

## 카두사포스와 포스치아제이트 처리시기에 따른 땅콩뿌리혹선충 방제효과

김동근 · 김진배<sup>1</sup> · 이재국<sup>1</sup> · 최성국 · 윤재탁경북농업기술원 환경농업연구과, <sup>1</sup>농촌진흥청 농업과학기술원Effects of Treatment Time of Cadusafos and Fosthiazate for the Control of *Meloidogyne arenaria* on Oriental MelonDong-Geun Kim, Jin-Bae Kim<sup>1</sup>, Jae-Kook Lee<sup>1</sup>, Sung-Kuk Choi and Jae-Tag Yoon

Dept. of Agri. Environ., Gyeongbuk Agri. Tech. Admin., Daegu, Republic of Korea

<sup>1</sup>Natl. Inst. of Agri. Sci. & Tech., Rural Dev. Admin., Suwon, Republic of Korea

**ABSTRACT :** Cadusafos and fosthiazate were applied at the rate of 1.8 g a.i./6m<sup>2</sup> as pre-plant or pre-plant + post-plant treatments on winter-grown oriental melon in a greenhouse soil infested with *Meloidogyne arenaria*. Nematicides reduced root-knot nematode population from 35 to 90% compared with control; fosthiazate was better than cadusafos ( $P=0.003$ ) and fosthiazate pre-plant + post-plant application reduced nematode population densities as much as 90%. Nematicides increased yield in an average of 23% (11-38%) in May, 39% (2-65%) in June, and 31% (12-46%) for the total ( $P=0.085$ ). The residue in the fruit of oriental melon by post-plant treatment of fosthiazate exceeded maximum residue limit of 0.2 ppm, while the Cadusafos residue was below the limit. It is concluded that fosthiazate cannot be used as a post-plant treatment in winter-grown oriental melon with overall consideration, i. e., danger of residue, value of melon, costs of nematicide, consumer demand on safer agricultural products, and effects of fallow.

**KEY WORDS :** Chemical control, *Cucumis melo*, Nonfumigant nematicides, Oriental melon, Post-plant treatment, Root-knot nematode

**초 록 :** 살선충제 2종(카두사포스, 포스치아제이트)을 땅콩뿌리혹선충(*Meloidogyne arenaria*)이 감염된 참외 재배 포장에 정식 전처리(전처리) 및 재배중 처리(후처리)하고(각 1.8 g a. i./6 m<sup>2</sup>), 이들의 뿌리혹선충 방제효과, 참외 수량에 미치는 영향 및 참외 과일내 농약잔류량에 대하여 비교 조사하였다. 살선충제가 뿌리혹선충 밀도에 미치는 효과는 5월에 가장 뚜렷하였다. 살선충제 처리구의 선충밀도는 무처리구 밀도의 10-65%이었으며 살선충제 중에서는 포스치아제이트( $P=0.003$ )가, 처리방법에서는 전처리+후처리에서 효과가 높았다(밀도 90% 감소). 살선충제 처리구는 무처리구에 비하여 5월 수량은 평균 23%(11-38%), 6월 수량은 평균 39%(2-65%), 총수량으로는 평균 31%(12-46%)가 증수되는 경향으로 유의성은 낮았으나( $P=0.085$ ) 수량차이는 많았다. 카두사포스는 과일내 농약 잔류량이 0.008 ppm 이하로 후처리에 문제가 없었으나 포스치아제이트는 후처리 약 30일 후 참외 잔류허용 기준치(0.2 ppm)를 초과하는 0.26 ppm이 검출되었고, 그 외의 기간에 수확한 참외에서도 0.12 ppm 이상 높게 검출되었다. 살선충제 후처리에 의한 뿌리혹선충 방제법은 농약잔류위험성, 후반기의 낮은 참외 가격, 농약 비용, 안전농산물에 대한 소비자의 요구, 휴경 효과 등을 종합적으로 고려할 때 바람직하지 않은 것으로 생각된다.

**검색어 :** 땅콩뿌리혹선충, 살선충제 후처리, 참외, 화학적 방제

\*Corresponding author. E-mail: kimdgr@naver.com

성주지역의 참외재배법은 12-1월경에 참외를 심어 4-6월에 수확하고, 그 후 원줄기로부터 다시 순을 키워 9-10월에 참외를 재수확하는 연장 재배가 주를 이루며(Annon., 1999; Park, 2000), 따라서 온실에서 참외가 재배되는 기간은 약 9-10개월이 된다. 국내의 제한된 경지면적 때문에 이러한 연장재배가 동일 포장에서 매년 반복됨에 따라 참외의 주산단지에서는 염류집적과 함께 뿌리혹선충(*Meloidogyne* spp.) 등과 같은 토양 병해충의 문제가 심각하다(Park *et al.*, 1995; Kwon *et al.*, 1998; Park, 2000; Cho *et al.*, 2000; Kim, 2001b; Kim *et al.*, 2001).

뿌리혹선충은 우리나라의 주요 시설원에작물인 오이, 수박, 참외, 토마토 등에 주로 피해를 주고 있는데, 뿌리혹선충이 심하게 감염된 식물은 수확량이 감소되거나 조기 고사한다. 참외는 9월중의 뿌리혹선충 밀도가 토양 100 cm<sup>3</sup> 당 1,000마리 이상이면 이듬해 약 50%의 수량 감수를 가져온다(Kim, 2001b; Kim and Ferris, 2002). 이와 같이 심각한 문제를 야기하는 뿌리혹선충의 방제법으로는 담수, 휴경, 건토, 깊이갈기, 열처리(스팀, 건열, 온탕침법), 약제방제, 저항성 품종 이용, 윤작, 객토, 유인식물 재배, 태양열처리법, chemigation 등 여러 가지가 알려져 있으며(Heald, 1987; Kim, 2001b), 그 중 농민들이 가장 많이 사용하는 방법은 살선충제 처리이다.

살선충제는 작물을 심기전 토양에 처리하는 것이 원칙으로, 국내에 품목 등록된 모든 살선충제들은 작물재배 중에는 사용할 수 없도록 되어 있다. 그러나 참외와 같이 뿌리혹선충 증식에 적합한 기주가 한 지역에서 10개월씩 연장재배되는 곳에서는 방제효과가 낮아, 선충이 감염된 포장에서는 살선충제를 사용하였더라도 6월 이후 생육이 불량해지거나 식물이 고사하는 증상이 나타난다. 6월 이후 참외가 죽어가면서 몇몇 농가에서는 비닐하우스내 점적 관수호스를 이용한 살선충제 관주법, 즉 농약 종류, 농약 사용량, 효과 등에 대하여 시험장으로 문의해오고 있다(Kim, pers. comm.).

작물 재배기간 중의 살선충제 처리는 방제의 효율, 작물에 대한 약해, 과채류내의 농약잔류성 문제로 매우 신중히 다루어져야 하는데, 외국에서는 fenamiphos (Minton *et al.*, 1981; Johnson *et al.*, 1992), aldicarb (Meher *et al.*, 1984; Griffin, 1989), 아조포유제(Balasubramanian and Palanisamy, 1983), 에토프입제(Griffin, 1989), oxamyl (Kaul and Sethi, 1987) 등을 토양에 관

주(Minton *et al.*, 1981; Griffin, 1989; Ingham *et al.*, 1991; Johnson *et al.*, 1992)하거나 잎에 살포(DiSanzo, 1982; Meher *et al.*, 1984; Kaul and Sethi, 1987)하여 토양의 뿌리혹선충이나 씨스트선충을 방제하기 위한 실험이 수행되었고, 그 효과는 재배작물이나 선충의 종류에 따라 차이가 있었다. 국내에서는 권 등(Kwon *et al.*, 1998)이 뿌리혹선충 방제를 위해 4종의 살선충제를 시험한 바 있고, 김 등(Kim and Choi, 2001)은 풋트 실험을 통하여 국내에서 시판되는 8종의 살선충제 중에서 정식 전처리와 정식 후처리에서 효과가 인정되는 카두사포스(FMC Corp)와 포스치아제이트(ISK Bioscience)를 선발한 바 있다.

따라서 본 시험은 김 등(Kim and Choi, 2001)의 실험에서 정식 전처리(전처리)와 정식후처리(후처리)에서 효과가 좋았던 2종의 살선충제(카두사포스, 포스치아제이트)를 참외 재배 포장에 전처리 및 전처리+후처리하고, 이들의 뿌리혹선충 방제효과, 참외 수량에 미치는 영향, 특히 참외 과일내의 농약 잔류량에 대하여 비교 조사하여, 앞으로 발생할 살선충제 후처리 논의에 대한 근거자료를 제공하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

이 시험은 땅콩뿌리혹선충, *Meloidogyne arenaria* race 2에 감염된 성주과채류시험장의 온실(400 m<sup>2</sup>)에서 실시하였다. 시험구 토양은 양토로 pH는 7.4, 유기물 함량은 2.52 g/kg, EC는 2.5 dS/m이었다. 시험구는 2×3 m (가로×세로)이었으며 플라스틱(높이 30 cm×깊이 20 cm)을 이용하여 칸막이를 하였다.

### 살선충제 처리

포스치아제이트(입제)와 카두사포스(입제)를 정식 전처리(전처리) 혹은 전처리+후처리(정식후 재배중 처리) 하였는데, 전처리 방법은 1배량(1.8 g a. i./6 m<sup>2</sup>)을 온실을 준비하는 시기인 11월 7일에 토양 표면에 살포하고 쇠스랑으로 긁어 토양과 섞어 주었으며, 후처리는 참외에서 뿌리혹선충이 1세대를 경과하는 시기(Kim, 2001a)인 참외를 심은지 약 40일 후(3월 14일) 처리하였다. 후처리는 약제 1배량(1.8 g a. i./6 m<sup>2</sup>)을 물 7리터에 녹여 농약 살포기로 참외가 심겨진 비닐 구멍을 통하여 시험구(6 m<sup>2</sup>)에 전체적으로 골고루 살포하였다. 각 처리는 5반복이었고 살선충제를 처리하지

않은 무처리기는 10만복이었다. 이 실험은 약간씩 방법을 달리하여 3년간 실시하였으나, 실험결과가 비슷하여 여기서는 마지막 1년의 실험결과를 보고한다.

**참외 재배 및 수량 조사**

‘신토좌호박’ 대목(*Cucurbit maxima* × *Cu. moschata*)에 접목하여 40일 육묘한 ‘금싸라기은천참외’(*Cucumis melo* L. cv. ‘Geumssaragi-euncheon’)를 2월 4일에 40cm 간격으로 본포에 정식하였다. 정식 전 주지 4마디에서 순을 치고 2개의 아들덩굴을 유인하였으며, 2차 순치기는 17마디에서 하였다. 아들덩굴의 6-10마디 사이에서 나온 손자덩굴 1-2마디에 임의로 주당 6개씩 착과시켰고, 17마디에서 발생한 손자덩굴은 유인하고 나머지 착과되지 않은 손자덩굴은 제거하였다. 착과 유도는 암꽃이 개화한 당일 4-CPA (P-chloro phenoxy acetic acid) 75 ppm과 GA (gibberellic acid) 50 ppm의 혼합액을 자방에 살포하였으며, 결과지는 2절에서 순을 제거하였다. 기타 재배관리는 참외 표준재배법에 준하였다(Anon., 1999). 수확한 참외는 상품과에 대하여 무게를 측정하였으며, 모든 시험성적은 SAS GLM procedure 및 단일변수분석(contrast analysis)을 이용하여 분석하였다(SAS, Institute, Cary, NC).

**뿌리혹선충 밀도 조사**

각 시험구의 선충 밀도는 참외 심기 전 2회(11월과 1월), 참외 심은 후 2회(4월과 5월) 등 4회에 걸쳐 조사하였다. 토양 채집 방법은 직경 2.5 cm의 토양채집 도구를 이용하여 각 구당 14번씩 짚러 흙을 채집하였고, 채집한 흙은 잘 섞어 300 cm<sup>3</sup>를 취하고 원심분리법으로 선충을 분리하여 해부현미경하에서 헤아렸다(Southey, 1986).

**살선충제 처리에 따른 과일내 농약 잔류량 조사**

참외 과일내의 농약 잔류량은 참외 첫 수확기인 5월 3일부터 약 6일 간격으로 4회에 걸쳐 조사하였다(5월 3일, 9일, 16일, 24일). 시료분석은 농촌진흥청 농약안전성과의 표준화된 농약 분석법에 따랐으며, 참외를 껍질과 과육으로 나누고 각각 살선충제의 잔류량을 조사하였다(윤, 1996).

**결 과**

이번 실험에서 무처리구의 참외 수량은 300평으로 환산하여 약 1,400 kg으로 기준량인 3,000 kg/10a

**Table 1.** Effect of treatment time of nematicides, cadusafos and fosthiazate, on population density of juveniles of *Meloidogyne arenaria* on oriental melon, *Cucumis melo* L. cv. ‘Geumssaragi-euncheon’ under greenhouse

Treatment <sup>a</sup>	No. of <i>M. arenaria</i> J2/100 cm <sup>3</sup> soil ± SE (Range)					Efficacy (%)
	November	January	April	May		
Control	285 ± 53.6a (110-600)	52 ± 10.6a (0-100)	79 ± 35.7a (4-310)	1,088 ± 226.5a (332-2,592)		0.0
Fosthiazate Pre-plant	325 ± 200.7a (40-920)	48 ± 32.0a (0-140)	322 ± 293.3a (0-1,200)	339 ± 136.4 ab (102-606)		68.8
Fosthiazate Pre + Post-plant	266 ± 92.9a (20-480)	52 ± 18.3a (10-100)	43 ± 24.2a (0-120)	113 ± 75.9b (23-170)		89.6
Cadusafos Pre-plant	78 ± 21.3a (30-130)	10 ± 5.5a (0-30)	38 ± 30.7a (0-160)	713 ± 431.1ab (55-2,342)		45.5
Cadusafos Pre + Post-plant	353 ± 82.8a (200-560)	10 ± 8.2a (0-30)	38 ± 69.9a (0-300)	252 ± 165.1ab (24-742)		76.8
<b>Contrast analysis</b>						
Control vs Nematicides	0.653	0.192	0.672	<b>0.006</b>		
Control vs Fosthiazate	0.947	0.918	0.500	<b>0.003</b>		
Control vs Cadusafos	0.304	<b>0.006</b>	0.868	<u>0.104</u>		
Fosthiazate vs Cadusafos	0.423	<u>0.052</u>	0.418	0.279		
Application: Pre vs Pre + Post	0.312	0.565	0.507	0.166		
Control vs Pre-treatment	0.367	0.178	0.516	0.122		
Control vs Pre + post treatment	0.813	0.370	0.909	<b>0.002</b>		

Oriental melon was planted at Feb. 04 in a greenhouse.

<sup>a</sup>Chemicals (1.8g a.i./6 m<sup>2</sup>) were applied in soil at November 07 as pre-plant treatment and at March 14 as post-plant treatment.

<sup>b</sup>Data are means of five replications except control which had 10 replications.

Means followed by the same letter within column are not significantly different (*P* = 0.05) according to Duncan’s multiple range test. Bold (*P* < 0.05) and underlined (*P* < 0.10) numbers in contrast analysis show significant difference.

**Table 2.** Effects of treatment time of nematicides, cadusafos and fosthiazate, on yield of oriental melon, *Cucumis melo* L. cv. 'Geumssaragi-euncheon' under greenhouse infested with *Meloidogyne arenaria*

Treatment	Fruit yield (g/6 m <sup>2</sup> )		
	May (%)	June (%)	Total (%)
Control	4,522 (100)	4,129 (100)	8,650 (100)
Fosthiazate Pre-plant	5,376 (119)	5,575 (135)	10,952 (127)
Fosthiazate Pre + Post-plant	5,023 (111)	6,808 (165)	11,832 (138)
Cadusafos Pre-plant	6,257 (138)	6,401 (155)	12,658 (146)
Cadusafos Pre + Post-plant	5,514 (122)	4,201 (102)	9,715 (112)
P-value	0.748	0.614	0.391
Contrast analysis			
Control vs Nematicides	0.258	0.230	0.085
Control vs Fosthiazate	0.233	0.410	0.161
Control vs Cadusafos	0.566	0.209	0.136
Fosthiazate vs Cadusafos	0.409	0.652	0.962
Application: Pre vs Pre + Post	0.491	0.836	0.569
Control vs Pre-treatment	0.238	0.252	0.089
Control vs Pre + post treatment	0.545	0.346	0.233

See Table 1 for other explanation.

**Table 3.** Analysis of chemical residue in fruit of oriental melon, *Cucumis melo* L. cv. 'Geumssaragi-euncheon' after different treatment of nematicides, cadusafos and fosthiazate

Treatments <sup>1</sup>	Residual nematicides in fruit (ppm)							
	May 03		May 09		May 16		May 24	
	Fresh	Peel	Fresh	Peel	Fresh	Peel	Fresh	Peel
Cadusafos								
Pre	0.0009	0.0116	0.0003	0.0023	0.0002	0.0030	0.0001	0.0014
Pre + Post	0.0004	0.0077	0.0005	0.0085	0.0002	0.0039	0.0050	0.0044
Fosthiazate								
Pre	0.0066	0.0050	0.0118	0.0085	0.0054	0.0065	0.0038	0.0030
Pre + Post	0.1760	0.1870	0.2600	0.2690	0.1240	0.1200	0.1440	0.1640

<sup>1</sup>Chemicals (1.8 g a.i./6 m<sup>2</sup>) were applied in soil at November 07 (pre-plant treatment) and March 14 (post-plant treatment), and oriental melon was planted at Feb. 04 in a greenhouse.

(Anon., 1999)에는 못 미쳤지만 선충의 피해를 받은 포장 5-6월의 2개월 수량으로는 정상이었고, 살선충제를 후처리한 시험구에서 육안으로 관찰할 수 있는 약해는 없었다.

### 뿌리혹선충 밀도 조사

포장을 준비하는 시기(11월)에는 시험구의 토양 100 cm<sup>3</sup> 당 뿌리혹선충 유충이 261마리(범위; 78-353 마리), 심은 직후(1월)에는 34마리(10-52마리), 참외를 심은지 약 2개월 후인 4월은 104마리(38-322마리)였으며 모두 처리간 유의성은 없었다(Table 1). 5월은 뿌리혹선충이 약 두번째 세대를 경과하는 시기로(Kim, 2001b) 유충 밀도가 가장 높았는데[501마리(113-1,088 마리/100 cm<sup>3</sup>)], 살선충제 처리구의 선충밀도는 무처리의 10-65%이었으며 포스치아제이트 전처리+후처리

에서 가장 밀도가 낮았다(90% 밀도 감소) (Table 1). 이상의 결과를 단일변수로 분석한 결과, 1월에는 무처리에 비해 카두사포스 처리구( $P=0.006$ )에서, 5월에는 무처리에 비해 살선충제 처리구( $P=0.006$ )에서, 카두사포스에 비해 포스치아제이트 처리구( $P=0.003$ )에서, 전처리에 비해 전처리+후처리구( $P=0.002$ )에서 효과가 높았다(Table 1).

### 참외 수량

참외 수량은 살선충제 처리구에서 무처리에 비해 5월 수량은 11-38%, 6월 수량은 2-65%, 전체수량은 12-46% 증수되었으나 통계적 유의성은 없었다(Table 2). 이상의 결과를 총수량에 대해 단일변수로 분석한 결과, 무처리에 비해 살선충제 처리구에서 약한 유의성이 인정되었다( $P=0.085$ ).

### 살선충제 처리에 따른 과일내 농약 잔류량 조사

카두사포스는 매 조사 시점마다 과육내 농약 잔류량이 작물별 허용한계(참깨 0.01 ppm, 들깨 0.02 ppm, 취나물 0.2 ppm) 이하인 0.008 ppm으로 나타나, 생육기간중 살선충제 후처리에서 문제가 없었다(Table 3). 반면 포스치아제이트는 후처리 약 30일 후인 5월 9일 수확한 참외의 과육 및 껍질에서 참외 잔류허용 기준치(0.2 ppm)를 초과하는 0.260 ppm과 0.269 ppm이 검출되었고, 그 외의 기간에 수확한 참외에서도 0.12 ppm 이상 높게 검출되었다.

## 고 찰

살선충제가 뿌리혹선충 밀도에 미치는 효과는 5월의 마지막 밀도조사에서 가장 뚜렷하게 나타났다. 그 중에서도 포스치아제이트 전처리+후처리구의 5월 선충 밀도는 무처리의 10%로 가장 밀도 억제효과가 높았는데, 이것은 포스치아제이트 전처리가 무처리의 31%인 것을 볼 때, 포스치아제이트 후처리에 의한 효과로 보인다. 포스치아제이트는 3월 14일 후처리되었는데 이 시기는 참외에서 뿌리혹선충이 첫 세대를 경과하는 시기이다(Kim, 2001a). 따라서 뿌리 안으로 흡수된 살선충제가 갓 부화된 유충의 발육에 영향을 미치지 않았나 생각한다. 5월의 이러한 낮은 선충 밀도는 6월 이후의 참외 생육과 후반기 수량에 긍정적인 영향을 미칠 것이다. 그러나 포스치아제이트 후처리구에서 수확된 참외의 대부분에서 잔류농약이 0.12 ppm 이상 검출되었고, 2차 수확기(5월 9일; 후처리 30일 후)에는 잔류허용기준치(0.2 ppm)를 초과하는 0.260 ppm이 검출되었으므로 포스치아제이트는 참외에서 후처리용으로 사용이 불가하다고 생각된다. 또 후반기 참외 가격은 전반기에 비해 40% 이상 낮고(15,000원/15 kg 상자), 후처리 농약 비용, 농약잔류위험성, 안전농산물에 대한 소비자의 욕구, 휴경효과 등을 종합적으로 고려할 때 포스치아제이트 후처리를 통한 뿌리혹선충 방제는 전혀 바람직하지 않았다.

수량에서는 살선충제 처리구가 무처리구에 비하여 총수량으로 평균 31% (12-46%)가 증수되는 경향이 있었다( $P=0.085$ ). 일반적으로 토양 병해충을 대상으로 한 시험은 토양내 병해충의 불균일한 분포로 오차범위가 다른 지상부 병해충 시험에 비하여 매우 큰 것이 특

징인데(Southey, 1986), 이번 시험에 있어서도 살선충제 처리구의 30% 이상 큰 수량 차이에도 불구하고 수량에 대한 유의성은  $P=0.085$ 로 낮은 편이었다. 선충과 수량에 대한 전체 평균 표준편차는 각 394마리와 3,306 g이었고, 처리간 최고치와 최저치 차이에 대한 전체 평균은 각 229마리와 2,807 g이었으므로, 표본 크기 결정 공식에 의해 최고치와 최저치간 차이를 95% 유의수준으로 검정하기 위한 최소 반복수는 각각 5와 21반복으로 계산되었다. 본 시험이 실시된 성주과채류시험장 시험구는 선충시험구로 준비되어 선충의 밀도가 비교적 균일한 편이고, 재배 관리와 조사가 용이한 편인데, 만약 일반 농가 포장에서 이런 시험을 하려면 시험구 면적이 6m<sup>2</sup>보다 훨씬 크거나 혹은 처리당 최소 10-20반복 정도의 시험구가 필요할 것으로 생각된다.

시설 참외 대부분은 연작 및 연장재배됨으로써 뿌리혹선충의 피해가 심각하게 발생하는데, 성주지역에서는 수확기에 500 g에 달하는 거대한 뿌리혹을 발견하는 것이 어려운 일이 아니다. 따라서 살선충제만으로(종류, 처리량, 처리방법 등) 이러한 선충피해를 막는다는 것은 불가능하며, 앞으로 윤작(Kim et al., 2001)이나 저항성 품종 개발(Kim and Do, 2001)과 연계된 종합방제체제로 저농약 처리법을 연구해야 할 것이다.

## Literature Cited

- Anonymous. 1999. *Oriental melon cultivation*. Seongju Fruit Veg. Exp. Sta. 105 pp.
- Balasubramanian, P. and S. Palanisamy. 1983. Evaluation of bare root dip with chemicals for the control of *Hirschmanniella gracilis* on rice. *Indian J. Nematol.* 13: 215-217.
- Cho, M.R., B.C. Lee, D.S. Kim, H.Y. Jeon, M.S. Yiem and J.O. Lee. 2000. Distribution of plant-parasitic nematodes in fruit vegetable production areas in Korea and identification of root-knot nematodes by enzyme phenotypes. *Korean J. Appl. Entomol.* 39: 123-129.
- DiSanzo, C.P. 1982. Effect of foliar applications of carbofuran and a related compound on plant-parasitic nematodes under microplot and field conditions. *J. Nematol.* 14: 208-212.
- Griffin, G.D. 1989. Comparison of fumigant and nonfumigant nematicides for control of *Meloidogyne chitwoodi* on potatoes. *J. Nematol.* 21: 640-644.
- Heald, C.M. 1987. Classical nematode management practices, pp. 100-105. In: *Vistas on Nematology*. Eds J.A. Veech and D.W. Dickson. Soc. of Nematol. Maryland.
- Ingham, R.E., M. Morris and G.B. Newcomb. 1991. Effects of incorporation method of ethoprop and addition of aldicarb on potato tuber infection by *Meloidogyne hapla*. *J. Nematol.* 23: 686-692.
- Johnson, A.W., A.S. Csinos, A.M. Golden and N.C. Glaze. 1992.

- Chemigation for control of black shank-root-knot complex and weeds in tobacco. *J. Nematol.* 24: 648-655.
- Kaul, R.K. and C.L. Sethi. 1987. Penetration and development of *Heterodera zae* in *Zea mays* as influenced by foliar spray of phenamiphos and oxamyl. *Indian J. Nematol.* 17: 237-240.
- Kim, D.G. 2001a. Distribution and population dynamics of *Meloidogyne arenaria* on oriental melon (*Cucumis melo* L.) under greenhouse conditions in Korea. *Russian J. Nematol.* 9: 61-68.
- Kim, D.G. 2001b. Occurrence of root-knot nematodes on fruit vegetables under greenhouse conditions in Korea. *Res. Plant Dis.* 7: 69-79.
- Kim, D.G., D.R. Choi and S.B. Lee. 2001. Effects of control methods on yields of oriental melon in fields infested with *Meloidogyne arenaria*. *Res. Plant Dis.* 7: 42-48.
- Kim, D.G. and S.K. Choi. 2001. Effects of incorporation method of nematicides on reproduction of *Meloidogyne arenaria*. *Korean J. Appl. Entomol.* 40: 89-95.
- Kim, D.G. and H.W. Do. 2001. Resistance to root-knot nematodes in *Cucumis* species. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 42: 279-283.
- Kim, D.G. and H. Ferris. 2002. Relationship between crop losses and initial population densities of *Meloidogyne arenaria* in winter-grown oriental melon in Korea. *J. Nematol.* 34: 43-49.
- Kwon, T.Y., K.C. Jung, S.D. Park, Y.G. Sim and D.S. Choi. 1998. Cultural and chemical control of root-knot nematodes, *Meloidogyne* sp. on oriental melon in plastic film house. *RDA J. Crop Prot.* 40: 96-101.
- Meher, H.C., N.P. Agnihotri and C.L. Sithi. 1984. Persistence of aldicarb sulfone residues in cowpea and soil following foliar application and its nematicidal activity. *Indian J. Nematol.* 14: 160-165.
- Minton, N.A., D.K. Bell and A.S. Csinos. 1981. Effects of nematicides applied at planting and postplant on peanut yields, root-knot nematodes *Meloidogyne arenaria*, and white mold *Sclerotium rolfsii*. *J. Nematol.* 13: 450-451.
- Park, D.K. 2000. Studies on injury by continuous cropping and its solutions in oriental melon (*Cucumis melo* L.)-with a special reference to root-knot nematode and soil salt stress. Dept. of Agr. Biol., Andong Nat. Univ. Ph D. thesis. 90 pp.
- Park, S.D., T.Y. Kwon, H.S. Jun and B.S. Choi. 1995. The occurrence and severity of damage by root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in controlled fruit vegetable field. *RDA J. Agric. Sci.* 37(Crop Protec.): 318-323.
- 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.
- Yoon, C.H. 1996. Compendium of Pesticides. 1615pp. Hanrimwon Publ., Seoul.

(Received for publication 30 October 2002;  
accepted 4 December 2002)