

# 植物防疫

昭和三十六年五月二十五日印刷  
昭和三十六年五月三十日發行  
昭和二十四年九月九日第三種郵便物認可  
第十五卷第五号  
（毎月一回十日發行）

PLANT  
PROTECTION

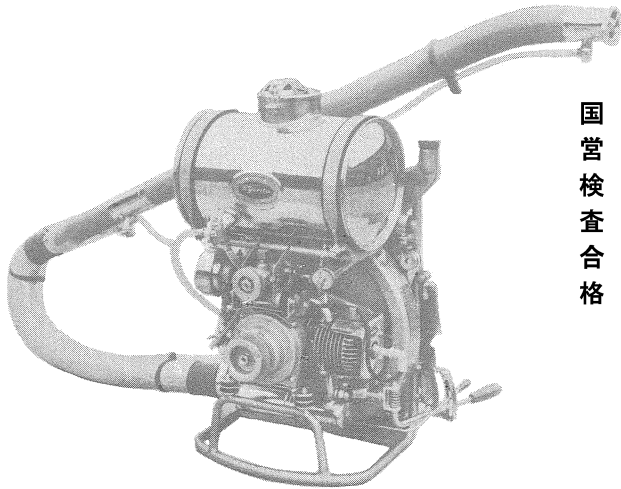
1961

特集 病害虫の薬剤耐性

5



# 共立背負動力散粉 ミスト兼用機



国  
営  
検  
査  
合  
格

1. 粉剤でも液剤でも散布できる。  
薬剤タンクと噴管とを交換するだけで極めて短時間に散粉機にもミスト機にもなる。
2. パイプミスト機にもなる。  
薬剤タンクを取はずし、別に設置された送液ポンプよりビニールホースにて薬液を送るようにするとパイプミスト機になる。
3. 10アール（1反歩）当りミストの場合 15 分、散粉の場合 8 分で完全な防除ができる。

散粉機・ミスト機・煙霧機・噴霧機・耕耘機  
高速度散布機・土壤消毒機……製造・販売

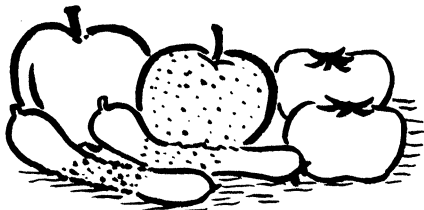
**共立農機株式会社**

本社：東京都三鷹市下連雀 379 の 9

# 果樹・果菜に

新製品！ 有機硫黄水和剤

# モノックス



説明書進呈



- ◆ トマトの輪紋病・疫病
- ◆ キウリの露菌病
- ◆ りんごの黒点病・斑点生落葉病
- ◆ なしの黒星病

**大内新興化学工業株式会社**

東京都中央区日本橋掘留町 1 の 14



← JIS マークは製品の  
品質と性能を国家が  
保証した優良品です

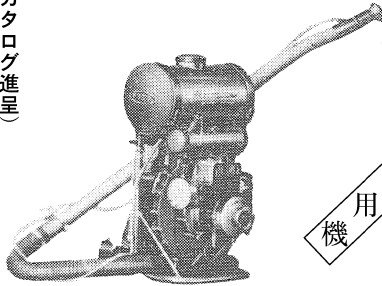
誰でも知っている  
**アリミツ**  
防除機具

ミスト機

散粉機

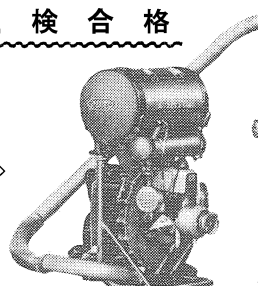
噴霧機

(カタログ進呈)



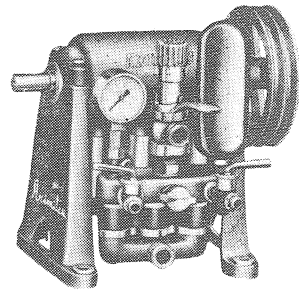
ミスト装置

国検合格



散粉装置

兼  
用  
機



**有光農機株式会社**

大阪市東成区深江中一丁目  
出張所 札幌・仙台・清水・九州・東京

AH-1型 (新製品)  
ティラー搭載最適

ゆたかなみのりを約束する...



● 一度の散布でモンガレ イモチが防除できる

**アゾジンM粉剤**

● 水銀剤、ホリドールとまぜて使える

**アゾジン水溶液剤**

● 生育中のヒエ除草剤

モンガレの特効薬

**スタム乳剤**

D C P A 乳剤



**庵原農薬株式会社**

東京都千代田区大手町1の3 (産経会館7階)

イモチ病防除に!!

# フミロン粉剤

薬害がなく、適用性の広い北興  
特許の水銀粉剤です。  
空中散布にも最適。

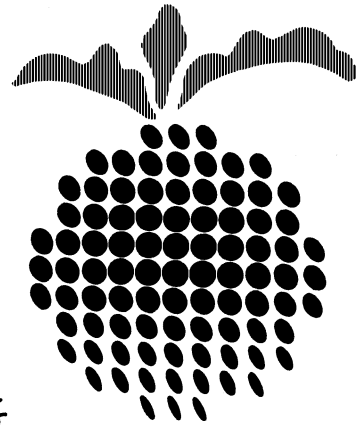
モンガレ・イモチ同時防除に!!

# マップ粉剤

蔬菜・瓜類等の土壌性病害に!!

# ソイルシン乳剤

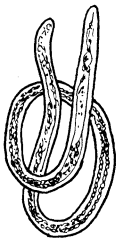
効果100%で薬害がない!  
ホクコーの特許水銀剤



(説明書進呈)

## 北興化学

東京都千代田区  
大手町1-3



サンケイ農薬

# 土壌線虫防除に!

E D B

# ネマヒューム30

ダウ D-D

# ピデンD

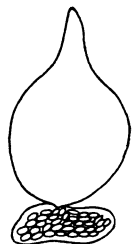
ダウ D B C P

# ネマセツ乳剤80



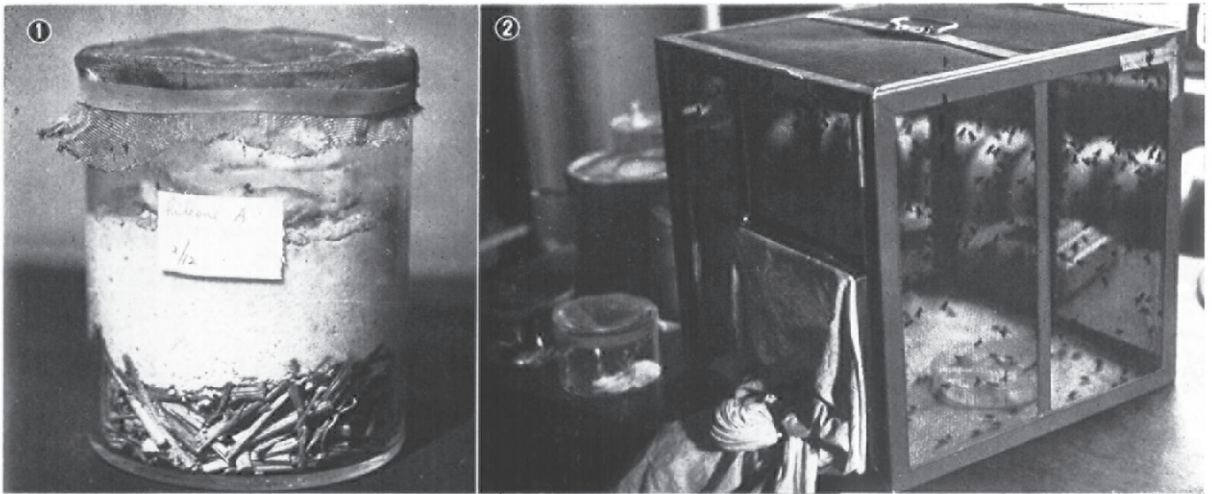
## 鹿児島化学工業株式会社

東京・福岡・鹿児島



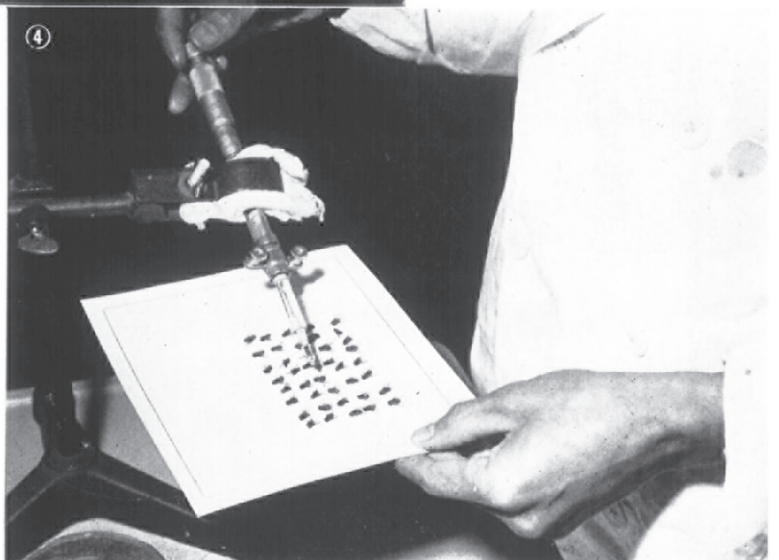
# 衛生害虫における殺虫剤抵抗性出現とその対策

国立予防衛生研究所衛生昆虫部 安 富 和 男 (原図)



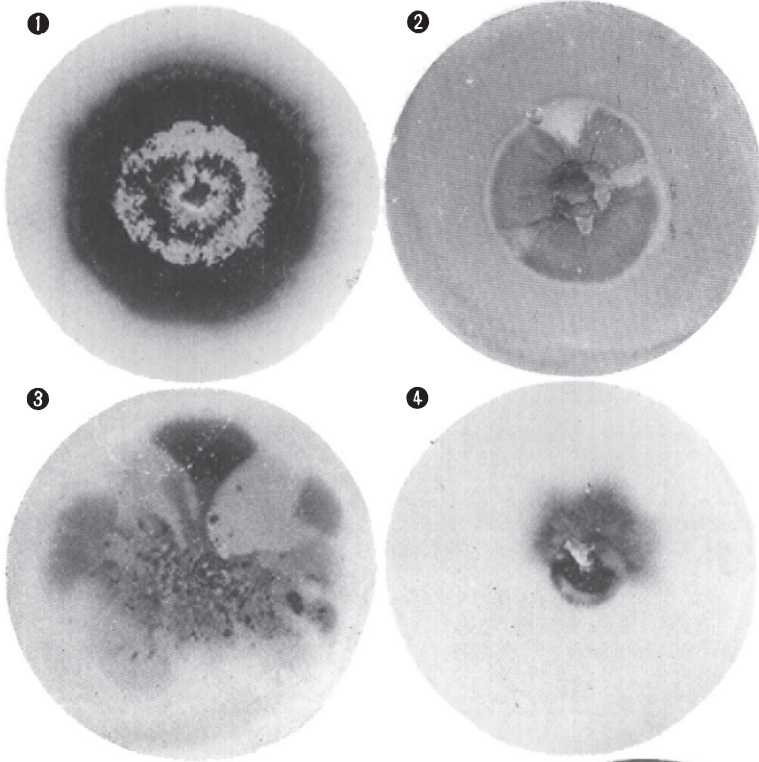
① イエバエ幼虫の飼育  
② イエバエ幼虫の飼育かご

③ イエバエの飼育室  
④ イエバエに対する局所施用



# いもち病菌の薬剤抵抗性

農林省農業技術研究所生理遺伝部 山崎義人 (原図)



いもち病菌の硫酸銅加用ジャガイモ煎汁寒天培地上における扇状変異の形成

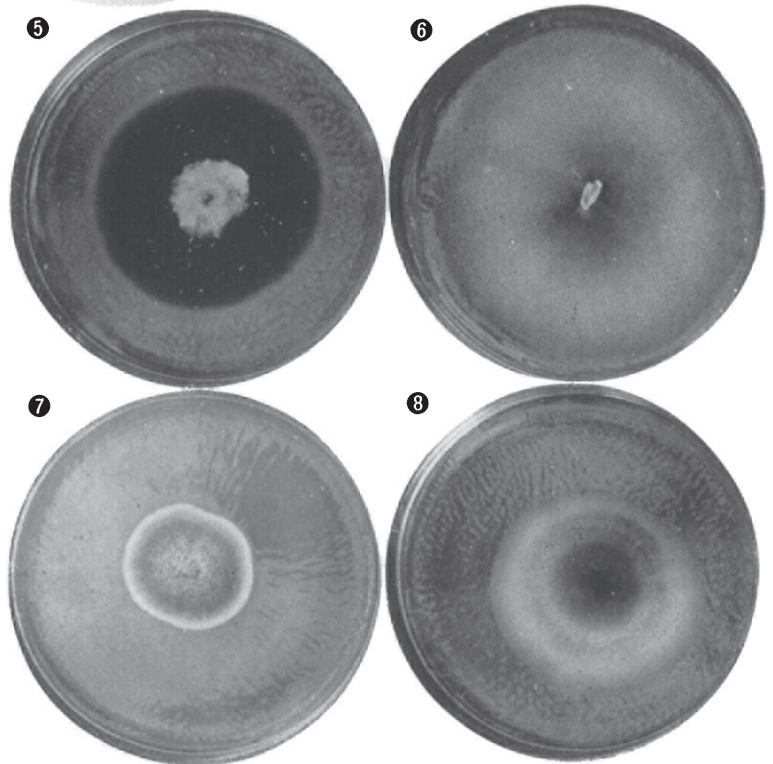
1: ジャガイモ煎汁寒天培地

2, 3, 4: 硫酸銅加用ジャガイモ煎汁寒天培地

扇状変異から分離された薬剤抵抗性株

5, 6: 硫酸銅抵抗性株

7, 8: 硼酸抵抗性株

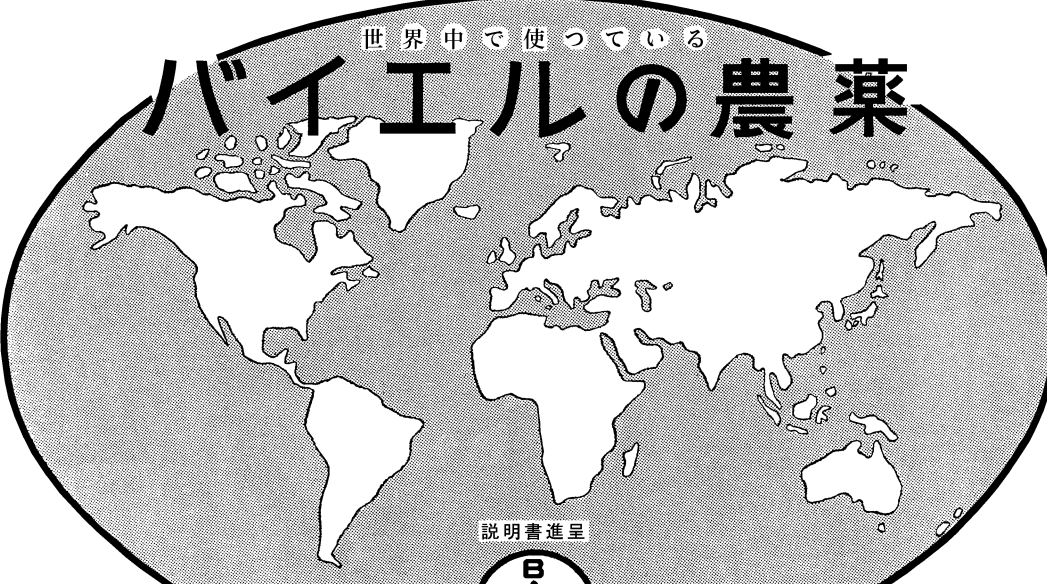


### 特集：病害虫の薬剤耐性

病害虫の薬剤耐性と抵抗性の問題点	吉川秀男	1
殺虫剤抵抗性をめぐる 2, 3 の基本的問題	山崎輝男	4
殺虫剤抵抗性の遺伝	塚本増久	9
ニカメイチュウの栄養状態とパラチオン抵抗力の変化	平野千里 石井象二郎	13
一般害虫の殺虫剤に対する効果の変動した事例	椎野秀蔵	16
ハダニの薬剤抵抗性出現とその対策		
リンゴ	豊島寛 本間健平	19
柑橘	関道生	20
衛生害虫における殺虫剤抵抗性出現とその対策	安富和男	23
糸状菌の殺菌剤耐性	中村廣明	27
いもち病菌の薬剤抵抗性	山崎義人	30
バクテリアの抗生物質耐性	向秀夫	35
連載講座 作物病虫害診断メモーさつき（5月）の控	小野小三郎 田村市太郎	41
海外ニュース		48
砂糖で土壤線虫が防除できる		12
WHOの殺虫剤抵抗性昆虫対策の動き		34
中央だより	40, 51	防疫所だより 49
学会だより	3	新刊紹介 3, 22


世界中で使っている

# バイエルの農薬



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ノ8 (古河ビル)



# いもちに...

PMF液剤の殺菌力は病原菌を殺すとともに散布表面から深く浸透し長い間菌の感染から穂を保護します。穂の出た日のうちに菌が侵入するホクビイモチの予防には最も適しています。(説明書進呈)

## 日曹PMF液剤

ビー エム エフ

### 日本曹達株式会社

本社 東京都千代田区大手町2丁目4番地  
支店 大阪市東区北浜2丁目90番地

# 農薬講座

全3巻 完結!  
各巻価五〇〇円

農学博士 上遠 章 農薬の基本的性質及び機能をはじめ、めとし、個々の農薬の性状、毒性、使用法などについて体系的にわたくししく解説し、農薬使用上必要な知識を網羅した防疫関係者必読の書  
第1巻 農薬総論  
第2巻 殺虫剤・他  
第3巻 殺菌剤・他

## 植物ウイルス病

実験法と種類

日高 醇 わが国における第一線研究者によつて総合的に執筆されたもので、ウイルス病の実験法とその分類が記されている。  
★価二〇〇円・内容見本呈

## 植物病理学

赤井 重恭 植物病理学の最近の情勢を紹介すると共にその基礎的、理論的体系を解明し、農業の実際にかんして応用すべきかを説明した指針★価四八〇円千50

## 農業害虫生態図説

著者が辛苦を重ねて撮影した写真千数百葉により、水陸稲・麦・大豆・蔬菜・果樹等の害虫の生態とその防除法を説明  
★I巻一六〇円・II巻一四〇円

## 果樹病虫害図説

福田・北島著 一三〇円千50

## 農業実験計画法

三留三千男著 八〇〇円千50

## 微生物生理学

植村・福見・柳田編 二六〇円

## 農業ラジオ

生産 アイソトープ 四〇〇円千40

## 植物の生長と環境

ウエント 輪田・富田訳 一〇〇円千50

## 農業経営講座

錦織・岩崎・森編 六五〇円千50

## 月刊農業

一年間百円  
お申込次第見本進呈

東京都新宿区東五軒町五五  
振替口座東京八六七三番  
朝倉書店



# 病虫害の薬剤耐性と抵抗性の問題点

大阪大学医学部遺伝学教室 吉 川 秀 男

## I 耐性と抵抗性

昆虫の薬剤耐性とか抵抗性という問題がここ数年来急にやかましくいわれるようになったが、まず明確にしておかなければならないことは耐性と抵抗性という言葉の使い方であろう。現在のところ両者の区別ははっきりしないが、一般に耐性は **tolerance** の訳語として使用している。これは食物その他の一時的な原因で同種の他の個体よりも抵抗性が若干増加した場合で遺伝性がないのが特徴である。それに対して抵抗性 (**resistance**) というのはある昆虫の一部の個体が他の大部分の個体に比較して異常な抵抗性をもち、かつその性質が遺伝的なものを指している。しかし微生物学者たちはこのような場合にもすべて耐性という言葉を使っているし、昆虫学者もとくに両者を区別して使っているとは思えないので、ますます区別がつけにくい。ここでは真の意味の抵抗性、すなわち **resistance** の場合についてのみ述べることとする。

## II 薬剤抵抗性昆虫出現の実情

昆虫が殺虫剤に抵抗性を生じたという報告はおそらく MELANDER (1914) がワシントン州の一部で発生した石灰硫黄合剤に対して抵抗性をもったナシノマルカイガラムシ (*Aspidiotus perniciosus*) について記載したのが最初であろう。ついで QUAYLE (1916) もカリフォルニア州で青酸ガスに抵抗性をもったオリーブカタカイガラムシ (*Saissetia oleae*) について報告している。しかしこの問題がとくに世人の注目をひくようになったのは第2次大戦もようやくしずまった1947年にイタリアおよびスウェーデンから DDT に対する抵抗性のイエバエが現われたとの報告が契機になったといえよう。以後世界の各地から同様の報告が陸続として現われ、問題は俄然重大化してきた。そのため世界保健機構 (World Health Organization) もとくにこの問題をとり上げ、目下世界各地の衛生害虫における薬剤抵抗性の実態を調査し、あわせてその対策を考究するよう要請している。筆者らもその委嘱をうけ、また一昨年度からは文部省科学研究費による総合研究班を組織して研究中であるが、ここではこの研究班の得た知見をもとにして若干の私見を述べてみたい。

結論的というと将来どのような殺虫剤を発見または合

成しても昆虫はおそらくそれに対応する能力をもつに至るだろうというのが筆者の考えである。たとえば日本の実情でもコロモジラミは 1950 年ころから DDT に対して次第に抵抗性を示すようになったが、今では結晶性の DDT にさえ耐えうるものが出現している。またイエバエやアカイエカの幼虫なども各種の塩素系殺虫剤に対して強い抵抗性を示すようになったため今では地域によって、もはやこれらの塩素系殺虫剤では駆除困難となり、それに代わるものとして低毒性の有機燐剤、たとえば、DDVP やダイアジノンを使用せざるを得なくなっている。ところが昨年ついに関東地方の一部にダイアジノンにすら抵抗性をもつイエバエが出現し、抵抗性の問題はさらに新しい段階に突入したといわれる。このような現象は何も衛生害虫に限らずおそらく各種の農業害虫にも見られるにちがいない。

こうして昆虫と殺虫剤との絶えざる戦はあたかも病原菌と抗生物質との戦にも似て、いつ果てるとも思われない。筆者らはよくこの実情を認識して次々に対策を講じてゆかなければならない羽目に追い込まれている。

## III 薬剤抵抗性は遺伝する

ではどういう機構によって昆虫はこのように多くの殺虫剤に対して抵抗性をもつようになったのであろうか。それはあらゆる生物に与えられた自己保存の力、もっと具体的にいえば突然変異を起こす能力をもっているために外ならない。これは筆者ら自身がキイロショウジョウバエ (*Drosophila melanogaster*) について行なった研究から明らかにされたことである。筆者らがこの昆虫を選んだのはいうまでもなく遺伝学的な分析が容易なためであった。その結果によるとこの昆虫の殺虫剤抵抗性は各染色体に存在するいくつかの遺伝子によって支配されるが、とくに第2染色体の64.5という位置にある一つの優性遺伝子が主要な役割を演じている。もしこの遺伝子をもつ個体があれば、それは DDT, BHC, ディルドリンなどの塩素系殺虫剤だけでなく、パラチオン、マラチオン、DDVP のような有機燐剤に対しても強い抵抗性を示すのである。いいかえるとこの昆虫では一つの遺伝子により交差抵抗性 (**cross-resistance**) の現象を示すのである。もちろん中には硫酸ニコチンに対する抵抗性のように第2染色体に属する遺伝子よりも第3染色体の50

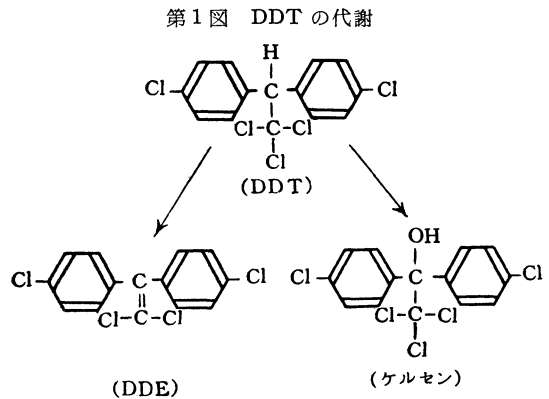
付近に存在する優性遺伝子によって強く支配される場合もあるし、砒酸塩に対する抵抗性のように現在のところその遺伝子分析のできないものもある。しかし結論できることは抵抗性が遺伝的支配をうける以上、一定の殺虫剤を繰り返し使用することはますますそれに関与する抵抗性遺伝子だけを残すこととなり、やがてはその地域の全個体が強い抵抗性をもつようになるだろうということである。実際彦根市のようにマラリア駆除のためにDDT散布を数年にわたって施行した地区から採集したショウジョウバエの大部分は前に述べた第2染色体に属する抵抗性遺伝子をもつために、ほとんどすべての殺虫剤に対して交差抵抗性を示すことがわかっている。

ところがここに一つの疑問がおこった。それは上記の結果は日本の野外あるいは実験室で淘汰によって得られた強い薬剤抵抗性の系統を使用した場合に得られたものであるから、もし外国の諸系統を使った場合にはどうだろうかということである。そこでアメリカ、スウェーデン、韓国などから抵抗性の系統をとりよせ分析してみたが、やはり同じ結果が得られた。ということは少なくともキイロショウジョウバエの殺虫剤抵抗性は世界のどの系統でも同じ機構、すなわち同一遺伝子の変化によって起こったものと考えざるを得ない。事実昨年筆者はX線照射によって殺虫剤感受性の系統から抵抗性遺伝子の誘発に成功したが、このことは同じ突然変異が世界の各地で独立に起こるといふ考えを支持するものと思われる。

#### IV 薬剤抵抗性の機構は昆虫の種類でちがっている

筆者らはショウジョウバエについてこのような研究を行ってきたが、WHOのすすめもあって数年前からイエバエについても同様の研究をやり始めている。現在ではまだ抵抗性遺伝子を分析する基礎となる各種の可視突然変異を見出し、その連関地図(linkage map)を完成しようとする段階であるが、筆者らの予備的な研究でもまた世界各国の研究者の報告によってもイエバエの殺虫剤抵抗性の機構は同じ双翅類に属するショウジョウバエのそれとはかなりちがったものであることがわかってきた。

たとえばイエバエではショウジョウバエに見られるような強い交差抵抗性の現象はみられないし、性決定の様式にも大きな相違がある。このことは生化学的方面からも証明されることで、イエバエのDDT抵抗性の系統ではDDTを無毒のDDEにする酵素を多量にもつためと解釈されているが、ショウジョウバエではDDTはDDEに変化せずケルセンという物質に変わる(塚本, 1959;



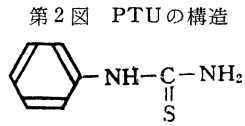
HOSKINS & SMITH, 1960)(第1図)。

このDDTをケルセンにする酵素が問題の第2染色体に属する優性遺伝子の作用によるものかどうかはまだ不明であるが、以上の事実は同種の昆虫では同じ機構によって殺虫剤抵抗性が生ずるが、一度別種の昆虫になるとたとえそれらが近縁のものであっても全く別の機構による場合のあることを示している。もちろん中には共通的なものもあるにちがいないが、この昆虫の種類ごとに抵抗性の機構がちがうということは1種の昆虫について得られた結論をそのまま別種の昆虫にあてはめることの危険性を示している。したがってはなはだ迂遠的ではあるが、殺虫剤抵抗性を研究しその対策を立てるためには、それぞれの昆虫についての詳しい調査が是非必要となるわけである。

#### V 負相関性薬剤を発見すること

しかしもし一度対象とする昆虫における抵抗性の機構が判明すれば、筆者らはもっと自信をもってその対策を講ずることができるであろう。たとえばある昆虫の抵抗性が主として神経毒に対して強いということになればわれわれは神経毒よりも食毒を使用するほうが有利であろうし、透過性に異常がおこって薬剤をうけつけないという場合には透過性を強めるような協力剤を混合することが効果的であろう。しかし事實はショウジョウバエのようになりに詳細な遺伝学および生化学的分析が行なわれている昆虫ですら、その対策はまだやみくも的といってよい。現在までにわかったこととして、ダイアジノンパラチオンなどちがってたとえ第2染色体に属する抵抗性遺伝子をもった個体にも非常に有効であるから、この薬剤はショウジョウバエの駆除には便利なはずである。しかしそれより一層興味深い現象はこの遺伝子をもった個体だけを選択的に殺すような薬剤を見出すことである。このようなある殺虫剤に抵抗性の個体だけを

殺すという薬剤はイエバエについて若干報告されていたが、追試の結果まだ疑問視されている。ところが筆者らの教室の荻田(1958~61)はショウジョウバエにおいて非常に顕著な例を見出すことに成功した。それはフェニール・チオウレア (PTU, 第2図) またはそのハロゲン



誘導体で、これらの薬剤は DDT あるいはパラチオン 抵抗性の個体に対し選択的に有効なのである。このよ

うな性質をもつ薬剤を負相関性 (negatively correlated) あるいは逆抵抗性 (reverse resistance) の物質とよんでいる。

もしこのような薬剤をそれに対蹠的な薬剤、たとえば PTU と DDT を適当に混合して使用すると PTU に強いが DDT には弱い個体は DDT によって殺され、反対の個体は PTU によって殺され結局すべての個体を駆除できるわけである。もちろん前にいった理由で、やがてはその両者に抵抗性をもつ個体が突然変異として現われる可能性が多いが、当分の間は有効な方法として利用できるであろう。このように今後の殺虫剤の研究にはただ単に毒性の一層強いもの、あるいは有効な協力剤を探すだけでなく負相関性物質の探究にも着眼すべきではないかと思われる。

## VI 結 語

以上誠に断片的ではあるが殺虫剤抵抗性に関して若干の問題点をあげてみた。すなわち昆虫の薬剤抵抗性は明らかに遺伝子の支配を受ける遺伝的形質であるが、それは昆虫の種類によって一定しないこと、したがって迂遠な方法であるが各昆虫について詳細な研究を行ない、それによって個々の対策を講ずべきこと、またその対策の一環としてある殺虫剤に対して抵抗性の個体を選択的に斃すような薬剤、すなわち負相関性物質の研究を行なうべきことなどである。

### 引用文献

- 1) MELANDER, A. L. (1914) : J. Econ. Ent. 2 : 167~172.
- 2) QUAYLE, H. J. (1916) : J. Agr. Univ. Calif. 3 : 333, 358.
- 3) 朝比奈正二郎・安富和男(1960) : 医学生物学最近の展望 1 : 555~576.
- 4) 吉川秀男・大垣昌弘・塚本増久(1955) : 最近の生物学 5 : 88~151.
- 5) 塚本増久(1959) : 防虫科学 24 : 141~151.
- 6) HOSKINS, W. M. & SMITH, S. (1960) : Insect Toxicologist' Information Service 3 : 119.
- 7) 荻田善一(1958) : 防虫科学 23:188~205.; (1961) : 同上 26 : 7~30.

### < 新刊紹介 >

北海道病害虫防除史編さん委員会編 北海道における農作物病害虫防除の歩み 北海道植物防疫協会発行 A5判 108 ページ 実費 180 円

北海道開拓使が明治2年におかれて以来 90 年。北海道の農業は冷害と病害虫との斗争ともいわれている。

本書は第1部にはこの約1世紀におこった色々な病害虫の発生を北海道で体験され、研究され、指導された方々の発言によって座談的に集録されたもので、非常に読

みやすく、中にはわれわれが間接的にきき及んでいた飛蝗の記録、バッタ塚なども写真入りで紹介されている。また、リンゴの病害虫の明治時代からの記録、ビートの問題、いもちの集団防除や畑作病害虫防除の苦心、大型防除機具の開拓など各方面の歴史が裏話を交えて記録されているのは実に興味深い。また第2部にはこの座談会の裏付けの年表が詳細に記されていて従来のこの種の記録本には見られない独得な体裁を具えている。北海道の方々ばかりでなく関係各方面に一読をすすめたい。

(遠藤武雄)

## 学 会 だ よ り

昭和 35 年度日本農学賞は信州大学農学部鳥居西藏氏の「クリタマバチの生物的防除、特にその在来天敵蜂群の利用に関する研究」に対して授与された。

第5回日本応用動物昆虫学会賞は八洲化学工業株式会社酒井清六氏の「殺虫剤の連合作用に関する昆虫毒物学的研究」に対して授与された。

第9回日本植物病理学会賞は兵庫農科大学山本和太郎氏の「すす病菌の分類学的ならびに生態学的研究」と農林省四国農業試験場木谷清美氏の「石灰イオウ合剤の効力発現に関する生態学的研究」に対してそれぞれ授与された。

## 殺虫剤抵抗性をめぐる2,3の基本的問題

東京大学農学部害虫学研究室 山崎輝男

### まえがき

同一殺虫剤をこん虫に毎世代連用していると、こん虫によってはその薬剤に対する抵抗性 (*resistance*) (この場合、抵抗力、感受性などという表現のほうが妥当だが、抵抗性という語がまったく同義語として従来使われてきているので、ここでは一応抵抗性としておく) が発達してきて、いわゆる抵抗性系統 (*resistant strain*, 以下 R系と略記) が生ずることがある。

近年、殺虫剤の使用が高まるにつれて、R系の出現は増加の一途をたどっている。衛生害虫では、1947年イタリアで DDT 抵抗性のイエバエとアカイエカが発見されたのを契機として、その後世界各国で塩素剤や有機リン剤などに対する R系がいろいろなこん虫で出現し、そのこん虫の種類もハマダラカ、ヤブカ、コロモジラミ、トコジラミ (ナンキンムシ)、チャバネゴキブリなど 72 種に及んでいると報告されている (BROWN, 1961)。WHO (世界保健機構) でもこの抵抗性こん虫の出現を重要視し、世界各国と連携して抵抗性機構の基礎的研究を行ったり、防除対策などについて合議している。これをみても、抵抗性問題がいかに世界的な重要問題であるかを知ることができよう。

農作害虫では、1914年 MELANDER がカリホルニアでナシノマルカイガラムシ (サンホーゼカイガラムシ) が石灰イオウ合剤に対して抵抗性が増強したことを確認したのが最初であるが、最近では薬剤抵抗性の害虫の種類は 65 種に及んでいる。わが国では、最近 DDT がアオムシ (モンシロチョウ幼虫) に、パラチオンがニカメイチュウにきかなくなったという声があり、またこれは R系が生じたためではないかと言われているが、まだこれを確証する資料は得られていない。これらは今後詳細に究明しなければならない問題である。

周知のとおり薬剤に対する抵抗性には非常に多くの因子が直接あるいは間接に、また正 (*positive*) に負 (*negative*) に複雑に関与している。またこれら因子には形態学的、組織学的、生理学的、生化学的、生態学的などの諸因子があげられるが、これら因子の機能的作用はもとも遺伝子によって運命づけられている遺伝的なものと考えられている。このように抵抗性に関与する因子は数多いだけに、抵抗性機構の研究も広範な分野で行なわれ

なければならず、また実際行なわれている現状である。またこれらの研究成果を総合的に考察してこそ満足な結論も得られようというわけである。

この抵抗性機構の解析的研究の現状については、稿を改めて、近く本誌上に紹介するが、本号では殺虫剤抵抗性の重要な 2,3 の基本的問題、すなわち抵抗性の概念、抵抗性の発達、交差抵抗性、抵抗性の安定性などについて述べることにする。

### I 抵抗性の概念

BROWN (1958) はこん虫の薬剤に対する抵抗性を論ずるには、“抵抗性” ということばの概念をまず明らかにしておくことが大切であるとして、彼の著 “*Insecticide Resistance In Arthropods*” (1958) に“抵抗性の概念” について 1 節を設けて解説しているのので、これをここに紹介しておきたい。

“抵抗性” ということばは、以前は有効であった殺虫剤の薬量が現在では防除できなくなったときに用いられるのである。この防除できなくなった原因が、果たしてこん虫集団の薬剤に対する感受性 (*susceptibility*) が変化したためによるものかを確認することは非常に困難であるので、このようなことが起こったら、まず使用した殺虫剤の品質が良好であったかとか、薬剤施用方法は遺漏なく適正であったかを十分検討しなければならないと述べている。

殺虫剤をこん虫体に直接接触させるか、殺虫剤残渣に接触させ、いわゆる “*physiological resistance*” (生理的抵抗性) を測定し、これを標準系統 (*normal or standard strain*) と比べ等価死亡率をうる薬量が 5~10 倍増大していたら、少なくともイエバエでは “抵抗性” といえるとしている (BECKER & BRUCE, 1952)。抵抗性水準が標準系統より 5~10 倍強いと塩素剤でイエバエやカを十分に殺せないし (KNIPLING, 1950)、LC<sub>50</sub> の水準が 10 倍上昇すると有機リン剤の残留噴霧でイエバエを殺すことはできないのである (KEIDING, 1956)。

中央致死薬量の増加が統計的に標準系統の 2~4 倍程度で有意差があっても、このようなときは “*resistance*” というよりは “*tolerance*” (耐性) ということばが適当であるとされている。耐性は環境条件などによって、一時的に抵抗力がわずかに増加したものであって、遺伝的な

ものでない。

発達した抵抗性に対して“acquired tolerance”(獲得耐性)ということばがしばしば用いられるが、これは不適当である。もし“resistance”ということばを明確にしようとするれば、“developed”(発達した)という修飾語をつければよい。

WHO 殺虫剤専門委員会 (WHO Expert Committee on Insecticides) では“抵抗性”の定義を 1957 年に次のように決定している。

“殺虫剤に対する抵抗性とは、そのこん虫の正常な集団の大多数の虫を殺すような薬量に耐える能力がその系統に発達したことをいう”

このように“抵抗性”ということばは、殺虫剤の使用によってこん虫集団にひき起こされた発達した特性(developed attribute)であって、遺伝的なものである。ワタノハナゾウムシやバッタが DDT にもともと強いというような現象は“refractoriness”というような別のことばで表わし、“resistance”とは明確に区別すべきものであるとされている。

以上は大体 BROWN の記述の大要であるが、一般には、“resistance”(抵抗性)、“tolerance”(耐性)、“refractoriness”, “susceptibility”(感受性)、抵抗力などということばは、まったく区別なく使われている。抵抗性ということばを BROWN の説明や WHO の定義どおり“薬剤処理によって発達した特性”で、遺伝的なものであるという意味を持たせると、抵抗性ということばは慎重に使わなければならない。ある土地で、こん虫を初めて薬剤処理して、その抵抗力を調べたところ、他の地区の同

種のこん虫の抵抗力に比べ大きかったとしても、発達した特性ではないので“抵抗性である”とか“抵抗性が強い”などとは厳密には言えず、“抵抗力が強い”とか、本来から強いという意味で“refractoriness”があるというべきであろう。いずれにする抵抗性系統として認められたものについてのみ、抵抗性うんぬんということばは使うことができない。

なお、“behavioristic resistance”(行動的抵抗性)ということばがあるが、これは致命的な薬量を避ける能力がこん虫に発達することを称している。

## II 抵抗性の発達

こん虫の種類により、また殺虫剤によって抵抗性の発達様式はまちまちであるが、この方面の研究の 1 例として MARCH(1959) がイエバエを用いて行なった研究を紹介しておく。

### 1 塩素剤の場合

研究室飼育の感受性系統(susceptible strain, 以下 S 系と略記)のイエバエを各種の薬剤を用いて、その 20~40% が生き残るような薬量で毎世代局所施用(topical application)して選抜処理を行なった。リンデンの場合の抵抗性の発達を見ると、第 1 表に示すように初めの約 30 世代は徐々に抵抗力が増加し、薬量は頭初の約 10 倍程度になるが、次の 10 世代で抵抗力の増加は急速になり 100 倍という高い抵抗性を示すようになる。このような経過をたどって高度の R 系(LD<sub>50</sub>>100  $\gamma$ /虫)が得られたのは、塩素剤では DDT, メトキシクロール, プロラン, リンデン, ディルドリンなどであった。なお、こ

第 1 表 研究室での抵抗性の発達経過：諸種殺虫剤局所施用による各種 R 系の選抜  
(薬量は生残虫率 20~40% になるような量で  $\gamma$ /虫 で示す) (MARCH, 1959)

研究 室 S 系						Stauffer S 系				塩素剤 R 系 (野外採集)	
リンデン		パラチオン		ダイアジノン		クロールチオン		クロールチオン		マラソン	
世 代	薬 量	世 代	薬 量	世 代	薬 量	世 代	薬 量	世 代	薬 量	世 代	薬 量
P	0.01	P	0.01	P	0.05	P	0.05	P	0.10	P	0.50
F 1	0.01	F 1	0.01	F 1	0.10	F 1	0.10	F 1	0.10	F 1	0.50
F 2	0.02	F 2	0.02	F 2	0.20	F 9	0.20	F 4	0.20	F 5	1.0
F 4	0.03	F 3	0.03	F 18	0.50	F 22	1.0	F 6	1.0	F 18	2.0
F 10	0.04	F 5	0.04	F 20	1.0	F 27	5.0	F 14	5.0	F 26	5.0
F 14	0.05	F 28	0.05	F 52	0.50~1.0	F 35	10.0	F 29	10.0	F 31	10.0
F 15	0.06	F 34	0.07			F 56	20.0	F 36	20.0	F 45	20.0
F 26	0.08	F 48	0.10			F 59	50.0	F 40	50.0	F 49	50.0
F 29	0.10	F 205	0.05~0.10			F 81	50~100	F 52	50~100	F 61	10~50
F 33	0.20										
F 34	1.0										
F 35	10.0										
F 36	50.0										
F 41	100.0										

の1頭当たり 100 $\gamma$ という薬量は局所処理薬量の最大限で、これ以上の薬量だと、施用量に対する吸収量は限界点に達して、実際に施用できない。しかし、殺虫剤と共力剤を混用して選抜圧を高めると、一層高度の抵抗性が得られる。たとえば、数種の塩素剤R系のイエバエをさらに DDT に bis (*p*-chlorophenyl) ethane や bis (*p*-chlorophenyl) chloromethane を加えたもので選抜処理をすると、DDT だけで選抜してできたR系のものより、抵抗性は強く (MARCH, 1952), また DDT 脱塩酸酵素の含量も多いことが MOOREFIELD ら(1955) によって明らかにされている。

このようにイエバエの塩素剤抵抗性は、(1) 均一的に高水準にまで発達するということと、(2) 吸収組織が飽和するので抵抗性の度合に限界があるということが、その特徴となっている。

2 有機リン剤の場合

研究室飼育の感受性系統のイエバエをパラチオンで毎世代選抜処理すると、30~40 世代で抵抗力は約 10 倍高まり、塩素剤に非常に似た増大を示すが、さらに 160 世代以上選抜しても抵抗力の増大は見られない。このような傾向は選抜薬量こそ多かったが、ダイアジノンの場合も見られている。また研究室飼育のS系や野外で採集した塩素剤R系イエバエをクロールチオンで選抜すると、選抜限界薬量に近づき、高度の抵抗性を示したが、マラ

ソンはこれより低い数値を示していた。

このようにイエバエの有機リン剤の抵抗性の特徴は個々の薬剤に対して、特有の抵抗性の最高水準がある。多くの場合これらの水準は局所処理による選抜限界以下である。また、このように有機リン剤抵抗性は吸収機能による限界よりも、むしろ生化学的限界によって、限定づけられる傾向がある。

III 交差抵抗性 (cross resistance), 交差耐性 (cross tolerance)

こん虫が2種以上の殺虫剤に対して抵抗性(耐性)を示すとき、これを交差抵抗性(交差耐性)と称している。交差抵抗性は同一系統の薬剤相互間、たとえば塩素剤の DDT と同じ塩素剤の BHC とかディルドリンのこともあつし、異なった系統の薬剤相互間、たとえば塩素剤の DDT と有機リン剤のパラチオンとかマラソンとの間に起こることもある。ある薬剤を連用して、その薬剤に対する抵抗性系統のこん虫が出現したとき、その薬剤に代わるべき代用薬を使用しようとするときは、交差抵抗性について十分検討しておかないと思わない失敗をきたすことになる。この意味でも交差抵抗性の研究は重要である。

イエバエを用いてある殺虫剤に対するR系を作り出したとき、選抜に用いた殺虫剤以外の 2, 3 の塩素剤(または有機リン剤)に対するR系の反応を調べると第2, 3表のようになる。

第2表 研究室選抜の塩素剤R系の諸殺虫剤局所施用に対する反応 (MARCH, 1959)

系 統*	LD <sub>50</sub> ( $\gamma$ /虫)					
	DDT	メトキシクロール	プロラン	リンデン	ディルドリン	パラチオン
研究室 S 系	0.033	0.068	0.095	0.01	0.031	0.023
DDT R 系	>100	0.66	0.12	0.20	0.070	0.026
メトキシクロール R 系	>100	>100	0.21	0.18	0.030	0.010
プロラン R 系	7.0	0.60	>100	0.15	0.054	0.022
リンデン R 系	7.6	0.66	0.18	>100	>100	0.010
ディルドリン R 系	3.1	0.22	0.066	0.70	>100	0.017

\* R系はすべて研究室S系を両親として選抜を始めた。

第2表によって、ある塩素剤に対するR系は他の塩素剤に対して、とくに近縁の化合物に対して高い交差抵抗性を示すが、有機リン剤に対しては抵抗性を示さないことがわかる。また一方、第3表によって、有機リン剤抵抗性は他の有機リン剤に対しては低い交差

第3表 研究室選抜の有機リン剤R系の諸殺虫剤に対する反応 (MARCH, 1959)

系 統*	LD <sub>50</sub> ( $\gamma$ /虫)										
	DDT	メトキシクロール	プロラン	リンデン	ディルドリン	パラチオン	マラソン	クロールチオン	ダイアジノン	ディキプロソン	ロネル
研究室 S 系	0.033	0.068	0.095	0.01	0.031	0.023	0.58	0.64	0.10	0.055	0.16
パラチオン R 系	>100	>100	0.84	4.9	>100	0.13	43.0	2.4	0.42	0.43	0.90
ダイアジノン R 系	>100	9	0.25	1.3	0.48	0.090	33.0	3.0	0.90	0.19	—
クロールチオン R 系 1	>100	>100	0.30	0.80	>100	0.056	49.0	>100	0.29	1.2	0.32
クロールチオン R 系 2	>100	>100	0.50	1.0	>100	0.064	>100	>100	0.35	1.2	—
マラソン R 系	>100	>100	0.26	2.2	>100	0.062	>100	19.0	0.33	0.26	0.52

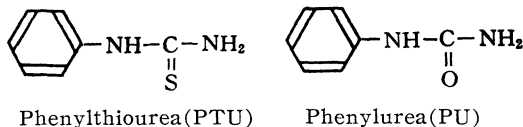
\* R系はすべて研究室S系を両親として選抜を始めた。

抵抗性を示すが、塩素剤に対しては高い交差抵抗性を示すことが了解される。このように、塩素剤 R 系と有機リン剤 R 系とはそれぞれ異なった性質の交差抵抗性を示している。なお、有機リン剤で選抜したとき、わずかし有機リン剤に対して抵抗性が発達しないのに、塩素剤に対して高い抵抗性が発達するというおもしろい現象の発生する原因については、現在のところ明らかにされていない。

交差抵抗性に關連して負相関交差抵抗性 (negatively correlated cross resistance) について述べておきたい。これはこん虫の 2 種の薬剤に対する交差抵抗性が負相関 (逆相関) をする現象で、たとえば A 薬剤に対して抵抗性が発達してくると B 薬剤に対しては非抵抗性が発達してくるような抵抗性をいっている。これに關しては阪大の吉川研究室の萩田 (1958, 1961) の注目すべき業績がある。キイロシヨウジヨウバエには周知のとおり 4 個の染色体があるが、第 II 染色体上の 65± 付近にある優性の DDT 抵抗性遺伝子は、BHC、パラチオンおよびフェニールウレア (phenylurea, 以下 PU と略記) に対しては交差抵抗性を示すが、フェニール・チオウレア (phenylthiourea, 以下 PTU と略記) に対しては劣性遺伝子として働いて、逆に非抵抗性 (負相関交差抵抗性) を示す。また第 III 染色体上 50± 付近にある硫酸ニコチン抵抗性の遺伝子は優性で BHC, DDT, パラチオン,

PU, PTU などすべての薬剤に抵抗性を示すことなどを遺伝子分析を行なって明らかにした。そしてさらにキイロシヨウジヨウバエの幼虫を PTU 選抜によって DDT, BHC, パラチオンに対して非抵抗性で、ニコチンに対して抵抗性の系統を作り出し、PU 選抜によって DDT, BHC, パラチオンおよびニコチン抵抗性の系統を作り出すことに成功して上述の遺伝子の作用を立証した。

この DDT, BHC, パラチオン抵抗性系統のものは必ず PTU に対して非抵抗性であることは、DDT, BHC, パラチオンなどに PTU を混合して使用すれば、これらの殺虫剤に抵抗性を発達させることなしに、さらに種々の殺虫剤に抵抗性のあるものを効果的に殺せる可能性を暗示している。また、DDT, BHC, パラチオンなどを単独で連用して抵抗性系統が生じたときは PTU のような負相関交差抵抗性を示す薬剤を用いれば、防除できるといった可能性も考えられ誠に興味ある成果である。



#### IV 抵抗性の安定性

薬剤による選抜圧がなくなると、発達した抵抗性はどのように変化するか、すなわち抵抗性の安定性はどうかといったような問題についても研究が進められている。このことは実際の防除にあたって、ある殺虫剤に対して抵抗性のこん虫が現われたときは、この薬剤の使用は中止せざるを得なくなるが、どれくらいの期間おいたら再使用できるかといったような問題に關連してくるのである。

塩素剤 R 系の抵抗性の安定性についての MARCH (1959) の研究報告をここにあげておく。

第 4 表 野外採集の諸殺虫剤抵抗性のポーラード系を殺虫剤無処理で室内飼育したときの DDT とリンデンに対する抵抗性の動き (MARCH, 1959)

殺虫剤	LD <sub>50</sub> (γ/虫)					
	1949 <sup>a</sup>	1950 <sup>b</sup>	1951 <sup>b</sup>	1953 <sup>b</sup>	1955 <sup>b</sup>	1957 <sup>b</sup>
DDT リンデン	>100 0.27	>100 —	10 0.32	2.0 0.48	1.5 0.28	2.0 0.76

a : 野外採集の原種, b : LD<sub>50</sub> は毎月の薬量—死亡率の測定の平均値

第 5 表 研究室選抜の有機リン剤 R 系を殺虫剤無処理で飼育したときの DDT と有機リン剤に対する抵抗性の動き (MARCH, 1959)

殺虫剤	LD <sub>50</sub> (γ/虫)							
	R系 両親	F 1	F 3	F 5	F 7	F 13	F 19	F 25
パラチオン SPR 系*								
パラチオン	—	0.21	0.10	—	0.048	0.044	—	0.045
DDT	—	45	—	—	—	—	40	60
クロールチオン SPR 系*								
クロールチオン	>100	—	>100	36	13	8.2	2.0	1.5
マラソン	>100	—	58	16	7	2.4	—	0.48

\* SPR : 選抜圧を除去した系統

1949 年野外で採集した殺虫剤抵抗性の系統を室内で殺虫剤無処理で累代飼育した結果、DDT やリンデンに対する抵抗性の消長は第 4 表に示すとおりとなった。

表に見られるように、DDT 抵抗性は最初の 4 年間は徐々に低下して新しい中間の抵抗性水準に達し、この値を 4 年間保っていた。またリンデンに対する抵抗性は最初から DDT より低かったが、8 年間比較的安定であった。このように塩素剤に対する R 系の抵抗性は選抜圧を除

いた後も、比較的安定でその低下は非常に緩慢である。

有機リン剤に対する同様な研究は第5表に示されている。パラチオンまたはクロールチオンでイエバエを約150代選抜処理後、選抜圧を除くと、パラチオンに対する抵抗性は急速に減少し、77世代では研究室飼育のS系のLD<sub>50</sub>の2倍の値を示す抵抗性となり、これはさらに18世代続いた。

一方、DDT に対しては選抜圧除去後25世代の間、比較的高い抵抗性を保っていた。クロールチオンR系では選抜圧を除去するとクロールチオンやマラソンに対する抵抗性は前述のパラチオンR系の場合と同様の減少が見られた(第5表)。

イエバエの殺虫剤抵抗性の特徴を総括的にいうと、塩素剤抵抗性については次のようになる。

- (1) 均一的に高度の抵抗性にまで発達する。
- (2) 吸収組織の飽和によって抵抗性に限度がある。
- (3) 他の塩素剤に対して顕著な交差抵抗性があり、とくに近縁化合物にこの性質がいちじるしく、有機リン剤に対してはこの関係がみられない。
- (4) 抵抗性は比較的安定で、選抜圧を除去すると非常に緩慢に減少する。

有機リン剤の抵抗性の特徴としては次のようになる。

- (1) 個々の殺虫剤に対してそれぞれ生化学的に限定された抵抗性の水準があって、これ以上はさらに選抜圧をかけても、抵抗性は増強しない。
- (2) 他の有機リン剤に対する交差抵抗性はいちじるしく低い。しかし有機リン剤で選抜したイエバエが選抜に用いた有機リン剤には弱い抵抗性を示しても、塩素剤に対しては強い抵抗性を示すようになる。
- (3) 有機リン剤の抵抗性は比較的不安定で、選抜圧を除去すると頭初は迅速に減少する。

## む す び

以上はなほだ簡単であるが、殺虫剤抵抗性の2,3の重要な基本的問題について解説した。引用した事例は、ほんの1例を示したもので、こん虫の種類とか、殺虫剤の種類、用法その他で抵抗性の様相は多少異なることは了解していただきたい。ただ、どのような点が現在問題になっているか知っていただければ幸甚である。また、別の観点から非常に重要な殺虫剤抵抗性機構の解析的研究の現状については、前述のとおり近く稿を改めて紹介する。



昨年引続き第2回目の「科学技術週間」は本年もさる4月17日から23日までの1週間、東京を中心として開催された。

その行事の一環として農業技術の進展とその現況を見聞し、日本の農業について関心と理解を深めて貰うため農林省農業技術研究所(西ヶ原)が4月20日に一般公開され、終日多数の参観人があった。

おもな公開場所は最近の研究の概要を紹介する展示室、人工的に風を起こし作物の台風被害などの実験を行なう風洞実験室、放射性アイソトープの配分・化合物合成・分析・測定を行なうアイソトープ実験室、放射性アイソトープを用いて作物の土壌肥料的実験を行なうポット試験温室、常時イネを育てて抗生物質のいもち病に対する効果の試験を行なう抗生物質実験温室、夏期室温あるいは土壌温度を下げて冷害時のイネいもち病の発生の機構の研究を行なういもち病実験温室、その他屋外

の研究施設である。

展示室に入るとまず機構図で西ヶ原の全貌を一見してわかるように説明し、新植物ホルモンジベレリンについては無施用と施用の違いを鉢植植物ではっきり示している。主要稲作害虫はウンカ、ツマグロヨコバイなどがディズニー風のマンガで画かれているので参観人、とくに子供たちに喜ばれていた。土壌線虫では線虫に侵された薬用ニンジンなどの標本が説明を大いにわかりやすいものにしてある。抗生物質はでき上るまでの一連の写真が矢印で示され、農薬としての利用に眼をみはらせる。そのほかメチチュウ防除とパラチオン剤、いもち病防除の急所と水銀粉剤の使い方、噴霧粒の大小と防除効果、重点防除と総合防除、水稻の風害、最近の化学肥料の傾向、土壌の3相、農業技術の研究へのアイソトープの利用などが文字、グラフ、写真で、またイネ、ムギなどの病気、害虫の標本が展示されている。

一回りして3階の講堂に足を運ぶと「農業技術研究所の紹介」、「日本の農業のすがた」、「考へる農業」の映画、「植物の病害について」のスライドが映写されていて、初めてここを訪れた人にもここが農林省所管の試験研究機関としてわが国農業の発展に寄与していることを大いに認識されたことと思う。

なお、農林省関係機関としては4月18日に農技研(園芸部、農業土木部)〔平塚〕と家畜衛生試験場が、4月21日に農技研(家畜部、畜産化学部)〔千葉〕、関東東山農試と蚕糸試験場がそれぞれ公開された。

(編集部)



# 殺虫剤抵抗性の遺伝

大阪大学理学部生物学教室 塚本増久

## I はじめに

殺虫剤抵抗性昆虫の防除対策は現実の問題として早急な解決を迫られているが、一方そのためには対象としての害虫の抵抗性の性質そのものについての正しい認識が必要である。遺伝学といった基礎的な研究分野からも殺虫剤抵抗性については当然種々の関連性があるので、これらの問題点のいくつかをとりあげて論議を進めてゆきたい。もとより限られた紙面では研究の詳細な紹介は不可能であるので、宮下(1954)、吉川・大垣・塚本(1955)などの総説を参考としていただくこととしてここではその後の重要な総説だけを文献として文末に記しておくにとどめ、最近の知見を主として紹介することとしたい。

## II 殺虫剤抵抗性の起原

昆虫の殺虫剤抵抗性はひところ問題にされたような個々の昆虫の環境への適応による獲得形質ではなくて、集団の内に初めから存在していたかあるいは途中で出現した抵抗性の個体だけが淘汰によって生残り子孫を残しうるため遂には集団全体として抵抗性が発達してきたものである。このような考え方は **pre-adaptation** 説と呼ばれている。抵抗性の個体が初めから存在するためには、昆虫の集団の中ですでに生理的ないし生化学的な突然変異が殺虫剤とは無関係におこっていたものが、殺虫剤がまかれるようになって初めて抵抗性という現象として認識されるものと思われる。事実まだ DDT などの殺虫剤が使用されない以前から研究室内でずっと飼育されていたショウジョウバエの系統の中にも DDT にかなり抵抗性を示すものがあり、野外でもアフリカの一部で *Anopheles gambiae* がまだ薬剤が使用されていないのにディルドリン抵抗性遺伝子の頻度がきわめて高いという例も知られている。

もし抵抗性の遺伝子が突然変異によっていつの世にか出現したものとすると、そのような突然変異は現在でもおこるものであろうか。8、9年前にカナダやドイツの研究者たちは殺虫剤によって抵抗性の突然変異がひきおこされるかどうかをショウジョウバエを用いて調べたが、殺虫剤にはそのような特別な効果は認められなかった。しかし最近大阪大学の吉川教授は感受性のショウジョウバエの系統に X 線を照射し、その子孫からパラチオ

ン抵抗性の系統をうることができたので、殺虫剤がなくてもそれと全く無関係に抵抗性の突然変異がおこりうるということを実験的に証明し、ひいては世界の各地で報告されている昆虫の抵抗性は多原発生的なものであろうという説を積極的に支持しているという点で注目される。

## III 抵抗性の消長と集団遺伝学

殺虫剤抵抗性の発達やその後の消長といった現象は、生物の長い進化の過程において環境の変化に応じて昆虫の示す変化を一つの縮図としてうかがうこともできるので、以前から遺伝進化学者の興味をひいていた。殺虫剤の使用は昆虫にとっては環境の変化を意味するだけでなく生存をおびやかすものであるからきびしい淘汰が働くことになる。このような淘汰による抵抗性の発達の高低や遅速、殺虫剤使用をやめたときの抵抗性の保持、低下、消失などを論ずるときは、1匹1匹の昆虫として取り扱うのではなくその集団全体を問題にしているので、当然そこに集団遺伝学的考察が加えられなければならない。

集団遺伝学とは簡単にいえば集団内の遺伝的組成が環境の変化に応じてどのように構成され、保持され、また変化してゆくかを、集団の中での遺伝子頻度に焦点を合わせて統計学的に追究してゆく分野である。もし抵抗性の遺伝子が集団中に初めから存在せず、また途中で突然変異によって新しく生じなかったものとするとそのような集団に対しては長期間にわたって殺虫剤が使用されてもその殺虫剤に対して抵抗性は発達しない。これに近い例は野外でも実験室内でもいくつか知られているが、一般には淘汰によって抵抗性が急速に発達することのほが多い。一旦抵抗性が発達した後は殺虫剤の使用をやめても抵抗性がそのまま保持される場合もあるが、次第に抵抗性が低下してゆく場合も多い。それではなぜこのような違いがおこるのであろうか。もしその系統が抵抗性遺伝子  $R$  に関してホモの個体  $RR$  ばかりであれば、殺虫剤の使用の有無に関係なく抵抗性はそのまま保持されるはずである。しかしながら野外の自然集団のように他の集団からの混入がある場合にはそうはいかない。

集団遺伝学の基礎として **HARDY-WEINBERG** の法則と呼ばれる重要な法則が知られている。これは有性生殖をするかなり大きな集団において交配が特別な選択なしに

機会的に行なわれまた突然変異も新たにおこらないものとする、集団中の遺伝子頻度は世代が変わってもその適応値に応じた平衡を保って変わらないということで、たとえばある世代における優性の殺虫剤抵抗性遺伝子  $R$  の頻度を  $p$ 、それに対応する感受性遺伝子  $r$  の頻度を  $q$  ( $=1-p$ ) とすると、次の世代では抵抗性遺伝子についてホモの個体  $RR$ 、ヘテロの個体  $Rr$ 、非抵抗性遺伝子についてホモの個体  $rr$  の比率は  $p^2 : 2pq : q^2$  である。その次の代でもまた  $p^2 : 2pq : q^2$  となるから抵抗性個体の割合  $p^2 + 2pq$  と非抵抗性個体の割合  $q^2$  もそのまま変わらず長年月にわたって伝えられていくことになる。しかし集団が比較的小さく近親交配がかなり多く行なわれる場合には、近親交配の率が高いほどヘテロの個体  $Rr$  の割合が減り、ホモの個体  $RR$  または  $rr$  の割合が増加してくる。ただしこの場合でもやはり遺伝子頻度  $p$  および  $q$  は変わらない。日本でも殺虫剤の生物検定用の標準昆虫として多くの実験室で飼育されているイエバエなどの系統でその  $LD_{50}$  が世代によってかなり変動するということはよく耳にするが、これも検定や飼育の際の必然的な誤差や他のハエの混入以外にも、系統内での遺伝子頻度が一定の範囲内で動的平衡を保っているものとも解釈できる。

さて、さきに述べたような集団において抵抗性の程度が  $RR > Rr > rr$  の順であって殺虫剤が頻繁にまかれると、その集団からは抵抗性の強い個体が子孫を残す機会が多いために  $rr$  個体はもとより  $Rr$  個体も次第に減ってゆき遂には完全に  $RR$  ばかりの抵抗性系統となってしまう可能性がある。しかし抵抗性遺伝子  $R$  が完全優性でそのホモ個体もヘテロ個体もともに殺虫剤がまかれても死なずに同じ割合で子孫を残すものとする、抵抗性の程度は  $RR = Rr > rr$  であるから、何代も淘汰していつて見掛けは安定した抵抗性の系統となったように思っても実はそのなかの感受性遺伝子はいつまでたっても完全に消え去らないで残っている。左の表は初めの抵抗性

世代数	感受性遺伝子が集団中に残る頻度	遺伝子 $R$ と感受性遺伝子 $r$ の頻度が 1 : 1 であるような昆虫の集団で、毎代感受性の個体だけが完全に死ぬような淘汰が繰り返えされたものと仮定したときでも集団中に残っている感受性遺伝子の頻度を示したものであ
1代目	50.0%	
2	33.3	
3	25.0	
4	20.0	
5	16.7	
10	9.1	
20	4.8	
30	3.2	
50	2.0	
100	1.0	
200	0.5	
1,000	0.1	

で、100 代ぐらい殺虫剤で淘汰しても完全な抵抗性ばかりの集団とはならないことがよくわかる。

したがってこのような抵抗性の昆虫の集団で殺虫剤の使用が停止されると、わずかながらも残っていた非抵抗性の遺伝子  $r$  の頻度はその新しい環境下での適応値に応じて平衡に達するまで徐々にあるいは急速に増加し、集団としては再び抵抗性が減少してゆくこともありうる。しかしもし抵抗性の遺伝子が非抵抗性遺伝子より自然淘汰においても有利であるかまたは全く差がなければ、たとえ殺虫剤のない環境でも非抵抗性遺伝子の頻度はほとんどふえない。つまりこの場合は抵抗性がその後長く保持される。

実際の野外での害虫の集団の場合には単なる一つの抵抗性に関する対立遺伝子だけでなく、生活、生殖、産卵率など生存競争に関する種々の遺伝子が加わってもっと複雑な遺伝的組成を呈することはいうまでもないが、以上が一応抵抗性の発達や消長に対する集団遺伝学的な理論の基礎的な裏付けといえよう。2 種類の殺虫剤に交差抵抗性を示す昆虫のある系統を殺虫剤の接触なしに飼育した場合に、一方の薬剤に対する抵抗性はどんどん低下してゆくのに他の薬剤に対する抵抗性は長く保持されるといった現象も、それらの抵抗性遺伝子の頻度や適応値が異なっている場合には別に不思議ではないことが納得できよう。

#### IV 抵抗性の遺伝様式

今まで殺虫剤抵抗性は突然変異によって生じたものが遺伝してゆくということを前提として説明してきたが、それでは実際にはどのような様式に従って遺伝してゆくものであろうか。

まず古典的な意味での抵抗性昆虫と非抵抗性昆虫とを交配してその子孫の抵抗性の程度を調べるといった実験はイエバエを初めかなり多くの害虫で試みられている。その結果、抵抗性という形質が優性遺伝をするのか劣性遺伝であるのか、細胞質遺伝であるのか染色体性のものであるのか、一つの遺伝子によるものか多数の遺伝子が関与しているのかなどについても多くの研究者が種々の系統についてそれぞれ異なった方法を用いて実験を行ない結論を下していたので、その本質を見きわめるのに非常に混乱していた。イタリアの MILANI (1956~7) はこれらの抵抗性の遺伝に関する論文を比較検討し、従来多くの遺伝子によって抵抗性が支配されるものとみなされていたデータの大部分は一つの遺伝子によるものと説明してもほとんど矛盾がないことを示し、ここに統一的な解釈が可能となった。しかしそれ以上詳しい遺伝学的解

析は形態的突然変異を利用して実験を行なうのでなければ困難である。

一方キイロシヨウジョウバエではこの 10 年間その豊富な遺伝学的知見を背景として、他の実際の害虫では困難であった殺虫剤抵抗性の遺伝子分析が進められてきた。その結果筆者らによって DDT 抵抗性のきわめて強い日本の系統ではその優性遺伝子が第 2 染色体右腕の特定の位置に存在すること、BHC、パラチオンなどに対する抵抗性もやはり同じ遺伝子によって支配されていること、また硫酸ニコチンに対する抵抗性の主要遺伝子は第 3 染色体の右腕の特定の位置に存在することなどが明らかにされた。アメリカの DDT 抵抗性の系統ではどの染色体にも抵抗性遺伝子があり、第 2 染色体よりも第 3 染色体の影響のほうが大きいなど日本の結果とはやや異なっている。その他オランダ、イギリスなどで BHC 抵抗性や青酸ガス抵抗性などが調べられているが、いずれも第 2 染色体にその主要遺伝子が存在することが報告されている。さらに大島・広吉 (1956) によってキイロシヨウジョウバエのみでなくクロシヨウジョウバエの DDT 抵抗性と硫酸ニコチン抵抗性も分析の結果キイロシヨウジョウバエの第 2 染色体右腕、第 3 染色体右腕とそれぞれ相同な第 5 染色体、第 2 染色体の上に主要遺伝子が存在することが示された。

このようなシヨウジョウバエでの可視突然変異を用いての抵抗性遺伝子の分析の方法は当然他の実際の害虫についてもその抵抗性の遺伝研究の方向に一つの刺激を与え、最近ではイエバエ (日本、イタリア、アメリカ)、アカイエカ群 (ドイツ、アメリカ)、ネッタイシマカ (アメリカ)、コクスストモドキ (アメリカ) などで形態的突然変異を利用しての分析のための基礎として連鎖群の確立、染色体上の位置などの研究が行なわれた。これらの害虫で実際に抵抗性の遺伝学的解析の結果が明らかにされるのにはなおしばらくの年月を要するものと思われるが、一応今までに得られた知見をここで簡単に紹介しておきたい。

イエバエの遺伝については、イタリアのパビア大学、日本の大阪大学、アメリカのカンサス大学においてそれぞれ研究が進められ、見つけられたいくつかの可視突然変異はすべて性染色体にのっていないので第 2～第 6 染色体の連鎖群に分けられている。MILANI 一派はイタリアの系統の DDT 抵抗性は *kdr* と呼ばれる一つの遺伝子によって支配されており、これはわれわれの第 2 染色体連鎖群に属していることを明らかにして、イエバエにおける抵抗性の遺伝子分析への道を開いた。さらに最近アメリカの DDT 抵抗性の 1 系統では *kdr* とは異なっ

た別の遺伝子によって抵抗性が支配されていることもわかったが、この遺伝子もやはり第 2 染色体上の上のっているという。また、イエバエでは日本でもイタリアでもアメリカの系統でも時々 Y 染色体または雄性決定因子が第 2 染色体に転座して性比や他の遺伝子の分離比を乱すことがある。最近オーストラリアの系統で、雄だけが DDT 抵抗性で雌は非抵抗性であるような例が報告されたが、この系統でも DDT 抵抗性の優性遺伝子は Y 染色体の転座した第 2 染色体の上の上のっているものと考えるとこの現象がよく説明できる。

イエバエの BHC、クロールデン、有機燐剤などに対する抵抗性は遺伝的にも DDT 抵抗性とは全く別のものであることが交配実験の結果から明らかにされているが、パラチオン抵抗性とマラチオン抵抗性はそれぞれ同じ位置かまたはごく接近した位置の別の優性遺伝子によって支配されていることも報告されている。有機燐剤抵抗性は一般に一つのグループとして他の抵抗性と区分されているが、その抵抗性にはかなりの特異性がある、構造がよく似た化合物であっても必ずしも交差抵抗性を示すとは限らないので、その抵抗性の機構を知る上にも可視突然変異を用いての今後の遺伝学的解析が期待される分野である。

カの殺虫剤抵抗性の遺伝が研究されだしたのは比較的最近のことであるが、*Anopheles sundanicus*, *Culex fatigans*, *Aedes aegypti* (ネッタイシマカ) などの DDT 抵抗性や、*Anopheles gambiae* のディルドリン抵抗性はいずれも一つの遺伝子によって支配されていることや、*Anopheles atroparvus* の DDT 抵抗性は第 3 染色体の逆位の内に含まれていてやはり一つの単位として遺伝することなどが明らかになってきた。さらにカナダの BROWN らはネッタイシマカの DDT 抵抗性を可視突然変異を用いて分析し、第 2 染色体上に存在することや、その位置などについても目下研究を進めている。

## V 殺虫剤抵抗性の遺伝生化学

抵抗性が特定の遺伝子によって支配されているものとする、それらの遺伝子はい体どのような機構で昆虫を抵抗性に行っているのであろうか。ここでは殺虫剤から避けるというやわゆる生態的抵抗性 (behavioristic resistance) ではなくて、体内に実際に入った殺虫剤と昆虫との関係を生化学的な面から眺めてみたい。

最も詳しく研究が行なわれているのはやはりイエバエで、DDT 抵抗性の機構の有力な説明の一つとしては DDT を無毒な DDE に脱塩酸するという代謝があげられる。この代謝を触媒する酵素は生体外でもやはり抵抗性系統では活性が高く、感受性系統では低いことが明ら

かにされている。アメリカの KEARNS 一派はこの DDT 脱塩酸酵素の活性についても遺伝様式を調べ、その結果から DDT 抵抗性と酵素活性はともに同じ一つの遺伝子によって支配されていると考えても別に矛盾はないといっている。オランダの OPPENOORTH, ASPEREN ともパラチオン, ダイアジノン, マラチオンなどの隣剤に抵抗性のイエバエの諸系統を用いてアリエステラーゼの活性を測定した結果、抵抗性の系統ではこの酵素活性が低いこと、抵抗性も低アリエステラーゼ活性もともに  $a$  という共通の遺伝子によって決められていること、この遺伝子  $a$  は、おそらく非抵抗性でアリエステラーゼ活性の高い形質を表わす正常な遺伝子  $a^+$  から突然変異によって生じ、異なった蛋白(酵素)を作る能力をもつようになったものであると考えている。

ショウジョウバエの DDT 抵抗性遺伝子の働きはまだ不明であるが、筆者がその遺伝子作用を知る一つの手掛りとして DDT の代謝について調べたところイエバエやカなどとは異なり DDE が全く見出されず、かえって DDT が酸化されたケルセンになることが発見された。これは殺ダニ剤として有名な化合物である。したがって、昆虫の DDT の代謝には少なくともイエバエで代表される DDE への経路と、ショウジョウバエで代表されるケルセンへの経路の二つがあることになる。そうすると今まで種々の昆虫において SCHECHTER-HALLER 法だけで DDE と考えられていた DDT の代謝物は本当に DDE であるかどうかについての再検討が必要となってくる。事実チャバネゴキブリでも DDT からケルセンが作られることがわかった。

また奇妙なことにショウジョウバエでは DDT 抵抗性の系統ほどフェニール・チオウレア (PTU) に感受性で

あるという逆相関関係が荻田 (1958) によって見つけられ、その PTU 感受性もおそらく第2染色体の DDT 抵抗性遺伝子そのものの作用の1面として表わされているものと考えられることが遺伝子分析の結果から示されるに至った。したがってショウジョウバエの抵抗性遺伝子の作用としては前に述べた代謝、交差抵抗性、逆相関関係などの現象のすべてにつながりをもった何か根本的な機構を支配しているものであろうことが推定される。

## VI おわりに

現在の段階では遺伝学といった基礎的な知見をそのまま直ちに実際的な害虫の防除に適用させることはむづかしいが、これらの知見を参考にして抵抗性の実態をつかみ、適切な対策をたてる資料として役に立てることができれば幸いである。たとえば逆相関関係を利用した新しい殺虫剤の進み方などの可能性も示唆される。また生物検定用の標準昆虫の系統なども形態的突然変異遺伝子でラベルしておけば他の系統からの混入汚染を発見防止することも可能であるので、遺伝学の立場からはさしあたりこのような手近かな面からも殺虫剤抵抗性の問題に実際的な協力をしてゆきたい。

### 参考文献 (総説)

- 1) BROWN, A. W. A. (1959): Misc. Pub. Ent. Soc. Amer., 1: 20~26.
- 2) CROW, J. F. (1957): Ann. Rev. Ent., 2: 227~246.
- 3) 吉川秀男・大垣昌弘・塚本増久(1955): 最近の生物学, 5: 88~151.
- 4) MILANI, R. (1956~7): Riv. Parasitol., 17: 233~246, 18: 43~60.
- 5) 宮下和喜(1954): 植物防疫, 8: 145~154.

## 【紹介】

### 砂糖で土壤線虫が防除できる

アメリカ合衆国フロリダ州オーランドにある農務省園芸野外研究室の W. A. FEDER 博士は砂糖を土壤に混入すると、土壤線虫を防除できることを発見したという。

同博士によれば、土壤に 20 分の 1 ないし 100 分の 1 の割合で砂糖を混入すると、線虫は 24 時間以内に 100% 死亡するという。この殺線虫力は砂糖のために線虫が水分を失うためで、砂糖は線虫の体内に入らないが、水分が線虫の体内から奪われるのが観察できる。砂糖の添加が土壤微生物の繁殖を促すためではない。殺線虫力はネコブセンチュウ、ネグサレセンチュウ、ミカンネセン

チュウのほか、burrowing nema, awl nema, sting nema, 自由生活種に対してもみとめられる。

表土 6 インチに前記の割合に砂糖を混入するとエーカー当たり数トンを要することになるので、現状では実用的ではない。しかし同様な効果のある他の物質を探索することは興味があろう。

U. S. D. A. Scientist Find that Mixing Sugar into soil Kills Nematodes, Washington march 1, 1961, Mimeriograph.

# ニカメイチュウの栄養状態とパラチオン抵抗力の変化

農林省農業技術研究所 平野 千里・石井象二郎

## 1

最近ニカメイチュウがパラチオンに対して抵抗性をましてきたということが問題となっているようである。ところがこの抵抗性の増加を、遺伝的な抵抗性系統の出現と決めてかかっている人もあるらしい。しかし殺虫剤の効果を変動させる要因は、数多くある (BUSVINE, 1957)。あるいは本当に遺伝的な抵抗性系統が、ニカメイチュウに出現したのであるかもしれないが、そう決めるのはそうであるという積極的な証明が十分得られてからの話である。

ここでは外的要因の一つとして食物あるいは栄養の差が、昆虫の殺虫剤に対する抵抗力にどれくらい影響を与えているかを、内外の例を挙げて述べる。なお本文中で用いた「抵抗性」は必ずしも遺伝的なものとは限らず、むしろ単に薬剤に対する感受性の違いを指している。

## 2

SWINGLE(1939)および MARKOS and CAMPBELL(1943)はヨトウムシの1種 *Prodenia eridania* の老熟幼虫の砒酸鉛および砒酸石灰に対する抵抗性が、寄主植物によって異なることを報告した。またヨトウムシ *Mamestra brassicae* のパラチオンに対する感受性も、カブで飼育された幼虫とキャベツで飼育された幼虫とで多少異なるという (石倉・尾崎, 1955)。

ワタゾウムシ *Anthonomus grandis* のトクサフェンに対する抵抗性は、摂食部位によって異なり、つぼみを摂食した個体は実を摂食した個体に比べ感受性が約4倍高い (GAINES and MISTRIC, 1952)。この原因として実がつぼみよりも栄養的にすぐれているためであることが示唆され (REISER et al., 1953), さらに実で生育したゾウムシは、つぼみのものよりも脂肪含量が高いことが報告されている (BRAZZEL et al., 1957)。

カブやレタスで生育したモモアカアブラムシ *Myzus persicae* はナスターチュームで生育したアブラムシよりもニコチンに対する抵抗力が約3倍強い (RICHARDSON and CASANGES, 1942)。また POTTER and GILLHAM (1957)によればマメヒゲナガアブラムシ *Acyrtosiphon pisum* はソラマメで飼育されるよりもクローバーで飼育される場合に、ロテノーンに対して約1.5倍抵抗性が高

い。そしてその原因は寄主植物によって規制されたアブラムシの栄養状態によるものと結論されている。

イエバエを粉乳か脱脂乳で飼うと、砂糖で飼ったものより DDT に対する抵抗性が強い (McGOVRAN and GERSDORFF, 1945)。またショウジョウバエ幼虫の飼料に酵母を加える場合、その量によってニコチンに対する抵抗性が変わり、酵母の量に比例して増加した (LORD, 1942)。筆者らもショウジョウバエに対する DDT の抵抗性系統を得ようとして、選択を繰り返した時、成虫の DDT に対する抵抗性は幼虫期の栄養にいちじるしく影響されることを体験している。

## 3

さて、ニカメイチュウの場合はどうであろうか。尾崎 (1956)はニカメイチュウ蛹のエチルパラチオンに対する抵抗性が野外の個体群よりも、人工飼育個体群のほうが高いことを認めている。この報告はニカメイチュウにおいても栄養状態によって殺虫剤抵抗性が変動する可能性を示すものであろう。

第2化期のニカメイチュウをパラチオンで防除するとき、一般に第1化期の4~5倍の有効成分を散布しているけれども、なお第1化期に比べて防除効果が十分でない場合が多い。もちろん化期によって殺虫剤の効果に影響を及ぼすいろいろの条件の違いが考えられる。第2化期防除時には第1化期に比べて、水稲はずっと繁茂しているし、高温のため散布後のパラチオンの分解消失はすみやかであるに違いない。しかしそれ以外に虫のほうにも相違があるのではなからうか。以下、橋爪・山科(1956a, 1956b, 1957)の報告と、筆者らの資料からこの点について解析を試みようと思う。

## 4

橋爪・山科 (1956a) は第1化期幼虫をイネ苗あるいは分けつ期の水稲で、また第2化期幼虫を幼穂形成期以後の水稲で、それぞれ室内飼育し、生育した幼虫にパラチオンを食下させその感受性を調べた(第1表)。

すなわち中央致死時間でみると、3令でも5令でも第1化期幼虫は第2化期幼虫よりも約2倍感受性の高いことがわかる。この感受性の差は、同じ化期の3令と5令の間の差よりも大きい。

第1表 化期の異なる幼虫のパラチオン感受性 (橋爪・山科) (パラチオン 1.01ppm を含む人工飼料を与えた場合)

供試令期	化 期	中央致死時間 (相対値)
3 令	第1化期	1.00
	第2化期	1.93
5 令	第1化期	1.00
	第2化期	2.06

橋爪・山科 (1956 b) はこのような化期間の感受性の差が化期のもつ本質的な違いであるか、それともそれぞれの化期の幼虫が生育した環境によって決まるものであるかを知るため、それぞれの化期の孵化幼虫について、パラチオン感受性を調べた。その結果 1~9ppm の範囲では、一定の濃度のパラチオンを含む飼料を与えられた孵化幼虫の中央致死時間は、第1化期幼虫を1とすると第2化期幼虫は 1.15~1.18 であった。また任意の時間後における中央致死濃度を求めると、第1化期幼虫1に対して第2化期幼虫は 1.52 を示した。すなわちニカメイチュウ幼虫は、孵化当時においてすでに化期の違いによるパラチオン感受性の差をもっている。しかしその差は3令または5令の幼虫でみられた感受性の差に比べればわずかである。橋爪・山科 (1957) はさらに実験を行ない、第2表のような結果を得た。

第2表 生育程度の異なる水稻で飼育された3令幼虫のパラチオン感受性 (橋爪・山科)

供試幼虫の化期	食餌水稻の生育程度	任意の時間後における中央致死濃度(相対値)
第1化期	分けつ期水稻	1.00
第2化期	分けつ期水稻	1.42
第2化期	幼穂形成期以後の水稻	3.62

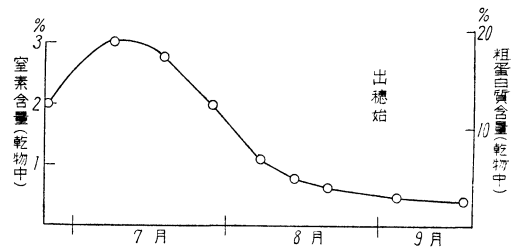
孵化直後にみられる第1, 2化期間の感受性の差は、同質の食物を与えられていれば、令期が進んでもそのままみられる。しかし同じ第2化期幼虫であっても、食物の質が違えば感受性はいちじるしく異なり、幼穂形成期以後の水稻で生育した幼虫は分けつ期的水稻を与えられた幼虫よりも抵抗性が高い (1 : 2.55)。

5

筆者らの調査によれば水稻体 (以下水稻体とはニカメイチュウの摂食する部分を指す) の窒素含量は、その発育に伴って非常に変化する (第1図)。橋爪らにより「感受性の高くなる食物」とされた分けつ期的水稻、それは慣行栽培の場合にはとりもなおさず第1化期の幼虫の食

物であるが、その窒素含量は水稻の一生のうちで最も高い。これに反し「抵抗性の高くなる食物」である幼穂形成期以後の水稻茎、すなわち第2化期幼虫の摂食対象の窒素含量は、分けつ期に比べいちじるしく低いことがわかる。

第1図 水稻茎の窒素含量の時的消長



この事実と、さらに窒素化合物がニカメイチュウの栄養生理上もっとも重要な成分の一つであることから、ニカメイチュウのパラチオン感受性に影響を与える食物因子が窒素化合物ではないかという疑いをもたせる。

そこで蛋白質含量の異なる3種類の合成飼料を作り、これで幼虫を無菌飼育し、得られた成熟幼虫についてパラチオン抵抗性を調べてみた。食物中の窒素含量とニカメイチュウ幼虫の生育との間には密接な関係のあることが知られているので (石井・平野, 1957), 供試幼虫の体重を大体一定にそろえるため、3種類の合成飼料の組成を第3表のように定めた。これらの飼料で無菌的に生育した幼虫を、浸漬法によって処理した場合の、パラチオン感受性の違いを第4表に示す。

第3表 合成飼料の組成 (培養基当たり)

(1) 基礎飼料

水	42 ml
ゼンイ	1.0 g
寒天	0.7
無機塩	0.2
コレステロール	0.02
酵母	1.0

(2) カゼインとブドウ糖の添加量

飼料の種類	カゼイン	ブドウ糖
高蛋白質飼料	3.0 g	0.5 g
中蛋白質飼料	2.5	1.0
低蛋白質飼料	1.5	2.0

第4表に示す。3種類の飼料で飼育された幼虫は、その生育状態にはほとんど差がないにもかかわらずパラチオン抵抗性は高蛋白質区でいちじるしく低く、低蛋白質区で高かった。

水稻体内の窒素含量の時的消長からみて、高蛋白質飼料とは窒素含量に関しては分けつ期、すなわち第1化期幼虫の摂食対象となる水稻体をモデル化した飼料であり、低蛋白質飼料とは生殖生長期以後の水稻体をモデル化した飼料である。このようにみえてくると、橋爪・山科のいう抵抗性の低くなる水稻とは高窒素含量の水稻であ

第4表 蛋白質含量の異なる3種の飼料で生育した幼虫のパラチオン感受性  
(1) メチルパラチオン感受性 (48時間後)

飼料区	中央致死濃度	同相対値
高蛋白質	0.00037%	1
中蛋白質	0.00159	4.3
低蛋白質	0.005	13.5

(2) エチルパラチオン感受性 (24時間後)

飼料区	中央致死濃度	同相対値
高蛋白質	0.00092%	1
中蛋白質	0.0059	6.4
低蛋白質	0.01	10.8

養条件であることもあきらかになったわけである。

り、抵抗力の高くなる水稻とは低窒素含量の水稻であることがわかる。すなわちパラチオン抵抗性には食物因子として窒素化合物が関与していることまた第1化期幼虫と第2化期幼虫のパラチオン抵抗性の差の、一つの大きい要因が栄養条件であることもあきらかになったわけである。

分含量が高く、このような栄養条件に基づくと考えられる体質の違いが、ロテノン抵抗性に関連をもっているらしい。さらに食葉性昆虫ではないが、ワモンゴキブリ *Periplaneta americana* の DDT 抵抗性は、高蛋白質飼料を与えられるとき低下し、同時に体脂肪含量も低蛋白質飼料のゴキブリより少ないことが認められている (LOFGREN and CUTKOMP, 1956)。

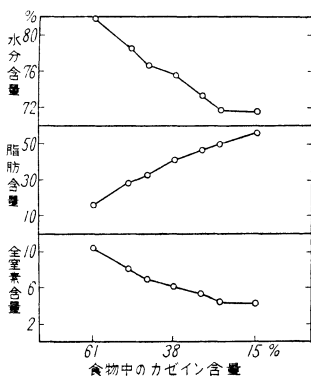
このように栄養条件によって殺虫剤抵抗性が変化する場合をみると、いずれも栄養条件によって昆虫の基本的な体質が影響を受け、これが抵抗性と関連しているらしい。このことは、このようなタイプの殺虫剤抵抗性は、ある特定の殺虫剤に対して特異的に感受性が変化するものではなく、いろいろの殺虫剤、さらに一般的に生理的に作用する各種の環境抵抗に共通した耐性——生理的強健性——の変化として認められるものであろうことを示唆している。

6

それではこのような栄養状態の違いによって、幼虫はどのような影響を受けているのであろうか？

筆者らの別の研究によると、食物中の蛋白質含量を変えると、これを摂食した幼虫の体を構成しているいろいろの成分は、きわめて規則正しく変化する (石井・平野, 1957)。いま幼虫の体の水分含量、脂肪含量および窒素含量の変化を示すと第2図のようになる。図からすぐわかるように高蛋白質の食物で生育した幼虫は水分含量と窒素含量が多く、脂肪含量が低い。分けつ期の水稻を摂食した幼虫と生殖生長期以後の水稻を摂食した幼虫との間で、あるいは3種の合成飼料を与えられた幼虫の間で、外見的な生育状態はほとんど変わらないにもかかわらず、その体質は非常に異なっているわけである。このような体質の違いが、上に述べてきたようなパラチオン抵抗性の差の原因となっていることが推察される。

第2図 食物中の蛋白質含量と幼虫の体組成との関係



抗性的差の原因となっていることが推察される。

最初に述べたように、実で生育したワタウムシはトクサフェン抵抗性が高く、同時に体の脂肪含量も多い。またソラマメで生育したマメヒゲナガアブラムシはクローバーで生育したものよりも水

7

さて最後に考えておきたいのは早期栽培のことである。これまでのべてきたように、普通栽培においてはニカメイチュウの第1化期幼虫は分けつ期の水稻を加害し、第2化期の幼虫は生殖生長期以後——穂ばらみ期から出穂期さらに登熟期——の水稻を加害する。ところが早期栽培の水稻においては、幼虫はどうしても普通栽培の場合よりも発育段階の進んだ水稻を摂食することになる。もちろん早期栽培が普及し、広い面積にわたって水稻の栽培時期が早くなれば、ニカメイチュウの発生もこれに応じて多少早まるであろうが、それはわずかな日数にすぎまい。

このようにして早期栽培地帯では、第1化期幼虫の摂食対象は分けつ期後半から幼穂形成期、時には穂ばらみ期の水稻、第2化期幼虫のそれは登熟期の水稻ということになり、普通栽培の場合に比べ窒素含量の低い食物を摂食する。その結果、早期栽培水稻を摂食した幼虫のパラチオン抵抗性は、普通栽培水稻の幼虫に比べて高いことが推察される。すなわち早期栽培水稻を加害しているニカメイチュウを防除するためには、普通栽培の場合よりも多量の薬剤を散布しなければ十分な効果をあげ得ないであろう。

筆者らは殺虫剤の効果に変動を与える一因子として昆虫の栄養条件を取り上げた。この他に内的外的因子が多数関与している。パラチオンに対する抵抗性ニカメイチュウの系統ができたか否かはあらゆる因子を十分検討してから結論を下すべきであろう。

# 一般害虫の殺虫剤に対する効果の変動した事例

農林省振興局植物防疫課 椎野秀蔵

昭和35年香川県においてニカメイチュウ第1化期にパラチオン剤による防除を実施したところ、意外に効果がなく、第1化期の被害がかなり発生したため、8月24日県から農林省に対し、その原因究明について、依頼があった。県当局から検定依頼のあったエチルパラチオン乳剤の品質については、農業検査所の検査の結果、有効成分の化学的検査および生物検定においても、標準品と差がなく、乳剤そのものには異常がなかった。現地を視察したところによると、同年第1化期の被害は、例年ニカメイチュウの被害の多い地帯に概して多く、また、ニカメイチュウの被害の発生しやすくする局地的環境や耕種条件による田に多い傾向が認められ、35年度のニカメイチュウ自体の発生状況にその一半の原因があったようである。しかし第2化期にニカメイチュウの卵塊を、第1化期防除の効果の挙らなかった地域より採集し、この卵塊から孵化した幼虫をイネに食入させて後に、エチルパラチオン乳剤を散布して殺虫程度を調査した結果、善

通寺と北産のものは、静岡産のものに比較して、同率の殺虫率を得るためには、約5倍の濃度で散布する必要があることが判明し、エチルパラチオン乳剤に対し、抵抗性を獲得している疑念がもたれ、同県の第1化期防除効果の挙らなかった原因の一半に抵抗性の発現があるように想定された。

殺虫剤の連用によって、害虫が抵抗性を獲得し、防除効果が減退することは、諸外国においてかなり多くの事例が知られているので、今後の試験研究の推進ならびに防除に遺憾のないようにするため、害虫の防除効果が減退したと疑われる事例について、昭和35年10月5日に全国の各都道府県に対して照会をした。この照会に対して、回答のあった県は34県で、無かったのは12県であった。回答のあった34県のうち、全然わからないか該当のない旨回答したのが9県であった。残りの25県のうちには、薬剤防除の効果の減退した要因として、抵抗性の発現以外の要因に基づくものと認定した事例もあ

第1表 有機燐剤に対する効果の変動した事例

県名	作物および害虫	地域および面積	殺虫剤の形態	使用開始年度および年間使用回数	効果減退年度	他の薬剤による効果増進	抵抗性以外の防除効果不十分の理由
香川	水稲 ニカメイチュウ	香川中部および西部 12,300 ha	エチルパラチオン乳剤	昭. 27 4~6回	昭. 33 以降	EPN, DEP, メチルパラチオン, BHC	ニカメイチュウの大発生、パラチオンに対する過信
岩手	リンゴ リンゴハダニ	盛岡市 2 ha	〃	昭. 28 2~3回	昭. 34	フェンカプトン, ケルセン	なし
栃木	モモ, ムギ アブラムシ	下都賀郡一円	パラチオン乳剤, 粉剤	昭. 27 1~2回	昭. 30	—	〃
神奈川	かんらん ヨトウムシ	三浦市, 横須賀市 60 ha	エチルパラチオン乳剤	昭. 29 3~5回	昭. 33	エンドリン乳剤の混用	〃
愛知	カーネーション アカダニ	海部郡, 渥美郡 20 ha	〃	昭. 28 5~6回	昭. 33	テデオ	散布始期の遅延, 散布量不足
石川	リンゴ, ナシ アブラムシ, ダニ ムギ	額, 富樫など 100 ha	〃	昭. 26 4~5回	昭. 33	有機燐剤以外の殺ダニ剤	なし
北海道	ムギヒゲナガ アブラムシ	温室内	マラソン乳剤	昭33~34 1回	昭. 35	—	〃
栃木	キウリ, トマト アブラムシ	今市市 3 ha	〃	昭. 22 5回	昭. 34	EPN, BHC	〃
神奈川	ハクサイ アブラムシ	高座郡	〃	昭. 31 2~3回	昭. 35	パラチオン, DEP	〃
石川	キウリ, ナス アブラムシ	才川, 湯涌など 760 ha	EPN乳剤	昭. 30 6回	昭. 35	ナス昭32 キウリ昭35	〃
神奈川	かんらん, ハクサイ ヨトウムシ	相模原市 5 ha	ダイアジノン乳剤	昭. 31 2回	昭. 35	マラソン	〃
石川	ナシ ダニ	鞍岡, 戸板 10 ha	メタシストックス乳剤	昭. 32 2回	昭. 35	有機燐剤以外の殺ダニ剤	〃



わせて報告されている。回答は県によって、県庁の担当課からのもの、農業試験場からのもの、両者の協議によって回答されたものと異なっていた。

回答の範囲内では 15 種の薬剤について効果の減退あるいは害虫の抵抗性発現の疑いが認められた。第 1 表は有機燐剤に対する効果の変動した事例を、第 2 表は有機

第 2 表 有機塩素剤に対する効果の変動した事例

県名	作物および害虫	地域および面積	殺虫剤の形態	使用開始年度および年間使用回数	効果減退の年 度	他の薬剤による効果増進	抵抗性以外の防除効果不十分の理由
秋 田	かんらん、ハクサイ モンシロチョウ(幼虫)	鹿角郡, 北秋田郡 12 ha	DDT 乳剤, 粉剤	昭. 25 6~7回	昭. 29~30	BHC, エンドリン	なし
宮 城	〃	室内散布	〃	昭. 25	昭. 31	BHC, EPN	〃
栃 木	〃	宇都宮市	DDT乳剤	昭. 25 2~3回	昭. 32	有機燐剤	〃
茨 城	〃	猿島郡 520 ha 北相馬郡 20 ha	〃	昭. 25 6~8回	昭. 32	パラチオン, EPN, DEP	〃
埼 玉	〃	室内および圃場試験	〃	—	—	マラソン, エンドリン	〃
東 京	〃	都下一円	DDT乳剤, 水和剤, 粉剤	昭. 23 3~4回	昭. 27	BHC, マラソン	〃
神奈川	〃	横浜市, 三浦市など 700 ha	DDT乳剤	昭. 23 3~5回	昭. 29	エンドリン 乳剤の混用	〃
静 岡	〃	三島市付近 30 ha	〃	昭. 25 4~5回	昭. 29	パラチオン, エンドリン	〃
愛 知	〃	県下一円	〃	昭. 24 3~4回	昭. 30	〃	〃
三 重	ハクサイ, ダイコン アブラムシ	桑名郡長島町など 96 ha	DDT乳 剤, 粉剤	昭. 25	昭. 29	マラソン, エンドリン	〃
石 川	ハクサイ サルハムシ	押野 2 ha	DDT乳剤	昭. 26 2回	昭. 33	—	〃
広 島	十字科野菜 モンシロチョウ(幼虫)	県南地帯	DDT乳 剤, 粉剤	昭. 24 5~6回	昭. 31	エンドリン, DEP	〃
〃	イネ イネドロオイムシ	県北部 3,300 ha	〃	昭. 27 1回	昭. 30	BHC	〃
〃	ナス, ジャガイモ ニジウヤホシテントウムシ	県南沿岸地帯 700 ha	〃	昭. 24 1回	昭. 34	DEP	〃
愛 媛	サツマイモ ナカジロシタバ	東予 40 ha 南予 500 ha	〃	昭. 23 2回	昭. 26	EPN, エンドリン	〃
鹿児島	かんらん、ハクサイ モンシロチョウ(幼虫)	鹿児島市吉野町 200 ha	DDT乳剤	昭. 25 7~8回	昭. 30	エンドリン	〃
栃 木	ムギ アブラムシ	粟野町西方村 200 ha	BHC	—	昭. 35	—	〃
三 重	ハクサイ, ダイコン アブラムシ	桑名郡下 96 ha	BHC乳 剤, 粉剤	昭. 25	昭. 29	エンドリン, マラソン	〃
〃	イネ ニカメイチュウ	御浜町 70 ha	BHC粉剤	昭. 27 2回	昭. 34	パラチオン剤	気象条件, 防除時期
香 川	〃	県中部および西部	〃	昭. 26 2~5回	昭. 35	—	ニカメイチュウの大発生
茨 城	かんらん、ハクサイ モンシロチョウ(幼虫)	猿島郡, 北相馬郡 540 ha	エンドリン 乳剤	昭. 32 5回	昭. 35	EPN, DEP	なし
東 京	〃	練馬区, 北多摩郡 2,000 ha	〃	昭. 31 3~4回	昭. 34	DEP	〃
神奈川	十字科野菜 ヨトウムシ	川崎市, 高座郡 500 ha	〃	昭. 32 2~5回	昭. 34	DEP, パラチオン	〃
石 川	トマト アブラムシ	湯涌, 浅川 1.7 ha	〃	昭. 30 5回	昭. 34	マラソン	〃
茨 城	ヨトウムシ	室内散布	ディルドリン 乳剤, 粉剤	昭. 32	昭. 34	有機燐剤	〃

第3表 殺ダニ剤に対する効果の変動した事例

県名	作物および害虫	地域および面積	殺虫剤の形態	使用開始年度および年間使用回数	効果減退年度	他の薬剤による効果増進	抵抗性以外の防除効果不十分の理由
秋田	リンゴ リンゴハダニ	平鹿郡 100 ha	テデオ 水和剤, 乳剤	昭. 32 1~4回	昭. 34	フェンカブ トン, ケル セン, マイ トラシ, サ ッピラン	なし
三重	かんきつ ダニ類	熊野市西牟婁郡 300 ha	テデオ 乳剤	昭. 33 4回	昭. 34	他の殺ダニ剤	〃
和歌山	かんきつ ミカンハダニ	県下一円	テデオ 水和剤	昭. 33 2~3回	昭. 35	ケルセン, フェンカブ トン	ダニの異 常発生
愛媛	温州ミカン ミカンハダニ	松山市外 40 ha	〃	昭. 27 2~3回	昭. 34	〃	降雨のため 薬剤の流亡
長野	リンゴ リンゴハダニ	下高井郡 3 ha	フェンカブ トン乳剤	昭. 34 3~4回	昭. 35	—	なし
〃	〃	須坂市 0.5 ha	〃	昭. 34 4~5回	昭. 35	エラデックス	〃
奈良	キク ダイズハダニ	北葛城郡 0.1 ha	〃	昭. 23 4~5回	昭. 34	アカール	〃
長野	リンゴ リンゴハダニ	長野市 0.17 ha	サッピラ ン水和剤	昭. 29 1~4回	昭. 34	フェンカ ブトン	〃
愛知	ミカン ミカンハダニ	知多郡, 宝飯郡 1,700 ha	ネオサッピ ラン乳剤	昭. 28 3~5回	昭. 35	テデオ ン	〃
三重	ミカン ダニ類	南島町 32 ha	サッピラ ン乳剤	昭. 26 6~8回	昭. 30	アカール, テデオ ン	〃
佐賀	温州ミカン ミカンハダニ	小城町	ペストック ス3乳剤	昭. 27 通算20回	昭. 32	—	〃
熊本	〃	県下全般	石灰硫黄合剤	7~8回	昭24~26	他の殺ダニ剤	〃

塩素剤に対する事例を、第3表は殺ダニ剤の事例を取りまとめたものである。

ニカメイチュウに対してパラチオン剤を散布して防除効果が挙げられなかった事例を回答した県は12県あったが、このうち香川県だけが抵抗性の発現を要因として挙げている。他の11県では抵抗性以外の要因、たとえば早期栽培などの水稲の耕種形態の変動および気象条件の変化に伴うニカメイチュウの発生型、発生量の変化のため防除適期を誤ったこと、散布量の不足、散布回数の不足などが原因であるとしている。徳島、長崎では試験を行なってニカメイチュウのパラチオン剤の抵抗力の発現を否定している。香川県における事例はエチルパラチオンに対する抵抗性発現の疑いがあるが、他の有機燐剤、たとえば EPN, DEP メチルパラチオンなどは有効に防除効果を発揮している。

DDT に対するモンシロチョウ幼虫の抵抗性獲得の事例は12の多くが挙げられ、また殺ダニ剤については、ダニ類の年間の世代数が多い関係から、比較的短期間に抵抗性が生じているようである。

なお、第1~3表以外の薬剤についての抵抗性については、ヤノネカイガラムシに対して青酸ガス燻蒸の効果が減退し、虫が抵抗性を獲得している旨の報告が愛媛、

熊本の両県から提出されている。砒酸鉛水和剤に対する抵抗性については、神奈川県におけるモンシロチョウ幼虫についての事例、石川県からはニジウヤホシテントウムシについての事例が回答され、フキ、花卉を加害するナメクジに対するメタアルデヒド粒剤の効果の減退の事例が愛知県で認められている。

## 最新刊図書 病虫害の共同防除論

— 意義と実際 —

全国購買農業協同組合連合会資材部

飯島 鼎 著

A 5判 98ページ 口絵2ページ 美装幀

実費 120円(千とも)

### おもな目次

- I 病虫害防除の必要性
- II 農業の共同化と共同防除の関連
- III 防除技術の共同利用と共同防除の必要性
- IV 病虫害の発生の複雑化と共同防除の必要性
- V 今後の共同防除のあり方
- VI 共同防除の効果
- VII 共同防除の実態
- VIII 共同防除の実際
- IX 共同防除の優良事例
- X 共同防除推進上今後の考え方

お申込みは現金・小為替・振替で直接協会へ

## ハダニの薬剤抵抗性出現とその対策

### リンゴ

農林省東北農業試験場園芸部 豊島 在寛・本間 健平

殺虫剤の連続使用による害虫の抵抗性増大は各種の害虫に知られているが、リンゴに加害するハダニ類においても米国では 1950 年ころから認められていた<sup>1)</sup>。わが国では最近まで抵抗性をうたがわしめる現象は見られなかったが、昭和 34 年夏北海道札幌市郊外および青森県津軽地方において、リンゴハダニに対する有機燐剤の効力が低下した園が現われ、また秋田県ではテデオンの効力低下が一部に認められて問題になった。幸いにまだひろい地域にわたる問題になっていないが、このような現象は今後他の地域あるいは他の薬剤にも起こる可能性が十分予想され、関係者を憂慮させている。

この問題についての解析データは非常に少なく、今後の研究にまつところが多いが、本稿では一応筆者らの手元にある資料から各地の状況を報告し、対策については外国文献を参考にして簡単にふれておきたい。

札幌市琴似町の北海道農業試験場では、昭和 34 年に殺滅剤圃場試験で、アカール、テデオン、サッピランなどが前年と同様に効果を表わしているのに、有機燐剤の 1 種フェンカプトンが 8 月下旬から効力が激減したのを認めた。これは室内試験の結果も同様であり、さらに EPN、ホリドール、トリチオンなどの効力も低下した。しかしメタシストックスばかりはいまだ実用的な効果を保持していた。この傾向は昭和 35 年にも全く同様であった。また豊平、余市、江部乙などから持ちかえったリンゴハダニを琴似のものと比較したところ、ホリドール、EPN、フェンカプトンの効果は豊平、琴似のものが非常に低く江部乙と余市のものは大きかった。なおアカールやメタシストックスではこの現象は見られなかった<sup>2)</sup>。

青森県では黒石市浅瀬石の栽培者園で昭和 34 年にフェンカプトンの委託試験が行なわれたが、5～6 月中に 3 回散布の後 7 月下旬からリンゴハダニの個体数が急激に増加してフェンカプトンでは抑えきれず、マイトランとアカールによってかろうじて大発生を抑制することができた<sup>3)</sup>。

同じころ藤崎町の筆者らの園芸部果樹園においても同様の現象が認められた。供試樹は 40 年生の国光種であるが、春から 4 回の散布を行なったのであるが、満足な防除効果を得られずリンゴハダニ個体群の消長は無散布樹と同様な経過をたどり、室内試験の上でもそれと一致

した効力低下を認めた<sup>4)</sup>。この現象は昭和 35 年にもち越されてフェンカプトンによって個数の減少は認められず、アカール、エラデックスによって減少が見られた。昭和 35 年 9 月にこの樹から採集したリンゴハダニと、弘前市内在府町の全く薬剤を使用しない宅地内のリンゴから採集した同種のダニとを室内実験によって比較したところ、フェンカプトンの場合  $LC_{50}$  が 90 倍以上に増大しており、ホリドールでは約 4 倍であり、濃度死亡率回帰直線の勾配もそれぞれ明らかに異なり、これら二つの個体群のフェンカプトンおよびホリドールに対する感受性が明らかに相違することを示した（これら実験の詳細については別の機会に紹介する予定である）。このように 2 年連続して同一場所に同一薬剤の効力低下が認められ、しかも薬剤を受けないものと比較して明らかに感受性が異なることから、筆者らは少なくとも園芸部圃場においては有機燐剤に対する抵抗性のものが形成されつつあるものと考えている。また前述各地の場合もその経過からみて園芸部圃場の場合と同じように抵抗性系統の発現が十分に考えられる。

ところで問題のフェンカプトンは使用開始からあまりふるいわけではなく、園芸部では昭和 32 年から試験を開始した当時卓効を認められたものであるが、それから 3 年目で抵抗性のものが形成され、北海道では連続散布を開始して 2 年目ですでに効力を低下させている。黒石市浅瀬石の場合は使用開始当初からその現象が現われたものであろう。これらの現象の発現がまずホリドール散布の回数が多い青森県津軽地方あるいは北海道琴似の試験場圃場に見られたなどから、単にフェンカプトン連続使用ばかりでなくホリドールの使用と関連して考えるべきであろうが、まだそれは実証されていない。岩手県、秋田県などでは有機燐系殺滅剤はまだ十分実用的防除効果を発揮しているようである。

次に秋田県平鹿町醍醐の金麓園共同防除組合では昭和 32 年後半からテデオンを使用し、33 年には 2 回の散布で十分効果をあげていた。しかるに 34 年に至り 36 ha 中の 3 ha 程度の一部リンゴ園のリンゴハダニが 7 月に至って異状繁殖を始め、数回の散布を重ねたにもかかわらず増加の一途をたどり、フェンカプトンあるいはケルセンによってようやく抑圧することができた<sup>5)</sup>。また 35

年にもテデオンの効力は認められず、抵抗性系統出現のうたがいが濃厚になった<sup>7)</sup>。一方筆者らの園芸部圃場でも昭和34年には卓逸した効力を表わし、年間2回の散布でほとんど完全な防除が認められていたが、前年に引き続き連続散布したところ、秋田と同様の現象が現われて防除効果を認めることができなくなった。これについて若干の検討を行なったが十分な解析的な実験にまで入っていない。

このようにわが国にも薬剤に対する抵抗性の強いリンゴハダニが出現し、あるいはそれに類似した現象が見られるに至ったことは、ほとんど化学的防除にたよっている現在、まことに大きな問題でその対策をいそぐ必要がある。

それについてはすでに2~3の県では「同一殺蟬剤を連用することをさける」指導方針をたてているが、それには CUTRIGHT (1959) の提唱した **Rotational use of spray chemicals**<sup>9)</sup> (農薬の輪換散布) の考え方が参考になるであろう。これは作用機構の異なる数種の殺蟬剤を順次に用い、すなわち淘汰の方向を種々変化させることによって、抵抗性系統の出現を防止しようとするものである。彼は米国で普通用いられている殺蟬剤を次のように分類した。

- 1 有機燐系殺蟬剤
- 2 ジニトロ化合物群
- 3 ケロシン系
- 4 グリオジン (glyodin)
- 5 ケルセンおよびアカール
- 6 ダイマイト (Dimite)
- 7 硫黄化合物群

そして殺蟬剤をかえる場合には、この分類表により前に使っていた薬剤と違った群に入るものを選ぶべきであるとしている。また彼は **Rotation** の1例として年間休眠期散布1回・夏期散布2回を原則とした場合、DN-289 (休眠期)―サッピラン(夏期)、Mineraloil―シストックス、Genite 923―ケルセンといった組み合わせで3年に1まわりの輪換散布を示している。

以上の分類や理論的根拠などに全く問題がないとはいえないが、薬剤散布のスケジュールを作るとき、大いに参考にすべきであろう。

従来殺蟬剤(ばかりではないが)を選択する場合基準として、効力はいうまでもないが、価格とかあるいは他

剤(例リンゴの場合ボルドー液)との混用可否などが重視されてきたのであるが、今後は抵抗性の問題も当然考慮にいれて選択さるべきであろう。

以上わが国におけるリンゴハダニの抵抗性の問題の概略にふれたのであるが、それにしてもこの種の研究の基礎データの不足を痛感するものである。これは一つにはこの種の事態が従来あまり例がなかったこと。または毎年おびただしい新農薬の効力検定に追われて、他をかえりみる予備のない現在の試験研究機関の人手不足も大きな理由となろう。筆者らがこの実験に取りくんで初めて痛感したことはリンゴハダニの培養飼育が非常に困難なことである。普通リンゴハダニの好んで寄生する寄主は一面うどんこ病のよき寄主である。うどんこ病とその予防薬剤とこのハダニとの3者の関係は容易にだきょうをゆるされないものがあるので、筆者らは今うどんこ病に罹病しにくくてリンゴハダニの好む寄主を探しながら実験をすすめているような具合で、大方の協力を得るよう希望するものである。

なおナミハダニ並びにオウトウハダニの抵抗性出現の形跡は今のところわれわれのリンゴの中には認められていない。

ナミハダニの抵抗性については海外に興味ある事実が多数報告されているが、その結果によってリンゴハダニの場合を類推することは多少危険を感じるので、それらについてはふれなかった。

#### 引用文献

- 1) BROWN, A. W. A. (1958): The spread of insecticide resistance in pest species: Advances in pest control research 2: 351~414.
- 2) 宮下揆一(1960): リンゴハダニに対する有機燐剤効果の低下, 農業及園芸 35 (5): 865~866.
- 3) 北海道農業試験場(1960): 昭和35年リンゴ病害虫防除薬剤に関する試験成績 p. 21.
- 4) 青森県リンゴ試験場(1959): 昭和34年リンゴ農薬に関する連絡試験成績.
- 5) 東北農業試験場園芸部虫害研究室(1959): 昭和34年度農業に関する試験成績.
- 6) 秋田県果樹試験場 (1959~60): 昭和34~35年度リンゴ農薬連絡試験成績.
- 7) CUTRIGHT, C. R. (1959): Rotational use of spray chemicals in insect and mite control Jou. Econ. Ent. 52: 432~434.

## 柑 橘

佐賀県農業試験場果樹分場 関 道 生

### 事 例

ミカンハダニが薬剤に対し抵抗性を示すに至った事例としては JEPSON (1958) の報告による有機燐剤の例、

MUNGER (1960) によるオーベックス、デメトンの例のほか、本邦では関 (1958) がシュラーダンの場合について報告し、将来この抵抗性問題がハダニ防除上一大障害に

なるであろうことを指摘した。

1960年7月筆者は全国の主要柑橘産地県の試験場に対し、薬剤抵抗性系統ハダニの出現に関し、その疑いのある事例について文書による照会を行なったが、疑い濃厚な事例として、和歌山・愛媛・福岡の各県からミカンハダニ、ジフェニールスルホン剤の場合についての回答がよせられた。

殺ダニ剤の効果が発揮されない事例を調べてみると、使用時期や使用方法(散布濃度、散布方法)などの欠陥に帰せられる場合がむしろ多いのであるが、上記の例はそれ以外に原因があるようで、あるいは抵抗性の系統が出現したのではないかと考えられるに至ったものである。

上記の地方にジフェニールスルホン剤が初めて使用されたのは1957年からであるが、1959年秋ころから現地の一部で効力低下の声が聞かれ出し、1960年に至りさらにその傾向が強まりまた地帯も拡大した。この間使用初めからの通算散布回数は7~10回で、本剤の卓効により年間1~2回の散布でハダニの発生を抑圧し得た年もあり、とくに散布回数が多いというほどではないが、概して他の柑橘地帯より1年早くジフェニールスルホン剤を採用している。1960年に至り7月までの間に和歌山・福岡各試験場では問題の生じたミカンハダニを対象に本剤の効力試験を実施しているが、その結果はいずれも効力を認めていない。

1960年筆者は九州農試田中技官、福岡農試園芸分場宮原実技師らとともに、全般的にジフェニールスルホン剤(水和剤)が効かないといわれる福岡県糸島郡に現地出張し、その原因につき、ハダニが抵抗性であること以外のあらゆる場合を想定して吟味を加え、現地における散布試験も実施したが、その結果やはり効果が認められず、ほかに原因が考えられないので、採集ハダニを実験室に持ち帰り、数代飼育した後、MUNGER(1960)の方法に準拠して効力検定試験を実施した。また和歌山県有田郡において、ジフェニールスルホン剤が効かないといわれる地帯のミカンハダニも同様の方法により、同時に供試した。その結果供試濃度0.019%において、比較として供試した佐賀農試果樹分場産の系統は供試卵中孵化してから成ダニまで発育する個体が全く無いのに比し、糸島、有田の系統は50~70%が成ダニに発育するのを認めた。

この結果により筆者らが取り扱った福岡県糸島郡、和歌山県有田郡産のミカンハダニは現在も検討中であるが、一応ジフェニールスルホン剤に対し抵抗性の系統であると考えざるを得なくなった。

山本・西田(未発表)は1958年5月愛知県稲沢市か

ら導入したミカン苗木に寄生していたミカンハダニと、1960年2月同所の異なる苗木商から購入したミカン苗木に寄生していたミカンハダニとの間に、エチルパラチオン、E P N、フェンカプトンに対する感受性の差異を認めた。これらの両系統を対象にエチルパラチオンに対するLD<sub>50</sub>およびLD<sub>95</sub>の差を検定したところ前者で132倍、後者で370倍の差異を認めた。元来苗木生産地帯ではとくに頻繁な薬剤散布を実施する傾向があるが、稲沢ではとくに有機燐剤を多用しており、この結果により抵抗性系統が出現したものと推論している。

検定の結果それが薬剤抵抗性の系統であると確認されるに至った事例はいまだ数少ないが、使い始めのころに比し最近の効果はどうもおもわしくないという声は1959年ころから各所で聞かれる。先にも述べたようにその原因が他にある場合のほうが多いとは思われるが、いわゆる抵抗性現象の惹起事例は今後多くなるものと考えられる。

#### 問題点と対策

新しい薬剤を使い始めてから抵抗性の系統が出現するまでの期間、殺ダニ剤の寿命はどのくらいかという問題は実用上、切実重要な問題であるが、ハダニの場合は実験室で人為的に抵抗性の系統を作り出した例がないのと、現地では種々な事例があつて一概に言えないようである。

ハダニは年間の世代数が多いので、抵抗性獲得の機構が選抜淘汰であるならば、抵抗性系統の出現は他の昆虫より早いといえることができる。事実HETPやTEPPのようにこれが市販された年には早くも抵抗性系統の出現を見ている。既往の例で見ると殺ダニ剤の場合は一般に薬剤が市販されてから1~3年後には抵抗性系統が出現している(尾崎, 1957)が、この場合直接問題になるのは年数だけではなく年数とその間の散布頻度であろう。JEPPSON(1957)によれば、デメトン3~4回、ネオトラン11回、アラマイト9回の連続散布でそれぞれ抵抗力を持つに至った例を報じている。散布頻度が高い場合に抵抗性系統の出現がより早いことは原則的に間違いのないことと思われるが、自然界には抵抗度が種々に異なる系統が混っていると考えられるから、その混り具合によっては意外に早く抵抗性系統の出現を見る場合もある。またこの理由によって最初の抵抗性系統がごく局部、極端な場合は1園の1樹に現われる場合もあると考えられ、現地での調査によればこの考え方の裏付になるような事実も聞くことができる。反対に相当期間かなり頻繁に同一薬剤を散布しても効果の低下は認められない場合もあるであろう。

ある種の薬剤に対してすでに抵抗性の系統が出現した場合、どの薬剤を使用すべきかについて早速問題になるのは交差耐性現象である。

JEPSON(1958)はデメトンに対して抵抗性を示すミカンハダニの系統が他の14種の有機燐化合物に対しても同様耐性を示すことを認めた。同じくミカンハダニについてMUNGER(1960)はオーベックス、デメトンに耐性の系統がテデオン、ケルセンには感受性であることを認めた。前記福岡県糸島郡産、ジフェニールスルホン剤に耐性のミカンハダニはフェンカプトン、エラデックスには感受性のようである。また愛知県稲沢産、有機燐剤に耐性のミカンハダニはクロロベンチレート剤には感受性である。

普通には同一系統化合物間では交差耐性現象が認められ、異系統の化合物間では認められないと考えられるが、そうでない場合もあり、この関係は大変複雑のようである。結局一つ一つの事例についてこれを実験的に確かめる以外にないであろう。

さて、1度抵抗性の系統が現われてからは、たとえ代用薬剤が得られるにしてもその間の経済的、時間的損失は多大なものがあり、大変やっかいであるから、できれば事前に回避したい。そうするにはどうすべきか、まず一般に言われているのが殺ダニ剤のrotationである。このrotation systemを採用する場合、年間数種類の殺ダニ剤を交互に組み合わせて使用する方法と、一定期間1種類の薬剤を連用して次のものに切替える二つの考

え方があり、どちらが良いということを証明する実験的根拠はなにもないが、現実の問題としてはやはり前者であろう。

rotation systemの採用により抵抗性系統は絶対に出現しないというのではなく、今のところ使用薬剤の選択手段としてはこれ以外になさそうだとすることである。

次に殺ダニ剤の頻繁な散布が抵抗性系統の出現を早めるのであるから、なるべく散布回数を少なくすることで、そのためには1回の散布の効果が十分にあがるよう、散布時期、濃度、方法など十分に考慮すべきである。また生物防除をとり入れ、殺ダニ剤の選択にあたってはハダニの天敵類になるべく悪影響を及ぼさないものを採用すべきであろう。

### むすび

抵抗性系統の出現に際しては細心の注意をはらうことによって早期にこれを捕捉することが必要であるが、薬剤の効かない原因を直ちに抵抗性に結びつけるのはいまむべきである。前述のように本邦においてもすでに1, 2の化合物に対して抵抗性の系統が出現しているのは事実であるが、ある地域のダニには効かない殺ダニ剤が他の地域では同じダニによく効くことが認められる。他地域での事例を伝え聞くことによって、ハダニ防除の成果が上らなかつた場合の原因を抵抗性と連断することは、その地域における防除方針を混乱させることになるので、もしそのような事例があれば、もよりの研究機関で十分吟味してもらうことが必要であろう。

## ＜新刊紹介＞

上遠 章・河田 党・堀 正侃編 農業講座

朝倉書店発行 B6判 第1巻 265ページ、

第2巻 285ページ、第3巻 285ページ 各巻 500円

本書は農業の研究に関係する29人の研究者によって分担執筆された農業解説書である。第1巻は総論で、農業における農業の役割、農業の歴史、定義、種類、作用機構、性質、検定法、圃場試験法、調製法、使用法、中毒、散布機、法規を、第2巻には殺虫剤、殺だに剤、殺線虫剤、殺殺剤を、第3巻には殺菌剤、除草剤、生長調整剤、展着剤、増量剤、協力剤、微量要素を記載してある。第1巻の総論の各項を読んで、著者によって程度が違い、かなり専門的なものもあるし、反面きわめて平易

なものもあり、記載が不統一の感を受けたが、第2巻以降の各論ではこの欠点がなくなっている。専門が細分化されると、大きな書物では当然多数の人の分担執筆にならざるを得ないが、編者の意志を徹底させるよう十分な打ち合わせと連絡が必要であると思う。

第2, 3巻には現在市販され、また将来使われると思われる農業をわかりやすく解説してあり、防除の指導者、大学の参考者として大変参考になると思う。日新月歩の農業界では、新しい農業の出現により防除法も変わってくるから、将来版を改めるごとに追加、補正して頂きたい。

本書により知識を得て、より専門的に研究するには原著文献が必要となると思うが、それをほとんど欠いていることは残念である。

(編集部)

# 衛生害虫における殺虫剤抵抗性出現とその対策

国立予防衛生研究所衛生昆虫部 安 富 和 男

## I ま え が き

衛生害虫の殺虫剤抵抗性が大きく問題になり始めたのは 1947 年ころで、以後、DDT,  $\gamma$ -BHC, ディルドリン, クロルデンなどの各種塩素系炭化水素に対するイエバエ, ハマダラカ, イエカ, ヤブカ, ゴキブリ, ナンキンムシ, コロモジラミなどの衛生害虫の抵抗性発達が次次に報ぜられ、昨今では有機燐剤にも抵抗性の増大が認められ、最近までに抵抗性発達が報告された衛生害虫の種類は実に 37 種にのぼっている (QUARTERMAN & SCHOOF, 1958)。

熱帯地域のマラリア対策にはもちろんのこと、文明国におけるイエバエ対策にも、残留噴霧 (Residual spray) が適切な手段であると考えられてきた関係上、これに対する抵抗性発達の問題は、各国の衛生害虫の駆除事業に重大な障壁となっている。

とくに、WHO (世界保健機構) はこの問題を重要視し、世界的な survey を試みたり、地域別に seminar を開催したり、抵抗性判定の実験法に関する会議を開いたりして、抵抗性対策を考慮している。

本邦においては、1950 年から 1957 年ころにかけては、コロモジラミが DDT に、1956 年ころからは、イエバエやアカイエカなどが、ディルドリンや  $\gamma$ -BHC のような塩素系炭化水素に対してきわめて強い抵抗性を示すようになり、現実には駆除に失敗した例も多い。そして抵抗性という障害のために、有機燐剤の使用に切換えたところも多いが、とくに最近になっては (1960 年の秋ごろより)、有機燐の一つであるダイアジノンに対して、抵抗性の強いイエバエが茨城県と千葉県の一部に生じたことは、今後の抵抗性対策が研究面からも行政面からも、さらに重要視されなければならないことを示している。

## II 抵抗性の発達と消失

### 1 コロモジラミ

KING (1950) は感受性の Orlando の実験室系統を、8 世代にわたって、75% が死滅する条件で、DDT による淘汰を続けたけれども、抵抗性の発達が見られなかったと報告した。

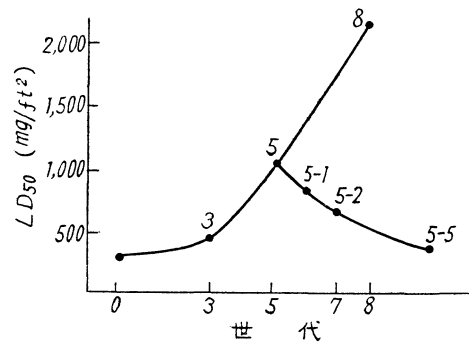
しかし、本邦においては、北岡 (1952) および安富 (1952) が、DDT 淘汰でコロモジラミの抵抗性が発達すること

を認め、韓国産コロモジラミについても、EDDY et al. (1955) が DDT 抵抗性の増大を報告している。

また、安富 (1952) は、実験室における  $\gamma$ -BHC による淘汰で、コロモジラミの  $\gamma$ -BHC 抵抗性が 2~3 倍増大することを報告したが、1%  $\gamma$ -BHC 粉剤で、現実には駆除に失敗することはない。ピレトリンに対する抵抗性増大も、COLE et al. (1956) によって認められている。さらに、EDDY et al. (1955) によると、韓国産コロモジラミで、DDT 抵抗性が失われてから、34 世代  $\gamma$ -BHC で淘汰した場合も、17 世代ピレトリンで淘汰した場合も、これらの薬剤には 2 倍程度しか抵抗性が増大しなかったという。

筆者の行なったコロモジラミに関する淘汰実験の結果の 1 例を紹介すると、札幌で採集したコロモジラミの 60~80% が斃死する DDT の薬量で淘汰した場合、中央致死薬量 ( $\text{mg}/\text{ft}^2$ ) の値で、3 代目が 1.5 倍、5 代目が 3.6 倍、8 代目が 7.4 倍増大した。そして、5 世代目で二つのサブコロニーに分け、一方は DDT との接触をたって累代飼育したところ、次第に抵抗性は低下したが、全く薬剤と接触せずに累代飼育中の札幌産 population に比べると、なお 1.26 倍強い値を示した。これらの関係をグラフに示したものが第 1 図である (安富, 1961)。

第 1 図 札幌産コロモジラミの抵抗性発達と消失



筆者はさきに (1952)、東京産コロモジラミにおける DDT 淘汰で、3 世代目に 60~70 倍の抵抗性増大を報じたが、その際の実験は、*p,p'*-DDT のアセトン液をろ紙面に付着させた残渣にシラミを接触させる方法であった。今回は、5% DDT 粉剤 (Technical DDT) を供試剤としたので、*p,p'*-DDT より Technical DDT の

ほうが有効なことや、粉剤中のタルクの物理的効果、とくに、擦過効果 (abrasion effect) と脱水効果などにより、かなりの殺虫力が示されたので、5代、8代淘汰したコロニーも、さほどの数字を示さなかったものと考ええる。すなわち標準となる感受性系統の数値を1としたときの抵抗性コロニーの数値の開き (Resistance ratio) は、供試剤の種類形態や実験方法によって、かなり変動するようである。

## 2 イエバエ

滋賀県彦根市の DDT 散布の盛んな地域のイエバエがきわめて *p,p'*-DDT に強く、欧米の高度の抵抗性系統以上であることが指摘され、“彦根”の名を有名にしたが、その後、全く DDT を先祖が浴びたことのない高槻系統も、同等の強さを示すこと、さらに、北海道の羅臼村など数多くの僻遠地より採集したイエバエが、DDT との接触経験がないのに、いずれも彦根など、DDT 散布の頻繁だった地域のものと同じ程度の“強さ”を示すことが徐々に認められ、日本のイエバエ、すなわち、*Musca domestica vicina* と称する種類は、もともと、DDT に強い生理的な品種 (Physiological race) ではなかったかと考えられるようになった。

この事実を裏書きするように、イエバエを DDT で淘汰して「抵抗性が発達した」例は、欧米の *Musca domestica domestica* では、きわめて数多くの報告があるが、地中海から東南アジア、台湾、日本、あるいは南米に分布する *M. d. vicina* では、DDT での駆除に失敗した例や、調べてみると強かったという例は若干あるけれども、感受性の系統が、淘汰によって、DDT に抵抗性を増したという例はない。

BROWN (1958) の定義によると、このように、もともと DDT に強かったという現象は、抵抗性 (resistance) ではなくて、refractoriness という言葉で表現するのが妥当かも知れない。

そして、日本のイエバエは、実験室において、DDT で長期間淘汰しても、それ以上にさほど顕著な抵抗性増大は認められなかった。

$\gamma$ -BHC による淘汰では、高槻系統においては、35代の淘汰で  $KT_{50}$  (中央落下仰転時間) の値で1.6倍の増大 (22.8分から33.2分) が見られたのに過ぎなかったが、彦根産イエバエでは、採集時すでに現地における数年間の  $\gamma$ -BHC 散布で抵抗性が強く ( $KT_{50}$  が240.7分)、5世代の淘汰でさらに5.9倍強くなった (1440分)。高槻系統には抵抗性の原因となる因子が彦根産イエバエより少なく、また純系に近いために抵抗性の発達が顕著でないものと思う。

一方、局所施用 (Topical application) による  $LD_{50}$  の値で比較すれば、彦根産イエバエを5世代、 $\gamma$ -BHC で淘汰すると12.7倍強くなった (雌1頭当たりの  $LD_{50}$  で0.377から4.776 $\mu$ gへ)。

そして、注目すべきことは、ディルドリンでは全く淘汰されてないのに、 $\gamma$ -BHC で淘汰したものは、いずれも、 $\gamma$ -BHC 以上に、ディルドリンに対する抵抗性が增大していることである。たとえば高槻系統を3代  $\gamma$ -BHC で淘汰すると、ディルドリンに対して101.1倍強くなり (0.079から7.986 $\mu$ gへ)、彦根産イエバエ群では、採集当初、ディルドリンに触れたこともないのに7.440 $\mu$ g (雌1頭当たり) というかなりの強さであり、さらに、5世代  $\gamma$ -BHC で淘汰すると、ディルドリンで  $LD_{50}$  の値が求められない強さにまでなった。神奈川県海老名産イエバエでも同様な傾向が認められ、 $\gamma$ -BHC とディルドリンの間には、METCALF のいうように、強い交差抵抗性 (cross resistance) の関係があることは確かである。

$\gamma$ -BHC、およびディルドリンに抵抗性の発達したイエバエはその後、薬剤との接触を断って累代飼育すると、漸次、抵抗性は低下するが、なかなか、感受性系統の域にまでは達しないようである。次に若干の例を示そう。

彦根産イエバエを5世代  $\gamma$ -BHC で淘汰したものは、 $\gamma$ -BHC での  $LD_{50}$  ( $\mu$ g/female fly) が4.776であったのが、接触を断って18世代の後には1.260となり (約3分の1)、千葉県君津郡袖カ浦町東飯富地区から採集したイエバエは、当初の5.112から、30代後に、1.878に低下した (約2.7分の1)。また、袖カ浦産イエバエのディルドリンに対する抵抗性の消失状況を見ると、採集当時の、60 $\mu$ gのディルドリンで13.3%の死亡率しか得られない強さであったものが、30世代飼育した後に、20.221という数値にまで抵抗性が低下した。

しかしながら、DDT に対する refractoriness の強さは、何年間も接触を断って累代飼育を繰り返しても、変化せず、本邦の“vicina”と呼ばれるイエバエは、DDT に対する耐性の基礎となる gene が純粋なものとして推定される。

## 3 イヌノミ

WHO より送付された DDT の“impregnated paper”を用い、イヌノミの成虫を8世代淘汰したところ、 $LC_{50}$  の値で、0.9%から2.3%に変化した (2.56倍の増大)。

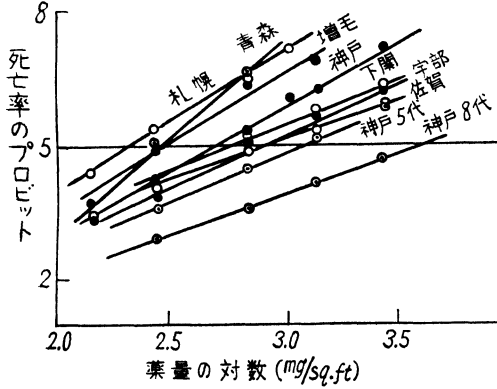
## III 日本各地のコロモジラミ、イエバエ、アカイエカの抵抗性比較

### 1 コロモジラミ

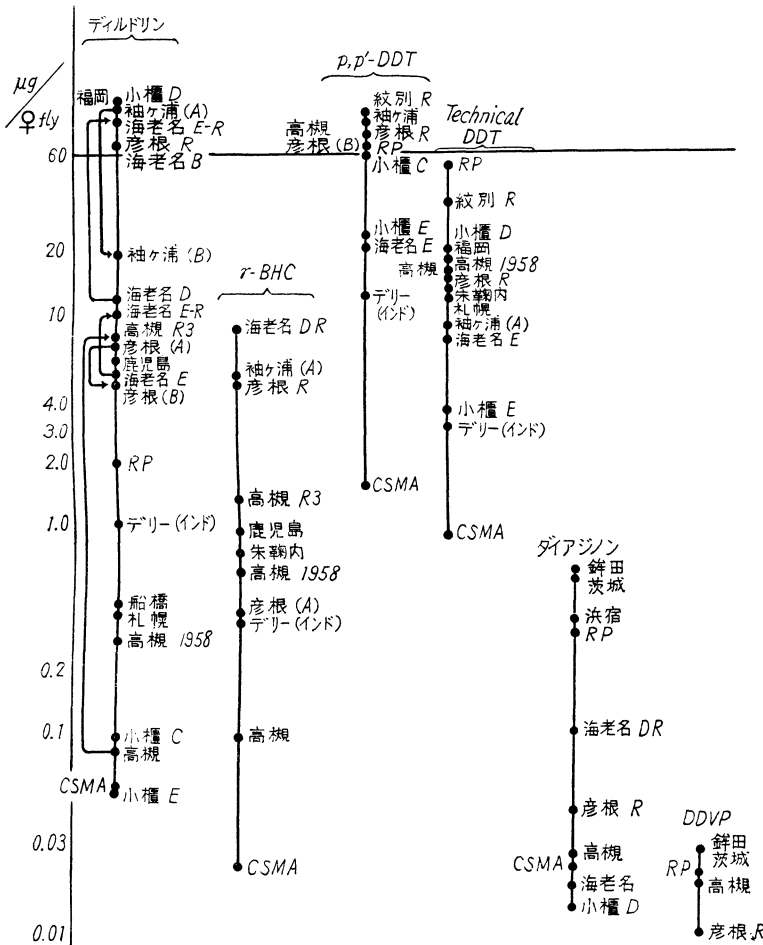


筆者は 1951 年来、各地から採集したコロモジラミの population について、薬量—死亡率の回帰直線から、

第 2 図 各地産コロモジラミの 5% DDT 粉剤による薬量—死亡率回帰直線



第 3 図 各地産イエバエの中央致死薬量



$LD_{50}$  (mg/ft<sup>2</sup>) を求めて、抵抗性の強さを比較しているが、過去に DDT 散布がほとんど行なわれていない札幌 A, 増毛 A, B, 青森などのものに比べて、散布が頻繁だった宇部, 佐賀, 福岡などのものは DDT に強い傾向が見られた (安富, 1961)。

$\gamma$ -BHC 粉剤では、日本の場合、過去における使用歴と、 $LD_{50}$  の値との関連は、DDT ほどはっきりしていないが、BROWN(1958) によると、Kowloon, 南阿, ユーゴスラビヤ, ノールウェイなどからは  $\gamma$ -BHC 抵抗性のシラミが採れている。

## 2 イエバエ

全国各地から採集して、1代飼育増殖した population について、中央落下仰転時間を求める方法や中央致死薬量を求める方法で各薬剤に対する抵抗性の強さを比較検討しているが、ここでは、局所施用による中央致死薬量の値について述べてみたい。

前述のように、過去における DDT の散布歴に関係なく、本邦のイエバエは、*p,p'*-DDT に対して、雌 1 頭当たり 60 $\mu$ g の薬量で 20~30% の死亡率しか示さないが、Technical DDT では、すべて、60 $\mu$ g 以下の  $LD_{50}$  の値が得られた。欧米のイエバエに比べると、本邦の vicina は、Technical DDT の効力が強い、すなわち、*o,p'*-DDT その他の協力作用 (Synergistic action) が強く作用するものと考えられる。しかし、欧米のものより、DDT の効きが悪いことは明白である。

台湾の Liu (1958) によれば、台湾の vicina でも DDT の散かれたことのない地方のものが DDT に強いことを指摘しているし、インドのマラリア研究所の vicina の標準系統も、実験してみると、本邦のイエバエよりは弱いが、アメリカの抵抗性系統といわれている Orlando 系統とほぼ同じ強さである。

$\gamma$ -BHC の場合には、過去

に薬剤を浴びたことのない高槻、鹿児島、札幌、朱鞠内などの population は第3図に示すように弱く、散布が頻繁に行なわれた海老名D、袖カ浦、小櫃Dのものは、LD<sub>50</sub>の値が大きく、高槻系に比べて、最も強いものは約100倍の薬量に堪える。

ディルドリンについては、過去における使用歴との関連がさらに深く、LD<sub>50</sub>の値が60 $\mu$ g以上のものも多く、感受性系統と抵抗性の強いものとの開きが最も大きい。そして、このようなディルドリンに対する強い抵抗性を示すものうち、過去における $\gamma$ -BHC散布が原因である場合も多い。

有機燐剤では、塩素化炭化水素に比べて抵抗性の程度は軽いけれども、ダイアジノンの場合、ヨーロッパの抵抗性系統であるRP系統よりもさらに強く、高槻系統に比べ10~25倍強いものが、千葉、茨城両県の一部に生じている。使用歴は大体3年程度の残留噴霧であるが、茨城県銚田町のように半年で25倍強くなった例もあるし、4~5年の使用歴がありながら、さほど強くなっていない例もある。

すなわち、殺虫剤が、昆虫体内で、「抵抗性」を発達させるという突然変異は起こさず、「抵抗性」とは、殺虫剤に適応する以前に、すでに、非常に低い頻度で集団中に存在していた factor が淘汰の結果、子孫に残され、集積されるために起こるものであるという理論をよく裏付けるものである。遺伝的にみて、丘陵、山などがあれば、それが隔離の障壁となって、イエバエの遺伝子の質や量が異なるものと考えられる。

塩素系殺虫剤の場合には、薬剤散布が頻繁で、抵抗性イエバエの棲息する部落から、水田や丘陵で隔離され、わずか1kmほどの距離の部落になお、感受性のイエバエが見出され、「イエバエはものぐさである」と思わせる例が多い。

### 3 アカイエカその他のカ

BROWN (1958)によれば、イエカ族、ハマダラカ族、ヤブカ族の数十種に上る種類のポーフラおよび成虫に塩素系殺虫剤抵抗性が生じており、とくに、マリア対策としての残留噴霧に大きな障害となっている。

もともと、イエカ類は一般に、塩素系殺虫剤に対して、ヤブカやハマダラカより強い傾向が認められているが、本邦で日本脳炎に最も重要な関係をもつコガタアカイエカは、各種薬剤にきわめて弱い。とくに DDT が最も有効で、LC<sub>50</sub>が0.0002ppmであるのは注目したい。

伝研の鈴木・池庄司氏らや筆者の調査によれば、アカイエカの中央致死濃度 (LC<sub>50</sub>) で比較すると、標準系統ではディルドリンが燐剤より有効で0.01ppm程度であ

るのに、川崎などの $\gamma$ -BHC散布が頻繁な地域のものは、0.855ppmで85.5倍強く、 $\gamma$ -BHCにも10数倍強いものが数多い。燐剤については、3年の散布でダイアジノンに2倍程度であり、現在のところ問題はない。

現実の駆除では、燐剤なら水量に対して有効成分として1ppmで十分であるが、ディルドリンや $\gamma$ -BHCでは、2ppm以上でも十分な効果が期待されない実例もある(尾崎市や川崎市など)。

## IV 抵抗性対策

衛生害虫の抵抗性への対策として次の諸点が考えられる。

### 1 協力剤 (Synergist) の添加

DDT に対する Piperonyl cyclonene (PERRY & HOSKINS, 1950 および安富, 1954), DDT,  $\gamma$ -BHC, ディルドリンに対する octachlor dipropyl ether (安富, 1960) の添加は確かに抵抗性系統に有効で、感受性のもの並みに斃死するが、実用化には至っていない。

また、阪大の荻田氏らの研究になるフェニール・チオウレア (PTU) も、抵抗性のものに効き、感受性の系統には効かないという negative の交差抵抗性をもっているため、将来を期待したい。

### 2 殺虫剤の変換

塩素系に抵抗性の増大したものは、有機燐剤への切換えて十分な駆除効果が期待でき、本邦でもそれで成功した実例もふえてきている。しかし、ダイアジノンのような燐剤に抵抗性の増大したイエバエは、 $\gamma$ -BHC などの塩素系殺虫成分にも抵抗性が“induce”されているので、塩素系は用いられず、燐剤のなかから、有効なものを選択する以外にない。一つの燐剤に抵抗性が強いときには、他の燐剤にも多少は交差抵抗性があるが、その程度が軽くて1.5~2倍程度のものなら、なんとか使えそうである。その他、施設改善など「環境的駆除」がさらに重要性を帯びてくるのは当然である。

## 会 員 消 息

水戸野武夫氏 (島根県農試) はシエル石油KKへ  
島田尚光氏 (山形県農試庄内分場) は滋賀県農業試験場へ

桜井義郎氏 (宮城県農試) は農林省中国農業試験場栽培部へ

青森県りんご試験場南部試験地は4月1日より南部支場となった。

# 糸状菌の殺菌剤耐性

農林省農業検査所 中 村 廣 明

## I はじめに

害虫関係の人には「抵抗性」Resistance という言葉はまず「害虫の薬剤に対する抵抗性」を意味するに違いない。ところが病理の仲間ではこの語を使うとすれば普通は「作物の病害に対する抵抗性」を指す場合が多い。これはたとえば DDT の場合のように優れた殺菌剤が効かなくなってしまったというような事件が殺菌剤については今まであまりなかったことの一つの証拠であろう。植物病害の多くはいうまでもなく糸状菌類の寄生が原因であるが、それでは一体糸状菌は薬剤に対して抵抗性（まぎらわしさを避けるためにこの意味では以後「耐性」という語を用いる）をもつことはないのだろうか？ たしかに従来植物病原菌の薬剤耐性が重大問題にならなかったのは毒物学上の一つの特徴とみることもできよう。しかしその間の事情をよく検討してみると事實は決してそうではない。糸状菌のすぐ近くのバクテリアがペニシリンを初めとする抗生物質に次々と耐性を獲得して医学上きわめて重要な課題となっており、これは植物病原バクテリアにおいても例外ではあり得ない。また糸状菌の仲間である酵母の銅耐性などは微生物の変異に関する好個の研究材料とされているほどで、さらにわれわれの関心の焦点である植物病原糸状菌においてもたとえばもち病菌までが薬剤耐性を示すというわが国のすぐれた研究などは植物病理の分野でも糸状菌の殺菌剤耐性はなおざりにできない問題であることを物語っている。

最近気のついたいくつかのこの種の研究の紹介をかねて植物病原糸状菌の殺菌剤耐性という問題を読者諸賢と一緒に考察したいと思う。

## II 耐性菌の出現

植物病原菌が野外で実用中の殺菌剤に実際に耐性を持ったという事例は前述のようにあまりみあたらない。アメリカのジョージア州で継続的にボルドー液を散布していたリング園から採集した *Phylospora obtusa* の胞子は薬を全く使ったことのない家庭園からとった胞子よりも明らかにボルドー液に対する耐性が高まっていたという TAYLOR<sup>13)</sup> の報告がしばしば引用されるに過ぎない。

しかし 1940 年代から各種殺菌剤に対するいろいろな病原菌の耐性について実験的に検討されている。この点

に関しては山崎・土屋 (1956)<sup>15)</sup> のすぐれた総説が本誌にすでに掲載されているので、まずこれを是非ご参照いただきたい。

## III 耐性の誘導と持続

これらの研究で用いられた試験法は多くの場合、供試菌の菌糸（または孢子）を低濃度の薬剤加用培地から漸次高濃度の培地に植え継いでいって生育（発芽）できる限界の薬量が高める操作を通じて耐性現象を検討するもので、いかえれば菌を少しずつ毒に馴らす訓練 training によって耐性を誘導する方法といえよう。その意味から人工的獲得耐性ということになるが、くわしくは耐性出現の機構を考える際に後述するつもりである。

耐性をもった系統を無毒の正常培地に戻して移植を繰り返すと耐性が失われたり、低下したりする場合もあるが、中にはそのまま持続する場合もある。つまり一口に耐性といっても一時的なものと永続的なものがあり、いもち病菌の硫酸銅や硼酸耐性のように両者が組み合わさって現われることもある<sup>14,15)</sup>。いずれにしても永続的な耐性が実際には重要なわけである。

## IV 耐性菌の性質

耐性系統の性質は母系統と比べて形態的、生理的な変化が認められることもしばしばある。銅耐性の *Monilia fruticola*, *Glomerella cingulata*, *Penicillium expansum* などは菌糸や孢子の色が変わり<sup>9)</sup>, *Coniothyrium fockelii* の硫酸銅耐性系統は柄子殻の形成が起らず、デンプンやゲラチンの加水分解能が低下している。テトラクロロニトロベンゼンに耐性をもつ *Fusarium caeruleum* は無毒培地で母系統と同じように生育する<sup>7)</sup> が、いもち病菌の硫酸銅あるいは硼酸耐性系統<sup>14,15)</sup> や、灰色かび病菌で硫酸銅、酢酸フェニル水銀、キャプタン、ファーバムの各耐性系統などはいずれも生育が遅い<sup>10,11,12)</sup>。

耐性菌の性質の中で最も直接的な重要性をもつものは病原性であるが、硫酸銅耐性のいもち病菌は母系統と同様な病原性をもち続ける<sup>14,15)</sup> のに反し、リング黒星病菌 *Venturia inaequalis* のアンチマイシン A 耐性系統は完全に病原性を消失しており<sup>6)</sup>、その他菌や薬剤の種類によってまちまちである。このように耐性系統に共通する一般的な性質は見出されない。

しかし耐性系統の代謝経路を薬剤の作用機構と結びつけた次の考察<sup>9)</sup>は示唆に富む。アンチマイシンAは cytochrome 酸化酵素系 (呼吸経路の一つ) の一部である Slaton 因子を阻害することが知られているが, LEBEN らの得たこの抗生物質に強い耐性をもつリング黒星病菌の系統は母系統で優勢な cytochrome 系とは別な終末酸化酵素系が支配的なのではないかというのである。この場合耐性系統は病原性を失っているから cytochrome 系と病原性との関係も問題となろう。

抗生物質耐性バクテリアでは化学構造の別な一方の物質に耐性をもつと他方にも耐性を示すという交差耐性 cross resistance の例がよくあるが, いもち病菌の場合にもこれがみられ, 山崎ら<sup>10)</sup>によると硫酸銅耐性は昇コウにも耐性, 吉井ら<sup>11)</sup>によると酢酸フェニル水銀耐性は昇コウ, PMF に同時に耐性である。しかしこの二つの研究でも, 硫酸銅耐性は他のいろいろな銅塩との間に常にこの関係が成立するわけではなく単なる銅イオン耐性ではないことを示唆しているし, 酢酸フェニル水銀耐性はメトキシエチル塩化水銀やエチルリン酸水銀と交差関係をもたないので同じ構造の有機水銀剤でも構成基の差が影響しているのではないかと考えている。さらに化学構造の似た作用機作も同じと考えられるファーバムとジラムの間で前者には相当な耐性をもつ灰色かび病菌の系統が 後者には母系統と同様感受性であるという例<sup>12)</sup>や, 2,3,5,6-テトラクロロニトロベンゼンに耐性の, *Fusarium caeruleum* の系統は 2,3,4,5-異性体には感受性であるという場合<sup>9)</sup>などは薬剤の作用機作を追求する上に耐性のこのような性質の研究が重要であることを示している。

## V 植物病原菌の変異性

冒頭にのべたように病理関係者が作物の病害抵抗性に多大の関心をもつのは植物病原菌が変異性に富み, しばしば病原力の強い新しい系統が出現するからでもある。その原因としては生活環に有性世代をもつ菌については「交雑」, 無性世代のみあるいは有性世代が普通には認められない菌については「アナストモシス」 anastomosis が問題視されている。アナストモシスとは多くの糸状菌にみられる遺伝的に異なった菌糸間の接合のことで, その後の菌糸内には両親の核は癒合せずに共存しているので, この現象をヘテロカリオシス heterokaryosis (異核接合現象) とよぶ。しかもこの異核接合体も雑種強勢 heterosis を示すことが最近の研究で明らかにされている<sup>9)</sup>。したがって耐性系統の出現にも似たような機作が考えられる。

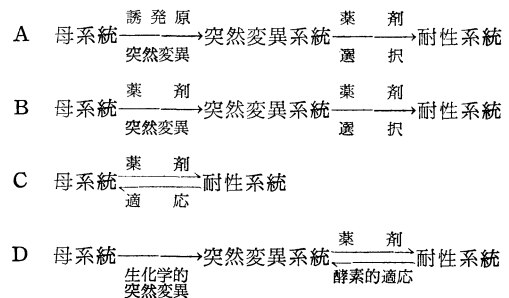
## VI 突然変異と適応

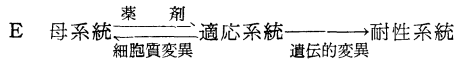
しかし「病原性」にしろ「耐性」にしろ菌のもついろいろな生理的,あるいは生化学的な性質が組み合わせられ, 広い意味での適応の結果を指す「総合的な性質」であり, 交雑やアナストモシスといってもその組み合わせの遺伝の仕方を説明するに過ぎない。また交雑もヘテロカリオシスも認められない菌も多い。糸状菌も生物である以上, 基本的には遺伝子 gene の支配をうけて個有の性質を保っているのであるから, 耐性の機構をもう少し掘り下げるにはまず遺伝子と結びつけてとくに突然変異との関係を考えなければなるまい。また非遺伝的な適応 (以下単に適応とよぶ) もあわせて考慮する必要がある。

## VII 耐性出現における殺菌剤の役割

耐性系統の出現に対する殺菌剤の役割としては (1) すでに存在する突然変異体を選択する。(2) 突然変異誘発原 mutagen として働く。(3) 適応性を誘発するという三つの可能性がある。従来耐性の研究対象になった殺菌剤は主として銅, 水銀, ひ素といった金属の化合物, 無機および有機の硫黄剤と抗生物質に大別されるが, これらの毒物としての作用機構からみると抗生物質を除いてはあまり特異性の高いものではない。いずれにしても菌にとっての毒物であるから少なくとも (1) のように選択的な作用があることは当然であろう。DEMERC ら<sup>9)</sup>の検討によりバクテリアの突然変異誘発原と認められた物質の中には硫酸銅や乳酸のようなものまで含まれているが, 誘発の機構もさまざまで遺伝子に直接働くというよりは核酸代謝や呼吸代謝に影響を与えた結果遺伝子を変化するのであろうといわれている。上記の殺菌剤はすべて菌の呼吸阻害剤としての性質をもっているからこの意味では (2) のような役割を演ずるに違いない。また菌の代謝その他の生理への影響が遺伝子にまで及ばなければ (3) の段階でとどまるであろう。これらの場合をモデル化して以下各項に検討を加えてみよう。

### 耐性系統出現のモデル





### 1 突然変異と薬剤による選択

LEBEN<sup>9)</sup>はリンゴの黒星病菌の胞子に紫外線を照射した後、硫黄、TMTD、アンチマイシンA、ヘリキシンBの最低生育阻止濃度の20倍をそれぞれ含む寒天培地になすりつけてみたところがアンチマイシンAにのみ耐性を示す系統が得られ、しかもこの系統は母系統の5,000倍の耐性をもっていた。またこの菌は有性生殖をするのであるが、耐性系統と母系統の交雑によって得た子の胞子は両親の形質を1:1に分離することが確認されている。紫外線照射は突然変異を誘発する代表的な操作であり、母系統は生育不可能な高濃度のアンチマイシンAを処理した結果耐性系統が得られたのであるから、これは「遺伝子突然変異」と薬剤の「選択」による耐性の出現を見事に証明した例といえよう。この場合薬剤は選択にのみ作用したとみられる(モデルA)。

### 2 薬剤による突然変異と選択

一方薬剤自体が突然変異を誘発する場合も考えられる。山崎<sup>14,15)</sup>はジャガイモ寒天培地に硫酸銅または硼酸を加えていもち病菌を培養するとsector(扇状の異菌叢部分)を生ずるが、その中には母系統とは明らかに栄養要求の異なる「生化学的突然変異体」とみなされるものを多数発見し、これらは同時に薬剤耐性を示すという事実を指摘している。

McKee<sup>7)</sup>はそれよりさき2,3,5,6-テトラクロロントロベンゼンの蒸気に当てた*Fusarium caeruleum*の単胞子培養上にやはりsectorを認め、その中からこの薬に耐性をもつ系統を分離した。これらの場合は前記の紫外線のように薬剤が突然変異誘発原としても働いたとみるのが妥当であろう(モデルB)。

### 3 薬剤に対する適応

微生物の変異の生化学的な面についてはとくにバクテリアと糸状菌の中ではアカバカビ*Neurospora*での研究が進んでいるが、母系統にない酵素が新生されるのは前例のような遺伝子突然変異による場合のほかに適応による場合(適応酵素の生成)が広く知られている。

また植物病原菌の殺菌剤耐性では一度得られた耐性が無毒培地に戻すと完全に失われたり低下したりする例がしばしば観察されることはさきにも述べた。これは耐性の出現に「適応」がやはり関与していることを示すものである(モデルC)。

さらに突然変異と適応が複合された有名な例が大腸菌の場合にある。すなわちβ-ガラクトシダーゼという酵素の生成能力は遺伝子に関係していて突然変異によらな

ければならないが、実際の生成は基質に対する適応で起り、基質を除けば能力があっても酵素は消失するというのである。植物病原菌の耐性も解析が進めばこのような場合があるのではなからうか(モデルD)。

耐性と適応の問題で示唆に富むのは芦田一派<sup>1,8,16)</sup>による酵母の銅耐性に関する研究であろう。それによると酵母の1種*Saccharomyces ellipsoideus*は硫酸銅を含む培地に移植すると耐性系統を生ずるが、この場合は以前から存在していた耐性系統が銅処理によって選択されたのではなく、母系統が銅に接触し、しかも生長することによって初めて耐性を獲得するといわれている。また耐性系統の優勢化する前にコロニーの形態や生理的性質が母系統とは違ったものが現われるが、これは細胞質粒子中の適応的な変異によるという<sup>16)</sup>。そしてこの銅耐性は永続的で、耐性系統からとったRNA(リボ核酸)は母系統の銅耐性を高める作用をもつことも明らかにされている<sup>8)</sup>ので耐性固定の過程で遺伝的な変異が起こったものと考えられる(モデルE)。

## VIII む す び

不勉強のためにまとまりのつかないものになってしまったが、以上をふり返ってみると今まで使われて来た殺菌剤の性質と病原糸状菌の耐性の重大化しなかったことに関係があるように思われる。新殺菌剤の研究は特異性の高い物質に向けられている一面を考え合わせると、耐性が現実の大問題になる日は遠くないことを痛感する。

### 引用文献

- 1) 芦田讓治(1953):細胞化学シンポジウム 1:111.
- 2) BROOK, M. (1952): Nature 170:1022.
- 3) BUXTON, E. W. (1959): "Plant Pathology" Univ. Wisconsin Press chap 18:183.
- 4) DEMEREC, M. (1955): Symp. Soc. Exp. Biol 7:43.
- 5) KING, T. H. & KEPLINGER, J. A. (1951): Phytopath 41:21.
- 6) LEBEN, C., BOONE, D. M. & KEITT, G. W. (1955): *ibid.*, 45:467.
- 7) McKEE, R. K. (1951): Nature 167:611.
- 8) 皆川貞一(1953):細胞化学シンポジウム 1:123.
- 9) MORGAN, O. D. J. (1952): Phytopath 42:471.
- 10) PARRY, K. E. & WOOD, R. K. S. (1958): Ann. Appl. Biol. 46:446.
- 11) \_\_\_\_\_ (1959): *ibid.*, 47:1.
- 12) \_\_\_\_\_ (1959): *ibid.*, 47:10.
- 13) TAYLOR, J. (1953): Phytopath 43:268.
- 14) 山崎義人(1956):日植病報 21:137.
- 15) 山崎義人・土屋 茂(1956):植物防疫 10:187.
- 16) 柳島直彦・永井 進(1957):生物科学 9(特集号):39.
- 17) 吉井 啓・浅田泰次・木曾 皓・田辺 昇(1958):日植病報 23:215.

# いもち病菌の薬剤抵抗性

農林省農業技術研究所生理遺伝部 山崎義人

人体病原細菌が抗生物質その他化学療法剤に対して抵抗性を増強する事実は臨床医学の立場からばかりでなく、微生物学および遺伝学の立場からもはなはだ重要であるので広範な研究が行なわれ、多くの重要な事実が明らかにされている。しかるに植物病原菌においては広く薬剤防除が行なわれているにもかかわらず薬剤抵抗性の問題は実際家および関係学者の間にあまり関心がもたれていない。これは病原菌が薬剤防除の実際場面において、事実、抵抗性を増強しないためなのか、ある程度増強してもそれは実際場面において問題とするに足らないためなのか、また、人体病原細菌の場合のように人間への影響が直接的でないためなのかわからないが、いずれにせよ、放置すべきではないだろう。

そこで筆者は日本の最重要病害であるいもち病菌を材料とし、2, 3の化学物質および数種の抗生物質に対する抵抗性増強の問題について若干の検討を加えた。次にその概要をのべ参考に供したいと思う。

## I いもち病菌の薬剤に対する自然抵抗性

自然抵抗性というのは薬剤に接触したことのない菌の示す抵抗性の意であるが、ここでは圃場から採取したままのいもち病菌の薬剤に対する生長可能限界濃度をもって一応自然抵抗性としておき、実際には薬剤防除によって既に抵抗性を増強しているものも含まれているかも知れない。

ジャガイモ煎汁寒天培地（以後PAMで示す）を基礎培地とした場合、硫酸銅に対する抵抗性はP-1およびP-2菌においてはそれぞれ10~12mMおよび12~14mM程度であるが日本各地から集めたイネ、アワ、キビ、ヒエ、ミョウガ、メヒジワなどから分離したいもち病菌の48株について検定した結果は12mMから28mMまでの変異を示した。これは約8年前に調査した結果であるが、このような変異が過去に行なわれた薬剤防除と関

連があるか否かを検討することは興味ある問題であろう。

硼酸に対するP-2菌の自然抵抗性は65mM程度であるが、昇コウに対する抵抗性は他の薬剤における場合とは異なり抵抗性範囲がいちじるしく変動する。すなわち、同一菌株に対し同一培地を使用して小菌糸塊を接種源とした場合においても検定ごとに0.37~0.74mM（まれに1.10mM）の差が認められるが、P-2菌に対しては一応0.37mMが生長可能限界濃度とみなしてよいだろう。

なお、P-2菌の抗生物質に対する自然抵抗性はおよそ第1表のようである。

## II いもち病菌の薬剤に対する抵抗性の増強

薬剤防除の実際場面においてもいもち病菌が抵抗性を増強するか否かを明らかにする前に実験室的に抵抗性増強の可能性を検討することはきわめて重要である。

筆者は予備実験としてP-1菌を用いPAM培地を基礎培地として硫酸銅濃度の2mMに出発し、2~5週間ごとに2~6mM間隔で順次濃度を高めた培地に菌糸小塊を接種源として継代培養して抵抗性を高めたところ28回の継代で120~240mMに生長する多数の抵抗菌が得られた。この継代培養の過程における最も顕著な現象は硫酸銅の各濃度において明瞭な多数の扇状変異が発現したことである。したがって、各抵抗菌はコロニーの色、形態、胞子形成能その他の性質においていちじるしい変異を示している。

次の実験においてはP-2菌を用い、PAM培地を基礎培地とした硫酸銅、硼酸、昇コウの数種の濃度の培地に菌糸小塊を接種源として培養し、最高濃度に生長した菌をまた接種源として次の系列の薬剤培地に接種する操作を4年間にわたって20回繰り返すことによって硫酸銅に対しては140~200mMまで生長する多数の抵抗系統が分離された。硼酸に対しては16回の継代によって776~841mMを生長可能限界とする多くの抵抗菌が分離された。昇コウに対してはきわめて不規則な抵抗性を示しながらも11~15回の継代によって漸く1.84~2.20mMまで生育する系統が分離された。この

第 1 表

抗生物質	基礎培地	接種源	生育可能限界濃度	備 考
Antipiriculin	PAM	胞 子	100 $\mu$ g/ml	水に難溶性のため検定困難
Naramycin	"	小菌糸塊	2~5 $\mu$ g/ml	
Aureothricin	"	"	10~20 $\mu$ g/ml	
Blasticidin	"	"	$\pm$ 100 $\mu$ g/ml	
"	"	胞 子	1~3 $\mu$ g/ml	

実験においては硫酸銅の場合はもちろん、硼酸の場合においてもきわめて明瞭な扇状変異が多数形成されたが、昇コウの場合にはこのような現象は全くみられなかった。

以上のようにして分離された抵抗菌を薬剤を含まない PAM 培地に移植して継代すると硫酸銅および硼酸抵抗菌は 2~3 回の継代で自然抵抗性の 2~5 倍程度まで抵抗性を低下し、その後は安定する。これらの系統は現在まで数年間にわたり PAM 培地に継代されているが、この永続抵抗性は全く安定しているばかりでなく硫酸銅抵抗菌で病原性を保持しているものをイネに接種発病させ、これを再分離して抵抗性を調べても抵抗性には何の変化も認められない。これらの系統の永続抵抗性とこれらが PAM 培地に移される前に培養されていた薬剤培地の薬剤濃度との間には硫酸銅の場合にはある程度の正の相関が認められるが、硼酸の場合には相関は全く認められない。

以上のべたところによって獲得抵抗性には永続部分と復帰部分とがあることがわかる。人体病原細菌において薬剤抵抗菌が薬剤のない条件で感受性に復帰するのはその集団のなかに復帰突然変異が生じ、これが抵抗菌より生長が早いために遂には感受菌によっておきかわるためであるとされているが、いもち病菌の場合には次の事実によって復帰突然変異説の成立ははなはだ困難であると思われる。

いもち病菌は硫酸銅および硼酸抵抗性の増強実験の過程において多数の扇状変異を発現するから多くの抵抗菌はコロニーの色および形態、生長速度などの性質においてそれぞれ異なっているが、これらの性質は復帰実験の過程において全く変化は認められない。

感受菌と抵抗菌の胞子を 1:1, 1:10 および 1:100 の割合に混合し、これを PAM 培地の中心に 1 白金耳ずつ接種した実験において前 2 者においては感受菌がすみやかに生長してコロニーは初期のうちに感受菌におきかわってしまうが、1:100 の場合は初期は抵抗菌のコロニーがやや優位を占めているが、やがて感受菌におき越されて抵抗菌のコロニーは感受菌にかこまれ紡錘形を示すようになる。

抵抗性細胞集団のなかに復帰突然変異がおこったと仮定してもその頻度は  $10^{-5}$ ~ $10^{-6}$  を越すことはないであろう。そうすれば感受菌が抵抗菌をおき越す時期はかなり遅いことが上の実験から推察され、また、その現われ方は扇状であって肉眼的に両者は明らかに区別しうるはずである。

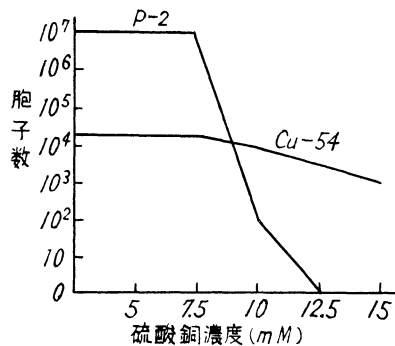
以上の観察および実験から獲得抵抗性の復帰部分は生

理的適応によって一時的に獲得されたものであり、永続部分は遺伝的変異によって獲得されたものであると考えられる。したがって獲得抵抗性は遺伝的抵抗性の上に生理的抵抗性が添加されたものであるということができよう。

### III 永続抵抗性の発現

永続抵抗性はどのようにして出現するかの問題については次の考え方がある。その 1 は自然突然変異とそれに続く薬剤の選択作用によるものと考え、その 2 は菌が薬剤に接触するために突然変異が誘発され、その中から薬剤が抵抗性突然変異を選択するものとする。いもち病菌の場合、上のようにして獲得された永続抵抗性がそのいずれによるかに関して検討することははなはだ困難であるが現在までに行なった実験についてその概要をのべておこう。

まず、自然細胞集団中に抵抗性細胞が含まれているか否かを検討するために P-2 菌および硫酸銅抵抗菌 Cu-54 菌を用い、硫酸銅を 5, 7.5, 10, 12.5 および 15mM



含んだ PAM 培地の各々に P-2 菌は分生胞子を  $10^7$  程度、Cu-54 菌は  $10^4$  程度接種し、各濃度培地に発育して行くコロニー数を調べて左図のような

結果を得た。これによると Cu-54 菌の分生胞子の大部分は 15mM にも抵抗性を示すが、P-2 菌の  $10^7$  程度の胞子中には自然抵抗性 (12mM) 以上の抵抗性を示すものは全く見出されなかった。

次に PAM 平板培地上にろ紙をおきその中央に P-2 菌の単胞子を接種し、コロニーの径が 3cm くらいに生長したときこれをはぎとって中央で 2 分し、次にシャーレの半分に PAM 培地を、他の半分に 5~7mM の硫酸銅加用 PAM 培地を入れ、この各々に前記の半分ずつのろ紙培養をのせて培養し、1~2 週間経過した後、これらをはぎとって 20~24mM の硫酸銅加用 PAM 培地に移し 2~3 週間培養すると前培養において硫酸銅に接触しなかったものからは全くコロニーの出現をみなかったが、前培養において低濃度の硫酸銅に接触したろ紙培養の下には多数の小コロニーが出現した。これらの小コロ

ニーを PAM 培地に分離して 2~3 代継代し、抵抗性を検定したところわずかではあるが明らかに永続抵抗を獲得していることがわかった。

以上の諸事実からいもち病菌の自然細胞集団中には硫酸銅抵抗性細胞は存在せず、永続抵抗性は薬剤との接触によって誘発されることが了解される。

既にのべたようにいもち病菌は硫酸銅および硼酸抵抗性増強実験の過程において多数の扇状変異を出現しこれらの抵抗菌はコロニーの特性においていちじるしい差異を示すが硫酸銅培地から分離されたものの中にはコロニーの特性ばかりでなく生化学的性質においても変異を示すものがあることがわかった。第 2 表は P-1, P-2, 52-2 および 14-B の硫酸銅加用 PAM 培地から分離された栄養要求突然変異体である。

第 2 表 硫酸銅加用 PAM 培地に出現した生化学的突然変異体

栄養要求型	供試菌				
	P-1	P-2	52-2	14-B	計
変異系統数	1,080	100	1,274	113	2,567
Parathiotrophic					
亜硫酸/チオ硫酸	1				1
核酸構成成分					
アデニン				1	1
アミノ酸					
アルギニン	41				41
アルギニン/オルニチン	2				2
芳香族化合物	1				1
ロイシン	2		1		3
メチオニン	2	2			4
メチオニン/シスチン	26	2			28
未検定	14	5			19
計	89	9	1	1	100

このほか硫酸銅加用 PAM 培地および昇コウ加用 PAM 培地から分離された系統の中に多数の  $H_2S$  発生系統が見出されている。このように形態的変異の発現に伴って多くの生化学的変異の発現することは薬剤による突然変異の誘発作用を強力に支持するものといつてよい。

上の諸実験から考えられることは薬剤培地上での扇状変異の形成と薬剤抵抗性の発現および形態的並びに生化学的変異体の発現とが密接な関係にあるということである。そこで筆者は次の実験を行なった。

合成寒天培地 (SAM) と PAM 培地とを基礎培地とし、順次に硫酸銅の濃度を高めて 10-1B 菌を継代したところその過程において硫酸銅加用 PAM 培地からは多数の扇状変異が出現するとともに硫酸銅抵抗性は急速に増強し、6~7 回の継代で硫酸銅加用 PAM 培地上で 120mM (母菌の自然抵抗性は 10~12mM) に、硫酸銅加用 SAM 培地上で 20mM (母菌の自然抵抗性は 2mM)

に生育する系統が分離されたが、硫酸銅加用 SAM 培地においては扇状変異は全く出現せず、抵抗性もほとんど増強しなかった。しかるに、継代培養の初期に 2 回硫酸銅加用 PAM 培地に継代し、以後硫酸銅加用 SAM 培地に継代すると抵抗性はかなり増強するが、上の 2 者の中間の値を示すことがわかった。この場合においても PAM 培地に培養中には明らかな扇状変異が形成された。

上の結果は硫酸銅が変異を誘発するためにはジャガイモ煎汁中のなんらかの物質が必要であることを示している。そこで筆者はこの物質について検討を加えるため SAM 培地に 21 種のアミノ酸、4 種のビタミンおよび 4 種の核酸成分をいろいろに組み合わせた 10 種の培地と対照として PAM および SAM 培地を加えて 12 種の培地を作りこれらの各々に順次硫酸銅の濃度を高めたもの

に 10-1B 菌を継代したところ SAM 培地を除く他のすべての培地において、程度の差はあるが、扇状変異の形成とともに抵抗性の増強がみられた。これらの物質のうちいずれが決定要素であるかはまだわからないが、硫酸銅の変異誘発作用に対してアミノ酸が重要な役割を果していることは了解される。

以上の諸実験によって永続抵抗性は薬剤によって誘発される遺伝的変異であることは疑いないが、これが染色体遺伝子の変異であるか、あるいは細胞質因子の変異であるかは交配実験によって遺伝子の組替がおこるか否かについて検討しなくてはならないが、いもち病菌にはまだ有性世代がわかっていないので現在のところ不可能である。しかし、Parasexual recombination などによって検討する途が開けるかも知れない。

大腸菌の接合型 (mating type) を決定する  $F^+$  因子は、菌のアクリフラビン処理によって容易に  $F^-$  に変化することから、この因子は細胞質的なものであらうと考えられている。これと同じようにある薬剤に対する永続抵抗菌を他の薬剤によって処理した場合、容易に前の薬剤に対する抵抗性を失う場合には一応その抵抗性は細胞質的なものではないかとの疑いがもたれるわけである。この考え方から各数系統の硫酸銅抵抗菌と硼酸抵抗菌とを用い、前者に対しては順次硼酸の濃度を高めた PAM 培地に、後者に対しては順次硫酸銅の濃度を高めた PAM 培地にそれぞれ継代培養して相互に抵抗性を高める実験を行なったところ、相互に永続抵抗性をもった二重抵抗



菌が多数分離されたが、これらの中には元の薬剤に対する抵抗性をそのまま維持しているものおよび種々なる程度に低下しているものなどがあつた。しかし母菌の自然抵抗性まで低下したものはほとんどなかつた。この実験の過程においても多数の扇状変異が形成された。

次に P-2 菌より分離された異なる永続抵抗性を示す硫酸銅抵抗菌 4 系統を一定濃度の硼酸、ストレプトマイシン、PCP ソーダ塩、DIECA、EDTA、 $\text{NaN}_3$  など 9 種の薬剤を含んだ PAM 培地に継代して硫酸銅抵抗性の低下を検討したところ高度永続抵抗性を示す Cu-133 菌を硼酸、PCP ソーダ塩および DIECA で処理した場合のみ抵抗性の低下が認められた。低下の程度は種々であるが、P-2 菌の自然抵抗性と Cu-133 菌の抵抗性との中間に位する。ここで特筆すべき事実は P-2 菌を DIECA を含んだ培地に 2 回継代したものの中から Cu-133 菌よりも高い硫酸銅抵抗性を示す系統が分離されたことである。これは硫酸銅にふれないで硫酸銅抵抗菌が誘発された場合であつてはなほ重要な事実である。

P-2 菌より分離された硫酸銅抵抗菌 Cu-119 および Cu-133 をアクリフラビン加用 PAM 培地に培養して生ずる扇状変異を分離してその硫酸銅抵抗性を調べた実験、アクリフラビン加用 PAM 培地に上記抵抗菌を培養して形成された分生孢子から生じた菌株について硫酸銅抵抗性を調べた実験において前者では 72 菌株から、後者では 221 菌株から各 1 菌株だけ硫酸銅抵抗性を明らかに低下したものが分離されたが、他はすべて抵抗性を維持していた。

以上の諸実験によつていもち病菌の硫酸銅に対する永続抵抗性はある培養条件（多分数種のアミノ酸を含む栄養条件）下において硫酸銅によつて誘発される永続変異とこれに続く選択作用によつて発現したものであることには疑いなく、また、これが遺伝子突然変異によつて生じたと考えることもほほ間違いないであろうが、この点についてはさらに検討するつもりである。

#### IV 永続抵抗性の生理的機構

薬剤抵抗性がいかなる生理機構によつて発現するかについて今までに考えられていることは次のようである。すなわち、細胞の薬剤透過性の変化、薬剤と結合してそれを無毒化するような物質の生成、薬剤を分解するような酵素系の発現、新しい代謝経路の生成、薬剤と拮抗する物質の生成などである。これらのうち最も可能性のあるのは細胞の透過性の変化と薬剤と結合してこれを無毒化する物質の生成であると考えられるので、筆者はいもち病菌の硫酸銅、昇コウおよび硼酸抵抗菌を用いて、ま

ず、この点について検討を加えてみた。

P-2 菌から分離された抵抗程度を異にする硫酸銅抵抗菌 5 系統を硫酸銅加用ジャガイモ煎汁培地に一定期間培養し、銅の結合量を調べたところ抵抗菌は母菌より銅結合量が一般に多い傾向を示すが、結合量と抵抗性の程度との間には相関はなく、逆の関係を示す場合も認められた。このような傾向はあらかじめ PAM 培地に培養した後、短時間硫酸銅含有培地に移して培養した場合でも、また、各種の濃度の硫酸銅含有培地に培養した場合でも変化は認められなかつた。

次に興味あることは硫酸銅抵抗菌を塩化第二銅、硝酸銅および酢酸銅を含んだジャガイモ煎汁培地に培養した場合における銅結合量は各系統とも硫酸銅培地に培養した場合と同様であるのにこれらの薬剤に対する抵抗性はかなり異なっている。すなわち、硫酸銅抵抗菌は塩化第二銅および硝酸銅に対しては抵抗性を示すが、酢酸銅に対しては P-2 菌よりかえつて感受性である。

細胞化学的観察によつて銅が細胞表面ではなく細胞内部に結合されていることは明らかであるが、いずれにせよ抵抗性と銅結合量との間に何の関係も認められないことはなほ重要なので筆者はこの関係をさらに追求するために硼酸抵抗菌および昇コウ抵抗菌についても各数系統を用いて銅結合量を調べてみた。ところが、硼酸抵抗菌はいずれも P-2 菌と同程度の結合量を示すのに昇コウ抵抗菌中には硫酸銅抵抗菌よりさらに多くの銅を結合するものから P-2 菌と同程度の結合量を示すものまでの変異があることがわかつた。なお、硫酸銅抵抗菌を他の薬剤で処理して得られた硫酸銅抵抗性を低下した系統の銅結合量も変化のないことが認められた。

ところが、これらの実験に用いたすべての系統について  $\text{H}_2\text{S}$  発生能を調べたところほとんど例外なく銅結合量の多い系統は  $\text{H}_2\text{S}$  発生能をもつことがわかつた。また、 $\text{H}_2\text{S}$  を発生し、銅結合力の大きい硫酸銅および昇コウ抵抗菌から得られた  $\text{H}_2\text{S}$  発生能を失つた突然変異系統は硫酸銅抵抗性には何の変化もないのに銅結合量は P-2 菌と同程度に低下していた。

以上の諸実験から銅結合力は  $\text{H}_2\text{S}$  の発生能と密接に関係するが、硫酸銅抵抗性とは無関係であると結論される。

次に硼酸抵抗菌数種について硼素結合を調査したところ抵抗菌は例外なく P-2 菌よりはるかに低い値を示した。また、硼酸抵抗菌を硫酸銅培地に継代して得た硼酸抵抗性を低下した系統はやや不規則ではあるが、硼素結合量の増加を示した。このことは硼酸抵抗性は細胞の硼素透過性の低下によることを暗示する。

以上によって抵抗性の生理的機構は薬剤の種類によって異なるものであり、今後さらに研究を必要とすることがわかる。

### V 薬剤抵抗菌の病原性

薬剤抵抗菌が病原性を保持しているか否かは、実際問題として重要であるので、硫酸銅抵抗菌についてイネに対する接種試験を行なった。P-2 菌から分離された各段階の抵抗性を示す 12 系統を注射接種法によって関東 55 号、農林 22 号および愛知旭に接種したところ抵抗菌はいずれも P-2 菌より病原性を低下していることが認められたが、1 系統を除く他の 11 系統は農林 22 号および愛知旭に対してかなり強い病原性を示し、9 系統は関東 55 号にも明瞭な病斑を生ずることがわかった。また、これらの系統の一部についてさらにイネを通過させた後も硫酸銅抵抗性にはなんら変化は認められなかった。

#### (付) 抗生物質に対する抵抗性

最近抗生物質によるいもち病の防除についての研究がいちじるしく進み、遂に *Blasticidin S* が発見されるに至った。これについて当然考えられることはいもち病菌の抵抗性増強の問題である。筆者はこのことを予想し、数年前より *Antipiriculin*, *Blastomycin*, *Naramycin*, *Aureothricin* および *Blasticidin* に対する抵抗性増強

について上記の方法に準じて研究して来た。残念なことには *Blasticidin S* についての実験はないが、現在までの研究を総括すると *Naramycin* に対しては 5~10 倍以上の永続抵抗性を示す系統が多数分離されたが、他の抗生物質に対しては一時的抵抗性の増強はみられたが、永続抵抗性の発現は全くみられなかった。なおこれと同時に行なったフェニール酢酸水銀に関する実験においてもいもち病菌は昇コウの場合と同じくわずかに永続抵抗性を増強した。

### あとがき

以上、いもち病菌の薬剤抵抗性に関して筆者の研究室で今までに行なって来た研究の概要をのべたのであるが、今後は、いもち病を初め各種の植物病害の薬剤防除の実際場面において薬剤抵抗性の問題がどのような意義をもっているかを解明するとともに薬剤が菌系分化に対してどのような役割を示すかについても検討する必要があるだろう。

### 文 献

- 1) 山崎義人(1955): いもち病菌の変異 農業改良 第5号: 30~33.
- 2) 山崎義人・土屋 茂(1956): 植物病原菌の薬剤抵抗性 植物防疫 10(5): 187~190.
- 3) YAMASAKI, Y.(1957): Drug-resistance of the rice blast fungus, *Piricularia oryzae*, Br. et Cav. Proc. Intern. Gen. Symp., 448~452.

## WHOの殺虫剤抵抗性昆虫対策の動き

伝染病媒介昆虫類に殺虫剤抵抗性系統が世界各地で出現し、防除に支障をきたしてきていることから、WHO (世界保健機構) の環境衛生部ではこの問題に対処するため 1954 年以來世界各国と連絡して各種の対策をとってきた。

1956 年 7 月ジュネーブで第 8 回 WHO 殺虫剤専門委員会が開かれたが、この会議では従来殺虫剤抵抗性について世界各国で従来行なわれた研究は質的なことはともかく、量的に不十分であるので、昆虫学者と公衆衛生関係技術者の共同決議として、WHO はこの方面の研究の振興と連絡調製のために世界的な計画を樹立すべきであると当局に進言した。

この提言に基づき WHO では、抵抗性問題の国際的な第 1 回研究討論会を 1958 年 2 月 27 日から 3 月 7 日までインドのニューデリーで開いた。この会議には東南アジア、東地中海、西太平洋地域などの東亜の 3 地区の専門家が主体となって集まったが、これにアメリカ、カナダ、イタリーなどの専門家も加わった。わが国からは塚本増久 (阪大理)、大垣昌弘 (大阪府立大理)、長澤純夫 (京大化研)、朝比奈正二郎 (予研)、安富和男 (予研)、山崎輝男 (東大農)、檜橋敏夫 (東大農)、深見順一 (農

技研) の 8 博士が招かれて出席した。この会合では抵抗性に関する従来の研究の検討や将来の研究に対する意見の交換が行なわれた。この会議の詳細については朝比奈団長の報告 (生活と環境第 2 巻第 3, 5 号) がある。このような会議は同年 5 月パナマで南北アメリカ地域やヨーロッパの関係者を招いて開かれている。

一昨 1959 年 9 月にはジュネーブで第 9 回殺虫剤専門委員会が開かれ、生物検定用の資材の選定や WHO 編集のハンドブック“衛生害虫防除方針”の編集などについての打ち合わせが行なわれた。この会議には朝比奈博士が専門委員として出席した。

本年は 9 月 25 日から 5 日間ジュネーブで、昆虫生理学、昆虫生化学の専門家を集めて抵抗性に関する基礎的研究の討論会が開かれることになっている。

なお、WHO の環境衛生部はジュネーブにあるが、ここには昆虫専門家が世界各国から 1, 2 年交替で駐在して、衛生害虫に関する研究や防除その他に関する連絡を行っている。従来、M.H.GOODWIN, A.W.A.BROWN, D.W.MICKS, R.W.FAY, J.W.WRIGHT, F.P.W.WINTERINGHAM らこの方面の権威が駐在員として活躍してきている。

# バクテリアの抗生物質耐性

農林省農業技術研究所 向 秀 夫

抗生物質が農薬として応用されることが多くなるにつれて、植物病原菌とくにバクテリアの薬剤耐性の問題が大きくなりあげられるようになった。一つの抗生物質を長く使用すると、バクテリアがその薬に対して耐性となってその薬剤が効かなくなることは、今日では素人でも常識として知らないものはない。薬剤耐性については動物に寄生するバクテリアについて多くの研究が行なわれているが、農薬としての抗生物質に対する薬剤耐性については、ほとんど研究がなされていない。むしろ近年になってようやくこの方面の研究が始まったばかりである。

## I バクテリアの耐性獲得と抗生物質

バクテリアの薬剤耐性の現象はすでに 1887 年 KOSIAKOFF によって記載され、一方 EHRlich 門下の PRANK と RÖHL (1907) によってトリパノゾーマ (原虫) が色素や砒素剤に耐性を獲得することが発見されている。近年スルホン剤や各種の抗生物質がバクテリアによる伝染病に広く応用されるにつれて、この問題は治療上にきわめて重要なものとなっており、微生物の遺伝学、生化学の分野において興味深い事実として脚光をあびるようになった。すなわち McLEAN, ROGERS と FLEMING によって 1939 年肺炎双球菌が試験管内でサルファピリジン耐性を獲得することが報告され、また Ross (1939) によって臨床でサルファピリジン耐性肺炎双球菌の存在が明らかにされて以来スルホン剤に対する耐性については、LOWELL (1940), DETTWILER (1940), MULDER (1940), WESTPRAL ら (1940), STRAUS (1941), SCHMITT (1942), COOPER (1942), YEGIAN (1946), AUGER (1941), HAMBURGER ら (1942) によって研究され、ペニシリンの耐性については、ABRAHAM ら (1941), SPINK (1944), MILLER と BOHNHOFF (1945), BLAIR (1946), KLIMEK (1948), RAKE (1944), HIRSE (1948), CLARK (1948), 向・吉田 (1951) らが、ストレプトマイシン耐性については MILLER と BOHNHOFF (1946), MURRAY (1946), YOUMANS ら (1946), FELDMAN (1947), BONDI (1946), DAINB ら (1948), 秋葉・近岡 (1951), 横田 (1955, 1958), 木村 (1956), 小山 (1952~1956), 牛場 (1954~1958) によって、また、植物病原バクテリアのストマイ耐性については、向・吉田・田部井 (1954), 草場・向 (1955), 国枝

(1958~1960) らによって研究された。テトラサイクリン類の耐性については、FINLAND (1948), PRICE (1948), HARVEY (1948) らが、クロラムニコールについては、MCLEAN (1949) らによって研究され、イソニコチン酸ヒドラジットについては、STEENKEN (1952), PANSY (1952), 近岡 (1953), 北本 (1953) らによって実験的に、あるいは治療的に多くのバクテリアについてバクテリアが化学療法剤や抗生物質について色々な程度に、また異なった速度で耐性を獲得することを明らかにしている。その他耐性については多数の研究が報告されているがここにはその代表的なもののみをあげた。わが国で人のバクテリア性の伝染病の治療に最近盛んに使用されているクロロマイセチン、オーレオマイシン、テラマイシン、アクロマイシンなどに対してはまだ耐性菌についてはほとんど報告はないようであるが、実際にはぼつぼつ耐性赤痢菌の出現がうわさされている。

しかし、これらの抗生物質を早くから使用している英米では年ごとにより耐性の菌が増加しつつあるということである。わが国でもこれらの抗生物質が濫用されている現状から考えると耐性菌の現われる日もそう遠くはないと思われる。新しい抗生物質が出現し、それを盛んに使用するとおそかれ早かれバクテリアはその薬剤に対して「耐性を獲得」するものである。したがってできるだけ病原バクテリアが耐性にならないように薬剤を使用することが大切である。なお、他の項で詳述するように抗生物質は多少の差はあっても、それぞれの物質は自然耐性菌をもっているものである。そして自然耐性菌が少ない抗生物質ほど抗菌スペクトルが広いものである。パラアミノサルチル酸などは人類の結核菌だけに作用し、抗菌スペクトルはきわめて狭い。

## II 耐性獲得の機作

微生物が抗生物質に対する耐性を獲得しやすいか否かを支配するおもな因子は薬剤の性質によってきまる。もちろん薬剤耐性の成立は生体反応であるからバクテリアの反応の性質の強弱が反映することは当然であって、同一の薬剤に対しても、耐性獲得の難易はバクテリアの種類によって、あるいは菌株によって違いが認められるけれども、支配的な因子は薬剤そのものの性状に主因があるようである。すなわち (1) ストレプトマイシンは特殊

な性質をもっているもので、バクテリアは強度の耐性の上昇を示すものである。(2) スルファチアゾールその他のズルフォン剤、ペニシリン、クロロマイセチンなどに対してバクテリアは、ストレプトマイシンほどではないが比較的耐性を獲得しやすい。(3) オーレオマイシンやテラマイシンなどに対しては耐性の獲得は比較的困難である。(4) フラシン誘導体 (Guancfuracin), Marphail, 砒素剤 (Marnofuracin), Neelsvarnsn, 有機水銀剤などについては耐性の獲得がきわめて困難である。

このような薬剤によって耐性獲得にいちじるしい差があるのはどのような機構によっておこるのかいまだに確定した定説はないようである。なお、このような薬剤の性質を検討する場合には菌の種類はもちろんのことであり、菌株によって耐性獲得に相当差異が認められることが多いのであるからある薬剤に対する耐性の研究には数種の菌種や菌株を用いることが必要である。すなわち、バクテリアの種類によってこの耐性獲得の困難性の順位は多少変わる。

しかし秋葉 (1952) は *E. coli* のペニシリンに対する耐性獲得が菌株によっていちじるしい差があることを報告し、耐性獲得の難易とペニシリン分解酵素産生の有無とは関係がないと述べている。また WILLISON らは結核菌のなかにはストレプトマイシンに耐性になりにくい菌株があることを報告した。

### III 耐性菌の出現の機作

液体培地に段階的な濃度にペニシリンを加え、0, 0.04, 0.08, 0.16, 0.32…… $\gamma$ /ml のように濃度の系列を作り、これに軟腐病菌 (*E. carotovora*) のブイオンに 24 時間培養した程度の菌液 0.04 $\gamma$ /ml の濃度までバクテリアが発育したとする。次に同じ抗生物質の系列にこの 0.04 $\gamma$ /ml に発育した菌を接種すると 0.08 $\gamma$ /ml に発育するようになる。このように次々に継代培養をすることによって、この軟腐病菌は次第にペニシリンに耐性となり、終わりには 1,000 $\gamma$ /ml の濃度でも発育するようになる。他のバクテリアについても他の抗生物質との間に同じような関係が認められている。

このような耐性獲得の機作を説明するには今日主として二つの考え方があり、1 は自然的突然変異説で、2 は適応説である。自然的突然変異 (Spontaneous mutation) はバクテリアが分裂増殖する過程にその自然的な突然変異によってごく少数の菌体がある薬剤に耐性として現われる。普通その割合は 1,000,000,000 または、10,000,000 個に 1 個の程度に耐性菌が現われるものである。普通あまりにも少数であるために、このような個

体が含まれていることに気がつかないのであるが、一たびストレプトマイシンのような抗生物質を使用すると、感受性の菌体は発育を阻止されるけれども、耐性の菌体だけは発育をつづけるので、耐性菌のみが見出されるのである。したがってこの説は突然変異選択説 (Mutation and selection theory) とよばれるもので米国の遺伝学者 DEMEREC (1945) が *Staphylococcus* のペニシリン耐性獲得の機作についての研究結果によってこのような説を提唱したものであるが、その後 Sulfonamide, ストレプトマイシンなどについても DEMEREC 説を支持する見解の研究者が多い。DEMEREC は耐性獲得の機作を次のように説明した。バクテリア集団 (Bacterial population) のうちには、菌分裂の過程の間に自然的突然変異によって発生したごく少数の耐性の菌体が含まれている。そして培地または生体中に含まれる薬剤は感受性菌体の増殖を抑制して、耐性菌体のみを増殖させるという単に選択的な役割を果すのみである。それで、この説は、耐性の獲得という遺伝的変異の形成の過程において薬剤の遺伝子への直接的な影響を否定する説である。すなわち、薬剤は耐性の上昇することについて“選択” (Selection) を行なうのみで菌体への直接作用を有しないものとするものである。これはペニシリンについて、DEMEREC (1945), LURIA (1946), KBIN (1949) によって実証され、ストレプトマイシンについては、DEMEREC (1948), NEWCOMBE と NYHOLN (1950), オーレオマイシンについては、同じく DEMEREC (1949), クロラムフェニコールについては、CAVALLI (1950) らによってそれぞれ巧妙な動揺試験 (Flucutuation test) と呼ばれる実験を初めとして種々な方面から検討を加え、バクテリアの薬剤耐性の上昇はその増殖過程におこる自然的な突然変異 (Random mutant) が薬剤による選択によって耐性菌のみ生残することに起因すると報告してから、多くの研究者によって生物推計学的に、あるいは生化学的に実証された。これに対して適応説 (Addptation theory) は HINSHELWOOD (1946) が Proflavin に対する *B. lactis aerogenes* の耐性獲得の機作として主張した説である。この学説は薬剤が直接に菌体に作用した結果として、適応的に耐性の獲得が行なわれるものと考えられている。しかし耐性はかなり永続的な遺伝子的な変異であるから永続変異 (Permanent modification mutation) または誘導変異 (Induced mutation) と解されている。ERIKSEN (1949) はペニシリンについてこの説を支持している。

なお、最近、ストレプトマイシンに対して獲得した耐性は継代しても持続する遺伝子変異効果 (Mutagenic effects) をもつものであるとし、また、その耐性に関連

するジーン (Gene) の変異が有性生殖, すなわち接合によって耐性を獲得するという機作の存在を確認したという。この説を主張するものに, 柳沢(1953), 秋葉(1952~), 横田(1955~), SEVAG(1952), HINSCEELWOOD(1949~), ABROHAM(1953), LINE(1949), BARBER(1953) らがある。

以上の二つの説をわかりやすく説明すると次のようである。抗生物質に対する耐性獲得の型すなわち自然的突然変異をストレプトマイシン型と, 他の適応または誘導変異をペニシリン型とにわけることができる。DEMERIC(1945)のストレプトマイシン型とは原株の中に含まれる耐性変異株の耐性の度が色々で, 高度の耐性のもも含まれており, したがって薬剤の使用によって一足とびに高い耐性菌が得られるものである。ペニシリン型というのは第一段階の耐性株は耐性の度がそれほど高くない。さらに高濃度の薬剤を使用することによってより高い耐性変異株 (菌体) が残り, 次第に高度の耐性菌が残って行くものである。

#### IV 耐性の持続性の復帰

耐性菌を薬剤を含まない培地に何代も培養を続けると, ある株は長く薬剤耐性が変わらないが, ある株は順次耐性が低下するものがある。一般に高度の耐性菌は比較的安定であるが, 中程度の耐性菌や低い耐性菌は耐性が感受性に復帰しやすいことが知られている。すなわち, 菌集団としての菌株の耐性には可逆的なものと不可逆的なものとがみられる。前者は未完成な耐性変異であり, 後者は完成した耐性変異である。可逆的な耐性株と不可逆的な耐性株とについて, 菌体の耐性分布を調べると不可逆的な高耐性株では菌体全部が高い耐性に均一的であって, これを普通培地に継代しても分布曲線は変化しない。

耐性復帰の機作としては, (1) 逆の自然的突然変異 (Spontaneous back mutation), (2) 遺伝子の組替え, すなわち接合 (Recombination) による変異, (3) 感作物質による変異が考えられている。すなわち感受性株の中に突然変異によって少数の耐性菌が出現するように, 耐性株中にもその増殖の過程において感受性の変異株が逆変異によって出現することが考えられる。しかし逆変異株が現われるだけでは出現の頻度が小さいから, 大部分を占める耐性菌におおわれて気付かれない。しかし逆変異菌が耐性原株よりも増殖速度が大であれば, 耐性の復帰がおこる。次の遺伝子の組替えによる変異については, 米国の遺伝学者によって細菌も接合現象がみられることが確かめられ, 耐性菌と感受性菌の接合による

感受性への復帰の可能性が考えられるようになった。LEDERBERG(1951) は *E. coli* のストレプトマイシン耐性株と感受性株を用いて作った接合株の中にストレプトマイシン感受性遺伝子と耐性遺伝子をもつ倍数体とが認められるようなものがあり, このストレプトマイシン耐性遺伝子は感受性のそれに対して劣性であるという。なお, 感作物質による誘導変異は, ペニシリン耐性菌と感受性菌を混合培養するか, あるいは感受性菌の自家融解物, または菌体の抽出物を加えた培地に耐性菌を培養すると耐性菌が耐性を失うことが知られている。植物病原菌については筆者ら (1955) によって, ストレプトマイシンのジャガイモ輪腐病の内科的治療法の一環として, 本菌に対する耐性の獲得並びに復帰について研究が行なわれたが, 一般の散布農薬としてのストレプトマイシン剤の野外散布による病原バクテリアの耐性または耐性の復帰についてはほとんど調査または研究は行なわれていない。

#### V 耐性菌の生物学的性状

バクテリアのどんな性質が変化してから耐性になったかについての疑問に対する根本的な研究は最も興味のある点である。スピロヘータが色素剤や塩基性色素に耐性をもっているものは, それらの薬剤を菌体内に透過させないことが知られているが, 普通のバクテリア (桿菌) に対する抗生物質の場合にはこのような現象はみられていないようである。ペニシリン耐性株のなかにはペニシリン分解酵素 (Penicillinase) を産出する株がある。ペニシリン耐性連鎖球菌の中にはかなり多くの菌株が Penicillinase の産出をすることが見出されている。また *E. coli* なども菌自体がペニシリンに耐性である株があり, クリスタル紫に耐性のバクテリアではこの色素を破壊するものがあることが知られている。また, ペニシリンはグルタミン酸や他のアミノ酸, ビタミンなどが細胞膜を通過することを阻止する作用がある。したがってペニシリン耐性株のあるものは, 細胞内でこの必須アミノ酸を合成することができる。これはペニシリンの作用を阻止された細胞膜を通過することができるアンモニヤやリジンから作られるものであると考えられている。バクテリアの一つの代謝過程が阻止されると他のわき道ができてくるものもある。あるストレプトマイシン耐性菌はクエン酸回路をまわらないことが知られている。

莢膜 (カプセル) をもっているバクテリアはもたないものに比べて抗生物質の作用を受けにくい。また菌体が大きいバクテリアは小さいバクテリアよりも薬剤に対して耐性であるという。また, 抗生物質によってバクテリ

ヤが分泌する酵素の性質がかわっても代謝基質 (Metabolite) に対する親和性はあまり変化しないで、阻害物質、すなわち抗生物質に対する親和性が低下するものがあることが考えられている。このほか耐性株が感受性の株に比べて糖の分解など色々な生化学的な性状に差がある場合も知られている。*E. carotovora* (軟腐病菌) のストレプトマイシン耐性株はキサチンキシチル酸などの核酸構成物が検出され、本菌の耐性化率は4.5%であり、またその第2次的な耐性菌の核酸にも同様に耐性化作用が認められ、また原株の核酸により耐性の下降も認められるという。また *E. carotovora* 菌の含水炭素分解能についてストレプトマイシン耐性株と原株との間に差が認められなかったものはマンノーズ、マルトーズ、ラクトーズなどであるが、マルトーズやラクトーズからのガスの発生能には差があることが認められている。また、*E. carotovora* 菌は本質的にはEMP解糖経路、TCAサイクルによって解糖するけれども、ピルビン酸代謝にはマロン酸を1員とする側路が存在しており、ストレプトマイシン耐性の変異に伴ってストレプトマイシンによるTCAサイクルの阻害をさけて、このような側路を利用発達させるに至るものと推察されている(国枝, 1958~1960)。

## VI 依 存 菌

抗生物質がないと発育増殖しない菌を依存菌 (Dependent strain) という。依存菌が分離されているものは、現在、サルファ剤、ストレプトマイシン、クロロマイセチンの3種の薬剤に対するもののみである。ストレプトマイシン依存株はジャガイモ輪腐病菌、イネ白葉枯病菌、青枯病菌などの植物病原菌についても容易に作るができる。この分離方法はたとえば青枯病菌の  $10^{10}$ ~ $10^{11}/\text{ml}$  の濃厚な菌液を作り、その  $0.1\text{ml}$  を  $100$ ~ $1,000\gamma/\text{ml}$  の割合にストレプトマイシンを含む普通寒天またはジャガイモ輪腐病菌の寒天培地の平板上に塗布し、48時間前後あるいは96時間以上  $25^{\circ}\text{C}$  に培養すると平板上にいくつかの集落ができる。その各集落はストレプトマイシン耐性菌あるいは依存菌である。これをわけるときには分離の際と同じ濃度にストレプトマイシンを含む培地に各集落を継代し、これをさらにストレプトマイシンを含まない培地に移植して見て、発育しないものを採るとそれが依存菌(株)である。ストレプトマイシン依存株の原株の中から分離される割合はバクテリアの種類によって、また同一の種類菌でも菌株によって色色である。普通  $10^7$ ~ $10^{10}$  個に1個ぐらいという頻度で得られる。このストレプトマイシン依存株の物質代謝に

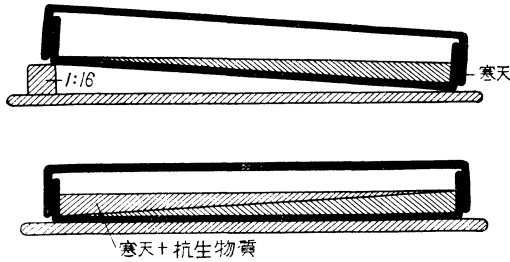
ついてはまだよくわかっていない。

(付) 植物病原バクテリアについても同様な関係が知られている。田部井・向(1955)によると *E. aroideae*, *E. carotovora* など軟腐病菌のストレプトマイシン耐性菌の出現率は  $1\gamma/\text{ml}$  の薬剤濃度では  $10^4$  に1個の頻度で出現する。この菌体は  $1\gamma/\text{ml}$  以上の濃度のストレプトマイシン濃度では発育しない。 $5\gamma/\text{ml}$  の濃度では  $10^9$  に1個の頻度で出現し、大部分のものは  $1,000\gamma/\text{ml}$  にも耐性である。わずかに  $5\gamma/\text{ml}$  には発育しないものも含まれている。 $10$ ~ $1,000\gamma/\text{ml}$  の濃度でも  $10^9$  に1個の頻度で出現して、その菌体はすべて  $1,000\gamma/\text{ml}$  に耐性である。すなわち、ストレプトマイシン  $5\gamma/\text{ml}$  以下の濃度では  $10^{-4}$  の出現率をもって生育する低度耐性菌と、 $5$ ~ $10\gamma/\text{ml}$  以上の濃度で  $10^{-9}$  の出現率に生育してくる高度耐性菌の種々の耐性の度が異なったものが知られている。植物に対する病原性は、耐性菌と感受性菌との間には差はみられない。同様に吉田・田部井・向(1954)によるとジャガイモ輪腐病菌も同じ薬剤の  $1,000\gamma/\text{ml}$  に対して  $10^7$ ~ $10^9$  の1個の割合で耐性菌の出現をみている。同様に、草葉・向ら(1955)は青枯病菌やイネ白葉枯病菌も  $10^8$ ~ $10^9$  の頻度でストレプトマイシンの  $1,000\gamma/\text{ml}$  以上の濃度で生育する高濃度の耐性菌が出現する。これらの高濃度耐性菌は病原性、各種の細菌学的性状に差が認められない。それで筆者らはこれらの耐性菌を用いて土壌中における行動を知るために、色々な条件の土壌中に耐性になった病原バクテリアを接種し、これらの病原菌が自然界における土壌中での行動を知るための試験を行なった。このように耐性菌を用いると土壌微生物とともに生活しつつある病原バクテリアの土壌中での行動を知ることができる。その方法は土壌中の病原菌をストレプトマイシンを含む培地に分離培養を行なうことによって、雑菌は発育せず病原菌のみが発育してくるので土の中の病原菌の行動を知ることができる。

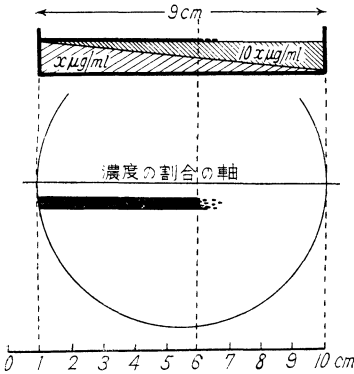
## VII 耐性菌と他の薬剤との関係 (交差耐性)

ある病原バクテリアが一つの抗生物質に対して耐性を獲得すると全く別な薬剤が見出されて行くことが常識のように考えられていた。ところが PAŃSY (1950) は *E. coli* などがクロロマイセチンに、FUSILLO(1951) は同じように *E. coli* がオーレオマイシンに耐性となったものが、テラマイシンにも耐性であることを、オーレオマイシンとテラマイシンの間に交差耐性 (Cross resistance of antibiotics) が成立するという事を見出した。この交差耐性は細菌病の防除の上に重要なことであるが、薬剤がバクテリアに作用する機作を知る上に、また薬剤

第1図 ペトリ皿の傾斜角度の調製法 (スジバルスキー, 1952) 抗生物質間の交差耐性を知るために用いた試験用培地

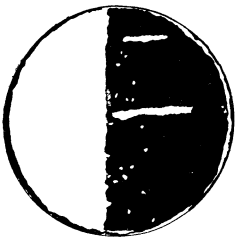


第2図 抗生物質に対するバクテリアの感受性の指示標準 (スジバルスキー, 1952)



抗生物質は2種の異なる濃度を有する層からなる。たとえば図の発育抑制の標準目盛りは6倍である ( $6 \times \mu\text{g}(\gamma) / \text{ml}$ )。

第3図 ペニシリン 20  $\gamma$  / ml 培地に0培地における大腸菌の発育状況



化学構造がよく似ているもの間には同じ作用機作があるのではないかと想像されている。なおストレプトマイシン耐性菌はネオマイシンに耐性でないが、ネオマイシン耐性菌は多くの場合ストレプトマイシンに耐性である。一般に抗生物質と化学物質の間には交差耐性は認められていない。SZYBALSKIら(1952)は *E. coli* を用いて多数の抗生物質間の交差耐性を試験した。氏は抗

間の生物に対する作用の類似点を推定する上に重要視されているものである。一般にオーレオマイシン耐性菌はテラマイシンにも耐性で、その逆も同じである。クロロマイセチン耐性菌は、常にオーレオマイシン、テラマイシン耐性であるとはいえない。バクテリ

ヤの種類によって非常に異なっている。腸内バクテリアは一般にクロロマイセチンにはある程度高い耐性にしないとオーレオマイシン、テラマイシンには耐性とならない。しかしオーレオ、テラ、クロロの抗生物質間の交差耐性の本態についてはまだわかっていない。

生物質を交差耐性がみられる近い種類によって4群にわけている(次ページの表)。各抗生物質間の交差耐性の様相を知る上に都合がよいので引用しておいた。

### VIII 耐性菌の出現をどうして防止するか

バクテリアの抗生物質に対する耐性の増加の型を、DEMEREK はペニシリン型とストレプトマイシン型の二つに分けたことはすでに述べた。氏の説の重要なことは耐性獲得阻止を目的とした薬剤の使用法に対してある暗示を与えていることである。ペニシリン型の抗生物質を使用するときには、第1段階の耐性変異株は原株に比してそれほど高い耐性でないので、第1段階の耐性株の発育を阻止する程度の濃度を最初から使用するとバクテリアは耐性を獲得することはない。それで植物の場合でも薬害さえなければなるべく耐性菌のできないように高濃度のものを使用し、しかも植物体内濃度を耐性菌ができないような高濃度に保持できれば、まず耐性菌が現われることは防げるはずである。これに対してストレプトマイシン型の薬剤の場合はそれとは全く異なっており、薬剤に対する耐性変異株の耐性の程度は色々であり高度耐性菌も含まれている。すなわち一足とびに高度の耐性菌が現われてくる。したがって、ストレプトマイシン型の薬剤を使用するときにはどんなに高濃度の薬剤を作用させても耐性菌の出現を防止することはできない。ストレプトマイシンは高濃度になると殺菌的にも作用するので、内科療法の場合には植物体内の濃度を薬害の出ない最高の濃度を使用して植物体内の病原バクテリアを殺滅する必要がある。しかし、散布剤としての場合は菌の発育を阻止する濃度すれすれでもことたりるもので、ストレプトマイシンは一定時間作用するとあとは暫くの間作用しなくてもバクテリアの増殖は起こらないことが知られているが、ストレプトマイシン型の薬剤では、単独の使用の場合にはどうしても耐性菌の出現を防止することができないので、どうしても他の薬剤を併用することを考えなければならない。ペニシリン型の薬剤の場合でも、ペニシリンのように大量を用いても副作用のほとんどない薬剤の場合はよいが、薬害のため耐性菌の発育を阻止するに足るだけの濃度を保つことができない場合が多いので、この場合にも他の薬剤の併用を考える必要がある。すなわち、バクテリアによる植物病害の防除にあたり、耐性菌の出現防止のためには、まずバクテリアと薬剤の基本的な関係を良く考え、ストレプトマイシン型の薬剤の使用にあたってはなるべく単独薬剤による防除をさせて、他の薬剤と併用防除を原則として行なうようにすべきである。ペニシリン型の薬剤でもなるべく他の薬剤の

大腸菌 B/r 株を用いた各種抗生物質間の交差耐性

抗菌性物質 Antibiotic Strain 菌株	Bacteria バクテリア生産物											Streptomyces 放線状菌生産物		Fungi カビ生産物			
	Polypeptides											Streptomycin	Netropsin	Aureomycin	Terramycin	Chloromycetin	Penicillin
	Bacitracin	Polymyxin B	Circulin	Viomycin	Vinactin	Streptothricin	Neomycin	Catenulin									
<i>E. coli</i> (B/r) 原株	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Bacitracin 耐性菌株	20	1/20	1/10	1/2	1/2	—	—	—	1/1.5	—	—	—	—	—	1/1.1	—	
Polymyxin B 同	1	15	4	1.1	1.1	4	6	6	8	—	—	—	—	1/1.1	1/1.1	—	
Circulin 同	1.5	10	10	1.5	1.1	2	2	2	3	1.5	2	3	1.1	1.1	1/1.1	1/1.1	
Viomycin 同	1	5	5	15	4	20	15	15	15	1.1	1/1.1	1/1.1	1/1.1	1/1.1	1/1.1	1.5	
Vinactin 同	1	2	2	4	4	6	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	
Streptothricin 同	1	1/5	1/5	15	4	180	50	50	100	2	1/1.1	1/2	1/2	1/2	1	1	
Neomycin 同	1	1/5	1/10	15	4	60	100	80	30	1.1	1/1.1	1/1.5	1/2	1/2	1	1	
Catenulin 同	1	1/10	1/10	15	4	100	100	150	30	1.1	1/1.1	1/2	1/2	1/2	1	1	
Streptomycin 同	1	1	1	1.1	1	4	4	5	1000	1	1/1.1	1/1.1	1/1.1	1/1.1	1/1.5	1/1.5	
Netropsin 同	1	1.5	1.5	1	1	1.1	1	1	1	20	2	1.5	1	1.5	1.5	1.5	
Aureomycin 同	1/1.5	1/100	1/50	1	1.1	1.5	1	1	1.1	15	200	60	80	4	4	4	
Terramycin 同	1/1.5	1/100	1/40	1	1/1.5	1.1	1	1	1.1	80	20	50	50	10	10	10	
Chloromycetin 同	1.5	1/100	1/40	1	1.1	1.5	1.5	1.5	1.5	200	25	30	300	25	25	25	
Penicillin 同	1.1	1/100	1/300	1	1/1.5	3	4	3	3	20	15	15	50	80	80	80	
原株の感受性 sensitivity of $\gamma$ /cc																	
<i>E. coli</i> (mcg/ml; $\gamma$ /cc)	700	20	60	50	200	4	2	6	2	8	1.5	1.5	1.5	1.5	8	8	

注 数字は最下欄を除いて、原株の何倍耐性かを示す。囲み内は交差耐性を示す。数字の多いほど交差耐性強し。

併用使用法を考えるべきであろう。抗生物質剤の使用がこれから数多くなると思われるので、防除効果のみでな

く、耐性獲得防止の上からも今後は薬剤の併用法については一層深く検討すべきであると信ずる。

## 中央だより

### —農 林 省—

#### ○鑄方末彦博士農林大臣より表彰さる

農林省創設 80 周年の記念式典が 4 月 8 日に東京都体育館において行なわれ、農林功績者 4 名、職員功績者 10 名、優良功労者 16 名、永年勤労者 (20 年以上) 約 800 名の表彰が行なわれたが、そのうちの農林功績者の最高栄誉に鑄方末彦博士が選ばれた。植物防疫事業を通して農業生産の増強と安定に寄与した功績を表彰されたものである。

### —協 会—

#### ○第 16 回臨時総会で新役員きまる

社団法人日本植物防疫協会第 16 回臨時総会は、さる 4 月 12 日午後 1 時 30 分から東京都文京区本富士町学士会館 8 号室で開催された。

定刻に開会、鑄木会長が議長をつとめる旨をつけて挨

拶があり、議事録署名人として出席理事中より住木諭介・上遠章両理事を指名して承認を得た。

引き続き議事に入り、役員補充に関する件について鈴木常務理事より説明があり、本会の強化発展のため理事会の構成を通常・賛助・特別会員より各 9 名と会長並びに事務局関係理事をこれに加えるようにしたい旨議場にはかり可決承認された。次いで理事の選出に入りその結果、三坂和英(教育大)、立澤幸雄(岩手県協会会長)、清澤光躬(長野県協会会長)、花澤満(千葉県協会会長)、金子政治(新潟県協議会長)、田母神利衛(愛知県協会会長)、安部厚(島根県協会会長)、山口一雄(徳島県協会会長)、安藤文一郎(福岡県協会会長)の各氏が決定し、ほかに 3 名(氏名未決定)が就任の予定。なお、監事についても通常・賛助・特別会員より各 1 名で構成すべきである旨動議があり、新たに山崎昇二郎氏(静岡県協会会長)が就任した。出席者 84 名(うち委任状 24 名)。



## 連載講座

## 作物病虫害診断メモ

— さつき (5月) の控 —

## I 病害診断メモ

## 漢方でいう四診とは

今は漢方医の時代ではないなどといわれるかも知れないが、昔ながらの漢方にも深い味があるものである。この漢方に四診というものがあるそうである。これは四つの診断の過程とでもいうもので、それは望、聞、問、切である。望とはまず全体をザッと見る。病気を見る前に人間を診ることである。聞診というのは今の聴診のことではなく、患者の声、せきばらい、くしゃみなどを聞くことだそうである。第3の問診とはいろいろ聞いて自覚症状を確かめること。最後の切診は患者に医者かふれて診察をすることで、ここでは腹診と脈診が重要なものだとされる。

作物の病気の診断にもこれに似た診断の過程が必要であり、初めはボウッと、次第に細かい点に入って診るといことが意味がありそうである。とくに望診を忘れないようにしたいものである。

## 1 本田初期のイネの病害

田植が終わり、半月もたつと、健康なイネは活着し、葉の色も緑色になって盛んな生活力を示すものであるが、苗代から病気をもってきたものや、田植後に病気を得たものはなかなか元気が出てこない。黄化萎縮病、馬鹿苗病、各種のウイルス病類などは苗代から持ちこまれていることが多い。また本田で変調をきたしたのものとしては赤枯病や葉いもちなどが現われる。この内、ウイルス病はこの次の号でまとめるのべることにし、その他のものについてのべることとする。

馬鹿苗病は相かわらず苗時代の続きでヒョロヒョロに徒長しており、色は淡い。これも分けつ期ころになると、株全体が枯れてくる。枯れた茎の部分には白い粉のようなものが現われるのが普通である。これはこの病原菌の胞子で、新月形または楕円形の胞子が顕微鏡で見るとよく見られる。この胞子は後に開花のころにもみにとんで行きもみの中に入って結実、ここで翌春まで生きることになる。

黄化萎縮病は前号にのべたように葉の幅がひろく、長さは短く、ぶ厚な感じになる。この葉は曲げると折れや

すい。色は黄色で草丈が低い。しかしあとで発病した場合はあまり明瞭でないこともある。前にのべたように游走子を見る方法もあるし、この他、疑わしい葉を70%アルコールに漬けておき、後で葉をピス(ニワトコの芯)にはさみ、安全カミソリの刃のようなもので薄く切つて見ると、葉の組織の中に葉の厚さの1/3~1/2くらいの径の円い卵のようなものが見えることがある。これは黄化萎縮病菌の卵胞子で、これを見つければ、本病の決定ができる。

赤枯病は下葉が赤くなる病気で、ひどいときは上のほうの葉も赤くなってくる。近よって見ると、この葉には赤褐色の細かい斑点がたくさん、葉一面についている。時には多少、この斑点の大きいこともある。この病気は深植、冷水がかり、カリ肥料の不足、有機物の異常分解、石灰窒素による根の障害、等々根が弱ったようなときに現われるもので、別に伝染はしない。土壌中に空気を入れることなどがその治療になる。

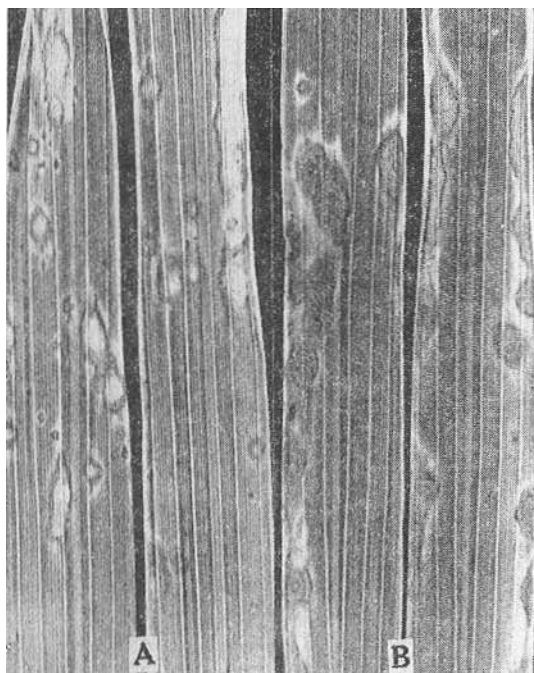
## 2 葉いもち

いもち菌はイネのほとんどあらゆる部分を侵し、その侵した部分によって葉いもち、首いもち、節いもちなどとよばれる。苗代のごく初期に立枯を起こす場合もあるが、このころから刈とりをするまで、いもち菌はイネを侵す。実に始末のわるいイネの大敵である。

葉いもちは田植後しばらくしたころから発生が見られるものである。普通のいもち病斑は褐色で紡錘形、まわりが黄色で、内部には灰白色の部分がある。第1図のAは大体この一般的な病斑である。これの特徴は、ルーペで見るとよくわかるが、葉脈のところが病斑の外輪よりもび出していることである。この縦にとび出した褐色の線を壊死(エシ)線とよんでいる。この病斑によく似たものにごま葉枯病斑があるが、これにはこのエシ線はなく、いもち病斑にはない幾重にもかさなった輪紋(褐色の細い線からなる)がある。こんなことで見わけがつかわけである。

葉いもちの診断は他の病気と区別をただけでは不足で、その葉いもちが、どの程度にひどい状態にあるのか、今後病状が進展するのかどうかを診断しなければならぬ。このためには病斑の型を調べる必要がある。葉いもちには褐色の点で止まっている褐点型、普通に見られる褐色紡錘形の慢性型、それにネズミ色をした周囲の不明

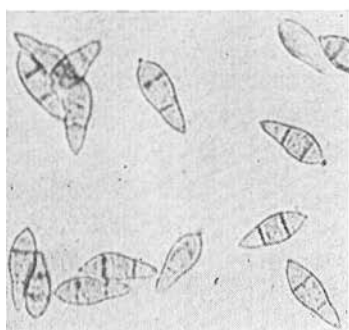
第1図 葉いもち病斑



A : 慢性型

B : 急性型からやや慢性型にかわりつつある病斑

第2図 いもち菌の胞子



瞭な急性型がある。もう一つ特殊なものとして白点型というのもある。この内最も恐ろしいのは急性型病斑でこれほどまでも病気が進展することと、病斑

の上に非常に多くのいもち菌の胞子を形成し、伝染力がものすごいことで恐ろしいものである。水銀剤などの速急の散布が望まれるわけである。褐点型および白点型はこれだけであればあまり恐ろしくない。慢性型も雨のあとなどには胞子を病斑上に作る。

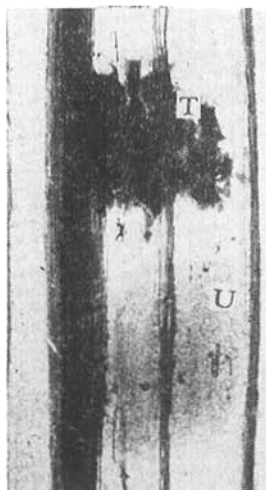
### 3 ムギ類の銹病とうどんこ病

ムギ類の病気も今月あたりはなかなかにぎやかである。主として葉を侵す病害の、とくに銹病とうどんこ病を今月は紹介しよう。この両者ともムギを作っているところであれば、どこでもたくさん見られるもので、その被害もかなり大きい。いずれも子実の充実を害することになる。

銹病はムギばかりでなく各種の作物、雑草などにつくもので、非常にたくさんの種類がある。欧米ではわが国のいもち病と対比されることがあるが、この銹病がよく研究され、おもしろい生活法などがわかっている。銹病は大体黄色い粉状のものを病患部に表わすから、黄色い粉があったら、とにかく銹病を思い出してもらいたい。この粉はデタラメに葉や茎に現われるのではなく、小さな斑点を作り、この部分からふき出すように外に出ている。この粉(胞子)の集まっているところを胞子堆といっている。

ところが、たとえばコムギの赤銹病であると、この黄色い胞子堆のよこのほうに、後になると真黒なかたまり

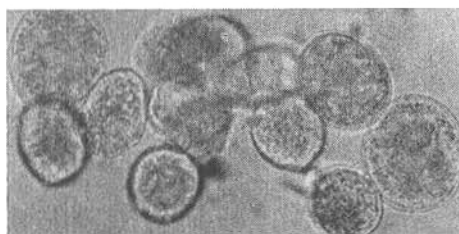
第3図 コムギ赤銹病の夏胞子堆(U)と冬胞子堆(T)



ができることがある(第3図)。ムギの場合には季節とはそれほど関係がないかも知れないが、黄色い堆を夏胞子堆、あとにできる黒い堆を冬胞子堆とよんでいる。この中にはそれぞれ夏胞子(第4図)および冬胞子(黒い表皮をもった胞子)がたくさん入っている。

ムギ類にはいく種類かの銹病がつくが、その大体的見わけ方を表にして示せば次ページの表のようである。黄銹病と黒銹病はコムギ、オオムギ、

第4図 銹病菌の夏胞子



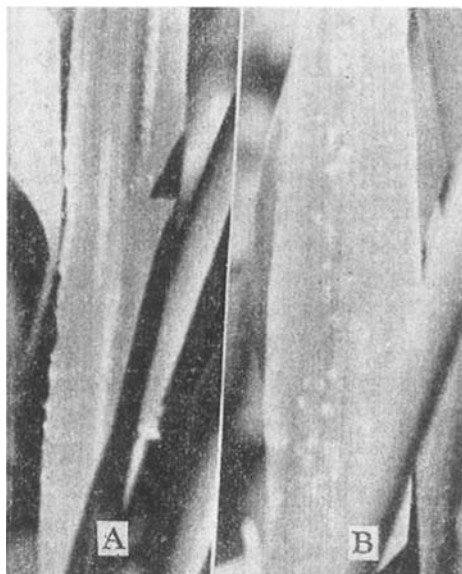
ライムギなどを侵すが、コムギ赤銹病はコムギを、オオムギ小銹病はオオムギだけを侵す。発生は病原菌の好み温度との関係もあり、黄銹病がまず発生し、赤銹および小銹病が発生、比較的暖かくなってから黒銹病が発生するようである。被害はいずれもひどいが、黄銹病の被害はとくに激烈な場合がある。

第5図のAは黄銹病で、これの特徴は病斑が必ず縦の線になることである。これをルーペで見ると第6図のよ

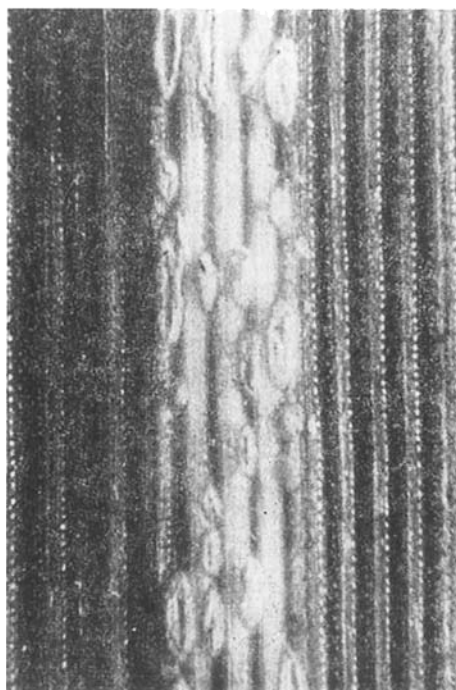
ムギ類 銹病の 区別

種 類	夏 孢 子 堆 の 場 合	冬 孢 子 堆 の 場 合
ムギ類黄銹病	夏孢子堆の大きさは小さく、黄色。葉脈に沿って整然と直線をなして生ずる	葉鞘および茎に発生する。表皮下に埋没して漆黒色。短い条線をなして縦にならぶ
コムギ赤銹病	主として葉に発生。赤褐色の斑点が散在する	葉に多く発生し、表皮下に生ずる。漆黒色で散在
オオムギ小銹病	主として葉に発生。黄褐色で散在	葉に多く発生。表皮下に生じ、漆黒色。散在する
ムギ類黒銹病	黄褐色。散在。茎に多く発生する	茎および葉に多く発生する。散在。孢子堆は表皮を破って露出し、黒粉状を呈する

第5図 オオムギの黄銹病(A)と小銹病(B)



第6図 黄銹病斑の拡大



うに見える。夏孢子堆の有様もよくわかる。これに対して他の銹病は第5図のBのように、孢子堆が散在している。黒銹病は葉よりも茎を見るとその発病のひどい点で他と区別できるし、冬孢子堆が黒銹病だけが開口して粉を出す点も他と異なっている。赤銹病と小銹病は非常によくなって区別しにくい。オオムギに出れば小銹病、コムギに出れば赤銹病と見当をつけてよいであろう。

銹病は多肥料、密植、多湿のときなどに多いが、やはりこのような条件のときにはうどんこ病の発生が見られる。これはとくに風通しのわるい谷間、家のかげなどに多い。この病徴は葉や葉鞘にうどん粉をふりかけたように見えるもので、よく見るとうどん粉の中に黒い粒が見られることもある。白い粉はこの菌の分生孢子といわれるもので、黒い粒は子嚢殻といわれるものである。いずれも伝染や越冬に重要な役目をもつものである。

第7図 オオムギうどんこ病



(北陸農試 小野小三郎担当)

## II 虫害診断メモ

### 被害体栄養と虫害のひろがり

タデ食う虫も好き好きとはよくいったもので、虫と食べものとは必ず一定の関係がある。だが、同じ作物のなかでも、品種により、また、同じ品種でも栄養関係により好き嫌いができる。たとえば、栄養豊富な個体に棲みついた虫は、それを食ってさえいれば、うまくもあり栄養も足りるので、多数の群集体でもかなり長く棲みつけるが、まずくて栄養ブアな個体では、それにだけ依存すると自分が参ってしまうのを知っているのか、次から次へと個体を移り回って食うようになる。これは被害の面からは非常に重要なことで、前者では虫の移動が少ないから、被害株率も被害莖率も少なくてすむが、後者ではそれらがふえてしまう。こうなると栄養が良いと虫害がふえるという安易な考え方はあたらなくなる。こんなところにも虫害診断の要点がひそんでいるのである。

### 4 イネ苗の葉先を白枯れさせるイネハムグリバエ幼虫害

水稻幼苗の葉先に最初白い斑点ができるが、これは成虫の産卵管によるカキ傷で、こうしてから産卵するから葉先を透してみるとアメ色があった長味のある卵が入っている。それから産卵した幼虫は組織内を潜食するが、この食痕は葉先から下方に向って末広がりとなり2カ所にクビレがある。食い進みながら2回脱皮するので、その時期だけ食いが減るためである。食痕は乾燥枯白化していくから圃面が一様な灰白色外観を呈するまでになる。被害は高温年には比較的少ないが、低温年、冷害年にはふえる。実験によってこの虫の好む温度を調べてみると、成虫は16~17°C、幼虫は17~20°Cとみられる。これからみても発生は温度によってちがいが、発生期間中の気温が20~25°Cを示すときは大発生となるが、25°C以上になったり20°C以下になると少ないという研究例もある。一方、栽培条件からみると、発生は水口に多くて水尻に少ないし、発生初期には伸びのよい苗に早くから多数つくが、後期になるにつれて周縁部に発生数がふえていき、内部では死ぬ虫がふえる。また、厚まきよりも薄まきのほうが数が多くて死ぬのが少なく、発生期間も長い。また、並木植と普通植では発生相がちがうようである。

この害虫は苗代から本田初期に絶対的優勢を示し株の勢力を弱めるため草丈も葉長も短く分けつもへり出穂期

も成熟期もおくれ、稈長、穂長、穂数をへらし稔実を不良化する。とくに本虫発生地帯は冷害が問題となるところなので必ず冷害と虫害とが重なり両者の害を助長するため注意が大切である。

### 5 幼少イネ株の葉を白く舐食するドロオイムシ害

葉脈にそって白い断続線をつけるのが本虫の加害であることは誰でも知っていよう。食痕が線状をしているのは成虫によるものと見られるが、成虫1頭の1週間の食痕長は1m以上にもなる。大・中・小、不規則な広幅で細長く、断続的な白斑が多いときには幼虫の食痕と思つてよい。これらの食痕は風や乾枯で裂け、数葉の裂片となる。早植え、多肥での生育過大株、うすまき苗代、苗代の外べりなどに発生被害が多い。保温折衷苗代にも多発傾向である。この被害は、盛夏にはすっかり回復したかにさえみえるが、草丈、莖数、穂数、穂長、粒数の低減、稔実不良などとなって現われる。この害虫は低温性のものであるから冷害年には大発生するのが通例であるが同時に冷害を助長するのはよく知られているとおりである。さらに、1月から4月ごろまでの平均気温が高い年には発生が早まるし、成虫の出現が早いような年には被害も多いという傾向があり、また、サクラの花が早く咲くようなときは発生数も多いことがわかっている。

### 6 本田初期の幼株生育不振、株相異状化と水稻根部虫害

第8図 イネの根についているネクイハムシのマユ。中に蛹が入っている。



植えたばかりのころからしばらくの期間に水稻の根部を加害する害虫のうちおもな2種類をメモしよう。

ネクイハムシ：田植え後のイネが育たないばかりか下葉から次第に褐変枯死してくるようなとき、株を引きぬいて調べると、根部に体長8mm前後の白いウジが多数ついて

いるときはこの害虫とみてよい。被害の常発地は湿田地帯であるが、非常に多くの株絶えを起し、局部的に裸か田となるようなこともあり、また、枯死しなくとも、草丈は短小で茎数は少なく、株相ははなはだしく貧弱で、穂数も粒数も少なく、稔実もわるく相当な減収になる。常発地では平均 30~40% の減収をみるのはふつうである。

**イミズトゲミギワバエ：** 田植え後の 幼株が 生育不振

第9図 イミズトゲミギワバエ幼虫のため裸地状態となった本田初期



で、茎は外がわに倒れかかるので全体としてはロート形になるようなとき、株を引きぬいてみると、根は中途から切断され、細根はなく、根部全体が活気を失うか、または変色しているようなときは、たいてい本種による被害とみてよい。根部を注意して見ると、小さくて平たいウジをみつけることもできよう。この幼虫は水面下の土中に棲むため、尾端をイネの根に突きさして根の中の酸素を呼吸し、口では根を食害するという変わった害をする。被害株は、しばらくは、ほとんど田植え当時のまま伸びず、なかには次第に萎凋して枯れるものさえですが、しばらくして蛹がふえてくると、株もわずかな立直りをみせる。しかし、生育はもちろん貧弱で、草丈は低く、有効穂数は少なく、1穂粒数は低減して減収する。筆者の調査例では被害株は、被害軽微株に比べて草丈で12%減、平均穂数で半減、1穂粒数で17%減となっているから、これからみても大体の減収傾向がわかると思う。

#### 7 間作オカボのアワヨトウによる全減害

ムギの畦間にオカボを直播したとき、いつまでたっても地上部に作物体がのびだしてこないの、ふしぎに思っただけで畦を掘って見ると、かなり生長したと思われるオカボ株が、地表面下でみな食いつくされて、地中には食いのこされた下茎部ばかりがみつかるときは、まずアワヨトウの大発生害と思ってまちがいない。こんなときは、食いのこされた被害株ばかりではなく、地中には黄緑色

第10図 アワヨトウの大発生によって地上部が食いつくされたので、畦部を掘ってみると食いのこされた下茎部がでてくる。



第11図 アワヨトウに食いあらされたトウモロコシの株



や暗緑の地にタテスジの通った幼虫がむららっていて、体をまるめてコロコロと掘り出されてくるし、よく見ると、土中にも地表にも黄褐色の虫クソが散乱しているのに気づこう。このような被害は洪積層の畑地には全面に発生して、トウモロコシ、アワ、ヒエ、キビなどの禾本科作物も同じ被害

をうけ、少し育った株では葉を暴食され、葉鞘付近には虫クソがきたなくついていて、時にはそれにまじって幼虫も潜りこんでいるのをみられる。また、このような大被害の起こるばあいは、畑地周辺の草むらを探ると、かなりな幅に带状の食害路がみつかり、それが畑地に向けて続いていることもある。さらに、収穫を終わって畑地に積みかさねたムギ積みの下を探ると、手ですくいおけるほどの蛹をみるものである。こんな被害は例年起るとはかぎらないけれども、常発地では毎年多少とも発生をみるものであるから、いつもその動向を注意して、不測の大被害を未然に防ぐ努力が大切である。

#### 8 収穫期少し前のムギの茎枯れ

まだ収穫には少し早い時期で、株に青緑味が残っているころ、畑のところどころに茎枯れが散見し、時には小面積ながらも、かなりかたまって害徴をみることもある。これも火山灰性の洪積土層などに多いものであるが、こんなときは株を引きぬいて根を調べることである。根に食い込んだまま赤褐色棒状の体の硬い虫がいたらコメツ

キムシ幼虫 (ハリガネムシ) で、畦の地中にも容易にこの虫がみつけれられる。また、根には何の異常もないので、株内の茎に注視すると、下茎部に小孔があって、そこから虫クソがでてくることもある。そこで、茎を裂いてみると黄緑色や暗緑色でタテスジの通った幼虫がでてくる。これはアワヨトウ幼虫による害である。また、全然虫の気配は見あたらず、根は弱っているが、それよりも地上部が細まり枯れているのは立枯病によるものと考えればよい。

### 9 収穫期でのムギの青立ちとムギタマバエ幼虫害

収穫期に入ろうとしているのに穂がふくらみをもたず、やせ細って突っ立っていることがある。俗に槍穂(ヤリボ)とか突っ立ち穂などもよばれるが、こんなときは、穂をちぎってもみの皮をむいてみよう。なかから黄色や赤味があった小さなウジがたくさんでてくるであろう。これはムギタマバエ幼虫である。この虫は幼虫が土中に入って冬を越し、地中で蛹になって、親になると地上に舞いだが、成虫は小さいカのような形をしている。これがムギの護穎に卵をうみ、かえった幼虫が中にはいこんで育っていく粒の汁を吸いとるのである。したがって、粒はしなびて吹けばとぶような屑になってしまう。幼虫は水湿がないと活動が十分にできないものだから、収穫期ごろに雨でも降ると、幼虫がみなはいだして地表に落ち土にもぐろうとするので、一時地表がキナ粉でもまいたように黄色くなることさえある。この害虫の発生は水田裏作や多湿畑にはなく、たいていが洪積層畑で、北関東の火山灰土層などは以前からその多発生地として知られている。

### 10 アワ幼少株の心枯れとアワノカラバエ幼虫害

生育しだしたアワの幼少株の心が枯れて、いわゆる心どまりとなり、萎凋枯死するか、または側枝をだして畸形な生長をし、食入孔はみあたらず、被害は株の幼少期にだけ現われ、むいてみると1茎に1頭ずつ黄色いウジが食いこんでいるのがわかったら、アワノカラバエ幼虫による害だと思えばよい。この被害はアワノメイガ幼虫による害ともよく似ており、株がやや育ってくると、アワノメイガもつくので、まちがいがやすいが、アワノメイガ幼虫が食入すると、食入孔から虫クソをだすし、これの被害は株が育ってから後期までひきつづいて現われるほか、食いこんでいる幼虫も孵化当時は1茎内に多数が群棲し、育つに従って、他茎に盛んに移動するが、アワノカラバエ幼虫による被害茎には前記のように食入孔がなく、被害は初期にかぎられ、幼虫は1茎に1頭であって、そこに定住し、他茎に移動したりしないことで区別できる。この虫は年2世代で、幼虫で土中越冬し、5月ごろ

第12図 アワノカラバエ幼虫によるアワ幼少株の被害 (天野氏原図)



褐色長楕円形で5mmほどの蛹になり、5月下旬から6月中旬に成虫がでる。成虫は灰黄色4mmほどの体長をもち、頭は黒いハエで葉に卵をうみ幼虫がでて加害し、2回目の成虫は8月上~中旬にでるが、それからでる幼虫が11月ごろまで生長して越冬に入る。この被害は品種によってもち

がい、葉の小形のもの、葉鞘の色が濃いもの、出穂期の早いものは被害の少ない傾向がある。小形葉で多色素ということは単位面積内の葉脈数と関係があり、それが耐虫性と関係をもつものようである。また、加害が生育初期に多いことからみても、出穂期の早晩は直接の関係があるものではなくて、出穂期と葉型とが相関関係をもつことによるものらしい。したがって、実用面からは、葉型の小さい、色の濃い品種を栽培すれば被害が軽くなるというわけにならう。アワは分けつの少ない作物であるから、幼期に心をとめられるということは致命的なもので、このために株絶えによる裸地を現出することは決してまれなことではないから、アワ栽培上、とくに注意しなければならない重要害徴である。

### 11 ダイズの稚苗にみる小孔状食痕、倒伏枯死、全葉食尽による株絶え

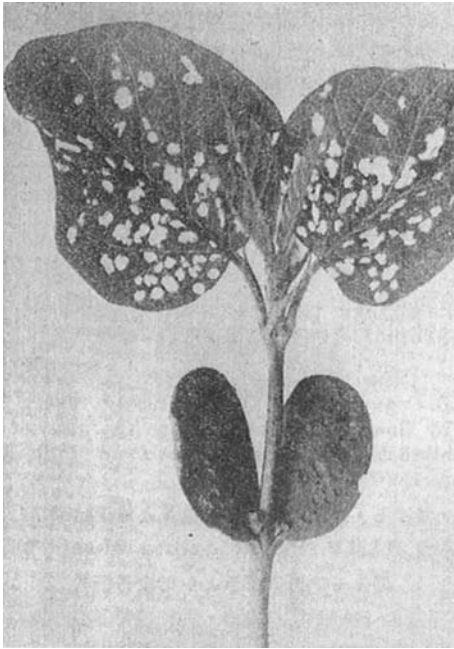
早作りダイズはこの月の終わりごろから発芽するが、幼苗期の虫害はかなり多く、このための株絶え、株衰弱による減収は見のがせない。そこでおもな2~3についてメモしておきたい。

○フタバ (時には幼茎) の表に皿刻状の食痕があり本葉には小円孔状の食痕をつけ小さな甲虫がついているとき

(1) 皿刻や円孔は非常に小さくて、虫の体長は2~3mm、背中のカタバネは濃褐色であるが基部 (つけね) だけは黒く、その中に二つの白点のある小甲虫は………

……………ヒメキバナサルハムシ  
(2) 皿刻や円孔は前者よりはやや大きく、虫の体長は

第 13 図 ダイズ株におけるフタスジヒメハムシの食痕

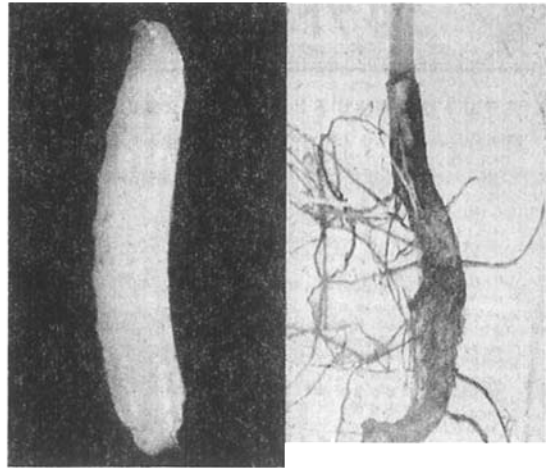


4～5 mm, カタバネは黄褐色か橙褐色で 2本の曲った黒条をつけている甲虫は……………フタスジヒメハムシ  
○幼少株が地ぎわから咬み倒されているか、または少し上部から切られて地ぎわに残存茎をみ、地上に切られた上半部が放りだされているとき

(1) 株の付近を掘ると、体長 28～30mm, 青味がかった乳白色で褐色をしたハダカムシがみつかるのは……………ヒメコガネ幼虫

(2) 地中から、体長 19mm ほどで光沢ある黒色をし、細長くて、頭に 1 対のハサミをもっている甲虫がみつかるのは……………ナガヒョウタンゴミムシ

第 14 図 ダイズネモグリバエ幼虫(左)とそれによる被害株(右)



○幼苗の茎葉部が上方から食われ、地上には短い茎だけがのこされていて、そこに、体長 30～40mm で淡黒色をし、各節にある多数のイボ状突起から黒褐色の毛がむらがりはえているケムシは……………ヒトリガ幼虫  
○株は細くて生育不振となり、次第に変色して萎れかかるので、引きぬいてみると、下茎部が異常に膨大していて、それを割ると中に白いウジが入っているのは……………ダイズネモグリバエ幼虫

以上は多くの場合、洪積層畑地に多発する傾向があるが、ヒメキバネサルハムシ、フタスジヒメハムシ、ダイズネモグリバエ幼虫などは沖積層畑にもかなり多く、また、沖積と洪積の混合層畑でも当然大発生をし、幼苗期において、すでに相当数の株絶えをみ、急いで補植しないとダイズ畑の形態を保てないようなこともまれでない。  
(北陸農試 田村市太郎担当)

訂 正

15 卷(本年)4月号 143 ページ拙著「最近水稻に発生する 2, 3 のカメムシ類」に不注意による間違いがありました。次のように訂正下さい。

☆143 ページ左段下から 4 行目(脚注を含まず)

一種ノ虫, 福田村……を

一種ノ虫, 下福田村……とする。

☆144 ページ左段下から 13 行目(脚注を含まず)

1 アオクサカメムシ (*Nezara antennata* SCOFF) を

1 アオクサカメムシ (*Nezara antennata* SCOTT) とする。

☆145 ページ右段下から 15 行目(脚注を含まず)

*Cletus bipunctatus* HERRICH-SCHÄFER を

*Cletus bipunctatus* HERRICH-SCHÄFFER とする。

☆146 ページ左段上から 14 行目

*C. rusticus* STÅL ハリカメムシを

*C. rusticus* STÅL ハリカメムシとする。

☆146 ページ右段上から 11 行目

5 アカヒメヘリカメムシ (*Aeschyntelus maculatus* FIBER) (第 5 図) を

5 アカヒメヘリカメムシ (*Aeschyntelus maculatus* FIEBER) (第 5 図) とする。

☆146 ページ右段上から 13 行目

*Rhopalus maculus* を

*Rhopalus maculatus* とする。(長谷川仁)



### アワヨトウに発生する2種のウイルス病の協力作用

野外からウイルス病で死亡したアワヨトウの幼虫を集めて調べると、核多角体ウイルスまたは顆粒体ウイルス、あるいはその両方が認められる。ほとんどの死体からは核多角体ウイルス、または核多角体ウイルスと顆粒体ウイルスの両方が検出され、顆粒体ウイルスのみがみられる場合は非常に少ない。また核多角体ウイルスで死亡した幼虫体を感染源として食草につけて健全虫に与えるとき、顆粒体ウイルスを添加すると、死体の病原性はいちじるしく増加する。これらの事実はアワヨトウのウイルス病の発生において、2種のウイルスの間に協力作用が働いていることを示唆している。

病原体の摂食試験によると、幼虫は2種のウイルスを同時に摂食したときに最もよく発病する。別々に摂食する場合には、最初に顆粒体ウイルスを摂食し、3～5日後に核多角体ウイルスを摂食すると、その逆の順序で2種のウイルスを摂食した場合よりも発病が多い。

ウイルスは加熱によって不活性化され病原性を失うが、不活性化した顆粒体ウイルスは核多角体ウイルスの病原性を強める能力をもっている。しかし不活性化した核多角体ウイルスは顆粒体ウイルスに協力的に作用しない。

以上から、ウイルスとしての病原性は核多角体ウイルスのほうが強いが、協力作用は顆粒体ウイルスのほうが強力であることがわかる。さらに顆粒体ウイルスが加熱によって病原性を失った後も、なお封入体内に協力活性を残していることからみて、顆粒体ウイルスは二つの作用部分から成っていると考えられる。(平野千里)

TANADA, Y. (1959): Synergism between two viruses of the armyworm, *Pseudaletia unipuncta* (HAWORTH) (Lepidoptera, Noctuidae). Jour. Insect Pathol. 1: 215~231.

### γ線照射による害虫駆除の現状と問題点

現在  $^{60}\text{Co}$  は害虫の放射線感受性を研究するため広範に使用され実用的に害虫駆除に使用しうる放射線量が昆虫種、系統、生育段階について調べられている。殺虫剤として照射を利用する技術的可能性は現在確立されているが、これには二つの方法がある。第1の方法として放射線により不妊にした成虫を野外へ放す間接的方法と、直接害虫の加害を受ける農産物を照射する直接的方法とある。家畜の害虫スクリーウォームフライで成功した間接的方法は、現在各種の害虫に試みられているが、この

方法が成功するためには害虫の大量飼育、習性などに関する種々の因子が満足されなければ実施不可能であり、この方法の適用は小数の害虫種に限定されるであろう。直接的方法は、すべての貯蔵農産物の害虫駆除に使用することができる。この方法はまとめて大量に処理しうるので、穀類の照射に有利であり、駆除のための条件が詳細に調べられ、普通の燻蒸とその優劣が比較された。

結論として、照射による害虫駆除が成功するためには、大量処理の問題と、照射操作をいかにとり入れるかということが考慮されなければならない。γ線照射は害虫駆除の有効な手段としてとり入れられるかも知れないが、従来の方法におきかえることはないであろう。

(富澤長次郎)

P. B. CORNWELL & J. O. BULL (1960): Insect Control by Gamma-irradiation: An Appraisal of the Potentialities and Problems Involved. J. Sci Food Agric. 11: 754~768.

### ジャガイモ・ウイルスAまたはYと重複感染した植物からの PAMV (Potato Aucuba Mosaic Virus) のモモアカアブラムシによる伝搬

12系統の PAMV を集め、これらを他の各種のウイルスとともに *N. tabacum* に重複感染させ、test plant としてトウガラシを使い、PAMV のモモアカアブラムシでの伝搬を試験した。PAMV は単独感染している植物からはモモアカアブラムシによって伝搬されないが、ジャガイモ・ウイルスAまたはYと重複感染した植物からは伝搬される。しかも PAMV の系統により差があり、A、Yのどちらと重複感染した場合でもともに比較的高率に伝搬されるもの (Group 1)、AよりもYとの重複感染によりより高率に伝搬されるもの (Group 2)、Yとの重複感染でのみ伝染されるもの (Group 3)、およびA、Yのどちらと重複感染しても伝搬されにくいもの (Group 4) に分けられる。A、Y以外のウイルスとの重複感染では PAMV はモモアカアブラムシにより伝搬されるようにならなかった。

PAMV がAまたはYと重複感染した場合は、単独感染の場合よりも組織内でのウイルス濃度が高くなるが、これにより伝搬性の獲得の現象を説明することはできない。むしろ他の報告にみられるように重複感染により植物の特定の組織あるいは細胞のウイルス濃度がとくに高くなる現象があれば問題であり、また、重複感染により PAMV が凝集しやすく、アブラムシの吸口に付着しやすくなるのが原因となっているかも知れない。

(脇本 哲)

B. KASSANIS (1960): The transmission of potato aucuba mosaic virus by aphids from plants also infected by potato virus A or Y. Virology 13: 93~97.



## 防 疫 所 だ よ り

### 〔 横 浜 〕

#### ○昭和 35 年度の輸入球根類の概要について

横浜港における昭和 35 年のオランダ産秋植球根類の輸入は、同年 9 月上旬より 11 月上旬までに輸入を終わり、これらの輸入検査は 12 月上旬で完了しているが、取りまとめた結果からみると、この年の秋植球根の輸入は、東京横浜の輸入商社のみで、9 社で輸入したものは、チューリップ 517,841 球、ヒヤシンス 415,048 球、クロッカス 389,397 球などを主体として 18 種 1,554,546 球である。

輸入した数量は前年の約 2 倍近くで戦後最高となっている。また 35 年には従来から断続的に若干ずつ輸入されていたクロッカスが 38 万球、またアイリスが 12 万球、フリージャが 8 万球余に増加しているのが目立っている。輸入球の品種としては新品種の導入は比較的少なく、アイリスに Dominator が新品種として輸入されている。

輸入検査の結果では全球根に通じて発見された病害虫は例年のように青かび病菌による腐敗、フザリウム菌による球根腐敗が多く、とくにフザリウム球根腐敗病は品種間の相違ははなはだしく、中には 50% 以上の不合格球となったものもあった。ヒヤシンスでは黄腐病菌によるものはなかったが、黒腐病菌 (*Sclectinia bulborum* (WAKK) REHM) が初めて発見された。スイセンでは「スイセンハナアブ」の寄生率は前年より非常に少なく、ガランサスでは「スイセンハナアブ」は全々発見されなかった。クロッカスは *Pseudomonas marginata* (McCULL) STEPP, 乾腐病菌による不合格が多かった。

なお、31 年度より 35 年までの秋植球根の輸入数量を示すと、昭和 31 年度 1,212,654 球、32 年度 1,362,518 球、33 年度 836,683 球、34 年度 769,470 球、35 年度 1,554,546 球となっている。

#### ○昭和 36 年管内チューリップ栽培地検査申請状況

36 年における管内の輸出チューリップの栽培地検査申請書が一応出揃ったが、これによると筆数 6,308 筆、栽培面積 25,366.7 a、植付球数 41,746,873 球となっている。このうち輸出予定数量として、北海道 66 万球、山形県 20 万球、新潟県 700 万球、富山県 1,300 万球余で、本年は昨年の 2,000 万球近い輸出実績に刺激されたためか、とくに富山県においては申請筆数で 3 倍、面積、球数で各々 2.5 倍と伸びを示し、同県下新川郡宇奈

月町が本年より新しく栽培地検査を申請しており、また黒部市、入善町などの呉東地区の新興地帯の増加が目立っている。輸出花き球根類は本年からは成長作物として大きく取り上げられ、この輸出花き球根類の協議会も 3 月下旬東京で開催されている折柄、その花形としてのチューリップは将来益々有望なものとして注目を浴びることであろう。

### 〔 神 戸 〕

#### ○坂出出張所庁舎新営なる

当所坂出出張所は昭和 32 年 5 月開所以来、市有建物の一部を借用していたが、35 年度の予算で新築されることになり、昨年 11 月着工、3 月 10 日竣工した。

庁舎は木造モルタル（一部鉄筋コンクリート）平家建 36.25 坪、木造倉庫 1 坪の計 37.25 坪、敷地 114 坪、工事費 1,819 千円である。庁舎の構造は所長室、事務室、検査場、煮沸室、くん蒸室、宿直室、湯沸室で、各室内部、囲障、とくに正面玄関のデザインなど近代的工夫をこらした明るい色彩と配置が多分に取り入れられている。

新庁舎の場所は、港の将来性を考慮に入れて中央突堤の基部に位し、坂出港将来の重要地帯である。近くには倉庫や製油・飼料・肥料・農薬の各工場があり、また輸入木材のための水上貯木場、製材工場も最近の輸入増加に急拠整備されつつあり、当港の輸入業務に関する好適の場所である。

#### ○冬期貯蔵ばれいしょにもジャガイモガ

本年 1 月輸出ばれいしょにジャガイモガの被害を認めしたが、冬場では初めてのことであり、冬期貯蔵塊茎の被害についての関心をあらたにした。

中・四国地域で阪神市場や海外にばれいしょを送る産地として、広島県の内海沿岸・島嶼部、岡山県牛窓町周辺および香川県小豆郡などがあげられるが、いずれも本虫の発生地である。そこで 1~2 月にこれらの地域の一部について貯蔵ばれいしょの被害状況を調査した。

広島県：倉橋町で 10 農家中 3 農家（被害塊茎率 0.2%）、大崎町で 43 農家中 2 農家（被害塊茎各 1 個）を認めた。食入は芽部に多く、深度は浅く、虫糞は夏ほど見あたらなかった。被害塊茎が緑化していたことから畑ですでに産卵食入があったものと思われる。安芸津町・竹原市では発見されなかった。

岡山県：牛窓町の 9 農家・4 集荷場を調査したが被害

塊茎は認められなかった。

香川県：土庄町の 45 農家・1 集荷場について調査したところ、3 農家において1 万個中 15 個 (0.1%) の被害を発見した。15 個中 11 個が緑化していたことから掘取前に食入したものと思われるが、緑化していない塊茎で頂部に食入痕の認められたものが 2 個発見された。

○くん蒸効果のあがらなかった事例

倉庫の欠陥によって再くん蒸を命じる場合は考えられるが、ダイズ粉およびサフラワーについては、そのみに起因したとは考えられない事例があった。

ダイズ粉およびサフラワーを天幕、倉庫およびサイロでくん蒸したところ、残留ガス濃度 1.2~4.0mg/l であったにかかわらず、テスターの殺虫率は 0~50% で再くん蒸となった。ダイズ粉およびサフラワーと等量の薬量でくん蒸しているダイズのくん蒸実績を比較すると、ダイズではガス残置量 1~1.5mg/l で再くん蒸になった例はないが、ダイズ粉では 3.8mg/l、サフラワーで 4mg/l でも再くん蒸になっている。

そこでダイズ粉については基準薬量の 5 割増、サフラワーについては 1 級落葉量 (A 級倉庫では B 級倉庫の薬量) でくん蒸したところ、ダイズ粉では全部殺虫され、サフラワーでは 2 件不合格となった。この薬量について調査すべき問題も多いと思われるので、写真記録式ガス分析計を使用して、ガス濃度の時間的経過を調査中である。

〔門 司〕

○じゃがいもが緊急防除九州地区打ち合わせ会開催さる

3月30、31の両日、東京で農林本省召集による「じゃがいもがの蔓延を防止するための緊急防除」に関する協議会があり、関係 23 府県の担当者、植物防疫所係官、本省係官、専売公社、農業技術研究所の関係官など 41 人が集まり、協議打ち合わせを行なったが、九州地区における業務の運営や事業の推進上本年度の省令、告示、および実施要領に基づいて、細部の具体的方法に関し、協議、調整をするため、4月11、12日の2日間、熊本市に移動制限地域を担当する。福岡、佐賀、長崎、大分、熊本の本 5 県と未発生周辺地を担当する鹿児島、宮崎の本 2 県の合計 7 県の事務担当係官が集まり、門司植物防疫所から清水所長、浦上国内課長、坂本技官および徳光鹿児島出張所長が出席して下記事項の協議を行なった。

I 移動制限地域の対策

- 1 省令第3条に基づく移動計画書の提出について
- 2 省令第4条第1項の消毒指示について
- 3 非発生地の指定手続き及び指定方針について

- 4 非発生地の発生調査の実施方法について
  - 5 非発生地に発生を認めたとときの措置について
- II 発生県に隣接する未発生県の対策
- 1 移動取締方策について
  - 2 発生調査予定と方法等について
  - 3 新発生時の対策について
  - 4 普及啓蒙策について

なお、出席各県は (1) 非発生地指定希望地域と県の指定手続き処理案、(2) 非発生地の発生調査予定案、(3) 未発生県における発生県隣接地域の発生調査予定案 (場所、日程、方法など)、(4) 未発生県における移動取締予定案 (月別、場所別、主要寄主別、方法など)。

○第 26 回九州病害虫研究会の状況

本年 3 月 5 日、宮崎市の宮崎県自治会館で開催された。参加者は九州関係各大学、九州農業試験場、九州各県農業関係試験場、専売公社、植物防疫所、農薬会社研究室などの試験、研究者で、当日の出席会員は 130 余名であった。研究発表は病理部会で 24 題、害虫部会で 28 題で、門司植物防疫所からは所長、国内課長など 3 名が出席し、佐世保出張所佐藤技官が、浜田技官と共同研究した「ジャガイモガの夜間活動」について発表を行なった。なお会長には九大教授吉井甫氏が重任された。

○門司植物防疫所管内、昭和 36 年度種ばれいしょ栽培面積増加す

昭和 36 年度の春作および秋作用春作栽培地検査申請面積集計は下表のとおりである。

県 別	申 請 面 積		合 計 本年 (前年)	備 考
	本年 原種 (前年)	採種 本年 (前年)		
長 崎	284.1 (150.7)	1916.1 (977.2)	2200.2 (1127.9)	秋作用春作
宮 崎	79.5 (80.0)	962.4 (878.8)	1041.9 (958.8)	〃
熊 本	169.0 (95.0)	139.5 (109.8)	308.5 (209.8)	春 作
計	532.6 (325.7)	3018.0 (1965.8)	3550.6 (2291.5)	

注 面積単位：反

会 員 消 息

橋爪文次氏 (佐賀県農試) は全国購買農業協同組合連合会農薬研究所へ

高坂渾爾氏 (中国農試) は農林省農業技術研究所病理科へ

中央だより

—農 林 省—

○空中散布の 36 年度実施予定きまる

今年の空中散布は当初 11 万町歩あまりの希望があったが、3 月 28～29 日農林省が各県と協議して調整したところによると約 10 万町歩となり青森などの一部を除いては機体ぐりができる状態となった。県別の面積は下表のようで、いもち病が約 50 千町、ニカメイチュウが 4 千町、ウンカヨコバイ類約 35 千町となっている。

○有機燐製剤危害防止運動の実施について

36 年 4 月 12 日付で本年度の有機燐製剤危害防止運動についての通達が農林・厚生両次官名で都道府県知事宛

に出された。この趣旨は例年のとおりで、これら薬剤の使用による事故がまだあとをたたないことに對し、その適正使用、管理などについての指導の徹底を期するためである。

期間は 5 月 15 日より 6 月 14 日の 1 カ月間で、実際の防除に先立って行なわれる。

主催は厚生省、農林省および都道府県で各種関係団体が後援となっている。

実施の内容についてはほとんど中央においては法令の周知、モデル地区の設定、学童に対する注意、テキスト・ポスター作成、啓発宣伝など、都道府県においては指導員および防除作業班の適正な編成配置、医療機関との連

昭和 36 年度空中散布実施計画概要

	いもち病	期 間	ニカメイ チ ュ ウ	期 間	ヨコバイ ウンカ類	期 間	そ の 他		
総 数	50,281町 (58,017)	—	4,270町	—	34,803町 (36,343)	—	2,300町		
青 森	{ 6,172 (5,706)	7.28～8.8	400	6.23～6.26					
秋 田		7.27～8.4							
山 形		8.1 ～8.6							
福 島		{ 800 (600)						{ 8.1 ～8.9 8.25～8.31	
茨 城	1,350								
栃 木	600	8.27～8.29							
群 馬	500	8.16～8.21							
埼 玉	630	8.13～8.18							
千 葉	9,500	7.7 ～7.17						700	6.10～6.13
神 奈 川	5,150	8.12～8.20							
新 潟	2,817	7.26～8.2							
福 井	3,500	7.13～7.20							
長 野	4,115	7.30～8.8	1,270	{ 7.3 ～7.7 7.22～7.25	ツ 17,182 ツ 11,804	{ 5.1～20, 7.5～ 7.28, 6.15～6.30	キンモン 2,300		
岐 阜	1,422	8.13～9.5	100	7.8 ～7.14					
静 岡	600	9.1 ～9.5			ツ 5,417	5.25～6.9			
愛 知	(680)	{ 7.上 8.下～9.上							
滋 賀	3,850	8.16～8.26							
京 都	2,500	8.17～8.29	1,000	7.4 ～7.7					
兵 庫	{ 2,300 (450)	8.11～8.20			ウ 200	6.11～6.12			
和 歌 山	{ 300 (300)	8.29～8.30			ツ 200	6.初			
香 川	200	8.27～8.28							
福 岡	325	8.22～8.24	800	7.10～7.16					
熊 本	{ 1,000 (540)	8.20～9.初			(540)	(6.1～6.5)	いもちまたはツマグロ 未定		
宮 崎					(1,000)	(5.上～5.中)			

確定分 91,654 町, 未定分を含む 100,930 町

携、保管、残品および廃棄物の処置の徹底、毒劇物販売業者の指導取り締まりの徹底、残留毒性についての注意、水道水源・学童などに対する危害防止、保健所機能の動員、講習会の開催、啓発宣伝など例年どおりであるが、とくに農産物における残留毒性（収穫前農薬の使用による）について注意が喚起されている点がちがっている。

○農薬による中毒事故の防止について通達される

標記の件に関し昭和36年4月14日付36振B第2736号で振興局長名をもって各都道府県知事宛に下記のとおり通達された。

農薬による中毒事故の防止について

農薬は、農業生産に非常な貢献をしている反面、農薬使用中における中毒事故や三重県下におけるぶどう酒事

件などのような不祥事件を起していることはまことに遺憾である。

農薬による中毒事故防止については、有機燐剤の危害防止運動を通じて種々御指導を煩わしているが、農薬の使用期も近づき農薬の出廻りや使用も増えて来ることと思われるので、かかる不祥事件の起らないよう、毒性の強い農薬については使用中における中毒の防止は勿論のこと、これら農薬およびその残品の保管管理に関し、危害防止運動期間に際して、特にその適正化（例へば共同保管、保管場所の整備、防除責任者の指定等）について農業者及び農業団体の注意を喚起し、これが格別の御指導を煩わしたい。

# 協会式 土壤線虫検診器具

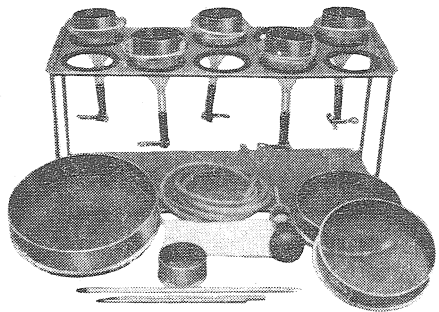
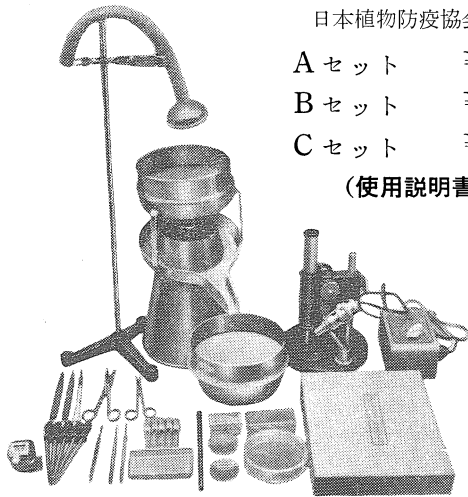
日本植物防疫協会製作指導

Aセット ￥28,500

Bセット ￥17,450

Cセット ￥1,950

(使用説明書進呈)



部品の分売も致しますので御希望の向はいつでも御相談に応じます。



製作

東京都文京区森川町一三一番地

富士平工業株式会社

## 植物防疫

昭和36年

5月号

(毎月1回30日発行)

== 禁 転 載 ==

第15巻 昭和36年5月25日印刷  
第5号 昭和36年5月30日発行

編集人 植物防疫編集委員会

発行人 鈴木一郎

印刷所 株式会社 双文社

東京都北区上中里1の35

実費 60円 4円 6ヵ月 384円 (千共)  
1ヵ年 768円 (概算)

— 発行所 —

東京都豊島区駒込3丁目360番地

社団法人 日本植物防疫協会

電話 (941) 5487・5779 振替東京 177867 番



# 果実のよみみのりへの案内役!!



ダニの産児制限剤

## テテオン

水和剤  
乳剤  
煙霧剤  
粉剤

長期残効、無抵抗性、無薬害、混用自在

落葉果樹の

**総合殺菌剤 ハイバン**

微粒子水和硫黄 **コロナ**

一万倍展着剤 **アグラ**

**新銅製剤 コンマー**

水稻の倒伏防止に **シリガン**

果実の落果防止に **ヒオモン**

葉面散布用硼素 **ソリボー**

ヤノネカイガラ類に **アルボ油**

蔬菜のハカビに **バンサン**

土壌改良には **パーライト**

発売元

**兼商株式会社**

東京都千代田区丸の内二の二 (丸ビル)

お求めは全国の農協または  
兼商農薬会員店で

新しいイモチ病の防除剤  
治病効果と予防効果を兼備する

# ブラエスM

粉剤・水和剤

ブラエスMは驚異の抗生物質ブラストサイジン-Sと有機水銀剤PMAの複合剤です。

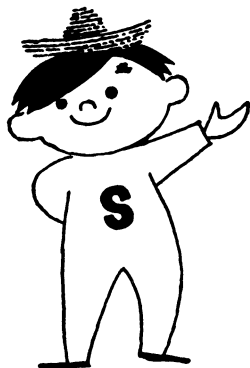
ブラストサイジン-Sの優れた治療効果と定評あるPMAの予防効果が協力し合い、無類の防除効果を発揮します。



ブラストサイジン研究会

(ABC順)

科研化学KK  
日本農薬KK  
東亜農薬KK



(ゴマハガレ)

# イモチ、穂枯れなどに

三共の新水銀粉剤

## メラン粉剤4S

三共独特のトリル水銀など4種の水銀成分を配合した新処方です。

かけてすぐきき、しかもききめが長く続き、葉イモチにもホクビにも、また穂枯れや小粒菌核病にも効果はいつも満点です。

撒き易く稲にむらなく良く付き、ヒフがカブレません。

メラン粉剤は特に激発イモチに好適です

三共農薬発売満40年



### 三共株式会社

東京・大阪・福岡・仙台・名古屋・札幌

お近くの三共農薬取扱所でお買求め下さい。

昭和三十六年五月二十五日  
昭和三十六年九月三十日  
昭和二十四年九月九日  
印刷(植物防疫第十五卷第五号)  
発行(毎月一回三十日発行)  
郵便物認可

よい農薬をただしく使いましょう...



## 2,4-D「日産」

安価で使いやすい水田用除草剤です。稲の倒伏防止・無効分けつの抑制などにも役立ち、PCPの併用は更に効果をたかめます

## 日産ヘブダ

畑地の各種土壌害虫をふせぐ強力殺虫剤です。持続効果が非常に長く、また他の農薬や肥料と混用でき、連用しても大丈夫です

## ダイセン「日産」

麦・馬鈴薯・花卉などあらゆる作物の病害をふせぐ殺菌剤です。特に銅剤に弱い果樹蔬菜に最適で薬害の心配は全くありません

実費 六〇円(送料四円)