

### 접박이응애의 殺蟎劑抵抗性 發達과 交叉抵抗性에 關한 研究

#### Development of Acaricide Resistance and Cross-Resistance in *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae)

金 桑 洙<sup>1</sup> · 李 升 燦<sup>2</sup>

Sang Soo Kim<sup>1</sup> and Seung Chan Lee<sup>2</sup>

**ABSTRACT** These studies were conducted to investigate the development of chemical resistance in two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) through single selection for a given period of time with five acaricides including carbophenothion and ethion of organo-phosphate compound, dicofol of organo-chlorine compound, cyhexatin of organo-tin compound, biphenthrin of synthetic pyrethroid compound; and to examine cross-resistance among the acaricides to the selected populations. The development of chemical resistance of two-spotted spider mite was greatly varied under single selection of the each five acaricides. The carbophenothion- and the ethion-populations at the 22nd and the 24th selected generations showed 156- and 64.1-fold resistant levels, respectively, as compared with the susceptible population. However, the dicofol population at the 28th selected generation exhibited 39.7-fold resistant level, and the biphenthrin population at the 24th selected generation revealed 25.2-fold resistant level, while the cyhexatin population at the 20th selected generation showed 13-fold resistant level. The carbophenothion-selected population showed high cross-resistance to ethion, and low cross-resistance to dicofol and biphenthrin. The ethion-selected population revealed also high cross-resistance to carbophenothion. The dicofol- or the biphenthrin-selected populations, however, exhibited moderate cross-resistance to carbophenothion and ethion. Meantime, the cyhexatin-selected population showed high cross-resistance to ethion and carbophenothion.

**KEY WORDS** *Tetranychus urticae*, chemical resistance, single selection, cross-resistance

**抄 錄** 접박이응애(*Tetranychus urticae* Koch)의 感受性系統에 대하여 有機燻素 殺蟎劑인 carbophenothion, ethion과 有機鹽素系인 dicofol, 有機朱錫系인 cyhexatin 및 合成 pyrethroid系인 biphenthrin등으로 單劑累代淘汰를 實施하여 각 殺蟎劑의 抵抗性發達 差異와 藥劑相互間의 交叉抵抗性의 有無 및 程度를 試驗·調查하였다. carbophenothion과 ethion은 22世代와 24世代 淘汰에서 각각 156倍와 64.1倍의 높은 抵抗性을 나타내었다. dicofol은 28世代 淘汰에서 39.7倍로 biphenthrin은 24世代 淘汰에서 13倍로 化學的系統이나 同一系統내에서도 藥種에 따라 抵抗性誘發 程度에 差異가 있었다. Carbophenothion 淘汰系統은 淘汰에 關致하지 않은 ethion에 대하여 높은 水準의 交叉抵抗性을 나타내었으나 dicofol과 biphenthrin에는 낮은 水準의 交叉抵抗性을 나타내었고, ethion 淘汰系統은 carbophenothion에 대해서 高度의 交叉抵抗性을 나타내었다. Dicofol과 biphenthrin 淘汰系統들은 모두 carbophenothion과 ethion에 대해서 中度의 交叉抵抗性을 보였으며, cyhexatin 淘汰系統은 ethion과 carbophenothion에 대하여 高度의 交叉抵抗性을 나타내었다.

**檢 索 語** 접박이응애, 藥劑抵抗性, 單劑淘汰, 交叉抵抗性

農産物의 量的·質的 向上을 위하여는 農藥依存이 不可避하고, 이러한 目的下에 殺虫劑를 계속 使用하면 害虫의 藥劑抵抗性 出現은 必然的

으로 뒤따르게 된다.

특히 果樹栽培地帶는 물론 花卉·菜蔬栽培地帶까지도 접박이응애(*Tetranychus urticae* Koch)는 慣用殺蟎劑에 대하여 抵抗性이 크게 發達하고 그 被害도 다양하며 심각한 실정이다. 응애류의 藥劑抵抗性 發達速度는 殺蟎劑의 種類에

1 순천대학교 농과대학(College of Agriculture, Suncheon National University)

2 전남대학교 농과대학(College of Agriculture, Chonnam National University)

따라 다르다고 報告(Teppson *et al.* 1962)된 바 있고, 점박이응애의 경우에도 parathion을 비롯한 몇가지 有機磷系 殺蟬劑와 有機鹽素系인 dicofol 등으로 累代淘汰試驗을 하여 각각 殺蟬劑의 抵抗力發達 水準에 상당한 差異가 있음이 報告(Hansen *et al.* 1963, Watson *et al.* 1963)되었다. 한편 殺蟬劑抵抗力 응애류는 淘汰에 關與하지 않은 同一系統의 다른 藥劑뿐만 아니라 化學的系統이 다른 藥劑들에 대해서도 交叉抵抗性을 나타내는 경우도 있어 化學的防除를 遂行함에 있어 큰 問題點으로 指摘되고 있다. 점박이응애, 사과응애(*Panonychus ulmi* Koch), 간자와응애(*T. Kanzawai* Kishida) 등의 응애류에서도 有機磷劑 또는 有機鹽素劑간에 交叉抵抗性의 發現이 確認(Asquith 1962, Hansen *et al.* 1963, Osakabe 1973, Kuwahara 1977, Kuwahara *et al.* 1983)되었으며, 특히 점박이응애와 굴응애(*P. citri* McGregor)에서는 有機磷劑로 淘汰하였을 때 같은 系統의 다른 藥劑에는 높은 交叉抵抗性을, 有機鹽素劑에는 낮은 水準의 交叉抵抗性을 나타내었으나, 有機鹽素劑로 淘汰한 경우에는 同一系統이 아닌 有機磷劑에 더 顯著한 交叉抵抗性이 報告된 바 있다. 따라서 藥劑抵抗力 응애系統의 效果의 防除를 위하여는 각종 殺蟬劑에 대한 抵抗力發達의 複合의 樣相의 理解가 要望된다. 本 試驗研究는 一般農家에서 많이 使用했거나 現在 使用하고 있는 여러 殺蟬劑중 使用頻도가 높은 4가지 化學的系統에서 대표적인 藥劑들을 선택하고 單劑條件으로 累代淘汰를 實施하여 각 殺蟬劑간의 抵抗力發達水準의 差異와 交叉抵抗性의 有無 및 程度를 究明코자 遂行하였다(本 研究報告는 韓國科學財團의 研究費支援(관리번호: 852-1503-008-2)으로 遂行된 一部 結果임)

### 材料 및 方法

本 試驗에 使用된 점박이응애는 藥劑에 露出된 적이 없는 感受性系統으로 1986년에 光州市 花停洞 개인소유 정원의 國화에서 採集하였으며 水盤箱子(85 × 85 cm)내 4~5개의 pot에 원예용 床土를 使用하여 栽培한 豇豆콩(*Phaseolus vulg-*

*aris*)에서 飼育하면서 試驗에 必要한 응애를 確保하였다. 이때 使用한 箱子內部에는 water barrier를 設置하여 응애의 離脫과 他系統의 侵入을 막았다. 溫室의 飼育溫度는  $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 로 維持하였으며, 明暗條件은 전등을 利用하여 매일 16:8 時間으로 調節하였다. 供試殺蟬劑는 有機磷系인 carbophenothion과 ethion, 有機鹽素系인 dicofol, 有機錫系인 cyhexatin 그리고 合成 pyrethroid系인 biphenthrin 등 5種이었다. 이들 殺蟬劑의 化學的系統, 一般名, 化學名, 有效成分 및 商品名은 Table 1에 表示된 바와 같으며, 市販製品을 주로 使用하였다.

單劑淘汰에 의한 抵抗力系統을 얻고자 供試된 5種의 殺蟬劑를 每世代마다 成虫의 密度가 가장 높을 때  $LC_{75-85}$ 值 범위의 淘汰壓으로 感受性系統에 處理하였고, 抵抗力이 增大됨에 따라 濃度を 높여 가면서 淘汰를 實施하였다. 抵抗力發達 水準을 調査하고자 slide dip法을 利用하여 回歸方程式과  $LC_{50}$ 值를 구하고, 感受性系統의  $LC_{50}$ 值와 對比하여 각 系統간 抵抗力增加程度를 比較·檢討하였다.

試驗誤差를 줄이기 위하여 크기가 均등한 雌成虫을 선택해서 處理當 30마리씩 3 反復으로 하였으며, 藥劑에 5초간 담근후 상대습도를 80%로 조절한 desiccator에 넣어 溫度  $25\sim 30^{\circ}\text{C}$ 의 室內에서 24시간 경과 후 殺蟬率을 調査한 다음 probit분석(Finney 1971)을 실시하였다. 한 系統에 대하여 최소한 3水準 이상의 稀釋濃度로 處理하였다. 交叉抵抗性 試驗은 각 淘汰個體群別로 淘汰에 關與하지 않은 殺蟬劑를 供試하여 slide dip法으로 實施하였다. 이때의 처리내용은 前項과 同一하였으며, 回歸直線을 誘導한 다음  $LC_{50}$ 值를 구하여 각 淘汰系統別 殺蟬劑간의 交叉抵抗性의 有無와 程度를 比較·檢討하였다. 이때 각 殺蟬劑의 淘汰系統에 대한  $LC_{50}$ 值가 5배 이상이면 交叉抵抗性이 發現된 것으로 하였다.

### 結果 및 考察

#### 單劑淘汰에 의한 抵抗力發達

5種의 殺蟬劑로 점박이응애의 感受性系統을

Table 1. Acaricides used in single selection on susceptible strain of *T. urticae*

Chemical group	Common name	Chemical name	%a.i.	Trade name
Organophosphate	Carbophenothion	S-4-chlorophenylthiomethyl O, O-diethylphos-phorodithioate	25	Trithion
	Ethion	O, O, O', O'-tetraethyl-S, S'-methylene bis(phos-phoro dithioate)	25	
Organo-chlorine	Dicofol	2, 2, 2-trichloro-1, 1-bis(4-chlorophenyl) ethanol	35	Kelthane
Organo-tin	Cyhexatin	Tricyclohexylhydroxys-tannane	25	Plictran
Synthetic pyrethroid	Biphenthrin	2-methylbiphenyl-3-ylmethyl(Z)-(1RS, 3RS)-3-(2-chloro-3, 3, 3-trifluoroprop-1-enyl)-2, 2-dimethylcyclopropanecarboxylate	2	Talster

Table 2. Development of resittance in *T. urticae* under single selection by several acaricides

Acaricide	Population	No. of generations selected	Equation for probit regres. line(Y)	LC <sub>50</sub> in % a.i.	Resistant ratio
Carbophenothion	Selected	22	3.94 + 2.0 X	3.28961	156.0
	Susceptible	—	6.71 + 1.02X	0.02109	1
Ethion	Selected	24	5.86 + 1.75X	0.32419	64.1
	Susceptible	—	7.62 + 1.14X	0.00506	1
Dicofol	Selected	28	8.08 + 3.42X	0.12501	39.7
	Susceptible	—	10.43 + 2.17X	0.00315	1
Biphenthrin	Selected	24	7.53 + 1.72X	0.03407	25.2
	Susceptible	—	10.24 + 1.83X	0.00135	1
Cyhexatin	Sselected	20	9.00 + 2.02X	0.01057	13.0
	Susceptible	—	20.44 + 5.00X	0.00082	1

單劑累代淘汰하여 抵抗性發達 程度를 調査한 결과(Table 2), 殺蟬劑의 化學的系統과 藥種에 따라 差異는 있었으나 全般的으로 높은 水準의 抵抗性이 誘發되었다.

Carbophenothion과 ethion으로 22世代와 24世代 淘汰된 系統은 각각 156배와 64.1배로서 매우 높은 水準으로 抵抗性이 誘發되었는데, 특히 carbophenothion은 ethion淘汰系統보다 淘汰 회수가 적었음에도 抵抗性增加는 훨씬 높은 水準으로 誘發된 것은 同一系統 藥劑에서도 藥種에 따라 抵抗性發達倍數에 差異가 있음을 알 수 있었다.

Dicofol은 28世代 累代淘汰에서 39.7배, biphenthrin은 24世代 淘汰에서 25.2배의 抵抗性이 誘發되어, carbophenothion이나 ethion의 抵抗性發達 水準에 比하면 상당히 낮게 誘發되었다. 또한 cyhexatin은 20世代 淘汰에서 13배의 抵抗性이 誘發되었는데, 이는 供試된 5種 殺蟬劑중

가장 낮은 水準으로 抵抗性이 增加된 것이다. 이와 類似한 結果로서 Hansen 등(1963)은 점박이응애를 有機磷系인 parathion으로 10世代, malathion으로 11世代 淘汰한 結果 각각 51.1배, 26.8배의 抵抗性이 誘發되었으며, 有機鹽素系인 dicofol로 12世代 淘汰한 結果 1.3배의 抵抗性이 誘發되었다고 報告하였는데, 이러한 結果는 本試驗에서의 carbophenothion, ethion 및 dicofol 淘汰에 따른 抵抗性發達 樣相과 類似한 傾向으로 抵抗性發達은 殺蟬劑의 化學的系統과 同一系統에서도 藥種에 따라 顯著한 差異가 있음을 確認할 수 있었다. 또한 응애류의 藥劑抵抗性發達 速度는 殺蟬劑에 따라 다르다는 報告(Jeppson *et al.* 1962)와 일반적으로 有機磷系는 抵抗性發達 速度가 빠르나 dicofol의 경우는 發達速度가 완만하다는 報告(Osakabe 1973, Cranham & Helle 1985, Kono 1987b)등을 本試驗結果와 關聯지어 볼 때 淘汰藥種에 따른 抵抗性發達의 특

異性を 엿볼 수 있었다. 合成 pyrethroid系 biphenhrin과 有機錫系 cyhexatin은 지금까지의 다른 殺蟬劑에 비해 使用年限이 짧아 다른 殺蟬劑와의 抵抗力發達 樣相을 比較檢討한 報文은 없으나, 本 試驗結果로 보아 biphenhrin은 dicofol 淘汰系統의 抵抗力發達 水準에 比較하면 淘汰世代에 따른 抵抗力이 약간 낮게 增加되어 carbophenothion과 ethion은 물론 dicofol보다도 抵抗力發達 速度가 더 緩慢한 殺蟬劑로 여겨진다. 또한 cyhexatin에 있어서는 供試 殺蟬劑중 淘汰世代에 비하여 가장 낮은 水準으로 抵抗力이 增加되어 發達速度가 아주 늦은 藥劑로 생각된다.

Hoyt등(1985)은 圃場에서 여러 殺蟬劑의 使用年限과 抵抗力發達 水準과의 關係를 검토하고

cyhexatin의 抵抗力發達 速度가 늦어 지금까지의 慣用殺蟬劑보다는 비교적 긴 藥劑壽命을 나타내었다고 하였던 바 本試驗結果와 一致하는 것으로 생각된다. 그러나 최근 국내에서 이 藥劑의 連用에 따른 抵抗力誘發이 報告(Lee et al. 1986)된 바 있으며, 특히 농약관리위원회(1989. 3. 20)에서 cyhexatin수화제가 殘留毒性 문제로 1991년 10월부터 使用禁止 품목으로 결정되었으므로 代替藥劑의 開發과 아울러 기존 殺蟬劑의 交互使用등 對策이 要望된다.

**交叉抵抗力**

交叉抵抗力의 試驗結果, carbophenothion 22世代 汰淘系統은 同一系統藥劑인 ethion에 대하여 128배로 高度의 交叉抵抗力을 나타내었고 dicofol

**Table 3. LC<sub>50</sub> values of carbophenothion-selected and susceptible populations of *T. urticae* to other acaricides, and their comparison with susceptible population**

Acaricide	Population	Equation for probit regres. line(Y)	LC <sub>50</sub> in % a.i.	Resistant ratio <sup>a</sup>
Carbophenothion	Selected	3.94 + 2.05X	3.28961	156.0
	Susceptible	6.71 + 1.02X	0.02109	1
Ethion	Selected	5.26 + 1.40X	0.64761	128.0
	Susceptible	7.62 + 1.14X	0.00506	1
Cicofol	Selected	9.02 + 2.48X	0.02396	7.6
	Susceptible	10.43 + 2.17X	0.00315	1
Biphenhrin	Selected	10.41 + 2.56X	0.00776	5.7
	Susceptible	10.24 + 1.83X	0.00135	1
Cyhexatin	Selected	10.35 + 2.02X	0.00221	2.7
	Susceptible	20.44 + 5.00X	0.00082	1

<sup>a</sup> Comparison of carbophenothion-selected and susceptible populations.

**Table 4. LC<sub>50</sub> values of ethion-selected and susceptible populations of *T. urticae* to other acaricides, and their comparison with susceptible population**

Acaricide	Population	Equation for probit regres. line(Y)	LC <sub>50</sub> in % a.i.	Resistant ratio <sup>a</sup>
Ethion	Selected	5.86 + 1.75X	0.32419	64.1
	Susceptible	7.62 + 1.14X	0.00506	1
Carbophenothion	Selected	4.49 + 3.71X	1.37077	65.0
	Susceptible	6.71 + 1.02X	0.02109	1
Dicofol	Selected	10.15 + 2.76X	0.01372	4.4
	Susceptible	10.43 + 2.17X	0.00315	1
Biphenhrin	Selected	10.79 + 2.55X	0.00541	4.0
	Susceptible	10.24 + 1.83X	0.00135	1
Cyhexatin	Selected	10.44 + 2.09X	0.00249	3.1
	Susceptible	20.44 + 5.00X	0.00082	1

<sup>a</sup> Comparison of ethion-selected and susceptible populations.

과 biphenthrin에 대하여는 각각 7.6배와 5.7배로 낮은 水準의 交叉抵抗성을 보였으며, cyhexatin에 대해서는 2.7배로서 交叉抵抗성을 認定

할 수 없었다(Table 3).

Ethion 24世代 淘汰系統은 同一系統藥劑인 carbophenothion에 대해 65배로서 ethion 淘汰

Table 5.  $LC_{50}$  values of dicofol-selected and susceptible populations of *T. urticae* to other acaricides, and their comparison with susceptible population

Acaricide	Population	Equation for probit regres. line(Y)	$LC_{50}$ in % a. i.	Resistant ratio <sup>a</sup>
Dicofol	Selected	8.08 + 3.42X	0.12501	39.7
	Susceptible	10.43 + 2.17X	0.00315	1
Carbophenothion	Selected	6.15 + 2.65X	0.36811	17.5
	Susceptible	6.71 + 1.02X	0.02109	1
Ethion	Selected	8.21 + 2.47X	0.04981	9.8
	Susceptible	7.62 + 1.14X	0.00506	1
Biphenthrin	Selected	9.90 + 2.10X	0.00469	3.5
	Susceptible	10.24 + 1.83X	0.00135	1
Cyhexatin	Selected	11.53 + 2.33X	0.00158	1.9
	Susceptible	20.44 + 5.00X	0.00082	1

<sup>a</sup> Comparison of dicofol-selected and susceptible populations.

Table 6.  $LC_{50}$  values of cyhexatin-selected and susceptible populations of *T. urticae* to other acaricides, and their comparison with susceptible population

Acaricide	Population	Equation for probit regres. line(Y)	$LC_{50}$ in % a. i.	Resistant ratio <sup>a</sup>
Cyhexatin	Selected	9.00 + 2.02X	0.01057	13.0
	Susceptible	20.44 + 5.00X	0.00082	1
Ethion	Selected	6.78 + 1.91X	0.11603	22.9
	Susceptible	7.62 + 1.14X	0.00506	1
Carbophenothion	Selected	5.87 + 2.51X	0.45138	21.4
	Susceptible	6.71 + 1.02X	0.02109	1
Biphenthrin	Selected	10.84 + 2.33X	0.00312	2.3
	Susceptible	10.24 + 1.83X	0.00135	1
Dicofol	Selected	9.30 + 1.97X	0.00653	2.1
	Susceptible	10.43 + 2.17X	0.00315	1

<sup>a</sup> Comparison of cyhexatin-selected and susceptible populations.

Table 7.  $LC_{50}$  values of biphenthrin-selected and susceptible populations of *T. urticae* to other acaricides, and their comparison with susceptible population

Acaricide	Population	Equation for probit regres. line(Y)	$LC_{50}$ in % a. i.	Resistant ratio <sup>a</sup>
Biphenthrin	Selected	7.53 + 1.72X	0.03407	25.2
	Susceptible	10.24 + 1.83X	0.00135	1
Ethion	Selected	7.99 + 2.84X	0.08839	17.5
	Susceptible	7.62 + 1.14X	0.00506	1
Carbophenothion	Selected	6.04 + 1.82X	0.26804	12.7
	Susceptible	6.71 + 1.02X	0.02109	1
Cyhexatin	Selected	10.71 + 1.99X	0.00135	1.7
	Susceptible	20.44 + 5.00X	0.00082	1
Dicofol	Selected	10.45 + 2.27X	0.00400	1.3
	Susceptible	10.43 + 2.17X	0.00315	1

<sup>a</sup> Comparison of biphenthrin-selected and susceptible populations.

個體群의 抵抗力發達 水準과 거의 비슷한 수준의 交叉抵抗性を 보였으며, dicofol과 biphenthrin에 대하여는 각각 4.4배와 4배로서 感受性對比 5배 이상을 交叉抵抗性の 發現으로 본다면 非交叉抵抗性이 나타나는 것으로 해석되지만 倍數로 보아 상당히 강한 耐性を 나타내었기 때문에 今後 交叉抵抗性の 下限線 抵抗性倍數 概念의 定立이 要望되며, cyhexatin에 대해서는 3.1배로 交叉抵抗性を 認定할 수 없었다(Table 4).

Dicofol 28世代淘汰個體群은 carbophenothion과 ethion에 대하여 각각 17.5배와 9.8배로 中度의 交叉抵抗性を 나타내었는데, 이러한 結果는 carbophenothion과 ethion으로 淘汰한 個體群에 dicofol을 處理하였을 때의 交叉抵抗性 水準과 比較한다면 상당히 높은 水準의 交叉抵抗性を 나타낸 것이며, biphenthrin과 cyhexatin에 대해서는 각각 3.5배와 1.9배로 非交叉抵抗性を 나타내었다 (Table 5). 그리고 cyhexatin 20世代 淘汰個體群은 ethion과 carbophenothion에 대하여 22.9배와 21.4배로 cyhexatin의 抵抗性發達보다 훨씬 높은 水準으로 나타나 高度의 交叉抵抗性を 나타내었으나 biphenthrin과 dicofol에 대해서는 2.3 배와 2.1배로서 非交叉抵抗性を 나타내었다(Table 6).

또한 biphenthrin 24世代 淘汰個體群은 ethion과 carbophenothion에 대하여 각각 17.5배와 12.7배로 中度의 交叉抵抗性を 나타내었는데 이 경우도 carbophenothion과 ethion으로 淘汰한 個體群에 biphenthrin을 處理하였을 때의 交叉抵抗性 水準에 比한다면 상당히 높은 水準이었으며, cyhexatin과 dicofol에 대해서는 각각 1.7배와 1.3배로 非交叉抵抗性を 보였다(Table 7).

위의 같은 單劑淘汰個體群을 對象으로 한 各殺蟬劑간의 交叉抵抗性 發達樣相을 綜合하여 보면, carbophenothion과 ethion 淘汰個體群은 相互間에 高度의 交叉抵抗性を 나타내고 dicofol에 대하여는 낮은 水準의 交叉抵抗性を 보인 반면, dicofol 淘汰個體群은 위의 두 有機磷系 殺蟬劑에 대하여 中度의 交叉抵抗性を 나타내었다. Hansen등(1963)은 有機磷劑로 淘汰한 個體群은 同一系統의 藥劑에 강한 交叉抵抗性を 나타내고 dicofol을 비롯한 有機磷系 殺蟬劑들에는 아주

낮은 水準으로 交叉抵抗性を 보였으며, 반대로 dicofol 淘汰個體群은 有機磷系에 대하여 그 自體의 抵抗性發達보다 더 높은 倍數로 交叉抵抗性이 나타난다고 報告하였다.

이를 本 試驗의 結果와 比較해 보면 dicofol淘汰個體群은 carbophenothion과 ethion에 대해 中度의 交叉抵抗性を 나타내 程度의 差異는 있었지만 全般的으로 一致하는 傾向이었다. 다음으로 두 有機磷系 殺蟬劑 淘汰系統과 diphenthrin 淘汰系統에 있어서는, 有機磷劑 抵抗性 집과리 (*Musca domestica* L.)는 合成 pyrethroid劑에 交叉抵抗性이 나타난다고 報告(Farnham & Sawicki 1976)된 바 있고, Croft등(1982)도 合成 pyrethroid劑 抵抗性 포식성응애(*Amblyseius fallacis* Garman)는 有機磷系인 azinphos-methyl에 높은 水準의 交叉抵抗性を 나타낸다고 하였는데, 집박이응애의 경우에도 有機磷劑 淘汰系統은 biphenthrin에 대해 낮은 水準의 交叉抵抗性 또는 耐性現象을 나타내었으며, 이에 반하여 biphenthrin 淘汰系統은 carbophenothion과 ethion에 대해 中度의 交叉抵抗性を 보여 앞서의 dicofol과 두 有機磷劑간의 相互關係와 類似하였으며 기존의 結果와도 같은 傾向이었다. 그리고 dicofol 淘汰系統과 biphenthrin 淘汰系統은 相互間的 藥劑에 대하여 非交叉抵抗性이 나타났다. 그러나 Chadwick등(1977), Prasittisuk과 Busvine(1977)은 DDT 抵抗性 모기(*Aedes aegypti* L.)가 合成 pyrethroid劑에 대하여 交叉抵抗性を 보인다고 하였고, Croft등(1982)은 合成 pyrethroid劑 抵抗性 포식성응애(*A. fallacis*)가 DDT에 높은 水準의 交叉抵抗倍을 나타낸다고 報告해 本 試驗의 結果와는 相反되었는데, 이는 우선적으로 供試된 虫이 다르고 各 試驗研究에 使用한 藥劑가 合成 pyrethroid系이지만 藥種이 같지 않으며 또한 DDT와 dicofol이 同一한 有機磷系劑라 할지라도 對象害虫과 各 藥劑間 作用機構의 差異點등에 基因하여 그와 같은 結果가 나타난 것으로 생각된다. 한편 cyhexatin은 다른 藥劑에 의한 淘汰系統에 非交叉抵抗性を 보이는 것으로 판명되었지만 cyhexatin 淘汰系統은 ethion과 carbophenothion에 대하여 그 自體의 抵抗性發達보다 더 높은 水準으로 交叉抵抗

성이 나타나 注目되었다.

이러한 現象은 ethion과 carbophenothion 抵抗性系統을 cyhexatin으로 檢定하였을 때 각각 3.1배와 2.7배로서 다른 淘汰系統들의 이 藥劑에 대한 反應에 比하면 약간의 耐性을 나타냈으며, Hansen등(1963)에 의해서 報告된 dicofol과 有機磷劑간의 相互關係와 같은 類似한 예도 있어 그 可能性을 인정할 수 있다. 또한 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae* (Sulzer))을 acephate와 oxydemeton-methyl로 淘汰한 個體群에 cypermethrin을 處理하였을 때 훨씬 더 높은 水準으로 交叉抵抗性이 發現되었고, 交叉抵抗性的 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 差異가 있다고 한 報告(Choi & Kim 1986a, b)등을 參照해 보면 점박이응애의 경우에도 淘汰를 받은 殺虫劑뿐만 아니라 淘汰에 關與하지 않은 殺虫劑에 더 높은 水準으로 抵抗性反應을 나타낼 수 있다고 생각된다.

지금까지는 위와 같이 각 殺虫劑간의 交叉抵抗性和 非交叉抵抗性的 發現에 대하여 言及하였지만 아직까지 國內外에서 이같은 現象에 대한 正確한 機作이 밝혀져 있지 않고 있다. 따라서 몇몇 殺虫劑와 化學的系統別로 報告된 抵抗性機作을 基礎로 하여 推察해 보았다.

有機磷劑 抵抗性發現에는 AChE가 主된 要因이며(Smissaert 1964, Zahavi & Tahori 1970, Kuwahara 1982), esterase도 關與한다는 報告(Oppenoorth 1985, Choi & Kim 1986a, b)가 있으며, 合成 pyrethroid劑에 대하여도 esterase가 解毒作用의 主因이라고 報告(Eldefrawi 1985)된 바 있어 두 殺虫劑간의 相互交叉抵抗性 發現은 共通된 作用機構에서 緣由된 것으로 생각된다. Dicofol의 경우는 이 藥劑를 水溶性物質로 變換하는 breakdown enzyme의 活性이 抵抗性系統에서 더 높았다고 報告(Kono et al. 1981, Cränham & Helle 1985)된 바 있는데 有機磷系 또는 合成 pyrethroid系의 抵抗性機作과는 類似性이 없는 것으로 보인다. 따라서 本 試驗에서 有機磷劑와 dicofol이 相互交叉抵抗性을 보이고, dicofol과 biphenethrin간에는 非交叉抵抗性이 나타나는 現象은 報告된 機作으로 推定하기 보다

는 現時點에서는 각 藥劑 相互間的 作用特性으로 보아야 할 것으로 여겨진다. 다음으로 cyhexatin 抵抗性機作으로는 抵抗性系統과 感受性系統間에 ATPase活性의 差異가 있었음이 報告된(Carbonaro *et al.* 1987)바 있는데, 다른 殺虫劑들의 抵抗性機作과 相異해서 非交叉抵抗性이 나타나는 것으로 理解된다.

그러나 cyhexatin 淘汰系統이 carbophenothion과 ethion에 대해서 高度의 交叉抵抗性을 나타낸 것은 상당히 注目되는 現象이지만, 이를 설명할 수 있는 報文이 거의 없어 現時點에서는 이들 藥劑간의 相互作用特性으로 보아야 할 것 같다.

그러나 하나의 遺傳子가 複數의 抵抗性機構를 支配할 수 있다는 報告(Choi 1983)를 고려할 때 抵抗性機作과 殺虫劑의 化學的構造를 聯關지어 精密한 試驗研究가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

또한 本 試驗에서 供試된 殺虫劑는 市販되고 있는 殺虫劑의 種類數에 比하면 한정된 것이고, 殺虫劑의 作用機構는 같은 化學的系統에서도 藥種에 따라 다를 수 있다는 점으로 보아 앞으로 殺虫劑의 化學的系統과 藥種을 다양하게 확대하여 抵抗性 試驗研究가 多角的으로 이루어져야 할 것으로 생각된다

#### 引用文獻

- Asquith, D. 1962. Cross resistance to acaricides in european red mite. *J. Econ. Entomol.* 55: 780~782.
- Carbonaro, M.A., D.E. Moreland, V.E. Edge, N. Motoyama, G.C. Rock & W.C. Dauteman. 1986. Studies on the mechanism of cyhexatin resistance in the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *J. Econ. Entomol.* 79: 576~579.
- Chadwick, P.R., J.F. Invest & M.J. Bowron. 1977. An example of cross resistance to pyrethroids in DDT resistant *Aedes aegypti*. *Pestic. Sci.* 8: 618~624.
- Choi, S.Y. 1983. Insect pest resistance to insecticides and future researches. *Korean J. Plant Prot.* 22: 98~105.
- Choi, S.Y. & G.H. Kim. 1986a. Studies of insecticide resistance in green peach aphids. *Myzus persicae*

- (Sulz.) III. Acephate resistance, cross resistance, and esterase isozymes. Korean J. Plant Prot. 25 : 99~105.
- Choi, S.Y. & G. H. Kim. 1986b. 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 : 151~157.
- Cranham, J.E. & W. Helle. 1985. Pesticide resistance in Tetranychidae. pp.405~421. In W. Helle & M.W. Sabelis. (ed.). Spider mites their biology, natural enemies and control. Vol. 1B. Elsevier, Amsterdam.
- Croft, B.A., S.W. Wagner & J.G. Scott. 1982. Multiple and cross-resistance to insecticides in pyrethroid-resistant strains of the predatory mite, *Amblyseius fallacis*. Environ. Entomol. 11 : 161~164.
- Desaiah, D., L.K. Cutkomp & R.B. Koch. 1973. Inhibition of spider mite ATPases by plictran and three organochlorine acaricides. Life Sci. 13 : 1693~1703.
- Eldefrawi, A.T. 1985. Acetylcholinesterases and anticholinesterases. pp.115~130. In G.A. Kerkut & L.I. Gilbert. (ed.), Comprehensive insect physiology. and pharma biochemistry siology, Pergamon Press, New York.
- Farnham, A.W. & R.M. Sawicki. 1976. Development of resistance to pyrethroids in insects resistant to other insecticides. Pestic. Sci. 7 : 278~282.
- Hansen, C.O., J.A. Naegele & H.E. Everett. 1963. Cross resistance patterns in the two-spotted spider mite. Adv. Acarol. 1 : 257~275.
- Hoyt, S.C., P.H. Westigard & B.A. Croft. 1985. Cyhexatin resistance in oregon populations of *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae). J. Econ. Entomol. 78 : 656~659.
- Jeppson, L.R. 1963. Cross resistance patterns in acarina. Adv. Acarol. 1 : 276~282.
- Jeppson, L.R., J.O. Complin & M.J. Jesser. 1962. Effects of application programs on citrus red mite control and development of resistance to acaricides. J. Econ. Entomol. 55 : 17~22.
- Kono, S., T. Saito & T. Miyata. 1981. Mechanism of resistance to dicofol in the two spotted spider mite. *Tetranychus urticae* Koch (Acanna: Tetranychidae). Jap. J. Appl. Ent. Zool. 25 : 101~107.
- Kono, S. 1987a. Dicofol resistance in the two-spotted spider mite. *Tetranychus urticae* Koch. Shokubutsu boeki. 41 : 8~12.
- Kono, S. 1987b. Reproductivity of dicofol susceptible and resistant strains in the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. Jap. J. Appl. Ent. Zool. 31 : 333~338.
- Kono, S. 1987c. Changes of susceptibility to acaricides in the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, selected with dicofol. Jap. J. Appl. Ent. Zool. 31 : 409~411.
- Kuwahara, M. 1977. Joint action of organophosphate, carbamates and synthetic synergists against ESP-selected and ESP-reversely-selected strains of kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida. Jap. J. Appl. Ent. Zool. 21 : 94~102.
- Kuwahara, M. 1982. Insensitivity of the acetylcholinesterase from the organophosphate resistant kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acarina: Tetranychidae), to organophosphorus and carbamate insecticides. Appl. Ent. Zool. 17 : 486~493.
- Kuwahara, M., M. Sawada, A. Kubota & N. Iwata. 1983. Susceptibility of the kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai*, and the two-spotted spider mite, *T. urticae*, collected from vegetable and ornamental plants to organophosphorus insecticides and specific acaricides. Jap. J. Appl. Ent. Zool. 27 : 289~294.
- Lee, S.C., W.Y. Kim & S.S. Kim. 1986. Method comparison of chemical resistance level determination and field resistance of two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch to benzomate, cyhexatin, and dicofol. Korean J. Plant Prot. 25 : 133~138.
- Matsumoto, K. & N. Shinkaji. 1974. Difference of susceptibility against various acaricides between dicofol-resistant strain and susceptible strain of the citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor). Jap. J. Appl. Ent. Zool. 18 : 147~149.
- Oppenoorth, F.J. 1985. Biochemistry and genetics of insecticide resistance. pp.731~773. In G.A. Kerkut & L.I. Gilbert. (ed.), Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology. Vol. 12. Insect control. ed.by Pergamon Press, N.Y.
- 刑部 勝, 1973. カンザワハダニの 薬剤抵抗性に關する 研究, 茶試報. 8 : 1~95.
- Prasittisuk, C. & J.R. Busvine. 1977. DDT-resistant mcsquito strains with crss-resistance to pyrethroids. Pestic. Sci. 8 : 527~533.
- Smissaert, H.R. 1964. Cholinesterase inhibition in spider mites susceptible and resistant to organophosphate. Science. 143 : 129~131.
- Watson, D.L., C.O. Hansen & J.A. Naegele. 1963. The influence of selection pressure on the "Quality of parathion resistance" in two spotted spider mite populations. Adv. Acarol. 1 : 248~256.
- Zahavi, M. & A.S. Tahon. 1970. Sensitivity of acetylcholinesterase in spider mites to organophosphorus compounds. Biochem. Pharmac. 19 : 219~225.