

국화의 뿌리혹선충 피해 발생 및 생육에 미치는 영향

김동근* · 김현석¹ · 김승한 · 이종환 · 윤재탁
경북농업기술원 환경농업연구과, ¹경북농업기술원 구미화훼시험장

Occurrence of Root-knot Nematode on *Dendranthema x grandiflorum* and Influences on Plant Growth

Dong-Geun Kim*, Hyun-Seok Kim¹, Seung-Han Kim, Jung-Hwan Lee and Jae-Tag Yoon

Department of Agricultural Environment, Gyeongbuk Agric. Tech. Admin., Daegu, Korea

¹Gumi Floricultural Experiment Station, Gyeongbuk Agric. Tech. Admin., Daegu, Korea

(Received on December 16, 2003)

Over 98% of *Dendranthema x grandiflorum* plants growing under a glasshouse in Gumi, Korea were infested with *Meloidogyne hapla*. *Dendranthema x grandiflorum* cv. 'Ardilo' had fewer eggmass (3.3/g root), followed by cv. 'Euro' (6.5), and cv. 'Monarisa' had the most eggmasses(17). The coefficient correlation between plant growth and nematode reproduction(number of eggmass per plant) indicated that nematode reduced chlorophyll content in leaf ($r = -0.418, p = 0.059$; $r = -0.463, p = 0.040$). Number of flowers, number of leaves and stem height to flower were positively correlated with flower weight($p < 0.05$).

Keywords : *Dendranthema x grandiflorum*, *Meloidogyne hapla*, Root-knot nematodes, SPAD

국화(*Dendranthema x grandiflorum* Kitam. 영명: florist's daisy)는 초롱꽃목 국화과의 여러해살이풀로 하나의 과로는 최대인 2,000여 종이 넘는 품종들이 있다고 알려져 있고 지금도 계속 새로운 품종들이 만들어지고 있는 중요 화훼이다. 2003년 구미시 옥성면의 시설재배 국화에서 정식 6주 후부터 생육이 부진하고 잎의 색깔이 옅어지며, 꽃대가 가늘어지는 피해증상이 나타났는데, 이러한 국화 뿌리에서 뿌리혹선충이 발견되었다(Fig. 1).

국화에 기생하는 선충으로는 잎선충류인 *Aphelenchoides besseyi*, *A. ritzemabosi*, *A. fragariae*, 뿌리혹선충류인 *Meloidogyne arenaria*, *M. hapla*, *M. incognita*, *M. javanica*, 뿌리썩이선충류인 *Pratylenchus penetrans*, *Pra. pratensis*, *Pra. scribneri* 등이 주로 피해를 주며 그 외 *Longidorus maximus*, *Ditylenchus dipsaci*, *Paratylenchus macrophallus*, *Rotylenchus goodeyi*, *Trichodorus christiei*, *Helicotylenchus* sp. 등이 알려져 있다(Goodey 등, 1965).

국내에는 잎선충인 *Aphelenchoides ritzemabosi*, 뿌리썩이선충인 *Pratylenchus penetrans*, *Pra. coffeae*, *Paratylenchus* sp., *Rotylenchus robustus*의 피해가 알려져 있으나 뿌리혹선충에 대해서는 아직 보고되지 않았다(김, 1989; 김 등, 1994; 한 등, 1990). 따라서 이 논문에서는 국화에서 발견된 뿌리혹선충의 종을 동정하고 시설재배 중인 국화 품종에 대한 뿌리혹선충 발생정도와 피해정도를 조사하여 보고한다.

재료 및 방법

재배법. 경북 구미에서 뿌리혹선충의 피해가 관찰된 포장은 17,000평의 자동화 유리온실이었으며 3개월을 한 작기로 한번에 약 250만본의 절화를 생산하여 대부분을 일본으로 수출하고 있는 국화 집단재배지로 토성은 사양토였다(Table 1). 주 재배품종은 'Ardilo', 'Euro', 'Monarisa' 등 3품종으로 삼목으로 플러그 상토에서 육묘하여 1월 8일에 정식하고 1월 30일 단일처리하였다. 정식후 토양과 식물체의 양분을 분석후 양액을 공급하는 관비재배방식으로 시비하였으며 재배중 2월 7일과 2월 15일 2차례

*Corresponding author
Phone)+82-53-320-0233, Fax)+82-53-321-7730
E-mail)kimdgkr@naver.com

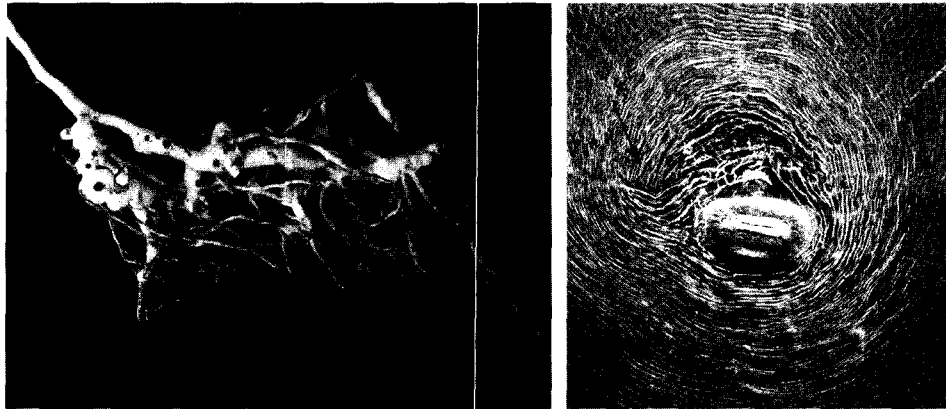


Fig. 1. A. Root gall and eggmasses of *Meloidogyne hapla* on *Dendranthema x grandiflorum* root. B. Typical winged perineal pattern (arrow) of *M. hapla* (SEM picture).

Table 1. Chemical soil characteristics in glasshouse soil at Gumi, Korea

pH (1:5)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cation (cmol ⁺ /kg)			EC ^a (dS/m)	NH ₄ -N (ppm)	NO-N (ppm)
			K	Ca	Mg			
6.2	17.6	320	0.69	4.86	1.43	0.77	12.74	34.7

^aElectrical conductivity of the saturation extract of the soil. A measure of salt content.

B-9(200-250 g/100 l)을 처리하였고(‘Ardilo’는 2월 7일 1회 처리), 3월 2일 수확하였다.

식물체 조사. 재배 후 절화시기에 ‘Ardilo’, ‘Euro’, ‘Monarisa’ 등 3품종을 각 품종별로 무작위로 20포기를 뽑아서 식물체 생육을 조사하였다. 조사는 초장, 화경장, 줄기 굵기, 엽수, 착화수, 첫 번째 화수장, 절화중, 엽록소 (SPAD), 뿌리무게, 난당수 등이었으며 엽록소 함량은 잎을 대상으로 chlorophyll 메터(미놀타 SPAD-502)를 이용하여 측정하였다.

뿌리혹선충 난방 조사. 채집된 국화 뿌리를 물로 조심스럽게 씻고 플러그 외부의 뿌리를 전정가위로 끊어 무게를 측정 후, 뿌리를 Phloxin B 용액(15 mg/l)에 15분간 염색하여 흰색용기에 담고 뿌리에 생긴 붉게 염색된 난방의 수를 조사하였다(Taylor와 Sasser, 1978).

Perineal pattern 전자현미경 관찰. 뿌리혹선충 암컷을 채집하여 45% lactic acid에 넣어 플라스틱 판 위에서 수술용 칼로 암컷 뒷부분을 잘라 perineal pattern을 만들었다(Taylor와 Sasser, 1978). Perineal pattern은 알코올 탈수, 건조, sputter coating 과정을 거쳐, 주사전자현미경(Leo 1450VP, Carl Zeiss) 15 kV에서 생식기 주위 주름 형태를 관찰하여 종을 동정하였다(Eisenback, 1986).

통계분석. 통계처리는 SAS GLM procedure를 이용하여 품종별 각 변수의 평균에 대하여 상관관계를 분석하였다(SAS, 1990).

결과 및 고찰

국화의 뿌리혹선충에 대한 피해보고는 국내에서 처음이며 광학 및 전자현미경 관찰 결과 구미 육성면 국화에서 발견된 뿌리혹선충의 perineal pattern에는 명확한 wing이 생겨있으므로(Fig. 1) 이 선충은 *Meloidogyne hapla* Chitwood, 1949(당근뿌리혹선충, Northern Root-knot nematode)로 동정되었다.

뿌리혹선충(*Meloidogyne* spp.)은 1850년대 영국의 온실에서 재배중인 오이 뿌리혹에서 처음 발견되었는데, 처음에는 *Heterodera radicola*(Greef, 1872) Müller, 1884, *H. marioni*(Cornu, 1879) Goodey, 1932 등으로 불려지다가 1949년 Chitwood(1949)에 의하여 *Meloidogyne* 속으로 정립되었고, 세계적으로는 78종이 분포하고 있으며(Jepson, 1987), 국내에는 모두 7종의 뿌리혹선충이 알려져 있다(최, 1996; 추, 1985; Hirschmann, 1986; Kang 등, 2002).

당근뿌리혹선충(*M. hapla*)은 저온적응성이 높은 뿌리혹선충으로 미국에서는 7월의 평균기온이 18-26.5°C 사이에서 발생되며 따라서 온실보다는 노지 작물에서 주로 발생하는 선충이다. 이번 조사에서 *M. hapla*가 노지가 아닌 시설재배지에서 발견된 것은 시설내이지만 국화 재배가 주로 18-22°C의 비교적 낮은 온도에서 이루어지기 때문으로 생각된다.

*M. hapla*의 기주 식물은 350여종으로 인삼, 토마토, 우

Table 2. Infection rates and eggmass of *Meloidogyne hapla* on three *Dendranthema x grandiflorum* cultivars in glasshouse at Gumi, Korea

Cultivars	Infection rates (%)	No. of eggmasses ^a	
		Per plant (range)	Per gram of root
<i>Dendranthema x grandiflorum</i>			
cv. 'Ardilo'	95	5.3 (0-15)	3.3
cv. 'Euro'	100	15.7 (4-36)	6.5
cv. 'Monarisa'	100	47.5 (13-81)	17.0

^aTwenty randomly selected plants in a glasshouse were examined for each cultivar.

영, 고추, 작약, 명아주, 장미, 베고니아 등 매우 다양한데, LaMondia(2000)는 영년생 초본 화훼류 중에서 *M. hapla*의 기주인 99종의 식물을 기재하였다. 그 중 국화류인 *Chrysanthemum coccineum* cv. Giant hybrids, *Chrysanthemum x superbum* cv. Polaris Shasta와 Exhibition Shasta, *Chrysanthemum parthenium* 등을 시험하고 그 중 *Chrysanthemum x superbum* cv. Polaris Shasta는 다른 품종에 비하여 비교적 혹 발생이 적은 것으로 기록하였다(LaMondia, 2000). 이번 조사에서 3가지 국화 품종 중에서 뿌리 무게는 'Ardilo' 품종이 가장 적었고 'Euro' 품종과 'Monarisa' 품종은 비슷하였으며(Table 2), 뿌리에 생긴 난낭의 수는 뿌리 1g 당 'Ardilo' 3.3개, 'Euro' 6.5개, 'Monarisa' 17개로 'Monarisa' 품종에서 난낭 발생이 가장 많았고 'Ardilo' 품종에서 난낭발생이 가장 적었다(Table 2, Fig. 2).

시설 내에서 3개월 동안 재배된 각 품종을 20포기씩 무작위로 채집하여 뿌리혹선충 감염여부를 조사했을 때 거의 모든(95-100%) 포기에서 뿌리혹선충이 발견되어(Table 2), 이 시설재배지 토양에는 뿌리혹선충이 전체적으로 퍼져있다는 것을 알 수 있었고 따라서 상당히 오래전에 포장에 감염되었을 것으로 생각된다. 뿌리혹선충의 난낭수와 식물체의 성장 사이에서는 뚜렷한 상관관계를 찾기가 어려웠는데, 이것은 시설하의 국화 재배가 플러그 상토에서 육묘후 1년 3기작으로 3개월 정도만 토양에서 재배되므로 포장 기간이 짧기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 국화를 직접 재배하는 전문경작자의 경험에 의하면 국화가 일정하게 자라다가 선충의 피해를 받은 식물체는 정식 6주 후부터 갑자기 키가 안 크는 증상이 나타나면서 잎 색깔이 얼어지고, 줄기가 가늘어진다고 한다. 이번 조사에서도 'Ardilo'와 'Euro' 품종에서 난낭수와 엽록소 함량(SPAD) 사이에는 약간의 유의성이 인정되었다($r = -0.418$, $p = 0.059$; $r = -0.463$, $p = 0.040$). 이것

은 뿌리혹선충에 기생 당하면 국화 잎의 색이 얼어지다는 재배자의 관찰 결과와 일치하고 있다. 그 외 난낭수와 꽃의 수, 키 및 잎의 수는 부의 상관관계를 보였으나 유의성은 없었다.

Marwoto와 Rohana(1986)의 연구에 의하면 국화는 식물 기생선충에 의하여 최고 27%의 꽃 수량 감수를 가져온다고 하였고, Wanjala(1997)는 뿌리혹선충과 뿌리썩이선충이 감염된 포장에 살선충제 ethoprophos, cadusafos, carbofuran(5.4 kg a.i./ha)를 처리함으로써 무처리에 비하여 약 67%의 꽃 수량 증수를 가져왔다고 하였으므로 뿌리혹선충에 감염된 토양에서 국화가 3개월 이상 장기 재배된다면 더 많은 피해가 나타날 가능성이 있을 것으로 생각된다.

식물 생육에서는 몇몇 특성간 상호 유의성이 인정되었는데, 키가 크고 화경장이 길수록 꽃 수, 잎 수가 많은 경향이었으며 아울러 꽃 무게도 무거웠다(Table 4~6). 또한 줄기 굵기도 꽃 수 및 꽃 무게와 정의 상관관계가 있었다(Table 4~6).

요 약

구미시 옥성면 국화 집단재배지에서 국화 생육불량 원인을 조사한 결과, 대부분의 국화(98%)가 뿌리혹선충(*Meloidogyne hapla*)에 감염되어 있었다. 주요 3품종 중 뿌리에 생긴 난낭의 수는 뿌리 1g 당 'Ardilo' 3.3개, 'Euro'

Table 3. Means of factors considered in correlation determined for three *Dendranthema x grandiflorum* cultivars in glasshouse at Gumi, Korea infested with *Meloidogyne hapla*

Variables ^a	Mean \pm sd ^b		
	'Monarisa'	'Ardilo'	'Euro'
Plant height(cm)	82.0 \pm 3.2	88.4 \pm 4.4	84.9 \pm 4.5
Root weight(g)	2.8 \pm 0.8	1.6 \pm 0.4	2.4 \pm 0.6
No. of leaves/plant	36.3 \pm 1.2	36.7 \pm 1.4	29.0 \pm 1.3
Lower stem diameter(mm)	4.7 \pm 0.3	4.5 \pm 0.4	4.7 \pm 0.3
Stem height to flower(cm)	72.6 \pm 3.0	75.5 \pm 5.0	71.3 \pm 2.6
No. of flowers	8.6 \pm 1.2	8.2 \pm 1.0	8.7 \pm 1.4
Flower weight(g)	56.4 \pm 6.3	47.6 \pm 4.7	63.5 \pm 10.0
SPAD	55.9 \pm 4.5	50.9 \pm 9.3	55.4 \pm 5.2
No. of eggmass/plant	47.5 \pm 20.2	5.3 \pm 3.3	15.7 \pm 7.3

^aTwenty randomly selected plants in a glasshouse were examined for each cultivar.

^bPlant ht. = Plant height(cm), Root wt. = Root weight(g), No. of leaves = number of leaves per plant, Stem diameter = Stem diameter at lower part(mm), Flower stem = Stem height to flower(cm), Flower wt. = Flower weight(g), SPAD = chlorophyll contents in leaf, Eggmass = No. of eggmass/plant.

Table 4. Matrix of simple correlation coefficients showing relationships among eggmasses of *Meloidogyne hapla* and several plant growth characters of *Dendranthema x grandiflorum* cv. 'Ardilo'

Variables ^a	Root wt.	Plant ht.	Flower stem	Stem diameter	No. of leaf	No. of flower	Flower wt.	SPAD
Eggmass	-0.200	0.245	0.262	0.257	0.126	-0.031	-0.069	-0.418
Root wt.	---	-0.442*	-0.536*	-0.020	0.222	0.384	0.118	0.241
Plant ht.	---	---	0.834**	0.050	0.390	0.113	0.259	-0.151
Flower stem	---	---	---	0.094	0.351	-0.173	0.063	-0.118
Stem diameter	---	---	---	---	0.232	-0.201	-0.073	-0.178
No. of leaf	---	---	---	---	---	0.321	0.348	-0.315
No. of flowers	---	---	---	---	---	---	0.074	0.001
Flower wt.	---	---	---	---	---	---	---	0.027

^aPlant ht. = Plant height(cm), Root wt. = Root weight(g), No. of leaves = number of leaves per plant, Stem diameter = Stem diameter at lower part(mm), Flower stem = Stem height to flower(cm), Flower wt. = Flower weight(g), SPAD = chlorophyll contents in leaf, Eggmass = No. of eggmass/plant.

Table 5. Matrix of simple correlation coefficients showing relationships among eggmasses of *Meloidogyne hapla* and several plant growth characters of *Dendranthema x grandiflorum* cv. 'Euro'

Variables ^a	Root wt.	Plant ht.	Flower stem	Stem diameter	No. of leaf	No. of flower	Flower wt.	SPAD
Eggmass	0.481*	-0.031	0.098	0.194	-0.144	0.207	0.182	-0.463*
Root wt.	---	0.141	0.303	-0.007	0.358	0.079	0.248	-0.353
Plant ht.	---	---	0.788**	0.332	0.295	0.419	0.607**	-0.107
Flower stem	---	---	---	0.432	0.533*	0.555*	0.765**	-0.150
Stem diameter	---	---	---	---	-0.059	0.467*	0.504*	-0.437
No. of leaf	---	---	---	---	---	0.018	0.305	-0.028
No. of flowers	---	---	---	---	---	---	0.865**	-0.217
Flower wt.	---	---	---	---	---	---	---	-0.214

^aSee table 4.

Table 6. Matrix of simple correlation coefficients showing relationships among eggmasses of *Meloidogyne hapla* and several plant growth characters of *Dendranthema x grandiflorum* cv. 'Monarisa'

Variables ^a	Root wt.	Plant ht.	Flower stem	Stem diameter	No. of leaf	No. of flower	Flower wt.	SPAD
Eggmass	0.390	0.008	0.075	0.130	0.151	0.207	0.113	0.023
Root wt.	---	-0.405	-0.406	-0.068	-0.246	-0.149	-0.102	0.299
Plant ht.	---	---	0.937**	0.019	0.304	0.078	0.510*	-0.269
Flower stem	---	---	---	0.160	0.263	0.241	0.503*	-0.173
Stem diameter	---	---	---	---	-0.030	0.469*	0.386	-0.063
No. of leaf	---	---	---	---	---	0.179	0.332	-0.207
No. of flowers	---	---	---	---	---	---	0.476*	0.072
Flower wt.	---	---	---	---	---	---	---	0.160

^aSee table 4.

6.5개, 'Monarisa' 17개로 'Monarisa' 품종에서 난상 발생이 많았고 'Ardilo' 품종에서 적었다. 국화의 초장, 화경장, 줄기 굵기, 엽수, 착화수, 첫 번째 화수장, 절화중, 엽록소(SPAD), 뿌리무게, 뿌리혹선충의 난상수 사이의 상관

관계를 조사한 결과 난상수와 엽록소 함량(SPAD) 사이의 부의 상관성이 인정되었다($r = -0.418$, $p = 0.059$; $r = -0.463$, $p = 0.040$). 식물 생육은 키가 크고 화경장이 길수록 꽃수, 잎수가 많고 꽃 무게도 무거웠다($p < 0.05$).

감사의 말씀

연구를 도와주신 경북 구미시 구미원예농단의 신상진 재배팀장에게 감사를 드립니다.

참고문헌

- Choi, Y. E. 1996. Nematodes in Korea. Ilil Co., Daegu, Korea. 383pp.
- Choo, H. Y. 1985. A note on root-knot nematodes from chinese gooseberry. *Korean J. Plant Prot.* 24: 115.
- Eisenback, J. D. 1986. A comparison of techniques useful for preparing nematodes for scanning electron microscopy. *J. Nematol.* 18: 479-487.
- Goodey, J. B., Franklin, M. T. and Hooper, D. J. 1965. T. Goodey's the nematode parasites of plant catalogued under their hosts. C AB, Farnham Royal, England. 214pp.
- 한상찬, 이해운, 최동로. 1990. 화훼류의 선충종류 및 피해조사. 농촌진흥청. 농업기술연구소. 시험연구보고서: 511-514.
- Hirschmann, H. 1986. *Meloidogyne hispanica* n. sp. (Nematoda: Meloidogynidae), the 'Seville Root-Knot Nematode'. *J. Nematol.* 18: 520-532.
- Jepson, S. B. 1987. Identification of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). CAB International, Wallingford, Oxon, United Kingdom. 265pp.
- Kang, S. J., Park, B. Y., Choi, D. R. and Han S. C. 2002. First report of *Meloidogyne marylandi* (Tylenchida: Heteroderidae) in Korea. *Korean J. Soil Zool.* 7: 45-49.
- 김지인, 박병용, 최동로, 김홍선, 皆川望. 1994. 뿌리썩이선충의 분포 및 피해조사. 농촌진흥청. 농업과학기술원. 시험연구보고서: 1000-1003.
- 김영진. 1989. 화훼작물에 기생하는 선충에 관한 연구. 경북대학교 대학원 박사학위 논문. pp. 93.
- LaMondia, J. A. Host status of herbaceous perennial ornamentals to the northern root knot nematode. <http://www.caes.state.ct.us/FactSheetFiles/ValleyLaboratory/fsvl001f.htm>
- Marwoto, B. and Rohana, D. 1986. Parasitic nematodes of *Chrysanthemum* sp. and crop loss estimation. Buletin Penelitian Hortikultura 16: 99-104.
- SAS, 1990. SAS/STAT *User's guide*. Version 6. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Southey, J. F. 1986. Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. London: Her Majesty's Stationery Office.
- Taylor, A. L. and Sasser, J. N. 1978. Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). North Carolina State Univ. Raleigh. 111pp.
- Wanjala, B. W. K. 1997. Evaluation of some promising nematicides for control of soil nematodes in pyrethrum fields in Kenya. *Pyrethrum Post* 19: 147-159.