

진딧목파리에 대한 오이에 등록된 47종 살충제의 저독성 농약 선발

최용석 · 남윤규 · 황인수 · 한익수 · 박덕기*

충청남도농업기술원 농업환경연구과

Selection of Low Toxic Chemicals among 47 Pesticides Used in Cucumber for Aphid Predator, *Aphidoletes aphidimyza* Rondani (Diptera: Cecidomyiidae)

YongSeok Choi, YunGyu Nam, InSoo Hwang, IkSu Han and DeokGi Park*

Bioenvironment Research Division, Chungcheongnam-do Agricultural Research & Extension Services, Yesan, 340-861, Republic of Korea

Abstract: From the results achieved by the evaluation of toxicities to an aphid predator, *Aphidoletes aphidimyza* Rondani eggs with 47 pesticides used for cucumber farming, 22 pesticides including emamectin benzoate showed low toxicity. 12 pesticides with flonicamid among 22 pesticides tested on eggs showed low toxicity (mortality, 0~2.7%) to *A. aphidimyza* larvae and indoxacarb + teflubenzuron and chlorantraniliprole showed toxicity of 35.4% and 64.6%, respectively. 14 pesticides including indoxacarb + teflubenzuron and chlorantraniliprole demonstrating low toxicity against *A. aphidimyza* larvae showed low toxicity to *A. aphidimyza* pupae and adults as well.

Key words: *Aphidoletes aphidimyza*, Cucumber, Toxicity, Pesticide

초록: 본 실험은 오이재배시 사용되는 살충제 47종이 진딧목 포식성 천적인 진딧목파리(*Aphidoletes aphidimyza* Rondani)의 모든 발육단계에 얼마나 영향을 주는가를 평가하였다. 진딧목파리 알에 대한 살충제의 독성평가 결과 emamectin benzoate 등 22종의 살충제가 낮은 독성을 보였다. 알에 독성이 낮은 22종 살충제 중 flonicamid를 포함하는 12종 살충제가 진딧목파리 유충에 대하여 0~27%로 낮은 독성을 보였으나, indoxacarb + teflubenzuron과 chlorantraniliprole의 독성은 각각 35.4%와 64.6%였다. 진딧목파리 유충에 보통독성 이하의 독성을 보인 indoxacarb + teflubenzuron과 chlorantraniliprole을 포함한 14종 살충제는 진딧목파리의 번데기와 성충에도 낮은 독성을 보였다.

검색어: *Aphidoletes aphidimyza*, 오이, 저독성, 살충제

진딧목파리(*Aphidoletes aphidimyza* [Rondani])는 흑파리과(Cecidomyiidae), 흑파리아과(Cecidomyiinae)에 속하며 이탈리아의 Rondani (1847)가 처음 보고하였다. Barnes (1929)는 흑파리과에 10속 37종을 정리하였으나 Harris (1973)는 이들 대부분이 동종이명임을 밝혔다. 진딧목을 포식하는 진딧목파리는 *A. abietis* (Kieffer), *A. urticarinae* (Kieffer), *A. thompsoni* Möhn, *A. aphidimyza* Rondani, *Monobremia sabterranea* (Kieffer)로 5종이 있으며, 이들은 농작물의 주요해충인 목화진딧물(*Aphis gossypii* Glover), 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae* [Sulzer]),

감자수염진딧물(*Marcosiphum euphorbiae* Thomas)을 비롯하여 80여종 이상의 진딧목을 포식한다(Yukawa et al., 1998). 이렇게 다양한 진딧목을 포식하면서 다른 종류의 곤충을 먹이로 하지 않는 기주 특이성을 가지며 온실 환경에서 반영속적으로 세대를 유지할 수 있는 장점을 지니기 때문에 진딧목의 생물학적 방제인자로 널리 이용되고 있다(Asyakin, 1973; Havelka, 1978; Markkula et al., 1979). 특히 El Titi (1974)는 진딧목파리의 이용가치를 설명하였는데, 진딧목이 충분히 발생하였을 때 다량으로 투입하는 방법과 천적을 작물이 재배되는 장소에서 사육함으로써 방제효과를 얻는 두가지 이용방법을 제시하였다. Harizanova and Ekbohm (1997)은 진딧목파리는 오이에서 목화진딧물을 방제하기 위해 콜레마니진딧벌(*Aphidius colemani* Viereck)과 동시에 이용하였을 때 단일 천적을 이용한 것보다

*Corresponding author: ipmkorea@naver.com

Received October 2 2012; Revised February 6 2013

Accepted August 2 2013

더 효과적임을 밝혔다.

최근에는 병해충 종합관리(IPM) 차원에서 천적에 독성이 낮은 선택성 약제를 선택·이용하여 천적과 해충의 밀도를 적정 수준으로 조절함으로써 보다 장기적인 방제효과를 유도하고자 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; Kim 2009). 국내의 천적에 대한 저독성연구로서 Moon et al. (2000)은 아메리카잎굴파리 기생봉인 *Hemiptarsenus* sp.의 각 충태별 살충제 영향을 평가하였고, Ahn et al. (2004a, b)은 칠레이리응애(*Phytoseiulus persimilis* [Athias-Henriot])와 으뜸애꽃노린재(*Orius strigicollis* Poppius)에 대한 저독성 약제를 선발하였다. Choi et al. (2004)은 농업과학기술원에서 천적에 대한 저독성 약제 이용기술을 개발하여 오이리응애(*Amblyseius cucumeris* [Oudemans]), 나팔리리응애(*Amblyseius bakeri* [Hugges]), 굴파리좀벌(*Diglyphus isaea* [Walker]), 진디좀벌(*Aphelinus asychis* [Walker]) 4종의 천적에 대한 저독성 농약선발 및 생물검정 기술을 보고한 바 있다. Park et al. (2002)은 전남농업기술원에서 오이재배지에서 발생하는 주요해충과 천적의 종류를 밝히고 오이에 등록된 약제에 대하여 몇몇 천적에 대한 살충성을 조사하였으나 진디혹파리에 대한 저독성을 평가하지 않았다.

Kim et al. (2006)은 배추에 발생하는 복숭아혹진딧물을 대상으로 콜레마니진디벌과 콜레마니진디벌에 안전한 약제를 동시에 활용함으로써 농약과 천적의 동시 가능성을 조사하였다. 그의 방법에 있어 제어된 온실에서 케이지를 이용한 실험은 다소 자연적인 환경과 차이를 보일 수 있으나 천적에 안전한 선택 약제와 콜레마니진디벌을 동시 활용했을 때 콜레마니진디벌의 머미형성에 영향을 미치지 않아 화학적 방제와 생물학적 방제 방법을 동시에 활용할 수 있는 가능성을 보여주었다.

이에 본 연구는 오이재배시 목화진딧물, 복숭아혹진딧물, 파리수염진딧물(*Aulacorthum solani* [Kaltenbach]) 방제를 위해 이용이 가능한 진디혹파리에 대하여 충남 천안시 병천면 일원의 오이 재배단지에서 주로 사용되고 있는 47종 살충제에 대하여 각 충태별 독성을 평가하여 화학적 방제와 생물학적 방제 및 경종적 방제를 종합적으로 활용하는 해충종합관리기술의 기초 자료를 제시하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험곤충

진디혹파리는 (주)동부세레스에서 구입하여 곤충사육실내에

서 다음 세대를 유지시켰다. 진디혹파리의 누대사육을 위하여 사용된 식물과 먹이곤충은 피망과 복숭아혹진딧물로 동일 조건인 곤충사육실내에서 누대사육 하였다. 곤충사육실의 환경 조건은 온도 23±3℃, 상대습도 45±10%, 광주기 16L:8D로 하였다. 복숭아혹진딧물 사육에 이용한 피망은 지름 12 m, 높이 15 cm의 포트에서 15~20 cm까지 재배한 것을 이용하였다. 진디혹파리 성충의 산란을 위해 적정량의 복숭아혹진딧물 밀도가 형성되었을 때 망사케이지 (25 × 45 × 50 cm)에 2~3주를 넣고 진디혹파리 성충 200~300마리를 암수 구분 없이 1일간 방사하였다. 산란기간 동안 진디혹파리 성충의 먹이로 10% 꿀물을 3 × 3 cm의 사각 탈지면에 흐르지 않을 정도로 적서 망사케이지 천정에 고정시켰다.

시험약제

본 시험에 사용한 살충제는 모두 오이에 등록된 약제로서 오이 재배단지인 천안시 병천면에 소재하는 아우내농업협동조합에서 사용빈도가 높은 약제로 추천된 47종을 조사하였다. 중복되는 약제는 유효성분(AI)의 함량이 높은 것을 대상으로 단일 약제를 우선 선발 하였고 단일 원제의 중복을 피하여 합성 원제를 선발 하였다. 중복되는 약제 중에 검사가 필요한 약제는 유효성분의 함량이 다르거나 제형이 다른 약제를 사용하였다. 추천된 약제들 중 3개 약제는 오이에 등록되어 있지 않은 약제로 조사되었다.

오이에 등록된 살충제는 목화진딧물, 아메리카잎굴파리(*Liriomyza trifolii* [Burgess]), 온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum* Westwood), 오이총채벌레(*Thrips palmi* Karny), 담배가루이(*Bemisia tabaci* [Gennadius]), 차면지응애(*Polyphagotarsonemus latus* [Banks])를 대상으로 등록된 약제들 이었다. 이들 약제의 일만명, 제형, 유효성분함량, 추천농도 및 대상해충은 Table 1과 같다.

진디혹파리에 대한 독성검정

진디혹파리에 대한 독성검정은 발육단계별로 검정방법을 달리하였으며 대조구로는 꿀벌의 독성검정에 사용되는 Triton N101 0.05% 용액을 사용하였다. 모든 시험약제에 대한 진디혹파리의 충태별 처리시간은 국제기구인 IOBC의 식물보호제에 대한 Side effect 평가 기준과 치사율에 따른 안전성 기준을 따랐다(Candolfi et al., 2000). Stara et al. (2011)은 본 실험에서 사용한 indoxacarb, acetamiprid, spinosad 이외에 pyridaben과 cypermethrin을 진디혹파리 유충에 실험하면서 48hr 후 사충

Table 1. List of pesticides used in the toxicity study of *Aphidoletes aphidimyza*

Chemical class	Common name	Formulation ^{a)} and AI(% ^{b)}	Recommended conc.(ppm)	Insect species ^{c)}	
Synthetic pyrethroids	etofenprox	EW 10	100	PI, LT	
	deltamethrin	EC 1	1,000	TV	
	bifenthrin	WP 2	20	PI	
Organophosphorus	dichlorvos	EC 50	500	-	
	methidathion	EC 40	400	TV	
Antibiotics	emamectin benzoate	EC 2.15	10.75	LT, TP, PL	
	spinosad	SC 10	50	PI, TP, LT	
	abamectin	EC 18	60.3	LT	
	pyridalyl	EW 10	100	PI	
Neonicotinoids	spinosad	WG 10	50	PI, TP, LT	
	clothianidin	SC 8	80	TV, TP, AG	
	thiamethoxam	WG 10	50	TP, AG	
	clothianidin	WG 8	40	AG	
	dinotefuran	WG 20	200	TP, TV, BT, AG	
	thiacloprid	SC 10	50	PI, TP, TV	
	acetamiprid	WP 8	40	AG	
	imidacloprid	WP 10	50	AG	
	IGRs	bistrifluron	EC 10	50	TV
		novaluron	SC 10	50	PI
tebufenozide		WP 8	80	PI	
methoxyfenozide		WP 4	40	PI	
pyriproxyfen		EC 10	50	TV	
lufenuron		EC 5	25	PI	
Benzoylurea	teflubenzuron	SC 5	50	PI	
Diamides	flubendiamide	SC 20	100	PI	
	chlorantraniliprole	WG 5	25	PI, LT	
Organochlorine	endosulfan	EC 35	700	Unknown	
Niacin	flonicamid	WG 10	50	TV, TP, AG	
Oxadiazine	indoxacarb	SC 5	8.25	PI	
Pyrole	chlorfenapyr	EC 5	50	TP	
Mixtures	imidacloprid + spinosad	SC 5+10	25+50	LT, TV	
	amitraz + buprofezin	EC 12.5+12.5	125+125	BT	
	etofenprox + tebufenozide	EC 10+4	100+40	PI, TV	
	acetamiprid + buprofezin	EC 4+15	20+75	TV	
	etofenprox + indoxacarb	WP 10+1.5	100+15	PI	
	indoxacarb + teflubenzuron	WP 1+2	10+20	PI	
	buprofezin + dinotefuran	WP 20+15	100+75	TV	
	diazinon + etofenprox	WP 25+8	250+80	Unknown	
	flufenoxuron + indoxacarb	WP 2+2.5	20+25	PI	
	carbosulfan + methoxyfenozide	WP 5+3	50+30	PI	
	bifenthrin + indoxacarb	WP 1+2.5	10+25	PI	
	acetamiprid + indoxacarb	WP 4+5	40+50	PI, AG, TP, TV	
	bistrifluron + flufenoxuron	SC 5+2	50+20	PI	
	flufenoxuron + metaflumizone	SC 1.5+7.0	15+70	PI	
	acrinathrin + spiromesifen	SC 6+30	15+75	TV	
	clothianidin + buprofezin	SC 3+10	15+50	TV	
	dichlorvos + etofenprox	EC 20+10	200+100	Unknown	

^{a)} EW: emulsion in water; EC:emulsifiable concentrate; WG:water dispersible granule; SC:suspension concentrate; WP:wettable powder.

^{b)} AI : Active Ingredient.

^{c)} PI: *Palpita indica*; AG: *Aphis gossypii*; TP: *Thrips palmi*; TV: *Trialeurodes vaporariorum*; BT: *Bemisia tabaci*; PL: *Polyphagotarsonemus latus*; LT: *Liriomyza trifolii*.

를 조사하였는데, 약액을 여과지에 적서 페트리디쉬에 투입하고 진딧물을 먹이로 공급하였으나, 이는 사충률 조사시 놓인 여과지의 아랫부분과 페트리디쉬 전체를 관찰해야하는 번거로움이 있었다. 따라서 알과 유충에 있어서는 알과 유충이 존재하는 잎을 직접 약액에 담그고 동일한 농도의 약액으로 적신 여과지를 페트리디쉬에 올려놓은 후 잎에 있는 약액이 마른 상태에서 사전밀도를 조사하고 48hr 후에 사충률을 조사하였다.

사충률은 약제를 처리하지 않은 무처리생존률(%)에서 처리한 약제의 처리생존률(%)을 뺀 값을 무처리생존률로 나누어서 보정사충률(%)을 구하였다.

$$\text{보정사충률(\%)} = \frac{\text{무처리생존률} - \text{처리생존률}}{\text{무처리생존률}} \times 100$$

알

진디혹파리 알에 대한 살충제의 접촉독성을 검정하기 위하여 침지법을 이용하였다. 진디혹파리 성충의 산란 유도를 위하여 피망주를 활용하였다. 포트 (지름 12 cm, 높이 10 cm)에 피망을 1개씩 파종하고 10~15 cm가 되었을 때 복숭아혹진딧물을 접종하였다. 약 2주 후 복숭아혹진딧물이 고르게 번식된 피망주를 망사케이지 (30 × 60 × 50 cm)에 2주동안 넣고 진디혹파리 성충을 암수구분 없이 방사하였다. 1일간 산란된 잎의 진디혹파리 알 수를 조사하고 추천농도로 희석된 시험약제에 10초간 침지하였다. 지름 9 cm, 높이 3 cm의 페트리디쉬에 젖은 필터페이퍼 (®Whatman CAT No 1003-090)를 깔고 약액에 침지된 잎의 뒷면이 아래로 가도록 고정시켰다. 처리 후 진디혹파리 알의 부화율을 조사하여 보정사충률을 구하였다. 모든 실험은 3반복으로 수행하였다. 시험조건은 온도 25±1°C, 상대습도 55~75%, 광주기 16L:8D로 하였다.

유충

진디혹파리 유충에 대한 살충제의 접촉독성을 검정하기 위하여 스프레이법을 이용하였다. 진디혹파리 알 실험과 동일하게 산란을 받은 피망잎을 거름종이를 깔 페트리디쉬에 고정시켜 25°C, 16L:8D의 인큐베이터에 보관하면서 진디혹파리 알의 부화를 유도하였다. 진디혹파리 유충의 사전밀도 조사를 위하여 부화한 진디혹파리 유충 수를 조사하였다. 부화가 끝난 페트리디쉬에 진디혹파리 알에서 보통독성 이하(<70%)의 사충률을 보인 약제를 추천농도로 희석 후 10 cm 거리에서 스프레이 (®동방플라스틱, SP T-100)로 5회 살포하였다. 살포된 페트

리디쉬는 진디혹파리 알과 동일한 시험조건에서 48 시간 보관 후 사충률을 조사하여 보정사충률을 구하였다.

번데기

진디혹파리 번데기에 대한 살충제의 접촉독성을 검정하기 위하여 침지법을 이용하였다. 산란된 피망주를 2일간 상온 (20~25°C, RH 55~75%, 16L:8D)에 보관 후 젖은 모래가 깔린 사각통 (25 × 35 × 30 cm)에 부화가 시작된 피망주를 고정시키고 복숭아혹진딧물이 접종된 피망주를 진디혹파리 유충의 먹이로 1일 1회 공급하였다. 약 6일 후 고치가 형성되었을 때 잔재물을 제거 후 모래를 1일동안 풍건하여 25 mesh의 채로 걸로 진디혹파리 번데기를 수거하였다. 수거된 번데기는 80 mesh 천 (3 × 3 cm)에 20마리씩 올려 놓고 핀셋을 이용하여 번데기가 빠지지 않도록 감쌌다. 준비된 번데기를 진디혹파리 유충실험에서 사충률이 보통독성 이하 (<70%)인 약제에 10초간 침지 후 휴지로 약액의 물기를 제거하였다. 약액이 희석되는 것을 피하기 위하여 젖은 필터페이퍼가 깔린 페트리디쉬에 사각 Parafilm (5 × 5 cm)을 깔고 침지된 천을 올려놓았다. 상온에서 1주일 이상 유지하면서 성충으로 우화하지 못한 번데기를 사충으로 간주하여 보정사충률을 구하였다.

성충

진디혹파리 성충에 대한 살충제의 접촉독성을 검정하기 위하여 바이알접촉법을 사용하였다. 진디혹파리 번데기에서 사충률이 보통독성 이하 (<70%)인 약액으로 지름 10 cm, 높이 5 cm의 페트리디쉬를 행구고 약액에 젖은 필터페이퍼를 깔았다. 필터페이퍼 중앙에는 2 × 2 cm의 플라스틱 weighing dish를 고정시키고 우화하기 시작하는 진디혹파리 번데기를 암수 구분 없이 투입하였다. 투입 48 h 후 사충수를 조사하여 보정사충률을 구하였다.

결과 및 고찰

오이에 사용되는 47종 약제에 대한 진디혹파리 알의 약제 감수성을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 국제 생물적 방제기구 (IOBC, International Organization for Biological Control)의 실내 실험 기준에 따라 치사율 30% 이하를 해가 없는 것으로 기준을 설정하였다.

실험에 사용한 살충제들 중 살충제에 영향을 받은 알은 부화하지 못하였으며 부화된 1령 약충은 잔존하는 살충제의 영향으로

Table 2. Toxicity of pesticides used for cucumber farming against *A. aphidimyza* eggs

Pesticides	Sample size(n) ^{a)}	% Corrected mortality (Mean±SD)	Pesticides	Sample size(n) ^{a)}	% Corrected mortality (Mean±SD)
etofenprox	24	100.0±0.0j	thiacloprid	147	97.4±1.1j
endosulfan	16	100.0±0.0j	imidacloprid + spinosad	138	69.4±7.4i
deltamethrin	17	100.0±0.0j	amitraz + buprofezin	114	97.2±4.9j
emamectin benzoate	76	0b	etofenprox + tebufenozide	78	99.27±0.64j
clothianidin	73	98.4±2.8j	acetamiprid + buprofezin	75	100.0±0.0j
dichlorvos	77	98.1±3.3j	bistrifluron	147	0abcd
flonicamid	67	0bc	dichlorvos + etofenprox	109	99.7±0.5j
indoxacarb	72	0bcd	flubendiamide	121	0abcd
lufenuron	84	0a	novaluron	53	7.4±11.0bcdefg
spinosad	79	10.9±11.3cdefg	acrinathrin + spiromesifen	168	6.09±3.68bcdef
pyriproxypen	61	68.4±17.1i	clothianidin + buprofezin	249	28.9±24.2h
abamectin	86	24.0±13.6gh	acetamiprid	62	92.6±7.7j
pyridalyl	80	87.0±5.4j	imidacloprid	39	89.9±6.3j
chlorfenapyr	89	98.5±1.5j	flufenoxuron + indoxacarb	116	0abcd
methidathion	77	97.66±4.05j	carbosulfan + methoxyfenozide	71	94.9±2.5j
chlorantraniliprole	83	0abcd	bifenthrin + indoxacarb	65	20.6±6.2fgh
thiamethoxam	74	87.1±4.8j	tebufenozide	42	0.1±2.8abcd
clothianidin	88	93.3±3.8j	methoxyfenozide	66	20.2±37.3efgh
dinotefuran	114	95.2±4.2j	etofenprox + indoxacarb	29	14.9±8.5defgh
spinosad	70	9.6±3.6bcdefg	indoxacarb + teflubenzuron	65	0abcd
bistrifluron + flufenoxuron	126	0.5±1.1abcd	buprofezin + dinotefuran	71	18.6±21.0efgh
flufenoxuron + metaflumizone	123	3.0±5.2abcde	diazinon	114	97.7±1.1j
teflubenzuron	99	6.9±2.7bcdefg	+ etofenprox	82	5.0±11.6abcdef
			bifenthrin	50	100.0±0.0j
			acetamiprid + indoxacarb		

^{a)} Sample size is mean of replication by pesticides.

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different by Tukey studentized range test (P=0.05).

사망하였기에 살충제에 의한 알의 영향은 알의 부화여부로 판단하기에 충분하였다. 진디혹파리 알에 대한 엽침지 결과, 높은 독성을 나타낸 약제는 Synthetic pyrethroid 5종, Organophosphorus 5종, Neonicotinoid 10종이었다. emamectin benzoate 등 22종의 살충제는 -11.6~24.0%의 보정사충률을 보여 진디혹파리 알에 대하여 낮은 독성을 보였다. 이러한 약제의 대부분은 IGR, Antibiotic, Benzoylurea, Diamide, Niacin 계통이었으나, Synthetic pyrethroid

계통에서는 bifenthrin이 5.0%의 낮은 보정사충률을 보였다.

진디혹파리 알에 낮은 독성을 보인 약제를 대상으로 진디혹파리 유충의 약제 감수성을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 진디혹파리 유충에 약제를 스프레이 한 결과, flonicamid 등 12종 약제가 0~2.7%로 낮은 독성을 보였다. 특히 가장 독성이 낮은 계통은 IGR과 Benzoylurea, Niacin, Oxadiazine 이었으며, Mixture의 경우, Benzoylurea 계통의 teflubenzuron이 포함된

Table 3. Toxicity of pesticides used for cucumber farming against *A. aphidimyza* larvae

Pesticides	Sample size(n) ^{a)}	% Corrected mortality (Mean±SD)	Pesticides	Sample size(n) ^{a)}	% Corrected mortality (Mean±SD)
emamectin benzoate	51	94.3±5.0d	flubendiamide	94	1.5±0.8a
flonicamid	93	0.1±0.7a	novaluron	108	0.6±0.6a
indoxacarb	95	0.9±1.1a	acrinathrin	133	99.1±1.1d
lufenuron	126	0.0±0.6a	+ spiromesifen		
spinosad	77	97.5±4.3d	clothianidin	132	99.7±0.5d
abamectin	31	94.8±6.8d	+ buprofezin		
chlorantraniliprole	40	64.6±16.2c	flufenoxuron	116	1.1±1.2a
spinosad	24	100.0±0.0d	+ indoxacarb		
bistrifluron	25	0.0±0.0a	bifenthrin	97	100.0±0.0d
+ flufenoxuron			+ indoxacarb		
flufenoxuron	25	2.7±2.4a	tebufenozide	121	0.0±0.0a
+ metaflumizone			methoxyfenozide	88.3	0.0±0.0a
teflubenzuron	79	0.4±0.7a	etofenprox	46	100.0±0.0d
bistrifluron	69	0.0±0.0a	+ indoxacarb		
			indoxacarb	43	35.4±5.2b
			+ teflubenzuron		
			buprofezin	102	100.0±100.0d
			+ dinotefuran		
			bifenthrin	72	100.0±100.0d

^{a)} Sample size is mean of replication by pesticides.

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different by Tukey studentized range test (P=0.05).

Table 4. Toxicity of pesticides used for cucumber farming against *A. aphidimyza* pupae and adults

Pesticides	Pupae		Adults	
	Sample size(n) ^{a)}	% Corrected mortality (Mean±SD)	Sample size(n)	% Corrected mortality (Mean±SD)
flonicamid		0a	71	0a
indoxacarb		0a	49	2.8±2.1a
lufenuron		0a	39	0a
chlorantraniliprole		0a	74	6.9±2.0a
bistrifluron + flufenoxuron		0a	90	0a
flufenoxuron + metaflumizone		0a	53	0a
teflubenzuron	20	0a	46	0a
bistrifluron		0a	57	0a
flubendiamide		0a	58	0a
novaluron		0a	45	0a
flufenoxuron + indoxacarb		0a	88	0a
tebufenozide		0a	61	0a
methoxyfenozide		0a	47	0a
indoxacarb + teflubenzuron		0a	66	0a

^{a)} Sample size is mean of replication by pesticides.

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different by Tukey studentized range test (P=0.05).

bistrifluron, metaflumizone, indoxacarb는 각각 0, 2.7, 1.1%의 보정사충률을 보였다. 알에 낮은 독성을 보였던 Synthetic pyrethroid 계의 bifenthrin, Antibiotic 계통의 spinosad, abamectin, emamectin benzoate, Neonicotinoid 계통의 clothianidin은 유

충에 대하여는 고독성을 보였다. Stara et al. (2011)은 methoxyfenozide 처리 24 h 후 진디혹파리 유충의 사충률을 29.3%로 보고하였고, indoxacarb의 사충률은 11.9%로 낮은 사충률을 가진다고 보고한 것처럼 본 실험에서도 48 hr 후에 각각 0%와

0.9%의 낮은 보정사충률을 보여 methoxyfenozide와 indoxacarb는 진디혹파리 유충에 저독성을 보임을 입증하였다.

진디혹파리 유충에 낮은 독성을 보인 약제를 대상으로 번데기와 성충의 약제 감수성을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 진디혹파리 유충에 독성이 낮았던 약제들 모두 진디혹파리 번데기와 성충에 낮은 독성을 보였다. 진디혹파리 유충에 보통독성을 보였던 chlorantraniliprole은 번데기와 성충에서는 해가 없는 낮은 독성을 보였다.

사과면충(*Eriosoma lanigerum* [Hausmann])을 포식하는 진디혹파리의 모든 발육단계를 대상으로 azinposmethyl과 27종 살충제에 대하여 실내 사육종과 야외 채집종을 대상으로 독성을 평가한 Warner and Croft (1982)는 알과 3령충에서 diazinon이 50% 이상의 사망률을 보인다는 사실을 밝혔으며 이는 본 실험에서 사용한 diazinon이 포함된 합제가 100%의 사충률을 보여 그의 주장을 뒷받침 하고 있다. 그러나 실내 사육종이 야외 채집종에 비하여 저항성이 12.2배 차이가 있음을 밝혀 실내 사육종의 약제에 대한 감수성이 높음을 밝혀 아마도 실내에서 사육된 영향으로 사충률이 100%로 높았던 것으로 판단된다.

캐나다 천적회사인 Biobest사의 1998년 보고에 의하면 진디혹파리에 대한 분무법 살충독성 평가와 모든 발육단계에서 동일한 결과를 얻었으나, bifenthrin의 알에 대한 독성은 상반된 결과를 얻었다. 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 보고한바 있다. 곤충의 신경전달체계를 마비시켜 살충효과를 나타내는 spinosad (DowElanco, 1994)는 아메리카 잎굴파리 기생봉인 *Hemiptersenus* sp. (Moon et al., 2000)과 밤나방 유충기생봉인 *Hyposoter didymator* Thunberg 성충(Schneider et al., 2004)에 고독성을 보이고 콜레마니진디벌 성충에도 80.6% (Kim et al., 2006)로 높은 사충률을 보인다. 칠레이리우에 성충에는 47.2%, 으뜸애꽃노린재 성충에는 3%의 낮은 사충률을 보여(Ahn et al., 2004a, b) spinosad가 기생벌에 대하여 높은 독성을 보인다는 Williams et al. (2003)의 보고와 일치하는 결과를 보였으나, 진디혹파리 알에 대하여는 제형과 상관없이 액상수화제에서 10.9%, 입상수화제에서 9.6%의 낮은 사충률을 보인 반면 진디혹파리 유충에는 100%의 높은 사충률을 보여 파리목 (Diptera)인 진디혹파리에도 진디벌과 함께 독성이 높은 것으로 판단되었다.

사과면충(*Eriosoma lanigerum* [Hausmann])을 포식하는 진디혹파리의 모든 발육단계를 대상으로 azinposmethyl과 27종

살충제에 대하여 실내 사육종과 야외 채집종을 대상으로 독성을 평가한 Warner and Croft (1982)는 알과 3령충에서 diazinon이 50% 이상의 사망률을 보인다는 사실을 밝혔으며 이는 본 실험에서 사용한 diazinon이 포함된 합제가 100%의 사충률을 보여 그의 주장을 뒷받침 하고 있다. 그러나 실내 사육종이 야외 채집종에 비하여 저항성이 12.2배 차이가 있음을 밝혀 실내 사육종의 약제에 대한 감수성이 높음을 밝혀 아마도 실내에서 사육된 영향으로 사충률이 100%로 높았던 것으로 판단된다. 이러한 결과는 자연적으로 발생하는 진디혹파리를 보호하여 저독성의 약제를 사용함으로써 방제의 효율을 높이고 화학약제의 사용량을 절감할 수 있다는데 의미가 있으나, 현재 회사와 기관에서 사육하는 진디혹파리가 시설농작물에 사용되고 있는 만큼, 진디혹파리와 동시에 사용할 수 있는 저독성 약제 선발도 그 의미가 있다 할 수 있다.

특히, Adam and Prokopy (1977)는 미국 Massachusetts 사과원에 발생하는 사과진딧물(*Aphis pomi* De Geer)을 진디혹파리가 효과적으로 포식할 수 있는 7월에 도달할 때까지 진디혹파리를 보호하기 위하여 알과 유충에 저독성인 화학약제를 선발한 결과, Thiodan과 Imidan은 저독성이었으며 Guthion과 Systox는 고독성을 보임을 밝혔다. 자연적으로 발생하는 천적과 상업적으로 이용되는 천적에 안전한 화학약제를 선발하여 천적을 보호하고자 하는 본 연구의 목적을 뒷받침 해준다.

오이를 가해하는 해충 중 피해가 가장 심한 해충은 복숭아혹진딧물, 오이충채벌레 (*T. palmi* Karny), 목화바둑명나방 (*P. indica* Saunders), 온실가루이, 아메리카잎굴파리가 있다(Park et al., 2002). 이들을 방제하기 위해 사용되는 몇몇 약제를 이용하여 몇몇 천적에 대한 살충제 독성을 평가한 결과, teflubenzuron과 tebufenozide이 진디벌에 독성이 낮음을 밝혔다. 본 실험에서 사용된 teflubenzuron과 tebufenozide는 오이의 목화바둑명나방 방제 약제로 등록되어 있는 약제로 진디혹파리에도 독성이 낮아 콜레마니진디벌과 동시에 사용이 가능하였다.

진디혹파리의 모든 발육단계에 낮은 독성을 보인 약제의 대부분은 목화바둑명나방에 등록되어 있으며 복숭아혹진딧물, 오이충채벌레, 온실가루이에 등록된 flonicamid와 아메리카잎굴파리에 chlorantraniliprole이 등록되어 있다. 따라서 오이재배시 발생하는 해충들에 대하여 독성이 낮은 약제와 진디혹파리를 동시에 활용한다면 화학약제의 사용량을 최소화 하면서 효과적으로 진딧물을 방제할 수 있을 것으로 기대된다.

기생벌에 대한 농약의 접촉 독성은 기주 안에서 유충의 발육기간 변화와 우화율, 산란수, 기생능력, 성충수명, 교미 등에 약 영향을 준다는 보고가 있다 (Franz et al., 1980; Sell, 1984; Hassan et al., 1994; Schmuck et al., 1996; Consoli et al., 1998).

Metasystox R, Nexion EC 25 와 살균제인 Saprol은 진디혹파리 유충을 사망시키게 할뿐만 아니라 그들의 발육과, 진딧물 섭식량 뿐만아니라 용화율과 성충으로의 우화율에도 악영향을 준다(Sell, 1984). 따라서 아무리 독성이 낮은 약제라 하더라도 진디혹파리가 약제에 노출되었을 때 이들의 산란능력과 포식 능력, 성충수명 등 생태학적 특성에 악영향을 줄 수 있을 것으로 판단되며 이는 추후 더 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

Literature Cited

- Adams, R.G., Prokopy, R.J., 1977. Ecology of aphid predator, *Aphidoletes aphidimyza* (Cecidomyiidae Diptera), and effect of pesticides on its survival in apple orchards. *J. New York Entomol. Soc.* 85, 163-163.
- Ahn, K.S., Lee, K.Y., Kang, H.J., Park, S.K., Kim, G.H., 2004a. Toxicity of pesticides to minute pirate bug, *Orius strigicollis* Popius (Hemiptera: Anthocoridae), a predator of thrips. *Korean J. Appl. Entomol.* 43, 257-262.
- Ahn, K.S., Lee, S.Y., Lee, K.Y., Lee, Y.S., Kim, G.H., 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.
- Asyakin, B.P., 1973. Use of *Aphidoletes aphidimyza* (Rond.) (Diptera: Cecidomyiidae) against aphids on greenhouse cucumber. *Zapiski Lskhi.* 212, 10-14.
- Barnes, H.F., 1929. Gallmidges (Dipt: Cecidomyiidae) *Bull. Soc. Entomol.* 49, 25-45.
- Biobest biological systems. 1998. Side effects of pesticides on bumblebees and beneficials. Westerlo BELGIUM: Biobest.
- Candolfi M.P., Blümel, S., Forster, R., Bakker, F.M., Grimm, S., Hassan, S.A., Heimbach, U., Mead-Briggs, M.A., Schmuck, R., Vogt, H., 2000. Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-target arthropods. IOBC, BART and EPPO Joint Initiative, Gent, IOBC/WPRS, pp. 158.
- Choi, B.R., Kim, J.H., Byeon, Y.W., Park, H.M., Park, C.G., 2004. Utilization of low toxic pesticides to natural enemy. NIAST, Research Report, pp. 189-205.
- Choi, B.R., Hilton, S.A., Broadbent, A.B., 2003. Selection of low toxic insecticides for phytoseiid predatory mites, *Amblyseius cucumeris* and *Amblyseius fallacis*. *Korean J. Pest. Sci.* 7, 296-301.
- Consoli, F.L., Parra, J.R.P., Hanssan, S.A., 1998. Side-effects of insecticides used in tomato fields on the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae), a natural enemy of *Tuta absoluta* Mcyriel (Lepidoptera: Gelechiidae). *J. Appl. Entomol.* 122, 43-47.
- Croft, B.A., 1990. Developing a philosophy and program of pesticide resistance management. in: Roush, R.T., Tabashnik, B.E. (Eds.), *Pesticide resistance in arthropods*. Springer, US, pp. 48-56.
- DowElanco., 1994. Spinosad technical guide. DowElanco, Indianapolis, IN, pp. 24
- El Titi, A., 1974. Auswirkung von der ruberischen gallmücke *Aphidoletes aphidimyza* (Rond.) (Itonididae: Diptera) auf blattlauspopulationen unter glas. *Z. Angew. Entomol.* 76, 406-417.
- Franz, J.M., Bogenschutz, H., Hassan, S.A., Huang, P., Nation, E., Suter, H., Viggiani, G., 1980. Results of a joint pesticide test programme by the working group: pesticide and beneficial arthropods. *Entomophaga* 25, 231-236.
- Harizanova, V., Ekbom, B., 1997. Evaluation of the parasitoid, *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae) and the predator *Aphidoletes aphidimyza* Rondani (Diptera: Cecidomyiidae) for biological control of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on cucumber. *J. Entomol. Sci.* 32, 17-24.
- Harris, K.M., 1973. Aphidophagous Cecidomyiidae (Diptera): Taxonomy, biology and assessments of field populations. *Bull. Ent. Res.* 63, 305-325.
- Hassan, S.A., Bigler, F., Bogenschutz, H., Boller, E., Brun, J., Callis, J.N.M., Coremans-Pelsener, J., Duso, C., Grove, A., Heimbach, U., Helyer, N., Hokkanen, H., Lewis, G.B., Mansour, F., Moreth, L., Polgar, L., Samsoe-Petersen, L., Suphanor, B., Staubi, A., Btern, G., Vainio, A., Van De Veire, M., Viggiani, G., Vogt, H., 1994. Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS-working group "Pesticides and Beneficial Organisms". *Entomophaga* 39, 107-119.
- Havelka, J., 1978. Predaceous gall midge *Aphidoletes aphidimyza* Rond. (Diptera: Cecidomyiidae); bionomy, mass laboratory rearing and use in glasshouse crops. Ph. D. Thesis, All-Union Plant Protection Institute, Leningrad, pp. 289.
- Kim, D.I., Lee, S.C., 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, J.J., Seo, D.K., Kim, G.H., 2006. 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. *Korean J. Appl. Entomol.* 45, 217-226.
- Kim, J.S., 2009. The pest control by using natural enemy. RDA, pp. 27-74.
- Kim, S.S., Paik, C.H., 1996a. Comparative toxicity of fenpyroximate to the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* Schicah and the kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acarina: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Appl. Entomol. Zool.* 31, 369-377.
- Kim, S.S., Paik, C.H., 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.

- Markkula, M., Tiittanen, K., Hamalainen, M., Forberg, A., 1979. The aphid midge, *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae) and its use in biological control of aphids. *Ann. Ent. Fenn.* 45, 89-98.
- Moon, H.C., Choi, J.S., Hwang, C.Y., 2000. Developmental characteristics of *Hemiptarsenus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of *Liriomyza trifolii* (Burgess) and effect of the insecticides. *Korean J. Pesic. Sci.* 4, 72-76.
- Park, C.G., Lee, M.H., Yoo, J.K., Lee, J.O., Choi, B.R., 1995. Relative toxicity of abamectin to the predatory mite *Amblyseius womersleyi* Schichah (Acarina: Phytoseiidae) and two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 34, 360-367.
- Park, J.D., Kim, S.G., Kim, D.I., Choi, H.G., Kim, S.C., Seo, Y.W., Kim, K.J., 2002. Studies for IPM of disease and pest in export-crops. JNARES. Research Report, pp. 256-285.
- Rondani, C., 1847. Osservazioni sopra parecchie specie di esapodi afidicidi e sui loro nemeci. *Nouvi Ann. Sci. Nat. Bologna* 8, 337-351.
- Sell, P., 1984. Effects of some pesticides on the efficiency of the aphidophagous larvae of *Aphidoletes aphidimyza* (Rond). *Z. Angew. Entomol.* 98, 174-184.
- Schmuck, R., Mager, H., Kunast, C., Bock, K.D., Storck-Weyermuller, S., 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., Smagghe, G., Vinuela, E., 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.
- Stara J., Ourednickova, J., Kocourek, F., 2011. Laboratory evaluation of the side effects of insecticides on *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphidiidae), *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae), and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae). *J. Pest Sci.* 84, 25-31.
- Van de veire, M., Vinuela, E., Bernardo, U., Tirry, L., Adan, A., Viggiani, G., 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.
- Warner, LA., Croft, BA., 1982. Toxicities of azinphosmethyl and selected orchard presicides to an aphid predator, *Aphidoletes aphidimyza*. *J. Economic Entomol.* 75, 410-415.
- William, T., Valle, J., Vinuela, E., 2003. Is the naturally derived spinosad compatible with insect natural enemies?. *Biocontrol Sci. Techn.* 13, 459-475.
- Yoo, S.S., Kim, S.S., 2000. Comparative toxicity of some pesticides to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: phytoseiidae) and the tow spotted spider mites, *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 30, 235-241.
- Yukawa, J., Yamaguchi, D., Mizata, K., Setokuch, O., 1998. Distribution and host rage of on aphidophagous species of Cecidomyiidae *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera) in japan. *Appl. Entomol. Zool.* 33, 185-193.
- Zhang, Z.Q., Sanderson, J.P., 1990. Relative toxicity of abamectin to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) and two spotted spider mite (Acarni: Tetranychidae). *J. Econ. Entomol.* 83, 1783-1790.