

국내 관엽식물 및 작물재배지의 식물기생선충 발생 조사

Occurrence of Plant-Parasitic Nematodes on Ornamental Foliage Plants, Citrus Orchards, and Tea Plantations in Korea

*Corresponding author

Tel: +82-55-350-5692

Fax: +82-55-350-5509

E-mail: ichoi@pusan.ac.kr

허성찬¹ · 박남숙² · 김용철^{1,2} · 최인수^{1,2*}

¹부산대학교 생명자원과학대학 식물생명과학과, ²부산대학교 생명산업융합연구원 선충연구센터

Sungchan Huh¹, Namsook Park², Yongchul Kim^{1,2}, and Insoo Choi^{1,2*}

¹Department of Plant Bioscience, College of Natural Resources and Life Science, Pusan National University, Miryang 50463, Korea

²Nematode Research Center, Life and Industry Convergence Research Institute, Pusan National University, Miryang 50463, Korea

This study was conducted to investigate the plant-parasitic nematodes of ornamental foliage plants, citrus orchards, and tea plantations from July to December 2022. As a result of the investigation of plant-parasitic nematodes in 415 foliage plants, root-lesion nematodes were detected most frequently, followed by root-knot nematodes, pin nematodes, and other nematodes. In tea plantations, spiral nematodes, cyst nematodes, and root-knot nematodes were detected. Citrus nematodes, ring nematodes, and root-knot nematodes were discovered in citrus orchards. In foliage plants, tea plantations, and citrus orchards, the detection rate of plant-parasitic nematodes was not high, but root-lesion nematodes were detected. Therefore, it is necessary to apply appropriate control methods to manage root-lesion nematodes during the cultivation of foliage, tea, and citrus plants.

Keywords: Citrus, Foliage plant, Plant-parasitic nematodes, Root-lesion nematodes, Tea

Received November 08, 2023

Revised November 26, 2023

Accepted November 27, 2023

식물기생선충은 식물에 기생하며 양분을 흡즙하여 생육저하와 병을 일으키며, 선충에 피해를 받지 않는 식물이 거의 없어 세계적으로 연간 1,000억 달러 이상의 피해를 일으키고 있다(Opperman과 Bird, 1998), 이러한 식물기생선충은 현재까지 약 4,100여종이 넘게 보고되어있으며, 전 세계적으로 배추, 들깨 등 과채류와 작약, 마 등 약초 및 기타 주요 경제작물들이 많은 피해를 받고 있다(Jones 등, 2013).

국내에서는 작물을 비롯한 식물을 가해하는 식물기생선충 중 뿌리혹선충(root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp.), 씨스트선

충, 뿌리썩이선충(root-lesion nematodes, *Pratylenchus* spp.) 등이 큰 피해를 주고 있다(Park 등, 2022). 국내 소나무 고사의 주요원인인 소나무재선충과 배추의 성장저해와 결구불량 등의 피해를 주는 사탕무씨스트선충과 클로버씨스트선충이 주로 문제가 되고 있지만, 최근 뿌리썩이선충으로 인한 피해 보고가 증가하고 있다(Ko 등, 2021; Mwamula 등, 2018; Yi 등, 1989).

관엽식물은 공기 정화 식물로 이용될 뿐만 아니라 독특한 식물 형태와 색깔이 정서적 안정과 휴식에 도움을 준다고 알려져 있다(Kim과 Seo, 2021). 최근에는 소형 희귀 관엽식물이 재테크 투자 대상으로 주목받는 등 관엽식물에 대한 수요가 증가하고 있다. 그러나, 국내에서 판매되거나 재배되는 관엽식물을 가해하는 식물기생선충 발생현황에 대한 연구는 전무한 실정이다. 또한, 차나무 및 감귤나무 재배지에서는 식물기생선충의

Research in Plant Disease

eISSN 2233-9191

www.online-rpd.org

© The Korean Society of Plant Pathology

© This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Table 1. Incidence of plant-parasitic nematodes in foliage plants in Korea

Location	No. of samples	No. of samples detected (mean density, frequency, % ^a)				
		Root-lesion nematodes	Stem and bulb nematodes	Root-knot nematodes	Pin Nematodes	Foliar nematodes
Busan	65	ND	ND	ND	ND	ND
Daegu	103	6 (142, 5.8)	ND	2 (6, 1.9)	ND	ND
Gyeonggi-do	50	ND	ND	ND	ND	ND
Gyeongsangbuk-do	57	ND	ND	ND	ND	ND
Gyeongsangnam-do	97	2 (45, 2.1)	1 (2, 1.0)	ND	3 (507, 3.1)	1 (80, 1.0)
Ulsan	43	ND	ND	5 (194, 11.6)	ND	ND
Total	415	8 (118, 1.9)	1 (2, 0.2)	7 (140, 1.7)	3 (507, 0.7)	1 (80, 0.2)

ND, not detected.

^aFrequency: No. of samples detected by nematodes/No. of samples by location×100.

발생보고가 해외의 주요 재배지에서 보고되어있으나 국내의 식물기생선충의 분포 연구는 부족하다(Orisajo, 2012; Zoubi 등, 2022). 따라서 희귀식물 및 공기 정화 식물과 감귤나무 및 차나무 재배지의 식물기생선충 분포조사를 통해 식물기생선충의 검출 여부와 밀도를 파악하고 상품성 증대를 위한 방제방법 마련의 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

국내 주요 화훼단지를 포함한 화훼류 육묘장의 판매량이 높은 아누비아스(*Anubias* spp.), 안스리움, 칼라데아(*Calathea* spp.), 필로덴드론(*Philodendron* spp.) 등 관엽식물을 수집하였으며, 감귤 및 차나무 재배지를 대상으로 식물체 및 토양을 채집하고 식물기생선충을 조사하였다. 2022년 7월부터 12월까지 관엽식물 16종 415주를 구입하였으며, 감귤 22개 재배필지 및 차나무 24개 재배필지를 대상으로 1개의 재배필지 당 최소 10 지점을 기준으로 식물체 근권 토양 및 뿌리를 채집하고 실험실로 운반하여 선충을 분리하였다. 선충의 분리는 뿌리를 1 cm 길이로 잘라서 믹서기에 넣고 뿌리가 잠길 정도로 물을 넣은 다음, 믹서기를 중간 속도(12,000 rpm)로 약 10초간 돌려 뿌리를 갈아준다(식물체의 크기와 부드러운 정도에 따라 5초-1분). 갈린 식물체 뿌리는 선충 분리용 채반을 이용하여 선충을 분리하는 방법인 오스텐브릭접시법(Oostenbrink dish)으로 분리하였다(Oostenbrink, 1960). 24시간 후 분리용 채반을 제거하고 아래의 선충 분리 접시에 물을 500 mesh체로 걸러서 선충을 분리하였다. 분리한 선충은 계수접시(counting dish)로 모은 다음, 해부현미경(SZX 16, Olympus, Tokyo, Japan)을 사용하여 선충의 종류와 밀도를 조사하였다(Kang 등, 2023). 식물기생선충을

70°C의 고정액(formaldehyde-glycerin, 4:1, v/v)으로 고정한 다음 광학현미경(BX53, Olympus) 하에서 400-1,000배 확대하여 형태적 특징(압수구분, 몸길이 및 폭, 꼬리모양, 꼬리길이 및 폭, 꼬리 투명부 길이, 침 길이, 생식기 위치 등)을 관찰하고, 부착된 디지털카메라(DP73, Olympus)로 기록하였다.

부산, 대구, 울산, 경기도, 경상북도, 경상남도에서 시판 중인 아누비아스, 몬스테라(*Monstera* spp.), 칼라데아, 필로덴드론 등 관엽식물 415점을 무작위로 선발하여 식물기생선충을 조사하였다. 식물기생선충을 조사한 결과, 뿌리썩이선충, 줄기근선충(stem and bulb nematodes, *Ditylenchus* spp.), 잎선충(foliar nematodes, *Aphelenchoides* spp.), 뿌리혹선충, 침선충(pin nematodes, *Paratylenchus* spp.) 등 5종류의 식물기생선충이 발견되었다. 그 중 뿌리썩이선충이 8개 식물체에서 발견되어 높은 검출빈도(1.9%)를 보였으며, 평균 밀도도 식물체당 118마리로 높았다(Table 1). 뿌리썩이선충 중 딸기뿌리썩이선충(*P. penetrans*)은 토양 100 ml당 100마리 이상 존재할 때 당근의 수확량 손실을 가져오며, 밀뿌리썩이선충(*P. thornei*)은 토양 1 g당 150마리가 존재할 때 밀과 보리의 25% 이상의 수량 감소를 가져왔다(Fanning 등, 2020; Teklu 등, 2016). 본 연구에서는 국내 관엽식물 중 아누비아스, 몬스테라, 자스민에서 뿌리썩이선충이 검출되었으며, 아누비아스에서 검출된 평균 밀도는 142마리로 검출되어, 생육 저하로 인한 상품적 가치 피해가 우려된다.

지역별로는 뿌리썩이선충은 대구와 경상남도지역의 화원의 관엽식물에서 검출되었으며, 뿌리혹선충은 대구와 울산지역의 화원에서 검출되었다. 특히 울산지역에서 검출된 뿌리혹선충의 밀도가

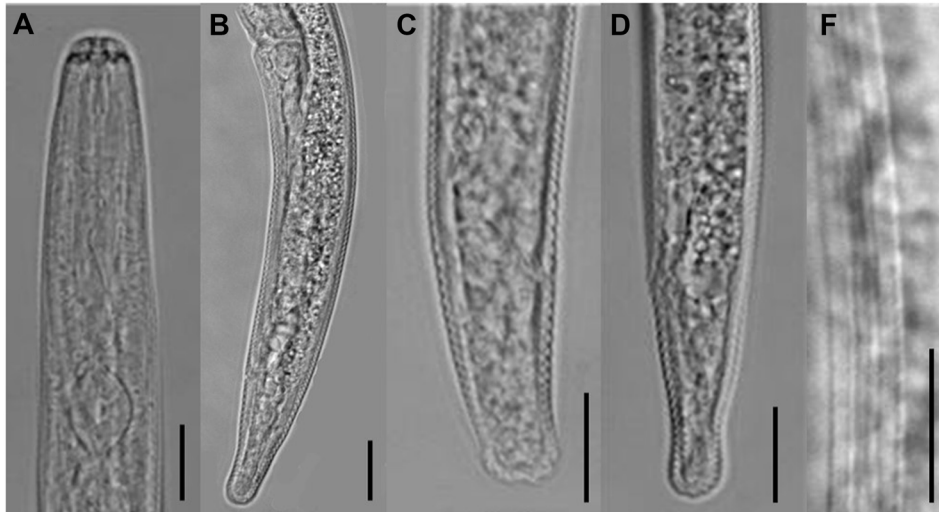


Fig. 1. Morphological characterization of *Pratylenchus* sp. from roots of *Anubias barteri*. (A) Anterior of female. (B) Posterior of female. (C, D) Tail region. (E) Lateral lines. Scale bars=10 μ m.

Table 2. Incidence of plant-parasitic nematodes in tea plantations in Korea

Location	No. of samples	No. of samples detected (mean density, frequency, % ^a)			
		Root-lesion nematodes	Root-knot nematodes	Spiral nematodes	Cyst nematodes
Boseong	11	3 (47, 27.2)	ND	ND	ND
Hadong	11	4 (32, 36.4)	ND	ND	3 (742, 27.2)
Seoguipo	2	ND	2 (120, 100)	1 (16, 50)	ND
Total	24	7 (39, 29.1)	2 (120, 8.3)	1 (16, 4.1)	3 (742, 12.5)

ND, not detected.

^aFrequency: No. of samples detected by nematodes/No. of samples by location \times 100.

194마리로 높게 나타났는데 조사대상 작물의 뿌리에서 흑을 관찰할 수 없어 이식 전 재배장소의 뿌리혹선충의 기주인 잡초 존재로 인한 검출로 판단된다. 경상남도의 화원에서 검출된 침선충의 경우 검출 평균밀도는 507마리로 높았으나, 상추에서의 침선충 피해가 육안으로 확인된 경우의 밀도는 평균 2,056마리로 관엽식물에서의 피해는 낮을 것으로 판단된다(Kwon 등, 2019).

본 조사연구에서 검출된 뿌리썩이선충의 암컷을 이용하여 주요 형질을 분석한 결과, 암컷 선충의 길이는 478.8 \pm 56.6 (423.8–642.2) μ m이며 머리가 단단하게 각질화되었고 입술은 낮은 반구형으로 몸과 구분되지 않고 연결된 형태였다(Fig. 1A). 암컷 생식기의 위치는 머리로부터 전체 체장의 82.5 \pm 2.1% (79.5–87.4%) 위치에 형성되어 있고, 꼬리의 길이를 꼬리 말단에서 항문 위치까지의 거리로 나눈 값이 2.1 \pm 0.2 (2.0–2.4)이며, 꼬리 형태는 넓고 둥근 모양으로 가장자리가 톱니 형태였다

(Fig. 1B-D). 또한, 암컷의 몸 중앙부의 옆줄은 6개였다(Fig. 1E). 뿌리썩이선충은 일반적으로 난소가 1개이고 암컷 생식기가 몸의 뒷부분(머리로부터 전체 체장의 75%)에 있어, 검출된 선충은 뿌리썩이선충으로 판단되나 꼬리모양과 암컷생식기의 위치 등이 뿌리썩이선충의 기보고된 종들과 달라 국내 미기록종 또는 신종으로 판단된다.

보령, 하동, 서귀포 소재 24개 차 재배지와 제주, 서귀포 소재 22개 재배지의 식물기생선충 분포 양상을 조사한 결과, 국내 미기록종 또는 신종으로 판단되는 식물기생선충은 확인되지 않았다. 차나무 24개 재배 필지에서 검출된 식물기생선충으로는 나선선충(spiral nematodes, *Helicotylenchys* spp.), 대나무씨스트선충(Korean cyst nematode, *Heterodera koreana*), 뿌리혹선충, 뿌리썩이선충 등이 검출되었다(Table 2). 뿌리썩이선충은 차나무 재배필지 중 29%에서 발견되어 차나무에서 가장 피해가

Table 3. Incidence of plant-parasitic nematodes in citrus orchards in Korea

Location	No. of samples	No. of samples detected (mean density, frequency, % ^a)			
		Root-lesion nematodes	Root-knot nematodes	Ring nematodes	Citrus nematodes
Jeju	8	ND	ND	1 (15, 12.5)	2 (28, 25)
Seoguipo	14	1 (4, 7.1)	1 (120, 7.1)	1 (20, 7.1)	7 (21, 50)
Total	22	1 (4, 4.5)	1 (120, 4.5)	2 (18, 9.1)	9 (23, 40.9)

ND, not detected.

^aFrequency: No. of samples detected by nematodes/No. of samples by location×100.

우려되는 식물기생선충이었으며, 대나무씨스트선충은 국내에서 처음 보고된 선충으로 대나무 뿌리를 가해하는 것으로 최초 발견되었으나 이번에는 차나무에서 발견되었으나, 지금까지 차나무를 기주로 한 발생보고는 없으므로 기주에 대한 추가적인 조사가 필요하다(Hajieghrari 등, 2005; Vovlas 등, 2005). 지역적으로 하동과 보성 지역의 차나무 재배지에서는 뿌리썩이선충이 우점하고 있었으나, 제주지역에서는 뿌리혹선충이 우점하는 것으로 나타났다. 나이지리아의 차나무 재배지의 뿌리혹선충의 검출 평균밀도는 415마리로 그에 비해 120마리로 낮게 나타났다. 발생된 뿌리혹선충의 종 동정 등 추가 연구가 필요하다(Orisajo, 2012). 감귤 22개 재배 필지에서 검출된 식물기생선충으로는 주름선충(ring nematodes, *Criconeaoides* spp.), 뿌리혹선충, 침선충, 뿌리썩이선충, 감귤선충(citrus nematode, *Tylenchulus semifenetrans*) 등이었다. 감귤선충이 전체조사 감귤 재배지의 40%에서 검출되어 감귤 재배 시 가장 고려되어야 할 식물기생선충이었다(Table 3). 2008년 조사되었던 감귤 재배지의 감귤선충의 검출률은 78.1%로 나타났다. 2022년 조사 결과에서는 40%로 감염률이 줄어들었다(Park 등, 2009). 이는 노지 감귤, 온주 밀감의 재배 감소와 만감류 시설재배가 증가한 것도 밀도감소의 원인으로 판단된다.

본 연구 결과에서 관엽식물, 차나무 및 감귤 재배지에서 뿌리썩이선충이 가장 우려되는 식물기생선충이었으나, 뿌리혹선충, 씨스트선충이 지역적으로 일부 검출되어 피해가 우려되고 있다. 따라서 이러한 식물기생선충의 피해를 예방하기 위해서는 관엽식물의 분갈이 및 화분 이식 시 소독된 토양을 사용하고 온탕침법 등 식물기생선충의 방제 방법을 재배에 적용하여야 할 것이다. 또한, 차나무 및 감귤재배지에서는 식물기생선충 방제를 위하여 적용할 수 있는 등록된 농약이 없는 실정이므로 유기농업자재를 적절히 활용하고 잡초 제거 등 재배지 내 식물기생선충의 주요 기주를 제거하여야 할 것이다.

요 약

정서적 안정과 휴식에 효과적이며, 공기 정화 등 기능성을 가진 관엽식물에 대한 수요가 증가하고 있으나, 관엽식물에 피해를 유발할 수 있는 식물기생선충에 대한 연구는 전무한 실정이다. 본 연구는 국내 판매되고 있는 관엽식물에서 발생하는 식물기생선충의 검출 여부와 밀도를 파악하고자 관엽식물과 작물재배지에 대해 2022년 7월부터 12월까지 모니터링을 수행하였다. 415개의 관엽식물과 국내 24개 차나무 및 22개 감귤재배지의 식물기생선충을 조사하였다. 관엽식물 내 식물기생선충 조사 결과, 뿌리썩이선충이 가장 많이 검출되었으며, 잎선충, 뿌리혹선충, 침선충이 확인되었다. 차나무재배지에서는 나선선충, 씨스트선충, 뿌리혹선충, 뿌리썩이선충이 검출되었고, 감귤재배지에서는 감귤선충, 주름선충, 뿌리썩이선충, 뿌리혹선충 등이 검출되었다. 관엽식물, 차나무 및 감귤 재배지에서 뿌리썩이선충이 가장 우려되는 식물기생선충이었으나, 뿌리혹선충, 씨스트선충이 일부 검출되어 피해가 우려되므로 온탕침법, 유기농업자재의 사용, 잡초제거 등 식물기생선충의 방제 방법을 재배에 적용하여야 할 것이다.

Conflicts of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgments

This work was supported by a 2-Year Research Grant of Pusan National University.

References

- Fanning, J. P., Reeves, K. L., Forknall, C. R., McKay, A. C. and Hollaway, G. J. 2020. *Pratylenchus thornei*: the relationship between pre-sowing nematode density and yield loss in wheat and barley. *Phytopathology* 110: 674-683.
- Hajieghrari, B., Mohammadi, M., Kheiri, A. and Maafi, Z. T. 2005. A study about geographical distribution of root lesion nematode (*Pratylenchus loosi* Loof, 1960) in tea gardens at Guilan Province, Iran. *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci.* 70: 889-892.
- Jones, J. T., Haegeman, A., Danchin, E. G. J., Gaur, H. S., Helder, J., Jones, M. G. K. et al. 2013. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Mol. Plant Pathol.* 14: 946-961.
- Kang, H., Je, H. and Choi, I. 2023. Occurrence and distribution of root-knot nematodes in kiwifruit orchard. *Res. Plant Dis.* 29: 45-51.
- Kim, Y. S. and Seo, J. H. 2021. Analysis of pattern foliage plant preference change and color harmony: focused on the recently distributed pattern foliage plant. *J. Korea Soc. Color Stud.* 35: 88-97.
- Ko, H.-R., Kang, H., Kim, E.-H., Park, E.-H. and Park, S.-G. 2021. Incidence of plant-parasitic nematodes in perilla in Korea. *Korean J. Environ. Biol.* 39: 147-155. (In Korean)
- Kwon, G., Kang, H., Seo, J., Yun, E., Park, N. and Choi, I. 2019. First report of corky roots of lettuce (*Lactuca sativa*) associated with *Paratylenchus projectus*. *Res. Plant Dis.* 25: 237-242. (In Korean)
- Mwamula, A. O., Ko, H.-R., Kim, Y., Kim, Y. H., Lee, J.-K. and Lee, D. W. 2018. Morphological and molecular characterization of *Heterodera schachtii* and the newly recorded cyst nematode, *H. trifolii* associated with Chinese cabbage in Korea. *Plant Pathol. J.* 34: 297-307.
- Oostenbrink, M. 1960. Estimating nematode populations by some selected methods. In: Nematology, eds. by J. N. Sasser and W. R. Jenkins, pp. 85-102. The University of North Carolina Press, Chapel Hill, NC, USA.
- Opperman, C. H. and Bird, D. M. 1998. The soybean cyst nematode, *Heterodera glycines*: a genetic model system for the study of plant-parasitic nematodes. *Curr. Opin. Plant Biol.* 1: 342-346.
- Orisajo, S. B. 2012. Distribution of plant-parasitic nematodes associated with tea in Nigeria. *World J. Agric. Sci.* 8: 459-463.
- Park, S., Je, H., Park, N., Kang, H. and Choi, I. 2022. Plant-parasitic nematodes on the ridge of rice-field. *Korean J. Plant Resour.* 35: 23-28. (In Korean)
- Park, S. N., Youn, Y. N., Lee, J.-K. and Park, B.-Y. 2009. Survey of plant parasitic nematode in citrus fruit orchards in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 48: 535-539.
- Teklu, M. G., Meressa, B. H., Radtke, E., Been, T. H. and Hallmann, J. 2016. Damage thresholds and population dynamics of *Pratylenchus penetrans* on carrot (*Daucus carota* L. cv. Nerac) at three different seed densities. *Eur. J. Plant Pathol.* 146: 117-127.
- Vovlas, N., Vovlas, A., Leonetti, P., Liébanas, G., Castillo, P., Subbotin, S. A. et al. 2015. Parasitism effects on white clover by root-knot and cyst nematodes and molecular separation of *Heterodera daverti* from *H. trifolii*. *Eur. J. Plant Pathol.* 143: 833-845.
- Yi, C. K., Byun, B. H., Park, J. D., Yang, S. I. and Chang, K. H. 1989. First finding of the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner et Buhner) Nickle and its insect vector in Korea. *Res. Rep. For. Res. Inst.* 38: 141-149. (In Korean)
- Zoubi, B., Mokrini, F., Dababat, A. A., Amer, M., Ghoulam, C., Lahlali, R. et al. 2022. Occurrence and geographic distribution of plant-parasitic nematodes associated with citrus in Morocco and their interaction with soil patterns. *Life* 12: 637.