

사과 果樹園에서 조팝나무진딧물의 殺蟲劑 感受性

Insecticide Susceptibility of Field-Collected Populations of the Spiraea Aphid, *Aphis citricola*(van der Goot)(Hemiptera: Aphididae) in Apple Orchards

宋 承 錫 · 吳 鴻 圭 · 本 山 直 樹¹

Seung Seok Song, Hong Kyu Oh, Naoki Motoyama¹

ABSTRACT The experiment was carried out to investigate insecticide susceptibility of the spiraea aphid (*Aphis citricola*) in apple orchards in Korea, using dipping method. Although insecticide susceptibility varied with local and seasonal populations, the susceptibility to demeton S-methyl and phosphamidons was different from that to the other insecticides. The LC₅₀ values were 10 ppm for deltamethrin and chloropyrifos, 103~629 ppm for demeton S-methyl, acephate, phosphamidon, monocrotophos and vamdothion, 12,200 ppm for EPN, and 1,745 ppm for pirimicarb. When insecticide susceptibility was compared between the S-clone selected from a population on the host plant spiraea and the R-clone selected from a population on the apple tree, the resistance ratio as expressed by R/S ratio of LC₅₀ was 78 for phosphamidon and 546 for pirimicarb. Esterase zymogram determined by the agar gel electrophoresis revealed a significant difference between the clones. The activity of the E2, E5, E6 and E7 of the R-clone was higher than that of the S-clone. It is suggested that the increased esterase activity may be involved in the mechanism of insecticide resistance in the spiraea aphid, although the involvement of other factor(s) may not be ruled out.

KEY WORDS *Aphis citricola*, Insecticide resistance, Esterase activity

초 록 사과의 조팝나무진딧물의 수종 약제에 대한 야외 개체군의 감수성을 조사하였다. 1983년부터 1987년까지 사과원에서 피리미카브의 9약종에 대한 약효시험결과 년도별, 지역별에 따라 현저한 감수성 차이를 보였는데, 서울등 4개 지역에서 사과나무에 발생한 진딧물에 대한 약제감수성을 조사한 결과 지역별로 디메톤에스메칠과 포스파미돈이 차가 크게 있었고, 약제별 LC₅₀은 델타메스린과 크로르피리포스가 10ppm 이하였으며, 디메톤에스메칠, 아세페이트, 포스파미돈, 모노크로토포스, 바미도치온은 103~629ppm이었고, 가정 오래 사용하였던 이피엔과 피리미카브는 1000ppm이상이었다. 또한 약제저항성 정도를 조사하기 위하여 감수성 크론과 저항성 크론을 침지법으로 처리하여 저항성비를 조사한 결과 포스파미돈은 73배, 피리미카브는 546배의 저항성이 유발되었으며, 감수성 크론과 저항성 크론에대한 효소활성을 α-NA를 기질로해서 한천겔 전기영동법으로 효소활성을 조사한 결과 감수성 크론에 비하여 저항성 크론은 E-2, E-5, E-6, E-7의 활성이 현저하게 높았다. 따라서 조팝나무진딧물의 살충제에대한 감수성 저하는 에스테라제의 활성도에 기인하는 것으로 생각되나 다른 원인도 배제할 수는 없다.

검 색 어 조팝나무진딧물, 약제저항성, 에스테라제 활성

국립농업자재검사소(National Agriculture Materials Inspection Office, 520-6 konjam-ri silchon-myeon kwangju-gun 464-870 Republic of Korea)
¹ 千葉大學 園藝學部 生態制御化學研究室(Laboratory of Pesticide Toxicology, Faculty of Horticulture, Chiba University, Matsudo 271, Japan)

조팝나무진딧물은 주로 장미과 과수해충으로 사과나무의 신초나 어린잎에 발생하는데 오래 전에는 사과진딧물 (*Aphis pomi*)로 기록하여 (백 1966)볼려 왔으나, 최근 일본과 한국에는 분포 하지않고 (Paik 1972, 森津 1983, 崔 1986), 사과진딧물은 *Aphis citricola*, = *A. spiraeicola*로 밝혀져 조팝나무진딧물로 불려지고 있다.

조팝나무진딧물은 조팝나무, 감귤, 사과등 17과 48종의 기주식물이 있어 월동은 주로 조팝나무에서 하는것(Paik 1972, 田中 1976, 崔等 1990)으로 알려 왔으나, 감귤에서 월동하는 개체군이 존재함이 발표되었고(Komazaki 1983), 사과나무에서도 월동하는 것으로 알려져 있다(高橋 1986).

조팝나무진딧물의 기주식물로 알려져 있는것 중 약제살포가 가장많은 것은 사과나무로서, 5월 상순부터 깍지벌레류와 응애류 방제로 시작하여 6~7월에는 진딧물류와 잎말이나방및 사과응애, 8월에는 점박이응애와 심식나방류, 그리고 9월의 심식나방 방제까지 살충제만 해도 1년에 10회이상 살포되고 있기(경농 1989)때문에 과원의 우점 해충 종류도 계속 변화하고 있다(金等 1982, 崔 1988). 또한 진딧물은 4월 상순부터 8월중순까지 발생하고 있어 6회이상의 진딧물약제를 살포하고 있기 때문에 살충제 저항성이 심각한 실정에 있다(송 등 1986, 1987).

따라서 조팝나무진딧물에 대한 수종의 방제 약제의 포장약효 시험을 수년간 실시한 결과와 살충제의 저항성 메카니즘을 調査하였다.

재료 및 방법

공 시 총

서울 : 서울특별시 동대문구 휘경동 농업자재 검사소 前과수원

수원 : 경기도 수원시 이목동 원예시험장 사과과수원

부산 : 부산직할시 북구 강동동 대사 원예시

협장 부산지장

나주 : 전라남도 금성시 교동 원예시험장 나주지장

대전 : 충청남도 대전시 중구 갑동 404-박형근씨 농가 과수원

S-clone : 경기도 성남시 서현동 야산에 자생한 조팝나무에서 채집 개체별 분리증식한 감수성 크론

R-clone : 서울특별시 동대문구 휘경동 국립농업자재검사소 前 과수원의 사과나무에서 채집 개체별 분리증식한 저항성 크론

공시약제

Prinicarb Wp 25%, Phosmet Wp 50%, EPN Ec 45%, Vamidothion Lq 40%, Demeton S-methyl Ec 25%, Phosphamidon Lq 50%, Deltamethrin Ec 1%, Monocrotophos Lq 24%, Acephate Wp 50%, Omethoate Lq 50% Chlorpyrifos Wp 25%를 공시하였다.

살충제 감수성 시험 방법

기주식물의 신초를 10초간 침지, 건조한 후, 그림1과 같은 유리관에 넣고 공시충 20마리씩을 접종 실온에서 48시간 사육후 생사충 수를 조사.

살충제의 약효 평가는 방제가의 계산방법을 적용하여 다음과 같은 계산식을 이용하였다.

생충율, 피해주율에 사용하는 방제가

$$= \frac{A-B}{A} \times 100$$

A : 무처리구의수치

B : 처리구의수치

에스테라제 活性

α -Naphthyl acetate(NA)를 기질로 사용, 宮田(1981)의 한천젤 전기영동법에 준하여 에스테라제 活性을 진딧물 개체별 전기 영동상으로 비교하였다. 흡스라이드 그라스에 PH 6.8의인산 완충액 0.05cc를 넣고 무시태 암컷 성충의 조팝나무진딧물 한 마리를 유리봉으로 갈아서 여과지(10×1mm)에 흡수시킨 것을 효소액으

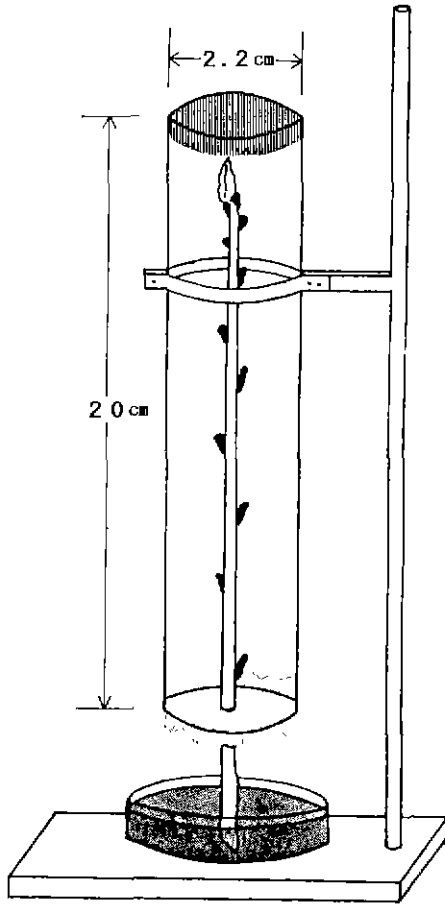


Fig. 1. Rearing apparatus of *Aphis citricola* after insecticide treatment.

로 사용하였다.

결과 및 고찰

과수해충 방제를 위해서 살충제의 연용과 남용으로 인하여 포장의 害蟲相이 계속 변화되고 있다. 따라서 1970년대 사과과수원에서 조팝나무진딧물의 발생이 많아지게 되었을 뿐만 아니라, 저항성이 발달하였을 것으로 추정되어 사과 과수원의 조팝나무진딧물에 대한 각종 살충제의 방제 효과를 조사하였다.(표 1) 피리미카브와 포스메트는 1986년에, 이피엔과 바미도치온은 1987년에 방제가 현저히 저하하여 적용해충명이 삭제되었고 그외의 약제는 모두 39%에서 90%의 범위에 있어 방제가의 변동이 심하였는데, 예를들면 서울의 연도별 방제가 차는 포스파미돈이 82~39로서 가장 차가 크며, 모노크로토포스가 96~68, 디메톤에스메칠이 84~66, 아시트는 86~65범위의 차가 있었다.

지역에 따라서도 살충제 감수성의 커다란 차이를 보였는데, 디메톤 에스메칠이 85~4로서 차가 가장 컸으며, 포스파미돈이 94~39, 아세페이트는 92~44, 모노크로토포스는 96~55의 범위의 차가 있었는데 이는 지역별로 사용 약

Table. 1 Annual and local variation of susceptibility of some insecticides to field population of *Aphis citricola* from apple tree

Insecticide	Dilution	Control Value(%)							
		Seoul			Suwon		Busan	Naju	Dajun ¹
		1983	1985	1986	1987	1986	1986	1986	1987
Primicarb Wp 25%	1500	86	46	*					
Phosmet Wp 50%	1000	—	55	*					
EPN Ec 45%	1000	—	34	32	—	0	33	26	*
Vamidithion Lq 40%	1500	—	58	51	—	27	73	35	*
Demeton S-methyl Ec 25%	1000	—	84	74	66	4	83	85	63
Phosphamidon Lq 50%	1000	—	82	82	39	70	88	94	77
Deitamethrin Ec 1%	1000	—	—	83	72	85	79	94	78
Monocrotophos Lq 24%	800	68	88	96	75	55	86	77	76
Acephate Wp 50%	1000	65	82	86	73	44	93	92	90
Omethoate Lq 50%	1000	—	—	—	99	—	—	—	90

1) Local population

Table 2. Susceptibility of insecticides field population of *Aphis citricola* determined by dipping method

Insecticide	Local population	LC ₈₄ ppm	LC ₅₀	
			ppm	confidence limits(95%)
Deltamethrin	Seoul	22.6	6.1	4-9
	Suwon	15.4	4.3	3-6
	Naju	22.5	6.0	4-9
	Busan	18.2	4.9	3-7
Chlorpyrifos	Seoul	57	18	16-43
	Sewon	53	16	10-25
	Naju	105	27	16-43
	Busan	95	21	19-40
Demeton S-methyl	Seoul	325	103	68-156
	Sewon	345	124	87-180
	Naju	465	134	85-210
	Busan	117	36	23-55
Acephate	Seoul	525	153	93-238
	Sewon	640	220	158-306
	Naju	1,250	436	314-605
	Busan	690	266	189-374
Phosphamidon	Seoul	1,050	215	132-351
	Sewon	870	229	151-347
	Naju	1,190	362	233-562
	Busan	260	70	46-106
Monocrotophos	Seoul	670	245	171-352
	Sewon	600	194	137-275
	Naju	1,180	265	171-410
	Busan	455	180	128-253
Vamidothion	Seoul	1,880	629	387-993
	Sewon	1,420	465	312-693
	Naju	1,850	505	316-808
	Busan	2,950	455	270-765
EPN	Seoul	111,000	6,200	2,536-15,159
	Sewon	42,500	12,200	8,352-17,822
	Naju	52,500	10,400	6,568-16,467
	Busan	91,500	14,800	6,643-32,971
Pirimicarb	Yesan	7,261	1,745	2,273-1,340

제의종류, 회수및 살포량의 차이에 그원인이 있는 것으로 사료된다(표2).

이와같이 약제에 대한 저항성 발달이 示唆되어 표2와 같이 9종의 살충제를 공시하여 지역별 공시충에 대한 감수성을 조사하였다. 조사결과 LC₅₀의 ppm은 피레스로이드 계통인 델타메스린은 10단위 이하였고, 디메톤에스메칠, 아세페이트, 포스파미돈, 모노크로토포스 바미도치온등 대부분의 유기인제는 100단위였으며, 카바메이트 계통의 약제인 피리미카브와 유기인제중의 EPN은 1000단위 이상으로 카바메이

트제와 유기인제에 대한 저항성이 고도로 진전되고 있음을 보였다.

따라서 살충제 저항성 정도를 조사하기 위하여 조팝나무에서 살충제의 감수성 개체를 선발, 감수성 크론(S-clone)으로 증식, 사용하고, 사과나무에서 저항성 개체를 선발, 저항성 크론(R-clone)으로 증식하여 유기인제는 포스파미돈, 카바메이트제는 피리미카브를 침지법으로 처리하여 조사한 결과 포스파미돈은 73배, 피리미카브는 546배로 저항성이 유발되었다(표3). 저항성 메카니즘을 규명하기 위하여 저

Table 3. Insecticide sensitivity compare with S-clone¹ and R-clone² of *Aphis citricola*

Insecticide	clone	LC ₅₀		LC ₉₅	
		ppm	confidence limits(95%)	ppm	confidence limits(95%)
phosphamidon	S-clone ¹	3	3-4	16	11-30
	R-clone ²	220	149-348	3,226	1,141-14,286
	(R/S) ³	(73)		(202)	
pirimicarb	S-clone	2	1-2	9	6-18
	R-clone	1,092	817-1,453	5,815	3,788-11,905
	(R/S)	(546)		(646)	

- 1) S-clone was selected from population on the host plant(*Spiraea thunbergii*) which *Aphis citricola* was parasite on.
- 2) R-clone was selected from population on the host plant(*Malus pumila*) which *Aphis citricola* was parasite on.
- 3) rate of resistance

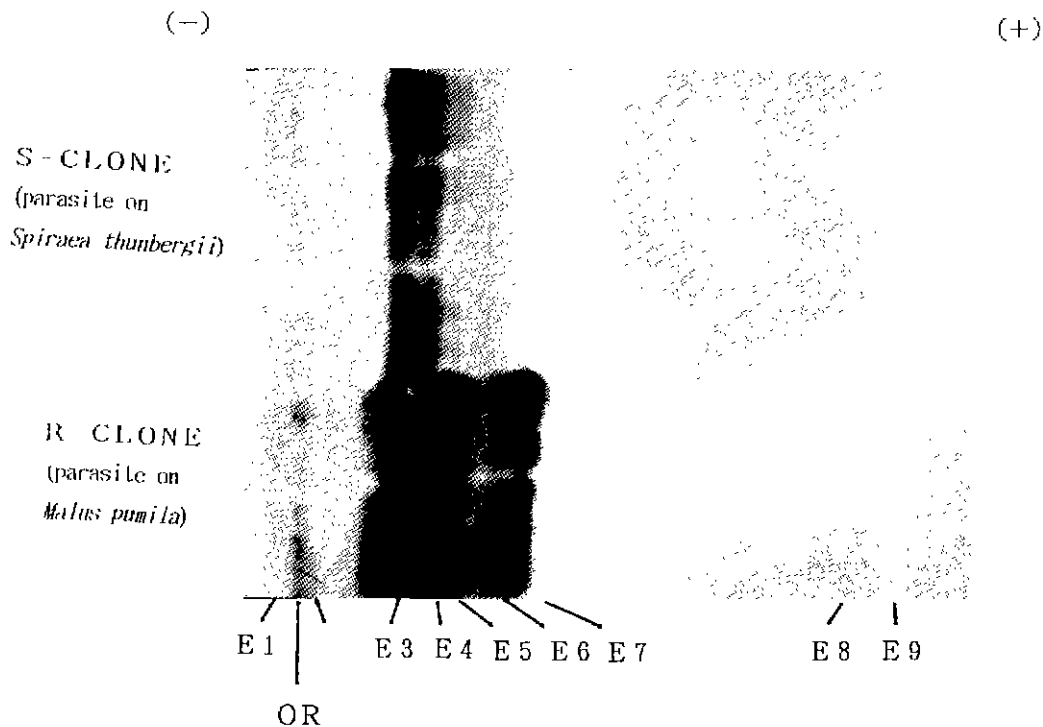


Fig. 2. Agar gel electrophoresis for esterase activity of *Aphis citricola*.

항성 크론과 살충제 감수성 크론에 대한 효소 활성을 α -NA를 기질로하여 한천겔전기영동을 한 결과 그림 2와 같은 영동상을 얻었다. 감수성 크론에 비하여 저항성 크론은 효소 밴드중 E-1, E-5, E-6, 4-7의 활성이 현저하게 높았다.

van Asperen(1962), Motoyama(1974) 등이 집파리에서, Beranek(1974), Deveonshire(1977),

Takada(1979), 崔(1983)등이 복숭아혹진딧물에서, Hama et al(1988), Sun et al(1987) 등이 목화진딧물에서 밝혔던 바와같이 조팝나무진딧물에 있어서도 효소의 활성에 의하여 약제저항성이 유발되는 것으로 보고된바 있으나, 이들 아이소자임에 관한 연구가 이루어져야 할 것이며, 본연구에 있어서도 에스테라제 활성저하가

살충제 저항성 메카니즘에 관여하고 있어 또한 피부투과성 저하나 타효소(mixed function oxidase, glutathion S-transferase)의 관여 여부도 조사되어야 할 것으로 생각된다.

인용문헌

- Beranek A.P. 1974. Esterase variation and organophosphate resistance in populations of *Myzus persicae* Sulzer(Homoptera:Aphididae). Ent. Exp. & Appl. 17: 129~142.
- 崔鑽文. 1988. 害蟲相의 變化와 防除戰略. 農藥의 品質管理研鑽會誌, 農資檢. 201~231.
- 崔鑽文, 韓相贊, 李文弘, 趙旺秀, 安聖復, 李承煥. 1990. 菜蔬害蟲生態와 防除. 原色圖鑑, 農村振興廳農業技術研究所. 224pp.
- 崔承允. 1983. 害蟲의 殺蟲劑低抗性, 農藥의 生物學的 檢査研鑽會誌, 農資檢. 29~50.
- 崔承允. 1986. 韓國植物病. 害蟲. 雜草名鑑(改訂 1版), 韓國植物保護學會. 663pp.
- Devonshire A.L. 1977. The properties of a carboxylesterase from *Myzus persicae* Sulzer(Homoptera:Aphididae), and its role in conferring insecticide resistance. Biochem. J. 167: 657~683.
- Hama H. & A. Hosoda. 1988. Individual variation of Aliesterase Activity in field population of *Aphis gossypii* Glover. Apple. Ent. Zool. 23(1): 109~112.
- 慶農. 1989. 사과나무病害蟲防除曆.
- 金錫煥, 李順遠. 1982. 主要果樹, 菜蔬類의 진딧물 優點鍾調査, 農業技術 研究所 試驗研究報告書(生物篇). 519~522.
- Komazaki S. 1983. Overwintering of the Spirea Aphid, *Aphis citricola* van der Goot(Homoptera: Aphididae) on citrus and spirae plants. Appl.Ent. Zool. 18 (3): 301~307.
- 宮田 正. 1981. 寒泉ゲル電氣泳動法, 農藥實驗法4. pp314~316.
- 森津孫四郎. 1983. 日本原色 アブラムシ圖鑑, 全國農村教育協會 545pp.
- Motoyama N. & Dauterman. 1974. The role of nonoxidative metabolism in organophosphorus resistance, J.Agr. Food chem. 22: 350~356.
- 白雲夏. 1966. 農林書蟲學. 郷文社. 502.
- Paik W.H. 1972. Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea vol. 13 insecta (V) 635~698.
- 송승석, 추종국, 오흥규, 이능호, 김양원. 1986. 조팝나무진딧물에 대한 살충제감수성조사. 농약및 비료의 생물학적검사보고서. 농자검. 63~69.
- 송승석, 오흥규, 김양원, 최남집. 1987. 조팝나무진딧물에 대한 살충제감수성조사. 농약및 비료의 생물학적 검사보고서. 농자검. 70~85.
- Sun V., G. Feng, J. Yuang, P.Z hu & K.Gon. 1987. Biochemical mechanism of resistance of *Aphis gossypii* Glover to organophosphorus insecticide. Acta Entomologica Sinica. 30 (1): 13~20.
- 高橋佑治. 1986. 링ゴの害蟲, アブラムシ類. 果樹の病害蟲診斷と防除 220~223.
- Takada H. 1979. Esterase variation in japanese population of *Myzus persicae* Sulzer(Homoptera: Aphididae), with special reference to resistance to organophosphorus insecticides. Apple. Ent. Zool. 14(3): 245~255.
- 田中 正. 1976. 野菜の アブラムシ, 日本植物防疫協會, 東京 220pp.
- van Asperen K. 1962. A study of housefly esterases by means of a sensitive colormetric method, J. Insect physiol. 8: 401~406.

(1992년 7월 6일 접수)