

복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*)과 무당벌레(*Harmonia axyridis*)에 대한 진딧물방제용 살충제의 선택독성

김길하* · 이영수

충북대학교 농과대학 농생물학과

요약 : 진딧물방제용 살충제중 복숭아혹진딧물과 포식성 무당벌레에 대해 선택독성을 나타내는 약제를 선발하고 그 약제가 무당벌레의 성충수명, 산란수 및 차세대의 부화율에 미치는 영향을 조사하였다. 모든 실험은 진딧물의 추천농도(ppm)에서 검정하였다. 진딧물방제용 살충제 중 pirimicarb(162.5 ppm), fenvalerate(50 ppm), endosulfan(577.5 ppm)은 추천농도(ppm)에서 무당벌레에 대해 살충율이 각각 0, 20, 22.5%로 선택독성을 나타내었다. Endosulfan과 fenvalerate은 무당벌레의 알과 유충에 대해서 48%이상의 높은 살충율을 나타내었으나, pirimicarb는 독성을 나타내지 않았다. 또한 pirimicarb는 무당벌레의 산란전기, 성충수명, 산란수 및 차세대의 부화율에 영향을 미치지 않았으며, fenvalerate와 endosulfan은 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이상의 결과에서 포식성 무당벌레에 독성이 적은 pirimicarb는 복숭아혹진딧물에 대한 종합적방제의 일환으로서 생물적 방제에 이용 가능할 것으로 생각된다.(1999년 1월 27일 접수, 1999년 4월 30일 수리)

Key words : *Harmonia axyridis*, *Myzus persicae*, selective toxicity, aphicide, predator.

서론

무당벌레(*Harmonia axyridis*)는 진딧물을 포식하는 중요한 천적 중의 하나로 무당벌레류는 우리나라에서 13속 74종이 보고되어 있다(한국곤충학회·한국응용곤충학회, 1994). 이를 식성별로 구분해보면 식물의 잎을 먹는 식식성, 균의 포자를 먹는 식균성, 그리고 곤충을 포식하는 식충성으로 나눌 수 있는데, 이들 중 식충성 곤충이 대부분을 차지하고 있다. 게다가 유충과 성충이 진딧물류, 각지벌레류 외에 총채벌레, 배추좀나방, 온실가루이를 포함한 곤충을 포식하기 때문에 해충의 생물학적 방제에 활용될 수 있는 잠재적 가능성이 매우 높다고 할 수 있다(김과 최, 1985).

진딧물방제에 가장 일반적으로 사용되는 방법은 약제방제이다. 약제방제는 적용범위가 넓고, 효과가 확실하나 저항성 해충의 출현, 잠재해충의 해충화, 해충 밀도격발 및 농작물에 잔류등의 부작용으로 인해 재배농가에 많은 부담을 주고 있다(Sawacki, 1979; 大串,

1990). 이와 같이 살충제 사용의 부작용이 일반화되면 서 많은 학자들이 농업생태계를 보존하기 위하여 해충의 밀도를 자연적으로 억제시켜 주는 천적의 역할을 증대시키고자 천적에 독성이 낮은 선택성 약제를 탐색 이용하여 해충과 천적의 밀도를 적정수준으로 조절함으로써 보다 장기적인 방제효과를 유지하려는 데 많은 노력을 하고 있다 (Grafton-cardweel과 Hoy, 1983; Yu, 1988; Reda와 El-Banhawy 1988; Mizell과 Schiffauer, 1990; Zhang과 Sanderson, 1990; Park 등, 1995; 최 등, 1996; 김과 백, 1996; Cho 등, 1997). 무당벌레는 진딧물에 대한 포식력이 뛰어나 생물적방제에 이용되고 있지만(최와 김, 1985, 이와 김, 1989), 무당벌레만으로 진딧물의 밀도를 경제적 피해수준이하로 낮추는 것은 어렵다. 따라서 선택독성이 높은 살충제의 사용으로 천적인 무당벌레와 진딧물의 비율을 조절하면 무당벌레를 이용한 진딧물의 생물적 방제가 가능할 것으로 생각한다.

이에 본 실험은 진딧물방제용 살충제가 무당벌레의 발육단계별 살충율, 산란전기, 성충수명, 산란수 및 차세대의 부화율에 미치는 영향을 조사하여 배자발육

*연락처

과 후배자발육에 영향이 적은 살충제를 선발함으로써 화학적 방제와 생물적 방제의 조화로운 이용 가능성을 검토하고자 수행하였다.

재료 및 방법

실험곤충

본 시험에 공시한 무당벌레(*Harmonia axyridis*)는 1998년 5월 충북대학교 캠퍼스 부근에서 채집하여 실내 온도 25~27℃, 광주기 16L : 8D, 상대습도 50~60% 조건에서 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*)을 먹이로 누대사육하였으며, 복숭아혹진딧물은 캠퍼스 주변에서 채집하여 담배잎에 사육하면서 시험에 이용하였다.

실험약제

본 시험에 사용된 살충제는 진딧물방제용 시판제로써 5종의 유기인계, 4종의 카바메이트계, 4종의 피레스로이드계, 2종의 네오니코티노이드계, 1종의 유기염소계로 모두 16종이며, 이들의 일반명, 상품명, 제형, 유효성분량 및 추천농도(ppm)는 표 1과 같다.

복숭아혹진딧물과 무당벌레에 대한 살충제의 선택 독성검정

복숭아혹진딧물에 대한 독성검정은 담배잎 절편(직경 5 cm)을 소정농도의 약액에 30초간 침적하여 30~60분간 음건한 후 소형샤-레(직경: 5 cm)에 넣었다. 그 위에 20마리의 진딧물 성충(무시형)을 접종하고 24시간 후에 사충수를 조사하였다. 모든 실험은 3반복으로 하였다. 무당벌레에 대한 독성검정은 소정농도의 약액에 알을 5초간 침적한 후 부화수를 조사하였고, 유충과 성충은 CO₂ gas로 마취시킨 후 5초간 충체침적하여 유리샤-레(직경 11 cm x 3 cm)에 넣고 24시간 후에 사충수를 조사하였다. 그리고 번데기는 용화 후 1일이 경과한 것을 소정의 약액에 충체침적하여 우화수를 조사하였다. 후배자발육에 미치는 영향에 대해서는 우화후 8~15시간 사이의 성충에 실험약제(endosulfan, fenvalerate, pirimicarb)를 처리한 후 산란전기, 성충수명, 산란수 및 차세대의 부화율을 조사하였다. 모든 실험은 반복당 10마리씩 3반복이상으로 하였으며, 충분한 양의 진딧물을 공급하였다. 실험조건은 온도 25℃, 광주기 16L : 8D, 상대습도 50~60% 조건에서 수행되었다. 모든 독성은 Abbott(1925)의 공

Table 1. Aphicides used in the study of selective toxicity

Common name	Trade name formulation	a.i. ^{a)} (%)	Field rate (ppm)
Organophosphates			
Acephate	Otran WP	50	500
Chlorpyrifos-methyl	Reldan EC	25	312.5
Demeton S-methyl	Metasystox EC	25	250
Fenthion	Lebaycid EC	50	500
Phosphamidon	Dimecron EC	50	500
Carbamates			
Benfuracarb	Oncol EC	30	300
Furathiocarb	Deltanet EC	10	100
Methomyl	Lannate WP	24.1	241
Pirimicarb	Pirimo WP	25	162.5
Pyrethroids			
Bifenthrin	Talstar WP	2	20
Deltamethrin	Decis EC	1	10
Fenvalerate	Sumicidin EC	5	50
Lambda cyhalothrin	Karate EC	1	10
Neonicotinoids			
Acetamiprid	Mospiran WP	8	40
Imidacloprid	Conidor WP	10	50
Organochloride			
Endosulfan	Malix EC	35	577.5

^{a)} Active ingredient.

식으로 보정사충율을 구하여 비교하였다.

통계분석

시험에서 산란전기, 성충수명, 산란수 및 차세대의 부화율에 대한 결과는 Duncan 다중검정(Duncan 1955, P=0.05%, SAS program 1991)으로 비교하였다.

결과 및 고찰

복숭아혹진딧물과 무당벌레 성충에 대한 살충제의 선택독성

현재 시판되고 있는 진딧물방제용 살충제를 추천농도(ppm)로 복숭아혹진딧물 성충과 무당벌레 성충에 처리하여 선택독성을 비교한 결과를 표 2에 나타내었다. 16종의 진딧물방제용 살충제는 추천농도에서 복숭아혹진딧물에 대해 모두 100%의 살충율을 나타내었고, 무당벌레에 대해서는 fenvalerate, endosulfan, imidacloprid, pirimicarb를 제외하고는 모두 80%이상의 살충율을 나타내었다. 선택독성을 나타낸 fenvalerate,

endosulfan, imidacloprid, pirimicarb의 무당벌레에 대한 살충율은 각각 20, 22.5, 30, 0%이었다. 특히 카바메이트계인 pirimicarb는 천적무당벌레에 대해 전혀 영향을 미치지 않았지만, 복숭아혹진딧물에 대해 100%의 살충율을 나타내어 선택성이 높은 살충제임을 알 수 있다. 이와같은 결과는 이와 김(1989)에 의해서도 보고 되었는데 acephate, cyhalothrin, pirimicarb의 3종 살충제를 추천농도로 처리시 복숭아혹진딧물에 대해서는 98%이상의 높은 살충율을 나타내었다. 그리고 천적인 무당벌레에 대해서는 acephate와 cyhalothrin은 높은 독성을 나타내었으나, pirimicarb는 매우 낮은 독성을 나타내어 본 실험의 결과와 일치하였다. 또한 Cho 등(1997)은 과수원의 주요해충인 조팝나무진딧물, 사과혹진딧물과 천적무당벌레간에 8종의 살충제에 대한 선택독성 비교에서 alphamethrin이 상대적으로 천적에 안전하여 진딧물방제에 적용 가능성을 제시하였다(Cho 등, 1996). 본 실험의 결과에서 복숭아혹진딧물 방제에 pirimicarb와 같은 선택독성이 높은 살충제를 사용함으로써 화학적방제와 생물적방제의 조화로운

Table 2. Selective toxicity of aphicides to adults of *M. persicae* and *H. axyridis*

Aphicide	Concentration (ppm)	% Mortality (Mean ± SD)	
		<i>M. persicae</i>	<i>H. axyridis</i>
Organophosphates			
Acephate	500	100 ± 0	94 ± 3.3
Chlorpyrifos-methyl	312.5	100 ± 0	100 ± 0
Demeton S-methyl	250	100 ± 0	100 ± 0
Fenthion	500	100 ± 0	100 ± 0
Methidathion	400	100 ± 0	100 ± 0
Phosphamidon	500	100 ± 0	100 ± 0
Carbamates			
Benfuracarb	300	100 ± 0	100 ± 0
Furathiocarb	50	100 ± 0	100 ± 0
Methomyl	450	100 ± 0	100 ± 0
Pirimicarb	162.5	100 ± 0	0 ± 0
Pyrethroids			
Bifenthrin	10	100 ± 0	87 ± 8.5
Deltamethrin	10	100 ± 0	83 ± 4.6
Fenvalerate	50	100 ± 0	20 ± 7.9
Lambda cyhalothrin	10	100 ± 0	95 ± 2.4
Neonicotinoides			
Acetamiprid	40	100 ± 0	100 ± 0
Imidacloprid	50	100 ± 0	30 ± 4.2
Organochlorines			
Endosulfan	577.5	95 ± 3.5	22.5 ± 5.4

이용이 가능하여 농생태계의 천적을 보호할 수 있을 것으로 생각된다.

선택성 살충제가 무당벌레의 생물학적 특성에 미치는 영향

무당벌레에 대해 선택독성을 나타낸 4종의 살충제 중 30%이하의 살충율을 나타낸 endosulfan, fenvalerate, pirimicarb의 추천농도로 알, 유충의 영기별 및 번데기의 약제감수성을 조사한 결과는 표 3과 같다. Pirimicarb는 알에 대해서 13%의 부화억제율을 나타내어 대조구의 9%와 비슷한 수준을 나타내었다. 또한 유충의 모든 영기에 대하여 0%의 살충효과를 나타내어 아무런 영향을 미치지 않았다. 그러나 endosulfan과 fenvalerate는 알에 대해서 각각 100%의 부화억제를 나타내었으며, 유충의 각 영기에 대해서 48~100%의 살충율을 나타내었다. 천적곤충의 발육에 따른 살충제의 선택독성에 관한 연구는, Cho 등(1996)이 살비제인 azocyclotin, pyridaben은 무당벌레의 알과 유충에 대해서 독성을 나타내지 않았음을 보고하였고, Mizell과 Schiffhaure(1990)는 피칸진딧물(*Carya illinoensis*)의 천적인 풀잠자리(*Chrysoperla rufilabris*)가 23종의 농약에 대한 선택독성은 알에 대해서 살균제인 triphenyltin hydroxidae, benomyl, 살충제인 endosulfan, phosalone, 유충에 대해서 endosulfan,

phosalone, dicofol, lindane, fenvalerate, cypermethrin 그리고 성충에 대해서 살균제인 triphenyltin hydroxidae, 피레스로이드계 살충제인 fenvalerate, cypermethrin 등으로 발육단계에 따라 선택독성에 차이가 있었음을 보고하여 선택독성은 각영기에 대한 영향 평가가 이루어져야 할것으로 생각된다. 본 실험의 결과에서도 endosulfan과 fenvalerate는 번데기와 성충에 대해서 낮은 독성을 나타내었으나 알과 유충에 대해서는 48~100%의 살충율로 높은 독성을 나타내어 실제 이용이 불가능하다.

무당벌레의 성충에 대해 선택독성을 나타낸 3종 살충제가 무당벌레 성충의 산란전기 및 수명에 미치는 영향을 보면(표 4), pirimicarb는 무당벌레의 산란전기 및 수명에 거의 영향을 미치지 않은 반면에 fenvalerate와 endosulfan은 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 암컷 한마리당 평균산란수와 차세대 부화율에서도 비슷한 결과를 나타내었는데(표 5), pirimicarb처리에서 산란수가 187개로 대조구의 205개와 차이가 없었으며, 차세대의 부화율에서도 pirimicarb는 91%로 대조구의 92%와 비슷한 수준을 나타내었다. 그러나 fenvalerate에 처리된 성충의 산란수와 부화율은 pirimicarb와 비교하여 볼 때 50%에도 미치지 못하였으며, endosulfan에 처리된 성충의 경우 산란수는 평균 2.3개로 극히 적었고 부화율도 0%를

Table 3. Toxicity of aphicides to different developmental stages of *H. axyridis*

Aphicide	% Mortality (Mean ± SD)					
	Egg	1st instar	2nd instar	3rd instar	4th instar	Pupa
Endosulfan	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	89 ± 7.2	62 ± 11.2	0 ± 0
Fenvalerate	100 ± 0	85 ± 11.2	67 ± 9.4	54 ± 6.9	48 ± 10.1	0 ± 0
Pirimicarb	13 ± 4.8	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Control	9 ± 3.5	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0

Table 4. Effects of aphicides on the preoviposition and longevity of *H. axyridis* female adults

Aphicide	Preoviposition, day	Longevity, day
Endosulfan	23.0 ± 1.0 b ^{a)}	34.0 ± 16.3 b
Fenvalerate	26.0 ± 1.5 a	42.0 ± 15.0 b
Pirimicarb	7.4 ± 0.9 c	68.2 ± 21.1 a
Control	6.9 ± 0.8 c	76.0 ± 15.6 a

^{a)}Means followed by the same letters are not significantly different (p=0.05; Duncan's multiple range test).

Table 5. Effects of aphicides on the reproduction of *Harmonia axyridis* adults

Aphicide	No. eggs laid/♀	Hatchability (%)
Endosulfan	2.3±1.5 c ^{a)}	0±0 b
Fenvalerate	60.0±16.8 b	42.3±18.7 b
Pirimicarb	187.0±40.5 a	91.0±3.0 a
Control	205.0±12.5 a	92.0±2.5 a

^{a)}Means followed by the same letters are not significantly different ($p=0.05$; Duncan's multiple range test).

나타내었다. 선택성 살충제가 천적무당벌레의 생식에 미치는 영향에 관한 연구보고는 거의 없으며, 다른 천적에 관한 연구결과들을 살펴보면, 최 등(1996)은 buprofezin은 벼멸구의 포식성 천적인 등검은황록장님노린재에 선택성이 가장 높았으며, 아치사약량(LD₁₀, LD₄₀)으로 처리했을 때 성충수명과 산란수가 무처리구와 차이가 없었음을 보고하였다. 또한 Zang과 Sanderson(1990)은 abamectin(0.08~16 ppm)이 식식성응애류에 대해 부화억제효과를 나타내었으나, 포식성천적 응애에 대해서는 영향을 미치지 않아 점박이응애의 종합방제에 있어서 천적과 해충의 비율을 조절하는데 유용하게 쓰일수 있을 것이라 하였다.

이상의 결과를 종합해보면, 진딧물의 종합적방제에 살충제를 적용하기 위해서는 해충에 살충효과가 있고, 천적에 대해서 독성이 없어야 하며, 독성의 평가는 각영기에 대해서 이루어져야 한다. 본 실험에서 pirimicarb는 복숭아혹진딧물 포식성 천적인 무당벌레의 발육단계, 생식력, 수명 및 차세대의 부화율에 영향을 미치지 않아, 진딧물종합적방제에 이 약제의 이용이 가능하리라 판단된다.

인용문헌

- Abbott, W. S. (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18:265~267.
- Cho, J. R., K. J. Hong, J. K. Yoo, J. R. Bang and J. O. Lee (1997) Comparative toxicity of selected insecticides to *Aphis citricola*, *Myzus malisuctus* (Homoptera: Aphididae), and the predator *Harmonia axyridis* (Coleoptera:Coccinellidae). *J. Econ. Entomol.* 90(1):11~14.
- Cho, J. R., K. J. Hong, G. S. Lee, B. R. Choi, J. K. Yoo & J. O. Lee (1996) Selection of the acaricides selective to *Harmonia axyridis* and effect of their application on phytophagous mite and natural enemies. *Korean J. Appl. Entomol.* 35:243~248.
- Duncan, D. B. (1955) Multiple range and multiple F. tests. *Biometrics.* 11:1~41.
- Grafton-Cardwell, E. E. and M. A. Hoy (1983) Comparative toxicity of avermectin B₁ to the predator *Metaseiulus occidentalis*(Nesbitt) (Acari:Phytoseiidae) and spider mite *Tetranychus urticae* Koch(Acari:Tetranychidae). *J. Econ. Entomol.* 76:1216~1220.
- Mizell, R. F. and D. E. Schiffhauer (1990) Effects of pesticides on pecan aphid predators *Chrysoperla rufilabris*, *Cycloneda sanguinea* (L.), *Olla v-nigrum* (Coleoptera:Coccinellidae), and *Aphelinus perpallidus* (Hymenoptera:Encyrtidae). *J. Econ. Entomol.* 83(5): 1806~1812
- Park, C. G., M. H. Lee, J. K. Yoo, J. O. Lee & B. R. Choi (1995) Relative toxicity of abamectin to the predatory mite *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acari: Phytoseiidae) and twospotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Korean App. Entomol.* 34:360~367.
- Reda, A. S. & E. M. El-Banhawy (1988) Effect of avermectin and dicofol on the immatures of the predacious mite *Amblyseius gossipi* within a special reference to the secondary poisoning effect on the adult female (Acari:Phytoseiidae). *Entomophaga.* 33: 349~355.
- Sawacki, R. M. (1979) Resistance of insects to insecticides. *Span.* 22(2):51~55.

- Zhang, Z. Q. & J. P. Sanderson (1990) Relative toxicity of avermectin to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* (Acari : Phytoseiidae) and twospotted spider mite (Acar:Tetranychidae). J. Econ. Entomol. 83:1783~1790.
- Yu, S. J. (1988) Selectivity of insecticides to the spined soldier bug(Heteroptera:Pentatomidae) and its lepidopterous prey. J. Econ. Entomol. 81(1):119~122.
- 大串龍一. 1990. 天敵と農薬. p.196. 東海大學出版會. 日本.
- 김길하, 최승윤 (1985) 인공사료조성이 무당벌레의 성장과 난소발육에 미치는 영향. 한곤지. 15(2):33~41.
- 김상수, 백채훈 (1996) 점박이응애(*Tetranychus urticae*), 간자와응애(*Tetranychus kanzawai*)와 긴털이응애(*Amblyseius womersleyi*)에 대한 abamectin의 독성비교. 한응곤지. 35:164~172.
- 이형래, 김정화 (1989) 진딧물류에 대한 천적 무당벌레의 포식능력 및 그들의 선택독성에 관한 연구. 충북대학교 농학연. 7:110~118.
- 최병렬, K. L. Heong, 이정운, 유재기, 박정규 (1996) 수도용살충제의 아치사랑이 벼멸구(*Nilaparvata lugens* Stål)와 등검은황록장림노린재(*Cyrtorhinus lividipennis*)의 생물학적특성에 미치는 영향. 한응곤지. 35:52~57.
- 최승윤, 김길하 (1985) 포식성천적 무당벌레의 진딧물 포식능력. 한식지. 24:11~14.
- 한국곤충학회·한국응용곤충학회 (1994) 한국곤충명집. p.744. 건국대학교출판부. 한국.

Selective toxicity of aphicides to the predator *Harmonia axyridis*(Coleoptera: Coccinellidae) and *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae)

Gil-Hah Kim* and Young-Soo Lee(Department of Agricultural Biology, Chungbuk National University, San 48, Gaesin-dong, Chong-ju, Chungbuk 361-763, Republic of Korea)

Abstract : This experiment was conducted to select the selective aphicides to *Myzus persicae* adults and its predator, *Harmonia axyridis* adults. The effects of the selective aphicides on the longevity, fecundity and hatchability of predator were examined. All experiments were tested at the recommended concentration of those aphicides. Mortalities of adult *H. axyridis* to pirimicarb (162.5 ppm), fenvalerate (50 ppm) and endosulfan (577.5ppm) were shown 0, 20 and 22.5%, respectively. Endosulfan and fenvalerate showed the mortality above 48% to eggs and larvae *H. axyridis*, but pirimicarb was not toxic to those stages. Pirimicarb did not affect to the longevity, fecundity and hatchability of *H. axyridis*, but endosulfan and fenvalerate severely affected to the predators. From these results, pirimicarb can be used in biological controls for *M. persicae*.

*Corresponding author (Fax:+82-431-271-4414, E-mail: khkim@trut.chungbuk.ac.kr)