Dimethoate のイエバエにたいする毒性と 湿度および溶媒の関係¹⁾

Effect of humidity and solvent on the toxicity of dimethoate
against the common house fly

長 沢 純 夫 柴 三 千 代²⁾

Sumio Nagasawa and Michiyo Shiba

Dimethoate は 80°C において 7% 程度水に可溶である。これは虫体が湿潤な状態におかれた場合、乾燥した環境条件下におけるよりも dimethoate はより多く体内に吸収され、ひいてはその致死率もたかめられるであろうと想像される。また油もある程度虫体を湿潤な状態にたもつ上に役立ち、dimethoate の有効度に影響するものとかんがえられる。本報においてはこの問題にかんしておこなった小実験の結果をのべたい。本文に入るに先だち供試昆虫の飼育に御尽力いただいた伏見主子嬢に謝意を表する。

実験材料および方法

供試昆虫： いわゆる高槻系と称せられるイエバエ (*Musca domestica vicina* Macq.) の、羽化後 4~5 日目の雌成虫をこの実験にもちいた。これらの幼虫期の飼育は、常法の豆腐粕培基により、成虫期の餌には砂糖と水をあたえた。

供試薬剤： dimethoate: O, O-dimethyl-S-(N-methyl carbamoylmethyl) phosphorodithioate は実験室でメタノールで再結精製した m.p. 51.2° の試料で、これをアセトンで表 1 にしめす 3 段階の濃度に希釈してもちいた。さらに油の影響をみるために、ゴマ油をアセトンに 2% 加用、これをもちいて同様に 3 段階の濃度に薬液を希釈調製した。

実験方法： 前のふたつの報告と同様 Finney (1946) によつてのべられた解析方法をそのまま適用することを目的に、その論著にならつてつぎの様な計画でおこなわれた。すなわちまず、供試昆虫は約 40 匹を、直径 9 cm、高さ 7 cm のガラス容器にいれ、サランの網蓋をかぶせ、その上から脱脂綿にひたした希釈牛乳をあたえた。こう

してわけられた供試個体群をふたつにして、そのひとつを湿度約 100% の、他のひとつを約 70% の環境条件下に 24 時間放置した。24 時間後にさきに調製した薬液を、炭酸ガスで軽く麻酔したイエバエの胸背部に、micro-meter syringe で滴下処理した。処理したものはあたらしく餌をあたえて、高低両湿度環境条件下におき、24 時間後にその生死を記録した。なお別に溶媒のみの処理による対照区をもうけ、その斃死率をもとめた。すなわち薬液処理前および後に、高、低両湿度環境条件下におくことによつて、4 つの組合せができ、さらに溶媒にゴマ油を加用したかしないかによつて、その 2 倍の都合 8 つの組合せができたことになる。これは 2×2×2、いいかえれば 2³ の factorial system の配置にあり、薬剤処理前に放置した関係湿度、処理後のそれ、およびゴマ油の 3 要因は、それぞれふたつの相対する条件、すなわちはじめのふたつの要因については、100% と 70%、後のゴマ油については加用、無加用の相互の条件をそなえている。Finney (1946) のそれにならつて、関係湿度 100% の条件下においたものに W (Wet)、70% においたものに D (Dry)、ゴマ油の加用に O (Oil) のコードレターをあたえ、それぞれ 8 コの組合せを表 1 にしめす様に区別した。たとえば W.D.O. としたものは、薬剤処理前 24 時間、関係湿度 100% の条件下におき、ゴマ油を加用したアセトンで希釈した dimethoate を処理した後、今度は 70% の関係湿度条件下に 24 時間おいたものであることを意味する。この実験は 1964 年 4 月 2 日~16 日にわたる期間にくりかえしおこなわれたもので、都合 4,676 匹の個体がもちいられた。飼育、実験すべて温度 25°C の恒温室においておこなつた。

実験結果と考察

実験結果を表示すると表 1 のごとくである。ここでのめした致死率は、それぞれの対照区における生存率をもつて Abbott の式により補正した数値である。表 1 にし

- 1) 殺虫剤の生物試験にかんする研究、第 45 報
Studies on the biological assay of insecticides.
XLV
- 2) イハラ農薬研究所
Ihara Agricultural Chemicals Institute, Shimizu

Table 1. Results of toxicity tests of dimethoate on the common housefly, *Musca domestica vicina* Macq.

Dosage ($\mu\text{g}/\varphi$)	D. D.		W. D.		D. W.		W. W.	
	Number of flies used	Per cent mortality	Number of flies used	Per cent mortality	Number of flies used	Per cent mortality	Number of flies used	Per cent mortality
0.00195	159	9.6	160	5.0	159	3.0	160	10.0
0.0039	159	31.0	159	34.3	155	43.5	160	51.6
0.0078	159	93.5	159	91.5	159	96.9	160	96.0
Control	120	3.3	120	3.3	121	19.0	120	8.3

Dosage ($\mu\text{g}/\varphi$)	D. D. O.		W. D. O.		D. W. O.		W. W. O.	
	Number of flies used	Per cent mortality	Number of flies used	Per cent mortality	Number of flies used	Per cent mortality	Number of flies used	Per cent mortality
0.00195	160	6.1	159	2.9	162	9.2	171	10.6
0.0039	160	42.0	160	39.0	160	54.1	159	58.6
0.0078	120	88.7	159	96.7	120	94.6	120	96.1
Control	118	4.2	119	6.7	120	7.5	120	15.0

Table 2. Summary of calculations for estimation of eight regression lines
(All doses were multiplied by 100 in order to avoid negative values of x)

Series	$\bar{x}$	$\bar{y}$	Σw	$[wx^2]$	$[wxy]$	$[wy^2]$	$[wxy]^2/[wx^2]$
D. D.	0.60005	4.83646	181.77	7.28813	33.70890	173.05545	155.90967
W. D.	0.61632	4.84245	181.01	7.25458	36.95623	191.30727	188.26217
D. W.	0.61494	5.03734	143.39	4.10434	25.54259	159.95204	158.95952
W. W.	0.56675	5.00299	181.93	7.27749	35.99773	179.83443	178.06092
D. D. O.	0.60873	4.89044	186.94	7.79104	35.61843	162.88249	162.83738
W. D. O.	0.62259	4.99882	150.94	4.43890	27.88102	177.36639	175.12250
D. W. O.	0.56437	4.98559	183.07	7.22348	34.97873	169.44149	169.37979
W. W. O.	0.53136	4.93349	178.79	6.51023	32.28175	160.12630	160.07290
Total	—	—	1387.84	51.88819	262.96538	1373.96586	1348.60485

Table 3. Test of heterogeneity and parallelism of regressions

Nature of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square
Common slope	1	$\Sigma^2 [wxy]/\Sigma[wx^2] = 1332.68844$	
Departure from parallelism	7	15.91641	$A = 2.27$
Separate slope	8	$\Sigma ([wxy]^2/[wx^2]) = 1348.60485$	
Residual heterogeneity	8	$\Sigma \chi^2 = 25.36101$	$s^2 = 3.17$
Total	16	$\Sigma[wy^2] = 1373.96586$	

めした処理薬量 X を対数変換したときに生ずる負数をなくし、以後の計算操作を簡便にするために、まずこれを1,000倍した上でその対数を取り、これに対応する致死率 Y をプロビット y に変換し、常法により両者の関係を一次の回帰方程式にもとめた。表2はその要約で表3はこれらの8回帰直線の異質性と平行性を検定した結果である。異質性の χ^2 は25.36で有意であるが、この平均平方は、平行性にかんする平均平方にくらべて大き

く、 $A/s^2=0.72$ は有意水準0.05における F の値3.73よりも小で、これらの回帰直線は互に平行関係にあるとみなしてさしつかえない。それ故、共通の角係数 $b_c = \Sigma [wxy]/\Sigma[wx^2] = 5.06792$ をもちいて、これと表2にしめした $\bar{x}$, $\bar{y}$ とから8本の平行な回帰直線の方程式 $Y = \bar{y} + b_c(x - \bar{x})$ をもとめ、 $Y=5$ とおけば対数単位でしめした中央致死薬量 $\log \text{LD}_{50}$ の算定が可能である。 2^8 の factorial system の計画にしたがっておこなわれ

Table 4. Calculations for main effects and interactions

Series	$\bar{y}$	(1)	(2)	(3), T_y	(3) for $\bar{x}$, T_x
D. D.	4.837	9.680	19.720	39.529	4.730
W. D.	4.843	10.040	19.809	0.029	-0.051
D. W.	5.037	9.889	- 0.028	0.391	-0.176
W. W.	5.003	9.920	0.057	- 0.201	-0.111
D. D. O.	4.890	0.006	0.360	0.089	-0.066
W. D. O.	4.999	- 0.034	0.031	0.085	0.013
D. W. O.	4.986	0.109	- 0.040	- 0.329	-0.108
W. W. O.	4.934	- 0.052	- 0.161	- 0.121	0.017

た実験結果の解析方法については、Yates (1937) によつて論じられ、Finney (1946) によつてもその適用例がしめされた。そして長沢・柴 (1964) もさきに DDT, naled のイエバエにたいする毒性と温度、および溶媒の関係を解析するにあつてこれを応用した。ところで Finney, 長沢・柴は、各要因の主効果および交互作用の程度を算定するにあつては、8つの回帰方程式によつてもとめたそれぞれの $\log LD_{50}$ と、表2にしめした $\bar{x}$ とをもちいたが、この $\log LD_{50}$ のかわりに表2の $\bar{y}$ をもちいても、算定のための式を多少変えることにより、当然同じ結論に達するはずである。Finney は後年、この $\bar{y}$ と $\bar{x}$ とから、各要因の主効果および交互作用の程度を算定する方法をしめした。すなわち表4の第2欄にしめした数値は、表2の $\bar{y}$ をそのままうつしたものである。(1), (2), (3) 欄の数値のもとめ方は、先報と全く同じで、第1欄の最初の4つの数値は、前欄の数値をそれぞれ順次にふたつずつたした結果であり、つぎの4つの数値は、順次ふたつずつの下の数値から上の数値をひいた差である。第(2), (3) 欄の数値も同様にしてもとめられる。第6欄の数値は、同じ様な順序で $\bar{x}$ について計算された $\bar{y}$ の(3)に相当するものである。

$\bar{x}$ および $\bar{y}$ の(3) 欄の数値をそれぞれ T_x , T_y とすると、表4の最初の欄の T_x , T_y は、それぞれ8コの $\bar{x}$, $\bar{y}$ の合計で、特に意義をもつものではない。のこる7コの対応する T_x , T_y から、

$$M = -\frac{1}{4} (T_x - T_y/b)$$

の式によつて順次計算した結果が、それぞれ表5にする

した様な各要因の主効果、および交互作用の程度をしめす数値である。これらの variance は

$$V(M) = \frac{1.96}{16b_e^2} \left\{ \sum \left(\frac{1}{\sum w} \right) + \frac{(4M + T_x)^2}{\sum [wx^2]} \right\}$$

の式によつてもとめられ、表5の標準偏差は、その平方根である。

表5にみる様に、多湿状態においた方があきらかに dimethoate の有効度は高まり、ことに処理後多湿状態においた場合、その値は有意である。またゴマ油を溶媒に加用することにより、dimethoate の有効度はある程度高まるが、有意といえるほどのものではないことがわかる。表5の6行目の M と2行目の M とをたした数値

$$0.063 + 0.011 = 0.073 = \log 1.18$$

は、溶媒にゴマ油を加用して処理したものを乾燥状態においた場合と、多湿状態においた場合とを比較したとき後者の有効度の増大する程度をしめすものである。その差

$$0.063 - 0.011 = 0.052 = \log 1.13$$

は、ゴマ油を加用しないときのおなじ増大の程度をしめすものである。表6はこうした関係を簡単なひとつの表としてまとめたものである。処理前多湿の環境条件下においた場合の影響は、乾燥した環境条件下においた場合にくらべて、平均してわずか3%有効度がたかまるだけでさらにこれを処理後乾燥状態においたときと、多湿な環境条件下においたときにわけて考えると、前者では1%有効度がおとり、後者では8%たかまる。そしてこれをゴマ油を加用しない場合と加用した場合とにわけて考

Table 5. Summary of main effects and interactions expressed as relative potencies

Effect	M	Relative potency
1. Wet versus dry before treatment	0.014 $\pm$ 0.01489	1.03
2. Wet versus dry after treatment	0.063 $\pm$ 0.01491	1.16
3. Interaction of 1 and 2	0.018 $\pm$ 0.01490	1.04
4. Soy bean oil	0.021 $\pm$ 0.01489	1.05
5. Interaction of 1 and 4	0.001 $\pm$ 0.01489	1.00
6. Interaction of 2 and 4	0.011 $\pm$ 0.01491	1.03
7. Interaction of 1, 2 and 4	-0.010 $\pm$ 0.01490	0.98

Table 6. Estimated relative dosage values (measured on logarithmic scale)

Relative dosage value for	Mean	Storage before treatment		Storage after treatment		Soy bean oil	
		Dry	Wet	Dry	Wet	Absent	Present
Wet instead of dry storage before treatment	0.014	—	—	-0.004	0.032	0.013	0.015
Wet instead of dry storage after treatment	0.063	0.042	0.084	—	—	0.052	0.074
Addition of soy bean oil to acetone	0.021	0.020	0.022	0.010	0.032	—	—

Table 7. Estimated relative potencies

Relative dosage value for	Mean	Storage before treatment		Storage after treatment		Soy bean oil	
		Dry	Wet	Dry	Wet	Absent	Present
Wet instead of dry storage before treatment	1.03	—	—	0.99	1.08	1.03	1.04
Wet instead of dry storage after treatment	1.16	1.10	1.21	—	—	1.13	1.19
Addition of soy bean oil to acetone	1.05	1.05	1.05	1.02	1.08	—	—

えると、それぞれ 13%、および 15% の有効度の増大があつたといふ。2 段目は処理後の湿度の影響、3 段目はゴマ油を溶媒に加用することの影響をしめすものである。

殺虫剤の有効度と湿度の関係については、すでに先学者によつて種々研究されているが、これらは主に残留毒性と湿度の関係が実験され論じられているものである。Hadaway & Barlow (1957) は種々の被験物体に残留する殺虫剤に、虫体が接触し体内にとり入れられるまでの湿度の影響は大きい、虫体に摂取されてから後の影響はさして大きいものでないことをのべており、Kalkat *et al.* (1961) は多湿の環境条件下においては、殺虫剤の volatility がたかまり、燻蒸効果が増大し、高い殺虫率がえられることをしるしている。すなわち残留毒性と湿度の関係が論ぜられる場合は、毒物に虫体が曝露されて摂取するまでの pre-treatment period の湿度が大きく左右することがしめされている。しかし本論におけるごとく、主に毒物が摂取されてから後の吸収と湿度との関係を論ずる場合は、処理前のそれよりも処理後の放置湿度条件の方がより大きく有効度に左右すると考えることは難しくなく、本実験の結果もこれを証明しえたということができよう。

摘 要

2³ の factorial system の実験計画にもとづいて、dimethoate のイエバエにたいする毒性と、湿度および溶媒の関係を究明した。羽化後 4～5 日のイエバエの雌を

薬剤処理前の 24 時間を、関係湿度 100% と 70% のふたつのことなつた環境条件下においた後、アセトンでとかした dimethoate およびゴマ油を 2% 加用したアセトンを溶媒とするそれを滴下法によつて処理した。処理した個体は、さらに 24 時間 100% および 70% の条件下においた後、その生死を判別した。2³ すなわち 8 つの組合せについてえられた、濃度-致死率回帰直線のもつ $\bar{y}$, $\bar{x}$ にもとづいて、これらの要因の相対力価を算定した結果、供試個体を多湿状態においた方が、あきらかに dimethoate の有効度はたかまり、ことに処理後多湿状態においた場合、その値は有意であつた。またゴマ油を溶媒に加用した場合、ある程度有効度は高まるが、その値は有意ではなかつた。

引用文献

- 1) Finney, D. J. (1946): The analysis of a factorial series of insecticide tests, *Ann Appl. Biol.*, 33: 160-5. —2) Finney, D. J. (1952): Probit analysis. 318pp. Cambridge Univ. Press, London. —3) Hadaway, A. B. & Barlow, F. (1957): The influence of temperature and humidity upon the action of insecticides. I. During the post-treatment period. *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, 51: 187-93. —4) Kalkat, G. S., Davidson, R. H. & Brass, C. L. (1961): The effect of controlled temperature and humidity on the residual life of certain insecticides. *J. Econ. Entomol.*, 54: 1186-90. —5) 長沢純夫, 柴三千代: (1964) (1964) DDT のイエバエにたいする毒性と温度および溶媒の関係. 応動昆, 8: 203-8. —6) 長沢純夫, 柴三千代 (1964): Naled のイエバエにたいする毒性と温度

および溶媒の関係. 防虫科学, 29: —7) Yates, F. (1937): The design and analysis of factorial experiments. Tech. Commun. Bur. Soil. Sci., Harpendon. No. 35.

Summary

Seven per cent of dimethoate is soluble in water at 80°C. It is possible that the absorption and toxicity of dimethoate in insects are more influenced by the higher atmospheric humidity than by the lower atmospheric humidity. It is also thinkable that oil added to solvent is useful to maintain insects in wet condition. A 2³ factorial experiment on alternative storage conditions concerning the atmospheric humidity for insects before and after treatment and the adjuvant effect of soy bean oil to solvent in topical application was designed to test

the toxicity of dimethoate against the common house fly, *Musca domestica vicina* Macquardt. The house flies were stored at either 70 or 100 % relative humidity for 24 hours before treatment, and also at either 100 or 70 % relative humidity for 24 hours after treatment. Soy bean oil was used as a 2 per cent (v/v) solution in acetone. The experimental data obtained (Table 1) were analysed by the method described by Finney (1952). As is seen in the estimated relative dosage values (Table 6) or relative potencies (Table 7), the effect of atmospheric humidity after treatment was the highest among the factors concerning to the absorption and toxicity of dimethoate against the house fly, and the adjuvant effect of soy bean oil was not significant.