

살선충제의 처리방법에 따른 뿌리혹선충 방제효과

Effects of Incorporation Method of Nematicides
on Reproduction of *Meloidogyne arenaria*

김동근 · 최성국

Dong-Geun Kim and Sung-Kuk Choi

Abstract - Effects of application method of eight nematicides on reproduction of *Meloidogyne arenaria* were tested in pot. In pre-treatment, cadusafos, dazomet, fosthiazate reduced over 90% in number of egg masses of *M. arenaria* at recommended rate. Carbofuran showed similar reduction only at three times of recommended rate. Benfuracarb was the least effective. Post-treatments, in general, were less effective than pre-treatment except fosthiazate which reduced root egg mass of *M. arenaria* as much as pre-treatment at recommended rate. Systematic nematicide, fosthiazate has potential as post-treatment nematicide.

Key Words - At-treatment, Chemical control, Root-knot nematode, Nonfumigant nematicides

초 록 - 다조메분제, 벤즈입제, 아사자포스입제, 카두사포스입제, 카보입제, 타보입제, 포스치아제이트입제, 아조포유제 등 8종의 살선충제를 이용하여 살선충제의 처리방법(전처리, 후처리)과 처리량(1, 2, 3배량)에 따른 땅콩뿌리혹선충, *Meloidogyne arenaria*의 방제효과 및 약해를 온실에서 토마토 및 참외를 이용하여 시험하였다. 전처리에서 1배량으로 90% 이상의 높은 밀도억제 효과를 보인 것은 카두사포스입제, 다조메분제, 포스치아제이트입제였으며, 카보입제는 3배량에서 비슷한 밀도억제 효과를 나타냈고, 벤즈입제는 가장 효과가 낮았다. 후처리는 전처리에 비하여 대부분 약제들의 약효가 낮았는데, 후처리에서 가장 효과가 좋았던 약제는 포스치아제이트입제였다. 기준량의 약제로 전처리, 후처리를 통하여 모두 뿌리혹선충의 밀도를 효과적으로 억제할 수 있었던 것은 침투성 살선충제인 포스치아제이트입제였다.

검색어 - 땅콩뿌리혹선충, 비훈증제, 살선충제 후처리, 화학적 방제, 훈증제

성주지역의 참외재배법은 지난 10여년 간 많은 변화가 있었다. 예를 들어 과거에는 1월경 온실에 참외를 정식하여 5~6월경에 수확하고 그 이후에는 벼를 재배하는 윤작 방식이 주를 이루었으나(Choi and Choi, 1982), 지금은 1월경에 참외를 심어 5~6월에 수확하고 그 후 다시 신초를 키워 10월까지 계속 참외를 수확하는 연장 재배법이 주를 이루고 있다(Park, 2000). 이러한 연장재배법의 영향으로 이 지역 뿌리혹선충의 감염 정도는 과거보다 더욱 높아져서 지금은 성주의 시설재배지대에는 약 90% 정도의 포장에 뿌리혹선충에 감염되어있으며(Cho *et al.*, 2000; Park,

2000), 이러한 뿌리혹선충의 피해를 받은 포장은 6월 이후 참외가 고사하여 더 이상 수확이 불가능하다(Park *et al.*, 1995a, b; Kwon *et al.*, 1998).

뿌리혹선충의 방제법으로는 담전윤환, 객토, 태양열 소독, 약제방제, 저항성 품종, 저항성 윤작 등 여러 가지가 있는데, 농민들은 포장 조건, 방제효율, 경제성 등을 비교하여 여러 가지 방법 중 한두가지 방법을 선택하게 된다(Park *et al.*, 1995a, b; Chon, 1996). 성주 참외재배 농민의 많은 수가 3~5년마다 객토를 하고 있지만 노력과 비용이 많이 들고, 방제법 중에서 가장 간편한 방법은 살선충제를 이용하는 것이다. 살선충제

는 작물을 심기전, 즉 선충이 뿌리 내로 침입하기 전에 미리 토양에 처리하는 것이 원칙이며, 국내에서 품목 고시된 모든 살선충제들은 작물재배 중에는 사용할 수 없도록 되어있다(농약사용지침서, 2000). 최근 비닐하우스의 보급과 토양 멀칭재료 및 관수자재의 발달로 많은 농가들이 점적호스를 이용하여 포장에 관수를 하고 있으며, 6월 이후 죽어 가는 참외를 두고 보지 못한 몇몇 농가에서는 이 점적 관수호스를 통한 살선충제의 처리 방법을 시험장으로 문의해오고 있다(Kim, pers. comm.). 그러나 작물 재배기간 중의 살선충제 처리는 방제의 효율면이나, 식물체에 대한 약해, 특히 과채류내의 농약잔류성 문제로 매우 신중히 다루어야 한다. 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 관주 (Minton *et al.*, 1981; Griffin, 1989; Ingham *et al.*, 1991; Johnson *et al.*, 1992; 1987)하거나 잎에 살포 (Meher *et al.*, 1984; Kaul and Sethi, 1987)하여 토양의 뿌리혹선충이나 씨스트 선충을 방제하기 위한 실험이 수행되었는데, 그 효과는 재배작물이나 선충의 종류에 따라 차이가 있었다. 국내에서는 권 등 (Kwon *et al.*, 1998)이 4종의 살선충제를 이용하여 전처리로 뿌리혹선충 방제효과를 시험하였으나, 아직까지 후처리에 의한 살선충제의 방제효과, 후처리 방법 및 약해 등에 관하여 시험된 것이 없어 이 실험을 실시하게 되었다.

재료 및 방법

살선충제의 약효 검증

살선충제의 종류별 처리방법(전처리, 후처리)과 처리량에 따른 뿌리혹선충의 밀도억제효과 및 약해를

비교하기 위하여 국내에서 유통되고있는 농약 중에서, 외국에서 살선충제로 사용되었던 약제를 모두 포함하였다. 살선충제의 종류는 수십 가지가 있으나 EDB, oxamyl, phorate, sebufos 등은 아직 국내에 알려지지 않았고, 국내에 알려진 살선충제 중에서 fenamiphos는 장기 미등록으로 1990년 품목폐기, aldicarb는 맹독성으로 1991년 등록 취하, 이소펜포스입제, 싸이론훈증제는 생산 중지 및 수입 제한, 에토프입제는 일일섭취량 문제로 과채류에서는 등록 곤란 (Kim, Pers. comm.), 메탐소디움액제는 실험이 실시된 1999년에는 아직 등록되지 않았다. 시험에 사용된 약제는 다조메분제 (Alam and Khan, 1983), 벤즈입제 (Jain *et al.*, 1988), 아사자포스입제 (Jorgenson, 1984), 카두사포스입제 (Ibrahim and Haydock, 1999), 카보입제 (Badra and Caveness, 1983), 타보입제 (Jorgenson, 1984), 포스치아제이트입제 (Rich *et al.*, 1994; Kimpinski *et al.*, 1997), 아조포유제 (Jorgenson, 1984; Ayers *et al.*, 1989) 등 8종이었다 (Table 1).

시험에 사용된 뿌리혹선충은 성주과채류시험장내 뿌리혹선충 증식포의 토양을 채집하여 사용하였으며, 뿌리혹선충의 종은 perineal pattern과 판별폼종을 이용하여 판정하였다 (Hartman and Sasser, 1985). 채집한 흙은 직경이 2-mm되는 체로 쳐서 굵은 돌과 식물 뿌리 등을 골라내고, 3번 이상 잘 섞어 선충의 밀도를 균일하게 한 후, 직경 10-cm 토화분에 담았다. 시험전 토양의 뿌리혹선충 유충 밀도는 토양을 잘 섞은 후 그 중에서 토양 300 cm³를 취하고 원심분리법 (Southey, 1986)으로 선충을 분리하여 검정하였으며, 시험전 토양의 뿌리혹선충, *M. arenaria* 유충의 밀도는 3반복 평균 620마리/100 cm³ 토양이었다.

약제 처리는 작물을 심기전에 처리하는 전처리와 작물을 심은 후 처리하는 후처리로 하였는데, 약제 처리 방법은 Hickey (1986)의 방법을 참고로 하였다. 전

Table 1. List of nematicides used in experiments and their characteristics

Pesticides	Target pests	Mode of action ¹	Application amount	
			10a (%)	pot ²
Benfuracarb (G) ³	Insects, mites, nemas	RC, Sys	4 kg (3%)	40 mg
Cadusafos (G)	Soil insects and nemas	RC	3 kg (3%)	30 mg
Carbofuran (G)	Insects, mites, nemas	RC, Sys	3-5 kg (3%)	40 mg
Dazomet (D)	All soil pests organisms	Fum	20-30 kg (85%)	300 mg
Fosthiazate (G)	Nemas	RC, Sys	4-6 kg (5%)	60 mg
Isazofos (G)	Soil insects	RC	6 kg (3%)	60 mg
Triazophos (E)	Insects, mites, and nemas	RC	2l (40%)	0.02 ml
Turbufos (G)	Soil insects, nemas	RC	6 kg (3%)	60 mg

¹ Fum, fumigants; RC, residual contact pesticides; Sys, systemic plant pesticides.

² Pot contained ca. 560 g soil (dry wt.).

³ G, granular; E, emulsifiable conc.; D, dust.

처리 방법은 먼저 3개 화분 분량의 토양과 3개 화분 분량의 약제를 함께 큰 비닐봉투에 넣고 세게 흔들어 잘 섞은 다음, 3개의 토화분에 각각 나누어 담았다. 약제 사용량은 전처리, 후처리 모두 1배량(기준량), 2배량, 3배량으로 하였다(Table 1). 약제 처리 1주일 후 부농상토에서 미리 육묘시켜둔 4엽기의 Rutger 토마토(Hartman and Sasser, 1985)를 한 화분 당 한 포기씩 옮겨 심었으며, 각 처리별 3반복으로 하였다. 훈증제인 다조메분제 처리는 토양과 다조메분제를 비닐봉투에 넣어 충분히 섞고, 물을 첨가하여 다조메분제의 약효를 활성화 시킨 후, 1주일동안 비닐봉투를 밀봉하여 훈증하였다. 훈증 후 화분에 담아 1주일간 가스를 제거한 후, 한 화분에 토마토를 한 포기씩 심었다. 대조구로는 선충이 감염된 토양에 농약을 처리하지 않은 "선충감염 대조구"와 선충이 감염된 토양을 고압살균(121°C, 1시간)한 "선충 무감염 대조구"를 두었으며 대조구는 각각 5반복으로 하였다. 재배는 성주과채류 시험장 온실에서 5월 20일~7월 22일 사이에 하였다.

후처리 방법(Hickey, 1986)은 먼저 토화분에 토양을 담고, 부농상토에서 미리 육묘시켜둔 4엽기의 Rutger 토마토를 한 화분에 한 포기씩 옮겨 심었다. 심은지 2주일 후 뿌리가 활착하고 뿌리혹선충이 뿌리 내로 침입하였을 때, 각각의 살선충제를 물에 녹여 화분 위 토양 표면에 처리하였다. 주입량을 정확하게 하기 위하여 정량 보다 3배량의 살선충제를 물 9 ml에 넣고 약 10분간 교반기를 이용하여 녹인 후 3개의 화분에 각 1 ml씩 주입하였다. 약제 처리 10시간 전부터 화분에 물을 주지 않고 화분의 흙을 말려, 농약의 토양내 흡수가 용이하도록 하였으며 농약을 처리한 후에는 표면의 흙을 살짝 긁어 농약과 흙을 섞어주었다. 약제 처리 약 1시간 후 물이 화분의 밑으로 스며 나오지 않을 정도로 위에서 관수하였다(Hickey, 1986).

살선충제 후처리 약해 시험

후처리시, 살선충제 농도별 약해 시험은 금싸라기는 천참외 묘종을 이용하였다. 참외는 신토좌에 접목하여 직경 10-cm의 비닐꽃대에 한 포기씩 옮겨 심었으며, 육묘 40일 후 위에서 설명한 방법으로 농약을 물에 타서 처리하였다. 처리량은 1배량(기준량), 2배량, 4배량, 8배량으로 하였고, 무처리에는 같은 양의 물을 주입하였으며 각 처리 당 5반복으로 하였다. 약제처리 40일 후 지상부를 지제부 부위에서 끊어 식물체의 생체중을 조사하였다.

조사방법

약효 조사는 전처리, 후처리 모두 시험 62일 후 하였는데, 식물체 무게는 식물체를 지제부 부근에서 끊어 생체중을 조사하였고, 뿌리는 토화분을 비우고 뿌

리를 물로 조심스럽게 씻어 뿌리에 붙은 흙을 조심스럽게 제거한 후 뿌리무게를 측정하였다. 뿌리혹선충의 난량조사는 뿌리의 무게를 측정 후 Phloxin B 용액(15 mg/l)에 15분간 염색하여 흰색용기에 담아 뿌리에 생긴 붉게 염색된 난량의 수를 계수하였다(Taylor and Sasser, 1978). 모든 시험 자료는 SAS GLM procedure를 이용하여 분석하고 Waller-Duncan K-ratio T test(K ratio=100)를 이용하여 분석하였다(SAS, 1990).

결 과

처리방법(전처리, 후처리)간 높은 유의성이 인정되어 전처리의 효과가 후처리에 비하여 높다는 것을 알 수 있었고, 살선충제의 종류가 살충제 처리 배율보다 높은 유의성을 보였는데, 그 차이는 뿌리에 생긴 난량수에서 뚜렷하게 나타났다(Table 2).

Table 2. Statistical comparisons of nematicides experiment with *Meloidogyne arenaria* on *Lycopersicon esculentum* cv. Rutger

Factor	Plant	Root	Egg mass
Application methods	***	***	***
Pre-treatment			
Chemicals	*	*	***
Application rates	NS	*	***
Chemical*Rate	NS	NS	**
Post-treatment			
Chemicals	NS	***	***
Application rates	NS	NS	*
Chemical*Rate	NS	NS	NS

Treatments were replicated three times in d-10-cm clay pot. *, **, *** = significantly different at $P < 0.05, 0.01,$ and $0.001,$ respectively, based on GLM. NS, not significantly different.

살선충제의 전처리 효과

벤즈입제를 제외한 대부분의 살선충제들이 높은 뿌리혹선충의 밀도 억제 효과를 보였다(Table 3). 1배량 처리에서 90% 이상의 높은 약효를 보인 것은 카두사 포스입제, 다조메분제, 포스치아제이트입제였으며 이들은 약량이 많아지더라도 그 효과는 비슷하였다. 아조포유제는 1배량 처리에서 90% 이상의 높은 약효를 보였으나 2배량 처리에서 뿌리혹선충의 난량이 1배량 처리보다 더 많이 생겨 추가 검정이 필요하였다. 중간 정도의 밀도 억제효과(75~95%)를 보이는 것은 아사조포스입제, 타보입제였으며, 약량의 증가에 따른 유의성은 없었다. 카보입제의 기준량 처리는 약 50%의 밀도 억제 효과를 보였는데, 카보입제로서 포스치아제

Table 3. Effects of pre-treatment of nematicides on plant weight, root weight and reproduction of *Meloidogyne arenaria* on *Lycopersicon esculentum* cv. Rutgers in pot trial

Treatment	Application rates			WDKT ² <i>P</i> < 0.05
	1X ¹	2X	3X	
Number of egg mass/plant				
Untreated control	1,340	1,340	1,340	—
Steam-sterilized control	0	0	0	—
Benfuracarb	1,261 a	1,130 a	606 a	ns
Carbofuran	664 b	342 b	26 b	422.9
Cadusafos	3 c	4 c	0 b	ns
Dazomet	0 c	0 c	0 b	ns
Fosthiazate	4 c	0 c	0 b	ns
Isazofos	56 c	124 bc	83 b	ns
Triazophos	5 c	208 bc	61 b	94.4
Turbufos	322 c	170 bc	75 b	ns
Plant weight (g)				
Untreated control	32.0	32.0	32.0	—
Steam-sterilized control	44.6	44.6	44.6	—
Benfuracarb	34.3 ab	29.6	25.6 ab	ns
Carbofuran	23.4 b	22.5	21.2 b	ns
Cadusafos	34.4 ab	28.7	26.2 ab	ns
Dazomet	37.7 ab	30.3	37.9 ab	ns
Fosthiazate	21.2 b	19.6	23.4 ab	ns
Isazofos	54.6 a	47.0	25.5 ab	ns
Triazophos	19.9 b	55.2	44.0 a	28.7
Turbufos	24.6 b	35.3	24.4 ab	ns
Root weight (g)				
Untreated control	20.3	20.3	20.3	—
Steam-sterilized control	15.4	15.4	15.4	—
Benfuracarb	19.4	16.4 abc	13.5	ns
Carbofuran	18.2	14.1 abc	9.6	8.2
Cadusafos	11.9	9.1 c	9.1	ns
Dazomet	20.0	10.5 bc	11.6	ns
Fosthiazate	13.1	9.4 c	10.8	ns
Isazofos	15.5	16.9 ab	12.8	ns
Triazophos	10.1	18.7 a	12.7	7.6
Turbufos	13.2	12.1 abc	9.1	ns

¹ See Table 1.² Waller-Duncan K-ratio T test (K = 100).

Data are means of three replications in d-10-cm clay pots. Bold number in Table are significantly different (*P* < 0.05) from untreated control. Means followed by the same letter within column are not significantly (*P* < 0.05) different according to Waller-Duncan K-ratio T test and treatment effects were compared within chemicals.

Table 4. Effects of post-treatment of nematicides on plant weight, root weight and reproduction of *Meloidogyne arenaria* on *Lycopersicon esculentum* cv. Rutgers in pot trial

Treatment	Application rates			WDKT ² <i>P</i> = 0.05
	1X ¹	2X	3X	
Number of egg mass/plant				
Untreated control	976	976	976	—
Steam-sterilized control	0	0	0	—
Benfuracarb	983 ab	973 a	620 ab	276.3
Carbofuran	1,357 a	1,160 a	487 ab	ns
Cadusafos	443 bc	738 a	686 a	ns
Fosthiazate	13 c	11 b	8 b	ns
Isazofos	821 ab	770 a	440 ab	372.7
Triazophos	822 ab	683 a	582 ab	ns
Turbufos	495 bc	834 a	760 a	ns
Plant weight (g)				
Untreated control	40.1	40.1	40.1	—
Steam-sterilized control	50.4	50.4	50.4	—
Benfuracarb	39.7	40.0	38.7	ns
Carbofuran	42.1	39.0	46.5	ns
Cadusafos	33.6	23.9	32.1	ns
Fosthiazate	45.9	42.0	34.9	ns
Isazofos	35.4	51.4	45.4	ns
Triazophos	39.8	42.0	47.7	ns
Turbufos	22.1	31.2	26.2	ns
Root weight (g)				
Untreated control	22.8	22.8	22.8	—
Steam-sterilized control	17.1	17.1	17.1	—
Benfuracarb	24.1 a	28.6 a	20.0	ns
Carbofuran	24.7 a	24.5 a	19.8	ns
Cadusafos	12.7 bc	12.3 c	17.7	ns
Fosthiazate	10.9 c	13.0 bc	12.0	ns
Isazofos	17.6 abc	22.7 ab	20.0	ns
Triazophos	22.4 ab	21.5 abc	20.5	ns
Turbufos	14.6 abc	18.6 abc	12.4	ns

¹ See Table 1.² Waller-Duncan K-ratio T test (K = 100).

Data are means of three replications in d-10-cm clay pots. Bold number in Table are significantly different (*P* < 0.05) from control. Means followed by the same letter within column are not significantly (*P* < 0.05) different according to Waller-Duncan K-ratio T test and treatment effects were compared within chemicals.

이트와 같은 90% 이상의 밀도억제효과를 얻기에는 약 3배의 약량이 필요하였다(Table 3). 사용한 약제 중에서 가장 효과가 낮은 것은 벤즈입제로 3배 처리

에서 50%의 밀도 억제 효과는 인정되었으나 ($P=0.05$) 다른 살선충제에 비하여 그 효과가 낮았다.

식물체의 무게는 살선충제 배율이 높아질수록 무게가 적은 경향이었으나 무처리와 비교하여 유의성은 없었고, 1, 2, 3배량 처리 배율간 비교에서는 아조포유제에서만 유의성이 인정되었다 ($P=0.05$). 살선충제를 종류별로 비교하였을 때, 1배량 처리에서 식물체 무게가 가장 많은 것은 아사자포스입제 처리였고 가장 적은 것은 카보입제, 타보입제, 아조포유제, 포스치아제이트입제였다 (Table 3). 2배량 처리에서는 살선충제간 차이가 없었고, 3배량 처리에서는 아조포유제 처리에서의 식물체 무게가 가장 많았고 카보입제가 가장 적었다 ($P=0.05$). 뿌리무게는 살균토양, 살선충제 처리토양에서 무처리에 비하여 오히려 적었는데, 포스치아제이트입제, 카두사포스입제, 다조메분제 등 뿌리혹선충의 난량이 적은 곳에는 뿌리의 무게도 유의성있게 적어 ($P=0.05$), 뿌리의 무게는 무처리의 약 반정도였다 (Table 3).

살선충제의 후처리 효과

전체적으로 약제들의 뿌리혹선충 밀도 억제 효과는 전처리에 비하여 낮았는데 (Table 4), 가장 효과가 높은 약제는 포스치아제이트입제로 1, 2, 3배량 처리 모두 90%의 높은 밀도억제 효과를 보였다. 후처리에서 타보입제 (1배량), 이사자포스입제 (3배량), 카보입제 (3배량)는 무처리에 비하여 약 50%의 밀도 억제 효과가 있었으며 ($P=0.05$), 전처리에서 효과가 높았던 다

조메분제는 훈증제로 후처리가 불가능하였다.

식물체의 무게는 살선충제 배율에 따른 또는 살선충제의 종류별 비교에서 유의성이 없었으며, 뿌리무게는 전처리와 같은 경향으로, 뿌리혹선충의 난량이 많을수록 무게가 많은 경향이었는데, 카두사포스입제 (1, 2, 3배량), 포스치아제이트입제 (1, 3배량), 타보입제 (3배량) 등은 뿌리무게가 11-18 g으로 무처리의 22.8 g에 비하여 적었다 ($P=0.05$).

살선충제의 약해 시험

살선충제의 처리 농도에 따른 약해는 벤즈유제 (2, 8 배량), 카두사포스입제 (8배량), 포스치아제이트입제 (8 배량), 등이 무처리에 비하여 식물체의 무게가 적어 ($P=0.05$) 약해가 인정되었고, 반면 타보입제 (8배량)는 약량이 많아질수록 식물체 무게가 증가하여 8배량에서는 무처리에 비하여 높았다 ($P=0.05$, Table 5).

고 찰

이번 실험에 공시된 살선충제 중에서, 기준량으로 전처리, 후처리 모두 땅콩뿌리혹선충, *M. arenaria*의 밀도를 효과적으로 억제할 수 있었던 것은 포스치아제이트입제 (ISK Bioscience)였다. 특히 후처리에서 90% 이상의 높은 밀도 억제 효과를 보인 것은 포스치아제이트입제가 유일하였는데, 이것은 포스치아제이트입제가 침투성이기 때문으로 생각된다. 포스치아제이트는 aldicarb 등의 약제에 비해서는 비교적 새로운 organophosphorus계 살선충제로 미국의 Georgia에서 땅콩뿌리혹선충, *M. arenaria*, 방제 (Minton *et al.*, 1993), Florida에서 담배 뿌리혹선충, *M. javanica*, 방제 (Rich *et al.*, 1994), 캐나다에서 감자 뿌리썩이선충, *Pratylenchus penetrans*, 방제 (Kimpinski *et al.*, 1997) 등에 사용되어 효과가 인정된 바 있으며, aldicarb는 포유류에서 급성독성을 나타내나 (Marshall, 1985) 포스치아제이트는 aldicarb보다 독성이 약한 것으로 알려져 있어 (Woods *et al.*, 1991), 앞으로 포스치아제이트입제를 이용한 후처리 선충 방제법을 연구할 필요가 있다고 생각된다. 그러나 약해시험에서 포스치아제이트가 후처리된 식물체의 무게는 무처리에 비하여 전반적으로 적었고 8배량에서는 약해가 인정되어 (Table 5), 포스치아제이트 후처리시, 특히 어린 식물체 등에는 약해가 염려됨으로 앞으로 작물별, 생육 시기별로 약해 검정이 먼저 되어야 할 것이다. 또 포스치아제이트입제는 침투성 살선충제로 식물체내 잔류성이 문제가 될 것임으로 후처리시 반드시 이 부분의 연구가 선행되어야 할 것이고, 따라서 과채류보다는 식물체내 잔류성의 문제가 적은 국화잎선충 방제용 등 화훼류에서 그 이용가능성이 높다고 하겠다.

Table 5. Effects of post-treatment of nematicides on plant weight of oriental melon, *Cucumis melo* L.

Treatment	Application rates				WDKT ² $P < 0.05$
	1X ¹	2X	4X	8X	
Untreated control	17.4	17.4	17.4	17.4	-
Benfuracarb	15.1	13.0	14.6	10.8	ns
Cadusafos	14.2	17.7	16.2	13.2	ns
Carbofuran	14.5	20.1	15.8	15.5	ns
Fosthiazate	15.4	15.9	14.0	10.5	ns
Isazofos	19.1	20.2	15.6	17.7	ns
Triazophos	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	ns
Turbufos	17.8	16.9	20.5	22.6	ns
WDKT	ns	ns	ns	ns	

¹ See Table 1.

² Waller-Duncan K-ratio T test (K = 100).

Data are means of five replications in d-10-cm vinyl pots. Bold number in Table are significantly different ($P < 0.05$) from control. Treatment effects were compared within chemicals in a rate and among application rates in a chemical: ns, not significantly different.

n.o.: not observed.

카두사포스입제(FMC Corporation)는 전처리에서는 매우 효과가 높았으나 후처리에서는 효과가 낮았다(Table 4). 카두사포스는 침투성농약이 아닌 접촉성 살선충제로 토양에 오랜 기간 잔류하면서 선충의 부화 억제, 이동 방해, 뿌리내로의 침입을 억제하는 작용이 있다(Ibrahim and Haydock, 1999). 그러므로 뿌리혹선충이 뿌리로 침입하기 전인 전처리에서는(Table 3) 효과가 높았지만 선충이 이미 뿌리로 침입한 후인 후처리에서는(Table 4) 효과가 낮은 것이 아닌가 한다. 카두사포스입제는 저독성농약이나 미국내에서는 사용이 금지되어있고 멕시코, 구아테말라, 온두라스 등 중남미 바나나 생산국에서 많이 사용을 하며, 미국내 수입하는 바나나에서의 잔류허용기준치는 0.01 ppm이다(EPA, 1999)

아사자포스입제, 아조포유제, 타보입제, 카보입제(3배량) 등은 전처리에서는 선충밀도 억제 효과가 인정되었으나 후처리에서는 효과가 매우 낮았다. 침투성농약인 카보입제는 3배량의 고배율로 처리하면, 전처리에서 95% 밀도억제 효과, 후처리에서 50%의 밀도억제 효과를 보였다. 카보입제는 농약 가격이 포스치아제이트입제의 약 1/10, 카두사포스입제의 약 1/8에 불과하기 때문에 3배량을 처리하더라도 가격면에서는 경쟁력이 있다. 그러나 3배량 사용으로 인한 토양내 잔류성 문제, 지하수 오염문제 등을 고려해야 할 것이다. 카보입제는 보통독성농약으로 분류되어 있으며 미국내 건포도에서 농약잔류허용 기준치는 2.0 ppm이다(EPA, 1998).

이상의 결과로 보아 대부분의 살선충제는 반드시 전처리를 하여야 하겠고, 후처리의 효과는 포스치아제이트입제에서만 가능성이 보였다. 그러나 포스치아제이트를 후처리하기 위해서는 식물체내 잔류성 연구가 반드시 선행되어야 하겠고, 따라서 화훼류 등에서는 그 이용가능성이 높다고 하겠다.

인 용 문 헌

- Alam, M.M. and A.M. Khan. 1983. Control of plant parasitic nematodes with Vydate, VC-13 and dazomet. *Indian J. Nematol.* 13: 106~110.
- Ayers, A.R., H.E. Duncan, K.R. Barker and M.K. Beute. 1989. Effects of crop rotation and nonfumigant nematicides on peanut and corn yields in fields infested with *Criconebella* species. *J. Nematol.* 21: 268~275.
- Badra, T. and F.E. Caveness. 1983. Effects of dosage sequence on the efficacy of nonfumigant nematicides, plantain yields, and nematode seasonal fluctuations as influenced by rainfall. *J. Nematol.* 15: 496~502.
- 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.
- Choi, D.R. and Y.E. Choi. 1982. Survey on plant parasitic nematodes in cropping by controlled horticulture. *The Korean J. Plant Protec.* 21: 8~14.
- EPA. 1998. Carbofuran (Furadan) consolidation of tolerance regulations 1/98. *Federal Register.* 63: 2163~2167.
- EPA. 1999. Cadusafos (Rugby, Apache) availability of revised risk assessment 6/99. *Federal Register.* 64: 36683~36685.
- Griffin, G.D. 1989. Comparison of fumigant and nonfumigant nematicides for control of *Meloidogyne chitwoodi* on potatoes. *J. Nematol.* 21(4S): 640~644.
- Hartman, K.M. and J.N. Sasser. 1985. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential host test and perineal-pattern morphology, pp. 69~77. In: *An advanced Treatise on Meloidogyne*. Vol. II. Eds K.R. Barker, C.C. Carter & J.N. Sasser. North Carolina State University, Raleigh, N.C. 223pp.
- Hickey, K.D. 1986. Methods for evaluating pesticides for control of plant pathogens. *APS Press.* 312pp.
- Ibrahim, S.K. and P.P.J. Haydock. 1992. Cadusafos inhibits hatching, invasion, and movement of the potato cyst nematode *Globodera pallida*. *J. Nematol.* 31: 201~206.
- 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.
- Jain, R.K., I.J. Paruthi and D.C. Gupta. 1988. Control of root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) in tomato through nursery bed treatment alone and in combination with application of carbofuran at transplanting. *Indian J. Nematol.* 18: 340~341.
- 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(4S): 648~655.
- Jorgenson, E.C. 1984. Nematicides and nonconventional soil amendments in the management of root-knot nematode on cotton. *J. Nematol.* 16: 154~158.
- 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.
- Kimpinski, J., W.J. Aresenault and J.B. Sanderson. 1997. Fosthiazate for suppression of *Pratylenchus penetrans* in potato on Prince Edward Island. *J. Nematol.* 29(4S): 685~689.

- 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.
- Marshall, E. 1985. The rise and decline of Temik. Science 229: 1369~1371.
- 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.
- Minton, N.A., T.B. Brenneman, K. Bondari and G.W. Harrison. 1993. Activity of fosthiazate against *Meloidogyne arenaria*, *Frankliniella* spp., and *Sclerotium rolfsii* in peanut. Peanut Science 20: 66~70.
- 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, B.S. Choi, W.S. Lee and Y.E. Choi. 1995a. Studies on integrated control against root-knot nematode of fruit vegetable (Oriental melon and Cucumber) in vinyl house. Korean J. Appl. Entomol. 34: 75~81.
- Park, S.D., T.Y. Kwon, H.S. Jun and B.S. Choi. 1995b. The occurrence and severity of damage by root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in controlled fruit vegetable field. RDA J. Agric. Sci. 37(C.P.): 318~323.
- Rich, J.R. R.A. Dunn, W.D. Thomas, J.W. Breman and R.S. Tervola. 1994. Evaluation of fosthiazate for management of *Meloidogyne javanica* in Florida flue-cured tobacco. J. Nematol. 26(4S): 701~704.
- 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 J.N. Sasser. 1978. Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). North Carolina State Univ. Raleigh. 111 pp.
- Woods, A.C., J.R. French and M. Ichinohe. 1991. Toxicology and spectrum of nematicidal and insecticidal activity of a new organophosphorus compound. J. Nematol. 23: 556 (Abstr.).

(2001년 1월 9일 접수; 2001년 2월 17일 수리)