

## 몇 가지 한약재 추출물이 곤충병원성선충과 누에 및 먼지벌레에 미치는 영향

이동운<sup>1</sup> · 최현철<sup>2</sup> · 김태수<sup>1</sup> · 박종균<sup>1</sup> · 박정찬 · 유황빈 · 이상명<sup>3</sup> · 추호렬\*

경상대학교 응용생명과학부(BK21), <sup>1</sup>경북대학교 생물응용학과, <sup>2</sup>(주)영일케미칼, 농업생명과학연구원, <sup>3</sup>국립산림과학원 남부산림연구소

## Effect of Some Herbal Extracts on Entomopathogenic Nematodes, Silkworm and Ground Beetles

Dong Woon Lee<sup>1</sup>, Hyeon Cheol Choi<sup>2</sup>, Tae Su Kim<sup>1</sup>, Jong Kyun Park<sup>1</sup>, Jung Chan Park, Hwang Bin Yu, Sang Myoung Lee<sup>3</sup> and Ho Yul Choo\*

Division of Applied Life Science (BK21), Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam, 660-701

<sup>1</sup>Department of Applied Biology, Kyungpook National University, Sangju, Kyungpook, 742-711

<sup>2</sup>Young Il Chemical Co., LTD., Sungnam, Gyunggi, 463-050

<sup>3</sup>Southern Forest Research Center, Korea Forest Research Institute, Jinju, Gyeongnam, 660-300, Republic of Korea

**ABSTRACT** : Effect of four nematicidal herbal extracts (*Daphne genkwa*, *Eugenia caryophyllata*, *Quisqualis indica* and *Zingiber officinale*) and 3 acricidal herbal extracts (*Pharbitis nil*, *Xanthium strumarium*, and *Desmodium caudatum*) on entomopathogenic nematodes [*Steinernema carpocapsae* Pocheon strain (ScP) and *Heterorhabditis* sp. Gyeongsan strain (HG)], silkworm (*Bombyx mori*), and ground beetles (*Synuchus* sp.) were investigated in the laboratory and field. *D. genkwa* was highly toxic to ScP and HG (100% mortality) at the concentration of 5,000 ppm in X-plate. All the infective juveniles of HG were dead after 3 days by *E. caryophyllata* and *Q. indica*. The mortality of ScP and HG was below 10% by *D. genkwa*, *D. caudatum*, *E. caryophyllata*, *Q. indica* and *Z. officinale* at the concentration of 1,000 ppm two days after treatment while mortality of HG was 62.8% by *D. genkwa* at the concentration of 1,000 ppm in X-plate. However, 1,000 ppm had not effect on nematode survival and pathogenicity of ScP in sand column. On the contrary, *E. caryophyllata* had effect on pathogenicity of HG. Mean number of dead *Galleria mellonella* larva of HG was 0.5 in *E. caryophyllata* treatment. *Q. indica* did not effect silkworm reared on mulberry leaves at the treatment of 1,000 ppm in 10 days after treatment. However, there were 20.0 and 100% mortalities in the treatment of *D. genkwa* 3 and 10 days after treatment, respectively. The weight of silkworm was low in *D. genkwa* and did not pupate. The weight of pupa and cocoon were not different in *E. caryophyllata*, *P. nil*, *Q. indica*, *X. strumarium* and *Z. officinale*. *D. genkwa*, *E. caryophyllata*, *P. nil*, *Q. indica* and *Z. officinale* had no effect on ground beetles, *Synuchus* sp. in forest soil.

**KEY WORDS** : Herbal extracts, Environmental friendly agricultural materials, Entomopathogenic nematode, Silkworm, Ground beetles, Safety

**초 록** : 살선충 활성을 지닌 4종의 약용식물, 원화(팔꽃나무: *Daphne genkwa*), 정향(*Eugenia caryophyllata*), 사군자(*Quisqualis indica*) 및 건강(생강: *Zingiber officinale*)과 살비활성을 가진 흑축(나팔꽃: *Pharbitis*

\*Corresponding author. E-mail: hychoo@gnu.ac.kr

*nil*), 창이자(도꼬마리: *Xanthium strumarium*), 청주향(된장풀: *Desmodium caudatum*) 추출물을 이용하여 천적 미생물인 곤충병원성 선충 [*Steinernema carpocapsae* 포천계통(ScP)과 *Heterorhabditis sp.* 경산계통(HG)], 유용곤충인 누에(*Bombyx mori*) 및 환경지표종인 먼지벌레(*Synuchus sp.*)에 미치는 영향을 조사하였다. 실내 X-plate에서 한약재 추출물 5,000 ppm 처리에서는 원화의 경우 두 선충 모두 처리 3일 후 100% 치사되었고, HG는 정향과 사군자 처리에서 100% 치사되었다. 1,000 ppm 농도에서는 두 선충 모두 처리 2일 후까지 10% 이하의 낮은 치사율을 보였으며 원화 처리에서 HG선충이 62.8%의 치사율을 보였다. Sand column 검정에서 1,000 ppm 농도의 한약재 추출물 처리는 ScP 선충의 생존과 병원성에 차이를 보이지 않았으나 HG선충은 정향 추출물 처리에서 가장 낮은 병원성을 보여 0.5마리의 꿀벌부채명나방 유충만을 치사시켰다. 원화, 정향, 사군자, 흑측, 창이자, 건강이 누에의 생존에 미치는 영향에서는 원화 추출물을 처리한 병잎을 급상한 처리구에서는 급상 3일 후에 20%의 치사율을 보였고, 10일째에는 모든 누에가 치사되어 고치와 번데기를 형성하지 못하였다. 누에의 체중도 원화 처리구에서 가장 낮았으며 원화 처리를 제외한 모든 추출물 처리에서는 누에 번데기의 무게와 고치무게가 무처리구와 차이가 없었다. 원화, 정향, 사군자, 흑측, 건강은 먼지벌레에 영향을 미치지 않았다.

**검색어** : 한약재 추출물, 친환경 농자재, 곤충병원성선충, 누에, 먼지벌레, 안전성

작물의 품종개발이나 화학비료의 사용, 농약의 개발과 이용에 의해 농업생산성의 증대를 가져왔으나 부수적으로 잔류독성이나 농업생태계의 교란, 저항성의 출현과 같은 문제를 도출시켰다(Kim, 2005). 특히 해충의 경우 농약일변도의 방제로 인하여 잠재곤충의 해충화나 곤충상의 단순화, 자연계의 평행 파괴와 같은 문제들을 야기하고 있고, 이러한 문제를 능동적으로 극복하기 위하여 곤충병원미생물이나 곤충병원성선충, 페로몬, 식물체 유래 살충물질과 같은 생물농약이 대체수단으로 강구되고 있다(Menn and Hall, 1999). 특히 식물살충제들은 포유동물에 대한 낮은 독성과 낮은 해충 저항성 출현 위험성, 비표적 해충에 대한 낮은 위험성, 비싸지 않은 가격 등의 장점을 갖추고 있어(Prakash and Rao, 1996) 지상부 해충은 물론 지하부 해충이나 식물기생 선충의 방제 인자로 활용하고자 하는 연구들이 활발히 수행되고 있는데(Hackney and Dickerson, 1975; Hiremath et al., 1995; Alexander and Waldenmaier, 2002; Zasada et al., 2002; Kong et al., 2006; Elbadri et al., 2008a, b; Ranger et al., 2009) pyrethrum이나 rotenone과 같은 식물체 유래 살충 물질들은 160여 년 전부터 상업화되어 이용되고 있으며(Isman, 1999) 님(neem) 유래 식물살충제는 세계 39개국에서 150종 이상의 제품이 생산되고 있다(Koul, 2004).

우리나라에서는 한약재 유래 병해충 방제용 활성물질의 탐색에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있는데(Chun et

al., 1999; Lee et al., 2000; Elbadri et al., 2008a, b) 이러한 결과들을 바탕으로 다양한 친환경 농자재들이 시판되고 있다. 본 실험에 이용한 팔꽃나무(*Daphne genkwa*)와 정향나무(*Syzygium aromaticum*), 사군자(*Quisqualis indica*) 및 생강(*Zingiber officinale*)은 식물기생성 선충에 살선충 활성이 있는 한약재이고(Elbadri et al., 2008a, b), 나팔꽃(*Pharbitis nil*)과 도꼬마리(*Xanthium strumarium*)는 점박이용애에 대하여 살비활성을 가지는 한약재인데(Unpublished data) 정향나무나 생강, 도꼬마리는 살충활성도 가지고 있다(Prakash and Rao, 1997; Gokce et al., 2006). 팔꽃나무는 생약으로는 주로 꽃봉오리를 약으로 사용하는데 꽃에 genkwanin, apigenin 등이 함유되어 있고, 정향나무는 생약으로 미개화 꽃봉오리를 사용하고 phenylpropanoid 계열의 eugenol이 다량 함유되어 있다. 사군자는 천연살충제로 사용하고 있는 약용 식물이며, 생강에는 gingerol, zingiberone, zingiberol, shogaol 등이 함유되어 있다. 나팔꽃의 씨앗에는 pharbitin이나 gallic acid, nilic acid 등이 함유되어 있고, 도꼬마리 열매에는 xanthinin이나 xanthanol, isoxanthanol 등이 함유되어 있다. 된장풀(*Desmodium caudatum*)은 swertisin, canavanine 등을 함유하고 있는데 제주지역에서는 구더기 방지용으로 이용되어온 식물체이다(Bae, 2000).

친환경자재는 화학 비료나 농약을 투여하지 않고 작물의 생장을 촉진하거나 병충해를 방제할 수 있는 농자재로, 식물체 추출물이나 천연자원 가공물질 등이 이에

속하는데 작물에 직접적으로 영향을 주지 않더라도 자연적이고 친환경적으로 작물의 성장에 도움이 되는 것들도 친환경자재에 포함될 수 있다. 그러나 친환경자재 역시 병충해를 방제할 수 있는 농자재이기 때문에, 누에나 꿀벌과 같은 유용곤충이나 천적이거나 비표적 생물에 악영향을 미칠 수도 있다.

대표적인 식물유래 살충물질인 님(neem)의 경우도 무당벌레에 대해 농도 의존적 치사율을 보여 님이 비표적 천적에 대해 영향을 미친다고 하였고(Banken and Stark, 1997), Stark (2004)도 님이 비표적 생물에 유해하다고 하여 식물유래 살충활성제제들이 유용생물이나 비표적 생물에 유해함을 제시하였다. 우리나라에서는 살충이나 살선충 또는 살비활성을 가지는 식물체나 식물체 추출물 또는 친환경 농자재가 비표적 생물이나 천적 등에 미치는 영향을 연구한 사례가 매우 적는데 Yu et al. (2006)은 일부 친환경농자재들이 기생성 천적곤충에 유해함을 보고하였고, Hwang et al. (2009)은 멀구슬과 고삼이 포함된 친환경 농자재가 포식성 천적인 이리응애류에 영향을 미친다고 하였다.

곤충병원성 선충은 농작물의 해충에 대하여 환경오염이나 부작용 없이 해충의 밀도를 감소시킬 수 있는 활용가치가 높은 생물적 방제용 병원성 천적으로(Nickle, 1984) 기주범위가 넓고, 기주탐색 능력이 뛰어나며 기주에 따라 높은 병원성과 48시간 이내에 기주를 치사시키는 신속한 효과를 갖고 있어, 수목류의 식엽성 해충은 물론 토양이나 과실 내 농약 잔류 문제 등으로 인해 농약 사용에 제한을 받는 경우에 매우 유용하며 인축에 대해 안전하기 때문에 환경친화적 해충방제수단으로 널리 활용되고 있다(Gaguler and Kaya, 1990). 현재 우리나라에서도 두 종의 선충이 생물적 방제인자로 상용화되어 시설재배지 해충방제를 중심으로 활용되고 있다.

누에(*Bombyx mori*)는 의류 소재로서 견사를 생산하는 것 이외에도 비의류 소재로서 비누나 화장품과 같은 천연미용재료, 동충하초와 같은 기능성식품의 원료, 실험동물이나 생물자원으로서 이용 등 다양한 산업적 가치를 가지고 있는 곤충이다(Nam and Ma, 2000). 누에는 환경변화에 의한 스트레스와 농약에 의한 피해를 많이 받는 곤충으로 개발 또는 상용화 되어 있는 모든 농약들은 누에에 대한 영향을 조사하고, 이를 고지하고 있다.

지표 보행성 딱정벌레인 먼지벌레(*Carabidae*)는 환경오염이나 서식처의 질적 변화와 같은 환경변화의 지표종으로 활용되고 있는데(Descender et al., 1994) 우리나라 산지에서도 보편적으로 서식하는 종으로 특히 *Synuchus*

속의 윤납작먼지벌레(*S. nitidus*)와 붉은칠납작먼지벌레(*S. cycloderus*)가 우점종이다(Lee and Lee, 1995; Kubota et al., 2001; Kwon et al., 2003; Yeon et al., 2005).

따라서 본 연구는 살선충 및 살충, 살비 활성을 가지고 있어 친환경자재로서 이용 가능성이 있는 7종의 약용식물 추출물이 자원곤충인 누에와 생물적 방제용 병원미생물인 곤충병원성 선충, 그리고 환경지표종인 먼지벌레에 미치는 영향에 대해 알아보려고 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 한약재 추출

실험에 이용한 한약재들은 팔꽃나무의 꽃봉오리인 원화와 정향나무의 꽃봉오리인 정향, 사군자의 종자인 사군자와, 생강의 뿌리줄기인 건강, 나팔꽃의 씨인 흑축, 도꼬마리의 열매인 창이자, 된장풀의 가지와 잎인 청주향을 이용하였는데 된장풀은 제주도 서귀포의 자생지에서 채취하여 이용하였으며 나머지 한약재는 서울 경동시장의 한약 건재상에서 수입산을 구입하여 이용하였다.

각 한약재들의 추출을 위하여 준비된 식물체들은 실험실 실내에서 1~2주 동안 음건하여 건조시킨 뒤, 가정용 믹서기(Hanil HMF-370, Korea)를 이용하여 고운 분말이 될 때까지 분쇄하여 3 mm 체로 체질을 하였다. 식물체들 중 건강과 된장풀은 methyl alcohol 추출법으로 추출하였고, 열매부분을 이용하는 원화와 정향, 사군자, 흑축, 창자지는 hexane 추출법을 이용하여 추출하였다.

Methyl alcohol 추출은 식물체 분말 100 g을 계량하여 500 ml Erlenmeyer flask에 넣고, 시료가 잠길 때까지 methyl alcohol을 부었다. 그리고 실온에 48시간 동안 정치시키고, 여과지(Sanyo 90 mm Ø, No 2, Japan)로 이용하여 고형물을 걸러내고, 액상물은 500 ml 둥근 플라스크에 넣었다. 고형물은 다시 500 ml Erlenmeyer flask에 넣고, 메탄올이 잠길 때까지 넣은 다음 동일한 방법으로 액상물을 수집하였는데 3차례에 걸쳐 수행하였다. 액상물이 담긴 플라스크는 Rotary vacuum evaporator (EYELA, N-12, Japan)를 이용, 감압 농축하여 시료를 정제한 뒤 10 ml glass vial에 담아 수율을 계산하고, 4°C에서 냉장보관 하였다.

Hexane 추출은 식물체 분말 100 g을 계량하여 500 ml

Erlenmeyer flask에 넣고, 시료가 잠길 때까지 hexane을 부었다. 그리고 실온에 48시간 동안 정치시키고, 여과지(Sanyo 90 mm Ø, No 2, Japan)를 이용하여 고형물을 걸러내고, 액상물은 500 ml 라운드 플라스크에 넣었다. 고형물은 다시 500 ml Erlenmeyer flask에 넣고, hexane이 잠길 때까지 넣은 다음 동일한 방법으로 액상물을 수집하였는데 3차례에 걸쳐 수행하였다. 액상물이 담긴 플라스크는 Rotary vacuum evaporator (EYELA, N-12, Japan)를 이용 감압 농축하여 시료를 정제하여 10 ml glass vials에 담아 수율을 계산하고, 4°C 냉장보관을 하였다. 각 한약재 추출물의 수율은 원화가 3.7%, 정향이 22.3%, 사군자가 12.1%, 건강이 7.0%, 흑축이 11.4%, 창이자가 9.8%, 된장풀이 17.2%였다.

## 실험 공시충

### 곤충병원성 선충

곤충병원성 선충은 국내에서 시판되고 있는 *Steinernema carpocapsae* GSN-1 계통(ScP)과 *Heterorhabditis* sp. Gyeongsan 계통(Hg)을 꿀벌부채명나방(*Galleria mellonella*)에서 증식시켜 실험에 이용하였는데 수확한지 2주 이내의 건강한 선충을 이용하였다.

곤충병원성 선충의 기주로 사용한 꿀벌부채명나방 유충은 2005년 야외에서 채집한 야생 개체를 경상대학교 응용생물환경학과 선충실험실에서 Woodring과 Kaya (1988)의 방법을 응용하여 사육한 것을 실험에 이용하였다. 실험에 이용한 꿀벌부채명나방 체중은 180~200 mg이었다.

### 누에

경상북도 농업기술원에서 분양받은 백옥잠을 경북대학교 상주캠퍼스 부속농장 잠실에서 3령 까지 일반 뽕잎을 급상시켜 사육 한 뒤 한약재 추출물이 처리 된 뽕잎을 용화 될 때까지 급상 하였다.

### 먼지벌레

경남 진주시 가좌동의 남부산림연구소 가좌시험림에서 pit fall 트랩을 이용하여 먼지벌레를 채집하였는데 직경 9 cm의 플라스틱 용기에 부동액과 고등어 등을 넣어 유인하여 채집하였다. 채집된 먼지벌레는 먹이와 함께 플라스틱 용기(55 cm × 35 cm × 20 cm)에 넣어 상온(24 ± 0.5°C)에서 사육하였다. 동종포식 및 자연 치사율을 줄이기 위하여 채집한 후 2일 이내 실험에 사용하였다.

## 곤충병원성 선충에 미치는 영향

### X-Plate 실험

원화와 정향, 사군자, 건강, 된장풀의 한약재 추출액을 2,000 ppm, 10,000 ppm으로 희석하여 사용하였는데 추출액 1 g 당 3 ml의 메탄올을 첨가하여 시료를 녹인 후 살균수를 첨가하여 사용하였다. 희석 된 추출물은 X-plate에 각각 3 ml씩 넣고, 각각의 cell에 곤충병원성 선충, ScP와 HG 300마리를 3 ml씩 피펫으로 처리하였다. 5,000 ppm 처리구는 처리 3일후에 조사하였으며 1,000 ppm 처리구는 3일째까지 매일 현미경을 이용하여 치사 유무를 조사하였다. 치사된 개체는 핀으로 건드려 반응이 없는 것을 확인한 후 치사유무를 판정하였다(Kaya and Stock, 1997; Lee *et al.*, 1999). 무처리구는 한약재 추출물 처리구와 동일한 조건으로 메탄올을 처리 한 후 X-plate에 각각 3 ml씩 넣고, 선충을 접종하였으며 4반복으로 처리하였다.

### Sand column 실험

Sand column 실험은 직경 2.5 cm, 높이 3 cm 파이프의 2.5 cm 지점에 2 mm 간격의 철망을 고정시킨 용기를 이용하여 실험을 수행하였다. 살균시켜 건조시킨 모래를 살균수를 이용하여 수분을 10%로 조절한 후, 용기의 철망 아랫부분에 꿀벌부채명나방 노숙유충을 5마리 넣고, 모래를 채운 뒤, 용기 외부로 탈출을 막기 위하여 뚜껑을 끼웠다. 용기의 위부분에는 수분 10% 함유한 모래를 가득 채운 후, 용기를 한 개 더 연결시키고, 여기에도 수분 10% 함유한 모래를 가득 채웠다. 위 쪽 용기의 상부에 X-plate 실험과 동일 한 방법으로 희석한 한약재 추출물을 2,000 ppm 농도로 조절하여 추출물 0.5 ml에 500마리 농도로 조절한 곤충병원성 선충 0.5 ml를 혼합해 넣은 뒤 sand column 위에 살포하고, 72시간 후에 sand column내 선충수와 꿀벌부채명나방의 치사유무 등을 조사하였다. 각각의 용기 내부 모래에 존재하는 선충은 Baermann 깔대기 방법으로 분리하여 살아있는 선충수를 조사하였으며 꿀벌부채명나방 유충의 치사유무를 조사한 후 유충을 해부하여 몸속에 있는 침입선충수도 조사하였다. 한 개의 용기를 한 반복으로 3반복 처리하였으며 대조구는 살균수에 한약재 추출물 처리 시와 동일한 농도의 메탄올을 처리하여 살포하였다.

### 누에에 미치는 영향

X-plate 실험과 동일 한 방법으로 희석한 1,000 ppm

농도의 한약재 추출물(원화, 정향, 사군자, 흑축, 창이자, 건강)을 한 가지 당 10-15엽이 달려있는 뽕나무에 가정용 스프레이로 살포한 후, 수분을 제거하기 위해 30분간 음건시켰다. 음건시킨 잎들은 모두 가지에서 떼어낸 뒤 가정용 지퍼팩에 넣은 후, 경북대학교 상주캠퍼스 부속농장 잠실의 지하창고에 보관하였다. 무처리구는 한약재 추출물 처리와 동일한 농도의 메탄올을 물에 첨가하여 살포한 뒤 음건시켜 이용하였으며 4령 1일째부터 10일간 하루 3번씩 급상하였는데 누에의 생육 상황을 고려하여 양을 조절하여 급상하였다. 누에의 사육은 25 cm × 30 cm 크기의 플라스틱 바구니에 신문지 두 장을 깔고, 각각의 한약재 추출물을 처리한 뽕잎을 넣고, 4령 1일째의 누에 15마리씩을 넣은 후, 번데기가 되기 전까지 한약재 추출물을 처리한 뽕잎을 급상하였다. 5령 1일째 각각의 유충 무게를 조사하였으며 고치 형성 후 고치무게와 번데기 무게를 조사하였다. 실험은 누에 15마리를 한 반복으로 3반복 수행하였다.

### 먼지벌레에 미치는 영향

한약재 추출물(원화, 정향, 사군자, 흑축, 건강)이 먼지벌레에 미치는 영향은 먼지벌레를 채집한 남부산림연구소 가좌시험림에서 수행하였다. 스티로폼 용기(55 × 35 × 20 cm)를 토양에 5 cm 깊이로 묻은 후, 산지의 표면토양과 높이가 같도록 스티로폼 용기 내에 2-3 cm 정도의 토양을 넣었다. 토양이 들어있는 용기 내에 각 처리구 당 먼지벌레(*Synuchus* sp.) 10마리씩을 방사하고, 각 처리구 당 X-plate 실험과 동일 한 방법으로 희석한 1,000 ppm 농도로 희석시킨 각각의 약용식물 추출액 50 ml씩을 가정용 스프레이로 살포하였다. 무처리구는 살균수에 한약재추출물 처리에 사용한 양과 동일한 농도의 메탄올을 첨가하여 처리하였다. 실험은 3반복으로 실시하였으며, 치사율 조사는 처리 후 5일 동안 매일 조사하였다.

### 통계분석

X-plate에서 한약재 추출물이 곤충병원성선충에 미치는 영향과 한약재 추출물이 누에와 먼지벌레의 생존에 미치는 영향은 치사율을 구하여 arcsin√ 변환하여 Tukey's Studentized Range Test로 처리평균간 차이를 검정(PROC ANOVA)하였으며 sand column내에서 곤충병원성 선충의 생존수와 꿀벌부채명나방 치사충수, 꿀벌

부채명나방 유충 체내 정착 선충수, 누에 유충과 번데기 및 고치 무게는 Tukey's Studentized Range Test로 처리평균간 차이를 검정(PROC ANOVA)하였다(Cho, 2006).

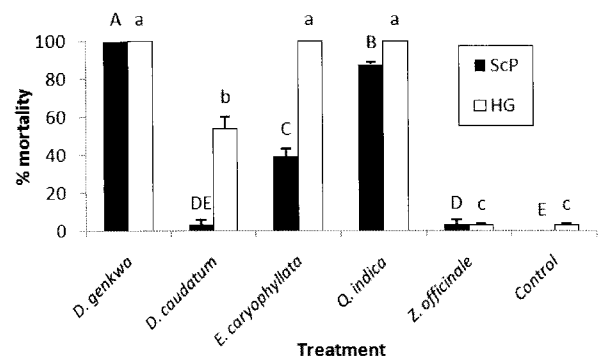
## 결 과

### 약용 식물 추출물이 곤충병원성 선충에 미치는 영향

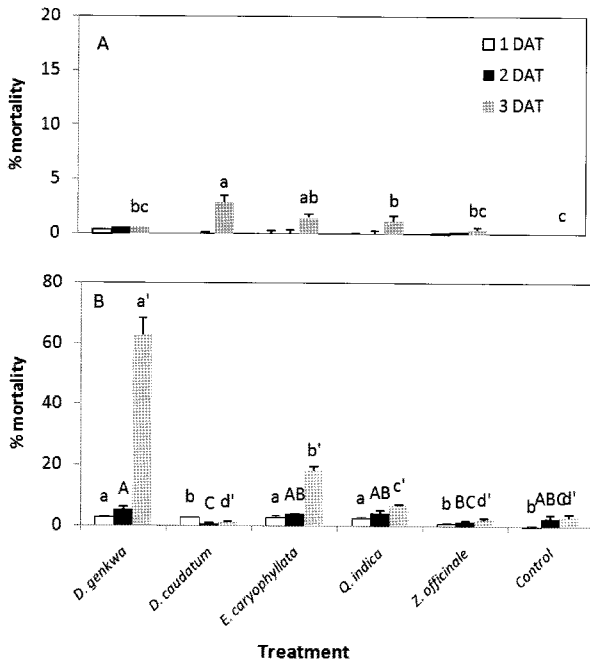
#### X-plate 실험

5종의 약용식물 추출액을 곤충병원성 선충에 처리한 결과, 처리 추출물에 따라 곤충병원성 선충의 생존에 미치는 영향에 차이가 있었다.

5,000 ppm 처리에서는 ScP의 경우 원화 추출물 처리에서 처리 3일 후 100% 치사하였으며 사군자에서도 높은 치사율을 보였다(Fig. 1). 반면 된장풀과 건강처리에서는 낮은 치사율을 보였다(df=5, 18, F=307.7, P<0.0001). HG는 원화와 된장풀, 사군자 추출물 처리 모두에서 100% 치사하였고, ScP에서는 낮은 치사율을 보였던 된장풀 처리에서도 53.7%의 치사율을 보였다(df=5, 18, F=471.3, P<0.0001). 1,000 ppm 농도의 현탁액에 곤충병원성선충을 처리 하였을 때에는 5,000 ppm 처리에 비하여 현저히 낮은 치사율을 보였다(Fig. 2). ScP의 경우 처리 1일째와 2일째에는 무처리구와 치사율에 차이가 없었고, 처리 3일째에만 차이를 보였는데 가장 높은 치사율을 보인 된장풀 처리에서도 2.9%의 매우 낮은



**Fig. 1.** Mean mortalities (%) of entomopathogenic nematodes, *Steinernema carpocapsae* GSN-1 strain (ScP) and *Heterorhabditis* sp. Gyeongsan strain (HG) by different herbal extracts at 5,000 ppm after 3 days of exposure in X-plate. The same lower and upper case letters above the bars in each treatment indicate no significant difference among the means (Tukey's Studentized Range Test at P<0.0001).



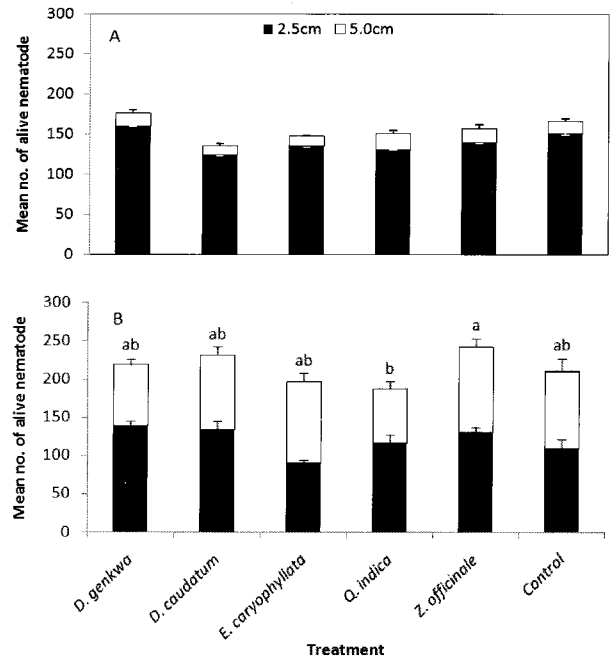
**Fig. 2.** Mean mortalities (%) of entomopathogenic nematodes, *Steinernema carpocapsae* GSN-1 strain (A) and *Heterorhabditis* sp. Gyeongsan strain (B) by different herbal extracts at 1,000 ppm after 1, 2 and 3 days of exposure in X-plate. The same letters above the bars in each treatment days indicate no significant difference among the means (Tukey's Studentized Range Test at  $P < 0.0001$ ).

치사율을 보였다( $df=5, 18, F=8.1, P < 0.0004$ ). HG의 경우도 처리 1일째와 2일째에는 5.3%이하의 낮은 치사율을 보였고, 처리 3일째에는 원화 처리에서 62.8%의 치사율을 보였다( $df=5, 18, F=99.9, P < 0.0001$ ).

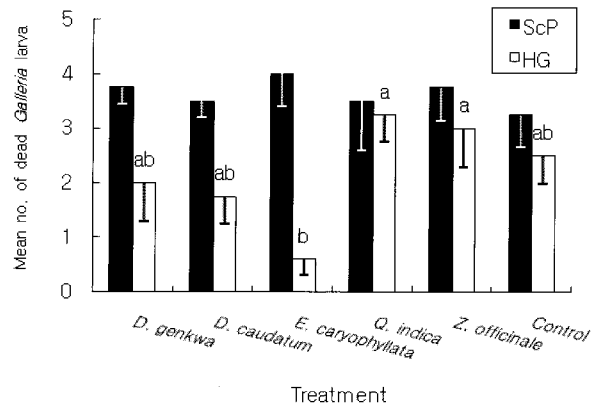
**Sand column 실험**

한약재 추출물이 선충의 토양 내 이동에 미치는 영향을 알아보기 위하여 sand column 내에서 토양 깊이별 선충의 생존수를 알아본 결과, ScP는 무처리구와 생존수에 차이가 없었으며 대부분 0-2.5 cm 이내의 표면층에 서식하였다(Fig. 3A). 반면 HG는 사군자 처리에서 생존 선충수가 적었으며( $df=5, 18, F=3.6, P < 0.0192$ ) 0-2.5 cm 구간과 2.5-5 cm 두 구간에 분산되어 분포하고 있었다(Fig. 3B),

Sand column내에서 한약재 추출물이 곤충병원성 선충의 병원성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 꿀벌부채명나방 유충의 치사충 수를 조사한 결과, Fig. 4와 같이 ScP처리에서는 한약재 추출물 처리가 병원성에 영향을 주지 않았으나 HG는 정향처리에서 0.5마리의 평균 치사충수를 보여 3.3마리의 치사충 수를 보인 사군



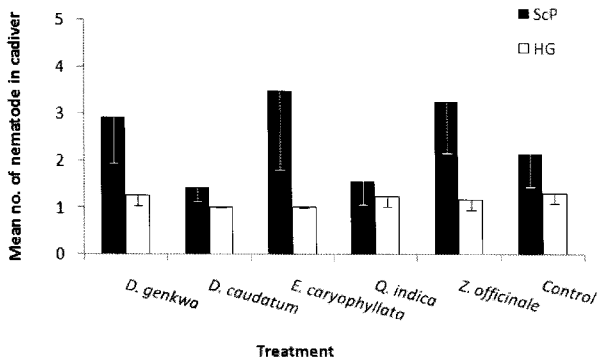
**Fig. 3.** Effects of 1,000 ppm herbal extracts on survival of entomopathogenic nematodes, *Steinernema carpocapsae* GSN-1 strain (A) and *Heterorhabditis* sp. Gyeongsan strain (B) after 3 days of inoculation in sand column. In each treatment 500 nematodes were used. The same lower case letters above the bars in each treatment indicate no significant difference among the means (Tukey's Studentized Range Test at  $P < 0.0001$ ).



**Fig. 4.** Effects of 1,000 ppm herbal extracts on pathogenicity of entomopathogenic nematodes, *Steinernema carpocapsae* GSN-1 strain (ScP) and *Heterorhabditis* sp. Gyeongsan strain (HG) on *Galleria mellonella* larvae after 3 days of inoculation in sand column. The same lower case letters above the bars in each treatment indicate no significant difference among the means (Tukey's Studentized Range Test at  $P < 0.0001$ ).

자 처리와 차이가 있었다( $df=5, 18, F=3.3, P < 0.0267$ ).

꿀벌부채명나방 유충 체내에 정착한 곤충병원성 선충수는 ScP의 경우 정향과 건강에서 3.5, 3.3마리로 된장



**Fig. 5.** Effects of 1,000 ppm herbal extracts on establishment of entomopathogenic nematodes, *Steinernema carpocapsae* GSN-1 strain (ScP) and *Heterorhabditis* sp. Gyeongsan strain (HG) in *Galleria mellonella* larvae after 3 days of inoculation in sand column.

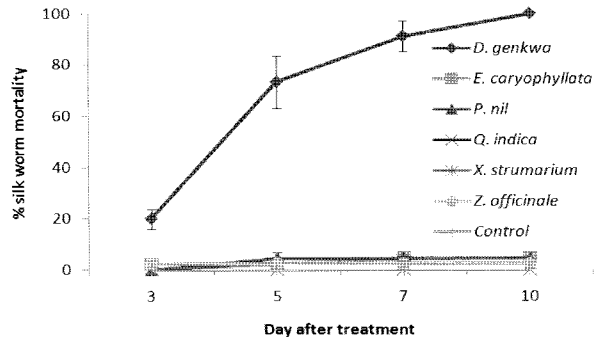
폴의 1.4마리에 비하여 많았으나 통계적 유의성은 없었다( $df=5, 81, F=2.6, P<0.0309$ ). HG의 경우 모든 처리에서 1-1.3마리의 선충만이 정착하여 처리별로 침입선충 수에 차이를 보이지 않았다(Fig. 5).

**한약재 추출물이 누에에 미치는 영향**

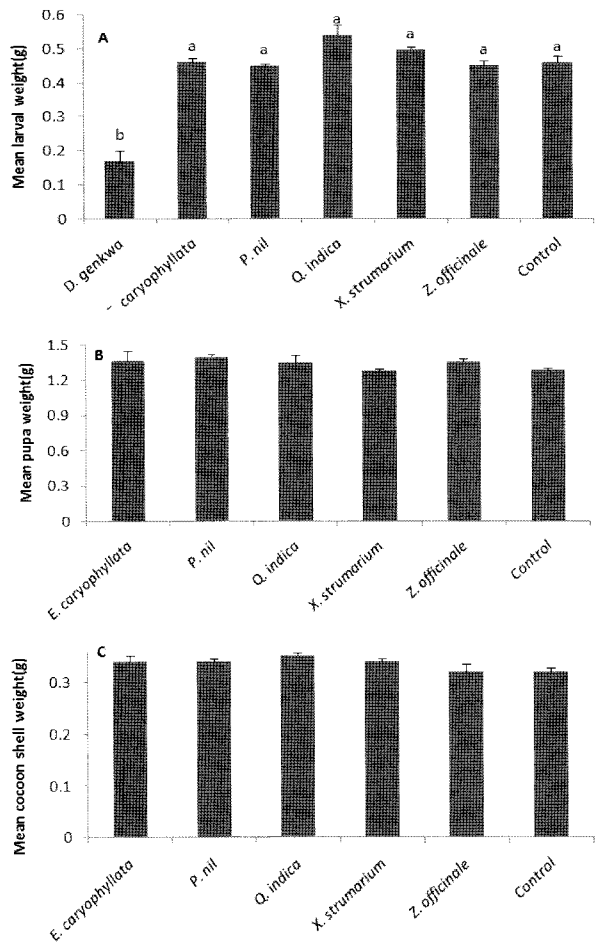
한약재 추출물이 누에의 생존에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험을 수행한 결과 사군자 처리에서는 처리 10일째까지 치사한 누에가 없었으나 원화는 급상 3일후부터 20%의 치사율을 보였고( $df=6, 14, F=11.2, P<0.0001$ ), 5일째에는 73.3%( $df=6, 14, F=41.3, P<0.0001$ ), 10일째에는 모든 누에가 치사하였으며 정향이나 건강 추출물 처리에서는 처리 10일째까지 2.2%의 낮은 치사율을 보여 무처리와 차이가 없었다( $df=6, 14, F=73.4, P<0.0001$ )(Fig. 6).

5령 1일째 누에의 체중은 원화 추출물을 처리한 뽕잎 급상 처리에서만 0.2 g 내외로 무처리와 차이를 보였으며, 다른 추출물 처리구에서는 차이를 보이지 않았다( $df=6, 14, F=38.6, P<0.0001$ )(Fig. 7A). 특히 원화 추출물 처리구 누에는 처리 3일째부터 치사하는 개체가 나타나기 시작해 처리 10일 만에 처리구의 모든 개체가 치사되었다.

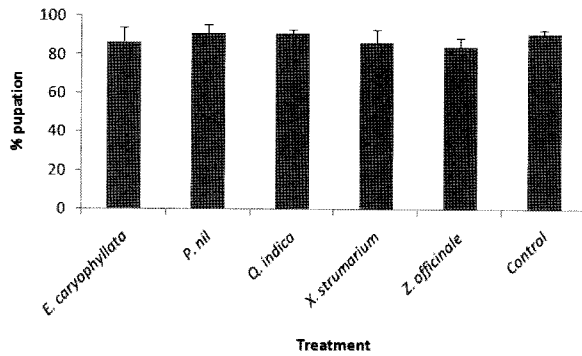
한약재 추출물 처리 뽕잎을 급상한 누에의 번데기 무게를 측정한 결과, 유충기에 모든 개체가 치사 한 원화 추출물 처리를 제외하고는 무처리와 비교하여 차이가 없었다(Fig. 7B). 누에고치의 무게도 무처리구와 차이가 없었다(Fig. 7C).



**Fig. 6.** Effects of herbal extracts on mortality of silkworm (*Bombyx mori*) larvae. Silkworm larvae were fed on mulberry leaves treated with 1,000 ppm herbal extracts from first day on 3rd instar to last day on 5 instar.



**Fig. 7.** Effects of herbal extracts on silkworm (*Bombyx mori*) larval weight (A), pupa weight (B), and cocoon shell weight (C). Silkworm larvae were fed on mulberry leaves treated with 1,000 ppm herbal extracts from first day on 3rd instar to last day on 5 instar. All silkworms were fed on *Daphne genkwa* treated mulberry leaves in larval stage. The same lower case letters above the bars in each treatment indicate no significant difference among the means (Tukey's Studentized Range Test at  $P<0.0001$ ).



**Fig. 8.** Effects of herbal extracts on pupation of silkworm (*Bombyx mori*). Silkworm larva were fed on mulberry leaves treated with 1,000 ppm herbal extracts from first day on the 3rd instar to last day on the 5 instar. All silkworms died after feeding on *Daphne genkwa* treated mulberry leaves in larval stage.

원화를 제외한 실험에 이용한 한약재 추출물 처리는 누에의 용화율에도 영향을 미치지 않았다(Fig. 8).

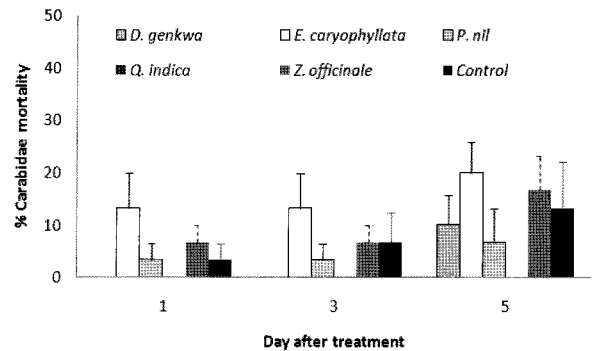
**한약재 추출물이 먼지벌레에 미치는 영향**

환경평가를 위한 지표종으로 활용가능 한 *Synuchus* 속의 먼지벌레들을 이용하여 한약재 추출물이 생존에 미치는 영향을 조사한 결과, 정향 추출물 처리구에서만 무처리구에 비해 10% 가량 높은 살충률을 보였으나 통계적 유의성은 없었다(Fig. 9).

정향 추출물 처리구는 처리 1일 후부터 10% 이상의 치사율을 보였으며 점차 증가하여 5일후에는 20%의 치사율을 보였으나 곤충병원성 선충과 누에에 높은 치사율을 보였던 원화 추출물 처리에서 살충율은 매우 낮았으며 사군자 추출물 처리구에서는 치사한 개체가 전혀 없었다.

**고 찰**

농산물의 고부가가치 창출과 안전농산물 생산을 위해 우리나라에서는 1997년 12월에 환경농업육성법을 제정하고, 친환경 작물 재배를 위해 친환경유기농자재를 등록관리 하고 있는데 2007년 7월부터 2009년 4월 까지 741종의 농자재가 등재되어있다. 이들 농자재 중 16.9%인 125종이 식물체 유래 물질을 이용한 자재이다(<http://www.rda.go.kr>). 이들 자재들은 약효와 작물에 대한 약해 및 유해물질 함유 여부 등을 고려하여 등재되고 있는데 비



**Fig. 9.** Effects of herbal extracts on mortality of ground beetle, *Synuchus* sp. in pot test. 1,000 ppm herbal extracts were sprayed on forest soil containing 10 beetles in pot.

표적 생물에 대한 영향은 고려되지 않고 있다. 또한 서로 다른 병해충이 혼재하여 발생할 경우 친환경 농자재와 함께 천적을 사용하여야 하는 경우도 있다. 따라서 본 연구에서는 친환경 농자재로 사용되거나 사용 될 수 있는 물질들이 천적으로 동시 사용할 수 있는 곤충병원성 선충이나 누에와 같은 유용곤충 및 지표서식 먼지벌레와 같은 비표적 생물에 미치는 영향을 알아보기 위하여 수행하였다.

곤충병원성 선충은 각종 작물에 피해를 주고 있는 대부분의 곤충목에 대해 병원성을 가지고 있고, 특히 토양 서식해충 방제에 효율적으로 이용되고 있는 천적이다(Kaya and Gaguler, 1993). 또한 곤충병원성 선충은 각종 경제작물의 뿌리에 기생하여 수량감소와 작물 생육 저하를 유발시키는 뿌리혹선충류의 방제효과도 높은 편으로(Smitley et al., 1992; Pérez and Lewis, 2002) Samaliev et al.(2000)은 *S. carpocapsae*의 공생세균들이 *M. javanica*의 부화와 유충 생존에 영향을 미친다고 하였다. 그리고 본 실험에 이용 된 곤충병원성 선충들은 이미 국내에서 상용화되어 있는 천적으로 시설재배지를 중심으로 이용되고 있다.

본 실험에 이용 된 원화와 된장풀, 정향, 사군자, 건강의 추출물들은 뿌리혹선충 *M. incognita*에 살선충 활성을 가지면서(Unpublished data) 정향과 원화, 된장풀은 난의 부화를 저해하고(Elbadri et al., 2008b), 정향과 생강은 소나무재선충(*Bursaphelenchus xylophilus*)에도 살선충 활성이 있는 것으로 알려진 식물체이다(Elbadri et al., 2008a).

따라서 본 실험에서는 식물체추출물과 곤충병원성 선충을 동시 사용 할 경우를 가정하여 혼합하여 보관 할 경우(X-plate 실험)와 혼합하여 토양에 살포하는 경우



(sand column 실험)를 가정하여 실험을 수행하였는데 X-plate상에서 수행한 실험에서는 한약재 추출물의 농도가 곤충병원성 선충의 생존에 영향을 미쳤다. 즉, 1,000 ppm 농도에서는 ScP의 경우 5% 이하의 낮은 치사율을 보였으나 5,000 ppm 농도에서는 된장풀과 건강을 제외하고 높은 치사율을 보였다. 당근뿌리혹선충에 대해서도 원화 추출물 처리 시 1,000 ppm 농도에서는 처리 21일 후 45.5개의 난이 부화 하였으나 10,000 ppm 농도에서는 21.8개의 난이 부화되어 농도 의존적 저해가 일어났었다(Elbadri et al., 2008b). 그리고 HG는 원화 처리의 경우 1,000 ppm 농도에서도 60% 이상의 치사율을 보였고, 전체적으로 ScP에 비하여 치사율이 높게 나타났다. 곤충병원성 선충의 생존은 온도나 건조, 염류농도, 산소량, 농약 등의 인자에 영향을 받는데 이러한 인자들에 대한 내성의 정도는 큐티클 층의 조성이나 두께, 입이나 항문과 같은 자연개구부의 개폐 정도 등에 따라 상이하고, 특히 큐티클층은 종이나 발육단계에 따라 상이하며 이러한 것이 생존과 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다(Glazer, 2002).

두 곤충병원성 선충 모두 5,000 ppm 농도의 원화 추출물 처리에서 100% 치사하였는데 팔꽃나무(원화)와 동속에 속하는 서향(*Daphan odora*)의 경우 odoracin과 odoratrin이라는 살선충 활성 물질이 뿌리로부터 분리되었고, *Aphelanchoides besseyi* 선충에 대한 살선충 효과도 보고되었다(Prakash and Rao, 1997).

곤충병원성 선충을 한약재 추출물과 혼합하여 토양에 처리한 경우 토양 내에서 생존수와 토양 이동력은 ScP의 경우 처리별로 차이가 없었다. 반면 HG의 경우 사군자 처리와 건강 처리구에서 생존수에 차이를 보였고, 표면에서 2.5 cm구간의 선충 수가 정향처리에서 가장 적었다. 꿀벌부채명나방에 대한 병원성은 ScP의 경우 처리 간 차이가 없었으나 HG의 경우 정향처리에서 가장 낮게 나타났다. 이는 토양해충 방제를 위하여 HG와 정향을 혼합하여 살포할 경우 HG의 병원성에 영향을 줄 수 있는 가능성을 시사하는 결과이다. 그리고 원화 추출물은 X-plate에서는 처리 3일째 1,000 ppm 농도에서도 HG의 생존에 영향을 미쳤으나 sand column에서는 동일 농도 처리에서 된장풀이나 사군자 처리에 비하여 다소 높은 병원성을 보였는데 이는 X-plate보다 추출물에 직접 노출되는 시간이 짧고, 토양 내에서 이동에 의해 접촉할 기회가 적기 때문으로 생각된다. 한편 ScP의 경우 지표 부근에서 관찰되는데 비하여 HG의 경우 상대적으로 토양에 속으로의 이동이 많았는데 이

는 두 선충의 토양 내 수직적 분포의 일반적 양상으로 알려져 있다(Ferguson et al., 1995).

원화 추출물은 1,000 ppm 농도에서 누에에 강한 살충 활성을 보였다. 전술한 팔꽃나무와 동속에 속하는 서향의 경우 뿌리와 수피로부터 분리된 daphnodrin A와 B, C가 담배겨세미나방(*Spodoptera litura*)과 팔바구미(*Callosobruchus chinensis*)에 살충활성이 있는 것으로 알려져 있는데(Inamori et al., 1987) 누에에 대하여 원화 추출물 처리가 살충활성이 높은 것으로 보아 식염성 해충에 대한 활성 검정이 필요할 것으로 생각되며 아울러 뽕밭 주변에서 원화 추출물이 함유된 방제제를 사용하는 것은 제한하여야 할 것으로 생각된다. 원화 추출물을 제외한 실험 물질들은 누에의 생육이나 고치형성에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

한약재 추출물 성분이 포함된 방제제를 과원이나 산간지 주변의 경작지에 처리하였을 때 먼지벌레와 같은 비표적 토착 생물에 미치는 영향을 검토하기 위하여 임야에서 실험을 수행한 결과 처리 5일째까지 무처리구와 치사율에 차이를 보이지 않아 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

친환경 농자재나 친환경유기농 재배지에서 사용이 가능한 살선충 또는 살충 활성을 가지고 있는 몇 가지 한약재 추출물을 병원성 천적 미생물인 곤충병원성 선충과 유용곤충인 누에, 환경 지표종인 먼지벌레에 미치는 영향을 조사한 결과 정향 추출물은 sand column 내에서 곤충병원성 선충 HG의 병원성에 영향을 주었고, 원화 추출물은 누에에 대하여 높은 살충활성을 보였다. 따라서 이들 추출물의 사용 시 주의를 요하며 비록 본 실험에서 다루어지지 못한 다른 여러 가지 식물체 추출물들도 이러한 비표적 유용 생물에 대한 모니터링이 필요할 것으로 생각된다.

## 사 사

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원에 의해 수행한 결과이다. 곤충병원성선충 실험 조사에 도움을 준 경상대학교 선충실험실원들에 사의를 표한다.

## Literature Cited

Alexander, S.A. and C.M. Waldenmaier. 2002. Suppression of

- Pratylenchus penetrans* populations in potato and tomato using African marigolds. *J. Nematol.* 34: 130-134.
- Bae, K.H. 2000. The medicinal plants of Korea. 654 pp. Kyo-Hak Publishing Co., Ltd. Seoul.
- Banken, J.A.O. and J.D. Stark. 1997. Stage and age influence on the susceptibility of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) after direct exposure to neem, a neem insecticide. *J. Econ. Entomol.* 90: 1102-1105.
- Cho, I.H. 2006. SAS lecture and statistical consulting. 805 pp. Youngjin.com. Seoul.
- Chun, J.C., S.E. Kim, J.C. Kim and K.Y. Cho. 1999. Identification of natural insecticidal compound in medicinal plants against diamondback moth. *The Kor. J. Pesticide Sci.* 3: 13-19.
- Desender, K., M. Dufrêne and J.-P. Maelfait. 1994. Long term dynamics of carabid beetles in Belgium: a pre-liminary analysis on the influence of changing climate and land use by means of a database covering more than a century, pp. 247-252. *In* eds. by Desender, K. *et al.*, Carabid beetle: ecology and evolution. Kluwer Academic Press. Dordrecht.
- 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. *The Kor. J. Pesticide Sci.* 12: 155-161.
- Ferguson, C.S., P.C. Schroeder and E.J. Shields. 1995. Vertical distribution, persistence, and activity of entomopathogenic nematodes (Nematoda: Heterorhabditidae and Steinernematidae) in alfalfa snot beetle (Coleoptera: Curculionidae) infested fields. *Environ. Entomol.* 24: 149-158.
- Gokce, A., R. Isaacs and M.E. Whalon. 2006. Behavioural response of Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) larvae to selected plant extracts. *Pest Manag. Sci.* 62: 1052-1057.
- Gaugler, R. and H. K. Kaya. 1990. Entomopathogenic nematodes in biological control. CRC Press. Boca Raton, FL. 365 pp.
- Glazer, I. 2002. Survival biology. pp.169-187. *In* Entomopathogenic nematology, ed. by Gaugler, R. 388 pp. CABI Publishing, New York.
- Hackney, R.W. and O.J. Dickerson. 1975. Marigold, castor bean, and chrysanthemum as controls of *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus alleni*. *J. Nematol.* 7: 84-90.
- Hiremath, I. G., Y.J. Ahn, S.I. Kim, B.R. Choi and J.R. Cho. 1995. Insecticidal and acaricidal activities of African plant extracts against the brown planthopper and two-spotted spider mite. *Korean J. Appl. Entomol.* 34: 200-205.
- Hwang, I.C., J. Kim, H.M. Kim, D.I. Kim, S.G. Kim, S.S. Kim and C. Jang. 2009. Evaluation of toxicity of plant extract made by neem and matrine against main pests and natural enemies. *Korean J. Appl. Entomol.* 48: 87-94.
- Inomori, Y., K. Takeuchi, K. Babu and M. Kozawa. 1987. Antifeedant and insecticidal activity of daphnodorins A, B, and C. *Chem. Pharm. Bull.* 35: 3931-3934.
- Isman, M.B. 1999. Neem and related natural products, pp. 139-153. *In* eds. by F.R. Hall, and J.J. Menn. Biopesticides use and delivery. Human Press. Totowa.
- Kaya, H.K. and R. Gaugler. 1993. Entomopathogenic nematodes. *Annu. Rev. Entomol.* 38: 181-206.
- Kaya, H.K. and S.P. Stock. 1997. Techniques in insect nematology. pp.281-324. *In* Manual of techniques in insect pathology, ed. by Lacey, L.A. 409 pp. academic Press, San Diego.
- Kim, J.B. 2005. Pathogen, insect and weed control effects of secondary metabolites from plants. *J. Korean Soc. Appl. Chem.* 48: 1-15.
- 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.
- Koul, O. 2004. Neem: a global perspective, pp. 1-19. *In* eds. by O. Koul and S. Wahab. Neem: today and in the new millennium. Kluwer Academic Press. Dordrecht.
- Kubota, K., J.K. Kim, C.Y. Lee and K. Furuta. 2001. Ground beetle fauna in *Pinus densiflora* forests in Yangyang-gun, Kangwon province, with a special reference to the outbreaks of the pine needle gall-midge (*Thecodiplosis japonensis*). *Jour. Korean For. Soc.* 90: 632-642.
- Kwon, T.S., Y.S. Park, Y.H. Kwon., M.Y. Song, S.C. Shin and J.D. Park. 2003. Effects of aerial pesticide application on arthropod communities in pine forests. *Jour. Korean For. Soc.* 92: 608-617.
- Lee, D.W., H.Y. Choo and E.J. Choi. 1999. Effects of aqueous solutions of pesticides on survival of entomopathogenic nematodes. *Kor. Turfgrass Sci.* 13: 213-222.
- Lee, H.S., G.J. Choi, K.Y. Cho, S.G. Lee and Y.J. Ahn. 2000. Fungicidal and insecticidal activities of various grain extracts against five insect pests and six phytopathogenic fungi. *The Kor. J. Pesticide Sci.* 4: 7-14.
- Lee, H.P. and G.H. Lee. 1995. Species composition and seasonal abundance of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in three different types of forests. *Entomol. Res. Bull.* 21: 84-90.
- Menn, J.J. and F.R. Hall. 1999. Biopesticides: present status and future prospects, pp. 1-10. *In* eds. by F.R. Hall, and J.J. Menn. Biopesticides use and delivery. Human Press. Totowa.
- Nam, J.H. and Y.I. Ma. 2000. Utilization and resources of insect in the world. 206 pp. Seoul National University Press, Seoul.
- Nickle, W. R. 1984. Plant and insect nematodes. 890 pp. Marcel Dekker, New York.
- Pérez, E. and E.E. Lewis. 2002. Use of entomopathogenic nematodes to suppress *Meloidogyne incognita* on greenhouse tomatoes. *J. Nematol.* 34: 171-174.
- Prakash, A. and J. Rao. 1997. Botanical pesticides in agriculture. 461 pp. CRC Press, Inc. Boca Raton.
- Ranger, C.M., M.E. Reding, J.B. Oliver, J.J. Moysenko and N.N. Youssef. 2009. Toxicity of botanical formulations to nursery-infesting white grubs (Coleoptera: Scarabaeidae). *J. Econ. Entomol.* 102: 304-308.
- Samaliev, H.Y., F.I. Andreoglou, S.A. Elawad, N.G.M. Hague and S.R. Gowen. 2000. The nematicidal effects of the bacteria *Pseudomonas oryzae* and *Xenorhabdus nematophilus* on the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. *Nematology.* 2: 507-514.
- Smitley, D.R., F.W. Warner and G.W. Bird. 1992. Influence of irrigation and *Heterorhabditis bacteriophora* on plant-parasitic nematodes in turf. *J. Nematol.* 24: 637-641.
- Stark, J.D. 2004. Risk assessment of neem products: environmental implications, pp. 97-107. *In* eds. by O. Koul and S.

- Wahab. Neem: today and in the new millennium. Kluwer Academic Press. Dordrecht.
- Woodring, J. L. and H. K. Kaya. 1988. Steinernematid and Heterorhabditid Nematodes: A Handbook of Biology and Techniques. Arkansas Agricultural Experiment Station. Southern Cooperative Series, Bulletin 331.
- Yeon, H.S., J.K. Park, D.W. Lee and K.M. Chung. 2005. Distribution of ground-beetles (Coleoptera: Carabidae) in Mt. Gabjongsan, Korea. Kor. Turfgrass Sci. 19: 47-55.
- Yu, Y.M., E.J. Kang, M.J. Seo, M.G. Kang, H.J. Lee, D.A. Kim, M.R. Gil and Y.N. Yun. 2006. Effects of environment friendly agricultural materials to insect parasitoids in the laboratory. Korean J. Appl. Entomol. 45: 227-234.
- Zasada, I.A. H. Ferris and L. Zheng. 2002. Plant sources of Chinese herbal remedies: laboratory efficacy, suppression of *Meloidogyne javanica* in soil, and phytotoxicity assays. J. Nematol. 34: 124-129.

(Received for publication July 17 2009;  
revised September 16 2009; accepted September 17 2009)