

## 거세미나방 幼虫에 對한 Carbofuran· Diazinon混合의 連合毒作用

安龍潛\* · 金鏞泰\* · 金鴻鎮\* · 崔承允\*\*

### Joint Toxic Action of Carbofuran and Diazinon Mixture Against the Larvae of the Common Cutworm (*Agrotis fucosa* Butler)

Ahn, Y.J.,\* Y.T. Kim,\* H.J. Kim,\* S.Y. Choi.\*\*

#### Abstract

Some experiment were conducted to evaluate the joint toxic action of carbofuran(2,3-Dihydro-2, 2-dimethyl-benzofuranyl methyl carbamate) and diazinon (0,0-Diethyl-0-(2-isopropyl-6-methyl-e-pyrimidinyl)-0-thionophosphate) against 3rd-instar larvae of the common cutworm, *Agrotis fucosa* (Butler).

Acetone solutions of carbofuran or diazinon or mixture of these two insecticides, were topically applied to the mesonotum of the insect in a constant volume of 1.0 $\mu$ l per larva by means of Burkard microapplicator.

Joint toxic action of carbofuran and diazinon for 3rd-instar larva of common cutworm was synergistic. The maximum synergistic effect might be obtained when the ratio of carbofuran to diazinon was 4.8 : 5.2.

#### 諸 言

2種 또는 그 以上の 殺虫劑를 混合한 混合劑의 利用은 보다 效率的인 害虫防除, 새로운 補助劑의 開發, 抵抗性 害虫의 防除, 努力 및 經費節減에 依한 省力化 등 여러가지 면에서 새로운 可能性을 提示하였다. 따라서 害虫防除라는 實際的인 면에서 볼때 混合劑의 利用은 대단히 重要하다 하겠다.

以上과 같은 長點으로 인하여, 殺虫劑의 連合作用에 對해서는 많은 研究者에 依해 報告되고 있는데, Metcalf<sup>11,12)</sup>, Sakai<sup>14,15)</sup>, Hewlett<sup>6)</sup> 등에 依해서 詳細히 考察되어 있으며, 특히 Hewlett<sup>6)</sup>와 Sakai<sup>14,15)</sup>는

이러한 連合作用의 數學的 根拠를 마련하였다.

毒物學的 見地에서 볼때, 混合劑의 毒性을 比較하든 容易하지 않으나, 一般的으로 “單劑의 LD<sub>50</sub>/混合劑의 LD<sub>50</sub>”에서 얻어진 數值가 毒性比較에 많이 利用되고 있다. Metcalf<sup>12)</sup>는 이값을 “Synergistic ratio”라고 하였는데, 그밖에 “Degree of synergism”(Fukuto 등), “factor of synergism”(淺田<sup>14)</sup> 등), “Synergist activity”(March 등<sup>10)</sup>), “Co-toxicity coefficient”(Stand and Johnson<sup>17)</sup>), “Synergistic effect”(Hewlett<sup>6)</sup>)도 表示되고 있다.

混合劑의 連合作用은 數量的 Probit法과 圖解法(Graphic analysis)에 依하여 評價되고 있는데, 圖解法은 Horsfall<sup>13)</sup>이 Alternative method를 제창한 이

\* 高麗人蔘研究所 : Korea Ginseng Research Institute, Seoul, Korea.

\*\* 서울대학교 農科大學 : College of Agriculture, Seoul National Univ., Suweon, Korea.

로, Hewlett,<sup>6)</sup> Sakai<sup>14)</sup> 등 많은 연구자에 의하여發展되었다. Sakai<sup>15)</sup>는 數量的인 Probit法에 對해서 詳細히 記述하고 있다.

連合作用의 作用機作은 生化學的 見地에서 많이 研究報告되고 있는데, Detoxification system의 抑制<sup>9), 8), 13)</sup>와 虫體內로의 侵透助長<sup>8)</sup>이라고 하는 2가지 側面에서 研究報告되고 있다.

以上の 研究者들은 主로 殺虫劑와 協力劑(Synergist)와의 關係를 言及한 것으로 殺虫劑間의 混合에 對한 研究는 別로 報告된 바 없다. Sun과 Johnson<sup>17)</sup>은 2種 또는 그 以上の 有機鹽素系 殺虫劑를 混合하여 楮과리에 處理한 즉, 化學的으로 連關이 있는 化合物들은 Similar action을 보였으나, 化學的으로 連關이 없는 殺虫劑는 Independent action을 보였다고 하였으며, Co-toxicity coefficient에 依해 殺虫劑의 連合作用을 評價하였다. 殺虫劑間의 混合은 主로 Similar 또는 Independent action을 나타내는 것이 普通이며, Synergism을 나타내는 것은 흔하지 않는데, Nagasawa<sup>18)</sup>는 Lindane과 Hercules5727의 混合劑를 楮과리에 處理한 즉 이들 混合劑의 連合作用은 Synerism을 나타내었다고 報告하였으며, 小島와 石塚<sup>9)</sup>는 Malathion과 DDVP를 混合하여 끝동메미충에 處理하였을 때의 殺虫效果의 增進은 Detoxification process의 攪亂에 그 原因이 있다고 하였으나, Kasai<sup>9)</sup>는 有機磷劑(Malathion, Diazinon)와 Carbamate劑(UC10854, NAC)를 混合하여 楮과리에 處理한 즉 毒性의 增加가 없었다고 하였는데, 이는 Carbamate劑가 有機磷劑의 Detoxification process를 抑制하였거나 또는 Carba-

mate劑가 有機磷劑의 虫體內로의 侵透를 阻害한데 그 原因이 있는 것이라고 하였다.

以上에서와 같이 2種 또는 그 以上の 殺虫劑를 混合하여 使用하면 殺虫效果의 增進을 도모하여 보다 效率的인 防除을 期待할 수가 있는데 Carbamate劑인 Carbofuran과 有機磷劑인 Diazinon의 混合效果에 對해서는 研究檢討된 바 없다. 따라서 本試驗은 Carbofuran과 Diazinon을 混合하여 거세미나방 3令期幼虫에 處理하였을 때의 連合毒作用을 評價하여 몇가지 結果를 얻었기에 이에 報告하는 바이다.

### 材料 및 方法

供試거세미는 1979年 4~5월에 忠北槐山郡 曾坪地方에서 採集한 幼虫을 25×12×3cm 合成樹脂상자에 Autoclave로 滅菌한 흙을 2cm 가량 담은後, 상자당 4마리씩 넣었으며, 食餌로써 감자를 供給하였고, 12時間의 光條件과 28~31°C 室內條件下에서 飼育하면서 必要한 供試虫을 얻어 使用하였으며, 本試驗에 供試된 거세미는 3令期 幼虫이었다.

供試藥劑는 Carbofuran (2,3-Dihydro-2,2-dimethyl-benzofuranyl methyl carbamate)과 Diazinon [0,0-Diethyl-0-(2-isopropyl-4-methyl-6-pyrimidinyl)-phosphorothioate]이었으며, 이들을 Acetone으로 稀釋하여 1% Stock solution을 만든 다음, 다시 所定濃度로 稀釋하여 使用하였다.

處理方法은 Burkard microapplicator를 使用하여 거세미 幼虫 가운데 가슴등판에 1.0μl씩 局部處理 하

**Table 1.** Dosage-per mortality of larvae of the common cutworm, *Agrotis fucosa* Butler, for carbofuran, and their mixtures applied topically in acetone solution.

Mixing ratio Carbofuran: diazinon	Dosage(μg/larva) and mortality(%)					
	0.1563	0.3125	0.6250	1.2500	2.5000	5.0000
10 : 0	—(%)	10(%)	30(%)	50(%)	65(%)	80(%)
9 : 1	—	10	25	50	80	100
8 : 2	—	20	30	40	80	95
7 : 3	—	20	40	60	85	95
6 : 4	—	20	40	70	90	100
5 : 5	—	20	40	70	95	100
4 : 6	10	30	35	70	80	90
3 : 7	10	20	30	50	80	90
2 : 8	—	10	15	50	80	90
1 : 9	—	0	20	40	80	85
0 : 10	—	0	15	30	50	70

Table 2. Result of regression analysis for dosage mortality data shown in Table 1.

Mixing ratio Carbofuran: diazinon	Probit regression equation $y = a + bx$	$\chi^2$ -test	D.F.	LD <sub>50</sub> ( $\mu\text{g}/\text{larva}$ )
10 : 0	$y = 4.7382 + 1.6783x$	0.4595	3	1.4321
9 : 1	$y = 4.8763 + 2.6411x$	0.9377	3	1.1139
8 : 2	$y = 4.9230 + 2.0227x$	1.0607	3	1.0916
7 : 3	$y = 5.1569 + 2.0606x$	0.1945	3	0.8492
6 : 4	$y = 5.3306 + 2.5321x$	0.4557	2	0.7404
5 : 5	$y = 5.3983 + 2.7550x$	0.8687	3	0.7172
4 : 6	$y = 5.1762 + 1.6935x$	1.3288	4	0.7869
3 : 7	$y = 4.9833 + 1.7620x$	1.0281	4	1.0220
2 : 8	$y = 4.9833 + 1.7620x$	1.2446	3	1.2964
1 : 9	$y = 4.6356 + 2.2869x$	1.3150	2	1.4432
0 : 10	$y = 4.3123 + 1.7308x$	0.0005	2	2.4964

Table 3. Analysis of  $\chi^2$  for parallelism of regression.

Source of variation	Degree of freedom	Sum of squares	Mean square
Parallelism of regression	10	10.8098	1.0810
Residual heterogeneity	33	10.8938	0.3301
Total	43	21.7036	

였으며, 處理된 幼虫은 갑자기 담겨져 있는 Petri dish (直徑 12cm)이 옮겨 處理後 24時間後에 死亡率을 調査하였다. 한 藥量當 20마리씩 處理하였다.

本 試驗에서 利用된 Carbofuran과 Diazinon의 混合比率는 10 : 0, 9 : 1, 8 : 2, 7 : 3, 6 : 4, 5 : 5, 4 : 6, 3 : 7, 2 : 8, 1 : 9, 0 : 10이었으며, 對照區는 Acetone만을 處理하였다.

### 結果 및 考察

Carbofuran과 Diazinon을 單一 또는 混合하여 各 世代 3期 幼虫에 處理하였을 때의 實驗結果는 Table 1에 表示한 바와 같다.

Table 1의 結果를 Finney의 "Probit analysis"方法에 따라 이들 藥劑의 混合比率에 對한 Probit 回歸方程式을 算出하여 그 結果를 Table 2에 表示하였다.

表에서 보는 바와 같이 11개 回歸方程式의  $\chi^2$ 값이 有意性이 認定되고 있지 않으므로 直線性이 認定되었다. 따라서 直線間의 平行性을 Finney의 方法에 따라  $\chi^2$ -test를 한바 그 結果를 Table 3에 나타내었다.

表에서 보는 바와 같이  $\chi^2 = 2.403$ 으로 11個 直線이

平行하다고 하는 가정과 모순되고 있지 않다. 回歸直線이 平行하므로 2殺虫劑는 Similar action을 나타낼 것이라고 하는 假定下에서 Combined slope of Synergistic effect를 算出하였다. Combined slope(bc)는 다음과 같은 式을 利用하여 구하였다.

$$bc = \frac{1Sxy + 2Sxy + 3Sxy + \dots + nSxy}{1Sxx + 2Sxx + 3Sxx + \dots + nSxx}$$

여기서  $Sxx = \sum nwx^2 - (\sum nwx)^2 / \sum nw$

$$Sxy = \sum nwx y - \sum nwx \cdot \sum nwy / \sum nw$$

$$Syy = \sum nwy^2 - (\sum nwy)^2 / \sum nw$$

計算結果  $bc = 2.0481$ 이었으며 Combined slope로 再計算된 回歸方程式과 LD<sub>50</sub>은 Table 4에 表示한 바와 같다.

回歸直線이 平行하므로 Diazinon에 對한 Carbofuran의 Relative toxicity  $k$ 는  $\log^2 k = (a_2 - a_1) / b$  or  $k = 10^{(a_2 - a_1) / b}$ 로 表示되는데 計算結果  $k = 0.3378$ 이었다.

Finney의 "Measure of synergism( $ds$ )"로 混合劑의 連合毒作用을 評價하였는데  $ds$ 는 다음과 같이 定義된다.

$$ds = a_3 - a_1 - b \log(\pi_1 + k\pi_2)$$

여기서  $a_3$  = 混合劑의 常數,  $\pi_1$ 과  $\pi_2$  = 殺虫劑間의 混

**Table 4.** Dosage-mortality regression equation recalculated with combined slope, LD<sub>50</sub>, measure of synergism, and co-toxicity coefficient.

Mixing ratio Carbofuran: diazinon	Probit regression equation $y = a + bx$	LD <sub>50</sub> ( $\mu\text{g/larva}$ )	Measure of synergism ( $J_s$ )	Cotoxicity coefficient
10 : 0	$y = 4.6940 + 2.0481x$	1.4106	—	—
9 : 1	$y = 4.9225 + 2.0481x$	1.0910	$0.3549 \pm 0.1988$	134.8
8 : 2	$y = 4.9219 + 2.0481x$	1.0918	$0.4249 \pm 0.1930$	140.8
7 : 3	$y = 5.1568 + 2.0481x$	0.8384	$0.7365 \pm 0.1991$	191.9
6 : 4	$y = 5.3139 + 2.0481x$	0.7026	$1.0703 \pm 0.1989$	240.3
5 : 5	$y = 5.4533 + 2.0481x$	0.6783	$1.2052 \pm 0.1953$	261.8
4 : 6	$y = 5.2023 + 2.0481x$	0.7963	$0.5695 \pm 0.1675$	235.2
3 : 7	$y = 4.9917 + 2.0481x$	1.0094	$0.6554 \pm 0.1690$	196.2
2 : 8	$y = 4.7664 + 2.0481x$	1.3003	$0.7435 \pm 0.1837$	161.7
1 : 9	$y = 4.3605 + 2.0481x$	2.5023	$0.4726 \pm 0.1969$	109.1
0 : 10	$y = 4.2227 + 2.0481x$	2.3962	—	—

合比率로  $\pi_1 + \pi_2 = 1$ ,  $k = \text{Relative toxicity}$ .

Table 4에서 보는 바와 같이  $J_s$ 의 값이 (+)의 값을 보이고 있는데 이것은 2藥劑間의 連合毒作用이 Synergism(協力作用)이라는 것을 나타내는 것으로 Nagasawa<sup>13)</sup>의 報告와도 一致하고 있다. Nagasawa<sup>13)</sup>는 Lindane과 Hercules 5727의 混合劑를 집파리 成虫에 處理하였을 때  $J_s$ 의 값이 (+)로 Synergism을 나타낸다고 하였다.

Sun과 Jehnson<sup>15)</sup>은 連合毒性指數(Co-toxicity coefficient)를 算出하여 混合劑의 毒性을 比較하였는데, 이 값은 다음과 같이 定義된다.

$$\text{連合毒性指數} = \frac{\text{混合劑의 Actual Toxicity Index}}{\text{混合劑의 Theoretical Toxicity index}} \times 100$$

$$\text{여기서 Actual Toxicity Index} = \frac{\text{A劑의 LD}_{50}}{\text{混合劑의 LD}_{50}} \times 100$$

$$\text{Theoretical Toxicity Index} =$$

$$\frac{\text{A劑의 毒性指數} \times \text{混合劑中の A劑의 } \%}{\text{B劑의 毒性指數} \times \text{混合劑中の B劑의 } \%} \times 100$$

$$\text{毒性指數(Toxicity Index)} =$$

$$\frac{\text{標準殺虫劑(A)의 LD}_{50}}{\text{供試劑의 LD}_{50}} \times 100$$

Sun과 Johnson<sup>15)</sup>에 依하면 Co-toxicity coefficient의 값이 100에 가까우면 Similar action을 나타내나, 100보다 훨씬 크면 Synergism을 나타낸다고 하였으며 100보다 작으면 Independent action을 100보다 훨씬 작을 경우 Antagonism을 나타낸다고 하였다. Table 4의 結果에서 보면 Carbofuran과 Diazinon間의 連合

毒作用은 Synergism을 나타내고 있음을 알 수 있다. Sun과 Johnson<sup>15)</sup>은 化學적으로 連關이 있는 化合物은 Similar action을 나타내나 化學적으로 連關이 없는 化合物은 Independent action을 나타낸다고 하였는데 殺虫劑間의 連合作用에 있어서 Synergism을 나타내는 경우는 그리 흔하지 않다. 이처럼 Synergism을 나타내는 것은 이들 2藥劑를 混合하였을 경우, 虫의 Detoxification system의 抑制나 또는 虫體內로의 浸透가 容易하여 진데 그 原因이 있지 않나 생각된다. 小島와 石塚<sup>9)</sup>는 Malathion과 DDVP를 混合하여 粘蜂메미충의 成虫에 處理하였을 때의 殺虫效果의 增進은 Detoxification process의 攪亂에 그 原因이 있다고 하였다.

Fig. 1은 交互檢定法(Alternatine method)에 依해 Carbofuran과 Diazinon의 連合毒作用을 評價한 것이다.

Sakai<sup>14)</sup>에 依하면, 點線 AB는 Similar action을 나타내는 것으로 實驗曲線이 點線 AB보다 위에 位置하면 Synergism을 나타내며, AB보다 아래에 位置하면 Antagonism을 나타낸다. 또한 點線下의 面積과 實驗曲線의 面積比를 구함으로써 Synergism의 程度를 구할 수가 있는데, 點線下의 面積은 100이며, 實驗曲線下의 面積은 約 195로써 約 1.95倍의 Synergism을 나타내고 있다. Sakai<sup>14)</sup>는 7-BHC와 Nicotine을 混合하여 초파리成虫에 處理하였을 때 約 1.31倍의 Synergism을 나타냈음을 報告하였다.

Carbofuran과 Diazinon의 LD<sub>50</sub>(Table 4)值와 混合比率間의 關係는 Fig. 2에 表示되어 있다.

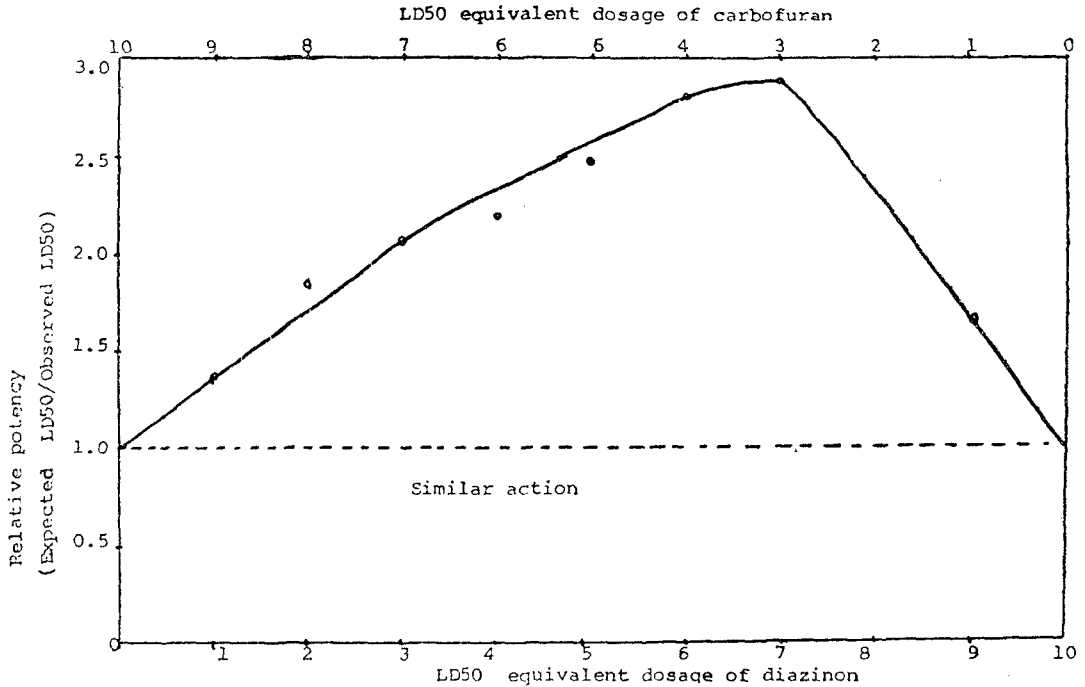


Fig. 1. The relation between relative potency and relative quantity of carbofuran and diazinon.

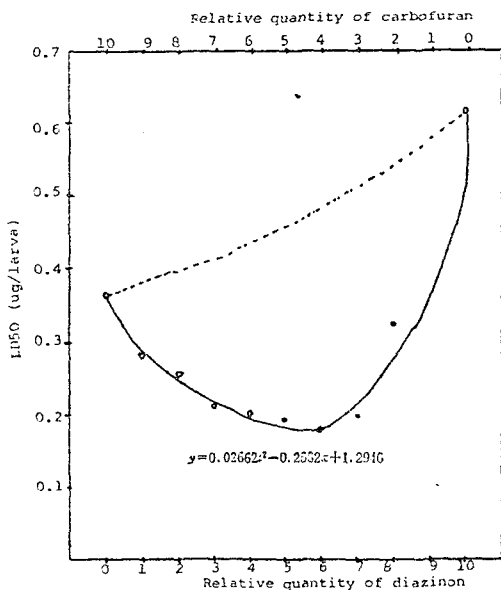


Fig. 2. Exploring chart of joint action between carbofuran and diazinon against larvae of the common cutworm, *Agrotis fucosa* Butler.

Fig. 2에서 點線은  $y = a_1 + b \log(\pi_1 + k\pi_2) + b \log x$ 에 의하여 算出된 것으로 Carbofuran과 Diazinon을 混

하였을 경우 Similar action을 나타내는 理論値이다. Nagasawa<sup>13)</sup>에 依하면 50% 死亡率을 나타내는 實驗曲線이 點線보다 아래에 位置하면, 그 2化合物은 Synergism을 나타내며, 點線보다 위에 位置할 경우 Antagonism을 나타낸다고 하였다. 그림에서 보는 바와 같이, 實驗曲線이 點線보다 아래에 位置하므로 Synergism을 나타낸다고 할 수 있으며, 또한 이 實驗曲線은 LD<sub>50</sub>值와 "Diazinon/Carbofuran"間的 混和比率(t)間的 關係를 나타내는 포물선으로서  $y = at^2 + bt + c$ (단,  $c \neq 0$ )를 利用하여 曲線의 方程式을 求할 수가 있는데 計算結果에 依하면  $y = 0.02662t^2 - 0.2532t + 1.2916$ 이었다. 이 2次함수는 2次方程式의 解法에 따라 最大의 Synergism을 나타내는 混和比率를 理論적으로 算出할 수가 있는데  $t = -\frac{b}{2a}$ 에 代入하면  $t = 4.8$ 이었다. 따라서 Carbofuran, Diazinon을 4.8 : 5.2의 1:1 率로 混和할때 最大의 Synergistic effect를 얻을 수 있었다.

### 摘要

Carbofuran (2,3-Dihydro-2,2-dimethyl-benzofuran methyl carbamate)와 Diazinon (0,0-Diethyl-(2-isopropyl-4-methyl-6-pyrimidinyl) phosphorotri

ioate)을 10:0, 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5:5, 4:6, 3:7, 2:8, 1:9, 0:10의 比率로 混合하여 거세미나방 3齡期幼虫에 對해서 1.0 $\mu$ l씩 局部處理하였을때, 이들의 連合毒作用을 評價하였다.

Carbofuran과 Diazinon을 混合하였을 경우 거세미나방 3齡期幼虫에 對해서 協力作用(Synergism)을 나타내었으며 Carbofuran과 Diazinon을 4.8:5.2의 比率로 混合하였을때 最大의 協力效果(Synergistic effect)를 얻을 수가 있었다.

### Literatures cited

1. 淺田四郎. 1971. イエバニ에對するジメスリンと合成供力劑의供力效果について. 防虫科學. 36:179-183.
2. Bliss, C.I. 1935. The comparison of dosage-mortality data. Ann. Appl. Biol., 22:134-167.
3. Chang, S.C., and C.W. Kearns. 1964. Metabolism in vivo of C<sup>14</sup>-labelled pyrethrins I and cinerin I by house flies with special reference to synergistic mechanism, J. Econ. Entomol., 57:397-404.
4. Finney, D.J. 1952. Probit Analysis. Cambridge Univ. Press, London p.318.
5. Fukuto, T.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.
6. Hewlett, P.S. 1960. Joint action of insecticides. Advan. Pest Control. Res., 3:27-74.
7. Horsfall, J.G. 1945. Fungicides and their action. Chronica Botanica co. Watt ham, Mass. (Cited from Botyu-Kagaku)
8. Kasai, T. 1965. Genetical and bilchemical studies on joint action of insecticides. Botyu-Kagaku. 30:73-91.
9. 小島建一·石塚忠克 1960. シマクにヨコバイ成虫 對する Malathion效力の DDVPとる 増強について. 防虫科學. 25:16-22.
10. March, R.B., Metcalf, R.L., and L.L. Lewallen. 1952. Synergists for DDT against insecticide-resistant house flies.
11. Metcalf, R.L. 1955. Organic Insecticides. Intersci. Publs., New York.
12. Metcalf, R.L. 1966. Mode of action of insecticide synergists. Ann. Rev. Entomol. 229-256.
13. Nagasawa, S., and M. Shiba. 1964. Joint toxic action of Mixtures between lindane and Hercules 5727 against the common horse fly. Botyu-Kagaku 29:73-76.
14. 酒井清穴. 1967. 殺虫劑の連合作用の最近の進歩と圖解法. 防虫科學. 32:79-92.
15. Sakai, S. 1960. Insect Toxicological studies on the joint action of Insecticides. Tokyo, Japan. 479pp.
16. Sun. Y.P., and E.R. Johnson, 1960. Analysis of joint action of insecticides against house flies. J. Econ. Entomol. 53:887-892.