

해바라기침선충(*Paratylenchus projectus*)에 의한 상추 피해 발생 보고First Report of Corky Roots of Lettuce (*Lactuca sativa*) Associated with *Paratylenchus projectus****Corresponding author**

Tel: +82-55-350-5692
 Fax: +82-55-350-5509
 E-mail: ichoi@pusan.ac.kr

권기윤¹ · 강헌일¹ · 서종민¹ · 윤을수² · 박남숙² · 최인수^{1,2*}

¹부산대학교 생명자원과학대학 식물생명과학과

²부산대학교 생명자원과학대학 선충연구센터

Giyoon Kwon¹, Heonil Kang¹, Jongmin Seo¹, Eulsoo Yun², Namsook Park², 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

Severe damage on a greenhouse grown lettuce (*Lactuca sativa* L.) associated with *Paratylenchus projectus* is described for the first time. There were no marketable lettuce in entire greenhouse after three months of planting. Lettuce roots system appeared corky and most of feeder rootlets disappeared. Population densities of *P. projectus* were ranged from 320–11,600 nematodes per 100 cm³ of soil. In an inoculation test in a greenhouse, *P. projectus* is proved as a causal agent of lettuce damage.

Keywords: Corky root, Damage, *Lactuca sativa*, Lettuce, *Paratylenchus projectus*

Received August 23, 2019
 Revised September 18, 2019
 Accepted September 21, 2019

침선충(*Paratylenchus spp.*)은 주름선충 상과(Criconematoidea)에 속하는 선충으로 몸의 길이에 비하여 긴 침을 가지고 있다(Fig. 1). 침선충은 외부기생성선충으로 전 세계적인 분포를 보이며 기주범위가 넓고 뿌리 표피에 손상을 입히는데 (Braun과 Lownsbery, 1975), 미국 미주리주에서 대두 농장에서 피해가 보고되었고(Niblack, 1992), 캐나다에서는 알팔파의 생육부진, 도장, 황화현상을 일으키는 것으로 보고된(Hawn과 Kozub, 1978) 과수류 뿌리에서도 흔히 발생하는 기생성선충이다(Braun과 Lownsbery, 1975). 국내에는 5종이 기록되었으며, *P. projectus*는 1975년 수원의 해바라기에서 처음 발견되어 해

바라기침선충으로 명명되었다(Choi, 2001; Pinochet와 Raski, 1977).

상추(*Lactuca sativa*)는 국내 쌈 채소 중에서 연중 가장 많이 소비되는 채소로 3,500 ha에서 약 90,000톤이 생산된다(Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2017). 상추는 성장속도가 빨라 7-10일 간격으로 연속적으로 수확을 할 수 있으므로 재배지에서는 여름철을 제외하고 연속하여 재배되는 특징이 있다. 상추는 일반적으로 지상부 병해충에 대한 피해가 적다고 알려져 있으며 뿌리를 가해하는 선충은 뿌리혹선충, 침선충(*Paratylenchus projectus*) 등 20종이 알려져 있다(Goodey 등, 1965).

경상남도 밀양시 하남읍 상추 유기재배 농가에서는 수년간 원인을 알 수 없는 피해가 발생되고 있었다고 하며, 2019년 1월 피해농가에서 부산대학교 선충연구센터로 검사를 의뢰하였다. 조사 결과 토양으로부터 많은 수의 *Paratylenchus*

Research in Plant Disease

pISSN 1598-2262, eISSN 2233-9191
www.online-rpd.org

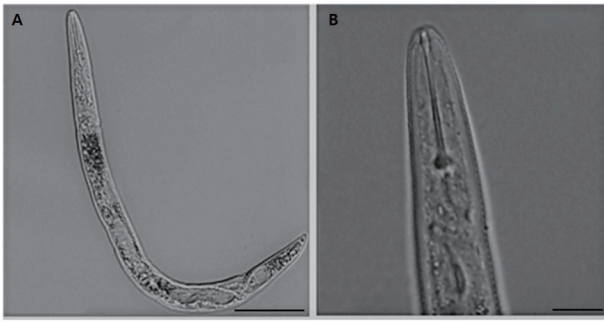


Fig. 1. *Paratylenchus projectus* female (A) and head view (B). Scale bars: A=50 μ m, B=10 μ m.

*projectus*가 발견이 되어 포장에 대한 정밀조사를 실시하게 되었다. 이는 국내 상추 재배지에 있어 *P. projectus*에 의한 첫 피해 보고 논문이다.

토양 시료 채집. 경남 밀양시 하남읍 상추 시설재배지는 유기농 인증농가로 5년간 연작하여 상추를 재배하는 포장이었다. 시설재배지내 상추는 권농종묘의 토말린 품종으로 100×5 m 시설하우스에 가운데 140 cm 두둑 2개, 양 옆으로 80 cm 두둑 2개였으며 상추는 2018년 10월 40×20 cm로 정식되었다. 시설재배지를 15×1 m의 구획으로 나누고 총 28개의 시료를 채집하였다. 토양 시료 채취는 각 구획별 30지점으로부터 토양을 채집하고 서로 섞어 약 1,000 cm³의 토양을 채집하였다. 채집된 토양은 굵은 돌 및 식물 뿌리 등 불순물을 제거한 다음 3번 이상 섞어 선충의 밀도를 균일하게 한 후 300 cm³을 취하여 Kang 등 (2016)의 방법에 준해 Baermann 깔때기법으로 선충을 분리하여 해부현미경으로 선충의 종 및 밀도를 조사하였다.

농가의 시설재배지에서 상추 생육정도에 따라 상, 중, 하, 고사 등 4등급으로 나누고 각 등급별로 5포기의 식물체와 근권 토양 약 1,000 cm³를 채집하였다. 채집된 토양은 위와 같은 방법으로 선충을 분리하였고, 식물체는 생체중, 엽수, 지상부 무게, 뿌리 무게, 줄기 두께를 측정하였다.

밀양지역 외 상추를 집단적으로 재배하는 김해지역에도 생육이 저조하고 뿌리발달의 미흡 등 비슷한 피해가 발생된다는 농민의 증언에 따라, 2019년 1월 김해시 화목, 풍유, 이동 등 3개 상추 재배지역 15개 농가하우스에서 토양을 위와 같은 방법으로 채집하여 Baermann 깔때기법으로 선충을 분리하고 선충의 종과 밀도를 조사하였다.

침선충의 형태적 종 동정. 분리된 선충은 표본을 제작하고 광학현미경으로 관찰하였으며 Olympus사의 cellSence 프로그램(Olympus, Tokyo, Japan)을 사용하여 사진을 촬영하고 종을

동정하였다(Pinochet와 Raski, 1977).

침선충이 상추 생육에 미치는 영향. 이 시설재배지의 상추 피해가 *P. projectus*에 의한 것임을 확인하고자 하였다. 피해가 발생된 밀양 시설하우스에서 *P. projectus*가 감염된 토양을 채집하고(2,000 *P. projectus*/100 cm³ soil) 이 토양에 상추를 심어 생육을 관찰하였다. 대조구는 같은 토양을 121°C에서 30분간 고압 살균 후 상추를 심었다. 상추는 피해농가와 같은 토말린 품종(권농종묘)을 4×10 트레이에 3주간 육묘 후 직경 11 cm 토분에 1포기씩 정식하였다. 모든 pot에는 500 g의 토양을 담았고 5반복을 완전임의 배치하였다. 실험은 부산대학교 밀양캠퍼스 내 첨단온실에서 진행되었으며 시험기간중 첨단온실 내부 온도는 20–30°C로 유지되었다. 2개월 재배 후 식물체는 생체중, 엽수, 지상부 무게, 뿌리무게, 줄기 두께를 측정하였다.

밀양 시설재배지의 상추는 전체적으로 생육이 불량하였으며 상품성이 있는 상추가 거의 없었다(Figs. 2, 3). 또한 뿌리에는 잔뿌리가 거의 없었고 굵은 뿌리는 푸석하게 부풀어 코르크화 현상이 나타났다(Figs. 4, 5). 이 포장에서는 다른 식물기생성선충은 전혀 발견되지 않았고 *P. projectus*의 밀도가 토양 100 cm³당 평균 3,296마리(320–11,600)로 매우 높아 *P. projectus*가 상추 생육불량의 주원인으로 생각되었다(Fig. 6). 온실 접종시험



Fig. 2. Poor growth of 3-month-old lettuce (*Lactuca sativa* cv. Tomalin) in greenhouse affected by *Paratylenchus projectus*.



Fig. 3. Growth of 3-month-old lettuce (*Lactuca sativa* cv. Tomalin) from greenhouse affected by *Paratylenchus projectus* showing reduced root system. Scale bar=10 cm.



Fig. 4. Lettuce root affected by *Paratylenchus projectus*. Scale bar=1 cm.



Fig. 5. Lettuce root unaffected by *Paratylenchus projectus*. Scale bar=5 cm.

에서 *P. projectus*가 감염된 시설재배지 토양에 상추를 심었을 때 고압 살균 처리한 대조구에 비하여 상추의 생육이 30% 이상 감소되어 *P. projectus*가 상추 생육불량의 주원인임을 확인할 수 있었다(Table 1).

이 포장에서 상추를 피해정도에 따라 상, 중, 하, 고사 등 4등급으로 나누고, 상추의 생육과 선충의 밀도를 조사한 결과 상추 생육과 선충 밀도와는 부의 상관관계를 보였으나 선충의 밀도와 상추 생육 사이에 통계적 유의성은 없었다(Fig. 7). 이러한 결과는 이 포장에서 5년간 연작하는 동안 잦은 경운으로 인하

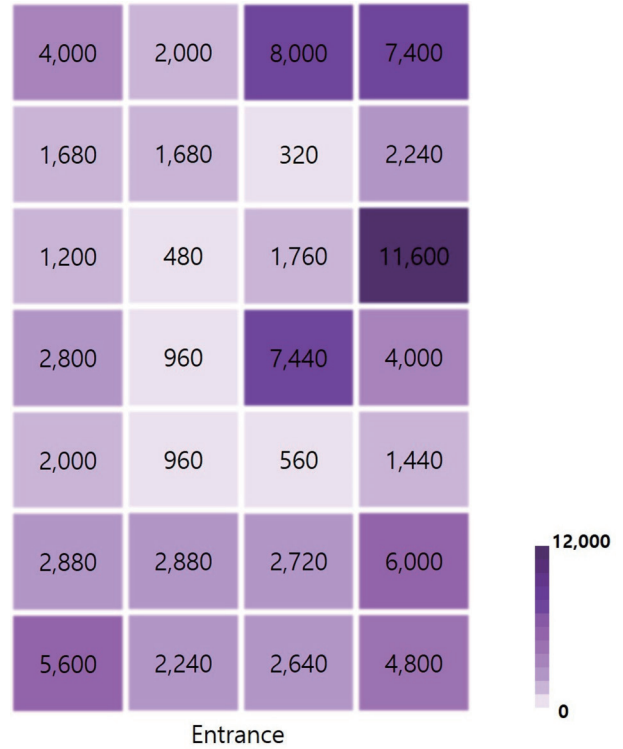


Fig. 6. Number of *Paratylenchus projectus* per 100 cm³ soil in a greenhouse grown lettuce (*Lactuca sativa* cv. Tomalin) for 3 months during winter season (October-January), Miryang, Korea. Each section (L×W) is 15×1 m.

여 *P. projectus*가 포장 전체에 분포되었으며 상추가 초기부터 전체적으로 선충의 피해를 받았기 때문으로 추정된다. 고사한 상추 주변 토양에서는 오히려 낮은 밀도의 *P. projectus*가 발견되었는데 이는 상추가 이미 충분히 선충의 피해를 받아 뿌리가 없어져서 선충이 더 이상 증식하지 못한 것으로 생각된다.

*P. projectus*는 다양한 식물에 기생하여 여러 피해를 입히는데 과수류와 알파파에서의 도장, 황화, 생육부진, 뿌리활력 부진 등의 피해(Braun과 Lowensbery, 1975; Hawn과 Kozub, 1978), 샐러리에서의 생육저하와 위황병, 뿌리 발달 저해(Lowensbery 등, 1952)

Table 1. Effect of *Paratylenchus projectus* on lettuce (*Lactuca sativa* cv. Tomalin) in pot test in a greenhouse for 2 months

Inoculum level ^a (per 100 cm ³ soil)	Leaf				Root		Plant length (cm)	Stem width (mm)	pf/pi
	No.	Length (cm)	Width (cm)	Weight (g)	Length (cm)	Weight (g)			
0	32.2	20.0	7.8	40.1	7.9	25.5	27.9	11.9	0.0
2,000	25.3	14.6	5.9	18.7	2.5	6.3	17.0	8.6	0.9
Reduction (%)	21.4	27.3	24.5	38.9	53.3	75.1	68.5	28.2	

^a*Paratylenchus projectus* from infected greenhouse were used as inoculum. Same greenhouse soil were autoclaved and used as non-inoculated control.

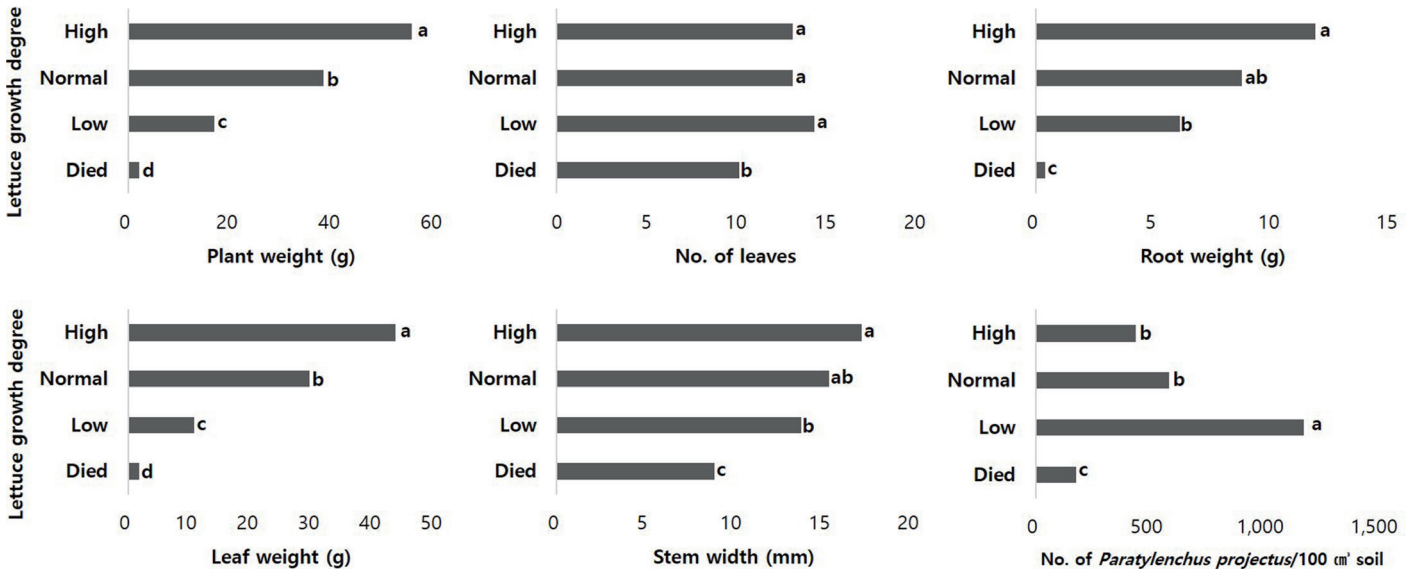


Fig. 7. Relationship between different growth degree of lettuce and population densities of *Paratylenchus projectus* at *P. projectus* infested greenhouse in Miryang. $P < 0.01$ by Duncan's multiple range test in SAS ($n=5$).

등이 보고된 바 있으나 상추 뿌리의 코르크화에 관해서는 아직 보고된 바가 없다. 따라서 이 증상을 해바라기침선충(*P. projectus*)에 의한 "상추 뿌리 코르크병"으로 명명하고자 한다.

농민들이 가장 잘 알고 있는 선충피해는 뿌리혹선충이다. 뿌리혹선충은 뿌리에 혹을 만듦으로서 농민들이 피해 증상을 쉽게 구분할 수 있다. 그러나 식물기생성선충 중에서 *Paratylenchus* spp. 같은 외부 기생성선충은 크기가 약 0.3 mm 정도로 작고 뿌리에 나타나는 피해 증상이 잘 알려지지 않았기 때문에 현미경을 통하지 않고는 선충으로 인한 피해임을 진단하는 것이 거의 불가능하다. 또한 선충을 분리하더라도 선충 전문가가 아니면 자유생활선충 등 수십 종이 섞인 상태에서 *Paratylenchus* 종의 구분이 쉽지 않다. 따라서 이 포장에서도 오랫동안 상추 생육불량의 원인을 알 수 없어서 여러 기관에 문의를 하였으며 마침내 가까이 있는 부산대학교 선충연구센터로 시료를 가져온 것으로 생각된다.

김해지역 상추 시설재배지 조사. 상추 주요 재배지인 김해 지역에서도 수년전부터 원인을 알 수 없는 유사한 증상이 있었다는 농민의 제보에 따라 김해지역 15개 농가하우스 토양을 채집하여 조사한 결과, 6개 포장(40%)에서 *P. projectus*가 발견되었으며 밀도는 토양 100 cm³당 2,056마리(16~8,000 마리)로 나타났다. 이 지역도 상추 생육이 좋지 않으며 뿌리가 거의 없는 증상이 나타나고 *P. projectus*가 높은 밀도로 검출되며 다른 식물기생성선충은 없는 것으로 미루어 볼 때, 김해지역 상추도 침선충에 피해를 받는 것으로 생각된다(Table 2). 뿌리혹선충은

김해지역에서 단지 1개 농가에서 낮은 밀도(8마리/100 cm³)로 발견되어 상추재배지에서는 뿌리혹선충보다 *P. projectus*가 주요 식물기생성선충이었다.

상추는 저온성 채소로 여름을 제외한 봄, 가을, 겨울에 주로 재배된다. 겨울철 시설재배지내에서 상추의 적정 재배온도는 15~20°C이며 10°C 이하로 내려가지 않게 관리해야 한다. 반면 *P. projectus*는 발육적온이 25~28°C에서 30~31일이며 18~20°C에서는 한 세대를 완성하는 데 5~8일이 더 걸린다고 하였다(Rhoades와 Lindford, 1961).

시설재배 상추는 20°C 이상에서 추대가 발생하고 25°C 이상에서 시설 내 대부분의 상추에서 화아분화가 일어난다. 즉, 겨울철 상추 시설재배지 내부 온도는 연료비 등을 고려하더라도 약 20°C 이하로 유지될 것이며 이 온도는 *P. projectus* 발육에 최적의 환경은 아니다. 그럼에도 불구하고 *P. projectus*에 의하여 상추에 큰 피해가 발생되었다. 따라서 이러한 피해가 겨울철에 특징적으로 발생하는 것인지, 기온이 높은 봄이나 가을 재배는 선충의 밀도 증가와 이에 따른 더 큰 피해가 발생하는지에 대한 추가적인 검토와 조사가 필요하다.

요 약

상추 시설재배지에서 해바라기침선충(*Paratylenchus projectus*)에 의한 피해가 발생하였다. 피해발생 시설에서 약 3개월 정도 상추를 재배하고 있었는데 상품성이 있는 상추는 전혀 생산되지 않았다. 피해 상추는 잔뿌리가 거의 없었고 굵은 뿌리

Table 2. Nematodes in soil from lettuce (*Lactuca sativa* cv. Tomalin) growing greenhouse in Gimhae city in January 2019

Area		Plant-parasitic nematodes (No./100 cm ³ soil)		Non-parasitic nematodes (No./100 cm ³ soil)			
		<i>Paratylenchus projectus</i>	<i>Meloidogyne J2</i>	<i>Rhabditidae</i>	<i>Cephalobida</i>	<i>Doryamid</i>	<i>Mononchida</i>
Hwanog	1	1,040	0	480	0	0	0
	2	0	0	400	80	80	40
	3	0	0	0	256	0	0
	4	480	0	1,760	0	0	0
Pungyu	1	16	0	360	0	0	0
	2	2,400	0	720	0	0	0
Lee	1	0	0	320	0	0	0
	2	0	0	640	0	0	0
	3	0	0	200	0	0	0
	4	0	0	8	40	0	0
	5	0	0	0	32	0	
	6	0	0	160	0	0	0
	7	0	0	1,040	0	0	0
	8	400	0	8,000	0	0	0
	9	8,000	8	8,000	0	0	0
Mean (range)		2,056 (0–8,000)	8 (8)	1,578 (0–8,000)	102 (32–256)	80 (80)	40 (40)
Detection rate (%)		40.0	6.7	86.6	26.6	6.7	6.7

는 푸석하게 부풀어 코르크화 현상이 발생하였다. 본 시설하우스에서 발견된 침선충 밀도는 토양 100 cm³ 당 평균 3,296마리 (320–11,600)로 매우 높았고 본 시설하우스의 흙을 사용하여 상추를 정식하여 실험한 결과, *P. projectus* 집종구에서 30% 정도 상추 생육의 저하가 발생하였다. 따라서 이 증상을 해바라기 침선충(*P. projectus*)에 의한 “상추 뿌리 코르크병”으로 명명하고자한다.

Conflicts of Interest

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

Acknowledgments

This study was carried out with the support of “Cooperative Research Program for Agriculture Science and Technology Department (Project No. PJ0134282019)» Rural Develop-

ment Administration, Republic of Korea.

References

- Braun, A. L. and Lowensbery, B. F. 1975. The pin nematode, *Paratylenchus neoamblycephalus*, on Myrobalan plum and other hosts. *J. Nematol.* 7: 336-343.
- Choi, Y. E. 2001. Nematoda (Tylenchida, Aphelenchida). Economic Insects of Korea. Vol. 20, Insecta Koreana Suppl. 27. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea. 391 pp. (In Korean)
- Goodey, J. B., Franklin, M. T. and Hooper, D. J. 1965. T. Goodey's' the Nematode Parasites of Plants Catalogued under Their Hosts. 3rd ed. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, UK. 214 pp.
- Hawn, E. J. and Kozub, G. C. 1978. Influence of *Paratylenchus projectus* on alfalfa sickness in Alberta. *Can. Plant Dis. Surv.* 58: 1-4.
- Kang, H., Eun, G., Ha, J., Lee, J., Kim, D., Kim, Y. et al. 2016. Screening of tissue papers for nematode extraction for the baermann funnel method. *Korean J. Appl. Entomol.* 55: 377-381. (In Korean)
- Lowensbery, B. F., Stoddars, E. M. and Lowensbery, J. W. 1952. *Para-*

- tylenchus hamatus* pathogenic on celery. *Phytopathology* 42: 651-653.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2017. Agriculture, Food and Rural Affairs Statistics Yearbook. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong, Korea. 161 pp. (In Korean)
- Niblack, T. L. 1992. *Pratylenchus, paratylenchus, helicotylenchus*, and other nematodes on soybean in Missouri. *J. Nematol.* 24: 738-744.
- Pinochet, J. and Raski, D. J. 1977. New records of nematodes from Korea, including *Paratylenchus pandus* n.sp. (Paratylenchidae nematoda). *J. Nematol.* 9: 243-247.
- Rhoades, H. L. and Lindford, M. B. 1961. Biological studies on some members of the genus *Paratylenchus*. *Proc. Helminthol. Soc. Wash.* 28: 51-59.