

당근뿌리혹선충에 대한 식물추출물의 살선충 효과

이정수¹ · 추호렬² · 이동운^{3*}

¹식물보호연구소, ²경상대학교 응용생물학과, 농업생명과학연구원, ³경북대학교 생태환경관광학부 생물응용전공

Nematicidal Efficacy of Herbal Extracts against *Meloidogyne hapla*

Jung Su Lee¹, Ho Yul Choo² and Dong Woon Lee^{3*}

¹Plant Protection Institute, Gimpo, Gyeonggi, 415-802, Republic of Korea

²Department of Applied Biology, Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam, 660-701, Republic of Korea

³Major of Applied Biology, School of Ecological Environment and Tourism, Kyungpook National University, Sangju, Gyeongbuk, 742-711, Republic of Korea

ABSTRACT: The nematicidal and egg hatching inhibitory effects of extracts from 30 herbal plants (total 32 samples) against *Meloidogyne hapla* J2 juveniles and eggs was tested using the dipping method. At 1,000 ppm, extracts of *Daphne genkwa* flower buds, *Eugenia caryophyllata* flowers, *Quisqualis indica* fruits, and *Zingiber officinale* rhizomes produced > 80% mortality in J2 juveniles. At 125 ppm, extracts of *D. genkwa* and *Q. indica* produced 91 and 99% mortality, respectively. The toxicity of 5 selected plant extracts to *M. hapla* differed depending on the solvent used (i.e. hexane, methanol, hot water, or cold water). Hot water extracts of *Z. officinale* and *Q. indica* produced nematicidal efficacies of 99 and 99%, compared to 36 and 98%, respectively, with cold water extraction. *Q. indica* extract was highly active against *M. hapla* regardless of extraction method. The inhibitory effects of *Areca catechu*, *D. genkwa*, *Desmodium caudatum*, *Pharbitis nil*, *Q. indica*, and *Z. officinale* extracts on egg hatching of *M. hapla* was evaluated. At 1,000 ppm, *D. genkwa*, *P. nil*, and *Q. indica* extracts significantly reduced hatching at 7, 14 and 21 days after treatment. Numbers of juveniles in soil treated with the methanol extract *D. genkwa* (1,000 ppm) were significantly lower than in untreated soil in trials in pots and in a ginseng (*Phanax ginseng*) field. These results indicate that *Q. indica* extracts could be used as an environmental friendly control agent of *M. hapla*.

Key words: Botanical nematicide, *Daphne genkwa*, *Meloidogyne hapla*, Root-knot nematode, *Quisqualis indica*, *Zingiber officinale*

초록: 본 연구는 우리나라의 작물 재배지에서 문제가 되고 있는 뿌리혹선충의 환경친화적 방제를 위하여 30종의 약용식물(32 시료)을 선발하여 당근뿌리혹선충 2령충과 알에 대한 살선충 효과와 난 부화억제 효과를 검정하였다. 약용식물 추출물들 중 원화(*Daphne genkwa*), 건강(*Zingiber officinale*), 정향(*Eugenia caryophyllata*), 사군자(*Quisqualis indica*) 등이 1,000 ppm 농도에서 당근뿌리혹선충 J2 유충에 대하여 80%이상의 살선충 활성을 보였다. 이들 중 원화와 사군자는 125 ppm에서도 91%와 99%의 살선충 활성을 보였다. 추출방법(메탄올 또는 헥산, 온수추출, 냉수추출)에 따라 살선충 효과에 차이를 보였는데 건강과 사군자는 1,000 ppm 온수추출물 처리 시 각각 99%의 살선충 효과를 보였고, 냉수추출물에서는 36%와 98%의 살선충 효과를 보였다. 사군자는 모든 추출물 처리에서 높은 살선충 활성을 보였다. 빈랑(*Areca catechu*)과 원화, 청주향(*Desmodium caudatum*), 흑축(*Pharbitis nil*), 사군자, 건강 추출물을 이용하여 당근뿌리혹선충 알의 부화억제 효과를 조사한 결과 1,000 ppm 농도에서 원화와 흑축, 사군자 처리는 처리 7, 14, 21 일째까지 낮은 부화 수를 나타내었다. Pot와 인삼 밭에서 1,000 ppm 농도의 사군자 메탄올 추출물 처리 시 토양 중의 당근뿌리혹선충 밀도를 유의하게 감소시켰다. 따라서 사군자 추출물은 당근뿌리혹선충의 환경친화적 방제에 활용 가능할 것으로 판단된다.

검색어: 식물 살선충제, 원화, 사군자, 건강, *Meloidogyne hapla*, 당근뿌리혹선충

뿌리혹선충(*Meloidogyne* sp.)은 1885년 Berkeley가 ‘vibriosis’로 묘사한 것이 시초로(Eriksson, 2008) 1887년 Goeldi가

*Meloidogyne*속을 처음으로 기재하여(Taylor and Sasser, 1978) 2009년 현재 97종에 이르고 있다(Perry *et al.*, 2009). 뿌리혹선충들 중 세계적으로 광범위하게 분포하고 있는 종은 고구마뿌리혹선충(*M. incognita*)과 자바뿌리혹선충(*M. javanica*), 땅콩뿌리혹선충(*M. arenaria*), 당근뿌리혹선충(*M. hapla*) 등인데,

*Corresponding author: whitegrub@knu.ac.kr

Received September 24 2011; Revised October 6 2011;

Accepted October 22 2011

이들은 우리나라를 비롯하여 북위 35도와 남위 35도 이내지역 등을 중심으로 광범위하게 분포한다. 또한 북위 45도 이상의 북유럽 지역에서도 발견되고 있다(Taylor and Sasser, 1978; Choi, 2001).

당근뿌리혹선충은 최저기온이 0 °C 내외의 추운지역에서도 적응력이 강한 종으로 남위 40도 지역과 북위 45도 지역에서도 발생하고 있으며 아프리카에서는 해발 1,500 m의 고산지역에서도 발견된다(Taylor and Sasser, 1978). 당근뿌리혹선충은 우리나라에서 가장 빈번히 분포하는 종으로 중부지역을 중심으로 주로 발견되고 있는데(Choi and Choo, 1978), 경북 지역 약초재배지에서는 55.6%(Park *et al.*, 1992), 주요 더덕 재배지 116개 포장에서는 61.9%가 당근뿌리혹선충에 감염 되어 있었다(Lim *et al.*, 2005).

당근뿌리혹선충은 식물체 뿌리의 내부에 기생하여 영양분을 흡수하는 내부기생성선충으로 식물의 성장을 감소시키거나 각종 토양 병해와의 상호작용으로 2차적인 피해를 주며, 특히 당근 뿌리혹선충의 피해를 받은 식물체의 뿌리에는 크고 작은 혹이 많이 발생하며 혹에서 2차적으로 잔뿌리를 발생하는 것이 특징이다. 또 뿌리에서 흡수되는 대부분의 양양분이 혹으로 이전되어 선충이 흡수 함으로써 식물체 생육이 전체적으로 지연되고, 수분 이동이 원활하지 못하므로 쉽게 시들거나 고사하는 증상이 나타난다(Choi and La, 1982; Shurtleff and Averre, 2000).

당근뿌리혹선충은 주로 노지나 시설재배지의 많은 경제작물에 피해를 주고 있는데 수박이나 참외, 오이, 토마토, 고추와 같은 채소류와 더덕, 당귀, 천궁과 같은 약용식물에도 많은 피해를 주고 있다(Choo *et al.*, 1987; Lim *et al.*, 2005). 뿌리혹선충에 의한 작물의 수량 손실은 10,000마리의 선충 집중 시 고추에서 15%, 토마토에서 14% 이상 감소하였고(Cho and Han, 1983), 더덕 재배지에서는 뿌리 무게가 10% 적었으며(Lim *et al.*, 2005), 토마토와 땅콩재배지에서는 최대 80%에 이른다(Barker *et al.*, 1976).

뿌리혹선충의 방제는 화학적 방제를 주로 이용하고 있으나 살선충제는 독성이 강하고, 토양 중에서 잔류기간이 길며, 토양 미생물에 광범위한 영향을 미쳐 토양 생태계의 불균형이나 지하수 오염과 같은 환경문제를 유발할 수 있다(Birch *et al.*, 1993; Kim and Choi, 2001). 또한 채소류나 약초와 같은 생식 또는 건강식의 소재가 되는 작물들의 경우 농약 사용에 대한 소비자들의 거부감이 심하며 실제 약초의 경우 농약 사용이 매우 제한적이다(Choi and Park, 1991). 따라서 농약을 이용한 선충 방제를 대체할 방법이 필요한데 태양열 소독이나 침수, 온탕 침지법과 같은 물리적 방제법(Kim and Han, 1988; Park *et al.*, 1995; Chon *et al.*, 1996)을 활용할 수 있으나, 비용적인 면이나 작기 중에 사

용이 불가능하다는 단점이 있고, 윤작이나 답전윤환, 토양개량, 재배 시기의 조절과 같은 재배적 방제법 역시 인력과 시간이 많이 드는 단점이 있다(Lim *et al.*, 2004). 생물적 방제방법을 이용한 선충방제는 유력한 수단인 하나로 곤충병원성 선충을 이용한 뿌리혹선충의 억제나(Pérez and Lewis, 2002) 세균류(Stirling *et al.*, 1990), 곰팡이류(de Leij *et al.*, 1993) 등을 이용하는 방법이 있는데, 일부는 상용화되어 이용되고 있으나 환경적응성이 낮은 단점을 가지고 있다.

환경 친화적이면서 현장 적용성이 높은 식물기생성 선충 방제방법의 하나는 식물체나 식물체 추출물을 이용한 방법이다. 식물체 추출물을 이용하여 선충 방제제로 활용하기 위해서는 살선충 활성이 있는 유용자원의 탐색이 선행되어야 하는데, 야외에서 선충 피해 식물체를 탐색하거나 실내에서 살선충 활성을 검정하는 두 가지 방법이 있다. 전자를 위하여 Kim *et al.* (1998b)은 시설 재배지 내에서 뿌리혹선충의 방제를 위해 길항 식물을 조사하여 팽이밥, 마디풀, 개기장과 바랭이, 독새풀, 쇠뜨기, 발뚝외풀에는 뿌리혹선충의 피해가 없다고 하여 이들 식물체의 이용가능성을 제시한 바 있고, Lim *et al.* (2006a)은 약초 전시포에서 뿌리혹선충에 기생되지 않은 약초의 종류를 조사한 바 있다. 식물체를 이용한 뿌리혹선충 방제는 Belcher and Hussey (1977)가 만수국(*Tagetes patula*) 처리로 토마토의 고구마뿌리혹선충 피해를 줄일 수 있다고 하였다. Prakash and Rao(1997)는 *Acacia auriculiformis*를 비롯한 150종의 살선충 식물체를 기술하였다. 그러나 살선충 활성을 가진 식물자원은 무수히 존재할 것임에도 불구하고, 현재 활성이 알려진 자원들은 매우 제한적이다(Prakash and Rao, 1997). 특히 예부터 한약 자원으로 이용되어 오고 있는 동양의 많은 식물들은 개발 가능성이 매우 높은 자원들이다. 따라서 본 연구는 뿌리혹선충의 효율적 관리와 각종 경제작물의 환경친화적 관리를 위하여 한방 약용식물을 적용가능성을 알아보기 위하여 뿌리혹선충에 활성을 가지는 식물체의 탐색과 효과 검정을 수행하였다.

재료 및 방법

선충의 채집과 분리

당근뿌리혹선충 유충

실험에 사용한 선충은 당근뿌리혹선충의 발생이 매년 발생하고 있는 경북대학교 생태환경대학 부속농장 더덕포장에서 더덕의 생육기간 중에 토양에서 분리하여 이용하였다. 선충의 채취방법은 토양표면을 5 cm 걷어내고, 더덕을 채취하여 뿌리혹

선충이 감염되어 있는지 유무를 확인한 뒤, 삼을 이용하여 10 kg 정도의 토양을 채취하여 실험실로 가져 와서 잘게 부순 뒤 2 mm 체로 걸러 선충을 분리 하였다. 선충 분리방법은 채취한 흙을 표준 망체(60, 325, 400 mesh)를 사용하여 체로 쳐서 굵은 돌과 식물 뿌리 등을 골라내고, 선충만을 걸러내기 위하여 깔데기 (plastic funnel)에 Kimwipes (Kimberly, M-15, USA)를 걸치고, 체로 친 토양을 넣은 뒤 물을 가득 부었다. 24시간 동안 정치시킨 후 깔데기 아래쪽에 모여 있는 선충을 수집하였다. 수집 후 실체 현미경을 이용하여 1 ml/100마리 이상의 밀도를 유지하기 위해 이와 같은 방법으로 선충을 반복적으로 분리하여 분리된 뿌리

혹선충은 250 ml cell culture flask에 저장하여 4°C 냉장 보관하였다. 3일 이내의 분리 선충들만을 실험에 활용하였다.

당근뿌리혹선충 알

뿌리혹선충의 알은 상주의 비닐하우스 오이 뿌리로부터 분리하여 이용하였다. 오이 뿌리를 0.5-1 cm 길이로 자른 후, 0.5% sodium hypochloride 용액에 2-3분간 정치시킨 뒤 60 µm와 30 µm 체에서 흐르는 물에 세척하여 알을 수거하였다. 수거 한 알은 250 ml 비이커에 모은 후, 교반기에서 교반하여 실험에 필요한 수의 알을 계수하였다.

Table 1. Yields and nematicidal activities of 1,000 ppm methanol or hexane extracts derived from 30 herbal plants against *Meloidogyne hapla* J2 juveniles 24h after using the dipping method

Plant species	Family name	Korean name of herbal material	Used part	Yield(%)	Mortality (%; mean±SE)
<i>Acorus gramineus</i>	Araceae	석창포	Root	5.6	56±12.0 d-h**
<i>Areca catechu</i>	Arecaceae	빈랑	Seed	3.7	64±3.7 a-g
<i>Dryopteris crassirhizoma</i>	Aspidiaceae	관중	Rhizome	10.2	16±6.1 h-m
<i>Carpesium abrotanoides</i>	Asteraceae	학슬	Fruit	3.4	5±1.7 j-m
<i>Aucklandia lappa</i>	Asteraceae	목향	Root	20.2	47±13.7 e-i
<i>Xanthium strumarium</i> *	Asteraceae	창이자	Fruit	9.8	13±12.0 i-m
<i>Quisqualis indica</i>	Combretaceae	사군자	Fruit	12.1	99±0.9 a
<i>Pharbitis nil</i> *	Convolvulaceae	흑축	Seed	11.4	0 m
<i>Lepidium apetalum</i>	Cruciferae	정력자	Root	6.5	37±4.3 f-j
<i>Albizia julibrissin</i>	Fabaceae	합환피	Bark	1.1	11±5.6 i-m
<i>Gentiana scabra</i>	Gentianaceae	초용담	Root	4.5	39±8.8 e-j
<i>Machgillus thunbergii</i>	Lauraceae	후박	Bark	2.5	5±2.5 klm
<i>Desmodium caudatum</i>	Leguminosae	청주향	Leaf & stem	17.2	81±2.7 a-e
<i>Sophora flacescens</i>	Leguminosae	고삼	Root	5.3	35±22.1 i-m
<i>Gleditsia japonica</i>	Leguminosae	조협자	Fruit	3.5	58±3.9 d-h
<i>Aloe ferox</i>	Liliaceae	노회	Leaf	28.1	0 m
<i>Azadirachta indica</i>	Meliaceae	넝	Leaf	6.2	16±3.2 h-m
<i>Melia azedarach</i>	Meliaceae	고련피	Bark	4.1	11±3.5 i-m
<i>Melia azedarach</i>	Meliaceae	천련피	Bark	11.8	8±7.7 i-m
<i>Melia azedarach</i> *	Meliaceae	고련자	Seed	2.8	45±3.1 e-i
<i>Eugenia caryophyllata</i>	Myrtaceae	정향	Flower	22.3	88±6.1 a-d
<i>Polygonum aviculare</i>	Polygonaceae	편축	Branch	2.5	76±3.2 b-f
<i>Polygonum tinctorium</i>	Polygonaceae	청대	Leaf	0.6	67±3.5 c-g
<i>Rheum coreanum</i>	Polygonaceae	대황	Root	16.3	22±7.5 h-m
<i>Prunus mume</i>	Rosaceae	오매	Fruit	15.1	23±10.8 f-k
<i>Zanthoxylum piperitum</i>	Rotaceae	천초	Pericarp	12.5	0 m
<i>Evodia rutaecarpa</i> *	Rotaceae	오수유	Fruit	1.7	13±5.1 i-m
<i>Ailanthus altissima</i>	Simaroubaceae	저근백피	Bark	5.6	33±16.0 g-l
<i>Torreya nucifera</i> *	Taxaceae	비자	Seed	32.2	9±28.7 g-m
<i>Daphne genkwa</i>	Thymelaeaceae	원화	Flower bud	3.7	97±2.3 abc
<i>Torilis japonica</i> *	Umbelliferae	사상자	Seed	5.3	37±12.2 f-j
<i>Zingiber officinale</i>	Zingiberaceae	건강	Rhizome	7.0	96±3.2 abc

*Hexane extract sample.

**Means followed by different letters within the column are significantly different (Tukey's Studentized Range Test $P<0.05$).

살선충 활성 약용식물의 선발과 추출

약용식물의 선발

살선충 활성 가능성이 있는 약용식물의 선발을 위하여 동의 보감(Kim *et al.*, 1999)과 약용식물 전문서적(Kwon, 1977; Mun, 1984; Bae, 2000; Korean society for the medicinal plant research, 2004) 등을 토대로 살충 또는 기생충 치료제로 사용되는 약용식물을 선발하였으며 구전 등을 통해 지역적으로 이용되고 있는 된장풀(=청주향, *Desmodium caudatum*)과 같은 식물 자원을 포함하여 32종의 약용식물을 후보 식물체로 선발하였다(Table 1). 선발된 식물체 중 청주향은 자생지인 제주도에서 10월에 채취하여 이용하였으며 neem 나무 잎은 필리핀에 자생하는 것을 채취하여 말린 것을 사용하였다. 나머지 약용식물들은 서울의 경동시장 한약 건재상에서 구입하여 이용하였다.

식물체 추출

식물체의 추출을 위하여 준비된 식물체들은 Lee *et al.* (2009)이 사용한 방법으로 각각의 한약재를 추출하였는데 뿌리나 줄기, 잎, 가지 부분을 한약재로 이용하는 시료들은 메탄올을 추출하였고, 지방 성분이 많은 열매나 씨앗과 같은 시료들은 헥산으로 추출하였다(Kim *et al.*, 2003).

열수추출은 500 ml Erlenmeyer flask에 분쇄한 분말시료 5 g과 2차 증류수 500 ml를 넣고 고압멸균기를 사용하여 125°C, 1.5 기압 조건에서 30분간 멸균시켜 추출하였다. 추출한 후 여과지(Sanyo 90 mm Ø, No 2, Japan)를 이용하여 고형물을 걸러내고, 액상물은 500 ml cell culture flask에 넣고, 4°C 냉장 보관하였다.

냉수추출은 500 ml Erlenmeyer flask에 분쇄한 분말시료 5 g과 2차 증류수 500 ml를 넣고, shaking incubator(Max Q4000, Barnstead International, USA)를 이용하여 24°C, 50 ppm 속도로 24시간 추출한 후 여과지(Sanyo 90 mm Ø, No 2, Japan)로 고형물을 걸러내고, 액상물은 500 ml cell culture flask에 넣고 4°C 냉장 보관하였다.

실내 살선충 효과검정

메탄올과 헥산 추출물을 이용한 살선충 효과 검정

4°C의 냉장고에 보관 중이던 당근뿌리혹선충과 식물체 추출물을 실온에 꺼내어 1~2시간을 정지시킨 후 각각의 식물체 추출물은 비이커(100 ml)에 2차 증류수 50 ml와 함께 Triton X-100을 0.1 ml/liter씩 넣고, 각 추출물을 500 ppm 농도로 희석하였다. 45 ml 플라스틱 튜브를 이용하여 약용식물 추출물을 각각 3 ml를 넣고, 토양에서 분리하여 냉장고에 보관 중이던 당근

뿌리혹선충을 1 ml 당 100마리 밀도로 계수하여 각각 3 ml 씩을 같이 접종하였다(최종농도 1,000 ppm). 식물체 추출물과 당근 뿌리혹선충을 혼합한 튜브는 실내 암실(24 ± 2°C)에 보관하면서 24시간 후 튜브를 흔들어 고루 섞이게 한 다음 1 ml씩을 피펫으로 뽑아내어 실제현미경에서 살아있는 선충의 수를 조사하였다(Zasada *et al.*, 2002). 선충의 생사 유무는 핀으로 선충을 건드려 반응이 없는 것을 확인하여 판정하였다. 실험은 한 개의 튜브를 1반복으로 4반복 처리하였으며 대조구는 증류수에 Triton X-100 0.1 ml/liter만 3 ml를 넣은 것을 이용하였다. 활성이 우수한 식물체들은 반수치사농도 및 알의 부화억제력을 확인하기 위한 별도의 실험을 진행하였다.

열수와 냉수 추출물을 이용한 살선충 효과 검정

메탄올과 헥산 추출물들에서 살선충 활성이 높았던 약용 식물인 원화, 청주향, 정향, 사군자, 건강은 농가에서 쉬운 방법으로 활용하거나 상업적 활용성을 높이기 위하여 열수와 냉수 추출법을 이용하여 살선충 효과를 재검정하였다. 앞에서 실험한 방법과 동일한 방법으로 뿌리혹선충의 치사율을 1,000 ppm 농도에서 1차적으로 조사하였으며 그들 중 살선충 효과가 높았던 추출물인 사군자는 온수와 열수 추출물에서 농도별로 재 검정하였다. 건강은 열수 추출물에서 농도를 달리하여 선충 치사유무를 조사하였는데 62.5 ppm에서 1,000 ppm 농도에서 수행하였다. 실험은 4반복 처리하였으며 대조구는 살균수에 선충만 3 ml를 넣은 것을 이용하였다.

알에 대한 부화억제 활성 검정

살선충 활성이 높게 나타났던 원화와 건강, 정향, 사군자, 청주향과 소나무재선충에 살선충 활성이 높았던 빈랑(Lee *et al.*, 2010)을 이용하여 뿌리혹선충 알 부화억제 효과를 조사하였다. 메탄올 또는 헥산 추출물을 500 ppm 농도로 Triton X-100 0.1 ml/liter와 함께 살균수에 희석한 다음, 3 ml를 X-plate에 처리한 후, 분리한 뿌리혹선충 알 100개/3 ml 씩을 각 plate에 접종하였다. 접종 후 추출액과 알이 잘 섞이도록 가는 나무막대로 저어준 다음 25°C 향온기에 보관하였다. 처리 7일과 14일, 21일 후 각 plate에 부화되어 살아있는 유충의 수를 현미경 하에서 조사하였다. 무처리는 0.01% Triton X-100을 첨가한 살균수 3 ml만 처리하였고, 4반복으로 수행하였다.

Pot 실험

경북대학교 상주캠퍼스 부속농장의 터덕 재배지에서 뿌리혹선충이 감염된 토양을 채취한 뒤 뿌리혹선충을 분리하였다. 플라스틱 pot(20 × 14 × 7 cm)에 경북대학교 상주캠퍼스 터덕포장

에서 채취하여 살균한 후, 건조시킨 토양을 수분 15%로 조절하여 500 g 넣고, 육묘 tray에서 30일간 키운 더덕(산청 더덕, 경산 종묘) 묘종을 이식하였다. 여기에 사군자와 원화, 건강 메탄을 추출물을 1,000과 100 ppm 농도로 10 mL/pot씩 접종하였다. 무처리기는 물만 접종하였고, 한 개의 pot를 한 반복으로 4반복 처리하였으며 처리 후 pot는 실온(24±2°C)에서 관리하였다. 더덕은 생육 중에 매일 관찰하여 수분을 공급해 주었으며 처리 30일 후에 각 처리구별로 토양 내의 뿌리혹선충 밀도를 조사하였다.

야외실험

2007년 5월 22일 경북 영주의 밭에서 실험을 수행하였다. 실험지는 전년도에 인삼 재배를 하였던 밭이었는데 1 m × 1 m의 실험구를 선정 한 후, 각 처리구에서 토양 500 g을 채취하여 사전 선충밀도를 조사하였다. 여기에 1년생 묘삼을 관행 재배법에 준하여 이식하였는데 이식 후 각 시험구에 사군자 메탄을 추출물 1,000 ppm을 구당 2 L씩 관주하였다. 무처리구는 물만 살포하였으며 대조약제로 fosthiazate 입제를 구당 6 g씩 이식 전 토양 혼화 처리하였다. 60일 후 각 처리구 토양 내 선충밀도를 조사하였으며 인삼 뿌리에 형성된 난낭 형성수를 조사하였다. 무처리구의 사전 선충 밀도는 토양 300g 당 134.0마리였으며 사군자 처리구는 113.7마리, fosthiazate 입제 처리구는 137.7마리였다.

통계분석

실내에서 약용식물 추출물에 대한 당근뿌리혹선충 유충에 대한 살선충 효과는 Abbott(1925)의 방법으로 보정사출율을 구한 뒤 arcsin 변환시켜 Tukey's Studentized Range Test로 분산 분석하여 처리 평균간 차이를 비교하였으며 난 부화에 미치는 영향과 더덕 pot 실험의 결과 및 인삼 재배지 실험의 결과는 생출율을 구하여 arcsin 변환시켜 Tukey's test로 분산 분석하여 처리 평균간 차이를 비교하였으며 모든 분석의 결과는 평균± 표준오차로 표기하였다. 반수치사농도(LC₅₀) 값은 SAS program을 이용하여 probit 분석하였다(SAS Institute, 1996).

결과

메탄올과 hexan 추출물의 수율

실험에 이용한 식물체 22목 32종의 메탄올과 hexan 추출물의 수율은 Table 1과 같이 다양하게 나타났다.

실험에 이용한 32종의 식물체 시료들의 평균수율은 9.4%를 보였으며 hexan추출 시료들의 수율은 1.7 ~ 32.2%였고, 메탄올 추출 시료들의 수율은 0.6 ~ 28.1%였다. 가장 높은 수율을 보인

식물체는 비자(*Torreya nucifera*)로 32.2%의 수율을 보였으며, 가장 낮은 수율을 보인 것은 청대(*Polygonum tinctorium*)로 0.6%의 수율을 보였는데 20%이상의 수율을 보이는 시료들은 목향(*Inula helenium*), 노회(*Aloe arborescens*), 정향 등 이었다.

실내 살선충 효과검정

메탄올과 hexan 추출물을 이용한 살선충 효과 검정

메탄올이나 hexan 추출법으로 추출한 30종의 식물체들의 당근뿌리혹선충에 대한 살선충 효과를 실내에서 실험한 결과는 Table 1과 같았다.

1,000 ppm 농도로 처리한 결과 식물체의 종류에 따라 당근뿌리혹선충의 치사율은 다양하게 나타났는데 원화와 사군자, 건강 처리 시 90% 이상의 높은 살선충 활성효과를 보였다($df=33, 62, F=12.04, P<0.0001$). 반면 흑축(*Pharbitis nil*)과 노회, 천초(*Zanthoxylum piperitum*)는 살선충 활성이 전혀 없었으며 멀구슬나무(*Melia azedarach*) 열매 추출물은 44.8%의 치사율을 보였으나 수피 추출물인 고편피와 천련피는 각각 11.2%와 7.6%의 치사율을 보여 식물체의 이용 부위나 산지에 따라 살선충 활성이 상이하게 나타났다.

온수와 냉수 추출물의 살선충 효과 실험

메탄올 추출과 hexan 추출 약용식물 추출물들 중 1,000 ppm에서 높은 살선충 활성효과를 나타냈던 5종의 약용식물을 대상으로 온수와 냉수 추출방법으로 당근뿌리혹선충의 살선충 효과를 실내 실험한 결과 추출방법에 따라 각 한약재들의 뿌리혹선충에 대한 살선충 활성은 차이를 보였다($df=14, 45, F=32.1, P<0.001$)(Fig. 1). 원화와 건강은 추출방법에 따라 살선충 활성

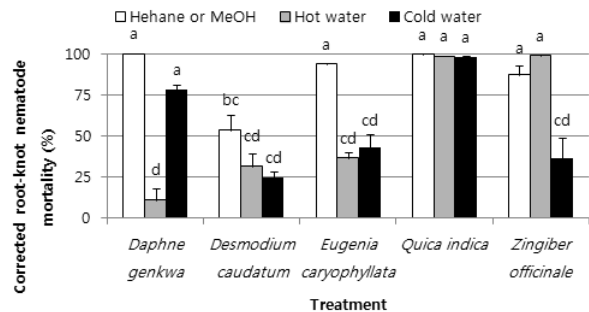


Fig. 1. Effect of 1,000 ppm herbal extracts on *Meloidogyne hapla* juvenile mortality depending on extracting methods in a 45ml plastic tube. Nematodes were dipped in plant extract suspension and were assessed 24 h later in a petri dish. The same letters over the bars in each treatment indicate that there were no significant differences among means (Tukey's Studentized Range Test $P<0.05$).

Table 2. Median lethal concentration values (ppm) of different extracting methods of herbal plants against *Meloidogyne hapla* determined by the aquatic suspension dipping method in a petri dish

Herbal extract	Methanol or hexane			Hot water			Cold water		
	n	LC ₅₀ (±SE)	χ ²	n	LC ₅₀ (±SE)	χ ²	n	LC ₅₀ (±SE)	χ ²
<i>D. genkwa</i>	276	291.6(3.7)	7.8	-	-	-	212	*	17.4
<i>D. caudatum</i>	204	493.4(1.2)	24.4	-	-	-	-	-	-
<i>E. caryophyllata</i>	204	519.2(1.6)	21.4	-	-	-	-	-	-
<i>Q. indica</i>	276	209.2(1.5)	7.2	253	157.1(1.3)	6.6	253	214.0(1.2)	6.8
<i>Z. officinale</i>	158	160.0(1.1)	11.0	212	283.4(2.3)	8.7	-	-	-

*Could not calculated LC value.

Table 3. Inhibitory effect of 1,000 ppm herbal extracts on hatching of *Meloidogyne hapla* eggs in petri dish

Treatment	Mean (±SE) number of egg hatching at each days after treatment		
	7	14	21
<i>A. catechu</i>	0.8±0.3 b*	20.5±3.6 b	32.3±4.8 b
<i>D. genkwa</i>	0.0±0.0 b	1.8±1.0 c	1.0±0.0 c
<i>D. caudatum</i>	0.0±0.0 b	16.3±7.6 bc	31.8±6.0 b
<i>P. nil</i>	0.8±0.6 b	1.5±0.8 c	0.3±0.3 c
<i>Q. indica</i>	0.0±0.0 b	3.0±0.8 c	0.8±0.6 c
<i>Z. officinale</i>	0.8±0.6 b	6.3±3.3 bc	15.5±5.7 b
Control	16.8±2.1 a	38.5±3.6 a	81.5±7.0 a

*Means followed by different letters within the column are significantly different (Tukey's Studentized Range Test $P < 0.05$).

에 많은 차이를 보였는데 원화는 냉수추출물이 온수추출물에 비하여 10배 정도 높은 살선충 활성을 보였으며 반대로 건강은 온수추출물이 냉수추출물에 비하여 2.5배정도 살선충 활성이 높게 나타났다.

90% 이상의 살선충 활성을 가지는 사군자와 건강, 원화를 대상으로 추출방법별에 따른 농도별 살선충 활성 검정을 수행하여 LC₅₀값을 구한 결과는 Table 2와 같았다. 온수 추출물들 중에서는 사군자와 건강의 LC₅₀값이 각각 157.1 ppm과 283.4 ppm 이었고, 냉수 추출물들 중에서는 사군자의 LC₅₀값이 214.0 ppm 이었다.

알에 대한 부화억제 활성 검정

실험에 이용한 모든 한약재 추출물은 당근뿌리혹선충 난 부화를 저해하였다(Table 3).

처리 7일째에는 사군자와 정향, 청주향 처리구에서는 부화한 알이 없었으며($df=9, 18, F=44.2, P<0.0001$) 14일째에는 완화, 정향, 사군자 처리구의 난 부화수가 가장 적었고($df=9, 18, F=11.8, P<0.0001$), 21일째에도 동일한 경향을 보였다($df=9, 18, F=50.0, P<0.0001$).

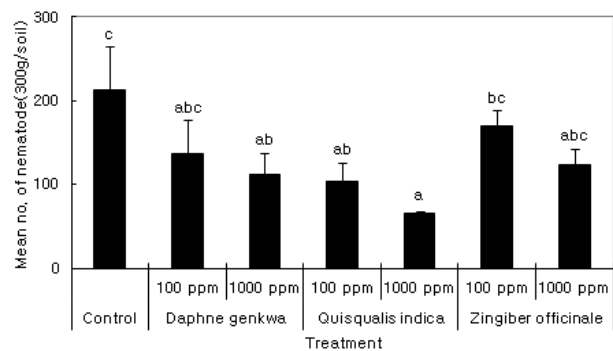


Fig. 2. Effects of 100 and 1,000 ppm *Quisqualis indica* methanol extracts on root-knot nematode, *Meloidogyne hapla*, 30 days after treatment in *Lycopersicon esculentum* planted pots. The same lowercase letters above the bars indicate that there were no significant differences among means (Tukey's Studentized Range Test $P < 0.05$).

Pot 실험

실내 검정에서 살선충 활성 효과가 높았던 사군자와 원화, 건강의 메탄올 추출물을 더덕을 식재 한 pot에 처리한 결과는 Fig. 2와 같았다. 사군자 1,000 ppm 처리구의 선충 밀도가 가장 낮았다 ($df=8, 12, F=5.12, P<0.0058$).

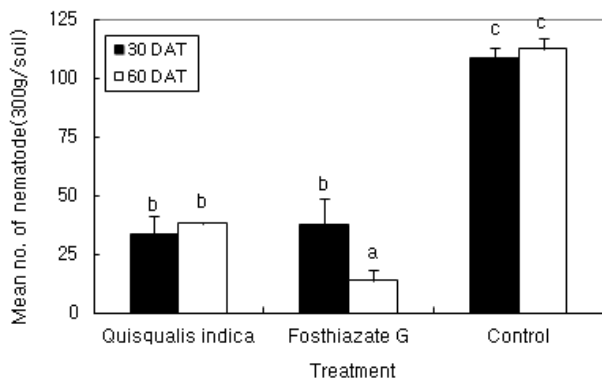


Fig. 3. Efficacy of *Quisqualis indica* methanol extracts on root-knot nematode, *Meloidogyne hapla*, in ginseng (*Panax ginseng*) field. The same lowercase letters above the bars indicate that there were no significant differences among means (Tukey's Studentized Range Test $P < 0.05$).

야외실험

사군자 메탄올 추출물 처리는 인삼 재배지에서 당근뿌리혹선충의 밀도를 처리 30일 후와 60일 후 무처리에 비하여 유의하게 감소시켰다(Fig. 3) ($df=7, 10, F=81.63, P < 0.0001$).

고찰

식물체 추출물이나 식물유래 물질들은 인축을 비롯한 포유동물에 대해 낮은 독성을 가지며 저항성 출현에 대한 위험성이 낮아 선충을 비롯한 다양한 해충 방제를 위한 대체 방제제로 이용되고 있다(Prakash and Rao, 1996). 또한 최근 우리나라에서는 친환경농업 육성법에 의해 친환경농자재가 환경친화적 농업을 위한 사용자재로 등장하면서 2010년 2월 현재 작물 병해충 관리자재들 중 38.5%인 102종이 식물체 유래 물질로 이루어져 있다(Ha *et al.*, 2010).

식물체를 이용한 뿌리혹선충 살선충 활성 물질 탐색에 관한 연구는 우리나라에서도 일부 수행된 바 있는데 Kim *et al.* (1998a)은 만수국 추출물과 잔디, 산검양옻나무, 붉나무, 양파 추출액을 처리하여 뿌리혹선충의 생물적 방제 가능성을 제시한 바 있으며, Lim *et al.* (2004)은 497종의 채집 자생식물들 중 무작위로 43종을 선택하여 고구마뿌리혹선충에 대한 살선충 활성을 조사한 바 있다. Yang *et al.* (1996)은 인삼포에서 뿌리혹선충 방제를 위하여 식물체 추출물의 살선충 활성을 검정한 바 있으며, Lim *et al.* (2006a)은 더덕 재배지에서 당근뿌리혹선충의 증식억제 식물을 탐색하고, 이들 약용식물을 이용하여 더덕 재배지에서 선충 증식 억제 효과를 연구한 바 있다(Lim *et al.*, 2006b). 본 연구는 한약재들 중 구충제로 이용되거나 살충 효과가 있는 것으로 알려진 식물들을 중심으로 당근뿌리혹선충 유

충과 알에 대한 살선충 활성을 검정하였는데 유충에 대해서는 사군자와 청주향, 정향, 원화, 건강의 살선충 활성이 높았으며 난 부화 억제제는 원화와 사군자, 흑축이 높았다.

사군자는 사람에게 기생하는 선충에 대하여 효과가 있는 것으로 알려져 있는데 특히 중국을 비롯하여 필리핀, 인도차이나, 인도 등지의 아시아 국가에서 구충제로 이용되고 있다(Joshi, 2000; Murthy *et al.*, 2011). 사군자 열매의 정유에는 linoleic acid, oleic acid, palmitic acid, stearic acid 등이 함유되어 있고, ellagitannin인 quisqualin A와 quisqualin B 등이 함유되어 있는데(Lin *et al.*, 1997) 특히 quisqualic acid는 회충(*Ascaris suum*) 구충제로 활성이 있는 것으로 알려져 있다(Ishizaki *et al.*, 1973). 약리학적으로는 사군자 잎 메탄올 추출물은 열을 낮추는 효과가 있고(Singh *et al.*, 2010), 꽃 추출물은 항산화 효과와 acetylcholinesterase 저해 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Wetwitayaklung *et al.*, 2007). 청주향은 제주지역에서 구더기 방지용으로 활용해 온 식물로 swertisin과 canavanine을 함유하고 있다(Bae, 2000). 정향은 β -caryophyllene과 eugenol, α -humulen, eugenyl acetate, α -copaen 등이 함유되어 있는데(Öztürk and Özbek, 2005) O-157 대장균에 대한 항세균 작용과 머릿니(*Pediculus capitis*)의 알과 성충에 대한 살충 효과 및 살비 효과 등이 보고되어 있고(Burt and Reinders, 2003; Kim *et al.*, 2003; Yang *et al.*, 2003), 메탄올 추출물과 정유가 소나무재선충(*Bursaphelenchus xylophilus*)에 대한 살선충 활성이 있는 것으로 알려져 있다(Kong *et al.*, 2006; Elbadri *et al.*, 2008a). 원화는 동일한 속에 속하는 서향(*Daphan odora*)에서 살선충 물질인 odoracin과 odoratrin이 알려져 있고(Prakash and Rao, 1997), 10,000 ppm 농도에서는 고구마뿌리혹선충의 난 부화 억제 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Elbadri *et al.*, 2008b). 건강은 생강을 말려 한약제로 사용하고 있는 것으로 생강에는 gingerol, zingiberone, zingiberol, shogaol 등이 함유되어 있는데(Bae, 2000), 개의 심장사상충(*Dirofilaria immitis*)에 대해 억제 효과가 있으며(Datta and Sukul, 1987) 소나무재선충에 대한 살선충 효과와 고구마뿌리혹선충의 난 부화 억제가 알려져 있다(Elbadri *et al.*, 2008a, 2008b).

실험에 이용한 약용식물의 추출 부위에 따라 살선충 활성에 차이를 보였는데 이는 식물체의 부위별에 따라 구성 물질들의 성분의 의한 차이로(Singh *et al.*, 2010), neem(*Azadirachta indica*)의 경우도 잎에 비하여 열매 추출물이 고구마뿌리혹선충에 대한 살선충 효과가 높게 나타났다(Elbadri *et al.*, 2008b). 한편 추출방법에 따라서도 선충에 대한 살선충 효과가 상이하게 나타났는데 사군자와 같이 헥산 추출이나 열수 또는 냉수 추출물간에 살선충 차이가 없는 경우도 있었으나 건강의 경우 냉수

추출물에서 살선충 활성이 감소하였고, 원화의 경우 온수 추출물의 살선충 활성이 감소하였다. Narasimhan *et al.* (2005)이나 Batabyal *et al.*(2007)도 추출방법이나 추출용매의 종류에 따라 생리적 활성에 차이를 보인다고 하였는데 Kamaraj *et al.*(2008)은 *Ocimum canum*의 경우 담배거세미나방(*Spodoptera litura*) 유충에 대하여 메탄올 추출물이 활성이 더 높으나 동속의 식물인 *O. sanctum*은 아세톤 추출물의 활성이 더 높다고 하였다.

본 실험에서는 메탄올이나 hexan 추출에서 살선충 효과가 높았던 한약재들을 대상으로 열수 추출과 냉수 추출법을 이용하여 살선충 활성을 검정하였는데 열수 추출이나 냉수 추출은 상대적으로 시간이 적게 들고, 쉽게 실험을 할 수 있는 장점이 있으나 경우에 따라서는 유효성분의 손실로 인하여 대상으로 하는 생리활성 검정 결과를 바르게 평가할 수 없는 단점이 있다. 그러나 단기에 많은 종류의 물질들을 대상으로 생리활성을 검정하기에 용이하며 물질 수준에서 효과를 검정하여 방제제로 활용하기에 앞서 농가에서 쉽게 적용할 수 있는 장점이 있다.

사균자와 원화 처리는 뿌리혹선충의 난 부화 억제효과가 다른 한약재보다 높았는데 두 한약재 추출물은 고구마뿌리혹선충의 부화 억제 효과도 높게 나타나(Elbadri *et al.*, 2008a) 뿌리혹선충류에 광범위하게 적용할 수 있을 것으로 생각된다. 한편 이들 두 한약재는 산란억제 효과와 살선충 활성이 높아 작물의 생육기에 선충의 증식이 활발한 시기에도 적용이 가능할 것으로 생각된다.

Pot 실험과 야외 실험의 결과 사균자 추출물 처리 시 뿌리혹선충의 밀도를 억제할 수 있음을 확인할 수 있었다. 야외 실험에서는 비록 대조약제로 사용한 fosthiazate에 비하여 60일째 선충 밀도가 높았으나 30일째까지 유사한 선충 밀도를 보여 경작지에서 식물체 추출물의 지속성이나 처리방법에 대한 부가적인 연구가 수행된다면 실용성을 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다. 인삼과 같이 당년에 생산을 못하는 작물들 특히 약용작물의 경우 이러한 식물체 추출물의 적용이 필요할 것으로 생각되며 단기 생장을 하는 상치나 쑥갓과 같은 엽채류의 선충 방제의 경우도 적용 가능성이 높을 것으로 생각된다. 한편 정향을 비롯한 빈랑, 사균자, 여로, 멀구슬, 생강, 백부 등의 한약재 혼합 추출물 제품 처리 시 더덕 재배지에서 뿌리혹선충의 밀도 감소와 더덕의 수량 증가가 있었다는 연구 사례(Jung and Han, 2004)가 있었는데 이와 같이 특정 한 가지 한약재 추출물 뿐만 아니라 살선충 효과를 상승시킬 수 있는 한약재의 조성에 대한 연구도 필요할 것으로 생각된다. 또한 본 연구에서 뿌리혹선충에 대한 살선충 활성이 높았던 한약재들에 대해서는 살선충 활성 물질의 규명 연구가 수행된다면 뿌리혹선충을 포함한 식물기생성선충은 물론 인축에 유해한 선충들의 구충제 개발의 기초 자료로도 활용 될

수 있을 것으로 생각된다.

사 사

뿌리혹선충의 채집과 분리 및 살선충 효과 조사 등의 실내와 야외 실험 수행에 도움을 준 경상대학교 응용생물학과 선충실험실원들에 감사한다. 식물체에 대한 정보와 채집에 도움을 준 제주도 한라수목원의 신창훈 박사께도 감사한다. 이 논문은 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원에 의해 수행한 결과이다.

Literature Cited

- Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267.
- Bae, K.H. 2000. The medicinal plants of Korea. 654 pp. Kyohak-sa. Seoul.
- Barker, K.R., P.B. Shoemaker and L.A. Nelson. 1976. Relationships of initial population densities of *Meloidogyne incognita* and *M. hapla* to yield of tomato. *J. Nematol.* 8: 232-239.
- Batabyal, L., P. Sharma, L. Mohan, P. Maurya and C.N. Srivastava. 2007. Larvicidal efficacy of certain seed extracts against *Anopheles stephensi* with reference to *Azadirachta indica*. *J. Asia-Pacific Entomol.* 10: 251-255.
- Belcher, J.V and R.S. Hussey. 1977. Influence of *Tagetes patula* and *Arachis hypogaea* on *Meloidogyne incognita*. *Plant Dis. Report* 61: 525-528.
- Birch, A.N.E., W.M. Robertson and L.E. Fellows. 1993. Plant products to control plant parasitic nematodes. *Pestic. Sci.* 39: 141-145.
- Burt, S.A. and R.D. Reinders. 2003. Antibacterial activity of selected plant essential oils against *Escherichia coli* O157:H7. *Lett. Appl. Microbiol.* 36: 162-167.
- Cho, H.J. and S.C. Han. 1983. Effects of root-knot nematode, *Meloidogyne hapla*, on growth and yield of pepper and tomato. *Kor. J. Plant. Prot.* 22: 15-20.
- Choi, Y.E. 2001. Tylenchida and Aphelenchida. *Economic Insects of Korea* 20. Ins. Koreana Suppl. 27. 392 pp.
- Choi, Y.E. and H.Y. Choo. 1978. A study on the root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) affecting economic crops in Korea. *Kor. J. Plant Prot.* 17: 89-98.
- Choi, Y.E. and S.D. Park. 1991. Biological control of root-knot nematodes on medicinal herbs. *Res. Rept. RDA.* 34: 149-154.
- Choi, Y.E. and Y.J. La. 1982. *Plant nematology.* pp.58-68. Heangmun-sa. Seoul.
- Chon, H.S., H.J. Park, S.G. Yeo, S.D. Park and Y.E. Choi. 1996. Technical development for control on soil nematodes (*Meloidogyne* spp.) of oriental melon in Plastic film house. *RDA. J.*

- Agri. Sci. 38: 401-407.
- Choo, H.Y., H.K. Kim, J.C. Park, S.M. Lee and J.I. Lee. 1987. Studies on the patterns of plastic film house, their growing conditions, and diseases and pests occurrence on horticultural crops in southern part of Korea. Insects and nematodes associated with horticultural crops and effect of nursery soil conditions on the infection of root-knot nematode. Kor. J. Plant Prot. 26: 195-201.
- de Leij, F.A.A.M., B.R. Kerry and J.A. Dennehy. 1993. *Verticillium chlamydosporium* as a biological control agent for *Meloidogyne incognita* and *M. hapla* in pot and micro-plot tests. Nematologica 39: 115-126.
- Datta, A. and N.C. Sukul. 1987. Antifilarial effect of *Zingiber officinale* on *Dirofilaria immitis*. J. Helminthol. 61: 268-270.
- Elbadri, G.A.A., D.W. Lee, J.C. Park, H.B. Yu, H.Y. Choo, S.M. Lee and T.H. Lim. 2008a. Nematicidal screening of essential oils and herbal extracts against *Bursaphelenchus xylophilus*. Plant Pathol. J. 24: 178-182.
- Elbadri, G.A.A., D.W. Lee, J.C. Park, H.Y. Choo and H.H. Kim. 2008b. Inhibition of *Meloidogyne incognita* egg hatching by herbal extracts. Kor. J. Pestic. Sci. 12: 155-161.
- Eriksson, B. 2008. Our early stars. pp17-32. In Webster, J.M., K.B. Eriksson and D.G. McNamarh (Eds). An anecdotal history of nematology. Pensoft Publishers. Sofia.
- Ha, P.J., T.S. Kim, S.H. Lee, H.Y. Choo, S.H. Choi, Y.S. Kim and D.W. Lee. 2010. Effect of neem and mustard oils on entomopathogenic nematodes and silkworm. Kor. J. Pestic. Sci. 14: 54-64.
- Ishizaki, T., K. Kato, M. Kumada, T. Takemoto, T. Nakajima, N. Takagi and K. Koike. 1973. Effects of quisqualic acid upon *Ascaris suum* in vitro in comparison with those of kainic acid, alphanalokainic acid and pyrantel palmoate. Japanese J. Parasitol. 22: 181-186.
- Joshi, S.G. 2000. Medical plants. 144 pp. Oxford and IBH Publishing Co. New Delhi.
- Jung, D.C. and S.C. Han. 2004. Biological control of the northern root-knot nematode, *Meloidogyne hapla* in the fields of *Codonopsis lanceolata*. Kor. J. Appl. Entomol. 43: 27-34.
- Kamaraj, C., A.A. Rahuman and A. Bagavan. 2008. Antifeedant and larvicidal effects of plant extracts against *Spodoptera litura* (F.), *Aedes aegypti* L. and *Culex quinquefasciatus* Say. Parasitol Res. 103: 325-331.
- Kim, D.J. and K.J. Choi. 2001. Effects of incorporation method of nematicides on reproduction of *Meloidogyne arenaria*. Kor. J. Appl. Entomol. 40: 89-95.
- Kim, E.H., H.K. Kim and Y.J. Ahn. 2003. Acaricidal activity of clove bud oil compounds against *Dermatophagoides farinae* and *Dermatophagoides pteronyssinus* (Acari: Pyroglyphidae). J. Agric. Food Chem. 51: 885-889.
- Kim, H.H., H.Y. Choo, C.G. Park, S.M. Lee and J.B. Kim. 1998a. Biological control of the northern root-knot nematode, *Meloidogyne hapla* with plant extract. Kor. J. Appl. Entomol. 37: 199-206.
- Kim, H.H., H.Y. Choo, C.G. Park, J.J. Lee and D.Y. Jeong. 1998b. Antagonistic plant survey for the biological control of root-knot nematodes in greenhouses. Kor. J. Appl. Entomol. 37: 91-95.
- Kim, J.I., and S.C. Han. 1988. Effect of solarization for control of root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) in vinyl house. Kor. J. Appl. Entomol. 27: 1-5.
- Kim, N.I., S.D. Won and I.S. Yeo. 1999. Donguibogam reading to one book. 1087pp. Deulnyeok. Seoul.
- Kong, J.O., S.M. Lee, Y.S. Moon, S.G. Lee and Y.J. Ahn. 2006. Nematicidal activity of plant essential oils against *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae). J. Asia-Pacific Entomol. 9: 173-178.
- Korean society for the medicinal plant research. 2004. Synthetic medicinal plant. 331pp. Hakchang-sa. Seoul.
- Kwon, Y.H. 1977. Medicinal plant. 184pp. Junwan munhaw-sa. Seoul.
- Lee, D.W., H.C. Choi, T.S. Kim, J.K. Park, J.C. Park, H.B. Yu, S.M. Lee and H.Y. Choo. 2009. Effect of some herbal extracts on entomopathogenic nematodes, silkworm and ground beetles. Kor. J. Appl. Entomol. 48: 335-345.
- Lee, D.W., S.M. Lee, S.H. Lee and H.Y. Choo. 2010. Nematicidal activity of some herbal extracts against the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. Kor. J. Soil Zool. 14: 43-49.
- Lim, J.R., C.Y. Hwang, D.H. Kim and J.S. Choi. 2006a. Screening of medicinal plants to suppress population of *Meloidogyne hapla* in *Codonopsis lanceolata* Trautv. Kor. J. Appl. Entomol. 45: 339-346.
- Lim, J.R., C.Y. Hwang, J. Ryu and Y.G. Choi. 2006b. Some medicinal plants suppressed reproduction of *Meloidogyne hapla* on *Codonopsis lanceolata* Trautv. Kor. J. Appl. Entomol. 45: 347-355.
- Lim, J.R., C.Y. Hwang, J.Y. Kim, C.B. Park, D.H. Kim, J.S. Choi and B.K. Choo. 2005. Occurrence of plant parasitic nematodes in *Codonopsis lanceolata* field and its damaged by *Meloidogyne hapla*. Kor. J. Appl. Entomol. 44: 317-323.
- Lim, S.H., Y.Z. Zhu, 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. Pestic. Sci. 8: 353-357.
- Lin, T.C., Y.T. Ma, J.D. Wu and F. Ling. 1997. Tannin and related compounds from *Quisqualis indica*. J. Chin. Chem. Soc. 44: 151-155.
- Murthy, P.K., S.K., Joseph and S.R. Murthy. 2011. Plant products in the treatment and control of filariasis and other helminth infections and assay systems for antifilarial/anthelmintic activity. Planta Med. 77: 647-661.
- Mun, G.S. 1984. Utilization and component of medicinal plant. 755pp. Ilwalseogak. Seoul.
- Narasimhan, S., S. Kannan, K. Ilango and G. Maharajan. 2005.

- Antifeedant activity of *Momordica dioica* fruit pulp extracts on *Spodoptera litura*. *Fitoterapia* 76: 715-717.
- Öztürk, A. and H. Özbek. 2005. The anti-inflammatory activity of *Eugenia caryophyllata* essential oil: an animal model of anti-inflammatory activity. *Eur. J. Gen. Med.* 2: 159-163
- Park, S.D., D.C. Yeon, K.C. Jung, S.D. Park, D.W. Choi and Y.E. Choi. 1992. Nematodes associated with medicinal herbs. *Kor. J. Appl. Entomol.* 31: 396-415.
- Park, S.D., S.D. Park, T.Y. Kwon, B.S. Choi, W.S. Lee and Y.E. Choi. 1995. Study on integrated against root-knot nematode of fruit vegetables (Oriental melon and cucumber) in vinyl house. *Kor. J. Appl. Entomol.* 34: 75-81.
- Pérez, E.E. and E. E. Lewis. 2002. Use of entomopathogenic nematodes to suppress *Meloidogyne incognita* on greenhouse tomatoes. *J. Nematol.* 34: 171-174.
- Perry, R.N., M. Moeus and J.C. Starr. 2009. Root-knot nematodes. 488pp. CAB International. Wallingford.
- Prakash, A. and J. Rao. 1997. Botanical pesticides in agriculture. 461pp. CRC Press Inc. Boca Raton.
- SAS Institute Inc. 1996. "SAS 6.11 for Windows." SAS Institute, Cary, NC.
- Shurtleff, M.C and C.W. Averre. 2000. Diagnosing plant diseases caused by nematodes. 187pp. APA Press. St. Paul.
- Singh, N., P. Khatri, K. C. Samantha and R. Damor. 2010. Antipyretic activity of methanolic extract of leaves of *Quisqualis indica* Linn. *IJPRD.* 2: 122-126.
- Stirling, G.R., R.D. Sharma and J. Perry. 1990. Attachment of *Pasteuria penetrans* spores to the root knot nematode *Meloidogyne javanica* in soil and its effects on infectivity. *Nematologica* 36: 246-252.
- Taylor, A.L. and J.N. Sasser. 1978. Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp). 111 pp. North Carolina State University Graphics. Raleigh, USA.
- Wetwitayaklung, P., C. Limmatvapirat, T. Phaechamud and S. Keokitichai. 2007. Kinetics of acetylcholinesterase inhibition of *Quisqualis indica* Linn. flower extract. *Silpakorn Univ. Science & Tech. J.* 1: 20-28.
- 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 Sic.* 20: 331-338.
- Yang, Y.C., S.H. Lee, W.J. Lee, D.H. Choi and Y.J. Ahn. 2003. Ovicidal and adulticidal effects of *Eugenia caryophyllata* bud and leaf oil compounds on *Pediculus capitis*. *J. Agric. Food Chem.* 51: 4884-4888.
- Zasada, I.A., H. Ferris and L. Zheng. 2002. Plant source of chinese herbal remedies: laboratory efficacy, suppression of *Meloidogyne javanica* in soil, and phytotoxicity assays. *J. Nematol.* 34: 124-129.