

- 20) Ogita, Z., and Kasai, T. : *SABCO J.* 1, 37 (1964).
- 21) Ogita, Z., and Kasai, T. : *Jap. J. Genetics*, 40, 173 (1965).
- 22) Thumberg, T. : *Skand. Arch. Physiol.*, 75, 49 (1936).
- 23) Brody, T. M., and Brain, T. A. : *Proc. Soc. Exptl. Biol. Med.*, 77, 50 (1951).
- 24) Quastel, J. H. : *Current Research Anesthesia and Analgesia*, 31, 151 (1952).
- 25) Danielli, J. F. : *Cell Physiology and Pharmacology*, Elsevier Publishing Co., (1955).
- 26) Weidhaas, D. E., Schmidt, C. H., and Borman, M. C. : *J. Econ. Entmol.*, 53, 121 (1960).
- 27) Acree, F., Beroza, M., and Bowman, M. C. : *J. Agr. Food Chem.*, 11, 278 (1963).
- 28) Kalkat, G. S., Davidson, R. H., and Brass, C. L. : *J. Econ. Entmol.*, 54, 1186 (1961).
- 29) Ogita, Z., and Kasai, T. : *Jap. J. Genetics*, 40, 1 (1965).
- 30) Van Asperen, K. : *Nature*, 181, 355 (1958).
- 31) Plapp, F. W., and Bigley, W. S. : *J. Econ. Entmol.*, 54, 103 (1961a).
- 32) Plapp, F. W., and Bigley, W. S. : *J. Econ. Entmol.*, 54, 793 (1961b).
- 33) Georgiou, G. P., and Metcalf, R. L. : *J. Econ. Entmol.*, 55, 125 (1962).
- 34) Augustinsson, K. B., and Nachmansohn, D. : *J. Biol. Chem.*, 179, 543 (1949).
- 35) Kasai, T., and Ogita, Z. : *Botyu-Kagaku*, 30, 12 (1965).
- 36) Ogita, Z. : *Botyu-Kagaku*, 26, 88 (1961).
- 37) Ogita, Z. : *Nature*, 182, 1529 (1958).
- 38) Ogita, Z. : *Botyu-Kagaku*, 23, 188 (1958).
- 39) Ogita, Z. : *Botyu-Kagaku*, 26, 7 (1961).
- 40) Ogita, Z. : *Botyu-Kagaku*, 26, 18 (1961).
- 41) Ogita, Z. : *Jap. J. Med. Sci. Biol.*, 17, 54 (1964).
- 42) Plackett, R. L., and Hawlett, P. S. : *Ann. Appl. Biol.* 35, 347 (1948).
- 43) Plackett, R. L., and Hawlett, P. S. : *J. Roy. Statist. Assoc.*, B1, 141 (1952).

Sterilizing Effect of Dowco-186 on the Azuki Bean Weevil, *Callosobruchus chinensis* L., with Special Reference to the Hatchability of the Eggs Deposited by Treated Weevils. Studies on the Chemosterilants of Insects. VI. Sumio NAGASAWA, Hiroshi SHINOHARA and Michiyo SHIBA (Ihara Agricultural Chemicals Institute, Shimizu, Shizuoka) Received July, 2, 1965. *Botyu-Kagaku*, 30, 91, 1965 (with English summary, 95)

16. Dowco-186 のアズキゾウムシに対する不妊作用，とくに処理された成虫が産下した卵のふ化率。昆虫の化学的不妊剤に関する研究。第VI報 長沢純夫・篠原 寛・柴三千代（イハラ農薬研究所）40. 7. 2 受理

Dowco-186 (triphenyl tin hydroxide) のアセトン溶液を，アズキゾウムシの成虫に滴下処理し，産下した卵のふ化率と処理薬量の関係を，Wadley, Finney の方法で解析した結果，中央ふ化阻害薬量 $0.201\mu\text{g}/\text{♀}$ ， δ ($0.151\sim 0.269\mu\text{g}/\text{♀}$ ， δ) の値をえた。

Apholate および metepa によってひきおこされる，アズキゾウムシの不妊性については，主に処理個体によって産下された卵のふ化率を中心に，筆者ら^{5,6,7)}はその作用性を論じた。そして実験結果の整理にあたっては，Finney¹⁾によってとかれたプロビットをもちいる，quantitative response data の解析方法を適用した。しかし今までにしめした様な実験記録に対して，すべての観測値がおなじ variance をもつと考えると，この解析方法をそのままもちいることには，厳密に言って異論があり，期待ふ化数に比例した variance を考慮にいれた解析がなされるべきことを附記した⁷⁾。本文においてはそうした見地から，Dowco-186 をもち

いてアズキゾウムシについてえられた実験記録を解析した結果をのべる。本文に入るに先立ち解析の方法について種々御教示を賜った英国 Aberdeen 大学の D. J. Finney 博士と，試料の御提供を戴いた Dow Chemical Co. の E. Kenaga 博士に謝意を表する。

実験材料および方法

Dowco-186 の試料番号を有する薬物は，Dow Chemical Co. の Bioproducts Department から提供を受けた technical grade の錫化合物 triphenyl tin hydroxide である。アズキゾウムシは当所の累代飼育系統で試験には含水量約 15.3% のアズキでその幼虫

Table 1. Number of hatched eggs which have been deposited by single pair of the azuki bean weevil treated with Dowco-186.

Dosage $\mu\text{g}/\varphi, \delta$	No. of Petri dishes					Total	Average s
	I	II	III	IV	V		
1.26	0	0	1	0	0	1	0.2
1.00	0	2	0	0	1	3	0.6
0.80	0	0	2	1	1	4	0.8
0.63	0	6	0	3	3	12	2.4
0.50	0	12	0	0	0	12	2.4
0.40	11	1	0	4	2	18	3.6
0.31	31	15	0	0	1	47	9.4
0.25	25	22	1	0	19	67	13.4
0.20	16	18	2	32	29	97	19.4
0.15	32	43	15	22	40	152	30.4
0.13	39	20	25	38	22	144	28.8
0.10	33	32	28	35	36	164	32.8
0.08	36	23	34	33	36	162	32.4
0.06	33	37	23	29	46	168	33.6
Control	43	40	33	46	30	192	38.4

Table 2. Calculations on sterilizing effect of Dowco-186 on the azuki bean weevils

x	s	$\frac{p}{(N=37.3)}$	Em- pirical probit	Y	w	Nw	x'	y	Nwx	Nwx'	Nwy
0.10	0.2	0.995	7.58	7.78	0.02588	0.97	-0.325	7.51	0.097	-0.315	7.28
0.00	0.6	0.984	7.14	7.43	0.05767	2.15	-0.363	7.02	0.000	-0.780	15.09
-0.10	0.8	0.979	7.03	7.07	0.11424	4.26	-0.411	7.03	-0.426	-1.751	29.95
-0.20	2.4	0.936	6.52	6.72	0.19348	7.22	-0.470	6.49	-1.444	-3.393	46.86
-0.30	2.4	0.936	6.52	6.37	0.28533	10.64	-0.547	6.51	-3.192	-5.820	69.27
-0.40	3.6	0.904	6.30	6.01	0.36712	13.69	-0.652	6.26	-5.476	-8.926	85.70
-0.50	9.4	0.748	5.67	5.66	0.40373	15.06	-0.794	5.67	-7.530	-11.958	85.39
-0.60	13.4	0.641	5.36	5.30	0.38069	14.20	-1.002	5.36	-8.520	-14.228	76.11
-0.70	19.4	0.480	4.95	4.95	0.30510	11.38	-1.307	4.95	-7.966	-14.874	56.33
-0.80	30.4	0.185	4.10	4.60	0.20692	7.72	-1.780	4.17	-6.176	-13.742	32.19
-0.90	28.8	0.228	4.25	4.24	0.11534	4.30	-2.603	4.25	-3.870	-11.193	18.28
-1.00	32.8	0.121	3.83	3.89	0.05368	2.00	-4.027	3.83	-2.000	-8.054	7.66
-1.10	32.4	0.132	3.88	3.54	0.02054	0.77	-6.779	3.98	-0.847	-5.220	3.06
-1.20	33.6	0.100	—	3.18	0.00606	0.23	-12.729	2.73	-0.276	-2.928	0.63
$-\infty$	38.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S						94.59			-47.626	-103.182	533.80

$\bar{x} = -0.5035$			$\bar{x}' = -1.0908$		$\bar{y} = 5.6433$	
$SNwx^2$	$SNwxx'$	$SNwx'^2$	$SNwxy$	$SNwx'y$	$SNwy^2$	
29.6290	69.442	213.58	-248.48	-518.12	3088.81	
23.9797	51.952	112.55	-268.77	-582.27	3012.39	
5.6493	17.490	101.03	20.29	64.15	76.42	
$N=37.30$			$s_0 - N = 1.10$		$(s_0 - N')^2 / N' = 0$	
138.33			65.25		76.42	

期を飼育した、羽化後6時間以内の個体をもちいた。試料はこれをアセトンで所要濃度に稀釈し、micropipetで1個体あたりその1 μ lを滴下処理した。処理後はその雌雄1対を、直径9cmのペトリ皿に、アズキ約70粒とともにいれ、調査時まで放置した。処理して20日後に産下された卵の白く変色しているものをふ化卵としてかぞえた。飼育実験ともに25°C、関係湿度約50%の環境条件下でおこなった。

実験結果と考察

Dowco-186によってえられた実験の結果を表示すると第1表のごとくである。第1表にしめした処理薬量の対数、すなわち第2表の x とこれに対応する平均ふ化卵数 s の関係をグラフの上に打点すると、第1

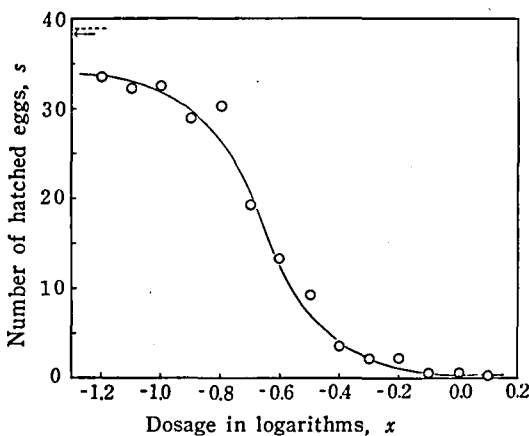


Fig. 1. Number of hatched eggs deposited by a pair of Dowco-186 treated azuki bean weevils. Showing normal sigmoid curve. Arrow indicates the number of hatched eggs of zero dosage and the broken line indicates mean number of eggs deposited.

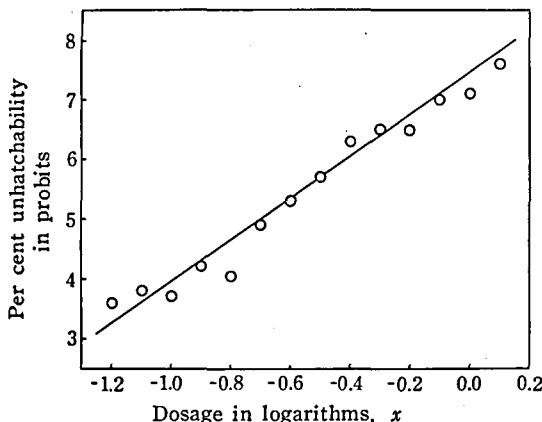


Fig. 2. Relation between the per cent unhatchability in probits and dosage in logarithms.

図にしめす様な、正規のシグモイドの関係がえられる。こうした関係に対して筆者らは、前報⁵⁻⁸⁾までは、暫定的に平均限界反応量をもうけて反応率を算定し、これをプロビットに変換して、 x との関係を直線式にもとめるために Finney¹⁾の quantitative response data に関する、統計的な解析方法を適用した。しかしその報告²⁾のなかにおいても記したが、こうした実験記録に対して、すべての観測値がおなじ variance をもつと考へて、quantitative response data に関する計算方法を適用することは、終局の中央値の算定には大きな誤りはないかもしれないが、厳密には正しくない。当然期待反応数に比例した variance を考慮にいれた解析がなされることが必要である。すなわちここにしめした様な実験結果は、Poisson の分布の概念に立脚した解析がなされることがのぞましい。幸いにそうした見地に立つて行われる解析方法は、すでにはやく Wapley⁹⁾によって論究され、Finney³⁾によって発展させられて今日にいたっている。それ故理論的な解釈は、一切これらの報告にゆずることとして、ここではその適用をこころみ、妥当な薬量-反応率の関係をもとめる順序をのべることにする。

第2表にしめしたのは、第2回目の補正計算の結果である。ところで第1回目の計算によってえられた補正推定供試卵数は $N=37.3$ 、薬量-未ふ化率回帰直線の方程式は $Y=7.427+3.538x$ であった。すなわち第2表第1欄の数値 x は、さきにもしるした様に、第1表にしめした1個体あたりの処理薬量の対数で、 s は5個のペトリ皿でえられたふ化卵数の平均である。この場合無処理対照区における平均ふ化卵数は38.4で、最低処理薬量における平均ふ化卵数が33.6であったから、第1回目の計算では暫定的に推定平均供試卵数 N を36.5ときめて、回帰直線の方程式の算定に移った。すなわち36.5をもって、各薬量における s を割ってふ化卵率をもとめ、これから未ふ化卵率 $p=1-s/N$ を計算して、これのプロビットと x との関係をグラフの上に打点して、予備回帰直線をひき、この線の上から期待プロビット Y をよみとることを行った。

第2回目の補正計算として、まず第1回の計算でえられた補正平均供試卵数 $N=37.3$ をもって、第2欄の s を割ってふ化卵率をもとめ、これから未ふ化卵率 $p=1-s/N$ を計算した。第3欄の数値がそれである。これに対応するプロビットを、表からひいてかきいれたのが第4欄の empirical probit である。ところでこの empirical probit と x との関係をグラフの上に打点して予備回帰直線をひき、各々この x に対応する線上の点をよみとって、これを期待プロビット Y としてもよいが、すでに第1回の補正計算によって、回

帰方程式 $Y=7.427+3.538x$ がもとめられているから、この x に第1欄の数値を代入して、 Y の値をもとめることができる。第5欄の数値がそれである。

重み系数は

$$w=Z^2/Q$$

の形をもってあたえられる。そして Y に対応する w の値は計算されて表としてしめされている (Finney: Probit Analysis¹⁾ 第VIII表) から、これからよみとればよい。第6欄の値がそれである。この w に N をかけたのが重みで、第7欄がこの値である。さらに補助変数

$$x'=-Q/Z$$

を表 (Finney 第II表) からよみとってかきいれる。第8欄の数値がこれである。

計算のための修正プロビットすなわち working probit y は常法によってもとめる。 Y が小数点以下2ケタまでの値にたいする、修正プロビットをもとめるための常数の表は、Finney and Steavens²⁾ によってしめされているが、 Y の値を小数点以下1位まで四捨五入して、普通に用いられている簡単な数表から計算しても、大きな相違はない。この様にして x, Nw, x', y が用意されたら後は、第2表の後半およびその下段にしめす様な順序で、機械的に計算をおこなって行けばよい。

推定供試卵数に対する補正量 δN と、修正回帰直線の勾配 b は

$$bSxx + \frac{\delta N}{N} Sxx' = Sxy$$

$$bSxx' + \frac{\delta N}{N} Sx'x' = Sx'y$$

の連立方程式からもとめられるが、この場合無処理対照区の実験がおこなわれているから、第2表の下段にしめした様に、 $Sx'x'$ には N を $Sx'Y$ には (S_0-N) をくわえておかなければならない。第2表下段の値を上式の式に代入して、

$$5.6493b + 17.490 \frac{\delta N}{N} = 20.29$$

$$17.490b + 138.33 \frac{\delta N}{N} = 65.25$$

がえられる。 b および $\delta N/N$ の係数に関する逆行列は、

$$V = \begin{pmatrix} 0.2908735 & -0.0367771 \\ -0.0367771 & 0.0118791 \end{pmatrix}$$

となる。これから $b=3.5021$, $\delta N/N=0.02890$ がえられる。 $N=37.3$ を代入して、これに対する補正量 $\delta N=1.1$ がえられる。これから N の補正値は 38.4 となる。こうしてもとめられた b および $\delta N/N$ と、第2表下段にしめした $\bar{x}, \bar{y}$ および $\bar{x}'$ とから修正回帰直線の位置をしめす切片

$$a = \bar{y} - b\bar{x} - \frac{\delta N}{N} \bar{x}' \\ = 7.438$$

の値をえる。それ故修正された薬量-未ふ化率回帰直線の方程式は

$$Y = 7.438 + 3.502x$$

となる。この x の値に第2表第1欄の値を代入してえられた Y は、第15欄にしめした expected probit とほとんどおなじで、補正された N の値、すなわち 38.4 をもちいて、第3回目の同様の計算をくりかえす必要はないものと判断される。

適合性に関する χ^2 検定は、つぎの式によっておこなう

$$\chi^2 = Syy - bSxy - \frac{\delta N}{N} Sx'y \\ = 3.47$$

ここで Syy には $(S_0-N)^2/N$ の値をくわえておく必要がある。本実験の場合、この値はほとんど0にひとしい。自由度 n は無処理対照区をも有効観測数とかぞえて、それから $a, b, \delta N$ の3つのパラメーターを差引いた $n=15-3=12$ が、この場合の自由度である。これは $Pr=0.05$, $n=12$ における χ^2 の値 21.026 よりも小さく、実験値と理論値は、抽出誤差の範囲内で一致しているといえる。故に N の variance は

$$V(N) = v_{22}N^2 \\ = 0.0117891 \times 37.3^2 \\ = 16.53$$

となり、 $N=38.4 \pm 4.1$ とかきあらわすことができる。

対数単位でしめされた中央ふ化阻害薬量は

$$m = (5-a)/b \\ = -0.696$$

m の variance は、近似的に

$$V(m) = \frac{1}{b^2} \left\{ \frac{1}{SNw} + \bar{x}^2 V\left(\frac{\delta N}{N}\right) \right. \\ \left. - 2(m-\bar{x})\bar{x}'Cov.\left[b, \frac{\delta N}{N}\right] + (m-\bar{x})^2 V(b) \right\}$$

の式によって計算される。ここで $b, \delta N/N$ の variance, および両者の covariance は、それぞれさきにしめした $v_{11}, v_{22}, v_{12}=v_{21}$ である。故に

$$V(m) = [0.0105719 + (-1.0908)^2 \times 0.0118791 \\ - 2\{-0.696 - (-0.5035)\} \times (-1.0908) \\ \times (-0.0367771) \\ + \{-0.696 - (-0.5035)\}^2 \\ \times 0.2908735] + 3.5021^2 \\ = 0.004153$$

故に m の標準誤差は ± 0.06445 となる。なお

$$g = t^2 V(b)/b^2 \\ = 1.96^2 \times 0.2908735 + 3.5021^2 \\ = 0.09$$

で、これは0.1より小であるから、上の式をもちいて近似的に計算した m の標準誤差によって、有意水準0.05における信頼限界をもとめてもさしつかえない。すなわちその値は、 $-0.069 - 0.06445 \times 1.96 = -0.822$ および $-0.696 + 0.06445 \times 1.96 = -0.570$ で、これを実数単位になおすと、最もたしからしい中央ふ化阻害薬量は $0.201 \mu\text{g}/\text{♀}, \delta$ で、その信頼限界は $0.151 \sim 0.269 \mu\text{g}/\text{♀}, \delta$ となる。さきの g の値が0.1よりも大きい場合は、 m の信頼限界はつぎにしめす様式によって計算されなければならない。

$$m + \frac{g}{1-g} \left[m - \bar{x} - \frac{\bar{x}' \text{Cov} \left\{ b, \frac{\delta N}{N} \right\}}{V(b)} \pm \frac{1.69}{b(1-g)} \sqrt{\left[-\frac{1}{SNw} + \bar{x}^2 V \left(\frac{\delta N}{N} \right) - 2(m - \bar{x}) \bar{x}' \text{Cov} \left\{ b, \frac{\delta N}{N} \right\} + (m - \bar{x})^2 V(b) \right]} \right. \\ \left. - g \left\{ -\frac{1}{SNw} + \bar{x}^2 V \left(\frac{\delta N}{N} \right) - \frac{\bar{x}^2 \text{Cov}^2 b, \left\{ \frac{\delta N}{N} \right\}}{V(b)} \right\} \right]$$

上にのべた様に、Dowco-186 はアズキゾウムシの成虫に滴下処理した場合、その致死下薬量において産下卵のふ化を阻害した。Kenaga⁹⁾ はイエバエ、チャバネゴキブリおよび confused flour beetle において、これらの両化合物の chemosterilant としての効力をみとめ、なお多くの昆虫に同様の効果がみられるであろうと附記しているが、本実験の結果もその1例をくわえたこととなろう。なおこの化合物にたいする雌雄感受性の相違については、別にこれを報告する予定である。

摘 要

1. Dowco-186 (triphenyl tin hydroxide) のアセトン溶液を、アズキゾウムシの雌雄に滴下処理し、産下された卵のふ化を阻害する程度を検討した。

2. 実験の結果は、平均供試卵数を推定して解析する Wadley⁹⁾, Finney³⁾ の方法を適用して整理した。

3. Dowco-186 を処理したアズキゾウムシによって産下された、卵のふ化を阻害する中央薬量は $0.201 \mu\text{g}/\text{♀}, \delta$ (有意水準0.05における信頼限界 $0.151 \sim 0.269 \mu\text{g}/\text{♀}, \delta$) であった。

文 献

- 1) Finney, D. J. Probit Analysis: A statistical treatment of the sigmoid dose response curve. Cambridge Univ. Press. 318 pp. (1952)
- 2) Finney, D. J. and Stevens, W. L. Biometrika 35, 191-201 (1948)
- 3) Finney, D. J. Biometrika 36, 239-256 (1949)
- 4) Kenaga, E. E. J. Econ. Entomol. 58, 4-8 (1965)
- 5) 長沢純夫・篠原 寛 応動昆 8, 123-128 (1964)
- 6) 長沢純夫・篠原 寛 応動昆 8, 272-276 (1964)
- 7) 長沢純夫・新農薬創製法, 南江堂 (印刷中)
- 8) Shinohara, H. and S. Nagasawa. Entomol. Exp. Appl. 6, 263-267 (1963)
- 9) Wadley, F. M. Ann. Appl. Biol. 36, 196-202 (1949)

Summary

Physiological effect of Dowco-186 (triphenyl tin hydroxide) on the hatchability of eggs deposited by azuki bean weevils which have been treated topically with Dowco-186 was examined. This compound sterilized adult weevils well below the lethal dosage. The linear relation between the dosage in logarithms and the per cent hatchability in probits were calculated by the method described by Wadley and Finney. Median effective dosage of Dowco-186 inhibiting the hatching of eggs deposited by the treated weevils was $0.201 \mu\text{g}/\text{♀}, \delta$ ($0.151 \sim 0.269 \mu\text{g}/\text{♀}, \delta$).