

서식 환경에 따른 선충잡이곰팡이의 종류와 분포

김동근* · 배수곤 · 신용섭

성주과채류시험장

Distribution of Nematophagous Fungi Under Different Habitats

Dong-Geun Kim*, Su-Gon Bae and Yong-Seub Shin

Seongju Fruit Vegetable Experiment Station, Seongjugun Kyungbuk 719-860, Korea

ABSTRACT: A survey of 43 soil samples collected from southern Korea has shown that nematophagous fungi occurred in a variety of habitats. Nine predatory and two endoparasitic species were isolated. Habitats were classified into four types, i. e., mountain, upland, paddy field and greenhouse. Of these, greenhouse and upland had the highest incidence of nematophagous fungi (95~100%) compared with mountain (37.5%) and paddy field (16.7%). The most common species was *Arthrobotrys oligospora* Fres., which was isolated from 25.5% of soil samples. Net forming species were the most abundant (72.5%), followed by constricting ring (10.0%), adhesive hyphae (7.8%), endoparasitic fungi (5.0%), and adhesive knob (4.8%). Nematophagous fungi were isolated more frequently from cultivated soil rather than uncultivated mountainous soil.

KEYWORDS: Distribution, Ecology, Nematophagous fungi, Predatory fungi, Trapping fungi

선충잡이곰팡이(nematophagous fungi)는 토양 내에서 균사로 포식기관을 만들어 선충을 잡아먹는 포식성곰팡이(predatory fungi 또는 trapping-fungi)와 토양 내에는 포자로 존재하고 균사는 선충 내부에만 있는 기생성곰팡이(endoparasitic fungi)로 크게 나누는데, 세계적으로 약 150종이 알려져 있다(Cooke and Godfrey, 1964). 이들 곰팡이는 우리나라를 포함한 세계 거의 모든 지역에서 발견되고 있으나(Duddington, 1954; Peach, 1950, 1952), 그 중에서도 많이 발견되는 지역은 가축 분뇨, 유기물이 많은 농경지, 두엄더미, 습기가 많은 이끼류 등이다(Gray, 1983; Mittal et al., 1989). 선충잡이곰팡이는 살아있는 선충을 잡거나 그들에 기생하여 선충으로부터 양분을 섭취할 수 있는데, 서식 환경에 따라 선충잡이곰팡이의 종류나 밀도가 다르다고 알려져 있다(Barron, 1977; Estey and Olthof, 1965; Gray, 1983).

국내의 선충잡이곰팡이 연구는 기초단계로서 몇몇 포식성곰팡이 분류, 동정 및 이들을 이용한 포식능력 비교시험(Jeong, 1987; Kim et al., 1997; Lee et al., 2000) 등이 수행되었으나 서식환경에 따른 선충잡이곰팡이의 종류와 밀도에 대한 조사는 아직 없다. 따라서 이 논문에서는 국내 토양을 산 토양, 논 토양, 밭 토양, 시설재배지 토양 등 4개 지역으로 구분하고, 각 지역별로 선충잡이곰팡이의 종류와 분포를 조사하여, 국내 토양에는 어떤 지역에 어떤 종류의 선충잡이곰팡이가 서식하고 있는지를 밝히고자 조사를 실시하였다.

재료 및 방법

토양 채집

1999년 경상남북도에서 토양을 재배유형에 따라 시설재배지토양, 논토양, 밭토양, 산토양으로 나누어 총 43점을 7~8월 사이에 채집하였다(Table 1). 토양 채집방법은 표토 5 cm 정도를 제거하고 깊이 15 cm까지 약 2 kg을 채집하였으며, 채집된 토양은 비닐봉투에 넣고 즉시 실험실로 운반하여 선충잡이곰팡이를 분리하였다.

선충잡이곰팡이의 분리

토양으로부터 선충잡이곰팡이의 분리는 Kim 등(1997)의 방법을 응용하였는데, 잘 섞은 토양 500 cm³를 물 5리터에 넣고 세게 저은 다음 직경 20 cm의 250- μ m와 25- μ m 두개의 체를 이용한 double sieving method(Southey, 1986)로 토양을 분리하고 25- μ m 체에 걸린 미세토양을 6등분하여 분리배지가 담긴 6개의 직경 9 cm의 플라스틱 Petri dish의 중앙에 소독된 spatula를 이용하여 얇게 폈다.

분리배지는 Glycerol yeast extract Agar(GYA : Glycerol 5.0 ml, Yeast extract 2.0 ml, K²HPO₄ 1.0 ml, Agar 15 g)와 1.5% Water agar(WA) 등 2종류를 사용하였다(Barron, 1977; Stukus, 1997). 각 배지 당 6반복으로 하였으며 토양 한점 당 총 12개의 Petri dish를 조사하였다. 토양을 올려놓은 Petri dish는 실온(18~25°C)에 보관하면서, 접종 7일 후부터 2~3일 간격으로 2개월 간 선충잡이곰팡이의 출현을 관찰하였다. 해부현미경에서 선충잡이곰팡이가 발견되면 400배 광학현미경으로 옮겨 동정하였고, 직접적인 동정이 어려운

Corresponding author <E-mail: kimdgkr@chollian.net>

Table 1. Number of records, density and diversity of nematophagous fungi from each habitat

Habitats	No. of samples	% of soil with fungi	% of dishes with fungi ¹	Mean no. of species per soil ²	Trapping organ (%) ³				
					3-D	Hypha	Knob	Ring	Endo
Mountain	8	37.5	15.6	1.1	85	0	0	15	0
Paddy field	6	16.7	1.4	0.2	100	0	0	0	0
Upland	9	100.0	25.0	1.8	68	13	6	0	13
Greenhouse	20	95.0	31.3	2.3	37	18	13	25	7
Mean (Total)	(43)	74.4	18.3	1.4	72.5	7.8	4.8	10.0	5.0

¹% of dishes with fungi : No. of Petri dish with nematophagous fungi/12 Petri dishes.

²Mean no. of species per soil : total number of species isolated/No. of soil samples examined.

³3-D : three-dimensional adhesive nets, Hypha : adhesive hyphae, Knob : adhesive knob, Ring : constricting ring, Endo : endoparasites.

곰팡이는 순수분리하여 cornmeal agar(Difco; CMA)에 옮기고 25°C에서 배양한 후 관찰하였다.

선충잡이곰팡이 동정

동정에 사용된 특성은 선충잡이 기관의 형태 및 크기, 분생포자의 형태 및 크기, 분생포자병의 길이, 너비, 형태, 분생포자병의 가지 형성 유무 및 node의 존재여부, node의 개수 등이었고 chlamydospore는 동정에 참고하지 않았다(Cooke and Satchuth., 1966; Kim *et al.*, 1997). 동정은 원 기록자의 논문을 기준으로 하고(Cooke and Satchuth., 1966; Drechsler, 1937, 1944), 그 외 Barron(1977), Cooke and Godfrey(1964)의 동정색인을 참고하였다.

결과 및 고찰

국내 논, 밭, 산, 시설재배지 토양 총 43점을 조사한 결과, 선충잡이곰팡이의 검출률은 채집 지역에 따라 큰 차이가 있었는데, 논 토양에서는 1곳에서, *Arthrobotrys oligospora* 1종이 분리되어 선충잡이곰팡이의 검출률이 가장 낮았고(17%), 산에서는 38%의 검출율을 보여 두 번째였으며, 밭과 시설재배지에서는 거의 100% 선충잡이곰팡이가 검출되었다(Table 1). 검출 종수도 산에는 토양 1점당 평균 1종이 검출되었으나, 시설재배지와 밭에서는 약 2배인 토양 1점당 평균 약 2종의 곰팡이가 분리되었다(Table 1). 산은 농약의 살포가 없고 사람의 손이 미치지 않는 자연에 가까운 상태로, 자연상태에 곤충 천적들이 많은 것처럼, 선충 천적도 자연상태에서 더 많을 것으로 생각하기 쉬우나, 오히려 인위적 집중 관리가 이루어지는 밭이나 시설재배지에서 선충잡이곰팡이의 종류도 많고 검출률도 높았다. 농경지는 농작물 재배를 위해 비료, 유기물 등의 투입되어 산 토양보다 비옥한데, 외국의 경우도 경작지에서 더 많은 선충잡이곰팡이가 검출되고 있는 이유를 토양 비옥도 때문으로 설명하고 있다(Mittal *et al.*, 1989). 일반적으로 시설재배지 토양은 밭보다 더 집약적인 관리가 되는데, 이번 조사에서도 시설재배지대 토양에서 선충잡이곰팡이의 밀도(25.0% vs 31.3%)나 종류(1.8종 vs 2.3종)가 밭보다 더 높았다(Table 1).

이번 조사에서 선충잡이곰팡이의 종류 및 검출률이 가

장 높았던 토양은 경북 성주의 참외 시설재배지 토양으로, 한 장소에서 8종의 선충잡이곰팡이가 분리되었으며, 12개의 Petri dish 중 10개의 접시에서 선충잡이곰팡이가 발견되어 밀도도 가장 높았다. 이번 조사중 선충잡이곰팡이외 다른 종류의 곰팡이도 많이 나타났으나, 일반적인 토양곰팡이, 즉 *Fusarium* spp., *Alternaria* spp., *Penicillium* spp. 등은 선충에 대한 기생성이 알려져 있지 않아 조사하지 않았으며, 선충알 기생성곰팡이는 분리 방법이 다르기 때문에 이번 조사에서는 나타나지 않았다(Kim and Riggs, 1994).

선충잡이 도구 중에서는 끈끈이그물(Adhesive nets)을 이용하여 선충을 포식하는 종류가 전체의 72.5%로 가장 많았는데, 이러한 경향은 외국의 보고와 비슷하다(Eastey and Olthof, 1965; Gray, 1983; Mittal *et al.*, 1989). 그러나 서식 지역에 따라서 끈끈이그물을 가진 종의 분포비율에 큰 차이가 있었는데, 산에서는 85%로 가장 높았고, 밭에서는 68%이었으며, 시설재배지 토양에서는 37%의 검출률로 가장 낮았다. 시설재배지 토양에서는 끈끈이그물형의 포식성곰팡이가 줄어들어 대신 내부기생균, 끈끈이균사, 끈끈이봉, 수축성올가미 등 다양한 곰팡이들이 분포하고 있었는데, *A. arthrobotryoides*와 *A. superba*는 시설재배지 토양에서만 발견되었고, 끈끈이봉을 가진 *M. ellipsosporum*은 산에서는 전혀 발견되지 않고, 시설재배지 토양에는 밭의 2배 이상 발견되었다.

43점의 토양에서 총 11종의 선충잡이곰팡이가 분리되었는데, 포식성곰팡이가 9종, 내부기생성곰팡이가 2종이었다(Table 2). 우점종은 *Arthrobotrys oligospora*이었으며(25.5%), 다음은 *A. conoides* 9.5%, *Cystopage lateralis* 9.1%, *Monacrosporium ellipsosporum* 5.8% 순이었다(Table 2). 국내 우점종인 *A. oligospora*는 성장속도가 빠르고 토양 내 경쟁력이 높아(Barron, 1977), 외국에서도 토양내 검출률이 가장 높은 종인데(Duddington, 1954; Estey and Olthof, 1965), 국내 토양 4곳 중 1곳에 서식하며, 시설재배지 토양에서는 2곳 중 1곳에 서식하고 있었다.

GYA와 WA 배지의 선충잡이곰팡이의 검출률은 68.3~70.5%이었고, 검출 종수는 9~10종으로 두 배지가 비슷한 경향이었으나, 선충잡이곰팡이의 종에 따라 분리효율에 차이가 있었다(Table 2). 즉, *A. oligospora*는 WA 보다 GYA에서 2배 높은 비율로(35.2% vs. 15.8%) 검출되었고, 끈끈이

Table 2. Frequency (%) of isolation of nematophagous fungi for each isolation medium from each habitat

Nematophagous fungi	Trap ^a	Mountain		Paddy		Upland		Greenhouse		Overall		Mean
		WA ^b	GYA	WA	GYA	WA	GYA	WA	GYA	WA	GYA	
<i>Arthrobotrys oligospora</i>	3-D	25	25	-	17	22	44	16	55	15.8	35.2	25.5
<i>A. conoides</i>	3-D	-	13	-	-	11	22	15	15	6.5	12.5	9.5
<i>A. arthrobotryoides</i>	3-D	-	-	-	-	-	-	10	5	2.5	1.3	1.9
<i>A. dactyloides</i>	Ring	-	13	-	-	-	-	15	10	3.8	5.8	4.8
<i>A. superba</i> *	3-D	-	-	-	-	-	-	5	-	1.3	-	0.8
<i>Monacrosporium thaumasium</i>	3-D	-	-	-	-	-	22	-	10	-	8.0	4.0
<i>M. elliposporum</i>	Knob	-	-	-	-	11	-	20	15	7.8	3.8	5.8
<i>Monacrosporium</i> spp.	3-D	13	-	-	-	-	-	5	5	4.5	1.3	2.9
<i>Cystopage lateralis</i> *	Hypha	-	-	-	-	22	-	45	5	16.8	1.3	9.1
<i>Harposporium</i> spp.*	Endo	-	-	-	-	11	-	10	-	5.3	-	2.7
<i>Meristacrum</i> spp.*	Endo	-	-	-	-	11	-	5	5	4.0	1.3	2.7
Total records (%)		38	51	0	17	88	88	150	125	68.3	70.5	69.4
Number of species		2	3	0	1	6	3	10	9	10.0	9.0	9.5
Total no. of composite samples		8		6		9		20		43		

^a3-D : three-dimensional adhesive nets, Hypha : adhesive hyphae, Knob : adhesive knob, Ring : constricting ring, Endo: endoparasites.

^bWA : 1.5% water agar, GYA : Glycerol yeast extract agar. Six Petri dishes were examined for each medium.

*new record in Korea.

균사(Adhesive hyphae)를 가진 *Cystopage lateralis*는 GYA 보다 WA에서 높은 비율로(16.8% vs. 1.3%) 검출되었다 (Fig. 1).

Peach(1950, 1952)는 습지나 연못 등, 담수상태의 토양으

로부터 선충잡이곰팡이를 분리하여 *M. candida*, *M. heptameres*, *M. scaphoides*, *Stylopage lepte* 등을 발견하였는데, 논 토양에서 *A. oligospora*가 분리되기는 이번이 처음이다. 이 논 토양에서는 벼에는 기생할 수 없는 뿌리혹선충,

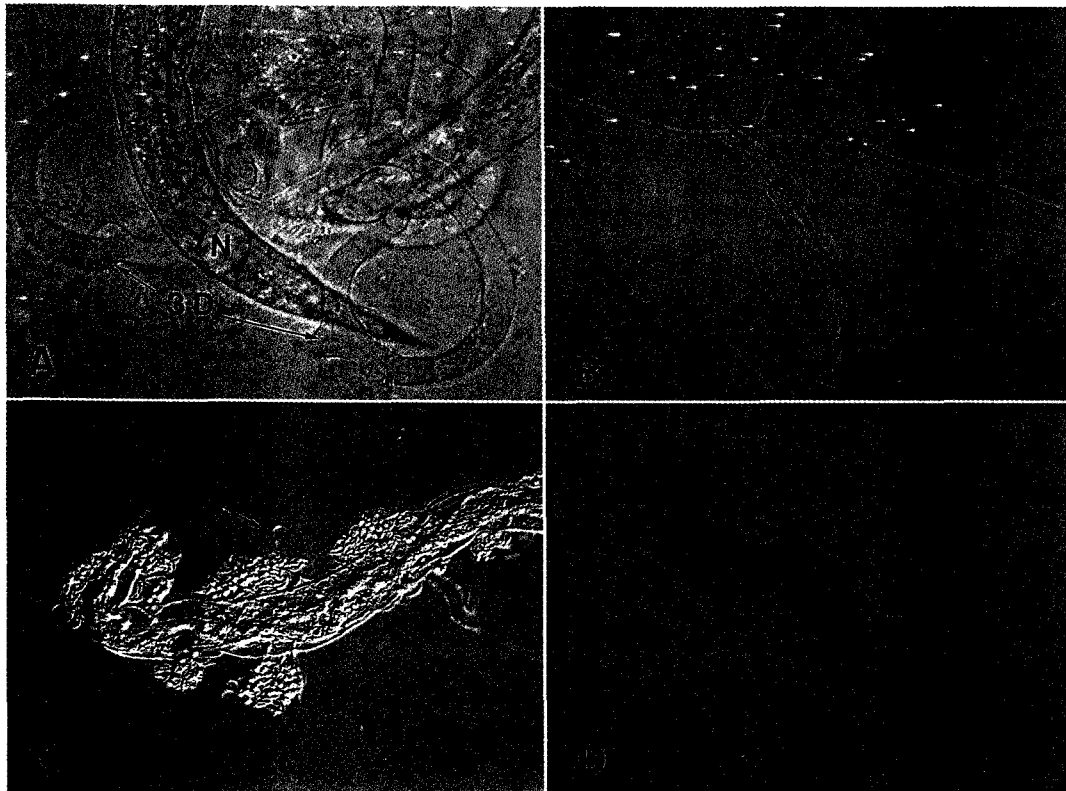


Fig. 1. Nematophagous fungi. A. nematodes (N) captured by 3-dimensional adhesive network (arrow) of *Arthrobotrys oligospora*. B. Nematodes attached to adhesive hyphae of *Cystopage lateralis*. Hypahe has no cross wall and clear colored appressorium like outgrowth at the point of contact with the nematode (arrow). C. *Harposporium* spp. conidiophores develop from dead nematode (arrow). D. *Meristacrum* spp. Conidiophores breaking out through host cuticle.

Meloidogyne spp.의 유충이 토양 300 cm³ 당 24마리 발견되었으며, 반대로 벼에 특징적으로 기생하는 벼뿌리선충, *Hirschmanniella* spp.은 발견되지 않았음으로(Kim, 미발표), 이 논이 원래 시설재배지 토양이었으나, 올해 처음으로 벼를 윤작하는 토양이 아닌가 한다.

토양과 관련된 미생물 생태조사는 제한된 토양 점수에 비해 다양한 토양 조건 및 다양한 미생물상이 관련됨으로 조사지역이나 시기에 따라 차이가 있을 수 있다. 단, 이번 조사에 의한다면, 선충잡이곰팡이의 종이나 밀도는 서식 환경에 따라 다르며 토양이 비옥한 시설재배지 토양에서 선충잡이곰팡이의 종과 밀도가 더 높은 경향이였다.

적 요

국내 남부지역의 논, 밭, 산, 시설재배지 토양 총 43점에 서 선충잡이곰팡이를 조사하여, 9종의 포식성곰팡이와 2종의 기생성곰팡이를 분리하였다. 논 토양에서는 1종이 분리되어 선충잡이곰팡이의 검출률이 가장 낮았고(17%), 산에서는 38%의 검출율을 보여 두 번째였으며, 밭과 시설재배지에서는 거의 100% 선충잡이곰팡이가 검출되었다. 우점종은 *Arthrobotrys oligospora*로 국내 토양 4곳 중 1곳에 서식하며, 시설재배지 토양에서는 2곳 중 1곳에 서식하고 있었다. 선충잡이 도구 중에서는 끈끈이그물(Adhesive nets)을 이용하여 선충을 포식하는 종류가 전체의 72.5%로 가장 많았으며, 다음은 수축성올가미를 가진 *A. dactyloides* (10.0%), 끈끈이균사를 가진 *Cystopage lateralis* 7.8%, 내부기생성곰팡이 5.0%, 끈끈이봉을 가진 *Monacrosporium elliposporum* 4.8% 순이었다. 선충잡이곰팡이의 종이나 밀도는 서식 지역에 따라 다르며 토양이 비옥한 시설재배지 토양에서 선충잡이곰팡이의 종과 밀도가 높은 경향이였다.

참고문헌

- Barron, G. L. 1977. The nematode-trapping fungi. 140 pp. Canadian Biological Publications, Guelph, Ontario, Canada.
- Cooke, R. C. and Godfrey, B. E. S. 1964. A key to the nematode-destroying fungi. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 47: 61-74.
- Cooke, R. C. and Satchuthananthavale, V. 1966. Some nematode-trapping species of *Dactylaria*. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 48: 27-32.
- Drechsler, C. 1937. Some hyphomycetes that prey on free-living terricolous nematodes. *Mycologia* 29: 447-552.
- Drechsler, C. 1944. Three hyphomycetes that capture nematodes in adhesive networks. *Mycologia* 36: 138-171.
- Duddington, C. L. 1954. Nematode-destroying fungi in agricultural soils. *Nature, London* 173: 500-501.
- Estey, R. H. and Olthof, Th. H. A. 1965. The occurrence of nematophagous fungi in Quebec. *Phytoprotection* 46: 14-17.
- Gray, N. F. 1983. Ecology of nematophagous fungi: distribution and habitat. *Ann. Appl. Biol.* 102: 501-509.
- Jeong, M. J. 1987. Isolation of nematophagous fungi and evaluation of their biological control potential against *Meloidogyne hapla* Chitwood in pepper. M.S. Thesis. Gyeongsang Nat. Univ. JinJu, Korea.
- Kim, D. G., Lee, J. K., Lee, Y. K., Choi, Y. C. and Kim, Y. K. 1997. Description on five species of *Arthrobotrys* (Corda) Schenck, Kendrick & Pramer in Korea and their key. *RDA. J. Crop. Protection* 39: 33-41.
- Kim, D. G. and R. D. Riggs. 1994. Techniques for isolation and evaluation of fungal parasites of *Heterodera glycines*. *Ann. Appl. Nematol.* 26: 592-595.
- Lee, J. K., Kim, D. G. and Lee, Y. K. 2000. Comparison of predacity of nematode predatory fungi against *Meloidogyne incognita*. *Korean J. Appl. Entomol.* 39: 111-115.
- Mittal, N., Saxena, G. and Mukerji, K. G. 1989. Ecology of nematophagous fungi; distribution in Delhi. *J. Phytological Res.* 2: 31-37.
- Peach, M. 1950. Aquatic predacious fungi. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 33: 148-153.
- Peach, M. 1952. Aquatic predacious fungi. II. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 35: 19-23.
- Southey, J. F. 1986. Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. London: Her Majesty's Stationery Office. London.
- Stukus, P. E. 1997. Investigating Microbiology: A Laboratory Manual for General Microbiology. Harcourt Brace & Co. Florida.