

The Toxic Action of a Mixture of γ -BHC and EDB to *Cryphalus fulvus* Niijima. Studies on the Control of Forest Pests. V. Sumio NAGASAWA, Shoji ASANO and Shizue FUSHIMI (Ihara Agricultural Chemicals Institute, Shimizu). Received September 26, 1968, *Botyu-Kagaku* 33, 153, 1968 (with English summary 157)

21. γ -BHC と EDB のキイロコキクイムシに対する連合致死作用. 林業害虫の防除に関する研究. 第5報. 長沢純夫・浅野昌司・伏見静枝 (イハラ農薬研究所) 43. 9. 26 受理

γ -BHC と EDB のキイロコキクイムシに対する連合致死作用様式は、被害木を浸漬して、3, 4 および 5 週間目に脱出する成虫の数を解析した結果では、相関 $r=0$ とする独立連合致死作用 independent joint toxic action に一致し、いずれの場合においても、両者の相乗的な効果は見出されなかった。

木材穿孔害虫の防除を目的に調製された、殺虫剤の有効度を評価するためのひとつのころみとして、さきに長沢ら⁷⁾は、処理葉量に対して生存虫数だけを記録した結果から、Wadley,⁸⁾ Finney⁹⁾ のプロビットをもちいる最尤推定法を応用して、キイロコキクイムシ *Cryphalus fulvus* Niijima に対する γ -BHC 乳剤の効果を算定した。すなわちキイロコキクイムシのマツの樹枝上における棲息数が、負の二項分布にしたがっていることをたしかめた上、まず weight の算定にあたって、Anscombe¹⁰⁾ の modification をこれに導入した。つぎに生存虫数を平均値と供試本数で割ることによって、Wadley,⁸⁾ Finney⁹⁾ の最尤法にもちいられる補助変数 x' を省いて、計算を簡単化することをおこなった。

ところでわが国では、 γ -BHC と EDB (ethylene dibromide) の混合剤が、木材穿孔害虫の防除にひろくもちいられ、この薬剤の有効性は両者の連合作用によるものとされている。合田・酒井⁶⁾は、コクヌストモドキおよびワモンゴキブリをもちいて、被膜法と滴下処理法による実験結果にもとづいて、この事を統計的に証明した。筆者らは、穿孔害虫による被害木を葉液に浸漬して、それから一定期間後に羽化する成虫の数から、有効度を算定する既報の方法によって、今回 γ -BHC と EDB のキイロコキクイムシに対する、相乗効果の有無を検討した。その結果をここに報告する。

本文に入るに先立ち、有益なる助言をあたえられた酒井清六博士と、実験結果の整理解析に御助力いただいた藤森三千代、牧田富代子の両氏に謝意を表する。

実験材料および方法

この実験にもちいた γ -BHC および EDB 単用乳剤は、それぞれ有効成分 10%、乳化剤トキシマル 500 5%、キシロール 85% の処方により、試験用として調製されたものである。そして両者の併用は、これらを使用時に 1:10 の割合に混合した。

供試材料として、清水市、日本平の天然松林内で、いわゆるマツクイムシの加害によって枯損した直後の、クロマツの樹枝部を、1967年1月に伐採した。そのうち直径が 2~6 cm のものをえらんで、これを 10 cm の長さに切断、乾燥をふせぐため、その両端をパラフィンで封じた。無作為に 16 本づつを 1 群として、水で所要の濃度に稀釈した葉液に、約 30 秒浸漬した。浸漬後、1 週間実験室の環境条件下において風乾した。つぎに 1 本づつ二重のポリエチレンの袋に封入、温度 20 °C、関係湿度 60% の、常時 130 lux の蛍光灯照明条件下においた。

なお別に無処理対照区として、190 本をそのまま 1 本づつ、同様二重のポリエチレンの袋に封入、同一の環境条件下において、それから脱出する成虫の数が、負の二項分布にしたがうことをたしかめ、その平均値 $\bar{x}$ と、集中度を示す母数 $\hat{k}$ とをきめた。無処理対照区と併せて処理区における脱出数の調査は、処理後 3, 4, 5 週間目に、都合 3 回おこなった。

実験結果と考察

無処理対照区としてもちいた 190 本の供試木から羽化脱出したキイロコキクイムシの数が、いずれの調査においても、負の二項分布にしたがっていたことは、第 1 表の結果からあきらかである。なおここで後の計算にもちいた集中度をしめす母数 $\hat{k}$ の値の算定は、Bliss and Fisher¹¹⁾ の最尤法によった。

つぎに薬剤処理区の羽化脱出数の調査をおこなった結果を表示すると、第 2 表のごとくである。このように薬剤の処理をおこなって、生存虫数だけを記録した実験の結果を、第 1 表にしめした事実を背景にして、プロビットをもちいて解析する方法については、さきに長沢ら⁷⁾ によってのべられた。これと全く同じ方法で、第 1 表の下段にしめした $\bar{x}$ を母平均値 m として、これと $\hat{k}$ の値をもちいて第 2 表の結果から、それぞれの濃度-致死率回帰直線の方程式を算定したのが第 3

Table 1. Fitting the negative binominal to adult counts of *Cryphalus fulvus* Nijima emerged from dead pine branches of 10 cm long. Observations were made at the 3rd, 4th and 5th week after the beginning of experiment. Exponent k_1 was determined from the mean and variance of the sample and k was estimated by the maximum likelihood method.

Number of beetles per unit of 10 cm	3		4		5	
	No. of units observed f	Expected frequencies ϕ	No. of units observed f	Expected frequencies ϕ	No. of units observed f	Expected frequencies ϕ
0	59	64.88	56	54.43	50	46.69
1	22	24.08	26	27.57	20	24.80
2	16	16.29	13	19.23	15	17.87
3	11	12.39	16	14.63	13	14.00
4	7	9.94	17	11.60	14	11.41
5	8	8.23	13	9.42	10	9.51
6	6	6.95	5	7.77	6	8.05
7	6	5.96	2	5.48	8	6.89
8	7	5.16	7	5.45	10	5.94
9	6	4.50	3	4.61	6	5.15
10	4	3.96	9	3.92	3	4.49
11	3	3.49	2	3.34	4	3.93
12	4	3.10	1	2.86	2	3.45
13	4	2.76	6	2.46	3	3.04
14	4	2.46	3	2.12	3	2.68
15	2	2.21	3	1.83	4	2.37
16	0	1.98	2	1.58	2	2.10
17	3	1.78	1	1.37	3	1.87
18	2	1.60	1	1.19	1	1.66
19	1	1.45	1	1.03	0	1.47
20	1	1.31	1		1	1.31
21	3	1.18			0	1.17
22	1	1.07			2	1.04
23					1	
24	1				1	
25	2				1	
26					1	
27	1					
28					3	
29	1		3	7.11	1	9.11
30	1					
31		10 11.27	1			
32	1					
33					1	
35	1					
46	1					
47					1	
49	1					
76			1			
N	190		190		190	
$\bar{x}$	5.973684		4.536842		5.873684	
s^2	71.718882		53.244668		57.592427	
$s^2/\bar{x}$	12.005804		11.736064		9.805163	
k_1	0.542776		0.422580		0.667073	
$\hat{k}$	0.455650		0.570191		0.584021	
χ^2	10.5377		28.4002		12.8268	
n	21		18		21	

Table 2. Relation between concentration of chemical and number of *Cryphalus fulvus* Niiijima emerged from 16 pieces of pine branch of 10 cm long

Emulsifiable concentrate	Concentration in active ingredient %	Weeks after dipping		
		3	4	5
γ -BHC	4	1	0	0
	4×0.5	0	0	0
	4×0.5 ²	0	0	0
	4×0.5 ³	0	0	1
	4×0.5 ⁴	0	0	0
	4×0.5 ⁵	4	3	3
	4×0.5 ⁶	9	0	9
	4×0.5 ⁷	13	18	12
	4×0.5 ⁸	49	29	24
	4×0.5 ⁹	61	12	8
	4×0.5 ¹⁰	74	44	55
	4×0.5 ¹¹	102	64	54
EDB	40	0	0	0
	40×0.5	0	0	0
	40×0.5 ²	0	0	1
	40×0.5 ³	4	7	4
	40×0.5 ⁴	47	33	17
	40×0.5 ⁵	11	17	12
	40×0.5 ⁶	28	15	20
	40×0.5 ⁷	56	41	98
	40×0.5 ⁸	77	44	73
	40×0.5 ⁹	105	50	80
	41×0.5 ¹⁰	78	65	70
γ -BHC+EDB (1:10)	5.5	2	0	0
	5.5×0.5	0	0	0
	5.5×0.5 ²	1	0	3
	5.5×0.5 ³	14	7	5
	5.5×0.5 ⁴	22	16	28
	5.5×0.5 ⁵	37	9	26
	5.5×0.5 ⁶	38	21	30
	5.5×0.5 ⁷	70	21	39
	5.5×0.5 ⁸	71	88	72
	5.5×0.5 ⁹	139	39	65
	5.5×0.5 ¹⁰	107	70	137

表である。なおここで濃度の対数には4をくわえて負数をなくし、計算を便利にする措置がとられている。ところで合田・酒井⁹⁾がのべたように、 γ -BHCとEDBはその作用機構が全くことなるものと仮定すると、両者を混用した場合の連合致死作用型は、Plackett and Hewlett⁸⁾の提唱する数学的モデルの相異連合作用

dissimilar joint actionの見地に立って、解析検討するのが適當である。 γ -BHCとEDBのキロコキイムシに対する有効度は、第2表の結果からも明らかのように、 γ -BHC>EDBである。これらの混合剤において γ -BHC、EDBそれぞれ単独にもちいた場合にえられる致死率を P_1 、 P_2 とすると、混合剤の致死率は、理論的に、二変量の正規分布函数の積分で、表わされるが、Bliss²⁾は $P_1 \geq P_2$ 、 $0 \leq r < 1$ のとき、混合剤の理論致死率 P を

$$P = P_1 + P_2 (1 - P_1) (1 - r)$$

の式によって表わした。 r はここでは、 γ -BHCとEDBに対する感受性の間の相関の程度をしめすものである。さらにPlackett and Hewlett⁸⁾は $-1 \leq r < 0$ の場合にも適用しうる式として

$$P = P_1 + P_2 - P_1 P_2 - \frac{1}{2} P_2 r + \frac{1}{2} (2 P_1 P_2 - P_2) r^2$$

を提唱した。しかしこの式も $P_1 < P_2$ 、 $P_1 + P_2 > 1$ のときは、使用することができない。

連合作用型の検討は、 $r=0$ である独立作用 independent actionと、 r が0を除いた+1から-1の間の数値が考えられる依存作用 dependent actionの、ふたつの作用型に対する適合度を比較することがのぞましい。薬液に浸漬して3週間目に調査した結果に対して、独立作用の $r=0$ とした場合の適合性の検定をおこなった結果は、第4表前半のごとくで、最下欄にしめした様に、 $\chi^2_{(8)}=7.054$ 、 $Pr=0.53$ となり、independent actionの仮説の肯定が可能である。なお両者の薬物に対する感受性の間に相関があるものと考えて、 $r=+1 \sim -1$ の間の種々の値を代入して、試行的に χ^2 の値の一番小さい r の値をもとめた結果は、第4表の後半にしめす様に、 $r=0.2$ において $\chi^2_{(8)}=5.230$ 、 $Pr=0.73$ の値がえられた。したがって $r=0.2$ とするdependent actionにあてはめた方が、より高い適合度がえられるが危険率0.05において $r=0$ とするindependent actionであるといってもさしつかえない。なおここで適合度の検定は、Finney⁴⁾の $\chi^2_{(n)} = \sum \{(\text{Observed probit} - \text{Expected probit})^2 / w\}$ によった。 n は比較をおこなったプロビットの数であり、 w は重みであるが、勿論この場合の重みは、第1表の下段にしめした負の二項分布の母数 $m=x$ と $\hat{k}$ によってAnscombe¹⁾の式から計算した数値である。

実験開始後第4週間目の実験結果については、 $r=0$ としてさきの式によってexpected probitをもとめ、observed probitとの比較をおこなった結果は、 $\chi^2=9.7513$ 、 $Pr=0.20$ となり、independent actionの肯定が可能であった。

第5週目の実験結果について、同様の検定を行なった結果は、前の2回とは異なり、 $r=0$ のときは $\chi^2_{(8)}$

Table 3. Concentration-mortality regression equations of *Cryphalus fulvus* Nijima for γ -BHC, EDB and their 1 : 10 mixture emulsifiable concentrates.

Weeks after dipping	Emulsifiable concentrate	Concentration-mortality regression equation	<i>n</i>	χ^2	LC ₅₀ %
3	γ -BHC	$Y=6.011+1.801(X-2.649)$	5	0.937	0.0125
	EDB	$Y=5.625+1.215(X-4.219)$	6	16.051	0.5064
	γ -BHC+EDB	$Y=6.119+1.247(X-3.857)$	9	10.451	0.0912
4	γ -BHC	$Y=5.956+2.139(X-2.523)$	5	6.133	0.0119
	EDB	$Y=5.463+0.918(X-4.129)$	6	10.412	0.4212
	γ -BHC+EDB	$Y=5.695+1.109(X-3.239)$	6	12.090	0.0410
5	γ -BHC	$Y=6.330+1.094(X-2.656)$	7	10.845	0.0028
	EDB	$Y=6.019+1.631(X-4.288)$	7	10.982	0.4607
	γ -BHC+EDB	$Y=5.897+1.335(X-3.425)$	7	7.412	0.0566

Table 4. Fitting the independent joint toxic action ($r=0$) and dependent joint toxic action ($r=0.2$) to the mortality data of *Cryphalus fulvus* Nijima for a mixture of γ -BHC and EDB. The data were that obtained at the third week after dipping.

Concentration in active ingredient %	Observed probit	$r=0$		$r=0.2$	
		Expected probit	Weight	Expected probit	Weight
5.5	7.0335	8.5401	0.0000	8.2905	0.0000
5.5×0.5	—	—	—	—	—
5.5×0.5 ²	7.2904	7.2869	6.2512	7.1465	8.3667
5.5×0.5 ³	6.0537	6.6849	11.9808	6.5805	12.4843
5.5×0.5 ⁴	5.7388	6.0848	12.0329	6.0027	11.4515
5.5×0.5 ⁵	5.2871	5.4959	7.6108	5.4316	6.8179
5.5×0.5 ⁶	5.2585	4.9147	3.4539	4.8642	3.4539
5.5×0.5 ⁷	4.3811	4.3505	1.3908	4.3033	1.1239
5.5×0.5 ⁸	4.3474	3.8048	0.3232	3.7628	0.3232
5.5×0.5 ⁹	—	—	—	—	—
5.5×0.5 ¹⁰	—	—	—	—	—
χ^2 ($n=8$)		7.050		5.232	

$=21.497$, $Pr=0.006$ となり, independent action にはあてはまらなかった。 χ^2 の値が一番小さくなる様に, r の値を試行的にもとめると, $r=1$ のときに, $\chi^2_{(8)}=8.356$, $Pr=0.41$ の値がえられた。すなわちこの場合は, 完全相関の dependent action に適合した。たがいに完全相関をしめす2薬剤の混合剤の致死率 P は, さきの dissimilar joint action の理論式の r に1を代入してもとめられ, $P=P_1$ で表わされる。 P_1 は混合剤中の2成分のうち, 致死効果の高い方の致死率である。混合する2薬剤のうち, 一方がまったく殺虫力を持たないか, 他方にくらべて著しく効力が劣る場合は, 残りの薬剤の致死率がそのまま混合剤の致死率となるので, 完全相関の場合と同じ結果になり, 必然

的に r は1となるであろう。第5週目の混合剤の効力はEDBの殺虫力がなく, γ -BHCの殺虫力だけによった結果であるとも考えられる。EDBは残効性が乏しく, 処理後5週間もその効力を持続しないのが普通である。これに反して γ -BHCは比較的残効性が長く, マツクイムシ駆除のための野外試験においても, 3~6ヵ月間効力を保持していることが認められている。一方第3表のEDB単用区第5週目の中央致死濃度は第3, 4週間目のそれとほとんど変わっていない。このことは, EDBが, 第5週目まで効力がある様に思われ, 前述の考察と一見矛盾しているが, EDBはある時点までに50%の致死率をしめし, その後まったく殺虫力を消失したと考えても, 供試木から順次羽化脱

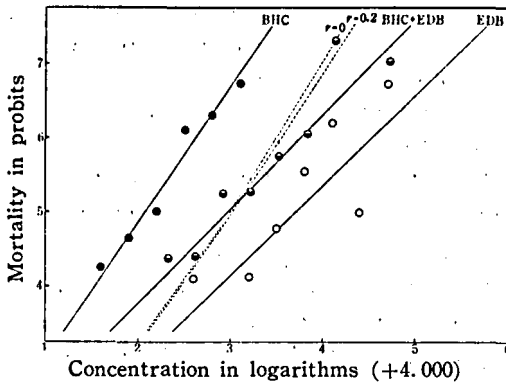


Fig. 1. Concentration-mortality regression lines of *Cryphalus fulvus* Nijima for γ -BHC, EDB and their 1:10 mixture emulsifiable concentrates. Broken lines represent the prediction for the mixture for independent joint toxic action with $r=0$ and for dependent joint toxic action with $r=0.2$. The data were that obtained at the third week after dipping.

出する成虫数は無処理区に比較してつねに50%をしめすであろう。薬剤の効力が、長く保持される場合には、羽化脱出するまでの期間が長いものほど、薬剤との接触期間が長くなるので、薬剤の致死率は次第に増大していくことになる。事実第3表6欄のEDBの中央致死濃度は変わらないのに、 γ -BHCのそれは次第に小さくなっている。この様に考えると、第5週目の実験結果も、第3、第4週と同じく、independent actionの一つと考えることができる。しかしいずれの場合も、相乗的な効果はえられなかった。

摘 要

γ -BHC, EDB およびこれらを 1:10 の比率に混用した乳剤の、キロコキイムシに対する有効度を、加害木浸漬の方法によってしらべた。加害木を浸漬して3、4および5週間後にえられた濃度-致死率の関係は加害樹枝から羽化脱出する成虫の数が、負の二項分布にしたがう事実を前提にしておこなわれる、長沢らの方法によって解析した。 γ -BHC と EDB の作用機構は、相互に異なるものと仮定して、両者の間の連合致死作用型には dissimilar action を想定すべきであると考え、えられた濃度-致死率回帰直線の方程式から $r=0$ とする independent action と、 r が 0 をのぞく $+1 \sim -1$ の間にある dependent action のあてはめをおこなった。浸漬後、第3、4週間目にえられた結果に対しては、 $r=0$ とする independent action の作用型があてはまったが、5週間後のそれに対しては $r=1$ とする dependent action に最も高い適合性が

えられた。しかし、第5週目のそれは EDB の効力がほとんど消失し、 γ -BHC の効力しかあらわれない。independent action の極端の場合があると考えられる。しかしいずれの場合も γ -BHC と EDB の間に相乗的な効果は、本実験の範囲内ではえられなかった。

引用文献

- 1) Anscombe, F. J.: *Ann. Appl. Biol.* 36, 203-5 (1949).
- 2) Bliss, C. I.: *Ann. Appl. Biol.* 26, 585-615 (1939).
- 3) Bliss, C. I. and Fisher, R. A.: *Biometrics* 9, 176-200 (1953).
- 4) Finney, D. J.: *Ann. Appl. Biol.* 29, 82-94 (1942).
- 5) Finney, D. J.: *Biometrika* 36, 239-56 (1949).
- 6) 合田昌義・酒井清六・応勤昆 10, 212-4 (1966).
- 7) 長沢純夫・浅野昌司・伏見静枝: 防虫科学 33, 80-85 (1968).
- 8) Plackett, R. L. and Hewlett, P. S.: *J. Roy. Stat. Soc. Ser. B*, 14, 141-63 (1952).
- 9) Wadley, F. M.: *Ann. Appl. Biol.* 36, 196-202 (1949).

Summary

Pine branches infested with *Cryphalus fulvus* Nijima were dipped into emulsions of γ -BHC, EDB (ethylene dibromide) and both mixture for 30 seconds in order to evaluate the effectiveness of the insecticides. At the 3rd, 4th and 5th week, the number of adults emerged from the treated and untreated branches were counted (Table 1, 2). It was proved that the adult counts were overdispersed in the control group and this over-dispersion could be fitted to the negative binominal distribution (Table 1). Using the mean m and the index of dispersion k in the controls, the concentration-mortality data were analyzed by the modified Wadley's method.⁹⁾ The results were then summarized as the log concentration-probit mortality regression equations and the median lethal concentrations (Table 3). With an assumption that γ -BHC and EDB might act on different physiological systems of *Cryphalus*, fitting a type of dissimilar joint action to the present data of a mixture was tried. The results obtained at the 3rd and 4th week after dipping, were well fitted to the

independent joint action with interaction $r=0$ (Table 4 and Fig. 1), and these obtained at the 5th week were fitted to the dependent joint action with interaction $r=1$. In the latter case, however, it was considered that the effectiveness of EDB was already completely gone, and only that

of γ -BHC had effect on *Cryphalus*. As a result, the mortality rate obtained by the mixture became equal to that of γ -BHC. This relation is the same as that of independent joint action with interaction $r=1$. From the present experiments, no synergistic phenomenon could be recognized.

Studies on Sex Pheromones of Pyralididae. I. Changes in the Quantity of the Sex Pheromone in the Female Almond Moth, *Cadra cautella* Walker (Phycitinae). Yasumasa KUWAHARA, Chikayoshi KITAMURA, Fumiki TAKAHASHI, and Hiroshi FUKAMI (College of Agriculture, Kyoto University, Kyoto) Received October 1, 1968. *Botyu-Kagaku*, 33, 158, 1968 (with English Summary 162).

22. メイガ科の性誘引物質に関する研究 (第1報) スジマダラメイガの性誘引物質含有量の変動* 桑原保正・北村実彬・高橋史樹・深海 浩 (京都大学農学部) 43. 10. 1 受理.

スジマダラメイガ雌の性誘引物質は羽化直前の蛹にすでに少量存在し、羽化後3時間程度で最高に達し、交尾のおこなわれないときにはそのまま死ぬまで持続される。交尾した場合には、その後数時間で急激に減少した。また、性誘引物質に対する雄の感受性は羽化後7日頃まで増大することが認められる。しかし、死亡率は羽化後5日目頃より急激に増加するので、性誘引物質の生物検定に供する雄は羽化後3日目のものを用いることが最適と結論される。

鱗翅目マダラメイガ亜科 Phycitinae に属する貯穀害虫のスジマダラメイガ *Cadra cautella* Walker, スジコナマダラメイガ *Anagasta kuhniella* Zeller, チャマダラメイガ *Ephesia elutella* Hübner, ノシマダラメイガ *Plodia interpunctella* Hübner, などの雌成虫は性誘引物質を分泌することが報告されている^{1-3, 5-8, 13}。この性誘引物質を単離するためには、大量の蛾を飼育して、その中から雌を集める方法を確立することとあわせて、雌の羽化前後における性誘引物質の消長を適確に知り、その抽出に関して最も能率のよい方法の確立に基礎となる生物学的な研究が必要である。本報では、スジマダラメイガの雌の性誘引物質の含有量について、主として羽化の前後および交尾後の経時変化を検討した結果を報告する。

材料および方法

実験には主として第2報¹²に述べる系統(FT系統)を用いたが、専売公社桑野タバコ試験場から分譲された系統も若干併用した。しかし性誘引物質に関する雄の反応、雌の変化には大差はみられないのでここでは区別しないで述べる。これらの系統の同定をしていたいた農林省農業技術研究所の服部伊楚子技官に御礼申し上げる。

性誘引物質の生物検定法

性誘引物質の生物検定は本質的には Karlson およ

* この研究は文部省科学研究費の援助を受けた。

び Butenandt⁴⁾の方法にしたがい、後に述べるような理由から、つぎのようにして行なった。ガラス製腰高シャーレ(直径11cm×高さ7cm)に、羽化後3日目の雄約50頭を入れ、ガラスの蓋をする。ほとんどの蛾が落ちて静止するのを待ち、ついで直径0.5cm、長さ25cmのガラス棒の先端1cmを供試溶液に漬け、しばらく空中に保って溶媒が揮散してから、シャーレの中へ静かに挿入する。供試した雄の5頭以上が30秒以内に翅を小刻みに激しく振動させながら、ガラス棒のまわりを歩くか、飛び廻るのを認めた場合に結果を+と判定した。供試溶液は低濃度から順次検定を行ない、正の反応を示すまで、高濃度の溶液へと繰返した。同一の供試昆虫で、20種ほどの試料の検定を繰返しても、大きな誤差は認められない。検定は $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、60~80% R. H. で行なった。

試料溶液の調製にはつぎの2つの方法を用いた。まず第1の方法は供試雌1~20頭を1頭あたり1mlの塩化メチレンに浸漬し、それを今度はヘキサンを用いて順次10倍に希釈し、それぞれを 10^{-1} ♀/ml, 10^{-2} ♀/ml, ……と表示した。第2の方法は雌虫体を塩化メチレンで抽出した後、溶媒を留去し、残った抽出物1mgにつき1mlの割合でヘキサンを加えて溶解し、これを同様に順次10倍希釈して、それぞれ、 10^{-1} mg/ml, 10^{-2} mg/ml, ……と表示した。

実験結果

1. 性誘引物質に対する雄の挙動：マダラメイガ亜