

Acephate, Demeton-S-methyl 抵抗性系統 복숭아혹진딧물에 對한 殺虫劑間的 連合毒作用

崔 承 允¹ · 金 吉 河²

CHOI, S.Y. AND G.H. KIM : Synergistic Action of Insecticide Mixtures to the Green Peach Aphid (*Myzus persicae* Sulz.) Resistant to Acephate and Demeton-S-methyl.

Korean J. Plant Prot. 26(3) : 151~157 (1987)

ABSTRACT The toxicities of binary mixtures of the four insecticides acephate, demeton-S-methyl, cypermethrin and pirimicarb to the two strains of green peach aphid (*Myzus persicae* Sulz.) resistant to acephate and demeton-S-methyl were investigated and compared to the toxicities of their individual insecticides. The synergistic action of the insecticide mixtures to the insects were greatly varied with the kind of insecticide combinations, their mixture ratios, and the origin of resistance by an insecticide. The maximum synergistic action of acephate for the acephate resistant strain was obtained at 1 : 1 mixed with demeton-S-methyl. However, there were some antagonistic effects in all acephate mixtures with pirimicarb and cypermethrin. With the strain of demeton-S-methyl resistance, acephate, cypermethrin, and pirimicarb were synergized at the given mixture ratios by demeton-S-methyl. The maximum synergistic effect was observed at 2 : 3 with acephate, 1 : 1 with cypermethrin and 3 : 2 with pirimicarb.

緒 言

一般的으로 殺虫劑의 混合製劑는 適用範圍가 넓을 뿐만 아니라 抵抗性 害虫의 防除 可能性을 提示함에 따라, 害虫防除라는 면에서 混合劑의 利用은 대단히 중요한 의의를 지니고 있다(Metcalf, 1967; Liu et al., 1984; Ozaki et al., 1984; Pane and Brown, 1984).

殺虫劑의 混合은 昆虫體內에 있어서 解毒作用系의 抑制, 加水分解酵素 沮害 抑制, 虫體內로 의 侵透促進 등에 關係하여 連合毒作用을 나타내게 된다(Chang and Kearns, 1964; Fukuto et al., 1962; Hewlett, 1960; Kasai, 1965; Liu and Chen, 1984; Nagasawa, 1964; Ozaki et al., 1984; Pane and Brown, 1984). 이와 같은 連合毒作用에 關係서는 여러 研究者들에 의하여 研究報告되고 있는데(March et al., 1952; Hewlett, 1960; Sakai, 1960; Sun and Johnson, 1960; Furuto, 1962; Nagasawa, 1964; Metcalf, 1967; Hama and Iwata, 1973; Asada and Buei,

1971; Kuwahara, 1977; Ahn, 1980; El-sayed, 1984; Ozaki et al., 1984), 有機磷劑 抵抗性系統에 對한 有機磷劑와 피레스로이드劑의 混合, 또는 pyrethroids劑와 카바메이트劑間的 混合에 關한 研究報告는 別로 없다.

이에서 本 研究는 有機磷劑 抵抗性 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae* Sulzer) (淺野, 1979; Antho, 1955; 崔, 1985; 崔, 1986a, 1986b, 1986c; Devonshir et al., 1977; Koziol and Semtener, 1984; Needhann and Sawicki, 1971; Sawicki et al., 1978; Sudderuddin, 1973)의 效率的인 防除를 위한 混合劑의 開發 可能性을 檢討하기 위하여 실시하였다. 有機磷系 殺虫劑 acephate와 demeton-S-methyl 淘汰抵抗性系 복숭아혹진딧물을 供試하여 有機磷系 殺虫劑 acephate, demeton-S-methyl 피레스로이드系 殺虫劑 cypermethrin, 카바메이트系 殺虫劑 pirimicarb를 混合하여 그들의 連合毒作用 有無를 檢討하고 評價하여 몇가지 흥미있는 結果를 얻었기에 이에 報告하는 바이다.

本 研究의 遂行을 위해 研究費를 지원 해 준 韓國科學財團에 謝意를 表한다.

1 서울大學校 農科大學(College of Agriculture, Seoul Nat'l University, Suwon, 170, Korea)

2 韓國化學研究所(Korea Research Institute of Chemical Technology.)

材料 및 方法

1. 材料

供試虫: 供試虫 복숭아혹진딧물은 1983年 경기도 수원시 서둔동 배추밭에서 採集하여 pot에 栽植한 담배묘에 接種한 다음, 室內에서 2年間 累代飼育(25±3°C) 증식시켜 供試虫(無翅雌虫)의 確保를 계속하였다.

供試殺虫劑: 本 試驗에 供試된 殺虫劑는 acephate, demeton-S-methyl, cypermethrin, pirimicarb 4種이었으며 그들의 一般名, 商品名, 有效成分, 製劑形態 및 化學名은 表 1에 表示된 바와 같다.

2. 藥劑處理 및 淘汰方法

處理方法: 담배잎(가로×세로=7×7cm)을 일정크기로 잘라 所定濃度(ppm)로 稀釋한 藥液에 30秒間 浸漬한 다음 室內에서 30~60分間 風乾하여 試驗에 使用하였다. 여지(東洋 No₂)를 깎 小形紗—레(직경 9cm)에 浸漬處理된 담배잎을 놓고, 供試虫을 20마리씩 接種하였으며 3반복으로 실시하였다. 25°C, 16時間 光條件下에 두고 24, 48時間 後 死虫率을 調査하여, probit 분석법(Finney, 1963)을 이용해서 LC₅₀算出, 比較 檢

討하였다.

淘汰方法: 有機磷系 acephate와 demeton-S-methyl 殺虫劑로 室內系統의 50% 殺虫率을 나타내는 濃度水準으로 每世代 淘汰를 實施하였다. 17世代 淘汰後, 이들의 淘汰系統을 各各 供試하여 acephate, cypermethrin, demeton-S-methyl, pirimicarb에 對한 連合毒作用을 評價하였다.

藥劑混合方法: acephate, demeton-S-methyl淘汰系統을 各各 供試하여 acephate, demeton-S-methyl, cypermethrin, pirimicarb를 各各 0:10, 1:4, 2:3, 1:1, 3:2, 4:1, 10:0의 比率로 混合한 다음 殺虫劑 相互間의 連合毒作用을 Sun과 Johnson(1960) 方法으로 評價하였는데, 共力系數의 값이 100에 가까우면 類似毒作用, 100보다 훨씬 크면 協力作用, 100보다 작으면 獨立作用, 100보다 훨씬 작으면 拮抗作用으로 評價하였다.

結 果

1. Acephate 淘汰抵抗系統에 對한 協力作用
acephate, demeton-S-methyl, cypermethrin, pirimicarb의 相互混合의 比率에 따른 복숭아혹진딧물에 對한 그들의 LC₅₀값과 共力系數를 求

Table 1. Test insecticides and their formulations

Common name	Trade name and formulation	Chemical name
acephate	Ortran 50Wp	0, S-dimethyl N-acetyl phosphoroamidothioate
cypermethrin	Ripcord 5Ec	α -cyano-3-phenoxybenzyl(1RS) <i>cis</i> , <i>trans</i> -3-(2, 2-dichlorovinyl)-2, 2-dimethyl-cyclopropanecarboxylate
demeton-S-methyl	Metasystox-R 25Ec	S-2-ethylsulfinyloethyl 0, 0-dimethyl phosphorodithioate
pirimicarb	Pirimo 25Wp	2-dimethylamino-5, 6-dimethylpyrimidin-4-yl dimethylcarbamate

Table 2. LC₅₀(ppm) and Co-toxicity coefficient values of acephate and demeton-S-methyl mixture for the green peach aphid resistant to acephate

Mixture(acephate : demeton-S-methyl)	LC ₅₀ value(ppm)		Co-toxicity coefficient	
	24hrs	48hrs	24hrs	48hrs
0 : 10	149.5	71.8	—	—
1 : 4	82.6	51.2	141.3	113.9
2 : 3	53.4	22.7	179.2	216.2
1 : 1	26.3	10.0	337.6	454.9
3 : 2	37.6	16.1	212.5	263.3
4 : 1	195.5	79.9	44.1	46.7
10 : 0	62.1	33.3	—	—

Table 3. LC₅₀(ppm) and Co-toxicity coefficient values of acephate and pirimicarb mixtures for the green peach aphid resistant to acephate

Mixture(acephate : pirimicarb)	LC ₅₀ values(ppm)		Co-toxicity coefficient	
	24hrs	48hrs	24hrs	48hrs
0 : 10	28.4	9.2	—	—
1 : 4	28.8	11.7	110.6	91.9
2 : 3	47.0	18.4	77.2	70.4
1 : 1	31.7	15.4	122.9	93.6
3 : 2	58.6	20.3	70.8	80.1
4 : 1	66.4	21.3	55.5	80.1
10 : 0	62.1	33.3	—	—

Table 4. LC₅₀(ppm) and Co-toxicity coefficient values of acephate and cypermethrin mixtures for the green peach aphid resistant to acephate

Mixture(acephate : cypermethrin)	LC ₅₀ values(ppm)		Co-toxicity coefficient	
	24hrs	48hrs	24hrs	48hrs
0 : 10	55.5	47.4	—	—
1 : 4	381.8	102.6	15.9	42.6
2 : 3	212.3	139.1	27.9	29.1
1 : 1	471.2	165.6	12.4	23.6
3 : 2	296.5	128.2	19.5	29.5
4 : 1	113.8	55.7	49.8	63.6
10 : 0	62.1	33.3	—	—

Table 5. LC₅₀(ppm) and Co-toxicity coefficient values of demeton-S-methyl and acephate mixture for the green peach aphid resistant to demeton-S-methyl

Mixture(demeton-S- methyl : acephate)	LC ₅₀ values(ppm)		Co-toxicity coefficient	
	24hrs	48hrs	24hrs	48hrs
0 : 10	62.1	33.3	—	—
1 : 4	79.9	34.3	84.3	108.2
2 : 3	40.5	16.3	181.5	240.8
1 : 1	93.2	68.5	82.6	60.0
3 : 2	126.8	81.8	63.8	52.7
4 : 1	188.1	133.5	49.9	35.8
10 : 0	101.4	53.6	—	—

한바 그 결과는 表 2, 3, 4와 같다. Table 2에서 acephate와 demeton-S-methyl의 혼합은 혼합비에 따라 LC₅₀값과 共力系数에 큰 差異를 보였다. 混合比 1 : 4, 2 : 3, 1 : 1, 3 : 2에서 協力效果가 나타났는데, 1 : 1 混合比에서 最大의 協力效果를 얻을 수 있었다. 그러나 混合比 4 : 1에서는 오히려 拮抗作用을 나타내었다.

Table 3에서 acephate와 pirimicarb의 혼합에서는 24時間 調査에서 약간의 協力效果를 볼 수 있었으나 全體적으로 볼때 協力作用을 認定하기는 어려웠다. 그들을 보다 구체적으로 살펴보면

1 : 4와 1 : 1의 混合比에서는 類似作用을, 2 : 3, 3 : 2, 4 : 1의 混合比에서는 獨立作用을 나타내고 있는 것으로 판단된다.

그러나 Table 4에서 acephate와 cypermethrin의 混合處理에서는 混合비에 關係없이 모두 拮抗作用을 나타내었다.

2. demeton-S-methyl 淘汰抵抗性系統에 對한 協力作用

demeton-S-methyl 淘汰抵抗性系統에 對한 demeton-S-methyl: acephate, demeton-S-methyl: cypermethrin, demeton-S-methyl: pirimicarb를

Table 6. LC₅₀(ppm) and Co-toxicity coefficient values of cypermethrin and demeton-S-methyl mixtures for the green peach aphid resistant to demeton-S-methyl

Mixture(demeton-S-methyl : cypermethrin)	LC ₅₀ values(ppm)		Co-toxicity coefficient	
	24hrs	48hrs	24hrs	48hrs
0 : 10	399.0	195.9	—	—
1 : 4	211.8	168.9	173.0	102.3
2 : 3	208.0	120.7	162.8	129.7
1 : 1	149.0	90.7	219.0	164.9
3 : 2	182.3	119.5	172.7	135.7
4 : 1	275.5	152.9	106.8	86.2
10 : 0	276.1	122.1	—	—

Table 7. LC₅₀(ppm) and Co-toxicity coefficient values of pirimicarb and demeton-S-methyl mixture for the green peach aphid resistant to demeton-S-methyl

Mixture(demeton-S-methyl : pirimicarb)	LC ₅₀ values(ppm)		Co-toxicity coefficient	
	24hrs	48hrs	24hrs	48hrs
0 : 10	23.9	12.9	—	—
1 : 4	63.4	26.0	44.5	58.5
2 : 3	53.1	20.7	64.8	89.5
1 : 1	46.8	17.9	82.6	116.1
3 : 2	42.0	18.0	105.1	145.2
4 : 1	99.9	40.4	61.5	81.3
10 : 0	101.4	53.6	—	—

混合處理하여 얻어진 결과는 各各 表 5, 6, 7과 같다.

Table 5에서 demeton-S-methyl: acephate間의 毒作用을 보면 混合比 2 : 3에서만 顯著한 協力作用이 認定되었을 뿐 다른 混合比에서는 協力作用이 나타나지 않았다.

Table 6에서 demeton-S-methyl: cypermethrin의 混合에서는 거의 모든 混合比에서 協力作用이 있었다. 協力作用을 나타내는 混合比의 範圍는 비교적 넓었으나 最大 協力作用을 나타내는 混合比는 1 : 1로 추정되고 있다.

Table 7은 demeton-S-methyl: pirimicarb 混合時 協力作用 有無를 나타낸 結果인데 協力作用은 3 : 2混合比에서만 發現되는 것으로 나타났다.

考 察

協力作用을 나타내는 混合劑는 抵抗性 害虫防除의 可能性이 있음은 여러 研究者들에 의하여 提示됨에 따라 害虫防除의 實際的인 면에서 混合劑 利用에 關한 研究는 活氣를 떨수 있게 되

었다(Metcalf, 1967; Hama and Iwata, 1973; Kita-ku, 1977; Liu et al., 1984; Ozaki et al., 1984; Pan and Brown, 1984).

本 試驗에 있어서 acephate 淘汰系統에 對한 acephate: demeton-S-methyl 1 : 1 混合比에서 最大의 協力效果를 얻었으나, 4 : 1 比率의 混合에서는 拮抗作用을 나타내었으며(表2), 이는 두 藥劑間의 混合比率에 따라 連合作用을 달리하고 있음을 시사해 주고 있다. 이와 같은 結果는 Nagasawa Shiba(1964)의 研究報告에서 鴉片리에 Lindane과 Hercules 5727을 混合處理한 結果 이들 두 藥劑間의 連合作用은 協力作用을 나타내었다고 報告하였으며, 林(1970)과 Ozaki(1984)는 피레스로이드 連合作用은 그 混合比에 따라 獨立作用과 協力作用이 觀察되었다고 報告하였는데 이는 本 研究의 結果와 대체적으로 一致하고 있다.

acephate淘汰抵抗性系統에 對한 OP系 殺虫劑 acephate: 카바메이트系 殺虫劑 pirimicarb의 混合에서는 混合比에 關係없이 協力作用을 찾아볼 수 없었으나(表 3), 같은 Op系 殺虫劑 demeton-

S-methyl 淘汰抵抗性系統에 對한 demeton-S-methyl: pirimicarb 混合에서는 3 : 2 比率에서 高度의 協力作用을 나타내었다(表 7). 이와 같이 같은 有機磷系 殺虫劑라도 殺虫劑 種類와 그들간의 混合比에 따라 連合作用이 달라질 수 있었는데 이는 作用機構가 다르기 때문인 것으로 추정되나 앞으로 구체적인 檢討가 있어야 할 것으로 본다.

連合作用의 作用機構는 生化學的 見地에서 研究되고 있다. 그를 要約해 보면 (1) 解毒作用의 抑制(Chang and Kearns, 1964; Hewlett, 1960; Nagasawa, 1964; Kita-ku, 1977). (2) 加水分解酵素 阻害 抑制(Fukuto et al., 1962; Hama and Iwata, 1973; Liu and Chen, 1984; Ozaki et al., 1984; Payne and Brown, 1984). (3) 虫體內로의 侵透 促進(Chang and Kearns, 1964; Kasai, 1965) 등으로 볼 수 있는데 본 연구의 結果도 그와 같은 研究가 있어야 구체적인 설명이 가능할 것으로 본다.

表 3에서 acephate 淘汰抵抗性系統에 對한 acephate: pirimicarb 混合에서 協力作用을 나타내지 못한 것은 카바메이트系 殺虫劑 pirimicarb가 acephate의 虫體內 侵透를 阻害하였거나 아니면 有機磷劑 分解酵素와 관련되었을 것으로 추정되나 확실한 결론을 내리기는 어렵다.

表 4에서 acephate 淘汰抵抗性系統에 對한 acephate: cypermethrin 混合에서 混合比에 關係없이 모두 拮抗作用을 나타내어 協力效果는 볼 수 없었으나, demeton-S-methyl 淘汰抵抗性系統에 對한 demeton-S-methyl: cypermethrin 混合에서는 1 : 1 混合比에서 最大의 協力效果를 얻을 수 있었다(表6). 이와 같은 協力效果는 抵抗性 害虫防除에 活用될 수 있는 可能性을 보여 주고 있다. 作用機構를 달리하는 두 殺虫劑를 混合 使用함으로써 抵抗性 發達速度를 抑制내지 遲延시켜 抵抗性 害虫防除의 可能性에 관해서는 많이 報告되고 있으나(Hama and Iwata, 1973; Kita-ku, 1977; Liu et al., 1984; Ozaki et al., 1984; Payne and Brown, 1984). 一般적으로 抵抗性 發現이 單一遺傳子의 支配를 받을 때는 混合劑에 의한 效果를 크게 期待할 수 있으나 複數遺傳子가 關여하고 있을 때에는 混合劑의 期待

效果는 낮은 것이 普通이다.

Hama·Iwata(1973)는 殺虫劑 抵抗性 끝동매미충에서 有機磷劑와 카바메이트劑의 連合作用의 機構에 關하여 考察하였는데 協力效果는 카바메이트劑가 有機磷劑의 分解酵素를 더욱 크게 阻害함으로써 發現된다고 報告하였으며, Kita-ku(1977)의 報告에 의하면 간자와응대는 Esp淘汰와 逆淘汰에서 有機磷劑와 카바메이트劑의 協力效果는 抵抗性 機構의 解毒分解가 중요한 역할을 한다고 하였다. 그리고 Dittrich(1981)는 協力效果의 증진은 抵抗性 機構를 차단시키므로서 抵抗性 害虫防除에 效果가 높게 나타난다고 하였다.

以上の 結果를 綜合하여 볼 때 作用機構를 달리하는 2種의 殺虫劑를 混合함으로써 抵抗性 복숭아혹진딧물의 防除가 可能할 것으로 본다. 그러나 막연한 두 藥劑의 混合만으로 抵抗性 對策이 쉽게 이룩되는 것은 아니다. 混合比는 개개 藥劑의 特性은 물론 藥劑의 相互關係를 충분히 檢討해야 하며, 두 藥劑의 混合만으로 단순한 協力效果를 기대하기에 앞서 生化學的인 側面에서 連合作用의 作用機構가 究明되어야 할 것으로 본다. 이 분야에 關한 研究는 아직 크게 發展하지 못하고 있으나 앞으로 우수한 協力劑 또는 協力作用을 利用한 混合劑가 開發된다면 抵抗性 害虫防除에 크게 貢獻할 수 있으리라 본다.

摘 要

有機磷系 殺虫劑 淘汰抵抗性系統(acephate, demeton-S-methyl) 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae* Sul.)을 供試, acephate, cypermethrin, demeton-S-methyl, pirimicarb 相互混合의 連合毒作用을 檢討하여 아래와 같은 結果를 얻었다.

1. acephate 淘汰抵抗性系統에 對한 acephate: demeton-S-methyl 混合에서는 1 : 1 混合比에서 最大의 協力效果를 나타내었다.

2. acephate 淘汰抵抗性系統에 對한 acephate: pirimicarb의 混合에서는 類似作用 내지 獨立作用만 관찰되었을 뿐 協力作用은 관찰되지 못하였다.

3. acephate 淘汰抵抗性系統에 對한 acephate:

cypermethrin의 혼합에서는 혼합비에 關係없이 모두拮抗作用을 나타내었다.

4. demeton-S-methyl 淘汰抵抗性系統에 對한 demeton-S-methyl: acephate, demeton-S-methyl: pirimicarb 混合에서는 各各 2:3, 3:2 混合比에서 最大의 協力效果를 나타내었다.

5. demeton-S-methyl 淘汰抵抗性系統에 對한 demeton-S-methyl: cypermethrin의 混合에서는 1:1 混合比에서 最大의 協力效果를 나타내었다.

引用文獻

1. 淺野勝司, 1979. 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 53.
2. Ahn, Y.J., Y.T. Kim, H.J. Kim and S.Y. Choi. 1980. Joint toxic action of carbofuran and diazinon mixture against the larvae of the common cutworm(*Agrotis fucosa* Butler) Korea J. Pl. Prot., 19(2) : 73~78.
3. Chang, S.C., and C.W. Kearns. 1964. Metabolism *in vivo* of C¹⁴-labelled pyrethrins and cinerimol by house flies with special reference to synergistic mechanism. J. Econ. Entomol., 57 : 397~404.
4. 崔承允, 1985. 복숭아혹진딧물의 殺虫劑抵抗性에 關한 研究(I) 大韓民國 學術院論文集(自然科學篇) 24 : 201~226.
5. 崔承允·金吉河, 1986a. 복숭아혹진딧물의 殺虫劑抵抗性에 關한 研究(II). 感受性的 地域的 差異. 한국식물보호학회지, 24(4) : 223~230.
6. 崔承允·金吉河, 1986b. 복숭아혹진딧물의 殺虫劑抵抗性에 關한 研究(III). acephate의 抵抗性誘發과 交叉抵抗性, 한국식물보호학회지, 25(2) : 99~105.
7. 崔承允·金吉河. 1986c. 복숭아혹진딧물의 殺虫劑抵抗性에 關한 研究(IV) oxydemeton-methyl의 抵抗性誘發과 交叉抵抗性, 한국식물보호학회지, 25(3) : 151~157.
8. 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.
9. Dittrich, V. 1981. The role of industry in coping with insecticide resistance, pp.249~253. In T. kommedahl (ed.), proceedings of symposia(X) International congress of plant protection. Vol. 1. Washington, D.C.
10. El-sayed, G.N. and C.O. Khowles. 1984. Synergism of insecticide activity to *Heliothis zea* Boddie (Lepidoptera: Noctuidae) by Formanilides and Formamidines. J. Econ. Entomol. 77 : 872~875.
11. Finney, D.J. 1963. Statistical methods in bioassay. 2nd ed. London Griffin, pp. 668.
12. Fukuto, J.R., Metcalf, R.L., Winton, M.Y., and P.A.R. Roberts. 1962. The synergism of substituted phenyl N-methylcarbamates by piperonyl butoxide. J. Econ. Entomol. 55 : 341~345.
13. Hama, H., and T. Iwata. 1973. Synergism of carbamate and organophosphorus insecticides against insecticide-resistant green rice leafhoppers, *Nephotix cincticeps* UHLER. Jap. J. Appl. Ent. Zool. 17 : 181~186.
14. Hewlett, P.S. 1960. Joint action of insecticides. Advan. Pest Control. Res., 3 : 27~74.
15. Horsfall, J.G. 1945. Fungicides and their action. Chronic Bot. Co.m Waltham, Mass.
16. Kasai, T. 1965. Genetical and biochemical studies on joint action of insecticides. Botyu-kagaku. 30 : 73~91.
17. Koziol, F.S. and P.J. Semtner. 1984. Extent of resistance to organophosphorous insecticides in field populations of the green peach aphid (Homoptera: Aphididae) infesting flue-cured tobacco in virginia. J. Econ. Entomol. 77(1) : 1~3.

18. Kita-ku, N. 1977. Joint action of organophosphates, carbamates and synthetic synergists against Esp-Selected and Esp-Reversely-Selected strains of kanzawa spider Mite, *Tetranychus kanzawi* KISHIDA, Jap. J. Appl. Ent. Zool. 21 : 94~102.
19. Liu, M.Y., Chen, J.S. and C.N. Sun. 1984. Synergism of pyrethroids by several compounds in larvae of the diamondback moth (Lepidoptera: plutellidae) J. Econ. Entomol. 77 : 851~856.
20. Metcalf. R.L. 1966. Mode of action of insecticide synergists. Ann. Rev. Entomol. 229~256.
21. Nagasawa. S., and M. Shiba. 1964. Joint toxic action of mixtures between lindane and Hercules 5727 against the common house fly. Botyu-kagaku, 73~76.
22. Needham, P.H. and R.M. Sawicki. 1971. Diagnosis of resistance to organophosphorous insecticides in *Myzus persicae* (Sulz.) Nature 230(12) : 125~126.
23. Ozaki, K. Sasaki, Y., and T. Kassai. 1984. The insecticidal activity of mixtures of pyrethroids and carbamate or organophosphates against the insecticide-resistant green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler. J. pesticide Sci. 9 : 67~72.
24. Sakai, S. 1960. Insect toxicological studies on the joint action of insecticides. Tokyo, Japan 479pp.
25. Sawicki, R.M., A.L. Devonshire, A.D. Rice, G.D. Moores, S.M. Detting and A. Cammeron. 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.) (Hem. Aphididae). Bull. Ent. Res. 62, 533.
27. Sun, Y.P. and E.R. Johnson. 1960. Analysis of joint action of insecticides against house flies. J. Econ. Entomol. 53 : 887~892.