

스프레이국화재배지의 사과뿌리썩이선충과 침선충의 발생 및 피해

이재국* · 박병용 · 최동로 · 허재원¹

국립농업과학원 농업생물부 농업미생물과, ¹내츄로바이오텍

Damage and Occurrence of *Pratylenchus vulnus* and *Paratylenchus* sp. on Spray Chrysanthemum, *Dendranthema grandiflourm* Kitamura

Jae-Kook Lee*, Byeong-Yong Park, Dong-Ro Choi and Jae-Won Heo¹

Agricultural Microbiology Div., Dept. of Agricultural Biology, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon Gyeonggi 441-707, Korea

¹Naturobiotech Co., Ltd., Suwon Gyeonggi 441-100, Korea

ABSTRACT : Root-lesion nematode (*Pratylenchus vulnus*) and pin nematode (*Paratylenchus* sp.) were detected with high population density at the spray chrysanthemum greenhouse in Gumi, Gyeongbuk. The average density of *P. vulnus* and *Paratylenchus* sp. was 667 and 716 nematodes per 100 g soil and *P. vulnus* density were distributed 87% to the depth of 0~30 cm in greenhouse. When spray chrysanthemum cv Chopin, was transplanted in September 2004 in greenhouse, *P. vulnus* were 854 nematodes/100 g soil in planting and increased 14,985 nematodes/100 g soils and 1g root after 10 weeks in harvest. Shoot weight and shoot height of spray chrysanthemum decreased 24.8% and 8.0% compared with non-infested *P. vulnus* after 10 weeks in greenhouse.

KEY WORDS : Chrysanthemum, *Dendranthema grandiflourm*, *Pratylenchus vulnus*, *Paratylenchus* sp.

초 록 : 국화재배 포장에서 시들음증이 발생한 토양 내 식물기생선충의 종류와 발생 밀도 및 국화의 품질과 수량 피해 정도를 구명하였다. 구미 원예수출공사의 대규모 유리온실에서 발생한 식물기생선충의 종류는 사과뿌리썩이선충(*Pratylenchus vulnus*), 침선충(*Paratylenchus* sp.), 환선충(*Criconemoides* sp.)이 검출되었으며, 이중 사과뿌리썩이선충의 평균밀도는 토양 100 g당 667마리, 침선충은 716마리로 나타났고, 토양깊이별 분포는 0~30 cm사이에 87%가 분포하였다. 사과뿌리썩이선충의 국화 생육 기간의 밀도 변동은 정식전 토양 100 g당 854마리에서 정식 10주후에 토양 100 g과 뿌리 1 g에서 14,985마리로 17배 증가하였다. 국화 생육은 정식 10주후 무감염구에서 비해 초장은 8%, 생체중은 24.8% 감소하여 뿌리썩이선충이 국화 품질 및 수량에 영향을 주었다.

검색어 : 국화, 사과뿌리썩이선충, 침선충

국내 국화 재배면적은 2005년 797 ha이며 생산액은 1,030억원으로 전체 화훼의 10%를 점유하고 있으며 80% 이상 시설재배지에서 재배되고 있다(Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. 2006). 국내 시설국화

재배지는 장기간 연작 재배로 인해 토양염류 집적, 토양병 및 기생선충 등 여러 가지 문제로 인해 고품질 국화 생산에 피해를 볼 수 있는 상황이다(Han *et al.*, 2005).

국내 화훼류에 기생하는 중요한 선충은 뿌리썩이선충

*Corresponding author. E-mail: jk2lee@rda.go.kr

(*Pratylenchus* sp.), 뿌리혹선충(*Meloidogyne* sp.) 등이며 (Kim, 1989), 국화에 기생하는 선충은 9개 속이 보고되어 있는데 이중 뿌리썩이선충이 가장 중요한 선충으로 알려져 있다. 뿌리썩이선충은 전 세계적으로 63종이 보고되어 있으며(Handoo and Golden, 1989), 국내에는 11종이 보고되어 있다(Park, 1996). 기주범위가 넓은 편으로 전세계적으로 분포하며 대부분의 농작물에 피해를 주고 있으며 특히 국화, 거베라 등 숙근 화훼류에 많은 피해를 준다(Han *et al.*, 1990). 뿌리썩이선충은 이동성 내부기생선충으로서 작물의 뿌리조직을 뚫고 들어가 양분을 흡수한다(Zunke, 1990). 밀도가 높으면 뿌리조직의 괴사를 유발하여 발육이 억제되거나 부패하게 되는데, 이로 인하여 지상부가 왜화하게 되거나 황화 현상이 나타나게 된다(Rebois and Huettel, 1986). 또한 뿌리썩이선충은 토양병원균과 복합적으로 감염되어 밀도가 높은 포장은 생육 후기에 시들음 증상의 발생 원인이 되기도 한다. 국내 주요 국화재배 포장의 뿌리썩이선충의 포장발생률이 86%로 대부분의 포장에서 발견되었고, 밀도는 토양 200 cc와 뿌리 1 g에서 평균 1,095마리가 검출되었다는 보고로 미루어 보아 피해가 심할 것으로 추정된다(Han *et al.*, 2005). 경북 구미 원예수출공사의 국화재배 온실은 8.3 ha이며 년 4기작으로 20여품종의 스프레이국화를 년 12백만 송이 생산하여 일본으로 전량 수출하며 50억의 매출을 올리고 있다(Kumi Cooperation). 2003년 12월 이 온실에서 원인 불명의 시들음증상이 약 20% 정도 발생하여 막대한 피해를 입었는데 여러 원인 중 뿌리썩이선충이 뿌리에 기생하여 뿌리의 발육저해 및 부패로 위조증상을 유발한 것으로 구명되었다. 하지만 국내에서는 뿌리썩이선충에 대한 연구는 분류학적 보고와 발생 분포에 관한 조사가 화훼류 중심으로 되어있을 뿐 뿌리썩이선충의 토양 내 발생 양상과 생태 및 피해에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 시설국화 재배지 중 시들음증이 발생하여 피해가 심한 국화재배지의 토양 내 뿌리썩이선충의 발생 양상과 피해 정도를 구명하여 방제 대책의 기초 자료로 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

토양 내 선충 조사

시설 국화재배지의 시들음증 발생 토양 내 선충의 발생 분포와 국화 생육 기간중 발생밀도를 조사하기 위하여

경북 구미 원예수출공사의 스프레이국화 재배온실에서 2003과 2004년 조사를 수행하였다. 조사 포장의 전체 규모는 8.3 ha로 자동화 유리온실로서 국화재배 최소 재배 면적(bay)은 600 m²(8×76 m)이며 이러한 bay가 3~4개로 구성되는 재배 구역(section)으로 나누어 20여종의 스프레이국화를 1년에 4작기를 재배하며 1작기는 10~11주 소요된다. 국화 1본의 소요면적은 11×11 cm(가로×세로)이며 정식 본수는 600 m²(bay)당 평균 31,000본을 기본으로 하였고, 국화 재배는 삼목, 정식, 양액관주, 성장조절제 처리, 병충해 방제, 수확 등의 과정을 단계적으로 수행하며 재배하였다.

국화 재배포장의 토양내 선충의 종류와 발생밀도는 각각 section별로 국화 근권의 토양을 채집하여 토양 100 g을 변형갈대기법으로 분리하여 검정하였다(Southey, 1986). 토양내 수직분포는 국화재배 수확기에 국화 1본을 직경 8 cm 코아로 50 cm까지 채집한 후 10 cm 간격으로 나누어 깊이별로 각각 토양과 뿌리를 분리하여 토양은 원심분리법으로 뿌리는 변형갈대기법으로 선충을 분리하여 검정하였다.

국화 생육 기간 중 뿌리썩이선충의 밀도는 2주 간격으로 수확기인 11주 동안 모종삽으로 각 구당(1.5×4 m) 8본의 국화 뿌리와 근권 토양을 채집하여 조사하였다. 채집한 토양과 작물 뿌리를 각각 분리한 다음 토양은 잘 섞어 200 g을 취한 후 원심분리법으로 선충을 분리하였으며, 뿌리는 물로 깨끗이 씻은 다음 0.5 cm 정도로 자른 후 잘 섞어 생체중 2 g을 취하여 변형갈대기법으로 선충을 분리하여 검정하였다.

국화 수량 피해 조사

뿌리썩이선충과 침선충의 국화 수량에 미치는 영향을 알아보기 위하여 사과뿌리썩이선충과 침선충이 감염된 구미 원예수출공사 포장(B16-3 bay)의 토양을 스팀처리구와 스팀처리를 하지 않은 무처리구로 구분하여 6 m²(1.5×4 m)의 면적으로 나누어 8반복으로 조사하였다. 시험구의 토양은 사질양토였으며 스프레이국화 품종은 Chopin을 재배하였다. 국화 수량은 정식 10주 후에 토양스팀처리구와 무처리구의 국화를 수확하여 길이와 생체 무게를 조사하였다. 선충 밀도 조사는 모종삽으로 각 구당(1.5×4 m) 8본의 국화 뿌리와 토양을 채집하여 토양과 작물 뿌리를 조심스럽게 각각 분리한 다음 토양은 잘 섞어 200 g을 취한 후 원심분리법으로 선충을 분리하였으며, 뿌리는 물로 깨끗이 씻은 다음 0.5 cm 정도로 자른 후 잘

섞어 생체중 2 g을 취하여 변형갈대기법으로 선충을 분리하여 검경하였다. 토양스팀 소독 전과 스팀 후 수확기에 조사하였다.

토양스팀 소독 방법은 국화 수확 후 토양을 50 cm 깊이로 경운 한 다음 고온, 고압증기(온도 100°C, 스팀압력: 0.4 kg/m²)를 토출구를 통하여 방출하게 하였고, 증기가 새지 않도록 토양 표면을 덮을 수 있는 100°C의 내열성 및 토양접착이 안 되는 커버를 씌우고 사면에 철재 체인 및 물주머니 호스를 설치하였다. 고압 증기 토출구는 bay 600 m²를 4등분하여 각각 1개씩 놓고, 고압 증기는 8시간 방출하였으며 24시간 후에 커버를 제거하였다. 스팀 전 토양 30 cm 깊이에 토양온도계(Optic StowAway Temp. Onset Computer Company)를 묻어서 토양스팀 소독 기간 토양 온도를 조사하였다.

자료분석은 선충밀도와 국화 수량 등 조사 결과를 Duncan's Multiple Range Test를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

구미 원예수출공사 스프레이국화 유리온실에서 시들음증이 발생한 포장의 토양에서 국화에 기생하는 선충은 사과뿌리썩이선충(*Pratylenchus vulnus*)과 칩선충(*Paratylenchus sp.*)이 우점하고 있었으며 8.3 ha의 전포장 토양에 감염되어 국화의 수량과 품질에 영향을 주고 있었다. 이중 내부 이동성기생선충인 사과뿌리썩이선충의 평균밀도는 토양 100 g당 667마리였으며, 외부기생선충인 칩선충은 716마리였다(Table 1). 조사한 34개 포장(section) 전체에서 사과뿌리썩이선충과 칩선충이 검출되었는데 이중 토양 100 g당 300마리 이상 검출된 포장이 60%를 보였다(Fig. 1). 사과뿌리썩이선충과 칩선충의 국화재배 토양에서 깊이별 밀도는 0~30 cm이내에 88~90%로 대부분 분포하고 있었

Table 1. Population density of plant parasitic nematodes on spray chrysanthemum in Gumi greenhouse

Nematodes	Number of nematodes /100 g soil*
Root-lesion nematode (<i>Pratylenchus vulnus</i>)	667 (35~2,440)
Pin nematode (<i>Paratylenchus sp.</i>)	716 (10~5,454)

*The data was recorded by average population density of nematodes from total 34 sections of spray chrysanthemum greenhouse in Jan. 2004.

으며 토양깊이 40~50 cm에서도 4% 검출되었다(Fig. 2). 국화 수확 후 토양 내 선충의 수평분포는 토양 100 g당 50~250마리로 골고루 분포되었었는데 이는 국화의 재식 거리가 밀식재배로 인해 가까워 선충의 이동과 증식에 좋은 조건을 형성하였기 때문으로 보인다.

스프레이국화(품종 Chopin) 생육기간 동안 토양 내 사과뿌리썩이선충의 밀도 변동을 조사한 결과 정식전 토양 100 g의 평균밀도는 854마리에서 정식 6주후에 9.5배,

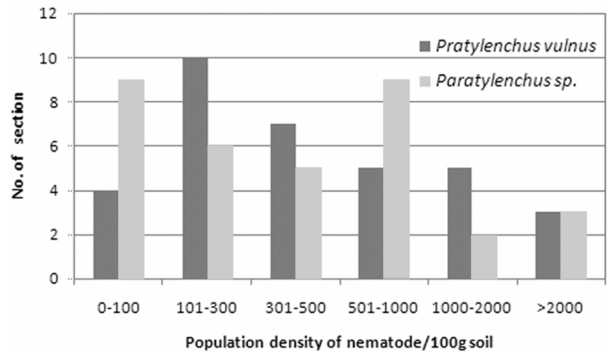


Fig. 1. Number of section infested with *Pratylenchus vulnus* and *Paratylenchus sp.* of spray chrysanthemum greenhouse in Gumi, Gyeongbuk (Total served section number: 34).

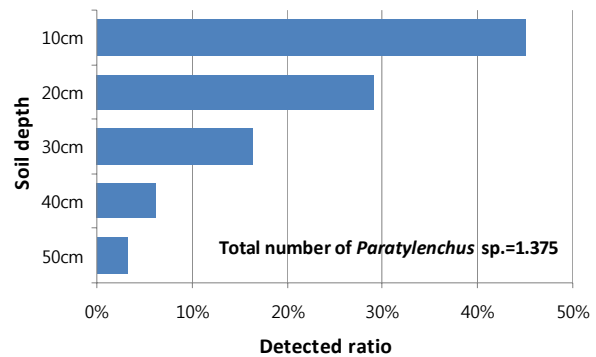
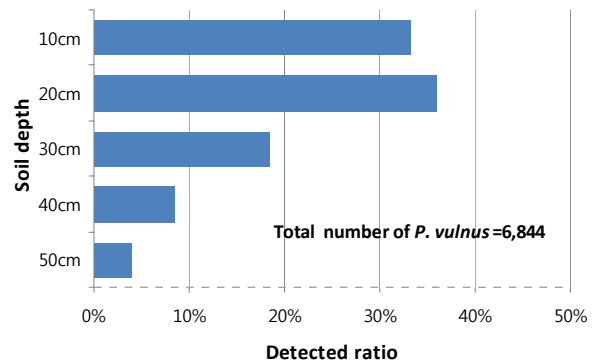


Fig. 2. Vertical distribution of *Pratylenchus vulnus* and *Paratylenchus sp.* in spray chrysanthemum greenhouse soil.

10주후에는 17배로 증가하여 10주후에 토양 100 g당 788마리, 뿌리 1 g에 14,198마리로 토양보다 뿌리에서 밀도가 높았다. 침선충은 정식전 토양 100 g의 평균밀도가 10마리에서 10주후에는 749마리로 증가하였다(Table 2). 사과뿌리썩이선충은 국화재배 4주후부터 밀도가 증가되기 시작하여 10~11주후 수확기에는 밀도가 급격히 증가하여 국화 뿌리가 검게 부패되어 있었으며 국화뿌리의 생육도 저조하였다(Table 4, Fig. 4). 본 조사포장은 대규모 국화재배 포장으로 5년 동안 년 4기작으로 20작기 이상동안 국화를 연작 재배하였으며 재배환경 온도는 야간 16°C 이상, 주간 최대 28°C 범위에서 유지되어(Kumi Cooperation. <http://www.kumicorp.com>) 사과뿌리썩이선충의 최적 증식 온도인 26°C와 이동의 최적 온도인 19°C(Towson and Lear, 1982)의 온도 및 환경 조건으로 토양 내 평균 밀도는 토양 100 g당 667마리로 다른 작물의

경제적 피해한계 밀도 이상으로 높게 나타났고, 수확기에는 15,000마리 이상의 고밀도를 보여 국화의 시들음증상 발생의 주 요인으로 작용한 것으로 보인다.

선충 피해를 방지하기 위한 기본단계는 작물을 심기 전에 토양중에 있는 선충의 밀도를 조사하고, 초기 밀도와 작물의 피해 정도에 대한 경제적 피해 한계를 고려하여 방제방법을 수립해야 한다. 뿌리썩이선충의 방제 밀도는 콩의 경우 작물의 수확기에 토양 100 cm³ 당 150마리이며, 담배는 80마리, 고추는 100마리, 수박은 120마리, 딸기는 50마리, 화훼류는 40마리이다(Dickerson *et al.*, 2000). 국화에 대한 뿌리썩이선충의 피해수준에 대한 연구는 없는 실정이다.

뿌리썩이선충이 감염된 포장에서 국화 수량은 토양 스팀처리를 하여 선충이 감염 되지 않은 처리구에 비해 초장은 8%, 생체중은 24.8% 감소하여 뿌리썩이선충이 국화

Table 2. Population density of *Pratylenchus vulnus* and *Paratylenchus* sp. on spray chrysanthemum cv chopin after planting under greenhouse

Weeks after planting	Mean number of nematodes ± SD			
	<i>Pratylenchus vulnus</i>			<i>Paratylenchus</i> sp.
	/100 g soil	/1 g root	Total	/100 g soil
Planting*	854±187.8	-	854	16±13.0
2	436±284.3	490±199.5	926	30±10.7
4	264±72.7	1,166±417.5	1,430	40±10.7
6	289±125.6	7,881±3,736.2	8,170	71±34.0
8	488±211.1	13,842±3,187.0	14,330	174±68.9
10	788±289.5	14,198±3,512.5	14,985	749±238.8

*Planting day is 2004. 2. 14. Data are means 8 replications.

Table 3. Effect of steam treatment of soil infested with *Pratylenchus vulnus* and *Paratylenchus* sp. in spray chrysanthemum at 10 weeks after planting

Treatment	Mean number of nematodes ± SD			
	<i>Pratylenchus vulnus</i>			<i>Paratylenchus</i> sp.
	/100 g soil	/1 g root	Soil+Root	/100 g soil
Steam treatment	5±4.7	55±65.1	60a	4±6.2a
Control	788±289.5	14,198±3,512.5	14,985b	749±238.8b

- Initial population density of *P. vulnus* : 854 nematodes/100 g soil.

Mean in column followed by the same letter are not significantly different by DMRT (p = 0.05).

Table 4. Growth of spray chrysanthemum cv. chopin of steam treatment of soil infested with *Pratylenchus vulnus* at 10 weeks after planting

Treatment	Mean shoot height (cm) ± SD	Mean root weight (g) ± SD
Steam treatment	98.3±3.5a	56.4±9.9a
Control	90.3±3.8b	42.4±6.2b

- Initial population density of *P. vulnus* : 854 nematodes/100 g soil.

Mean in column followed by the same letter are not significantly different by DMRT (p = 0.05).

수량과 품질에 영향을 주었다(Table 4). 스프레이국화는 1등급(초장 75 cm, 중량 60 g이상), 2등급(초장 75 cm, 중량 51~59 g), 3등급(초장 75 cm 중량 50 g이하)로 구분하여 일본으로 수출되는데 등급별로 가격과 저장 기간에 차이가 있다. 선충이 감염이 안된 처리구에서는 초장은 98.3 cm 생체중이 56.4 g으로 2등급을 보인 반면 선충이 감염된 포장에서는 초장은 90.3 cm, 생체중이 42.4 g으로 국화 상품성은 3등급이었다(Table 4). 토양 스팀 처리 시 뿌리썩이선충의 99%이상 방제되었으며 토양 깊이 30 cm의 온도는 선충치사온도(42.5°C)보다 높은 50°C 이상에서 13시간 정도 유지되었으나 토양깊이 50 cm에서는 선충치사온도 이하로 유지되었다(Fig. 3). 토양 깊이 40~50 cm 깊이에서는 전체 선충의 4%만 분포하고 있어(Fig. 2) 국화 수량에 미치는 영향은 적을 것으로 생각된다. 구미 원예수출공사의 국화재배는 1년에 4작기 재배하며 국화 수확 2주만에 다시 국화를 정식하여 토양 내 서식하는 선충이 다시 국화에 침입하여 밀도가 계속 증가하여 국화의 생육과 수량에 피해를 주는 것으로 생각된다. 뿌리썩이

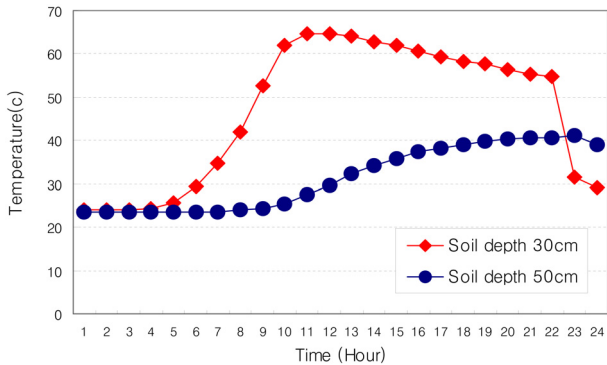


Fig. 3. Soil temperature of after soil steam treatment in the greenhouse.



선충은 반쪽시들음 병원균과 복합적으로 감염되어 품종간에 따라 차이가 있지만(Burpee and Bloom, 1978) 본 연구 포장지에서 시들음증의 발생이 심한 포장은 수확기에 국화의 50%이상이 피해를 받아 상품성이 2등급 이하의 품질을 보였다(Lee, unpubl. data).

따라서, 국내시설 국화재배지는 연작재배로 토양 선충의 발생과 피해가 증가하고 있어 기생선충을 경제적 피해 한계 수준이하 밀도를 줄이는 것이 지속적인 고품질 국화 생산에 필요하다. 대규모 연작 국화재배지에서는 토양스팀소독을 이용하고 소규모 포장에서는 태양열을 이용한 토양소독 등 방제법(Heald and Robinson, 1987)을 활용하여 국화재배지의 기생선충과 토양병의 피해를 줄이도록 해야 할 것으로 생각된다.

국내에서 스프레이국화는 20여품종이 재배되고 있는데 본 연구 중에 품종간에 시들음 발생에 차이가 있는 것으로 나타났다(Lee, unpubl. data). 국화시들음증 발생에는 여러 가지 요인이 있지만 식물기생선충과 토양병원균이 복합적으로 피해를 주어 스프레이국화의 품종별 선충과 병원균에 대한 저항성 품종을 선발하여 방제에 활용하거나 품종 육성에 이용하는 것이 고품질 국화생산을 위해 필요 할 것으로 생각된다.

Literature Cited

Burpee, L.L. and J.R. Bloom. 1978. The influence of *Pratylenchus penetrans* on the incidence and severity of Vorticillium wilt of potato. J. Nematol. 10(1): 95-99.
 Dickerson, O.J., J.H. Black. and S.A. Lewis. 2000. Nematode guidelines for South Carolina-EC 703. Clemson Extension.
 Han, H.R., J.K. Lee, D.R. Choi, M.J. Han and B.Y. Park. 2006. Occurrence of plant parasitic nematodes in Chrysanthemum and



Fig. 4. Growth and root of spray chrysanthemum infested with *Pratylenchus vulnus*.

- ITS and D3-28S rDNA characterization of *Pratylenchus* spp. Korean J. Appl. Entomol. 45(1): 1-7.
- Handoo, Z.A. and A.M. Golden. 1989. A key and diagnostic compendium to the species of the genus *Pratylenchus* Filipjev, 1936 (Lesion Nematodes). J. Nematol. 21(2): 202-218.
- Heald, C.M. and A.F. Robinson. 1987. Effects of soil solarization on *Rotylenchus reniformis* in the Lower Rio Grande Valley of Texas. J. Nematol. 19: 93-103.
- Kim, Y.J. 1989. Nematodes associated with ornamental plants in Korea. Thesis on Doctor's degree, Graduate School of Kyungpook National University. p 1-93.
- Kumi Cooperation. <http://www.kumicorp.com/indust04.php>
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. 2006. Agricultural and forestry statistical yearbook.
- Park, B.Y. 1996. Taxonomical study of *Pratylenchus* spp. in Korea. Thesis on Master's degree, Graduate School of Kon-Kuk University. p1-49.
- Rebois, R.V. and G.N. Huettel. 1986. Population dynamics, root penetration, and feeding behavior of *Pratylenchus agilis* in monoxenic root cultures of corn, tomato, and soybean. J. Nematol. 18(3): 392-397.
- Southey, J.F. 1986. Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. Her Majesty's Stationery Office, London. 202pp.
- Towson, A.J. and B. Lear. 1982. Effect of temperature on reproduction and motility of *Pratylenchus vulnus*. J. Nematol. 14(4): 602-603.
- Zunke, U. 1990. Observations on the invasion and endoparasitic behavior of the root lesion nematode *Pratylenchus penetrans*. J. Nematol. 22(3): 309-320.

(Received for publication December 3 2008;
revised December 3 2008; accepted December 8 2008)