

## Allethrin と RO 20-3600 のイエバエに対する相乗効果

中村 利家\*・持田 和男\*・村松 晶子\*

Toshiie NAKAMURA, Kazuo MOCHIDA and Shoko MURAMATSU  
Synergistic Action of Allethrin with RO 20-3600 against  
*Musca domestica* L.

### 緒 言

ピレスロイド系殺虫剤の効力増大を目的とした共力剤の利用は早くから行われており、piperonyl butoxide (PB) をはじめ種々の化合物が開発されている<sup>1)</sup>。

最近Pratt<sup>2)</sup>らは、幼若ホルモン類似物質の RO 20-3600(RO), 6, 7-epoxy-3, 3-dimethyl-1-(3, 4-methylenedioxyphenoxy)-2-nonene, がコクヌストモドキ, *Tribolium castaneum* (Herbst), のマラチオン感受性系統に対し, 天然 pyrethrins との混用では PB 混用の約3.9倍, permethrin との混用では同じく約2.6倍の共力効果を示すと報告した。ただその効力評価法はそれほど厳密なものではなかった。

かかる共力効果の解析のために, かつて Hewlett<sup>3)</sup>ら<sup>4)</sup>が数学的モデルによる方法を提案している。最近長澤<sup>5)</sup>がこの方法をイエバエに対する resmethrin と PB との相乗効果の解析に適用し, その結果が Finney のプロビット平面法<sup>6)</sup>による解析結果とほとんど一致することを示した。

RO が他の昆虫やピレスロイド系殺虫剤にも一般的に PB 以上の共力効果を示すようであれば, 実用面だけでなく作用性の上でも興味ある化合物となる。よって長澤らの方法に準じ, イエバエに対する allethrin との共力効果について厳密な評価を行った。

### 実験材料および方法

供試虫: イエバエ (*Musca domestica* L.) はWHO 標準感受性系統で, 1981年に住友化学工業<sup>7)</sup>より譲り受け累代飼育したものを用いた。幼虫期の飼育には米ヌカ10g, 動物用粉末飼料 (オリエンタル酵母<sup>8)</sup>) 85g, 酵母粉末 (エビオス薬品) 5g に水 150 ml を加えた人工培地を用い, 成虫期には砂糖と水を与えた。

\* 生物汚染化学研究室

飼育は25°C, 50% RH の常時照明下とし, 実験には羽化後3~4日目の雌個体を供した。

供試薬剤: *d-cis, trans-allethrin* (92.3%) は大日本除虫菊<sup>9)</sup>より, RO は日本ロッシュ<sup>10)</sup>より提供をうけたものをそのまま用いた。

実験方法: allethrin, RO ともにアセトンを溶媒として所定濃度の処理液を調製した。イエバエは炭酸ガスで麻酔後, 胸背部に処理液の 1  $\mu$ l をマイクロアプリケーションで滴下処理した。処理後は直径 5.8cm, 高さ 10cm のガラス瓶に10匹前後を入れ, 予め直径 2cm の穴をあけた塩化ビニールで蓋をした。その穴から網を通して脱脂綿にしみ込ませた5%砂糖水を与え, 生死の記録は処理24時間後に行った。

結果解析: RO の添加薬量レベルごとに, 常法どおりプロビット法<sup>6)</sup>により allethrin についての薬量一致死亡率<sup>7)</sup>回帰直線<sup>4)</sup>を求め, それら相互間の平行性を検定後, 長澤らの方法に従い Hewlett の数学的モデルおよび Finney のプロビット平面法による解析を行った。なおプロビット計算は卓上計算機 Canola SX-300 を用いてプログラム計算で行った。

### 実験結果および考察

#### 1. 薬量一致死亡率回帰直線

Allethrin を 0.1  $\mu$ g/ $\mu$ l と充分低い濃度に固定し, これに RO を 0~10 $\mu$ g/ $\mu$ l の範囲の種々の濃度で添加した。それぞれ 1  $\mu$ l をイエバエに処理したときの致死率は, RO 3  $\mu$ g/ $\mu$ l 添加でほぼ最大値に達し, それ以上添加しても増大しなかった。よって RO の薬量レベルは 0~2.5 $\mu$ g/ $\mu$ l の範囲の4段階とし, 種々の濃度の allethrin との混用処理におけるイエバエの致死率を求め第1表の結果をえた。Allethrin の薬量を100倍して対数をと, 対応する致死率のプロビットとの関係をプ

Table 1. The toxicity to house flies of different combinations of allethrin and RO 20-3600.

Dosage of allethrin ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ )	Dosage of RO ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ )	No. of flies (dead/total)	Mortality (%)	probit
3.2	0	50/50	100.0	—
2.08	0	37/50	74.0	5.64
1.352	0	40/50	80.0	5.84
0.879	0	28/50	56.0	5.15
0.571	0	14/50	28.0	4.42
0.879	0.156	45/50	90.0	6.28
0.571	0.156	41/50	82.0	5.92
0.371	0.156	24/50	48.0	4.95
0.241	0.156	10/49	20.4	4.17
0.157	0.156	14/50	23.4	4.27
0.571	0.625	49/50	98.0	7.05
0.371	0.625	48/50	96.0	6.75
0.241	0.625	36/50	72.0	5.58
0.157	0.625	33/50	66.0	5.41
0.102	0.625	22/50	44.0	4.85
0.066	0.625	10/50	20.0	4.16
0.371	2.5	50/50	100.0	—
0.241	2.5	49/50	98.0	7.05
0.157	2.5	45/49	91.8	6.39
0.102	2.5	44/50	88.0	6.18
0.066	2.5	32/50	64.0	5.36
0.043	2.5	14/40	35.0	4.61
Controls		0/50	0.0	—

ロットしたのが第1図である。RO の添加薬量レベル別に、常法<sup>6)</sup>どおり allethrin について薬量一致致死率回帰直線を求め、次いでこれら4本の直線の平行性を検定した。その結果は第2表のとおりで、危険率  $P_r=0.05$  において互いに平行であるとしてよい。これら4本の直線の共通勾配を計算し、それぞれの回帰方程式を求めると次のとおりであった。

$$\begin{aligned}
 y_1 &= -1.2526 + 3.2859x \quad (\text{RO} : 0 \mu\text{g}/\mu\text{l}) \\
 y_2 &= -0.1456 + 3.2859x \quad (0.156 \mu\text{g}/\mu\text{l}) \\
 y_3 &= 1.3975 + 3.2859x \quad (0.625 \mu\text{g}/\mu\text{l}) \\
 y_4 &= 2.6298 + 3.2859x \quad (2.5 \mu\text{g}/\mu\text{l})
 \end{aligned}$$

2. Hewlett の数学的モデルの適用

回帰直線が互いに平行であることは、allethrin の薬量 ( $x_1$ ) および RO の薬量 ( $x_2$ ) と致死率のプロビット ( $y$ ) との間に次の関係が成り立つことを示す。<sup>3,4)</sup>

$$\begin{aligned}
 y &= a + b_1 \log x_1 + A(z_2) & (b_1 > 0) \quad (1) \\
 A(z_2) &= b_2 z_2 / (c + z_2) & (b_2, c > 0) \quad (2) \\
 y &= a + b_1 \log x_1 + b_2 z_2 / (c + z_2) & \quad (3)
 \end{aligned}$$

この式へのあてはめを行うため、長澤<sup>4)</sup>らの手順に従って計算した結果を第3表に示す。表において、allethrin の  $\log \text{LD}_{50}$  は前項で示した回帰方程式より求められる。またその共通勾配より  $b_1=3.2859$  であり、RO

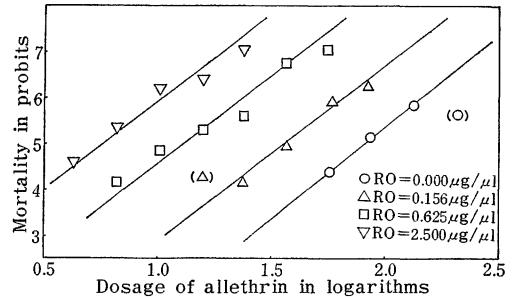


Fig. 1. Mortalities in probits plotted against log-dosage ( $\mu\text{g}/\mu\text{l} \times 100$ ) of allethrin.

Table 2. Analysis of  $\chi^2$  for data shown in Table 1.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares
Parallelism of regression	3	3.956
Residual heterogeneity	10	7.740
Total	13	11.696

無添加 ( $z_2=0$ ) における回帰式の係数より  $a = -1.2526$  となる。なお表の第4欄は(3)式より  $y - b_1 \log z_1$  で求められるが、ここでの  $y$  は  $\text{LD}_{50}$  であり5とする。これより  $a$  を差引くと第5欄となる。次に(2)式の両辺の逆数をとってえられる(4)式に対応させ、第3表の  $1/z_2$  と  $1/A(z_2)$  の関係をプロットしたのが第2図である。図に示した回帰方程式の係数より

$$\frac{1}{A(z_2)} = \frac{c + z_2}{b_2 z_2} = \frac{c}{b_2} \cdot \frac{1}{z_2} + \frac{1}{b_2} \quad (4)$$

$b_2=4.144$  および  $c=0.309$  の値をえた。

ここまでにてえた  $a$  と  $b_2$  は中央値で計算したもので、全体を充分満足させるには、上にえた  $c$  値を用いて補正計算を行わねばならない。それに必要な、RO の各薬量での観測プロビットにおける  $y - b_1 \log x_1$  の値の平均値と、 $z_2/(c+z_2)$  の値を第3表の第8、9欄に示した。この両者の関係を満足する回帰方程式を最小自乗法で求めた結果をえた。

$$y = -1.395 + 4.328x \quad (r=0.995)$$

これより補正された  $a = -1.395$ ,  $b_2=4.328$  がえられ、実験結果(第1表)を満足するHewlettの数学的モデル式として(5)式をえた。

$$\begin{aligned}
 y &= -1.395 + 3.286 \log x_1 \\
 &\quad + 4.328 z_2 / (0.309 + z_2) \quad (5)
 \end{aligned}$$

これに本実験で用いた allethrin および RO の薬量

Table 3. Computation for a mathematical model proposed by Hewlett.

Dosage of RO ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ )	Log LD <sub>50</sub> of allethrin ( $\mu\text{g}/\mu\text{l} \times 100$ )	$b_1 \log z_1$	$a + b_2 z_2 / (c + z_2)$	$A(z_2)$	$1/z_2$	$1/A(z_2)$	$z_2 / (0.309 + z_2)$	Mean values of $y - b_1 \log z_1$
0.000	1.9029	6.2527	-1.2527	0.0000	—	—	0.000	1.2507
0.156	1.5660	5.1457	0.1457	1.3984	6.4	0.7151	0.335	0.1345
0.625	1.0964	3.6027	1.3973	2.6500	1.6	0.3774	0.669	1.3990
2.500	0.7213	2.3701	2.6299	3.8826	0.4	0.2576	0.890	2.6060

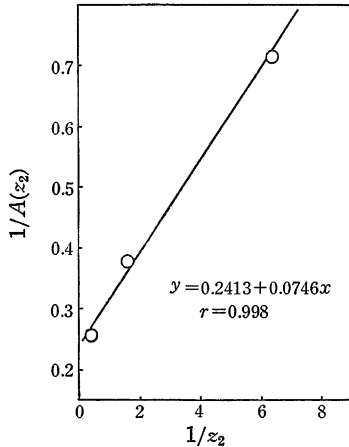


Fig. 2. Linear relation between  $1/A(z_2)$  and  $1/z_2$ .

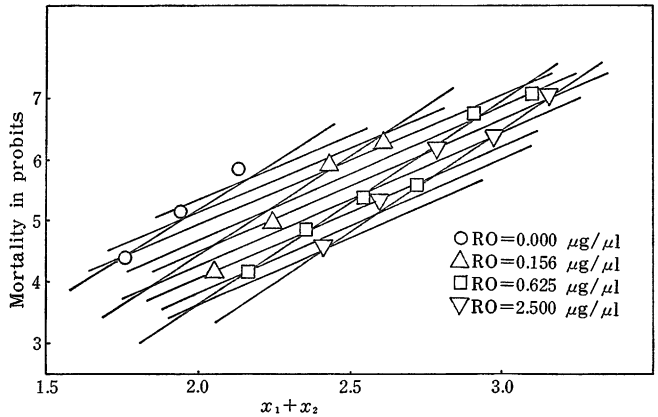


Fig. 3. Probit plane between mortality probits and  $x_1 + x_2$ , where  $x_1 = \log z_1$  and  $x_2 = 2z_2 / (0.309 + z_2)$ .

を代入してえられる allethrin 葉量と致死率のプロビットの関係は、前項に示したそれぞれの回帰直線をよく満足せしめた。

3. Finney のプロビット平面法の適用

前項で求めたと同形の式をプロビット平面法で導くため、やはり長澤らの手順に従って計算して見た。

$\log z_1 = x_1$ ,  $2z_2 / (0.309 + z_2) = x_2$  とおき、致死率のプロビットと  $x_1 + x_2$  の関係をプロットして、第3図に示す格子平面とした。2群の平行な回帰線の交差する点で示される期待プロビット値を読みとり、以下常法どおりに計算して次の偏回帰方程式を求めた。

$$y = -1.316 + 3.234x_1 + 2.150x_2$$

これに先においた  $x_1$  と  $x_2$  を代入し(6)式をえた。

$$y = -1.316 + 3.234 \log z_1 + 4.300z_2 / (0.309 + z_2) \quad (6)$$

適合度を検定すると、 $\chi^2 = 21.532$  となり、ここでの自由度15において、はずれの有為は5%水準以下といえる。よって本実験の結果を満足するものであり、またここでえた(6)式の係数は前項で示した(5)式のそれと近似した。ただこの方法では格子平面をきめる直線の引き方が難かしく計算も厄介であった。

4. 共力効果について

イエバエに対する allethrin と RO の相乗効果について、Hewlett の数学的モデルへのあてはめ結果は、プロビット平面法で計算した結果ともよく近似し、その解析の信頼性は高いといえる。

そこで共力効果の判定には、(1)式で共力剤が無添加 ( $z_2 = 0$ ) のときと或る一定量添加されたときの同一の  $y$  値を示す主剤葉量 (それぞれ  $X_0$  と  $X_5$ ) の比  $X_0 / X_5$  を求めればよく、 $\text{antilog } A(z_2) / b_1$  で計算される。また(2)式で  $z_2$  が十分に大きいとき  $\lim_{z_2 \rightarrow \infty} A(z_2) = b_2$  に収束する。したがって、前述の(5)式より本実験における共力効果を求めると、

$$\text{antilog}(4.328/3.286) = 20.8$$

となり、イエバエに対する allethrin の効果は RO を充分量混用すれば、最大20.8倍まで増大されうることになる。

ここで比較のため、先に長澤、渋谷が本実験と同一系統のイエバエを用い、allethrin と PB の相乗効果を Hewlett の数学的モデルで解析した結果を引用すると次のとおりである。

$$y = -1.402 + 3.773 \log z_1 + 4.945 z_2 / (0.240 + z_2)$$

この場合の共力効果は次のとおりとなる。

$$\text{antilog } 4.945/3.773=20.4$$

すなわち、イエバエに対する allethrin と RO の共力効果は PB の場合と殆ど同等と見なければならぬ。

ピレスロイド系殺虫剤は昆虫体内で主として mfo 系による解毒代謝をうけ、共力剤によりこれが阻害されることで効力が増大する。RO も PB もメチレンジオキシフェニル型共力剤で、少なくともここで用いたイエバエの mfo 系阻害性は同程度と見られる。ただ allethrin の主代謝経路は菊酸部分のイソブテニル基末端メチルの酸化であるとされている。より複雑な代謝をうけるピレスロイドや、或いは他の種類の昆虫に適用すれば結果が異なってくる可能性があり、縮言で述べた Pratt らの結果はもちろん否定されるものではない。むしろそのような観点での検討に興味がこのこされている。

なお allethrin は立体異性体の混合物だが、共力効果<sup>8)</sup>をうける度合は各異性体間で殆ど変わらないとされている。

### 摘 要

Allethrin のイエバエに対する効力は、RO 20-3600 との混用により 20.8 倍まで増大されることを、Hewlett の数学的モデル式へのあてはめ結果から推定した。この

共力効果は、先に同様にしていた piperonyl butoxide についての長澤らの結果と殆ど同等であった。

謝辞 RO 20-3600 は前島根大学教授長澤純夫博士の御尽力で、米国 Hoffmann-LaRoche, Inc. より日本ロッシュ(株)を経て御提供頂いた。その他実験材料を提供頂いている住友化学工業(株)、大日本除虫菊(株)と共に、深謝の意を表する。

### 引用文献

1. 山本出：農学集報 17(4)：273-313, 1973.
2. Pratt G. K., Zettler J. L. and Davis R. : J. Georgia Entomol. Soc. 16(4) : 457-462, 1981.
3. Hewlett P. S. : J. Stored Prod. Res. 5 : 1-9, 1969.
4. 長澤純夫・渋谷重夫：島大農研報 15 : 120-124, 1981.
5. 長澤純夫・柴三千代：防虫科学 29(III) : 46-51, 1964.
6. 河野達郎：防虫科学 16 : 62-74, 1951.
7. 長澤純夫・渋谷重夫：未発表, 1982.
8. Incho H. H. and Greenberg H. : J. Econ. Entomol. 45 : 794-799, 1952.

### Summary

The synergistic action of a juvenile hormone analogue RO 20-3600 on allethrin against adults of house fly (*Musca domestica* L.) was evaluated by fitting the Hewlett's mathematical model. The mixture of allethrin with a sufficiently large ratio of RO 20-3600 was estimated to be 20.8 times as toxic as allethrin alone. This degree of the action, however, was equivalent to the result previously obtained by Nagasawa *et al.* in combination of allethrin and piperonyl butoxide against the same strain of house fly.