

콜레마니진디벌에 대한 83종 농약의 독성평가 및 천적과 농약의 혼용에 의한 복숭아혹진딧물의 방제효과

김진주 · 서동규¹ · 김길하^{1*}

(주)세실 유용곤충부설연구소, ¹충북대학교 농업생명환경대학 식물 의학과

Evaluation of Toxicity of 83 Pesticides against Aphid Parasitoid, *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae), and Control Effects of the Green Peach Aphid, *Myzus persicae* with a Combination of Aphid Parasitoid and Pesticides

Jin-Ju Kim, Dong-Kyu Seo¹, Gil-Hah Kim^{1*}

Beneficial Insect Research Institute Sesil Corp, 135, Dongsan Ri, Yeonmu Eup, Nonsan Si, Chungcheongnam-Do, 320-833, Korea

¹Dept. of Plant Medicine, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

ABSTRACT : As the results achieved by the evaluation of toxicities on an aphid parasitoid, *Aphidius colemani* by 79 pesticides registered as horticultural pesticide and 4 adjuvants for pest control, 6 insecticides including a-cypermethrin, 13 fungicides including metalaxyl-M+mancozeb and 4 acaricides including bifenazate showed low toxicity against *A. colemani* adult. Low toxicity was showed in all the 4 adjuvants as well. In residual toxicity test from 40 pesticides which showed toxicity more than 50%, *A. colemani* was safe from 11 pesticides from the 3th day after treatment, 7 pesticides from the 5th day after treatment and 14 pesticides from the 7th day after treatment, respectively. But, chlorpyrifos-methyl, diflubenzuron+chlorpyrifos, etofenprox+diazinone and imidachloprid+chlorpyrifos showed high toxicities reaching 100%, 97.7%, 100% and 100% respectively, even from the 7th day after treatment. To evaluate the control effect by *A. colemani* against *Myzus persicae* in a greenhouse, *A. colemani* was released at parasitoid versus aphids rates of 1:50 and 1:100 when the population of *M. persicae* was 50 per plant. After release, aphids population remained steady for 20 days after release at the level of around 60 aphids per plant. During the investigation, insecticides for thrips control and fungicides for powdery mildew control were treated, but didn't affect the mummy forming of *A. colemani*. It may be suggested from these results that the selected insecticides, fungicides, acaricides and adjuvant could be incorporated into the integrated *M. persicae* management system with *A. colemani* on greenhouse cultivation.

KEY WORDS : *Aphidius colemani*, *Myzus persicae*, Residual Toxicity, Insecticides, Fungicides, Acaricides, Adjuvants

초 록 : 원예용 병해충 방제약제로 등록되어 있는 79종과 농약보조제 4종의 농약에 대하여 콜레마니진디벌 (*Aphidius colemani*) 성충에 대한 독성을 조사한 결과, a-cypermethrin 외 5종의 살충제와, metalaxyl-M+mancozeb 외 12종의 살균제, bifenazate 외 3종의 살비제가 독성이 낮았다. 그리고 농약보조제는 모두 낮은 독성을 보였다. 50%이상의 살충률을 보였던 40종의 약제에 대하여 잔류독성 평가를 수행한 결과, 11종의 약제가 처리 3일 이후에 콜레마니진디벌 성충에 안전하였고, 5일 이후에는 7종, 그리고 처리 7일

*Corresponding author. E-mail: khkim@chungbuk.ac.kr

이후에는 14종에 대하여 낮은 독성을 나타냈다. 그러나 chlorpyrifos-methyl, diflubenzuron+chlorpyrifos, etofenprox+diazinone, imidachloprid+chlorpyrifos 4종에 대해서는 7일차 이후에도 각각 100%, 97.7%, 100%, 100%의 높은 살충율을 보였다. 온실에서 콜레마니진디벌에 의한 복숭아혹진딧물의 방제효과를 조사하기 위하여, 복숭아혹진딧물의 밀도가 주당 50마리 일 때, 콜레마니진디벌을 50:1과 100:1의 비율로 방사하였다. 방사 후 진딧물 밀도가 크게 증가하지 않고, 20일차까지 지속적으로 60마리 수준으로 유지되었다. 조사기간 동안 흰가루병과 총채벌레 방제약제를 함께 처리하였으나, 콜레마니진디벌의 머미(mummy)형성에 영향을 미치지 않았다. 시설원예에서 콜레마니진디벌에 안전한 선택약제와 콜레마니진디벌을 함께 이용할 경우 효과적인 진딧물 방제가 가능할 것이다.

검색어 : 콜레마니진디벌, 복숭아혹진딧물, 잔류독성, 살충제, 살균제, 살비제, 보조제

콜레마니진디벌(*Aphidius colemani*)은 단독 내부기생벌(solitary endoparasitoid)로 아시아 지역으로부터 기원되었다(Stary, 1975). 최근에는 남아메리카, 아프리카, 그리고 오스트레일리아 등의 전 지역에 자연적으로 발생하며 복숭아혹진딧물을 포함한 진딧물아과(Aphididae)에 한정적인 특성이 있다(Stary, 1975). 전세계적으로 진딧물 천적으로 잘 알려져 있는 콜레마니진디벌은 유럽, 미국, 캐나다뿐만 아니라(van Steenis, 1995), 국내에서도 상업적으로 이용되고 있다(Kim, 2003).

최근에는 병해충 종합관리(IPM) 차원에서 천적에 독성이 낮은 선택성 약제를 선택·이용하여 천적과 해충의 밀도를 적정 수준으로 조절함으로써 보다 장기적인 방제 효과를 유지하고자 많은 연구가 이루어지고 있다(Croft, 1990; Zhang and Sanderson, 1990; Park et al., 1995; Kim and Lee, 1996; Kim and Paik, 1996a, b; Yoo and Kim, 2000; Choi et al., 2003). 국내의 천적에 대한 독성 연구로서 Moon et al. (2000)은 아메리카잎굴파리 기생봉인 *Hemipteroseus* sp.의 각 충태에 대해서 살충제의 영향을 조사하였다. Ahn et al. (2004a, b)은 칠레이리응애(*Phytoseius persimilis*)와 점박이응애(*Tetranychus urticae*)에 대한 선택성 살충제와 으름애꽃노린재(*Orius strigicollis*)에 대한 저독성 약제를 선발하였고, 농업과학기술원에서는 천적에 대한 저독성 약제 이용기술을 개발하여 오이이리응애(*Amblyseius cucumeris*), 나팔이리응애(*Amblyseius bakeri*), 굴파리좀벌(*Diglyphus isaea*), 진디좀벌(*Aphelinus asychis*) 4종의 천적에 대한 저독성 농약 선발 및 생물검정 기술에 관한 연구 보고가 있다(Choi et al., 2004). 그러나 콜레마니진디벌에 대해서는 천적유지식물을 이용한 진딧물의 방제효과에 관한 연구 보고가 있을 뿐(Kim and Kim, 2003), 독성 연구는 거의 없다.

이에 본 연구는 2003년부터 진딧물 방제 목적으로 시설원예농가에 보급되기 시작한 콜레마니진디벌에 대해서 원예용 병해충 방제에 등록된 농약으로 콜레마니진디벌

성충에 대한 저독성 약제를 선발하고, 잔류독성을 평가하여 화학적 방제와 생물적 방제, 경종적 방제를 종합적으로 활용하는 방제기술(Integrated Pest Management)의 기초 자료로 제시하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험곤충

콜레마니진디벌(*Aphidius colemani*)의 사육은 (주)세실부설유용곤충연구소에서 실시하였다. 기생벌은 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*)을 기주로 하였으며, 복숭아혹진딧물은 담배(*Nicotiana tabacum* L.)를 기주식물로 누대 사육을 하였다. 진딧물과 기생벌 탈출을 방지하기 위해 망사 케이지(50×45×40 cm)를 이용하였다. 실내 사육환경 조건은 온도 22~26°C, 광주기 16L:8D, 상대습도 50~70%로 하였다. 실험에 이용한 모든 콜레마니진디벌은 우화 후 24 h 이내의 교미된 산란경험이 없는 성충을 사용하였고, 성충의 먹이는 50%의 꿀물을 숨에 묻혀 공급하였다.

시험약제

본 시험에 사용된 약제는 모두 83종류로 살충제 47종류, 살균제 23종류, 살비제 9종류, 농약보조제 4종류에 대하여 조사하였다.

살충제는 진딧물류, 나방류, 총채벌레류, 가루이류 등의 해충방제 목적으로 시설농가에서 가장 흔하게 사용하는 약제를 선발하였고, 살균제는 병발생 빈도가 가장 높은 흰가루병, 탄저병, 노균병 등 병방제 목적으로 등록된 약제를 선발하였다. 또한 잎응애류 등의 방제에 사용하는 살비제 및 농약보조제 등을 이용하였으며, 이들의 일반명, 제형, 유효성분량 및 추천농도(ppm)는 Table 1과 같다.

Table 1. List of pesticides used to toxicity study of *Aphidius colemani*

Common name	AI(%) ^{a)} & formulation	Recommended conc. (ppm)	Common name	AI(%) ^{a)} & formulation	Recommended conc. (ppm)
Insecticides					
Organophosphates					
Acephate	50 WP	500	Etofenprox+diazinon	8+25 WP	80+250
Chlorpyrifos	25 WP	250	Furathiocarb+diflubenzuron	9+7 WP	90+70
Chlorpyrifos-methyl	25 EC	312.5	Imidacloprid+chlorpyrifos	2.5+15 WP	25+150
Dichlorvos	50 EC	500	Imidacloprid+methoxyfenozide	4+8 WP	20+40
Fenitrothion	50 EC	500	Methiocarb+imidacloprid	20+3 WP	200+30
Fenthion	50 EC	500	Others		
Flupyrzofos	10 EC	100	Cartap hydrochloride	50 SP	500
Methidathion	40 EC	400	Fipronil	5 SC	50
Phenthoate	47.5 EC	475	Fungicides		
Pirimiphos-methyl	25 EC	500	Azoxystrobin	10 WP	100
Carbamates					
Benfuracarb	30 EC	300	Benomyl	50 WP	325
Carbaryl	50 WP	500	Boscalid	47 WP	235
Carbosulfan	20 WP	200	DBEDC	20 EC	400
Furathiocarb	10 WP	100	Dichlofluanid	50 WP	1000
Indoxacarb	10 WP	50	Dimethomorph	25 WP	250
Methomyl	24.1 SC	241	Fenarimol	12.5 EC	41.9
Pirimicarb	25 WP	162.5	Fluazinam	50 WP	250
Thiodicarb	40 WP	400	Fludioxonil	20 SC	100
Pyrethroids					
Bifenthrin	2 WP	10	Iminoctadinetris	40 WP	400
Cypermethrin	5 EC	50	Kresoxim-methyl	42 SC	157.5
Deltamethrin	1 EC	10	Myclobutanil	6 WP	39
Esfenvalerate	1.5 EC	15	Nuarimol	6 WP	22.5
Etofenprox	20 EC	200	Prochloraz	25 WP	250
Tralomethrin	1.3 EC	26	S-metolachlor	25 EC	750
α -cypermethrin	3 EC	30	Tebuconazole	25 WP	12.5
λ -cyhalothrin	1 EC	10	Tetraconazole	12.5 EW	62.5
Antibiotics					
Emamectin benzoate	2.15 EC	10.8	Thiophanate-methyl	70 WP	700
Spinosad	10 WG	50	Triadimefon	5 WP	62.5
Neonicotinoids					
Acetamiprid	1.8 WP	40	Diethofencarb+carbendazim	25+25 WP	500
Clothianidin	8 SC	40	Metalaxyl-M+mancozeb	7.5+56 WP	1270
Dinotefuran	20 WG	200	Oxadixyl+mancozeb	8+56 WP	1280
Imidacloprid	10 WP	50	Thiophanate-methyl+triflumizole	45+15 WP	300
Thiacloprid	10 SC	50	Acaricides		
Thiamethoxam	10 WP	50	Abamectin	1.8 EC	6
Mixtures					
Acetamiprid+bifenthrin	2+1.5 WP	20+15	Acequinocyl	15 SC	150
Acetamiprid+etofenprox	25+8 WP	25+80	Bifenazate	23.5 WP	117.5
Cartap+buprofezin	50+10 WP	500+100	Chlorfenapyr	5 WP	50
Chlorfenapyr+bifenthrin	20+7 WP	200+70	Etoazole	10 SC	50
Diflubenzuron+chlorpyrifos	7+20 WP	70+200	Fenpropathrin	5 EC	50
Esfenvalerate+fenitrothion	1.25+15 WP	12.5+150	Fenpyroximate	5 SC	25
			Milbemectin	1 EC	10
			Pyridaben	20 WP	20
			Adjuvants		
			Cover	60 SL	300
			Polyoxy ethylene alkylary ether	10 SL	50
			Siloxane	30 SL	100.5
			Spreader-sticker	10+20 SL	50+100

^{a)} AI : Active Ingredient.

EC = emulsifiable concentrate, SC = suspension concentrate, SP = water soluble powder, WG = water dispersible granule, WP = wettable powder, EW= emulsion in water.

콜레마니진디벌 성충에 대한 독성검정

콜레마니진디벌 성충에 대한 농약의 접촉독성을 검정하기 위하여 유도검정법을 이용하였다. 파종 4주된 배추 유묘에 추천농도로 희석된 시험약제를 분무한 후 음건하

여 원통형 아크릴 용기(Ø9×15 cm)에 넣고 흡충기를 이용하여 콜레마니진디벌 성충 30마리를 접종하였다. 통풍을 위해 뚜껑에 망치리를 하였고 먹이로 50%의 꿀물을 적신 솜을 용기 안에 붙여 두었으며, 처리 24시간 후에 사충수를 조사하였다. 실험은 3반복으로 수행하였다. 시험조건

은 온도 22~26°C, 광주기 16L:8D, 상대습도 50~70%로 하였다.

잔류독성 평가

접촉독성 시험에서 콜레마니진디벌 성충에 대해 50% 이상의 살충률을 보인 약제를 대상으로 하였으며, 유묘검정법을 통하여 약제의 잔류독성 평가를 수행하였다. 파종 5주된 배추 유묘에 약제를 분무하고, 약제처리 1, 3, 5, 7일 후에 콜레마니진디벌 성충을 30마리씩 방사하여 24 시간 후 사충수를 조사하였으며 3반복으로 수행하였다. 성충에 대한 안전성 여부 판단은 IOBC/WPRS의 기준에서 정한 '유용생물에 대한 농약의 부작용 정도에 따른 등급'의 실내 기준에 따라 독성여부를 판단하였다(Hassan, 1992).

콜레마니진디벌과 저독성 농약을 병행한 방제효과 실험

실험은 충북대학교의 유리 온실에서 수행하였다. 실험에 사용된 케이지는 30 m³ (10×2×1.5 m) 2개이며, 케이지당 6개의 구역으로 나누었고, 각각의 구역(1.6×2×1.5 m)은 콜레마니진디벌과 진딧물의 이동이 없도록 망으로 격벽을 설치하였으며 한 반복당 20포트씩 구역당 배추 유묘(파종후 1.5~2개월) 60포트씩 총 720포트를 사용하였다. 배추유묘에 복숭아혹진딧물을 접종시킨 후, 2일간 증식시키고 사전밀도를 조사한 후 포트당 진딧물 평균 마리수에 따라 콜레마니진디벌을 50:1과 100:1의 비율로 방사한 다음 진딧물 이외의 해충인 총채벌레와 굴파리, 나방류의 방제약제와 흰가루병, 노균병, 탄저병으로 등록되어 있는 살균제(spinosad, emamectin benzoate, fenarimol, benomyl, kresoxim-methyl, metalaxyl-M+mancozeb)를 추천농도로 살포하였다. 처리후 0, 3, 7, 10, 15, 20일에 복숭아혹진딧물과 진딧물 머미의 밀도를 조사하였는데 대조구를 포

함하여 6가지 방법으로 실험하였다(Table 2). 또한 자기온습도기록계(Datalogger; HOBO[®])를 설치하여 cage 내 환경을 분석하였다.

결과 및 고찰

살충제가 콜레마니진디벌 성충에 미치는 영향

47종의 살충제에 대한 콜레마니진디벌 성충의 약제 감수성을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 국제 생물적 방제 기구(International Organization for Biological Control, IOBC)의 실내 실험 기준에 따라 치사율 30%이하를 해가 없는 것으로 기준설정을 하였다. 유묘검정 결과 대부분의 살충제가 높은 독성을 나타냈고, carbamate 계통에서 1종, pyrethroid 계통에서 4종, 합제 1종에 대해서 해가 없었다. 이 중 α -cypermethrin이 5.6%로 가장 낮은 살충률을 보였으며, etofenprox, pirimicarb, chlorfenapyr+bifenthrin, tralomethrin, deltamethrin이 8.0~27.6%로 낮은 독성을 보였다. 캐나다의 천적회사인 Biobest의 1998년 보고에 의하면 *Aphidius spp.*의 성충에 대한 분무법의 독성 평가에서 pirimicarb가 살충률 25% 미만으로 해가 없는 것으로 나타나 본 실험결과와 유사하였다. 그러나 deltamethrin에 대해서는 살충률 75%이상으로 본 시험과 반대의 결과를 보였다. 이는 시험자의 실험방법과 실험곤충의 활성차이에 의한 것으로 생각되며, 실험 지역 간의 환경적인 차이도 배제할 수 없을 것이다. Van de Veire *et al.* (2004)은 기후나 환경이 서로 다른 지역에서 같은 약제에 대해 실험을 수행한 결과, 동일종이라 하더라도 잔류기간에 차이가 난다고 보고하였다. 해충의 신경전달체계를 마비시켜 살충효과를 나타내는 spinosad (DowElanco, 1994)는 아메리카잎굴파리 기생봉인 *Hemiptersems sp.*의 성충에 대해서 100%의 살충률을 보였고(Moon *et al.*, 2000), 밤나방과의 유충기생봉인 *Hyposoter didymator*의 성충에

Table 2. Control program for application of pesticides and *A. colemani*

Treatment	No. pots	Days after inoculation aphid			
		0	3	7	10
T-1	60	<i>A. colemani</i>	-	-	-
T-2	60	<i>A. colemani</i>	Spinosaid	Metalaxyl-M.+mancozeb	Fenarimol
T-3	60	Emamectin benzoate	<i>A. colemani</i>	Kresoxim-methyl	Spinosaid
T-4	60	Fenarimol	<i>A. colemani</i>	Spinosaid	Metalaxyl-M+mancozeb
T-5	60	<i>A. colemani</i>	Emamectin benzoate	Kresoxim-methyl	Benomyl
Control	60	-	-	-	-

Table 3. Toxicity of pesticides against *A. colemani* adults at 24 h after treatment

Pesticides	% Co-mortality (Mean±SD)	Pesticides	% Co-mortality (Mean±SD)
Insecticides			
Organophosphates			
Acephate	100.0±0.0	Etofenprox+diazinon	100.0±0.0
Chlorpyrifos	100.0±0.0	Furathiocarb+diflubenzuron	98.7±2.1
Chlorpyrifos-methyl	100.0±0.0	Imidacloprid+chlorpyrifos	100.0±0.0
Dichlorvos	100.0±0.0	Imidacloprid+methoxyfenzide	51.9±40.8
Fenitrothion	100.0±0.0	Methiocarb+imidacloprid	98.9±1.7
Fenthion	100.0±0.0	Others	
Flupyrzofos	100.0±0.0	Cartap hydrochloride	94.6±5.7
Methidathion	100.0±0.0	Fipronil	100.0±0.0
Phenthoate	100.0±0.0	Fungicides	
Pirimiphos-methyl	100.0±0.0	Azoxystrobin	5.3±6.1
Carbamates			
Benfuracarb	100.0±0.0	Benomyl	1.3±4.3
Carbaryl	100.0±0.0	Boscalid	9.6±19.1
Carbosulfan	100.0±0.0	DBEDC	9.6±15.9
Furathiocarb	100.0±0.0	Dichlofluanid	14.3±9.8
Indoxacarb	58.9±14.4	Dimethomorph	37.1±12.8
Methomyl	100.0±0.0	Fenarimol	1.4±4.2
Pirimicarb	9.5±14.0	Fluazinam	32.5±22.6
Thiodicarb	61.2±10.9	Fludioxonil	90.6±7.6
Pyrethroids			
Bifenthrin	80.0±14.6	Iminoctadinetris	91.3±7.4
Cypermethrin	65.0±11.3	Kresoxim-methyl	53.1±21.0
Deltamethrin	27.6±8.8	Myclobutanil	25.4±24.4
Esfenvalerate	92.7±10.7	Nuarimol	4.1±5.7
Etofenprox	8.0±10.6	Prochloraz	33.8±23.1
Tralomethrin	27.0±17.7	S-metolachlor	65.4±27.7
α-cypermethrin	5.6±9.3	Tebuconazole	3.0±8.4
λ-cyhalothrin	44.4±17.5	Tetraconazole	53.6±27.2
Antibiotics			
Emamectinbenzoate	64.7±18.1	Thiophanate-methyl	6.7±11.7
Spinosad	80.6±11.5	Triadimefon	33.8±20.6
Neonicotinoids			
Acetamiprid	32.2±9.6	Diethofencarb+carbendazim	100.0±0.0
Clothianidin	85.7±4.3	Metalaxyl+mancozeb	0.0±0.0
Dinotefuran	80.5±6.3	Oxadixyl+mancozeb	3.9±5.7
Imidacloprid	34.1±41.5	Triophanate-methyl+triflumizole	11.4±19.1
Thiacloprid	45.7±21.9	Acaricides	
Thiamethoxam	60.8±26.3	Abamectin	90.4±14.4
Mixtures			
Acetamiprid+bifenthrin	42.7±24.9	Acequinocyl	8.2±3.4
Acetamiprid+etofenprox	54.6±12.9	Bifenazate	0.0±0.0
Cartap+buprofezin	100.0±0.0	Chlorfenapyr	97.1±2.1
Chlorfenapyr+bifenthrin	13.0±2.1	Etoazole	5.5±4.0
Diflubenzuron+chlorpyrifos	100.0±0.0	Fenpropathrin	2.6±5.1
Esfenvalerate+fenitrothion	95.2±3.8	Fenpyroximate	35.1±11.1
		Milbemectin	34.2±21.3
		Pyridaben	94.8±8.6
		Adjuvants	
		Cover	9.7±2.7
		Polyoxy ethylene alkylary ether	3.5±3.3
		Siloxane	29.6±7.4
		Spreader-sticker	11.1±3.7

Sample size, n=90

대해서도 고독성을 나타내었다(Schneider *et al.*, 2004). 본 결과에서도 콜레마니진디벌 성충에 대해 80.6%의 높은 살충율을 보였다. 그러나 spinosad 처리 24 h 후의 칠레 이리웅애 성충에 대해서는 47.2%를, 으뜸애꽃노린재 성충은 3%의 살충율을 보였고(Ahn *et al.*, 2004a, b), 오이이리웅애의 분무처리법에서는 20%로 낮은 살충률을 보였

다(Choi *et al.*, 2004). 이는 종의 차이에 기인할 수도 있으나, spinosad가 포식성 천적보다는 기생성 천적에서 더 큰 영향을 주는 것으로 생각되며, Williams *et al.* (2003) 또한 spinosad가 기생벌에 대해서 많은 영향을 끼친다고 하였으며, 우리의 타당성을 뒷받침하고 있다. 기생벌에 대한 농약의 접촉은 기주 안에서 유충의 발육기간 변화와

우화율, 산란수, 기생능력, 성충수명 및 교미기간을 단축시킨다고 보고가 있어 많은 주의가 요망된다(Franz *et al.*, 1980; Hassan *et al.*, 1994; Schmuck *et al.*, 1996; Consoli *et al.*, 1998). 따라서 고추나 엽채류에 진딧물류와 나방류가 동시 발생하였을 경우 위 무해한 살충제로 선발된 7종과 함께 콜레마니진디벌을 이용한다면, 이들을 효과적으로 방제할 수 있을 것으로 생각된다.

살균제가 콜레마니진디벌 성충에 미치는 영향

23종의 살균제에 대한 콜레마니진디벌 성충의 독성을 조사한 결과, 대부분의 약제가 콜레마니진디벌 성충에 대해서 독성이 거의 없거나 낮게 나타났다. 그러나 fludioxonil, iminoctadinetris, diethofencarb+carbendazim 3종에 대해서는 90%이상의 높은 살충률을 보였다(Table 3). Biobest의 천적에 대한 농약의 영향(Biobest biological systems, 1998) 보고서에서 *Aphidius spp.*의 살균제에 대한 독성평가에서 대부분의 살균제가 콜레마니진디벌 성충에 영향을 없는 것으로 나타났으나, dichlofluanid의 분무처리에서 약간의 영향(2등급, 25~50%의 사망률)이 있는 것으로 판단하였으며, 침지처리법에서는 75%이상의 살충률을 보여 처리방법에 따라 살충률의 차이를 보인 것은 본 결과와 비슷한 경향을 보였다. 지금까지 보고된 내용을 보면, 포식성 응애에 대한 살균제의 독성은 살충제나 살비제에 비하여 현저히 낮았으며(Sekita, 1986; Lee, 1990; Park *et al.*, 1995; Kwon, 1996; Yoo and Kim, 2000), 콜레마니진디벌 역시 살균제에 의한 영향은 적게 받는 것으로 생각된다. 따라서 시설원예에서 발생이 많은 흰가루병이나 노균병 등의 병 방제 시 본 연구에 사용된 살균제중 독성이 높았던 3종을 제외한 20종의 살균제와 콜레마니진디벌을 병행 사용할 수 있을 것으로 판단되나, dichlofluanid는 신중한 검토 및 연구가 보완되어야 할 것으로 본다.

살비제와 농약보조제가 콜레마니진디벌 성충에 미치는 영향

9종의 살비제에 대한 콜레마니진디벌 성충의 유묘독성 시험 결과는 Table 3과 같다. 콜레마니진디벌 성충에 대해서 bifentazate, fenpropathrin, etoxazole, acequinocyl은 살충률이 각각 0%, 2.6%, 5.5%, 8.2%으로 독성이 낮았으며, fenproximate와 milbemectin은 각각 35.1%, 34.2%였다. 그러나 abamectin, chlorfenapyr, pyridaben은 90% 이상의 높은 독성을 나타내었다. Ahn *et al.* (2004a, b)도 abamectin이 칠레이리응애 성충과 으뜸애꽃노린재 성충

독성이 있음을 보고하여 진디벌과의 혼합 이용은 불가능할 것으로 판단된다. Van de Veire *et al.* (2004)은 봄과 여름에 온실가루이좀벌에 대한 abamectin의 독성실험 결과, 봄에는 본 실험에서와 같이 높은 독성을 나타냈으나, 여름에는 낮은 독성을 보였다. 이는 약제가 계절에 따른 광도와 적외선등의 영향으로 광분해 정도가 다르기 때문인 것으로 생각되며, 약제 사용시 계절에 따른 약효변동요인을 고려한 것도 필수적이다.

4종의 농약보조제에 대한 콜레마니진디벌 성충의 독성을 조사한 결과(Table 3), 3.5%~29.9%로 살충제, 살균제, 살비제에 비해 낮은 독성을 나타냈다. 시설하우스 재배에서는 병해충 발생시 대부분의 농가에서 농약보조제를 첨가하여 농약을 살포한다. 일반적으로 농약보조제에 대한 천적의 독성을 무시하기 때문에 이에 관한 연구보고가 적다(Ahn *et al.*, 2004a,b). Ahn *et al.* (2004b)은 점박이응애의 천적인 칠레이리응애에 대하여 농약보조제에 대한 독성을 조사한 결과, cover와 siloxane이 칠레이리응애의 약충과 성충에 대해 높은 독성을 나타냈고, 총채벌레의 천적인 으뜸애꽃노린재에서는 농약보조제에 대해 모두 독성이 낮은 것으로 보고하였다(Ahn *et al.*, 2004a). 본 결과에서는 콜레마니진디벌에 대해 모두 낮은 독성을 보였으며, siloxane (29.9%)은 사용시 주의가 필요하다.

잔류독성 평가

83가지 농약의 독성검정에서 살충률이 50% 이상되는 40종류의 약제에 대하여 약제 처리 1, 3, 5 그리고 7일째에 기생벌의 잔류독성평가를 실시하였다(Table 4). 살충제에 대한 잔류독성 평가 결과, 처리 3일 후 방사시 30%이하의 살충률을 보인 8종의 약제는 dichlorvos, phenthoate, indoxacarb, thiodicarb, cypermethrin, esfenvalerate, emamectin benzoate, imidacloprid+methoxyfenozide 이었고, 5일 후에는 methomyl, spinosad, furathiocarb+diflubenzuron, 그리고 7일 후에는 carbaryl 등 11종(acephate, fenthion, esfenvalerate+fenitrothion, benfuracarb, acetamiprid+etofenprox, methidathion, bifenthrin, cartap hydrochloride, clothianidin, fipronil, dinotefuran)이었다(Table 4). 살균제에서는 처리 3일 후에 kresoxim-methyl, tetraconazol의 독성이 낮게 나타났고, 5일 후에는 fludioxonil, S-metolachlor, iminoctadinetris, 그리고 7일 후에는 diethofencarb+carbendazim이 선발되어, 잔류독성 평가에 수행된 살균제는 약제처리 7일후 콜레마니진디벌을 방사하면 안전하였다. 3종의 살비제 잔류독성 평가 결과, 7일차까지 모두 안전하였으며, 3일 후에는 abamectin

Table 4. Residual toxicity of pesticides *A. colemani* adults on 1, 3, 5, and 7 days after treatment

Pesticides	% Co-mortality (Mean±SD)			
	1 DAT ^{a)}	3 DAT	5 DAT	7 DAT
Insecticide				
Organophosphates				
Acephate	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0± 0.0	25.4±21.9
Chlorpyrifos	100.0±0.0	100.0±0.0	91.2±15.2	37.5±16.2
Chlorpyrifos-methyl	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0± 0.0
Dichlorvos	100.0±0.0	7.9±2.3	3.5±1.1	0.0±0.0
Fenthion	100.0±0.0	100.0±0.0	67.2±27.7	30.0±28.4
Methidachion	100.0±0.0	61.3±3.4	34.2±3.9	9.4±7.5
Phenthoate	100.0±0.0	16.3±15.7	2.8±1.8	0.7±1.3
Carbamates				
Benfuracarb	100.0±0.0	97.4±4.4	64.0±14.9	24.3±7.6
Carbaryl	100.0±0.0	90.1±9.7	69.9±12.1	10.6±6.0
Carbosulfan	100.0±0.0	100.0±0.0	64.1±31.7	60.8±27.5
Furathiocarb	100.0±0.0	84.9±18.3	63.9±8.5	56.6±21.4
Indoxacarb	58.9±14.4	20.6±6.3	5.1±2.8	3.2±2.7
Methomyl	100.0±0.0	51.4±1.5	6.6±6.5	2.7±2.5
Thiodicarb	61.2±10.9	1.0±1.6	0.1±1.7	0.0±0.0
Pyrethroids				
Bifenthrin	80.0±14.6	57.4±28.2	34.5±29.9	9.1±8.3
Cypermethrin	65.0±11.3	13.4±3.8	11.1±3.4	9.8±8.6
Esfenvalerate	92.7±10.7	7.4±12.8	4.9±5.7	0.0±0.0
Neonicotinoids				
Clothianidin	85.7±4.3	83.8±16.8	83.2±15.2	25.3±25.0
Dinotefuran	80.5±6.4	79.9±14.5	60.0±23.7	11.8±13.1
Antibiotics				
Emamectin benzoate	64.7±18.1	1.7±2.9	0.1±0.9	0.0±0.0
Spinosad	80.6±11.5	32.5±19.6	24.6±30.7	18.4±12.9
Mixtures				
Acetamiprid+Etofenprox	54.6±12.9	47.2±8.6	33.3±17.7	14.4±14.7
Diflubenzuron+Chlorpyrifos	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	97.7±4.0
Esfenvalerate+Fenitrothion	95.2±3.8	66.3±17.7	47.9±20.1	0.0±0.0
Etofenprox+diazinon	100.0±0.0	100.0±0.0	90.4±16.7	100.0±0.0
Furathiocarb+Diflubenzuron	98.7±2.1	82.0±29.8	19.1±14.1	11.4±7.9
Imidacloprid+Chlorpyrifos	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0
Imidacloprid+Methoxyfenozide	51.9±40.8	3.0±1.1	0.0±0.0	0.0±0.0
Methiocarb+Imidacloprid	98.9±1.7	77.2±20.1	74.5±29.8	48.9±18.6
Others				
Cartap hydrochloride	94.6±5.7	84.7±12.2	60.0±27.3	0.0±2.1
Fipronil	100.0±0.0	100.0± 0.0	62.3±12.6	28.5±22.4
Fungicide				
Diethofencarb+carbendazim	100.0±0.0	61.5±35.2	48.2±2.0	11.8±8.1
Fludioxonil	90.6±7.6	34.4±12.8	29.6±12.5	3.2±5.5
Iminoctadine tris	91.3±7.4	62.6±29.7	6.5±11.2	4.9±8.6
Kresoxim-methyl	53.1±21.0	3.6±1.3	0.0±0.0	0.0±0.0
S-metolachlor	65.4±27.7	30.5±29.0	11.1±12.8	3.8±2.1
Tetraconazol	56.3±27.2	10.4±18.0	2.2±1.6	1.8±3.1
Acaricide				
Abamectin	90.8±14.4	7.3±5.8	7.1±4.4	1.9±16.9
Chlorfenapyr	97.1±2.1	51.2±22.3	11.4±13.4	0.0±0.0
Pyridaben	94.8±8.6	91.0±15.0	76.2±12.2	12.5±15.6

Sample size, n=90

^{a)} DAT : Days After Treatment

이, 5일 후에는 chlorfenapyr가, 그리고 처리 후 7일차에는 pyridaben이 낮은 독성을 나타냈다(Table 4).

처리 후 7일차까지 콜레마니진디벌 성충에 독성이 높은

약제는 chlorpyrifos-methyl, diflubenzuron+chlorpyrifos, etofenprox+diazinon, imidacloprid+chlorpyrifos 이상 4종의 살충제였고, 살충률은 각각 100%, 97.7%, 100%,

100%로 잔류독성이 7일 이후까지 지속되는 것을 알 수 있었으며, 실험에 이용한 살균제와 살비제는 모두 7일차 까지 안전한 것으로 나타났다. Biobest biological systems (1998)의 보고에 의하면 chlorpyrifos-methyl의 경우 *Aphidius* spp.에 대해서 4등급의 높은 독성을 보여 본 결과와 일치하였으나 잔류에 대한 보고는 없었다. 그러나 온실가루이좀벌에 대해서는 잔류기간이 8주 이상으로 보고되어 약제의 독성이 강하다는 것을 알 수 있었다.

처리 1일 후에 80.6%의 살충률을 나타냈던 spinosad의 경우, 5일 이후에는 24.6%로 독성이 낮았다. Schneider *et al.* (2004)의 실험에서도 *H. didymator* 성충에 대해서 1일차에 IOBC기준으로 4등급(>99% reduction)으로 분류되었던 것이, 5일 후에는 2등급(30-79% reduction)으로, 10일 후에는 1등급(<30% reduction)으로 잔류기간이 본 시험결과와 비슷하였다. 이와 같이 시간이 경과될수록 잔류독성이 낮아지는 것은 광분해(photolysis)가 자연적으로 일어나기 때문인 것으로 생각된다(DowElanco, 1994). 이상의 결과로 콜레마니진디벌을 생물적 방제로 활용하는 농가의 경우, 본 시험에 사용된 88종의 약제 중 4종의 살충제를 제외하고는, 선택성 농약 살포 및 약제 살포 후 전적 방사시기를 적절하게 이용한 종합적 관리(IPM)가 가능할 것으로 생각된다.

온실에서 콜레마니진디벌과 저독성 농약을 병행한 방제효과

실내실험에서 선발된 콜레마니진디벌에 영향이 적게 나타난 저독성 농약 중, 살충제, 살균제를 이용하여 간이 온실에서 방제효과를 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 콜레마니진디벌은 온도와 습도에 따라 발육기간에 크게 영향을 미치기 때문에 자기온습도기록계(Datalogger; HOBO®)로 환경을 분석하였고, Fig. 2와 같이 최저온도는 13.32°C, 최고온도는 52.37°C, 평균온도는 23.27°C를 나타냈고, 평균습도는 50.58%의 환경에서 실험이 수행되었다.

처리 3, 7, 10, 15, 20일 후에 형성된 진딧물머미 밀도를 조사한 결과, 진딧물과 진디벌 비율을 50:1과 100:1로 접종한 처리구 모두 7일차부터 머미수가 증가하기 시작하였으며, 20일차까지 계속적으로 증가하였다. 콜레마니진디벌만 처리한 구역(T-1)과 약제를 함께 살포했던 구역에 큰 차이 없이 비슷한 양상을 나타냈다. 진딧물만 접종했던 구역에서는 밀도가 급속히 증가하였으나, 콜레마니진디벌과 약제가 혼용된 처리구 모두 조사 20일차까지 약 60마리(배추 20포기) 수준으로 밀도가 유지되었다. 처리구 간에는 차이가 없었으며, 선발된 약제가 콜레마니진디벌에 영향을 미치지 않고, 정상적인 기생활동이 가능하다는

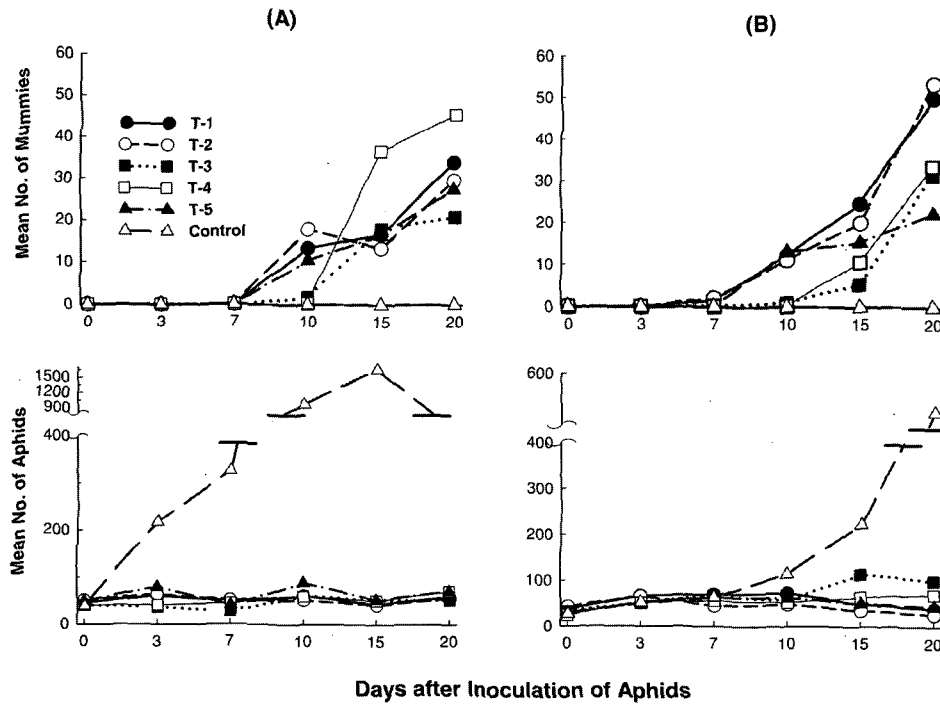


Fig. 1. Control effect of *A. colemani* against *M. persicae* under the spray of selective pesticides (A; aphid: parasite=50:1, B: aphid: parasite=100:1).

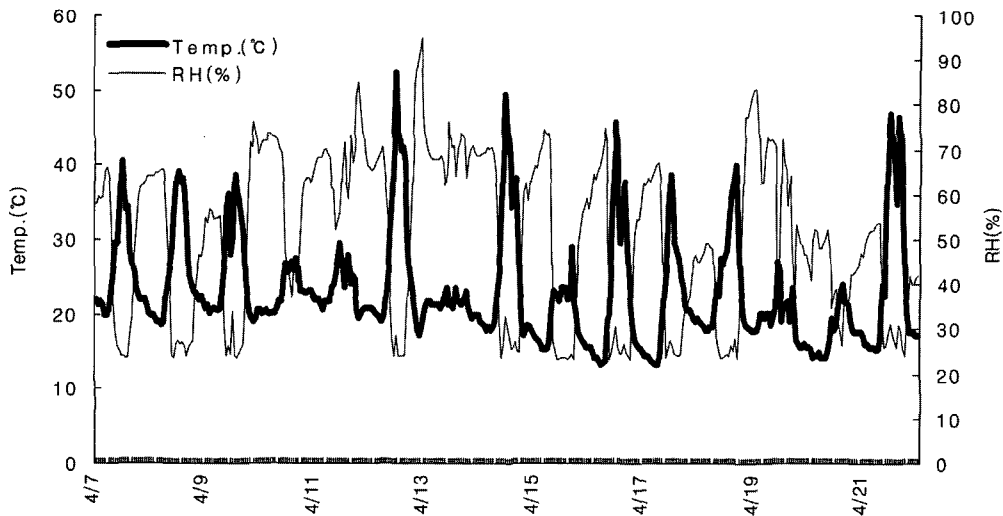


Fig. 2. Temperature and humidity change in glasshouse (2000).

것을 알 수 있었다. van Steenis (1995)는 진딧물과 콜레마니진디벌이 6:1의 비율로 방사될 경우에는 진딧물 방제효과가 즉시 나타난다고 하였으며, 10:1과 25:1의 비율에서는 진딧물 방제효과가 15일에서 20일 정도 걸린다고 하여, 피식자와 포식자의 적정비율이 진딧물의 밀도억제에 중요함을 보고하였다. 100:1과 50:1로 비율로 방사했던 본 시험에서는 조사 20일차까지 진딧물이 일정수준 유지가 되었을 뿐 급격히 감소하는 경향은 보이지 않았다. 방제효과가 나타나기까지는 20일 이상의 조사기간이 필요한 것으로 판단된다. 시설하우스에서 흰가루병, 노균병, 탄저병, 꽃노랑총채벌레, 그리고 굴파리의 발생이 많기 때문에 진딧물방제 시, 이들 병해충이 동시에 발생될 경우가 많다. 이때 콜레마니진디벌에 안전한 살균제, 살충제, 살비제를 처리하면 영향이 적어 진딧물은 물론 그 외 병해충도 효율적으로 방제할 수 있을 것이다. 이러한 결과는 농약과 천적을 이용한 시설재배지의 병해충 종합관리에 상호 보완적인 방제의 가능성을 나타낸 것으로 생각된다 (Ahn et al., 2004a). van Steenis (1995)는 계절에 따른 콜레마니진디벌의 방사에 의한 진딧물의 밀도변화를 조사하였는데, 여름에는 콜레마니진디벌에 의한 진딧물 방제가 실패하는 결과를 나타냈다. 이는 콜레마니진디벌이 온도가 높아질수록 성충수명이 단축되는 반면(van Steenis, 1993), 진딧물은 여름에 더 빠른 증식을 하기 때문이다. 따라서 복숭아혹진딧물의 방제를 위해서 콜레마니진디벌을 활용할 시에는 계절을 고려하여 진디혹파리나, 무당벌레와 같은 포식성 천적을 병행한다면 효과적일 것으로 판단된다. 이상의 결과를 종합해보면, 진딧물 이외의 병해

충(총채벌레, 굴파리, 나방류, 흰가루병, 노균병, 탄저병 등)이 발생할 경우 또는 예방용으로 콜레마니진디벌에 저독성을 나타내는 선발약제와 콜레마니진디벌을 함께 이용하면 효율적 해충관리가 될 것으로 생각된다.

감사의 글

본 논문은 농림부/농림기술관리센터 지정 포도연구사업단의 연구비지원과 교육인적자원부의 제2단계 두뇌한국 21사업으로 수행한 결과이다.

Literature Cited

- Ahn, K.S., K.Y. Lee, H.J. Kang, S.K. Park and G.H. Kim. 2004a. Toxicity of pesticides to minute pirate bug, *Orius strigicollis poppius* (Hemiptera: Anthocoridae), a predator of thrips. *Korean J. Appl. Entomol.* 43: 257-262.
- Ahn, K.S., S.Y. Lee, K.Y. Lee, Y.S. Lee and G.H. Kim. 2004b. Selective toxicity of pesticides to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* and control effects of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* by predatory mite and pesticide mixture on rose. *Korean J. Appl. Entomol.* 43: 71-79.
- Biobest biological systems. 1998. Side effects of pesticides on bumblebees and beneficials. Westerlo BELGIUM: Biobest.
- Choi, B.R., S.A. Hilton and A.B. Broadbent. 2003. Selection of low toxic insecticides for phytoseiid predatory mites, *Amblyseius cucumeris* and *Amblyseius fallacis*. *Korean J. Pest. Sci.* 7: 296-301.
- Choi, B.R., J.H. Kim, Y.W. Byeon, H.M. Park and C.G. Park.

2004. Utilization of low toxic pesticides to natural enemy. NIAST. Reserch Report: 189-205.
- Consoli, F.L., J.R.P. Parra and S.A. Hanssan. 1998. Side-effects of insecticides used in tomato fields on the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae), a natural enemy of *Tuta absoluta* Meyricl (Lepidoptera: Gelechiidae). *J. Appl. Entomol.* 122: 43-47.
- Croft, B.A. 1990. Developing a philosophy and program of pesticide resistance management. *In* Pesticide resistance in arthropods.
- DowElanco. 1994. *Spinosad technical guide*. 24pp.
- Franz, J.M., H. Bogenschutz, S.A. Hassan, P. Huang, E. Nation, H. Suter and G. Viggiani. 1980. Results of a joint pesticide test programme by the working group: pesticides and beneficial arthropods. *Entomophaga*. 25: 231-236.
- Hassan, S.A. 1992. Guidelines for testing the effects of Pesticides on beneficial organisms: Description of test methods. *IOBC/wprs Bulletin*. 15: 1-3.
- Hassan, S.A., F. Bigler, H. Bogenschutz, E. Boller, J. Brun, J.N.M. Callis, J. Coremans-Pelsener, C. Duso, A. Grove, U. Heimbach, N. Helyer, H. Hokkanen, G.B. Lewis, F. Mansour, L. Moreth, L. Polgar, L. Samsøe-Petersen, B. Suphanor, A. Staubi, G. Stern, A. Vainio, M. Van De Veire, G. Viggiani and H. Vogt. 1994. Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS-working group "Pesticides and Beneficial Organisms." *Entomophaga*. 39: 107-119.
- Kim, Y.H. 2003. Situation and prospects of biological control by natural enemies. *Korean J. Pest. Sci. Pesticides News and Information*. 7: 35-39.
- Kim, Y.H. and J.H. Kim. 2003. Biological control of aphids on cucumber in plastic green houses using banker plants. *Korean J. Appl. Entomol.* 42: 81-84.
- Kim, D.I. and S.C. Lee. 1996. Functional response and suppression of prey population of *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acarina: Phytoseiidae) to *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acarina: Tetranychidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 35: 126-131.
- Kim, S.S. and C.H. Paik. 1996a. Comparative toxicity of fenpyroximate to the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* Schicha and the kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acarina: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Appl. Entomol. Zool.* 31: 369-377.
- Kim, S.S. and C.H. Paik. 1996b. Relative toxicity of tebufenpyrad to the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* (Acarina: Phytoseiidae) and the spider mites, *Tetranychus urticae* and *T. kanzawai* (Acarina: Tetranychidae). *Korean J. Entomol.* 26: 373-380.
- Kwon, G.M. 1996. Ecological characteristics of three phytoseiid mite species and effect of some pesticides on them. M.S. Thesis, Andong Univ. 38pp.
- Lee, S.W. 1990. Studies on the pest status and integrated mite management in apple orchards. Ph.D Thesis, Seoul National Univ. 87pp.
- Moon, H.C., J.S. Choi and C.Y. Hwang. 2000. Developmental characteristics of *Hemiptarsenus* sp. (Hymenoptera : Eulophidae), a parasitoid of *Liriomyza trifolii* (Burgess) and effect of the insecticides. *Korean J. Pestic. Sci.* 4: 72-76.
- Park, C.G., M.H. Lee, J.K. Yoo, J.O. Lee and B.R. Choi. 1995. Relative toxicity of abamectin to the predatory mite *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acarina: Phytoseiidae) and two spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 34: 360-367.
- Schmuck, R., H. Mager, C. Kunast, K.-D. Bock and S. Storck-Weyermuller. 1996. Variability in the reproductive performance of beneficial insects in standard laboratory toxicity assays-Implications for hazard classification of pesticides. *Ann. Appl. Biol.* 128: 437-451.
- Schneider, M., G. Smagge and E. Vinuela. 2004. Comparative effects of several insect growth regulators and spinosad on the different developmental stages of the endoparasitoid *Hyposoter didymator* (Thunberg). *IOBC/wprs Bulletin*. 27: 13-19.
- Sekita, N. 1986. Toxicity of pesticides commonly used in Japanese apple orchards to the predatory mite *Typhlodromus pyrii* Scheuten (Acari: Phytoseiidae) from New Zealland. *Appl. Ent. Zool.* 21: 173-175.
- Stary, P. 1975. *Aphidius colemani* Viereck: its taxonomy, distribution and host range (Hymenoptera: Aphidiidae). *Acta Entomologica Bohemoslovaca*. 72: 156-163.
- van Steenis, M.J. 1993. Intrinsic rate of increase of *Aphidius colemani* Vier. (Hym., Braconidae), a parasitoid of *Aphis gossypii* Glov. (Hom., Aphididae), at different temperatures. *J. Appl. Entomol.* 116: 192-198.
- van Steenis, M.J. 1995. Evaluation and application of parasitoids for biological control of *Aphis gossypii* in glasshouse cucumber crops. Wageningen.
- Van de veire, M., E. vinuela, U. Bernardo, L. Tirry, A. Adan and G. Viggiani. 2004. Duration of the toxicity of abamectin and spinosad on the parasitici wasp *Encarsia formosa* Gahan in Northern and Southern Europe. *IOBC/wprs Bulletin*. 27: 21-30.
- Williams, T., J. Valle and E. Vinuela. 2003. Is the naturally-derived spinosad® compatible with insect natural enemies?. *Biocontrol Sci. and Tech.* 13: 459-475.
- Yoo, S.S. and S.S. Kim. 2000. Comparative toxicity of some pesticides to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae) and the twospotted spider mites, *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). *Korean J. Entomol.* 30: 235-241.
- Zhang, Z.Q. and J.P. Sanderson. 1990. Relative toxicity of abamectin to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) and two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae). *J. Econ. Entomol.* 83: 1783-1790.

(Received for publication 23 July 2006;
accepted 11 August 2006)