

## 곤충병원성선충과 곰팡이를 이용한 농가화장실 파리의 미생물적 방제

# Microbial Control of Fly Maggots with Entomopathogenic Nematodes and Fungus in Outhouses of Farmhouses

추호렬 · 김형환 · 이동운 · 박영도

Ho Yul Choo, Hyeong Hwan Kim, Dong Woon Lee, and Young Do Park

**ABSTRACT** Infectivity of entomopathogenic nematodes and fungus was evaluated against fly larvae in the laboratory and outhouses. Mortalities of *Muscina stabulans* larvae were 96.7±2.8% in *Steinernema glaseri* Dongrae strain, 90.0±0.0% in *S. carpocapsae* All strain, 86.7±2.7% in *Heterorhabditis bacteriophora* Hamyang strain, and 70.0±9.4% in *S. carpocapsae* Pocheon strain on the filter paper. When 260,000 nematodes were sprayed into the outhouses, *H. bacteriophora* Hamyang strain killed 100%, *S. glaseri* Dongrae strain killed 76.9±3.9%, and *S. carpocapsae* Pocheon strain killed 58.5±6.1% of maggots. When 130,000 nematodes and  $7.0 \times 10^9$  cfu of entomopathogenic fungus, *Beauveria brongniartii* were sprayed alone or combined into outhouses, mortalities of maggots were 73.6±0.1% in *B. brongniartii* alone, 77.8±3.9% in *S. carpocapsae* Pocheon strain plus *B. brongniartii*, and 77.7±5.1% in *H. bacteriophora* Hamyang strain plus *B. brongniartii*. Entomopathogenic nematodes and fungus were potential biological control agents in this study.

**KEY WORDS** Microbial control, fly, entomopathogenic nematodes, entomopathogenic fungus, *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema glaseri*, *Heterorhabditis bacteriophora*, *Beauveria brongniartii*

**초 록** 곤충병원성선충과 곰팡이를 이용한 파리의 생물적 방제 가능성을 검토한 결과, 여과지상에서의 큰집파리에 대한 곤충병원성선충의 병원력은 동래에서 분리한 *Steinernema glaseri* strain이 96.7±2.8%의 치사율을 보여 가장 효과가 좋았으며, 다음이 *S. carpocapsae*로서 90.0±0.0%였고 함양에서 분리한 *Heterorhabditis bacteriophora* strain은 86.7±2.7%, 포천에서 분리한 *S. carpocapsae* strain은 70.0±9.4%였다. 농가 화장실에 곤충병원성선충 260,000마리씩을 처리한 경우, *H. bacteriophora* 함양 strain이 100%, *S. glaseri* 동래 strain이 76.9±3.9%, *S. carpocapsae* 포천 strain이 58.5±6.1%의 파리유충을 치사시켰다. 곤충병원성곰팡이 *Beauveria brongniartii*  $7.0 \times 10^9$  cfu를 단독 처리한 농가 화장실에서는 집파리유충의 치사율이 73.6±0.1%였으나, *S. carpocapsae* 포천 strain 130,000마리와 곰팡이 혼합 처리에서는 77.8±3.9%, *H. bacteriophora* 함양 strain 130,000마리와 곰팡이 혼합 처리에서는 77.7±5.1%의 치사율을 보여, 파리방제에 곤충병원성선충과 곰팡이의 이용 가능성이 있었다.

**검색어** 미생물적 방제, 파리, 곤충병원성선충, 곤충병원성곰팡이, *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema glaseri*, *Heterorhabditis bacteriophora*, *Beauveria brongniartii*

옥외 화장실을 비롯한 축사, 계사, 퇴비장, 쓰레기 야적장등 농촌의 옥내외 환경은 파리류 발생에 유리한 조건을 제공하여 농가에서는 파리에 의한 직·간접적인 피해가 심한 편이다. 그리고 이들 장소에는 여러 종류의 파리들이 혼재하고 있으면서 농가의 위생 상황을 불결하게 하고 있고 때로는 병도 매개하고 있다. 즉, 집파리(*Musca domestica*)는 장티푸스나 적리 등의 질병을 매개하고, 딸집파리(*Fannia canicularis*)와 검정파리

속(*Calliphora*) 파리는 승저증(myiasis)을 일으키며 큰 집파리(*Muscina stabulans*)도 질병 매개능력을 가지고 있다(이 1993). 농촌 뿐만 아니라 도시근교의 많은 농가에서도 옥외 화장실을 그대로 이용하고 있는데, 비록 주택 개량으로 수세식 변소를 사용하고 있다 하여도 옥외 화장실은 작은 규모의 농사용 인분뇨를 채취하기 위하여 겸용하고 있기 때문에 파리의 주요 발생처가 되고 있다. 파리의 방제는 물리적 방법과 함께 때로는

1. 경상대학교 농과대학 농생물학과(Department of Agricultural Biology, Gyeongsang Nat'L University, Chinju, Gyeongnam, 660-701) 본 연구는 한국과학재단 지원에 의하여 연구된 일부임.

농가에서 쓰다 남은 농약 원액을 그대로 뿌리는 방법을 사용하고 있지만 별다른 효과를 보지 못하고 있어 보다 효과적인 구제 방법이 요구되고 있다. 또한 농약에 의하여 점증되는 환경과피의 우려와 건강에 대한 깊은 관심으로 인하여 위생해충의 방제에도 생물적 방제의 필요성이 대두하게 되었다. 이와 같은 측면에서, 집파리 방제에 포식성 응애와 세균인 *Bacillus thuringiensis*(Wicht와 Rodriguez 1970), 곤충병원곰팡이(Mullens 1985), 곤충병원선충(Wicht와 Rodriguez 1970, Renn 등 1985, Mullens와 Rodriguez 1985, Renn과 Barson 1986, Geden 등 1986, Belton 등 1987, Mullens 등 1987ab, Georgis 등 1987, Renn 1990) 등을 생물적 방제 인자로서 이용한 시도가 다수 이루어졌다. 그러나 이들의 연구는 실내나 가금분 또는 가축분에서 수행한 것들로 우리나라의 농가등과 같은 옥외 화장실 조건에서는 행하여진 바가 없다.

본 연구는 우리나라의 여건상 문제가 될 수 있으면서 파리의 주요 서식처이기도 한 농가 화장실에서 한국산 곤충병원곰팡이와 몇몇 선충을 활용한 파리방제의 기초 정보와 그 가능성을 알아보기 위하여 실시하였다.

**재료 및 방법**

곤충병원선충과 곰팡이를 이용한 파리 유충의 생물적 방제 가능성을 알아보기 위하여 실내 및 진주에 있는 몇몇 농가의 옥외 화장실에서 실험을 실시하였다. 곤충병원선충과 곰팡이 및 큰집파리 유충: 곤충병원선충은 *Steinernema carpocapsae* All strain과 포천 strain, *S. glaseri* 동래 strain, *Heterorhabditis bacteriophora* 함양 strain을 사용하였다.

선충은 꿀벌부채명나방(*Galleria mellonella*) 노숙유충을 이용하여 실험실에서 대량 증식하였으며(Dutky 등 1964), 수확된 침입태 유충은 250 ml tissue culture container에 약 30,000마리 농도로 10°C 냉장고에 보관하면서 수확 후 한달 이내의 선충을 실험에 이용하였다. 그리고 곤충병원곰팡이로는 경남 진주시 미천면 콩밭의 미확인 풍뎡이 유충에서 분리·동정된 *Beauveria brongniartii*를 이용하였다. *B. brongniartii*의 배양은 꿀벌부채명나방 노숙유충을 이용하여 포자를 형성시킨후 SDAY배지에서 배양하여 현탁액으로 만들어 사용하였다(추등 1994a). 한편, 실내실험에 이용된 큰집파리 유충은 경남 진주시 정촌면에 있는 국민학교

**Table 1. Dung tub size of outhouses**

Locality	Entomopathogenic microorganisms used	Size(m <sup>3</sup> )* ±SE
Jeongchon	<i>Steinernema carpocapsae</i> (Pocheon strain)	2.7
	<i>S. glaseri</i> (Dongrae strain)	0.6
	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i> (Hamyang strain)	7.5
	Control	2.2
Myeong-seog	<i>S. carpocapsae</i> (Pocheon strain) + <i>Beauveria brongniartii</i>	2.7±1.6
	<i>H. bacteriophora</i> (Hamyang strain) + <i>B. brongniartii</i>	2.2±0.1
	<i>B. brongniartii</i> only	2.7±1.6
	Control	2.1±0.2

\* The number of dung tubs treated was one in Jeongchon and two in Myeongseog for each treatment.

화장실에서 채집하여 사용하였다.

곤충병원선충의 큰집파리 유충 방제: 10×1.5 cm petri dish에 여과지 1장을 깔고 건강한 큰집파리 3령충 10마리씩을 각각 넣었다. 그리고 *Steinernema*는 200마리(20마리/유충), *H. bacteriophora*는 150마리(15마리/유충)농도로 1 ml을 접종하여 25±2°C의 실온에 3일간 두었다가, 다시 여과지를 갈아 1 ml의 살균수를 주입한 새 petri dish에 유충을 옮겨 4일간 두었다. 그리고는 한마리씩 해부현미경하에서 해부하여 선충에 의한 치사 유무를 확인하였다. 대조구는 살균수만 처리하여 같은 방법으로 실시하였다. 처리는 4반복으로 하였다.

옥외 화장실에서의 파리 유충 방제: 큰검정파리(*Calliphora lata*)와 떠돌이 쉬파리(*Boettcherisca peregrina*)가 혼재하고 있던 경남 진주의 정촌면과 명석면의 옥외 화장실에서 곤충병원선충과 곰팡이의 효과를 검정 하였다. 정촌면에서는 선충만을, 명석면에서는 선충과 곰팡이를 혼합 또는 단독 처리하였다. 옥외 화장실의 크기는 Table 1과 같다. 병원선충과 곰팡이를 처리하기전 520 ml 플라스틱컵으로 분뇨를 채취하여 흐르는 물에서 2 mm체로 깨끗이 거른 다음, 파리의 유충수를 세어서 처리전의 발생수를 파악하였는데, 5번을 반복하여 평균수를 구하였다. 병원선충과 곰팡이의 처리는 분뇨의 량을 측정하기가 곤란하여 분뇨의 량과 분뇨통의 크기에 관계없이 정촌면에서는 *S. glaseri* 동래 strain과 *S. carpocapsae* 포천 strain, *H. bacteriophora* 함양 strain 선충을 공히 260,000마리씩 골

고루 표면 살포하였고 명석면에서는 130,000마리의 선충과  $7.0 \times 10^9$  cfu 농도의 곰팡이를 혼합 또는 단독 처리하였다. 7일후 각 분뇨통에서 위와 같은 방법으로 분뇨를 채취하여 깨끗이 거른다음 파리유충을 채집하였으며, 해부현미경하에서 산 유충과 죽은 유충을 구분하였고, 죽은 유충은 해부나 검경을 통하여 선충 또는 곰팡이에 의한 치사 유무를 확인하였다. 그리고 전체 채집수에 대한 치사유충수의 비율로 방제효과를 결정하였다.

**결과 및 고찰**

큰집파리 유충에 대한 곤충병원선충의 병원성은 여과지상에서 일반적으로 높게 나타났으며 선충의 종류에 따라서도 차이가 있었다(Table 2). 즉, *S. glaseri* 동래 strain의 경우 96.7±2.8%의 치사율을 보여 방제효과가 가장 높았으며, 다음은 *S. carpocapsae* All strain 90.0±0.0%, *H. bacteriophora* 함양 strain 86.7±2.7%, *S. carpocapsae* 포천 strain 70.0±9.4% 순이었다. 한편, *S. carpocapsae* All strain과 포천 strain간에도 차이가 있어 같은 종간에 있어서도 strain에 따라 병원성에서 차이가 있음을 알 수 있었다. Mullens 등(1987a)도 여과지상에서 선충은 집파리에 대하여 높은 방제효과를 나타냄과 동시에 서로 다른 선충 종간이나 같은 종에 있어서도 strain간에 차이가 있음을 보고한 바 있다.

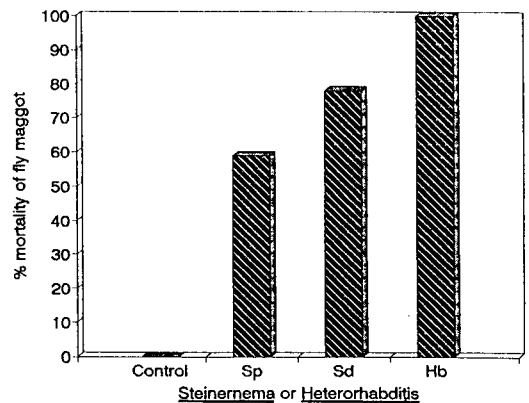
Renn 등(1985)은 집파리 3령충에 5,000, 25,000, 50,000마리의 선충을 처리한 결과, *S. feltiae*는 56.0%, 97.0%, 90.0%, *H. bacteriophora*는 26.7%, 54.0%, 84.2%

**Table 2. Mortality of *Muscina stabulans* larvae exposed to entomopathogenic nematodes in laboratory**

Nematode	Nematodes % mortality	
	/larva	± SE
Control	0	0c
<i>Steinernema glaseri</i> (Dongrae strain)	20	96.7±2.8a
<i>S. carpocapsae</i> (Pocheon strain)	20	70.0±9.4b
<i>S. carpocapsae</i> (All strain)	20	90.0±0.0a
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i> (Hamyang strain)	15	86.7±2.7a

Percentages followed by different letters are significantly different (P<0.05) according to Duncan's multiple range test.

의 치사율을 각각 보여 선충 종간에 차이가 있었으며, 처리농도가 높을 수록 효과가 있었다고 하였다. 그리고 Belton 등(1987)의 실험에서는 *Heterorhabditis* spp.가 *Steinernema* spp.보다 효과적이었지만 Khan 등(1976)은 *H. bacteriophora*를 집파리에 처리한 결과 별다른 효과가 없었다고 하였다. 한편, 큰검정파리와 떠돌이 쉬파리가 혼재하고 있던 진주시 정촌면 농가의 옥외 화장실에 선충을 처리한 것에서는 *H. bacteriophora*가 병원력이 가장 우수하여, 채집된 파리 유충중 100%가 선충에 의하여 치사 되었었고, *S. glaseri* 동래 strain 처리에서는 76.9±3.9%, *S. carpocapsae* 포천 strain은 58.5±6.1%의 치사율을 나타내었다(Fig. 1). *Steinernema*의 경우, *S. glaseri* 동래 strain이 *S. carpocapsae* 포천 strain 보다 우수하였는데 큰집파리에 대한 실내 실험의 결과와 같은 경향이었다. 그러나 *H. bacteriophora*의 경우는 차이가 있었는데 파리의 종류 차이거나 실험조건의 차이에 의한 것 같다. 일반적으로 실내의 여과지상에서 *S. feltiae*와 *H. bacteriophora*를 집파리에 처리하였을때는 효과가 인정되었지만 가축이나 가금분에서는 선충이 오랫동안 생존하지 못하였기 때문에 효과가 비교적 없었던 것으로 보고되었는데(Renn 등 1985, Georgis 등 1987), 본 실험에서는 파리의 종류는 다르지만 효과가 있었던 것으로 보아 상이한 환경조건이나 종의 차이에 따라 다른 결과를 나타내는 것으로 생각된다. 또한 *Steinernema*와 *Heterorhabditis*를 곤충병원곰팡이인 *B. brongniartii*와 혼



**Fig. 1.** Effect of *Steinernema* or *Heterorhabditis* on fly maggots in dung tubs of Jeongchon, Chinju, Gyeongnam province. Sp, *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain; Sd, *S. glaseri* Dongrae strain; Hb, *Heterorhabditis bacteriophora* Hamyang strain.

**Table 3. Effect of entomopathogenic nematodes or fungus on fly maggots in dung tubs of Myeongseog, Chinju, Gyeongnam province**

Treatment	Concentration/ tub	Mean number of maggots collected ± SE/ Dung tub		% mortality ± SE*
		Pretreatment	Posttreatment	
		<i>Steinernema carpocapsae</i> (Pocheon strain) + <i>Beauveria brongniartii</i>	130,000 +7.0 × 10 <sup>9</sup> cfu	40.1 ± 4.9
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i> (Hamyang strain) + <i>B. brongniartii</i>	130,000 +7.0 × 10 <sup>9</sup> cfu	24.9 ± 2.2	26.1 ± 2.2	77.7 ± 5.1b
<i>B. brongniartii</i> only	7.0 × 10 <sup>9</sup> cfu	36.3 ± 0.1	42.0 ± 1.1	73.6 ± 0.1b
Control		34.2 ± 1.7	38.0 ± 1.3	0a

Percentages followed by the same letters are not significantly different (P<0.05) according to Duncan's multiple range test. Mortality was checked one week later after treatment.

\* Dead maggots/Total collected maggots × 100. Mean mortality of fly maggots from two dung tubs.

합하여 처리한 진주시 명석면 옥외 화장실에서의 파리 치사율은 비교적 높았고 각 처리간에 유의성은 인정되지 않았다(Table 3). 즉, *B. brongniartii* 단독처리 분뇨통에서의 치사율은 73.6±0.1%, *S. carpocapsae* 포천 strain과 *B. brongniartii*의 혼합처리에서는 77.8±3.9%, *H. bacteriophora* 함양 strain과 *B. brongniartii* 혼합처리에서는 77.7±5.1%였다. 그리고 정촌면 농가 화장실에서 얻어진 결과와는 다소 다른 경향을 나타낸 것으로 미루어 볼때 처리장소의 조건에 따라 차이가 있는 것 같다.

최근, 곤충병원선충의 해충방제 효과를 높이기 위하여 기주탐색 행동이 다른 선충들간 또는 서로 다른 병원미생물들과 혼합처리하는 방법이 시도되고 있다(Kaya 등 1993, Thurston 등 1993, 추 등 1994b). 본 실험에서는 혼합처리에 의한 상승효과는 나타나지 않았다. *B. brongniartii*는 풍뎅이 유충에서 분리되었고 딱정벌레류에 효과가 있는 곰팡이다(추 등 1994a). 그러나 곰팡이 단독처리에서 얻어진 73.6±0.1%의 치사율은 목장이나 집주변의 파리 발생지에 이용할 수 있는 가능성을 보여주고 있으며, 파리류로부터 병원곰팡이를 분리하여 사용하면 더욱 좋을것 같다. 비록 계분등과 같은 조건은 암모니아나 염등이 곤충병원선충에 대하여 부적합한 환경이나(Mullens 등 1987b), 인분뇨가 선충과 곰팡이에 미치는 영향과 인분뇨에서의 선충및 곰팡이의 생존력 구멍을 선행하게 되면 파리방제에 곤충병원선충과 곰팡이를 적극적으로 활용할 수 있을것 같다.

**참고문헌**

Belton, P., T. A. Rutherford, D. B. Trotter, & J. M. Webster. 1987. *Heterorhabditis heliothidis*: A potential biological control agent of house flies in caged-layer poultry barns. *Journal of Nematology* 19(2): 262-266

추호렬, 이상명, 허진. 1994a. 곤충병원성 *Beauveria* 곰팡이를 이용한 생물살충제 개발연구 1. *Beauveria brongniartii*의 대량생산을 위한 경제배지선발과 제제 기술개발. 농업논문집 36: 119-129

추호렬, 이상명, 허진. 1994b. 곤충병원성 *Beauveria* 곰팡이를 이용한 생물살충제 개발연구 2. 경제배지에서 증식된 *Beauveria brongniartii*의 병원성과 지속성. 농업논문집 36: 131-140

Dutky, S. R., J. V. Thomson, & G. E. Cantwell. 1964. A technique for the mass propagation of the DD-136 nematode. *J. Insect. Pathol.* 6: 417-422

Geden, C. J., R. C. Axtell, & W. M. Brooks. 1986. Susceptibility of the house fly, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae), to the entomogenous nematodes *Steinernema feltiae*, *S. glaseri* (Steinernematidae), and *Heterorhabditis heliothidis* (Heterorhabditidae). *J. Med. Entomol.* 23(3): 326-332

Georgis, R., B. A. Mullens, & J. A. Meyer. 1987. Survival and movement of insect parasitic nematodes in poultry manure and their activity against *Musca domestica*. *Journal of Nematology* 19(3): 292~295

Kaya, H. K., T. M. Burlando, & G. S. Thurston. 1993. Two entomopathogenic nematode species with different search strategies for insect suppression. *Environ. Entomol.* 22(4): 859-864

Khan, A., W. M. Brooks & H. Hirschmann. 1976. *Chromonema heliothidis* n. gen., n. sp. (Steinernematidae, Nematoda), a parasite of *Heliothis zea* (Noctuidae,

- Lepidoptera), and other insects. *Journal of Nematology* **8**(2): 159-168
- 이한일. 1993. 개정증보 위생곤충학. 고문사 391pp. 서울
- Mullens, B. A. 1985. Host age, sex, and pathogen exposure level as factors in the susceptibility of *Musca domestica* to *Entomophthora muscae*. *Entomol. Exp. Appl.* **37**: 33-39
- Mullens, B. A., J. A. Meyer, & T. L. Cyr. 1987a. Infectivity of insect-parasitic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae) for larvae of some manure-breeding flies (Diptera: Muscidae). *Environ. Entomol.* **16**: 769-773
- Mullens, B. A., J. A. Meyer, & R. Georgis. 1987b. Field tests of insect-parasitic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae) against larvae of manure-breeding flies (Diptera: Muscidae) on caged-layer poultry facilities. *J. Econ. Entomol.* **80**: 438-442
- Renn, N. 1990. A comparison of nematode-containing baits with commercially available insecticidal baits for the control of adult *Musca domestica* infestations of intensive animal units. *Proc. Inter. Con. British Crop Protection Council* **1**(3c-15): 269-274
- Renn, N., G. Barson, & P. N. Richardson. 1985. Preliminary laboratory tests with two species of entomophilic nematodes for control of *Musca domestica* in intensive animal units. *Ann. appl. Biol.* **106**: 229-233
- Thurston, G. S., H. K. Kaya, T. M. Burlando, & R. E. Harrison. 1993. Milky disease bacterium as a stressor to increase susceptibility of scarabaeid larvae to an entomopathogenic nematode. *Journal of Invertebrate Pathology* **61**: 167-172
- Wicht, M. C. Jr, & J. G. Rodriguez. 1970. Integrated control of muscid flies in poultry houses using predator mites, selected pesticides and microbial agents. *J. Med. Ent.* **7**(6): 687-692

(1995년 6월 12일 접수)