으로 각각의 식물체 지상부를 녹즙기로 즙을 내어 거즈와 여과지로 걸러 250 ml 삼각플라스크에 담았고, 추출한 식물의 즙액을 각각 5, 10, 50, 100, 200배로 희석하여 페트리디쉬에 3 ml씩 담았으며, 앞에서 증식시켜 둔 더덕 재배토양에 기생하는 당근뿌리혹선충 2령충을 분리하여 1 ml에 50마리정도 되는 현탁액을 만들어 각각 2 ml씩 3반복으로 접종하였고, 72시간 후 현미경하에서 선충의 사망률을 조사하였다.

더덕에서 약용식물을 이용한 당근뿌리혹선충 증식억제 효과

가. Pot 실험

앞의 실험에서 살선충 효과가 인정된 약용식물 13종에 대한 더덕의 당근뿌리혹선충 밀도억제 효과 구명을 위해, 2004년 4월에 원예용퇴비와 토양을 고르게 섞어 pot (Ø 20 cm, 높이 30 cm)에 담고, 더덕종자를 파종한 후, 하우스에서 재배를 하면서 생육최성기인 7월 상순에 더덕 뿌리에서 분리한 당근뿌리혹선충 난을 Pot당 각 처리별로 0, 1,250, 2,500, 3,750, 5,000개가 되도록 밀도를 조절하여 15처리 5반복으로 접종한 후 13종의 식물체 추출액 5배액을 처리별로 각각 주사기로 주입하고, 동시에 대조구로 살선충제인 Fosthiazate 입제 기준량과 무처리를 각각 한 처리로 하였으며, 9월 하순에 뿌리혹수와 토양 내 유충밀도 및 더덕 생육 등을 조사하였다.

나. 포장 실험

1) 살선충 효과가 인정된 약용식물을 재배했던 포장 앞에서 살선충 효과가 인정된 13종의 약용식물이 포장 조건하에서 당근뿌리혹선충의 증식억제에 미치는 영향을 알아보기 위해, 2002년부터 13종의 약용식물과 더덕이 각각(1.2×3 m) 재배되고 있는 포장에서 2004년 4월 상순에 식물을 제거하지 않고 각각 갈아엮은 다음, 더덕 파종 전 토양을 채취하여 당근뿌리혹선충 사전밀도를 조사하였다. 4월 중순에 각각 더덕을 파종하고, 관행 재배에 준하여 재배하면서 9월 하순에 더덕을 재배했던 포장을 대조구로 하여 뿌리혹수 및 난낭수, 토양 내 유충밀도, 지하부 생육 등 당근뿌리혹선충에 의한 감염여부 및 피해정도를 3반복으로 조사하였다.

2) 살선충 효과가 인정된 약용식물을 퇴비처럼 처리한 포장

2003년 9월 상순에 13종의 약용식물 지상부를 채취하여 식물별로 말려서 보관하여 두었던 것을 2004년 4월상

순에 더덕을 재배하였던 포장에 시험구(1.2×3 m)를 15처리 3반복으로 만들고, 당근뿌리혹선충 사전밀도를 조사한 후, 각각의 시험구에 1 kg/m²씩 3반복으로 퇴비처럼 사용하여 고르게 섞어주고, 동시에 살선충제인 Fosthiazate 입제 기준량 처리와 무처리를 대조구로 하였다. 4월 중순에 더덕을 파종하고, 역시 관행재배에 준하여 재배하였다. 9월 하순에 각 처리별로 뿌리혹수 및 난낭수, 토양 내 유충밀도, 지하부 생육 등 당근뿌리혹선충에 의한 감염여부 및 피해정도를 3반복으로 조사하여 당근뿌리혹선충에 대한 증식억제 효과를 비교하였다.

결과 및 고찰

약용식물 추출액의 살선충 효과

당근뿌리혹선충의 증식 억제 가능성이 높은 식물 25종의 식물체 추출액을 당근뿌리혹선충의 제2기 유충에 희석 농도별로 처리한 결과(Table 1), 더덕 추출액 희석배수에

Table 1. Effects of selected medicinal plant extracts with various diluted concentrations on juvenile mortality of northern root-kont nematode, *M. hapla*

Medicinal plant	Juvenile mortality at various concentrations (%)				
	5×	10×	50×	100×	200×
<i>Achillea alpina</i> (뽕풀)	79.5	68.1	37.8	5.3	0.0
<i>Anemarrhena asphodeloides</i> (지모)	100.0	90.0	59.0	37.3	27.0
<i>Acorus calamus</i> (장포)	100.0	83.3	54.6	61.8	23.6
<i>Asparagus cochinchinensis</i> (천문동)	90.0	68.8	42.3	18.8	16.7
<i>Aconitum jaluense</i> (투구꽃)	77.8	56.5	18.6	7.5	11.5
<i>Achyranthes japonica</i> (쇠무릎)	90.0	82.8	44.8	10.0	27.3
<i>Agrimonia pilosa</i> (질신나물)	83.3	75.5	15.8	0.0	9.1
<i>Allium tuberosum</i> (부추)	55.0	28.9	14.6	6.9	3.7
<i>Chelidonium majus</i> (애기뽕풀)	100.0	64.8	37.9	37.9	2.2
<i>Dianthus chinensis</i> (패랭이)	85.7	75.0	50.4	33.3	15.2
<i>Geum aleppicum</i> (큰뽕부)	100.0	94.1	64.7	20.0	17.6
<i>Houttuynia cordata</i> (약모밀)	100.0	71.4	50.9	15.3	0.0
<i>Lithospermum erythrorhizon</i> (지치)	83.0	62.4	14.3	7.4	0.0
<i>Lilium lancifolium</i> (참나리)	69.0	55.7	17.4	5.7	3.1
<i>Pteridium aquilinum</i> (고사리)	41.7	38.8	22.4	0.0	0.0
<i>etasites japonicus</i> (머위)	65.4	50.0	47.2	8.3	7.1
<i>Polygonatum odoratum</i> (동굴레)	65.3	53.4	20.0	0.0	0.0
<i>Rudbeckia bicolor</i> (원추천인국)	100.0	100.0	60.3	59.2	44.2
<i>Ricinus communis</i> (아주까리)	100.0	88.2	64.7	26.1	10.7
<i>Scrophularia buergeriana</i> (현삼)	100.0	81.5	68.5	64.7	0.0
<i>Saururus chinensis</i> (삼백초)	66.7	65.5	44.4	0.0	22.2
<i>Sesamum indicum</i> (흑참깨)	90.9	70.0	58.2	16.7	8.3
<i>Sedum kamtschaticum</i> (기린초)	95.6	83.3	74.4	64.3	16.3
<i>Sanguisorba officinalis</i> (오이풀)	80.0	75.0	67.1	57.1	13.6
<i>Sedum sarmentosum</i> (돌나물)	80.0	61.3	47.8	10.3	8.7
<i>C. lanceolata</i> (더덕)	48.0	52.1	12.4	0.0	0.0
Control	12.6	15.0	8.1	4.4	0.0
L. S. D. 5%	8.34	11.93	13.57	8.82	6.47
L. S. D. 1%	14.56**	15.87**	18.04**	11.73**	8.61**

다른 사망률이 5배에서 48.0%, 10배에서 52.1%, 50배에서 12.4%, 100배에서 0%, 200배에서 0%인 것에 비하여 5배의 희석액 처리에서는 부추(*Allium tuberosum*), 고사리(*Pteridium aquilinum*), 삼백초(*Saururus chinensis*)를 제외한 대부분의 식물체에서 살선충 효과가 높았다. 지모(*Anemarrhena asphodeloides*), 창포(*Acorus calamus*) 등 13종의 식물체 추출액은 10배로 희석하여 처리하였을 때에도 70% 이상의 살선충 효과가 있는 것으로 나타나, 이러한 식물들이 당근뿌리혹선충의 증식을 효과적으로 억제할 가능성이 비교적 높을 것으로 생각한다. 특히 창포, 원추천인국(*Rudbeckia bicolor*), 현삼(*Scrophularia buergeriana*), 기린초(*Sedum kamtschaticum*), 오이풀(*Sanguisorba officinalis*)의 추출액은 100배의 희석농도에서도 살선충 효과가 있는 것으로 나타나, 이를 이용한 선충방제에 대한 연구 가치가 있다고 본다.

실제로 선충방제에는 식물의 잎 추출액이 많이 이용되고 있는데, *Vernonia amygdalina* 잎(Ajayi et al., 1993), *Origanum vulgare* 잎(Ramraj et al., 1991)과 만수국이나 다다랭이 잎추출물(Rangaswamy & Reddy, 1993)이 고구마뿌리혹선충에, *Azadirachta indica*나 *Ealyptus tereticornis* 잎추출물이 자바나카뿌리혹선충에 효과가 있는 편이며(Vats & Nandal, 1993), 국화과 식물인 *Calendula officinalis*, *Coreopsis grandiflora*, *Dahlia pinnata*, *Tagetes minuta*와 *Eclipta alba* 등의 뿌리추출물이 여러 종류의 뿌리혹선충에 효과가 있었다는 사례(Wani & Ansari,

1993)도 있다.

또한 실험에 사용된 식물체 추출액의 희석배수가 증가할수록 살선충 효과는 감소하는 경향이었는데, 이는 인삼 포장에 발생하는 당근뿌리혹선충의 방제를 위한 길항식물의 탐색실험(Yang et al., 1996)이나, lemon grass 추출액의 고구마뿌리혹선충 등 5종의 선충에 대한 독성실험(Sartaj et al., 1986) 및 *Tylenchus semipenetrans*에 대한 실험의 결과(Mani et al., 1986)와도 일치하는 경향이었고, 살선충을 나타내는 희석배수는 대개 10배액 이하의 농도도 처리에서 효과가 있었으며, 비슷한 경향이였다.

약용식물을 이용한 당근뿌리혹선충 증식억제 효과

실제로 선발된 약용식물의 처리가 당근뿌리혹선충과 더덕의 생육에 미치는 영향을 알아보기 위해, 앞에서 살선충 효과가 인정된 13종을 대상으로 pot 실험과 포장실험을 수행하였다.

가. Pot 실험

Pot에 더덕을 파종하고, 당근뿌리혹선충 난과 식물체 추출액 5배액을 처리한 결과(Table 2)는 당근뿌리혹선충 난 접종 밀도에 따라 뿌리혹수는 무처리 0~143개에 비하여 13종의 모든 식물체 추출액 처리에서 적었고, 토양 내 유충밀도는 쉰신나물을 제외한 12종의 식물체 추출액 처리에서 무처리 토양 300 m²당 유충밀도 0~246마리에

Table 2. Effects of medicinal plant extracts on reproduction of *Meloidogyne hapla* on *Codonopsis lanceolata* in pot.

Content	Inoculum density (no. of eggs/pot)										Index of Control (%)	
	0		1.2×10 ²		2.5×10 ²		3.7×10 ²		5×10 ³		5×10 ³	
	Gall ^x	J2 ^y	Gall	J2	Gall	J2	Gall	J2	Gall	J2	Gall	J2
<i>A. asphodeloides</i> (지모)	0	0	0	0	4	25	12	30	15	45	89.5 ab ^b	81.7 abc
<i>A. japonica</i> (쇠무릎)	0	0	1	2	12	22	23	26	32	72	77.6 bc	70.7 bcd
<i>A. calamus</i> (창포)	0	0	0	5	10	41	11	34	19	30	86.7 bc	87.8 ab
<i>A. Pilosa</i> (쫄신나물)	0	0	7	12	25	99	30	176	76	250	46.9 e	0.0 g
<i>D. chinensis</i> (패랭이)	0	0	1	6	14	34	17	36	23	30	83.9 bc	87.8 ab
<i>G. aleppicum</i> (큰뻬무)	0	0	5	6	13	86	20	142	53	145	62.9 d	41.1 ef
<i>H. cordata</i> (약모밀)	0	0	0	0	15	62	29	87	37	92	74.1 cd	62.6 cd
<i>R. bicolor</i> (원추천인국)	5	6	5	0	21	50	28	56	36	66	74.8 cd	73.2 bcd
<i>R. communis</i> (아주까리)	0	0	3	5	22	25	33	65	29	59	79.7 bc	76.0 bcd
<i>S. buergeriana</i> (현삼)	0	0	6	10	16	45	13	65	21	73	85.3 bc	70.3 bcd
<i>S. indicum</i> (흑참깨)	0	0	9	6	22	116	16	129	33	155	76.9 bc	37.0 f
<i>S. kamtschaticum</i> (기린초)	0	0	0	3	5	30	19	49	33	98	76.9 bc	60.2 de
<i>S. officinalis</i> (오이풀)	0	0	2	10	17	25	13	48	30	77	79.0 bc	68.7 bcd
Nematicide (Fosthiazate)	0	0	0	0	0	6	0	18	0	0	100.0 a	95.1 a
Control	0	0	16	20	46	65	110	192	143	246		
L. S. D. 5%			4.60	6.42	5.77	16.48	8.28	21.26	13.41	31.01		
L. S. D. 1%			6.19	8.65	7.77	22.20	11.15	28.63	18.06	41.76		

^xNo. of galls ^yNo. of 2nd juveniles/300 ml soil

비해 적었지만, 큰뽕무와 흑참깨 추출액 처리에서는 뿌리혹수 및 토양내 유충밀도가 많이 발생하는 경향이였다. 대조구인 Fosthiazate 입제 처리에서는 뿌리혹수 및 토양내 유충밀도가 거의 없었으나, 2,500마리 접종구와 3,750마리 접종구에서 토양내 유충밀도가 검출된 것은 뿌리혹이 형성되지 않은 것으로 보아 토양 시료채취 중에 오염된 것으로 판단된다.

접종밀도별로 보면 당근뿌리혹선충 난 1,250개 처리에서 약간의 감염이 이루어지기 시작해서 접종밀도가 높을수록 뿌리혹수 및 토양 내 유충밀도가 많아지는 경향인데, 이는 붉나무 잎 추출액을 2~8배 희석액으로 처리한 구에서 난낭수가 무처리에 비해 훨씬 적었고, 처리농도에 따라 난낭수의 차이를 보였다는 Kim et al. (1998b)의 결과와 일치하였다. 또한 당근뿌리혹선충 난 3,750개 접종밀도 이상에서는 뿌리혹수 및 토양 내 유충밀도가 크게 진전되지 않는 경향이었는데, 이는 당근뿌리혹선충이 약 40일 만에 1세대를 경과한다(Kim, 2001)고 볼 때, 본 조사에서 접종 후 약 80일이 경과하여 2세대를 경과하면서 pot의 한정된 공간과 먹이의 한계가 선충 스스로 밀도를 조절하였던 것이 아닌가 생각되나, 자세한 것은 더욱 검토해 볼 필요가 있다고 생각한다.

그리고, 당근뿌리혹선충 난 접종밀도 5,000개에서 뿌리혹수에 따른 방제가를 조사한 결과 Fosthiazate 입제에 비하여 낮지만, 짚신나물과 큰뽕무 처리를 제외하고는 지모, 창포, 패랭이, 현삼 추출액 처리에서 80% 이상의 방제가를 보여 주었고, 쇠무릎, 약모밀, 원추천인국, 아주

까리, 흑참깨, 기린초, 오이풀 등의 추출액 처리에서도 70% 이상의 방제가를 나타내었으며, 통계적으로 유의성이 인정되었다.

토양 내 당근뿌리혹선충 유충밀도에 따른 방제가 역시 살선충제인 Fosthiazate 입제 95.1%에 비하여 낮았으나, 지모, 창포, 패랭이 추출액 처리에서 80% 이상의 방제가를 보였고, 쇠무릎, 원추천인국, 아주까리, 현삼 등 추출액 처리에서도 70% 이상의 방제가를 나타내었으며, 뿌리혹수에 따른 방제가와는 달리 짚신나물, 큰뽕무 외에 흑참깨 추출액 처리에서도 방제가가 크게 낮은 것으로 나타났다.

따라서 더덕 pot 파종실험에서 식물체 추출액을 이용한 당근뿌리혹선충에 대한 증식억제 효과는 지모, 창포, 패랭이 등 3종의 추출액이 우수한 것으로 생각하고, 짚신나물, 큰뽕무, 흑참깨를 제외한 쇠무릎, 약모밀, 원추천인국, 아주까리, 현삼, 기린초, 오이풀 등 7종의 추출액도 어느정도 증식억제 효과가 있을 것으로 생각한다.

또한 당근뿌리혹선충 난 접종밀도별로 식물체 추출액 처리에 따른 더덕의 생육을 조사한 결과(Table 3), 패랭이, 원추천인국, 흑참깨 추출액 처리는 접종밀도에 따른 경향치가 없으나, 나머지는 근장, 근태, 근중 모두 접종밀도가 높을수록 작아지는 경향이었고, 무처리와 비교하였을 때는 차이가 없었다. 이는 Pot 내의 한정된 공간에서 토양수분 또는 양분 함량의 차이에 따른 결과로 생각되나, 더욱 구체적인 실험을 해봐야 알 수 있을 것으로 생각되며, 당근뿌리혹선충의 증식 억제 효과를 보기 위한 본 실험에서는 대체적으로 접종밀도에 따라 더덕의 생육이 영향을

Table 3. Differences in growth of pot sown *C. lanceolata* in relation to reproduction of *M. hapla* with medicinal plant extracts

Content	Root length (cm)			Root diameter (mm)			Fresh root weight (g)		
	0 [†]	2,500	5,000	0	2,500	5,000	0	2,500	5,000
<i>A. asphodeloides</i> (지모)	11.5	10.2	10.3	9.5	8.6	7.9	10.5	8.9	8.8
<i>A. japonica</i> (쇠무릎)	11.2	10.5	10.0	8.9	7.8	7.2	9.0	7.5	7.2
<i>A. calamus</i> (창포)	12.5	12.0	10.1	8.8	8.5	9.0	10.2	9.9	9.0
<i>A. Pilosa</i> (짚신나물)	10.5	11.5	9.8	9.0	9.0	7.7	9.8	9.6	8.7
<i>D. chinensis</i> (패랭이)	9.2	12.0	9.7	9.7	9.0	9.2	10.1	11.0	9.2
<i>G. aleppicum</i> (큰뽕무)	11.0	10.7	11.0	9.0	8.7	8.0	10.5	10.0	9.2
<i>H. cordata</i> (약모밀)	11.5	11.0	10.4	8.9	8.0	7.6	9.2	8.3	7.5
<i>R. bicolor</i> (원추천인국)	11.0	14.3	10.0	8.9	9.3	8.6	9.0	12.6	8.5
<i>R. communis</i> (아주까리)	10.3	10.2	9.5	8.3	9.2	8.5	11.0	9.4	8.1
<i>S. buergeriana</i> (현삼)	11.6	12.0	9.2	9.5	9.8	8.8	9.1	10.6	8.9
<i>S. indicum</i> (흑참깨)	11.4	12.7	8.7	9.4	9.7	8.7	9.0	10.3	8.5
<i>S. kantschaticum</i> (기린초)	12.5	11.8	10.2	8.2	8.3	7.5	8.0	7.5	7.5
<i>S. officinalis</i> (오이풀)	12.6	10.5	9.8	9.0	8.2	8.0	9.5	8.8	8.2
Nematicide (Fosthiazate)	16.3	11.9	10.0	9.1	8.3	8.4	9.0	9.0	9.3
Control	12.5	10.8	9.9	8.7	7.9	7.7	9.0	8.8	8.0

[†]Inoculation density (No. of eggs/pot).

받고 있지만, 무처리와 비교하였을 때 생육 차이가 없는 것으로 보아 선발된 약용식물의 추출액 처리가 더덕의 생육에는 그다지 큰 영향을 미치지 않고, 당근뿌리혹선충의 밀도 억제에만 영향을 주는 것으로 추정되며, 당근뿌리혹선충 밀도에 의해 더덕의 생육이 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 따라서 약용식물의 식물체를 직접 토양 중에 처리하여도 좋을 것으로 기대된다.

나. 포장 실험

1) 선발된 약용식물을 재배했던 포장

실제 포장에서 선발된 약용식물의 처리가 당근뿌리혹선충과 더덕의 생육에 미치는 영향을 알아보기 위해, 먼저 앞에서 선발된 13종의 약용식물을 재배했던 포장에 더덕을 파종하고, 더덕을 재배했던 포장을 대조구로 하여 뿌리혹선충의 감염정도와 더덕의 생육을 조사한 결과 (Table 4), 더덕을 파종하기 전 토양 내 사전 유충밀도는 짚신나물, 현삼, 흑참깨 포장에서 일부 검출되었고, 나머지 식물의 포장에서는 전혀 검출되지 않았는데, 파종 6개월 후인 9월 중순경 조사해 본 결과, 대조구 토양 300 ml당 유충밀도 306마리, 뿌리혹수 33개, 난낭수 37개에 비하여 지모, 창포, 패랭이, 원추천인국, 아주까리 포장에서는 뿌리혹이 전혀 형성되지 않거나 거의 없었다. 토양 내 유충밀도 역시 마찬가지로였으나, 짚신나물 포장에서 피해가 가장 심하였으며, 쇠무릎 등 7종의 식물을 재배했

던 포장에서는 뿌리혹 및 난낭이 약간 형성되었고, 토양 내에서도 유충이 낮은 밀도로 검출되었다.

이와 같이 사전에 토양 내 유충이 검출되지 않았던 식물의 포장에서도 적지만 당근뿌리혹선충이 검출되었다는 것은 의외의 결과로 생각되었다. 다만 Taylor (1967)는 당근뿌리혹선충의 오염은 인근포장이 감염되었을 때 그 토양이 유실되었거나, 사람 혹은 농기구에 의해 인근포장으로 확산되지만, 포장자체에서는 1년에 약 1 m 정도 이동하는 것으로 보고한 것을 볼 때, 당근뿌리혹선충의 이동은 자체로서는 상당히 느린 것을 알 수 있고, 주로 토양이나 물에 의해서 쉽게 이동되어 타 포장에 감염되는 것으로 생각할 수 있어 추가적인 검토가 필요하겠지만, 재배기간 도중에 빗물에 의한 유입이나, 농작업시 농기구 등에 붙어서 유입된 것으로 추정된다. 그러나, 짚신나물은 토양 내 사전 유충밀도가 높아 사후에도 방제 효과에 영향을 미친 것으로 생각되나, pot 실험에서의 결과와 같이 당근뿌리혹선충에 대한 밀도억제 효과가 약하기 때문에 사전에 감염되었을 것으로 추정된다.

선발된 약용식물을 재배했던 포장에서 더덕의 생육은 pot 실험과는 달리 무처리 주당 뿌리무게 5.2 g에 비해 현삼에서는 약간 가볍고, 방제 효과가 좋았던 쇠무릎과 창포는 오히려 무거운 경향이었으며, 나머지는 비슷하였다. 이는 토양 중 유기물함량 차이에 따라 Carbofuran과 Ethoprophos의 약효, 약제의 이동성 및 잔효성의 차이가 있다는 보고(Song et al., 1999)에서와 같이, 토양 내 유기

Table 4. Effects of medicinal plants as preceding crops on northern root-knot nematode, *M. hapla* attacking *C. lanceolata* in the field, Jinan, Jeonbuk province, 2004

Content	No. of juveniles /300 ml soil		No. of ga.l.s	No. of egg sac	Root		No. of rootlet	Fresh root weight (g/hill)
	A [‡]	B			length (cm)	diameter (mm)		
<i>A. japonica</i> (쇠무릎)	0	8	2	0	12.4	10.4	37	7.6
<i>A. calamus</i> (창포)	0	0	0	0	11.9	10.5	29	6.5
<i>A. Pilosa</i> (짚신나물)	23	257	11	13	12.3	8.8	39	4.7
<i>D. chinensis</i> (패랭이)	0	2	3	0	12.0	9.1	25	6.0
<i>G. aleppicum</i> (큰뽕무)	0	16	8	2	10.1	9.2	23	5.1
<i>H. cordata</i> (약모밀)	0	12	3	3	9.9	8.8	22	4.5
<i>R. bicolor</i> (원추천인국)	0	0	4	4	10.6	8.7	33	5.0
<i>R. communis</i> (아주까리)	0	0	6	1	11.6	7.9	36	4.9
<i>S. buergeriana</i> (현삼)	1	15	4	4	11.7	7.3	35	4.0
<i>S. indicum</i> (흑참깨)	5	48	8	6	10.9	8.6	30	4.8
<i>S. kamschaticum</i> (기린초)	0	17	4	5	10.2	9.2	29	5.4
<i>S. officinalis</i> (오이풀)	0	31	6	5	12.5	8.6	25	6.2
Control	63	306	33	37	12.5	8.1	36	5.2

[‡]A: pretreatment, B: posttreatment.

물함량이 선충의 밀도억제에만 영향을 미치는 것이 아니고, 식물이 가지고 있는 성분에 따라 더덕의 생육에도 영향을 미치는 것으로 판단되어 추후 검토해 볼 필요가 있다고 생각한다.

대조구 토양 내 유충밀도, 뿌리혹수, 난낭수에 비하여 처리구의 방제가를 조사한 결과(Table 5), 피해가 심하여 통계적으로 유의차가 인정된 짚신나물을 제외한 12종의 식물을 재배했던 포장 모두에서 방제가가 우수하게 나타났다. 이는 고구마뿌리혹선충 2령충이 만수국의 뿌리에 침입할 수는 있지만 정상적인 발육이나 거대세포를 형성하지 못하기 때문에, 재배하고자 하는 식물을 이식하기 전에 만수국을 유인식물로 이용함으로써 고구마뿌리혹선

충의 피해를 줄일 수 있다는 보고(Belcher & Hussey, 1977)와 같이, 선발된 약용식물을 재배했던 포장에서 당근뿌리혹선충의 발생을 억제하는 효과가 크게 나타났기 때문으로 생각한다.

나. 선발된 약용식물을 퇴비처럼 처리한 포장

포장에 더덕을 파종하기 전에 선발된 약용식물의 건조된 식물체를 퇴비처럼 투입해서 당근뿌리혹선충에 대한 증식 억제효과를 조사한 결과(Table 6), 더덕을 파종하기 전 토양 300 ml당 유충이 16~64마리 검출되었고, 파종 6개월 후인 9월 중순경에 조사하였을 때에는 토양 300 ml당 40~316마리로 증가하였으며, 뿌리혹 및 난낭이 형

Table 5. Control effects of *M. hapla* on *C. lanceolata* in the field where medicinal plants were grown previously, Jinan, Jeonbuk province, 2004

Medicinal plant	Index of control (%)		
	No. of egg sac	No. of galls	No. of 2nd stage juveniles
<i>A. asphodeloides</i> (지모)	100 a ^b	100 a	100 a
<i>A. japonica</i> (쇠무릎)	100 a	93.9 a	97.4 a
<i>A. calamus</i> (창포)	100 a	100 a	100 a
<i>A. Pilosa</i> (짚신나물)	64.9 b	66.7 b	16.0 b
<i>D. chinensis</i> (패랭이)	100 a	90.9 a	99.3 a
<i>G. aleppicum</i> (큰뻬무)	94.6 a	75.8 a	94.8 a
<i>H. cordata</i> (약모밀)	91.9 a	90.9 a	96.1 a
<i>R. bicolor</i> (원추천인국)	89.2 a	87.9 a	100 a
<i>R. communis</i> (아주까리)	97.3 a	81.8 a	100 a
<i>S. buergeriana</i> (현삼)	89.2 a	87.9 a	95.1 a
<i>S. indicum</i> (흑참깨)	83.8 a	75.8 a	84.3 a
<i>S. kamschaticum</i> (기린초)	86.5 a	87.9 a	94.4 a
<i>S. officinalis</i> (오이풀)	86.5 a	/	89.9 a

^bIn a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 6. Effects of medicinal plants treated as compost on *M. hapla* on the field culturing *C. lanceolata*, Jinan, Jeonbuk province, 2004

Content	No. of juveniles /300 ml soil		No. of galls	No. of egg sac	Root		No. of rootlet	Fresh root weight (g/hill)
	A ^a	B			length (cm)	diameter (mm)		
	<i>A. asphodeloides</i> (지모)	64			104	14		
<i>A. japonica</i> (쇠무릎)	17	80	7	8	10.5	8.4	32	4.6
<i>A. calamus</i> (창포)	26	83	9	8	12.2	8.5	36	6.7
<i>A. Pilosa</i> (짚신나물)	60	208	22	25	12.3	10.8	39	6.7
<i>D. chinensis</i> (패랭이)	41	84	15	14	10.2	7.7	37	4.6
<i>G. aleppicum</i> (큰뻬무)	16	98	11	11	9.6	7.9	30	4.5
<i>H. cordata</i> (약모밀)	18	133	15	18	10.9	7.8	24	4.0
<i>R. bicolor</i> (원추천인국)	53	144	10	10	10.9	7.6	29	5.3
<i>R. communis</i> (아주까리)	64	172	12	12	11.8	8.1	26	5.4
<i>S. buergeriana</i> (현삼)	23	140	13	16	11.7	9.3	35	5.5
<i>S. indicum</i> (흑참깨)	27	316	22	22	12.9	7.6	30	5.8
<i>S. kamschaticum</i> (기린초)	19	164	12	13	10.8	9.0	29	5.2
<i>S. officinalis</i> (오이풀)	72	160	14	15	10.5	8.6	25	5.2
Nematicide (Fosthiazate)	22	40	6	5	9.8	7.5	28	4.8
Control	63	306	33	37	12.5	8.1	36	5.2

^aA: pretreatment, B: posttreatment.

성되어 있었다. 뿌리혹 및 난낭의 경우 무처리의 뿌리혹수 33개, 난낭수 37개에 비하여 모든 선발 약용식물 처리에서 적었으며, 토양 내 유충밀도도 무처리의 306마리에 비하여 흑참깨 처리를 제외하고는 무처리보다 낮게 검출되었다.

또한 더덕의 생육은 선발된 약용식물을 재배했던 포장과는 달리 무처리 생육에 비해 약모밀 처리에서 약간 작고, 창포, 짚신나물 처리에서는 약간 큰 경향이며, 나머지는 비슷하였고, 통계적인 유의성이 인정되었다. 그러나, 앞에서 선발된 약용식물을 재배했던 포장에서 무처리에 비해 유의차가 인정된 현삼과 쇠무를 처리는 유의성이 없는 것으로 나타났는데, 이는 포장수분이나 환경조건 등에 의해 유의차가 다르게 나타났기 때문으로 생각하나, 추후 자세한 검토가 이루어져야 할 것으로 생각한다.

난낭수와 뿌리혹수, 토양 내 유충밀도를 무처리와 비교하여 방제가를 구해본 결과(Table 7), 앞에서 방제효과가 좋았던 식물들 중에서 쇠무릎과 창포 처리의 방제효과만 70% 정도로 좋았고, 나머지 식물 추출액 처리는 크게 떨어지는 것으로 나타났는데, 이는 곰팡이에 의한 선충 방제효과는 선충종류 및 작물, 기상환경, 토양에 따라서 상당한 차이가 있다는 보고(Mankau, 1980)에서와 같이, 토양이나 기후 등 환경조건이 어느 정도 조절이 가능한 pot 실험과는 차이가 있을 것으로 생각한다. 특히 선발된 약용식물을 재배했던 포장에 비해 큰 차이가 있었는데, 이는 선발된 약용식물을 퇴비처럼 처리한 본 실험에서 포장에 투입한 식물체의 양이 충분하지 않았기 때문으로

판단되나, 추후 재검토가 있어야 할 것으로 생각한다.

또한 앞에서 방제효과가 좋았던 지모, 패랭이, 원추천인국 등의 방제가가 낮은 것으로 나타났는데, 감염정도가 심하게 나타난 짚신나물과 흑참깨 처리 또는 무처리의 사전 유충밀도와 사후 유충밀도를 고려해 볼 때, 이들 식물체 처리에서는 토양 내 유충밀도가 크게 증가하지 않는 것으로 보여 어느 정도 당근뿌리혹선충의 밀도를 억제하고 있는 것을 알 수 있다. 따라서, 전체적으로 방제가가 낮은 원인은 토양 내 사전 유충밀도가 뿌리혹수 및 난낭수, 토양 내 유충밀도 등에 영향을 미쳤던 것으로 생각한다.

이상의 포장 실험에서 지모 등 선발된 약용식물을 재배했던 포장에 더덕을 재배하였을 때는 처리 전 토양 내 유충이 거의 없기 때문에, 포장에 선발된 약용식물을 퇴비처럼 투입했을 때보다 방제 효과는 훨씬 좋을 것으로 생각한다. 또한 더덕 연작재배 시에는 선발된 약용식물을 퇴비처럼 투여해도 당근뿌리혹선충의 밀도를 어느 정도 억제시킬 수는 있을 것으로 생각하고, 더불어 퇴비시용 효과도 있을 것으로 생각하나, 선발된 약용식물이 더덕의 생육에 미치는 영향에 대해서는 충분한 검토가 이루어져야 할 것으로 생각한다.

이상에서 최종적으로 지모, 쇠무릎, 창포 등 3종은 당근뿌리혹선충에 의한 감염을 상당히 억제시키는 것으로 보여, 앞으로 뿌리혹선충의 방제에 크게 이용될 수 있을 것으로 생각되며, 본 연구에서는 조사되지 않았으나, 앞으로 선발된 약용식물의 성분분석을 통하여 천연 살선충물

Table 7. Control effects of medicinal plants treated as compost on *M. hapla* in the field of *C. lanceolata*, Jinan, Jeonbuk province, 2004

Medicinal plant	Index of control (%)		
	No. of egg sac	No. of galls	No. of 2nd stage juveniles
<i>A. asphodeloides</i> (지모)	70.3 abc ^b	57.6 abc	66.0 ab
<i>A. japonica</i> (쇠무릎)	78.4 ab	78.8 ab	73.9 ab
<i>A. calamus</i> (창포)	78.4 ab	73.7 ab	72.9 ab
<i>A. Pilosa</i> (짚신나물)	32.4 c	33.3 c	32.0 bc
<i>D. chinensis</i> (패랭이)	54.5 abc	62.2 abc	72.5 ab
<i>G. aleppicum</i> (큰뻬무)	70.3 abc	66.7 abc	68.0 ab
<i>H. cordata</i> (약모밀)	51.4 abc	54.5 abc	56.5 abc
<i>R. bicolor</i> (원추천인국)	64.9 abc	63.6 abc	20.3 bc
<i>R. communis</i> (아주까리)	67.6 abc	63.6 abc	43.8 abc
<i>S. buergeriana</i> (현삼)	56.8 abc	60.6 abc	54.2 abc
<i>S. indicum</i> (흑참깨)	40.5 bc	33.3 c	0.0 c
<i>S. kamtschaticum</i> (기린초)	64.9 abc	63.6 abc	46.4 abc
<i>S. officinalis</i> (오이풀)	59.5 abc	57.6 abc	47.7 abc
Nematicide (Fosthiazate)	86.5 a	81.8 a	86.9 a

^bIn a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

질을 분리, 이용함으로써 식물농약에 의한 식물기생선충의 효과적인 방제 연구가 이루어져야 할 것으로 생각한다.

Literature Cited

- Ajayi, V.A., C.N. Akem and S.O. Aedsiyan. 1993. Comparison of nematicidal potential of *Vernonia amygdalina* leaf extract and carbofuran on the growth and yield of root-knot nematode infested soyabean. *Afro Asian J. of Nematol.* 3: 119-127.
- Belair, G. and D.L. Benoit. 1996. Host suitability of 32 common weeds to *Meloidogyne hapla* in organic soils of southwestern Quebec. *J. of Nematol.* 28: 643-647.
- Belcher, J.V. and R.S. Hussey. 1977. Influence of *Tagetes patula* and *Arachis hypogaea* on *Meloidogyne incognita*. *Plant Dis. Repr.* 61: 525-528.
- Choi, K.S. and K.S. Boo. 1989. Effect of extracts from some selected wild plant species on larval development and adult oviposition in *Heliothis assulta*. *Kor. J. Appl. Entomol.* 28: 113-119.
- Kim, D.G. 2001. Occurrence of root-knot nematodes on fruit vegetables under greenhouse conditions in Kor. *Res. Plant Dis.* 7: 69-79.
- Kim, H.H., H.Y. Choo, C.G. Park, J.J. Lee and D.Y. Jeong. 1998a. Antagonistic plant survey for the biological control of root-knot nematode in greenhouse. *Kor. J. Appl. Entomol.* 37: 91-95.
- Kim, H.H., H.Y. Choo, C.G. Park, S.M. Lee and J.B. Kim. 1998b. Biological control of the northern root-knot nematode, *Meloidogyne hapla* with plant extract. *Kor. J. Appl. Entomol.* 37: 199-206.
- Kweon, J.H., Y.J. Ahn, H.W. Kwon, K.S. Jang and K.Y. Cho. 1994. Larvicidal and antifeeding activities of oriental medicinal plant extracts against *Plutella xylostella* (Lepidoptera; Yponomeutoidea) and *Spodoptera litura* (Lepidoptera; Noctuidae). *Kor. J. Appl. Entomol.* 33: 225-229.
- Lenne, J.M. 1981. Controlling *Meloidogyne javanica* on *Desmodium ovalifolium* with grasses. *Plant Dis.* 65: 870-871.
- Lim, S.H., Z.Z. Yong, M.S. Kim, Y.S. Lee, J.S. Son, D.S. Park, J.H. Hur, H.Y. Kim, H.J. Choi, K.H. Kim and S.M. Kim. 2004. Nematicidal activity of Korean native plants against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *Kor. J. Pesticide Sci.* 8: 353-357.
- Mani, A., Ahmed, S.N., Kameswar Rao, P. and V. Dakshina Murti. 1986. *Int. Nematol. Network Newsl.* 3: 14.
- Mankau, R. 1980. Biological control on nematode pests by natural enemies. *Annual Review of Phytopathol.* 18: 415-440.
- Ramraj, P., K. Alagumalai, and C.S.S. Hepziba. 1991. Effect of leaf extract of *Origanum vulgare* (Fam. Lamiaceae) on the hatching of eggs of *Meloidogyne incognita*. *Indian J. of Nematol.* 21: 156-157.
- Rangaswamy, S.D. and P.P. Reddy. 1993. Effect of leaf extracts of trap crops on the growth of tomato and development of *Meloidogyne incognita*. *Current Nematol.* 4: 7-10.
- Sartaj, A.T., M.A. Siddiqui, and A.M. Mashkoo. 1986. *Int. Nematol. Network Newsl.* 3: 16.
- Song, C., I.T. Hwang, K.S. Jang and K.Y. Cho. 1999. Effect of soil organic matter content on activity change, vertical migration, and persistence of two nematicides, Carbofuran and Ethoprophos, to root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *Kor. J. Appl. Entomol.* 38: 47-52.
- Taylor, A. L. 1967. Introduction to research on plant nematology. No. PLICP/5. Food and agriculture organization at the United Nation, Rome 00100, Italy.
- Vats, R. and S.N. Nandal. 1993. Effect of different concentrations of leaves extracts of neem and *Eucalyptus* used as bare-root-dip treatment of tomato seedlings against *Meloidogyne javanica*. *Current Nematol.* 4: 15-18.
- Wani, A.H. and A.P. Ansari. 1993. Effect of root exudates of some plants belonging to family Compositae on the mortality of some phytonematodes. *Current Nematol.* 4: 81-84.
- Yang, K.J., E.S. Doh and K.H. Kim. 1996. Screening and utilization of antagonistic plants to control northern root-knot nematode in ginseng fields. *Kor. J. Ginseng Sci.* 20: 331-338.

(Received for publication 3 August 2006;
accepted 6 November 2006)