

## 남한 토양에서 곤충병원성 선충의 분리

한 상·미·한 명 세  
경북대학교 천연섬유학과

**적 요:** 곤충병원성 선충의 효율적 검색법 확립과 생물적 방제제로서 유용한 선충 종의 탐색을 위하여 수행된 연구로서 남한 각지의 다양한 생태환경에서 토양을 채집하고, 병원성 검정과 병행하여, 감염력과 증식력 및 보존력이 강한 계통을 선발하였으며, 각종 해충에 대한 살충력을 검정하여 생물적 방제제로서의 유용성을 시험하였다. 우리나라에서 검출된 곤충병원성 선충은 주로 Rhabditida에 속하는 Steinernematidae 및 1 Heterorhabditidae였으며, 본 연구에서도 Rhabditida의 선충이 다수를 차지하는 경향은 같았다. 그러나, Rhabditidae에서는 현재까지 알려진 Steinernematidae와 Heterorhabditidae외에도 19계통의 Rhabditidae와 2 계통의 Diplogasteridae가 새로 검출되었고, Tylenchida에 속하는 선충도 5계통이 발견되었으며, 금후 속 및 종 단위의 상세한 동정이 필요할 것이다. 병원성이 우수한 선충계통은 생존 유충과 번데기에서 개체당 20만~30만 마리가 증식하였으므로, 증식용 숙주 1마리 분의 병원체로 구제가 가능한 해충의 이론치는 십만을 초월할 것으로 추산되었다. 선발 계통의 선충은 대부분 통성활물기생이며, 능동적인 숙주의 추적 및 감염치사한 사체에서 증식함은 "적극적 사물기생" 또는 "살생부생성"으로 간주할 수도 있었다. 본 연구는 생물살충제 연구를 위한 생태환경기술 개발에 필요한 자료를 제공할 뿐 아니라, 기초 생명과학 연구용 선충 계통의 선발과 증식 및 보존 관리를 비롯하여 널리 활용될 수 있을 것이다.

**검색어:** 곤충병원성 선충, 누에, 생물학적 방제

### 서 론

곤충병원성 선충은 농작물등의 해충에 대하여 환경오염이나 부작용없이 해충의 발생밀도를 제어할 수 있으므로 생물적 방제용 병원체로서 활용가치 높다 (Nickle 1984). 선충은 생물적인자로서 해충의 치사에 직접 관여하거나 결정적인 영향을 미친다. 즉, 정상행동의 장애로 인한 가해경감, 번식력 약화와 수명 단축에 따른 개체군의 밀도 저하, 비산력 약화에 의한 분산범위 위축, 변태 및 성장 탈피 부전에 의한 기주의 치사 등을 초래한다 (Gaugler and Molloy 1981a, 1981b, Nickle 1984).

곤충병원성 선충은 인축에 대한 해가 없고 숙주범위가 넓으며 숙주 탐색능력이 뛰어나므로, 수목의 권엽성 해충은 물론 과실내 및 토양 등 농약의 사용에 제한을 받는 공간에서 살충효과가 우수하다 (Poinar et al. 1983). 이러한 선충을 이용한 생물살충제의 제품화에는 대량증식 및 보존이 용이한 계통이 유리하다. 선충 감염증이 확인된 해충은 10목 250여종으로서, 특히 나비목, 파리목, 벌목 및 딱정벌레목에서 그 빈도가 높다 (Kaya 1985, Gaugler and Molloy 1981b). 포장시험에서는 토양에 서식하는 왜콩풍뎅이(*Papillia japonica*)에 처음 사용하여 우수한 살충효과가 인정되었고, 옥수수 뿌리 해충인 *Diabrotica* sp.의 유충과 *Ceratitis capitata*의 성충에서도 방제효과를 얻었다 (Poinar and Hislop 1981). 그리고, 담배거세미나방, 사탕무 우도독나방, 아이노각다구 유충 등 농업해충 방제에 효과적임을 입증하였다 (Pye and Burman 1978, Han et al.

1996). 또한 위생해충 방제에서도 곤충병원성 선충의 유용성을 시사하는 결과로서, 모기 및 파리의 유충과 벼룩에서 75% 이상의 치사율을 기록하였다 (Gaugler and Molloy 1981a, Choo et al. 1996).

곤충병원성 선충은 감염치사한 숙주에서 선충을 분리하거나 토양 시료에 설치한 곤충 trap으로 선충을 채집하는 방법이 사용되고 있다 (Beavers et al. 1983, Bedding and Akhurst 1975). Trap용 곤충으로서 널리 이용되고 있는 꿀벌부채명나방(*Galleria mellonella*)의 유충 또는 번데기는 Steinernematidae와 Heterorhabditidae의 병원선충에 감수성이 있으며, 사육이 간편한 것으로 알려져 있다. 토양에서 꿀벌부채명나방을 이용한 곤충병원성 선충의 검출빈도는 미국 북 캐롤리나 전역의 14개소 중 13개소에서 검출되었고 (Akhurst and Brooks 1984, Curran and Webster 1989), 오스트레일리아에서는 398개소 중 76개소, 체코슬로바키아에서는 57개소 중 21개소였다 (Mracek 1980). 이와 같이 광범위한 지역에 걸쳐 분포하는 곤충병원성 선충의 검출빈도는 농경지나 과수원 및 목초지에서 비교적 높은 것으로 알려져 있다 (Beaver et al. 1983). 지금까지 알려진 곤충병원성 선충은 Tetradenematidae, Mermithidae, Rhabditidae, Steinernematidae, Heterorhabditidae, Oxyuridae, Diplogasteridae, Allantonematidae, Sphaerulariidae, Aphelenchoididae, 그리고 Entaphelenchidae 등에 속한다 (Maggenti 1991).

본 연구는 곤충병원성 선충의 효율적 검색과 생물살충제로서의 유용성 개발을 위하여 남한의 전역을 대상으로 채집된 토양표본을 이용하여 누에 trap의 효율성을 시험하였

다. 감염력과 증식력 및 보존력이 강한 계통의 선충을 분리 선발하고 증식조건을 규명하는 동시에 각종 해충에 대한 살충력을 검정하였다.

## 재료 및 방법

### 공시 시료 및 선충 분리

토양에 존재하는 선충을 탐색하기 위하여 1996년 9월에서부터 1998년 4월 까지 남한 전역의 논, 밭, 과수원 등의 경작지와 산림, 해변의 유희지 등을 대상으로 수집한 100점의 토양표본을 공시하였다 (Table 1). 토양표본은 깊이 10 cm 이내의 흙을 0.5~1 kg 정도 채취하고 비닐봉지에 넣어 운반하여, 5°C 냉장실에 보관하였다. 선충 분리는 토양시료 200 g을 반투명 플라스틱상자에 넣고, 여지를 1 장 덮어서 trap의 치사 곤충을 수집할 때 비병원성 선충의 오염기회를 방지토록 하였다. 그 다음, 멸균 증류수를 보충하여 여과지가 충분히 젖은 다음 누에 번데기 10 마리씩을 투입하고 25±1°C에서 24 시간 간격으로 치사한 개체를 조사하였다. 치사한 번데기는 페트리 접시로 옮기고, 위와 같은 온도에서 2~3일 경과한 사체는 White trap(White, 1929)에서 선충을 분리하였다.

선충 분리용 토양표본의 적정량 검토는, 채집된 토양을 고루 섞은 다음 5 g, 10 g, 30 g 및 50 g 단위로 나누었고, 30 g 까지는 직경 10cm의 페트리 접시에서, 50 g 이상의 토양은 10×10×5 cm, 200 g 은 20×10×8 cm(가로×세로×높이)의 사각 플라스틱 통을 이용하였다.

### 계통 선발 및 병원성 검정

선충의 제 1대배양과 증식 및 분리는 25±1°C에서 실시하였으며, 직경 10 cm 페트리 접시에 2 장의 여지를 깔고, 분리한 선충은 500 마리/2.0 ml로 조정된 접종액 전량을 투입하였다. 선충을 투입한 petri dish 에 번데기 시기의 누에 10 마리를 넣고 (선충 50 마리/숙주 1 두), 치사한 곤충은 개체별로 격리하여 1 주일 간 배양하였으며, White trap에서 선충을 분리하였다. 선발을 겸한 제 2 대 및 제 3 대 배양은 숙주 1 마리 당 20 마리를 접종하고, 그 외의 조건은 초대배양과 동일하였다.

제 4 대 부터의 누대배양은 누에 1 마리씩 6 웰플레이트에 넣고, IJ(infective juvenile) 단계의 선충 접종량은 숙주 당 1 마리 및 2 마리 구를 병행하였다. 숙주의 치사는 24 시간 마다 조사하여 개체별로 격리 배양하고, 조기에 감염 치사한 개체에서 증식이 양호한 선충을 선발하였다. 1 주일 간 100 마리 이상의 선충이 분리되는 시험구 중 가능한 1 마리 접종구를 우선으로 계대하였고, 1 개월 간격으로 4~5 회 누대선발하여 계통이 수립된 다음의 누대사육은 숙주 1 마리당 선충 5 마리씩 접종하였다.

### 누에 유충과 번데기에 대한 병원성

2, 3, 4 및 5령의 1일제 누에 유충과 상충후 10일 경과한 번데기 시기의 누에를 숙주로 사용하였으며, 선충의 접종량

은 일정하게 1:5(숙주: 선충)의 비율로 하였다. 병원성 검정은 25±1°C 조건에서 실시하고, 6 시간 간격으로 치사율을 조사하였으며, 2~3 일 경과한 사체는 White trap에 설치하여 선충의 분리를 확인하였다. 대조구로는 페트리 접시 2.0 ml의 멸균증류수만을 주입하고 누에를 넣었으며, 모든 실험은 3회 반복하였다.

### 해충에 대한 병원성

털검정파리유충(*Calliphora vomitoria*)과 멸강나방유충(*Pseudaletia separata*)은 1 마리당 각각 100 마리의 누에 번데기에서 증식된 유충단계의 선충을 접종하였다. 활동성이 강한 북방풀노린재(*Palomena angulosa*)의 병원성 검정은 위와 같은 방법에 준하되, 10×10×5 cm의 반투명 플라스틱상자(가로×세로×높이)에서 시험하였다. 왕풍덩이유충(*Melolontha incana*)은 직경 5 cm 높이 20 cm인 유리병에 멸균한 토양을 10 cm 높이가 되도록 채워 1000 마리/10 ml로 조정된 선충을 접종액을 주입하였다. 모든 시험은 3회 반복, 12 시간 간격으로 조사하였고, 치사한 곤충은 White trap 에서 분리되는 선충으로 감염 여부를 확인하였다.

## 결 과

### 선충 분리 및 계통 선발

남한 전역을 대상으로 채집한 100 점의 토양표본은 모두 누에 trap에서 선충이 분리되었으며 (Table 1), 멸균토양에 투입한 대조구의 누에 번데기는 7~10일 후에 우화하였다. 대조구 trap에서 누에 번데기의 생존기간은 20일 이상이었으며 치사후에도 선충은 분리되지 않았으며, 토양 시료별로 준비한 100 개의 trap에 투입된 후 누에 번데기의 평균 생존일수는 11±0.5일 이었다. 대조구에 비하여 시험구에서 숙주의 수명이 1/2 정도로 단축된 것은 선충 감염에 따른 영향이 반영된 것으로 인정할 수 있다. 시험구 100개의 White trap에서 선충은 분리는 평균 5±0.4일에 관찰되었고, 토양시료 채취후 분리하기까지 실온에 보존한 기간은 최단 1일 이내에서 최장 120 일까지 다양하지만, 검출빈도는 100%로서 매우 높게 나타났다.

토양표본에서 초대 분리한 선충 28 계통은 토양시료의 고유번호를 그대로 식별번호로 부여했다 (Table 2). 선발된 선충은 Rhabditida 목과 Tylenchida 목으로 분류되었으며, 0614, 0621, 0627 및 0629 계통만이 Tylenchida 목으로 수컷의 꼬리는 교접낭과 미부들기를 갖고 있지 않으며 교접자는 쌍으로 분리되어 있었고 정소는 1개 었다. 암컷의 난소 역시 1 개로서 두부쪽으로 반전되어 있는 특징을 보였다 (Poinar, 1979f). Rhabditida 목에 속하는 선충은 형태적 특징에 따라 4개의 과로 분류되었다. 0602 계통은 Steinernematidae과의 *Steinernema* spp 속으로 식도협세부주위를 신경환이 싸고 있으며, 배설공은 신경환 앞에 위치하였다. 암컷의 꼬리는 짧은 원뿔형이며 음문은 가로 홈이 있고 다소 돌출되어 있으며, 수컷의 교접자 끝이 뾰족하고

**Table 1.** Localities and the date of soils collected on the isolation of entomopathogenic nematodes by silkworm trap from various biotopes in Korea

Code	Localities of the Soils	Date	Code	Localities of the Soils	Date
0601	경북 문경시 돈달산	27 Sep. 96	0708	제주도 제주시 공항근처	12 May 97
0602	대구시 산격동 경북대 상전	28 Sep. 96	0709	대전시 유성 충남대학 야산	15 Aug. 97
0603	경북 경산 옥산동 성암산기슭	28 Sep. 96	0710	충남 태안군 파도리 솔밭	16 Aug. 97
0604	대구 계성초동 운동장 주변	29 Sep. 96	0711	인천시 부평구 아파트 화단	20 Aug. 97
0605	경북 김천 조마면 채소밭	29 Sep. 96	0712	경기도 성남시 수정구 뒷산	20 Aug. 97
0606	경북 청송 현서면 화목리정원	29 Sep. 96	0713	서울시 서울대학 관악캠퍼스	23 Aug. 97
0607	포항시 북구 우방타운 화단	29 Sep. 96	0714	충남 천안시 버스터미널 화단	24 Aug. 97
0608	경북대학 수의학관 주변 숲	30 Sep. 96	0715	전남 장흥군 장흥읍 밭	16 Oct. 97
0609	대구시 동구 효목동 잔디밭	1 Oct. 96	0716	전북 남원시 주생면 밭	16 Oct. 97
0610	대구시 동호동 경북대 상전	3 Oct. 96	0717	전남 장흥군 금산 밭	16 Oct. 97
0611	경북 성주군 참외밭	3 Oct. 96	0718	전남 화순군 청풍면 밭	16 Oct. 97
0612	대구시 수성구 파동 야산	10 Oct. 96	0719	전남 화순군 화순읍 밭	16 Oct. 97
0613	경북 안동시 대화동 밭	13 Oct. 96	0720	경북 군위군 사과연구소 과원	17 Oct. 97
0614	대구 지산동 녹원맨션 야산	16 Oct. 96	0721	경북 구미시 장천면 사과원	17 Oct. 97
0615	대구시 수성구 인근 야산	16 Oct. 96	0722	대구시 신암동 아파트 화단	18 Oct. 97
0616	경북 청송군 금곡리 밭	20 Oct. 96	0723	대구시 팔공산 관음사 경내	29 Oct. 97
0617	충북 황간 황간역 급리 밭	20 Oct. 96	0724	대구시 팔공산 신용동 뒷산	1 Nov. 97
0618	경북 경주 석굴암 주변 산림	22 Oct. 96	0725	경북 군위군 비닐하우스 내	2 Nov. 97
0619	경남 거창 가북면 공수동밭	23 Oct. 96	0726	대구 팔공산 학생 종합야영장	2 Nov. 97
0620	경북 금호강 독 주변	27 Oct. 96	0727	부산시 금정구 동산 화단	2 Nov. 97
0621	경북 가창면 정대계곡	28 Oct. 96	0728	경북 군위군 대북면 논둑	2 Nov. 97
0622	경남 밀양군 산외면 논둑	28 Oct. 96	0729	대구 남구 송현동 내자골	4 Nov. 97
0623	대구시 대곡동 권씨집성촌 산	28 Oct. 96	0730	경남 가야산	8 Nov. 97
0624	경북 월성군 산내면 채소밭	29 Oct. 96	0731	대구시 죽전동 야산	8 Nov. 97
0625	경북 청도군 소라리 채소밭	3 Nov. 96	0732	대구시 달서구 두류산	9 Nov. 97
0626	경북 울진군 근남면 망양정	3 Nov. 96	0733	경북 달성군 다사읍 대각사	9 Nov. 97
0627	상주 잠사곤충사업장 상전	3 Nov. 96	0734	대구시 수성구 고모령 화단	9 Nov. 97
0628	강원도 원주장 잠업계 상전	4 Nov. 96	0735	경북 영일군 우곡리 뒷산	9 Nov. 97
0629	경남 밀양산업대학교 상전	6 Nov. 96	0736	경남 거창군 공원 화단	9 Nov. 97
0630	대구시 팔공산 동화사 근처	6 Nov. 96	0737	경북 청도군 운문사	9 Nov. 97
0631	경남 합천 덕곡면 병배리 논둑	7 Nov. 96	0738	대구사 남구 대덕산 도로변	10 Nov. 97
0632	경북 경산군 남천면 삼성리	7 Nov. 96	0739	대구시 상인동 임휴사 근처	10 Nov. 97
0633	경남 창녕군 채소밭	7 Nov. 96	0740	대구시 조야동 뒷산	10 Nov. 97
0634	대구시 수성구 범어동 뒷산	10 Nov. 96	0741	충북 단양 대강면 남천리 밭	13 Nov. 97
0635	대구시 대덕산 안일사 약수터	11 Nov. 96	0742	경북 의성군 청화산	13 Nov. 97
0636	대구시 두류공원 연못 주변	19 Nov. 96	0743	경북 의성군 마늘밭	15 Nov. 97
0637	대구시 달서구 상인동 야산	28 Nov. 96	0744	경남 진주시 나무 밑	15 Nov. 97
0638	경기도 농촌진흥원 본관	29 Nov. 96	0745	울산 정자동 바닷가 갈대밭	31 Dec. 97
0639	충남 예산군 덕산온천 주변	3 Dec. 96	0801	충남 안면읍 해안 솔밭	1 Jan. 98
0640	충남 서산시 인지면 마늘밭	3 Dec. 96	0802	충남 서산시 논	2 Jan. 98
0641	대구시 효성카톨릭대학 화단	5 Dec. 96	0803	충남 서산시 부석 간척지 논	4 Jan. 98
0642	경북 구미시 해평면 강둑	6 Dec. 96	0804	경북 점촌시 야산	15 Feb. 98
0643	경남 밀양시 밀양역 내 화단	19 Dec. 96	0805	경북 문경군 문경세계	15 Feb. 98
0701	경남 영남 작물시험장	7 Jan. 97	0806	경북 청도군 북송아 과수원	17 Feb. 98
0702	경북 경주시 김유신묘 근처	7 Jan. 97	0807	경남 진해시 아파트 화단	26 Feb. 98
0703	경북 군위군 군위읍 밭	27 Jan. 97	0808	경북 창원시 공단 화단	26 Feb. 98
0704	경북 군위군 군위읍 논	27 Mar. 97	0809	충북 단양 대강면 남천리 밭	15 Mar. 98
0705	경북 영일군 경북대 수련원	27 Mar. 97	0810	강원 영월 옥동면 신도리 밭	15 Mar. 98
0706	제주도 서귀포시 감귤농장	12 May 97	0811	강원 정선군 동면 건천리 *	28 Mar. 98
0707	제주도 남제주군 성산읍	12 May 97	0812	전남 고흥 유자시험장	23 Apr. 98

\* sea level, 800m

**Table 2.** Entomopathogenic nematode strains selected through *in vivo* culture by silkworm pupae after isolation from the soil sample of various biotopes

Nematode strains	Storage time of soil samples (day)	Lethal time of host on the trap (LT <sub>100</sub> , day)	Time for IJ <sup>a)</sup> appears after setting of White trap (day)
0602	1	4	6
0605	6	12	3
0607	6	13	2
0610	1	7	9
0614	1	8	11
0620	2	14	9
0621	17	22	6
0625	29	13	10
0627	3	16	7
0628	2	8	11
0629	1	17	5
0633	6	9	6
0634	6	21	6
0638	2	14	6
0639	4	17	8
0701	1	17	3
0705	100	17	1
0713	3	8	4
0717	1	8	3
0719	1	11	2
0721	1	13	1
0725	1	7	3
0727	2	10	1
0737	101	6	3
0741	113	15	11
0745	4	7	2
0811	10	13	1
0812	13	10	2

<sup>a)</sup> IJ=infective juvenile.

배부쪽을 향해 활모양으로 휘어있었다 (Poinar, 1986). 또한 0705와 0713의 선충은 Diplogasteridae과에 속하는 계통들로 다른 계통들과 같이 구침은 없으나, 구강에 2 개의 긴 이빨을 갖고 있으며, 암컷의 꼬리는 대체로 가늘며 길었고, 음문은 앞쪽으로 돌출되었으며, 난소는 쌍으로 반전되어 있었다. 수컷의 경우는 교접낭을 갖고 있지 않았고, 교접자는 쌍으로 부자는 짧고 끝이 갈고리 모양처럼 휘어져 있는 특징을 보였다 (Poinar, 1979b). 0811과 0812 계통은 두부가 둥글고 구순은 다소 돌출되었으며, 중부식도구와 식도협세부는 뚜렷하지 않으나, 후부식도부는 명료하고 신경환은 배설공 앞에 위치해 있어 Heterorhabditidae과의 분류기준과 일치하였다 (Poinar, 1979e). 0605를 비롯하여 나머지 18 계통은 암컷의 구순이 함몰되어 있고, 수컷에는 교접낭이 존재하며 교접자가 쌍으로서 선단이 분리되어 있는 공통된 특징을 갖고 있으며 Rhabditidae 과로 동정되었으나,

계통간의 형태적 차이를 보였다 (Poinar, 1979c).

한편, 선충의 조사 또는 채집을 위한 토양시료는 다량을 채취하는 것이 불합리하므로 적정량의 결정이 요구되었다. 이를 위하여 trap용 숙주곤충은 누에 번데기를 사용하였으며, 이것은 이동성이 없으며 특별한 사양관리가 불필요하므로 비교적 장시일간 편리하게 사용할 수 있었다. 0602 및 0635는 공통적으로 시료의 양이 많을수록 숙주의 치사에 소요되는 일수는 단축되었다. 시료가 다량이면 그만큼 선충의 수도 많을 것이므로, 다수의 선충이 감염되면 숙주의 치사 후 선충의 증식이 조기에 완료되어 단기간에 선충이 분리될 수 있었던 것으로 생각된다. 그러나, 표본 양이 적을수록 선충분리 시기가 지연될 것이므로, 실용성을 감안한 최소 한계의 결정은 매우 중요하다. 일반적으로 널리 활용되는 직경 10 cm의 페트리 접시에서 5 g, 10 g, 30 g 단위의 토양 표본에서도 선충의 분리는 가능하였으나, 50 g 이상에서는 200 g 에서와 같은 검출율이 인정되었다. 토양채취 후 1 개월 이내에 조사하지 못할 경우, 4~5 개월 냉장 보존에 따른 활성의 저하 및 실용성 등을 감안한다면, 토양시료의 적정량은 50 g 정도가 바람직하며 10×10×5 cm (가로×세로×높이) 용기가 적당할 것이다 (Table 3).

### 병원성 검증

누에 유충과 번데기에 대한 병원성: 2 령과 3 령, 4 령 유충에 대해 병원성이 특히 높은 0602 계통은 2 령에서 13.2 시간, 3 령 유충에 대해서는 18.5 시간, 그리고 4 령 유충에서는 20.5 시간으로 30개 계통 중 가장 LT<sub>50</sub>의 값이 작았으나 5 령 및 번데기 시기 때 누에의 LT<sub>50</sub>의 값은 36.0, 그리고 57.4 시간으로 중간 정도였다. 0627과 0625, 0628 및 0639 는 5 령 유충의 LT<sub>50</sub>이 작은 21.5, 31.8, 31.9 및 32.8 시간으로서 비교적 병원성이 강한 편이었으나, 다른 시기의 발육단계에서는 비교적 큰 LT<sub>50</sub> 값을 나타내었다. 번데기의 LT<sub>50</sub>은 0741, 0737, 그리고 0721 등이 작았으나, 이들 선충역시 유충기에는 큰 값을 보였다. 따라서, 누에 유충에 대한 선충의 병원성을 반영하는 LT<sub>50</sub> 값은 각 발육단계에 따라 차이가 있으나, 대체로 2, 3 및 4 령의 유충에서는 병원성이 비슷하고, 5 령과 번데기 시기는 크게 다른 양상을 보였다 (Table 4).

**Table 3.** Lethal time (LT<sub>100</sub>) of pupae following exposure to the different amount of soil samples containing entomopathogenic nematodes; soil samples were tested soon after collection

Soil weight (g)	Days (Mean±SE) for host death by Nematodes	
	Sample 0602	Sample 0635
5	8±0.6	9±0.6
10	7±0.9	8±0.4
30	6±0.6	7±0.9
50	4±0.7	6±0.3
200	4±0.0	6±0.0

**Table 4.** LT<sub>50</sub> and LT<sub>100</sub> (hr) of the silkworms at different stage of development following exposure to various nematode strains

Nematode Strain	LT <sub>50</sub> <sup>a)</sup>					LT <sub>100</sub> <sup>b)</sup>				
	2nd	3rd	4th	5th	pupae	2nd	3rd	4th	5th	pupae
0602	13.2	18.5	20.5	36.0	57.4	30	24	18	56	136
0605	30.3	33.9	33.9	38.0	68.5	50	52	52	64	112
0607	34.2	35.7	36.9	39.2	64.5	52	52	44	66	84
0610	24.4	31.7	29.3	49.4	110.6	44	50	48	68	148
0614	32.8	30.0	41.9	49.8	91.5	48	54	70	72	116
0620	30.0	28.0	23.4	36.0	48.7	40	42	42	50	144
0621	32.8	32.3	32.3	39.3	88.4	46	54	58	64	112
0625	33.3	38.0	35.4	31.8	67.3	48	52	52	68	108
0627	24.6	32.3	29.4	21.5	48.1	40	50	44	42	96
0628	29.3	33.7	36.0	31.9	84.0	44	46	48	50	136
0629	24.6	33.0	37.7	50.9	65.5	49	48	56	66	144
0633	35.7	35.7	36.0	59.7	137.6	46	50	54	78	184
0634	29.0	31.0	27.2	35.7	104.4	38	40	40	56	108
0638	28.4	32.8	37.2	40.0	120.6	40	46	56	60	120
0639	27.5	31.8	29.5	32.8	114.0	44	44	44	46	144
0701	25.1	31.5	32.8	49.2	46.0	38	42	54	68	92
0705	22.9	21.9	26.2	49.8	52.1	34	34	38	68	108
0713	28.2	35.4	35.4	43.5	60.5	44	50	54	54	86
0717	39.3	45.3	45.6	35.7	116.1	48	68	60	76	152
0719	33.9	32.2	36.0	51.0	124.2	50	56	56	70	120
0721	36.0	37.5	32.8	60.0	96.0	56	56	50	64	168
0725	31.5	31.9	39.0	56.5	79.9	45	50	56	71	128
0727	26.7	30.0	28.4	38.4	94.5	40	44	44	60	108
0737	23.5	29.5	23.7	39.8	96.8	38	42	40	54	112
0741	33.3	31.2	32.8	51.2	98.3	50	52	56	66	120
0745	30.0	35.7	36.0	42.0	94.6	52	48	52	60	98
0811	30.9	33.3	35.7	36.0	74.5	50	52	60	54	96
0812	24.0	31.2	23.4	46.4	59.6	46	44	44	56	92

<sup>a)</sup> LT<sub>50</sub>=50% Lethal Time (hr). <sup>b)</sup> LT<sub>100</sub>=100% Lethal Time (hr).

누에 발육단계별 LT<sub>100</sub>은 2령 유충이 44.9 시간, 3령과 4령 유충이 47.9, 및 49.2 시간이었으며, 5령 유충은 61.9 시간, 번데기 시기는 120.6 시간이었다. LT<sub>100</sub>에서도 LT<sub>50</sub>과 같이 2, 3 및 4령에서는 그 값에 유의차가 없으나 5령 유충에서는 15 시간 정도 길어졌고, 번데기 시기는 3 배 이상 길어져서 병원성은 크게 저하되었다. LT<sub>100</sub>에서도 0602 선충은 2, 3 및 4 령에서 가장 짧고, 그 다음으로는 0705, 0634 순이었다 (Table 4).

인공사료로 사육한 5 령기 누에 유충에서 증식성을 조사한 결과, 0717 계통은 누에 5 령 유충에 접종 후 45일 동안 평균 349,320 마리가 분리되어 증식성이 가장 우수하였다. 0620 계통은 29일 동안 295,456마리, 0625 계통은 41일 동안 288,160 마리가 분리되었으며, 누에 유충에서는 평균 193,489 마리가 증식되었다. 선충의 분리가 지속되는 일수와 그 증식량은 반드시 비례하지는 않았다. 0705, 0713 계통의 증식은 각기 97,685, 28,095, 85,780, 그리고 50,540마리에 불과하여 다른 계통에 비해 적고, 분리기간도 21,

22, 29 및 33일로서 짧았다. 그리고, White trap 설치 후 1주일 내에 전량의 80%가 집중적으로 분리되는 양상을 보였다.

번데기 시기에 접종했을 경우 White trap에서 최초의 선충이 분리되는 시기가 유충에 비하여 다소 늦은 3~4일로 지연되었다. 선충 분리에 소요되는 기간의 평균은 51일로서, 5 령 누에 유충이 35일 이었던 것에 비하여 1.5 배 정도 연장되었다. 가장 많이 증식된 계통은 0627로서 73일 동안 381,213 마리가 분리되었고, 그 다음으로 0620은 70일 동안 357,080 마리, 그리고 0717은 50일 동안 334,593 마리가 분리되었다 (Table 5).

**해충에 대한 병원성:** 북방플 노린재에 대한 선충의 병원성 검정 결과, 숙주당 100 마리의 접종에서 병원성이 강한

**Table 5.** Number of nematodes reproduced per individual host following inoculation at 5th instar larvae or pupae of the silkworm, *B. mori*, reared on artificial diet (data from 10 replicates)

Nematode strains	5th Instar Larvae (Mean±SE)		Pupal Host (Mean±SE)	
	No. nematodes reproduced	Days required for isolation	No. nematodes reproduced	Days required for isolation
	0602	170,411±153.6	26±1.0	217,820±107.5
0605	181,587±145.6	25±0.0	239,750±134.6	35±2.8
0607	250,750±229.2	55±0.0	318,740±429.3	55±0.0
0610	186,350±391.3	45±0.0	252,427±218.7	50±0.0
0614	255,930±245.4	58±1.6	254,357±144.4	60±0.0
0620	295,456±384.6	29±0.9	357,080±241.2	70±0.0
0621	167,287±140.0	41±1.6	200,407±120.0	51±1.6
0625	288,160±121.4	41±1.6	315,150±331.5	60±0.0
0627	272,093±272.9	40±0.0	381,213±358.9	73±3.3
0628	175,852±75.8	29±0.9	203,213±176.1	50±0.0
0629	115,153±156.0	45±0.0	249,650±259.2	60±0.0
0633	184,556±93.7	23±1.0	273,947±126.3	70±0.0
0634	123,823±72.4	30±0.0	194,463±98.5	60±0.0
0638	285,380±385.6	31±1.6	312,806±320.7	56±1.6
0639	208,257±27.0	55±0.0	283,513±202.7	55±0.0
0701	193,170±310.2	32±0.0	187,517±139.1	41±1.6
0705	85,780±67.5	29±0.8	106,520±64.8	40±0.0
0713	50,540±84.3	33±0.9	116,320±85.7	45±2.8
0717	349,320±497.1	45±0.0	334,593±224.0	50±0.0
0719	284,600±385.7	31±0.9	302,320±353.9	56±1.6
0721	213,880±128.0	45±1.6	165,880±140.7	53±3.3
0725	265,535±259.3	42±1.4	290,000±250.0	60±0.0
0727	154,400±76.7	34±2.9	183,550±235.6	51±6.0
0737	137,240±135.6	32±1.4	156,386±145.7	51±1.6
0741	183,561±247.4	32±2.6	200,285±260.3	53±1.6
0745	210,955±271.0	36±0.6	245,830±235.9	48±1.6
0811	183,220±156.3	36±1.6	224,000±135.0	58±1.6
0812	205,673±265.2	35±0.0	256,350±275.3	56±1.6

0639는 93%, 0713, 0725 및 0745 등은 92%의 치사율을 기록하였고, 0620, 0628 및 0727 등도 각기 87~89%로서 병원성이 우수하였다. 그러나, 0621, 0627 및 0701 계통은 북방풀노린재에 대한 살충 작용을 나타내지 않았다. 숙주 내에서의 증식성은 0633 계통이 숙주당 112,000 마리가 증식되어 가장 높았고, 그 다음으로 0705, 0602, 0610 및 0713의 순으로 증식성이 높았다. 선발된 선충계통의 북방풀노린재에 대한 치사력의 우열순위는 증식력과 일정한 상관이 없었다. 본 시험에서 평균 치사율은 50% 이상으로서 대체적으로 우수한 병원성이 입증되었다. 북방풀노린재는 실험용기의 내벽과 뚜껑등에 올라붙기 때문에 선충과 접촉 기회가 적었으므로 치사에 소요되는 시간은 다소 지연되었던 것으로 생각된다 (Table 6).

멸강나방유충에 대한 병원성은, 0605, 0620, 0629 및 0638의 순으로 치사율이 높았다. 북방풀노린재와는 달리 모든 선충이 치사력을 발휘하였다. 그러나 0727나 0719 계통에 의한 치사율은 20%에 미치지 못하였다. 평균 치사율은 71%였는데 치사율이 높은 계통과 낮은 계통 간의 차이가

매우 컸다. 증식률에서도 0717, 0621 및 0629의 순이었다. 멸강나방에서는 증식성은 공시 곤충 중에서 가장 열등하여 숙주당 1000마리 정도의 선충이 증식되었으며, 숙주의 고유한 체질에 기인하는 것으로 간주할 수 있으나, 누에 등에 비하여 체구가 비교적 작은 영향도 있을 것이다 (Table 7).

왕풍뎅이는 유충기에 토양에서 서식하며 작물의 뿌리를 가해하는 해충으로서, 화학제의 처리로는 쉽게 방제가 되지 않는다. 선발계통 선충을 접종했을 때 치사율이 0639, 0625 및 0621의 순이었다. 평균 치사율은 65%인 반면, 0725와 0713은 25%와 32%의 치사에 그쳤다. 증식률은 0625, 0614의 순이었다. 왕풍뎅이 유충은 다른 작물해충에 비하여 치사율이 높지 않았지만 증식량이 매우 많았던 점은, 고유한 체질과 함께 체구가 큰 영향도 무관하지 않을 것이다. 딱정벌레목 유충의 방제에서 숙주당 400마리의 선충을 접종한 경우와 비교할 때 (Belair and Boivin 1985), 본 시험에서는 숙주당 선충 100 마리의 접종으로 동등한 치사율을 기록하므로 병원성이 상당히 강한 계통의 존재가 확인되었다 (Table 8).

**Table 6.** Pathogenicity and multiplicity of nematode strains to the adult of *P. angulosa* (Hemiptera)

Nematode Pathogens	Mortality (%)	Average Life Span of Infected Host (Day)	No. Nematodes Reproduced per Host
0602	66 ± 0.0	2 ± 0.3	84,000 ± 198.0
0605	85 ± 13	2 ± 0.4	7,500 ± 69.2
0607	78 ± 1.2	4 ± 1.2	870 ± 17.3
0610	59 ± 0.9	3 ± 0.6	78,200 ± 577.3
0614	70 ± 1.2	5 ± 1.2	5,400 ± 248.2
0620	89 ± 0.3	3 ± 0.9	32,000 ± 57.7
0621	0 ± 0.0	3 ± 0.0	0 ± 0.0
0625	75 ± 3.5	4 ± 0.3	8,660 ± 346.4
0627	0 ± 0.0	4 ± 0.5	0 ± 0.0
0628	87 ± 1.5	4 ± 0.3	780 ± 20.2
0629	52 ± 2.5	3 ± 0.3	2,200 ± 115.4
0633	82 ± 1.3	3 ± 0.6	112,000 ± 692.8
0634	82 ± 0.3	3 ± 0.9	3,200 ± 461.8
0638	71 ± 1.2	5 ± 1.2	7,000 ± 121.2
0639	93 ± 1.9	4 ± 0.9	8,600 ± 46.1
0701	0 ± 0.0	5 ± 1.8	0 ± 0.0
0705	86 ± 0.3	3 ± 0.3	97,200 ± 62.9
0713	92 ± 0.3	3 ± 0.3	72,200 ± 230.9
0717	68 ± 0.3	4 ± 0.9	1,200 ± 47.9
0719	61 ± 1.2	4 ± 1.2	850 ± 53.1
0721	76 ± 0.3	4 ± 1.2	200 ± 31.7
0725	92 ± 0.3	3 ± 1.2	52,000 ± 132.7
0727	87 ± 1.9	4 ± 0.6	3,800 ± 39.2
0737	65 ± 3.5	5 ± 0.8	1,000 ± 35.7
0741	75 ± 3.5	4 ± 0.9	5,800 ± 92.3
0745	92 ± 0.9	3 ± 0.3	56,660 ± 502.2

\* Duration of normal hosts reared in comparison with those of nematode infection.

**Table 7.** Pathogenicity and multiplicity of nematode strains to the larvae of *P. separata*. (Lepidoptera)

Nematode Pathogens	Mortality (%)	Average Life Span of Infected Host (Day)	No. Nematodes Reproduced per Host
0602	70 ± 3.3	2 ± 1.0	590 ± 32.3
0605	92 ± 0.9	2 ± 0.9	2,700 ± 11.5
0607	88 ± 0.9	2 ± 0.9	2,870 ± 17.3
0610	78 ± 0.3	4 ± 0.9	1,200 ± 47.9
0614	86 ± 0.3	4 ± 1.2	2,800 ± 31.7
0620	92 ± 0.3	2 ± 0.0	2,200 ± 47.9
0621	81 ± 0.0	4 ± 1.5	3,010 ± 63.5
0625	79 ± 6.6	4 ± 1.3	2,000 ± 51.9
0627	75 ± 0.3	3 ± 0.9	1,200 ± 47.9
0628	50 ± 1.0	5 ± 0.9	670 ± 30.5
0629	92 ± 0.3	3 ± 1.2	3,000 ± 11.5
0633	78 ± 3.5	3 ± 1.2	660 ± 38.6
0634	77 ± 3.9	3 ± 0.9	850 ± 11.5
0638	87 ± 1.5	2 ± 0.3	780 ± 20.2
0639	79 ± 0.3	4 ± 0.3	1,200 ± 36.3
0701	62 ± 0.3	4 ± 1.2	200 ± 31.7
0705	80 ± 0.9	4 ± 0.4	1,400 ± 20.2
0713	75 ± 3.5	4 ± 0.9	1,280 ± 34.6
0717	86 ± 0.3	2 ± 0.3	3,100 ± 30.5
0719	15 ± 1.5	6 ± 0.4	400 ± 58.3
0721	37 ± 1.5	6 ± 0.9	570 ± 11.5
0725	55 ± 2.0	6 ± 0.9	660 ± 11.5
0727	12 ± 1.2	6 ± 1.2	850 ± 5.7
0737	23 ± 3.5	6 ± 1.4	50 ± 14.4
0741	68 ± 1.5	5 ± 1.2	1,560 ± 23.0
0745	65 ± 3.5	4 ± 1.0	800 ± 11.5

\* Duration of normal hosts reared in comparison with those of nematode infection.

**Table 8.** Pathogenicity and multiplicity of nematode strains to the larvae of *M. incana* (Coleoptera)

Nematode Pathogens	Mortality (%)	Average Life Span of Infected Host (Day)	No. Nematodes Reproduced per Host
0602	80 ± 0.9	10 ± 3.3	9,900 ± 144.3
0605	85 ± 1.3	9 ± 0.4	7,500 ± 69.2
0607	78 ± 1.3	11 ± 0.6	12,000 ± 692.8
0610	77 ± 0.9	9 ± 0.6	18,200 ± 577.3
0614	83 ± 0.3	12 ± 0.9	101,200 ± 479.2
0620	76 ± 0.3	10 ± 1.2	63,200 ± 317.5
0621	85 ± 1.3	9 ± 0.4	7,500 ± 69.2
0625	87 ± 0.3	11 ± 5.9	112,000 ± 958.4
0627	75 ± 1.2	15 ± 1.2	75,400 ± 259.8
0628	55 ± 0.3	10 ± 0.9	3,200 ± 461.8
0629	59 ± 0.3	12 ± 0.9	5,300 ± 86.6
0633	82 ± 0.3	10 ± 1.2	52,000 ± 132.7
0634	75 ± 3.5	9 ± 0.3	8,660 ± 346.4
0638	72 ± 1.2	10 ± 1.2	5,870 ± 17.3
0639	87 ± 1.5	9 ± 0.3	12,200 ± 20.2
0701	53 ± 1.9	11 ± 0.9	8,600 ± 473.4
0705	45 ± 0.0	11 ± 6.9	790 ± 37.5
0713	32 ± 0.0	11 ± 1.5	850 ± 60.6
0717	55 ± 2.5	10 ± 0.3	780 ± 115.4
0719	80 ± 0.3	9 ± 0.3	1,200 ± 62.9
0721	25 ± 1.2	13 ± 1.2	150 ± 14.4
0725	38 ± 0.3	12 ± 0.3	2,200 ± 230.9
0727	68 ± 0.9	12 ± 0.3	6,660 ± 502.2
0737	35 ± 3.5	12 ± 0.8	1,000 ± 8.6
0741	61 ± 1.2	10 ± 1.2	5,850 ± 53.1
0745	55 ± 3.5	10 ± 0.9	850 ± 34.6

**Table 9.** Pathogenicity and multiplicity of nematode strains to the maggot of *C. vomitoria* (Diptera)

Nematode Strains	Mortality (%)	Average Life Span of Infected Host (Day)	No. Nematodes Reproduced per Host
0602	83 ± 5.8	4 ± 3.3	830 ± 5.8
0605	57 ± 1.3	6 ± 0.9	430 ± 11.5
0607	63 ± 1.1	3 ± 0.6	300 ± 30.5
0610	48 ± 1.0	5 ± 0.9	380 ± 13.2
0614	56 ± 8.3	3 ± 1.2	450 ± 5.7
0620	50 ± 1.3	6 ± 1.4	860 ± 51.9
0621	54 ± 1.0	6 ± 0.9	660 ± 17.3
0625	51 ± 1.2	5 ± 1.2	870 ± 35.7
0627	57 ± 2.0	3 ± 1.5	480 ± 8.6
0628	66 ± 1.2	3 ± 1.3	420 ± 49.6
0629	66 ± 0.9	3 ± 0.3	330 ± 30.5
0633	55 ± 3.5	5 ± 1.3	560 ± 23.0
0634	72 ± 1.2	4 ± 1.2	1,000 ± 34.6
0638	57 ± 1.7	3 ± 0.3	280 ± 10.3
0639	55 ± 5.0	4 ± 1.5	250 ± 5.8
0701	82 ± 0.7	3 ± 0.6	1,100 ± 57.7
0705	75 ± 1.1	3 ± 0.1	1,570 ± 28.8
0713	85 ± 3.5	3 ± 0.3	1,500 ± 51.8
0717	85 ± 1.3	3 ± 0.4	2,000 ± 52.5
0719	60 ± 0.3	5 ± 0.3	1,000 ± 35.7
0721	62 ± 1.3	5 ± 0.3	270 ± 13.2
0725	68 ± 1.3	5 ± 1.3	700 ± 17.3
0727	62 ± 1.3	5 ± 0.4	2,000 ± 52.5
0737	65 ± 3.5	4 ± 0.3	660 ± 34.6
0741	71 ± 1.2	5 ± 1.2	870 ± 35.7
0745	72 ± 0.3	4 ± 0.3	920 ± 47.9

\* Duration of normal hosts reared in comparison with those of nematode infection.

\* Duration of normal hosts reared in comparison with those of nematode infection.

털검정파리유충은 부패한 음식물 쓰레기등에서 흔히 발생하는 위생해충으로서 공시 선충계통에 의한 평균 치사율은 66%였다. 계통별로 0713, 0717은 85%, 0602는 83%, 0610, 0620 및 기타 계통은 50%이하의 치사율을 보였다. 털검정파리 유충에서 증식성이 우수한 선충은 0717 및 0727 계통으로 숙주당 2,000마리 정도가 분리되었다. 0705, 0713는 1,500여마리, 0634와 0719 계통에서는 1,000마리 정도가 분리되었으나, 그 외에는 수백마리에 불과하였고, 치사율과 증식성에 관한 계통별 순위는 일치하지 않았다 (Table 9).

### 고찰

본 시험에서 선충 검출율이 100%를 기록한 결과는 토양 시료의 토성과 채취방법 및 trap 용 곤충의 감수성 등이 복합된 효과로 간주할 수 있다. 특히, 토양시료는 대체로 사양토였던 점과, 표면의 건조한 부분을 제거하고 습기를 지닌 토심 10 cm 이내에서 채취한 방법은 선충 검색에 유리하

게 작용한 것으로 판단된다. 수분은 선충의 생존 및 증식에 필수적이며(Freckman and Baldwin, 1990), 수분함량이 높아도 점성이 높고 입자가 작은 토양은 공기 교환의 불량으로 생존력이 약화되어 선충의 서식에 불리하다 (Kung *et al.*, 1990). 또한, trap 용 숙주곤충으로 이용한 누에는 야생 곤충 중 보다 선충에 감수성이 높으며, 토양 선충의 분리에 유리하게 작용하였을 것이다. 누에는 장구한 세월동안(6,000년 이상으로 추산) 실내에서만 사육되어 선충과의 접촉 없이 진화된 결과, 저항성 계통이 선발될 기회가 부여되지 않았기 때문으로 생각된다.

강원도에서 제주도에 이르는 지역에서 채취한 시료는 대체로 사양토로서, 밭 25 점, 산림 31 점, 해안 6 점 과수원 5 점 등과, 해발 800 m 이상의 고지대는 물론 간척지를 포함한 기타 유희지 33 점 등이다. 끝벌부채명나방 유충으로 분리한 결과에 따르면 염분농도가 높으면(30 ds/m 이상) 토양에 서식하는 선충의 생존율이 저하된다고 한다 (Thurston *et al.*, 1994). 그런데, 염분 농도는 불명이지만, 해안의 갈대밭이나 간척지 토양에서도 7.5일 이내에 누에

번데기가 치사할 만큼 활성을 지닌 선충이 분리되었다 (0745 계통). 또한, 해발 800 m의 고지대인 동시에 척박한 황무지 토양(0811 계통), 아파트단지 등 도심지의 생활공간 (0607 계통) 에서도 곤충병원성 선충이 분리되었다.

이러한 결과들은 지금까지 Choo(1996) 등이 국내에서 검출한 곤충병원성 선충이 Rhabditida 목에 Steinernematidae 와 Heterorhabditidae과 만을 보고한 것에 반하여 국내 토양에서 다양한 곤충병원성 선충 종이 서식하고 있음을 확인 하였다.

본 시험에서 trap용 곤충으로 사용한 누에 번데기는 매우 크고 운동성이 없으므로 토양내의 선충의 밀도에 관계없이 선충의 검출 효율은 매우 높고 일정한 수준으로 안정된 특성을 나타내었다. 곤충병원성 선충의 분포밀도는 특히 농경지나 과수원 및 목초지에서 비교적 높은 것으로 알려져 있다 (Beavers, et al., 1983). 지금까지 예상을 초월한 광범위한 지역에서 더 높은 밀도로 곤충병원성 선충이 분포한다는 사실이 이번 누에 trap을 이용한 토양 중의 선충 분리 결과로 알 수 있었다. 각 지역의 토양표본에서 확인된 바, 풍부한 선충상은 강우량이 적절한 우리나라 자연생태계의 특성에 기인할 가능성이 높다.

생물학적 방제제로서 숙주력이 넓은 곤충병원성 선충을 꿀벌부채명나방 또는 담배거세미나방을 이용하여 증식할 경우, 숙주 1 두당 15~20 만의 선충을 생산한다고 하였다 (Bedding and Akhurst, 1975). 누에는 유충에서의 평균치는 35일 동안 193,489 마리가 증식되었으며(하루 5,389 마리), 번데기에서는 평균은 51일 동안 232,608 마리가 증식되었다 (하루 4,534 마리). 누에로부터 증식된 선충 수는, 번데기가 유충보다 많았으나 단위 배양기간을 고려할 경우의 생산성은 유충이 더 높았다. 누에는 선충의 증식 뿐 아니라, 대량 사육은 꿀벌부채명나방 또는 담배거세미나방에 비하여 월등하게 우수하였으므로, 증식용 숙주로서 매우 유리한 것으로 판단되었다.

## 인용문헌

- Akhurst, R.J. and W.M. Brook. 1984. The distribution of Entomophilic Nematodes(Heterorhabditidae and Steinernematidae) in north Carolina. *J. Invertebr. Pathol.* 44:140-145.
- Beavers, J.B., C.W. McCoy and D.T. Kaplan. 1983. Natural enemies of subterranean *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera:Curculionidae) larvae in Florida. *Environ. Entomol.* 12: 840-843.
- Bedding, R.A. and R.J. Akhurst. 1975. A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. *Nematologica* 21: 109-110.
- Belair, G. and G. Bovin. 1985. Susceptibility of the carrot weevil(Coleoptera: Curculionidae) to *Steinernema feltiae*, *S. bionis*, and *Heterorhabditis heliothidis*. *J. Nematol.* 17: 363-366.
- Choo, H.Y., H.H. Kim, D.W. Lee and Y.D. Park. 1996. Microbial control of fly maggots with entomopathogenic nematodes and fungus in outhouses of farmhouses. *Korean J. Appl. Entomol.* 35: 80-84.
- Curran, J. and J.M. Webster. 1989. Genotypic analysis of *Heterorhabditis* isolates from North Carolina. *J. Nematol.* 21: 140-145.
- Freckman, D.W. and J.G. Baldwin. 1990. Nematoda. In D. L. Dindal (ed.) *John Wiley & Sons, New York. Soil Biology Guide.* pp. 155-168.
- Gaugler, R. and D. Molloy. 1981a. Field evaluation of the entomogenous nematode, *Neoplectana carpincapsae*, as a biological control agent of black flies (Diptera : Simuliidae). *Mosquito News* 41: 459-464.
- Gaugler, R. and D. Molloy. 1981b. Instar susceptibility of *Simulium vittatum* (Diptera: Simuliidae) to the entomogenous nematode *Neoplectana carpincapsae*. *J. Nematol.*, 13: 1-5.
- Han, S.C., Y.G. Kim and B.J. Lee. 1996. Biological control of vegetable insect pests with entomopathogenic nematodes. *Korean J. Soil Zoology* 1: 81-88.
- Kaya, H.K. 1985. Susceptibility of early larval stages of *Pseudaletia unipuncta* and *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) to the entomogenous nematode *Steinernema feltiae* (Rhabditida:Steinernematidae). *J. Invertebr. Pathol.* 46: 58-62.
- Kung, S.P., R. Gaugler and H.K. Kaya. 1990. Soil type and entomopathogenic nematode persistence. *J. Invertebr. Pathol.* 35: 401-406.
- Maggenti, A.R. 1991. Nematoda: Higher classification. In W. R. Nickle (ed.) *Manual of agricultural nematology.* Maëcel Dekker, New York. pp. 147-187.
- Mracek, Z. 1980. The use of "Galleria traps" for obtaining nematode parasites of insects in Czechoslovakia (Lepidoptera: Nematoda, Steinernematidae). *Acta Entomologica Bohemoslovaca* 77: 378-382.
- Nickle, W.R. 1984. *Plant and Insect Nematodes.* Marcel Dekker, New York and Basel. pp. 628-890.
- Poinar, G.O., Jr. 1979b. Diplogasteridae. In *Nematodes for Biological Control of Insects.* CRC Press, Florida. pp. 82-92.
- Poinar, G.O., Jr. 1979c. Rhabditidae. In *Nematodes for Biological Control of Insects.* CRC Press, Florida. pp. 92-95.
- Poinar, G.O., Jr. 1979e. Heterorhabditidae. In *Nematodes for Biological Control of Insects.* CRC Press, Florida. pp. 165-180.
- Poinar, G.O., Jr. 1979f. Tylenchida. In *Nematodes for Biological Control of Insects.* CRC Press, Florida. pp. 180-194.



- Poinar, G.O., Jr. and R. G. Hislop. 1981. Mortality of mediterranean fruit fly adults (*Ceratitis capitata*) from parasitic nematodes (*Neoplectana* and *Heterorhabditis* spp.). Med. Sci. 9: 641-645.
- Poinar, G.O.Jr., J. S. Evans and E. Schuster. 1983. Field test of the entomogenous nematode, *Neoplectana carpocapsae*, for control of corn rootworm larvae (*Diabrotica* sp. Coleoptera) Protection Ecol. 5: 337-342.
- Poinar, G.O.Jr. 1986. Recognition of Neoplectana species (Steinernematidae: Rhabditida). Proc. helminth. Soc. Wash 53: 121-129.
- Pye, A.E. and M. Burman. 1978. *Neoplectana carpocapsae* infection and reproduction in large pine weevil larvae, *Hylobius abietis*. Exp. Parasitol. 46: 1-11.
- Thurston, G.S., Y. Ni and H.K. Kaya. 1994. Influence of salinity on survival and infectivity of entomopathogenic nematodes. J. Nematol. 26: 345-351.
- White, G.E. 1929. A method for obtaining infective nematode larvae from culture. Science 66: 302-302.  
(1999년 3월 15일 접수)

---

## Isolating Entomopathogenic Nematode in South Korea

Han, Sang Mi and Myung Sae Han

Department of Natural Fiber Science, Kyungpook National University, Taegu 701-702, Korea

**ABSTRACT:** Entomopathogenic nematodes were isolated through the investigation of soil samples from various biotopes in south Korea, the efficiency of isolation for highly pathogenic nematodes to silkworms (*Bombyx mori*) was as high as 28 %. Twenty-eight strains of nematodes, selected among 100 samples by silkworms were confirmed the pathogenicity, multiplicity, and tolerance against various condition of preservation. Pathogenicity of the nematode isolates to agricultural and environmental pests such as *Calliphora vomitoria*, *Pseudaletia separata*, *Palomena angulosa*, and *Melolontha incana* were high. Mortality was varied from 20 to 100% by the pest insects and nematode strains. The high detectability of entomopathogenic nematodes resulted from the methods of collection for soil samples within 10 cm depth after eliminating dried soil surface and the use of silkworm trap. High population of entomopathogenic nematodes represented the strong activity and broad action radius in the environment. Most of the nematode isolates were successfully cultured on the silkworm host as well as on artificial media, and proved their potential for the use of biological control agent.

**Key words:** Biological control, Entomopathogenic nematode, Silkworm

---