

The Size Factors in the Toxic Action of Furamethrin and Tetramethrin upon Gypsy Moth Larvae. Sumio NAGASAWA, Tsutomu KANZAKI and Akitoshi NAGATSU (Faculty of Agriculture, Shimane University, Matsue, Shimane, Japan) Received September 3, 1977. *Botyu-Kagaku*, 42, 165, 1977. (with English Summary 170)

25. マイマイガの幼虫に対する furamethrin と tetramethrin の毒性、とくに size factor の算定 長澤純夫, 神崎務, 永津明敏 (鳥根大学農学部生物汚染化学研究室) 52. 9. 3 受理

1. マイマイガの幼虫が furamethrin と tetramethrin の被毒によって麻痺仰転するまでの時間(分)の逆数 $\times 1,000$, すなわち致死速度の対数 y と, これに対する投与薬量(μg) d_* の対数 x_1 と, 体重($\text{g} \times 10$) w の対数 x_2 の関係を算定, それぞれ $Y=2.11401+0.46721x_1-1.24070 x_2$ および $Y=2.04155+0.23539x_1-0.75836x_2$ の重回帰式を得た.

2. ふたつの偏回帰係数から, 個体ごと体重のちがいを平均化するための size factor $w^{h*}=-2.58480$ および -2.65731 をもとめ, 個々の体重換算薬量 $z^*=\log(dw^{h*})=x_1+h^*x_2$ を算定して, さきの重回帰式をそれぞれ, $Y=2.0893+0.4754z^*$ および $Y=2.0404+0.2348z^*$ の単回帰式とした.

3. Size factor の信頼限界をもとめるとともに, slope coefficient の値から生物試験結果の信頼性をたしかめた. 分散分析の結果から, 薬量と体重とによって説明される反応速度のばらつき割合を算定, 両薬剤とも体重の寄与分は薬量の約2倍に達することを示した.

種々の薬物に対する生物の反応を *in vivo* において見る試験で, 供試する材料の大きさが大幅に異なる場合は, 普通その大きさに正比例した薬量が与えられ, 反応が測定されている. しかし, 厳密には, 後で述べる size factor $w^{h*}=-1$ のごく限られた場合だけにこれは成立することである. 一方, 昆虫を供試材料に, 殺虫剤の有効度を評価するための計数試験においては, 性, 令期, 虫態などが同一であれば, それらは概ね大きさの等しい個体群であるという前提のもとに, ひとつの薬量レベルに割り当てられた1群の供試昆虫には, 一律に等しい薬量が与えられ, 反応率が調べられている. すなわちこれは $w^{h*}=0$ の条件が満足されていると考えて実験が行なわれ, 結果が整理されているのに他ならない. しかし, しばしばわれわれは大きさの著しく相違した個体群を用いて, 有効度を評価する試験を行なわなければならない場合に遭遇する. 例えば, マイマイガは地方的変異に富み, ある一地方の1卵塊から出発した個体群であっても, それらの大きさは大幅に異なり, 試験を行ない結果を取りまとめるに当たっては, この大きさの因子を考慮に入れて薬量を補正する必要がある.

本文においては, プレスロイド系殺虫剤の furamethrin と tetramethrin が, マイマイガの幼虫に対して示す毒性を評価した実験結果を用いて, この問題を考える.

本文に入るに先立ち, 供試材料の送付を戴いた農林省林業試験場浅川実験林岩田善三技官と, 供試材料の提供を戴いた大日本除虫菊株式会社中央研究所勝田純

郎所長に深謝の意を表する.

材料および方法

供試昆虫: この実験に用いたマイマイガ *Lymantria disper* (L.) の幼虫は, 1977年2月に東京都青梅市富岡のクリの樹幹から採集した1卵塊に出发したもので, 4月初旬, 実験室の環境条件下でふ化した幼虫を, 第2令までノイバラの幼芽で飼育し, その後は, 約10匹を1群として直径10cm, 高さ4.5cmのポリエチレン製カップで, ポプラの葉を与えて飼育した. 試験には, 概ねその第4令期のものを用いた.

供試薬剤: Furamethrin (Pynamin-D®, 5-propargyl-2-furylmethyl chrysanthemate) および tetramethrin (phthalthrin, Neo-pynamin®, *N*-(3,4,5,6-tetrahydro phthalimido) methyl chrysanthemate) は, それぞれ純度81.0%および92.4%の試料で, この10mgをアセトンで10ccの溶液とし, 更に対数値 $i=0.15$ の間隔で所要の濃度に稀釈した.

試験方法: 供試昆虫は薬液処理前(前に, その体重をmgの単位まで測定し, 稀釈した薬液5 μl をArnold hand microapplicatorで, その胸部背面に滴下処理した. 処理後は1個体づつ直径9cmのペトリ皿に入れ, この処理の時から苦悶仰転するまでの時間を測定記録した.

結果と考察

実験の結果として Table 1 に掲げた数値は, マイマイガの幼虫に対する furamethrin の毒性を見たも

Table 1. Rate of toxic action of furamethrin in larvae of the gypsy moth

Larva No.	Dose x_1	Weight x_2	Rate y	z^*	Larva No.	Dose x_1	Weight x_2	Rate y	z^*
1	1.70	1.414	0.932	-1.9549	40	1.24	1.334	0.921	-2.2081
2	1.70	1.364	1.102	-1.8257	41	1.10	1.239	1.051	-2.2318
3	1.70	1.170	2.000	-1.3242	42	1.10	1.044	1.337	-1.5985
4	1.70	0.920	1.959	-0.6780	43	1.10	1.392	0.815	-2.4980
5	1.70	0.661	2.301	-0.0086	44	1.10	1.345	1.194	-2.3766
6	1.70	1.315	0.714	-1.6990	45	1.10	1.336	0.577	-2.3533
7	1.70	1.185	1.432	-1.3630	46	1.10	1.236	1.268	-2.0948
8	1.70	1.354	1.398	-1.7998	47	1.10	1.412	0.932	-2.5497
9	1.70	1.392	0.907	-1.8930	48	1.10	1.135	0.863	-1.8337
10	1.70	1.033	1.432	-0.9701	49	1.10	1.350	1.229	-2.3895
11	1.54	1.378	1.523	-2.0319	50	1.10	1.345	1.229	-2.3766
12	1.54	0.864	2.046	-0.6933	51	0.94	1.480	0.633	-2.8855
13	1.54	1.001	2.000	-1.0474	52	0.94	1.034	1.036	-1.8619
14	1.54	1.139	1.699	-1.4041	53	0.94	1.417	0.567	-2.7227
15	1.54	1.318	0.730	-1.8668	54	0.94	1.442	1.495	-2.7873
16	1.54	1.201	1.027	-1.5643	55	0.94	1.212	1.092	-2.1923
17	1.54	1.407	1.018	-2.0968	56	0.94	1.431	0.479	-2.7588
18	1.54	1.346	1.310	-1.9391	57	0.94	1.265	0.478	-2.3298
19	1.54	1.385	1.180	-2.0399	58	0.94	1.044	1.149	-1.7585
20	1.54	1.423	1.387	-2.1382	59	0.94	1.323	0.910	-2.4797
21	1.40	1.256	0.979	-1.8465	60	0.94	1.389	1.137	-2.6503
22	1.40	1.003	1.509	-1.1926	61	0.80	1.268	0.750	-2.4775
23	1.40	1.481	0.577	-2.4231	62	0.80	1.369	0.562	-2.7386
24	1.40	1.238	1.194	-1.8000	63	0.80	1.389	1.125	-2.7903
25	1.40	0.574	2.097	-0.0837	64	0.80	1.233	0.703	-2.3871
26	1.40	1.261	1.538	-1.8594	65	0.80	1.477	1.125	-3.0177
27	1.40	1.300	1.004	-1.9602	66	0.80	1.440	1.553	-2.9221
28	1.40	1.379	0.830	-2.1644	67	0.80	1.333	0.719	-2.6455
29	1.40	1.336	1.244	-2.0533	68	0.80	0.827	1.495	-1.3376
30	1.40	1.225	1.114	-1.7664	69	0.80	1.376	0.499	-2.7567
31	1.24	1.164	1.119	-1.7687	70	0.64	1.405	0.559	-2.9916
32	1.24	1.391	0.697	-2.3555	71	0.64	0.943	1.167	-1.7975
33	1.24	1.272	1.602	-2.0479	72	0.64	1.441	1.097	-3.0847
34	1.24	0.978	1.252	-1.2879	73	0.64	0.986	1.201	-1.9086
35	1.24	1.355	0.842	-2.2624	74	0.64	1.311	0.559	-2.7487
36	1.24	1.253	0.991	-1.9988	75	0.64	1.569	0.622	-3.4156
37	1.24	1.282	1.125	-2.0737	76	0.64	1.303	0.790	-2.7280
38	1.24	1.219	1.149	-1.9109	77	0.64	1.270	0.559	-2.6437
39	1.24	1.409	1.046	-2.4020	78	0.64	1.374	0.544	-2.9115

ので、 x_1, x_2 は、それぞれ投与薬量 (μg) d_* と体重 ($\text{g} \times 10$) w の対数、 y は仰転までの時間 (分) の逆数 $\times 1,000$ 、すなわち反応速度の対数で、供試個体別に示したものである。ここで反応 y は、ふたつの独立変数 x_1, x_2 の次のような関数として表わしうると考える。

$$Y = a + b_1(x_1 - \bar{x}_1) + b_2(x_2 - \bar{x}_2)$$

この多重回帰式の Y は x_1, x_2 を与えた時の反応 y の期待値で、係数 $a = \bar{y}$ (反応の平均)、および偏回帰係

数 b_1, b_2 はいづれもデータから計算される。この多重回帰式は $a' = \bar{y} - b_1\bar{x}_1 - b_2\bar{x}_2$ とおくと、

$$Y = a' + b_1x_1 + b_2x_2$$

となる。先にも述べたように $x_1 = \log d_*, x_2 = \log w$ であるから、

$$Y = a' + b_1(\log d_* + b_2/b_1 \log w)$$

と書くことができる。 $b_2/b_1 = h^*$ とおき、体重換算の size factor を w^{h^*} で定義すると、上の多重回帰式は、

$$Y = a' + b_1 \log(d_* w^{h_*})$$

という、 y の $d_* w^{h_*}$ に対する単回帰式に帰着する。一般に体重が大きいほど反応 y の値は小さくなるから、上の偏回帰係数 b_2 はほとんど常に負となるはずである。

いまここで $h_* = -1$ の場合は、

$$d_* w^{h_*} = \frac{d_*}{w}$$

となり、同じ y をうるためには、体重に正比例した薬量を与えればよいことを意味する。哺乳類を用いて薬物の毒性を *in vivo* で調べる試験において、慣例的に体重に正比例した薬量を与えて反応を見ているのは、この $h_* = -1$ の条件がなりたつことを前提に行なっているものに他ならない。一方、 $h_* = 0$ の場合は、 $h_* = b_2/b_1$ から $b_2 = 0$ となり、体重には無関係になる。殺虫試験において、ひとつの薬量レベルに割り当てられた1群の供試昆虫に対して、一樣に同じ薬量を与えるのは、この $h_* = 0$ の条件が満たされているものと考えて、行なわれているものである。

Table 1 に示した実験値の、和と平均、および生の平方和と積和とから偏差平方和 $[x_1^2], [x_2^2]$ および偏差積和 $[x_1 x_2]$ を求め、これらを用いて行列式 D を求め、逆行列 $c_{11}, c_{12} = c_{21}, c_{22}$ を導き、これらと偏差積和 $[x_1 y], [x_2 y]$ とから、 b_1, b_2 および a' を計算して Table 2 に示した、従って求める y に対する x_1, x_2 の多重回帰式は、

$$Y = 2.11401 + 0.46721x_1 - 1.24076x_2$$

となる。これから $h_* = b_2/b_1 = -2.58480$ が得られ、体重換算薬量 $z_* = \log(d_* w^{h_*}) = x_1 + h_* x_2 = x_1 - 2.58480x_2$ を計算して表示したのが、Table 1 の z_* の欄の数値である。この z_* に対する y の回帰を求めると、

$$Y = 1.1029 + 0.4754(z_* + 2.0748) \\ = 2.0393 + 0.4754z_*$$

となり、回帰係数は先に求めた b_1 と相似している。そして、この関係を図示したのが Fig. 1 である。

分散分析によって、多重回帰式の全体としての有意性と、おのおのの偏回帰係数 b_1, b_2 の重要性を検定した結果が Table 3 で、いずれも有意である。そして、 b_2 の有意性は b_1 のそれの2倍以上である。もし b_2 が有意でない場合は、体重換算を必要としないことを意味し、抽出誤差の範囲内で $h_* = 0$ に一致する。Table 3 の数値から全体の平方和 $[y^2]$ のうち、薬量と体重で説明される部分、すなわち b_1 と b_2 の結合効果の割合、

$$R^2 = 0.548267$$

を得る。これは薬剤処理の時から反応判定基準に至るまでの時間のばらつきの55%が、薬量と体重によって説明しうることを示している。そして、その平方根 R

Table 2. Crude and corrected SS and SP and others of toxic action of furamethrin, tetramethrin and pyrethrum extract for larvae of the gypsy moth.

	Furamethrin	Tetramethrin	Pyrethrins
N	78	80	80
Σx_1	92.16	93.6	93.6
Σx_2	98.265	98.318	98.407
Σy	86.027	115.476	112.397
$[x_1^2]$	9.083815	9.512000	9.512000
$[x_1 x_2]$	-1.000857	1.526900	0.348850
$[x_2^2]$	2.713678	2.432646	3.653104
D	23.648834	20.807905	34.626629
c_{11}	0.1147479	0.1169105	0.1055016
c_{12}	0.0423212	-0.0733813	-0.0100748
c_{22}	0.3841091	0.4571372	0.2747006
$[x_1 y]$	5.485911	1.556640	1.034970
$[x_2 y]$	-3.834678	-1.409051	-1.201525
$[y^2]$	13.352986	5.951490	6.510527
b_1	0.467209	0.285386	0.121296
b_2	-1.240761	-0.758358	-0.340494
a'	2.114009	2.041551	1.631884
ΣB_i^2	7.320997	1.512808	0.534650
R^2	0.548267	0.254190	0.089463
s^2	0.080427	0.057645	0.077609
n	75	77	77
h_*	-2.58480	-2.65731	-2.80713
C	1.201587	1.488276	-0.828821
K	0.074349	-0.306477	0.174642
l^2	3.9631	3.9649	3.9649

が重相関係数である。そして、 R^2 の補正値は、

$$\hat{\rho}^2 = R^2 - \frac{m-1}{N-m-1}(1-R^2) \\ = 0.542244$$

となる。ここで m は、偏回帰係数の数である。slope coefficient

$$C = b_1^2 / (b_1^2 - c_{11}s^2) = 1.201587$$

となり、 $1 < C < 2, b_1^2 = 0.218284 > 2l^2s^2c_{11} = 0.073241$ で、本実験の結果は充分使いものになることを示している。なお、この C は、回帰の部分と誤差の部分との対決を示すもので、 $C=1$ の時はその回帰の勾配が完全に信頼できることを意味し、 $C > 2$ または $C < 0$ になるような場合は、その生物試験結果は信頼できるものでないことを示すものである。一方、ふたつの独立変数 x_1, x_2 の間の共分散の補正項は、

$$K = (C-1)c_{12}/c_{11} = 0.074349$$

となる。これらの C, K と、 $n = N - m - 1 = 75$ に対する t 表の5%の値 $t = 1.992$ から l^2 を求め、先に示した b_1, c_{11}, s^2 とから h_* の信頼限界

$$X_{h_*} = Ch_* - K \pm \sqrt{(C-1)(Ch_*^2 + c_{22}/c_{11}) + K(K - 2Ch_*)}$$

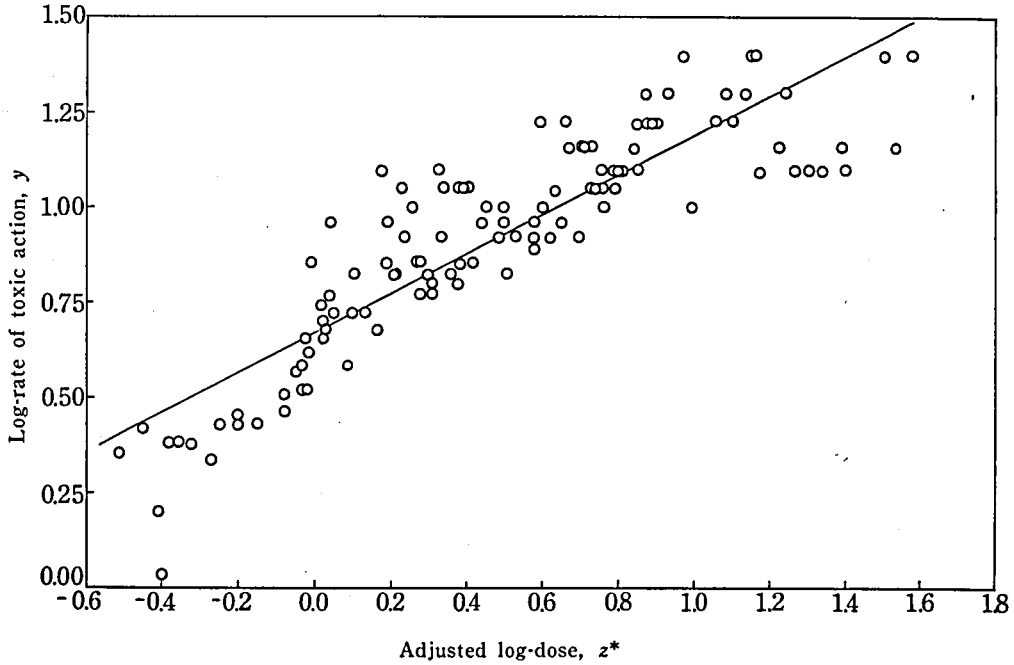


Fig. 1. Dosage response curve for toxic action of furamethrin in gypsy moth larvae.

Table 3. Analysis of variance of toxic action of furamethrin and tetramethrin in Tables 1 and 4.

Row	Term	Furamethrin				Tetramethrin			
		DF	SS	MS	F	DF	SS	MS	F
1	Combined effect of b_i 's	2	7.320997	3.660499	45.51	2	1.512808	0.756404	13.12
2	Test of b_1	1	1.902294	1.902294	23.65	1	0.696645	0.696645	12.09
3	Test of b_2	1	4.007964	4.007964	49.83	1	1.258062	1.258062	21.82
4	Residual error	75	6.031989	0.080427		77	4.438682	0.057615	
5	Total	77	13.352986			79	5.951490		

を求めると、 -3.1802 ± 1.6615 となる。すなわち95%の信頼限界において、size factor は $-4.8417 \sim -1.5187$ の間にあり、最も適当な値として -2.5848 があげられる、言い換えれば、体重が k 倍のマイマイガの幼虫を furamethrin で同じ時間で所期の反応をうるためには、 $k^{2.5848}$ の薬量を与えなければならないことを意味する。

Table 4 は、同様の実験を tetramethrin を用いて行なった結果で、Table 2 第3欄のCの値が示すように、この実験の結果は信頼するに足る数値であることがわかる。偏回帰係数 b_1 、 b_2 の有意性を検定した Table 3 の結果が示すように、これらは共に有意である。そして、 b_2 の有意性は b_1 の約2倍であるこ

とは、前の furamethrin の場合と同じである。しかし、全体の平方和のうち、薬量と体重で説明される割合は 0.254190 で、薬液滴下の中から反応判定基準到達までの時間のばらつきの25%を説明しうるに過ぎない。求める y に対する x_1 、 x_2 の多重回帰式は、

$$Y = 2.04155 + 0.23539x_1 - 0.75836x_2$$

で、これから size factor $h^* = -2.65731$ となる。そして、その信頼限界は $-5.8187 \sim -1.4780$ である。体重が k 倍のマイマイガの幼虫を tetramethrin で同じ時間で、同様の反応をうるためには、 $k^{2.657}$ の薬量を与えなければならない。この数値は、先の furamethrin のそれとほとんど同じである。Fig. 2 は、この h^* を用いて、体重換算を行なった薬量 z^* と反

Table 4. Rate of toxic action of tetramethrin in larvae of the gypsy moth.

Larva No.	Dose x_1	Weight x_2	Rate y	z^*	Larva No.	Dose x_1	Weight x_2	Rate y	z^*
1	1.70	1.311	1.432	-1.7837	41	1.10	1.350	1.538	-2.4874
2	1.70	1.341	1.824	-1.8635	42	1.10	1.388	1.208	-2.5883
3	1.70	1.409	1.886	-2.0441	43	1.10	1.383	1.602	-2.5751
4	1.70	1.408	1.310	-2.0415	44	1.10	1.071	1.585	-1.7460
5	1.70	1.471	1.796	-2.2089	45	1.10	1.013	1.301	-1.5919
6	1.70	1.305	1.495	-1.7678	46	1.10	1.038	1.538	-1.6583
7	1.70	1.262	1.301	-1.6535	47	1.10	0.914	1.585	-1.3288
8	1.70	1.271	1.495	-1.6774	48	1.10	0.998	1.323	-1.5520
9	1.70	1.306	1.495	-1.7704	49	1.10	1.356	1.125	-2.5033
10	1.70	1.339	1.409	-1.8581	50	1.10	1.040	1.602	-1.6636
11	1.54	1.338	1.214	-2.0155	51	0.94	1.308	1.102	-2.5358
12	1.54	1.364	1.131	-2.0846	52	0.94	1.415	1.602	-2.8201
13	1.54	1.429	1.886	-2.2573	53	0.94	1.449	1.222	-2.9104
14	1.54	1.332	1.174	-1.9995	54	0.94	1.060	1.959	-1.8767
15	1.54	1.262	1.678	-1.8135	55	0.94	1.449	0.807	-2.9104
16	1.54	1.416	1.633	-2.2223	56	0.94	1.090	1.523	-1.9565
17	1.54	0.888	1.959	-0.8197	57	0.94	0.844	1.854	-1.3023
18	1.54	1.137	1.921	-1.4814	58	0.94	0.912	1.357	-1.4835
19	1.54	1.279	1.699	-1.8587	59	0.94	1.063	1.658	-1.8847
20	1.54	1.232	1.229	-1.8667	60	0.94	1.277	1.310	-2.4534
21	1.40	1.422	0.959	-2.3787	61	0.80	1.217	1.234	-2.4339
22	1.40	1.347	1.620	-2.1794	62	0.80	1.204	1.301	-2.3994
23	1.40	1.408	0.939	-2.3415	63	0.80	1.302	1.268	-2.6593
24	1.40	1.373	0.955	-2.2485	64	0.80	1.336	1.276	-2.7502
25	1.40	1.052	1.367	-1.3955	65	0.80	1.407	1.378	-2.9388
26	1.40	1.238	1.678	-1.8897	66	0.80	1.100	1.357	-2.1230
27	1.40	1.282	1.699	-2.0067	67	0.80	0.732	1.959	-1.1452
28	1.40	1.229	1.553	-1.8658	68	0.80	1.003	1.433	-1.8786
29	1.40	1.337	1.167	-2.1523	69	0.80	1.030	1.569	-1.9370
30	1.40	1.342	1.602	-2.1661	70	0.80	1.314	1.469	-2.6917
31	1.24	1.420	0.921	-2.5334	71	0.64	1.142	1.569	-2.3946
32	1.24	1.344	1.284	-2.3314	72	0.64	1.223	1.658	-2.6232
33	1.24	1.337	1.237	-2.3123	73	0.64	0.972	1.367	-1.9429
34	1.24	1.315	1.699	-2.2544	74	0.64	1.214	1.114	-2.5860
35	1.24	1.096	1.796	-1.6724	75	0.64	1.255	1.027	-2.6949
36	1.24	1.239	1.377	-2.0524	76	0.64	1.431	1.071	-3.1626
37	1.24	1.083	1.237	-1.6379	77	0.64	1.359	1.155	-2.9713
38	1.24	0.778	1.921	-0.8274	78	0.64	0.985	1.276	-1.9775
39	1.24	1.352	1.620	-2.3527	79	0.64	1.348	1.553	-2.9421
40	1.24	1.221	1.678	-2.0046	80	0.64	0.951	1.276	-1.8871

応 y の関係を示すもので、その回帰方程式は、

$$Y = 1.4435 + 0.2848(z^* + 2.0958) \\ 2.0404 + 0.2848z^*$$

となり、回帰係数は先の偏回帰係数 b_1 とほとんど違っていない。

また furamethrin, tetramethrin の両者について、 y と z^* との関係から outlier と思われる実験結果を、2, 3 ひろい出して棄却検定を行なってみたが、

いづれも結果のとりまとめに当って、それらを除外して考える必要のないことがわかった。

なお、その詳細な数値をここに示すことをしなないが、有効成分20.3%を含有する除虫菊エキスについて、同様の実験を行なって得た結果が Fig. 3 である。この実験では、処理薬量は1個体当たり4.375~50 μ gで、供試個体の体重は0.2739~3.6778gの範囲で、これらの処理から、所期の判定基準に至るまでの時間は7~

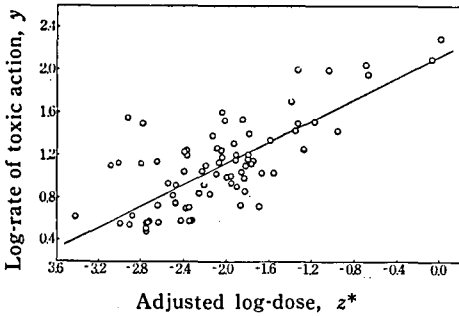


Fig. 2. Dosage response curve for toxic action of tetramethrin in gypsy moth larvae.

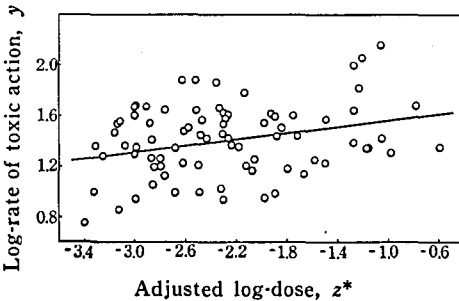


Fig. 3. Dosage response curve for toxic action of pyrethrins in gypsy moth larvae

178分であった。Table 2第4欄に示したCの値は0より小さく、実験結果としては使いものにならないことを示している。これは除虫菊エキスの場合 furamethrin, tetramethrin に比べて毒性の判定基準を見きわめることが容易でなく、そのことによっているものと思われる。b₁の有意性を検定した結果は、有意でなく、判定基準に至るまでの時間を説明することは難しく、また体重によって説明される部分は有意であるが、両者をあわせても全体の平方和に対する割合はR²=0.039463で、滴下の時から反応判定基準に至るまでの時間のばらつきの僅か9%を、薬量と体重をもって説明しうるだけである。

ところで、上に述べたような解析の方法は、x₁, x₂ふたつの種々の組み合わせを、ひとつの供試個体群に与えて、所期の反応を示すyが、全ての個体で得られた場合に適用され、size factorを算定することが可能である。

佐藤・諏訪内³⁻⁵⁾は、ヨトウガ、ハスモンヨトウ、ハチミツガ、カイコガおよびアメリカシロヒトリの幼虫に対する諸種の殺虫剤の毒性を、定量的に表現する試案を示している。その実験では、ひとつの投与薬量レベルに割り当てられる供試個体群の体重を、予めそ

ろえておいて、薬剤を塗布し、すなわちx₁, x₂を一定にしておいてその反応時間yが個々に観察記録されているが、実験結果の整理に当って、この反応時間を平均化した上で、施用薬量一致死時間の関係を表わす実験式を算定している。しかしx₁とx₂の種々の組み合わせによって、yがすべての個体に求められる、すなわち所期の反応を示す時間を、決めることのできた実験結果に対しては、体重換算のsize factorの概念を取り入れた、上述のような単回帰式によって、施用薬量と致死時間の関係を表わす方が、より簡単であり、理解が容易であろう。

引用文献

- 1) Bliss, C. I.: *J. Exptl. Biol.*, 13, 95 (1936).
- 2) Bliss, C. I.: *Statistics in Biology II*. 639pp. McGraw-Hill Book Co., New York (1970).
- 3) 佐藤仁彦・諏訪内正名: *防虫科学*, 41, 112(1976).
- 4) 佐藤仁彦・諏訪内正名: *防虫科学*, 41, 152(1976).
- 5) 佐藤仁彦・諏訪内正名: *防虫科学*, 42, 3 (1977).

Summary

The multiple regression equations for expressing the relations between the rate of toxic action of furamethrin and tetramethrin to gypsy moth larvae $y = \log(1,000/\text{minutes survived})$, dose per larva $x_1 = \log(\mu\text{g}) d_*$, and body weight $x_2 = \log(g \times 10) w$ are $Y = 2.11401 + 0.46721x_1 - 1.24076x_2$ and $Y = 2.04155 + 0.28539x_1 - 0.75836x_2$, respectively. From the ratio h^* of the two partial regression coefficients, the size factor w^{h^*} for equalizing the effective dose in larvae differing in body weight have then been estimated with in 95% confidence limits of -4.8417 and -1.5189, with its most probable value at 2.5848 for furamethrin and of -5.8187 and -1.4780, with -2.6573 for tetramethrin. These values of size factor mean that k times larger larvae required relatively $k^{2.585}$ and $k^{2.657}$ times more furamethrin and tetramethrin respectively than that indicated by the ratio of their body weight to defeat them in the same time as the smaller larvae. The log-doses adjusted for differences in body weight have been computed as $z^* = x_1 + h^*x_2$ for each larvae and plotted against y . The fitted linear regression equations are $Y = 2.0893 + 0.4754z^*$ and $Y = 2.0404 + 0.2848z^*$, respectively, the slopes differing from the original b_1 's by rounding error.