

## 농약이 곤충병원성 선충의 생존에 미치는 영향

이동운\* · 추호렬 · 최은정<sup>1</sup>

경상대학교 농생물학과, <sup>1</sup>식물검역소 부산지소

### Effect of Aqueous Solutions of Pesticides on Survival of Entomopathogenic Nematodes

Dong Woon Lee\* · Ho Yul Choo · Eun Jung Choi<sup>1</sup>

College of Agriculture, Gyeongsang National University, Chinju, Gyeongnam 660-701, Republic of Korea

<sup>1</sup>Republic of Korea Ministry of Agriculture and Forestry National Plant-Quarantine Service Pusan Branch Office, Joongangdong 6ga, Joonggu, Pusan, 600-016, Republic of Korea

#### ABSTRACT

The toxic effects of four pesticides on the entomopathogenic nematodes, *Heterorhabditis bacteriophora* NC strain, *Steinernema glaseri* NC and Dongrae strain were tested by checking the mortality of infective juveniles(Ijs) in aqueous solution of pesticide. Mortality of Ijs was influenced by pesticide and concentration and soaking time. The herbicide alachlor and insecticide fenitrothion were toxic to Ijs of three entomopathogenic nematodes. But, the fungicides mepronil and tolclofos-methyl were nontoxic to Ijs. Toleclofos-methyl showed significantly very weak toxicity at 28 days after soaking for *S. glaseri* NC strain. *H. bacteriophora* NC strain was more highly sensitive to high temperature condition than were the other nematodes.

**Key words:** *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema glaseri*, tolclofos-methyl, biological control

#### 서 론

곤충병원성 선충은 기주 곤충내에서 패혈증을 유발시켜 24~48시간 이내에 신속하게 기주를 치사시키면서 넓은 기주범위와 대량증식의 가능성 등을 가지면서 인축에 대한 안전성을 가지고 있어 각종 해충방제에 널리 활용되고

있으며 특히 농약의 효과가 미치기 힘든 토양 서식 해충류의 방제에 활용도가 높다(Kaya 1990, Kaya & Gaguler 1993). 그리고 최근에는 각종 농약 사용에 따른 저항성의 출현이나 토양 및 수질 오염과 같은 생태계의 악영향이나 환경오염의 문제와 같은 단점의 대체·보완 수단으로서 생물적 방제 인자의 적극적 활용이 대두되면서 곤충병원성 선충도 그 활용에 대한

\*corresponding author(whitegrub@hanmail.net)

관심이 증대되고 있다. 이러한 장점에도 불구하고 곤충병원성 선충의 대상해충이나 선충의 종에 따라 상이한 병원성을 나타내고 있다(Wang et al 1994, Sulistyanto & Ehlers 1996). 이러한 문제점을 개선시키기 위하여 처리 시기의 조절(Alm et al 1992)이나, 처리 방법의 개선(Shetler et al 1988, Downing 1994) 등과 같은 방법을 활용하고 있다. 아울러 대상해충이 선충에 감수적인 상태가 되도록 스트레스를 주어 병원성 선충의 효과를 증대시키는 방법들이 연구되고 있다(Ishibashi et al 1987, Rovesti & Deseo 1990, Cowles & Villani 1994). 이러한 방법은 최근 지속적 농업을 위해 환경에 대한 영향은 극소화하면서 방제효과는 극대화하려는 의도에서 활용하고 있는 종합적 방제 개념(Hara & Kaya 1982)의 수단으로서 이용도가 높은 방제법이다.

한편 농업생태계는 특정 해충만 피해를 주는 것이 아니고, 각종의 병과 잡초가 혼재하여 발생하기 때문에 곤충병원성 선충의 적용성의 증대를 위하여서는 이러한 살균제나 제초제가 미치는 영향을 고려하여야 한다. 특히 골프장과 같이 동일한 작물이 연중 관리되고, 병해충의 발생이 매년 또는 주기적으로 상습 발생하면서 곤충병원성 선충의 적용이 용이한 곳에서는 이러한 방제약제들에 대한 곤충병원성 선충의 영향이 우선적으로 고려되어야 한다. 곤충병원성 선충은 골프장 잔디에 가장 피해를 주는 굼벵이류에 매우 효과적인 생물적 방제 인자로(Villani & Wright 1988, Forschler & Gardner 1991) 다른 대상 해충들이나 작물들에 비하여 활용도가 높다. 그리고 최근에는 굼벵이류에 대한 곤충병원성 선충의 효과를 극대화하기 위하여 농약으로 스트레스를 준 다음에 곤충병원성 선충을 이용하여 좋은 효과를 보고 있다(Koppen-

höfer와 Kaya 1998).

따라서 본 연구는 병해충 및 잡초 방제를 위하여 사용되고 있는 농약이 곤충병원성 선충의 생존에 미치는 영향을 우선적으로 알아보기 위하여 잔디 해충인 거세미나방 과 굼벵이 등에 고시된 fenitrothion과 브라운벳치병에 고시된 2종의 살균제 및 일반 제초제 1종을 이용하여 이들 농약의 회석액에 대한 곤충병원성 선충의 생존율을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 곤충병원성 선충

곤충병원성 선충은 *Heterorhabditis bacteriophora* NC strain과 *Steinernema glaseri* NC strain 및 추 등(1995)이 분리한 *S. glaseri* Dongrae strain을 이용하였다. 각각의 선충은 꿀벌부채명나방(*Galleria mellonella*) 노숙유충을 미끼로 하여 Dutky 등의 방법에 따라 증식시킨 후 white trap을 설치하여 수확하였다. 수확한 곤충병원성 선충은  $10 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 냉장고에 보관하였으며 수확한지 1달 이내의 선충을 실험에 이용하였다(Kaya & Stock 1997).

### 농약

실험에 이용한 농약은 Table 1과 같았다. 모든 농약은 시중에서 시판 중인 약제를 이용하였다.

### 농약이 곤충병원성 선충의 생존에 미치는 영향

농약이 곤충병원성 선충의 생존에 미치는 영향을 알아보기 위하여 각각의 농약을 권장량과 권장량의 배량 및 반량으로 물에 회석시킨 후(입제의 경우 토양 1kg에 사용할 양을 물 1ℓ에 넣어 교반기에서 10분간 교반시킨 후 고형물질

**Table 1.** List of chemicals used in this test

Common name	Chemical name	Purity(%)	Field rate(ppm)
<b>Fungicides</b>			
Mepronil WP	3'-isopropoxy-O-toluanilide	75	750
Tolclofos-methyl WP	O-2,6-dichloro-p-tolyl O, O-dimethyl phosphorothioate	50	1000
<b>Herbicide</b>			
Alachlor EC	2-Chloro-2', 6'-diethyl-N-(methoxyl methyl) acetanilide	43.7	65.5
<b>Insecticide</b>			
Fenitrothion EC	O, O-dimethyl-O-4-nitro-m-tolyl phosphorothioate	50	500

을 가아제로 걸러내어 사용) 100ml들이 삼각플라스크에 49ml씩을 넣었다. 여기에 5000마리의 곤충병원성 선충 1ml를 피펫으로 넣었다. 접종 후 플라스크 윗 부분을 가정용 호일로 싼 후 편셋으로 4~5개의 구멍을 뚫어 shaker에 올려놓고 150rpm으로 진동시켰다. 처리 후 2, 4, 6, 8, 14, 28일 후에 각각의 삼각플라스크에서 1ml씩을 뽑아 내어 해부현미경으로 치사 유무를 조사하였다. 선충의 치사유무는 편으로 몸을 건드렸을 때 반응이 없는 것으로 확인하였다. 실험은 3반복으로 수행하였으며 무처리구는 살균수 49ml와 곤충병원성 선충만을 접종하였다. 실험은 실내에서 수행하였는데 실험 기간중 일 평균 온도는 26.1~28℃였고, 일 최고온도는 30.4~32.8℃, 일 최저온도는 23.1~23.7℃였다.

**통계처리**

농약침지시간과 곤충병원성 선충의 종류, 농약의 종류, 농약의 농도가 곤충병원성 선충의 생존에 미치는 영향에 관한 주요인 분석을 위하여 2×2×2×2 factorial ANOVA 분석을 하였다. 곤충병원성 선충의 생존율은 농약 처리 전 생충수에서 처리 후 개체수를 빼 주어 백분율로 나타내었으며 이 값을 선충종과 조사 시점 별로 나누어 Student-Newman-Keuls Test

로 분산분석하였다(PROC GLM, 조 1998). 분산분석은 0.05% 유의수준에서 검증하였으며 모든 자료는 평균±표준편차로 나타내었다.

**결 과**

농약의 종류나 침지한 시간, 농도 및 곤충병원성 선충의 종은 모두 곤충병원성 선충의 생존율에 영향을 주었다(Table 2).

*H. bacteriophora* NC strain은 농약에 48시간만 침지시켜도 tolclofos-methyl 처리를 제외하고는 치사율이 높게 나타났다( $F=95.57, df=12, 26, p=0.0001$ )(Table 3). 농약 침지 4일째와 6일째도 2일째와 유사한 경향이었지만 농약의 종류와 농도에 따라서는 치사율에 차이가 있었다(침지 4일째;  $F=139.88, df=12, 26, p=0.0001$ , 침지 6일째;  $F=179.88, df=12, 26, p=0.0001$ ). 그러나 침지 8일째에는 tolclofos-methyl 처리를 제외한 모든 처리에서 90% 이상의 치사율을 보였다( $F=188.37, df=12, 26, p=0.0001$ ). 침지 14일째 이후에는 모든 처리에서 전혀 생존치 못하였다.

*S. glauigeri* NC strain 선충은 농약 침지 48시간 이후에는 alachlor 권장량과 배양처리, fenitrothion 권장량과 배양처리를 제외하고,

**Table 2.** Analysis of variance for main effects and interactions of soaking time, nematode species, chemical and chemical concentration on mortality of entomopathogenic nematodes in the aqueous solutions of chemicals

Source of variation	df	Mean square	F value
Soaking time(S)	5	21481	1287.84***
Nematode species(N)	2	48085	2882.84***
Chemical(C)	5	43617	2614.92***
Chemical concentration(O)	2	21738	1303.27***
S×N	10	1413	84.74***
S×C	15	2032	121.82***
S×O	10	1318	79.03***
N×C	6	5118	306.47***
N×O	4	2138	128.18***
C×O	6	1865	111.79***
S×N×C	30	614	36.81***
S×N×O	20	142	8.54***
N×C×O	12	1178	70.62***
S×N×C×O	90	128	7.70***
Error	432	17	-
Total	649	-	-

\*\*\*Significant at the 0.0001 probability levels.

**Table 3.** Toxicity of pesticides to infective juveniles of *Heterorhabditis bacteriophora* NC strain

Pesticides	Concentration (ppm)	% mortality ± SD			
		2 days	4 days	6 days	8 days
Alachlor	130	100±0a*	100±0a	100±0a	100±0a
	65	93.0±4.6a	93.7±4.2a	97.0±2.0a	100±0a
	32.5	97.7±2.3a	96.0±1.0a	98.0±0.0a	100±0a
Fenitrothopn	1000	97.3±2.1a	97.7±2.1a	99.7±0.6a	100±0a
	500	97.3±2.1a	94.3±0.6a	94.0±1.0a	100±0a
	250	69.7±5.0b	71.3±5.5c	81.0±0.0c	100±0a
Mepronil	1500	96.7±1.5a	97.7±0.6a	97.7±1.5a	97.0±1.7ab
	750	68.3±5.0b	85.3±1.5b	80.0±4.0c	93.0±2.6bc
	375	56.3±4.9c	62.3±3.1d	71.7±3.2d	93.3±2.1bc
Tolclofos-methyl	2000	40.3±8.1d	52.7±4.0e	67.3±5.1d	65.0±4.6d
	1000	47.0±3.0d	50.3±1.5e	44.0±5.3e	57.7±2.5e
	500	47.3±3.2d	50.0±1.0e	36.7±2.3f	64.7±3.1d
Water		73.6±3.2b	82.7±4.7b	88.7±1.5b	90.3±0.6c

\*Means followed by the same letters in a column are significantly different at  $p=0.05$ (Student-Newman-Keuls test).

Table 4. Toxicity of pesticides to infective juveniles of *Steinernema glaseri* NC strain

Pesticides	Concentration (ppm)	% mortality ± SD					
		2 days	4 days	6 days	8 days	14 days	28 days
Alachlor	130	100 ± 0a*	100 ± 0a	100 ± 0a	100 ± 0a	100 ± 0a	100 ± 0a
	65	90.8 ± 8.7a	100 ± 0a	100 ± 0a	100 ± 0a	100 ± 0a	100 ± 0a
	32.5	44.5 ± 7.3b	43.5 ± 2.5b	45.4 ± 4.7b	45.4 ± 4.7b	73.4 ± 0.8b	100 ± 0a
Fenitrothion	1000	100.0 ± 0a	100 ± 0a	100 ± 0a	100 ± 0a	100 ± 0a	100 ± 0a
	500	89.4 ± 3.7a	89.9 ± 3.9a	87.5 ± 2.2a	91.3 ± 1.5a	97.6 ± 1.7a	100 ± 0a
	250	28.5 ± 8.7c	48.8 ± 0.9b	40.6 ± 5.8bc	46.7 ± 1.9b	68.1 ± 4.4b	100 ± 0a
Mepronil	1500	23.6 ± 6.0c	29.5 ± 13.9c	31.9 ± 2.9bcde	31.9 ± 6.6c	43.0 ± 4.5c	100 ± 0a
	750	21.2 ± 5.5c	25.1 ± 5.9c	29.0 ± 10.2cde	27.5 ± 8.0c	40.6 ± 6.3c	100 ± 0a
	375	20.3 ± 2.9c	25.6 ± 5.1c	20.8 ± 4.7de	32.4 ± 3.6c	33.3 ± 5.3c	100 ± 0a
Tolclofos-methyl	2000	29.0 ± 12.4c	30.9 ± 2.2c	34.3 ± 6.6bcd	36.2 ± 3.9c	39.1 ± 5.0c	51.7 ± 0.9b
	1000	20.8 ± 2.2c	23.7 ± 4.7c	27.5 ± 10.2cde	27.0 ± 5.1c	40.6 ± 6.7c	52.1 ± 2.6b
	500	4.3 ± 8.0d	13.2 ± 2.9d	15.5 ± 13.1e	16.4 ± 8.4d	33.8 ± 3.3c	52.2 ± 3.9b
Water		0 ± 0d	18.8 ± 2.5cd	17.9 ± 7.2de	24.6 ± 5.0c	25.1 ± 4.2d	100 ± 0a

\*Means followed by the same letters in a column are significantly different at p=0.05(Student-Newman-Keuls test).

20% 내외의 낮은 치사율을 보였다(F=103.96, df=12, 26, p=0.0001)(Table 4). 농약 침지 4일 후에도 2일째와 비슷한 경향이었으나 무처리구의 치사율이 18.8%로 증가하였다(F=145.03, df=12, 26, p=0.0001). 농약 침지 6일째에는 alachlor 권장량과 배량처리 농도에서는 모두 치사하였으나 mepronil과 tolclofos-methyl 처리에서는 15.5~34.3%의 낮은 치사율을 보였다(F=78.72, df=12, 26, p=0.0001). 처리 8일째와 14일째도 각 처리별로 6일째와 비슷한 치사율을 보였다(8일째; F=145.82, df=12, 26, p=0.0001, 14일째; F=164.41, df=12, 26, p=0.0001). 그러나 농약 침지 28일 후에는 tolclofos-methyl 처리를 제외한 모든 농약 처리에서 100% 치사하였다(F=767.48, df=12, 26, p=0.0001).

*S. glaseri* Dongrae strain은 농약 침지 2일째부터 alachlor과 fenitrothion 농약에 대하여 감수적이었다(F=95.15, df=12, 26, p=0.0001)

(Table 5). 침지 6일째에도 2일째와 마찬가지로 mepronil과 tolclofos-methyl 농약 처리에서는 각각 31.8~40.0%와 18.4~36.2%의 치사율을 보여 다른 농약에 비하여 감수성이 낮았다(F=143.26, df=12, 26, p=0.0001). 농약 침지 14일째에는 mepronil과 tolclofos-methyl 농약 처리를 제외하고는 모두 100% 치사하였다(F=212.85, df=12, 26, p=0.0001). 그리고 침지 28일 후에는 모든 처리에서 생존치 못하였다.

## 고 찰

농약의 종류나 침지한 시간, 농도 및 곤충병원성 선충의 종은 모두 곤충병원성 선충의 생존율에 영향을 주었다. 특히 *H. bacteriophora* NC strain이 다른 선충들에 비하여 치사율이 높게 나타나 무처리구에서의 치사율도 처리 2일 후에 73.6%를 보여 *S. glaseri* NC strain이 14일째까지 무처리구에서 25.1%의 치사율을 보이는

Table 5. Toxicity of pesticides to infective juveniles of *Steinernema glaseri* Dongrae strain

Pesticides	Concentration (ppm)	% mortality $\pm$ SD				
		2 days	4 days	6 days	8 days	14 days
Alachlor	130	100 $\pm$ 0a*	100 $\pm$ 0a	100 $\pm$ 0a	100 $\pm$ 0a	100 $\pm$ 0a
	65	100 $\pm$ 0a	100 $\pm$ 0a	100 $\pm$ 0a	100 $\pm$ 0a	100 $\pm$ 0a
	32.5	48.5 $\pm$ 6.5bc	60.1 $\pm$ 3.1b	60.4 $\pm$ 8.7b	68.2 $\pm$ 3.1b	72.6 $\pm$ 4.8c
Fenitrothion	1000	100.0 $\pm$ 0a	100 $\pm$ 0a	100 $\pm$ 0a	100 $\pm$ 0a	100 $\pm$ 0a
	500	52.2 $\pm$ 11.9b	57.0 $\pm$ 10.1a	50.8 $\pm$ 2.7c	68.6 $\pm$ 3.1b	85.7 $\pm$ 3.5b
	250	44.7 $\pm$ 4.1bc	51.3 $\pm$ 9.6b	50.9 $\pm$ 1.1c	54.6 $\pm$ 1.6c	72.4 $\pm$ 5.3c
Mepronil	1500	39.3 $\pm$ 7.4bc	35.8 $\pm$ 12.4c	40.0 $\pm$ 3.9d	43.6 $\pm$ 6.2de	42.3 $\pm$ 5.3e
	750	44.0 $\pm$ 6.6bc	34.8 $\pm$ 4.6c	32.8 $\pm$ 3.8de	46.9 $\pm$ 4.6d	51.5 $\pm$ 2.6d
	375	13.4 $\pm$ 2.6de	19.5 $\pm$ 5.3d	31.8 $\pm$ 4.8de	35.5 $\pm$ 5.3ef	37.6 $\pm$ 3.6ef
Tolclofos-methyl	2000	35.9 $\pm$ 7.7c	33.8 $\pm$ 4.6c	36.2 $\pm$ 5.9de	38.5 $\pm$ 3.7ef	55.0 $\pm$ 3.5d
	1000	19.5 $\pm$ 2.4d	28.4 $\pm$ 1.1cd	27.6 $\pm$ 4.6e	33.1 $\pm$ 3.3f	33.1 $\pm$ 0.6f
	500	5.8 $\pm$ 7.4e	19.2 $\pm$ 2.2d	18.4 $\pm$ 3.9f	24.6 $\pm$ 5.7g	38.9 $\pm$ 2.6ef
Water		1.2 $\pm$ 8.0e	4.7 $\pm$ 2.8e	7.2 $\pm$ 7.8g	35.8 $\pm$ 4.6ef	100 $\pm$ 0a

\*Means followed by the same letters in a column are significantly different at  $p=0.05$ (Student-Newman-Keuls test).

것이나 *S. glaseri* Dongrae strain의 8일째까지 35.8%의 치사율을 보이는 것에 비하여 치사율이 높았다. 이것은 *H. bacteriophora* NC strain에 비하여 *S. glaseri*의 두 계통이 고온에 대한 적응력이 높기 때문으로 생각된다. 즉 실험 기간 중의 일 평균온도가 26.1~28℃였고, 일 최고온도는 30.4~32.8℃였는데 곤충병원성 선충은 종이나 strain에 따라 병원성을 나타내거나 발육을 할 수 있는 적정 온도가 다르다 (Mason과 Hominick 1995). 특히 본 실험에 이용한 *H. bacteriophora*는 *S. glaseri*에 비하여 감염태 유충의 평균 길이가 반 정도이다(Woodring and Kaya 1988). 따라서 이러한 곤충병원성 선충의 크기 차이가 외부 환경조건에 대한 내성에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 그리고 농약에 대한 영향도 농약의 종류에 따라 상이한 결과를 나타내었다. 곤충병원성 선충의 종류에 따라 차이는 있었지만 전체적으로 제초제인 alachlor과 살충제인 fenitrothion에 대한 감수

성이 높았다. 반면 살균제인 mepronil이나 tolclofos-methyl에서는 감수성이 낮았으며 특히 tolclofos-methyl처리에서는 오히려 무처리구에 비하여 *S. glaseri* NC strain과 *H. bacteriophora* NC strain은 치사율이 낮게 나타났다. Mepronil은 계면활성제와 보조제, 증량제가 25% 함유되어 있는 카복시아나리이드계의 농약이며 tolclofos-methyl은 계면활성제와 보조제, 증량제가 50% 첨가되어 있는 유기인계 농약인데(농약공업협회 1996) 이들 약제들에 대한 감수성이 낮은 것이 주성분에 의한 영향인지 아니면 보조제나, 증량제, 계면활성제에 의한 영향인지에 관하여서는 더 많은 연구가 있어야 할 것으로 생각된다. 특히 병원성 선충의 병원성에는 영향을 미치지 않으면서 상온에서의 생존 기간을 연장시킬 수 있다면 상품화를 통한 병원성 선충의 상온 유통을 가능케 할 수 있는 소재로 생각된다. 동일한 농약이라 할지라도 병원성 선충의 종에 따라 상이한 반응을 보인다.

Prakasa Rao 등(1975)은 fenitrothion에 대하여 *Neoplectana dutkyi*(DD-136)가 100ppm에서는 20% 치사하고, 500ppm에서는 100%가 치사한다고 하였으나 Zhang 등(1994)은 *S. carpocapsae*에 fenitrothion을 100 $\mu$ g/ml 처리하여도 48시간 이후에 전혀 치사되지 않았다고 하였다. 반면 fenthion은 *Neoplectana dutkyi*(DD-136) 500ppm 농도에서도 1%의 치사율만을 나타내었으나 *S. carpocapsae*에서는 10 $\mu$ g/ml 처리에서도 11.3%가 치사되었다(Prakasa Rao 등 1975, Zhang 등 1994). Zimmerman과 Cranshaw(1990)도 골프장에 사용하는 9종의 농약 희석액에 *Neoplectana carpocapsae* Weiser와 *N. bibionis* Bovine, *Heterorhabditis* sp. "HP-88"을 처리하였을 때 동일 농약에서도 치사율에 차이가 있다고 하였다. 한편 농약 현탁액에 곤충병원성 선충을 침지시키는 것과 같은 조건은 곤충병원성 선충을 농약 현탁액에 직접 첨가시켜 사용하거나 엽면 시비와 같은 조건에서만 가능한 방법이다. 따라서 농약과의 직접적인 혼용 처리가 아닌 농약처리전이나 후에 곤충병원성 선충을 살포하면 농약에 대한 곤충병원성 선충의 피해를 최소화할 수 있을 것으로 생각된다. 그리고 현탁액 상태에서 곤충병원성 선충에 영향을 미치는 농약들을 토양에서 사용하였을 경우에는 실내 실험 조건에 비하여 영향을 적게 받을 것으로 생각된다. 살선충제인 carbofuran과 Ethoprofos를 오이 포트에 처리시 2cm까지는 고구마뿌리혹선충(*Meloidogyne incognita*)이 70% 이상 방제되지만 2cm 이하의 토양에서는 20% 이하의 방제율을 보여(송 등 1999) 토양내에 농약의 침투가 제한적인 것으로 나타났다. 특히 골프장 잔디는 대치층의 축적과 잔디가 지표면을 덮고 있어 토양내의 선충에 영향을 줄 수 있을 만큼 농약이 침투되는

것이 어려울 것으로 생각된다. 실제 골프장에서 fenitrothion을 살포한 후 곤충병원성 선충을 처리하였을 때 병원성에는 영향을 미치지 않고, 오히려 굼벵이에 스트레스를 주어 병원성이 높아지는 것으로 나타났다(미발표). 그리고 곤충병원성 곰팡이도 배지상의 실험에서는 fenitrothion에 의하여 포자형성이 억제되나 토양에서는 영향을 받지 않는다고 하였다(이 등 1997). 따라서 현탁액에서 영향을 받는 농약이라 할지라도 곤충병원성 선충의 원서식처인 토양 내에서는 영향을 적게 받기 때문에 골프장에서 곤충병원성 선충의 사용은 다른 농약들의 사용에 의하여 제한되지 않을 것으로 생각되나 토양실험의 병용이 필요할 것으로 생각된다. 그리고 Koppenhöfer와 Kaya(1998)는 잔디에 피해를 주는 굼벵이류를 방제하는 농약인 imidacloprid 현탁액에 곤충병원성 선충, *H. bacteriophora*를 넣었을 때 선충의 생존율에는 영향을 미치지 않고 오히려 토양에 같이 사용하였을 때 굼벵이 치사율에 대한 상승효과가 있다고 하였는데 이러한 농약의 선발도 연구되어야 할 것으로 생각된다.

### 감사의 말씀

본 연구는 한국과학재단(KOSEF 931-0600-041-2)과 경상대학교 부속 농어촌개발연구소의 지원으로 수행되었으므로 이에 감사드립니다.

### 요 약

Alachlor과 fenitrothion, mepronil, tolclofos-methyl 농약에 대한 곤충병원성 선충, *Heterorhabditis bacteriophora* NC strain과 *Steinernema glaseri* NC와 Dongrae strain의 치사율

을 권장량과 배량, 반량으로 희석한 현탁액에서 처리 후 28일째까지 조사하였다. 곤충병원성 선충의 치사율은 농약의 종류와 농도, 침지시간에 따라 차이가 있었다. 제초제인 alachlor과 살충제인 fenitrothion은 곤충병원성 선충에 감수적이었으나 살균제인 mepronil과 tolclofos-methyl은 낮은 독성을 보였다. *S. glaseri* NC strain은 tolclofos-methyl은 처리하였을 때 처리 28일째까지 생존하였다. *H. bacteriophora* NC strain은 30℃ 내외의 실온에서 *S. glaseri* NC와 Dongrae strain에 비하여 생존율이 떨어졌다.

### 참고문헌

1. Alm, S. R., T. Yeh, J. L. Hannla, and R. Geoggis. 1992. Biological control of japanese, oriental, and black turfgrass ataenius beetle(Coleoptera: Scarabaeidae) larvae with entomopathogenic nematodes(Nematoda: Steinernematidae, Heterorhabditidae). *J. Econ. Entomol.* 85:1660-1665.
2. 조인호. 1996. SAS 연습과 활용. pp665. 도서출판 성안당. 서울.
3. Cowles, R. S., and M. G. Villani. 1994. Soil interactions with chemical insecticides and nematodes used for control of japanese beetle(Coleoptera: Scarabaeidae) larvae. *J. Econ. Entomol.* 87: 1014-1021.
4. Downing, A. S. 1994. Effect of irrigation and spray volume on efficacy of entomopathogenic nematodes(Rhabditida: Heterorhabditidae) against white grubs(Coleoptera: Scarabaeidae). *J. Econ. Entomol.* 87:643-646.
5. Forschler, B. T., and W. A. Gardner. 1991. Concentration-mortality response of *Phyllophaga hirticula*(Coleoptera: Scarabaeidae) to three entomogenous nematodes. *J. Econ. Entomol.* 84:484-487.
6. Hara, A. H., and H. K. Kaya. 1982. Effects of selected insecticides and nematodes on the in vitro development of entomogenous nematode *Neoaplectana carpocapsae*. *Journal of Nematology* 14:486-494.
7. Ishibashi, N., D. R. Choi, and E. Kondo. 1987. Integrated control of insect/nematodes by mixing application of Steinernematid nematodes and chemicals. *Journal of Nematology* 19:531.
8. Kaya, H. K. 1990. Soil ecology. In: Entomopathogenic nematodes in biological control, pp. 93-115. Gaugler, R., & H. K. Kaya eds. Boca Raton, FL: CRC Press.
9. Kaya, H. K., and R. Gaugler. 1993. Entomopathogenic nematodes. *Annu. Rev. Entomol.* 38:181-206.
10. Koppenhöfer, A. M., and H. K. Kaya. 1998. Synergism of imidacloprid and an entomopathogenic nematode: a novel approach to white grub (Coleoptera: Scarabaeidae) control in turfgrass. *J. Econ. Entomol.* 91:618-623.
11. 이상명, 이동운, 추호렬, 박영도. 1997. 곤충병원성곰팡이 *Beauveria bassiana*와 *Metarhizium anisopliae*의 병원성에 미치



- 는 농약의 영향. 한국응용곤충학회지 36: 179-184.
12. Mason, J. M., and W. M. Hominick. 1995. The effect of temperature on infection, development and reproduction of heterorhabditids. *Journal of Helminthology* 69: 337-345.
  13. 농약공업협회. 1996. 농약사용 지침서 '96. pp716. 삼정인쇄공사. 서울.
  14. Prakasa Rao, P. S., P. K. Das, and G. Padhi. 1975. Note on compatability of DD-136(*Neoplectana dutkyi*), an insect parasitic nematode with some insecticides and fertilisers. *Indian J. agric. Sci.* 45:275-277.
  15. Rovesti, L., and K. V. Deseö. 1990. Compatibility of chemical pesticides with the entomopathogenic nematodes, *Steinernema carpocapsae* Weiser and *Steinernema feltiae* Filipjev(Nematoda: Steinernematidae). *Nematologica* 36: 237-245.
  16. Shetler, D. J., P. E. Suleman, and R. Georgis. 1988. Irrigation and use of entomogenous nematodes, *Neoplectana* spp. and *Heterorhabditis heliothidis* (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) for control of japanese beetle(Coleoptera: Scarabaeidae) grubs in turfgrass. *J. Econ. Entomol.* 81:1318-1322.
  17. 송철, 황인택, 장경수, 조광연. 1999. 토양 중 유기물함량 차이에 따른 고구마뿌리혹 선충(*Meloidogyne incognita*)에 대한 carbofuran과 ethoprophos의 효력변동, 수직 이동성 및 잔효성 조사. 한국응용곤충학회지 38:47-52.
  18. Sulistyanto, D., and R.-u. Ehlers. 1996. Efficacy of the entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis megidis* and *Heterorhabditis bacteriophora* for the control of grubs(*Phyllopertha horticola* and *Aphodius contaminatus*) in golf course turf. *BioControl Science and Technology* 6:247-250.
  19. Villani, M. G., and R. J. Wright. 1988. Entomogenous nematodes as biological control agents of european chafer and japanese beetle(Coleoptera: Scarabaeidae) larvae infesting turfgrass. *J. Econ. Entomol.* 81:484-487.
  20. Wang, Y., R. Gaugler, and C. Liwang. 1994. Variations in immune response of *Popillia japonica* and *Acheta domesticus* to *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema* species. *Journal of Nematology* 26:11-18.
  21. Woodring, J. L., and H. K. Kaya. 1988. Steinernematid and Heterorhabditid nematodes: A handbook of biology and techniques. pp.30. Arkansas Agricultural Experiment Station. Arkansas.
  22. Zhang, L., T., Shono, S., Yamanaka, and H. Tanabe. 1994. Effect of insecticides on the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* Weiser. *Appl. Entomol. Zool.* 29: 539-547.
  23. Zimmerman, R. J., and W. S. Cran-

shaw. 1990. Compatibility of three  
entomogenous nematodes(Rhabditida)  
in aqueous solutions of pesticides used

in turfgrass maintenance. J. Econ.  
Entomol. 83:97-100.