

- 5) Ohta, K. *et al.*: *Agr. Biol. Chem.*, 40, 1897 (1976).
 6) Uchiumi, K.: *Rika Gaku Kenkyusho Hokoku*, 50, 70 (1974).
 7) Tatsuki, S. and J. Fukami: *Kontyu*, 40, 203 (1972).
 8) Roelofs, W.L. *et al.*: *Life Science*, 14, 1555 (1974).
 9) Tumlinson, J.H. *et al.*: *J. Chem. Ecol.*, 1, 203 (1975).

Studies on the Toxic Action of Insecticides against Insects. III. Quantitative Expression of Toxicities of Several Insecticides against Larvae of the Silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) and of the Fall Webworm, *Hyphantria cunea* Drury (Lepidoptera: Arctiidae). Kimihiko SATO and Masana SUWANAI (Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo, Japan) Received July 22, 1976. *Botyu-Kagaku*, 42, 3, 1977. (with English Summary 9)

2. 殺虫剤の昆虫に対する致死作用に関する研究 (第3報) 数種殺虫剤のカイコガ幼虫およびアメリカシロヒトリ幼虫に対する殺虫効力の定量的表現法 佐藤仁彦, 諏訪内正名 (東京農工大学農学部, 東京都府中市幸町3-5) 51. 7. 22 受理

令の異なるカイコガ幼虫およびアメリカシロヒトリ幼虫に対する5種類の殺虫剤 (DDVP, マラソン, パラチオン, γ -BHC および NAC) の施用薬量と致死時間の関係を調べた。体重が一定の虫の個体群については、限界致死施用薬量を W_0 、限界致死時間を T_0 とすれば、施用薬量 W と致死時間 T との関係は $(W-W_0)(T-T_0)=K$ で表わされる。Kは定数である。Kと虫体重 M との関係は $K=aM+B$ となる。 a および B の値は供試虫と殺虫剤の組合せにより決まる定数であり、これらの定数の大小により当該昆虫に対する供試された範囲内の殺虫剤の効力を推定できることが判かった。

令の異なるカイコガ幼虫に対する殺虫剤の効力について、砒酸の比毒効速度についての Campbell¹⁾、ピレトリンの LC_{50} 値についての吉田²⁾ および DDT・スミチオンの LD_{50} 値についての渡部・高野³⁾ の報告があり、それらはいずれも幼虫の令が進むにつれて各薬剤の効力が順次減少するとしているが、体重との関係を定量的に表わしている報告はない。一方、アメリカシロヒトリ幼虫に対する殺虫剤の効力については、石井⁴⁾ が BHC、ホリドール (パラチオン) などについて調べ、令が進むと殺虫効力が減少すると報告している。

殺虫剤による昆虫の致死薬量については、諏訪内^{5,6)} および Suwanai⁷⁾ が先きにアズキゾウムシ成虫を対象に数種殺虫剤の施用薬量—致死時間の関係を表わす実験式として

$$(W-W_0)(T-T_0)=K \quad (1)$$

を提示した。ここに、 W : 施用薬量, W_0 : 限界致死施用薬量, T : 致死時間, T_0 : 限界致死時間, K は定数である。

第1報⁵⁾ では令の異なるヨトウガ幼虫に対する数種殺虫剤の効力を、第2報⁶⁾ では令の異なるハスモンヨトウ幼虫およびハチミツガ幼虫に対する数種殺虫剤の効力を調べ、施用薬量と致死時間との関係は、いずれの場合にも(1)式で表わされ、 K は定数となり、しかも、

K の値が虫の体重 (M) と一次の関係

$$K=aM+B \quad (2)$$

で表わし得ることを報告した。

本報告では、普通飼育のカイコガ幼虫およびアメリカシロヒトリ幼虫に DDVP, マラソン, パラチオン, γ -BHC および NAC をそれぞれ施用した場合、上記と同様のことが成り立つかどうかを確かめるために行った結果を取りまとめたものである。

本文に入るに先立ち、本学大学院生広岡芳年君には供試虫の飼育等援助を受けた、ここに謝意を表す。

材 料

供試昆虫: カイコガ幼虫—一万×代系統を1976年5月11日に掃き立て、普通飼育によって生育させたもので、体重 40mg (3令初期)~1,100 mg (5令初期) の範囲の幼虫をそれぞれの実験目的の体重に到達した時点において均一な体重個体を選び出して供試した。

アメリカシロヒトリ幼虫—同年6月17日、東京都府中市本学桑園内で採集した夏世代群 (1令幼虫) を室温 (24~26°C) で桑葉を与えて飼育したもので、体重 20mg (3令初期)~160mg (5令初期) の範囲の幼虫をそれぞれの実験目的の体重に到達した時点において均一な体重個体を選び出して供試した。

供試薬剤: 既報⁵⁾ と同じ DDVP, マラソン, パラ

チオン, γ -BHC および NAC の 5 種を供試し, 所定薬液をそれぞれ作製した。

実験および観察

薬剤施用法および施用薬量の求め方: ミクロピペット⁸⁾を用いて虫体に塗布する方法を採用した。この方法では, 供試薬液の濃度を Sc , 塗布液の容量を Sv とすると, 施用薬量 W は, $W = Sc \times Sv$ で求まる。

この施用方法では, 薬液が損失なく虫体全面に均一に塗布されることが好ましい。そのためあらかじめ供試虫に対し上の条件をみたす塗布容量を調べ, それぞれの体重の供試虫に対し最も適当な容量のミクロピペットを用いることにした。カイコガ幼虫の場合, 体重 40mg の虫で $1 \sim 2 \mu l$, 200mg の虫で $5 \mu l$ のもの, アメリカシロヒトリ幼虫の場合, 体重 20mg で $1 \sim 2 \mu l$, 80mg の虫で $5 \mu l$ の容量のものが適当であった。

処理昆虫の致死までの状態変化の表現法および致死時間の決め方: 薬剤処理後の虫は薬剤の施用量および質等によって異なるが, 作用が強い場合には, はじめの正常状態から種々の症状を経て死の状態に到達することになる。種々の症状の状態を先きに報告した 6 種の状態⁹⁾に分けて数値化し, 状態 V (刺激を与えても全く反応を示さない) に至ったものを致死と判定した。薬剤施用時から致死までに要した時間をその虫の致死時間 (T) とし, 以後の観察を打ち切った。

カイコガ幼虫についての実験 薬剤施用後の幼虫を 1 頭づつ小型シャーレに移し, 25°C 下で活動状況を観察した。

(i) **DDVP:** 体重 (40 ± 2) mg, (100 ± 4) mg, (200 ± 8) mg および $(1, 100 \pm 20)$ mg の虫を供試した場合, Table 1 は 1 頭の虫のおのにおに第 2 項の濃度の薬液を第 3 項の容積だけミクロピペットを用いて塗布した場合の条件, 計算値, 致死時間の観測値などを取りまとめたものである。施用薬量 (W) は第 2 項 (Sc) と第 3 項 (Sv) の数値の積によって求まり第 4 項の数値となる。それに対応する 5 回反復の平均致死時間は第 5 項 (T) の値となる。

(ii) **マラソン:** 上記と同様の体重の虫を供試し, 虫 1 頭のおのにおに上記と同じ方法でマラソンを施用した場合の条件, 計算値, 致死時間の観測値などを取りまとめたものが Table 2 である。施用薬量は第 4 項の値, それに対応する 5 回反復の平均致死時間は第 5 項の値となる。

(iii) **パラチオン:** 上記と同様の虫を供試し, 虫 1 頭のおのにおに上記と同じ方法でパラチオンを施用した場合の条件, 計算値, 致死時間の観測値などを取りまとめたものが Table 3 である。

(iv) **γ -BHC:** 上記と同様の虫を供試し, 上記と

同じ方法で γ -BHC を施用した場合の条件, 計算値, 致死時間の観測値などを取りまとめたものが Table 4 である。

(v) **NAC:** 上記と同様の虫を供試し, 上記と同じ方法で NAC を施用した場合の条件, 計算値, 致死時間の観測値などを取りまとめたものが Table 5 である。

アメリカシロヒトリ幼虫についての実験 薬剤処理後の幼虫を 1 頭づつ小型シャーレに移し, 25°C 下で活動状況を観察した。

(i) **DDVP:** 体重 (20 ± 1) mg, (40 ± 2) mg, (80 ± 3) mg および (160 ± 5) mg の虫を供試した場合, Table 6 は 1 頭の虫のおのにおに第 2 項の濃度の薬液を第 3 項の容積だけミクロピペットで塗布した場合の条件, 計算値, 致死時間の観測値などを取りまとめたものである。施用薬量は第 4 項 (W) の値, それに対応する 5 回反復の平均致死時間は第 5 項 (T) の値となる。

(ii) **マラソン:** 上記と同様の虫を供試し, 虫 1 頭のおのにおに上記と同じ方法でマラソンを施用した場合の条件, 計算値, 致死時間の観測値などを取りまとめたものが Table 7 である。施用薬量は第 4 項の値, それに対応する 5 回反復の平均致死時間は第 5 項の値となる。

(iii) **パラチオン:** 上記と同様の虫を供試し, 虫 1 頭のおのにおに上記と同じ方法でパラチオンを施用した場合の条件, 計算値, 致死時間の観測値などを取りまとめたものが Table 8 である。

(iv) **γ -BHC:** 上記と同様の虫を供試し, 上記と同じ方法で γ -BHC を施用した場合の条件, 計算値, 致死時間の観測値などを取りまとめたものが Table 9 である。

(v) **NAC:** 上記と同様の虫を供試し, 上記と同じ方法で NAC を施用した場合の条件, 計算値, 致死時間の観測値などを取りまとめたものが Table 10 である。

結 果

カイコガ幼虫についての結果

(i) **DDVP:** 体重 40mg の供試虫への施用薬量 (W) とその薬剤による供試虫 1 頭当たり 5 回反復による平均致死時間 (T) は Table 1 第 4 項および第 5 項に示す通りである。ここで, これらの数値を縦軸に W を横軸に T をとり, 両対数グラフ上に移しプロットすると, Fig. 1 の白三角印のように配置される。同様に, 体重 100, 200 および 1, 100mg の虫についての W と T は同表の第 4 項および第 5 項に示す通りであり, 体重 40mg の場合と同様に W を縦軸に T を横軸にとり両対

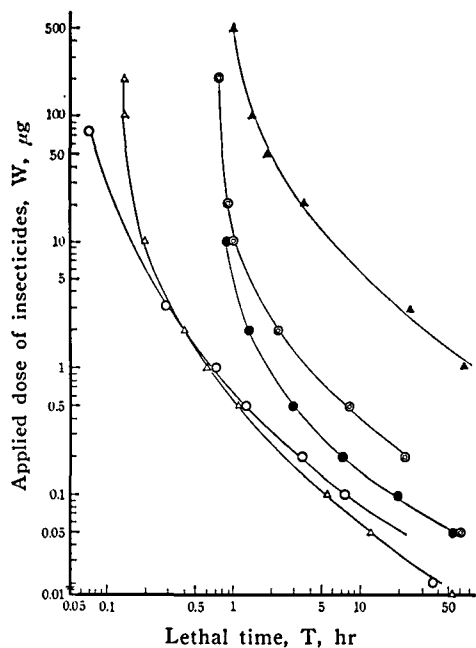


Fig. 1. Relation between the applied dose and the lethal time of five insecticides against 40mg larvae of *B. mori*.

△: dichlorvos, ▲: malathion,
●: parathion, ◎: γ-BHC, ○: carbaryl.

数グラフとして図示すれば、体重40mgの場合と同じ傾向の双曲線状の配置となるが、図は省略する。

(ii) マラソン：体重40mgの供試虫について調べられた施用薬量(W)とそれに対応する虫の平均致死時間(T)はTable 2第4項および第5項に示す通りである。これらの数値を縦軸にWを横軸にTをとり、両対数グラフ上にプロットすると、Fig.1の黒三角印のように配置される。同様に、体重100, 200および1,100mgの供試虫についてのWとTは同表の第4項および第5項に示す通りであり、体重40mgの場合と同様に両対数グラフとして図示すれば、体重40mgと同じ傾向になるが、図は省く。

(iii) パラチオン：体重40mgの供試虫への施用薬量(W)とそれによる平均致死時間(T)はTable 3第4項および第5項に示す通りである。これらの数値を上記と同様に両対数グラフ上にプロットすると、Fig.1の黒丸印のように配置される。同様に、100, 200および1,100mgの虫についてのWとTは同表の第4項および第5項に示す通りであり、体重40mgの場合と同様に両対数グラフとして図示すれば、同じ傾向になるが、図は省略する。

(iv) γ-BHC：体重40mgの虫へのWとTはTable 4第4項および第5項に示す通りである。こ

れらの数値を上記と同様にグラフ上に図示すると、Fig.1の二重丸印のように配置される。同様に、体重100, 200および1,100mgの虫についてのWとTは同表に示す通りであり、図示すれば、同じ傾向になるが、図は省く。

(v) NAC：体重40mgの虫へのWとTはTable 5に示す通りである。これらの数値を上記と同様にしてグラフ上にプロットすると、Fig.1の白丸印のように配置される。同様に、100, 200および1,100mgの虫についてのWとTは同表に示す通りであり、図示すれば、体重40mgと同じ傾向となるが、図は省略する。

アメリカシロヒトリ幼虫についての結果

(i) DDVP：体重20mgの供試虫への施用薬量(W)とその薬剤による供試虫1頭当たり5回反復による平均致死時間(T)はTable 6第4項および第5項に示す通りである。これらの数値を縦軸にWを横軸にTをとり、両対数グラフ上に移しプロットすると、Fig.2の白三角印のように配置される。同様に、体重40, 80および160mgの虫についてのWとTは同表の第4項および第5項に示す通りであり、体重20mgの場合と同様に両対数グラフ上に図示すれば、同じ傾向の双曲線状の配置となるが、図は省く。

(ii) マラソン：体重20mgの供試虫へのWとTはTable 7第4項および第5項に示す通りである。これらの数値を上記と同様に両対数グラフ上にプロットす

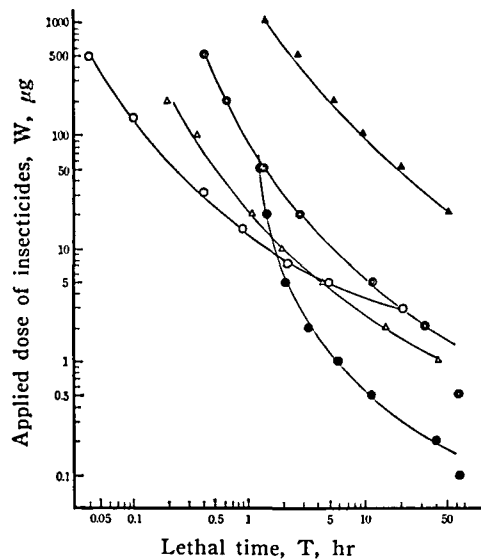


Fig. 2. Relation between the applied dose and the lethal time of five insecticides against 20mg larvae of *H. cunea*.

△: dichlorvos, ▲: malathion,
●: parathion, ◎: γ-BHC, ○: carbaryl.

ると、Fig. 2の黒三角印のように配置される。同様に、体重40, 80および160mgの虫についてのWとTは同表に示す通りであり、図示すれば、体重20mgと同じ傾向の配置となるが、図は省く。

(iii) パラチオン：体重20mgの供試虫へのWとそれに対応するTはTable 8第4項および第5項に示す通りである。これらの数値を上記と同様に両対数グラフ上にプロットすると、Fig. 2の黒丸印のように配置される。同様に体重40, 80および160mgの虫についてのWとTは同表に示す通りであり、体重20mgの場合と同様に図示すれば、同じ傾向の双曲線状の配置となるが、図は省略する。

(iv) γ -BHC：体重20mgの供試虫へのWとそれに対応するTはTable 9第4項および第5項に示す通りである。これらの数値を上記と同様に両対数グラフ上にプロットすると、Fig. 2の二重丸印のように配置される。同様に、体重40, 80および160mgの虫についてのWとTは同表に示す通りであり、体重20mgの場合と同様に図示すれば、同じ傾向の双曲線状の配置となるが、図は省略する。

(v) NAC：体重20mgの供試虫へのWとTはTable 10に示す通りである。これらの数値を上記と同様に両対数グラフ上にプロットすると、Fig. 2の白丸印のように配置される。同様に、体重40, 80および160mgの虫についてのWとTは同表に示す通りであり、図示すれば、体重20mgの場合と同じ傾向となるが、図は省略する。

考 察

体重40mgのカイコガ幼虫1頭に対するDDVPの施用薬量(W)とそれに対応する5回反復による処理幼虫の平均致死時間(T)との関係はFig. 1に白三角印で示してあるが、これをみると、等辺双曲線の関係に配列されていることが判かる。そこで、既報⁹⁾と同じ要領で限界致死施用薬量 W_0 および限界致死時間 T_0 をTable 1の数値またはFig. 1上にそれぞれ求めてみると、 $W_0=0.01\mu\text{g}$ 、 $T_0=0.15\text{hr}$ となる。ここで、Table 1の観測値W、Tおよび上記のようにして求めた W_0 、 T_0 をそれぞれ対応せしめた数値として取りまとめてみると、Table 11のようになる。これらの数値を、先に記した(1)式 $(W-W_0)(T-T_0)=K$ に代入してみると、それぞれの実測のW、TについてKの値が算出される。このようにして求められたKの値をTable 11第5項に示す。同様の取り扱いにより、体重100, 200および1,100mgのカイコガ幼虫のそれぞれにつき、 W_0 、 T_0 を求め、それらを取りまとめてみると、Table 11のようになる。

同様の計算をマラソンについて、体重40, 100, 200

および1,100mgのカイコガ幼虫に対して行ない、得られたKの値はTable 12第5項に示す通りである。

パラチオンについて、上記と同様のカイコガ幼虫のそれぞれにつき計算により得られたKの値はTable 13第5項となる。

γ -BHCの場合、上記と同様のカイコガ幼虫につき計算により得られたKの値はTable 14第5項となる。

NACについて、それぞれの体重のカイコガ幼虫につき計算により得られたKの値はTable 15第5項の通りである。

Table 11~15の W_0 、 T_0 、Kなどの数値を取りまとめ、Table 16に示した。この表の第6項には、Table 11~15の薬剤別、体重別に得られたKの範囲が示してある。第7項はKの平均値、第8項は標準偏差を示す。第9項nはKの値が0とならない標本数を示す。

体重20mgのアメリカシロヒトリ幼虫1頭に対するDDVPの施用薬量(W)と平均致死時間(T)との関係はFig. 2に白三角印で示してあるが、Fig. 1と同様に等辺双曲線の関係に配列されている。そこで、上記と同じ要領で W_0 および T_0 をTable 6またはFig. 2上に求めてみると、 $W_0=1\mu\text{g}$ 、 $T_0=0.2\text{hr}$ となる。ここで、Table 6の観測値W、Tおよび上記のようにして求めた W_0 、 T_0 をそれぞれ対応せしめた数値として取りまとめてみると、Table 17のようになる。これらの数値を先きと同様に(1)式に代入してみると、それぞれの実測のW、TについてKの値が算出される。このようにして求められたKの値をTable 17第5項に示す。同様の取り扱いにより、体重40, 80および160mgのアメリカシロヒトリ幼虫のそれぞれにつき、 W_0 、 T_0 を求め、それらを取りまとめてみると、Table 17のようになる。

同様の計算をマラソンについて、体重20, 40, 80および160mgのアメリカシロヒトリ幼虫に対して行ない、得られたKの値はTable 18第5項に示す通りとなる。

パラチオンについて、上記と同様のアメリカシロヒトリ幼虫のそれぞれにつき、計算により得られたKの値はTable 19第5項となる。 γ -BHCの場合、上記と同様のアメリカシロヒトリ幼虫のそれぞれにつき、計算し得られたKの値はTable 20第5項となる。

NACについて、それぞれの体重のアメリカシロヒトリ幼虫につき、計算により得られたKの値はTable 21第5項のようになる。

Table 17~21の W_0 、 T_0 、Kなどの数値を取りまとめ、Table 22に示した。この表の第6項はKの範囲、第7項は平均値、第8項は標準偏差、第9項は $K \neq 0$ の標本数を示す。

次に、Table 16のDDVPについての第3項(カイ

コガ幼虫体重)と第7項(Kの平均値)との関係を図上に移してみる。すなわち、縦軸にKの値、横軸に体重(M)をとり、それぞれの数値をグラフ上に移すと、Fig.3 白三角印のように直線上に配列される。この直線は虫体重が40~1,100mgの範囲内のものについて得られたものであり、原点を通り方向係数が0.012となっている。すなわち、KとMとは $K=0.012M$ という

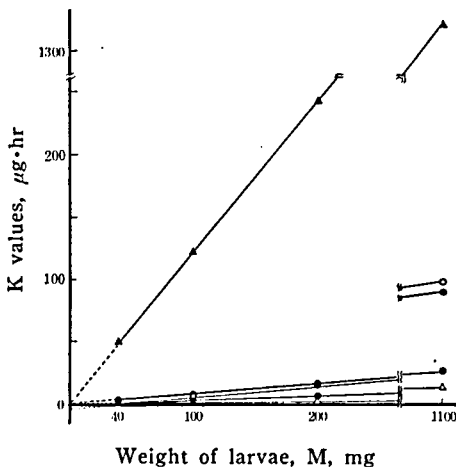


Fig. 3. Relation between K values for dichlorvos (Δ), malathion (▲), parathion (●), γ-BHC (⊙) and carbaryl (○), and the weight of larvae of *B. mori*.

一次の関係にあることになる。

同様に、マラソンについてのKとMとの関係は同図の黒三角印のように、原点を通り方向係数が1.2となっていることから、 $K=1.2M$ という一次の関係にあることになる。ただし、虫体重の範囲は40~1,100mgであった。

パラチオンについては、同図の黒丸印のように、原点を通り方向係数が0.024となっていることから、KとMとの関係は、一次式 $K=0.024M$ と表わせることになる(虫体重範囲, 40~1,100mg)。

γ-BHCについては、同図の二重丸印を結んだ直線のように、原点を通り方向係数が0.08であることから、KとMとの関係は $K=0.08M$ と表わせることになる(虫体重範囲, 40~1,100mg)。

NACについては、同図白丸印を結んだ直線から、方向係数0.09、縦軸を切る点が-3.0であることが判かる。このことから、KとMとの関係は一次式 $K=0.09M-3.0$ で表わせる関係にあることが判かる(虫体重範囲, 40~1,100mg)。

以上の5種殺虫剤のカイコガ幼虫に対するKとMとの関係を取りまとめてみると、いずれの場合も、Kと

Mとは一次の関係にある。すなわち、

$$K=aM+B \quad (2)$$

で表わし得ることになる。ただし、Mは虫体重、aとBは薬剤に関する定数となる。おのおのの薬剤について、(2)式にa、B、Mをそれぞれ代入して算出された計算値をTable 16の第10項にKcalとして示した。

Table 22のDDVPについての第3項(アメリカシロヒトリ幼虫体重)と第7項(Kの平均値)との関係を上記カイコガ幼虫と同様に図上に移してみると、Fig.4の白三角印のように直線上に配列される。この直線は方向係数1.1、縦軸を切る点が-6.0であることから、KとMとの関係は $K=1.1M-6.0$ と表わせる一次の関係にある。ただし、虫体重範囲は20~160mgであった。

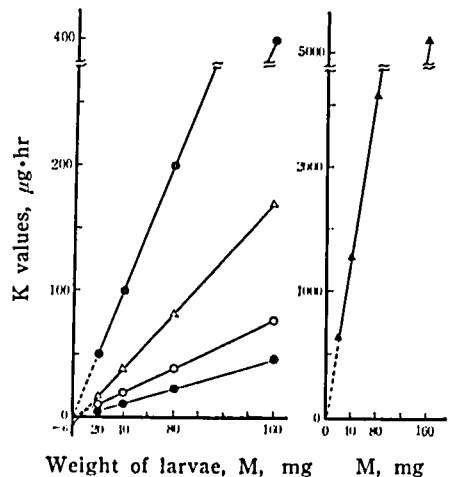


Fig. 4. Relation between K values for dichlorvos (Δ), malathion (▲), parathion (●), γ-BHC (⊙) and carbaryl (○), and the weight of larvae of *H. cunea*.

同様に、マラソンについてみると、同図右側の黒三角印のように、原点を通り方向係数32の $K=32M$ と表わせる直線となる(虫体重範囲, 20~160mg)。

パラチオンについては、同図の黒丸印のように、方向係数0.30、縦軸を切る点が-2.0の $K=0.30M-2.0$ と表わせる直線になる(虫体重範囲, 20~160mg)。

γ-BHCについてのKとMとの関係は同図二重丸印のように、原点を通り方向係数2.5の $K=2.5$ と表わせる直線の関係にあることが判かる(虫体重範囲, 20~160mg)。

NACの場合、KとMとの関係は同図白丸印のように、原点を通り方向係数0.48の $K=0.48M$ と表わせる直線の関係にある(虫体重範囲, 20~160mg)。

以上の5種殺虫剤のアメリカシロヒトリ幼虫に対す

るKとMとの関係は、いずれもカイコガ幼虫の場合と同様に、先述した一次式(2)で表わし得ることが判明した。おのおのの薬剤について、(2)式に a 、 B 、 M をそれぞれ代入して算出されたKの計算値を Table 22 第10項に Kcal として示した。

本研究の基本的考え方⁹⁾からすれば、殺虫剤の効力は、Kの値が小さいほど大きいことになる。Kの値は、(2)式 $K=aM+B$ において、虫体重 (M) の係数 a に主に支配されることから、おおむね a の値が小さいほど殺虫剤の効力が大きいといえよう。

Fig. 3 にみるように、カイコガ幼虫に対するDDVP、パラチオン、 γ -BHC、NAC のKの値は体重 100mg あたりまでの直線も近接していることから大差ない、つまり効力は近似的になることが推定される。DDVP とパラチオンは体重が 1, 100mg まで増加してもKの値はそれほど大きくならず、極めて効力が大であることが示唆される。 γ -BHC と NAC もかなり効力があるといえよう。マラソンは体重が小の時期にはKがあり大とならないが、体重 100mg を越えるとKの値がかなり大となり、効力が減少するものとみられる。

Campbell¹¹⁾ は 2~5 令のカイコガ幼虫に砒酸を投与し、比毒効速度 (speed of toxic action; 致死時間の逆数) と虫体重当りの薬量との関係を調べ、虫体重当りの薬量が同じ場合には、令が進むにつれて比毒効速度が小となること、すなわち、砒酸に対する抵抗力が令期の進行につれて順次増大することを報告している。吉田¹²⁾ は令の異なるカイコガ幼虫のピレトリンに対する LC_{50} 値を調べ、令が進むにつれて、幼虫のピレトリンに対する抵抗力が増大するとしている。渡部・高野¹³⁾ は 3~5 令のカイコガ幼虫に対する DDT およびスミチオンの LD_{50} 値を調べ、令が進むにつれて、個体当りのそれは大きくなり、単位体重当りの LD_{50} 値は各令起蛻期で大差ないと報じている。Campbell¹¹⁾ および吉田¹²⁾ の数値は本報告のKの値と直接的に比較できないが、それら三者¹⁻¹³⁾ はいずれも、本報告の虫体重増加に比例してKの値が増大するという結果と本質的には同じ傾向にあることを示唆しているものといえる。

アメリカシロヒトリ幼虫に対する 5 種殺虫剤のKの値は、Fig. 4 にみるように、DDVP、パラチオン、NAC では体重 20mg 付近においては近接していることから、効力に大差ないが、体重がそれより増加するとKの値に差が出てくる。 γ -BHC のKの値は体重増加につれかなり大となるから、大きい幼虫に対しては効きが悪いといえよう。マラソンの場合には、体重 20mg の幼虫に対してもKの値が 640 と極めて大となり、体重の増加によりKの値がさらに大となり、ほとんど効力がなくなることが示されている。

石井¹⁴⁾ は 5 令あるいは 6 令、7 令のアメリカシロヒトリ幼虫に対する数種殺虫剤の濃度と死虫率との関係を調べ、令が進むにつれて効力が減少し、同一令の幼虫では、ホリドール (パラチオン)、セビン (NAC)、DDVP、BHC の順に効力が減少して、マラソンは効力なしという結果を得ている。この傾向は本報の虫体重増加に比例してKの値が増大し、同じ体重の虫ではKの値がパラチオン、NAC、DDVP、 γ -BHC、マラソンの順に大となるという結果 (Fig. 4) と本質的には同じ傾向にあることを指摘しているものといえる。

既報^{8,9)} のヨトウガ幼虫、ハスモンヨトウ幼虫およびハチミツガ幼虫に関するものと本報のカイコガ幼虫およびアメリカシロヒトリ幼虫に関するものとを比較してみると、DDVP については、(2)式における a の値がヨトウガ幼虫、ハスモンヨトウ幼虫、ハチミツガ幼虫、カイコガ幼虫およびアメリカシロヒトリ幼虫に対してそれぞれ、0.10, 0.11, 0.18, 0.012 および 1.1 である。前三者に対しては a の値が近似しており、効力にあまり差がないと見なしてよいが、カイコガ幼虫に対しては前三者の 8~15 倍、アメリカシロヒトリ幼虫に対しては $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{6}$ 程度の効力であるといえる。また、パラチオンの場合、 a の値が上記 5 種幼虫に対してそれぞれ、0.07, 0.15, 5.0, 0.024 および 0.30 となり、かなり異なっており、そのうちカイコガ幼虫に対して効力が大きいことが判かる。 γ -BHC についてみれば、 a の値はそれぞれ 1.5, 1.0, 24, 0.08 および 2.5 となっており、昆虫種が異なると a の値が大きく異なっていることが判かる。マラソンおよび NAC についても、 a の値は昆虫種が異なると大きく異なっている。

それらの要因は何であろうか。先述(2)式 $K=aM+B$ において、Kの次元は質量と時間の積であるので、 aM の次元も質量と時間の積である。ところで、 M は供試幼虫の体重を表わすものであることから、次元は質量である。したがって aM の係数 a の次元は時間となる。すなわち、係数 a は時間に関与する値である。つまり、殺虫剤分子が作用点へ到達するに要する時間、作用点と反応して毒作用を発揮させるに要する時間などが、殺虫剤分子の物性と昆虫種個々の体成分との物理化学的、生理化学的相関性 (分配、拡散、分解など) に支配され、昆虫種間に差を生じ、それらが、(2)式における a の値が異なる要因と考えられる。これらの諸事項は今後の研究の課題である。

結 論

令を異にするカイコガ幼虫およびアメリカシロヒトリ幼虫に対する 5 種殺虫剤 (DDVP、マラソン、パラチオン、 γ -BHC および NAC) の施用薬量 W と致死

時間 T の関係を調べた結果、それらがいずれも、 $(W-W_0)(T-T_0)=K$ の式で表わされる関係にあり、しかも、定数 K と虫体重 M とは $K=aM+B$ という一次の関係で表わし得るということが判かった。係数 a および B 項の値は殺虫剤と虫との組合わせによって決まる定数である。施用薬量を μg 、致死時間を hr 、虫体重を mg で表わすと、カイコガ幼虫の場合には、DDVP、マラソン、パラチオン、 γ -BHCおよびNACについて、 a はそれぞれ0.012, 1.2, 0.024, 0.08および0.09 (10^{-3}hr)の数値となり、 B はNACについてのみ -3.0 ($\mu\text{g}\cdot\text{hr}$)であり、他についてはいずれも0であった。また、アメリカシロヒトリ幼虫の場合、上記5種殺虫剤について、 a はそれぞれ1.1, 32, 0.30, 2.5および0.48 (10^{-3}hr)、 B はそれぞれ -6.0 , 0 , -2.0 , 0 および 0 ($\mu\text{g}\cdot\text{hr}$)の数値となった。

引 用 文 献

- 1) Campbell, F. L.: *J. Gen. Physiol.*, 9, 727 (1926).
- 2) 吉田正義: 防虫科学, 10, 60 (1948).
- 3) 渡部 仁・高野繁通: 応動昆, 10, 105 (1966).
- 4) 石井五郎: 蚕糸研究, 59号, 40 (1966).
- 5) 諏訪内正名: 分析化学, 10, 921 (1961).
- 6) 諏訪内正名: 植物防疫, 15, 391 (1961).
- 7) Suwanai, M.: *Residue Review*, 25, 341 (1969).
- 8) 佐藤仁彦・諏訪内正名: 防虫科学, 41, 112 (1976a).
- 9) 佐藤仁彦・諏訪内正名: 防虫科学, 41, 152 (1976b).

Summary

Experiments on the relation between the applied dose and the lethal time of several insecticides

against the various instar larvae of the silkworm, *Bombyx mori* L. and of the fall webworm, *Hyphantria cunea* Drury were performed in laboratory.

When a certain dose of an insecticide was applied against a larva and it was killed by the insecticidal action after a brief time, the product of $(W-W_0)$ and $(T-T_0)$, K , had an approximately constant value as given in equation 1,

$$(W-W_0)(T-T_0)=K \quad (1)$$

where, W is the dose of an insecticide applied, W_0 is the minimum applied dose of the insecticide for killing the larva, T is the lethal time of the larva and T_0 is the minimum lethal time. The value of K for an insecticide increased straightly with the larvae developing.

Furthermore, an equation on the relation between K value and the weight of larva, M , were obtained as follows,

$$K=aM+B \quad (2)$$

where, a and B are determined by a combination of an insecticide and an insect. Expressing K in $\mu\text{g}\cdot\text{hr}$ and M in mg within equation 2 on *B. mori*, a value for dichlorvos, malathion, parathion, γ -BHC and carbaryl were 0.012, 1.2, 0.024, 0.08 and 0.09, and B for carbaryl was -3.0 , for the others were 0 respectively. On the larvae of *H. cunea*, a value for dichlorvos, malathion, parathion, γ -BHC and carbaryl were 1.1, 32, 0.30, 2.5 and 0.48, and B for these were -6.0 , 0 , -2.0 , 0 and 0 respectively.

Table 1. The applied dose and the lethal time of dichlorvos against 40, 100, 200 and 1100mg larvae of *B.mori*.

No. dose group	Sc*, $\mu\text{g/ml}$	Sv, μl	W, μg	T, hr
<i>40 mg Larvae</i>				
1	5×10^4	2	100	0.15
2	5×10^3	2	10	0.20
3	1×10^3	2	2	0.4
4	1×10^3	1	1	0.6
5	2×10^2	2.5	0.5	1.1
6	1×10^2	1	0.1	5.5
7	2×10^1	2.5	0.05	12
8	1×10^1	1	0.01	52
<i>100 mg Larvae</i>				
1	5×10^4	2	100	0.25
2	1×10^4	2	20	0.30
3	2×10^3	5	10	0.40
4	2×10^3	1	2	0.85
5	1×10^2	5	0.5	2.7
6	1×10^2	1	0.1	18
7	1×10^1	3	0.03	73
<i>200 mg Larvae</i>				
1	1×10^5	2	200	0.35
2	1×10^4	5	50	0.40
3	2×10^3	5	10	0.6
4	1×10^3	2	2	1.5
5	2×10^2	5	1	3.0
6	1×10^2	5	0.5	5.7
7	2×10^1	5	0.1	49
8	1×10^1	5	0.05	95
<i>1100 mg Larvae</i>				
1	1×10^5	10	1000	0.80
2	1×10^5	3	300	0.85
3	1×10^4	5	50	1.1
4	2×10^3	10	20	1.5
5	1×10^3	5	5	4.0
6	2×10^2	10	2	9.0
7	1×10^2	10	1	26
8	1×10^2	5	0.5	102

* Sc: Concentration of the insecticide in the solution used

Sv: Volume of the solution applied against a larva of *B.mori*

W: Applied dose against the larva

T: Lethal time of the larva, mean of 5 larvae

These symbols are also used in Tables 2, 3, 4 and 5.

Table 2. The applied dose and the lethal time of malathion against 40, 100, 200 and 1100mg larvae of *B. mori*.

No. dose group	Sc*, $\mu\text{g/ml}$	Sv, μl	W, μg	T, hr
<i>40 mg Larvae</i>				
1	2×10^5	2.5	500	1.0
2	5×10^4	2	100	1.5
3	5×10^4	1	50	1.9
4	1×10^4	2	20	3.5
5	1×10^3	3	3	25
6	1×10^3	1	1	61
<i>100 mg Larvae</i>				
1	2×10^5	2.5	500	1.5
2	5×10^4	5	250	2.0
3	5×10^4	2	100	2.7
4	1×10^4	5	50	4
5	1×10^4	2	20	8
6	5×10^3	2	10	17
7	1×10^3	5	5	42
8	1×10^3	2	2	70
<i>200 mg Larvae</i>				
1	2×10^5	5	1000	2.0
2	1×10^5	5	500	2.5
3	5×10^4	5	250	3.0
4	5×10^4	2	100	4.5
5	1×10^4	2	20	18
6	5×10^4	2	10	49
7	1×10^3	5	5	98
<i>1100 mg Larvae</i>				
1	2×10^5	15	3000	5.0
2	2×10^5	10	2000	5.7
3	1×10^5	10	1000	6.7
4	5×10^4	10	500	9.5
5	5×10^4	5	250	31
6	2×10^4	10	200	168

* Symbols are shown in footnotes of Table 1.

Table 3. The applied dose and the lethal time of parathion against 40, 100, 200 and 1100 mg larvae of *B. mori*.

No. dose group	Sc*, $\mu\text{g/ml}$	Sv, μl	W, μg	T, hr
<i>40 mg Larvae</i>				
1	5×10^3	2	10	0.9
2	1×10^3	2	2	1.4
3	5×10^2	1	0.5	3.0
4	1×10^2	2	0.2	7
5	1×10^2	1	0.1	20
6	5×10^1	1	0.05	53
<i>100 mg Larvae</i>				
1	1×10^4	2	20	1.4
2	1×10^3	5	5	1.9
3	1×10^3	2	2	2.6
4	1×10^2	5	0.5	7
5	1×10^2	2	0.2	21
6	5×10^1	1.5	0.075	70
<i>200 mg Larvae</i>				
1	1×10^5	2	200	2.0
2	1×10^4	5	50	2.1
3	5×10^3	2	10	2.5
4	1×10^3	5	5	3.0
5	1×10^3	2	2	4.5
6	1×10^2	5	0.5	13
7	1×10^2	2	0.2	49
8	5×10^1	2	0.1	91
<i>1100 mg Larvae</i>				
1	1×10^5	2	200	4.5
2	1×10^4	5	50	5.0
3	2×10^3	10	20	5.8
4	1×10^3	10	10	7.5
5	2×10^2	10	2	23
6	1×10^2	10	1	42
7	1×10^2	3	0.3	118

* Symbols are shown in footnotes of Table 1.

Table 4. The applied dose and the lethal time of γ -BHC against 40, 100, 200 and 1100mg larvae of *B. mori*.

No. dose group	Sc*, $\mu\text{g/ml}$	Sv, μl	W, μg	T, hr
<i>40 mg Larvae</i>				
1	1×10^5	2	200	0.7
2	1×10^4	2	20	0.85
3	1×10^4	1	10	1.0
4	1×10^3	2	2	2.4
5	5×10^2	1	0.5	8
6	1×10^2	2	0.2	22
7	5×10^1	1	0.05	60
<i>100 mg Larvae</i>				
1	1×10^5	2	200	1.1
2	1×10^4	5	50	1.25
3	1×10^4	2	20	1.5
4	1×10^3	5	5	2.8
5	1×10^3	2	2	4.5
6	1×10^2	5	0.5	21
7	1×10^2	1	0.1	82
<i>200 mg Larvae</i>				
1	1×10^5	5	500	1.7
2	1×10^5	2	200	1.8
3	1×10^4	5	50	2.0
4	1×10^4	2	20	2.5
5	1×10^3	5	5	5.0
6	1×10^3	2	2	11
7	1×10^2	5	0.5	49
8	1×10^2	2	0.2	105
<i>1100 mg Larvae</i>				
1	1×10^5	10	1000	4.0
2	2×10^4	10	200	4.5
3	1×10^4	10	100	5.0
4	1×10^4	5	50	6.2
5	2×10^3	10	20	12.5
6	1×10^3	10	10	130

* Symbols are shown in footnotes of Table 1.

Table 5. The applied dose and the lethal time of carbaryl against 40, 100, 200 and 1100mg larvae of *B.mori*.

No. dose group	Sc*, $\mu\text{g/ml}$	Sv, μl	W, μg	T, hr
<i>40 mg Larvae</i>				
1	5×10^4	1.5	75	0.07
2	1.5×10^3	2	3	0.3
3	1×10^3	1	1	0.7
4	5×10^2	1	0.5	1.3
5	1×10^2	2	0.2	3.5
6	1×10^2	1	0.1	7.5
7	1×10^1	2	0.02	38
<i>100 mg Larvae</i>				
1	5×10^4	3	150	0.10
2	1.5×10^4	5	75	0.18
3	5×10^3	5	25	0.35
4	1×10^3	3	3	2.2
5	5×10^2	2	1	7.5
6	1×10^2	2	0.2	55
<i>200 mg Larvae</i>				
1	1.5×10^5	5	750	0.15
2	1.5×10^5	2	300	0.20
3	5×10^4	3	150	0.25
4	1.5×10^4	5	75	0.35
5	5×10^3	5	25	0.8
6	1×10^3	3	3	6
7	5×10^2	2	1	31
8	1×10^2	5	0.5	78
<i>1100 mg Larvae</i>				
1	1×10^5	10	1000	0.35
2	1.5×10^5	5	750	0.5
3	3×10^4	10	300	0.7
4	1.5×10^4	10	150	1.1
5	1.5×10^4	5	75	2.5
6	3×10^3	10	30	125

* Symbols are shown in footnotes of Table 1.

Table 6. The applied dose and the lethal time of dichlorvos against 20, 40, 80 and 160 mg larvae of *H. cunea*.

No. dose group	Sc*, $\mu\text{g/ml}$	Sv, μl	W, μg	T, hs
<i>20 mg Larvae</i>				
1	1×10^5	2	200	0.2
2	5×10^4	2	100	0.35
3	1×10^4	2	20	1.1
4	1×10^4	1	10	2.0
5	5×10^3	1	5	4.3
6	1×10^3	2	2	16
7	1×10^3	1	1	43
<i>40 mg Larvae</i>				
1	5×10^5	1	500	0.3
2	1×10^5	2	200	0.5
3	5×10^4	1	50	1.1
4	1×10^4	2	20	2.3
5	1×10^4	1	10	4.9
6	5×10^3	1	5	13
7	1×10^3	2	2	52
<i>80 mg Larvae</i>				
1	2×10^5	5	1000	0.4
2	1×10^5	2	200	0.8
3	1×10^4	5	50	2.2
4	1×10^4	2	20	6.2
5	5×10^3	2	10	17
6	1×10^3	5	5	70
<i>160 mg Larvae</i>				
1	2×10^5	10	2000	0.6
2	1×10^5	5	500	0.9
3	1×10^5	2	200	1.5
4	2×10^4	5	100	2.5
5	1×10^4	5	50	5.2
6	1×10^4	2	20	18
7	5×10^3	2	10	95

* Sc: Concentration of the insecticide in the solution used

Sv: Volume of the solution applied against a larva of *H. cunea*.

W: Applied does against the larva

T: Lethal time of the larva, mean of 5 larvae

These symbols are also used in Tables 7, 8, 9 and 10.

Table 7. The applied dose and the lethal time of malathion against 20, 40, 80 and 160mg larvae of *H. cunea*.

No. does group	Sc*, $\mu\text{g/ml}$	Sv, μl	W, μg	T, hr
<i>29 mg Larvae</i>				
1	5×10^5	2	1000	1.5
2	5×10^5	1	500	2.8
3	1×10^5	2	200	5.5
4	1×10^5	1	100	9.5
5	5×10^4	1	50	21
6	1×10^4	1	20	51
<i>40 mg Larvae</i>				
1	5×10^5	3	1500	2.1
2	5×10^5	2	1000	3.5
3	5×10^5	1	500	5
4	5×10^4	5	250	9
5	5×10^4	2	100	26
6	1×10^4	5	50	60
<i>80 mg Larvae</i>				
1	5×10^5	4	2000	3.0
2	5×10^5	2	1000	6.5
3	5×10^5	1.5	750	7.5
4	1×10^5	5	500	11
5	1×10^5	3	300	29
6	1×10^5	2	200	74
<i>160 mg Larvae</i>				
1	5×10^5	10	5000	4.5
2	5×10^5	4	2000	8
3	5×10^5	3	1500	10
4	5×10^5	2	1000	14
5	5×10^5	1.5	750	24
6	1×10^5	5	500	87

* Symbols are shown in footnotes of Table 6.

Table 8. The applied dose and the lethal time of parathion against 20, 40, 80 and 160mg larvae of *H. cunea*.

No. dose group	Sc*, $\mu\text{g/ml}$	Sv, μl	W, μg	T, hr
<i>20 mg Larvae</i>				
1	5×10^4	1	50	1.3
2	1×10^4	2	20	1.5
3	5×10^3	1	5	2.1
4	1×10^3	2	2	3.5
5	1×10^3	1	1	6
6	5×10^2	1	0.5	12
7	1×10^2	2	0.2	40
8	1×10^2	1	0.1	65
<i>40 mg Larvae</i>				
1	1×10^5	1	100	2.0
2	5×10^4	1	50	2.2
3	1×10^4	1	10	3.1
4	5×10^3	1	5	4.5
5	1×10^3	1	1	14
6	5×10^2	1	0.5	33
7	1×10^2	2	0.2	78
<i>80 mg Larvae</i>				
1	5×10^4	3	150	2.5
2	1×10^4	5	50	3.0
3	5×10^3	2	10	4.8
4	1×10^3	5	5	7.5
5	5×10^2	2	1	45
6	1×10^2	5	0.5	92
<i>160 mg Larvae</i>				
1	1×10^5	2	200	4.0
2	1×10^4	5	50	5.0
3	1×10^4	2	20	6.5
4	5×10^3	2	10	9.5
5	1×10^3	5	5	17
6	1×10^3	3	3	33
7	5×10^2	3	1.5	105

* Symbols are shown in footnotes of Table 6.

Table 9. The applied dose and the lethal time of γ -BHC against 20, 40, 80 and 160mg larvae of *H. cunea*.

No. dose group	Sc*, $\mu\text{g/ml}$	Sv, μl	W, μg	T, hr
<i>20 mg Larvae</i>				
1	2.5×10^5	2	500	0.4
2	1×10^5	2	200	0.65
3	5×10^4	1	50	1.4
4	1×10^4	2	20	3.0
5	5×10^3	1	5	12
6	1×10^3	2	2	33
7	5×10^2	1	0.5	61
<i>40 mg Larvae</i>				
1	2.5×10^5	3	750	0.6
2	2.5×10^5	2	500	0.8
3	1×10^5	1	100	1.6
4	5×10^4	1	50	2.8
5	1×10^4	1	10	13
6	5×10^3	1	5	32
7	1×10^3	2	2	68
<i>80 mg Larvae</i>				
1	2.5×10^5	4	1000	0.8
2	2.5×10^5	2	500	1.2
3	1×10^5	1	100	3.0
4	1×10^4	5	50	5.4
5	1×10^4	2	20	14
6	5×10^3	2	10	39
7	1×10^3	5	5	98
<i>160 mg Larvae</i>				
1	2.5×10^5	10	2500	1.2
2	2.5×10^5	4	1000	1.6
3	2.5×10^5	2	500	2.0
4	1×10^5	1	100	6.5
5	1×10^4	5	50	15
6	1×10^4	3	30	41
7	1×10^4	2	20	125

* Symbols are shown in footnotes of Table 6.

Table 10. The applied dose and the lethal time of carbaryl against 20, 40, 80 and 160mg larvae of *H. cunea*.

No. dose group	Sc*, $\mu\text{g/ml}$	Sv, μl	W, μg	T, hr
<i>20 mg Larvae</i>				
1	3×10^5	1.5	450	0.04
2	1.5×10^5	1	150	0.1
3	1.5×10^4	2	30	0.4
4	1.5×10^4	1	15	0.9
5	5×10^3	1.5	7.5	2.2
6	5×10^3	1	5	4.8
7	3×10^3	1	3	21
<i>40 mg Larvae</i>				
1	3×10^5	2	600	0.06
2	1.5×10^5	1	150	0.2
3	5×10^4	1.5	75	0.35
4	3×10^4	1	30	0.9
5	1.5×10^4	1	15	2.6
6	1×10^4	1	10	7.5
7	5×10^3	1.5	7.5	35
<i>80 mg Larvae</i>				
1	3×10^5	3	900	0.08
2	1.5×10^5	2	300	0.2
3	1.5×10^5	1	150	0.35
4	1.5×10^4	5	75	0.8
5	1.5×10^4	2	30	2.7
6	1×10^4	2	20	7.5
7	1.5×10^4	1	15	47
<i>160 mg Larvae</i>				
1	1.5×10^5	10	1500	0.12
2	1.5×10^5	5	750	0.23
3	1.5×10^5	2	300	0.4
4	3×10^4	5	150	0.7
5	1.5×10^4	5	75	1.8
6	1.5×10^4	3	45	5.5
7	1.5×10^4	2	30	60

* Symbols are shown in footnotes of Table 6.

Table 11. Values of W , W_0 , T , T_0 and K for dichlorvos against 40, 100, 200 and 1100mg larvae of *B. mori*.

W^* , μg	W_0 , μg	T , hr	T_0 , hr	K , $\mu\text{g}\cdot\text{hr}$
<i>40 mg Larvae</i>				
100	0.01	0.15	0.15	0
10	0.01	0.20	0.15	0.500
2	0.01	0.4	0.15	0.498
1	0.01	0.6	0.15	0.446
0.5	0.01	1.1	0.15	0.466
0.1	0.01	5.5	0.15	0.482
0.05	0.01	12	0.15	0.474
0.01	0.01	52	0.15	0
<i>100 mg Larvae</i>				
100	0.03	0.25	0.25	0
20	0.03	0.30	0.25	1.00
10	0.03	0.40	0.25	1.50
2	0.03	0.85	0.25	1.18
0.5	0.03	2.7	0.25	1.15
0.1	0.03	18	0.25	1.24
0.03	0.03	73	0.25	0
<i>200 mg Larvae</i>				
200	0.05	0.35	0.35	0
50	0.05	0.40	0.35	2.50
10	0.05	0.6	0.35	2.49
2	0.05	1.5	0.35	2.24
1	0.05	3.0	0.35	2.52
0.5	0.05	5.7	0.35	2.41
0.1	0.05	49	0.35	2.43
0.05	0.05	95	0.35	0
<i>1100 mg Larvae</i>				
1000	0.5	0.80	0.80	0
300	0.5	0.85	0.80	15.0
50	0.5	1.1	0.80	14.9
20	0.5	1.5	0.80	13.7
5	0.5	4.0	0.80	14.4
2	0.5	9.0	0.80	12.3
1	0.5	26	0.80	12.6
0.5	0.5	102	0.80	0

* W : Applied dose of the insecticide against a larva of *B. mori*. W_0 : The minimum applied dose of the insecticide T : Lethal time of the larva T_0 : The minimum lethal time K : The product of $(W-W_0)$ and $(T-T_0)$

These symbols are also used in Tables 12, 13, 14 and 15.

Table 12. Values of W, W₀, T, T₀ and K for malathion against 40, 100, 200 and 1100mg larvae of *B. mori*.

W*, μ g	W ₀ , μ g	T, hr	T ₀ , hr	K, μ g·hr
<i>40 mg Larvae</i>				
500	1	1.0	1.0	0
100	1	1.5	1.0	49.5
50	1	1.9	1.0	44.1
20	1	3.5	1.0	47.5
3	1	25	1.0	48.0
1	1	61	1.0	0
<i>100 mg Larvae</i>				
500	2	1.5	1.5	0
250	2	2.0	1.5	124
100	2	2.7	1.5	118
50	2	4	1.5	120
20	2	8	1.5	117
10	2	17	1.5	124
5	2	42	1.5	122
2	2	70	1.5	0
<i>200 mg Larvae</i>				
1000	5	2.0	2.0	0
500	5	2.5	2.0	248
250	5	3.0	2.0	245
100	5	4.5	2.0	238
20	5	18	2.0	240
10	5	49	2.0	235
5	5	98	2.0	0
<i>1100 mg Larvae</i>				
3000	200	5.0	5.0	0
2000	200	5.7	5.0	1260
1000	200	6.7	5.0	1360
500	200	9.5	5.0	1350
250	200	31	5.0	1300
200	200	168	5.0	0

* Symbols are shown in footnotes of Table 11.

Table 13. Values of W, W₀, T, T₀ and K for parathion against 40, 100, 200 and 1100mg larvae of *B.mori*.

W*, μg	W ₀ , μg	T, hr	T ₀ , hr	K, $\mu\text{g}\cdot\text{hr}$
<i>40 mg Larvae</i>				
10	0.05	0.9	0.9	0
2	0.05	1.4	0.9	0.975
0.5	0.05	3.0	0.9	0.945
0.2	0.05	7	0.9	0.915
0.1	0.05	20	0.9	0.955
0.05	0.05	53	0.9	0
<i>100 mg Larvae</i>				
20	0.075	1.4	1.4	0
5	0.075	1.9	1.4	2.46
2	0.075	2.6	1.4	2.31
0.5	0.075	7	1.4	2.38
0.2	0.075	21	1.4	2.45
0.075	0.075	70	1.4	0
<i>200 mg Larvae</i>				
200	0.1	2.0	2.0	0
50	0.1	2.1	2.0	4.99
10	0.1	2.5	2.0	4.95
5	0.1	3.0	2.0	4.90
2	0.1	4.5	2.0	4.75
0.5	0.1	13	2.0	4.44
0.2	0.1	49	2.0	4.71
0.1	0.1	91	2.0	0
<i>1100 mg Larvae</i>				
200	0.3	4.5	4.5	0
50	0.3	5.0	4.5	24.9
20	0.3	5.8	4.5	25.6
10	0.3	7.5	4.5	29.1
2	0.3	23	4.5	24.1
1	0.3	42	4.5	26.3
0.3	0.3	118	4.5	0

* Symbols are shown in footnotes of Table 11.

Table 14. Values of W , W_0 , T , T_0 and K for γ -BHC against 40, 100, 200 and 1100mg larvae of *B. mori*.

W^* , μg	W_0 , μg	T , hr	T_0 , hr	K , $\mu\text{g}\cdot\text{hr}$
<i>40 mg Larvae</i>				
200	0.05	0.7	0.7	0
20	0.05	0.85	0.7	2.93
10	0.05	1.0	0.7	2.99
2	0.05	2.4	0.7	3.32
0.5	0.05	8	0.7	3.29
0.2	0.05	22	0.7	3.20
0.05	0.05	60	0.7	0
<i>100 mg Larvae</i>				
200	0.1	1.1	1.1	0
50	0.1	1.25	1.1	7.49
20	0.1	1.5	1.1	7.96
5	0.1	2.8	1.1	8.33
2	0.1	4.5	1.1	8.36
0.5	0.1	21	1.1	7.96
0.1	0.1	82	1.1	0
<i>200 mg Larvae</i>				
500	0.2	1.7	1.7	0
200	0.2	1.8	1.7	20.0
50	0.2	2.0	1.7	15.0
20	0.2	2.5	1.7	15.8
5	0.2	5.0	1.7	15.8
2	0.2	11	1.7	16.7
0.5	0.2	49	1.7	14.2
0.2	0.2	105	1.7	0
<i>1100 mg Larvae</i>				
1000	10	4.0	4.0	0
200	10	4.5	4.0	95.0
100	10	5.0	4.0	90.0
50	10	6.2	4.0	88.0
20	10	12.5	4.0	85.0
10	10	130	4.0	0

* Symbols are shown in footnotes of Table 11.

Table 15. Values of W, W₀, T, T₀ and K for carbaryl against 40, 100, 200 and 1100mg larvae of *B.mori*.

W*, μg	W ₀ , μg	T, hr	T ₀ , hr	K, $\mu\text{g}\cdot\text{hr}$
<i>40 mg Larvae</i>				
75	0.02	0.07	0.07	0
3	0.02	0.3	0.07	0.685
1	0.02	0.7	0.07	0.617
0.5	0.02	1.3	0.07	0.590
0.2	0.02	3.5	0.07	0.617
0.1	0.02	7.5	0.07	0.594
0.02	0.02	38	0.07	0
<i>100 mg Larvae</i>				
150	0.2	0.1	0.10	0
75	0.2	0.18	0.10	5.98
25	0.2	0.35	0.10	6.20
3	0.2	2.2	0.10	5.88
1	0.2	7.5	0.10	5.92
0.2	0.2	55	0.10	0
<i>200 mg Larvae</i>				
750	0.5	0.15	0.15	0
300	0.5	0.20	0.15	15.0
150	0.5	0.25	0.15	15.0
75	0.5	0.35	0.15	14.9
25	0.5	0.8	0.15	15.9
3	0.5	6	0.15	14.6
1	0.5	31	0.15	15.4
0.5	0.5	78	0.15	0
<i>1100 mg Larvae</i>				
1000	30	0.35	0.35	0
750	30	0.5	0.35	108
300	30	0.7	0.35	94.5
150	30	1.1	0.35	90.0
75	30	2.5	0.35	96.8
30	30	125	0.35	0

* Symbols are shown in footnotes of Table 11.

Table 16. Values of W_0 , T_0 and K for five insecticides against the various instar larvae of *B. mori*.

Insecticides	Instar	Larvae Weight, M mg	Minimum applied dose, W_0 μg	Minimum lethal time, T_0 hr	K, $\mu\text{g}\cdot\text{hr}$				K*cal $\mu\text{g}\cdot\text{hr}$
					Range	Mean	S. D.	n	
Dichlorvos	3	40	0.01	0.15	0.446-0.500	0.475	0.019	5	0.48
	3	100	0.03	0.25	1.00-1.50	1.21	0.163	5	1.2
	4	200	0.05	0.35	2.24-2.52	2.43	0.102	6	2.4
	5	1100	0.5	0.8	12.3-15.0	13.8	1.012	6	13.3
Malathion	3	40	1	1.0	44.1-49.5	47.3	2.00	4	48
	3	100	2	1.5	117-124	121	2.79	6	120
	4	200	5	2.0	235-248	241	4.64	5	240
	5	1100	200	5.0	1260-1360	1318	40.2	4	1320
Parathion	3	40	0.05	0.9	0.915-0.975	0.948	0.022	4	0.96
	3	100	0.075	1.4	2.31-2.46	2.40	0.060	4	2.4
	4	200	0.1	2.0	4.44-4.99	4.79	0.186	6	4.8
	5	1100	0.3	4.5	24.1-29.1	26.0	1.73	5	26.4
γ -BHC	3	40	0.05	0.7	2.93-3.32	3.14	0.153	5	3.2
	3	100	0.1	1.1	7.49-8.36	8.02	0.279	5	8.0
	4	200	0.2	1.7	14.2-20.0	16.3	1.84	6	16
	5	1100	10	4.0	85.0-95.0	89.5	3.64	4	88
Carbaryl	3	40	0.02	0.07	0.590-0.685	0.621	0.034	5	0.6
	3	100	0.2	0.10	5.88-6.20	5.99	0.124	4	6
	4	200	0.5	0.15	14.6-15.9	15.1	0.426	6	15
	5	1100	30	0.35	90-108	97.3	6.63	4	96

* Kcal: Calculated values that were substituted a , B and M of each insecticide for equation $K=aM+B$, where a for dichlorvos, for malathion, for parathion, for γ -BHC and for carbaryl are 0.012, 1.2, 0.024, 0.08 and 0.09 respectively, and B for carbaryl is -3.0 , for the others are 0.

Table 17. Values of W , W_0 , T , T_0 and K for dichlorvos against 20, 40, 80 and 160mg larvae of *H. cunea*.

W^* , μg	W_0 , μg	T , hr	T_0 , hr	K , $\mu\text{g}\cdot\text{hr}$
<i>20 mg Larvae</i>				
200	1	0.2	0.2	0
100	1	0.35	0.2	14.9
20	1	1.1	0.2	17.1
10	1	2.0	0.2	16.2
5	1	4.3	0.2	16.4
2	1	16	0.2	15.8
1	1	43	0.2	0
<i>40 mg Larvae</i>				
500	2	0.3	0.3	0
200	2	0.5	0.3	39.6
50	2	1.1	0.3	38.4
20	2	2.3	0.3	38.0
10	2	4.9	0.3	36.8
5	2	13	0.3	38.1
2	2	52	0.3	0
<i>80 mg Larvae</i>				
1000	5	0.4	0.4	0
200	5	0.8	0.4	78.0
50	5	2.2	0.4	81.0
20	5	6.2	0.4	87.0
10	5	17	0.4	83.0
5	5	70	0.4	0
<i>160 mg Larvae</i>				
2000	10	0.6	0.6	0
500	10	0.9	0.6	147
200	10	1.5	0.6	171
100	10	2.5	0.6	171
50	10	5.2	0.6	184
20	10	18	0.6	174
10	10	95	0.6	0

* W : Applied dose of the insecticide against a larva of *H. cunea* W_0 : The minimum applied dose of the insecticide T : Lethal time of the larva T_0 : The minimum lethal time K : The product of $(W-W_0)$ and $(T-T_0)$

These symbols are also used in Tables 18, 19, 20 and 21.

Table 18. Values of W, W₀, T, T₀ and K for malathion against 20, 40, 80 and 160mg larvae of *H. cunea*.

W*, μg	W ₀ , μg	T, hr	T ₀ , hr	K, $\mu\text{g}\cdot\text{hr}$
<i>20 mg Larvae</i>				
1000	20	1.5	1.5	0
500	20	2.8	1.5	624
200	20	5.5	1.5	720
100	20	9.5	1.5	640
50	20	21	1.5	585
20	20	51	1.5	0
<i>40 mg Larvae</i>				
1500	50	2.1	2.1	0
1000	50	3.5	2.1	1235
500	50	5	2.1	1305
250	50	9	2.1	1380
100	50	26	2.1	1195
50	50	60	2.1	0
<i>80 mg Larvae</i>				
2000	200	3.0	3.0	0
1000	200	6.5	3.0	2800
750	200	7.5	3.0	2475
500	200	11	3.0	2400
300	200	29	3.0	2600
200	200	74	3.0	0
<i>160 mg Larvae</i>				
5000	500	4.5	4.5	0
2000	500	8	4.5	5250
1500	500	10	4.5	5500
1000	500	14	4.5	4750
750	500	24	4.5	4875
500	500	87	4.5	0

* Symbols are shown in footnotes of Table 17.

Table 19. Values of W, W₀, T, T₀ and K for parathion against 20, 40, 80 and 160mg larvae of *H. cunea*.

W*, μg	W ₀ , μg	T, hr	T ₀ , hr	K, $\mu\text{g}\cdot\text{hr}$
<i>20 mg Larvae</i>				
50	0.1	1.3	1.3	0
20	0.1	1.5	1.3	3.98
5	0.1	2.1	1.3	3.92
2	0.1	3.5	1.3	4.18
1	0.1	6	1.3	4.23
0.5	0.1	12	1.3	4.28
0.2	0.1	40	1.3	3.87
0.1	0.1	65	1.3	0
<i>40 mg Larvae</i>				
100	0.2	2.0	2.0	0
50	0.2	2.2	2.0	9.96
10	0.2	3.1	2.0	10.78
5	0.2	4.5	2.0	11.04
1	0.2	14	2.0	9.60
0.5	0.2	33	2.0	9.30
0.2	0.2	78	2.0	0
<i>80 mg Larvae</i>				
150	0.5	2.5	2.5	0
50	0.5	3.0	2.5	24.8
10	0.5	4.8	2.5	21.9
5	0.5	7.5	2.5	22.5
1	0.5	45	2.5	21.3
0.5	0.5	92	2.5	0
<i>160 mg Larvae</i>				
200	1.5	4.0	4.0	0
50	1.5	5.0	4.0	48.4
20	1.5	6.5	4.0	46.3
10	1.5	9.5	4.0	46.8
5	1.5	17	4.0	45.5
3	1.5	33	4.0	43.5
1.5	1.5	105	4.0	0

* Symbols are shown in footnotes of Table 17.

Table 20. Values of W, W₀, T, T₀ and K for γ -BHC against 20, 40, 80 and 160mg larvae of *H. cunea*.

W*, μ g	W ₀ , μ g	T, hr	T ₀ , hr	K, μ g·hr
<i>20 mg Larvae</i>				
500	0.5	0.4	0.4	0
200	0.5	0.65	0.4	49.9
50	0.5	1.4	0.4	49.5
20	0.5	3.0	0.4	50.7
5	0.5	12	0.4	52.2
2	0.5	33	0.4	48.9
0.5	0.5	61	0.4	0
<i>40 mg Larvae</i>				
750	2	0.6	0.6	0
500	2	0.8	0.6	99.6
100	2	1.6	0.6	98.0
50	2	2.8	0.6	105.6
10	2	13	0.6	99.2
5	2	32	0.6	94.2
2	2	68	0.6	0
<i>80 mg Larvae</i>				
1000	5	0.8	0.8	0
500	5	1.2	0.8	198
100	5	3.0	0.8	209
50	5	5.4	0.8	207
20	5	14	0.8	198
10	5	39	0.8	191
5	5	98	0.8	0
<i>160 mg Larvae</i>				
2500	20	1.2	1.2	0
1000	20	1.6	1.2	392
500	20	2.0	1.2	384
100	20	6.5	1.2	424
50	20	15	1.2	414
30	20	41	1.2	398
20	20	125	1.2	0

* Symbols are shown in footnotes of Table 17.

Table 21. Values of W , W_0 , T , T_0 and K for carbaryl against 20, 40, 80 and 160mg larvae of *H. cunea*.

W^* , μg	W_0 , μg	T , hr	T_0 , hr	K , $\mu g \cdot hr$
<i>20 mg Larvae</i>				
450	3	0.04	0.04	0
150	3	0.1	0.04	8.82
30	3	0.4	0.04	9.72
15	3	0.9	0.04	10.32
7.5	3	2.2	0.04	9.72
5	3	4.8	0.04	9.52
3	3	21	0.04	0
<i>40 mg Larvae</i>				
600	7.5	0.06	0.06	0
150	7.5	0.2	0.06	20.0
75	7.5	0.35	0.06	19.6
30	7.5	0.9	0.06	18.9
15	7.5	2.6	0.06	19.1
10	7.5	7.5	0.06	18.6
7.5	7.5	35	0.06	0
<i>80 mg Larvae</i>				
900	15	0.08	0.08	0
300	15	0.2	0.08	33.0
150	15	0.35	0.08	36.5
75	15	0.8	0.08	43.2
30	15	2.7	0.08	39.3
20	15	7.5	0.08	37.1
15	15	47	0.08	0
<i>160 mg Larvae</i>				
1500	30	0.12	0.12	0
750	30	0.23	0.12	79.2
300	30	0.4	0.12	75.6
150	30	0.7	0.12	69.6
75	30	1.8	0.12	75.6
45	30	5.5	0.12	80.7
30	30	60	0.12	0

* Symbols are shown in footnotes of Table 17.

Table 22. Values of W_0 , T_0 and K for five insecticides against the various instar larvae of *H. cunea*.

Insecticides	Larvae		Minimum applied dose, W_0 μg	Minimum lethal time, T_0 hr	K, $\mu\text{g}\cdot\text{hr}$			n	K*cal $\mu\text{g}\cdot\text{hr}$
	Instar	Weight, M mg			Range	Mean	S. D.		
Dichlorvos	3	20	1	0.2	14.9-17.1	16.1	0.739	5	16
	3	40	2	0.3	36.8-39.6	38.2	0.986	5	38
	4	80	5	0.4	78.0-87.0	82.3	3.27	4	82
	5	160	10	0.6	147-184	169	12.3	5	170
Malathion	3	20	20	1.5	585-720	642	49.2	4	640
	3	40	50	2.1	1195-1380	1279	70.5	4	1280
	4	80	200	3.0	2400-2800	2569	151	4	2560
	5	160	500	4.5	4750-5500	5094	298	4	5120
Parathion	3	20	0.1	1.3	3.87-4.28	4.08	0.159	6	4
	3	40	0.2	2.0	9.30-11.0	10.1	0.672	5	10
	4	80	0.5	2.5	21.3-24.8	22.6	1.54	4	22
	5	160	1.5	4.0	43.5-48.4	46.1	1.60	5	46
γ -BHC	3	20	0.5	0.4	48.9-52.2	50.2	1.14	5	50
	3	40	2	0.6	94.2-105.6	99.3	3.67	5	100
	4	80	5	0.8	191-209	201	6.86	5	200
	5	160	20	1.2	384-424	402	14.6	5	400
Carbaryl	3	20	3	0.04	8.82-10.3	9.62	0.482	5	9.6
	3	40	7.5	0.06	18.6-20.6	19.2	0.562	5	19.2
	4	80	15	0.08	33.0-43.2	37.8	3.77	5	38.4
	5	160	30	0.12	69.6-80.7	76.1	3.84	5	76.8

* Kcal: Calculated values that were substituted a , B and M of each insecticide for equation $K=aM+B$, where a for dichlorvos, for malathion, for parathion, for γ -BHC and for carbaryl are 1.1, 32, 0.30, 2.5 and 0.48, and B for these insecticides are -6.0, 0, -2.0, 0 and 0 respectively.