

Citrus 속 과수재배지의 식물기생선충 조사

박선남 · 운영남¹ · 이재국² · 박병용^{2*}

국립생물자원관, ¹충남대학교 농업생명과학대학 응용생물학과, ²국립농업과학원 농업미생물과

Survey of Plant Parasitic Nematode in Citrus Fruit Orchards in Korea

Sun Nam Park, Young Nam Youn¹, Jae-Kook Lee² and Byeong-Yong Park^{2*}

National Institute of Biological Resources, Incheon, 404-708

¹Department of Applied Biology, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon, 305-764

²Agricultural microbiology Division, National Academy of Agricultural Science, Suwon, 441-707, Korea

ABSTRACT : This study was conducted to identify plant-parasitic nematodes and determine the distribution pattern of the nematode species in citrus fruit orchards in Korea from April to August, 2008. Plant-parasitic nematodes were found in 139 among 178 soil samples. *Tylenchulus semipenetrans* was collected from 85 out of 94 *Citrus unshiu* orchards examined (90.4%). *C. junos* orchards infested with *T. semipenetrans* were 60 out of 84 (71.4%). However, proportion of dominant species between the two was different. At domestic Citrus orchards, it proved that *T. semipenetrans* was the most important plant-parasitic nematode from this study. The overall frequency of the plant-parasitic nematodes was positively correlated with the cultivation years. More alkaline soils tended to harbor more *T. semipenetrans*. However the correlation coefficient between the two was very low.

KEY WORDS : Citrus, *C. unshiu*, *C. junos*, *Tylenchulus semipenetrans*

초 록 : 이 연구는 Citrus속 과수재배지에서 식물기생선충의 종류와 분포를 조사하기 위해 수행하였다. 토양 샘플은 주요 재배지에서 2008년 4월부터 8월에 채집하였다. 식물기생선충은 전체 178개 샘플 가운데 139개 샘플에서 검출되었다. 감귤재배지에서 *Tylenchulus semipenetrans*가 178토양샘플 중 139 샘플에서 검출되었고(90.4%), 유자재배지는 94 토양샘플 중 85토양 샘플에서 *T. semipenetrans*가 검출되었다(71.4%). 그러나 주요한 식물기생선충의 종류는 다소 차이가 있었다. 국내 Citrus속 과수 재배지에는 *T. semipenetrans*가 널리 분포하고 있었으며, 감귤과수에 가장 중요한 식물기생선충임을 확인하였다. 재배 년수가 증가할수록 *T. semipenetrans*의 검출빈도가 증가하였다. 또 토양산도가 알칼리성으로 갈수록 감귤선충의 밀도는 증가하였으나, 상관계수는 높지 않았다.

검색어 : Citrus, 감귤, 유자, 감귤선충

국내에서 주로 재배되고 있는 Citrus속 과수는 감귤과 유자가 있다. 감귤은 주로 제주도에서 생산되며, 제주도의 총생산액의 20%와 농업조수입의 67%를 차지하는 매우 중요한 과수다(Kang, 1996). 국내 감귤재배지의 식

물기생선충은 7종이 발견되었으며, 그 중 감귤선충(*Tylenchulus semipenetrans*)이 가장 중요한 선충으로 알려져 있다(Choi, 1966). 감귤선충은 1912년 미국 캘리포니아에서 감귤뿌리에서 처음으로 발견된(Cobb, 1913, 1914) 절

*Corresponding author. E-mail: daggernema@korea.kr

대기생성 선충이다. 세계적으로 Citrus 재배 지역에 널리 분포하고(Siddiqi, 1974), 감귤 이외에도 올리브, 포도, 고염나무 등에 기생하는 기주범위가 넓은 주요한 선충이다(Khan *et al.*, 1998). 감귤선충은 뿌리의 외피층에 기생하고, 암컷은 두부를 표피에 박고 기생하기 때문에 토양 내에서는 몸통과 미부만 노출되어 있으나(Cohn, 1965), 암컷이 분비한 젤라틴 물질이 토양과 고착되어 육안으로 관찰이 쉽지 않으며, 피해가 단기간에 나타나지 않고 수년에 걸쳐서 생산량이 감소되는 것으로 알려져 있다 (Duncan and Cohn, 1990).

감귤선충에 감염된 포장에서는 10-30%의 피해가 보고되었지만(Sorribas *et al.*, 2000; Verdejo-Lucas and Mckernary, 2004), 국내에서는 이러한 보고를 찾아볼 수 없으며, 감귤재배지의 식물기생선충의 조사는 1980년대 이후로는 보고되지 않았고, 유자재배지의 식물기생선충 조사는 전무하다. 이는 선충 자체가 매우 미소하고, 분류 및 동정이 난해하여 쉽게 접근하지 못했기 때문으로 여겨진다. 또한 만약 선충으로 인한 피해라 할지라도 다른 미생물로 인한 피해로 간과되었기 때문에 선충에 의한 피해 보고가 적은 것이 사실이다. 따라서 본 조사는 Citrus속 과수재배지의 식물기생선충의

방제와 보다 안정적인 재배를 위한 기초 자료로 활용하기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

2008년 4월부터 8월에 걸쳐 전국의 주요 재배지에서 토양샘플을 채집하였다. 감귤은 제주도 전역에서 94점, 유자는 경남지역의 거제, 남해, 통영에서 29점, 전남지역의 강진, 고흥, 여수, 완도, 진도에서 55점 등 총 84개 포장에서 토양과 뿌리를 채집하였다(Fig. 1). 채집된 시료는 실험실로 옮겨 선충을 분리하기 전까지 그늘에 보관하였다.

채집한 시료로부터 선충을 분리하기 위해서 토양을 잘 섞은 후에 300 g을 취하여 Modified Baermann funnel법으로 선충을 분리하였다. 80°C TAF용액으로 선충을 고정한 후 해부현미경 40배에서 속별 종류 및 밀도를 조사하였다. 선충은 seinhorst rapid glycerin법으로 탈수한 후(Southey, 1986), Paraffin ring법으로 영구표본을 만들어 광학현미경을 이용하여 동정하였다(William, 1991).

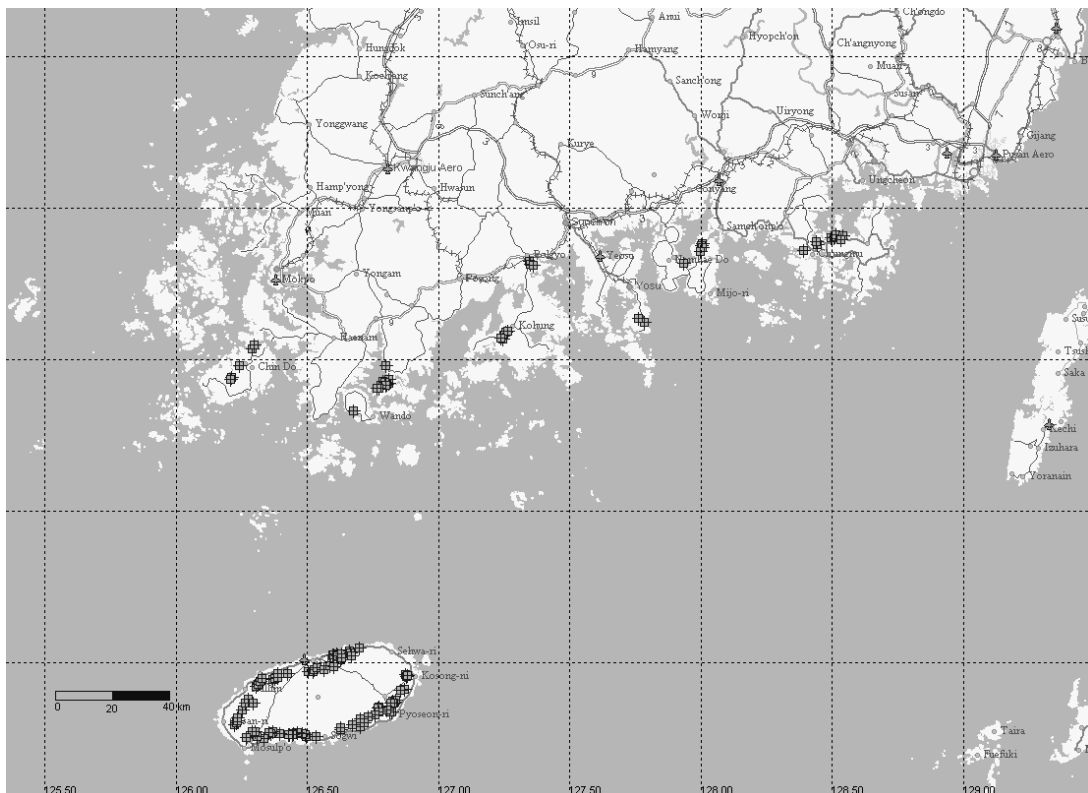


Fig. 1. GPS data of sampling sites from Citrus fruit orchards.

토양 시료의 토양산도는 AOAC 국제 표준방법에 의거하여 전체 토양을 잘 섞은 후 5g을 멸균된 증류수 50 ml에 넣고, 30분간 교반기로 완전히 섞은 후 pH 측정기로 토양산도를 측정하였다(Park, 2000).

결과 및 고찰

감귤재배지의 식물기생선충 검출은 *Tylenchulus semipenetrans*가 90.4%로 가장 높았고, *Pratylenchus* 9.5%, *Helicotylenchus*, *Paratrichodorus*, *Criconemoides* 각 7.4% 순으로 검출되었다. 유자재배지 역시 *T. semipenetrans*가 71.4%로 가장 높았으나, *Helicotylenchus* 22.6%, *Criconemoides* 16.7%, *Paratrichodorus* 2.4%, *Pratylenchus* 1.2%로 검출되어 감귤재배지 결과와 다소 차이를 보였

다(Table 1). 기타 선충으로는 *Ditylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Tylenchus* 등이 검출되었으나 검출율과 밀도가 낮았다.

밀도와 빈도를 고려한 중요도(Prominence Value) 분석에서(Kwon et al., 2004) 감귤재배지에서는 *T. semipenetrans* 3120.6, *Paratrichodorus* 74.2, *Helicotylenchus* 52.5, *Pratylenchus* 43.9, *Criconemoides* 12.0 순으로 나타났다. 유자재배지 또한 *T. semipenetrans*가 3116.3로 가장 높았고, *Helicotylenchus* 1004.5, *Criconemoides* 238.2, *Paratrichodorus* 9.3, *Pratylenchus* 7.7 순으로 중요도가 높았다(Table 2.). 이것으로 *T. semipenetrans*가 감귤과 유자재배지에서는 검출율과 중요도가 높은 식물기생선충으로 조사되었다.

조사된 식물기생선충 중에서 *Tylenchulus semipenetrans* 1종, *Pratylenchus* 속 4종, *Helicotylenchus* 속 1종, *Paratrichodorus* 속 2종 등 8종이 동정되었다(Table. 3).

Table 1. Frequency and density of plant-parasitic nematodes in *Citrus* fruit orchards

Host	Location	No. of detected plant-parasitic nematodes sites					
		TYL ¹⁾	PRA	HEL	PTR	CRI	
<i>Citrus unshiu</i> (94) ²⁾	Jeju (94)	Jeju (42)	37	2	3	1	2
		Seoqwipo (52)	38-3,942 ³⁾	3-12	3-5	25	3-5
	Gyeongsangnam-do (29)		48	6	4	6	5
			21-1,134	2-72	2-108	3-63	2-12
		Total(%)	85(90.4)	8(9.5)	7(7.4)	7(7.4)	7(7.4)
	<i>Citrus junos</i> (84)	Gangjin (2)	Geoje (14)	10		1	
Namhae (8)			6-1,092		6		3-6
Jeollanam-do (55)			5		4		
			24-540		36-2,316		
		Tongyeong (7)	6	1	4	1	
		90-978	60	6-264	9		
	%	21(72.4)	1(3.4)	9(31.0)	1(3.4)	2(6.9)	
<i>Citrus junos</i> (84)	Gangjin (2)	Goheung (18)	12		4		3
		Yeosu (6)	10-738		3-564		3-147
	Jeollanam-do (55)		4		1	1	
			9-1,362		141	3	
		Wando (21)	15	1	4		9
		12-3,240	4	3-81		6-57	
	Jindo (8)	8		1			
	6-1,420		9				
	%	39(70.9)	1(1.8)	10(18.2)	1(1.8)	12(21.8)	
	Total (%)	60(71.4)	2(2.4)	19(22.6)	2(2.4)	14(16.7)	

¹⁾TYL: *Tylenchulus semipenetrans*; PRA: *Pratylenchus* spp.; HEL: *Helicotylenchus* spp.; PTR: *Paratrichodorus* spp.; CRI: *Criconemoides* spp.; ²⁾No. of samples; ³⁾No. of nematodes per 300g soil.

Table 2. Average density, frequency, and prominence value of plant parasitic nematodes in *Citrus* fruit orchards

Nematodes	<i>Citrus unshiu</i>			<i>Citrus junos</i>		
	average density	frequency	prominence value	average density	frequency	prominence value
<i>Tylenchulus semipenetrans</i>	328.3	90.4	3120.6	368.8	71.4	3116.3
<i>Pratylenchus</i> spp.	14.3	9.5	43.9	5.0	2.4	7.7
<i>Helicotylenchus</i> spp.	19.3	7.4	52.5	211.3	22.6	1004.5
<i>Paratrichodorus</i> spp.	27.3	7.4	74.2	6.0	2.4	9.3
<i>Criconemoides</i> spp.	4.4	7.4	12.0	58.3	16.7	238.2

Table 3. Plant-parasitic nematodes and localities according to host plant in *Citrus* fruit orchards

Host	Nematode	Location
<i>Citrus unshiu</i>	<i>Tylenchulus semipenetrans</i> (감귤선충)	Jeju, Seoqwipo
	<i>Pratylenchus flakkensis</i> ^a	Jeju, Seoqwipo
	<i>P. coffeae</i> (커피뿌리썩이선충)	Jeju, Seoqwipo
	<i>P. loosi</i> (차나무뿌리썩이선충)	Jeju, Seoqwipo
	<i>P. vulnus</i> (사과뿌리썩이선충)	Jeju, Seoqwipo
	<i>Helicotylenchus erythrinae</i> (수양버들나선선충)	Jeju, Seoqwipo
	<i>Paratrichodorus porosus</i> (배추곶은궁침선충)	Jeju
	<i>P. minor</i> ^a	Jeju, Seoqwipo
<i>Citrus junos</i>	<i>Tylenchulus semipenetrans</i> (감귤선충)	Geoje, Goheung, Jindo, Namhae, Tongyeong, Wando, Yeosu
	<i>Helicotylenchus cavenessi</i> (솔재나선선충)	Geoje, Jindo, Wando
	<i>H. dihystra</i> (고추나선선충)	Namhae, Tongyeong, Yeosu
	<i>Paratrichodorus porosus</i> (배추곶은궁침선충)	Tongyeong, Yeosu
	<i>Pratylenchus crenatus</i> ^a	Wando
	<i>P. fallax</i> ^a (파락스뿌리썩이선충)	Tongyeong

^a unrecorded nematodes in Korea.

유자재배지에서 검출된 선충은 *Tylenchulus* 속 1종, *Helicotylenchus* 속 2종, *Paratrichodorus* 속 1종, *Pratylenchus* 속 2종 등 총 6종이 동정되었다. 본 연구를 통해서 국내 유자나무에 *T. semipenetrans*가 최초로 발견되었으며, 국내 미기록종인 *Pratylenchus crenatus*, *P. fallax*, *P. flakkensis*, *Paratrichodorus minor*가 검출되었다. 국내 감귤 재배지의 식물기생선충 조사에 따르면, *Hemicriconemoides intermeidus*, *Aplenchoides besseyi* 두 종류만이 보고된 바 있다(Choo and Choi, 1979). 감귤에서 발견된 검역상 규제급 선충인 *Paratrichodorus minor*와 *Pratylenchus flakkensis*, *P. crenatus*는 전체 포장 중 각각 1개 포장에서만 발견이 되었으며, 밀도도 낮았다. 이것은 위선충이 국내 감귤과 유자재배지의 제한된 지역에서 발견되는 것으로 생각이 된다. 식물검역상 규제급 선충이 발견되면 분포 조사 후 강제적인 방제를 실시하도록 하고 있는데, 발견된 3종의 규제선충에 대한

전체적인 분포상황과 국내 유입경로의 파악은 심도 깊은 조사가 필요할 것으로 판단된다.

감귤과 유자과수의 수령이 증가할수록 *T. semipenetrans*의 포장 검출율이 증가하는 것으로 조사되었다(Fig. 2.). 그러나 감귤재배지의 R² 값이 0.0228로 유자재배지의 0.8662보다 매우 낮았다. 이 결과는 조사된 감귤과수 중 21년 이상 된 감귤과수의 *T. semipenetrans* 검출율이 낮았기 때문이었는데, 21년 이상 된 감귤과수의 샘플 수가 적어서 나타난 결과인 것으로 생각이 된다.

*Tylenchulus semipenetrans*는 토양산도가 알칼리성으로 갈수록 밀도가 증가하는 경향이 있다(Van Gundy and Martin, 1961). 조사된 포장의 토양산도는 감귤은 4.1-7.8, 유자는 4.2-7.7로 약산성에서 약알칼리성에 분포하고 있었다(Fig. 3.). 감귤재배 토양의 *T. semipenetrans* 밀도는 토양산도가 알칼리성으로 갈수록 밀도가 증가하였으나 상관계수는 낮았으며, 유자재배지에서는

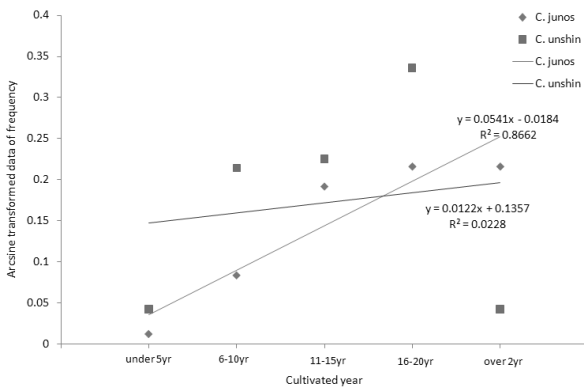


Fig. 2. Relationship between cultivated year and frequency of *Tylenchulus semipenetrans* in Citrus fruit orchards.

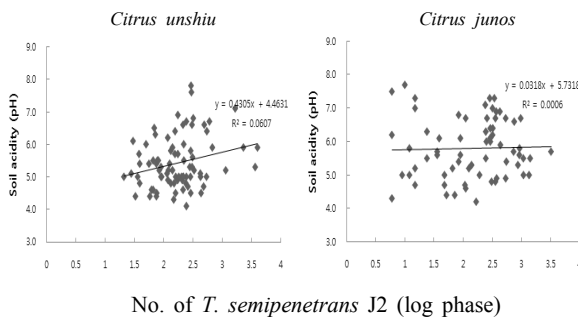


Fig. 3. Relationship between soil acidity and number of *Tylenchulus semipenetrans* juveniles in Citrus fruit orchards.

5.0-6.0 사이에 주로 감귤선충의 밀도가 집중된 것을 확인 할 수 있었다. 이는 Van Gundy and Martin, 1961의 연구와는 다른 결과로, 제주도의 토양 특성과 캘리포니아의 토양특성이 다른 원인에 의한 것으로 생각된다.

금번 연구에서 조사된 *Tylenchulus semipenetrans*는 감귤과 유자재배지에서 높은 검출율을 보였다. *T. semipenetrans*의 경제적 피해수준은 조사 시기에 따라서 달라진다. 2-4월의 경우 유충은 토양 500g당 2,000마리이고, 암컷은 뿌리1g당 100마리이며, 5-7월의 경우 유충은 4,000마리, 암컷은 300마리이다(<http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/r107200111.html>). 조사된 포장 가운데 1.8%인 3개 포장(제주 2, 완도 1)이 감귤선충에 의해 피해를 받고 있는 것으로 나타났다. 피해수치는 낮게 나타났지만 지구 온난화로 인한 국내 평균 기온 상승으로 인하여 감귤과 유자재배지의 재배환경이 변화되면 식물기생선충 특히 *T. semipenetrans*에 의한 과수원의 피해도 커질 것으로 생각되어, 장기적인 식물기생선충의 조사와 선

충 밀도에 따른 감귤과 유자의 피해에 관한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

Literature Cited

- Choi, Y.E. 1966. The studies on the nematodes of economic importance in Korea (III)-Seasonal occurrence of the nematodes population and it's important species from the soil of the citrus orchard of Jae Joo Do. Res. Rev. Kyungpook Univ. Theses Coll. 10: 119-124.
- Choo, H.Y. and Choi, Y.E. 1979. About plant-parasitic nematodes in Jeju province. Kor. Plant Prot. Acad. Soc. 18(4): 169-175.
- Cobb, N.A. 1913. Notes on *Mononchus* and *Tylenchulus*. J. Washington Acad. Sci. 3: 287-288.
- Cobb, N.A. 1914. Citrus-root nematode. J. Agricul. Res. 2: 217-230.
- Cohn, E. 1965. The development of citrus nematode on some of its hosts. Nematologica 11: 593-600.
- Duncan, L.W. and Cohn, E. 1990. Nematodes parasites of citrus. p.321-346 in M. luc, R. A. Sikora, and J. Bridge, eds. Plant-parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Wallingford, England: CAB International.
- Kang, D.J. 1996. Citrus production status of Korea. Nat. Inst. Subt. Agr. 331-340.
- Khan, Z., Park, S.D., Kim, J.C. and Kim, S.J. 1998. A new host of citrus nematode, *Tylenchulus semipenetrans* Cobb, in Korea. Kor. J. Plant Pathol. 14(6): 622-624.
- Kwon, T.Y., Kim, D.G., Choi, C.D. and Yoon, J.T. 2004. Survey of Plant-Parasitic Nematodes in Peach Orchards in Gyeongbuk Province. Korean J. Appl. Entomol. 43(1): 81-84.
- Park, M.Y. 2000. The Analysis of soil and plant. NIAST. 103~104p.
- Siddiqi, M.R. 1974. C.I.H. Description of Plant Parasitic Nematodes Set 3, No. 34. 164-169.
- Sorribas, F.J., Verdejo-Lucas, S., Forner, J.B., Alcaide, A., Pons, J. and Ornat, C. 2000. Seasonality of *Tylenchulus semipenetrans* Cobb and *Pasteuria* sp. in citrus orchards in Spain. J. Nematol. 32: 622-632.
- Southey J.F. 1986. Laboratory Methods for work with plant and soil nematodes. Commercial Colour Press. 69p.
- Van Gundy, S. and Martin, J.P. 1961. Influence of *Tylenchulus semipenetrans* on the growth and chemical composition of sweet orange seedlings in soils of various exchangeable cation ratios. Phytopathol. 51: 146-151.
- Verdejo-Lucas, S. and Mckernary, M.V. 2004. Management of the citrus nematode, *Tylenchulus semipenetrans*. J. Nematol. 36(4): 424-432.
- William, R.N. 1991. Manual of agricultural nematology. Marcel Dekker. 763-765pp.

(Received for publication November 30 2009;
revised December 9 2009; accepted December 11 2009)