

On the Synergism of Barthrin, Dimethrin and 1-Naphthyl *N*-methylcarbamate with Pyrethrum Synergists against Diazinon-Resistant and Susceptible Houseflies. Studies on the Control of Organophosphorous Insecticides-Resistant Insects II. Hiromichi MATSUBARA, Hyogo Ito, Masashi KAWASAKI, Kazutoshi KAI and Sin-ichi KANAMORI (Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture, Gifu University and Ginan Prefectural Technical High School) Received Jan. 22, 1964. *Botyu-Kagaku*, 29, 1, 1964. (with English résumé, 8)

1. ダイアジノン抵抗性および感受性イエバエに対する Barthrin, Dimethrin および 1-Naphthyl *N*-Methylcarbamate の効力へのピレトリン用共力剤の共力作用について

有機燐剤抵抗性昆虫の防除に関する研究 (第2報) 松原弘道・伊藤兵吾*・川崎政志・甲斐和敏・金森伸一 (岐阜大学農学部農芸化学教室・岐阜県立岐南工業高等学校*) 39. 1. 22 受理

ダイアジノン抵抗性イエバエの防除の目的をもつて、抵抗性の RP 系ならびに感受性の高槻系両イエバエを供試昆虫とし、これに barthrin, dimethrin および 1-naphthyl *N*-methylcarbamate 単剤ならびにこれらに5種のピレトリン用共力剤をおのおの混用した薬剤を局所適用法で投与しそれらの有効度を求め、共力度を算定した。何れの組合せでも共力効果が観察されたが、抵抗性昆虫防除には特に dimethrin および 1-naphthyl *N*-methylcarbamate に共力剤としてそれぞれ safrozan あるいは piperonyl butoxide を混合した薬剤が有望であることを認めた。また抵抗性昆虫に対する共力剤の共力度と両系昆虫に対する共力度の比との積から抵抗性昆虫防除用としての薬剤の優劣を判定する方法を提案した。

著者らは前報¹⁾において有機燐剤特にダイアジノン抵抗性イエバエ防除の目的で、抵抗性の RP 系ならびに感受性の高槻系両イエバエを供試昆虫としてダイアジノンに5種の共力剤を混用したものを局所適用法および撒粉降下装置法で投与し、それらの薬剤の有効度を試験したところ、RP 系イエバエに対するダイアジノンの効力へは何れの共力剤も共力効果を示さず、ダイアジノン抵抗性イエバエを駆除するにはダイアジノンに共力剤を混用する方法では困難であることを知った。安富²⁾によれば RP 系イエバエの成虫は DDVP, malathion, *p*, *p'*-DDT, γ -BHC, および dieldrin に対しても抵抗性が大であり、また千葉県に発現したダイアジノン抵抗性のイエバエに対する野外試験³⁾の結果では Nankor, Nankor+DDVP 混合剤, Diptere-x+DDVP 混合剤および Baytex は一応防除効果は認められるが絶対的のものではないという。また Forgash et al.^{4,5)} はダイアジノン抵抗性のイエバエ *Musca domestica* は parathion, Delnav, Thiodan, phorate, ronel, Chlorthion, Sevin, Isolan, Pyrolan, heptachlor, heptachlor epoxide, chlordan, dieldrin, γ -BHC, *p*, *p'*-DDT, TDE, methoxychlor, Thanite にも強い交差抵抗性をもつが、ピレトリン, アレスリン, barthrin および dimethrin に対する抵抗性の増強は余り大でないと報告している。故に著者らは人畜低毒性と速効性をそなえ、かつ交差抵抗性

の発現度の少ない点からピレスロイドと carbamate 系殺虫剤をダイアジノン抵抗性イエバエの防除用としてとりあげ、ピレスロイドのうち barthrin および dimethrin を、また carbamate 系のうち 1-naphthyl *N*-methylcarbamate (以下 Sevin と称す) をそれぞれ選び、各単剤ならびにそれらとピレトリン用共力剤との混合剤を用いることとした。先に松原^{7,8)}は barthrin および dimethrin のアカイエカの幼虫に対する有効度ならびに両剤に対する各種共力剤の共力効果について研究を行い、両剤が同昆虫に対して高い毒力を示す外、共力剤によつて効力が増強されるのを報告し、また同様に Sevin⁹⁾ についてもアカイエカ幼虫を用いて研究を行い、Sevin に対しては各共力剤ともそれらがピレスロイドに対する場合より遙かに大きい共力効果を示すのを認めた。しかしこれら3殺虫剤ならびにこれらと piperonyl butoxide (以後 pip. but. と略記), sulfoxide, *n*-propyl isome (*n*-pro. isome と略記), safrozan および MGK-F5026 (MGK と略記) のようなピレトリン用共力剤との混合剤のダイアジノン抵抗性ならびに感受性系統のイエバエ成虫に対する有効度ならびにこれら薬剤に対する感受性の両系統間の差異については現在研究が殆んど無いので、この点を明らかにすると共に、これら薬剤の適用によって有機燐剤抵抗性イエバエの駆除が可能か否かを確める目的で、上記各薬剤をダイアジノン抵抗性の RP

系ならびに感受性の高槻系イエバエの成虫に局所適用法により投与し、その毒力を求め、各共力剤の共力度ならびに両系統間における中央致死薬量 (LD_{50}) 比および共力度の比を算定し若干の知見を得たのでここに報告する。

実験材料

供試薬剤および昆虫: barthrin, dimethrin (97%), pip. but. (85.9%), sulfoxide, *n*-pro. isome, safroxan (85%) および MGK は何れも先に松原^{6,9)}が報告したものと同一品, Sevin は 97% 工業品をベンゼンで再結晶した mp 142° のものであり、またダイアジノン抵抗性の RP 系イエバエ *Musca domestica* および感受性の高槻系イエバエ *Musca domestica vicina* は共に前報¹⁾ におけると同一のもので、RP 系においてはダイアジノンに対し高槻系の 8.8~10.4 倍の抵抗性を示し、DDVP, malathion に対しては 1.5~2.0 倍の抵抗性を持っている。両系統イエバエは豆腐粕と薬用酵母を培地とし、粉ミルクに砂糖 (10:1) を混じったものを餌とし、同時に水を浸み込ませた脱脂綿塊で給水したもので、羽化後 4~5 日の雌で体重 19~20mg の健全のものを用いた。

実験方法

前報¹⁾ に準じ供試イエバエをエーテル麻醉 5 分間の後、雌イエバエのみ 50~110 匹づつを選別し、薬剤のアセトン溶液を 5 区以上の薬量に分けて、ミクロシリンジを用いる局所適用法により昆虫の胸背部に滴下して餌 (5% 砂糖溶液を脱脂綿にしましたもの) を入れた大型シャーレに移し、18~25° の室内に 24 時間放置後死虫率を求め、Bliss の方法に従い probit 変換を行い、これと薬量の対数から回帰直線を描き、それから回帰方程式、 LD_{50} および共力度を求めた。殺虫剤と共力剤との混合割合は前報¹⁾ 同様に 1:1 および 1:4 とした。

ダイアジノン抵抗性および感受性イエバエに対する barthrin 単剤およびこれとピレトリン用共力剤との混合剤の有効度

上記の実験法により単剤ならびにこれに等量および 4 倍量の共力剤を混合した薬剤を両系イエバエに適用し第 1 表に示すような回帰方程式が得られた。この方程式から LD_{50} を求め、さらに両系統間の LD_{50} 比および殺虫能率比 (ratio of regression coefficient) (抵抗性 (res.) / 感受性 (sus.)) を算出し同じく表示した。第 1 表の LD_{50} から各共力剤の barthrin に対する共力度を算定し、さらに両系統間の共力度の比 (res./sus.) を求めると第 2 表のようになる。なお共力剤単剤およびアセトンの毒力を同様に試験したとこ

Table 1. Equation of log dosage-probit lines for diazinon resistant and susceptible houseflies treated topically with barthrin and in combination with pyrethrum synergists (1:1 and 1:4 ratio).

Toxicant	Resistant fly		Susceptible fly		Ratios of coefficients	
	Regression equation	LD_{50} $\mu\text{g}/\text{♀}$	Regression equation	LD_{50} $\mu\text{g}/\text{♀}$	LD_{50} (res./sus.)	(res./sus.)
Barthrin	$Y = 5.139 + 4.462 (x - 1.234)$	1.60	$Y = 5.239 + 4.564 (x - 1.163)$	1.29	1.23	0.98
	$Y = 5.217 + 6.903 (x - 1.218)$	1.54	$Y = 4.915 + 5.429 (x - 1.175)$	1.55	0.99	1.27
	$Y = 5.091 + 4.869 (x - 1.084)$	1.16	$Y = 5.098 + 4.428 (x - 0.994)$	0.94	1.24	1.10
	$Y = 5.334 + 5.185 (x - 1.481)$	2.61	$Y = 5.350 + 4.903 (x - 1.367)$	1.98	1.32	1.06
	$Y = 5.125 + 6.312 (x - 1.063)$	1.10	$Y = 5.133 + 5.859 (x - 1.063)$	1.10	1.00	1.08
Diazinon	$Y = 5.436 + 5.113 (x - 1.572)$	3.07	$Y = 4.899 + 3.865 (x - 1.292)$	2.08	1.48	1.32
	$Y = 4.964 + 3.965 (x - 0.855)$	0.73	$Y = 5.025 + 3.145 (x - 0.854)$	0.070	10.44	1.26
Barthrin	$Y = 5.098 + 4.837 (x - 1.312)$	1.96	$Y = 5.362 + 4.995 (x - 1.381)$	2.03	0.96	0.97
	$Y = 5.034 + 5.995 (x - 1.774)$	5.87	$Y = 4.551 + 5.862 (x - 1.396)$	2.97	1.97	1.02
	$Y = 5.247 + 8.048 (x - 1.886)$	7.18	$Y = 5.262 + 7.419 (x - 1.558)$	3.34	2.15	1.08
	$Y = 4.930 + 11.269 (x - 1.858)$	7.02	$Y = 5.233 + 6.345 (x - 1.608)$	3.73	1.96	1.78
	$Y = 4.911 + 9.511 (x - 1.678)$	4.88	$Y = 4.694 + 5.081 (x - 1.570)$	1.16	4.22	1.87
Diazinon	$Y = 5.748 + 7.989 (x - 2.038)$	8.88	$Y = 5.239 + 10.586 (x - 2.044)$	10.5	0.85	0.75
	$Y = 5.125 + 4.117 (x - 0.846)$	0.66	$Y = 5.120 + 6.997 (x - 0.891)$	0.075	8.75	0.59

Table 2. Degree of synergism of five pyrethrum synergists with barthrin against diazinon resistant and susceptible strains of houseflies.

Synergist (ratio with barthrin)		Degree of synergism		Ratio in degrees of synergism (A/B)	Relative effectiveness against resistant strain (A·A/B)
		Resistant strain (A)	Susceptible strain (B)		
Pip. but.	(1 : 1)	2.08	1.66	1.25	2.58
Sulfoxide	(1 : 1)	2.75	2.75	1.00	2.75
<i>n</i> -Pro. isome	(1 : 1)	1.22	1.31	0.94	1.13
Safroxan	(1 : 1)	2.89	2.35	1.23	3.55
MGK	(1 : 1)	1.04	1.24	0.84	0.86
Pip. but.	(1 : 4)	1.67	3.42	0.49	0.82
Sulfoxide	(1 : 4)	1.36	3.05	0.45	0.61
<i>n</i> -Pro. isome	(1 : 4)	1.33	2.73	0.49	0.65
Safroxan	(1 : 4)	2.01	8.78	0.23	0.46
MGK	(1 : 4)	1.10	0.97	1.14	1.24

る、混剤中に含有せられる量の範囲内では両系統共その影響は殆んど無視出来る程度であった。また本実験は混合比 1:1 の場合は1961年、1:4 の場合は 1962 年と2年にわたって行つたため、供試昆虫の感受性の変異のためか致死量、共力度などに幾分のくいちがいを生じた。

第1, 2 表の結果において両系統イエバエに対する barthrin 単剤の LD₅₀(μ g/fly)を雌イエバエの平均体重 20mgとして換算すれば抵抗性系統では平均88.9 μ g/g b. w., 感受性系統では 83.0 μ g/g b. w. で、その比 (res./sus.) は 1.07 であり交差抵抗性が殆んど認められない。Forgash et al.⁹⁾ によれば barthrin のダイアジノン抵抗性イエバエに対する LD₅₀ は 63.0 μ g/g b. w., 感受性の Wilson 系イエバエに対するそれは 20.9 μ g/g b. w. で、またその比は 3.01 であり弱い交差抵抗性が認められるという。この LD₅₀ 値から我が国の高槻系イエバエは barthrin に対する抵抗性が Wilson 系統の 4 倍も強いこととなる。

Barthrin に対する各種共力剤の共力度を算定するに感受性のイエバエに対し barthrin : safroxan 1:4 混用の場合の共力度 (8.78) 以外は何れも 3.5 以下で特に MGK の如きは何れの系統でも極めて微弱な共力効果しか表わさない事が示されている。また抵抗性系統では混合比 1:1 と 1:4 との間の共力度に大差はないが、感受性系統では sulfoxide および MGK 以外は 1:1 より 1:4 の場合の共力度が 2~3 倍大である。先に Gersdorff et al.¹⁰⁾ は pip. but. は barthrin に対してそれがアレスリンに対すると同じ程度の共力度を示すことを報告し、Chadwick et al.¹¹⁾ および松原⁷⁾ はこれに反し pip. but. は一般に barthrin

に対してはそれがピレトリンあるいはアレスリンに対する程大なる共力効果を示さないことを主張したが、本実験において感受性系統に示された共力度の値と Goodwin-Bailey¹²⁾ がイエバエに pyrethrins : pip. but. を 1:1 および 1:5 の比に混合したものを局所適用法で投与した場合のその共力度の値 2.3 および 5.1 とを比較すると前者の値が後者より小で先の Chadwick et al. の主張を支持する結果を与えている。両系統間における各種共力剤の共力度の比 (res./sus.) を求めると、混合比 1:4 の場合の MGK を除き何れの共力剤でも 0.5 以下で、抵抗性イエバエでは感受性のものの 1/2 以下の共力効果しか表わさないこととなる。

共力剤を混用した barthrin の両系統イエバエに対する LD₅₀ 比 (res./sus.) は混合比 1:1 の場合は何れも 1.5 以下で、交差抵抗性が認められないが、それが 1:4 となると MGK 以外は何れも 2.0 以上で弱い交差抵抗性が認められる。MGK の共力度が微弱で共力剤としての期待がもたれないのでこれを除外して考えると、交差抵抗性の点からも抵抗性イエバエの駆除には barthrin+synergist 混合剤の適用は不利であると称し得られる。

barthrin+synergist 混合剤の殺虫能率は無論何れの系統でも barthrin 単剤より大であり、両系統間の比 (res./sus.) は混合比 1:1 の場合は何れも 1.1~1.3 で、1:4 の場合は MGK 以外は何れも 1.0 より大であるが、そのうちでも *n*-pro. isome および safroxan は共に高い値 (1.8) を示す。なお Forgash et al.⁹⁾ は barthrin 単剤の殺虫能率比 (res./sus.) に 1.10 の値を得ているが、本実験では 0.98 ならびに

0.97 で、これより僅かに低い。

なお本実験において barthrin : synergist の混合比が 1:4 の場合、barthrin 単剤では LD₅₀ 比 (res./sus.) が 0.96 で交差抵抗性が認められないがこれに safrozan を混用する時はその LD₅₀ 比が 4.22 となり、共力剤混用のためにかえって交差抵抗性が 4.22/0.96=4.40 倍に増大したことになる。われわれの期待するのは共力剤の混用によって抵抗性昆虫の交差抵抗性の減少することと同時に高い共力度を示すことにあるから、殺虫剤に共力剤を加用することによって抵抗性系統の昆虫を防除しようとする場合は単にその系統の昆虫に対する殺虫剤の効力を示す共力度の値のみによって評価するのは危険で、抵抗性昆虫への共力度と共力剤加用による交差抵抗性の減少度との積（これは第2表中の抵抗性系統への共力度 A と両系統昆虫に対する共力度の比 A/B との積 A・A/B に等しい）で算定するのが妥当と考えられるので、この値を抵抗性昆虫防除剤としての優劣を判定する新しい指標として提案したい。すなわちこの値の多いもの程優れた共力剤ということが出来る。この値を第2表の最右欄に示した。barthrin においては混合比 1:4 の場合でもこの値は MGK 以外はどれも 1 より小で、この数字からもダイアジノン抵抗性イエバエの防除には barthrin +synergist 混合剤の適用は不利であるという前に述べたと同じ結論が示されている。

ダイアジノン抵抗性および感受性イエバエに対する dimethrin 単剤およびこれとピレトリン用共力剤との混合剤の有効度

前項の barthrin と同様の実験を行い第3, 4表のような結果を得た。

第3, 4表の結果において両系統イエバエに対する dimethrin 単剤の LD₅₀ を barthrin の場合と同様に換算すれば、抵抗性系統では平均 25.9 μg/g b. w., 感受性系統では 157.9 μg/g b. w. で、その比 (res./sus.) は 1.64 であり、僅かに交差抵抗性が認められる。Forgash et al.⁹⁾ によればダイアジノン抵抗性イエバエに対する dimethrin の LD₅₀ は 128 μg/g b. w., 感受性のそれは 46.5 μg/g b. w. で、その比は 2.75 であることから本供試イエバエにおける交差抵抗性はこの約 1/2 に相当する。Forgash et al.⁹⁾ の用いた感受性系統イエバエに対する LD₅₀ 値から、我が国のダイアジノン感受性イエバエは dimethrin に対する抵抗性が感受性の Wilson 系統の 3.3 倍も強いこととなる。

Dimethrin に対する各種共力剤の共力度を算定するに、両系統何れのイエバエに対しても、その混合比 1:1 および 1:4 ともに MGK 以外はその値が 2 以上で、barthrin に対するそれら共力剤の共力度より一般に

Table 3. Equation of log dosage-probit lines for diazinon resistant and susceptible houseflies treated topically with dimethrin and in combination with pyrethrum synergists (1:1 and 1:4 ratio)

Toxicant	Resistant fly		Susceptible fly		Ratios of LD ₅₀ (res./sus.)	Ratios of coefficients (res./sus.)
	Regression equation	LD ₅₀ μg/g	Regression equation	LD ₅₀ μg/g		
Dimethrin						
	+pip. but. 1:1	Y=5.043+4.058 (x-1.631)	Y=5.396+4.503 (x-1.536)	2.81	1.49	0.90
	+sulfoxide 1:1	Y=5.092+1.441 (x-1.324)	Y=5.059+6.020 (x-1.275)	1.84	1.11	0.24
	+n-pro. isome 1:1	Y=5.253+6.185 (x-1.133)	Y=4.979+5.964 (x-1.114)	1.31	0.94	1.04
	+safrozan 1:1	Y=4.957+3.984 (x-1.380)	Y=5.221+5.578 (x-1.443)	2.53	0.97	0.71
	+MGK 1:1	Y=5.212+5.278 (x-1.555)	Y=5.069+4.103 (x-1.351)	2.16	1.52	1.29
Dimethrin						
	+pip. but. 1:4	Y=4.969+5.236 (x-1.897)	Y=5.116+4.037 (x-1.694)	4.49	1.78	1.30
	+sulfoxide 1:4	Y=5.081+6.708 (x-1.803)	Y=4.937+3.271 (x-1.493)	3.51	1.76	2.05
	+n-pro. isome 1:4	Y=5.376+3.383 (x-1.812)	Y=5.255+7.354 (x-1.556)	3.32	1.51	0.46
	+safrozan 1:4	Y=5.236+4.713 (x-2.041)	Y=4.805+6.154 (x-1.807)	6.90	1.42	0.77
	+MGK 1:4	Y=5.260+5.909 (x-2.031)	Y=4.752+6.699 (x-1.917)	8.99	1.09	0.88
		Y=5.331+6.260 (x-1.690)	Y=4.795+5.439 (x-1.733)	5.91	0.73	1.15
		Y=5.140+8.278 (x-1.477)	Y=4.985+16.374 (x-1.973)	9.43	3.05	0.51

Table 4. Degree of synergism of five pyrethrum synergists with dimethrin against diazinon resistant and susceptible strains of houseflies.

Synergist (ratio with dimethrin)		Degree of synergism		Ratio in degrees of synergism (A/B)	Relative effectiveness against resistant strain (A·A/B)
		Resistant strain (A)	Susceptible strain (B)		
Pip. but.	(1 : 1)	4.09	3.05	1.34	5.48
Sulfoxide	(1 : 1)	6.76	4.27	1.58	10.7
<i>n</i> -Pro. isome	(1 : 1)	3.39	2.22	1.53	5.22
Safroxan	(1 : 1)	2.55	2.60	0.98	2.50
MGK	(1 : 1)	1.04	1.25	0.84	0.87
Pip. but.	(1 : 4)	6.16	5.29	1.16	7.21
Sulfoxide	(1 : 4)	3.16	2.54	1.24	3.92
<i>n</i> -Pro. isome	(1 : 4)	3.19	1.95	1.63	5.14
Safroxan	(1 : 4)	7.12	2.97	2.40	17.2
MGK	(1 : 4)	1.07	1.86	0.58	0.62

大であることが認められる。先に松原⁸⁾は dimethrin のアカイエカ幼虫に対する致死効力へ hinokinin, pip. but. および MGK はそれらが barthrin に対するとはほぼ同程度の共力効果を示す事を観察して居るので、本実験のようにイエバエにおいては共力剤に対する感受性がアカイエカ幼虫と異なるものと考えられる。なお dimethrin のアカイエカ幼虫に対する致死効力への各種天然および合成共力剤 (混合比 1:8) の共力度は何れも 1.16~1.95 で 2.0 以上のものは皆無であつたが、イエバエでは混合比 1:1 あるいは 1:4 でもこれより遙かに高い値を示し、MGK を除けば何れも 2.0 以上で、特に混合比 1:4 の場合、抵抗性系統に対する pip. but. および safroxan の共力度は著しく高い。また *n*-pro. isome および MGK では混合比 1:1 と 1:4 との間に共力度の差は余りないが、pip. but. および safroxan では 1:4 の場合は 1:1 の場合の 1.5~2.7 倍の共力度を示す。両系統間における各共力剤の共力度の比 (res./sus.) は混合比 1:1 および 1:4 とともに MGK を除けば何れも 1.0 以上で、抵抗性系統においての方が共力度が大であるという優秀性をもっている。特に 1:4 混合比における safroxan では、抵抗性系統における共力度が 7.12 で最高である上、この比と抵抗性系統に対する共力度との積 (第4表の A·A/B=17.2) もまた最高であり、pip. but. (A/B=1.16; A·A/B=7.21) と共にダイアジノン抵抗性イエバエ駆除剤として優れていることが示されている。

共力剤を混用した dimethrin の両系統イエバエに対する LD₅₀ 比 (res./sus.) は dimethrin : synergist 1:1 の場合の MGK (1.78) および safroxan (1.52) ならびに混合比 1:4 の場合の MGK (3.05),

pip. but. (1.51) および sulfoxide (1.42) 以外はほぼ 1.0 に近く、交差抵抗性が認められない上、MGK 以外の値は何れの場合も 1.6 以下の点から、dimethrin+synergist 混合剤によるダイアジノン抵抗性イエバエの駆除は有利な方法と称し得られる。

Dimethrin+synergist 混合剤の殺虫能率は 2.3 の例外を除き何れの系統でも dimethrin 単剤より大であるが、両系統間の比 (res./sus.) は混合比 1:1 の場合の sulfoxide, safroxan および MGK 以外、また 1:4 の場合の safroxan 以外は何れも 1.0 より小である。なお Forgash et al.⁹⁾ は dimethrin 単剤の殺虫能率の比 (res./sus.) は 3.91/3.81=1.03 という値を得ているが、本実験では 4.06/4.50=0.90 および 6.71/3.27=2.05 である。

ダイアジノン抵抗性および感受性イエバエに対する Sevin およびこれとピレトリン用共力剤との混合剤の有効度

前項の 2 ビレスロイドと同様の実験を行い第 5, 6 表のような結果を得た。なお両系統イエバエの胸背部に Sevin のアセトン溶液を滴下した場合、同昆虫の Sevin に対する抵抗性が過大であるため、大部分の Sevin が白色結晶として表皮に析出するのが観察され、真にイエバエの体内に滲透する薬量は適用量より遙かに少量と想像せられるけれども、本実験ではマイクロシリンジから滴下投与した Sevin 量で計算した。

第 5 表の結果において、イエバエに対する Sevin 単剤の平均 LD₅₀ は抵抗性系統では 321.4μg/female fly, 感受性系統では 160.5μg/female fly でその比 (res./sus.) は 2.00 で僅かの交差抵抗性が認められる。Forgash et al.⁹⁾ によればダイアジノン抵抗性イ

Table 5. Equation of log dosage-probit lines for diazinon resistant and susceptible houseflies treated topically with Sevin and in combination with pyrethrum synergists (1:1 and 1:4 ratio.)

Toxicant	Resistant fly		Susceptible fly		Ratios of coefficients	
	Regression equation	LD ₅₀ $\mu\text{g/g}$	Regression equation	LD ₅₀ $\mu\text{g/g}$	LD ₅₀ (res./sus.)	(res./sus.)
Sevin	+pip. but. 1:1	$Y=4.510+4.184(x-2.425)$	$Y=5.263+1.959(x-2.237)$	126.9	2.75	2.14
	+sulfoxide 1:1	$Y=5.024+3.702(x-1.703)$	$Y=5.059+3.673(x-1.581)$	4.98	3.68	1.35
	+n-pro. isome 1:1	$Y=5.215+3.816(x-2.237)$	$Y=4.918+3.745(x-1.720)$	1.52	5.52	2.75
	+safoxan 1:1	$Y=4.812+3.247(x-2.408)$	$Y=4.950+1.847(x-2.260)$	29.2	19.4	1.51
	+MGK 1:1	$Y=4.925+3.035(x-1.888)$	$Y=4.929+3.538(x-1.799)$	0.82	0.66	1.24
		$Y=5.153+3.345(x-2.753)$	$Y=5.027+2.856(x-2.471)$	50.9	30.0	1.70
Sevin	+pip. but. 1:4	$Y=4.783+4.519(x-2.420)$	$Y=4.982+2.211(x-2.280)$	294.1	194.1	1.52
	+sulfoxide 1:4	$Y=5.059+5.214(x-1.572)$	$Y=5.054+4.053(x-1.499)$	3.64	3.06	1.19
	+n-pro. isome 1:4	$Y=5.471+6.359(x-1.950)$	$Y=5.226+6.020(x-1.849)$	7.51	6.48	1.16
	+safoxan 1:4	$Y=5.156+3.999(x-2.130)$	$Y=4.896+5.575(x-1.172)$	12.3	15.5	0.80
	+MGK 1:4	$Y=5.138+10.842(x-1.921)$	$Y=4.965+5.875(x-1.886)$	0.81	0.78	1.19
		$Y=5.046+15.019(x-1.354)$	$Y=4.960+6.227(x-1.183)$	22.4	15.5	1.45

エバエに対する Sevin の LD₅₀ は $>6,000\mu\text{g/g b. w.}$, 感受性 Wilson 系エバエに対するそれは $162\mu\text{g/g b. w.}$ でその比は 37 以上であり, また Mengle et al.¹³⁾ はダイアジノン抵抗性の R-A および R-P 系統のエバエ (感受性のそれぞれ 37 および 15 倍) に対する Sevin の LD₅₀ は感受性系統のエバエに対するその 25 および 15 倍であると報告していることからみれば, 供試 RP 系エバエは高槻系を基準とすれば, Sevin 単剤に対する交差抵抗性はかなり低いものといえる. しかし高槻系エバエに対する Sevin の LD₅₀ 値は Forgash et al.⁴⁾ ($162\mu\text{g/g b. w.}$) Eld-efrawi et al.¹⁰⁾ ($0.24\mu\text{g/female fly}$) および Mengle et al.¹³⁾ ($45\mu\text{g/g b. w.}$) のそれに比較すれば極めて高い値で, 本エバエは Sevin に対し極めて高い抵抗性を持つ系統であり, さらに RP 系エバエも Forgash et al. の報告したダイアジノン抵抗性エバエ (LD₅₀ $>6,000\mu\text{g/g}$) の <2.5 倍の Sevin 抵抗性をもつ系統といえよう. 従つて両系統エバエの効果的な防除は Sevin 単剤の適用によつては遠し難い. Sevin に対する各種共力剤の共力度を算定するに両系統何れのエバエに対して, その混合比 1:1 および 1:4 とともに極めて高い値が得られ, 最低の MGK (感受性 1:1) でさえ 8.76 で, barthrin ならびに dimethrin に対する 5 共力剤の何れの場合よりも高い. 特にこのうちでも safoxan の共力度は最も大で, 混合比 1:4 の場合抵抗性系統では 1,817, 感受性のそれでは 1,243 というような驚異的の共力度を示し, これに次いで pip. but. の 404.7 (抵抗性) および 317.4 (感受性) が大きい値を示す. Moorefield¹⁵⁾ および Fukuto et al.¹⁶⁾ はエバエを用いての実験において Sevin に対する pip. but. の共力度は 40 以上であることを報告しているように, ピレトリン用共力剤は一般に Sevin ならびに carbamate 系殺虫剤に対してはそれらがピレスロイド類に対するより遙かに顕著な共力効果を表わすといわれているが, 本実験においても混合比 1:4 の場合は何れの系統のエバエに対して何れの共力剤でも 60 以上の共力度を示す. このように極めて高い値が得られるのは, 両系統エバエに対する Sevin 単剤の LD₅₀ 値が今迄の諸研究者の値より遙かに大であることにも原因するものと思われる.

なお Sevin+synergist 混合剤の混合比 1:4 の場合の共力度は一般に混合比 1:1 の場合の共力度より何れの組合せならびに系統においても, 2~7 倍大であり, barthrin および dimethrin の場合と幾分異つた傾向を示す.

両系統間における各種共力剤の共力度の比 (res./sus.) は Sevin: synergist の混合比 1:1 および 1:4

Table 6. Degree of synergism of five pyrethrum synergists with Sevin against diazinon resistant and susceptible strains of houseflies.

Synergist (ratio with Sevin)	Degree of synergism		Ratio in degrees of synergism (A/B)	Relative effectiveness against resistant strain (A·A/B)
	Resistant strain (A)	Susceptible strain (B)		
Pip. but. (1 : 1)	140.14	69.59	2.01	285.9
Sulfoxide (1 : 1)	45.99	46.01	1.00	46.0
<i>n</i> -Pro. isome (1 : 1)	23.86	13.11	1.82	43.4
Safroxan (1 : 1)	852.95	385.42	2.21	1893.6
MGK (1 : 1)	13.70	8.76	1.56	22.2
Pip. but. (1 : 4)	404.65	317.36	1.28	518.0
Sulfoxide (1 : 4)	195.78	149.91	1.31	256.5
<i>n</i> -Pro. isome (1 : 4)	119.17	62.53	1.91	226.4
Safroxan (1 : 4)	1817.00	1243.43	1.46	2325.8
MGK (1 : 4)	65.56	62.73	1.04	68.8

何れの組合せでも 1.0 以上で、抵抗性系統においての方が共力度が大であるという優れた点をもっている。特に最も共力度の大である Sevin+safroxan 混合剤においてこの比が 2.21 (1:1) および 1.46 (1:4) で、他の混合剤に比して大きい値であり、この値と抵抗性系統に対する共力度との積 (A·A/B) はそれぞれ 1,894 および 2,326 で、3 種殺虫剤中最高値であり、pip. but. (同じくその積は 286 および 518) と共に抵抗性イエバエの駆除剤としての優秀性を示している。

共力度剤を混用した Sevin の両系統イエバエに対する LD₅₀ 比は Sevin : *n*-pro. isome 1:4 の場合 (0.80) 以外はどれも 1.0 以上であるが、大部分は 1.5 以下で僅かな交差抵抗性しか認められない点からも Sevin+synergist 混合剤による抵抗性イエバエの駆除は有利な方法と考えられる。

なお Sevin+synergist 混合剤の殺虫能率は抵抗性系統に対する 1:1 混用の場合以外は何れの組合せでも Sevin 単剤より大であるが、両系統間の比 (res./sus.) は Sevin: safroxan 1:1 および Sevin: *n*-pro. isome 1:4 以外は総て 1.0 より大で、この点からも Sevin+synergist 混合剤は抵抗性害虫防除剤としては有利な性能をそなえていることとなる。

総 括

有機燐剤抵抗性イエバエを防除する目的をもって、ダイアジノン抵抗性の RP 系イエバエおよび感受性の高槻系イエバエを供試昆虫として、これらに対し barthrin, dimethrin および Sevin の単剤ならびにこれら薬剤に対し pip. but., sulfoxide, *n*-pro. isome, safroxan および MGK のようなピレトリン用共力度剤を 1:1 および 1:4 の割合に混合した薬剤を羽化後 4~5

日の雌イエバエに局所適用法で投与し、その薬量一致死率から probit 法によつてそれら薬剤の LD₅₀ を求め、併せて各共力度剤の 3 薬剤に対する共力度を算定し、さらに抵抗性昆虫と感受性昆虫との LD₅₀ 比、共力度の比および殺虫能率の比などから抵抗性イエバエ防除剤としての優劣を判定した。

何れの barthrin+synergist 混合剤も両系統イエバエに対して共力度効果を示すが、それら共力度剤がピレトリンおよびアレスリンに対して示す共力度より遙かに劣る。両系統間の共力度の比 (res./sus.) は混合比 1:4 の場合、MGK 以外はその値が 0.5 以下で、抵抗性イエバエでは共力度効果が感受性に対するよりかなり劣り、また両系統イエバエに対する barthrin+synergist 混合剤の LD₅₀ 比 (res./sus.) は MGK 以外はどれも 2.0 以上で交差抵抗性が認められる。

殺虫剤に共力度剤を混用したものを殺虫剤抵抗性昆虫の防除剤として適用する場合の比有効度の算定法として、抵抗性昆虫に対する共力度と両系統間の共力度の比 (res./sus.) との積を求める方法を提案し、その値の大きいもの程有効度の大であることとしたが、barthrin+synergist 混合剤の場合のおおのこの積は、混合比 1:4 の場合何れも 1.24 以下の小さい値が得られることから、ダイアジノン抵抗性イエバエの防除に対して barthrin+synergist 混合剤の適用は有利な方法と称し得ない。なお barthrin+synergist 混合剤の殺虫能率の両系統間における比 (res./sus.) は MGK (1:4) 以外はどれも 1.0 より大である。

Dimethrin に対するピレトリン用共力度剤の共力度は混合比 1:1 および 1:4 とともに MGK を除けば何れの組合せでも 2.0 以上で、barthrin に対するそれら共力度剤の共力度より何れも大であり、またアカイエカの

幼虫を供試昆虫とした場合より本実験のようにイエバエ成虫を用いた方がその致死共力度は一般に大である。両系統間における各共力剤の共力度の比 (res./sus.) は、混合比 1:1 および 1:4 とも MGK を除けば何れも 1.0 以上という優れた性質を有する。

共力剤を混用した dimethrin の両系統イエバエに対する LD₅₀ 比 (res./sus.) は MGK を除けば何れの場合も 1.5 以下で、交差抵抗性が殆んどみられない。

Sevin に対する両系統イエバエの抵抗性は先に他の研究者によつて報告せられた値より遙かに大で、Sevin 単剤による駆除は困難と思われるが、これにピレトリン用共力剤を混用すれば両系統イエバエに甚だ強い共力効果を示し、最低の MGK (感受性 1:1) でも 8.76 で、safroxan (抵抗性および感受性 1:4) では 1,817 および 1,243, pip. but. でも同様 405 および 317 という驚異的の共力度を示す。両系統間における各共力剤の共力度の比 (res./sus.) は混合比 1:1 および 1:4 とも 1.0 以上という優れた性質をもっている。

共力剤を混用した Sevin の両系統イエバエに対する LD₅₀ 比 (res./sus.) は sulfoxide (1:1) を除けば何れも 1.5 以下で、殆んど交差抵抗性が認められない。

共力剤を混用した Sevin の両系統イエバエに対する殺虫能率の比 (res./sus.) は 1, 2 の例外を除けば何れの場合も 1.0 より大という優れた性能をもっている。

以上各ピレトリン用共力剤の 3 殺虫剤に対する共力度、両系統イエバエ間における混合剤の交差抵抗性、共力度の比、LD₅₀ 比および殺虫能率比さらに著者らの提案による抵抗性昆虫に対する共力度と両系統昆虫に対する共力度の比との積などから考察すると、ダイアジノン抵抗性イエバエの駆除法としては Sevin および dimethrin のおののくに共力剤として safroxan あるいは pip. but. を混合した薬剤の適用に希望がもたれる。

本研究費の一部は吉川秀男教授を代表者とする昆虫の薬剤抵抗性に関する総合研究費によつた。

文 献

- 1) 松原弘道: 防虫科学 27, 43 (1962)
- 2) 安富和男: 衛生動物 11, 112 (1960)
- 3) 安富和男: 衛生動物 12, 195 (1961)
- 4) Forgash A. J. and Hansens E. J.: *J. Econ. Entom.* 52, 733 (1959)
- 5) Forgash A. J. and Hansens E. J.: *J. Econ. Entom.* 53, 741 (1960)
- 6) 松原弘道: 防虫科学 26, 44 (1961)
- 7) 松原弘道: 防虫科学 26, 125 (1961)

- 8) 松原弘道: 防虫科学 27, 17 (1962)
- 9) 松原弘道: 防虫科学 28, 35 (1963)
- 10) Gersdorff W. A., Freeman S. K. and Piquett P. G.: *J. Agr. Food Chem.* 7, 548 (1959)
- 11) Chadwick P. R. and Jones G. D. G.: *Pyrethrum Post* 5 (3), 14 (1960)
- 12) Goodwin-Bailey K. F.: *Chem. and Ind.* 700 (1960)
- 13) Mengle D. C. and Casida J. E.: *J. Agr. Food Chem.* 8, 431 (1960)
- 14) Eldefrawi M. E. and Hoskins W. M.: *J. Econ. Entom.* 54, 401 (1961)
- 15) Moorefield H. H.: *Contr. Boyce Thompson Inst.* 19, 501 (1958)
- 16) Fukuto T. R., Metcalf R. L., Winton M. Y. and Roberts P. A.: *J. Econ. Entom.* 55, 341 (1962)

Résumé

An evaluation was undertaken toward diazinon resistant R P strain (*Musca domestica*) and susceptible Takatsuki strain (*Musca domestica vicina*) of houseflies, in order to control organophosphorous insecticide-resistant houseflies, by combining barthrin, dimethrin, 1-naphthyl *N*-methyl carbamate (Sevin) with pyrethrum synergists such as piperonyl butoxide, sulfoxide, *n*-propyl isome, safroxan and MGK-F5026.

Dosage-mortality data were obtained by topical application of the insecticides and combinations with synergist in 1:1 and 1:4 ratio to 4~5-days-old female houseflies. The degree of synergism of each synergist for these insecticides was calculated from median lethal dose (LD₅₀) which obtained by probit method.

All the combinations of barthrin with pyrethrum synergists were synergistic against both strains of houseflies, but these combinations show lower order of synergism than the similar combinations of pyrethrins or allethrin. When the barthrin-synergist ratio was 1:4, all the ratios in degree of synergism between both strains (resistant/susceptible) were lower than 0.5 except MGK; furthermore, all the LD₅₀ ratios in synergized barthrin against both strains (res./sus.) were higher than 2.0 except MGK. The low cross resistance was observed between both strains. Therefore, it is apparent

that the barthrin-synergist combinations can hardly be applied for control of diazinon resistant houseflies.

All the degrees of synergism of pyrethrum synergists for dimethrin were higher than 2.0 in the both cases 1:1 and 1:4 of dimethrin synergist ratio, except MGK. In general, the combinations of dimethrin with pyrethrum synergists show higher order of synergism than the similar combinations of barthrin, and the degree of synergism for lethal effect against adult houseflies was higher than that of larva of the common house mosquito (*Culex pipiens pallens*). All the ratios in degree of synergism between both strains (res./sus.) showed such splendid property as higher than 1.0 in the both cases 1:1 and 1:4 of dimethrin-synergist ratio except MGK. The LD₅₀ ratio in synergized dimethrin against both strains (res./sus.) was lower than 1.5 except MGK, that is, the cross resistance was scarcely observed.

The resistance of both strains of houseflies against Sevin was in much higher level than that observed by other previous investigator. These insect would not be controlled by appli-

cation of Sevin alone. But, when Sevin was combined with all the synergist, these combinations showed remarkable synergistic effect on both strains of houseflies. When the Sevin-synergist ratio was 1:4, the degree of synergism of safrozan or piperonyl butoxide against resistant and susceptible houseflies showed such marvellous values as 1,817; 1,243 and 405; 317 respectively. All the ratios in degree of synergism between both strains (res./sus.) were higher than 1.0 in the both cases 1:1 and 1:4 of Sevin-synergist ratio, and all the LD₅₀ ratio of the synergized Sevin against both strains (res./sus.) were lower than 1.5 except sulfoxide (1:1). The cross resistance was scarcely observed.

By calculating the value (degree of synergistic action against resistant insect) × (ratio of synergistic action between both strains), we can compare the effectiveness of insecticides. The higher the value the better the synergized insecticide. Synergized Sevin or dimethrin with safrozan or piperonyl butoxide has superior effects on the resistant houseflies, and it can be applied for practical use.

The Relation between the Length of the Larval Period and Adult Susceptibilities to Insecticides in the Housefly. Kazuo BUÉI (Public Health Research Institute, Osaka-Fu, Osaka) and Yoshiharu FUKUHARA (Ikeda Health Center, Osaka-Fu, Ikeda, Osaka) Received Jan. 31, 1964. *Botyu-Kagaku*, 29, 9, 1964 (with English résumé. 14)

2. イエバエの幼虫期間の長さや殺虫剤感受性との関係について* 武衛和雄(大阪府立公衆衛生研究所)・福原佳春(大阪府池田保健所) 39.1.31 受理

通常の感受性の高槻系統と DDT 抵抗性の JIR 系統のイエバエについて、蛹化の遅速によつて early colony と late colony とにわけ、これを 15 代つづけて淘汰した。DDT に対する感受性を LD₅₀ で比較すると、early colony の感受性は高くなり、late colony は感受性の低い集団となつた。γ-BHC に対しては colony による感受性ないし抵抗性の相異はみとめられなかつた。

筆者は前報¹⁾において抵抗性系統のイエバエは、感受性系統のそれにくらべて卵-幼虫の発育期間が長くなるという特異性のあることを報告した。そしてある系統のイエバエの集団の中に含まれる個体による感受性の相異について、大局的にみれば発育を早く完了した個体は殺虫剤に対する感受性が高く、発育のおくれた個体は感受性が低い集団であろうと類推した。Pimental et al.²⁾ は同一集団のイエバエにおいても、最も早く蛹化したものは最も早く蛹化したものにく

らべて DDT に 10 倍も強かつたと報告し、Decker et al.³⁾ は同じ培养基からでもおそく羽化したイエバエの次代における感受性は、早く羽化したハエの次代における感受性にくらべて DDT に強かつたと報告している。さらに Mc Kenzie et al.⁴⁾ は、このように早く蛹化した蛹とおそく蛹化した蛹とにわけるという淘汰をつづけてゆくと、ふたつの substrain のあいだの DDT に対する感受性がかなり異なつてくるとをみいだした。Kerr et al.⁵⁾ も同様に DDT 抵抗

* 本報告の概要は、1961 年 4 月 3 日(久留米)、1962 年 4 月 5 日(千葉)日本衛生動物学会大会において発表