농약과학회지 (Korean J. Pestic. Sci.)
Vol. 23, No. 2, pp. 96-101 (2019)
Open Access https://doi.org/10.7585/kjps.2019.23.2.96
ORIGINAL ARTICLES

Online ISSN 2287-2051
Print ISSN 1226-6183

무 뿌리썩이선충에 대한 살선충제의 방제효과 및 무 품질에 미치는 영향

박성호* · 김나래 · 김성민
바이엘크롭사이언스㈜ 부설연구소

Efficacy of Nematicides against Root Lesion Nematode (*Pratylenchus* spp.) and their Effect on the Yield in Radish

Sung-Ho Park*, Na-Rae Kim and Sung-Min Kim
R&D center Bayer CropScience Ltd., Pyeongtaek, Gyeonggi 17711, Republic of Korea

(Received on April 26, 2019. Revised on June 12, 2019. Accepted on June 14, 2019)

Abstract To investigate the control efficacy of three nematicides against root lesion nematode (RLN) (*Pratylenchus* spp.) and their effects on the yield in radish, were conducted in pot and field experiments. In the pot experiment, the control efficacy against RLN was 90.1% by Fluopyram GR treatment, 87.9% by Imicyafos GR treatment and 84.6% by Fosthiazate GR treatment at 30 days after application. At 60 days after application, the control efficacy was 90.0, 88.5 and 85.2% respectively. In the field experiment, damage index by RLN on radishes was 81.8 in control, 62.7 by Fluopyram treatment, 66.5 by Imicyafos and 68.9 by Fosthiazate. The control efficacy of Fluopyram against RLN was 84.6, 76.4% of Imicyafos and 61.5% of Fosthiazate at 60days after application. At 90 days after application, the control efficacy were 74.8%, 51.1% and 45.4% respectively. The total fruit weight of the grade A and B radishes based on the quality classification guideline at harvest were increased as 110.4% by Fluopyram treatment, 109.5% by Imicyafos and 107.3% by Fosthiazate in comparison with the control as 100%. The raw income rate based on the distribution price of each class were increased as 120.5% by Fluopyram treatment, 118.2% by Imicyafos and 110.6% by Fosthiazate in comparison with the control as 100%. These results showed that the quality of radish was improved by controlling of nematodes by nematicide-treatment and as a result, it was effective to significantly increase the raw income

Key words Fluopyram, Fosthiazate, Imicyafos, *Pratylenchus*, Root Lesion nematode, Yield,

서 론

우리나라에서 농작물에 피해를 주는 식물기생성 선충류는 12과 42속 132종이 보고되어 있으며(Choi, 2001) 그 중 경제적인 면에서 중요하게 여겨지는 선충은 *Meloidogyne*속에 속하는 뿌리혹선충류, *Pratylenchus*속에 속하는 뿌리썩이선충류, *Aphelenchoides*속에 속하는 잎선충류가 대표적이다 (Kim, 1989).

특히 뿌리썩이선충류(*Pratylenchus* spp.)는 전세계적으로 양파, 가지, 알팔파, 사과, 토마토, 콩, 배추, 샐러리, 당근, 상추, 딸기, 담배 등 매우 다양한 작물에 수확량 감소, 품질저하 등의 경제적 피해를 주는 식물기생선충의 하나로 알려져 있으며 이동성 내부기생성 선충으로서 식물체의 뿌리와 토양을 오가며 구침을 이용해 기주식물 뿌리의 영양분을 흡즙하며 밀도가 높을 경우 뿌리조직의 괴사를 유발하여 발육이 억제되거나 부패하게 되는데 이로 인하여 지상부가 왜화되거나 황화 현상이 나타나게 된다 (Castillo and Vovlas, 2007). 또한 뿌리썩이선충은 병반을 통해 토양 내 곰팡이나 세균과 같은 식물병원성미생물의 침입으로 인한 시들음증상의 발생원인이 되기도 하는데, 특히 완두콩, 고추, 토마토 등의 작물에서는 뿌리썩이선충으로 인해 토양병이 심화되는 것으로 보고되었고, 무의 경우 표피에 괴사병반의 흔적이 심할 경우에는 수확 후

*Corresponding author
E-mail: sungho.park@bayer.com

출하 시 상품화에서 완전히 배제되는 주요 원인이 되고 있다(Duncan and Moens, 2006).

뿌리썩이선충의 기주식물 중 하나인 무(*Raphanus sativus* L.)는 배추과(*Brassicaceae*)에 속하는 작물로써 뿌리뿐만 아니라 잎까지 식용이 가능한 대표적인 근채류이며(Prakash and Hinata, 1980) 국내에서는 배추와 함께 김치의 주재료로 이용되고 있고, 세계적으로도 널리 생산, 소비되고 있는 농가 소득 작물 중 하나로 재배 기술의 발달로 연중 생산이 가능하여 봄무, 고령지무(여름무), 가을무, 월동무로 재배작형이 구분된다(Choi et al., 2018). 국내 무 재배 면적은 2018년 22,406 ha인데 이들 중 제주지역에서만 가능한 재배 작형인 월동무는 꾸준히 재배면적이 증가하여 2018년 7,564 ha에 이르고 있다(KOSIS, 2019).

국내에서 뿌리썩이선충에 관한 연구는 생강, 콩, 국화, 딸기를 대상으로 한 연구가 보고된 바 있으나(Kim et al., 2013; Ko et al., 2016, 2017; Cho et al., 2017), 무에 대한 연구는 보고된 바 없으며 일본에서 무, 토란, 당근, 고구마와 같은 구근채소류에 대한 뿌리썩이선충의 피해 및 방제에 대한 연구가 보고 되었는데 뿌리썩이선충이 무 재배에 있어 중요한 장해요인 중 하나이고 비훈증 살선충제가 기존의 훈증제에 비해 방제효과가 우수하면서 비점오염 저감, 유용 토양 생물군에 대한 안전성 등으로 선호되고 있다고 보고되었다(Yamada, 2001; Wada et al., 2011).

일반적인 선충의 방제방법으로는 3~4년 주기의 토양개량, 담수 및 태양열 소독, 휴경, 답전윤환, 윤작, 객토, 저항성 품종의 육종, 비 기주 작물과의 윤작, 유인작물재배 등을 이용한 경종적 방제, 살선충제를 이용한 화학적 방제, 포식성 곰팡이 등을 이용한 생물학적 방제 등 다양한 방법 등이 알려져 있다 (Duncan and Noling, 1998; Lee et al., 2017)

한편 국내에서 뿌리썩이선충 방제를 위해 등록되어 있는 살선충제로는 다조멧(Dazomet)입제, 이미시아포스(Imicyafos) 입제, 포스티아제이트(Fosthiazate) 입제, 이미시아포스(Imicyafos)액제 등 4종이 딸기, 국화에만 등록되어 있으며 무 뿌리썩이선충을 대상으로 등록된 제품은 2019년 3월 현재 전무한 실정이다(KCPA, 2018)

Fluopyram은 2002년 채소류에 많이 발생되는 흰가루병, 잿빛곰팡이병균에 대한 살균효과가 보고되면서 2012년에 국내에 살균제로 등록되어 사용중인 succinate dehydrogenase 효소 저해제로서 특히 뿌리혹선충을 비롯한 콩 씨스트선충, 뿌리썩이선충 등 다양한 식물기생성 선충에 대한 살선충 효과가 추가로 확인되어 국내에서도 2016년부터 토양 혼화처리용 입제 제형으로 개발되어 오이, 수박, 참외 등의 뿌리혹선충을 대상으로 등록되어 사용되어 오고 있으며, Imicyafos는 2010년 일본에서 개발된 후 2011년부터 국내에서 딸기, 수박 등의 뿌리혹선충을 대상으로 사용되어 오고 있는 유기인계 살선충제이며 Fosthiazate는 1983년 개발되어 국내에는 1995년부터 다양한 채소작물의 뿌리혹선충을 대상으로 사용되어온 유기인계 살선충제이다(Broeksma et al., 2014; Faske and Hurd, 2015; KCPA, 2018).

따라서 본 연구는 제주도에서 주로 재배되는 월동무의 품질에 직접적인 피해를 주고 있는 뿌리썩이선충의 방제를 위하여 다양한 채소 작물에 살선충제로 등록되어 사용중인 Fluopyram 0.5% 입제, Imicyafos 5% 입제 그리고 Fosthiazate 5%입제의 무 뿌리썩이선충 방제효과와 무의 품질에 미치는 영향을 검정하여 무 재배지에서 뿌리썩이선충 방제제로 활용하기 위한 기초 자료를 확보하고자 수행 하였다.

재료 및 방법

실험 약제

본 연구에 사용된 살선충제는 Fluopyram 0.5% 입제(상표명 : 벨룸, 바이엘크롭사이언스㈜), Imicyafos 5% 입제(상표명 : 네마킥, ㈜경농), Fosthiazate 5% 입제(상표명 : 선충탄, 팜한농㈜)를 사용 하였다.

뿌리썩이선충의 분리 및 동정

실내 포트 검정에 이용된 뿌리썩이선충(*Pratylenchus* spp.)은 제주도 서귀포시 성산읍 소재 무 포장에서 채취해온 토양을 포트(가로 37 cm × 세로 29 cm × 높이 22 cm)로 옮겨 무 유묘를 정식한 후 45일 간 증식한 다음 300 cc의 토양을 각각 실내실험용 포트 수(총 20개)만큼 분취한 후 Baermann funnel법(Kaya and Stock, 1997)으로 토양 내 선충을 분리하여 생충밀도를 측정한 다음 부산대학교 생명산업융합연구원 선충연구센터에 동정을 의뢰하였다. 그 결과 총 20개 분리액 내에 뿌리썩이선충속(*Pratylenchus* spp.) 선충이 평균 403.6 ± 8.58마리를 확인하였고 각각의 분리액을 실내실험에 사용 하였다.

실내 포트 실험

뿌리썩이선충에 대한 각 약제의 방제 효과를 구명하기 위하여 경기도 평택시 진위면 소재 바이엘크롭사이언스㈜ 부설연구소의 유리온실에서 직경 20 cm, 높이 17 cm의 원형 포트에 멸균된 토양 4,712 cm^3를 채운 다음 Fluopyram 0.5% 입제를 500 g ai/ha, Imicyafos 5% 입제와 Fosthiazate 5% 입제를 각각 3,000 g ai/ha 기준으로 처리 후 골고루 혼화한 다음 무(품종 : 황토골드, 팜한농) 종자를 파종하였다. 그리고 미리 준비된 뿌리썩이선충(평균 403.6 ± 8.58마리) 분리액을 각 처리구에 접종하였고 약제 처리 후 30일과 60일 경과 시 각 처리 포트에 대한 뿌리썩이선충의 생충밀도를 조사하였으며 무처리를 포함하여 약제별로 각각 5반복으로 처리하였다.

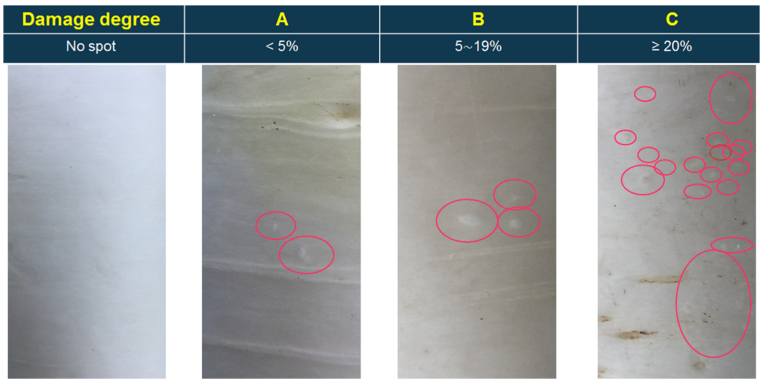

Fig. 1. Index of damage by nematode.

Table 1. Classification by quality index of radish harvested

Class	%Damage degree	Weight (kg)	Shape index[a)]
A	<5	1.8~2.2	2.299 ± 0.194
B	5~19	1.2~1.8, >2.2	2.203 ± 0.228
C	≥20	<1.2	2.146 ± 0.251

[a)]Shape index = length/width of radish.

포장 실험

무 뿌리썩이선충에 대한 각 실험약제의 방제효과를 구명하기 위한 포장 실험은 제주도 서귀포시 성산읍 소재 무 재배포장에서 수행하였다. 실험약제의 처리는 2018년 9월 6일에 하였고, 처리약량은 Fluopyram 0.5% 입제는 500 g ai/ha, Imicyafos 5% 입제와 Fosthiazate 5% 입제는 3,000 g ai/ha 기준으로 토양 표면에 처리한 다음 약 20 cm 깊이로 골고루 섞이도록 혼화하였다. 그리고 무(품종: 대기만성, 농우바이오) 파종은 2018년 9월 14일에 주간 20 cm, 열간 50 cm 간격으로 하였다. 각 처리구 면적은 20 m^2 넓이로 3반복으로 설치하였고, 약제 처리 30, 60, 90일 경과 후 각 처리구별로 6개 지점에서 약 1 kg의 토양을 채취한 다음 2 mm체를 통과시킨 후 300 cc를 Baermann funnel법을 이용하여 뿌리썩이선충을 분리한 다음 생충 밀도를 조사 하였다. 그리고 2019년 2월14일(약제처리 후 161일)에 무의 품질조사를 위하여 각 처리구 별로 무를 전량 수거하여 수량, 무게, 과형지수(과장÷과경) 및 무 표면의 뿌리썩이선충 피해율을 조사 하였다. 뿌리썩이선충에 의한 피해율은 Fig. 1의 기준으로 평가 하였는데 종합적인 품질평가는 제주 농협공판장의 품질 기준에 근거하여 Table 1에 기술된 각각의 기준에 부합하는 조건으로 A등급, B등급 그리고 C등급으로 분류한 다음 C등급에 해당하는 무는 출하 불가로 품질조사에서 제외하였으며 A등급과 B등급에 해당하는 무의 과중을 합한 값으로 무처리 대비 품질 및 조수익율을 비교 하였다. 조수익율은 2019년 2월 기준 제주 농협공판장 경매가를 각 등급별 무에 차등 적용하여 환산하였다.

결과 및 고찰

실내 포트실험

실내 포트실험에서 뿌리썩이선충에 대한 방제효과는 약제처리 후 30일 경과 시 Fluopyram 입제 처리에서 71.0%, Imicyafos 입제 처리 시 69.7%, Fosthiazate 입제 처리 시 69.0%로 모두 우수한 효과를 나타내었으며 약제 처리 60일 경과 시 Fluopyram 입제는 84.5%, Imicyafos 입제는 80.4% 그리고 Fosthiazate 입제는 78.3%의 방제효과를 나타내었는데 처리 약제 간 유의한 차이는 없었다(Table 2).

포장 실험

제주 월동 무 재배 포장에서 각각의 실험약제를 처리하여 뿌리썩이선충 방제효과를 조사한 결과 약제 처리 30일 경과 시 Fluopyram 입제 처리는 76.8%의 방제효과를 보였으며 Imicyafos 입제 처리는 78.4%, Fosthiazate 입제 처리는 57.2%의 다소 저조한 방제효과를 보였다. 약제 처리 60일 경과 시에는 Fluopyram 입제 처리 시 84.6%, Imicyafos 입제 처리는 76.4%, Fosthiazate 입제 처리는 61.5%의 방제효과를 보였으며 약제 처리 90일 경과 시 Fluopyram입제는 74.8%의 우수한 방제효과를 보였으나 Imicyafos 입제(51.1%)와 Fosthiazate 입제(45.4%)는 다소 저조한 방제효과를 보였다(Table 3).

Wada et al. (2011)의 보고에 따르면 Imicyafos와 Fosthiazate는 유기인계 살선충제로 침투이행성 약제로서 상대적으로 토양 중에서 신속하게 분해되는 특성을 가지고 있고

Table 2. Control efficacy of Fluopyram GR, Imicyafos GR and Fosthiazate GR against root lesion nematode (*Pratylenchus* spp.) in pot

Treatment	30 DAT[a)]		60 DAT	
	No. of nematode[b)]	Control efficacy[c)]	No. of nematode	Control efficacy
Fluopyram GR	205.2b[d)]	71.0a	77.6b	84.5a
Imicyafos GR	214.8b	69.7a	98.2b	80.4a
Fosthiazate GR	219.6b	69.0a	108.6b	78.3a
Control	708.0a	-	500.0a	-

[a)]Elapsed days after treatment of nematicides.
[b)]Number of living juveniles nematode in 300 cc soil.
[c)]Control efficacy; [(number of living nematode in control – number of living nematode in treatment)/number of living nematode in control] × 100.
[d)]Means followed by same letters within the column are not significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 3. Control effect of Fluopyram GR, Imicyafos GR and Fosthiazate GR against the *Pratylenchus* spp. on radish field

Treatment	Pre-density[a)]	30 DAT		60 DAT		90 DAT	
		No. of nematode[b)]	Control efficacy[c)]	No. of nematode	Control efficacy	No. of nematode	Control efficacy
Fluopyram GR	482.7 ± 167.4	142.0 ± 44.2	76.8a[d)]	158.0 ± 30.2	84.6a	154.0 ± 66.1	74.8a
Imicyafos GR	401.3 ± 113.8	110.0 ± 39.9	78.4a	206.0 ± 42.6	76.4a	258.0 ± 42.0	51.1b
Fosthiazate GR	454.7 ± 178.1	214.0 ± 52.4	57.2b	280.0 ± 71.6	61.5b	282.0 ± 49.1	45.4b
Control	302.7 ± 130.9	376.0 ± 81.9	-	634.0 ± 51.7	-	378.0 ± 37.5	-

[a)]Number of living juveniles nematode just before nematicides treatment in 300 cc soil.
[b)]Number of living juveniles nematode in 300 cc soil.
[c)]Control efficacy; [(number of nematode in control – number of nematode in treatment)/number of nematode in control] × 100.
[d)]Means followed by same letters within the column are not significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 4. Damage index by *Pratylenchus* spp. on the surface of radish in treatment of nematicide, Fluopyram GR, Imicyafos GR and Fosthiazate GR

Treatment	Total number of radish by damage rate			Damage index[b)]
	A[a)]	B	C	
Fluopyram GR	112.0 ± 2.65	56.6 ± 2.52	82.3 ± 4.51	62.7b[c)]
Imicyafos GR	93.5 ± 5.69	57.3 ± 7.51	96.3 ± 7.09	67.0b
Fosthiazate GR	83.0 ± 5.00	67.3 ± 3.06	100.3 ± 8.74	69.0b
Control	35.6 ± 5.13	67.0 ± 4.58	147.3 ± 4.04	81.6a

[a)]Damage rate by nematode: A; <5%, B; 5~19%, C; ≥20%, 'C' class means unmarketable level.
[b)]Damage index = [(1*N+2*N+3*N)/3*N]*100.
[c)] means followed by same letters within the column are not significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test

모화합물 기준으로 4종의 토양에서 DT_{50}은 18~36일이었으며 Fosthiazate 또한 유기인계 계통으로서 DT_{50}이 호기성 토양 조건에서 45일인 반면 Fluopyram은 Pyridinylethyl-benzamide계통의 약제로서 10종의 토양에서 DT_{50}이 중위값 123일로 비교적 토양 중 잔류기간이 유기인계 약제에 비해 긴 물리 화학적 특성을 가지고 있어 유기인계 계통의 두 약제에 비하여 약효 지속기간이 오래 지속됨으로써 약제처리 후 90일차에도 방제효과가 우수하게 나타난 것으로 판단된다(Kim et al., 2011; BCPC, 2012)

현재 농약등록시험 기준(RDA, 2018)에 의하면 살선충제의 뿌리썩이선충에 대한 품목등록시험 기준은 토양처리 시 약제처리 혹은 작물정식 40~60일 후 토양 중 생충수 성적으로 검토하고 있으나 제주 월동 무의 경우 재배기간이 평균 5개월로 매우 긴 점을 감안하면 정식시기에 살포되는 입제 제형의 살선충제는 약효의 지속 기간이 방제효과를 높이는데 있어 중요하므로 Fluopyram 입제의 경우 약제처리 후 90일 경과 시 높은 방제효과를 나타내는 것이 유의미한 것으로 판단되며 이러한 월동무 재배의 특성과 무 표면에 흑색의 괴저반점을 발생시키는 뿌리썩이선충의 생태적 특성으로 인해 방제효과가 저조할 경우 수확 후 출하 시 무 품질 저하의 직접적인 원인이 되므로(Kim et al., 2014) Fig. 1의 기준으로 피해율을 조사하였고, 그 결과는 Table 4와 같다.

Table 5. Quality of nematicide (Fluopyram GR, Imicyafos GR and Fosthiazate GR) treated radish in *Pratylenchus* spp. damaged radish field

Treatment	Yield (kg/plot)			Marketability (%)	Income(KRW)[b]			%Ratio	
	A	B	C[a]		A	B	A+B	Weight	Income
Fluopyram GR	106	179	92	76	40,810	61,850	102,660	110.4	120.5
Imicyafos GR	90	190	93	75	34,650	65,974	100,624	109.5	118.2
Fosthiazate GR	84	179	103	72	32,340	61,850	94,190	107.2	110.6
Control	70	168	103	70	26,950	58,212	85,162	100	100

[a]C -class is unmarketable radish and excluded from income.
[b]Distribution price for A-class is 385KRW per kg & for B-class is 347KRW per kg at farm gate (source Jeju-NH market, on Feb, 2019).

최상품인 A등급으로 분류된 무의 수는 Fluopyram 입제 처리구에서 가장 많은 112(44.6%)개로 나타났으며 Imicyafos 입제 처리구에서는 93.5(37.8%)개 였으며 Fosthiazate 입제 처리구에서는 83(33.1%)개였고, 무처리구에서는 35.6(14.2%) 개였다. 각 등급별로 분류된 무의 수에 따른 피해지수는 62.7~69.0수준으로 무처리의 81.6에 비해 낮은 지수를 보였다. 결과적으로 고품질의 무 생산을 위해서는 재배 기간 중 발생되는 병해충의 방제, 영양관리 등 매우 다양한 재배환경적 요인들이 수확물의 품질에 영향을 줄 수 있으나 토양 중 뿌리썩이선충의 피해 또한 품질에 영향을 주는 중요한 요인임을 확인하였다. 또한 농작물의 품질관리는 결국 농가소득과 불가분의 관계에 있으므로 Table 4에서 분류된 등급별로 무의 총 과중을 조사한 결과 무처리(100%) 대비 Fluopyram 입제 처리구는 110.4%, Imicyafos입제 처리구는 109.5%, Fosthiazate입제 처리구는 107.2%로서 수량(과중) 증수효과가 확인되었으며 기 조사된 총 과중을 기준으로 2019년 2월 기준 제주 농협공판장 경매가를 등급별로 차등 적용하여 전체 무에 대한 조수익을 처리구별로 비교해 본 결과 Table 5와 같았다.

Fluopyram 입제 처리구의 총 조수익율은 무처리(100%) 대비 120.5%였으며 Imicyafos입제 처리구는 118.2%, Fosthiazate입제 처리구는 110.6%로 각각 증가한 것으로 나타났다. 2017년 통계청 농가경제조사에 따르면 채소류의 경우 자가노동비를 제외한 총 농업경영비 중 농약비는 평균 3% 수준인 점을 감안하면 살선충제의 사용에 따른 추가비용 투입을 감안하더라도 3종의 살선충제 사용을 통한 뿌리썩이선충 방제는 무의 품질을 유의하게 개선하였고 따라서 농가의 소득 증가에 기여하였음을 확인 할 수 있었다.

Literature Cited

BCPC (2012) The pesticide manual (Sixteenth edition). BCPC, Alton, UK. pp.573-574.

Broeksma, A., K. Puetzkuhl, S. Lamprecht and H. Fuersch (2014) Velum® An evolutionary nematicide for efficient crop production. J. Nematol. 46:140-141.

Castillo, P. and N. Vovlas (2007) Pathogenicity of *Pratylenchus* species, In *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and management; Nematology Monographs and Perspectives, 6:325-354.

Cho, D. H., K. N. Park, Y. H. Kim, J. B. Ko and Y. J. Park (2017) Study on hot water immersion treatment for control of *Meloidogyne* spp. and *Pratylenchus* spp. in a ginger, *Zingiber officinale*. Kor. J. Appl. Entomol. 56(2):171-177.

Choi, S. K., S. H. Park and S. W. Jang (2018) Endless radish story. RDA Interrobang, 216:1-16.

Choi, Y. E. (2001) Economic insects of Korea 20. Nematoda (*Tylenchida, Aphelenchida*). Insecta Koreana Suppl. 27. Nat. Inst. Agr. Sci. & Tech. Junghaeng-sa, Suwon, Korea. pp.391.

Duncan, L. W. and M. Moens (2006) Migratory endoparasitic nematodes, In Plant nematology, 1st edition; Perry, R. N., Eds.; CAB International, Wallingford, UK. pp.123-152.

Duncan, L. W. and J. W. Noling (1998) Agricultural sustainability and nematode integrated pest management, In Plant and nematode interactions; Barker, K. R. (Eds.); American Society of Agronomy, Inc.: Madison, Wisconsin, pp.251-288.

Faske, T. R. and K. Hurd (2015) Sensitivity of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* to fluopyram. J. Nematol. 47(4):316-321.

Kaya, H. K. and S. P. Stock (1997) Techniques in insect nematology. In Manual of techniques in insect pathology; Lacey L. A.(ed.) Academic Press, New York. pp.281-324.

Kim, B. S. and B. H. Ko (2014) A study on the development of supply-demand outlook model for Jeju winter radish. J. Kor. Academia-Industrial Coop. Soc. 15(3):1471-1477.

Kim, C. S., S. H. Woo, M. K. Paek, J. B. Kim and J. E. Park (2011) The evaluation of environmental behavior of Imicyafos and calculation of its exposure concentration in water system. Kor. J. Pestic. Sci. Spring conference book, p.21.

Kim, D. G., I. S. Choi, Y. H. Ryu, C. S. Huh and Y. S. Lee (2013) Plant parasitic nematodes in soybean in Korea and their importance rating. Kor. J. Appl. Entomol. 52(4):327-333.

Kim, Y. J. (1989) Nematodes associated with ornamental plants

in Korea. Thesis on Doctor's degree, Graduate School, Kyungpook Nat. Univ. pp.1-93.
Ko, H. R., M. A. Lee, E. H. Kim, S. J. Kim and J. K. Lee (2016) Incidence of major plant-parasitic nematodes in main producing areas of strawberry in Korea. Res. Plant Dis. 22(4):249-256.
Ko, H. R., M. A. Lee, E. H. Kim, S. J. Kim and J. K. Lee (2017) Incidence of plant-parasitic nematodes in strawberry nursery and nematode dispersal by daughter. Res. Plant Dis. 23(2):186-192.
Korea Crop Protection Association (KCPA). (2018) Agrochemicals User's guide book, Korea Crop Protection Association. Seoul, Korea. pp.47-751.
Korea Statistical Information Service (KOSIS). (2019) Cultivation area of field vegetable. http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1ET0013&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=F1G&seqNo=&lang_mode=ko&language=kor&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE
Lee, H. R., J. H. Jung, M. J. Ryu and C. M. Ryu (2017) A new frontier for biological control against plant pathogenic nematodes and insect pests: by microbes. Res. Plant Dis. 23(2):114-149.
Prakash S., and K. Hinata (1980) Taxonomy, cytogenetics and origin of Crop Brassicas, a review. Op Bot. 55:1-57.
Rural Development Administration (RDA). (2018) Detailed guidelines of control efficacy and phytotoxicity for pesticide registration test-insectcides. Sammidesign Co., Jeonju, Korea, pp. 187-188.
Wada, S., K. Toyota and A. Takada (2011) Effects of the nematicide imicyafos on soil nematode community structure and damage to radish caused by *Pratylenchus penetrans*. J. Nematol. 43(1):1-6.
Yamada, M. (2001) Methods control of injury associated with continuous vegetable cropping in Japan. Japan Agricultural Research Quarterly. 35(1):39-45.

무 뿌리썩이선충에 대한 살선충제의 방제효과 및 무 품질에 미치는 영향

박성호* · 김나래 · 김성민
바이엘크롭사이언스㈜ 부설연구소

요 약 제주도 월동 무 재배지에서 무의 품질에 영향을 주는 것으로 알려진 뿌리썩이선충에 대해 살선충제 3종(Fluopyram 0.5% 입제, Imicyafos 5% 입제, Fosthiazate 5% 입제)의 방제효과와 무 품질에 미치는 영향을 알아보기 위하여 포트실험 및 포장실험을 수행하였다. 포트실험 결과 무 뿌리썩이선충에 대한 방제효과는 약제처리 후 30일 경과 시 Fluopyram입제 처리는 71.0%, Imicyafos입제 처리는 69.7%, Fosthiazate입제 처리는 69.0%였으며, 60일 경과 시에는 각각 84.5%, 80.4%, 78.3%의 방제효과를 보였고 약제 간 유의한 차이는 없었다. 포장실험 결과 뿌리썩이선충에 의한 무의 피해지수가 무처리구 81.5에 비해 Fluopyram처리 시 62.7로 가장 낮은 피해지수를 보였고, 뿌리썩이선충의 생충율에 따른 각 약제별 방제효과는 파종 60일 후 Fluopyram 처리구에서 84.6%, Imicyafos처리구는 76.4%, Fosthiazate처리구는 61.5%를 보였으며 약제처리 90일 후에는 Fluopyram처리에서 74.8%로 가장 높았다. 무의 수확 후 과중과 선충피해도 조사결과를 근거로 한 품질기준에 준하여 3단계로 분류한 다음 상품성이 있는 A등급과 B등급 무의 총 과중을 무처리구(100%)와 비교한 결과 Fluopyrma 처리구는 110.4%, Imicyafos처리구는 109.5%, Fosthiazate처리구는 107.2%로 높게 나타났으며 각 등급에 따른 무의 도매 출하가격을 적용하여 조수익율을 구한 다음 무처리(100%)와 비교해 본 결과 모든 약제 처리구에서 조수익 증가효과가 나타났다. 이러한 결과는 무 재배 시 살선충제 처리로 뿌리썩이선충을 방제함으로써 무의 품질이 증진되었고 결과적으로 농가의 조수익을 유의하게 증가시키는 효과가 있음을 확인하였다.

색인어 뿌리썩이선충, 수확량, 이미시아포스, 포스티아제이트, 플루오피람