

Development of DDT Resistance in the Flour Beetle, *Tribolium confusum* Duv. Osamu MAEDA (Entomological Laboratory, College of Agriculture, Kyoto University, Kyoto). Received April 24, 1958. *Botyu-Kagaku*, 23, 66, 1958, (with English résumé, 73).

13. ヒラタコクヌストモドキの DDT 抵抗性の発達* 前田 理 (京都大学農学部昆虫学研究室) 33. 4. 24 受理

DDT を均一にまぜたメリケン粉の中でヒラタコクヌストモドキを飼育する時、DDT 抵抗性がどのように増大するかを LD-50、薬量死亡率回帰直線の傾斜 b などについて調べた。DDT 抵抗性は漸次増大するが、高い濃度の DDT を含むメリケン粉で飼育したものほど抵抗性発達の程度が高い。また死亡率に影響をおよぼさない程度の低い DDT 濃度のメリケン粉の中で累代飼育すると抵抗性の増加に影響をおよぼさない。DDT 抵抗性が増大するにつれて、 b の値が小さくなる傾向がある。

害虫が殺虫剤に対して抵抗性を発達させてくるといふ問題は最近世界各地において重要になってきている。戦後、大量の有機合成殺虫剤が害虫の防除に用いられてきたが、これらの殺虫剤は化学的に以前のものに比べて安定で、害虫がこれらの殺虫剤に対して触れる時間が長くなつたとも考えられる。世界各地で多くの害虫にこのような現象がみられているが、わが国では比較的事例が少ない。塚本ほか¹⁾によると彦根市でマラリアを少なくする為の大規模な DDT 撒布によつて、DDT 抵抗性のイエバエ *Musca domestica vicina* ができたし、また農業害虫ではモンシロチョウ *Pieris rapae* の DDT 抵抗性の発達が報告されている^{2, 13)}。今後も殺虫剤の使用によつて、さらに多くの殺虫剤抵抗性の系統の出現が考えられる。

世界中で最も経済的に重要であると考えられるのは、イエバエにおける殺虫剤抵抗性発達の問題である。イエバエでは世界各地ではほぼ同時にこの問題が重要になってきており、その抵抗性発達の程度も他の害虫と比較して極めて高い。多くの研究者によつて多くの観察や実験が報告されているが、これらは Metcalf¹²⁾によつてその生理学的基礎について、吉川ほか¹⁰⁾及び Crow⁵⁾によつて遺伝学的立場から、Hopkins & Gordon⁹⁾によつて抵抗性の系統と非抵抗性の系統との間の生理的な差異についてそれぞれ綜説されている。種々の問題点についてこれらの研究の結果は必ずしも一致したものではなく、研究者によつて、また調べた系統によつてかなりの違いがある。たとえば、抵抗性の系統と非抵抗性の系統との間に发育速度、体の大きさ、その他多くの形態的生理的な差異のある事が報告されているが、これらにおいて一致した結果が得られない場合が多い。このような差異ができたのは、殺虫剤抵抗性を発達させるための淘汰によつてこれらの特性をもつた個体群が同時に分離した為で、このような特性と殺虫剤抵抗性の発達とは直接に何も関係がないの

ではないかと考えられる。

殺虫剤抵抗性発達の現象に対して、従来遺伝学的な研究が多く行われてきた。その結果によると、殺虫剤が突然変異をひきおこし、それによつて抵抗性が発達したという報告は何もないし、またこのように考える事は困難である。多くの人は、以前からその個体群の中の殺虫剤に対して弱い遺伝子の組合せをもつた個体が除かれ、強い組合せのものだけが残る事によつて抵抗性を発達させると考えている。また殺虫剤に直接に害虫が適応するというような post-adaptive な考え方も受け入れられていない^{3, 5)}。Bliss²⁾は薬量死亡率回帰直線の方向係数 b を殺虫剤抵抗性の変異をあらわす指数として用いて、抵抗性が発達するにつれて b の値が大きくなる場合¹⁴⁾、同じである場合¹⁵⁾、小さくなる場合⁴⁾の三つの場合があるとのべている。また Hopkins & Gordon⁹⁾は種々の殺虫剤抵抗性の発達した害虫について調べられたデータを検討して、殺虫剤抵抗性の害虫は一般に b の値が非抵抗性のものに比べて小さいが、長期間殺虫剤によつて淘汰を続けた系統では b の値が大きくなつてくるとのべ、遺伝的な heterogeneity と抵抗性の変異との関連性を強く主張している。しかしこゝで引用されたデータの大部分は、抵抗性の変異を調べる事を目的として調べられたのではなく、もつと厳密に殺虫剤抵抗性の変異が世代を追つてどのように変るかを調べる必要がある。

実験に用いた ヒラタコクヌストモドキ *Tribolium confusum* Duv. は、メリケン粉によつて飼育が極めて容易で、従来多くの個体群生態学の研究に用いられてきたが、また系統の保持も極めて容易で、このような研究にも適している。遺伝的に heterogeneous であると思われる共通の祖先からいくつかの系統にわけたまた淘汰の方法をかえて DDT のまざつたメリケン粉の中で累代飼育した。そして世代が進むにつれて DDT 抵抗性がどのように増大するか、薬量死亡率曲線の傾斜がどのように変るか、またそれにとりなつて

* 京都大学農学部昆虫学研究室業績, 第 301 号。

Table 1. Methods of succeeding generations of the control and the resistant strains reared in DDT-contained flour. These strains started with a common ancestor.

Strain			Duration for a generation in weeks	Initial number of parents	DDT concentration of flour
Control strains	One-pair cultured group	C11 C12 C13	6	2	0
	Five-pair cultured group	Cv1 Cv2 Cv3	6	10	0
Strains cultured in the flour contained 10 γ DDT	One-pair cultured group	A11 A12	6 or 7	2	5 γ
	Five-pair cultured group	Av1 Av2 Av3	6 or 7	10	5 γ
Strains cultured in the flour contained 10 γ DDT	Five-pair cultured group	Bv1 Bv2 Bv3	8	10	10 γ
DDT highly selected strains		D1 D2 D3 D4 D5	10 or more	all survivors	20 γ -50 γ

他の形態的生態的性質がどのように変るかを調べた。

この研究を進めるに当たって御指導いただいた内田教授に厚く御礼申し上げる。

実験方法

実験に用いた系統の祖先は、和歌山県下の製粉工場で採集され、本研究室で数世代飼育されてきたもので、遺伝的には heterogeneous なものと考えられる。1955年10月以来この祖先から第1表のような方法で系統をわけ、温度30 $^{\circ}$ 、関係湿度65-75%の環境条件の下で累代飼育した。従来殺虫剤抵抗性には遺伝的な要因が非常に重要であるとされているので、毎世代の親の数が抵抗性の発達に關聯をもっているものと思われる。すなわち毎世代1対の親を選び系統飼育する事によって集団飼育をした場合よりも遺伝的に homogeneous な個体を速くうる事ができると思われる。そこで対照系統と抵抗性の系統の各々について、親の数が1対及び5対の系統を3組ずつ作り、累代飼育した。

累代飼育の方法は第1図に要約した。雌雄をわけた1対または5対のヒラタクヌストモドキの蛹をとり、

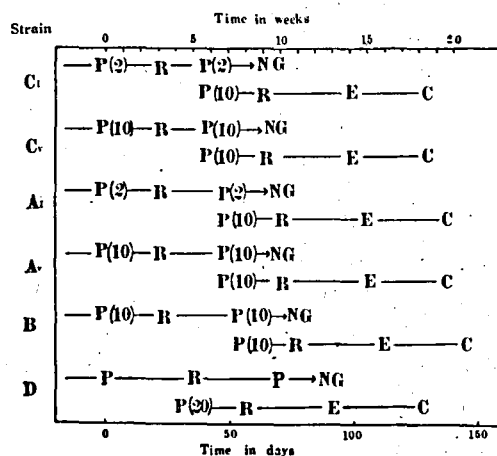


Fig. 1. Procedure of succeeding generations in the control and resistant strains.

- (): No. of pupa put into the flour
P : Pupae put into the flour
R : Removing adults from the flour
NG : To next generation
E : Eggs put into the DDT-contained flour for different concentrations
C : Counting survivors

20g のメリケン粉を入れたシャーレ (直径 8.1cm, 深さ 2.9cm) の中へ入れた。このメリケン粉に抵抗性の系統では p, p' -DDT をメリケン粉 1g 当り 5 γ または 10 γ を均一にまぜた。1週間以内にこれらの蛹は羽化しまもなく産卵を始めるが3週間そのまま産卵させ成虫だけを取除く。さらに3-5週間すると一部が蛹化しさらに羽化し始めるが、この中から1対または5対の蛹をとりだし、次の世代の親として用いた。このような方法で第1表の系統を累代飼育した。

以上は毎世代の始めに1対または5対の親を選択して累代飼育した系統であるが、さらに個体群が死滅しない程度に高い濃度——メリケン粉1g当り20-50 γ の p, p' -DDT を含むメリケン粉の中で飼育した系統 D を累代飼育した。このような高い濃度では1世代を経過するのに10週間以上を要するので、5週間産卵させさらに5週間以上して幼虫の多くが蛹化または羽化して後生き残った虫全部を次の世代の親とした。

DDT 抵抗性の測定法

ヒラタコクヌストモドキは、1日当りの産卵数が比較的少なく、令の揃った多数の成虫を一時にうることは困難である。また成虫は雌雄の間で抵抗性に差のある事が Loshiavo¹¹⁾ によつて報告されているので、雌雄まぜて測定した場合には抵抗性の変異の幅が雌雄別の場合より広くなる。そこで成虫が産卵した卵を種々の濃度の DDT を含むメリケン粉の中へ入れ、ある期間 (4-6週間) たつて後の生存率から葉量死亡率曲線をだした。DDT を含むメリケン粉から羽化した成虫の性比は、DDT を含まないメリケン粉から羽化した成虫のそれに比べて違わない、したがつてこのような方法によると雌雄の抵抗性の差は問題とならない。

ある世代のある系統の DDT 抵抗性を測定するには、第1図に示されているように10頭の雌雄をわけた蛹をとりだし、30g のメリケン粉を入れた直径 8.6cm, 深さ 2.9cm のシャーレに入れ3週間産卵させる。さらに5週間後に羽化した成虫を他の新しい30g のメリケン粉に移し産卵させる。この卵を200個ずつ種々の濃度の DDT を含むメリケン粉 20g の中へ入れ、4-6週間後一部が羽化し始めた頃50メツシュのふるいによつて生存虫数を数える。DDT を含まないメリケン粉で飼育した場合にもある程度の死亡率が見られるので、一番死亡率の少なかった濃度での死亡率に対して全体を補正する必要がある。このために Abbott¹²⁾ が提唱した方法を用いた。すなわち

q_0 : DDT が入っていないメリケン粉または一番死亡率の低かつた濃度の DDT を含むメリケン粉中での生存虫数

q : 種々の濃度の DDT の入ったメリケン粉中での生存虫数

とした時、その補正死亡率は $(1-q/q_0) \times 100$ によつて計算される。

葉量死亡率回帰直線の決定には、最小二乗法で解く代りに、Finney の図解法¹³⁾ (graphic approximate method) によつて行つた。すなわち、片対数方眼紙の対数目盛を横軸とし葉量を、普通目盛を縦軸として死亡率の probit をとり、実験の結果を記入する。これらの各点は大体直線からあまりはなれていない場合が多いので、LD-50 すなわち probit 5 の点の附近を中心として透明定規で直線を引く。この直線が probit 5 と交わる点の葉量が中央致死葉量 LD-50 である。最低葉量 x_1 と最高葉量 x_k のこの直線上の probit を Y_1, Y_k とするとこの直線の傾斜は

$$b = (Y_k - Y_1) / (x_k - x_1)$$

である。この b の値は、葉量の対数で1当り、すなわち葉量の10倍の変化に相当する死亡率 probit の変化であるから、図上からも容易に計算できる。またこの値の逆数は、LD-50 の標準偏差であり、殺虫剤に対する感受性の変異をあらわす指数である。この回帰直線に対して実験した値がどの程度適合しているか、すなわちこの回帰直線からのはずれが実験誤差の範囲内にあるかどうかをきめるために、適合度の検定を行つた。図上で各葉量に対応する probit の値、すなわち expected probit を求める。この値からその値に相当する死亡率 p をだし、さらにこれに q_0 を乗じて死亡した理論上の虫数 $q_0 p$ が各葉量についてえられる。実際にえられた値 $q_0 - q_k$ との差 $q_0 - q_k - q_0 p$ がこの直線からのはずれの度合を示す。これによつて直線性の検定をするには、

$$\sum_{k=1}^n \frac{(q_0 - q_k - q_0 p)^2}{q_0 p (1-p)}$$

の値が自由度 $k-2$ の χ^2 分布をする事を利用する。この値が $\chi_0^2 (n=k-2)=0.05$ より大きくなつたならば、結果をあらわすにはこの直線では不適當であり、この値が5%水準での χ_0^2 の値より小さくなつたものを回帰直線によく適合するものとしておもに取りあげた。実際に実験中に何らかの障害、たとえば環境条件の不均一な場合のデータは回帰直線に適合しないが、一般に大体よく一致した。このような方法によつて、抵抗性の測定は各系統について、毎世代あるいは2世代に一度行い、LD-50, b の値、回帰直線の適合度の検定を行つた。

なお各世代においてどの程度 DDT によつてこの虫が死んでいるかは、成虫の産卵数が不明であるので

Table 2. Change of LD-50 and *b* values for DDT by food application on larvae, which hatched from eggs, in successive generations after the control strains were separated.

Strain	Cr1			Cr2			Cr3		
Generation	LD-50	<i>b</i>	χ^2	LD-50	<i>b</i>	χ^2	LD-50	<i>b</i>	χ^2
7	6.1	7.29	(1) 1.33 NH				7.6	6.86	(2) 11.29 H
8	6.6	9.68	(1) 1.08 NH						
9				7.1	7.18	(1) 14.51 H	8.2	7.63	(2) 0.74 NH
10	6.4	7.02	(2) 2.62 NH	6.5	6.84	(1) 17.68 H	7.0	7.08	(1) 3.74 NH
11	6.6	7.26	(2) 4.46 NH	5.8	6.22	(1) 3.60 NH			
12									
13							7.0	6.91	(1) 0.04 NH
14									
15				4.7	4.80	(1) 0.02 NH			
16	6.4	5.55	(2) 1.82 NH	5.4	4.52	(2) 3.05 NH			
17	5.5	4.98	(2) 4.37 NH				6.4	4.38	(2) 3.25 NH

Strain	Cv1			Cv2			Cv3		
Generation	LD-50	<i>b</i>	χ^2	LD-50	<i>b</i>	χ^2	LD-50	<i>b</i>	χ^2
7				7.2	5.90	(2) 1.29 NH	6.0	7.64	(1) 2.30 NH
8									
9									
10	6.1	6.63	(1) 5.83 H	5.4	8.31	(1) 0.74 NH	6.3	7.15	(2) 2.04 NH
11	6.2	5.50	(1) 0.03 NH	6.6	9.53	(1) 1.23 NH			
12	4.4	4.69	(2) 2.12 NH						
13	5.1	5.97	(2) 4.37 NH				5.8	6.11	(1) 11.07 H
14				4.6	8.20	(1) 4.57 H			
15	4.5	4.12	(1) 7.47 H	5.5	8.20	(2) 0.85 NH	6.9	6.91	(1) 7.96 H
16				5.5	9.23	(1) 0.04 NH	6.4	6.18	(1) 25.60 H
17	5.1	6.91	(2) 1.78 NH	6.4	8.90	(1) 3.27 H			

() : No. of degrees of freedom

NH : Data not heterogeneous at 5% level

H : Data heterogeneous at 5% level

わからない。そこで薬量死亡率回帰直線をだし、その世代飼育したと同じ DDT 濃度での死亡率をもつて、その世代の DDT による死亡率とした。したがってこの値は LD-50 の場合と同様に、DDT を含むメリケン粉から羽化した成虫から 1 世代殖やし、その成虫が産んだ卵によつてえられたものであるから、厳密な意味での DDT による死亡率ではない。

結果および考察

DDT を含まないメリケン粉で累代飼育した系統 (対照系統) での LD-50, *b* の値は、第 2 表のようになった。6 系統とも LD-50 に大きな変化はなく、抵抗性の増加も減少もみられていないが、系統の間で多少の差異ができてきた。Cr1, Cv3 は DDT に対し

で強く、Cv1 は弱い。*b* の値についてみると、毎世代 5 対ずつの成虫に産卵させ累代飼育した系統 Cv1, Cv2, Cv3 (以後 5 対系統と呼ぶ) では世代を重ねるにしたがつて大きな変化はないが、1 対ずつ累代飼育した系統 (以後 1 対系統と呼ぶ) では何れも *b* の値が小さくなっている。1 対系統では遺伝的に homogeneous になるから、DDT 抵抗性の変異も小さくなるのではないかと考えられるが、実際にはその逆になっている。これは各系統内の inbreeding によつて系統の vigor を弱め、その結果抵抗性の変異が大きくなったのではないと思われる。

DDT を 1g 当り 5% および 10% 含むメリケン粉の中で累代飼育した系統での LD-50, *b* の値は第 3 表に示す通りである。いずれも DDT に対してある程度強くなつてきている。そして DDT の濃度が高いほど

抵抗性の程度は高くなっている。すなわち5%のDDTを含むメリケン粉の中で累代飼育した系統Aよりも、10%のDDTを含むメリケン粉の中で飼育した系統Bの方がLD-50が高くなっている。抵抗性の発達の程度は、同じ方法で累代飼育した系統の間でも差ができてきており、Ar1はAr2よりも、またAv2はAv1、Av3よりも抵抗性の発達の程度が低い。

世代を累ねるにつれてDDT抵抗性がどのように発達するかをみるために、LD-50の増加の状態を示したのが第2図である。DDT抵抗性はAr2、Av1、Av3系統では10世代目位まで抵抗性の増加がみられ、大体対照系統と比較してLD-50で2倍程度になり、それ以後は増加しない。これに対してAr1、Av2系統では5世代目位ですでに平衡に達し、それ以上の増加はみられず、その抵抗性の発達の程度も低い。B系統では15世代目位まで抵抗性の増加が続き、対照系統に比べてLD-50で4倍位にまでなっている。Decker & Bruce⁶⁾は、イエバエにおける殺虫剤抵抗性の発達は最初の数世代から十数世代は非常におそ

いでいる。そしてその間接的証拠として、殺虫剤のsublethalな濃度による処理は抵抗性の増加に何らの影響をおよぼさないとのべている。この実験においても死亡率の極めて低いsublethalな濃度では抵抗性の増加はみられないし、また今後同じ濃度で飼育を続けても抵抗性の増加する事はないように思われる。

bの値(第3表)をみると、対照系統の場合と同様に系統間の差が大きく、Ar1、Av2ではbの値が大きく、抵抗性の変異の幅が小さい。これに反してAr2、Av1、Av3、Bv1、Bv2、Bv3系統では対照系統よりもbの値が小さく、DDTに対して強くなった系統ほど抵抗性の変異が大きくなっている。

抵抗性の発達につれて飼育メリケン粉のDDT濃度を高める時、DDT抵抗性がどの程度まで増加するかを調べたのが第4表である。LD-50は漸次増加して、対照系統に比べてLD-50で8倍位、LD-95では10—15倍位になつてゐる。このように抵抗性のあらわれ方によつて抵抗性発達の程度がちがうのはbの値がちがうからで、対照系統と比較してまたA系統B

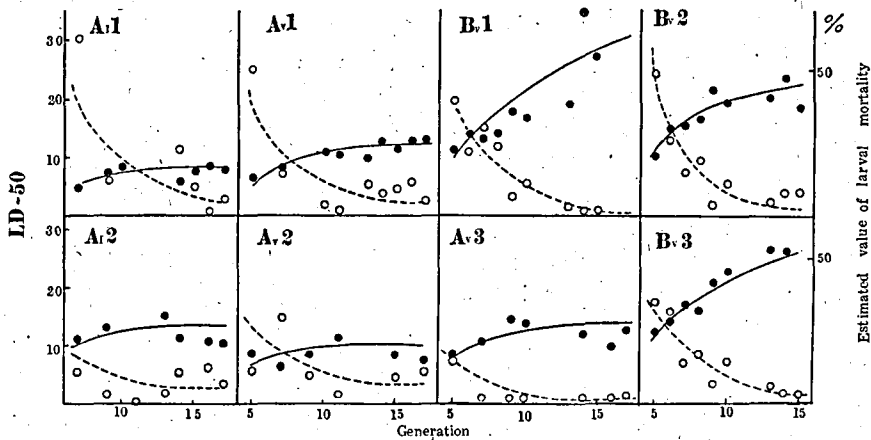


Fig. 2. Increase in LD-50 and decrease in estimated value of larval mortality by DDT in successive generations after DDT-resistant strains were cultured in DDT-contained flour.
LD-50 : —●—, larval mortality : ---○---

が、その後急速に上昇したとのべている。この虫においては抵抗性の発達の程度もイエバエと比較すると低く、発達の速度も10世代から15世代で一応平衡に達している。また5世代より前は調査がないので不明である。葉量死亡率回帰直線から飼育メリケン粉中の幼虫死亡率を推定してみると第2図のようになり、いずれの系統においてもDDTによる死亡率が低くなるにつれて抵抗性の増加はとまる。Crow⁵⁾は殺虫剤抵抗性に関係している遺伝的構成が個体群によつて違っており、殺虫剤によつて抵抗性のgenotypeをもつたものが淘汰される事によつて抵抗性が増大すると考え

系統と比較してさらにbの値が小さくなっている。そして抵抗性の変異の増大は抵抗性の増加に大きい意味をもつていると思われる。LD-50およびbの値についても系統の間に差があり、D4系統はDDT抵抗性があり高くならず、D1、D3系統は他と比較して抵抗性の増加がいちじるしい。このように同じ方法で系統飼育した場合に、系統の間に10世代程度でこのように抵抗性の差異が生じてくる。これは系統の間に抵抗性を発達させる能力すなわちpotential resistanceに差があり、抵抗性の発達に遺伝的な要因が非常に重要である事を意味する。

Table 3. Development of LD-50 and b values for DDT by food application on larvae, which hatched from eggs, for successive generations after the resistant strains had been reared in the flour, in which DDT was uniformly contained. (I)

Strain	At1			At2					
Generation	LD-50	b	χ^2	LD-50	b	χ^2			
7	4.9	5.08	(1) 0.59 NH	11.2	4.02	(3) 12.72 H	() : No. of degrees of freedom NH : Data not heterogeneous at 5% level H : Data heterogeneous at 5% level		
8									
9	7.3	7.18	(2) 6.91 H	13.7	4.38	(3) 4.32 NH			
10	8.1	5.83	(2) 6.36 H						
11									
12									
13				15.0	3.87	(3) 5.17 NH			
14	6.3	7.02	(1) 2.99 NH	11.0	3.50	(5) 9.24 NH			
15	7.6	7.97	(1) 1.15 NH						
16	8.8	8.74	(1) 1.55 NH	10.3	3.71	(2) 1.41 NH			
17	8.3	7.14	(2) 5.91 NH	10.2	4.00	(3) 6.90 NH			
Strain	Av1			Av2			Av3		
Generation	LD-50	b	χ^2	LD-50	b	χ^2	LD-50	b	χ^2
5	7.0	3.22	(2) 5.92 NH	8.7	5.25	(1) 2.65 NH	8.5	4.30	(2) 0.67 NH
6									
7	8.7	4.19	(4) 5.68 NH	6.7	4.30	(3) 7.02 NH	10.3	6.77	(2) 1.12 NH
8									
9				8.2	6.04	(2) 2.21 NH	14.6	6.87	(2) 5.04 NH
10	11.4	4.51	(2) 6.81 H				13.8	4.76	(2) 2.27 NH
11	11.0	5.71	(2) 5.46 NH	11.5	5.02	(1) 4.34 NH			
12									
13	10.3	4.85	(1) 0.49 NH						
14	13.0	3.37	(3) 3.68 NH				12.1	6.83	(2) 5.03 NH
15				8.7	5.53	(1) 0.16 NH			
16	13.4	2.62	(3) 2.13 NH				10.8	6.84	(1) 0.20 NH
17	12.7	4.05	(3) 2.83 NH	7.4	7.06	(2) 1.65 NH	12.8	4.68	(2) 0.91 NH
Strain	Bv1			Bv2			Bv3		
Generation	LD-50	b	χ^2	LD-50	b	χ^2	LD-50	b	χ^2
5	11.4	3.98	(2) 7.17 H	10.2	2.63	(2) 4.43 NH	12.3	4.40	(2) 6.57 H
6	14.1	5.01	(2) 5.03 NH	15.3	3.32	(3) 6.90 NH	13.9	4.71	(3) 9.13 H
7	13.3	4.43	(2) 22.54 H	15.6	5.49	(1) 0.85 NH	17.1	4.71	(3) 5.58 NH
8	13.9	5.01	(3) 7.50 NH	16.8	3.95	(3) 6.12 NH	16.0	5.90	(3) 8.09 H
9	17.4	6.12	(2) 15.60 H	22.2	5.08	(1) 2.83 NH	20.7	5.09	(3) 6.30 NH
10	16.8	5.14	(2) 1.49 NH	19.6	4.81	(1) 2.91 NH	22.7	5.97	(2) 1.11 NH
11									
12									
13	19.3	5.26	(3) 0.85 NH	21.0	5.16	(1) 6.93 H	26.1	5.31	(1) 0.23 NH
14	35.0	5.02	(1) 2.67 NH	24.1	4.05	(3) 13.85 NH	26.0	5.16	(1) 13.30 H
15	27.0	4.84	(2) 37.52 H	18.9	5.76	(2) 36.14 H	24.4	4.80	(3) 1.18 NH

Table 4. Development of LD-50 and b values for DDT by food application on larvae, which hatched from eggs, for successive generations after the resistant strains had been reared in the flour, in which DDT was uniformly contained. (II)

strain	D1			D2			D3		
Generation	LD-50	b	χ^2	LD-50	b	χ^2	LD-50	b	χ^2
5	26.1	2.96	(3) 0.15 NH				16.7	2.87	(3)13.10 H
6	44.2	4.72	(1) 0.03 NH						
7	29.8	3.74	(2) 6.61 H	26.6	3.45	(3)21.71 H	18.7	2.93	(2)22.20 H
8	35.3	2.99	(3)22.45 H				23.7	4.30	(3) 5.85NH
9	56.7	4.30	(2) 5.37 NH	43.3	3.83	(2) 2.69NH	52.9	4.31	(3) 2.05NH
10				64.5	3.39	(5)11.35NH			
11				46.2	4.69	(4)26.94 H	52.6	4.86	(4)24.51 H

Strain	D4			D5			() : No. of degrees of freedom NH : Data not heterogeneous at 5% level H : Data heterogeneous at 5% level
Generation	LD-50	b	χ^2	LD-50	b	χ^2	
5	10.3	3.97	(2)48.16 H	15.5	4.06	(6) 0.19NH	
6							
7	13.9	3.50	(2)19.39 H				
8	21.2	3.73	(3) 4.00NH	32.5	3.87	(2)13.01 H	
9	21.1	4.10	(3)11.11 H	27.0	2.88	(3) 5.19NH	
10	36.2	4.83	(4) 7.74NH				
11	22.4	3.54	(2) 3.97NH	38.0	3.63	(2) 1.48NH	

さきにのべたように b の値の逆数は LD-50 の標準偏差であり、抵抗性の変異をあらわす指数である。系統飼育によって遺伝的に homogeneous になるにつれて抵抗性の変異が小さくなり、 b の値が大きくなるのではないかと思われる。また殺虫剤によつてその個体群の DDT に対して弱い系統のみが残る結果、抵抗性の増加にともなつて b の値が大きくなるのではないかと考えられる。この実験においても b の値は実験上の誤差による変動が大きく、はつきりした傾向はつかみにくい、殺虫剤抵抗性が高くなるにつれて b の値が小さくなる傾向がある。また抵抗性が発達

しにくい系統 Ai1, Av2 では b の値も比較的大きい。1対飼育系統が5対系統よりも b の値が大きくなるような傾向はみられず、対照系統ではかえつて1対系統の方が抵抗性の変異が大きくなつてきている。このように遺伝的な heterogeneity と殺虫剤抵抗性の変異との間にははつきりした関係はみられなかつた。

抵抗性の系統と非抵抗性の系統とが形態的にまた生態的に違つていたという多くの報告がある。この虫においても系統の間で体の大きさ、発育日数にある程度の差異がみとめられたが、殺虫剤抵抗性とは全く無関係であつた。実験に用いた系統は対照系統では10世代

Table 5. Duration of developmental period and width of thorax in the control and the resistant strains, represented in mean.

Strain		Duration of developmental period	Width of thorax	LD-50
The control strains	Cr1	34.1 days	1.047 mm	6.4 γ /g
	Cr2	34.0	1.044	6.5
	Cr3	34.7	0.991	7.0
	Cv1	33.7	1.078	6.1
	Cv2	35.1	1.030	5.4
	Cv3	32.6	1.033	6.3
The resistant strains	Bv1	34.7	1.024	13.9
	Bv2	33.3	1.096	16.8
	Bv3	34.1	1.034	16.0

目、抵抗性系統 Bv1, Bv2, Bv3 では8世代目のものである。羽化成虫10対を30gのメリケン粉で1世代殖やし、この成虫が産卵した卵を直径8.5cm 深さ1.5cm のペトリ皿に入れた20gのメリケン粉の中へ200個ずつ入れ、温度30°, 関係湿度65—75%の環境条件の下で飼育した。4日毎に羽化してくる成虫数を数え、またその発育日数の平均値を計算した。また全部が羽化を終つて後その中から

任意に20頭の成虫をとりだし、60%のアルコールに浸して殺した後、胸の幅を測った。結果は第5表のようになり、発育日数は一番長いものCv1、一番短いものCv3の間で有意の差がある。またこのような発育日数の長短の系統による差は系統飼育の毎世代の発育においても認められる。また胸の幅も大きい系統Cv1、Bv2と小さい系統Cv3の間では有意な差が認められるが、これらは発育日数の長短、DDT抵抗性となんらの関聯性もみとめられない。

摘 要

DDTを均一に混ぜたメリケン粉の中で、ヒラタコクヌストモドキ *Tribolium confusum* Duv. を累代飼育する時、この虫のDDT抵抗性がどのように発達するかを中央致死薬量LD-50、薬量死亡率回帰直線の傾斜 b 、飼育メリケン粉中での死亡率の推定値などについて調べた。

- 1) DDT抵抗性はDDTを含まないメリケン粉で累代飼育した系統に比較してLD-50で2—8倍増加した。またDDTの濃い濃度のメリケン粉で飼育したものは抵抗性の程度が高くなった。
- 2) 一定の濃度のDDTを含むメリケン粉中で累代飼育した系統では、10—15世代までに抵抗性の増加が平衡に達し、それ以後は増加しない。また平衡に達した時の幼虫死亡率の推定値は低く、10%以下で、死亡率のない程度の低い濃度での処理は、抵抗性の増加に影響をおよぼさない。
- 3) 同じ方法によつて累代飼育した系統の間でも、LD-50、 b の値に差がでてくる。これは系統の間に抵抗性を発達しうる能力 potential resistance に差があり、遺伝的な要因が抵抗性の発達に重要な意味をもっている事を意味する。
- 4) b の値は抵抗性の発達につれて小さくなる傾向がある。1対飼育系統が5対飼育系統よりも b の値が大きくなるような傾向はみられなかった。このように遺伝的な heterogeneity と殺虫剤抵抗性の変異との間には、はっきりした関聯はみられなかった。
- 5) 系統の間で、胸の幅、発育日数にかなりの差がみられたが、これは抵抗性とは全く無関係であつた。

文 献

- 1) Abbott, W. S. : J. Econ. Ent. 18, 265 (1925).
- 2) Bliss, C. I. : Statistics and Mathematics in Biology. 345. Ames, Iowa (1954).
- 3) Brown, A. W. A. : Botyu-Kagaku 22, 277 (1957).
- 4) Cochran, D. G., J. M. Grayson & M.

Levitan : J. Econ. Ent. 45, 997 (1952).

- 5) Crow, J. F. : Ann. Rev. Ent. 2, 227 (1957).
- 6) Decker G. C. & W. N. Bruce : Bull. Natl. Research Council (U.S.) 219, 25 (1952).
- 7) Finney, D. J. : J. Pharmacol. & Exp. Therap. 104, 440 (1952).
- 8) Hopkins, N. M. & H. T. Gordon : Ann. Rev. Ent. 1, 89 (1956).
- 9) 上遠章 : 農薬 1, 16 (1954).
- 10) 吉川秀男・大垣昌弘・塚本増久 : 最近の生物学 5, 89 (1955).
- 11) Loshivao, S. R. : Canad. Ent. 87, 107 (1955).
- 12) Metcalf, R. F. : Physiol. Rev. 35, 197 (1955).
- 13) 野村健一 : 農業及園芸 30, 235 (1955).
- 14) 塚本増久・大垣昌弘・小林 弘 : 衛生動物 8, 118 (1957).
- 15) Wilson, H. G. & J. B. Gahan : Science 107, 276 (1947).
- 16) 安富和雄 : 防虫科学 17, 41 (1952).

Résumé

Development of DDT resistance in the flour beetle, *Tribolium confusum* Duv., was examined. Several strains were separated from a common ancestor with genetic heterogeneity, which was collected in Wakayama Prefecture and had been reared in the flour contained DDT uniformly for successive generations by the different procedures as shown in Table 1. DDT susceptibility was tested as follows : 200 eggs were put into 20 gms of the DDT-contained flour for several concentrations and survivors were counted when some adults began to emerge, and LD-50 and slope of log dosage-probit line— b value—were calculated, applying Abbott's correction to the mortalities in each concentration.

- (1) The DDT resistant strains became from two to eight times resistant to DDT, compared with the control strains when measured by LD-50. DDT resistance developed to higher level in the highly selected strains in proportion to DDT concentrations of flour.
- (2) When these insects were reared in the flour contained constant concentration of DDT for successive generations, DDT resistance increased

till about tenth or fifteenth generations, and did not increase after that time. When the increase of DDT resistance attained to equilibrium, estimated value of larval mortality in DDT-contained flour was very low below 10 percent. It was considered that the treatment by sublethal dose showed no effect on the development of DDT resistance.

(3) There appeared significant differences in LD-50 and b value between the strains reared for successive generations by common procedures.

These differences reveal those of potential resistance on insecticide resistance.

(4) As this beetles became resistant to DDT, b values decreased in every strains. There was recognized no clear connection between genetic heterogeneity and variation of DDT susceptibility.

(5) Morphological and ecological characters—width of thorax and duration of developmental period—were significantly different among the strains, but these did not depend on DDT resistance.

Stability of Methyl Parathion Dust Formulations and the Effect of Stabilizers on the Insecticidal Activity. Studies on Organophosphorus Insecticides. IV* Seizo MATSUMOTO, Tatsuo OKUBO, and Ichiro HONDA. (Fuji Chemical Industrial Co., Ltd.) Received April 20, 1958. *Botyu-Kagaku*, 23, 74, 1958 (with English résumé, 80)

14. メチルパラチオン粉剤の安定性並びに安定剤の殺虫力に及ぼす影響について 有機燐製剤に関する研究(第4報*) 松本清蔵, 大久保達雄, 本田一郎(富士化学工業株式会社) 33. 4. 20 受理

マラソン粉剤安定化の研究において得られた良好なる処方を選択しこれを基礎にしてメチルパラチオン粉剤を調製し各温度に於ける安定性を検討すると共に、その試験結果中より最良の処方を選択しパイロットプラントによる製造試験を実施し更にその製品について安定性を検討したところ、マラソン粉剤の場合と略同じ結果が得られた。即ち表面酸性 $pK_a \geq 3$ の場合分解率は極度に低下する傾向を示した。此の場合も又表面酸性が経時変化防止の指標であり H^+ が分解の支配的因子であることが出来る。著者等が既報に於て推賞した安定剤 polyoxyethylene alkyl ether, polyoxyethylene alkyl phenyl ether, polyoxyethylene dialkyl ether 等は何れも安定効果顕著であるが、此等の安定剤が殺虫力発現に対して如何なる影響を与えるかを二化螟虫の越冬幼虫を用いて室内試験を行い二三の知見を得た。

著者等は既報^{1,2)}において有機燐製剤の安定化について報告した。即ちマラソン、メチルパラチオンにおいてそれらの増量剤の表面酸性を測定し適当なる安定剤を用いて $pK_a \geq 3$ に改良出来る場合には分解防止の目的を達成しうることを述べ、次いでマラソン粉剤の詳細なる安定化実験を行い安定剤を用いて $pK_a \geq 3$ なる場合には殆ど例外なく分解率が少いことを報告した。これら有効成分の分解を考える場合、増量剤の表面酸性が支配的因子であつて H^+ が有効成分に作用して分解を惹起せしめるものと考えることが出来る。メチルパラチオン粉剤についても従来色々な角度から分解防止試験を実施してきたが仲々困難であつた。前報に於て述べた如く粉剤の製剤化においては増量剤の

選択が極めて大切であつて、エチルパラチオン粉剤においては増量剤の厳選によつて分解率を極度に押えることが出来るがメチルパラチオン粉剤は遙かに不安定であり使用上から見ても資源的に見ても大きな問題と云わねばならぬ。安定剤として用いたものは、グルコース、シスチン、レシチン、有機砒素化合物、二塩基性有機酸、脂肪酸、ミルクカゼイン、植物油、機械油、魚油、等数十種に及ぶも実用的価値あるものを発見することが出来なかつた。しかるに表面酸性なる観点から増量剤の pK_a を ≥ 3 に改良しうるものが界面活性剤中にあることを発見し先づマラソン粉剤について詳細なる分解防止試験を行い此の試験結果を基礎にしてメチルパラチオン粉剤の安定化について研究した。

* 本報は昭和33年2月23日九州病害虫研究会において、松本、大久保：有機燐製剤に関する研究 第4報 メチルパラチオンの安定性について、松本、本田：有機燐製剤に関する研究 第5報 メチルパラチオン粉剤における安定剤の殺虫力に及ぼす影響についてという題目で講演発表したものをまとめたものである、本報を以て第4報とす。