

# 복숭아혹진딧물의 殺虫劑抵抗성에 關한 研究(IV) —Oxydemeton-methyl 淘汰에 依한 抵抗性發達, 交叉抵抗性 및 Esterase Isozymes—

崔 承 允<sup>1</sup> · 金 吉 河<sup>2</sup>

CHOI, SEUNG-YOON AND GIL-HAH KIM: Studies of Insecticide Resistance in the Green Peach Aphid, *Myzus persicae* (Sulz.) (IV). Oxydemeton-methyl Resistance Development, Cross Resistance and Esterase Isozymes.

*Korean J. Plant Prot.* 25(3) : 151—157 (1986)

**ABSTRACT** Population of the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulz.), were successively selected (up to 20th generation) in the laboratory by the insecticide oxydemeton-methyl (Metasystox-R 25Ec) and the resistance was linearly increased with the selected generations. The population developed 355.5 to 359.9-fold resistance to oxydemeton-methyl at 20th generation-selection. The population showed cross resistance to the insecticides cypermethrin (770.1 to 778.5-fold), acephate (25.6 to 33.2-fold) and pirimicarb (3.4 to 3.6-fold). The different esterase isozymes were detected by the electrophoresis from the selected and non-selected strains and the band of the  $\beta$ -2 from the selected strain showed greater esterase activity than that of the non-selected strain.

## 緒 論

害虫의 殺虫劑 抵抗性은 Melander(1914)의 報告에서 비롯되어 관심을 갖게 되었으며, 진딧물에 관한 殺虫劑 抵抗性은 목화진딧물(*Aphis gossypii*)의 청산가스혼증시험에서 비롯되었는데 (Boyce, 1928) 본격적인 研究는 有機合成殺虫劑가 사용되면서 始作되었다.

복숭아혹진딧물의 OP抵抗性 研究는 Anthon (1955)의 研究報告 이후라 보아진다.

최근 國內에서 진딧물의 藥劑防除에서 자주 殺虫效果의 低下問題가 제기되고 있다. 이에서 1983年 이후 복숭아혹진딧물의 殺虫劑 抵抗性에 관한 研究를 시작하게 되었다. 前報(崔, 1985; 崔·金, 1986a)에서 國內에 등록된 13個 진딧물약을 供試하여 13個 地域의 복숭아혹진딧물에 대한 感受性 差異를 研究하여 報告한 바 있다. 그 研究 報告에서 복숭아혹진딧물의 殺虫劑 感受性에 큰 差異가 있음을 확인하였고 그들 差異는 殺虫劑의 種類, 진딧물의 採集地域에 따라 큰 차이가 있음을 알 수 있었다. 이에서 이들을 보

다 구체적으로 복숭아혹진딧물의 殺虫劑 抵抗性을 研究하기 위하여 몇가지 殺虫劑를 供試하여 室內에서 累代 淘汰試驗을 實施, 抵抗性 發達速度와 程度, 他殺虫劑와의 交叉抵抗性, 抵抗性系統과 感受性系統間的 esterase isozyme을 檢討해 보고자 하였다.

前報(崔·金, 1986b)에서는 acephate의 抵抗性發達과 交叉抵抗性을 다루어 報告하였는데 그 結果는 本 研究와 相異點이 많았다. 本報에서는 oxydemeton-methyl의 抵抗性發達, 交叉抵抗性 및 esterase isozyme에 관하여 報告코자 한다.

本 研究의 수행을 위하여 研究費를 지원해 준 韓國科學財團側에 謝意를 表한다.

## 材料 및 方法

### 1. 試驗材料

**供試材料**: 시험에 사용한 복숭아혹진딧물(green peach aphid, *Myzus persicae*)은 1983년도 서울대학교 농과대학 주변 배추밭에서 채집, pot에 재식한 담배묘에서 증식, 사육하면서(25±3°C) 필요한 공시충(무시자충)을 확보하였다. 한편 실내에서 2년간 殺虫劑에 노출시키지 않고 累代飼育한 系統을 感受性系統으로 하였다.

**供試殺虫劑**: 시험에 사용된 殺虫劑는 oxyde-

1 서울대학교 農科大學 農生物學科(College of Agriculture, Seoul Nat'l University, Suwon, Korea)

2 韓國化學研究所 有機第2研究室(Korean Research Institute of Chemical Technology Daejeon, Korea)

Table 1. Test insecticides

Common name	Trade name/formulation	Chemical name
oxydemeton-methyl	Metasystox-R 25 Ec	S-2-ethylsulfinyethyl 0, 0-dimethyl phosphorothioate
acephate	Ortran 50 Wp	0, S-dimethyl N-acetyl phosphoroamidothioate
cypermethrin	Ripcord 5 Ec	$\alpha$ -cyano-3-phenoxybenzyl(IRS) cis, trans-3-(2, 2-dichlorovinyl)-2, 2-dimethyl-cyclopropane-carboxylate
pirimicarb	Pirimo 25 Wp	2-dimethylamino-5, 6-dimethylpyrimidin-4-yl-dimethylcarbamate

meton-methyl, acephate, cypermethrin 및 pirimicarb 4種이었으며 淘汰에 사용한 殺虫劑는 oxydemeton-methyl이었다. 이들의 一般名, 商品名, 製劑 및 化學名은 Table 1에 表示된 바와 같다.

## 2. 試驗方法

**殺虫劑의 處理方法:** 살충제의 처리방법은 FAO(1980)에서 제시한 진딧물·試驗方法을 약간 수정한 잎침지법(leaf-dipping method)으로 실시하였는데 먼저 담배잎을 소정 희석 살충제액에 30초간 浸漬한 다음 30~60분간 陰乾하여 시험에 사용하였다. 浸漬處理된 잎은 가로 6cm×세로 6cm 크기로 잘라 직경 9cm 정도의 사-레에 여지를 깔고 그 위에 놓았다. 사-레내 담배잎에 진딧물 무시자충을 20마리씩 접종하였으며 이들은 明暗條件이 16:8時間으로 조절된 恒溫室(25°C)에 비치하고 접종 후 24, 48時間에서 生死虫을 調査하였다. 이들은 補正殺虫率을 구한 다음 probit分析(Finney, 1963)을 거쳐  $LC_{50}$ ,  $LC_{95}$  價를 산출하였다.

**抵抗力 發達試驗:** 室內系統을 oxydemeton-methyl로 50% 殺虫率을 나타내는 濃度水準으로 每世代 淘汰를 거듭하였다. 淘汰過程에서 抵抗力이 增大하여 殺虫率이 크게 낮아졌을 경우에는 濃度水準을 다시 높여가면서 淘汰를 계속하였다. 淘汰 5세대, 10세대, 15세대, 20세대에서 앞에서 언급한 방법에 따라  $LC_{50}$ ,  $LC_{95}$  價를 구하여 증대된 抵抗力 정도를 檢討하였다.

**交叉抵抗力檢定:** 交叉抵抗力에 관한 試驗은 앞에서와 같은 方法으로 실시하였다. oxydemeton-methyl 淘汰 抵抗力 系統에 대한 acephate, cypermethrin, pirimicarb의  $LC_{50}$ ,  $LC_{95}$

價를 구하여 殺虫劑間의 交叉抵抗力의 有無 또는 程度를 檢討하였다.

**Esterase isozyme의 檢出:** oxydemeton-methyl 20세대 淘汰 抵抗力系統과 感受性系統을 공시하여 agarose gel electrophoresis에 의한 esterase isozyme을 檢出하여 두 系統間의 泳動帶를 比較하였다. 電氣泳動法은 Ohba and Sasaki (1968)에 準하였다. 전기영동 중에 發生하는 熱을 효율적으로 分散시키기 위하여 두께 0.2cm의 유리판을 가로·세로 10×12cm로 잘라 평판을 만들었다. 이 平板에서 esterase를 分離하기 위하여 0.8% 한천 gel을 입힌 후(두께 1.5mm 이하) 여지에 吸收시킨 供試 진딧물 體液을 gel에 30分間 침투시켰다. 電氣泳動은 4°C에서 90分間 實施하였다. 이 때 사용된 Buffer 溶液은 pH6.8의 phosphate buffer이었다. 電氣泳動 후 에 esterase의 分離와 activity를 관찰하기 위하여 2.5%  $\alpha$ -naphthyl acetate와  $\beta$ -naphthyl acetate 0.5% 基質溶液을 acetone으로 만든 후에 분무하여 37°C에서 20分間 反應시킨 후, 그 反應 生成物을 0.5%  $\alpha$ -fast blue BB salt 溶液으로 染色하여 觀察하였다.

## 結果 및 考察

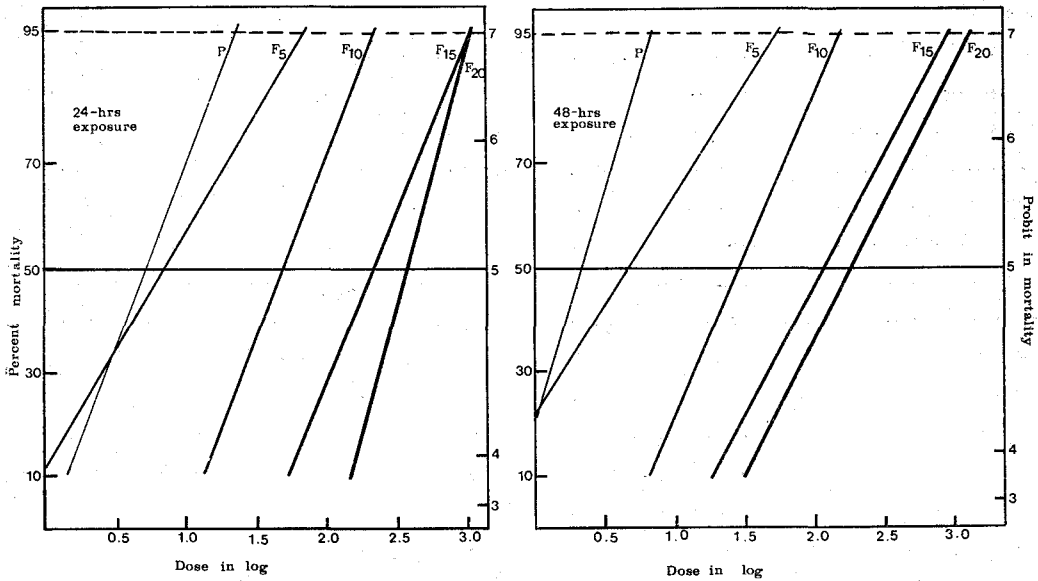
### 1. Oxydemeton-methyl 淘汰에 의한 抵抗力 發達速度

室內系統을 oxydemeton-methyl 乳劑로 累代 淘汰하여 淘汰 5, 10, 15, 20세대에서 얻어진 oxydemeton-methyl의 回歸方程式,  $LC_{50}$ ,  $LC_{95}$  價는 Table 2에 表示된 바와 같으며 抵抗力 發達速度는 Fig. 1에 나타낸 바와 같다.

Table 2와 Fig. 1에서 보는 바와 같이 淘汰世

**Table 2.** Development of resistance in the green peach aphid successively selected by oxydemeton-methyl

No. generations selected	Exp. period in hrs	Regression equation	df	LC <sub>50</sub> (ppm)	LC <sub>95</sub> (ppm)
parental	24	$Y=2.41x+3.28$	1	5.4	24.9
	48	$Y=1.85x+5.06$	3	2.3	7.2
F <sub>5</sub>	24	$Y=1.65x+3.46$	4	8.6	85.1
	48	$Y=1.51x+3.95$	3	5.0	60.8
F <sub>10</sub>	24	$Y=2.37x+0.86$	3	55.8	276.2
	48	$Y=2.40x+1.36$	4	33.1	160.8
F <sub>15</sub>	24	$Y=2.55x-1.23$	7	276.1	1266.1
	48	$Y=1.49x+2.21$	7	122.1	967.8
F <sub>20</sub>	24	$Y=2.21x-0.27$	6	360.0	1387.3
	48	$Y=2.00x+0.68$	7	214.4	974.8



**Fig. 1.** Log dose-mortality regression lines of the green peach aphid successively selected by oxydemetonmethyl (in 24- and 48-hr exposures). p: parent strain.

대가 진행됨에 따라 LC<sub>50</sub>, LC<sub>95</sub> 값이 현저히 증가됨을 알 수 있다. 즉 parental 세대에서 LC<sub>50</sub> 값은 2.3 ppm (48시간) ~ 5.4 ppm (24시간) 인데 비하여 10세대에서는 33.1 ~ 55.8 ppm으로 증가하였으며 20세대에서는 214.4 ~ 360.0 ppm으로 크게 증가하였다. 이들 저항성 발달 속도를 보면淘汰世代 5세대까지는 완만한 증가 속도를 보이다가 10세대에서부터 급속히 증가하여淘汰世代 20세대에서는 더욱 크게 증가, 거의 직線的인 저항성 증가를 보였다.

어느 殺虫劑에서나 또는 어느 害虫에서나 殺

虫劑로 累代淘汰하면 淘汰世代가 진행됨에 따라 抵抗性이 增大한다는 點에서는 재론의 여지가 없으나 반드시 直線的인 增大만을 계속하느냐에 대해서는 異論이 구구하게 나타날 수 있다. 일반적으로 抵抗性 發達 速度와 程度는 昆虫의 種類, 性・虫態・令期와 殺虫劑의 化學的 特性, 以前에 사용된 化學物質과의 關係, 殘留性, 製形, 施用量, 淘汰壓 등 여러가지 要因이 關係하고 있으므로 (Georghiou and Taylor, 1976) 本實驗에서 抵抗性增大가 直線的으로 나타난 것은 再檢討의 여지가 있다. 만약 每世代마다 抵抗性

發達 程度를 확인하였다면 抵抗性 發達이 直線的으로 나타나지 않았을 가능성을 배제할 수는 없을 것으로 본다.

日本の 淺野(1979)는 5년 간격으로 같은 地域에서 복숭아혹진딧물을 採集하여 有機磷系 殺虫劑들에 대한 感受性의 變動을 調査하였는데 殺虫劑 感受性 低下에 基因된 抵抗性 發達은 殺虫劑의 種類와 그들 使用量과 밀접한 關係가 있음을 報告하였으며 國內에서는 崔(1985), 崔·金(1986a, 1986b)에 의하여 복숭아혹진딧물의 殺虫劑 抵抗性을 研究하면서 이들의 抵抗性 發達 速度는 殺虫劑의 種類에 따라 큰 차이가 있음을 報告하였다.

한편 崔(1985), 崔·金(1986a)은 복숭아혹진딧물의 感受性은 진딧물의 採集地域 또는 殺虫劑의 種類에 따라 차이가 있음을 報告하였는데 本 試驗結果로 미루어 볼 때 그들의 抵抗性 發達은 쉽게 이해할 수 있을 것 같다. 더욱이 복숭아혹진딧물은 年間 發生 世代數가 많고 寄主 轉換을 하기 때문에 殺虫劑에 의한 淘汰 機會가 많다는 점을 감안할 때 복숭아혹진딧물의 抵抗性 發達도 다른 害虫에 비하여 빠를 것이라는 점도 쉽게 수긍할 수 있을 것으로 본다. 또한 前報(崔·金, 1986b) acephate와 비교하면 oxydemeton-methyl의 淘汰에서 抵抗性 發達 速度가 훨씬 빠르는데 이 또한 殺虫劑의 化學的 特性에 基因되는 것으로 해석된다.

2. 20世代 淘汰系統의 抵抗性 發達程度

Oxydemeton-methyl 20世代 淘汰系統과 室內 保有 感受性 系統의 回歸方程式과  $LC_{50}$ 價는 Table 3에 表示된 바와 같다.

Table 3에서 淘汰 20世代 系統의  $LC_{50}$ 價는 室內 保有 感受性 系統의 그것에 비하여 크게 增大하였음을 나타내고 있다.

Oxydemeton-methyl 20世代 淘汰系統은 處理

후 24時間 調査에서 360배의 抵抗性이 增大하였고 48時間 調査에서는 357배의 抵抗性이 增大하고 있음을 알 수 있다. 崔(1985), 崔·金(1986a)에 의하여 地域別 복숭아혹진딧물의 oxydemeton-methyl 4個地域 抵抗性 調査에서 1.7~88.6倍(崔, 1985), 13個地域 調査에서 0.1~24.8倍(崔·金, 1986a)의 抵抗性을 報告하였는데 本 試驗의 20世代 淘汰系統에 비하여 아직 낮은 水準의 抵抗性이라고 보아진다. 이와 같은 現象은 여러가지 側面에서 說明될 수 있을 것 같다. Georghiou and Taylor(1976)는 殺虫劑에 의한 害虫의 抵抗性 發達 程度는 殺虫劑의 化學的 特性, 淘汰壓, 抵抗性의 遺傳子數, 遺傳子의 優性度, 環境抵抗, 殺虫劑의 作用特性, 昆虫의 特性 등 여러가지 要因의 支配를 받고 있음을 指摘하였다. 特히 室內에서의 淘汰는 한정된 장소에서 집중적인 淘汰가 되므로 同一 回數의 淘汰를 받았다고 하더라도 抵抗性發達 程度가 높게 나타나는 것은 당연하다. 그리고 前報(崔·金, 1986b)에서 acephate 20世代 淘汰에 비하여 本 試驗의 oxydemeton-methyl 20世代 淘汰에서 훨씬 빠르고 높게 抵抗性이 나타나는 것은 殺虫劑의 特性에서 基因되는 것으로 본다.

3. Oxymeton-methyl 抵抗性和 交叉抵抗性

Oxydemeton-methyl 20世代 淘汰系統에 대한 acephate, cypermethrin, pirimicarb의 殺虫力을 試驗하여 얻어진 回歸方程式,  $LC_{50}$ 價는 Table 4에 表示된 바와 같다.

Table 4에서 보는 바와 같이 oxydemeton-methyl 抵抗性 系統은 oxydemeton-methyl에 대하여  $LC_{50}$ 價가 214.4~360.0ppm으로서 高度의 抵抗性을 나타내고 있다. 淘汰에 전혀 關係되지 않은 cypermethrin에 대해서도  $LC_{50}$ 價가 155.7~254.1ppm으로서 높은 抵抗性을 나타내었으나 acephate와 pirimicarb에 대해서는 낮은

Table 3.  $LC_{50}$  values(ppm) of oxydemeton-methyl to the green peach aphid (*M. persicae*) selected and non-selected

No. generations selected	Exp. period in hours	Regression equation	df	$LC_{50}$ (ppm)
20th	24	$Y=2.20x-2.27$	6	360.0
	48	$Y=2.00x+0.68$	7	214.4
Non-selected	24	$Y=2.34x+5.00$	5	1.0
	48	$Y=2.20x+5.46$	4	0.6

**Table 4.** Susceptibility of the green peach aphid selected by oxydemeton-methyl(20th gen.) to some insecticides

Insecticide	Exp. period in hours	Regression equation	df	LC <sub>50</sub> (ppm)
oxydemeton-methyl	24	Y=2.20x-0.27	6	360.0
	48	Y=2.00x+0.68	7	214.4
acephate	24	Y=1.41x+2.63	7	76.3
	48	Y=1.67x+2.44	6	34.2
cypermethrin	24	Y=2.31x-0.55	7	254.1
	48	Y=2.60x-0.71	4	155.7
pirimicarb	24	Y=2.49x+3.02	4	6.3
	48	Y=2.27x+3.84	3	3.3

**Table 5.** Cross resistant ratio among the insecticides with oxydemeton-methyl selected green peach aphid(*M. persicae*)

Exp. period in hrs	Cross resistant ratio <sup>a</sup> based on LC <sub>50</sub> values(ppm)			
	oxydemeton-methyl	acephate	cypermethrin	pirimicarb
24	359.9	25.6	770.1	3.6
48	351.5	33.2	778.5	3.4

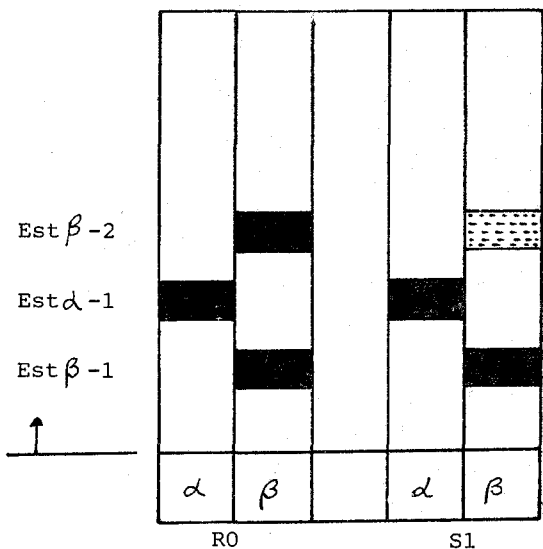
<sup>a</sup> Resistant ratio =  $\frac{LC_{50} \text{ value of the selected strain}}{LC_{50} \text{ value of the lab. susceptible strain}}$

LC<sub>50</sub>價를 나타내었다. 이들을 感受性 系統에 대한 LC<sub>50</sub>價로 抵抗性比로 나타내면 Table 5에 表示된 바와 같다.

Table 5에서 보는 바와 같이 oxymeton-methyl 抵抗性 系統은 cypermethrin에 대하여 770.1~778.5배의 抵抗性을 나타내어 그들간에 高度의 交叉抵抗性이 있음을 나타내고 있다. 그런가 하면 acephate나 pirimicarb와는 비교적 낮은 交叉抵抗性을 나타내고 있어 交叉抵抗性의 有無와 程度는 殺虫劑의 種類 또는 어느 殺虫劑에 의하여 抵抗性이 發達되었느냐에 따라 차이가 있음을 알 수 있다. 그러므로 前報(崔, 1985; 崔·金, 1986a)의 복숭아혹진딧물의 殺虫劑 感受性의 抵抗性 차이는 이들 사실로서 쉽게 說明될 수 있을 것으로 본다. 그리고 이들 交叉抵抗性은 淘汰에 관여된 殺虫劑 보다도 관여치 않았던 殺虫劑에서 더욱 높은 抵抗性이 發現될 수 있다. 이와 같은 結果는 本 試驗에서 뿐만 아니라 前報(崔·金, 1986a)에서도 여실히 입증되었다.

**4. 抵抗性·感受性 系統間의 esterase isozyme**

Agarose gel 電氣泳動法에 의하여 oxydemeton-methyl 20世代 淘汰 抵抗性系統과 感受性系統의 esterase isozyme을 檢出한 바 그 結果는 Fig. 2에 나타낸 바와 같다.



**Fig. 2.** Electrophoretic esterase patterns in the green peach aphid of the oxydemeton-methyl (RO) and the lab. strain(S1)

Fig. 2에서 보는 바와 같이 Est. α-1과 Est. β-1의 泳動帶는 두 系統에서 모두 강하게 檢出되었으나 Est. β-2는 感受性系統에 비하여 淘汰 抵抗性系統에서 훨씬 길게 檢出되었다.

Needham and Sawicki(1971)는 OP抵抗性 복숭아혹진딧물과 感受性 복숭아혹진딧물을 供試하

여 nonspecific esterase의 활성을測定하여 OP 저항性系統에서 보다 강한 esterase 활성을 나타냄을報告하였으며, Beranek(1974)는 starch gel泳動法에 의하여 복숭아혹진딧물의 nonspecific esterase를分離하였는데 抵抗性 cone들의 esterase-2가 感受性 clone들의 esterase-2보다 活性이 강함을報告하였다. 또한 Blalckman등(1977)의報告에 의하면 OP 저항性系 복숭아혹진딧물은 感受性系統의 진딧물 보다 강한 esterase 活性을 나타내었다고 한다. 崔·金(1986a)은 acephate 淘汰 抵抗性系 복숭아혹진딧물과 感受性系統 진딧물간의 esterase isozyme을 檢出을 比較, 研究하면서 역시 같은 傾向으로 나타남을 보고한 바 있다.

殺虫劑에 대한 抵抗性 形質은 遺傳子에 의하여 支配되는데, Est.  $\beta$ -2가 抵抗性 遺傳子の 支配를 받는 것으로 추측되나 이는 앞으로 좀더 具體的인 研究를 통해 확인되어야 할 것이다.

### 摘 要

本 試驗은 OP系 殺虫劑 oxydemeton-methyl (Metasystox-R 25 Ec)을 供試하여 室內 感受性系統의 복숭아혹진딧물(green peach aphid, *Myzus persicae*)을 인위적으로 累代 淘汰하여 抵抗性 發達을 誘發하고, 그들의 發達速度와 程度, 他殺虫劑와의 交叉抵抗性 有無 및 그들 抵抗性·感受性 系統들의 esterase isozyme을 檢討하기 위하여 實施하였는데 本 結果를 要約하면 아래와 같다.

1. Oxydemeton-methyl에 대한 복숭아혹진딧물의 抵抗性 發達은 淘汰世代가 進行됨에 따라 크게 增大되었다.

2. Oxydemeton-methyl 20世代 淘汰系統의  $LC_{50}$ 價는 214.4~360.0ppm이었고 感受性系統의  $LC_{50}$ 價는 0.6~1.0ppm이었다.

3. Oxydemeton-methyl 20世代 淘汰系統의 복숭아혹진딧물은 oxydemeton-methyl에 대하여 355.5~359.9배의 抵抗性을 나타내었으며 淘汰에 전혀 관련되지 않은 他殺虫劑들 중 cypermethrin에 대해서는 高度의 交叉抵抗性(770.1~778.5배)을 나타내었으나, acephate에 대해서는 낮은 交叉抵抗性(25.6~33.2배)을, pirimicarb

에 대해서는 非交叉抵抗性(3.4~3.6배)을 나타내었다.

4. 檢出된 esterase isozyme 중 Est.  $\beta$ -2는 感受性 系統에 비하여 oxydemeton-methyl 20世代 淘汰 抵抗性系統에서 강하게 나타났다.

### 引 用 文 獻

1. 淺野勝司. 1979. 昭和 54年度 野菜害虫の殺虫劑抵抗性に關するシンポジウム講演要旨. 日本植物防疫協會 p. 53.
2. Anthon, E.W. 1955. Evidence for green peach aphid resistance to organophosphorous insecticides. J. Econ. Entomol. 48 (1) : 56~57.
3. Beranek, A.P. 1974. Stable and nonstable resistance to dimethoate in the peach-potato aphid(*Myzus persicae*). Ent. Exp. & Appl., 17 : 381.
4. Blackman, R.L., A.L. Devonshire, and R.M. Sawicki. 1977. Coinheritance of increased carboxylesterase activity and resistance to organophosphorous insecticides in *Myzus persicae*(Sulzer). Pestic. Sci., 8 : 163.
5. Boyce, A.M. 1928. Studies on the resistance of certain insects to hydrocyanic acid. J. Econ. Ent. 21 : 715~720.
6. Choi, S.Y. 1985. Studies of insecticide resistance in green peach-aphids, *Myzus persicae*(Sulz.) (1) (Korean with English abstract) J. National Academy of Science, Republic of Korea, Natural Science Series 24 : 285~309.
7. Choi, S.Y. and G.H. Kim. 1986a. Studies on the resistance of green peach aphids to insecticides(II) Local differences in susceptibility(Korean with English abstract) Korean J. Plant Prot. 24(4) : 223~230.
8. Choi, S.Y. and G.H. Kim. 1986b. Studies of resistance in the green peach aphids III. Acephate resistance, cross resistance, and esterase isozyme (Korean with English

- abstract) Korean J. Plant Prot. 24(2) : 99~105.
9. FAO. 1980. Methods for adult aphids. FAO method NO. 17. In Recommended Methods for Measurement of Pest Resistance to Pesticide Resistance as an Evolutionary Phenomenon. Proc. of XVth Intern. Cong. Ent. Wash. D.C. Aug. 19~27 : 759~785.
  11. Melander, A.L. 1914. Can insect become resistant to spray? J. Econ. Entomol. 7 : 167~172.
  12. Needham, P.H. and R.M. Sawicki. 1971. Diagnosis of resistance to organophosphorous insecticides in *Myzus persicae*(Sulz.) Nature 230(12) : 125~126.
  13. Ohba, S., and F. Sasaki. 1968. Esterase isozyme polymorphism *D. virilis* population, Proc. XII Inter. Long. Gene. 2 : 156~157.