

곤충기생성 선충, *Steinernema feltiae*와 *Heterorhabditis heliothidis*를 이용한 고자리파리 및 담배거세미나방의 생물적 방제

Biological Control of Onion Maggot and Tobacco Cutworm with Insect-parasitic Nematodes, *Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis heliothidis*

추 호 렬¹ · Harry K. Kaya² · David K. Reed³

Ho Yul Choo¹, Harry K. Kaya², and David K. Reed³

ABSTRACT Laboratory trials were conducted for control of onion maggot and tobacco cutworm with entomogenous nematodes. The onion maggot, *Delia antiqua*, was exposed to *Steinernema feltiae* at concentration of 0, 30, 60, 120 or 240 nematodes per larva, and to *Heterorhabditis heliothidis* at concentration of 0, 10, 20, 40 or 80 nematodes per larva. Mortalities of the maggot ranged from 80 to 100% in *S. feltiae* and from 63.3 to 100% in *H. heliothidis*. The tobacco cutworm, *Spodoptera litura* was exposed to *S. feltiae* at concentration of 0, 50, 100, 200 or 400 nematodes per larva and to *H. heliothidis* at concentration of 0, 20, 40, 80 or 160 nematodes per larva with or without kale in petri dish. The 3rd instar larvae of the tobacco cutworm was more susceptible to both nematode species than the 4th or 5th instar at low concentration. Mortalities of the 3rd instar were 100% in *S. feltiae* and 67.7-100% in *H. heliothidis* while those of 4th and 5th instar ranged 76.7-100% and 43.3-100% in *S. feltiae*, and 36.7-90% and 3.3-90% in *H. heliothidis*, respectively. Mortalities of the tobacco cutworm larvae decreased when the nematodes were sprayed on the kale leaves in petri dish except 3rd instar.

KEY WORDS entomogenous nematodes, onion maggot, tobacco cutworm, *Steinernema feltiae*, *Heterorhabditis heliothidis*

抄 錄 고자리파리와 담배거세미나방을 방제할 목적으로 곤충기생성 선충, *S. feltiae*와 *H. heliothidis*를 이용, 실내 실험한 결과는 다음과 같다. 고자리 파리에서 *S. feltiae*를 유충 한마리당 30, 60, 120, 240마리를 접종한 모든 구에서 80-100%의 높은 치사율을 얻었고 *H. heliothidis* 10, 20, 40, 80마리 접종 구에서도 63.3-100%의 치사율을 얻었다. 담배거세미나방의 경우 *S. feltiae*는 유충 한마리당 50, 100, 200, 400마리를 접종하여 3령충은 전 선충 접종구에서 100%의 치사율을, 4령충은 76.7-100%, 5령충은 43.3-100%의 치사율을 나타내어 접종량과 령기에 따라 치사율에 차이를 보였다. *H. heliothidis*는 20, 40, 80, 160마리를 접종하여 3령충에서는 67.7-100%의 높은 치사율을 보였으나 4령충과 5령충에서는 36.7-90%, 3.3-90%의 치사율을 각각 나타내었다. 먹이인 케일에 처리한 경우 *S. feltiae*는 비교적 효과가 있었으나 *H. heliothidis*는 효과가 현저히 감소하였다. 그러나 3령충에서는 효과가 있어 3령충이 가장 방제 적기이며 감수적 영기임이 확인 되었다.

檢 索 語 곤충기생성 선충, 고자리파리, 담배거세미나방, *Steinernema feltiae*, *Heterorhabditis heliothidis*

1 경상대학교 농대 농생물학과(Department of Agricultural Biology, Gyeongsang Nat'l. University, Chinju, Gyeongnam, 660-701, Korea)

2 Department of Nematology, University of California, Davis, CA95616, U.S.A

3 USDA-ARS, 1301 N. Western, Stillwater, OK 74075, U.S.A.

우리나라에서의 해충 방제는 주로 농약에 의한 화학적 방제에만 의존하여 왔으나, 최근 천적을 이용한 생물적 방제의 중요성이 점차 대두되고 있다(백, 박 1983). 많은 천적 중 효과적인 집단의 하나가 곤충 기생성 선충으로(추 1987) 다양한 서식처와 넓은 기주 범위를 가지고 있을

뿐만 아니라(Poinar 1979), 기주 해충을 치사시키거나 결정적인 약 영향을 미친다(Benham 1974). 이들 곤충 기생성 선충종원 서식처가 토양인 *Steinernema feltiae* (= *Neoplectana carpocapsae*)와 *Heterorhabditis heliothidis*는 공생 세균인 *Xenorhabdus* spp.와 작용하여 기주의 패혈증을 유발하여 기주를 치사케 함으로써 생물적 방제를 위한 가장 효과적인 인자가 되고 있다(Kaya 1985). 특히, 흡속은 기생봉이나 바이러스, 세균, 농약의 침투가 제한적인 곳이고(Nickle 1972), 경제적으로도 선충의 대량 사육이 가능하기 때문에(Bedding 1981) 더욱 이용과 연구가 이루어져야 할 바람직한 대상이다. 한편, 고자리파리(*Delia antique* (Meigen))는 마늘, 양파 재배지에서(박 1983), 담배거세미나방(*Spodoptera litura* (Fabricius))은 콩, 고추, 담배, 케일, 옥수수, 무우, 유채등에 피해를 입히는 해충으로(신 1987) 남부지방의 전작 지대에 크게 문제되고 있다. 본 실험은 종합 방제의 기틀 마련과 두 선충을 포장에 이용하고자 할때의 병원성과 접종량, 접종방법등의 기초를 마련하고자 실시하였다.

材料 및 方法

곤충 기생성 선충인 *S. feltiae* all strain과 *H. heliothidis*를 University of California, Davis (U.S.A) 선충학과의 Harry K. Kaya 박사로부터 분양받아 꿀벌부채명나방(*Galleria mellonella*)을 이용하여 대량 증식하였으며(Dutky 등 1964) 증식된 선충은 20,000마리/ml농도로 10°C의 냉장고에 보관하였고, 수확한지 6주내의 선충을 사용하였다. 실험에 이용된 고자리파리는 경남 농촌 진흥원 식물 환경과에서, 담배거세미나방은 제일 저자의 소속학과 곤충 생리학 실험실에서 분양받아 각각 양파와 케일로 사육하여 이용하였다.

고자리파리(*D. antique*) 방제 실험

90×15 petri dish에 여과지(직경 9cm whatmann #3)를 깔고 고자리파리 유충 한 마리당 *S. feltiae*는 0, 30, 60, 120, 240마리, *H. heliothidis*는 0, 10, 20, 40, 80마리의 1ml 현탁액을 주입

한 다음 고자리파리 3령충 10마리를 넣었다. 그리고는 petri dish내의 수분 증발을 막기 위하여 0.02mm polyethylene film bag에 넣어 25±2°C의 실온에 2일간 두었다.

담배거세미나방(*S. litura*) 방제 실험

90×15cm petri dish에 여과지(직경 9cm Whatmann #3)를 깔 다음 담배거세미나방 유충한 마리당 *S. feltiae*는 0, 50, 100, 200, 400마리, *H. heliothidis*는 0, 20, 40, 80, 160마리의 1ml 현탁액을 주입한 다음 각 petri dish에 3령충, 4령충, 5령충을 10마리씩 넣었다. 또 하나의 실험은 petri dish에 여과지를 깔 다음 1ml의 증류수를 주입하고 공시충의 먹이인 케일(kale)을 5cm로 잘게 썰어 넣은 후 케일위에 상기 두 선충을 동일 농도로 1ml 현탁액을 만들어 먹이 위에 접종하였다. 그리고는 3령충, 4령충, 5령충 10마리씩을 넣은 후 고자리파리 실험에서와 같이 수분의 증발을 막기 위하여 0.02mm polyethylene film bag에 넣어 25±2°C의 실온에 2일간 보관하였다. 실험은 3반복으로 하였으며, 2일 후 petri dish로 부터 치사된 유충을 분리하여 선충에 의한 기주의 치사 여부를 해부 현미경하에서 확인 하였다.

結果 및 考察

곤충 기생성 선충 *S. feltiae*와 *H. heliothidis*

Table 1. Effect of entomogenous nematodes on the onion maggot 2 days after treatment

Nematode species	Nematodes/larva	% Mortality
<i>S. feltiae</i>	0	0a
	30	80b
	60	100c
	120	100c
	240	100c
<i>H. heliothidis</i>	0	0a
	10	63.3b
	20	73.3c
	40	100d
	80	100d

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

의 고자리파리에 대한 치사력은 매우 높게 나타났는데(표 1) *S. feltiae*인 경우 유충 한 마리당 30마리의 선충을 접종한 구에서는 80%의 치사율을 그 보다 높은 접종구에서는 모두 100%의 높은 치사율을 보였다. *H. heliothidis*는 10마리 접종구에서 63.3%, 20마리 접종구에서 73.3%, 40마리와 80마리 접종구에서 100%의 치사율을 나타내어 방제 효과가 있음이 확인 되었다. Welch와 Briand(1961)는 *Delia* 속 중 양배추 뿌리를

가해하는 *D. brassicae*(=*D. radicum*)에 *S. feltiae* DD-136 계통을 한 petri dish당 370—640마리를 처리하여 60—70%가 넘는 치사율을 얻었고 Georgis 등(1983)도 동종의 해충에 *S. feltiae*와 *H. bacteriophora* 2,000마리/2ml를 한 petri dish 내에 처리해서 실내 실험한 결과, 어린 유충은 *H. bacteriophora*에 감수적이었으나 노숙 유충은 공시한 두 선충에 대하여 비슷한 감수성을 보여 이들 선충들이 *Delia* 속 해충 방제

Table 2. Effect of entomogenous nematodes on the tobacco cutworm 2 days after treatment in petri dish

Nematode species	Nematodes/larva	% Mortality		
		3rd instar	4th instar	5th instar
<i>S. feltiae</i>	0	0a	0a	0a
	50	100b	76.7b	43.3b
	100	100b	93.3c	90c
	200	100b	100c	90c
	400	100b	100c	100c
<i>H. heliothidis</i>	0	0a	0a	0a
	20	67.7b	36.7b	3.3a
	40	93.3c	46.7b	46.7b
	80	100c	76.7c	70c
	160	90d	90d	90d

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

Table 3. Effect of entomogenous nematodes on the tobacco cutworm 2 days after treatment on kale in petri dish

Nematode species	Nematodes/larva	% Mortality		
		3rd instar	4th instar	5th instar
<i>S. feltiae</i>	0	0a	0a	0a
	50	100b	46.7b	20ab
	100	100b	66.7b	33.3b
	200	100b	60b	40b
	400	100b	86.7b	66.7b
<i>H. heliothidis</i>	0	0a	0a	0a
	20	86.7b	6.7a	6.7a
	40	86.7b	6.7a	6.7a
	80	100b	6.7a	13.3a
	160	100b	46.7b	13.3a

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

에 효과가 있음을 보고하였다. 그의, Morris(1985)의 *S. feltiae*와 *H. bacteriophora*에 대한 31종의 농업 해충 감수성 검정에서도 고자리 파리인 *D. antiqua*와 *D. radicum*이 감수적이었다고 보고 하고 있다. 본 실험과 이상의 실험 결과를 감안 할 때 포장 적용의 가능성을 볼 수 있으며 특히, 본 실험에서는 낮은 농도에서도 방제 효과가 있음을 나타내고 있어 보다 적극적인 이용이 요구되고 있다. 담배거세미나방의 방제 효과는 표 2 및 표 3과 같이 영기와 접종수에 따라 차이가 있었다. 즉 *S. feltiae* 50마리 접종구에서 3령충은 모두 치사되었으나, 4령충은 76.7%, 5령충은 43.3%로서 령기가 높을수록 치사율이 떨어졌고, 100마리 접종구에서의 4령충은 93.3% 5령충은 90%, 200마리 접종구는 3, 4령충에서는 100%의 치사율을 보였으나, 5령충은 90%가 치사되었으며 400마리 접종구에서는 모두 치사되었다. *H. heliothidis*도 *S. feltiae*와 유사한 경향이였다. 20마리 접종구에서는 3령충이 67.7%, 4령충 36.7%, 5령충 3.3%였으며, 40마리 접종구는 3령충 93.3%, 4령충 46.7%, 5령충 46.7%였고, 80마리 접종구는 각각 100%, 76.7%, 70%, 160마리 접종구는 전 영기에서 90%의 치사율을 나타내었다. 먹이인 케일에 선충을 처리해서 해충이 식이할 때 취식된 먹이에서 감염을 유도한 경우 *S. feltiae*는 농도에 관계없이 3령충은 100%의 치사율을 보였으나, 4령충과 5령충은 치사율이 떨어졌고, 접종량에 따라 치사율에서 차이를 보이고 있지만 통계적인 유의성은 크게 인정되지 않았다. *H. heliothidis*는 3령충에서 20마리구, 40마리구가 86.7%, 80마리구, 160마리구에서 100%의 치사율을 보였으며, 4령충은 160마리구에서만 46.7%의 치사율을 나타내었으나, 그 외는 매우 낮았으며 5령충에서는 전반적으로 낮았다. Kaya(1985)는 *S. exigua*에 *S. feltiae*를 처리한 결과 갓 부화된 어린 유충은 3일 혹은 8일된 유충보다 감수성이 낮았고 영기가 높을수록 감수성이 높았으며 *Pseudaletia unipunctata*도 유사한 경향이 있다고 보고하였고 Samsook과 Sikora(1981)는 *S. feltiae*의 *Heliothis virescens* 방제실험에서 2령충에서 5령충으로 령기가 높을수록 기주의 감수성이

조금씩 감소하였다고 보고하였다. Kaya가 공시한 *S. exigua* 8일째의 유충은 본 실험에 이용된 7일째의 3령충과 같은 령기로 본 실험의 결과와 같은 경향을 보이고 있다. 치사율에서 영기에 따라 차이를 보이는 것은 노숙 유충이 어린 유충에 비해 표피가 비교적 경화되었기 때문으로 생각되며 그의 선충이 침입한 후 기주 해충을 치사시키기에는 몸의 크기가 다소 크다는 것도 배제할 수 없다(Kondo 1987). 먹이에 선충을 처리한 경우 petri dish에 처리한것 보다 치사율이 낮았던 것은 취식할 경우의 침입은 용이하였으나 식물표면에서 능동적으로 기주를 찾아가지 못하여 해충의 표피, 항문등으로의 침입이 용이하게 이루어지지 않았기 때문으로 생각된다. 고자리 파리와 담배거세미나방의 방제효과를 미루어 볼 때, 이들 선충의 포장에서의 적극적인 활용이 이루어져야겠다.

引用文獻

- Bedding, R.A. 1981. Low cost in vitro mass production of *Neoaplectana* and *Heterorhabditis* species (Nematoda) for field control of insect pests *Nematologica* 27 : 109—114.
- Benham, G.S., Jr. 1974. A synopsis of the obligate and facultative insect parasitic nematodes. *J. Insect Pathol.* 24 : 263—270.
- 추호렬. 1987. 천적선충을 이용한 해충의 방제. 경상대 새마을 연구소보 5 : 129—149.
- 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 : 147—422.
- Georgis, R., G.O. Poinar, Jr. & Wilson. 1983. Practical control of the cabbage root maggot, *Hylemia brassicae*(Diptera: Anthomyiidae) by entomogenous nematodes. *IRCS Med. Science* 11 : 322.
- Kaya, H.K. 1985. Susceptibility of early larval stages of *Pseudaletia unipunctata* and *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) to the entomogenous nematode *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae). *Jour. Invert. Pathology* 46 : 58—62.
- Kondo, E. 1987. Size related susceptibility of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae to entomogenous nematode, *Steinernema feltiae*(DD-136). *Appl. Ent. Zool.* 22 : 560—569.
- Morris, O.N. 1985. Susceptibility of 31 species of agricultural insect pests to the entomogenous *Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis bacteriophora*. *Can. Ent.* 117 : 401—407.

- Nickle, W.R. 1972. Nematode parasites of insects. Proc. Ann. Tall Timbers Con. Ecol. Con. pp.145—163.
- 백운하, 박중성. 1983. 천적자원의 보호와 이용. '83 농업과학 심포지움 pp.161—187.
- 박정규, 현제선, 조동진, 이기성, 하재규. 1985. 고자리파리에 의한 양파 피해의 포장내 분포양식과 피해량 추정을 위한 표본추출계획, 한국식물보호학회지. 24 : 29—33.
- Poinar, G.O., Jr. 1979. Nematodes for biological control of insects. CRC press, Raton, Florida 277pp.
- Samsok, V. & R.A. Sikora. 1981. Influence of parasite density, host developmental stage and leafwetness duration on *Neoplectana carpocapsae* parasitism of *Heliothidis virescens*. Med. Fac. Landcuww. Rijksuniv. Gent. 46 : 658—693.
- 신현열. 1987. 남부지방에 있어서 담배거세미나방의 생태에 관한 연구. 경상대학교 석사학위논문 51pp.
- Welch, H.E. & L.J. Briand. 1961. Field experiment on the use of a nematode for control of vegetable crop insects. Proc. ent. Soc. Ont. 91 : 197—202.

(1988년 3월 17일 접수)