

On the Measurement and Expression of the Appearing Velocity of Various Organic Insecticides' Efficacy. Studies on the Appearing Velocity of the Efficacy of Insecticides I. Hiromichi MATSUBARA (Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture, Gifu University)
Received Oct. 25, 1962. *Botyu-Kagaku*, 27, 100, 1962 (with English résumé, 108)

16. 各種有機殺虫剤の効力発現速度の測定とその表示法について 殺虫剤の効力発現速度に関する研究 第1報* 松原弘道(岐阜大学 農学部 農芸化学教室) 37. 10. 25 受理

アカイエカの幼虫のノックダウン速度から殺虫剤の効力発現速度を求める著者の簡易測定法についてその測定条件の検討を行い、さらにその結果にもとづいて21種の殺虫剤の効力発現速度を測定し、*p,p'*-DDTを基準として表示した。この値から殺虫剤の効力発現の遅速に対して新しい表示法を提案し、またこれら諸薬剤のアカイエカの幼虫に対する比中央致死濃度、比中央ノックダウン時間およびシロネズミに対する比中央致死薬量の逆数の積から各薬剤の衛生害虫用殺虫剤としての優劣について考察を加えた。

殺虫剤の実用上その効力発現の遅速は極めて重要な要素であり、特に衛生害虫用殺虫剤では一般使用者の直観に訴えるため、我が国の国民性からもそれが速効性であることは実際の意義以上に要望される性能である。しかしこの重要な要素である薬剤効力発現の遅速については従来系統的の研究は少なく、効力発現速度がどの程度のもを速効性といい、また遅効性というかについては確然とした基準がなく、その区分は頗るあいまいであり、さらにその測定法についても一定したものが無く、単に数種類の薬剤について同一濃度の薬液を種々異った方法で各種の昆虫に適用し、そのノックダウンの遅速を比較しているに過ぎない。最近鈴木¹⁾は数種有機燐剤溶液を滴下した濾紙にイエバエを接触させ経時的にノックダウンを観察し、その50%ノックダウン時間(KT-50)から効力発現の遅速を比較し、また大串²⁾は2種の有機燐剤の油剤と乳剤を直接噴霧法と噴霧降下法とによってイエバエに適用しKT-50からその速度を比較しているが、これら両者の結果から一貫した各薬剤の効力発現の遅速を数量的に表示することは困難である。これら諸法において何れも同一濃度の薬液を昆虫に適用しているが、このような適用法では致死毒力の大きい薬剤ではノックダウンが早く、毒力の小さい薬剤では遅いので、真のノックダウンの遅速を測定するには致死毒力あるいは一定時間後のノックダウン効力の等しい薬液を適用する必要がある。著者³⁾は先に薬剤の効力発現の遅速に対する簡易測定法としてアカイエカの幼虫を用いる方法ならびに遅速の表示法として効力発現速度なるものを提案した。すなわち本法は速度を求めようとする薬剤ならびに基準薬剤のある昆虫に対する24時間後の中央致死濃度(LC-50)の割合に調整した各薬剤を同一昆虫

に適用し、致死現象とほぼ平行関係にありかつ測定容易な生体反応例えばノックダウン虫率を経時的に観察し、そのKT-50を基準薬剤と比較しその中央当量をもって示す方法である。今回著者は今まであいまいであった薬剤効力の発現の遅速に対して新しい表示法を確立する目的で最初この簡易測定法の測定条件の検討を行い、最適KT-50範囲を決定し、その結果にもとづいて21種の有機殺虫剤の効力発現速度を測定し、*p,p'*-DDTを基準として表示し、その数値にもとづいて各薬剤の効力発現速度について新しい表示法を提案し、さらにアカイエカ幼虫に対する各薬剤のLC-50およびKT-50ならびにシロネズミに対するそれらの中央致死薬量(LD-50)の逆数から衛生害虫用殺虫剤としての優劣について総合的に考察を行った。

実験材料、装置および方法

1. 供試薬剤：第1表に示すような4系列21種の殺虫剤を使用した。他に溶剤および乳化剤として市販のxyleneおよびTriton X-100をそれぞれ使用した。
2. 供試昆虫：ノックダウンならびに致死試験に使用したアカイエカ *Culex pipiens pallens* の幼虫は著者³⁾が先に報告したと同様の終令幼虫である。
3. 実験装置および方法：各薬剤と *p,p'*-DDT の毒力の比較はアカイエカの幼虫を用いるペトリ皿法によった。すなわち各薬剤原体(pyrethrinsの場合のみ pyrethrum extract) 5%, Triton X-100 45% および xylene 50% の割合に調合した乳剤原液または原薬剤(ニコチン, dipterex および TEPP) を適宜 5~8 段階の濃度に希釈し、1シャーレ 200cc の薬液中にアカイエカの幼虫 10匹宛を入れ、1濃度 100匹の昆虫について24時間後の生死を調査した。

効力発現速度の測定は先に著者³⁾が提案した方法によった。すなわち上述のペトリ皿法によって得た各

* 本研究の概要は日本農芸化学会大会(1962, April 29)で報告した。

Table 1. Natural and synthetic organic insecticides tested.

I. Natural organic insecticides and synthetic pyrethroids	
1. Pyrethrins	Pyrethrum extract, pyrethrin-I 10.89%, pyrethrin-II 9.80%, total pyrethrins 20.69%
2. Allethrin	Sumitomo Kagakukogyo KK, 93%
3. Barthrin	McLaughlin Gormley King Co., technical grade
4. Dimethrin	McLaughlin Gormley King Co., 97%, <i>dl-trans</i> : <i>dl-cis</i> 50:50
5. Rotenone	mp 163-164°
6. Nicotine	Merck, extra pure
II. Organochlorinated insecticides	
7. <i>p, p'</i> -DDT	Nihon Soda KK, mp 108.8-109.3°
8. Lindane	Nihon Soda KK, mp 112.0-113.0°
9. Aldrin	mp 104.0-104.5°
10. Dieldrin	mp 174.0-174.5°
11. Endrin	decomp. p 243-249°
III. Organophosphorous insecticides	
12. Ethyl parathion	Sumitomo Kagakukogyo KK, 97.5%
13. Methyl parathion	Sumitomo Kagakukogyo KK, 97.4%
14. EPN	Nissan Kagakukogyo KK, 87.5%
15. TEPP	tetraethylpyrophosphate 40%, triethylphosphate, acetone etc. 60%
16. Diazinon	Nihon Kayaku KK, technical grade
17. Sumithion	Sumitomo Kagakukogyo KK, 95.5%
18. Dipterex	dipterex 50%, emulsifier, solvent etc. 50%
19. Malathion	Sumitomo Kagakukogyo KK, 95.5%
20. DDVP	Nihon Soda KK, technical grade
IV. Carbamate insecticides	
21. Sevin	mp 138-140°, 95%

薬剤乳液または溶液のアカイエカの幼虫に対する24時間後の致死率からその LC-50 を求め、その濃度の割合に調整した各乳剤原液（基準 *p, p'*-DDT 乳剤原液の組成は *p, p'*-DDT 4.25%, Triton X-100 42.55%, xylene 53.20%）をその薬液によってアカイエカの幼虫が60分以内に50%以上ノックダウンするような濃度に適宜希釈し、ペトリー皿法によってアカイエカの幼

虫100匹に対する時間-ノックダウン虫率を観察し、時間 (log.)-ノックダウン虫率 (probit) 予備回帰線上から KT-50 を求め、*p, p'*-DDT を基準として各薬剤の中央当量を算出し効力発現速度の指標とした。

実験結果および考察

1. 各種有機殺虫剤のアカイエカの幼虫に対する毒力の測定

前記実験法に従い有機殺虫剤21種の乳剤または溶液のアカイエカの幼虫に対する毒力をペトリー皿法によって検定した。実験は1回に2~5種の薬剤についてA~Iの9系列に分けて実施し、基準として毎回 *p, p'*-DDT を含めて行つた。実験実施期日は実験記号 A, B, C, D, E, F, G, H および I においてそれぞれ1961年 26/IX, 11/VIII, 1/VIII, 23/VII, 16/VIII, 18/VIII, 19/VIII, 22/VIII および 26/VIII で、その時の水温は 26.3°, 28.5°, 29.5°, 28.8°, 29.0°, 29.5°, 30.0°, 30.0° および 30.0° であった。

実験によって得られた各薬液の濃度 (ppm) と24時間後の致死率(%)についてさらに精密な比較を行うため薬液濃度 (対原乳剤) を対数に、致死率を probit に置き換え Bliss の薬量-反応率 1次変換操作を施してその回帰方程式を求め、その方程式から各薬液ならびに原体の絶対および相対有効度を算出すると第2表のようになる。最上欄 *p, p'*-DDT の LC-50 は各系列の平均値を示し、相対有効度は各系列毎 *p, p'*-DDT を基準として算出した。なお第2表の最右欄には濃度 (log.)-致死率 (probit) 予備回帰線上から求めた相対有効度を併記した。

p, p'-DDT では濃度-致死率回帰線が2~3線分に分れるのが普通であるが、第2表の回帰方程式は常に probit 5 の横軸に交わる線分を示したものである。従って LC-95 などの算出にはこの式を用いる事は出来ない。なお *p, p'*-DDT の LC-50 値は系列によってかなりの変動が見られるが、これは実験に長期間を要したため、その間に水温の変化、生長度の変動あるいは時期による薬剤への抵抗性の変化などが起ったのによると想像せられる。特にD系列の LC-50 値は異常に大きいため最上欄の *p, p'*-DDT の LC-50 値はこの系列を除いた他系列全部の平均値で示した。

第2表から明らかなように一般に有機燐系殺虫剤は毒力が強大で、特に EPN, ethyl parathion および methyl parathion は最も優れ他の追従を許さないとはいえよう。また pyrethroids はこれに次ぐ強い毒力を有し、そのうちでも barthrin は著者³⁾が既に報告したように最も毒力が優れそれぞれ pyrethrins の1.28倍, allethrin の0.7.35倍, dimethrin の3.57倍に相当する。然し天然有機殺虫剤中でも rotenone および

Table 2. Dosage-mortality regression equation, absolute and relative toxicity to larvae of the common house mosquito of organic insecticides.

Code sign	Toxicant	Regression equation	Median lethal concentration LC-50 (ppm)		Relative median lethal concentration	
			As stock emulsion	As actual toxicant	Calculated from regression equation	Got from provisional regression line
	<i>p, p'</i> -DDT		1.4133	0.0707		
A	<i>p, p'</i> -DDT	$Y=5.114+1.253(X-0.461)$	2.3429	0.1171	1.0000	1.0000
	Pyrethrins	$Y=5.032+6.627(X-0.218)$	1.6339	0.0169	0.1443	0.1595
	Allethrin	$Y=5.305+8.388(X-0.324)$	1.9408	0.0970	0.8284	0.9099
B	<i>p, p'</i> -DDT	$Y=4.691+3.371(X-1.868)$	0.9107	0.0455	1.0000	1.0000
	Dimethrin	$Y=5.291+8.053(X-0.010)$	0.9423	0.0471	1.0352	0.9397
	Barthrin	$Y=4.730+5.173(X-1.370)$	0.2642	0.0132	0.2901	0.2618
C	<i>p, p'</i> -DDT	$Y=4.722+2.495(X-0.025)$	1.3698	0.0685	1.0000	1.0000
	Rotenone	$Y=4.953+2.881(X-1.213)$	16.9371	0.8469	12.364	12.416
	Nicotine	$Y=5.003+6.871(X-2.014)$	103.2591	103.2591	1507.4	1527.3
D	<i>p, p'</i> -DDT	$Y=4.956+1.087(X-0.694)$	5.4319	0.2716	1.0000	1.0000
	Lindane	$Y=5.007+2.898(X-0.931)$	8.4744	0.4237	1.5600	1.5364
	Aldrin	$Y=4.949+1.160(X-0.258)$	2.0016	0.1001	0.3686	0.3927
	Endrin	$Y=4.789+1.127(X-0.294)$	3.0299	0.1515	0.5578	0.5585
	Dieldrin	$Y=4.668+1.137(X-0.396)$	4.8696	0.2435	0.8965	0.9419
E	<i>p, p'</i> -DDT	$Y=4.783+2.578(X-0.210)$	1.9665	0.0983	1.0000	1.0000
	Et-parathion	$Y=4.417+6.142(X-2.724)$	0.0659	0.0033	0.0336	0.0381
	Me-parathion	$Y=4.812+7.237(X-2.953)$	0.0953	0.0048	0.0488	0.0542
	Sumithion	$Y=4.569+6.698(X-1.202)$	0.1846	0.0092	0.0936	0.1045
F	<i>p, p'</i> -DDT	$Y=4.279+2.766(X-1.851)$	1.2930	0.0647	1.0000	1.0000
	EPN	$Y=4.891+7.654(X-2.721)$	0.0543	0.0027	0.0417	0.0406
G	<i>p, p'</i> -DDT	$Y=4.657+2.270(X-1.953)$	1.2704	0.0635	1.0000	1.0000
	Malathion	$Y=5.182+7.732(X-1.994)$	0.9335	0.0467	0.7354	0.7208
	Diazinon	$Y=5.547+11.625(X-1.891)$	0.6982	0.0349	0.5496	0.5443
H	<i>p, p'</i> -DDT	$Y=4.384+3.563(X-1.939)$	1.2927	0.0646	1.0000	1.0000
	Dipterex	$Y=5.338+7.863(X-0.268)$	1.6797	0.0840	1.3003	1.2882
	DDVP	$Y=4.992+8.623(X-1.855)$	0.7174	0.0359	0.5557	0.5528
	TEPP	$Y=4.971+11.325(X-0.911)$	8.1880	0.4094	6.3375	6.2891
I	<i>p, p'</i> -DDT	$Y=4.692+3.195(X-1.838)$	0.8601	0.0430	1.0000	1.0000
	Sevin	$Y=4.740+4.363(X-1.302)$	22.9540	1.1477	26.691	31.117

nicotine は pyrethrins に比して毒力が極めて低く、*p, p'*-DDT のそれぞれ約 1/12 および約 1/1500 の毒力を有するに過ぎない。なお carbamate 系殺虫剤 sevin はアカイエカに対しては毒力が劣り、*p, p'*-DDT の約 1/27 に相当する。我が国におけるアカイエカの幼虫に対する各種有機塩素系および有機燐系殺虫剤の毒力に関する安富⁹⁾の研究では、各薬剤の感受性系統に対す

る LC-50(ppm)値は *p, p'*-DDT 0.860, lindane 0.085, dieldrin 0.010, diazinon 0.073, malathion 0.085, DDVP 0.066, dipterex 0.087 で、また鈴木および水谷⁵⁾の研究では同様に伝研系で、*p, p'*-DDT 0.92, lindane 0.49, dieldrin 0.28, diazinon 0.088, malathion 0.095, DDVP 0.029, dipterex 0.10 であるという。これらの値と第 2 表原体換算 LC-50 値

を比較すると、各有機燐剤では何れも近似値を示している。しかし lindane (0.42 ppm) および dieldrin (0.24 ppm) のような有機塩素剤では鈴木等⁹⁾ の値とよく一致するが、安富⁴⁾ の値より高い値を示すことから本実験に使用した薬剤適用歴のないアカイエカの幼虫は安富⁴⁾ の報告した抵抗性の世田谷 C 群 (LC-50 (ppm) 値 lindane 1.152, dieldrin 0.749), および鈴木等⁹⁾ の報告した抵抗性の川崎群 (LC-50 (ppm) 値 lindane 1.06, dieldrin 0.55) の何れよりも両剤に対する抵抗性は小ではあるが、一応 refractoriness をもつ系統といえよう。また最近 Sutherland and Darsie⁷⁾ はフランスのデラウエア市近郊で採集し、実験室で飼育したアカイエカ *Culex pipiens* の幼虫に対する有機殺虫剤の致死試験 (48 時間後) でその LC-50 (ppm) 値はおおの γ -BHC 0.10~0.14, DDT 0.060, dipterex 0.088, malathion 0.02~0.03, DDVP<0.001 であると報告しているが、第2表のそれと比較すると DDVP を除けば何れも近い値を示している。

なお第2表の最右列に示した予備回帰線上から求めた中央当量の値と Bliss の probit 法によって回帰方程式から求めた値とを比較するとその平均誤差率は 5.7% に過ぎず、別の実験でこのような濃度の少しの差によってはアカイエカの幼虫の KT-50 は殆んど影響を受けないことを認めたので、効力発現速度の簡易測定法では手数を要しないこのような予備回帰線から求めた LC-50 値で充分であると考えられる。従って次項のアカイエカの幼虫に対するノックダウン試験の薬剤調整に際してはこの値を用いることとした。

2. 各種有機殺虫剤の効力発現速度の測定

i) アカイエカの幼虫に対する殺虫剤のノックダウン効果と致死効果との関連性の検討

殺虫剤の効力発現速度の測定において致死現象と平行関係が成立すると予想せられかつ測定容易な生体反応としてノックダウン現象を探り挙げたが、昆虫のノックダウン現象に続いて必ず致死現象が伴うか否か、またノックダウンの遅速と致死の遅速との関係を検討する必要を認めたので、*p, p'*-DDT を基準薬剤とし他に天然殺虫剤、合成 pyrethroid、有機塩素剤および有機燐剤からそれぞれ一つずつ pyrethrins, allethrin, endrin および ethyl parathion の4薬剤を選び、そのアカイエカの幼虫に対する LC-50 比に調整した各乳剤原液をすべて同一乳剤濃度 (6ppm) に希釈してアカイエカ幼虫10匹ずつに適用し、その 100% ノックダウンおよび致死所要時間を測定し第3表のような結果を得た。なお数値は10匹についての測定値の平均を示したが、各個体間の変動は極めて小であった (水温 21°)。

第3表で示されたように供試薬剤濃度においては何れの薬剤を適用してもアカイエカの幼虫の全部がノックダウンするのが見られ、全薬剤とも処理後110~254分間に、またノックダウン後110~230分間に全昆虫が致死するのが観察された。今 100% ノックダウン所要時間をノックダウン速度の指標とすれば、pyrethrins および allethrin はその速度が極めて大で、*p, p'*-DDT の30倍以上であるが、endrin および ethyl parathion の速度は *p, p'*-DDT のそれよりわずかに小である。ノックダウン後の致死時間においては各薬剤間に 100% ノックダウン所要時間程の差はみられないが、速効性である pyrethrins および allethrin では他剤に比して致死時間が早く、さらに処理後 100% 致死所要時間をみると両 pyrethroid は *p, p'*-DDT よりはるかに早く、また endrin および ethyl parathion は *p, p'*-DDT よりかなり遅い。このようにアカイエカの幼虫

Table 3. 100% knockdown and kill time against larvae of the common house mosquito of *p, p'*-DDT, pyrethrins, allethrin, endrin and ethyl parathion emulsions by the petri-dish method. Ten individuals were used in each emulsion.

Toxicant	Actual toxicant concentration (ppm)	Average 100% knockdown time KT-100 (min.)	Average 100% kill time after treatment LT-100 (min.)	Average 100% kill time after knockdown LT-100-KT-100 (min.)	Relative lethal velocity after knockdown	Relative knockdown velocity
<i>p, p'</i> -DDT	0.300	15.6	222.5	206.9	1.00	1.00
Pyrethrins	0.048	< 0.5	110	> 109.5	1.89	> 31.2
Allethrin	0.237	< 0.5	177	> 176.5	1.17	> 31.2
Endrin	0.168	42.2	244	201.8	1.03	0.37
Ethyl parathion	0.011	22.9	254	231.1	0.90	0.68

のノックダウンという生物反応は昆虫の致死の前駆的現象であり、また薬剤適用後の昆虫の致死時間の遅速とそのノックダウンの遅速とは一致することから、ノックダウンの遅速を測定することによってその薬剤の効力発現速度を測定することが出来るわけである。

ii) 最適中央ノックダウン時間の検討

先に著者³⁾は barthrin の効力発現速度をアカイエカの幼虫のノックダウンを検することによる新しい簡易測定法によって求め、その値が pyrethrins の約 1/84, allethrin の約 1/36 と報告した。しかし今回行った実験結果ではこれとかなり異った値が得られその再現性に問題があることが判明したので種々検討したところ、再現性を高めるためにはアカイエカの幼虫に対して適当な KT-50 となるように薬剤濃度を選ぶ必要があることが明らかとなった。故に KT-50 範囲と効力発現速度との関係を明らかにするため *p, p'*-DDT と barthrin とを供試薬剤とし、*p, p'*-DDT 乳剤で供試昆虫が 20~60 分の間に 50% ノックダウンするような濃度とその前後の濃度すなわち 20 分以内に 50% ノックダウンする濃度および 60 分以内では 50% ノックダウンしない濃度となるよう適宜希釈した薬液 ($A_1 \sim A_3$) のアカイエカ幼虫に対する時間-ノックダウン虫率を求め、その結果について時間を対数に、ノックダウン虫率を probit に置き換え、おのおのの時間-ノックダウン虫率予備回帰線を描き図上から KT-50 を求め、さらにそれから効力発現速度を求めると第 4 表のようになる。表中の B 系列は後に述べる効力発現速度の測定における成績を比較のために併記したものである。

第 4 表の結果から *p, p'*-DDT を基準とした場合薬剤の濃度が小なる程すなわち KT-50 が大なる程 barthrin の比効力発現速度は大となる傾向が見られ、またその巾もかなり広いので再現性を高めるためには KT-50 を一定時間範囲内に限定する必要があるが生じて来

る。その時間が 64 分以上にわたる時は実験観察に長時間を要する不便の外、pyrethrins や allethrin のような薬剤ではノックダウンから蘇生して浮び上る傾向にあるからこれより短時間であることが必要であり、また数分以内では 100 匹におよぶノックダウン虫数の観察に困難な上、薬剤によっては如何に濃度を高めてもある一定時間内ではノックダウン現象を起さないものもあるので、*p, p'*-DDT 乳剤によって KT-50 が 20~60 分となるような濃度を選ぶのが適当と考えられる。実際この範囲で行った A_2 系列の効力発現速度と B 系列のそれとはかなりよく一致するのが見られる。この両実験で用いた薬剤濃度 (対原乳剤) が A_2 では 5 ppm、B では 1.5 ppm というように差があるにもかかわらず KT-50 に大差が無いのは、両者の実験期日 (A_2 : 8/X, B: 7/IX, 1961) および水温 A_2 : 18°, B: 28.5°) あるいは幼虫の生長度の差にもとづく虫体の感受性の差異に原因するものと思われる。なお効力発現速度において極端に差のある薬剤の間においては直接の比較は困難であるから中間に適當の他薬剤をはさみ間接に測定を行う必要があり、各薬剤希釈液の KT-50 も 20~60 分の間にあるよう薬剤濃度を選定することが望ましい。故に次項に述べる各薬剤の効力発現速度の測定には以上の条件を考慮して実施することとした。

iii) 各種有機殺虫剤の効力発現速度の測定

前項の実験によって求められた各殺虫剤のアカイエカ幼虫に対する LC-50 に配合した各乳剤原液を調整し、水で適宜濃度に希釈し、i) および ii) 項の実験によって明らかとなった実験条件下に、*p, p'*-DDT を基準薬剤としそれらのアカイエカ幼虫に示す時間-ノックダウン虫率をベトリ-皿法によって検定した。その結果について時間を対数に、ノックダウン虫率を probit に置き換え、おのおのの時間-ノックダウン虫率予備回帰線を描きその線上から KT-50 を求め

Table 4. Median knockdown time and appearing velocity of the efficacy of *p, p'*-DDT and barthrin emulsion applied against mosquito larvae in median lethal concentration ratio.

Code sign	Toxicant (content in ppm)	Median knockdown time KT-50 (min.)	Appearing velocity of the efficacy
A_1	<i>p, p'</i> -DDT (0.375)	18.9	1.00
	Barthrin (0.098)	6.46	2.93
A_2	<i>p, p'</i> -DDT (0.250)	34.4	1.00
	Barthrin (0.065)	8.11	4.25
A_3	<i>p, p'</i> -DDT (0.125)	125.9	1.00
	Barthrin (0.033)	10.0	12.6
B	<i>p, p'</i> -DDT (0.075)	40.4	1.00
	Barthrin (0.020)	8.75	4.61

さらに著者⁹⁾の方法により、*p, p'*-DDT を基準とした各薬剤の効力発現速度を算出すると第5表のようになる。この際絶対有効度の算出に Bliss の probit 法に

Table 5. Median knockdown time of various organic insecticides emulsion applied against mosquito larvae in median lethal concentration ratio, and appearing velocity of its efficacy.

Toxicant	Median knockdown time (min.)	Appearing velocity of the efficacy
<i>p, p'</i> -DDT	31.2	1.00
Pyrethrins	1.15	27.2
<i>p, p'</i> -DDT	40.4	1.00
Barthrin	8.75	4.61
<i>p, p'</i> -DDT	—	1.00
Barthrin	34.8	4.61
Dimethrin	18.6	8.63
<i>p, p'</i> -DDT	—	1.00
Dimethrin	15.3	8.63
Allethrin	6.43	20.5
<i>p, p'</i> -DDT	30.1	1.00
Sevin	8.04	4.49
<i>p, p'</i> -DDT	35.8	1.00
TEPP	12.4	2.88
Dipterex	70.0	0.51
<i>p, p'</i> -DDT	30.7	1.00
Nicotine	10.7	2.86
<i>p, p'</i> -DDT	26.2	1.00
DDVP	15.1	1.73
Malathion	23.8	1.10
Diazinon	32.8	0.80
<i>p, p'</i> -DDT	27.0	1.00
Methyl parathion	23.7	1.14
EPN	38.2	0.71
Sumithion	38.6	0.70
Ethyl parathion	56.0	0.48
<i>p, p'</i> -DDT	16.6	1.00
Lindane	3.55	4.69
Endrin	24.3	0.68
Dieldrin	29.9	0.56
Aldrin	77.6	0.21
<i>p, p'</i> -DDT	33.3	1.00
Rotenone	101.5	0.33

よる推計学的方法を用いてもよいが、薬剤調整の基準となる LC-50 を予備回帰線上から求めたことと probit 法によって求めた値と予備回帰線上から求めた値との間に殆んど差のないことから、簡易測定法では本実験のように予備回帰線上から求める方法で充分と考えられる。なお速効性薬剤では直接 *p, p'*-DDT と比較する場合一定の値を得る事が困難であったので、間接に比有効度を求めることとした。すなわち dimethrin においてはまず barthrin と、次いで *p, p'*-DDT と barthrin の順序で比較し、また allethrin においては dimethrin と比較しそれぞれ間接に *p, p'*-DDT との比較を行った。

本実験において同一系統の殺虫剤を数種類ずつ11群に分けて実施し、また環状ジェン系殺虫剤の群では aldrin が頗る遅効性のため全部の薬剤濃度を高めた結果 *p, p'*-DDT の KT-50 が 16.6 分であったため、群ごとの効力発現速度の間に幾分の喰い違いが生ずる事が予想されたので、各群の薬剤を個々に採りあげ種々の組合せでさらに効力発現の遅速を検したところ各薬剤の効力発現の遅速は pyrethrins > allethrin > dimethrin > sevin > barthrin > lindane > DDVP > nicotine > TEPP > methyl parathion > malathion > *p, p'*-DDT > diazinon > EPN > sumithion > dipterex > ethyl parathion > endrin > dieldrin > rotenone > aldrin の順で第5表の結果と殆んど一致するのを認めた。

鈴木¹⁾ はイエバエに対する薬剤の効力発現の遅速は DDVP > diazinon > malathion、井上⁹⁾ は同じくイエバエに対し DDVP > diazinon > dipterex > malathion、また諏訪内⁹⁾ はアズキゾウムシに対し methyl parathion > ethyl parathion > γ -BHC > EPN の順であると報告している。このように薬剤の効力発現速度は薬剤の適用形式、薬剤の形態、供試昆虫の種類等によって甚だしい差異がある。従ってある薬剤についてそれが速効性あるいは遅効性であるとの表現は、その薬剤の常用対照昆虫に対して常用濃度の薬剤を常法によって適用した場合の効力発現速度の総平均をもってすべきであろう。しかし現在どの程度の効力発現速度をもつものが速効性であり、また遅効性であるかの基準はなくあいまいで、除虫菊剤、TEPP は速効性であり、DDT、デリス剤は遅効性である¹⁰⁾ と漠然とした表現が用いられているに過ぎない。著者はアカイエカの幼虫を薬剤中に dipping する条件下すなわち口器から薬剤の入る喰毒的適用と皮膚から浸透する接触的適用下における効力発現速度として、*p, p'*-DDT を基準とした場合 pyrethrins の 27.2 から aldrin の 0.21 にわたる広い範囲の値を得たので、この数字を基本とし、薬剤の効力発現速度の表現として

その速度15以上のものを頗る速効性, 14~5 を速効性, 4~3を効力発現速度普通, 2~0.5を遅効性, 0.4以下を頗る遅効性という事を提案する。本実験のようなアカイエカ 幼虫に対して喰毒兼接触の適用の条件下では, 普通速効性といわれる TEPP および DDVP の効力発現速度が普通あるいは遅効性の部に入るのが問題であり, さらに他の昆虫に対しても本法に準ずる方法を適用しその速度を測定し総平均を求め, これらの値を修正する必要があると思われる。

第5表から一般に pyrethroid は速効性の点では優れ, そのうちでも pyrethrins および allethrin は他剤に比を見ないような速効性を備えている事が示されている。しかし barthrin は pyrethroid 中最も効力発現速度は小で, pyrethrins の約 1/6, allethrin の 1/4 に相当する。先に著者⁹⁾は barthrin の効力発現速度を測定し本実験とかなり異なる値を得ているが, これは本実験と測定条件が異なるためと考えられる。なお毒性の極めて強大であった有機燐剤は一般に効力発現速度において劣り, TEPP 以外は遅効性の部類に属し, 塩素化炭化水素系殺虫剤も lindane 以外は遅効

性または頗る遅効性の部類に属し, また rotenone も極めて遅効性の部類に入ることとなる。

3. 衛生害虫用殺虫剤としての優劣についての一考察

諏訪内¹⁰⁾によれば昆虫に吸収された薬量 W と昆虫の致死時間 T_k との間には $(W - W_0)(T_k - T_0) = K$ の関係が成立するという。 W_0 はこれ以下になると昆虫を殺せない薬量であり, T_0 は薬量をいくらか高めてもこの昆虫を殺せない所定時間をあらわすといい, W_0 , T_0 および K の小さい程よい薬剤であるという。しかし燻蒸剤のようにガス体としてあるいは局所適用法のようにアセトン溶液として昆虫に適用する場合は W_0 および T_0 を測定する事は可能であるが, アカイエカの幼虫を用いる生物試験で, 特に水に不溶の薬剤ではそれを乳剤とした場合, 用いた基剤の影響が薬剤のそれより大なる場合もあるのでその測定は甚だ困難である。また Harber はガス体の濃度 C_g と致死時間 T_k との間に $C_g \cdot T_k = K$ なる関係があり, K の小さい程有効度の高い薬剤であることを示した。しかし著者^{11,12)}はアカイエカの幼虫を用いるペトリー皿法

Table 6. Relative median lethal concentration and median knockdown time against mosquito larvae, and reciprocal of relative (acute oral) median lethal dose against rat of various organic insecticides, and their products.

Insecticides	Relative LC-50 (C)	Relative KT-50 (T)	Reciprocal of relative LD-50 (1/D)	C·T/D	Order
Dimethrin	1.035	0.116	0.006	0.0007	1
Pyrethrins	0.144	0.037	0.167	0.0009	2
Barthrin	0.290	0.217	0.017	0.0011	3
Allethrin	0.828	0.049	0.272	0.0110	4
Sumithion	0.094	1.429	0.317*	0.0425	5
Malathion	0.735	0.909	0.167	0.1117	6
Lindane	1.560	0.213	2.000	0.6646	7
Methyl parathion	0.049	0.877	16.45	0.7068	8
<i>p, p'</i> -DDT	1.000	1.000	1.000	1.0000	9
Dipterex	1.300	1.954	0.400	1.0161	10
EPN	0.042	1.409	17.24	1.0203	11
DDVP	0.556	0.578	3.676	1.1813	12
Diazinon	0.550	1.250	2.000	1.3750	13
Sevin	26.69	0.223	0.417	2.4819	14
Dieldrin	0.897	1.786	2.874	4.6043	15
Ethyl parathion	0.034	2.083	83.33	5.9016	16
Aldrin	0.369	4.762	3.731	6.5560	17
Endrin	0.558	1.471	11.11	9.1193	18
Rotenone	12.36	3.030	1.894	70.932	19
TEPP	6.338	0.346	208.3	456.79	20
Nicotine	1507.4	0.350	4.545	2397.9	21

* for mouse

によって pyrethrins および pyrethrins-piperonyl butoxide 混合剤の時間-ノックダウン虫率の関係を検討し、薬剤濃度 (C_t) と KT-50 (T) との間には逆比例的の関係は成立するが、ガス剤でみられるような $C_t \cdot T = K$ の関係は成立しない事を認めた。従って本実験における $C_t \cdot T$ の値の大小によって殺虫剤の有効度を判定することは出来ない。しかし殺虫剤特に衛生害虫用殺虫剤にわれわれの望むところはその殺虫力の強大であること、効力発現速度の速であることおよび温血動物に対する毒性の小であることであるので、以上実験によって得られた各種有機殺虫剤のアカイエカの幼虫に対する比 LC-50 および比 KT-50 ならびにほ乳動物に対する比 LD-50 の逆数からその殺虫剤の有効度を比較判定することが可能と考えられる。すなわちこの3数値の積の小さい薬剤程衛生害虫用薬剤として優れた薬剤という事となり、この値を求めることによってその薬剤の実用上の優劣を判定することが出来るわけである。無論薬剤の実用化に当ってはこの外薬害、作用性、残効性、魚毒性および価格なども重要な因子であるが、この場合は一応これらを考慮外とした。なお衛生害虫用殺虫剤では人畜毒性に最も考慮を払うべきであるので、上記の積が如何に小であらうともその実用化には温血動物に対する毒性が使用濃度において農業より低い必要があり、LD-50 値からある線を引くべきは当然である。今 p, p' -DDT を基準として各殺虫剤のアカイエカ幼虫に対する比 LC-50 (C) および比 KT-50 (T) ならびにシロネズミ (sumithion の場合のみハツカネズミ) に対する経口投与における比 LD-50^{13,14)} の逆数 (1/D) を表示し、その積 ($C \cdot T / D$) の小さいものからなると第6表のようになる。

第6表の $C \cdot T / D$ の値が1.5以下のものすなわち順位13以内の殺虫剤のうち人畜毒性の大きい methyl parathion および EPN を除けば他は何れも衛生害虫用として優秀な薬剤といえよう。このうちでも dimethrin, pyrethrins および barthrin は $C \cdot T / D$ の値が最も小で、また allethrin もこれについて小であり、これらは何れも頗る速効性または速効性の部類に属することからも、pyrethroid は衛生害虫用薬剤として特に優れていることが示される。有機燐剤中 ethyl parathion および TEPP を除く他の燐剤はすべてこのうちに入り、防疫用薬剤として sumithion, malathion, dipterex, DDVP および diazinon が優れていることがわかる。有機塩素剤中 lindane および p, p' -DDT が優れ、環状ジェン系薬剤は何れも15位以下で防疫用薬剤としては劣っていることが示されている。rotenone, TEPP および nicotine の $C \cdot T / D$ の値は何れも極めて大で他剤に比して甚だしく性能が劣ることとなる。

総 括

先に著者によって提案された殺虫剤の効力発現速度の簡易測定法によって各種有機殺虫剤の効力発現速度を測定し、それによって今まであいまいであった効力発現速度の表示に対して新しいランキングを試みる目的で、まづ測定条件の検討を行い、その結果にもとづいて21種の有機殺虫剤のアカイエカの幼虫に対する致死ならびにノックダウン試験を行いその効力発現速度を求め、 p, p' -DDT を基準として表示し、その数値にもとづき薬剤の効力発現の遅速について新しい表示法を提案し、さらに各薬剤の昆虫に対する比 LC-50 および比 KT-50 ならびにほ乳動物に対する比 LD-50 から衛生害虫用殺虫剤としての優劣について考察を行った。

一般に有機燐系殺虫剤はアカイエカの幼虫に対する致死毒力が強大で、特に EPN, ethyl parathion および methyl parathion は優れた毒力を有している。また pyrethroid はこれに次いで強い毒力をもちそのうちでも barthrin および pyrethrins が優れている。rotenone および nicotine のような天然殺虫剤の毒力は極めて劣る。

アカイエカの幼虫に対する各薬剤のノックダウンの遅速はほぼ薬剤効力発現の遅速をあらわして居り、 p, p' -DDT を基準とした場合、薬剤の濃度の小さい場合程、比効力発現速度が大となる傾向があり、KT-50 が20-60分の範囲内にある場合に再現性が大である。

p, p' -DDT を基準とした場合、各殺虫剤の比効力発現速度はそれぞれ次のように、pyrethrins 27.2, allethrin 20.5, dimethrin 8.63, lindane 4.69, barthrin 4.61, sevin 4.49, TEPP 2.88, nicotine 2.86, DDVP 1.73, methyl parathion 1.14, malathion 1.10, diazinon 0.80, EPN 0.71, sumithion 0.70, endrin 0.68, dieldrin 0.56, dipterex 0.51, ethyl parathion 0.48, rotenone 0.33, aldrin 0.21 の各数値を得たが、これらの値のうち15以上のものを頗る速効性、14-5を速効性、4-3を効力発現速度普通、2-0.5を遅効性、0.4以下を頗る遅効性という表示法を提案する。

アカイエカの幼虫に対する比 LC-50 および比 KT-50 ならびにシロネズミに対する経口比 LD-50 の逆数の積からその薬剤の衛生害虫用殺虫剤としての有効度を判定する事が可能で、その値の小さいもの程優秀な薬剤と称し得られる。総ての pyrethroid はその値が甚だ小さいことから衛生害虫用殺虫剤として特に優れていることが示されている。

終りにのぞみ本実験を助力せられた堀田文彦君、種々御教示を賜った安富和男ならびに鈴木猛博博士、試

料を提供された各会社にそれぞれ深く感謝する。

文 献

- 1) 鈴木 猛：農薬 8 (4), 13 (1961)
- 2) 大串晃治：衛生動物 12, 85 (1961)
- 3) 松原弘道：防虫科学 26, 44 (1961)
- 4) 安富和男：衛生動物学会東日本支部大会・東京 (1961)
- 5) Suzuki, T. and Mizutani, K.: *Japan. J. Exp. Med.* (in press)
- 6) 安富和男：衛生動物 11, 202 (1960)
- 7) Sutherland, D. W. S. and Darsie, R. F.: *W. H. O. Information Circular on Insecticide Resistance* 30, 5 (1961)
- 8) 井上義郷：農薬研究 6 (3), 32 (1961)
- 9) 諏訪内正名：植物防疫 15, 391 (1961)
- 10) 田杉平司・上遠 章・河田 覚：病虫・農薬辞典 東京 p. 192 (1955)
- 11) 松原弘道・丹羽英司・高橋梯蔵：岐阜大農報 11, 116 (1959)
- 12) 松原弘道・中井英樹・高橋梯蔵：岐阜大農報 12, 152 (1960)
- 13) 山本 亮：農薬学, 東京 p. 22 (1962)
- 14) Metcalf, R. L.: *Organic Insecticides*. New York (1955)

Résumé

The author proposed previously a simple measuring method for the relative appearing velocity of the efficacy of insecticides by means of the knockdown of mosquito larvae, *Culex pipiens pallens*. This time, the author, after making some tests on estimating conditions of that, measured the appearing velocity of 21 kinds of organic insecticides, and attempted to make a new rank for it.

The relative lethal toxicity of each insecticides was determined by means of bioassay using mosquito larvae, comparing with that of *p, p'*-DDT. The appearing velocity of the efficacy of each insecticides was measured by the knockdown effect of toxicant emulsion or solution applied to that insect in median lethal concentration ratio.

When the appearing velocity of the efficacy of *p, p'*-DDT was taken as a standard, the relative value of each insecticides was as follows: - pyrethrin 27.2, allethrin 20.5, dimethrin 8.63, lindane 4.69, barthrin 4.61, sevin 4.49, TEPP 2.88, nicotine 2.86, DDVP 1.73, methyl parathion 1.14, malathion 1.10, diazinon 0.80, EPN 0.71, sumithion 0.70, endrin 0.68, dieldrin 0.56, dip-terex 0.51, ethyl parathion 0.48, rotenone 0.33, aldrin 0.21. The following terms were proposed as a new indication to each of the ranks of the appearing velocity: - (relative value)

very rapid		> 15
rapid		14 ~ 5
ordinary		4 ~ 3
slow		2 ~ 0.5
very slow		< 0.4

From the product of relative median lethal concentration and relative median knockdown time against insect, and reciprocal of relative median lethal dose against mammals of insecticide, we can compare the quality of that insecticide; that is, the lesser the product is the better the insecticide as controller against sanitary pest insects. Pyrethroid such as dimethrin, pyrethrin, barthrin and allethrin can be said to be superior for their small value of the products.

Lindane-Resistance in the So-called "Takatsuki" Strain of the Common House Fly, *Musca domestica vicina*. Problems on the Breeding of Insects for Biological Assay of Insecticides. XXX. Sumio NAGASAWA (Ihara Agricultural Chemicals Institute, Shimizu). Received Oct. 31, 1962. *Botyu-Kagaku*, 27, 108, 1962. (with English résumé, 112).

17. いわゆる高槻系イエバエの Lindane 抵抗性 殺虫剤の生物試験用昆虫の飼育に関する諸問題 第30報 長沢純夫 (イハラ農薬研究所) 37. 10. 31 受理

数カ所で飼育されたいわゆる高槻系イエバエの個体群が lindane にたいしてしめす抵抗性の程度を滴下法によって検討した結果, これらのしめす 1 雌あたりの LD₅₀ は, 0.05~1.08 µg の範囲にあった。さらに DDT にたいする抵抗性を検討した結果と照合すると, 交叉抵抗性に関する今日まで