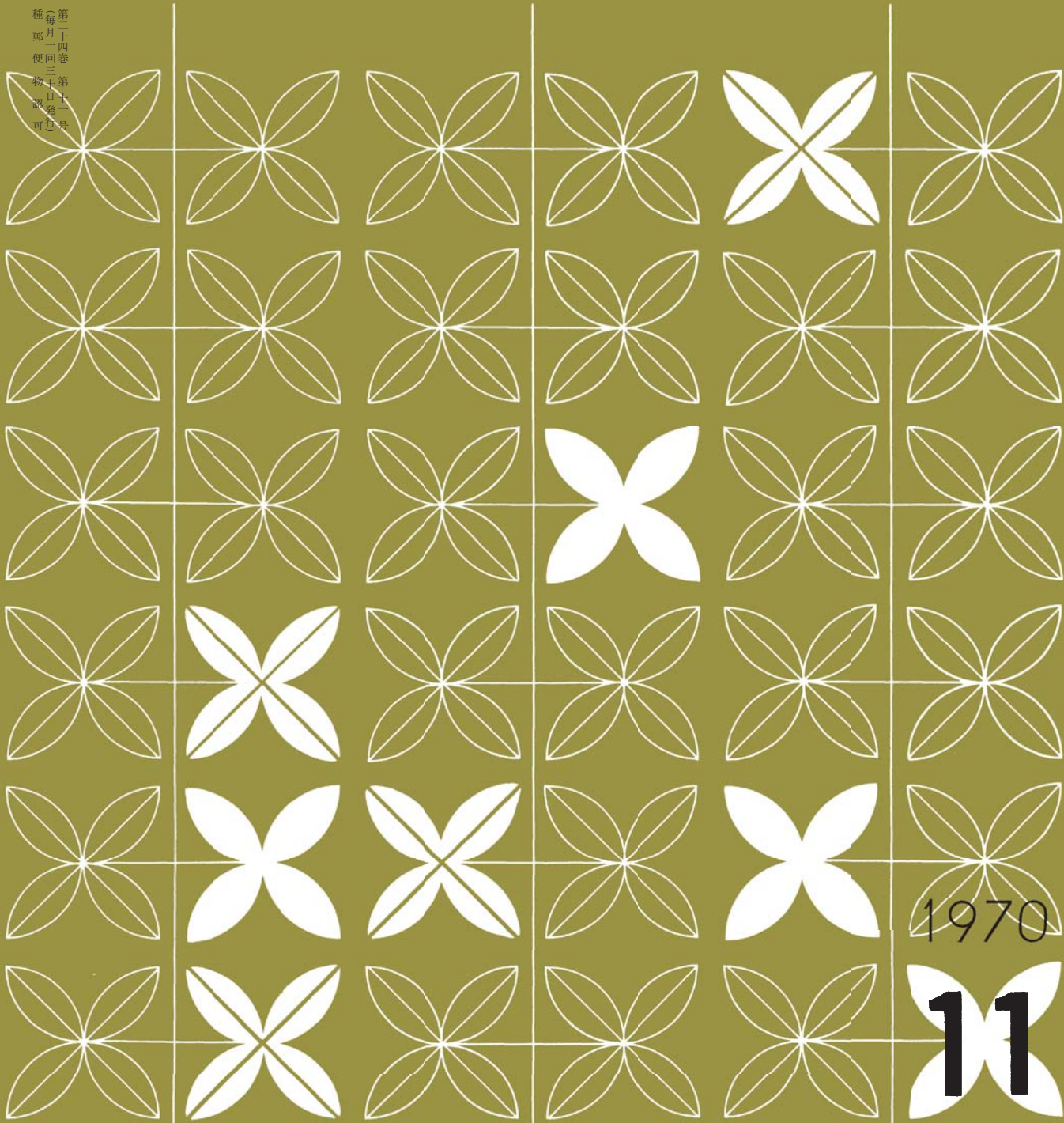


植物防疫

昭和四十五年十一月二十五日
昭和二十四年九月九日
第三卷
第一千四百卷
每月一回
第三十一号
郵物認可



1970

11

VOL 24

特集 害虫の薬剤抵抗性

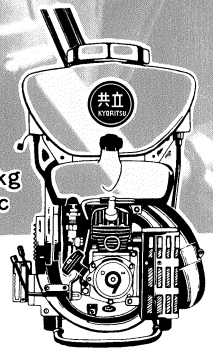
共立背負動力防除機

うまい米づくりにDM-9

効果的な防除で良質の米を……

★散粉、散粒、ミストはもちろん、稲刈り、草刈り、火焰放射、中耕除草、灌水など20種に及ぶ作業をこなし、年間フルに活用することができます。

重量9.3kg
排気量40cc



共立農機株式会社

営業本部 〒160 東京都新宿区西新宿1-6-8
TEL 03-343-3231(大代)

NOC

果樹・果菜に

■有機硫黄水和剤

モハックス

りんご…うどんこ病・黒点病の同時防除に
■有機硫黄・DPC水和剤

モハックス-K

ゴールデンデリシャスの無袋化に
■植物成長調整剤

被膜剤 **サビハック**

■ジネブ剤

ダイファー

原体

■ファーバム剤

ハックメート

F75

大内新興化学工業株式会社

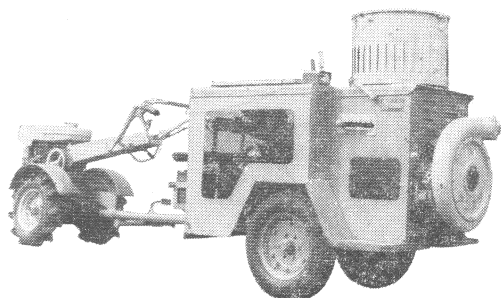
[〒103] 東京都中央区小舟町1の3の7

世界に **アリミツ** 高性能防除機 伸びる

ブランドダスター 散粉機の王様!

PD-100B型 牽引タイプです……ティラー等3～4 P.S程度で牽引でき、農道より散布するタイプです。
エンジン付きです……強力なカワサキエンジンKF-150型を使用、17 P.Sの強馬力です。

PD-100A型 マウントタイプです……15～20 P.SトラクターのP.T.Oを利用した軽量タイプです。

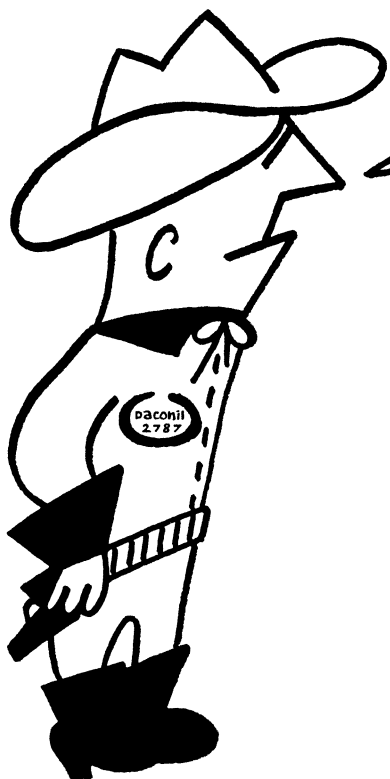


- 機構・操作が簡単です……伝導部を一つのボックスにまとめたギヤー伝導です。また調節部も一ヶ所にあり操作が簡単です。
- 高性能・高能率です……独自開発による送風機の自動首振装置により、ナイヤガラ粉管で100m巾均等散布ができます。(10a 散布約15秒～20秒)
- 連続作業ができます……補助農薬棚があり連続補給で能率的です。
- 耐久力絶大です……伝導部はオイルボックス内でギヤー伝導で行い、半永久的です。



有光農機株式会社

本社 大阪市東成区深江北2-3-21 電話代 (971)2531



殺し屋無用

野菜・果樹をまもる総合殺菌剤

ダコニール®

5 大効果

- あらゆる園芸作物の病害に確実な効果
- 長いあいだ効力を持ち続ける安定性
- 作物を保護する予防効果と強力な治療効果
- 作物への薬害の心配無用
- 殺虫剤、殺菌剤と混用可能



お求めは農協へ



新しい技術・新しいサービス

クミアイ化学工業株式会社

本社 東京都千代田区大手町2-6-2 ☎100 電話(03(279)4791



タネが悪いか、畑が悪いか...
いや、線虫のしわざです。

低温にも偉力を発揮する線虫剤

ネマホルン

ハウスの高級野菜に

催涙性のない土壌消毒剤

ソイルメート ネマゴン



サンケイ化学株式会社

本社 鹿児島市郡元町880 ☎890

東京支店 千代田区神田司町2の1(神田中央ビル) (294)-6981(代)



いもち病に

ホクコー カスミン[®]

- すぐれた防除効果を示します。
- 人畜・魚類・蚕に安全です。
- 農作物に無毒で、散布時のいやなにおいや残臭もありません。

野菜—きんかく病・灰色かび病に
もも—灰星病・いんげん—きんかく病に

スクリックス[®]

水和剤 30

ツマグロヨコバイ・ウンカ類に

ホクコー

マクパール[®] 粉剤

種子消毒に、殺菌力が強力な

錠剤ルペロン



創立20周年

種子から収穫まで護るホクコー農薬
北興化学工業株式会社

東京都中央区日本橋本石町4の2 ☎103

支店 / 札幌・東京・新潟
名古屋・大阪・福岡

植物防疫

第 24 卷 第 11 号
昭和 45 年 11 月号

目次

特集：害虫の薬剤抵抗性

わが国における害虫の薬剤抵抗性とその研究の展望	岩田 俊一	1	
害虫の薬剤抵抗性とその対策			
ニカメイチュウ、ウンカ・ヨコバイ類	尾崎幸三郎	5	
ハダニ類	真梶 徳純	13	
イネドロオイムシ	堀口 治夫	19	
タネバエ類	手塚 浩	22	
昆虫における殺虫剤の解毒	深見 順一	26	
殺虫剤抵抗性の発達に及ぼす環境要因の影響	{ 桐谷 圭治 川原 幸夫	32	
FAO 薬剤抵抗性委員会の動向	深谷 昌次	37	
植物防疫基礎講座			
微量局所施用法			
(1) イネウンカ類	{ 永田 徹 守谷 茂雄	39	
(2) ハダニ類	{ 斎藤 哲夫 田畑 勝洋	43	
ハダニ類の薬剤抵抗性検定法	野村 健一	45	
新しく登録された農薬 (45.9.1~9.30)		36	
中央だより	4, 34, 40	人事消息	50
換気扇			44



世界にのびる……

バイエルの農薬

防府工場

(ヒノサン・ディブテレックス
原体プラント)

説明書進呈

日本特殊農薬製造株式会社
東京都中央区日本橋室町2の8



武田の新殺虫剤！

●ニカメイチュウに……

パダン[®]

粉剤・水溶剤

- パダンはつり餌として使われているイソメの体内にある殺虫成分を基礎として開発された、まったく新しいタイプの殺虫剤です。
- 今までの殺虫剤に抵抗性のできた害虫にもよく効きます。
- (稲)のニカメイチュウ・コブノメイガ・ツトムシ・アオムシ・ハモグリバエ・ドロオイムシ・シンガレセンチュウ(そさい)のアオムシ・コナガ(茶)のホソガ・ミドリヒメヨコバイ(りんご)のキンモンホソガ(柿)のヘタムシ・ホソガ(みかん)のエカキムシ等の重要害虫に抜群の効果を発揮します。

●ニカメイチュウとツマグロ・ウンカの同時防除に

パダンナック[®]

粉剤

ニカメイ虫に卓効を示すパダンと、ツマグロ・ウンカ類に定評のあるNACとの混合剤で水稲害虫の同時防除及び他の薬剤で効きにくくなった害虫にも抜群の効果があります。



●そさい・果樹の病害に

武田ダユニール[®]

●水田・畑・果樹園の除草に

武田グラモキソン[®]

わが国における害虫の薬剤抵抗性とその研究の展望

農林省農業技術研究所 岩 田 俊 一

I 全般的情勢

1960年にニカメイチュウのパラチオン抵抗性、続いて翌年ツマグロヨコバイのマラソン抵抗性が報告され、そればかりでなく、その後数年の間にマラソン抵抗性ツマグロヨコバイの出現が各地に次々に報告されたころは、殺虫剤抵抗性害虫の発生は非常に大きな問題であった。しかし、その後、抵抗性が目あたらしい言葉ではなくなり、また、農薬残留や環境汚染が農薬問題の前面に出てくるに従って、最近では殺虫剤抵抗性を問題とするムードは次第に薄れてきた感はある。確かに抵抗性という言葉は迫力のある言葉ではなくなったようにも思われるが、しかし、抵抗性害虫の発生地の中には非常に深刻な段階にきており、防除上打つ手に窮している場所も現実にはあるのである。

FAOではここ数年間、殺虫剤抵抗性害虫に関する作業委員会を毎年開催し(本号別項において深谷氏の記事がある)、世界各国の殺虫剤抵抗性事例の報告をうけてそのとりまとめを行なっているが、BROWNは1967年秋の米国昆虫学会年次大会において特別講演を行ない(題名:成年に達した殺虫剤抵抗性)、FAOの資料に基づいて世界における抵抗性害虫発生の現状を紹介している(第1表)。もちろん、FAOへの報告には不確実なものも多いことと思われるが、これによれば抵抗性事例の

第1表 世界における抵抗性害虫の種類数
(1967現在)(BROWN(1967)による)

種類	薬剤				
	DDT	Dld	OP	その他	計
双翅目	44	68	14	3	88
リン翅目	14	14	6	5	34
半翅目	10	15	14	4	36
鞘翅目	5	19	1	1	22
その他の目	15	12	3	2	19
ダニ類	3	7	16	4	25
計	91	135	54	20	224

Dldはディルドリン・BHC抵抗性、OPは有機リン剤抵抗性、その他の抵抗性の中にはカーバメート系、ピレトリン、ロテノンの抵抗性を含む。計224種のうちわけは、衛生害虫および家畜衛生害虫97種、農作害虫および貯蔵生産物害虫127種。各行の合計が計と合わないのは重複があるためである。

報告されている害虫の種類数は非常に多いことがわかる。

それに対しわが国では筆者の知る限りにおいて、殺虫剤抵抗性あるいはその疑いもたれることが報告された害虫(農作害虫)の種類は第2表に示すとおりである。殺虫剤の単位面積当たりの投下量ではおそらく世界第1位と考えられるわが国としては、第2表に示す事例数は第1表と対照して考えた場合、それほど多い数ではないように思われるのである。

第2表 抵抗性あるいは効力が減退したといわれる事例

害虫名	薬剤名
イネ害虫	
ニカメイチュウ	パラチオン, BHC, MEP
ツマグロヨコバイ	マラソンおよびその他有機リン剤 NAC, その他カーバメート剤 BHC, マラソン, MTMC BHC
ヒメトビウンカ	BHC
イネドロオイムシ	BHC
イネハモグリバエ	BHC
野菜害虫	
モンシロチョウ	DDT
タマネギバエ	アルドリノ, ヘプタクロール
タネバエ	アルドリノ, ヘプタクロール
コナガ	DDVP その他2, 3有機リン剤
キスジノミハムシ	アルドリノ, ヘプタクロール
モモアブプラムシ	マラソン剤, ESP など2, 3有機リン剤
ハダニ類	
リンゴハダニ	CMP, テトラジホン, キノキサリン系, パミドチオン, PMP, ケルセン, CPCBS
ミカンハダニ	CMP, テトラジホン, ジメトエート, ケルセン, ピナバクリル, キノキサリン系
ナミハダニ	CMP, メチルジメトン, パミドチオン, ケルセン
オウトウハダニ	メチルジメトン
カンザワハダニ	CMP, テトラジホン, ESP, ケルセン
ニセナミハダニ	メチルジメトン, ESP, ケルセン

II 現状と問題点

ここで薬剤抵抗性害虫発生の現状を簡単に記したいが、主要害虫についてはそれぞれとり上げて記述されているのでごく簡単に止めることにする。

1 水田害虫

まずニカメイチュウについては、パラチオン抵抗性は

交差抵抗性を示す薬剤がほとんどなかったことと、パラチオンに替わる低毒性有機リン剤の急速な普及により、最初の発生地だけにとどまり、分布の拡大はみられなかった。また、BHC 抵抗性は BHC 剤の使用規制により今後問題は起こらないわけである。今後の問題は MEP などの低毒性有機リン剤に対する抵抗性であろう。すでに 1, 2 の事例が報告されている(尾崎, 本号)が、もし MEP 抵抗性が発達した場合はパラチオンのときと違って、おそらく他にも交差抵抗性を示す低毒性有機リン剤が多くあると思われるので大きな問題となるであろう。ただ幸いなことに、ニカメイチュウに対しては、カルタップやクロルフエナミジンのような非有機リン系の有効な薬剤が開発、市販されているので、代替薬剤には事欠かないわけである。

ツマグロヨコバイでは従来報告されていたのは周知のとおりマラソンその他のいわゆる有機リン剤抵抗性であるが、これはほとんどもっぱら本種が媒介する萎縮病や黄萎病の発生する地域、すなわち関東以西の地方で発生している。それらの地帯においてはツマグロヨコバイの防除回数が東北や北陸地方に比較して多いこともその一つの原因であろう。有機リン剤抵抗性の発生がすでに報告されている 県数は 関東以西では 7 割にのぼっており、それらの地域で感受性ツマグロヨコバイを容易に採集することは非常にむずかしくなっている。

有機リン剤抵抗性といっても、最初はマラソン抵抗性あるいはパラチオン(メチル)抵抗性として報告され、MPP やダイアジノンなどはなお使用可能であった。しかし、抵抗性の発達程度が高度になってくると、交差抵抗性を示す有機リン剤の数が増加してくるようで、筆者の研究室で持っている抵抗性系統はほとんどすべての有機リン剤に、程度の差はあるが交差抵抗性を示す。こういったことのため、有機リン剤抵抗性地帯ではもっぱらカーバメート系殺虫剤が使用され、十分な防除効果が得られてきた。しかし、最近カーバメート剤による防除効果も劣るところがみられるようになった。たとえば愛媛県伊予郡松前町のツマグロヨコバイは感受性系統に比較し、供試したカーバメート剤 10 種(NAC および置換フェニール系)のすべてに対して非常に高い LD₅₀ 値が得られた。しかもその系統はマラソンやパラチオンに対しても非常に高い抵抗性を示すので、その防除にいかなる方法をとるか大変むずかしいところである。

ヒメトビウンカにおいては BHC 抵抗性およびマラソンなど 2, 3 有機リン剤抵抗性が報告されているが、別項尾崎氏の記述にくわしい(カーバメート系殺虫剤に対する感受性低下にもふれている)。ただ、ヒメトビウン

カの場合は水用における生息密度があまり高くないことや、媒介虫の防除によっては発病を十分に抑制することがなかなか困難であることなどのため、防除効果の低下を見逃ししやすい傾向があるかもしれない。

イネドロオイムシでは BHC 抵抗性が昭和 38~39 年ごろから北海道で問題となり、その後それに関する研究は北海道立農試を中心に大いに進められた。北海道北部上川地方においてイネドロオイムシ、イネハモグリバエ、ニカメイチュウなどを対象に BHC 剤が非常に多く使われてきた経過については井上ら(1969)に詳しい。その代替殺虫剤としては EPN, NAC, PMP, PAP などが有効である。その後これと同様のことが昭和 43 年新潟県(主として佐渡島)、昭和 44 年富山県、秋田県、昭和 45 年山形県(庄内地方)においてそれぞれ起こった。それらの県における BHC 剤の使用状況も北海道におけるとおおむね似ているように思われる。これによって BHC に対するイネドロオイムシの抵抗性は北海道だけの問題ではなくなったわけである。しかし、BHC 剤の水田における使用が規制されることになって、この問題も必然的におさまることとなった。

その他の水田害虫では山形県庄内地方の水田から採集したイネハモグリバエが、薬剤にふれる機会の少ない鶴岡公園のものより BHC その他の有機塩素系殺虫剤に対して高い耐性を有するようであるという報告(布施ら, 1966)がある。しかし、これについては詳細な研究がなされないまま BHC の使用規制によって問題は終息することになった。

2 畑作害虫

畑作害虫については一応表に掲げてあるが、タネバエ以外はすべて十分な調査はまだ行なわれていない。これらはいずれも農業試験場段階でしっかりした調査や検定がなされないまま、抵抗性らしいということで、最初は薬剤の使用濃度を高めたり、それでも困れば薬剤を替えてゆくことにより問題を処理している場合が多いようである。したがって第 2 表に掲げたものはいささかでも報告のあるものだけに限ったが、その他の害虫についても次第に薬剤が効かなくなったという不確かな声は時々耳にはさむことがある。

タネバエの有機塩素系殺虫剤抵抗性については本号に手塚氏が記しているとおり、多くの試験データがあり、北海道では北部のものは感受性であるが、南部にゆくほど抵抗性が高いこと、南部の大産のタネバエ成虫はヘプタクロールに対して訓根府産の実に 487 倍の LD₅₀ を有するという(手塚ら, 1968)。これと同様な有機塩素系殺虫剤抵抗性は東北地方や関東地方の一部でも報告さ

れ、ことに東北地方においては連絡試験によって代替殺虫剤を探索したところ、ECP, CYAP, CVP などが有効であることがわかった。アルドリンやヘプタクロールなどの有機塩素系殺虫剤は畑作害虫防除においても今後使用が減少するものと思われるので、この抵抗性問題もそれにつれて次第に終息することであろう。

タマネギバエについては、北海道においてタネバエより以前からアルドリンやヘプタクロールなどによる防除効果が低下したようにいわれた。その辺の事情については本号で手塚氏が詳述しているが、タネバエのような詳しい検定もされておらず、また、効果が高かったという試験結果は最初のものだけで、それ以後の試験データはすべて効果のすぐれないものばかりであることから、研究者の中には抵抗性の発達についてかなり疑問を持っている人もいようである。

モンシロチョウ幼虫の DDT 抵抗性についてはやはり確実な報告はないが、昭和20年代の終わりごろから DDT 乳剤の防除効果が低下したということが関東地方を中心にかなり広地域にわたって知られるようになった。そこで小島ら (1958) はモンシロチョウ幼虫における DDT 代謝を研究したが、感受性のモンシロチョウを採集することができず、DDT の効果の高いヨトウムシを比較に使って、モンシロチョウ幼虫の DDT 代謝分解活性がヨトウムシより高いことを見出し、これが DDT によるモンシロチョウ殺虫効果の低い原因であろうとしたが、比較した種が異なるので厳密なデータではない。

アブラムシ類については市村ら (1965) が松戸市のモモアカアブラムシで 2, 3 の有機リン剤の効果が低いことを報告しているだけでそれ以上確実な資料はない。しかし、アブラムシ類はかなり頻度高く防除が行なわれる場合があるので、実際には抵抗性が発達し、それが報告されないまま薬剤を替えることによって処理しているところも多いのではないかと考えられる。

コナガは約 10 年前からかなり広範囲に発生が多くなってきているが、奈良県において昭和 44 年に DDVP の効力が劣るようになったことが観察され、検定も行なわれたが、この検定においては感受性系統との比較がされていないので確実なことはいえない。コナガは一般に薬剤が効きにくい昆虫のように思われ、DDVP が非常に多く使用されているので、他の府県でもその感受性について調査を行なっておく必要があると考える。

キスジノミハムシのアルドリン抵抗性についてはさらに不確実な情報で、昭和 44 年度日本植物防疫協会の委託試験成績集の宮城県の実験結果の中にアルドリンの効果の非常に劣る成績があり、抵抗性の疑いがもたれる旨

の考察がみられるだけである。本種の抵抗性もさらに他府県で検討されることが望ましいことがあったが、これもタネバエと同じ理由によって問題はおさまるものと思われる。

3 果樹害虫

果樹害虫では現在のところハダニが問題になっているだけである。しかし、果樹園では薬剤散布回数が非常に多いために、ハダニ類以外の害虫でもあるいは感受性に変化が生じているものもあるかもしれない。それについては今後の調査にまたなければならない。

ハダニ類における薬剤抵抗性は抵抗性発生分布地域の広さ、抵抗性薬剤の多様さ、複雑さなどの点でツマグロヨコバイ以上に深刻な段階にきているといえよう。しかし、これについても本号で真梶氏の詳細な紹介があり、また、各種ハダニにおける抵抗性発達の経緯については本誌第 20 巻第 2 号 (1966) にも特集されているのでここに述べるまでもなからう。果樹のハダニ類では抵抗性発達が報告されたのは水田害虫のニカメイチュウで抵抗性が問題になるよりも以前であって、たとえば、ミカンハダニでは 1958 年にシュラーダン抵抗性が佐賀県から報告され、リンゴハダニでは 1959 年に CMP 抵抗性が青森県で報告されているのである。このようにハダニの薬剤抵抗性は歴史も古く、しかもその後開発された新殺ダニ剤にも次々に抵抗性を発達してきて、現在は各地で防除に苦慮している状態である。ハダニ類でとくに薬剤抵抗性が発達しやすい理由については本号で真梶氏が詳しく考察されているが、多種類の系統に属する殺ダニ剤が使われていることなども、ハダニの抵抗性の様相が今まで述べた昆虫類とは異なって複雑となっている理由であろう。

ハダニの抵抗性については、抵抗性の実態調査、交差抵抗性、殺ダニ剤連用試験、感受性の復元、生化学的ならびに実験遺伝学的などの種々の研究が進められているが、今後薬剤散布回数を少なくする（というより適正にする）ために被害に関する研究、また、防除には生物的方法を組み入れることも早急に必要であると考えられる。

III 基礎的研究の現状

農業害虫における殺虫剤抵抗性の研究は衛生害虫における研究より数段におくれているといわれていた。事実、衛生害虫においてはイエバエやショウジョウバエという飼育法が確立し遺伝学的研究の非常に進んでいる材料があるために研究の進歩するのも当然であろうが、しかし、農業害虫においてもツマグロヨコバイやヒメトビウンカのように累代飼育が比較的容易で発育期間も比較的短い

材料を得て、基礎的研究もかなり進んできた。その研究の現状は本号の尾崎氏の論文に詳しい。とくにエステラーゼ活性を抵抗性個体の鑑別に利用する方法に類したことは衛生害虫では行なわれていない。ハダニの抵抗性に関する研究は日本植物防疫協会の連絡試験で大いに進められ、ミカンハダニの有機リン剤抵抗性の機構に関して、名古屋大学ではジメトエート抵抗性系統でも、系統により、感受性系統との間に分解解毒能に差の認められる場合とない場合があった。田中・刑部両氏はそれぞれミカンハダニおよびカンザワハダニで有機リン剤抵抗性が不完全優性の遺伝子に支配されていると推定した。なお、ツマグロヨコバイやヒメトビウンカの有機リン剤抵抗性も同様不完全優性といわれる(尾崎, 本号)。

抵抗性の機構に関する研究では分解解毒活性に関するものが多いが(本号では深見氏が紹介している)、最近オーストラリアの有機リン剤抵抗性ウシオマダニで解毒能力の高い系統のほかに、コリンエステラーゼの薬剤感受性の鈍い系統があり、さらに最近その両者の性質をあわせもった系統が現われたということである。わが国のツマグロヨコバイやハダニ類においてもそれに類した研究がなお必要であろう。

衛生害虫の抵抗性に関する研究では、わが国ではイエバエやショウジョウバエを材料に使って遺伝学的立場から行なわれた大阪大学の吉川氏とそれに近い研究グループ、および主として現場における抵抗性から出発して抵抗性の発達やその消失、その他を研究した予研の安富・鈴木両氏とそれに近い研究グループの業績とが非常に多

い。前者では DDT, リンデン, およびパラチオン, ダイアジノンなど有機リン剤, あるいはカーバメート剤などの抵抗性に関与する遺伝子の座位を染色体上に決定し, ショウジョウバエで DDT の代謝経路や DDT と phenyl thiourea とが逆相関の交差抵抗性を示すことなどを見出していることは周知のとおりであろう。後者ではコロモジラミの DDT や BHC, アカイエカのディルドリンやダイアジノン, その他, イエバエの DDT やダイアジノンその他, ゴキブリのディルドリンなどに対する抵抗性について農作害虫よりはるかに多くの研究を蓄積している。

おわりに

野外における害虫の薬剤抵抗性発達には薬剤の頻繁な使用の他にも種々の条件が関与するものと考えられる。それらについての生態的解析はとくに農作害虫では必要と考えられる。本号でも桐谷氏がそのことについて考察を行なっているが、現在までのところこの分野の研究は非常に少ない。集団遺伝学的研究とともに今後進めなければならない問題であると考えられる。

なお、抵抗性害虫の防除対策としては、抵抗性発達の早期発見、薬剤の輪用、念入な薬剤散布と散布回数の減少などはいままでのないことであるが、その他、殺虫剤に頼らない防除方法の早急な開発とりわけ生物的防除についての研究が必要であることは前記ハダニ類の項でもふれたとおりである。

中央だより

—農林省—

○45農業年度における登録農薬の概要

45 農業年度(44年10月～45年9月)における新規登録農薬は765件で、前年同期の件数に比べ380件の減少となっている。これら薬剤の用途別内訳をみると殺虫剤は401件で全体の52.4%を占め、殺菌剤は131件で17.1%、殺虫殺菌剤は120件で15.7%、除草剤は70件で9.2%、農薬肥料、殺そ剤、植物成長調整剤とその他薬剤を含めて43件で5.6%となっている。

このうち、新規化合物製剤として登録されたものは15種類で、その内訳は殺虫剤2件、殺菌剤2件、除草剤9件、植物成長調整剤2件である。

○病虫害発生予察員技術研修会開催さる

9月28～29日の2日間にわたり、標記研修会が開催された。

本年は病虫害発生予察事業実施要綱等の改正と関連する問題を取りあげて講義が行なわれ、県予察員を中心として約140名が受講し、活発な質問、討論もあって盛況であった。

なお、研修内容などは次のとおりである。

9月28日(於農林省7階ホール)

わが国における植物防疫の問題点

(日本植物防疫協会) 堀 正侃理事長

予測とコンピュータ利用

(農業技術研究所) 奥野忠一技官

9月29日(於農業技術研究所講堂)

病虫害の実態調査法

(農業技術研究所) 高木信一技官

ニカメイチュウ、ウンカ・ヨコバイ類の薬剤抵抗性とその対策

香川県農業試験場 尾 崎 幸 三 郎

まえがき

1960年に香川県でパラチオンによるニカメイチュウの防除が失敗し、その原因がニカメイチュウのパラチオン抵抗性の発達であることが判明して以来、イネ害虫、とくにニカメイチュウ、ツマグロヨコバイとヒメトビウンカにおける薬剤抵抗性の発達事例は急激に増大し、それとともにそれぞれの薬剤に対する抵抗性害虫の分布範囲は拡大している。現在までに、ニカメイチュウでは香川と愛媛県でパラチオン抵抗性、広島、岡山、愛媛、香川、高知、徳島と奈良県でBHC抵抗性、ツマグロヨコバイでは関東以西の大多数の県でマラソンまたはリン剤抵抗性、ヒメトビウンカでは広島、愛媛と香川県でマラソンまたはリン剤抵抗性の発達が確認されている。

このように、イネ害虫では各地で薬剤抵抗性問題が起こり、そのたびに、防除薬剤の切り替えとか防除方法の改善に多くの経費と努力を費してきたが、このような結果を招いた大半の原因はイネの多収穫栽培のよりどころとして害虫防除に農薬が多用されてきたことにある。最近、稲作における農薬の多用をいましめるとともに、害虫の防除技術を抜本的に改善するための努力が払われている。しかしながら現状の稲作に既応できる有効な防除方法が他にないため、防除技術の大幅な改革には長期計画を必要とすると考えるので、実際場面での害虫防除は当分の間農薬に依存せざるを得ないが、ツマグロヨコバイに対するカーバメート剤の効力低下という最悪の事態がすでに愛媛県の中部地区で起こっていることからみて、薬剤抵抗性問題は今後ますます深刻化するものと思われる。

害虫の化学的防除条件下で、薬剤抵抗性の発達を抑制あるいは阻止するための防除技術の改善は、薬剤抵抗性の実態とか抵抗性の機構が解明された上でないと大きく発展させることができない。イネ害虫では薬剤抵抗性が問題になった当初からこれらについて試験研究が積極的に実施されてきたが、いまだ解明不十分な点が多く、今後さらに集団遺伝学、遺伝生化学、あるいは毒物学的に検討する必要がある。

I 抵抗性の発達

現在世界各国で薬剤抵抗性が問題になっている農作害

虫はいずれもそれぞれの国の主要農産物を加害し、しかも発生量が多く、分布範囲が広いものである。このことは、主要農産物の害虫は防除が積極的に実施されるため、薬剤による淘汰を大きく受ける一方、それらの害虫には多種多様の変異遺伝子をもっているためと考える。

ニカメイチュウのパラチオンに対するLD₅₀と過去におけるパラチオンの使用量、ツマグロヨコバイのマラソンに対するLD₅₀と過去におけるマラソンの使用量との関係を検討し、ニカメイチュウとツマグロヨコバイにおける薬剤抵抗性は過去に使用された防除薬剤の影響を受けて発達したことが、発達の程度はそれが多いところほど高いことを明らかにしている。シヨウジヨウバエのDDT抵抗性の室内での淘汰実験では、抵抗性の発達は殺虫率95%以上での淘汰より、50%でのそれにおいて速いという報告がある。しかし、このような現象は非常に限定された害虫集団を対象とした場合に起こりうるかもしれないが、多くの場合には、毎世代の殺虫率が高いほど抵抗性の発達が速く、また、実際の防除場面では、防除の対象になる害虫集団は大きく、集団内に存在する変異遺伝子もわれわれのはかり知ることのできないほどに多いとされているので、一般にはニカメイチュウのパラチオン抵抗性とツマグロヨコバイのマラソン抵抗性のように、防除が広範囲で頻発に実施されるほど、抵抗性の発達は速くなる。

なお、ツマグロヨコバイではメチルパラチオンに対するLD₅₀はメチルパラチオンの過去における使用量との間にそれほど高い関連性がみられないが、有機リン剤の合計使用量とは比較的高い相関関係がみられ、メチルパラチオンに対する抵抗性はイネの各種害虫の防除に用いられた種々の有機リン剤の影響で発達したことが明らかにされている。ニカメイチュウ、ツマグロヨコバイとかヒメトビウンカはそれぞれに多発生期を異にするが、イネの栽培期にはこれらの害虫はいずれかの发育態で常時水田に棲息している。したがってイネ害虫の薬剤抵抗性はそれぞれの害虫の防除薬剤の影響で発達するとともに、他の害虫の防除薬剤による淘汰で発達する可能性は高く、とくにウンカ・ヨコバイ類のように、年間の発生世代数の多い種では他種害虫の防除薬剤に接触する機会が多いので、このような現象は多くの場面で起こりうると思われる。

II 抵抗性の機構

害虫の薬剤抵抗性は、(1)薬剤に対する接触回避あるいは忌避、(2)薬剤付着食物の摂食回避、(3)薬剤被毒による早急なまひ、(4)薬剤の皮膚透過性の低下、(5)体内の有害影響を受けない組織への薬剤の畜積、(6)薬剤の早急な代謝といった防禦機構の出現、および(7)薬剤に対する感受性機構の非感受性機構への変化によるものであるが、多くの場合には抵抗性の主因は(6)と(7)である。

パラチオン抵抗性のニカメイチュウはパラオキソンにも抵抗性であるが、パラチオン-R個体群は、感受性個体群に比べて、パラチオンとパラオキシンの分解解毒力が強い。ニカメイチュウでは、処理したパラチオンの体内での分解解毒はパラオキソンで行なわれる。この場合、感受性ニカメイチュウはパラオキシンの-P-O-aryl結合の分解によって代謝されるのに反し、パラチオン-Rニカメイチュウはそれが-P-O-alkyl結合の裂解によって代謝される。また、この害虫のBHC抵抗性についても、生化学的にその機構が解析されており、BHCに対する抵抗性ニカメイチュウは感受性ニカメイチュウよりリンデンを速く分解することが明らかにされている。

ツマグロヨコバイのマラソン-R個体群は、感受性個体群に比べて、マラソンの分解が速いが、マラソン-R個体群はマラオキソンに交差抵抗性を示さず、感受性個体群におけるとともに、マラオキソンを分解しない。また、マラソン-Rと感受性個体群の間にはコリンエステラーゼとホスファターゼ活性に差が認められないが、マラソン-R個体群は感受性個体群よりマラソンのcarboxy基を裂解する酵素、カルボキシエステラーゼが高い。

以上のように、薬剤抵抗性の主因はニカメイチュウとかツマグロヨコバイの薬剤に対する感受性機構と薬剤との相互作用を妨害する防禦機構の出現であるといえる。ただ、ツマグロヨコバイの場合、マラソン抵抗性の発達がカルボキシエステラーゼ活性の増大のみに関連しているとはいえない。すなわち、各地から採集したツマグロヨコバイのマラソン-R個体群は感受性個体群より β -naphthyl acetateを加水分解するエステラーゼの活性が有意に高いことが明らかにされている。

ツマグロヨコバイにおけるエステラーゼ活性は薄層ゲル電気泳動によって7本の活性泳動帯に分離できるが、マラソン-R系統では E_2 、 E_3 あるいは E_4 泳動帯が高活性個体の頻度が高く、感受性系統には高活性の泳動帯をもつ個体はみられなかった。マラソン-R系統にみられる泳動帯(E_2 と E_3)の活性はこの系統に対するマラ

ソンの作用に共力効果のあるK-2($10^{-6}M$)の処理で完全に消失し、また、マラソン-R系統のカルボキシエステル分解酵素の活性は感受性系統より高く、K-2はカルボキシエステル分解酵素の活性を阻害することなどから、マラソンに対する抵抗性は β -naphthyl acetateとcarbophenoxy malathionの分解能をもった酵素活性によるだろうといわれている。

しかし、マラソン-R系統は、マラソン以外に、シディアル、ジメトエート、パラチオン、スミチオンなど各種の有機リン剤にも抵抗性を示し、野外のリン剤-R個体群は E_2 あるいは E_3 泳動帯が高活性個体の頻度が高い。また、リン剤-R個体群における E_2 泳動帯の酵素はmethyl butyrate, tributyrinやphenyl acetateなど種々の有機酸エステルを加水分解するといった諸点が明らかにされている。したがって電気泳動で分離された酵素はマラソンに対する抵抗性機構に密接な関連があるが、同時に各種の有機リン剤に対する抵抗性の主要因とも関連しているといえる。このような諸結果はツマグロヨコバイのマラソンあるいはリン剤抵抗性の機構は単純でないことを示している。

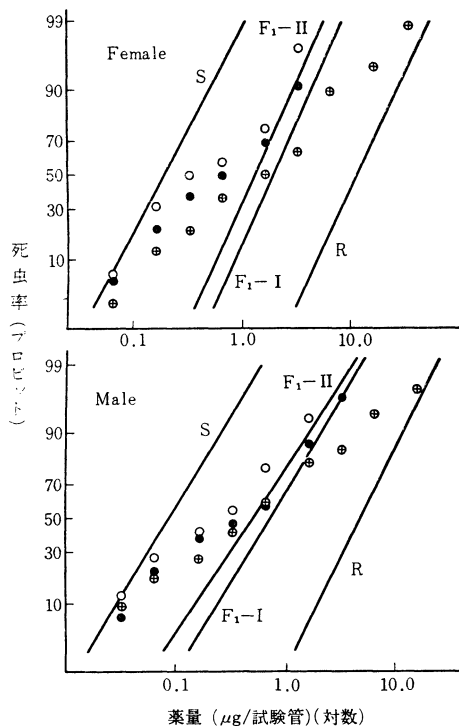
ヒメトビウンカの感受性系統とリン剤-R個体群における β -naphthyl acetateを加水分解するエステラーゼを薄層ゲル電気泳動で分離すると、感受性系統の全個体には高活性泳動帯がみられなかったが、リン剤-R個体群には E_7 泳動帯の活性が中間の個体と高活性の個体とがそれぞれ45.5%と26.9%みられた。また、感受性系統をマラソンまたはスミチオンで室内淘汰すると、スミチオン淘汰系統では10世代後にほとんどの個体が E_7 泳動帯の高活性を示し、マラソン淘汰系統では、20世代以後、90~95%の個体がその高活性を示した。このようにヒメトビウンカの場合も、マラソンあるいはスミチオン抵抗性とエステラーゼ活性との間に密接な関係があるが、このことはヒメトビウンカのマラソン抵抗性の機構はツマグロヨコバイのそれに比較的似ていることを示しているように思う。

III 抵抗性の遺伝生化学

イエバエとかショウジョウバエでは薬剤抵抗性の機構とそれに関与する遺伝子との関係が遺伝生化学的に解明されている。しかし、ニカメイチュウのパラチオンに対する抵抗性機構であるリン剤分解酵素とかツマグロヨコバイのマラソンに対する抵抗性機構といわれているカルボキシエステラーゼの生産に指示を与える遺伝子は明らかにされていない。

害虫の薬剤抵抗性を支配する主因子は感受性と抵抗性

系統、およびそれらの F_1 , F_2 と backcross 世代の薬剤に対する薬量-死虫率曲線から解析でき、また、表現型の標識遺伝子をもつ感受性系統を供試することができれば、抵抗性遺伝子について詳しい情報を引き出すことができる。第1図はヒメトビウンカの感受性とマラソン-R系統およびそれらの F_1 , F_2 と backcross 世代のマラソンに対する対数薬量-プロビット死虫率曲線であるが、 F_1 -I ($S♀ \times R♂$) と F_1 -II ($R♀ \times S♂$) の曲線は感受性とマラソン-R系統の中間に位置していた。また、backcross-I ($S♀ \times F_1♂$) と II ($F_1♀ \times S♂$) の曲線は感受性系統と F_1 の中間に位置し、50%死虫率周辺で plateau がみられ、マラソン抵抗性は感受性系統型と F_1 型にほぼ同等の割合で2分していた。したがってヒメトビウンカのマラソン抵抗性は常染色体上の不完全優性遺伝子に支配されているといえる。

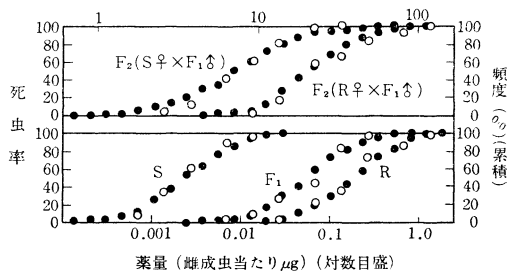


第1図 ヒメトビウンカの感受性、マラソン-R、 F_1 , F_2 と backcross 世代のマラソンに対する対数薬量-プロビット死虫率曲線
 ⊕: F_2 , ●: backcross-I ($S♀ \times F_1♂$), ○: backcross-II ($F_1♀ \times S♂$)

ツマグロヨコバイのマラソンに対する抵抗性因子についても検討されているが、それによると、 F_1 と感受性系統の backcross 世代では、対数薬量-プロビット死虫率曲線に明らかな plateau はみられなかった。これはツ

マグロヨコバイのマラソン-R系統におけるマラソン抵抗性は単一の因子に支配されているのではなく、性格の類似した二つ以上の因子が介在していることを示していると考えられるが、実験の結果はこれらの因子も常染色体上の不完全優性遺伝子に支配されていることを明らかにしている。

ツマグロヨコバイの感受性とマラソン-R系統、およびそれらの F_1 と backcross 世代のマラソンに対する薬量-死虫率曲線とエステラーゼの各活性に対する個体頻度 (%) の累積曲線の関連性は第2図のとおりである。このようにマラソンに対する抵抗性とエステラーゼ活性とは遺伝生化学的にきわめて密接な関係があり、エステラーゼ活性の遺伝は、マラソン抵抗性のそれと同様、常染色体上の不完全優性遺伝子によって調節される。



第2図 ツマグロヨコバイの感受性、マラソン-R、 F_1 と backcross 世代のマラソンに対する対数薬量-死虫率曲線とエステラーゼの各活性に対する個体頻度 (%) の累積曲線との関係
 ○: 対数薬量-死虫率曲線, ●: エステラーゼ活性の個体頻度 (%) の累積曲線

マラソン-R系統ではエステラーゼの E_2 , E_3 あるいは E_4 泳動帯が高活性の個体の頻度が高いが、 E_2 あるいは E_3 泳動帯のどちらかのみが高活性の E_2 系統と E_3 系統を用いた交雑実験の結果によると、両系統の F_1 の全個体は中間活性の E_2 と E_3 泳動帯を同時にもっていた。また、 F_1 と E_2 系統の backcross 世代の各個体は E_2 泳動帯は中間活と高性、 E_3 泳動帯は中間と低活性に、一方、 F_1 と E_3 系統の backcross 世代の各個体は E_2 泳動帯は中間と低活性、 E_3 泳動帯は中間と高活性にほぼ同等の割合で2分した。したがって E_2 と E_3 泳動帯のエステラーゼ活性はそれぞれ別の遺伝子に支配されると考えられる。

ヒメトビウンカのマラソン抵抗性はエステラーゼの E_7 泳動帯の活性と密接な関係があるが、感受性とマラソン-R系統、およびそれらの F_1 , F_2 と backcross 世代の E_7 泳動帯のエステラーゼ活性が調べられている。

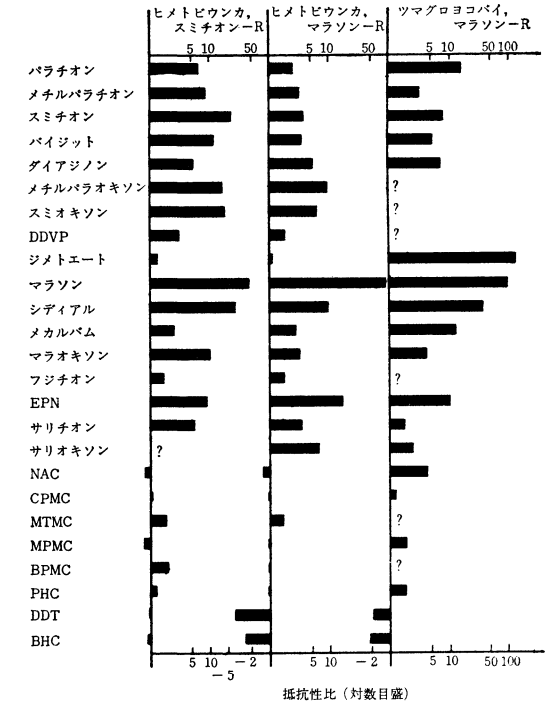
F₁-I と -II の全個体の E₇ 泳動帯は中間活性であった。また、F₂ の各個体は E₇ 泳動帯が低、中間と高活性に 1.07 : 2.05 : 0.88 の割合で、F₁ と感受性系統の backcross 世代の各個体はそれが低と中間活性にほぼ 1 : 1 の割合で分離し、E₇ 泳動帯のエステラーゼ活性も、マラソンに対する抵抗性と同様、常染色体上の不完全優性遺伝子に支配されることが明らかにされた。なお、F₁ と感受性系統の backcross 世代の 5 令幼虫をマラソンの種の薬量で処理すると、感受性系統の 5 令幼虫を 100% 殺虫する以上の薬量で生き残って羽化した成虫は、雌雄ともに、E₇ 泳動帯が中間活性であった。このことは E₇ 泳動帯のエステラーゼ活性とマラソン抵抗性は同じ遺伝子の支配によることを暗示している。

IV 交差抵抗性

一般に害虫の薬剤抵抗性系統は他の薬剤に対しても交差抵抗性を示すが、交差抵抗性は種々の化学的性質をもった化合物にわたって幅広く生じる場合と類縁化合物のみにとどまる場合があり、交差抵抗性の型は害虫とか抵抗性を生じた薬剤の違いで顕著に異なる。

ツマグロヨコバイとヒメトウシカの マラソン-R 系統、ヒメトウシカの スミチオン-R 系統については、第 3 図に示すように、各種薬剤に対する抵抗性レベルが検定されている。第 3 図によればヒメトウシカの スミチオン-R および マラソン-R 系統は多くの有機リン剤に交差抵抗性を示すが、この場合、交差抵抗性の型が スミチオン-R と マラソン-R 系統の間で多少異なっているとはいえ、両系統は環状基をもつ phosphate と thiophosphate 化合物および carboxy 基をもつ化合物に抵抗性であった。これはおそらく両系統は共通の抵抗性因子をもっているためではなからうかと考える。

ヒメトウシカの マラソン-R 系統はジメトエートと NAC に交差抵抗性を示さなかったが、ツマグロヨコバイの マラソン-R 系統はジメトエートに対してマラソン以上の抵抗性を示し、NAC に対する感受性も多少低下した。また、メカルバムとパラチオンに対する抵抗性レベルはヒメトウシカの マラソン-R 系統におけるより高く、一方サリオキソンに対する抵抗性レベルは低かった。このようにツマグロヨコバイの マラソン-R 系統における交差抵抗性の型はヒメトウシカの マラソン-R 系統との間に違いがみられる。ただ、この害虫の マラソン-R 系統も、大多数の有機リン剤に抵抗性を示し、また、感受性系統に比べて、DDT と BHC に対する感受性は高いといった点で、ヒメトウシカのそれとの間に共通な現象がみられる。したがってヒメトウシカとツ



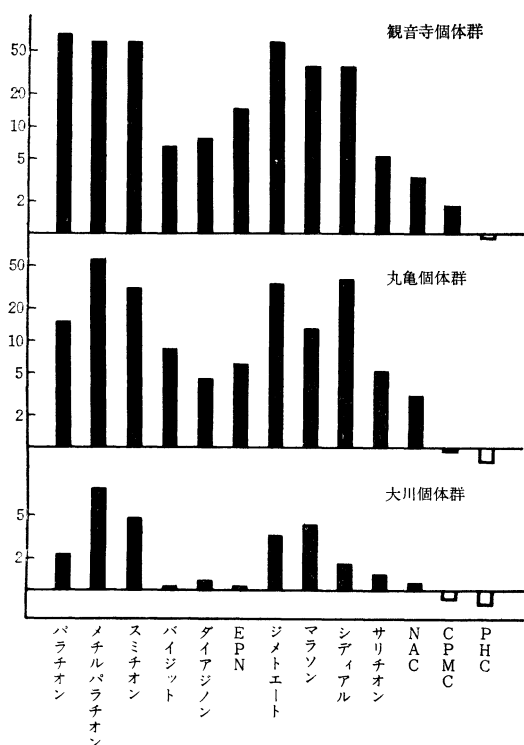
第 3 図 ヒメトウシカの スミチオン-R と マラソン-R 系統および ツマグロヨコバイの マラソン-R 系統の各種薬剤に対する交差抵抗性

マグロヨコバイの マラソン-R 系統には性格の比較的似ている抵抗性因子が存在しているように思われる。

なお、ヒメトウシカとツマグロヨコバイの マラソン-R 系統は、感受性系統に比べて、DDT と BHC に対する感受性が高かったが、これは両害虫ではマラソンに対して抵抗性を発達すると、これらの薬剤に負相関の交差抵抗性をもつようになるためと考える。

V 野外個体群における抵抗性型

第 4 図は過去にイネ害虫の防除に使用された薬剤が比較的似ている香川県各地から採集したツマグロヨコバイの種々の薬剤に対する抵抗性レベルであるが、メチルパラチオンに対する抵抗性レベルが 50 倍以上と高い丸亀と観音寺個体群はパラチオン、スミチオン、ジメトエート、マラソン、シディアル、バイジット、ダイアジノン、EPN とサリチオンに抵抗性を示し、また、NAC に対する感受性は多少低下していた。しかし、メチルパラチオンに約 9 倍と抵抗性の発達程度が低い大川個体群はスミチオン、ジメトエートとマラソンに対する感受性が約 3 分の 1 に低下したとはいえ、他の多くの有機リン剤、サリチオンおよび各種のカーバメート剤には抵抗性でな



第4図 香川県の各地産ツマグロヨコバイの各種薬剤に対する抗抵性 (1966~67年検定)

く、抵抗性を示す薬剤はいちじるしく少なかった。

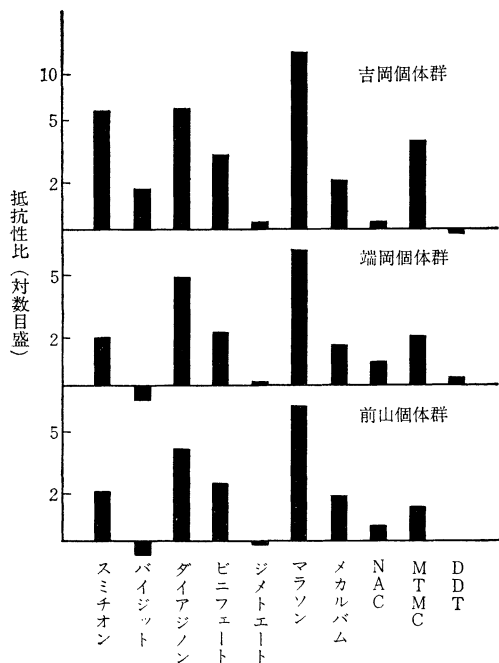
以上のように、ツマグロヨコバイでは個体群間で抵抗性を示す薬剤に差がみられる。しかし、大川個体群の薬剤間における抵抗性レベルの差異の状態は丸亀とか観音寺個体群に似ている。このことは、過去にイネ害虫の防除に使用された薬剤の種類が大きく異なる場合、たとえそれぞれの個体群で抵抗性の発達程度に差があっても、抵抗性型は類似することを示している。なお、丸亀と観音寺個体群では馬拉ソンに対する抵抗性レベルがパラチオンに対するそれと大差はなかったが、それらの個体群の種々の薬剤に対する抵抗性の現われ方は馬拉ソン-R系統の場合と比較的よく似ていた。これはイネ害虫の防除に使用された各種の有機リン剤は馬拉ソンによるのと類似の抵抗性因子を淘汰したことを意味しているように思う。

ツマグロヨコバイの感受性と抵抗性個体群を全国各地から採集して種々の薬剤に対する抵抗性レベルを比較検討した結果によると、愛媛県から採集した中川原個体群はスミチオン、メチルパラチオン、パラチオンにとくに高い抵抗性を示し、馬拉ソン、ジメトエート、EPN、シディアルとサリチオンにも抵抗性であったが、高知県か

ら採集した大畑個体群はシディアルと馬拉ソンだけに、岡山県から採集した藤田個体群はスミチオン、メチルパラチオン、パラチオン、シディアル、ジメトエートと馬拉ソンに、栃木県から採集した卒島個体群はジメトエート、馬拉ソン、シディアル、パラチオン、メチルパラチオンとバイジットに抵抗性を示した。このようにそれぞれの個体群では抵抗性を示した薬剤の種類および個々の薬剤に対する抵抗性レベルに顕著な差異がみられたのは過去におけるイネ害虫の防除条件の違いで抵抗性型がそれぞれに特有に変化したためである。

リン剤抵抗性の愛媛個体群を2分して馬拉ソンとメチルパラチオンでそれぞれ淘汰し、両淘汰系統の各種薬剤に対する抵抗性レベルの変化状況を検討した結果によると、馬拉ソン淘汰系統は、馬拉ソンに対して親世代の抵抗性の16倍に増大し、また、シディアル(9倍)、パラチオンとEPN(8倍)に対する抵抗性も顕著に増大した。しかし、スミチオン、メチルパラチオン、バイジット、ダイアジノン、ジメトエートとサリチオンに対する抵抗性は親世代よりわずかに増大したにすぎなかった。一方、メチルパラチオン淘汰系統はメチルパラチオンに対する抵抗性が顕著に増大したが、同時にスミチオン(6倍)、パラチオン(14倍)、バイジット(11倍)とEPN(42倍)に対する抵抗性も増大したのに反し、馬拉ソン、シディアル、ジメトエート、ダイアジノンとサリチオンに対する抵抗性は親世代より多少増大したにとどまった。このような試験結果は、野外のリン剤-R個体群には有機リン剤抵抗性に関与する因子を二つ、あるいはそれ以上同時にもっており、各抵抗性因子はそれぞれに特有の化合物群に種々のレベルで抵抗性をもたらすことを示している。したがって先にも指摘したように、丸亀と観音寺個体群の有機リン系の各薬剤に対する抵抗性の現われ方が馬拉ソン-R系統と一部で異なったのは、これらの個体群には馬拉ソン-R系統に存在しない抵抗性因子をもつためと解される。

第5図は香川県の各地産ヒメトビウンカの種々の薬剤に対する抵抗性レベルであるが、前山と端岡個体群は馬拉ソンに約9倍の抗抵性を示し、また、ダイアジノンには5倍前後の抵抗性を示した。一方、吉岡個体群は、馬拉ソンに対して10倍以上の抵抗性を示したが、この個体群はスミチオンにも抵抗性であり、ダイアジノンに対する抵抗性レベルは前山または端岡個体群より高かった。なお、前山個体群はカーバメート系のNACとかMTMCに対する感受性に大きな変化がみられなかったが、吉岡個体群はMTMCに対する感受性が3分の1以下に低下した。



第5図 香川県の各地産ヒメトビウンカの各種薬剤に対する抵抗力 (1969年検定)

以上のように、香川県のヒメトビウンカでは個体群間で種々の薬剤に対する抵抗力レベルに違いがみられるが、いまこれらの個体群における抵抗性型を第3図に示したスミチオン-Rまたはマラソン-R系統の各種薬剤に対する交差抵抗性の状況とを比較すると、マラソン-R系統は DDT に対して負相関の交差抵抗性を示すが、端岡と吉岡個体群にはそのような現象はみられない。また、スミチオン-Rとマラソン-R系統はいずれのカーバメート剤にも感受性の変化がみられないが、吉岡個体群は MTMC に対する感受性が低下している。したがって香川県のヒメトビウンカの抵抗性型はマラソン-Rまたはスミチオン-R系統のいずれとも異なっている。これはヒメトビウンカの抵抗性型はイネ害虫の防除薬剤の影響を敏感に受けて変化しやすいためと思われる。

ツマグロヨコバイのマラソン-R系統はジメトエートにきわめて高い抵抗性を示したのに反し、ヒメトビウンカのそれはこの薬剤に抵抗性でなかったが、同様な現象が両種害虫の野外の抵抗性個体群の間にもみられた。このような諸結果は、ツマグロヨコバイとヒメトビウンカではリン剤抵抗性に関与する因子がそれぞれに異質のものであるか、あるいはツマグロヨコバイにはヒメトビウンカに存在しないリン剤抵抗性因子をもっているかのいずれかであることを示している。

ヒメトビウンカのマラソン-Rとスミチオン-R系統ではカーバメート剤に対する感受性の低下はまったくみられず、また、1966年に検定した高松市仏生山産のリン剤-R個体群も同様であった。しかし、第5図に示したように、1969年に検定したヒメトビウンカの吉岡個体群では MTMC に対して感受性の低下がみられた。香川県では、近年ツマグロヨコバイが多発傾向にあり、また、1967~69年の3カ年間トビロウカが多発が続いたため、県下の各地ではこれらの害虫防除に各種のカーバメート剤が多く使用されてきたこと、吉岡個体群の MTMC に対する対数薬量-プロビット死虫率回帰直線は感受性系統よりいちじるしく大きく傾いていたことからみて、この個体群における MTMC 感受性の低下はウンカ・ヨコバイ類の防除に使用されたカーバメート剤の影響で抵抗性を発達しつつある前兆であると思う。したがって現在、香川県各地のヒメトビウンカはリン剤-カーバメート剤抵抗性型に発展しつつあるといえるが、この事実はイネのウンカ・ヨコバイ類に対して有効な防除薬剤がカーバメート剤以外にまったくない現状できわめて困ったことであり、これからのイネ害虫の防除はより慎重に実施しなければならないと考える。

VI 抵抗性の対策

一般に害虫が抵抗性を発達した場合、その後の防除は抵抗性害虫が交差抵抗性を示さない有効な薬剤で防除している。ツマグロヨコバイとヒメトビウンカはリン剤抵抗性の発達以降、各種のカーバメート剤で防除しているが、愛媛県の中部地区では昨年よりツマグロヨコバイが各種のカーバメート剤に抵抗性を発達し、この害虫の防除に大きな支障を生じている。また、前記したように、香川県のヒメトビウンカは MTMC に対する感受性が低下しつつある。

パラチオンに対する抵抗性ニカメイチュウはメチルパラチオン、スミチオン、バイジット、ダイアジノン、EPNなどに交差抵抗性を示さない。香川県ではパラチオン抵抗性の発達以後、ニカメイチュウはスミチオン、バイジット、ダイアジノン、EPNなどで防除してきた。しかし、第1表に示すように、1965年以降、西部地区(三豊郡)のニカメイチュウはこれらの防除薬剤に対する感受性を低下し、1968年にはスミチオンとバイジットに対する感受性が顕著に低下したため、この地区ではその後これらの薬剤でニカメイチュウを有効に防除できなくなっている。

このように代替薬剤による抵抗性害虫の防除は、抵抗性が発達した当座は有効であっても、その持続期間は以

第1表 香川県西部地区のニカメイチュウの有機リン剤に対する致死薬量の年次変化
(丸内数字はニカメイチュウの世代を示す)

殺虫剤	LD ₅₀ (体重のg 当たり μg)							
	S 系統	1960	1965	1966	1967	1968	1969	1970
スミチオン	2.49	2.73②	3.69②	6.59②	—	10.44① 6.06②	9.65①	12.81①
バイジット	2.27	4.67②	7.84②	4.39②	4.29②	11.41①	5.57①	13.75①
ダイアジノン	2.41	4.34②	—	3.92②	4.25①	—	5.41①	6.71①
E P N	1.25	1.61②	7.08②	3.34②	—	3.50②	—	6.24①

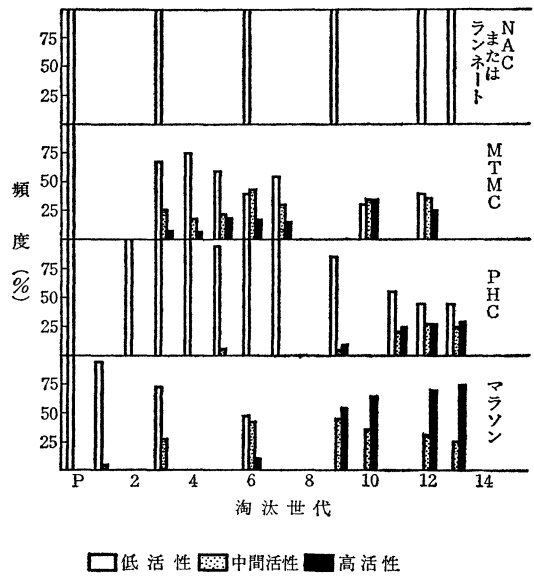
外に短い。もともと害虫の薬剤抵抗性は防除薬剤による淘汰で発達するものであり、また、野外の害虫集団にはわれわれが想像できないほどに多種多様な変異遺伝子を含んでいるので、害虫を殺滅して効果をあげる農業にはいずれ抵抗性を発達するものとして防除方法を改善するなり、より有効な対策を確立する必要がある。

香川県では、1965 年以降、ニカメイチュウの防除に同一薬剤の連続使用を極力さけるようにして実施してきたが、第1表に示したように、ニカメイチュウは各種の有機リン剤に抵抗性を発達しつつある。この場合、ニカメイチュウの致死薬量の増大は有機リン剤のすべてにおいてみられ、殺虫機構の類似な薬剤は相互に共通の抵抗性因子を共同で淘汰しているような現象がみられる。このことは殺虫機構の似た薬剤のみの交互使用では抵抗性の発達を抑制する効果があまり期待できないことを示していると思う。

第2表はヒメトビウンカをマラソン、NAC、MTMC とランネットそれぞれ淘汰した系統の各薬剤に対する LD₅₀ である。MTMC 淘汰系統では、12 世代後の LD₅₀ は約6倍、ランネット淘汰系統では、11 世代後の LD₅₀ は3.7倍増大し、両淘汰系統は、マラソン淘汰系統におけるほど速くないが、抵抗性の発達がみられた。なお、MTMC とランネット淘汰系統ではマラソンに対する LD₅₀ が増大し、MTMC 淘汰系統の場合、その程度が高かった。一方 NAC 淘汰系統は、15 世代後でも LD₅₀ の増大はまったくみられず、また、マラソンに対する感受性も変化しなかった。また、これらの系統の β -naphthyl acetate を加水分解するエステラーゼ活性は第6図に示すように、PHC と MTMC による淘汰系統も淘汰世代が進むにつれてエステラーゼの中間あるいは高活性をもつ個体の頻度が高くなった。一方、NAC とランネット淘汰系統ではエステラーゼ活性にまったく変化がみられなかった。このような諸結果は、ヒメトビウンカの置換フェニール型カーバメート剤に対する抵抗性機構はマラソンに対するそれと似たところがあり、一方、同じカーバメート剤でも、置換フェニール型とそれ以外のも

第2表 ヒメトビウンカの各種薬剤による淘汰系統における致死薬量の変化

殺虫剤	LD ₅₀ (試験管当たりの μg)				
	S 系統	マラソン淘汰系統 (F ₁₂)	NAC 淘汰系統 (F ₁₅)	MTMC 淘汰系統 (F ₁₂)	ランネット淘汰系統 (F ₁₁)
マラソン	0.322	10.33	0.185	1.850	0.711
N A C	0.379	—	0.024	—	—
MTMC	0.029	—	—	0.174	—
ランネット	0.113	—	—	—	0.417



第6図 ヒメトビウンカのマラソン、PHC、MTMC、NAC とランネット淘汰系統におけるエステラーゼ活性の変化状況

のとて抵抗性機構が大きく異なることを明らかにしている。

なお、PHC と MTMC 淘汰系統のエステラーゼを薄層ゲル電気泳動で分離すると、中間もしくは高活性を示す泳動帯はマラソン淘汰系統における E₇ 泳動帯より少し陽極側に位置していた。したがって PHC と MTMC

抵抗性の機構は、マラソン抵抗性のそれと同一であるとはいえない。

上記したように、ヒメトビウンカではマラソン抵抗性の機構は NAC 抵抗性にまったく関与しないが、この 2 種薬剤でヒメトビウンカを 3 世代交互に淘汰し、抵抗性発達の状況をマラソン淘汰系統の場合と比較した結果によると、マラソン淘汰系統は 15 世代後にマラソンに 202 倍、シディアルにも 69 倍の抵抗性を示したが、3 世代交互による淘汰系統では 12 世代後にマラソンに約 20 倍、シディアルに約 10 倍の抵抗性を示したにすぎず、マラソンと NAC の交互使用は抵抗性の発達を抑制する効果が顕著であった。したがって今後ウンカ・ヨコバイ類を防除するには殺虫機構とか抵抗性機構の異なる薬剤を撰拔し、それらの薬剤を交互使用することが好ましいと考える。

古くから殺虫機構の異なる 2 種以上薬剤の混合使用は薬剤抵抗性の発達を抑制する効果があるといわれているが、ヒメトビウンカをマラソン・NAC およびマラソン・MTMC 混合剤 (混合比 1:1) で淘汰し、淘汰系統の各混合剤に対する LD₅₀ の変化程度を調べた結果によると、マラソン・NAC 淘汰系統では 15 世代後に LD₅₀ が約 2 倍増大し、マラソン・MTMC 淘汰系統では 8 世代後に LD₅₀ が約 3.5 倍に増大した。ヒメトビウンカのマラソン淘汰系統では、マラソンに対する LD₅₀ は 9 世代後に約 8 倍、13 世代後に約 110 倍に増大したことからみて、これらの混合剤はヒメトビウンカの抵抗性発達を抑制する効果がある。ただ、マラソン・MTMC 混合剤では、淘汰世代が少ないので今後抵抗性がどのように発達するかかわからないが、マラソン・NAC 混合剤より抵抗性の発達が速いようである。先述したように、ヒメ

トビウンカでは MTMC 抵抗性の機構はマラソンのそれに似たところがあることから累推すると、マラソン・MTMC 混合剤は、マラソン・NAC 混合剤に比べて、抵抗性発達の抑制効果はかなり劣るのではないかと思う。

以上のように、2 種薬剤の混合使用、とくに抵抗性機構が異なる薬剤による混合剤の使用は害虫における抵抗性の発達を相当抑制することができるので、今後イネ害虫の防除にはそれぞれの種に有効で抵抗性の発達を顕著におくらすことのできる混合剤を開発して使用すべきである。なお、この場合、殺虫機構の異なる 2 種類以上の混合剤による交互使用はその効果をさらに大きくするために望ましい。

おわりに

ニカメイチュウとウンカ・ヨコバイ類における薬剤抵抗性に関する諸点について述べたが、これらの害虫では、薬剤抵抗性の機構ならびにそれを支配する因子がきわめて複雑で、しかも変化に富んでいるためもあって、一部地方でみられるように、抵抗性問題がきわめて深刻化しつつあるにもかかわらず、これの効果的な対策はいまだ確立されていない。

害虫における薬剤抵抗性問題に対処するには、生態学、生理学とか遺伝生化学的な害虫の諸性質をたくみに利用した防除資材の開発、あるいは防除技術の確立がより有効であると考えられる。しかし、農作害虫ではこれらの基礎部間に関する情報が以外と知られていないので、今後これらの分野の解明に取り組み、ニカメイチュウとかウンカ・ヨコバイ類が薬剤抵抗性を発達しにくい防除手段を早急に見出す必要がある。

日本植物防疫協会各種成績検討会開催のお知らせ

予定されている日時、場所は下記のとおりです。

○昭和 45 年度落葉果樹 (リンゴを除く) 農薬連絡試験成績検討会

11 月 25 日 (水) ~ 27 日 (金)

家の光会館 (東京都新宿区市ケ谷船河原町 11)

○昭和 45 年度一般薬剤 (畑作関係) 委託試験成績検討会

12 月 7 日 (月) ~ 9 日 (水) 家の光会館 (同上)

○農薬の新施用法に関する特別研究およびイネ白葉枯病防除剤委託試験成績検討会

12 月 10 日 (金) 家の光会館 (同上)

○昭和 45 年度一般薬剤 (稲作関係) 委託試験成績検討会

12 月 11 日 (金) ~ 12 日 (土) 家の光会館 (同左)

○昭和 45 年度カンキツ農薬連絡試験成績検討会

12 月 14 日 (月) ~ 17 日 (木) 家の光会館 (同左)

○昭和 45 年度地上微量散布に関する成績検討会

12 月 18 日 (金) 農林省農業技術研究所講堂

(東京都北区西ヶ原 2-1-7)

○昭和 45 年度桑農薬連絡試験成績検討会

12 月 22 日 (火) 本郷学士会館 (東京都文京区本郷

7-1-3)

ハダニ類の薬剤抵抗性とその対策

農林省園芸試験場安芸津支場 真 梶 徳 純

はじめに

ハダニにおける有機合成殺虫剤に対する抵抗性の発達は、合成殺虫剤の使用の早かった欧米では 1950 年ごろから認められ始めたが (GARMAN, 1950; SMITH ら, 1951), わが国では関 (1958) によるミカンハダニのシュラーゲンに対する抵抗性の報告が最初のものであろう。もちろんそれ以前にも、昭和 35 年 10 月に農林省が実施した殺虫剤に対する効果の変動した事例についての各県の報告 (推野, 1961) にもみられるように、薬剤抵抗性の発達したハダニが出現していた可能性は十分考えられる。

その後、多くのハダニについて、試験成績を伴った薬剤抵抗性発達の事例がみられるようになった。その初期の経緯は、ニセナミハダニについては野村ら (1959), リンゴハダニについては宮下ら (1960), 本間ら (1961), 豊島ら (1961), ミカンハダニについては関 (1961), 関ら (1962) によって詳しく述べられている。

日本植物防疫協会は、ハダニ類の薬剤抵抗性問題の植物防疫上における重要性から、殺虫剤抵抗性対策委員会の事業の一つとして昭和 38 年 (1963 年) 以来果樹ハダニ類の薬剤抵抗性に関する研究組織を結成し、関係研究機関で連絡試験を実施し、今日にいたっている。その結果果樹 (チャを含む) ハダニ類の薬剤抵抗性の実態がかなり明らかにされてきた。その成果は毎年年度報告として印刷にふされているが、とくに 1963~67 年の最初の 5 年間の研究成果を 1968 年に要約としてまとめた。さらに、本誌第 20 巻第 2 号ではハダニの薬剤抵抗性特集号を組み、当時の薬剤抵抗性の状況を紹介している。

わが国におけるハダニ類の薬剤抵抗性問題は上述の印刷物によって要約され、ここで新しくとりあげる問題は少ないが、本特集号の一分野としてハダニ類がとりあげられているので、以上の印刷物を参照しながら現況を紹介し、その責を果したい。

I ハダニにおける抵抗性発達の特徴

ハダニ類が薬剤に対して抵抗性の発達しやすい特性として次のような特徴があげられる。

(1) 淘汰圧として加わる薬剤処理面積に比べ、ハダ

ニの行動範囲が小さい。このため比較的隔離された集団で薬剤の淘汰を受けることになり、均質な集団となりやすい。

(2) ハダニ類は一般に発育日数が短く発生回数が多い。わが国の夏季には多くのハダニは 1 世代を 1 週間から 10 日くらいで経過する。不休眠性ミカンハダニでは 1 年に 13~14 世代もくり返すことが知られている。このため淘汰を受ける機会が多くなり、行動範囲の小さいこととともに、ハダニが環境の変化を受けて均質な集団になりやすい。

(3) ハダニの性決定は haploid-diploid の関係でまざる。クロバハダニ亜科の一部にみられる雄の存在しない種を含め、ハダニでは染色体数が diploid のものからは雌が育ち、haploid のものからは雄が育つ。また、多くの殺虫剤に対しては雌よりも雄のほうが感受性が高いから、抵抗性遺伝子をもった雄との交配によって抵抗性が発達しやすいことになる。

(4) 近親交配が行なわれやすい。ハダニの行動習性として 1 個体もしくはそれに近い個体数の雌が新しい葉に移動し、そこで産卵し、これから育った雄または雌雄がお互いに交配し、密度を増してまた新しい葉に移動する性質がある。発育期間に比べ雌成虫の生存期間と産卵期間がかなり長いために、親子交配もおこりうる。

以上のことから、殺虫剤処理により淘汰圧が加わると抵抗性遺伝子をホモにもつ個体集団内での頻度が急速に高まり、抵抗性が発達する。刑部 (1967b) はカンザワハダニの ESP 剤抵抗性は優性遺伝することを確かめ、これは不完全優性であるとしている (刑部, 1970)。田中ら (1969) はミカンハダニの CMP 剤抵抗性は完全優性ではなく、単一な不完全優性遺伝子に支配されていると考えられるとしている。このように不完全優性遺伝子によって抵抗性が支配されているときには、薬剤処理による淘汰圧により、抵抗性遺伝子をホモに持つ個体頻度が急速に高まることは理論的にも考えられる。したがって、ハダニ類は他の豊作害虫に比べ薬剤抵抗性の発達が容易におこる特性を有しているといえよう。

実際、ハダニにおける抵抗性発達の事例をみると第 1 表に示すように、多くの薬剤で短期間のうちに抵抗性が急速に発達し、その程度もかなり大きい。もちろん、ここに示した多くの事例では対照となる感受性系統がまち

第1表 ハダニ類における抵抗性の発達程度

種名	薬剤名	LC ₅₀ における R/S 比	検定ステージ	淘汰年数	淘汰回数	報告者
ミカンハダニ	CMP 剤	55	卵	2	21	八田ら (1969)
	ジメトエート剤	6.7	成・幼虫	1	4	加藤 (1968)
	〃	450	雌成虫	2	23	森ら (1969)
	ジフェニルスルホン剤	23	发育率	3	?	関ら (1962)
	〃	3.8	成・幼虫	1	4	加藤 (1968)
	キノキサリン系剤	4.8	卵	3	13	八田ら (1969)
	Binapacryl 剤	7.7	卵	3	13	八田ら (1969)
	MNFA 剤	4.5	卵	4	11	八田ら (1969)
	ケルセン剤	32.6	卵	4	7	八田ら (1969)
	〃	26	雌成虫	2	10	森ら (1969)
リンゴハダニ	CMP 剤	95.35	雌成虫	約2	8	本間ら (1961)
	〃	8.9	卵	4	?	津川ら (1964)
	〃	10~19	卵	6~7	18	熊谷ら (1964)
	ジフェニルスルホン剤	61	卵	4	?	津川ら (1964)
	〃	7.74	卵	7	20	熊谷ら (1964)
	ケルセン剤	20*	卵	12	約30	熊谷ら (1969)
カンザワハダニ	メチルジメトン剤	10~15	雌成虫	1	7	中垣 (1967)
	CMP 剤	138.0	雌成虫	?	?	刑部 (1968 a)
	ESP 剤	164.2	雌成虫	?	?	刑部 (1968 a)
	〃	70	雌成虫	1	5	刑部 (1970 b)
	ケルセン剤	61.6	雌成虫	3~4	20~30	刑部 (1970 b)
ニセナミハダニ	メチルジメトン剤	10<	生息数	2	?	野村ら (1959)

注 * 印は LC₉₅ における R/S 比を示す。

まちで、しかもテストの方法が統一されたものではないので、抵抗性の程度の相互の比較は不可能である。ちなみに、抵抗性検定のステージによっても、その程度はかなり変化し、これは薬剤の種類により特徴のあることが知られている (第2表)。しかし、第1表に示した事例より、ハダニの抵抗性の特徴はつかみうると思われる。

また、ハダニの発生の多い園芸作物では、次のような栽培体系あるいは耕種関係からも薬剤抵抗性の発達する機会が多いと考えられる。

一つは他の病害虫防除剤がハダニの薬剤抵抗性の発達を促すことである。ハダニは作物生育の全期間にわたり葉面上に生息しているので、直接ハダニ防除を目的としない薬剤処理によっても、薬剤の影響を受ける。そのため交差抵抗性関係にある薬剤ではそれだけ淘汰回数が多くなる。たとえば、リンゴハダニあるいはミカンハダニの CMP 剤抵抗性はシンクイムシ類やカイガラムシ類の防除に使用されたパラチオン剤によって急速に発達したと考えられている。このような例はアブラムシ、ホソ

第2表 ミカンハダニの发育ステージによる抵抗性の程度の変化 (真梶, 1965, 1966 b より)

処理したハダニの发育ステージ	ジフェニルスルホン剤		ジメトエート剤		
	S系における LC ₅₀ 原薬剤mg/l	LC ₅₀ における R/S 比	S系における LC ₅₀ 原薬剤mg/l	LC ₅₀ における R/S比	
処理葉産下卵 (処理当日より1日間産卵)	6.69	2,600<	169.5	117	
卵 (直接散布) {	<1 日	4.99	930	80.4	70
	産下後処理 1~2 日	5.01	1,200	32.2	102
	までの日数 2~3 日	3.08	1,300	24.7	178
	(25°C) 3~4 日	3.02	500	16.3	337
	4~5 日	4.53	250	12.7	718
処理葉接種ふ化幼虫 (処理当日接種)	0.37	2,400	1.5	412	
雌成虫 (直接散布) {	処理後 1 日目 (25°C)	226.58	2.5	15.8	741
	〃 3 日目 (25°C)	172.71	2.0	9.8	418

注 感受性系統はいずれの薬剤も平塚産、抵抗性系統はジフェニルスルホン剤では根府川産、ジメトエート剤では興津産を供試した。

ガ類の防除剤などでも示されている。

交差抵抗性関係にある薬剤以外でも、他の防除剤が淘汰圧となり知らない間に複合抵抗性として発達している場合や、JEPPESSON (1963) や HANSEN ら (1963) により指摘されたクロルベンジレート剤などの選択性殺ダニ剤で淘汰した場合、その薬剤には抵抗性が発達しないかわずかに発達がみられる段階で有機リン剤に対しては抵抗性が強く発達していたというような影響の仕方もあり、その関係は複雑である。要するにハダニの生息環境に加えられる薬剤処理が抵抗性の発達を促す要因となりうる可能性が非常に高いといえる。もちろん薬剤散布が天敵類に悪影響を及ぼし、ハダニの発育期間の環境抵抗を弱め、結果的に防除回数を多くして二次的に抵抗性の発達を促すことは、ここで改めてとりあげるまでもない。

他の一つは苗穂とか苗木によって抵抗性ハダニが移動分散し、抵抗性を複雑にすることである。苗木畑や苗木では薬剤の処理回数が多くなり、その結果抵抗性発達の機会が多くなる。これがそのまま新産地に持ちこまれる。

これらのほか、ナシや野菜では各作物の間でハダニの交流が行なわれるため、それぞれの作物だけでの薬剤の使用回数にとどまらず、交流のある作物全体で薬剤による淘汰圧を考えていく必要がある。とくにわが国のように狭小な栽培面積で各作物がいくんでいる場合には、ナミハダニ、ニセナミハダニ、カンザワハダニのような広い寄主範囲をもつハダニについてはこの点に留意しなければならない。

以上のようにハダニはその繁殖習性や環境要因からも非常に抵抗性が発達しやすい特徴を有しているといえる。

II 薬剤抵抗性の実態

薬剤抵抗性はハダニ集団のなかに初めから存在していた性質が、薬剤による淘汰によって抵抗性個体が選抜され、ついにそのハダニ集団が全体として抵抗性となるのであって、薬剤抵抗性を獲得するのではなく、抵抗性が発達するのである。したがって、初めから存在していた性質（遺伝子）のありさまと淘汰のいかんにより、表現される抵抗性の様相は種々多様となる。それは多原発生的であるため、抵抗性の性質は変化にとむものとなる。

一般的には淘汰される集団が大きいほど変異の幅は大きいから、淘汰によって現われる抵抗性の程度は大きいものとなる。すなわち、ハダニの繁殖しやすい環境下では抵抗性は発達しやすく、その程度は大きくなるといえ

る。またこのような環境下では、害虫としてのハダニの被害をくいとめるために薬剤の散布回数が多くなり、抵抗性の発達が早くなる。この場合、同一薬剤が集中的に使用されると抵抗性の発達はなお促進される。過去に抵抗性の発達した事例をみると、多くの場合、強力な殺ダニ剤を集中的に使用し、使用頻度の高い薬剤に対して抵抗性ハダニが現われている（たとえば森，1966；刑部ら，1970 など）。

先にも述べたように、同一薬剤に対する同一種の抵抗性でも、最初に存在していた遺伝子組成と淘汰の受け方によって、抵抗性の性質はまったく同じものではなく、系統が異なればその様相も異なってくる場合もある。したがって、抵抗性の性質は、それぞれのハダニ集団について調査してみなければ、正確なことはわからないが、いままで報告されているハダニの薬剤抵抗性の事例をまとめると第3表のようになる。

この表にみられる多くのものはそれぞれのハダニの一部にみられるものであって、その薬剤に抵抗性が認められたからそのハダニのすべてに抵抗性が発達しているというものではない。多くの府県における実態調査でも、薬剤の使用経歴によって抵抗性の発達程度はまちまちである。これは先に述べた抵抗性発達の起源から考えて当然であり、抵抗性の程度および交差抵抗性、複合抵抗性の関係はそれぞれの系統のハダニについて調査して実態をとらえるしか現在のところ方法はない。その際、これまで報告されている事例が判断の一つの基準になりうるというにすぎない。

真の薬剤抵抗性と異なるが、ハダニの種類によって薬剤の感受性が異なるため（遠藤ら，1969；広瀬ら，1967～70；中垣，1966；菅原ら，1967），薬剤の連用によりハダニの種類が入れかわる。これに気付かない場合は見かけ上の効果減退として取り扱われる可能性がある。また、薬剤の種類によっては季節による感受性に变化の大きいことが知られているので（真梶，1966 a），抵抗性の検定にあたっては感受性系統と必ず対比して行なうか、感受性系統の得られないときはこの点に留意しておく必要がある。

III 感受性の復元

抵抗性が発達して、薬剤の使用を中止すれば、感受性は徐々に復元する場合がある。この復元の早さは、抵抗性の発達程度ならびに抵抗性系統と感受性系統との間の繁殖能力など生態的特性の相違によって影響されることが考えられる。

関ら（1970）はジフェニルスルホン剤に対する抵抗性

第 3 表 抵抗性の発達した薬剤ならびにそれとの交差抵抗性関係

種 名	抵抗性の発達した薬剤	正の交差抵抗性関係の薬剤	交差抵抗性関係のない薬剤	報 告 者
ミカンハダニ	CMP 剤	バミドチオン, ジメトエート, ホサロン, DAEP, エチオン バミドチオン, CMP, メカルバム バミドチオン, CMP メカルバム, PMP, ESP, デルナップ, アミドチオエート CMP エラジトン DN系薬剤 ジメトエート	CPCBS・DCPM, ジフェニルスルホン, ケルセン, キノキサリン系, MNFA, Binapacryl E S P	八田ら (1967 a)
	ジメトエート剤		クロルフェナミジン, キノキサリン系	森ら (1969)
	〃		ケルセン, エラジトン, MNFA	関ら (1967)
	バミドチオン剤		MNFA, ケルセン, アミドチオエート	森 (1966)
	PMP 剤		ケルセン, CMP	河野ら (1967)
	キノキサリン系剤 Binapacryl 剤 ケルセン剤 ジフェニルスルホン剤 〃		エラジトン, CMP, ケルセン	八田ら (1970) 八田ら (1967 b) 森ら (1969) 加藤 (1968) 関ら (1962)
リンゴハダニ	CMP 剤	有機リン剤 パラチオン パラチオン	ケルセン, クロルベンジレート, メカルバム, メチルジメトン	宮下ら (1960) 本間ら (1961) 津川ら (1964)
	〃		MNFA, クロルプロピレート, クロルベンジレート, ケルセン	熊谷ら (1970)
	〃		ケルセン, クロルベンジレート	津川ら (1964)
	CPCBS 剤		ケルセン, クロルベンジレート	津川ら (1964)
	CPCBS・BCPE 剤		MNFA, クロルフェナミジン, クロルプロピレート, クロルベンジレート	熊谷ら (1969)
	ケルセン剤		ケルセン, クロルベンジレート, ジフェニルスルフィド	津川ら (1964)
	ジフェニルスルホン剤			
カンザワハダニ	CMP 剤	ESP CMP	ケルセン, クロルベンジレート, CPAS・BCPE, CPCBS, アラマイト, BCPE, Binapacryl Binapacryl	刑部 (1967 a, 1968 a, b) 刑部 (1968 a, 1969)
	ESP 剤			
	ケルセン剤			
ニセナミハダニ	メチルジメトン剤	ケルセン	ケルセン, クロルフェナミジン, クロルベンジレート, FABA, MNFA	中垣 (1966)
	〃		ケルセン	野村ら (1966)
ナミハダニ	メチルジメトン剤	ケルセン	ケルセン	中垣 (1966)
オウトウハダニ	メチルジメトン剤	ケルセン	ケルセン	中垣 (1964)

系統である元岡系ミカンハダニと感受性系統の小城系ミカンハダニを閉鎖された同一条件で9年間にわたり飼育し、両者のこの薬剤に対する感受性の程度を調べたが、両者間における抵抗性の程度には年次による多少のふれはあるが、ほとんど変化しなかったとしている。一方圃場においても使用中止後5カ年経過した後調査したところ感受性の復元はみられなかったとしている。同じよう

な調査をジメトエート抵抗性の宿系ミカンハダニについても調査し、5カ年経過しても抵抗性の程度は変わらなかったとしている。

ケルセン抵抗性のハダニでは、その感受性の復元は早いといわれているが、まだ詳しい調査成績はない。関ら(1970)のミカンハダニについての報告も年次による検定期の違があるのではっきりせず、結論を下すには

もう少し時間が必要であろう。ただ、刑部（1970）のカンザワハダニについての ESP 抵抗性ならびにケルセン抵抗性系統と感受性系統についての増殖能比較試験では、前者においては抵抗性系統のほうが感受性系統に比べやや大きいのに対し、後者では逆の関係にあることが認められ、上記の報告と考えあわせると興味があるが、これを結論するにはさらに詳しい調査の積み重ねが必要と思われる。

いったん、感受性の復元したものに再度その薬剤を使用すると、2度目の抵抗性の発達が比較的すみやかにおこることが野村ら（1966）により指摘されている。もし感受性が復元した場合、その後の薬剤の取り扱いについては今後慎重に検討していく必要がある。

IV 薬剤抵抗性の対策

薬剤抵抗性対策としては、(1)抵抗性発達を阻止する予防措置、(2)抵抗性の発達がさげられないとすれば、なるべく早い時期にこの対策がとられるよう早期発見につとめる、(3)抵抗性の発達が認められたら、代替すべき薬剤を探索・選択する、に要約されよう。次に、これらについて述べることにする。

1 抵抗性発達の予防

上述のように、薬剤抵抗性の発達は、薬剤で処理されている間にハダニがそれに適応し、種を維持発展させていこうとする生物本来の力である。したがって、一方向に加わるような防除圧でハダニを防ごうとするときには、それに抵抗する性質がどこかの系統に発達する可能性がある。したがって、抵抗性の発達を防ぐには各種のハダニ防除法を調和のとれた形で組み合わせてゆく必要がある。しかし、これは非常にむずかしいことで、具体策については現在は試行錯誤の時代といえよう。要するに、ハダニの発生を未然に防ぐように、天敵の利用あるいは耕種法の改善をはかり、薬剤の使用回数をなるべく少なくすることである。

わが国のように高度に集約化され、高い単位生産性を要求される場合には、少なくとも現状では、薬剤散布をまったくやらないでハダニ防除を行なうことは不可能と考えられるので、薬剤の使い方が問題となる。

果樹ではハダニの発生を未然に防ぐため、越冬密度を少なくする意味と発生期の使用薬剤との関係から、最近ふたたび冬季にマシン油乳剤の散布が行なわれるようになった。これは *Panonychus* 属のハダニについてはある程度の成果が認められ、発生期の薬剤散布回数が少なくなってきた。

防除薬剤の選択にあたっては、同一薬剤あるいは交代

抵抗性関係を有する薬剤の連用はさげ、使用薬剤を交代させるローテーションの考え方がある。多くの試験研究機関で、第3表に示した薬剤間の交差抵抗性関係はもちろん、薬剤の特徴あるいはハダニ相を考慮した輪用の組み合わせについて実験がすすめられているが、この種の試験は長年月を要するために結論をだせるまでにいたっていない。ただ、現在多くの府県で応急的にとられているローテーションでは1薬剤年1回使用をたてまえにしているところが多い。

2 抵抗性の早期発見

効かない薬剤を散いて経済的な損失をさける意味と強度に抵抗性の発達した集団では感受性に復元しにくいことから、なるべく早い時期に抵抗性の発達を検知して、他の薬剤に切り替える必要がある。遠藤ら（1969）は抵抗性の程度を薬剤の常用濃度に対する LC_{50} 値の比率で表現しようと試みている。どの程度抵抗性が発達したときにその薬剤の使用を中止すべきかはそれぞれの薬剤で異なると思われるが、抵抗性の程度をなんらかの方法で統一した表現しておくことは薬剤抵抗性を論議する場合に必要なことである。それには抵抗性の検定法が大きく関係する。これについては本号の別項で野村が詳述されることになっているので、それを参照されたい。

先にも述べたように、抵抗性系統の発生は多原的であり、比較的地域性の高いものであるから、限られた一部地帯の発生にすぎないことが多い。したがって、薬剤抵抗性の幻想にまどわされて感受性地帯にもその薬剤使用をさしひかえ、そのためにハダニ防除に支障をきたすことのないよう心がけなければならない。そのためにも、抵抗性の検定法はかなりの労力を必要とするため、ハダニの発生傾向が同じ地帯ではなるべく共同防除により同一の防除法をとり、検定結果の適用範囲が広がるよう心がけておくことが濃密な診断を可能にすると思われる。

3 交代薬剤の選択

薬剤抵抗性は多原発生的であるから、実際上は実験的に交差抵抗性関係を検討した上で、交代薬剤を選ぶべきであるが、第3表にかかげた交差関係を有しない薬剤は一応の目安となろう。なお、日本植物防疫協会は薬剤効果の低下したハダニ類に対する有効薬剤について関係各研究機関に照会し、その回答を整理して1968年6月に一覧表として印刷配布しているが、これも交代薬剤を選ぶ場合の一応の目安となる。しかし、交代薬剤を選ぶ場合抵抗性の発達したものが複合抵抗性のものであるかどうかは考慮しておく必要があり、最終的には検定結果に待つしかない。

新規殺ダニ剤の開発により、豊富な交代薬剤を保有しておくことは抵抗性対策として必要であるが、現在まだ抵抗性の発達のみられない薬剤については慎重な使用方法によりその寿命を長く保持するよう努めるべきである。また、共力剤の開発により薬剤抵抗性を解決しようとする試みもなされている (斉藤, 1969)。

引用文献

- (日本植物防疫協会発行の果樹ハダニ類の薬剤抵抗性に関する試験の年次報告は“植防抵一年号”と略した。)
- 遠藤金弥・引地直至 (1969): 植防抵—1968—: 144~160.
- GARMAN, P. (1959): J. Econ. Entomol. 14: 355~358.
- HANSEN, C. O., J. A. NAEGELE & H. E. EVERETT (1963): Adv. in Acarol. 1: 257~275.
- 八田茂嘉・松浦 誠 (1967 a): 和歌山果試研報 1: 1~6.
- (1967 b): 植防抵—1967—: 1~12.
- (1969): 同上—1968—: 1~14.
- (1970): 同上—1969—: 1~13.
- 広瀬健吉・伊藤喜隆 (1967~70): 植防抵—1967~69—: 126~150, 103~127, 113~126.
- 本間健平・豊島在寛・降幡広一 (1961): 応動昆 5(4): 225~229.
- JEPPSON, L. R. (1963): Adv. in Acarol. 1: 276~282.
- 加藤 勉 (1968): 山口農試報 23: 17~26.
- 河野通昭・牧野 晋 (1967): 九病虫研会報 13: 132~135.
- 熊谷徹郎・前田正孝 (1964): 植防抵—1964—: 99~110.
- (1969): 同上—1968—: 85~96.
- (1970): 同上—1969—: 90~101.
- 宮下撓一・池内 茂・今林俊一 (1960): 農及園 35: 865~866.

- 森 介計 (1966): 植物防疫 20 (2): 73~75.
- ・武智文彦 (1969): 植防抵—1968—: 15~24.
- 中垣至郎 (1966): 植物防疫 20 (2): 79~81.
- (1967): 植防抵—1967—: 177~188.
- 野村健一・中垣至郎 (1959): 千葉大園芸学部学報 7: 39~44.
- ・富田順一・中越省逸 (1966): 同上 13: 1928.
- 刑部 勝 (1967 a): 茶技研 34: 33~37.
- (1967 b): 植防抵—1967—: 189~203.
- (1968 a): 応動昆 12: 18~22.
- (1968 b): 同上 12: 70~75.
- ・高城親義 (1969): 茶技研 38: 1~4.
- (1970): 同上 39: 25~31.
- (1970): 植防抵—1969—: 170~182.
- 斉藤哲夫 (1969): 農薬 16 (3): 28~31.
- 関 道生 (1958): 応動昆第2回シンポジウム要旨: 5962.
- (1961): 植物防疫 15 (5): 210~212.
- ・松尾善行・小林和幸 (1962): 佐賀果試研報 3: 31~44.
- (1967): 九病虫研会報 13: 135~138.
- (1970): 植防抵—1969—: 28~38.
- 真梶徳純 (1965): 同上—1965—: 89~112.
- (1966 a): 植物防疫 20 (2): 57~61.
- (1966 b): 植防抵—1966—: 56~71.
- 椎野秀蔵 (1961): 植物防疫 15 (5): 206~208.
- SMITH, F. F. & R. A. FULTON (1951): J. Econ. Entomol. 44: 229~233.
- 菅原寛夫・若公正義 (1967): 園試報 C5: 105~116.
- 田中 学・井上晃一・喜田奎理 (1969): 九病虫研会報 15: 151~155.
- 豊島在寛・本間健平 (1961): 植物防疫 15 (5): 209~210.
- 津川 力・山田雅輝・白崎将暎・小山信行 (1964): 応動昆 8 (3): 191~202.

中央だより

—農林省—

○病害虫発生予察事業実施要綱等の改正打ち合わせ会開催さる

病害虫発生予察員技術研修会に引き続き 9月30日~10月2日の3日間にわたり、農業技術研究所に約160名の関係者が参集して標記会議が開催された。

第1日目は事業実施要綱, 同要領および調査実施基準総論について合同会議が, 2日目と3日目は, 調査実施基準各論のうち普通作物関係について病害と害虫の分科会が行なわれた。

今回の改正には, 対象作物や病害虫をメニュー方式とするなど多くの重要な問題が含まれており, 連日熱心な質問や討論がなされた。

—本 会—

○第3回イネ白葉枯病現地検討会開催さる

イネ白葉枯病防除対策推進協議会の本年度事業の一つとして, 9月17日茨城県下妻市数須において現地検討会を開催した。100余名参集のもとに午前中茨城県農業試験場川田惣平病虫部長の挨拶があり, 次いで同試験場祝迫親志技師の説明で現地試験圃場を見学した。午後には八洲化学工業株式会社関東工場講堂で農業技術研究所水上武幸病理科長が座長となり検討会が行なわれた。茨城県農業試験場祝迫技師の「本年度の白葉枯病の発生経過と現地試験について」と本年度の試験概況について山形, 北陸, 愛知, 兵庫, 鳥取, 高知, 九州, 佐賀, 熊本, 宮崎各農業試験場の担当官より発表があった。次いで武田薬品工業株式会社薬師寺国人民より TF 128, TF 130の両薬剤の作用機作についての説明があった後, 質疑応答を含めて種々討論が行なわれ, 3時閉会した。

イネドロオイムシの薬剤抵抗性とその対策

農林省北海道農業試験場 堀 口 治 夫

イネドロオイムシ *Oulema oryzae* (KUWAYAMA) の防除剤として慣用されていた BHC の効果が不十分になったという声は、昭和 35 年北海道の一部でとりざたされ、それ以後、北海道では道南地方を除いた各地にこれが波及した。

43 年新潟県佐渡地域、44 年秋田県八郎潟周辺と本州地域でも本虫に対する BHC 剤の効力不足が訴えられ、イネドロオイムシも本格的に薬剤抵抗性問題の仲間入りをした。

こうした BHC に対するイネドロオイムシの抵抗性個体群の出現解析はようやく始められたばかりなので、表題のとりまとめは非常に困難ではあるが、現在までに得られた調査成績を紹介し、大方のご批判を仰ぎたいと思う。

I わが国における発生概況と抵抗性 個体群地域の現況

1 発生概況

本虫はわが国のほか、朝鮮・台湾・中国・シベリヤなどに広く分布し、わが国では、南は九州地方の大分県と福岡県の県境山間部から北海道の稲作北限地帯にまで及んでいる。

昭和 44 年の調査によれば、第 1 表に掲げたように、その発生面積率（稲作面積の）は北海道の 42% を筆頭に、青森・岩手・秋田・静岡の各県が 20% 台でこれにつき、被害は本州の日本海沿岸・東北北部・北海道がとくに多い。これらの地方では、ニカメイチュウとならぶ稲作の主要害虫にあげられている。

発生は年 1 回であるが、イネの移植と同時に越冬成虫が飛来し、産卵を開始する（ときには陸苗代に飛来し加害産卵もする）。越冬成虫・卵・幼虫・蛹・新成虫と経過する。越冬成虫の産卵期間は長く、しかも越冬成虫・幼虫・新成虫ともに稲葉を食害する。加害期間は地域・年次によって多少異なるが、通常 6 月上旬から 8 月上旬までのおよそ 2 カ月間にも及び、連続的に加害する害虫としては加害期間の長い害虫である。

被害は高温年の場合加害期間が短縮しイネの生育も良好なので少ないが、冷涼な年ほど成虫・幼虫の加害期間が長くなりこれに加えてイネの生育も悪くなるので被害が増大する。これが本虫を指して、低温性害虫と称する

第 1 表 イネドロオイムシの発生概況
(昭和 44 年度, 植物防疫協議会資料参照)

地方	道県名	発生面積 ha	発生面積率 %	防除面積 ha
北海道・東北	北海道	112,000	41.8	89,000
	青森	25,803	27.8	24,280
	岩手	22,489	22.9	16,054
	宮城	9,000	7.0	12,000
	秋田	22,832	20.3	27,970
	山形福島	12,334	11.0	10,850
		5,871	4.9	3,870
関東・東山	茨城	9,690	8.5	—
	栃木	4,563	4.5	651
	群馬	597	1.4	2,950
	長野	354	0.4	400
北陸	新潟	26,142	12.7	10,300
	富山	3,090	3.9	—
	石川福井	10,000	18.0	5,000
		5,677	10.9	3,200
東海・近畿	静岡	13,057	23.8	11,706
	愛知	125	0.1	992
	岐阜	5,200	7.6	2,780
	京都	350	0.9	230
	兵庫	700	0.7	700
中国	鳥取	3,400	9.8	2,900
	島根	5,300	9.8	5,000
	広島	1,200	1.6	400
	山口	11	0.01	6

一つのゆえんでもあろう。

2 抵抗性個体群の出現概況

イネドロオイムシは昭和 24 年以降、DDT・BHC、30 年ころからは EPN をも加え防除されてきた。しかし、BHC 剤による防除区域が圧倒的に多く、局部的にはすべての稲作害虫防除に BHC 剤のみ連続使用する地区もあった。

昭和 35 年ころ、北海道の BHC 連用地区から、イネドロオイムシに対する BHC の効力不足が訴えだされたのに端を発し、道内各地でも BHC の効力に疑問を抱くようになり、事実、従来 BHC 1% 粉剤、BHC 10% 乳剤の 700 倍散布で有効な地区が、3% 粉剤でも不足で、乳剤の 200 倍という高濃度を必要とする地区が生じた。

このため、北海道では関係道立農業試験場機関を中心とし、イネドロオイムシに対する BHC の効果再確認ならびに殺虫剤に対する抵抗力イネドロオイムシの検定法確立などの試験実施に踏み切った。

ここで確立された抵抗性検定法は、道内はもちろん、秋田県・新潟県の抵抗性個体群検討にも適用された。

北海道では 41 年以來、各地個体群の BHC に対する感受性検定調査を進め、現在までに、抵抗性個体群地点 15、感受性個体群地点 19、その中間と目される地点 11 を確認している。

新潟県では、43 年に佐渡地方で BHC の効力不足が話題となり、BHC に対する抵抗力検定を広地域にわたり実施した結果、佐渡地域内でも抵抗性個体群地区と感受性個体群地区とがあり、しかも本州地域内にも BHC 抵抗性個体群地区のあることが確認され、抵抗性個体群地点 3、感受性個体群地点 6、中間個体群地点 4 を見出している。

秋田県では、八郎潟周辺のイネドロオイムシ常多発地でやはりこの問題が生じ、道立上川農試で検定した結果、北海道の抵抗性個体群並と判定され、現在 2 地点が確認されている。

また、富山県下でも BHC の効果に疑問を抱き始めた地域が生じているようであるが、まだ判定されていないようである。

以上のように、抵抗性検定調査の進むに従い、抵抗性個体群地点は増加の一途をたどるが、その分布範囲は以外に狭く、同一市町村内であっても、環境の相異によって隣接団地圃場でも感受性個体群の生息するという事例が多い。

44 年度までに見出された抵抗性個体群地区を参考までに摘出し、第 2 表に示した。

第 2 表 昭和 44 年までに見出された抵抗性個体群地区

地方	支庁・郡	地 区 名	
北海道	北 上 川	富良野市東学田, 山部 15 区 上富良野町草分 旭川市永山町 鷹柄町北野 1 区, 中央 29 区 比布市蘭留 和寒町朝日 美瑛町原野	
		空 知	岩見沢市上幌向
	道	石 狩	札幌市厚別町山本 石狩町生振 恵庭町土山口
		網 走	北見市東相ノ内
秋田	南秋田 —	天王町 男鹿市	
新潟	佐 渡	佐和田町青野	
	中頸城	吉川町代吉, 土尻	

北海道および秋田における抵抗性個体群と感受性個体群との LC₅₀ 値 (γ -BHC 濃度) は第 3 表のように、その値がきわめて類似しており、各地の抵抗性個体群はほぼ同一水準にあるとみなされる。

第 3 表 各地産別成虫個体群の感受性

種 類	LC ₅₀ (%)	
	北 海 道	秋 田
感受性個体群	0.019	<0.020
抵抗性個体群	0.369	0.224

II BHC 抵抗性個体群出現要因の解析概要

現在までの調査によって、各地に分布しているイネドロオイムシは、BHC に対し強い個体群・弱い個体群・中間的個体群の 3 群に大別されることが判明した。

これら個体群の出現要因について現在も鋭意検討中であるが、本誌 (1967) に記述した以後に得られた概要を摘記してみたい。

1 BHC 抵抗性個体群地点の水田土壌は γ -BHC の残留量が多い

前年夏、イネドロオイムシの γ -BHC に対する感受性を検定した各採集地点の水田土壌 (表土) を翌春耕起直前に採集し、 γ -BHC 含有量を測定すると、抵抗性個体群地点土壌からは 0.02~0.03ppm、感受性個体群地点土壌からは 0.01ppm 検出された。ただし、前年ニカメイチュウ防除に BHC 剤を散布した地点の土壌には γ -BHC 残留量が多く、感受性個体群地点の土壌でも 0.03ppm 検出される (北海道のニカメイチュウ防除期は 7 月下旬から 8 月上旬)。

圃場に投入された γ -BHC は他 BHC 異性体よりも比較的速く減少するが、0.03ppm 以下の濃度になるとその減衰曲線は緩慢となり、微量ではあるが長く残留する。

2 イネドロオイムシの体内から γ -BHC が検出される

蛹から羽化した新成虫の体内から γ -BHC が検出される。その含有量は採集地点によって多少の差はあるが、およそ 1 頭当たり 0.004 μ g 程度であって、抵抗性個体群が感受性個体群よりもとりわけ多く含まれるというわけではない。当初抵抗性のもは感受性のもよりも γ -BHC を多く含有しつつも生存しているものと想定したが、この推察は完全にくつがえった。

この新成虫の γ -BHC は、土壌から稲体へ、稲葉からイネドロオイムシ幼虫へと移行したものと、幼虫に散布

したものとが蛹を経て新成虫にまで残留したものである。

3 γ -BHC を投与した生存虫の γ -BHC 含有量は死亡虫よりはるかに少ない

新成虫に γ -BHC を各濃度段階に別けて処理し、5日後に生存虫と死亡虫とを分けて γ -BHC 量を測定すると、生存虫からはどの濃度であっても 0.009~0.012 μ g が検出され、死亡虫からは投与量に見合った γ -BHC 量が検出される。

つまり、同一個体群であっても、 γ -BHC の処理能力の高い個体と低い個体とがありこれらが混在している。

このため、抵抗性検定試験の場合、検定個体数を多く供しないとその数値に乱れを生じ信頼性の乏しいものとなるので注意を要する。

4 道立上川農試の試験成績

(1) BHC に対し抵抗性水準の異なる個体群を用い、昭和 42 年から 44 年までの 3 年間で、BHC 未使用後の抵抗力の年次的変化を検討したが、ほとんどその差を認めることができず、抵抗力低下現象はみられなかった。

(2) 交差抵抗性についての検討は十分とはいえないが、DDT (有機塩素系)、スミチオン・パプチオン・ダイアジノン (有機リン系)、サンサイド・デナボン (カーバメート系) で認められなかった。しいていえば EPN が BHC に対し抵抗力のある個体群において、致死薬量がわずかに高まる程度である。

(3) 卵の γ -BHC に対する抵抗力はそれぞれの個体群によってその差が明瞭に現われる。その差は新成虫の場合の値ときわめて相関が高い。

(4) 抗抵抗性系統および感受性系統の個体を用い、相互交雑または相反交雑を行なうと、F₁ の γ -BHC に対する抵抗力は、卵・成虫とも前者の場合にはそれぞれの系統値に、後者の場合にはそれらのほぼ中間または抵抗力の強い系統値に近くなった。

5 考 察

いま、BHC に対するイネドロオイムシ抵抗性個体群の出現要因をあげることは時期早々であるが、現在までの試験成果の範囲内からでは感受性個体の淘汰現象が第 1 にあげられる。

イネドロオイムシには遺伝的に γ -BHC の処理能力

(ある意味での無毒化) の高い個体と低い個体とがあり、通常これらが混在しているものと推察される。これが γ -BHC の連用または高濃度使用によって、 γ -BHC の処理能力の低い個体は次々に淘汰され、その混成比率に乱れを生じ、地区別に抵抗性個体群地点・中間個体群地点・感受性個体群地点が分割形成されたものと思う。

このことは、同一市町村内であっても環境条件のわずかな違いによって、抵抗力のある個体群地とない個体群地のあることから類推されよう。

III 今後の対策

北海道では、BHC に対する抵抗性個体群地域が確認された昭和 43 年すでに、「BHC の効果不十分と目された地域では DDT・EPN・NAC・PAP 剤を使用すること、その他の BHC を慣用していて効果のある地域では使用してさしつかえないが、なるべく上記の薬剤に切り替えるのが望ましい」という指導を実施していた。

しかし、BHC の残留問題が起り、今後は水田に DDT・BHC 剤を使用することができなくなり、BHC に対する抵抗性問題対策は必然的に解消した。

昭和 45 年度の各県のイネドロオイムシの防除剤をみると、NAC・PAP・PMP が主として掲げられているが、各道県とも新適用薬剤を鋭意検討中である。この中で、カーバメート系殺虫剤 (ウンカ・ツマグロヨコバイの防除剤) に 2, 3 有望なものが見出されつつあるので、46 年度には登場するものと思われる。

いずれにせよ、BHC の抵抗性問題同様今後使用する殺虫剤も、時間的遅速あるいは程度差があるにしても、やがてはこの問題に直面するであろうから、現在までの知見を参考にしつつ抵抗性個体群出現の予知ならびに解消に努めなければならない。この一手段として、ガスクロマトグラフあるいは液体クロマトグラフなどの分析機器の高度利用による成果が大いに期待される。

もちろん、イネドロオイムシの天敵、捕食虫や寄生蜂などの保護および利用に関する調査研究も必要である。

終わりにあたって、本稿のために私信をわずらわした、北陸農試田村市太郎部長、九州農試守谷茂雄室長に厚くお礼申し上げる。

タネバエ類の薬剤抵抗性とその対策

北海道立中央農業試験場 手塚 浩

はじめに

北海道において農作物害虫として知られているダイコンバエ属の種類は、次の4種である。

- 1 タマネギバエ (加害作物はネギ属)
- 2 タネバエ (加害作物は多科, 主としてマメ科)
- 3 ダイコンバエ (加害作物はアブラナ科)
- 4 ヒメダイコンバエ (同上)

この属の発生加害は北海道全域に及ぶが、ヒメダイコンバエのみは、道東北部に限り発生する。

これらの4種のうち、現在までに塩素剤抵抗性と認められたものは、タマネギバエとタネバエであり、他2者

については、今のところその傾向は現われていない。

戦前におけるこれらの害虫防除は、特効農薬が未開発であったため、ただ耕種的な被害回避にのみ頼らざるを得なかったが、戦後 BHC や DDT の登場により、いちはやくハエ類の防除には BHC の茎葉散布が取り入れられるところとなった。これらの情勢の中で、北海道も他県と同様、各種農薬の適用範囲の拡大試験が続けられ、昭和32年には、ドリン剤による一連の土壤害虫(潜土性)防除法が奨励されることとなった。参考までに当時の関連試験成績を示すと第1~3表のとおりである。

第1~3表の成績を通覧すると、ヒメダイコンバエ単

第1表 作条処理によるタマネギバエ防除試験成績 (中央, 十勝, 北見各農試, 1957)

農薬	アルドリン 4%粉			ディルドリン 4%粉			ヘプタクロル 2.5%粉			BHC 3%粉			リンデン 0.5%粉			無処理
	6	9	12	6	9	12	6	9	12	6	9	12	6	9	12	
札幌	2.5	—	—	0	—	—	3.9	—	—	—	—	—	15.4	—	—	24.2
十勝	10.1	4.0	0.3	6.3	1.5	0.4	6.6	2.5	0.9	16.4	0	0	6.7	7.2	6.1	40.9
北見	4.4	2.9	4.7	3.6	3.0	3.2	1.4	2.9	6.4	—	—	—	8.2	7.7	8.4	22.5

注 数値は被害株率 (3区平均) を示す。施用量は kg/10a 当たり数量。

第2表 作条処理によるタネバエ防除試験成績 (中央農試, 1957)

農薬	アルドリン 2%粉			アルドリン 4%粉			アルドリン 化成 0.6%			ヘプタクロル 2.5%粉						リンデン 3%粉	無処理
	1	2	3	1	2	3	22.4	44.7	67.0	1	2	3	4	5	6		
札幌	21.4	14.6	12.0	13.3	7.3	8.3	34.4	12.5	15.6	16.1	10.4	11.5	10.4	8.8	8.9	78.1	81.8

注 数値は被害株率 (3区平均) を示す。施用量は kg/10a 当たり数量。

第3表 作条処理によるダイコンバエ防除試験成績 (中央, 北見, 根釧, 天北各農試, 1957)

薬剤	アルドリン 2%粉			同 4%粉			ヘプタクロル 2.5%粉			リンデン 0.5%粉			無処理
	6	9	12	6	9	12	6	9	12	6	9	12	
札幌	13.9	—	—	4.4	—	—	2.2	—	—	70.1	—	—	71.3
岩見沢	7.0	4.6	6.3	2.2	7.7	8.3	4.2	1.6	0	—	—	—	16.2
北見	29.0	21.6	26.8	21.8	13.0	10.9	13.0	13.3	6.1	76.2	57.0	50.7	95.9
中標津	64.1	75.3	62.9	62.3	40.7	39.4	33.4	32.0	18.5	96.2	97.4	88.8	86.8
天塩	79.9	84.0	60.7	70.5	62.4	60.4	60.4	39.1	23.8	98.4	94.1	93.9	98.7

注 使用量は kg/10a 当たり数量。

独の試験成績が欠けている。これは第3表にある中標津および天塩がダイコンバエとヒメダイコンバエの混発地帯であり、両種の同時防除では、ヒメダイコンバエの生態、とくに産卵部位の差のため、ドリ剤の作条処理のみでなく、莖葉散布との併用をしなければ効果の安定しないことが判明し、翌年、併用防除が追加指導された。

したがって、この併用防除をも含めると、ダイコンバエ属のハエ類防除は、ドリ剤およびヘプタクロルで完全に体制が確立したと考えられた。

I 抵抗性ハエ類の出現

1 タマネギバエ

北海道のタマネギは早くから有利な作物として知られていたことと、肥沃な沖積地で連作する必要から、札幌、岩見沢、富良野、帯広および北見市周辺の限られた地帯で集約的に栽培されてきた。

一方、タマネギバエは、昭和30年代初期には道東地方の北見、十勝で大発生しており、家庭菜園の「ニラ」も枯れ上がるほどの惨状だったので、作付面積も当該地方では減少傾向を示していた。

このとき前述のアルドリ剤やヘプタクロルの作条処理

法が指導されたので、従来の防除である BHC 莖葉散布に代わって取り入れられたが、昭和34年には既に、北見市の当業者が作条処理の無効を騒ぎだした。

そこで翌昭和35年には、北見農試が現地試験を開始したが、圃場の減収保障などの難問があり、徹底した防除試験が実施できず、防除技術解析不能のまま経過した。また、昭和35年には十勝地方でも、ドリ剤作条処理効果の減退が目立ったため、昭和36年から各農試による連絡試験が始められ、圃場および室内試験で抵抗性有無の検討と新しい防除薬剤の発見が急がれた。

その結果、昭和37年には北見、十勝両農試の圃場試験から、塩素系農薬の土壌処理が明らかに無効に近い効果減退を確認し、代わってリン系薬剤のきわめて有効なことが証明された。その他の農試でも、被害発生が少なく圃場試験では明瞭な結果の現われない場合もあったが、室内の殺虫力検定と合わせ考えると、昭和37年には全道的にほぼ同一傾向を示し、塩素剤の作条処理ではいちじるしく効果の劣ることが推論できた。

この年の成績会議で VC、ダイアジノンおよびベスタン粉剤の作条処理(9 kg/10 a)と EPN 乳剤 1,000 倍液の苗浸漬法が改めて奨励され、ドリ剤は削除された。

第4表 タマネギバエ防除と被害消長(北見、十勝農試、1963)

地帯	薬 剤	施用量 (kg/10a)	被 害 株 率 (累 積)						
			6月11日	6.21	7.1	7.11	7.21	8.1	10.10
北見農試	ヘプタクロル 2.5% 粉	6 9	0 0	10.1 9.9	45.1 45.6	93.5 90.7	98.9 98.4	100 99.5	100 100
	アルドリ剤 4% 粉	6 9	4.5 1.6	10.3 13.5	36.2 47.9	77.1 76.3	93.8 88.9	98.0 96.0	98.0 100
	ダイアジノン 1% 粉	6 9	0 1.5	2.3 13.5	25.4 30.0	37.4 45.3	53.1 53.3	68.3 67.7	93.9 89.3
	VC 3% 粉	9	1.3	3.6	10.6	20.5	26.1	34.3	62.4
	無 処 理	—	0.5	14.9	44.2	88.3	97.7	99.4	100
十勝農試	ヘプタクロル 2.5% 粉	6 9	0.3 0.8	5.6 5.6	22.6 26.4	67.0 62.8	95.6 93.6	98.9 96.7	100 99.6
	アルドリ剤 4% 粉	6 9	0.3 0	7.1 4.1	16.1 10.4	44.9 39.0	83.5 75.0	89.5 83.6	99.7 99.2
	ダイアジノン 1% 粉	6 9	0 0	0.3 0	2.6 1.4	5.3 3.0	10.9 4.8	16.8 8.9	65.3 33.8
	VC 3% 粉	9	0	0	0.3	2.3	4.1	6.7	14.9
	無 処 理	—	1.2	21.3	55.7	88.5	97.8	98.1	100

注 1 数値は3区平均値。

2 調査月日は同一ではないが、2日以内の差の調査日の数値をのせた。

2 タネバエ

本虫も昭和 32 年以來、アルドリンまたはヘプタクロルの作条処理が推奨されてきた。ところがマメ類主産地である十勝地方で防除失敗の例が報じられ、また、タマネギバエと近縁の種でもあるので、昭和 37 年から、北海道農試を初め各道立農試協力のもとにタネバエ防除連絡試験が始められた。

試験設計はまったく同一にし、さきに抵抗性となったタマネギバエに卓効を示した VC を加え、アルドリンとヘプタクロルとともに 3 種の農薬比較試験を重ねてきた。その成績の一部が第 5 表である。

この成績から非常に興味ある事実がわかる。すなわち、昭和 37 年に札幌(北農試)では既にリン剤である VC の効果が卓越しており、塩素剤 2 種は劣っている。渡島の昭和 37 年の成績では判然としないが、昭和 38 年からはまったく札幌と同様な傾向を示した。これにひきかえ、北見と十勝では塩素剤とリン剤間に優劣がなく、とくに北見の昭和 39 年の成績では、リン剤の効果が塩素剤の效果にやや劣っている。

そこで昭和 39 年に、筆者らが道内代表畑作地点数カ所から同一条件下のタネバエ幼虫を採集して、室内で農薬土壌処理試験を試みたところ、実に興味深い結果を得た。

すなわち、塩素剤の効力減退地域が、前述の石狩、渡島地方のほか空知、上川地方まで及び、道東部の十勝、北見地方だけは、なお塩素剤が有効であった。翌昭和 40 年も同様な試験を実施したが、いずれも前年と同様な傾向を示し、新たに抵抗性地域の拡大は認められなかった。

なお、北見地方のみはリン剤より塩素剤の効果が高く、まったく抵抗性出現の徴候がみられなかったが、十勝では塩素剤、リン剤ともに有効であった。したがって現在、北見地方を除く他の地域では、防除薬剤がリン剤を使用するように変わってきている。

前述のタマネギバエの塩素剤抵抗性は、北見、十勝地方に始まり、試験年次的には次第に南部に及んで行ったのに対して、タネバエはまったく逆に道央部で出現して、今なお道東部に及んでいない事実は非常に興味深いことである。

その抵抗性獲得の原因はまだ不明であるが、強いて類推すれば、塩素剤の BHC, DDT の使用量が、畑作地帯の北見、十勝では他の地方より少ないことも考えられ、タネバエの塩素剤に接触する機会がそれだけ少なかったことも理由の一つと思われる。

一方、タマネギバエの場合は集団栽培であるので、どこでも防除が徹底しており、とくに BHC 剤などの茎葉散布を共同で実施し、地帯的な差を生ぜしめなかったのではなかろうか。

II 抵抗性検定

近年わが国においても農作物害虫の抵抗性に関する報告が多くなっているが、タネバエおよびタマネギバエの抵抗性については、海外を除くと北海道が最初である。

昆虫の農薬抵抗性に対する標準試験方法は、局所施用法、ろ紙法、浸漬法、内壁塗布法ならびに土壌処理法の 5 種が提案されている。筆者らはタネバエについて若干検討を試みたが、野生のタネバエ大量採集では同定のわずらわしさを考えると幼虫採集が最も合理的であり、入

第 5 表 各地におけるタネバエ防除の年次別成績 (連絡試験)

処 理 区 分	施 用 量 (kg/10 a)	札 幌			渡 島			北 見			十 勝		
		昭37	38	39	昭37	38	39	昭37	38	39	昭37	38	39
ヘプタクロル 2.5%粉剤	1	67	88	98	23	49	77	49	23	48	29	6	13
	3	58	92	100	7	53	75	33	17	35	27	7	10
	5	35	86	88	9	41	74	32	21	23	22	8	13
アルドリン 2.5%粉剤	1	74	90	99	24	68	76	34	23	40	31	7	16
	3	56	81	96	8	62	65	31	21	34	23	7	8
	5	37	69	72	8	39	66	24	22	38	30	6	8
VC 3%粉剤	1	27	35	45	7	28	42	53	28	70	33	12	13
	3	24	27	31	4	14	23	40	22	57	28	11	8
	5	11	25	25	3	13	15	27	25	48	23	8	12
無 処 理	—	90	94	99	24	76	81	89	57	97	50	44	98

注 数値は被害率で、3 区平均値を示す。

成虫は魚粕誘引、播種後約 20 日で全株掘取り、供試作物：インゲン「大手亡」。

手した幼虫をただちに検定する方法としては、幼虫の生態に最も近い土壌処理法が当を得ていると考えられる。

標準土壌処理法では均質な土壌の準備が必須条件とされているが、簡易な効果確認を目的としたので、十勝農試圃場の有機物や肥料の混入していないと思われる地下約 50cm の心土（乾性火山灰土、土壌水分約 20%）を採土して風乾して用いた。標準法では土壌の乾熱殺菌を条件としているが、タネバエ幼虫飼育では無菌飼育の結果が良くないことが知られているので、あえて殺菌処理はしなかった。また、土壌処理では土壌水分や餌の種類による殺虫効果の変動も良く知られているが、土壌水分は 15%、餌としてはインゲンの催芽種子や種子粉砕片で十分と思われる。事実実験結果では無処理区の死虫率は常にきわめて低かった。

幼虫の土壌処理による産地別の殺虫率は、従来行なわれてきた圃場試験の結果と、その傾向はまったく一致した。しかし、これらの実験では薬剤の処理位置を土壌表面と土壌中とで比較すると大差があり、餌が薬剤と接触していると幼虫忌避効果がみられ、また、蛹化数も異なってくる。この実験には、産地別の幼虫虫令を単に採集条件の統一で揃えたため令期統一はまったく不完全であるが、一方、圃場における試験の環境条件の差は除去しうる利点もあるので、十分注意して実施するならば効果比較試験の室内検定として利用しうるものと考えられる。

以上のことは虫体浸漬法でも同様であって、幼虫を供試する場合は累代飼育して令期統一を計らなければ多くを期待できない。

昭和 41 年には、夏期に採集した幼虫を飼育して、大量の成虫を得たのでヘプタクロル原体による局所処理を行なった。方法はほぼ標準法にならったが、麻酔はエーテルを用いた。

結果は無処理（アセトン）の死虫率が各産地とも 2.0%以下であり、エーテル麻酔の悪影響は少なかったもの

と思われる。しかし、大野産の場合は反復せず 1 区 10 頭のみであったためか全般的に死虫率が低く、濃度別の分散も少なかった。したがってこの結果のみで各地の個体群の LD_{50} を確定するのは早計であるが計算の結果、最低の訓子府に対して LD_{50} レベルが芽室で 7.6 倍、旭川が 36.9 倍、札幌が 42.5 倍、大野が 487 倍を示したので、訓子府（北見）および芽室（十勝）産のタネバエに対して、その他の地帯（上川、渡島）産のものは抵抗性個体群であると認めることができよう。翌昭和 42 年にも局所用法で産地別に検定したがほぼ同様な結果を得た。

III 実用防除法

タマネギバエは既に全道的に塩素剤抵抗性となっているが、幸いにして多くの有機リン剤が有効である。現在は、道の防除基準に粉剤の移植時作条処理と苗の葉液浸漬が採り上げられ、とくに作業に便利な浸漬法が普及している。

しかし、移植時処理だけでは残効に多くは期待できず約 1 カ月とみるのが妥当のようである（第 4 表参照）。実際にはこのころから殺菌剤の散布が必要であり、殺虫剤との混合散布が通例となっている。

タネバエは、今でも道東部は塩素剤感受性で、その他の地帯は抵抗性である。したがって道の防除基準には各種の薬剤がのせられ、地帯別に選択している。タネバエの場合も作条処理は作業上不可能であり、総合播種機の種子タンク内に薬剤を混合して施用する向もあったが、均一散布は至難である。そこで農薬添加肥料が出回り、一応の成果を収めているが、現今のような多肥栽培では肥料と種子を離して施用するので、防除効果の万全は期しがたい。

最も簡便な方法として種子粉衣法がある。従来もアルドリンやヘプタクロルと殺菌剤の混合剤が市販されていたが、マメ類の乾燥種子に付着させる粉剤の量は、最高で種子重量の 0.3% ほどであるから、投下成分量は作条処理（3 kg/10 a）に比較してかなり少なくなる。タネバエの塩素剤抵抗性の問題が起きてから、VC と TMTD の混合剤も開発された。いずれにしても粉衣剤は付着量に注意を払えば作条処理に劣らない成績を示していることと簡便なことから最も普及している方法である。

第 6 表 ヘプタクロルに対するタネバエの薬量致死率
回帰方程式（局所用法）

産地	回帰方程式	LD_{50} (1 頭当たり)
大野	$Y = 4.38146 + 0.71805 (X - 2.09572)$	0.00900601
札幌	$Y = 4.69789 + 1.01223 (X - 1.59722)$	0.00078646
旭川	$Y = 4.7875 + 1.17377 (X - 1.65348)$	0.00068269
訓子府	$Y = 5.78382 + 1.22112 (X - 0.90891)$	0.00001849
芽室	$Y = 5.16918 + 1.17092 (X - 1.29772)$	0.00014230

昆虫における殺虫剤の解毒

理化学研究所昆虫薬理研究室 深見 順一

はじめに

昆虫における殺虫剤の解毒については、すでにいままで数多くの解説がなされており、本誌にも特集“農業の作用機作 (1962)”の中で、また、宍戸・深見 (1964) および齊藤 (1966) によってこの項目の総説がなされている。そこで筆者はこれらの総説以後さらに明らかにされた数多くの研究を紹介してゆきたい。

I 解毒酵素の推定

農業の2次的影響、とくに農業の毒性を軽減していくためには、安全でまたより特殊性を持った病害虫の防除剤を開発する必要がある。選択性を持った毒性化合物の開発研究、すなわち農業の選択毒性の研究もその一つの方法である。このような研究はまた自然の中で、現在使われている農業に対して、急速に抵抗性あるいは耐性を生じつつあるような病害虫を防除することに対しても必要となる課題である。生物間において示される毒性の差は薬物の生物体における代謝系の質的な差や量的な差による場合が多い。そしてこの代謝は普通酵素に由来しており、この酵素による代謝の結果—農業の活性化、解毒など—が表面に現われて選択性および抵抗性の幅を作るものと考えられる。一般に殺虫剤が体内に入って第1段階において遭遇する代謝系は酸化、還元、加水分解であり、続く第2段階としては抱合解毒である。これら代謝系の解明によって選択および抵抗性の生化学的メカニ

ムに関係し、かつ生理的に重要な機能を持っている数多くの酵素群がみつかつてきている。また、これらの酵素群を特異的にアタックする共力剤や殺虫剤すなわち選択性を持つ毒性化合物も発見されてきている。ここでいままで報告されてきた殺虫剤抵抗性昆虫の解毒酵素とこれを特異的にアタックする薬物を第1表にまとめてみる。この表にあるようにマラソン抵抗性イエバエやカなどにあってはカルボキシエステラーゼ活性が増加するが、この活性をおさえるものに TOCP や EPN が知られている。これら薬物をマラソンに混合すると抵抗性昆虫に顕著な共力作用が示される (PLAPP ら, 1961)。また、イエバエの DDT 抵抗性昆虫では、DDT 脱塩酸酵素活性が増強し、これが抵抗性の原因であると考えられており、この時は DMC や Antiresistant (第1表参照) がこの酵素を阻害することから、これらを混合することによって DDT 抵抗性昆虫を殺すことが可能となる (LIPKE & KEARNS, 1960)。また、チトクローム P-450 を介するミクロゾーム内の薬物酸化酵素 mixed function oxygenase が抵抗性の原因であると考えられるいろいろな殺虫剤について、メチレンジオキシフェニール化合物 (MDP) がこの酵素を阻害することから、やはり、これを混合することによってこれら抵抗性昆虫を殺すことが可能である (SUN & JOHNSON, 1960)。

この表を使えば、ある種の殺虫剤を昆虫に作用させたとき、その昆虫体内の代謝バランスにおいてどの代謝系が機能的に重要であるか、また、抵抗性の生化学的メカ

第1表 各種殺虫剤抵抗性に対する共力剤の効果

共 力 剤	共力効果を示す薬剤	共力効果に関係する酵素
DMC ¹⁾ , BST ²⁾ WARF-Antiresistant など ³⁾	DDT	DDT 脱塩酸酵素
ピエロニルプトキサイド, スルホキサイド, Sesamex Propyl isome などのメチレンジオ キシフェニール化合物 (MDP)	ピレトリン, Co-Ral, ダイアジ ノン, イソラン, セビン, Isopropyl-, Isoproxy-N-methyl- carbamate, DDT, ロテノン, ナ フタレンなど	mixed function oxygenase
EPN, TOCP ⁴⁾	マラソン	カルボキシエステラーゼ
n-プロピルパラオクソン	パラオクソン, ダイアゾオクソン	アリエステラーゼ

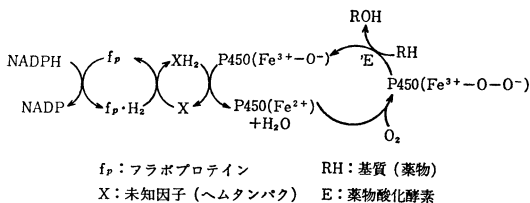
1) bis-(*p*-chlorophenyl) methyl carbinol, 2) 4-bromobenzene sulfonotoluidide
3) *N,N*-dibutyl-*p*-chlorobenzene sulfonamide, 4) Tri-ortho-cresyl phosphate

ニズムにおいてどの代謝系—すなわちどの酵素系が重要であるか、ある程度まで判断できるわけである。すなわちもとの殺虫剤にこれらの共力剤を組み合わせて共力効果が現われた場合、たとえば MDP が有効であれば、昆虫体内で酸化酵素が解毒酵素として機能的に重要な役割を果たしていると推定するようなものである。続いて個々の事例を上げて説明していく。

II 一般的な事例

1 酸化 (ミクロゾーム内の薬物酸化酵素について)

第1表でも明らかなように mixed function oxygenase による殺虫剤の代謝が数多く報告されていることに気がつかれると思う。この酵素は哺乳動物の肝ミクロゾームにおいて NADPH と酸素の存在下で酸化する酵素系とチトクローム P-450 が関係していることが明らかにされている (第1図)。



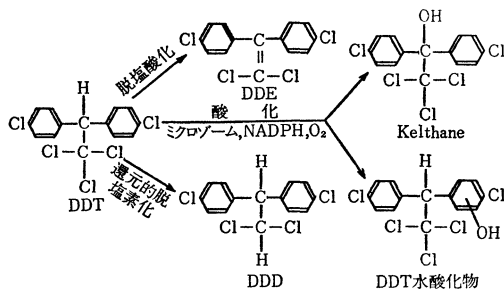
第1図 薬物の酸化酵素系の反応連鎖

すなわち非特異的な NADPH 脱水素酵素によりフラボプロテインが還元され、この水素は続いてヘムタンパク質に移される。ヘムタンパク還元型の酸化型への変化に共転して P-450 は還元型となる。この還元型 P-450 は分子状酸素と反応して酸素化 P-450 となる。この酸素化 P-450 の1原子の酸素は薬物酵素の存在下で薬物に与えられる。したがって NADPH の酸化によって分子状酸素の1原子の酸素が薬物に、1原子が水分中にはいるわけである。薬物酸化酵素のおもな代謝型式としては、(1) アルキル側鎖の酸化、(2) 芳香環の水酸化、(3) 非芳香環の水酸化、(4) N-アルキル化合物の脱アルキル化、(5) O-アルキル化合物の脱アルキル化、(6) アミノ基の酸化、(7) イオウの酸化、(8) S と O の交換反応などが知られている。

(1) 昆虫体内における役割

薬物酸化酵素の昆虫体内における機能的役割については、1965 年以降活発に研究がなされており、第1表でも示したように各種殺虫剤の抵抗性や選択性に関与していることが明らかにされるにいたった。DDT 抵抗性昆虫における脱塩酸酵素は哺乳動物の肝臓を初め、抵抗性イエバエ (LIPKE & KEARNS, 1960) およびカ (KIMURA

& BROWN, 1964) から純化されそれぞれの性質が調べられている。初めこの酵素は DDT の解毒や DDT 抵抗性の生化学的メカニズムを説明するただ一つの酵素として考えられていた (LIPKE & KEARNS, 1960)。しかしながら同じ DDT 抵抗性イエバエの中でも、きわめて脱塩酸酵素の低い系統が存在することが認められていた (OPPENORTH, 1965) (第2表参照)。DDT の代謝における DDE への脱塩酸以外の DDT の可能な代謝経路としては最初塚本 (1959, 1960) によってショウジョウバエの DDT 抵抗性系統において認められた酸化過程である。この系統では DDT が水酸化物、すなわち Kelthane に代謝されることがわかった (第2図)。



第2図 DDT の代謝

同じような水酸化物が感受性および抵抗性イエバエ、チャバネゴキブリ成虫 (AGOSIN et al., 1961) およびサシガメの1種 (DINAMARGA et al., 1962) においても分離された。これら *in vivo* の実験と比較して代謝に係る酵素系については哺乳動物の肝臓 (MORELLA, 1965), チャバネゴキブリ成虫 (AGOSIN et al., 1961) のミクロゾームに存在することがわかり、その酵素活性を増強するためには NADPH および酸素を必要とすることが報告された。この結果はこの酵素が典型的なミクロゾーム分画の mixed function oxygenase であることを暗示している。しかし、このミクロゾームの酸化酵素によって得られた代謝は *in vivo* の場合と違って Kelthane か、核の水酸化からなるフェノール性の代謝物かは同定できなかった。しかし、最近になりこの代謝物が kelthane であると同定された (塚本・CASIDA, 1967; GIL ら, 1968) が、一方、これを否定している実験報告もある (OPPENORTH & HOUX, 1968)。

もし DDT の酸化過程が、DDT 抵抗性および選択性の生化学的メカニズムに重要な機能を持っているならば、この酸化過程に係るミクロゾームの薬物酸化酵素を阻害する SKF-525 A や MDP が DDT 抵抗性イエバエや DDT の効かないある種の昆虫に対する共力剤

としての効果が存在するものと考えられる (MORELLO, 1950)。これらの結果から OPPENOOTH (1965), OPPE-
NOOTH & HOUX (1968) および GIL ら (1968) は脱塩
酸酵素の低い DDT 抵抗性系統 FC-straine について第
2表に示すような観察を行なった。この表でも明らか
なように FC-straine は Sesamex (MDP の1種) と DDT
の混合薬剤では完全に死滅するが, DDT 脱塩酸酵素阻
害である F・DMC (第1表参照) では影響されない。そ
してこの系統は酸化酵素の活性が強いが, 反対に脱塩酸
酵素の弱いことがわかった。一方, 従来の脱塩酸酵素の
強い系統 L-straine では, F・DMC で抑えられるが,
Sesamex では効果がない。この結果は DDT 抵抗性イ
エバエにおいて脱塩酸酵素が抵抗性の唯一の生化学的メ
カニズムであると考えられていた結果と比較して, FC-
straine では酸化酵素が抵抗性の生理機能に対して重要
な役割を果たしており, 脱塩酸酵素は重要な意義を持
っていないことを示している。これと類似した結果とし
ては, DDT に強い抵抗性を示すカの幼虫による ¹⁴C-DDD
(DDT の脱塩素化物) の代謝における *in vivo* の実験で,
FW-152 (DDD の酸化物) および極性の高い代謝物が見
つけられている (PLAPP ら, 1965)。

第2表 DDT 抵抗性イエバエの各種性質

処 理	24時間死亡率		
	感受性 系 統	抵抗性系統	
		Ns	Fc
DDT(0.25 γ)	50	0	0
DDT(10 γ)	—	0	0
DDT(1 γ) + F・DMC(1 γ)	—	0	95
DDT(5 γ) + Sesamex(10 γ)	—	98	5
DDT(0.25 γ) + Sesamex(20 γ)	—	95	—
解毒酵素活性 DDT 脱塩酸酵素*	50	452	2250
ミクロゾームにおける 酸化酵素** +NADPH	5	50	5
-NADPH	—	2	—

* m μ moles DDE/mg・タンパク,

** 解毒量, %

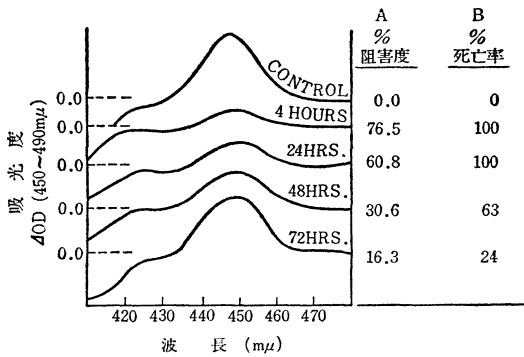
以上のように DDT 抵抗性昆虫のメカニズムにおいて
酸化酵素の生理的重要性が解明されてきたが, 他の殺虫
剤においても, 酸化が解毒反応において生理的に大きな
役割を示すと考えられるものが数多くある。代謝時に
おいて芳香環, 非芳香環の水酸化が見られるロテノン,
ナフタレンや側鎖アルキル基の酸化が行なわれるメオバ
ール, アレスリン, ロテノン, ダイアジノン, DDT, N 脱
アルキルを伴うセビンやシュラーゲン, アルコール, ア

ルデヒドの酸化によって代謝されるセビン, ニコチン,
ロテノン, メオバール, アレスリンなどがある。一方,
上記ミクロゾームの酸化酵素が各種殺虫剤の酸化に大
きな役割を示すものと考えられる以外に METCALF ら
(1966) および ABD-EL-Aziz (1966) はカーバメートの
酸化代謝に関係する酵素はフェノールオキシダーゼで
あると仮定している。一例を上げてみるとセビンの LD₅₀
(γ /g) の値はイエバエ 900, チャバネゴキブリ 133, ミ
ツバチ 2.3, ネズミ 540 である。周知のようにミツバチ
および他の膜翅目はいろいろな種類のカーバメートに対
する感受性が強く, 解毒作用が弱いものと考えられる。
これを裏書する実験結果としては, セビンのピエロニル
プトキサイド (MDP の1種) による共力効果は, イエ
バエでは 72 倍であるが, ミツバチでは 2.9 倍である。
ABD-EL-Aziz (1966) はハチのホモジェネートのクレ
ジラーゼ活性はイエバエと比較してもきわめて弱いとい
っている。雌に対する雄のイエバエのピレトリンおよび
シネリンの LD₅₀ は約 2 倍であるが, これはカーバメ
ートの相対的感受性とも一致している。このときもフェ
ノールオキシダーゼの値は雌のほうが大きい。しかし, こ
の酸化酵素のフェノールオキシダーゼ説については疑が
もたれている (塚本, 1969; KUHR, 1969)。

(2) チトクローム P-450 の機能

薬物の酸化酵素は酵素系とチトクローム P-450 (cyt.
P-450) が関係していることが明らかであるが, 殺虫剤
抵抗性や選択性において cyt. P-450 含量とそれら酵素
の生理的性質との関係についても吟味されている。す
で昆虫において cyt. P-450 が存在することはイエバエ
(LEWIS ら, 1969; RAY, 1967) およびワモンゴキブリ
成虫の中腸および脂肪体ミクロゾーム (深見ら, 1969)
で報告されている。PERRY (1970) はダイアジノン, プ
ロラン, DDT, デイルドリンおよび各種殺虫剤に対す
るイエバエの腹部ミクロゾームの cyt. P-450 含量を測
定した結果, 明らかに抵抗性のものは多く, また, 飼料
に砂糖だけで飼育したものとミルクで飼育したものとを
比較すると cyt. P-450 の含量は後者のほうが多く, 食
性の相違による殺虫率の相違とよく平行していることを
発表している。カーバメートのイエバエに対する殺虫率
は, 羽化直後および羽化 15 日を経過した老熟成虫と羽
化 5 日目の成虫を比較すれば, 前者はきわめてカーバ
メートに敏感であるが, 後者はあまり効かない。各 stage
のイエバエコリンエステラーゼ活性とカーバメート剤
の親和性とは相違が見られなかった (GREEN & DO-
ROUGH, 1968) が, cyt. P-450 の含量は羽化直後では少
なく成熟するとともに含量が増加して行くことが認めら

れた。ロテノンの選択性においてもゴキブリの cyt. P-450 含量はラッテの 1/7 である (深見ら, 1969)。一方, MDP は cyt. P-450 含量を明らかに低下させ, それと同じに Baygon との共力効果を増強させている (PERRY, 1970) (第 3 図)。



A : ピエロニールプトキサイドをイエバエに作用させたときの cyt. P-450 含量と時間の関係

B : 前処理したピエロニールプトキサイドと Baygon との共力効果

第 3 図 チトクローム P-450 含量と共力剤 (MDP)

また, DDT 脱塩酸酵素阻害剤 DMC および Anti-resistant, WARF は cyt. P-450 を低下させない。哺乳動物の肝, 副腎のミクロゾーム酸化酵素を特異的に阻害

する SKF-525 A はイエバエおよびゴキブリ脂肪体の cyt. P-450 含量を低下させ, ある程度カーバメート殺虫剤の共力剤としての効果を示した (深見ら, 1969; PERRY, 1970)。

(3) Natural Inhibitor との関係

哺乳動物の肝ミクロゾームにおける薬物の酸化酵素の研究は, GILLETTE (1963) により始まり数多く報告されている。また, 各種殺虫剤のミクロゾームによる代謝もほとんど哺乳動物の肝臓が用いられている。昆虫での酸化代謝の研究の遅れた原因としては, ミクロゾーム分画を作るのに昆虫全体を使用したり, 昆虫の臓器別でも上清とミクロゾームを一緒にしたホモジェネートを使用したために, NADPH やその他の補酵素が加えられても in vitro における酸化代謝の反応がうまく進行しなかったためといえる。上記 PERRY (1970) の実験でもイエバエの腹部ミクロゾームを使用し, 全体を使用していない。全体のミクロゾームでは cyt. P-450 は観察されない。これは第 3 表に示すように昆虫には Natural Inhibitor というものが存在し, これを取り出し哺乳動物の肝ミクロゾーム酸化酵素に加えてやるとこの酵素が抑制されることがわかってきた。ワモンゴキブリ, ヨトウムシの中腸あるいはイエバエ頭胸部にもこの Natural Inhibitor が存在していることがわかり, 昆虫のミクロゾームにおける薬物酸化酵素を測定するのにこれら Natural Inhibitor を取り除かなければ測定が不可能であり,

第 3 表 ミクロゾーム-NADPH 系による各種殺虫剤の水酸化に及ぼす Natural Inhibitor について

殺虫剤	組み合わせ	分布	性質	引用文献
<i>N, N</i> -dimethyl <i>P</i> -Nitrophenyl Carbamate	イエバエ全体 × ラッテ肝	→15,000~ 6,600 g	透析により失活せず, 熱に安定性 水溶性	MATHEWS & HODGSON (1966)
Baygon	イエバエ頭胸部 × イエバエ腹部	→核, 夾雑物 600 g 以下	エーテル可溶	塚本 & CASIDA (1967)
<i>P</i> -Nitrotoluene	パッタ脂肪体 × ラッテ肝	→10,000 g 以下	アルブミンにて活性化	CHAKRABORTY ら (1967)
アルドリン	イエバエ全体 × ハト肝	→100,000 g 上清	チロシン + チロシナーゼ?	LEWIS ら (1967)
ロテノン ダイアジノン チオメトン	ゴキブリ中腸 × ラッテ, コイ肝, ゴキブリ脂肪体	→105,000 g 上清	分子量 6,000~15,000 タンパク性物質	深見ら (1969)
アルドリン	ヨトウムシ幼虫中腸 × ヨトウムシ幼虫中腸	→105,000 g 上清	分子量 26,000 タンパク分解酵素	KRIEGER & WILKINSON (1970)
アルドリン	オオタバコガ幼虫全体 × オオタバコガ幼虫全体	→105,000 g 上清	フェノールオキシ ダーゼ	WILLIAMSON & SCHECHTER (1970)

また、増強剤として bovin serum albumin を加える必要があることもわかった (塚本・CASIDA, 1967)。この Natural Inhibitor の性質については、細胞分画において 600 g 以下か 105,000 g 以上というような極端な分布を見ている。600 g 以下の Natural Inhibitor では脂肪酸が原因であるという説がある (塚本・CASIDA, 1967)。一方、105,000 g 以上の Natural Inhibitor ではヨトウムシの中腸に存在しており分子量 26,000 で1種のタンパク分解酵素であると推定されており、イエバエ、コオロギ、チャイロコメゴミムシダマシの成虫に多く存在している。しかし、ゴキブリでは少ない (KRIEGER & WIEKINSON, 1970)。一方、分子量 6,000~15,000 でタンパク性のゴキブリ中腸の Natural Inhibitor は、カイコ幼虫の中腸、カブトムシ幼虫の前腸、ニカメイチュウ幼虫全体には存在していない (深見ら, 1969)。また、オオタバコガ幼虫全体ではフェニルチオウレアを加えると酸化酵素が抑制されないことから、Natural Inhibitor はフェノールオキシダーゼであると推定されている (WILLIAMSON & SCHECHTER, 1970)。

(4) 薬物酸化酵素活性の誘導形成

哺乳動物に対するバルビツール酸の連続投与によっておこる薬物の耐性機構は肝ミクロゾームにおけるバルビツール酸の水酸化代謝が亢進するためである。このように各種薬物による肝ミクロゾームにおける薬物酸化代謝活性の増加を誘導形成 (Induction) と名付け、活性を高める薬物を酵素誘導体 (enzyme inducer) と呼ばれている。殺虫剤によるミクロゾーム酸化酵素活性の増強も多く報告されている。inducer として知られる殺虫剤は DDT, BHC および環状ジエン化合物など塩素系殺虫剤がおもである。昆虫の領域でも FC-strain (DDT 抵抗性イエバエ) (第2表参照) に前もって徐々に DDT を加えて、誘導形成を試みたところ酸化酵素の活性が高まり、DDT の解毒が増強し極性の高い代謝物が増加した (GIL ら, 1968)。一方、OPPENOTH (1968) はこれに対して否定的である。最近フェノバルビタールを前もってチャバネゴキブリ、抵抗性イエバエに投与し、誘導形成を試みたところ、明らかに DDT に効かなくなった例がある (田付・正野, 未発表)。また、DDT, フェノバルビタールをイエバエ、ゴキブリに前処理したが、カーバメートの効果は変わらないという報告もある (MEKSONGEE ら, 1967)。一方、ハチミツガの幼虫に経口的にクロロサイクロジイン、フェノバルビタール、アミノピリンを前処理した場合には、パラチオンの LC_{50} は低下した (AHWAD, 1969)。

2 加水分解

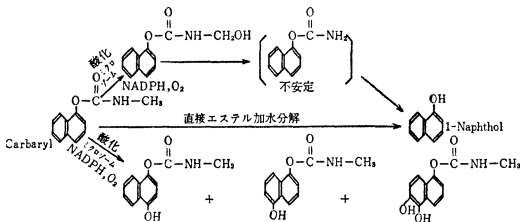
この型式によって分解される殺虫剤はほとんど有機リン殺虫剤であり、分解に関する酵素は以前にはリン酸エステル加水分解酵素あるいはエステラーゼと称せられていたが、今日では本体が明らかにされ、エステラーゼ、トランスフェラーゼ、“いわゆる酸化酵素”の3種が知られている。このほかマラソン、アセチオンのように分子内にカルボキシエステル結合あるいはジメトエートのようなカルボキシアミド結合を持つ殺虫剤はそれぞれカルボキシエステラーゼあるいはカルボキシアミダーゼと呼ばれる酵素が関与する。

(1) エステラーゼ

マラソン抵抗性や選択性の原因にはカルボキシエステラーゼ活性が関係している。ツマグロヨコバイ抵抗性において高活性エステラーゼが観察された (小島ら, 1963; 尾崎, 1965; 笠井・荻田, 1965)。この高活性エステラーゼは β -ナフチルアセテート、メチルプチレートやトリブチン、フェニルアセテートなどの多くの基質を加水分解することができる。したがって、ツマグロヨコバイのマラソン抵抗性の生化学的メカニズムは、マラソンの化学構造中に含まれるカルボキシエステルを加水分解し、マラソンが無毒のものとされるためかもしれない。TOCP や EPN やそれ自体はほとんど殺虫効果を持たない有機リン酸エステルをマラソンと混合すると抵抗性の昆虫に対して顕著な共力作用を示す (PLAPP ら, 1965)。パラチオン、ダイアジノン、マラソン抵抗性イエバエの特長は、リン化合物の活性体であるパラオクソン、ダイアオクソン、マラオクソンを分解する酵素が抵抗性の系統に存在し、この解毒力と抵抗性が関連づけられている。抵抗性系統にみられる各種オクソン分解酵素の基質特異性を調べた結果、*n*-プロピルパラオクソンによって強く阻害されていることが認められている (OPPENOTH, 1961)。これは *n*-プロピルパラオクソンを共力剤として薬剤処理を行えば、抵抗性系統イエバエの解毒酵素阻害により抵抗性因子を取り除きうる可能性を示唆するものである。

有機リン剤抵抗性昆虫において問題となっている点は、mutant アリエステラーゼ活性である。この酵素 (メチルアセテートを基質とする) はパラチオン、ダイアジノン抵抗性イエバエにおいて抵抗性系統であるのかによって低く、これは抵抗性の遺伝子がそれに関係する酵素タンパクを修飾した結果であると考えられる (OPPENOTH, 1959)。この酵素はカーバメートの代謝とも関係があり、イエバエ、チャバネゴキブリ、サシガメの1種における ^{14}C -セビン代謝で、Sesamex との共力効果

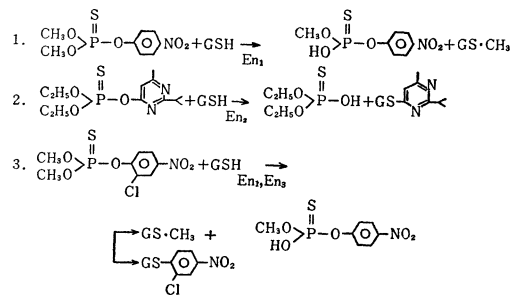
において差があり、効果の少ないものほど代謝物は少なかった。第4図に見られるようにセビンの代謝には、核水酸化、脱アルキル化などの酸化代謝以外に明らかに加水分解の過程があり、代謝のバランスの上でどちらが大きな役割を占めているかはそれぞれの昆虫において相違している。PLAPP ら (1964) は、イソランに対して 28 倍の抵抗性を持つイエバエの抵抗性は、アリエステラーゼ活性が感受性のものと比較して半分に落ちていることを報告した。遺伝子解析によりイソラン遺伝子と低活性アリエステラーゼは遺伝的に同じ位置にあり、抵抗性系統は mutant アリエステラーゼによって支配されている。その結果おもな代謝経路は加水分解であると推定されている。この結果は有機リン剤抵抗性の場合とよく似ている。しかし、一方、GEOGHIOU (1965) はこれは一般式でなくイソランに対して 8 倍の抵抗性を持つイエバエはかえて 1.3 倍ないし 1.5 倍もアリエステラーゼ活性が強かったことを報告している。



第4図 Carbyaryl (セビン) の in vitro における代謝

(2) “いわゆる酸化酵素” およびトランスフェラーゼ
 前述のように有機リン酸エステル加水分解に関する酵素はエステラーゼ以外に最近にはパラチオンから直接 *o, o*-dialkyl phosphorothioic acid を作るリン酸エステル結合開裂による解毒反応が、奇妙なことにはイエバエおよびラッテ肝臓ミクロゾーム-NADPH 系のような 1 種の “いわゆる酸化酵素” によって、活性化反応と同時に起こることがわかってきた (中津川 & DAHM, 1967)。また、深見・安戸 (1966) はメチル系有機リン殺虫剤の代謝において、ニカメイチュウ幼虫、カブトムシ幼虫およびゴキブリ成虫のホモジエネート上清において、alkyl phosphate bond を開裂する加水分解酵素は還元型グルタチオン (GSH) を要求する 1 種のトランスフェラーゼであることを示した。昆虫における有機リン酸

エステルの代謝において、この二つの加水分解酵素は、活性化反応とのバランスの証明を決定するのにその重要性は少ないかもしれない。しかし、少なくとも将来有機リン剤の解毒を考えるのにエステラーゼはもちろん “いわゆる酸化酵素” およびトランスフェラーゼについても考慮を払わなければならない。最近トランスフェラーゼについてワモンゴキブリ脂肪体の上清において次の三つの型のトランスフェラーゼが見つかった (安戸・深見, 未発表) (第5図)。興味あることはすべてこれらの酵素はグルタチオンを補酵素としている。DDT の脱塩酸酵素はグルタチオンを必要とし、また, gammexane および pentachlorocyclohexanes の解毒にはグルタチオンを必要とする (CLARK ら, 1969)。これらの酵素は有機リン剤のトランスフェラーゼと同じく上清画分に存在している。抵抗性イエバエの DDT 脱塩酸酵素と γ -BHC を代謝する酵素とはいろいろな性質が似かよっている (石田, 1967)。この脱ハロゲン化酵素とグルタチオン-S-アリルトランスフェラーゼとの同一性についてコガネムシの幼虫 (*Costelytra zealandica*) や抵抗性イエバエを使って論議され、数多くの似かよった点があるが、まったく同一であるという結論は得られていない (BALBASKARAN & SMITH, 1970)。一方、第5図に示すような各種有機リン剤におけるグルタチオン・トランスフェラーゼの同一性については現在実験中であるが、イソクロルチオンにおけるトランスフェラーゼの一つは明らかにグルタチオン-S-アリルトランスフェラーゼであることから、DDT, γ -BHC および有機リン剤の解毒において同じ酵素が働いているか否かを検討することは今後の問題として興味深い点である。



第5図 有機リン剤におけるグルタチオン抱合について

殺虫剤抵抗性の発達に及ぼす環境要因の影響

高知県農林技術研究所 桐谷 圭治・川原 幸夫

はじめに

DDT, BHC に始まる有機塩素剤, 有機リン剤など合成殺虫剤の登場は, それまで困難視されていた多くの重要害虫の防除を可能にした。その結果サンカメイチュウ, イネクロカメムシなどによる被害はほとんどみられなくなった。しかし, 反面, ツマグロヨコバイは DDT, BHC, パラチオンの登場とともに増加傾向を示し, イネウイルス媒介虫として西日本一帯では今日なお重要害虫の一つとして王座を占めている。他方, 果樹害虫でも, コナジラミ類, ミカンバエなどは急激に減少したが, カイガラムシ, アブラムシ類, なかでもハダニ類は一層増加し, ヤノネカイガラムシとともになお重要害虫である。

ツマグロヨコバイやハダニ類のような潜在害虫の害虫化はいずれもその天敵, 競争種が殺虫剤によって減少しそれまで保たれていた自然の平衡の破壊が原因しているものと考えられる。また, これら農薬の落とし子は繁殖力も大きく薬剤抵抗性の発達においても現在最も問題の種類が多い。

BROWN (1966) によれば 1945 年には世界でただ 1 種アカイエカの DDT 抵抗性が報告されたのみであったが, 1962 年には 150 種, 1965 年には, 農業・衛生害虫を含めて抵抗性の発達した種類は約 200 種に達している。わが国においても 1954 年ハダニ, モンシロチョウの DDT 抵抗性, 1961, 1962 年にはニカメイチュウのメチルパラチオン, ツマグロヨコバイのマラソン抵抗性, 1965 年にはニカメイチュウ, イネドロオイムシの BHC 抵抗性などが報告されている。このように潜在害虫の害虫化, 害虫の薬剤抵抗性の出現はいずれも農薬の乱用による農薬と害虫の悪循環の典型的な問題である。

なお, 害虫の殺虫剤抵抗性とは遺伝的なものをさすが, ここでは抵抗性を広義に解釈し, たんに薬剤に対する感受性の低下, すなわち耐性もふくめて論議することをあらかじめおことわりしておく。

I 抵抗性の発達条件と速度

害虫の殺虫剤に対する抵抗性発達は基本的にはまず (1) 抵抗性遺伝子を個体群内にもっているかどうか, (2) 抵抗性遺伝子の頻度, (3) 淘汰圧の強度, 淘汰期間,

個体群が淘汰にさらされた割合, (4) 抵抗性遺伝子の性質(優性, 劣性), 遺伝子が他の殺虫剤に対し交差抵抗性をもつかどうかも重要な要素となる。なお, 抵抗性遺伝子が劣性のときには heterozygous も淘汰されるため抵抗性の発達速度はおそくなり, 長期の潜在期があるのが通常である (KEIDING, 1967)。逆に優性の場合には急激に発達する。前者は DDT 抵抗性などにみられる型であり, 後者はディルドリン, BHC 抵抗性によくみられる。一般的には有機リン剤抵抗性の発達は一番おそいといわれている (BROWN, 1966)。他方, 抵抗性遺伝子が個体群内に存在せず, また, 突然変異によって新しく生じないとすれば, その個体群はいくら殺虫剤で淘汰しても抵抗性は発達しない。たとえば東アフリカのハマダラカ個体群はディルドリン抵抗性遺伝子をもたないと報告されている (MACDONALD, 1959)。

MACDONALD (1959) は抵抗性遺伝子が優性かつ抵抗性系統の生存価は感受性系統の 10 倍あるものと仮定したとき, 初期頻度 1% の場合でも 5 世代後には 75% になることを示し, ハマダラカを例にとれば薬剤散布後 2~3 カ月で抵抗性を獲得することになる。他方, 抵抗性遺伝子が劣性, 抵抗性の生存価は 10 倍と仮定したとき, 初期の抵抗性遺伝子頻度 0.01% の場合は 1,000 世代後で 0.1%, 以後 100 世代で 1%, 以後急速に発達し 15 世代で 100% に達することを示している。もちろんこのような仮定は殺虫剤による不断の淘汰がなければ成立しない。これまで抵抗性の遺伝子解析の行なわれたのはわずか 30 例程度 (MELANI, 1963; DITTRICH, 1963; STONE, 1967) であるが, その多くは単一の対立遺伝子によって支配されていることがわかっている。しかし, 自然状態では後述のように多くの要因が加わるため現段階でそれぞれの場合について抵抗性の発達速度を予測することは困難である。第 1 表には自然条件下における数種害虫に対する殺虫剤の使用開始後抵抗性獲得までの期間を示した。

一般に農業害虫よりも衛生害虫において, 抵抗性獲得個体の出現は早く, 逆に貯殺害虫ではおそい。このことは衛生害虫における防除は, 幼虫期の発生場所での完全防除主義がとられるために当然淘汰圧は高く, 薬剤が長期間残留するために, 生活史のなかでさらされる期間が長く, さらに年間世代数が多いこと, また, それに見合

第1表 数種害虫の殺虫剤抵抗性の出現時期

種 類	殺 虫 剤	使用開始年	抵抗性出現期	使用期間
イ エ バ エ	DDT	1945	1948	3
	BHC	1948	1950	2
	ダイアジノン	1952	1955	3
	マラソン	1959	1960	1
ツマグロヨコバイ	マラソン	1956	1962	6
	メチルパラチオン	1954	1963	9
ニカメイチュウ	メチルパラチオン	1953	1961	8
	DDT	1947	1958	11
モンシロチョウ	DDT	1945	1953	8
コドリソウ	フェンカプトン	1956	1958~9	2~3
	DDT	1945	1953	8
リンゴワタムシ	パラチオン	1950	1957	7
	マラソン	1958	1961	3

う散布回数が高い頻度などが抵抗性発達の主要因であろう。他方貯穀害虫で抵抗性を獲得した種は現在8種しかない。この少ない理由として衛生害虫に比較して世代数が少なく、防除剤が接触剤で部分的散布が行なわれるため淘汰圧は低い。また、荷動きによる個体群の移動交代が大きいこと、さらにくん蒸による個体群の絶滅が行なわれるためであると考えられる。

II 抵抗性個体の生理、生態的性質と持続性

殺虫剤に関する抵抗性個体と非抵抗性個体の生理生態的差異については多くの報告がある。2, 3の例をあげれば THOMAS & BRAZZEL (1961) はワタノミゾウムシ *Anthonomus grandis* の抵抗性系統は感受性系統に比較して発育期間は長く、産卵数は減少、死亡率、性比、産卵前期間、ふ化率は差がない。PARKINS JR. & GRAYSON (1961) はチャバネゴキブリ *Blattella germanica* のリンデン、クロールデン、DDT 抵抗性の各系統を比較し、卵期間は DDT 抵抗性系統が最も短く、幼虫期は雌雄とも DDT とリンデン抵抗性系統はクロールデンの感受性系統よりも長く、寿命は各抵抗性雌は感受性系統より長くなるが、雄では有意な差はみられなかった。SHAW & LLOYD (1969) はハラジロカツオブシムシ *Dermestes maculatus* のリンデン抵抗性は感受性に比較して発育期間は有意に長くなり、産卵数も減少したと報告している。ただ、これらの例が抵抗性遺伝子の多面効果なのか、淘汰条件に付随して平行的に獲得された性質による違いなのかは厳密に検討されるべき余地がある。

抵抗性の程度は食物、栄養条件によっても変化する。イエバエ *Musca domestica* をミルクで飼育すると砂糖で飼ったものより体脂肪が増加し、DDT, BHC に対する抵抗性が増大するし (PERRY, 1964 より)、ヨトウムシ *Mamesta brassicae* はキャベツとカブで飼育した個体群のパラチオン抵抗性に差がある (石倉・尾崎, 1955)。石

井・平野 (1957) は合成飼料で飼ったニカメイチュウのパラチオン抵抗性を調べ、低タンパク質飼料を与えた個体群では抵抗性が高いことを報告している。このような条件下では防除効果をあげるために薬剤淘汰圧が自然に高くなり、抵抗性の発達を促すことも当然考えられる。

以上のように抵抗性系統と感受性系統の間に生理、生態的差異が認められ、かつ抵抗性系統が各種の生理、生態条件において感受性より有利であれば、その個体群の抵抗性の発達はたとえ殺虫剤の淘汰が行なわれなくても発達の方向にすすむものと考えられる。しかし、一般的には抵抗性個体は殺虫剤による淘汰のない条件では感受性に比較して自然条件下で有利だとは考えられず、殺虫剤散布をやめた場合の感受性の増大は後述の周辺部からの感受性個体群の移入交雑による増大を考慮にいれてもその可能性は高い。ただし、抵抗性個体群がホモ化し、他個体群との移動交代がない場合には、抵抗性は淘汰をやめても維持される。

1 行動に基づく抵抗性

薬剤抵抗性が害虫の解毒機構などの発達によるのではなく行動の変化に根ざしている場合がある (PERRY, 1964; BROWN, 1964; GEROLD & LAARMAN, 1964; HOOPER & BROWN, 1965)。GEROLD and LAARMAN (1964) はハマダラカ *Anopheles atroparvus* の DDT に対する回避行動の異なる2系統を淘汰により確立している。HOOPER &

第2表 *Euxesta notata* の淘汰による抵抗性パターンの変化 (HOOPER & BROWN, 1965)

薬 剤 名	抵抗性のパターン	
	回避行動	解毒能力
マラソン, パラチオン	増 加	低 下
DDT	減 少	上 昇
ディルドリン	変化せず	上 昇

BROWN (1965) はハネフリバエの1種 *Euxesta notata* の薬剤に対する回避行動と解毒能力との関係を淘汰実験によって解析した (第2表)。

同表のように薬剤に対する回避行動, 解毒能力の発達は薬剤の種類によって異なるが, 害虫の抵抗性獲得に関連する一つの重要な要因であろう。ただ, このような研究例は少ないがもし解毒能力が高く, かつ回避行動も発達したケースが今後もみられないとすれば, 抵抗性の生態学的意義を考えるうえで重要な事実となるかもしれない。

2 交差抵抗性

交差抵抗性とはある薬剤に対して抵抗性を示す害虫が, 他の薬剤に対しても明らかに抵抗性を示す現象に対しつけられた概念である (荻田・笠井, 1965) が, 有機リン剤, カルバメート, ビレスロイド抵抗性は, DDT とその類縁化合物, γ -BHC, ディルドリン, クロールデンに対し交差抵抗性を示す場合が多いという (WINTERINGHAM, 1966)。

OGITA & KASAI (1966) はショウジョウバエ, イエバエの殺虫剤抵抗性因子の遺伝学的分析結果を示している (第3表)。

第3表 抵抗性遺伝子の相同染色体上における配列 (OGITA & KASAI, 1966 より)

	A	B	C	D	E	F	G
キイロショウジョウバエ (<i>D. melanogaster</i>)		X	2 L	2 R	3 L	3 R	4
DDT				●		○	
BHC				●		○	
硫酸ニコチン				○		●	
パラチオン				●		○	
セビン				●		○	
クロショウジョウバエ (<i>D. virilis</i>)		X	4	5	3	2	6
DDT				●		●	
硫酸ニコチン				○		●	
イエバエ (<i>M. domestica</i>)	X	2	3	4		5	6
DDT		○				●	
BHC		●		○		●	
硫酸ニコチン		○				●	
ダイアジノン						●	
セビン		○		○		●	

●主要抵抗性遺伝子, ○変更遺伝子

同表のように同一染色体上における各種の異種系統の殺虫剤に対する抵抗性遺伝子が存在するときは, 交差抵抗性の予測や新たな殺虫剤に対する抵抗性の発達速度やパターンは, ほとんどの害虫についての遺伝的解析が進んでいないうへ, 毎年新農薬が開発されてくる現

状ではますます複雑かつ困難なものとなる。

3 持続性

自然条件下における抵抗性の永続性は, 薬剤の種類, 環境条件によって変化するが, イエバエのダイアジノン抵抗性は 11 年間使用を中止した後も, 抵抗性比 (R/S) は 7-23 を示し, かなり長期にわたって保持される。マラソン抵抗性は, 抵抗性獲得後徐々に低下し, 6 年でほとんど感受性に変化した, なお数%の個体は抵抗性を保持している。しかし, DDT 抵抗性は 10 年間まったく使用しなくてもなお 16-40% の個体がヘテロ型の抵抗性を示していた (KEIDING, 1968)。

III 抵抗性獲得と環境条件

河野 (1964) は殺虫剤を淘汰力をもつ環境要因の一つと考え, 幼虫期死亡率が非常に低い条件下でツマグロヨコバイを飼育し, マラソンに対する淘汰実験を行ない, わずか 5 世代で LD₅₀ を 7.5 倍まで高めることに成功した。また, マラソン抵抗性個体群を用いて, 高密度, 高死亡率条件下で累代飼育したところ LD₅₀ 値は次第に低下した。しかし, 低密度, 低死亡率条件下での LD₅₀ 値はほとんど変化しなかった。このように抵抗性の発達は条件によって大きく変動することが明らかであるが, ただこの実験の場合, 抵抗性個体を悪条件下で飼った場合は殺虫剤による淘汰 (ここでは 3 令) 以前に密度効果などにより抵抗個体が選択的淘汰によって除去されてしまっている可能性がある。また, 3 令期で淘汰したため, 同数卵から出発しても悪条件下では存在幼虫数は好条件に比べて非常に少ないため, たとえ同率の淘汰が行なわれたと仮定しても淘汰対象となった個体群の大きさが, 好条件では大きいため, 確率的に抵抗性因子が淘汰される可能性が多い。実験のくり返しがもし多数あった場合には悪条件下では少数個体群のため機会的要因によって, かえって好条件より抵抗性が急速に発達する場合すら予想される。また, 逆に抵抗性因子が, まったく個体群にふくまれていないチャンスも予想される。河野のこの実験は, これまでの抵抗性機構の解明が, 遺伝学, 生化学を主体としたいわば個体単位の立場からのみしかなされていなかったのに対し, 初めて個体群生態学的手法を導入して行なったユニークな実験の一つであるが, なお, 上記のいくつかの疑問があり, 今後検討すべき重要な問題をつくんでいるといえよう。

1 淘汰方法 (同時施用, 交互施用)

殺虫剤に対する感受性の変化, 抵抗性の発達は淘汰の方法によって異なる。HOOPER & BROWN (1965) は *Euxesta notata* のマラソンに対する濃度死亡率曲線が,

局所施用とろ紙法で差のあることを認め、また、LD₅₀はろ紙法では12世代で3倍に増加したが、局所施用では1/3に減少した。

現在殺虫剤の施用法は、とくに水田害虫では液剤から粉剤について粒剤へと大きく変わり行く方向にあるが、これに応じて害虫の薬剤抵抗性機構が変わってゆくことも当然予想される。

Crow (1952) は個体群の抵抗性の程度が正規分布し、かつ抵抗性レベルの上昇は Z/P (P: 生存率, Z: 正規分布曲線を P の点で切った垂直線の高さ) に比例すると仮定して、いま 99% 防除しようとする場合、A, B 薬剤が互いに独立に作用するとき、単剤 (LD₉₉) で 99% 防除が可能、他方、同じ防除効果は A, B 混合剤の場合にはそれぞれ LD₉₀ の濃度でよい。抵抗性の発達速度は、混合剤の各単剤 (LD₉₀) では 1.76 倍 ($\because R = \frac{Z}{P} = \frac{0.176}{0.1}$)、したがって両薬剤のおのおのに対して抵抗性が 17.6 倍に達するには 10 世代後になる。また、単剤 (LD₉₉) では 2.67 倍、したがって 10 世代後は 26.7 倍となる。

一方、A, B 薬剤の交互使用の場合、B 剤を使用している間に A 剤に対する抵抗性レベルは低下しないことを条件としたとき、LD₉₉ で最初 5 世代を A 剤 (2.67×5=13.4)、次の 5 世代を B 剤 (2.67×5=13.4) を使用したときの 10 世代目の抵抗性は 13.4 倍となる。また、A, B 薬剤同時施用の場合、LD₉₀ の混合剤では 10 世代目の抵抗性の程度は A 剤 (1.76×10=17.6倍)、B 剤 (1.76×10=17.6倍) となる。したがって同時施用よりも交互施用のほうが抵抗性の発達速度はおそく、交互施用のほうがのぞましい。しかし、自然条件下における抵抗性の発達速度はすでに述べたように各要因が複雑に関与し必ずしも計算どおりにはならない。それどころか実験室の淘汰実験でもこのような理論どおりにはゆかない (Crow, 1952)。

2 個体群の大きさ

ある個体群の抵抗性の発達は、基本的には殺虫剤による淘汰圧に依存すると考えられるが、抵抗性の出現の難易、程度は個体群の遺伝的組成、個体群の大きさ (Population size) も関係する。桐谷ら (1969) は高知県におけるツマグロヨコバイのマラソン抵抗性を水稲の作付様式との関連で考察し、2 期作地帯のツマグロヨコバイは中稲地帯の個体群に比較して薬量死亡率曲線の b の値が異なること、したがって 2 期作地帯での抵抗性レベルは最終的に単作地帯の 5 倍にも達すると予想した。すなわち、両地帯の抵抗性の差はマラソンによる淘汰圧だけでなく作付様式に基づく個体群の大きさの違いと遺伝的

組成の相違が重要な要因であると推論した。とくに移動性の少ない昆虫では、抵抗性遺伝子の頻度や、淘汰圧が同じでも、小さな個体群では抵抗性発達の程度がいわゆるライト効果 (WRIGHT, 1948) でいう機会的チャンス要因に支配されやすい。そのため抵抗性の発達速度は多分に不確定的であるが、個体群密度の高い大きな個体群では徐々にではあるが、確実に抵抗性が発達する場合は多いのではなからうか。

3 非暴露個体群の存在

ある地域内の個体群が薬剤に対し抵抗性を獲得したとしても、他地域から非抵抗性個体群の移動があれば、その個体群の抵抗性の程度は低下する。水稲害虫の例では、セジロ・トビイロウンカのように増殖源がわが国以外からの移動個体群を主体とするような種においては抵抗性発達の事例はない。しかし、ツマグロヨコバイ、ヒメトビウンカのように増殖源が水田周辺の雑草に由来する個体群では殺虫剤による淘汰圧も高く抵抗性も獲得しやすいものと思われる。同様のことは生息場所の多様性とむ多食性昆虫、または生活環の複雑なもの、たとえば卵期は植物体内、幼虫期は植物体上、蛹期は土壌中といったような害虫では、単食性かつ全生活環を植物体上で送るものに比較して抵抗性の発達は期待されにくい。なぜなら生息場所の多様なものは殺虫剤の全面散布によってもまったく殺虫剤による淘汰をうけない個体が後者に比べてはるかに多くなることが期待されるからである。このように対象害虫の習性は殺虫剤に暴露されない個体の割合を左右し、ひいては抵抗性の発達速度に大きな影響を与える。

IV 抵抗性対策への提言

西日本における水稲害虫の防除をふり返ってみると、BHC などの合成殺虫剤の導入後、数年もたたないうちに各地でツマグロヨコバイが増加し萎縮病もまん延することになった。その後マラソンの登場によって一時はヨコバイ問題も片付くかと思われたのが数年にして抵抗性の出現となった。それに代わって NAC などのカーバメート系殺虫剤が登場し現在ではもっぱら各地ともこれらの殺虫剤に依存している。しかし、高知県のヨコバイは宮城県産のものに比し、有機リン剤で 10 分の 1、各種のカーバメート系殺虫剤に対しても 2~3 分の 1 にその感受性は低下しており、愛媛県の一部ではすでにカーバメート抵抗性のヨコバイが出現したともいわれている。また、新たな農薬と害虫のいたちごっこに追いつかれるのであろうか。

これまでの唯一の抵抗性対策として取られていたのは

交差抵抗性をも考慮にいたした数種の混合剤, または単剤の交互使用によるローテーションである。しかし, これとも対症療法にすぎず抵抗性問題を根本的に解決しうるものではない。

農薬の落とし子ともいえるヨコバイについてみれば, ニカメイチュウ防除のための BHC (粉剤, 粒剤の剤型は問わない) によってヨコバイの重要な天敵であるクモ類を殺し, 常にヨコバイが増殖する条件を一方ではつくりながら, BHC の落とし子のヨコバイを別の殺虫剤で防除するというチグハグなことをやっていたのである。これまでに述べてきたことから明らかなようにこれは抵抗性の発達を当然促進する役割を果たしていたに過ぎない。同様な事情はハダニ類についてもいえよう。

したがって抵抗性の発達を阻止するためには, それぞれの作物の生態系を総合的にとらえ, まずその作物のその地域における主要害虫, 水稻ではおもにニカメイチュウの防除法については根本的に再検討することこそ必要と思われる。もし, ニカメイチュウに対する殺虫剤の散布回数を減らし, かつ天敵類に影響のない農薬を使用するとすればニカメイチュウの薬剤抵抗性発達の危険は今よりはるかに少なくなるだけでなく, クモ類などの天敵の働きによってヨコバイの増加も防げる結果, 抵抗性の

問題もおのずから解決するのではなからうか。また, もしヨコバイが天敵の抑圧力からエスケープする危険のある場合には本誌第 24 巻第 9 号で笹波・川原が述べたように天敵助長的な役割を果たす殺虫剤の散布によって従来よりはるかに少ない散布回数によって効果的な防除を行なうことも不可能ではない。

抵抗性対策も「急がば回れ」の立場から再検討されるべき時期に至っている。

主要引用文献

- 1) BROWN, A. W. A. (1958) : Insecticide resistance in arthropods 240 pp WHO Geneva
- 2) DAVIDSON, G. (1964) : WHO/Mal/435.
- 3) GEROLD, J. L. and J. J. LAARMAN (1964) : Nature 204 (4957) : 500~501.
- 4) KEIDING, J. (1967) : Wld. Rev. Pest Cont. 6 (4) : 115~130.
- 5) PERRY, A. S. (1964) : The physiology of insecta III : 285~378.
- 6) STONE, B. F. (1968) : Aust. J. biol. Sci. 21 : 309~319.
- 7) WINTERINGHAM, F. P. W. (1966) : Proc. 3rd Br. Insectic. Fungic. conf., Brighton 1966, Session 2 : 18~22.

新しく登録された農薬 (45.9.1~9.30)

掲載は登録番号, 農薬名, 登録業者(社)名, 有効成分の種類および含有量の順

『殺虫剤』

PAP・NAC粉剤

- 11201 日農エルトップ粉剤20 日本農薬 PAP 2%, NAC 1.5%
- 11202 クミアイエルトップ粉剤20 クミアイ化学工業 同上
- 11203 武田エルトップ粉剤20 武田薬品工業 同上
- 11204 ホクコーエルトップ粉剤20 北興化学工業 同上

CYP・MPMC粉剤

- 11195 住化シュアバール粉剤15 住友化学工業 CYP 1.5%, MPMC 1.5%
- 11196 サンケイシュアバール粉剤15 サンケイ化学 同上
- 11197 ヤシマシュアバール粉剤15 八洲化学工業 同上
- 11198 ホクコーシュアバール粉剤15 北興化学工業 同上
- 11199 三共シュアバール粉剤15 三共 同上
- 11200 三共シュアバール粉剤15 北海三共 同上

MTMC・MBCP粉剤

- 11183 三共ツマベル粉剤 三共 MTMC 2%, MBCP 2%

- 11184 三共ツマベル粉剤 北海三共 同上
- 11185 三共ツマベル粉剤 九州三共 同上
- 11186 日農ツマベル粉剤 日本農薬 同上

カルタツ粒剤

- 11188 バダン粒剤4 武田薬品工業 カルタツ 4%

PPPS・アゾキシベンゼンくん煙剤

- 11194 アゾマイト煙霧剤 兼商化学工業 PPPS 8.5%, アゾキシベンゼン 12.5%

DN粉剤

- 11189 三共DN粉剤1 三共 2,4-ジニトロ-6-シクロヘキシルフェノール 1%
- 11190 三共DN粉剤1 北海三共 同上
- 11191 三共DN粉剤1 九州三共 同上

DBCP粒剤

- 11193 マルカネマセット粒剤20 大阪化成 DBCP 20% 貯穀用除虫菊剤
- 11192 マルカPGP 大阪化成 ピレトリン 0.08%

『殺菌剤』

キャプタン粉剤

- 11187 石原キャプタン粉剤4 石原製薬 キャプタン 4%

FAO 薬剤抵抗性委員会の動向

東京教育大学農学部 深 谷 昌 次

FAO ではさきに紹介したように、薬剤抵抗性問題に対処するため「薬剤抵抗性委員会」を設け 1965 年以来活動を続けてきた。1969 年度にはとくに発展途上の国々を対象としたシンポジウム²⁾を開催し多くの成果をあげた。

さて第 5 回委員会 (1969 年度) は、9 月 18~20 日および 27 日の 4 日間 FAO 本部で開かれたが、そこで紹介されたり論議されたことの概要は次のとおりである。

例によって各国における抵抗性の過去 1 年間における発達例が報告された。ここでとくに注目されたのはカリフォルニアの一部で薬剤に対しワタの害虫が抵抗性を持つようになったため棉作が不能になり転作のやむなきに至ったということである。一方、食品中の残留許容量に対する認識が深まるにつれ、ますます薬剤による防除が困難の度を加えているという。害虫に薬剤抵抗性が発達した場合、代替薬剤に切り代えるのが一つの対策であったが、これまた残留毒の問題をめぐり多くの困難な情況が新たに出てきているようである。

そこで長期的視野に立って抵抗性対策を樹立するために基礎的研究の重要性が強調されるわけだが、ややもするとこれまで衛生害虫での成果をそのまま借用してくるケースが多かったので、今後は農業害虫について徹底的な研究を展開することが必要であるという反省がなされた。このような事柄に関連して、日本における新殺虫剤 Cartap の登場とか、有機リン剤抵抗性ツマグロヨコバイあるいはヒメトビウンカに関する一連の生化学的研究、あるいはマラソンと DDT (あるいはリンデン) の負の相関作用 (Negative correlated-action) に関する基礎的研究は委員会の注目するところとなった。

なお、現段階で FAO が抵抗性に関する研究計画を提示することは適当でないが、なんらかの方法で農業分野における研究者を援助すべきであるという一致した見解が示された。

さきにも触れたことだが、この委員会ではいくつかの重要な農業害虫の薬剤抵抗性に関する標準検定法の確立を優先的に考えてきた。現在までのところ、(1) 一般

の原則、(2) タネバエ類、(3) ニカメイチュウ、(4) モモアカアブラムシなどの暫定的標準検定法の詳細が FAO の機関誌 FAO Plant Protection Bulletin に連載されているが、その他の害虫についてもひき続いて同誌に発表される予定である³⁾。

標準検定法の確立について FAO はとくにアメリカ昆虫学会 (ESA) と密接な連絡をとっていて、1969 年度 ESA の標準検定法確立のための会合には本委員会から REYNOLDS 教授が出席している。その際 ESA では、*Heliothis*、*Diabrotica* および *Hypera* の標準検定法を取りあげることになったので、FAO としては多分これら害虫についてはそちらに任せることになる。なお、ハダニ類については ESA と FAO とが協力して今後研究することになっている。

FAO ではさしあたって農業上重要な害虫を約 10 種類指定してその標準検定法を作りあげようとしているが、この委員会でさらにコドリガ、コロラドハムシ、ハリガネムシなどが追加された。なお、また FAO では薬剤抵抗性に関する小冊子を印刷中であるが、その他当業者や農業普及員に役立つようリーフレットを準備しようとしている。

第 6 回薬剤抵抗性委員会 (1970 年度) は 7 月 23 日から 25 日まで FAO 本部で開催された。この会合に筆者は出席しなかったが、FAO の ADAM および座長をつとめた WATERHOUSE 両氏からの書翰によって会議の内容を紹介することにする。

まず、薬剤抵抗性問題の現状についてグローバルな立場から検討されたが、今回も前年同様に代替薬剤模索の困難さが論議されたようである。すなわち抵抗性発達の深刻化に伴い代替薬剤をどうするかが大きな問題になっているが、一方で残留毒に関する認識が広まりつつあるという事情に加えてコスト高を伴うこともあっておいそれと薬剤の切り代えがきかなくなってきたのが一般的な情勢のようである。

毒理学的に注目をひくのは、オーストラリアでウシの大害虫として知られるオウシマダニのアンチコリンエステラーゼ剤抵抗性の機構に関するものである。すなわち、

3) 別刷請求は Dr. A. V. ADAM, Plant Protection Service, FAO, Via delle Terme di Caracalla, 00100-Rome. 宛

1) 植物防疫 22 (1): 28 (1968).

2) 9 月 22~26 日の 5 日間 FAO 本部で開催、26 カ国から 61 人の代表が参加した。詳細は「日本農業技術懇談会年報」昭和 45 年版を参照。

新しい抵抗性の機構として、不感受性コリンエステラーゼと薬剤の解毒力とを兼ねそなえたいわゆる第4のタイプが発見されたという。このようなわけで、オーストラリアではもはや単剤ではこのオウシマダニの防除はまったく不可能になってしまったようである。また、今回初めて東アフリカから家畜寄生性ダニ類でトクサフェンその他の薬剤に関する抵抗性の事例が報告された。

また、マラソン抵抗性のコクヌストモドキについてはすでに広く知られているが、他の貯穀害虫数種類からもマラソン抵抗性の発達が確認された。

さて、1969年度のFAOシンポジウムの折にも問題になったことだが、抵抗性害虫の検定には感受性系統あるいは交差抵抗性スペクトラのわかっている抵抗性系統を研究室で保持していることが望ましい。現に衛生害虫を含めると350種に及ぶ害虫名と、それを継続飼育している研究機関名が明らかにされている。しかし、これを活用するとなると、各研究機関に負担がかかるので問題はあるが、とりあえずさきにFAOが指定した重要害虫の標準系統の配布くらいはなんとか便宜をはかることにしたいとのことである。

なお、1969年のFAOシンポジウムの反響としてとくに発展途上の国々からFAOがセミナーとか地域別シンポジウムを開催して抵抗性問題の啓もうにつとめるようにとの要請が強く出ているので、その実現のために努力

することになった。また、WHOと同じように検定器具一式を安価に提供するために種々努力が払われているのでそれは近く稔るものと思われる。

抵抗性害虫に対する根本的な対策として委員会は微生物天敵とりわけウイルスの利用に関心を持っているが、一般にウイルスの寄生スペクトラムが狭いという事実は、その適応範囲が小さいことを意味し、勢いコスト高になることと、パテントに問題があるという点に難がある。にもかかわらずいろいろなウイルスについて、多分数百万ドルの費用をかけての研究が主としてアメリカで進行している。しかし、ここ数年のところこれといったウイルス農薬は出ていない。何はともあれWHOでも生物的防除法を研究プログラムの中に組みこんでいる以上、FAOとしても各研究機関と密接な連けいのもとに今後この方面の開発に乗り出さなければならないと結論している。

最後にこれはFAO内部のことだが、FAO本部に薬剤抵抗性問題と総合防除問題を所管する専任の職員をおくことについて努力が払われていることをつけ加えておく。これはさきのFAOシンポジウムの各国代表者会議でも決議されたことだが、この人事の帰趨が薬剤抵抗性問題の将来に大きな影響を持つことになろう。ちなみに1969年WINTERINGHAM博士がIAEAに転出してから抵抗性問題専門家のポストは空席になっている。

中央だより

一本 会一

○イネ穂枯れ現地検討会開催さる

9月18日福島県において農業技術研究所、県農業試験場、農業会社などの関係者約140名参会のもとに行なわれた。午前中は福島県農業試験場浜支場加藤公光技師の案内にて同県双葉郡浪江町および同農試浜支場の現地圃場を見学した。午後は相馬市公民館において検討会を行なった。本会遠藤常務理事の挨拶について福島県農業試験場児玉宗一場長の挨拶の後、九州農業試験場高坂渾爾部長が座長となり進行した。福島県農業試験場加藤技師の「現地薬剤試験の解説」、東北農業試験場越水幸男技官の「雲形病研究の現況と問題点」、農業技術研究所富永時任技官の「イネ雲形病の病原菌の学名について」それぞれ講演があり、活発な質疑応答を含めて種々討論が行なわれ、4時30分閉会した。

なお、詳細は次号に掲載の予定。

○第26回編集委員会開催さる

9月22日午前10時より協会会議室において編集委員11名、幹事7名、計18名の方々の参集のもとに第26回編集委員会が開催された。遠藤常務理事、岩田編集委員長の挨拶があったのち、岩田委員長の司会で議事を進行。編集委員の異動で木下常夫・清水恒久両氏が辞任され、福田秀夫氏（農林省農政局植物防疫課長）、栗田年代氏（農林省農政局植物防疫課課長補佐）、澤田啓司氏（農林省横浜植物防疫所長）、湯浅利光氏（植物防疫全国協議会会長）の5氏を新委員にお願いすることを議場にはかり承認された。次いで雑誌「植物防疫」については昭和46年（第25巻）の編集方針で表紙デザインの選定、特集号の題名、植物防疫基礎講座など細部にわたって協議を行なった。続いて「刊行物」についてはまず報告事項として川村幹事より昭和44、45年度出版刊行状況について報告し、承認された。また、協議事項として昭和46年度出版計画について種々検討協議が行なわれた。

植物防疫基礎講座

イネウンカ類に対する微量局所施用法

農林省九州農業試験場 永田 徹・守谷 茂雄

はじめに

局所施用法, Topical application は薬物の昆虫に対する生理活性を試験する場面では広く用いられており, とりわけイエバエ, ゴキブリなどの衛生害虫では一般的方法となっている。

イネの害虫の場合, ニカメイチュウ, ツマグロヨコバイでは殺虫剤抗抵性検定の FAO 暫定標準法として採用されているが, ウンカ類ではその体型がきわめて小型であって取り扱いが困難であるためか, 局所施用法による試験はあまり行なわれていない。

しかし, 近年ではヒメビウンカやトビロウンカなどでも各種の殺虫剤に対する感受性の低下が問題になってきていることもあり, ウンカ類についても薬剤感受性の検定が容易に実施できるような試験法の必要性が高まっている。そこで, 筆者らの研究室でもイネウンカ類に対して実施している微量局所施用法についての紹介をかねながら, これらの小型昆虫における局所施用法の問題点について考えてみたい。

I 小型昆虫に対する局所施用

ウンカ・ヨコバイ類はイエバエなどに比べてもはるかに小型の昆虫である。これらに対して局所施用を行なう場合, まず体型に対応したきわめて微量の薬液を正確に施用する必要がある。また, 試験操作中における供試虫の損傷や環境条件の変化が試験結果に与える影響も比較的大きいので, これらの影響をなるべく除去するような方法が望ましい。今までに行なわれた小型昆虫に対する局所施用法でも, それぞれ独自の工夫がなされている。代表的な例としては, KERR (1955) がキロシヨウジョウバエの DDT に対する感受性を調査するために行なったものがある⁷⁾。すなわち, 薬剤のエタノール溶液を満たした内径 0.2 mm のマイクロビュレットの先端を虫体に接触させて薬液を流出させ, 施用量は顕微鏡のアイピース内に装てんされたマイクロメーターの目盛りとともに拡大投影されたメニスカスの移動距離を暗室内で読みとることによって求めている。この方法によれば 1 頭当たり施用量は 0.01~0.02 μl で, 誤差は 3% 以内であるとされている。

これと類似した方法は, その他にもいくつかの報告が見られる^{8,10,11)}。わが国でも, 宮原・福田 (1964) が KERR の方法を参考とした装置を自作し⁴⁾, ツマグロヨコバイとヒメトビウンカの薬剤感受性に関する調査を行っている。この装置では, ビュレットの目盛りを投影せずに, 拡大鏡で直接読み取る方法が採られ, 1 頭当たり 0.07 μl のエタノール溶液を施用している。

一方これに対して, 薬液をスクリーマイクロメーターによって一定量ずつ押し出す方法もいろいろ考案され, SCHOLANDAR (1942), HEWLETT (1954) などの報告が見られる^{9,6)}。この方式は反復操作が容易で能率的であることから, この原理に基づく装置が多数実用化されている。しかし, そのほとんどがイエバエなどを目標に製品化されているためか, 施用量が比較的多く, そのまま小型昆虫に応用できるものが少ないようである。なお, 現在市販中の外国製機種についてはすでに本誌に紹介されている²⁾。

これらの装置による例としては, 北方・椎野・小島 (1963) がツマグロヨコバイを冷却麻醉して, 吸引装置で 5 頭ずつ保持したものにアメリカ製のマイクロシリンジによって 1 頭当たり 0.5 μl のアセトン溶液を施用した報告がある³⁾。このほかにもツマグロヨコバイでは, ミクロシリンジを使用して同程度の液量を施用するやり方がかなり広く普及しているようであり, “FAO 暫定標準検定法”でも, ツマグロヨコバイについては局所施用法による具体案が示されていることから, 今後もこの方法が一般化するものと思われる。

II ウンカ類に対する局所施用法

ウンカ類の体重は 1 頭当たり 1~2 mg 程度であり, ツマグロヨコバイと比べても 1/2 以下である。これに対して “局所施用”を行なうためには, 小型の体型に応じた微小な液量を施用しなければならない。しかも殺虫試験では多数の供試虫を能率よく処理することが要求される場合が多い。福田・永田 (1969) はスクリーマイクロメーターでマイクロシリンジ内の薬液を一定量ずつ排出する方式に若干の考案を加え, トビロウンカ, セジロウンカ, ヒメトビウンカの各種殺虫剤に対する感受性の比較を行なった¹⁾。ここでは, この方法についてくわしく

説明することにする。

1 薬剤施用装置

薬剤施用装置は山崎・石井 (1959) の考案による定量推進式微量注射器⁵⁾を使用した。ただ、この装置では通常 0.2~0.5 ml 容量のツベルクリン注射器を組み合わせるようになっているため、適当とされている最少施用量は 0.1 μ l 前後であり、ウンカ類にはそのまま使用することは適当でないと考えられる。そこで、このツベルクリン注射器のかわりに、ガスクロマトグラフィー試料注入用のマイクロシリンジ (JINTAN 製, MSN-50) に先端が平らな D型針をつけて使用した。このマイクロシリンジは内径約 1 mm で、ツベルクリン注射器の 1/3 に相当するため、プランジャーの送り出し距離が同じでも、排出液量は 1/10 となり、最少施用量の計算値は 1桁低い 0.01 μ l となる。

この装置を用いて、イネのウンカ類の中ではヒメトビウンカとならんで小型の部類に属するセジロウンカの成虫に螢光物質のアセトン溶液を施用して観察したところ、液量 0.1 μ l でも薬液は施用点の胸部から腹部に流れ、さらに翅まで広がって、“浸漬”に近い状態であった。液量を 0.05 μ l にして初めて薬液が施用点付近に留まることから、1頭当たり施用量は 0.05 μ l とした。この場合、溶剤として用いるアセトンの毒作用はいずれのウンカに対しても軽微であり、溶剤のみを施用した対照区の死亡率が 10% を越えることはほとんどなかった。

マイクロシリンジからの排出液量の検定は常法に従って水銀を使用して行なったが、このようにして求めた液量はあくまでも排出液量の計算値であって、虫体に付着した液量に正確に一致するとは限らない。この付着液量ないし付着薬量を正確に求めるには、アイソトープの利用が考えられるが、これらの点は未検討である。

下表は ¹⁴C-BHC のアセトン溶液 0.05 μ l をウンカ・ヨコバイ類およびガラス面に、本法によって局所施用し、その直後にトルエンで洗って付着量を比較した結果である。これらの間では、虫の大きさや表面の性質の相

¹⁴C-BHC の局所施用による付着量の比較

施用対象	BHC 付着量*($\times 10^{-9}$ g)
ガラス板	4.87
トビイロウンカ生虫	4.52
トビイロウンカ死虫	5.02
ツマグロヨコバイ生虫	4.53
ツマグロヨコバイ死虫	4.18

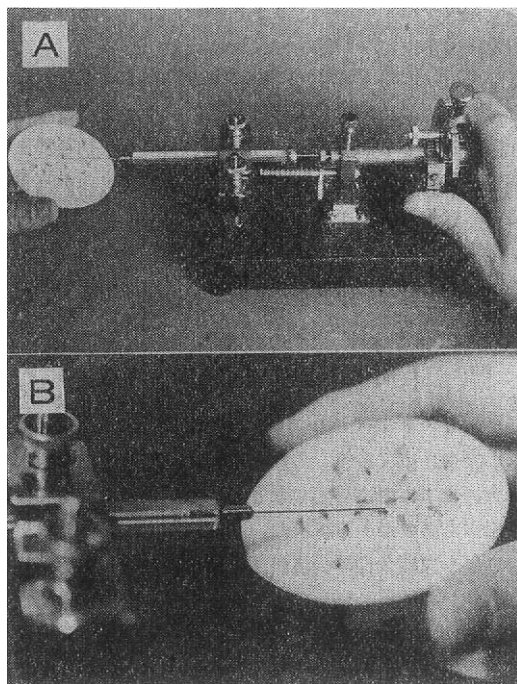
* 数値は 1 回当たり、または 1 頭当たり 0.05 μ l アセトン溶液として施用した際の付着量。ガラス板は 1 回、ウンカ類は 15~20 頭の平均

違などによる付着量の違いはあまりないようである。

2 薬剤施用操作

ウンカ類の試験操作における取り扱い上の問題は、これらが小型であるため、損傷を与えやすいことである。ウンカでは、ピンセットで翅をつまむだけでも損傷は大きく、吸引装置などで虫を保持するとしても、引き方に注意しないと失敗する。

筆者らはこの損傷を最少限にするため次のような取り扱いを行なっている。まず、ウンカを性別にガラス製吸虫管内へ 10~20 頭吸い取り、吸虫管の先端にゴム管を連結して、ポンペから炭酸ガスを 5~10 秒ゆるやかに流して麻酔する。麻酔されたウンカを吸虫管からガーゼを張った時計皿の上に手早くあげ、この時計皿の支持角度を適当に変えながら、ウンカの胸部背面へ薬液を処理する (第 1 図参照)。



第 1 図 A: ガスクロマトグラフィー用マイクロシリンジを装着した定量推進式微量注射器による処理状況, B: 時計皿とガーゼからなる処理器具

しかし、吸虫管からガーゼ上にあげられた虫の姿勢はまちまちで、なかには腹部を上にした状態のものもある。これらはマイクロシリンジの針先に軽く触れさせて反転し、背面に処理している。このように薬液で汚染した針先に接触することによって施用量が不正確になるおそれもあるが、本法では 1 回の排出液量が少なく、針先は

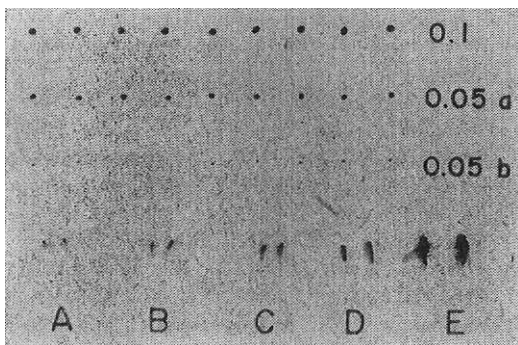
乾いた状態であるため、それほど問題はないと思われる。イエバエなどでは、処理に先立って姿勢を揃えて並べるのが普通であるが、ウンカでは並べる操作自体が損傷を与えることになるので、このような方法がよいのではないかと考えている。

また、時計皿の凹面に張ったガーゼは適当な弾力をもつため、針先が虫に触れる際にクッションの役割を果たして損傷を防ぐことができるうに、ガーゼの表面の繊維のケバがウンカをある程度固定するため、時計皿を斜めにしても、ウンカが滑り落ちることがないので都合がよい(第1図B参照)。

マイクロシリンジの針先からは一定の速度で溶剤が蒸発している関係上、多数の個体を連続して処理する際には、時間的に等間隔で処理をしないと施用量が一定しない原因になる。この影響は溶剤の揮発性が高く、施用量が少ない場合ほど大きくなる。本法では、虫を反転する操作でやや手間取ることもあるが、少し慣れれば、ほぼ等間隔で処理を進行させることができる。

さらに、薬液を虫体に触れさせる段階においては、薬液を排出した直後に、マイクロシリンジの針先にたまった液滴を虫体に触れさせる方法は、薬液が針の外側の表面を伝わって広がり、蒸発がすみやかに起きるため、付着量の変動しやすい。したがって、マイクロシリンジの針先を虫体に軽く接触させて、その瞬間に薬液を押し出す方法をとっている。

第2図は液量および方法をいろいろ変えて色素(マラカイトグリーン)のアセトン溶液を紙面に施用したものである。昆虫の体表と紙では性質が異なるので直接比較



第2図 紙面に施用された色素液による付着液量の比較

0.1: 針先を接触させて $0.1 \mu\text{l}$ を施用, 0.05 a: 針先を接触させて $0.05 \mu\text{l}$ を施用, 0.05 b: 色素液を押し出したのち、紙面に接触させて $0.05 \mu\text{l}$ を施用

A: ヒメトビウンカ, B: セジロウンカ, C: トビイロウンカ, D: ツマグロヨコバイ, E: イエバエ (いずれも左が♂, 右が♀)

することはできないが、同じ液量 ($0.05 \mu\text{l}$) を施用した場合でも、マイクロシリンジの針先を紙面に接触させた状態で薬液を押し出したもの (0.05 a) に比べて、押し出した直後に針先の薬液を紙面に触れさせて付着させたもの (0.05 b) は付着液量がかなり少なく、付着液量の変動も大きい。

炭酸ガスによる麻酔は5~10秒程度の短時間の麻酔でも20~25頭のウンカを連続して処理するのに十分である。ただ、処理時の室温が 25°C 以上の高温の場合は麻酔からの回復がかなり早くなるので注意を要する。ちなみに、ツマグロヨコバイは炭酸ガスによる麻酔では覚醒がすみやかで、この方法では1回に連続して10~15頭しか処理できないようである。

処理後のウンカは頂部をサラン網で張ったプラスチック製円筒型容器(直径8cm, 高さ15cm)の中へ時計皿から直接あけて移し、 25°C , 24時間後の死虫率を求める。容器中には前もって湿った脱脂綿で根部を包んだイネ芽出し苗を食草として入れている。

容器1個当たりの収容数は、この程度の大きさのものでは20頭前後が適当である。容器はこのほか適当なスペースのものであれば、なんでもよいが、大型試験管などは管壁に凝結した水滴に翅をとられることが多いので好ましくない。

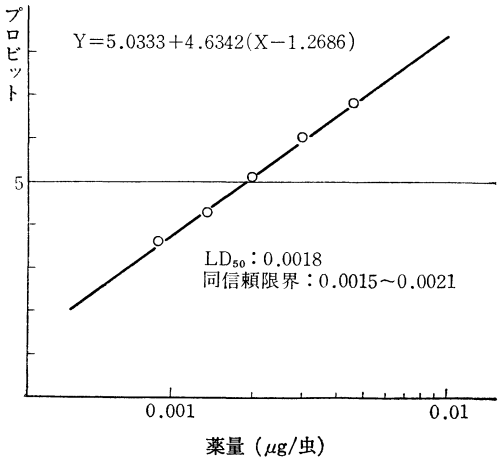
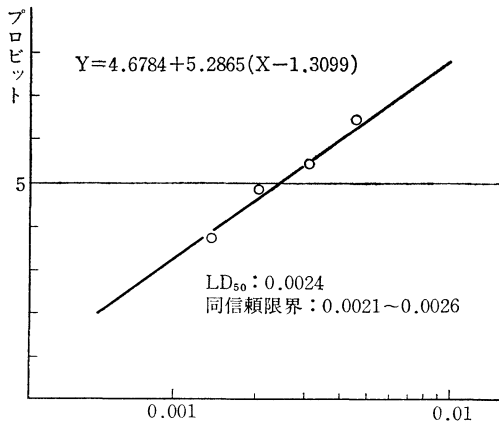
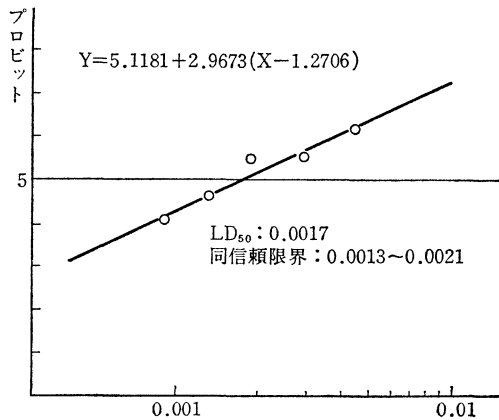
3 試験の再現性

このようにウンカ類の局所施用法による殺虫試験は供試虫の性質ならびに施用量の微量なことなど誤差をもたらす要因が多いと考えられるが、本法によってウンカ3種(トビイロウンカ, セジロウンカ, ヒメトビウンカ)の感受性を各種の薬剤について調査した結果、回帰直線の直線性などの検定でも大型の昆虫による試験の場合に比べてとくに劣るとは思われないものであった。

第3図にあげた例はCPMCのセジロウンカ成虫に対する殺虫力を調査する目的で行なった試験で、薬液の調製から局所施用に至るすべての操作を3人の実験者によって独立に実施した結果である。このようにイネウンカ類のうちでも小型の部類に属する供試虫を用いてとくに習熟していない者が行なってもかなり再現性の高い数値が得られている。

おわりに

小型昆虫の微量局所施用法に関して従来おもに検討されてきた点は施用量の精度を高めることにあったように思われる。しかし、施用量の微量化に伴う付着量の精度の低下は避けにくいものであり、薬液の施用が「一定量の薬液を排出し、これを虫体に触れさせて付着させ



第3図 殺虫試験の再現性

供試虫: セジロウカ3成虫, 供試薬剤: CPMC,
各濃度とも 15 頭3連制

る」という従来の原理によるかぎりはこの精度には限界があるように思われる。したがって現段階では、小型昆虫の局所施用による試験は、施用量の精度の点である程度満足できる方法があれば、それを簡単でしかも能率的に実施できるものにするによって、試験の反復を増すことなどの面から試験全体の信頼度を高めてゆくという考え方がむしろ妥当ではなからうか。

かりに薬液がきわめて正確に施用できる方法があっても、その操作が複雑なものであれば、薬剤抵抗性などのように広汎な地域にわたる調査を毎年積み重ねて行くことが必要な場合の手段としては不都合なものになるおそれがある。

イネウンカ類の薬剤抵抗性に関する研究はニカメイチュウやツマグロヨコバイに比較すればかなり立ち遅れた現状であるが、決して看過できる性質のものではない。そのためにもさらに精度が高く、しかも容易に実施できる試験法の開発を続ける必要がある。また、ウンカ類などの吸汁性昆虫の薬剤感受性を経皮的経路からの吸収を主とする局所施用の結果だけで論ずるのは不十分でもあり、これに対しては薬剤をウンカ類に定量的に経口給与して活性を調べられるような簡単な試験法なども考えてゆかなければならないと思われる。

引用文献

- 1) 福田秀夫・永田 徹 (1969): 応動昆 13: 142~149.
- 2) 深谷昌次 (1969): 植物防疫 23: 24~30.
- 3) 北方節夫・椎野明雄・小島建一 (1963): 防虫科学 28: 29~34.
- 4) 宮原義雄・福田秀夫 (1964): 応動昆 8: 210~217.
- 5) 山崎輝男・石井敏夫 (1959): 昆虫実験法(日本植物防疫協会) 373.
- 6) HEWLETT, R. S. (1954): Ann. appl. Biol. 41: 45~64.
- 7) KERR, R. W. (1955): Bull. Entomol. Res. 45: 317~328.
- 8) NELSON, F. C., BUC, H. E., SANKOWSKY, N. A. & JERNAKOFF, M. A. (1934): Soap & sanit. Chem. 10 (10): 85.
- 9) SCHOLANDAR, P. F. (1942): Science. 95: 177.
- 10) STAFFORD, E. M. (1946): J. econ. Entomol. 39: 499~503.
- 11) WOODBURY, E. N. & BARNHART, C. S. (1939): Soap & sanit. Chem. 15 (9): 93~113.

植物防疫基礎講座

ハダニ類に対する微量局所施用法

名古屋大学農学部 齋藤 哲夫・田畑 勝洋

殺虫剤を供試昆虫に微量局所施用して感受性の比較を行なうことは、散布法などにより薬剤濃度だけによる感受性の比較ではなく、処理薬量の絶対量として比較ができること、薬剤の作用機構とくに薬剤の皮ふ透過性や代謝、排泄を調べるために必要なことである。

害虫は一般に小型であるので特別の微量局所施用法が考案されている、ハダニ類はこれらに比べるとさらにきわめて小さいため特別の微量化が必要となる。筆者らはハダニ剤の作用機構ならびに薬剤抵抗性の作用機構を調べるためにハダニの局所施用法を検討したのでここに説明する(田畑・齋藤)。

1 小型キャピラリー法

ガラス管をガスバーナーで加熱引きのばし、内径 0.01 mm、長さ 2 mm 程度のキャピラリーをつくる。この内容積はマイクロメーターを用いて測定する。内径 8 mm 程度のガラス管の一端を加熱し、さきのキャピラリーがちょうど挿入される程度の穴にし、さきのキャピラリーを挿入し、強力瞬間接着剤アロンアルファ(東亜合成化学工業株式会社製造)で固定する。ガラス管の他端にゴム管をつなぎ三方コックをつけ、さらにゴム管で熱帯魚飼育用小型ポンプに接続する。

殺虫剤をとかしたアセトフェノン液面にキャピラリーの先端を接し、毛管現象を利用してキャピラリー内にアセトフェノン液を充てんする。双眼実体顕微鏡下でミカンハダニ後体部背板にキャピラリーの先端を接し、三方コックを開け空気ポンプを動かし、キャピラリー内の液体を押し出し、背板に塗布処理する。

以上は HARRISON (1961) がハダニや小型昆虫に対して用いた方法に準じたものである。なお、ハダニの保存にはハダニの生物検定によく使用されているリーフディスク法(ロザムステッド法)を用いて、ディスク上に定着したハダニに1頭ずつ局所施用するわけである。したがってこの方法はごく小さいキャピラリーを破損させないよう細心の注意をしつつ、キャピラリー内にアセトフェノン液をちょうど充填させる必要がある。そしてこの動作をハダニ1頭ずつ行なうことが必要である。薬剤の溶媒としては TIELE and HARRISON (1968) がすでに述べているアセトフェノンが使用できた。しかし、この溶媒はミカンハダニに若干忌避作用があるようである。

第1表 小型キャピラリー法による感受性ミカンハダニ雌成虫のデオコホールによる殺虫試験結果

時間	$Y=5+b(X-\bar{x})$	LD ₅₀ ($\mu\text{g}/\text{頭}$)	LD ₉₅ ($\mu\text{g}/\text{頭}$)	Pr
24	$Y=5+3.26(X-3.61)$	0.025	0.078	0.915
48	$Y=5+3.02(X-3.33)$	0.013	0.034	0.973
72	$Y=5+3.14(X-3.14)$	0.008	0.022	0.897

Y = 死亡率のプロビット

X = 薬量 ($\mu\text{g}/\text{頭}$) 10^6 倍の対数値

ミカンハダニ雌成虫を用いて各種濃度のデオコホール(ケルセン)のアセトフェノン溶液を1頭当たり $0.3\text{m}\mu\text{l}$ ずつ背板に塗布したときの 25°C での殺虫試験結果は第1表のようであり、満足しうる Pr 値が示される。

2 微量マイクロシリンジ法

ガスクロマトグラフ用のマイクロシリンジ(JINTAN テルモ製 MSN-10, 内径 0.5 mm) の注射針の先にちょうど挿入されるガラス管をつけ、瞬間強力接着剤アロンアルファで固定し、ガラス管の先端をガスバーナーで加熱し引きのばして細くする。このマイクロシリンジをハエやゴキブリの局所施用に用いる定量推進式微量注射器(今井製作所製造*) につけマイクロメーターの 0.01mm 当たり $2\text{m}\mu\text{l}$ が発射されるようにする。この際ガラス管の先端はきわめて小さい穴であるためと小滴なため使用する溶媒は適当な沸点と粘性が必要である。そこで沸点 $150\sim 200^\circ\text{C}$ くらいで粘性の適度と思われる溶剤、アセトフェノン、安息香酸メチル、安息香酸エチル、ブチルブチレート、ブチルプロピオネート、フルフリールアルコール、シクロヘキサノン、シクロヘキサノール、酢酸ベンジルなどについてマイクロシリンジへの充てん難易、ガラス管先端の小滴の凝集性、ハダニの忌避性、デオコホールの溶触度を調べ、安息香酸メチル b. p. 198°C 、フルフリールアルコール b. p. 170°C 、酢酸ベンジル b. p. 213°C が適当であり、そのうちフルフリールアルコールがミカンハダニ雌成虫に最も毒性が少なく、本法の溶媒として最も適当であった。なお、アセトフェノンは融点が 20.5°C であり、殺虫剤をとかし、冷蔵庫に保存すると固化し不適當なこともあった。

以上の方法でさきと同じリーフディスク法によりハダ

* 現在は製造していない。

第2表 微量マイクロシリンジ法による和歌山県産感受性ミカンハダニ雌成虫のディコホールによる殺虫試験結果 (25°C)

薬量 (μg/頭)	死亡率 (%)		
	24 時間	48 時間	72 時間
0.01	84.0	100	100
0.005	63.3	96.3	100
0.0025	32.1	75.9	82.4
0.00125	18.5	50.0	67.2
0.000625	7.1	14.3	15.8
溶媒のみ	0.0	0.0	0.0
LD ₅₀	0.00357	0.00136	0.00111
LD ₉₅	0.00227	0.0047	0.0034
Pr 値	0.995	0.995	0.993

ニ成虫の局処施用による殺虫試験が行なえるが、ハダニに処理した薬剤は時間とともに当然リーフディスク上に排泄され、薬によりこの排泄物はさらに代謝されることもある。幸いハダニは絶食に若干耐えるため葉の代わりにカバーガラスを用い、この上にハダニを定着させ、同様に殺虫試験が可能となり、これにより排泄物としての薬剤が葉により代謝される可能性もなくなる。この方法により和歌山県産ミカンハダニ雌成虫の殺虫試験結果は第2表のとおりである。同様の方法により和歌山産ディコホール抵抗性ミカンハダニ雌成虫の殺虫試験結果は第3表のとおりである。いずれの Pr 値も大きく、十分満足しうるものである。

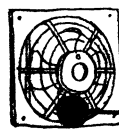
第3表 微量マイクロシリンジ法による和歌山県産ディコホール抵抗性ミカンハダニ雌成虫のディコホールによる殺虫試験結果 (25°C)

薬量 (μg/頭)	死亡率 (%)		
	24 時間	48 時間	72 時間
0.6	36.4	72.2	85.7
0.3	16.0	46.2	65.4
0.15	4.2	7.7	15.4
0.075	0.0	0.0	0.0
溶媒のみ	0.0	0.0	0.0
LD ₅₀	—	0.366	0.268
LD ₉₅	—	(1.21)	(0.78)
Pr 値	—	0.863	0.905

以上のことからきわめて小型の害虫であるミカンハダニに対して、一定薬量を処理して薬剤の作用機構を調べることのできる事となった。今後、ラジオトレーサー法をこれに応用してハダニ剤の作用機構、抵抗性の作用機構が行なえることとなる。しかし、これらの微量操作はきわめて細心の注意と忍耐を要する、しかも多数の処理が困難であるから単なる生物検定にこの方法を応用するのは一考を要するであろう。

文 献

- HARRISON, R. A. (1961) : N. Z. J. Sci. 4 : 534~539.
 田畑勝洋・斎藤哲夫 応動昆虫投稿中
 TIELE, G. F. and R. A. HARRISON (1968) : Ent. exp. & appl. 11 : 389~396.



換気扇

○編集部だより

本号は3月の「アブラムシ類」、5月の「カンキツの

病害虫」、8月の「土壌病害検診」に続いての本年最後の特集号です。口絵写真は本号に限り休載いたしました。ご了承ください。

別掲の国会だよりらん— 38 ページ—にありますように過日開催しました編集委員会で来年の編集方針もきまり、4冊の特集号を予定しております。購読者各位のご期待にそうようにしたいと思っております。

次号予告

次 12 月号は下記原稿を掲載する予定です。
 昭和 45 年の病害虫の発生と防除 上垣隆夫 他
 農業使用の現状と問題点 後藤 真康
 大気汚染による樹木の被害 千葉 修
 鹿児島県におけるカンキツの greening
 disease 類似症状とミカンキジラミ
 の発生状況 田中寛康 他

ツマグロヨコバイによるイネ萎縮病の伝搬

中筋 房夫
 ジャガイモガの天敵 2 種のトビコバチ 立川哲三郎
 その他、第 2 回イネ穂枯れ現地検討会の印象、学会印象記 (日本昆虫学会) などを掲載いたします。

定期購読者以外の申込みは至急前金で本会へ
 1 部 136 円 (千とも)

植物防疫基礎講座

ハダニ類の薬剤抵抗性検定法

千葉大学園芸学部 野村 健一

まえがき

昭和38年(1963)、日本植物防疫協会では関係諸会社の協賛のもとに、果樹ハダニ類の薬剤抵抗性に関する研究組織を結成した。以来この研究組織は、年とともに発展し今日に至っているが、その研究目的から見て、抵抗性をどのように把握すべきか—換言すれば抵抗性の検定法はいかにあるべきか—という命題は、本研究組織発足以来の大きな宿題の一つと見ることができる。また事実、これについて数多くの業績が生れた(後述)。

厳密にいえば、一般的な殺ダニ剤の効果検定法と、抵抗性検定法とは、その考え方・テクニックにおいてかなり相違する面も出てくるはずであるが、反面共通した点もはなはだ多い。とくに薬剤反応を感受性ハダニとの比較において論議する場合には(実際問題としてもそれはしばしば要求される)、両者間のはなはだしい隔絶は困るのである。こうした実際的な扱い方の問題もあって、抵抗性検定の手法そのものは一般的な殺ダニ剤の効果検定法を準用していく、という考え方が内外ともに多いようである。ただし、後述するように抵抗性と断ずるまでには、各方面から慎重に考察することが望ましく、状況によってはアンケート調査その他の傍証を固めることも考えるべきである。

さて、殺ダニ剤の効果検定法については、既にEBELING¹⁾などの解説は出ていたのであるが、実際にはこれまで各研究機関でそれぞれの方法で実施されていたのが実情である。そこで日本植物防疫協会の上記研究組織結成にあたっては、期せずして各方面より“共通的な標準検定法を制定しては……”という声が起こり、関係諸氏合議の上で“殺ダニ剤の効果検定法(暫定法)”なる小冊子をつくった(1963)。これは後にかなりの改訂追補が行なわれ(1967)²⁾、以来殺ダニ剤検定法の一つのよりどころとなっている。筆者はその編集にたずさわった1人であるが、そのためかこれを中心に執筆するよう依頼された。よって以下にその骨子を紹介しようと思うが、さらにそれに付随して若干の問題にも触れてみたい。なお、殺ダニ剤検定法に関しては既に真梶³⁾初め諸氏の解説があり^{4),5)}、また、ハダニ専門ではないが飼育法や薬剤試験法の解説書もあるので^{6),7)}、これらも一読されるよ

うおすすめする。

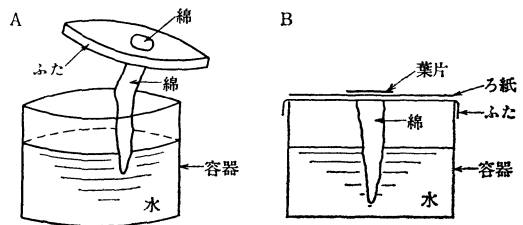
I 殺ダニ剤の効果検定とその問題点

1 日本植物防疫協会制定の検定法

まず、初めに上述の“殺ダニ剤の効果検定法”⁸⁾の主な内容を紹介しよう。この小冊子には、ハダニを主対象に各種の試験法が列記してあり、さらに付としてミカンサビダニ・ネダニにも簡単に触れてある。本稿では、ハダニ関係にしぼって、その主な内容を紹介するとともに、若干の解説を加えてみたい。

本冊子では、章を二つに分け、前章では“ハダニの飼育から検定まで”の諸作業が説明されている。飼育箱や食草についての注意事項も示され、また、諸氏の考案が多数もりこまれているから、参考になる点が少なくないと思う。また、薬剤処理後の飼育(検定飼育)もこの前章に含めて解説してあるが、ここでは次の4方法が採りあげられている。

①小葉片を用いて飼育する方法(ディスク法、なお、俗称としてローザムステッド法と呼ばれることもある): この方法(第1図参照)は、近年各所で広く採用され、標準的な方法となりつつある。とくに3~4日間の飼育には便利でよい。



第1図 ディスク法(ローザムステッド法)によるハダニの飼育

A: 容器の構造と、水を吸い上げる綿の配置を示す(ふたの中央に孔をあける), B: セットしたところ(葉片上に供試虫がいる)

②上記方法の簡略法: 上記方法をさらに簡便化したもので、水を含んだスポンジ上に小葉片をのせる方法などがある。

③莖葉水耕法: これにもいろいろな方法があるが、ハ

ダニの逃亡防止には葉縁にタングルを塗るのがよい。

④小ケージによる隔離飼育：細目網でできた小ケージを葉上に固定し（供試虫は直接葉にふれる）、この中で供試虫を飼う方法で、欧米ではかなり広く用いられている。野外でも適用できる。

後章は、本冊子の本論ともいべきもので“**薬剤の効果検定**”のタイトルのもとに、次の順序で解説されている。

(1) 序説（一般通則）

7項目に分けて一般的な注意事項が述べられているが、この中で効果検定はその薬剤の主たる作用に重点をおくべきこと*、無処理区の死亡率が20%以上（大幅に許容しても30%以上）の時はやり直すこと、行方不明虫は死亡率の計算より除外すること（たとえば供試虫100の中20の行方不明があったとすれば80で実験したとみなして死亡率を求める）などについては別に説明は要しないと思う。ここでとくに留意されたいことは、比較の対照となるべき感受性系統について、次の条件を規定していることである。すなわち、(i) 薬剤散布の行なわれていない、あるいはほとんど行なわれていない地点より採取されたものであり、(ii) 寄主植物を同じくするもの、あるいは類縁関係の近い植物に寄生していたものであること、の両条件が要求されているのである。(ii)について例を示すと、ミカン寄生のミカンハダニに抵抗性の疑があり、これを感受性系統と比較する場合には、後者もミカンまたはカラタチ寄生のものであるべきで、ナシに寄生のものでは比較対照として不適当ということである。このほか、長期飼育中に薬剤に対する感受性が変化することがあり、また、季節によって感受性が異なる場合もあるので、異なる薬剤の効果比較試験はなるべく同時期、またはそれに準ずる近接期間内に行なうべきことを奨励している。

(2) 室内試験法（その1、一般法）

〔接触剤〕次記するように対象別に述べられているが、すぐれたハダニ防除効果を期待するためには殺卵効果の高いことが要求され、一方、検定の作業から見ても殺卵試験は比較的容易であることから、殺卵試験は相当なウエイトをもつことを理解されたい。

①卵に対する効果判定：ポイントは供試卵のステージをそろえることで、このため次の処置をとる。雌成虫をきれいな葉に接種し、2日間おく（この間に産卵させる）。2日後に成虫を除き、そこに産下された卵を薬剤

処理し（浸漬または散布）、10日（25°C飼育の場合）ないし2週間後（20°C）にふ化状況を調査する。この間の湿度は60~90%とする。供試卵数は少なくとも30は使用し、なるべく反覆すること。

（注）ジメトエートでは胚子の発育の進んだもの（産卵後日数を経過したもの）において、抵抗性系統と感受性系統との差が明瞭に現われるから（真棍）、同剤の抵抗性検定にはふ化前の卵を供試すると結果がつかみやすい。

②成虫に対する効果判定：雌成虫をきれいな葉に接種し、1日後に不健全虫を除去してから試験（浸漬または散布）を行なう。供虫数は20以上とするが、1葉に過剰に接種しないよう留意し（20cm²程度の葉では20~30個体が適当）、また、なるべく反覆を考える。飼育時温湿度は、卵の場合に準ずる。結果の調査は、原則として処理の1~3日後とする。とくに残効を検討する場合、または高濃度液処理において溶剤などの影響が懸念される場合には、葉に薬剤処理を行ない、これを一定時間保管した後に供試虫を接種し、以後の経過を調べる。

③幼虫に対する効果判定：上に準ずる。

④総合結果の判定：各種作用の総合効果を見るには、卵から成虫まで発育した個体数の起点卵数に対する%をもって判定する。この発育率が低いほど、総合効果は大きいと見てよい。

〔浸透殺虫剤〕いうまでもなく浸透殺虫剤の主効果は、有効成分が植物体内を経由して食毒的に働くことにある。薬剤の種類によっては、ある程度の接触効果を示すもの（たとえばジメトエート）、あるいは若干殺卵効果を示すものもあるが（たとえばバミドチオン）、主体となる殺虫効果は上述のとおりで、したがってそれに対応した検定法をとることが望ましい。なお、浸透殺虫剤には、近年粒剤を土壤へ施用する方法、あるいはtop dressing（葉上からの散布）によって用いる方法もとられ、その使用法はかなり複雑化してきたが、ここでは液剤の場合を主対象に述べる。粒剤使用においては、効果に關する条件がさらに多くなり、それだけ結果がばらつく可能性がある。抵抗性検定という目的からいえば、なるべく液剤によって処理するほうが無難といえる。

①成虫に対する効果判定：処理の操作は、既述接触剤の場合（成虫）に準ずるが、供試葉には若い葉を選ぶのがよく、また調査期日はなるべく5日後も加える。また、供試薬剤が乳剤または水溶剤の場合には、次の方法をとることもできる。供試植物の切枝を希釈薬液を用いて水耕するか、または葉表あるいは葉柄基部・枝などに所定量の薬液を滴下（塗布）して、その効果を調べるのも1

* 混合剤については、別に規定してないが、その抵抗性検定にあたっては、各成分別にも検討することをすすめたい。

方法である。これらの方法をとる場合には、薬量の多少は供試植物体内における有効成分濃度によって表わすのがよい。施用した薬剤が完全に植物体内に吸収され、かつ平均に移行分布したと仮定すれば、その植物体内の有効成分濃度は次式によって計算できる。

$$\frac{\text{与えた希釈液の量(g)}}{\text{希釈倍数}} \times \frac{\text{その製剤の有効成分\%}}{100} \\ \div \text{植物体重(g)}$$

この値は ppm で表わすと便宜である。水耕の場合には、所定時間経過後に植物がどれだけ吸収したか測定しにくいし、また、計画的に所定量を吸収させることも困難であるから、筆者は植物体重の5%に相当する量を与え、これを全部吸わせることにしている（この程度なら1日以内で吸い終わる）。その後は水を加え、植物が枯れないように管理する。植物体重の5%相当量を吸わせることに規定するならば、植物体内有効成分濃度が1ppmになるためには、製剤の希釈倍数（水耕用の）は“製剤成分%×500”（たとえば50%乳剤なら25,000倍）とすればよい。このような方法をとれば、比較的容易に目標とする ppm を得ることができる。

②幼虫に対する効果判定：上に準じて行なう。なお、ふ化直後の幼虫を対象とする場合には、既述の方法で葉に産卵させ、成虫を除去してから葉を薬剤処理し、前記ディスク法などによってふ化幼虫を検定飼育し、その生死を調べる方法もある。

③総合効果の判定：浸透殺虫剤の場合にも、上述の要領で総合効果を検討することが望ましい。この場合には、卵数を起点にとらないで、ふ化幼虫数を起点にとってもよい。

（付記）先に述べたように浸透殺虫剤では粒剤もあり、また、液剤でも上記以外の使用方法があるので、くわしく書けばさらに数行を要する。ここでは、粒剤の土壤処理試験はポットを使用し、また、土壤条件や施薬方法も毎回一定の方式で行なうべきことを記すにとどめる（調査は少なくとも2週間にわたって行なうこと）。

（3）室内試験法（その2、特殊法）

以下に示すものは、必ずしも一般的とはいえず、また、いろいろ残された問題も含んでいるが、参考として掲げられたものである。

①ハダニの体への薬液塗布：小筆を用いて薬液をハダニの体に塗布し、その効果を見ようとするもので、1種の局所処理ということができる。ミカンハダニを対象とした実験で、接触剤では可能性がありそうである（田中・井上）。塗布部位は、安定した結果が得られるという意味で、腹部背面後端がよいとしている。

（付記）ハダニに対する局所処理については外国でも事例があり、また、わが国では最近名古屋大学で研究され、その利用率が高まりつつある（本号の別稿齋藤博士の記事参照）。

②電気泳動法：ミカンハダニの虫体（1個体でもよい）をすりつぶして電気泳動にかけると、有機リン剤抵抗性の有無によって、検出バンド数およびバンドの位置に差異が見られ、抵抗性検定に利用できそうな結果が得られた（武久・田中）¹⁰⁾。ただ本実験の段階では、バンド数の変化と抵抗性（どの薬剤に対して、またその程度）との関係については、まだはっきりしない点があり、詳細は今後の検討にまたなければならぬ。

（4）圃場試験法

圃場試験についても、実に多くの問題があるはずであるが、本冊子では一般的な注意事項を要記するにとどめ、具体的な方法論にはあまり触れていない。それは、試験目的・ハダニの種類・樹種・供試薬剤の種類（性格）などによっても、相当変わりうる可能性があり、一律に規定することが困難であったためである。

本稿でも、常識的なことしか記述できないが、一応おもなポイントを紹介しておこう。なお、圃場における簡易検定法（いわゆるバケツ法）は、次節で述べることにする。

周知のように、圃場試験にもいろいろ規模があり、ポット植えの苗木を用いたような小規模なものは、むしろ室内試験に近いかもしれないが、いずれにしても圃場試験を行なうことによって、(i) いわゆる総合的な効果が把握されやすいこと、(ii) 残効についても参考資料が得られやすいこと、は銘記すべきことであろう。その意味で、室内試験に加えて圃場試験も実施されることが望ましいが、しかし、散布量、散布後の気象条件（とくに降雨）、ハダニ発生状況などによって効果がふれることも大きく、相当数のくり返しを期待したい。栽培者の園では、無散布区がとりにくいことがあるが、この場合には必ず慣行使用薬剤区を設け、これを比較の対照とする。

効果の判定は、処理前と処理後におけるハダニ発生程度の比較によって行なうことはいうまでもないが、サンプリングの方法や発生程度の表わし方（調査法）、また、対象ステージのとり方などについては、試験目的や供試薬剤の性質によって定める。長期にわたる調査で、とくに総合効果を見ようとする場合には、便宜上成虫だけを対象としても、一応目的は達せられるであろう。

（注）ミカンハダニ（ミカン）については、近年ハダニの樹間内分布やサンプリング方法論の研究が進み（田中・井上・山本）¹¹⁾、それは圃場試験にも大いに利用さ

れるであろう。それによれば、ハダニは上・中位部に多く、方位はあまり関係ないようである。サンプリングの精度をあげるには、葉数より樹数をふやすことを考え、また、雌成虫のみを調査対象にしてさしつかえないとのことである。調査部位は、慣行の樹冠赤道部で一応妥当と考えられる。

以上は、日本植物防疫協会編“殺ダニ剤の効果検定法”(1967)の概要紹介である。こまかくいえば、後述するようにいろいろな付随的問題もあるが、とにかくこれによって一応の試験は遂行できるであろう。もし抵抗性の疑のあるものが現われれば、それと感受性系統との比較試験から、なんらかの知見が得られるに違いない。抵抗性(R)・感受性(S)両系統の比較に際して、おのおのの LC_{50} または LC_{90-95} を求め、それによって比較検討すれば(通常R/Sの比をとる)、抵抗性の程度もはっきりつかめる。ただ、顕著な抵抗性の場合には、 LC_{90-95} が求められない場合があり、また、抵抗性系統では葉量—死亡率曲線が普通の場合と異なる様相を呈することがあり、一律にいかない場合も少なくない。

実際問題としては、試験方法により、またどの作用(たとえば殺卵か殺虫か)を対象とするかによって、結果(R/S比)もかなり相違することがある。後者の場合には、(i)結果がシャープに現われるものをとるか、または(ii)各作用間で並行現象が見られるなら操作の簡単なものをとる、という考え方で望むのがよいと思う。後者の1例を示すと、ジフェニルスルホン剤抵抗性ミカンハダニに対しては、同剤の殺卵効果のみならず殺幼虫効果など各種の作用が低く、各作用間に相関々係のあることがわかった(田中・井上)。このような場合には、操作の簡単な殺卵試験によって抵抗性の程度を検討するのが便宜であり、実用的には他作用についての検定は必ずしも行なわなくてもよい。

2 検定法補遺

上述の日本植物防疫協会制定の検定法には示されていないが、なおほかにも若干の注目すべき検定方法が提示されている。次に追加として、簡単に触れておきたい。

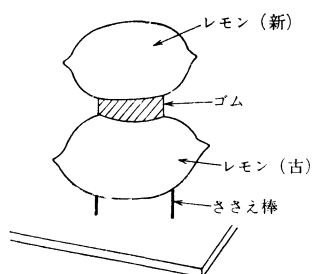
初めに、既述日本植物防疫協会の抵抗性ハダニ研究グループ諸氏の業績⁴⁾から、おもなものを挙げてみよう。これらは検定法制定後に公にされたもので、記載もれとなっているが、いずれも興味ある研究といえよう。室内実験に関するものでは、残効検定法について、また、それに関連してハダニ静止期に関する調査法が検討され(菅原・若公)、また、コリンエステラーゼ測定をねらった生化学的方法(弥富・斎藤)も開拓された。圃場試験についても、種々の検討が加えられたが、とくにリンゴハダニ(リンゴ)では簡易検定法がまとめられた(成

田・高橋)ことは注目されてよい。紙数の関係で、ここでは圃場簡易検定法(いわゆるバケツ法)を要述するにとどめるが、詳細は上記研究グループの各年次報告⁴⁾を見られたい。

この簡易検定法は、バケツなどの簡単な容器を利用して、抵抗性の実態を簡易に短期間に検定することを目的とする。供試樹(リンゴ)の手の届く範囲の高さから新梢をランダムにとり(1葉剤3枝)、先端伸長枝の場合は若葉部を切りとり、伸長停止枝ではそのままの葉を用いる(先端から5葉を供試)。処理直前に成虫・若虫・幼虫数を1葉ごとにルーペで調べた後、ポリバケツ(5l入り)に供試薬剤を入れ、これに上記供試新梢を折り曲げて根もと近くまで入れ、10秒間浸漬する。葉液乾燥後、6葉目を除去して、その部分に粘着剤を塗りハダニの移動を防ぐ。処理2~3日後に結果を調査する。この方法は、リンゴハダニのみならずナミハダニにも適用できるとのことであるが、検定可能な時期はハダニ類が新梢葉に分散した6月中旬以降であり、また、適用される薬剤は接触剤に限定されるという。

以上のほか、不妊効果の判定をどうするか(SMITHはリン剤抵抗性ハダニに不妊剤Apholateが偉効を示したと報告している)、また、浸透殺虫剤では種子処理や土壌灌注が行なわれることもあり、これらの効果検定法も問題になりうる。煙霧剤(エロゾール)散布も同様である。これらは、一般昆虫ないしはアブラムシ類の場合に準じて行なう(真梶²⁾やLIPPOLD²⁾の解説参照)。また、DDVPのようにガス効果のあるものでは、これに対する検定法も考えておく必要がある。話は少し脱線するが、近年各種薬剤のガス効果が注目されるようになり、浸透殺虫剤でもアブラムシ類に対してはかなりガス効果を示すことがわかった。しかし、筆者の実験では、そのような薬剤もハダニ類に対して大してガス効果を発揮せず、実際問題としてはDDVPが主対象となる。それと一部のくん煙剤も対象になりうるが、これらは主として温室やビニルハウスで使用されるものであるから、小温室またはこれに準ずる環境で試験するのがよい。ガラス箱程度の小容器では正しい結果が出にくいから、むしろ実地試験中心で考えるほうがよい。

外国では、ミカンハダニの飼育や薬剤効果検定にレモンなどの果実をうまく利用している例があり(第2図)、また、それに関連した装置にも面白いものがある(たとえば果実を掃除する電気ブラシや果実浸漬装置など)。これらについては詳述する余裕がないが、必要ある方は末尾に示した諸文献によって補っていただきたい。なお、1969年ローマで開催されたFAOの薬剤抵抗性シンポ



第2図 レモン果実によるミカンハダニの飼育
ハダニ寄生のレモン(下方)に新果実(上方)を接続すれば、ハダニは上方へ移行する。1台に10組(計20果実)をセットする。この果実を浸漬法などにより効果試験にかけられることできる(MUNGER and GILMORE より変写)

ジウムでも、検定法を含めてハダニ関係の論議がかなり展開されたようで、その動向は今後の検定技術に相当影響をもつであろうことを付記しておく*。

3 効果検定にあたっての問題点

上に述べてきたことは、主として検定についての方法論あるいはその操作に関する注意事項であった。しかし、各種の要因に影響されて、殺ダニ剤の効果は意外にふれることがある。一見われわれの気がつかない、落とし穴のようなものがあるから、そういう点にもできるだけ注意を払うようにしたい。

そのような問題点としては、何々が指摘されるであろうか？先に若干触れた問題もあるが、おもなものを拾い出してみよう。

同じ材料に関して同一手法で行なわれた室内試験でさえ、季節によってかなり効果がふれることがあり(真梶, 松谷), いわんや野外にあってはこうした誤差はさらに大きいと推察される。植物条件も殺ダニ効果に相当関係するようで、たとえばリングハダニでは供試葉の違い(リングとモモ)により結果が相違することが報告されている(菅原ら)。このほか、新葉と古葉とでも相違があるといわれ、また、野外ではハダニの寄生部位の問題や、葉の展葉期・非展葉期の違いも軽視できない(次次と新葉が現われる時期では薬効とくに残効が劣る傾向がある)。温室やビニルハウスでは、湿度の高いほうが効果が上がるという説もある。さらに他薬剤の影響も考えられ、たとえ同時混用でなくても前後関係のいかに

よって結果がゆがめられることがある。

このように、効果に影響を与える要因は少なくない。さらに供試虫自身の問題もあり、休眠卵からふ化した幼虫とそうでないものは反応が相違することがあり、また、極端に大発生した場合には一般にどの薬剤も効果が劣る傾向がある。異種ハダニが混在し、結果がぼやけることもある。これらの条件をすべて規定し、常にある一定の条件下で試験を行なうことは実行困難の場合もあるが、なるべく上記のような誤差が入らないよう配慮されたい。

II 抵抗性のとらえ方

以下は蛇足かもしれないが、参考までに2~3の関連事項を付記しておく。

上記のような方法によって、仮に某地のある種ハダニに対し、某薬剤の効果減退の事実がつかめたとしても、それをもって直ちに抵抗性増大と断ずるのは、時に危険なことがある。栽培者のいう“無効”も、それが直ちに抵抗性に結びつくとは限らない。濃度・散布量・混用条件などで、なんら欠陥がなかったかを確かめる必要がある。抵抗性の場合には、一般に散布回数を重ねるに従って、次第に効果減退のきざしが現われるもので、そうした傾向が見られたかどうか、また、その地区(園)における過去の使用歴なども参考にして、慎重に考慮すべきである。なお、一つの地域で、各園がほぼ同じような薬剤使用状況はある場合には、抵抗性の発達もおおむね並行的であることが多いから、各戸別にアンケート調査を行なうのも参考になる。これは、抵抗性検定というよりは、実態調査ないしは抵抗性の予察という色彩が濃い、やり方によってはかなり参考になる。その具体的例は前に筆者⁶⁾が示した。

薬剤抵抗性には、交差抵抗性・複合抵抗性などのカテゴリーがあり、また、近年 GEORGHIOU らの主張する vigor tolerance (活力耐性ともいうべきか)も注目されるようになった。抵抗性の増大が認められたとしても、それがどのようなタイプのものかを知ることができれば、対策をたてる上からもいっそう好都合である。とくに交差抵抗性は代替薬剤探究の立場からも、大きな関心事といえるが、これは問題となったハダニに対し、各種薬剤の効果を検討することによって大体的見当がつく。この現象は、系統を異にする薬剤間でも起こりうるから(JEPPSON), なるべく幅広く検討するのがよい。上述の効果検定の延長問題として、これらの事象にも留意されることを希望したい。

* 議事録によれば、ハダニに対しても局所処理の可能性が示され、これは一つの注目すべき方向といえよう(FAO Plant Protection Bulletin, vol. 17, no. 4, 1969)。

む す び

本稿では殺ダニ剤の効果検定法を述べるとともに、あわせて抵抗性ハダニのそれに言及したわけであるが、基本的には前者が中核となるであろう。しかし、上述したようにそれにもいろいろ問題があり、細部についてはなお検討を要する点が少なくない。こういふと、はなはだ無責任のようであるが、LIPPOLD²⁾もそういう意味のことを書いている。筆者は、検定の目的に応じて、上記の試験法を適宜工夫するなり、あるいは取捨選択して目的を達成されることを希望する。検定の精度も、非常に厳格なものが要求される場合もあろうし、反面応用的にはなるべく短期間に傾向をつかみたい場合もあろう。こうしたことも、検定法選定の上に反映されてよいと思う。原則として検定条件はなるべく厳格にしたいが、それはややもすれば自縄自縛となる可能性があり、この辺にも考えさせられる問題がある。根本的にいえば、現行のハダニ集団を対象とする検定法をとる限り、今後ともこうした悩みは完全には解消されないであろう。あえて筆者の希望をつけ加えるならば、将来は個体レベルでの検定法（それは生化学的な方法が主体となろう）がもっと進み、能率よくしかも誤差少なく検定作業が進められるこ

とを期待したい。もちろんこうした方法にも限界はあるが、既存の方法に加えてこのような新技術が導入されるならば、大いに期待すべきものがあると思う。

主要文献

- 1) EBELING, E. (1960) : Methods of Testing Chemicals on Insects. I : 156~192.
- 2) LIPPOLD, P. (1963) : Advances in Acarology. I : 174~180.
- 3) MUNGER, F. and J. E. GILMORE (1963) : ibid. I : 157~168.
- 4) 日本植物防疫協会(編) (1963~69) : 果樹ハダニ類の薬剤抵抗性に関する試験成績(各年度別).
- 5) ——— (1967) : 殺ダニ剤の効果検定法(pp16).
- 6) 野村健一 (1966) : 植物防疫 20 (2) : 53~56.
- 7) 真梶徳純 (1966) : 同上 20 (2) : 57~61.
- 8) 菅原寛夫・石倉秀次 (1959) : 昆虫実験法(日本植物防疫協会) : 673~738.
- 9) 住木諭介・八木誠政(編) (1966) : 新農薬研究施設(南江堂) [とくに第2章].
- 10) 武石 喬・田中 学 (1967) : 九州病害虫研究会報 13 : 126~132.
- 11) 田中 学・井上晃一・山本 栄 (1969) : カンキツ病害虫の共同防除の合理化に関する研究(九州果樹病害虫共同防除研究協議会) : 17~36.

人事消息

加藤利之氏(横浜植物防疫所調査課害虫係)は農政局植物防疫課検疫班国内検疫係へ
池田雅臣氏(農政局植物防疫課検疫班国際検疫係)は横浜植物防疫所国際課輸入第3係へ
山口富夫氏(北陸農試環境部病害第2研究室長)は農業技術研究所病理こん虫部病理科糸状菌病第2研究室長に
草地試験場は従来の畜産試験場草地部と飼料作物部、農事試験場山地支場(長野県北佐久郡御代田町塩野字浅間山)を母体にして10月1日、栃木県那須郡那須野町(電話 西那須野(02873) 6-0111番)に発足
場長 杉 頼夫氏(北海道農試場長)
企画連絡室長 鈴木恒夫氏(農事試農業経営部経営第3研究室長)
牧草部長 山田豊一氏(畜産試飼料作物部長)
同部病理研究室長 西原夏樹氏(同上部第5研究室長)
害虫研究室長 内藤 篤氏(同上部第6研究室長)

草地計画部長 三股正年氏(畜産試草地部長)
家畜部長 大槻清彦氏(同上試飼養技術部長)
山地支場長 古谷義人氏(四国農試土地利用部長)
なお、当分は畜産試験場(千葉市青葉町959)に駐在新井純雄氏(岐阜県農務部農業専門員)は岐阜県農務部農産普及課長に
上野一馬氏(同上農試副場長)は同上農試試験場長兼農業短期大学校長に
高杉喜一氏(同上農務部農産普及課長・農試試験場長)は退職
茨城県林業試験場は茨城県那珂郡那珂町大字戸4692の167に移転、電話は那珂(02929) 8-0257番に変更
住友商事株式会社は東京都千代田区一ツ橋1の2の2(新住友商事ビルディング)へ移転、電話は
農薬部長—東京(03) 217 局 7001 番
農薬第1課—同上局 7109・7112 番
〃 第2課—〃 7126~31 番

植物防疫

第24巻 昭和45年11月25日印刷
第11号 昭和45年11月30日発行

実費 150 円 + 6 円 6 ヵ月 780 円(千共)
1 ヵ年 1,560 円(概算)

昭和45年

編集人 植物防疫編集委員会

—発行所—

11月号

発行人 井上 菅次

東京都豊島区駒込1丁目43番11号 郵便番号 170

(毎月1回30日発行)

印刷所 株式会社 双文社

社 団法人 日本植物防疫協会

—禁 転 載—

東京都板橋区熊野町13番地

電話 東京(944) 1561~3 番
振替 東京 177867 番

増収を約束する！ **日曹の農薬**

収穫直前の野菜害虫防除に好適

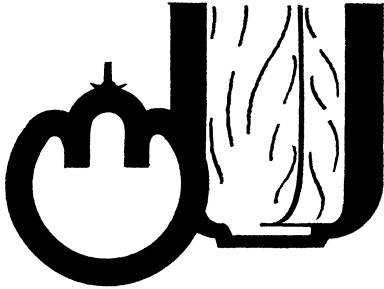
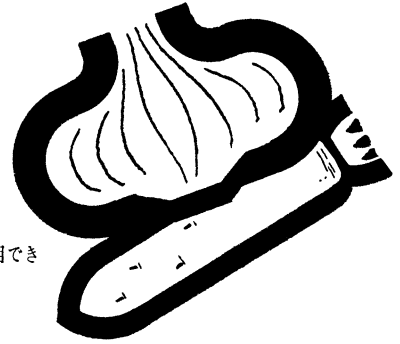
ホスピット

乳剤 75

展着剤は

ラビデン

どんな農薬でも混用でき
効果を高めます。



野菜のべと病疫病防除に

ラビアジン

水和剤



日本曹達株式会社

本社 東京都千代田区大手町2-2-1

支店 大阪市東区北浜2-90

新発売!

トマト スイカ、キュウリなどの 土壌病害防除に

使用簡易な土壌殺菌剤

ピオメート粉剤

ピオメートは、土壌総合処理剤として特異な効果をもつ
NCSを粉状にしたような薬剤です。

注入器などの特別な器具が要らず、簡単にすきこむこと
によって広範囲な土壌病原菌および雑草種子に対して強い
殺滅効果を発揮します。また刺激臭が少ないので、
安心してご使用いただけます。

土壌総合処理剤(殺菌・殺線虫・殺卵・除草)

N^エ C^シ S^エ

非水銀の土壌灌注用殺菌剤

カバミソール

〈誌名ご記入の上、総発売元へお申越し下されば説明書進呈〉

製造元

●農薬・イオン交換樹脂・化学品の総合メーカー
東京有機化学工業株式会社

総発売元

三洋貿易株式会社
〒101 東京都千代田区神田錦町2の11
東京・大阪・名古屋・札幌・福岡・岡山

新 製 品

ハダニ掃落調査機

(ブラッシングマシン)

用途

果樹、および花卉類、野菜類、特用作物その他のハダニの密度を調査するのに精度が高く能率よく行うことができるもので、ほ場や、樹別の密度調査や、ほ場の防除試験を効率よく実施することができます。

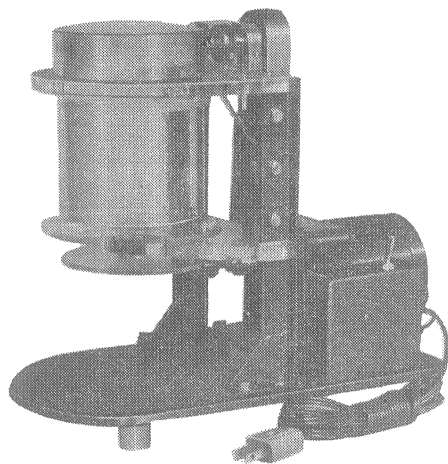
本機の特徴

1. 動くハダニを固着させて正確に調査できる。
2. ハダニ、卵別に平易に調査できる。
3. 多量の葉を一度に調査できるので能率が高い。
4. ハダニや、卵を圧潰することがない。

1セット ¥68,000

● 附属品

1. 調査用ガラス板 1組(12枚)
2. 粘着剤(容易に水洗い出来る)1缶



農薬流亡試験装置

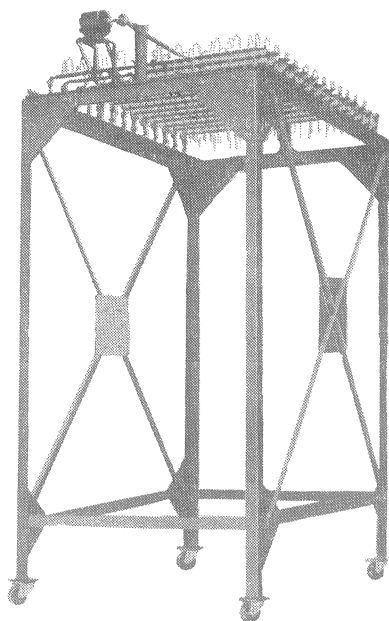
(DIK雨滴発生装置)

PAT. 4368045

植物防疫の分野における降雨の影響についての実験にはある限定した面への自然状態の降雨の再現が重要な実験手段となります。本装置は在来のノズルやシャワー方式と異なり霧状からφ4mm程度迄の雨滴を正確に再現することが出来る装置です。

本装置の特徴

1. 降雨分布が均一となる。
2. 任意(霧状～φ4mm)の滴径が容易に設定できる。
3. 任意に降雨量を規定できる。
4. 簡単に実験場所を移動できる。



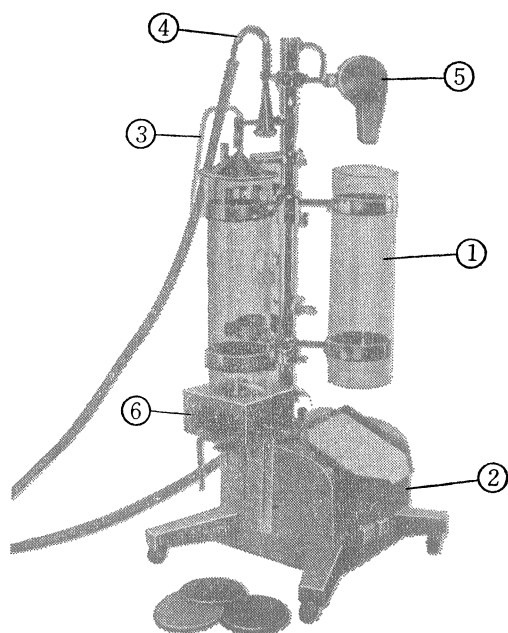
大起理化工業株式会社

本社 東京都荒川区町屋2丁目16番2号
TEL 東京03(892)2191番(代表)

(カタログを御送りします。) 工場 埼玉県大里郡岡部町榛沢新田

回 転 式 薬 剤 散 布 塔

農薬の生物検定には、薬剤の定量的処理が良好な結果を得るうえに必須の条件で
あります。本機は従来のポッター型散布塔をさらに改良して、コンプレッサー・
圧力計・三連式散布塔・液剤用ノズル・粉剤用ノズル・洗滌器・ドライヤー等を
がコンパクトに生まれ、ノズルから定量的に少量の薬剤を散布塔内で噴霧し検定
に処理され、塔内の残留薬剤は洗滌器によつて除染し、ついでドライヤーで乾燥
され被毒を防ぐためのドラフト等の設備の必要もなく、実験室の片隅で迅速に多
数の検体の連続処理が可能です。



1. 散布塔 ガラスゲージ管 12×43cm
2. コンプレッサー400W 圧力300mmHg
3. 液剤用ノズル
4. 洗滌シャワー
5. 乾燥ドライヤー
6. 検体収容箱 ステンレス製

特別附属品

- | | |
|---------------|-------|
| プラスチック カップ 蓋付 | 60ml |
| ” | 200ml |

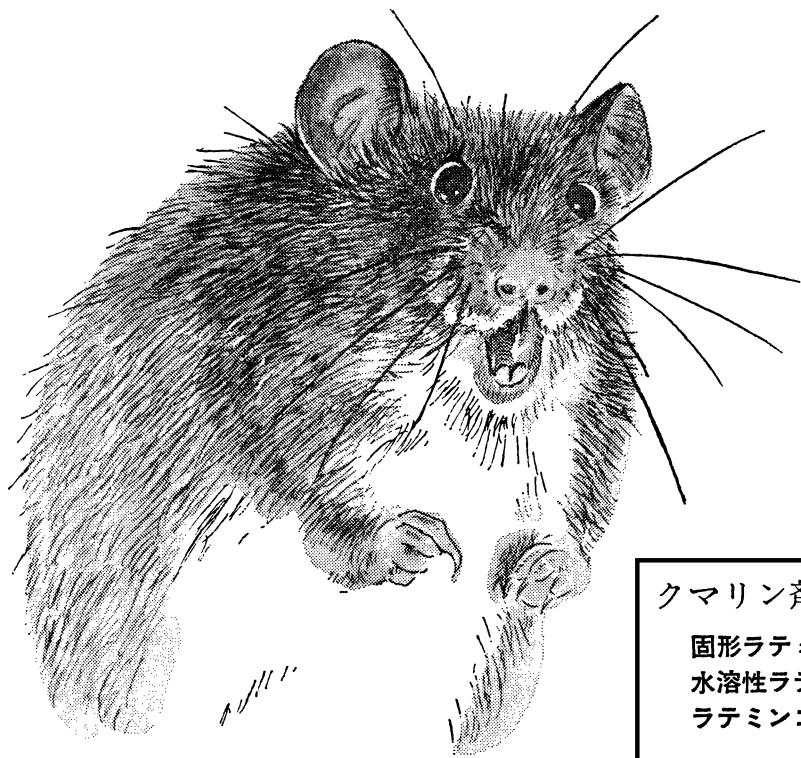
名古屋市昭和区天白町八事赤土17-1

み ず ほ 理 化 学 器 機 店

T E L (831) 8 7 1 3

何でもそろろう

クミアイ鼠とり



新発売

新タイプの忌避剤

ピリセン-α

主成分 シクロヘキシミド 0.2%

殺鼠後に……撒けば来ない，来れば撒く
不快味覚で，バツグンの忌避性！

クマリン剤

固形ラテミン	農家用
水溶性ラテミン錠	農業倉庫用
ラテミンコンク	飼料倉庫用

燐化亜鉛剤

強力ラテミン	農耕地用
ネオラテミン	農家用

タリウム剤

水溶タリウム	農耕地用
液剤タリウム	"
固形タリウム	"

モノフルオール酢酸塩剤 (1080)

液剤テンエイテイ	農耕地用
固形テンエイテイ	"



取扱 全購連・経済連・農業協同組合

製造 大塚薬品工業株式会社

躍進する明治の農薬

イネしらはがれ病の
専用防除剤



フェナジン明治
水和剤・粉剤

トマトかいよう病の
専用防除剤



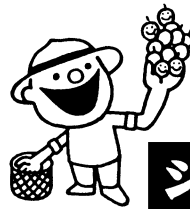
農業用
ノベオシン明治

野菜、果樹、コンニャク
細菌病防除剤



アグレプト水和剤

ブドウ(デラウェア)の
種なし、熟期促進
野菜、花の生育(開花)促進、増収



シベリン明治



明治製菓・薬品部
東京都中央区京橋2-8

自信を持ってお奨めする

兼商の農薬



アゾマイト®



キノドー®
水和剤

■夏場の新しい殺ダニ剤

デルボール

■りんご・みかん・桃・茶・ホップのダニに

スマイト

■果樹・そさいの強力殺虫剤

マリックス

■ヒルムシロ・ウキクサ・アオミドロに

モゲトン

■みかんの摘果剤, NAA

ピオモン

■りんごの葉つみ剤

ジョンカラー



兼商株式会社

東京都千代田区丸の内2-4-1

いつも
良いものをと
願っている
あなたに



■野菜のアブラムシ、ダニ防除に

エカチン[®]TD粒剤

■野ネズミに一番よく効く

三共フラトール



三共株式会社

農薬部 東京都中央区銀座3-10-17
支店営業所 仙台・名古屋・大阪・広島・高松

北海三共株式会社
九州三共株式会社

■資料進呈■

昭和四十五年十二月二十五日 印刷
昭和四十五年十一月三十日 発行
昭和二十四年九月九日 第三種郵便物認可
植物防疫第二十四卷第十一号

NISSAN

秋野菜の害虫防除に安心して使える!



低毒性有機リン殺虫剤

日産エルサン[®]

(PAP剤)

新しい土壌殺虫剤

エスセブン[®]粉剤

(EPBP剤)



日産化学

実費 二五〇円 (送料六円)