

이화명나방 유충에 대한 곤충병원성선충 *Steinernema carpocapsae* (Steinernematidae)와 *Heterorhabditis bacteriophora* (Heterorhabditidae)의 살충효과*

Evaluation of Entomopathogenic Nematodes, *Steinernema carpocapsae*
(Steinernematidae) and *Heterorhabditis bacteriophora*
(Heterorhabditidae) against Rice Stem Borer *Chilo suppressalis*
(Walker) (Lepidoptera: Pyralidae)

추 호 율¹ · Harry K. Kaya² · 김 준 범³ · 박 영 도⁴

Ho Yul Choo¹, Harry K. Kaya², Joon Bum Kim³, and Yeong Do Park⁴

ABSTRACT The entomopathogenic nematodes, *Steinernema carpocapsae* and *Heterorhabditis bacteriophora*, were laboratory tested for the control of rice stem borer *Chilo suppressalis*. When 8 cm long of two rice stems infected by rice stem borers were treated with *S. carpocapsae* by spray application to the concentrations of 250, 500, 1,000, or 2,000 nematodes/ml, 68.6 ± 10.0-94.9 ± 2.6 % control was obtained. When 8 cm long of rice stems infected by rice stem borers were treated with *H. bacteriophora* by spray application to the concentrations of 100, 200, 400, or 800 nematodes/ml, 91.4 ± 0.7-100 % control was obtained. On the other hand, when 8 cm long of three rice stems were treated with *H. bacteriophora* by dipping application to the concentrations of 100 or 200 nematodes/ml, 46.2 ± 4.7-63.1 ± 4.7 % control was obtained. Because the moist habitat of rice stems were favorable to nematode survival and searching abilities, entomopathogenic nematode, were confirmed to be a potential biological control agents against rice stem borers.

KEY WORDS Rice stem borer, rice stem, entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae*, *Heterorhabditis bacteriophora*

초 록 이화명나방 유충을 방제할 목적으로 이화명충이 가해한 벼 줄기에 곤충병원성선충인 *Steinernema carpocapsae*와 *Heterorhabditis bacteriophora*를 살포한 결과 효과가 좋았다. 8 cm 길이의 벼 줄기 2본에 *S. carpocapsae* 250, 500, 1,000, 2,000마리/ml를 살포한 결과 68.6 ± 10.0~94.9 ± 2.6 %의 치사율을 얻었으며 *H. bacteriophora* 100, 200, 400, 800 마리 ml살포구에서는 91.4 ± 0.7~100 %의 방제를 얻었다. 그러나 3본의 벼줄기를 *H. bacteriophora* 현탁액에 침적한 경우는 100마리/ml 구에서는 42.6 ± 4.7 %, 200마리/ml구에서는 63.1 ± 4.7 %로 선충의 현탁액을 살포하는 것보다는 치사율이 낮아 효과가 적었다. 벼 줄기는 선충의 생존과 기주 탐색에 좋은 환경을 유지해 주어 곤충병원성선충은 이화명충의 방제에 유용한 생물적 인자로 확인 되었다.

1 경상대학교 농대 농생물학과 (Dept. of Agricultural Biology, Coll. of Agriculture, Gyeongsang Natl. University, Chinju, 660-701, Gyeongnam)

2 Dept. of Nematology, University of California, Davis, CA 95616, U. S. A.

3 전북대학교 농대 농생물학과 (Dept. of Agricultural Biology, Coll. of Agriculture, Chunbuk Natl. University, Chunju, 560-756, Chunbuk)

4 동아대학교 농대 농생물학과 (Dept. of Agricultural Biology, Coll. of Agriculture, Dong-A University, 604-714, Pusan)

* 본 연구는 한국과학재단 기초연구지원금(1988~1989)에 의한 연구의 일부임.

검 색 어 이화명나방, 벼줄기, 곤충병원성선충, *Steinernema carpocapsae*, *Heterorhabditis bacteriophora*

이화명나방(*Chilo suppressalis*)은 한국과 일본등 온대 지방의 중요 수도해충으로 유충이 벼의 줄기속을 가해하여 발생하는데 (류, 이 1986), 최근 경종법등의 변천으로 낮은 밀도를 유지하여 안정적이긴 하나(류, 이 1985), 과거 60년대 말까지는 수도 생산량의 7% 이상의 감수를 가져왔고 근래 다시 국지적으로 발생량이 증가하여 피해도 증대하고 있을뿐만 아니라 (엄 등 1986) 늘어나는 수도 일반계 품종의 확대 재배는 앞으로 이화명나방의 발생을 가중할 가능성이 높다.

본 해충에 대한 방제는 주로 농약에 의존하여 옴에따라 농약의 효과시험 (배 등 1963) 및 농약의 저항성 실험(이, 류 1975) 등은 있지만 생물적 방제의 시도는 없는 편이며, 특히 곤충병원성 선충을 이용한 방제는 우리나라에서는 없다.

본 실험은 곤충병원성 선충인 *Steinernema carpocapsae*와 *Heterorhabditis bacteriophora*를 이화명충에 실내 처리함으로써 방제효과를 봄과 동시에 실제 벼 포장에서의 적용을 위한 기초 자료를 얻고자 실시하였다.

재료 및 방법

곤충병원성 선충인 *S. carpocapsae*와 *H. bacteriophora*는 꿀벌 부채명나방(*Galleria mellonella*)을 이용하여 대량 증식하였으며(Dutky 등 1964), 증식된 선충은 약 2,000마리/ml 농도로 10°C의 냉장고에 보관하였고 수확한지 6주 내의 선충을 사용하였다.

이화명나방(*C. suppressalis*)의 방제 실험

경남 농촌진흥원내의 9년간 농약무살포담에서 9월 초순 이화명충 (3~4령충)이 가해한 추청벼를 채취해 와서 이화명충의 침입공을 중심으로 벼 줄기를 8cm 길이로 잘라 여과지 (9cm Whatmann #3)를 간 90 × 15 petri dish에 각각 2본씩 반복당 10개의 petri dish에 놓았다. 그리고는 *S. carpocapsae*는 0, 250, 500, 1,000, 2,000마리/

ml를, *H. bacteriophora*는 0, 100, 200, 400, 800마리/ml를 표면 살포하였다. 한편으로는 300 ml beaker에 *H. bacteriophora* 0, 100, 200마리/ml 현탁액을 만들어 자석 교반기 상에 올려 놓고 선충이 고루 분포하게 하면서 벼 줄기를 현탁액 속에 약 10초간 담그었다가 여과지를 간 90 × 15 petri dish 내에 3본씩 반복당 10개의 petri dish에 옮겨 놓았다. 각 처리는 3반복으로 하였으며 처리된 petri dish는 수분의 증발 방지를 위하여 0.2 mm polyethylene film bag에 넣어 25 ± 2°C의 실온에 보관하였고 처리 1주일 후 해부현미경 하에서 벼 줄기를 예리한 칼(도루코 카타-A)로 절개하여 줄기속에 있던 이화명충의 선충에 의한 치사 여부를 확인 하였다.

결과 및 고찰

곤충 병원성 선충인 *S. carpocapsae*와 *H. bacteriophora*의 이화명충에 대한 병원성은 표 1과 같다. *S. carpocapsae*의 경우 250마리 살포구에서는 91.9 ± 4.6%의 치사율을, 500마리 살포구에서는 94.5 ± 2.6%의 치사율을 보였으며 1,000마리 살포구와 2,000마리 살포구에서는 각각 79.2 ± 1.1%와 68.6 ± 10.0%를 나타내었다.

한편, *H. bacteriophora* 100마리 살포구에서는 91.4 ± 0.7%, 200마리 살포구에서는 95.3 ± 2.8%, 400마리 살포구에서는 91.9 ± 4.1%, 800마리 살포구에서는 100%의 치사율을 보였다. 벼 줄기를 선충의 현탁액에 처리했던 경우는 100마리구에서는 42.6 ± 4.7%, 200마리구에서 63.1 ± 4.7%의 치사율을 나타 내었다.

본 실험에서 곤충병원성선충인 *S. carpocapsae*와 *H. bacteriophora*는 이화명충에 대하여 높은 방제력을 보였는데, 벼 줄기의 이화명충 침입공은 선충이 용이하게 기주를 탐색하여 치사시킬 수 있는 장소를 마련해 줄 뿐만 아니라, 하나의 침입공을 중심으로 벼 줄기 내에는 여러 마리의 유충이 가해하고 있기 때문에 효과적이라고 생각된

Table 1. Mortality of *Chilo suppressalis* larvae exposed to entomopathogenic nematodes, *Steinernema carpocapsae* and *Heterorhabditis bacteriophora*

Nematode species	Nematodes/ml ^a	No. of rice borers ^b	% mortality	
			Spray	Dipping
<i>S. carpocapsae</i>	0	61	0.0d	—
	250	72	91.1 ± 4.6ab	—
	500	96	94.9 ± 2.6a	—
	1,000	48	79.2 ± 1.1ab	—
	2,000	43	68.6 ± 10.0c	—
<i>H. bacteriophora</i>	0	52	0.0b	0.0b
	100	36(149)	91.4 ± 0.7a	42.6 ± 4.7a
	200	80(148)	95.3 ± 2.8a	63.1 ± 4.7a
	400	70	91.9 ± 4.1a	—
	800	36	100.0a	—

Means followed by the same letter within a column are not significantly different at the 5% level using Duncan's multiple-range test.

^a Nematodes were applied to 8 cm long of two rice stems in spray application.

^b Numerals in parentheses are number of rice borers from three rice stems used in dipping application.

다. 그리고 곤충병원성선충의 해충방제에서는 때때로 선충의 종류와 대상해충, 기주의 연령, 선충의 농도와 처리방법 등에 따라 차이를 보이기도 한다 (石橋 1984). 본 실험에서는 *S. carpocapsae* 500 마리/ml구가에서 1,000마리와 2,000마리/ml구보다 효과가 높았으며, 선충의 현탁액을 살포하는 것이 침적한 경우보다도 효과가 좋았다.

Kaya와 Brown(1986)은 오리나무 수간을 천공가해하는 유리나방(*Synanthedon culiciformis*)의 방제를 위해 *S. feltiae*를 수간 살포한 결과, 높은 농도에서 효과가 좋았으나 침입경도에 처리한 것은 4,000마리/ml구가 8,000마리/ml구보다 효과가 나았다고 하였으며, 소와 김(1987)의 씨고자리파리(*Delia platura*)에 대한 *N. carpocapsae* (= *S. carpocapsae*) 처리에서는 미기법보다 접촉법에서 효과가 좋아, 성충 한마리당 500마리 처리구가 가장 효과적이었으며 1,000마리구와 2,000마리 구에서는 오히려 1일째와 2일째의 살충력이 떨어졌고 증식력도 떨어졌다. 따라서 선충의 농도와 방제 효과와의 관계는 좀더 연구되어야겠다. 그리고 선충의 현탁액에 벼줄기를 담갔던 경우는 짧은 시간내에 선충이 골고루 벼 줄기에 분포할 수 없었기 때문에 생각되며, 침적법보다는 벼 줄기에 표면 처리한 구에서 높은 치사율을 보이는 것

으로 보아 실제 포장에의 선충 적용 가능성이 높음을 제시해 주고 있다. Rao 등(1972)은 DD-136 (*Neoplectana carpocapsae*)을 삼파명충인 *Tryporyza incertulas*에 처리한 결과 살포법이 관개법에 비하여 효과가 있음을 규명 하였고, DD-136을 살포하거나 관개법으로 처리 하였을 때 줄기내에 있는 명충의 치사를 가져 왔다고 하였으며, Yadava와 Rao (1970)는 DD-136을 포장에 처리하여 13마리의 산 *Chilo*유충과 16마리의 죽은 *Chilo*유충을 얻었는데 죽은 유충에서는 선충을 분리해 낼 수 있었던 반면, 무살포구에서는 *Chilo* 유충이 전부 살았었다고 보고하고 있다. 한편, Ring과 Browning(1990)은 텍사스 사탕수수를 가해하는 Mexican rice borer (*Eoreuma loftini*)에 *S. carpocapsae*와 *S. feltiae*, *H. bacteriophora*를 처리한 결과 3,4령충의 명충에 대하여 *S. carpocapsae*는 82.5%, *S. feltiae*는 74.0%, *H. bacteriophora*는 44.5%의 치사율을 보임으로써 *Steinernema* 선충이 효과가 좋음을 확인 하였다. 곤충병원성 선충인 *S. carpocapsae*와 *H. bacteriophora*는 넓은 기주범위를 가지고 있을 뿐만 아니라 나비목 유충에 효과가 높기 때문에 이화명충과 같이 줄기를 천공하여 가해하는 해충등, 농약의 효과가 제한적인 곳에서는 활용가능성이 높으며, 특히 벼 줄기는 선충

의 활동에 필요한 알맞은 수분을 보유하고 있어 선충이 명충을 탐색하여 치사시킴으로써 실제 포장 이용에 가장 적합한 생물적 방제인자로 생각되어 이들의 이용을 위한 연구가 계속되어야겠다.

인 용 문 헌

- 배대한, 백운기. 배상희, 정영래. 1963. 이화명충에 대한 γ -dol과 신 살충제와의 약효비교 시험. 식물보호 2(2) : 38~43.
- Dutky, S. R., J. V. Thompson & G. W. Cantwell. 1964. A technique for the mass propagation of the DD-136 nematode. J. Insect Pathol. 6 : 417~422.
- 石橋信義, 1984. 線虫にすむ害虫の方途. 植物防疫 38 : 142~147.
- Kaya, H. K. & L. R. Brown. 1986. Field application of entomogenous nematodes for biological control of clear-wing moth borers in alder and sycamore trees. Journal of Arboriculture 12(6) : 150~154.
- 이승찬, 유재기. 1975. 이화명충과 끝동매미충의 약제 저항성. 한국식물보호학회지 14 : 65~70.
- Rao, Y. R. V., P. S. P. Rao, A. Varma & P. Israel. 1972. Tests with an insect parasitic nematode DD-136 (Nematoda : Steinernematidae) against the rice stem borer, *Tryporyza incertulas* Walker. Indian J. Entomol. 33 : 215~217.
- Ring, D. R. & H. W. Browning. 1990. Evaluation of entomopathogenic nematodes against the Mexican rice borer (Lepidoptera : Pyralidae). Journal of Nematology 22 : 420~422.
- Ryoo, M. I. & M. H. Lee. 1985. Characteristics of the aggregation pattern of the striped rice borer (*Chilo suppressalis* (Walker)) during the larval stage. Korean J. Plant Prot. 24 : 1~6.
- 류문일, 이문홍. 1986. 제 1화기 이화명나방 (*Chilo suppressalis* (Walker))에 의한 수도피해 진전 양상. 한국식물보호학회지 25 : 17~20.
- 소인영, 김준범. 1987. 곤충기생성 선충 *Neoplectana carpocapsae* (str. DD-136)의 씨고자리파리에 대한 병원성. 전북대학교 논문집 자연과학편 29 : 199~204.
- 엄기백, 이정운, 조은제. 1986. 월동이화명충 발육의 지역간 차이. 한국식물보호학회지 25 : 11~16.
- Yadava, C. P. & Y. S. Rao. 1970. On the effectiveness of the entomophilic nematode DD-136 in the biological control of insect pests of rice. *Oryza* 7 : 131~136.
(1990년 10월 27일 접수)