

복숭아혹진딧물의 殺虫劑 抵抗性에 관한 研究

Ⅲ. Acephate抵抗性 發達, 交叉抵抗性 및 Esterase Isozymes

崔承允¹·金吉河²

CHOI, SEUNG-YOON and GIL-HAH KIM: Studies of Insecticide Resistance in Green Peach Aphids, *Myzus persicae*(Sulz) Ⅲ. Acephate Resistance, Cross-Resistance, and Esterase Isozymes

Korean J. Plant Prot. 25(2) : 99-105(1986).

ABSTRACT The green peach aphids(*Myzus persicae*) collected in a field had been successively selected by acephate(O, S-dimethyl N-acetyl phosphoramidothioate) in the laboratory. The selected aphid strain in the 20th generation demonstrated relatively high resistance to acephate as well as relatively high cross-resistance to cypermethrin and oxydemeton-methyl, except pirimicarb. The different esterase isozymes with the strains were detected by the agarose gel electrophoresis and among the isozymes the band of β -2 was only specific for the acephate resistant strains.

緒 論

現行 害虫防除의 경우 殺虫劑의 連用에서 야기되는 가장 큰 問題는 殺虫劑에 대한 害虫의 抵抗性 發達로 인한 害虫防除效果의 低下 問題라 본다. 그런데 이와 같은 害虫의 殺虫劑 抵抗性 發達 程度 또는 發達 速度는 殺虫劑의 種類에 따라 差異가 있을 뿐만 아니라 害虫의 種類, 防除的 條件 등 여러 가지 要因의 支配를 받고 있기 때문에 그에 관한 해석은 결코 쉬운 일이 아니다.

복숭아혹진딧물(*Aphis persicae*)은 年間 發生 世代數가 무려 20餘回나 되고 單爲生殖을 하는데다가 各種 農作物에서 寄主轉換을 자주 하기 때문에 당연히 殺虫劑에 의한 淘汰의 機會가 많아지므로 殺虫劑 抵抗性 發達이 다른 害虫들에 비하여 빠르게 나타낼 소지를 지니고 있다.

복숭아혹진딧물의 殺虫劑 抵抗性 發達は 이미 외국에서는 오래 전부터 研究, 報告되어 왔다.¹⁾ 2, 6, 7, 13, 14, 19, 22, 25, 26) 이들 여러 研究 報告를 토대로 살펴 보면 有機磷系 殺虫劑 뿐만 아니라 carbamate系, 有機鹽素系, pyrethroids系 殺虫劑들에서도 抵抗性이 發達되어 害虫防除에 어려움이 있음을 알 수 있다. 國內에서는 최근 Choi⁴⁾

와 Choi와 Kim⁵⁾에 의하여 복숭아혹진딧물의 殺虫劑 抵抗性이 研究, 報告된 바 있는데 그들 結果에 의하면 國內에서 使用되고 있는 진딧물약에 대한 복숭아혹진딧물의 感受性은 진딧물의 採集地域과 殺虫劑의 種類에 따라 큰 차이가 있으며 殺虫劑의 種類間에도 交叉抵抗性이 있음을 시사하면서 이들에 관한 研究의 重要性을 強調한 바 있다.

前報^{4, 5)}에서는 주로 13種의 진딧물 防除用 殺虫劑에 대한 地域別 복숭아혹진딧물의 感受性 差異를 試驗하여 報告하였는데 이들에 관한 具體的인 內容은 앞으로 몇차례에 나누어 殺虫劑別로 室內에서 累代 淘汰하였을 경우 그들의 抵抗性 發達 程度, 그들 抵抗性 系統에 대한 他殺虫劑와의 交叉抵抗性 有無, 抵抗性 系統과 感受性 系統의 Esterase isozymes을 檢出하여 복숭아혹진딧물의 殺虫劑 抵抗性에 관한 問題를 보다 綜合的으로 檢討할 것을 計劃하고 있다.

本報에서는 國內에서 使用하고 있는 진딧물약의 일종 acephate(Ortran 50Wp)로 복숭아혹진딧물을 累代 淘汰하였을 때 抵抗性 發達 程度, 몇가지 殺虫劑間的 交叉抵抗性 有無, 또는 나아가 acephate 抵抗性 系統의 esterase isozymes의 類型을 比較, 檢討코자 하였다.

끝으로 本 研究의 遂行을 위해 研究費를 支援해 준 韓國科學財團에 深深한 謝意를 表하는 바이다.

1 서울大學校 農科大學 農生物學科(Dept. of Agric. Biology, College of Agriculture, Seoul National Univ., Suwon, Korea)

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

Table 1. Test insecticides and their formulations

Common name	Trade name and formulation	Chemical name
acephate	Ortran 50Wp	O, S-dimethyl N-acetyl phosphoroamidothioate
cypermethrin	Ripcord 5Ec	α -cyano-3-phenoxy benzil(IRS) <i>cis, trans</i> -3-(2,2 (dichlorovinyl)-2,2-dimethyl-cyclopropanecarboxylate
oxydemeton-methyl	Metasystox-R 25Ec	S-2-ethylsulfinyethyl O, O-dimethyl phosphorodithioate
pirimicarb	Pirimo 25Wp	2-dimethylamino-5,6-dimethylpyrimidin-4-yl dimethylcarbamate

材料 및 方法

1. 試驗材料

供試虫: 試驗에 사용된 복숭아혹진딧물은 1983年度 京畿道 水原市 西屯洞 周邊 배추밭에서 採集한 것인데 이들을 포트에 栽植한 담배묘에서 增殖 飼育하면서 필요한 供試虫(無翅雌虫)을 確保하였다. 供試虫飼育箱子の 크기는 41×41×88 cm 크기이였으며, 室內飼育溫度는 25±3°C이였다. 室內에서 2年間 累代 飼育한 것을 感受性系統으로 使用하였다.

供試殺虫劑: 淘汰에 使用된 殺虫劑는 acephate 이였고 交叉抵抗性 試驗에 使用된 殺虫劑는 acephate와 cypermethrin, oxydemeton-methyl, pirimicarb 등 4種이였으며 그들 殺虫劑의 一般名, 商品名, 有效成分, 製劑形態 및 化學名은 Table 1에 表示된 바와 같다.

2. 試驗方法

殺虫劑의 稀釋과 藥劑處理: 乳劑 또는 水和劑를 증류수에 一定 濃度로 稀釋(W/W比)하여 4°C 냉장고에 보관, 필요에 따라 다시 所定濃度(ppm 濃度)로 再稀釋하여 試驗濃度로 하였다. 殺虫劑 處理方法은 FAO(1980)에서 提示한 진딧물 抵抗性 檢定法을 약간 수정한 leaf-dipping法으로 하였다. 즉, 담배잎을 稀釋藥液에 30秒間 浸漬한 다음 室內에서 30~60분간 風乾하여 試驗에 使用하였다. 浸漬處理된 잎은 약 6×6cm 크기로 잘라 直徑 9cm 정도의 샤페에 여과지를 깔고 그 위에 浸漬處理된 잎을 놓고, 진딧물 無翅雌虫을 20마리씩 接種하였으며 매 實驗마다 3反覆으로 實施하였다. 處理된 진딧물은 25°C에서 明暗條件이 16:8時間으로 調節된 恒溫室內에 備置하고 接種 24, 48時間에 死虫率을 調査하였다. 그들 死虫率을 기초로 probit計算法(Finney, 1963)

에 의하여 回歸方程式을 求하고 그에서 LC₅₀와 LC₉₅ 값을 算出하였다.

抵抗性 誘發 試驗: 殺虫劑 acephate를 供試하여 室內系統에서 50%의 殺虫率을 나타내는 濃度水準으로 每世代 淘汰를 實施하였다. 淘汰過程中 抵抗性이 增大하여 死虫率이 낮을 경우에는 다시 淘汰濃度水準을 높이기도 하였다. 淘汰 5, 10, 15, 20世代에서 LC₅₀, LC₉₅ 값을 求하여 室內 感受性 系統에 대한 LC₅₀, LC₉₅ 값으로서 抵抗性比를 求하여 增大된 抵抗性 程度를 比較, 檢討하였다.

交叉抵抗性 檢定: 交叉抵抗性에 관한 試驗은 淘汰試驗에서와 同一한 方法으로 實施하였다. 淘汰系統에 對한 acephate와 淘汰에 관여되지 않는 cypermethrin, oxydemeton-methyl, pirimicarb를 供試하여 殺虫劑間의 交叉抵抗性 有無와 程度를 比較, 檢討하였다.

Esterase isozyme의 檢出: Agarose gel electrophoresis를 利用, 淘汰 抵抗性 系統과 室內 感受性 系統의 Esterase isozyme을 檢出하여 두 系統間의 差異點을 比較하였다.

結果 및 考察

1. 淘汰에 의한 抵抗性 誘發

Acephate累代 淘汰 系統의 5, 10, 15, 20世代에서 얻어진 回歸方程式과 이에서 算出된 LC₅₀, LC₉₅ 값(ppm)은 Table 2에 表示된 바와 같다.

Table 2에서 보는 바와 같이 淘汰世代가 進行됨에 따라 LC₅₀, LC₉₅ 값이 parental에 比하여 크게 增加하였는데 20世代에서는 그것이 더욱 크게 増代되었음을 알 수 있다. 이와 같은 抵抗性 增大 現象은 어느 殺虫劑에서나, 어느 害虫에서나 殺虫劑로 累代 淘汰하면 淘汰世代가 進行될 수록 抵抗性이 增大한다는 점에 대해서는 再論

Table 2. Development of resistance in green peach aphids successively selected by acephate

No. generations selected	Exp. period in hrs	Regression equation	df	LC ₅₀ (ppm)	LC ₉₅ (ppm)
Parental	24	y=5.76x-1.71	2	10.1	28.1
	48	y=4.41x+2.00	1	4.9	11.3
F ₅	24	y=2.32x+2.70	3	9.9	50.7
	48	y=2.43x=2.82	3	7.9	37.4
F ₁₀	24	y=1.67x+2.75	4	22.2	213.9
	48	y=1.89x+2.86	4	13.5	100.4
F ₁₅	24	y=2.72x+0.78	2	35.5	142.7
	48	y=3.97x-0.53	2	24.8	64.8
F ₂₀	24	y=1.79x+1.46	5	94.5	782.3
	48	y=2.03x+1.93	5	33.0	214.0
Lab susceptible	24	y=1.57x+4.36	5	3.0	28.9
	48	y=1.33x+4.98	7	1.0	18.1

의 여지가 없다. 또한 抵抗性 發達速度와 그 程度는 昆虫의 種類와 性, 殺虫劑의 種類, 淘汰壓 등 여러가지 要因의 支配를 받고 있다는 사실도 여러 研究者의 報告를 통해서 이미 잘 알 수 있는 일이다. (4, 18, 27, 28)

Parental에 대한 각 淘汰世代의 抵抗性比(LC₅₀ 값 기준)를 算出하여 表示하면 Fig. 1에 나타낸 바와 같다. 이들 抵抗性比는 淘汰世代가 진행됨에 따라 점진적으로 크게 增大됨을 알 수 있는데 10世代까지는 抵抗性比가 완만한 速度로 增加하다가 10世代 이후부터 급속히 增加하여 20世대에 이르러서는 6.7~9.3배로 增加하였다. 이 程度의 發達速度는 抵抗性의 增大速度에 느린 것에 해당하는 殺虫劑로 보아진다. 아직 室內에서 복숭아혹진딧물을 累代淘汰하여 抵抗性 發達速度를 比較 研究한 報告는 별로 없지만 日本의 淺野²⁹⁾는 5年 間隔으로 同一地域에서 복숭아혹진딧물을 採集하여 有機磷系 殺虫劑들에 對한 感受性 差異의 變動을 調査 報告한 바 있다. 즉, 1965~1966年度 世代를 基準으로 보았을 때, 1975~1976年度 世代의 抵抗性比는 thiometon 36倍, diazinon 6.3倍, menazon 68.8倍, fenitrothion 487.8倍, phenthoate 118.8倍, metasytox 37.5倍, malathion 41.0倍, dichlorvos 3.0倍이었다고 報告하면서 이들의 感受性 低下는 그들 殺虫劑 使用 경향과 密接한 關係가 있음을 示唆하였다.

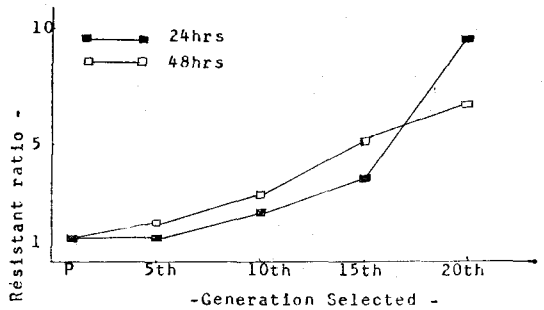


Fig. 1. Sequential changes of resistant ratio to acephate-selected green peach aphid.

$$\text{Resistant ratio} = \frac{\text{LC}_{50} \text{ of selected generation}}{\text{LC}_{50} \text{ of the parental generation}}$$

P: Parent strain

國內에서는 Choi⁴⁾에 의하여 복숭아혹진딧물에 對한 殺虫劑 抵抗性 研究가 있는데 그 報告에 의하면 역시 抵抗性 發達速度는 殺虫劑의 種類에 따라 큰 差異가 있었다고 한다. 즉, 복숭아혹진딧물의 抵抗性 發達速度는 acephate와 pirimicarb 淘汰系統에서는 낮았으나 oxydemeton-methyl과 cypermethrin 淘汰系統에서 크게 높았다고 하였다. 이로 미루어 볼 때 acephate는 抵抗性 發達速度가 느린 殺虫劑로 推定된다.

2. 交叉抵抗性

Acephate 20세대 淘汰系統에 對한 cypermethrin, oxydemeton-methyl, pirimicarb의 交叉 抵抗性을 試驗하여 24, 48時間에서 얻어진 回歸 方程式과 이에서 算出된 LC₅₀ 값(ppm)은 Table

Table 3. Regression equations and LC₅₀ values of the insecticides in the green peach aphids selected by acephate(at 20th generation) to other insecticides

Insecticide	Exp. period in hours	Regression equation	df	LC ₅₀ (ppm)	Lab susceptible
					LC ₅₀ (ppm)
acephate	24	y=1.79x+1.46	5	94.5	3.0
	48	y=2.03x+1.93	5	33.0	1.0
cypermethrin	24	y=1.77x+1.38	4	167.4	0.3
	48	y=1.57x+2.20	4	95.1	0.2
oxydemeton-methyl	24	y=1.15x+3.32	8	49.7	1.0
	48	y=1.28x+3.57	6	13.1	0.6
pirimicarb	24	y=2.46x+2.25	4	13.1	8.6
	48	y=2.34x+2.83	3	8.5	1.0

Table 4. Cross resistance among the insecticides with acephate-selected green peach aphids(*M. persica*) (at the 20th generation)

Exp. period in hrs	Cross resistant ratio* based on LC ₅₀ values (ppm)			
	acephate	cypermethrin	oxydemeton-methyl	pirimicarb
24	31.7	507.3	49.7	7.5
48	32.0	475.6	21.5	8.9

* Resistant ratio = $\frac{LC_{50} \text{ value of the selected strain}}{LC_{50} \text{ value of the lab strain}}$

3과 같다.

Table 3에서 보는 바와 같이 LC₅₀값은 殺虫劑의 種類에 따라 큰 差異를 보이고 있는데 이는 acephate 淘汰系統에 대한 他殺虫劑들간에 交叉 抵抗力이 存在하고 있음을 뜻하는 것으로 보아진다.

이들을 室內系統의 LC₅₀값으로 抵抗力比를 求하여 表示하면 Table 4와 같다.

Table 4에서 보는 바와 같이 acephate 20世代 淘汰系統은 acephate에 對하여 31.7(24時間)~32.0(48時間)배의 抵抗力이 增大되었는데 비하여 淘汰에 關여되지 않았던 cypermethrin에 對해서는 475.6~507.3배, oxydemeton-methyl에 對해서는 21.5~49.7배, pirimicarb에 對해서는 7.5~8.9배의 交叉抵抗力比를 나타내었다. Choi¹⁾에 의하면 acephate 淘汰系統은 cypermethrin, oxydemeton-methyl에 對하여 高度의 交叉抵抗力을 나타내었고 pirimicarb에 對해서는 非交叉 抵抗力을 나타내었다고 하였는데 이는 本 研究 結果와 一致함을 알 수 있다.

이들 結果로 미루어 볼 때 복숭아혹진딧물의 殺虫劑 抵抗力은 淘汰를 받은 殺虫劑 뿐만 아니

라 淘汰에 關여되지 않은 殺虫劑들에 대해서도 抵抗力 反應을 나타낼 可能性이 크다고 본다.

4. Esterase isozymes과 殺虫劑 抵抗力

Agarose gel 전기영동법으로 acephate 20世代 淘汰 抵抗力 系統과 室內 感受性 系統의 Esterase isozyme을 檢出한 結果는 Fig. 2와 같다.

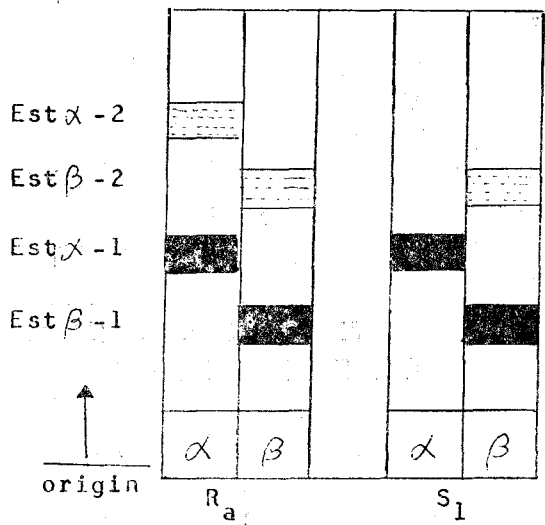


Fig. 3. Electrophoretic esterase patterns in the green peach aphids. Acephate selected (R_a) and the lab strain (S_1).

Est α -1, Est α -2 그리고 Est β -1 泳動帶는 두 系統에서 모두 檢出되었으나 Est β -2는 acephate 淘汰 抵抗性 系統에서만 나타났다.

有機磷系 殺虫劑는 生體內에서 여러가지 효소의 活性을 억제하는 作用이 있는데 特히 神經에 作用하여 cholinesterase의 活性이 비가역적으로 억제됨으로서 acetylcholin(Ach)이 축적되어 殺虫作用이 發現된다.¹²⁾ 이들 酵素^{15,17,21)}가 抵抗性의 原因으로 되어 있는 경우 그것이 構造遺傳子(structural gene)에 의한 酵素의 質的 變化인지 調節遺傳子(regulatory gene)에 의한 酵素의 量的 變化인지가 問題될 것으로 본다. 抵抗性의 原因이 되고 있는 解毒分解酵素^{15,21)}, cholinesterase^{15,17,21)}의 阻害劑에 對한 感受性의 低下는 一般의으로 酵果의 amino酸 配列을 결정하는 構造遺傳子의 突然變異에 의한 것으로 解析하고 있다.

本 試驗에서 agarose gel 泳動법으로 esterase isozyme band를 分析한 結果 acephate抵抗性 系統과 室內 感受性 系統間에 band의 차이가 나타났다. 가장 特異的인 現象은 acephate抵抗性 系統에서만 Est β -2가 관찰되어 이것이 抵抗性 遺傳子를 支配하는 것이 아닌가 思料되나 이는 앞으로 상세한 研究와 檢討가 있어야 할 것으로 본다.

이들과 관계되는 esterase isozyme을 밝힘으로서 앞으로 抵抗性 系統의 識別은 물론 나아가 新農藥 開發에 應用될 수 있는 資料로 利用될 수 있을 것으로 期待된다.

이상의 結果를 綜合적으로 볼 때 복숭아혹진딧물의 OP系 殺虫劑 acephate에 의한 淘汰는 acephate自體에 의한 抵抗性 增大 뿐만 아니라 他殺虫劑에 對한 交叉抵抗性 發現에도 크게 關係하고 있으므로 이들을 究明하는 일은 앞으로 殺虫劑 抵抗性 害虫防除를 위해 반드시 필요한 일이라 보아진다. agarose gel 전기泳動법은 앞으로 野外 圃場 복숭아혹진딧물의 抵抗性 획득 여부를 調査하는데 크게 活用될 資料가 될 것으로 본다.

摘 要

本 試驗은 室內에서 복숭아혹진딧물(*Myzus*

persicae)을 OP系 殺虫劑 acephate로 累代淘汰시켜 抵抗性 發達速度와 程度, 다른 殺虫劑와의 交叉抵抗性 有無, 나아가 그들 系統에서 esterase isozyme을 檢出하여 殺虫劑 抵抗性과의 關係를 檢討코자 하였다.

1. 복숭아혹진딧물의 acephate 抵抗性 發達速度는 5세대 淘汰에서 1.0~1.6배, 10세대 淘汰에서 2.2~2.8배, 15세대 淘汰에서 3.5~5.1배, 20세대 淘汰에서 6.7~9.3배로 增大되었다.

2. Acephate 20세대 淘汰抵抗性 系統은 24時間 調査에서는 acephate自體에 대하여 31.7배, cypermethrin에 대해서는 507.3배, oxydemeton-methyl에 대해서는 49.7배, pirimicarb에 대해서는 7.5배이었고 48時間 調査에서는 acephate自體에 대하여 32.0배, cypermethrin에 대하여 475.6배, oxydemeton-methyl에 대하여 21.5배, pirimicarb에 대하여 8.9배이었다.

3. Acephate 抵抗性 系統은 cypermethrin과 oxydemeton-methyl에 대하여 높은 交叉抵抗性을 나타내었고 pirimicarb에 대해서는 낮은 交叉抵抗性을 나타내었다.

4. Esterase isozyme의 泳動帶에 있어서 Est α -1, Est α -2, β -1는 抵抗性, 感受性 두 系統 모두에서 檢出되었으나 Est β -2는 acephate 抵抗性 系統에서만 檢出되었다.

LITERATURES CITED

1. Anthon, E.W. 1955. Evidence for green peach aphid resistance to organophosphorous insecticides. J. Econ. Entomol. 48(1): 56~57.
2. Brader, L. 1977. Resistance in mite and insects affecting orchard crops. In Pesticide Management and Insecticide Resistance. Academic Press: 353~376.
3. Choi, S.Y. 1983. Insect pest resistance to insecticides and future researches(in Korean with English summary). Korean J. Plant Prot. 22(2) : 98~105.
4. Choi, S.Y. 1985. Studies of insecticide resistance in green peach aphids, *Myzus persicae*(Sulz). (in Korean with English

- summary) J. National Academy of Science, Rep. of Korea. Natural Science Series 24: 285~309.
5. Choi, S.Y. and G.H. Kim. 1986. Studies on the resistance of green peach aphids to insecticides(II)-Local differences in susceptibility(in Korean with English summary). Korean J. Plant Prot. 24(4) : 223~230.
 6. Devonshire, A.L., G.N. Foster and R.M. Sawicki. 1977. Peach-potato aphid, *Myzus persicae*(Sulz.) Resistant to organophosphorous and carbamate insecticide on potatoes in Scotland. Pl. Path. 26 : 60~62.
 7. Devonshire, A.L. and R.M. Sawicki. 1979. Insecticide-resistant *Myzus persicae* as an example of evolution by gene duplication. Nature, Lond. 280 : 140~141.
 8. Van Emden, H.F., V.F. Estop, R.D. Hughes and M.J. Way. 1969. The ecology of *Myzus persicae*. Ann. Rev. Ent. 14: 197~270.
 9. FAO. 1967. Report of the first session of the FAO working party of Experts on Resistance of Pests to Pesticides. FAO Rome. PL/1965/18, 125pp.
 10. FAO. 1980. Methods for adult aphids-FAO Method No. 17. In Recommended Methods for Measurement of Pest Resistance to Pesticides. FAO Pl. Prod. and Prot. Paper 21 : 103~106.
 11. Finney, D.J. 1963. Statistical Methods in Bioassay. 2nd end.
 12. Gage, J.C. 1967. The significance of blood cholinesterase activity measurements. Residue Rev., 18 : 159. London Griffin: 668 pp.
 13. Georghiou, G.P. 1963. Comparative susceptibility to insecticides of green peach aphid populations, collected 16 years apart. J. Econ. Entomol. 56(5) : 655~657.
 14. Georghiou, G.P. and R.B. Mellon. 1983. Pesticide resistance in time and space. In Pest Resistance to Pesticides, Plenum Press 1~46.
 15. Georghiou, G.P. and N. Pasteur. 1978. Electrophoretic esterase patterns in insecticide-resistant and susceptible mosquitoes. J. Econ. Ent. 71 : 201~205.
 16. Glass, E.H. 1960. Current status of pesticide resistance in insects and mites attacking deciduous orchard crops. Miss. Publ. Entomol. Soc. Amer. 2 : 17~25.
 17. Hasul, H. and K. Ozaki. 1984. Electrophoretic esterase patterns in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* STAL (Hemiptera: Delphacidae) which developed resistance to insecticides. Appl. Ent. Zool. 19(1) : 52~58.
 18. Kassai, T. and K. Ozaki. 1984. Effects through successive selection with fenvalerate on malathion-resistant strains of the rice brown planthopper. J. Pesticide Sci. 9 : 73~77.
 19. Koziol, F.S. and P.J. Semther. 1984. Extent of resistance to organophosphorus insecticides in field populations of the green peach aphid(Homoptera: Aphididae) infesting flucured tobacco in Virginia. J. Econ. Entomol. 77(1) : 1~3.
 20. MacDonald, R.S., G.A. Surgeoner, K.R. Solomon and C.R. Harris. 1983. Effect of four spray regimes on the development of permethrin and dichlorvos resistance, in the laboratory, by the house fly(Diptera: Muscidae) J. Econ. Entomol. 76 : 417~422.
 21. Maruyama, Y., K. Yasutomi and Z.I. Ogata. 1984. Electrophoretic analysis of esterase isozyme in organophosphate-resistant mosquitoes(*Culex pipiens*). Insect Biochem 14(2) : 181~188.
 22. Needham, P.H. and R.M. Sawicki. 1971. Diagnosis of resistance to organophosphorus insecticides in *Myzus persicae*(Sulz.)

Nature 230(12) : 125~126.

23. Ozaki, K. and T. Kassi. 1984. Cross resistance patterns in malathion-and fenitrothion-resistant strains of the rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stal. J. Pesticide Sci. 9 : 151~154.
24. 永田徹・林晃史. 1983. 殺虫剤抵抗性の歴史, および対策(薬剤抵抗性) Soft Science 社 : 9~53.
25. Sawicki, R.M., A.L. Devonshire, A.D. Rice, G.D. Moores, S.M. Petzing and A. Cameron. 1978. The detection and distribution of organophosphorous and carbamate insecticides-resistant *Myzus persicae*(Sulz.) in Britain. in 1976. Pestic. Sci. 9 : 189.
26. Sudderuddin, K.I. 1973. Studies of insecticide resistance in *Myzus persicae*(Sulz.) (Hemip. Aphididae). Bull. Ent. Res.
27. Vines, R.C., T.E. Reagan, T.C. Sparks and D.K. Pollet. 1984. Laboratory selection of *Diatraea saccharalis*(F.) (Lepidoptera: Pyralidae) for resistance to fenvalerate and monocrotophos. J. Econ. Entomol. 77 : 857~863.
28. Watson, D.L. and J.B. Naegle. 1963. The influence of selection pressure on the development of resistance in population of *Tetranychus telarius*(L.) J. Econ. Entomol. 53(11) : 80~84.
29. 浅野藤司. 1979. 野菜害虫の殺虫剤抵抗性に関するシンポジウム演習要旨. 日本植物防疫協会. p. 53.