

疫 防 物 植

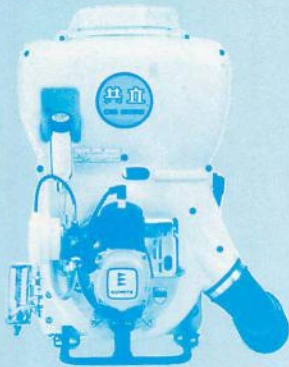
昭和五十四年十一月二十五日
昭和五十四年十一月二十日
昭和五十四年十一月十九日
第三十三卷 第十一号
（每月一回二十日發行）
種郵便物認可

1979

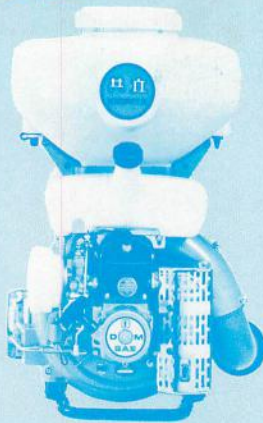
11

VOL 33

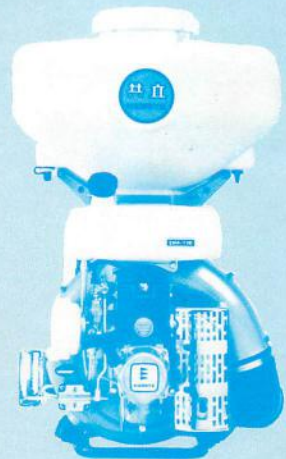
優れた散布効率………
肥料散布はDM



DG-202E



DM-9AE



DMD-11E

電子エンジン付

共立背負動力散布機

防錆対策も万全。肥料・除草剤・農薬散布に抜群の散布効率を発揮します。

豊かな農林業をめざす……



株式会社 **共立**



共立エコ物産株式会社
 〒160 東京都新宿区西新宿1-11-3 (新宿区丸の内) 電話 343-3291 (代表)



黒点病、斑点落葉病防除に

パルノックス

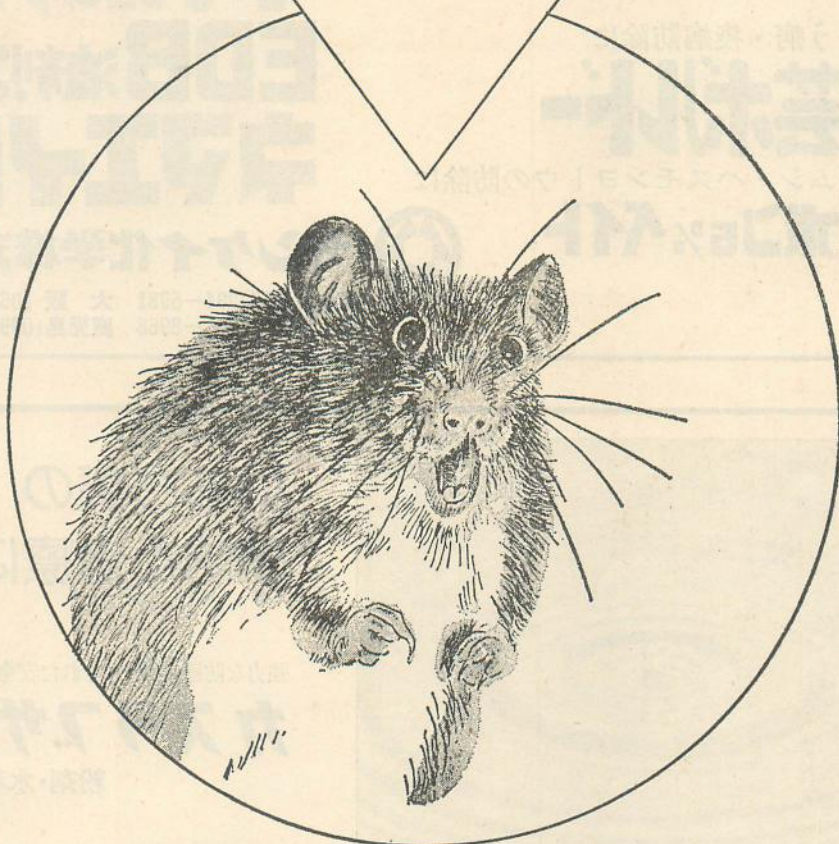


大内新興化学工業株式会社
 〒103 東京都中央区日本橋小舟町1-3-7

クミアイ 兎とリ

雨雪に耐えられる防水性小袋完成

ラテミン小袋
タリウム小袋



クマリン剤

固形ラテミンS=家鼠用
水溶性ラテミン錠=農業倉庫用
ラテミンコンク=飼料倉庫用
粉末ラテミン=鶏畜舎用

燐化亜鉛剤

強力ラテミン=農耕地用
ラテミン小袋=農耕地用

タリウム剤

液剤タリウム=農耕地用
固形タリウム=農耕地用
タリウム小袋=農耕地用

モノフルオール酢酸塩剤(1080)

液剤テンエイテイ=農耕地用
固形テンエイテイ=農耕地用



取扱 全 農・経済連・農業協同組合
製造 大塚薬品工業株式会社

本社：東京都豊島区西池袋3-25-15 18ビル TEL 03(986)3791
工場：埼玉県川越市下小坂304 TEL 0492(31)1235

きれいで安全な農産物作りのために！

 マークでおなじみのサンケイ農薬

★水田の多年生雑草の防除に

バサグラン 粒剤
水和剤

★果樹園・桑園の害虫防除に
穿孔性害虫に卓効を示す

トラサイド 乳剤

★かいよう病・疫病防除に

園芸ボルドー

★ネキリムシ・ハスモンヨトウの防除に

デナボン5%ベイト

★ナメクジ・カタツムリ類の防除に

ナメトックス

★線虫防除に

ネマホルン

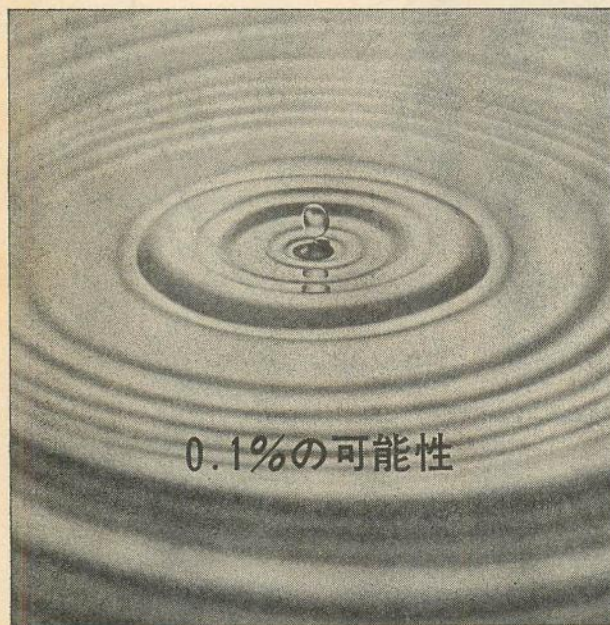
EDB油剤30

ネマエイト



サンケイ化学株式会社

東京 (03) 294-6981 大阪 (06) 473-2010
福岡 (092) 771-8988 鹿児島 (0992) 54-1161



0.1%の可能性

いっけん完成品に見えるものでも、まだ検討の余地があるのではない。北興化学工業は、残り0.1%の可能性を大切にします。創業以来、こうした妥協を許さない厳しい姿勢で農薬づくりに取り組んできました。例えば、安全性についても、考えられるあらゆる角度から厳密なチェックを加えます。作物や、使う人だけでなく、食べる人に対してはどうか……。もちろん、効力の面はおろそかにできません。皆さまの信頼に応えるため、こんごも北興化学工業はあらゆる可能性にチャレンジしていきます。

いもち病の
予防と治療に！

強力な防除効果とすぐれた安全性

カスラフサイド®

粉剤・水和剤・ゾル

いもち病の省力防除に効きめのなが〜い
ホクコー

オリゼメート®粒剤



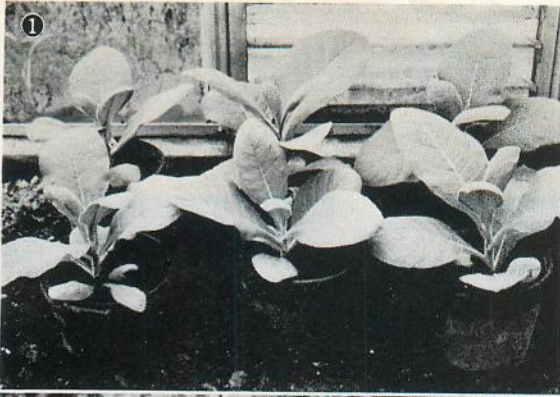
取扱い

農協／経済連／全農



北興化学工業株式会社

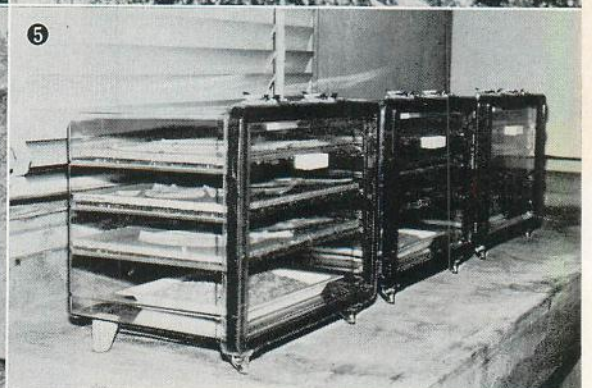
〒103 東京都中央区日本橋本石町4-2
支店：札幌・東京・名古屋・大阪・福岡



Encarsia formosa による オンシツコナジラミの 生物的防除

農林水産省野菜試験場

矢野 栄 二



<写 真 説 明>

- ① オンシツコナジラミ成虫の産卵に供される鉢植えタバコ
 - ② *E. formosa* 雌成虫とオンシツコナジラミ2齢幼虫
 - ③ *E. formosa* に寄生され黒化したオンシツコナジラミ4齢幼虫 (*E. formosa* マミー) と寄生を免れたコナジラミの成虫脱出殻
 - ④ タバコの葉裏に点在する *E. formosa* マミー
 - ⑤ *E. formosa* マミーの付着しているタバコ葉の乾燥
- (①, ⑤ 矢野栄二 ②~④ 田中 清 各原図)

オンシツコナジラミで伝搬される「キュウリ及びメロン黄化病」

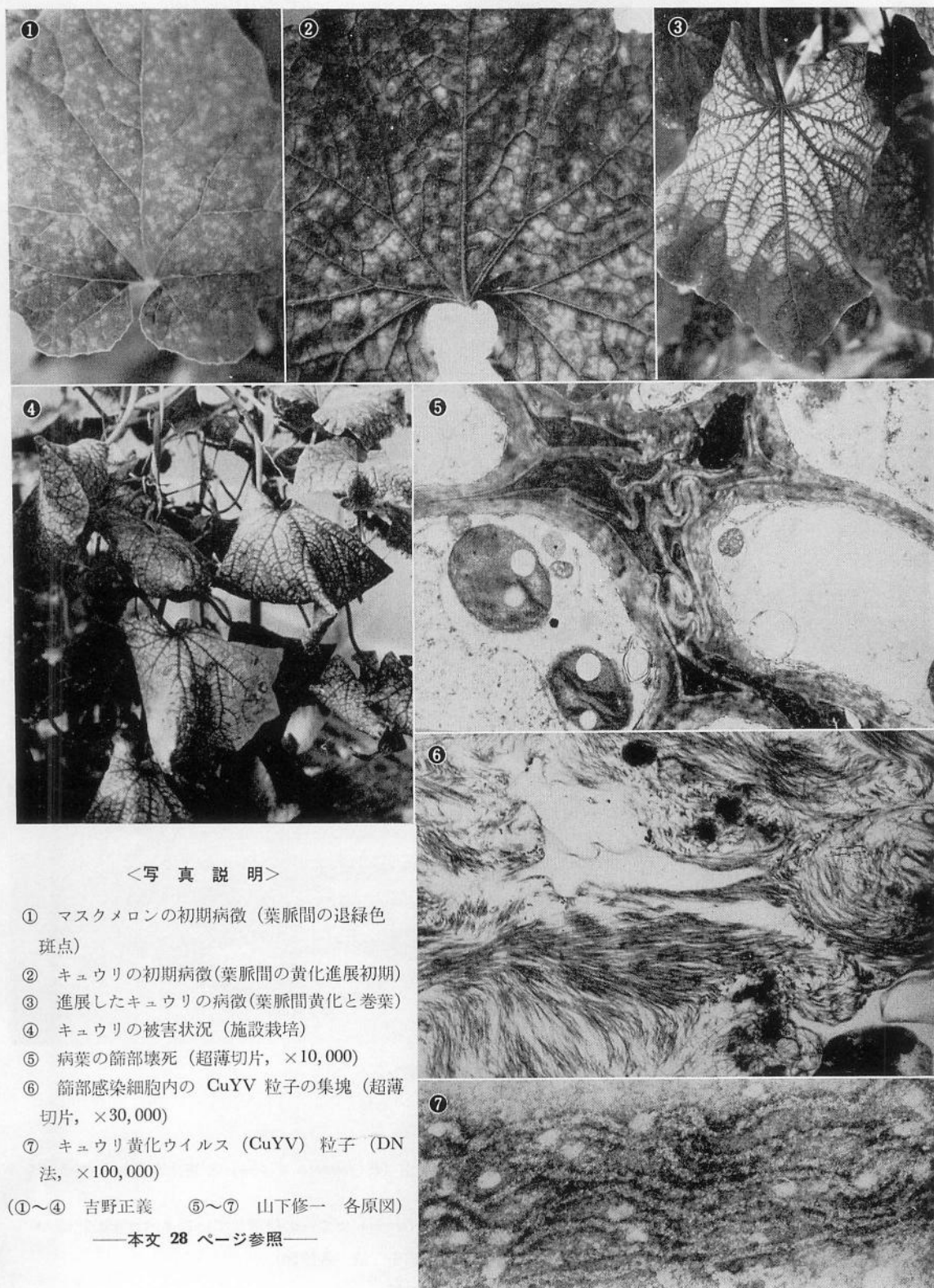
埼玉県農林部経営普及課

吉野正義

(原図)

東京大学農学部植物病理学研究室

山下修一



<写真説明>

- ① マスクメロンの初期病徴(葉脈間の退緑色斑点)
- ② キュウリの初期病徴(葉脈間の黄化進展初期)
- ③ 進展したキュウリの病徴(葉脈間黄化と巻葉)
- ④ キュウリの被害状況(施設栽培)
- ⑤ 病葉の篩部壊死(超薄切片, $\times 10,000$)
- ⑥ 篩部感染細胞内の CuYV 粒子の集塊(超薄切片, $\times 30,000$)
- ⑦ キュウリ黄化ウイルス (CuYV) 粒子 (DN法, $\times 100,000$)

(①～④ 吉野正義 ⑤～⑦ 山下修一 各原図)

植物防疫

第 33 卷 第 11 号
昭和 54 年 11 月 号

目次

薬剤耐性菌問題の現状—水稲—	山口 富夫	1
—野菜—	西 泰道	7
—果樹—	山口 昭	12
<i>Encarsia formosa</i> によるオンシツコナジラミの生物的防除	矢野 栄二	20
オンシツコナジラミで伝搬される「キュウリ及びメロン黄化病」	{ 吉野正義・山下修一 土居養二・與良 清 嶋崎 豊	28
原産地にイネミズゾウムシを訪ねて	岸本 良一	33
キジバトの加害習性と防除対策	阿部 禎	38
植物防疫基礎講座		
変色米の原因となる <i>Curvularia</i> 属菌の見分け方	椿 啓介	43
新しく登録される農薬 (54. 9. 1. ~ 9. 30)		51
協会だより	19	学界だより 6
人事消息		37

緑ゆたかな自然環境を…

「確かさ」で選ぶ……バイエルの農薬



●いもち病・穂枯れを防いでうまい米を作る

ヒノザン

●カメムシ・メイチュウなど稲作害虫に

バイジット

●アブラムシ・ウンカなど吸汁性害虫を省力防除する

ダイシストン

●ドロオイ・ハモグリ・ミズゾウムシなどに

サンサイド

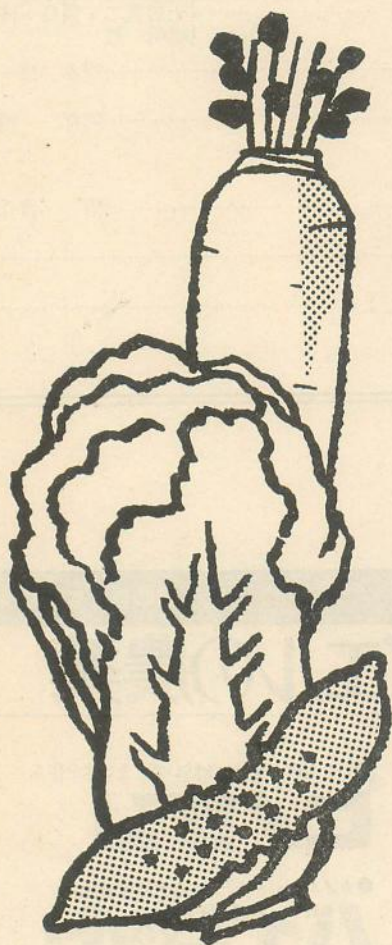
●各種作物のアブラムシに

エストックス

日本特殊農薬製造株式会社

東京都中央区日本橋室町 2-8 ☎ 103

武田の野菜農薬



- キャベツ・はくさいのコナガ防除に

パダン[®] 水和剤

- 園芸作物害虫の基幹防除に

武田オルトラン[®] 水和剤
粒 剤

- キャベツのハスモンヨトウに

ランネード^{*} 水和剤
「タケダ」

- 速効性のアブラムシ防除剤

武田ピリマー^{*} 水和剤

- 新しい園芸作物殺虫剤

武田アクテリック^{*} 乳剤

- 園芸作物病害の基幹防除に

武田ダゴニール[®]

- 園芸作物の病害に

デュボン **ベンレート[®]** 水和剤

- メロン・きゅうりのうどんこ病防除に

武田ミルカーフ^{*} 液剤

- 畑の雑草防除に

トレファルサイド[®] 乳剤

薬 剤 耐 性 菌 問 題 の 現 状 —水 稻—

農林水産省農業技術研究所 やまぐちとみお
山 口 富 夫

水稻病害のほ場における耐性菌発生は、脇本・向(1963)が全国から集めた白葉枯病細菌の中に、かなり高率にストレプトマイシン耐性菌を発見した報告が最初である。しかし、ストレプトマイシンは白葉枯病防除に実用されていなかったため、現場ではなんら問題とならなかった。薬剤の効果減退が実際に大きな問題となり、関係者の注目を集めたのは、1971年山形県におけるカスガマイシン耐性いもち病菌の発生を初めとする。しかし、いもち病菌の薬剤耐性菌については、それ以前にも幾つかの室内実験についての報告があった。吉井ら(1958)、鈴木(1962)はフェニール酢酸水銀に対する耐性菌を馴致培養によって得ている。この耐性菌は孢子形成が悪く病原性が弱かったために、*in vivo* でも耐性菌かどうかは確かめられていない。山崎ら(1964)は硫酸銅に対するいもち病菌の耐性について詳細な実験を行っているが、硫酸銅の培地含有濃度を順次高めて継代培養を行うと、セクターが発生し、その部分の耐性はしだいに高まり、10数代の継代で最初の硫酸銅濃度の100倍の濃度でも耐性を示す菌を得ている。鈴木(1962)、中村・桜井(1968)は上記と同じ馴致培養によってブラストサイジンS耐性いもち病菌を得たが、この耐性菌は孢子形成が悪く、病原力も低下しており、*in vivo* の検定で耐性かどうかを確認できなかった。大森(1966)はカスガマイシン(KSM)含有培地に $10^7 \sim 10^8$ 個の孢子を播くと、数個のコロニーが生育し、これが*in vitro*では耐性菌であることを確認したが、*in vivo*では耐性を示すかどうか確認していない。要するにこれまでの実験では、*in vitro*で容易に耐性菌を得ているが、*in vivo*での耐性確認が十分でなかった。上杉ら(1969)は大森と同様の孢子ばら播き法により、KSMあるいは有機リン剤EBPに対する耐性菌を作出し、その孢子形成能、病原力は感性菌と差がないことを明らかにするとともに、イネ苗を使用した散布試験でも耐性を確認した。このような一連の実験結果は、いもち病菌が各種薬剤に対し耐性菌を生じやすいことを示していたが、*in vitro*の実験が主であったために、ほ場に発生することはないとの期待が強く、病理、農業関係者が油断していたうらみがある。したがって、1971年における山形県のKSM耐性いもち病菌の発生、鳥取県のポリオキシン耐性ナシ黒斑病菌の発生は関係者

にとって非常な衝撃であった。その後、我が国のみならず世界的にも果樹、野菜の分野で多くの病原菌、多くの薬剤で耐性菌がほ場において発生し、その対策は緊急の課題となっている。イネ病害の分野では、いもち病菌のカスガマイシン、ブラストサイジンS、有機リン剤耐性だけが問題になっており、現場で実際に問題になっているのは数県に限られている。ここでは、いもち病菌の薬剤耐性発生の経緯から、それに対する研究の現状、対策と問題点などについて述べたい。

I ほ場における耐性菌の発生と効果の減退

前述したように、1971年に山形県庄内地方でKSMの効果減退の声が聞かれ、三浦ら(1973)の調査により、その原因が耐性菌によることが判明した。その後、新潟県では、1974年：KSM、1975年：IBP、富山県では1977年：IBPの効果が耐性菌の発生によって減退しているとの報告がある。他の県でも耐性菌の存在は認められているが、効果が減退しているとの公的な報告は出されていない。

1 カスガマイシン耐性菌

KSMの効果減退が問題となった山形県庄内地方と、問題とならなかった地方の薬剤使用状況は第1表のとおりである。

第1表 山形県におけるカスガマイシン使用状況と耐性菌の発生(山形農試、1975)

年 度	庄 内 地 方		他 の 地 区	
	防除回数	KSM比率	防除回数	KSM比率
1967	2.7	36%	1.3	28%
68	3.5	54	1.9	46
69	4.6	94	2.7	66
70	4.2	90	2.0	57
71	5.0	87	2.4	60

注 1971年にKSMの効果減退

KSMが登録になったのは1965年、使用量が増加し始めたのは1967年ごろからである。庄内と他の地区とのKSM使用状況を比較すると、庄内では1969～71年にはKSMの使用比率が90%に達し、他の薬剤はほとんど使用されていなかった。また、防除回数も多く、他の地区のほぼ2倍を示していた。このようなKSMの高

い使用比率、使用回数が3年間続いた結果として、1971年に耐性菌の発生、効果の減退を招いたと考えられる。新潟県では1974年にKSM耐性菌の発生を認めているが、その地区は主として魚沼、上越である。新潟県におけるKSMの使用比率は各地区とも50~60%で大差ないが、魚沼、上越は散布回数が平均4回以上に達しており、これが耐性菌発生の引き金になっていると考えられる。伊藤・山口(1977)の調査では、福島、宮城、長野でも低率であるが耐性菌の発生があり、また、植物防疫課耐性菌検定事業でも岩手・富山・茨城・兵庫の諸県で耐性菌の発生を認めているが、これらの諸県では防除効果減退の兆候は認められていない。

2 IBP 耐性菌

新潟県魚沼地方では、1974年にKSM耐性菌が発生したために、以後KSMの使用が減少し、IBP, EDDPなど有機リン剤の使用が増加したが、1976年にはIBPの効果減退が認められ、IBP耐性菌が検出された。富山県でも1974年以降IBPの効果は低下しているという声が聞かれたため、1976年には富山県農業試験場が幼苗に薬剤を散布し、これを数日間ほ場に置いて、その効果の程度により耐性菌の有無を推定する幼苗暴露法により調査を行い、87点中約45点でIBPの効果は落ちていることを観察した。これらの地点から分離した菌は、片桐ら(1978)によってテオールエステル型有機リン剤耐性菌と認められた。茨城県でも県北地帯でIBP耐性菌を検出しているが、新潟、富山のように効果の減退は認められていない。

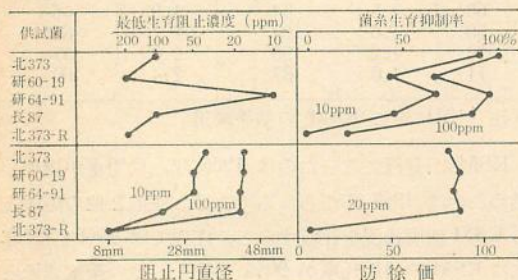
II 耐性菌検定法

耐性菌とは、通常の薬剤施用によって防除効果の期待されない菌の系統をいうことになっている。したがって、耐性菌か感性菌かの判定は、薬剤散布試験を行って判定することが最良の方法であるが、多くの菌株を扱うことが大変なため、*in vitro*の簡便な検定法が必要にな

る。片桐・上杉(1974)はKSMに対する耐性検定法について、三つの方法を幼苗を用いた防除試験と比較したが、その結果は第1図に示すとおりである。

最低阻止濃度(MIC)を測定する平板希釈法は最も簡便で、多くの菌株を検定するのに適する。MIC値の頻度分布曲線を描いた場合、その分布が単に低濃度から高濃度の間に広がった場合には、感性菌と耐性菌の区別とがつきにくい。2個以上のピークが現れるときは、低濃度の集団に属する菌株が感性菌であり、高濃度の集団に属する菌株が耐性菌である。いもち病菌のKSM耐性菌はMIC 100~200 ppmのあたりにピークがあり、感性菌のピーク 5~10 ppmとは明確に識別できる。しかし、この方法で耐性菌と判定された菌株が、散布試験では感性菌となることがある。片桐ら(1974)はその原因として、MIC法では、菌糸が少しでも生育すればその濃度には耐性と判定するので、培地に移植後変異菌が生育してくる場合は、検定原菌との区別ができず判定を誤ることもありうるとしている。菌糸生育抑制率で見る方法は、散布試験による防除値とよく一致する。例えば変異菌を生じて、その生育は微々たるものであるから、生育抑制率で見れば、感性菌と耐性菌の差は歴然とする。この方法は判定確実な点はいいが、平板希釈法のように1シャーレで数菌株を検定できないので、多数の菌株を扱うには不便である。阻止円法も鋭敏に感性菌、耐性菌を識別でき、防除値とも一致する。しかし、この方法は検定操作がやや煩雑なので、多数の菌株を扱うには不便である。MIC値で見る場合は、KSM 100 ppm以上で高度耐性菌、50~100 ppmのものは中等度耐性菌、阻止円で見ると、100 ppmで阻止円を作らないものを高度耐性菌、50 ppmでは阻止円を作らないが、100 ppmでは小さな阻止円を作るものを中等度耐性菌と判定している。

IBPに対する耐性の検定法については、KSMにおけるように十分な検討は行われていないが、平板希釈法でMIC 30~35 ppm以上のものが耐性菌と考えられ、散布試験での防除値ともほぼ一致した。IBM感受性はMICが3~50 ppmの間に連続的に分布し、どこを境界に感受性が遺伝的に異なる集団であるのか、明確に判定することが困難である。矢尾板ら(1978)は、IBPの検定濃度を5 ppm刻みとすると、30 ppmを境界として二峰性になるという。しかし、30 ppm以上のMICを示す菌株が高度耐性菌と言えるかどうかは疑問である。上杉(1979)によれば、通常ほ場でとれるIBP耐性株は、IBPの解毒代謝能が感性菌に比べ量的に強いことを報告した。KSM耐性株のように主働遺伝子支配ではなく、



第1図 KSM感受性の室内検定結果と散布試験による防除値(片桐・上杉, 1974)

微働遺伝子支配と考えられる。同氏はまた、100 ppm 以上の MIC を示す高度耐性株もまれに得られ、そのような耐性株は IBP 解毒代謝能は感性菌とほとんど変わらないので、このような強耐性株は別の耐性機構を持つのであろうと報告している。

耐性菌の存在を量的に把握することはできないが、ある場所に耐性菌がいるか、いないかを見る方法として幼苗暴露法がある。新潟県農業試験場では $20 \times 40 \times 10$ cm の育苗箱に 3～5 葉期の幼苗を育て、供試薬剤 60 ml/箱を散布し、2 日後葉いもちの発生しているほ場内に置き、7～10 日間放置した後、回収して防除価を算出する。富山県農業試験場では育苗箱に薬剤散布後翌日ほ場に出し、1～4 日間放置し、ガラス室内に移してから 4～5 日後に発病調査し、効果によって耐性菌の有無を判定する。これらの方法は、耐性菌の密度がかなり高くないと効果にまで影響してこないで、モニタリングの方法としては手遅れになる可能性がある。

検定菌のサンプリング法は十分検討されていないが、レース分布のサンプリング法を参考に、新潟県農業試験場では 1 km 四方から 1 か所のほ場を選び、ほ場の 4 隅と中央の計 5 か所から 1 か所 2 点計 10 標本を採取している。伊藤・山口 (1979) によれば、1 病斑内に感性菌と耐性菌が混在することはほとんどないので、単胞子分離の必要はなさそうである。

III 多 剤 耐 性

1 KSM と BcS の交差耐性

桜井ら (1975)、桜井・内藤 (1976) はいもち病菌は KSM と BcS に対し、交差耐性があると報告し、また、新潟県農業試験場 (1977) の調査結果も交差耐性を示している。しかし、伊藤・山口 (1976)、山形県農業試験場 (1973) の報告では、KSM 耐性株は BcS に耐性のこともあるが、感性のこともあり、富山、長野 (未発表) の情報でも必ずしも交差耐性ではないという。桜井 (1975) は平板希釈法では KSM 耐性菌は BcS に耐性を示すが、イネ苗を用いた散布試験において、予防的使用法をとると、BcS には耐性を示さないとしている。交差耐性の場合には、薬剤の作用機作が同一でなければならない。BcS と KSM はタンパク合成阻害という作用は一致するが、リボゾームの作用点が異なるとの報告がある。BcS と KSM のいもち病菌に対する作用性を見ると、前者は孢子発芽、侵入、菌糸生育の各段階に働くのに対し、KSM は侵入後の菌糸伸長にだけ働く。作用性からみれば全く同じとは言えないので、KSM と BcS の交差耐性については更に検討を要する。

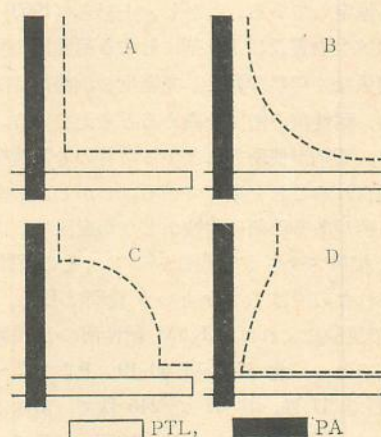
2 IBP と他剤との交差耐性

上杉ら (1969) は実験的に *in vitro* で作成した EBP に対する耐性菌が IBP、EDDP に対し交差耐性を示すことを報告し、1977 年にはイソプロチオランにも耐性であることを報告している (KATAGIRI and UESUGI)。新潟県農業試験場 (1977) でもほ場から得た IBP 耐性菌が平板希釈法では EDDP、イソプロチオランにも耐性を示す。しかし、第 2 表に示すようにイネ苗を使用した散布試験では、IBP 耐性菌は EDDP、イソプロチオランに明瞭な耐性を示さなかった。一般にほ場に分布する IBP 耐性菌は、耐性度が弱いので、IBP には耐性を示しても、効力の強い EDDP、イソプロチオランには *in vivo* では明確な耐性を示し得ないのではなかろうか。

第 2 表 IBP 耐性菌に対する各薬剤の散布効果
(新潟農試, 1977)

菌株	IBP	EDDP	IP	KSM	BcS	Fthalide
耐性菌	28	100	72	84	87	100
感性菌	87	100	55	62	51	100

注 防除価



第 2 図 ろ紙交差法による阻止帯の形
(上杉・片桐, 1977)

いもち病用有機リン剤 (Phosphorothiolate) に対する耐性菌と他剤の効力の関係については、UESUGI・KATAGIRI ら (1974, 1977) の興味ある研究がある。第 2 図に示すようにろ紙交差法を用いて、縦、横方向のろ紙に異なる薬剤を吸収させ、その時生じる阻止帯 (点線) の形によって両薬剤の菌に対する作用が A: independent action, B: additive action, C: synergism, D: antagonism と判定した。横に phosphorothiolate (PTL)、縦に Phosphoroamidate (PA) を置き、これに PTL 耐性菌を接種すると、D のような阻止帯を生じ、両薬剤に

対し負の交差耐性を示す。すなわち、PTL 耐性菌はリン剤である PA に対しては感性であった。また、PTL と PA を横、縦に置き、これに感性菌を接種すると C のような阻止帯を生じた。すなわち感性菌に対しては、PTL と PA とは協力作用があり、効果の相乗的増大が見られる。同じ PTL に属する IBP と EDDP では感性菌に対し B のような阻止帯を示し、特に協力作用は示さないようである。この方法を用いて、イソプロチオラン (IPT) についても実験を行っているが、一見リン剤と全く異なった作用を持つと考えられた IPT は、PTL 感性菌に対しては PA と協力作用があり、PTL 耐性菌に対しては効果がなく、PA と拮抗的作用を示した。このことから、IPT の作用機作は IBP とほぼ同じではないかと推定され、IBP 耐性菌が IPT とも交差耐性を示すと説明されている。

IV 耐性菌の発生原因

山崎ら (1964) は、硫酸銅に対するいもち病菌の耐性菌発生は、濃度を高めることによって、菌叢の一部にセクターとして発生することから、induced mutation ではないかと推定している。しかし、上杉ら (1969) はいもち病菌の抗生物質及びリン剤に対する耐性菌の発生は、薬剤に関係なく突然変異として発生し、薬剤は淘汰圧として働き、耐性菌の密度を高めると考えている。その理由として、薬剤が使用されなかった昔の分離菌株から耐性菌が得られることを挙げている。しかし、厳密に言えば、ある菌がある薬剤に耐性かどうかを決めるには、必ず薬剤に接触させざるを得ないので、その瞬間に耐性が誘導されたのではないかという疑問は残る。三浦ら (1976) の実験によれば、KSM 耐性菌の出現頻度は孢子 10^6 個当たり、北 373、研 60-19、P2 で 2~3 株、研 64-91 で 37 株、長 87 で 246 株で、菌株によりかなり異なっている。片桐・上杉 (1978) は最近 *in vitro* で各種薬剤に対する突然変異頻度を算定したが、北-373 を供試した場合、KSM : $100/10^7$ 、IBP : $34/10^7$ 、EDDP : $26/10^7$ 、IPT : $31/10^7$ 、benomyl : $1.1/10^7$ のような変異率を発表している。KSM に対しては発生率が高く、有機リン剤に対してはやや低く、*Botrytis*、*Venturia* などでは変異率の高い benomyl に対する耐性は最も出にくいという興味ある結果を得ている。同氏らは多剤耐性菌の発生率についても算定し、KSM 耐性菌がリン剤耐性になる変異率を $22/10^7$ 、リン剤耐性菌が KSM 耐性になる変異率を $110/10^7$ と発表しており、耐性菌も感性菌もそれぞれ他剤に対する耐性変異率はほぼ同じであることが分かる。このことは新潟県下で多剤耐性菌の発生頻度

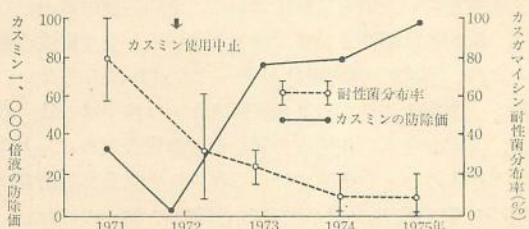
が高いことを説明するものであろう。しかし、*in vitro* でこのように高い変異率を示しても、*in vivo* ではどうか。伊藤・山口 (1977) は KSM 感性菌をイネに接種し、病斑形成後 KSM を散布し、病斑上に形成される孢子の耐性菌発生率を算出したが、無処理 : $0\sim 7/9 \times 10^6$ 、KSM 2 回散布 : $0\sim 4/10^6$ 、4 回散布 : $0\sim 8/8 \times 10^6$ で *in vitro* の結果とほぼ同程度であった。

V 耐性の遺伝

KSM 耐性いもち病菌は、継代培養しても耐性が消失しないことから、耐性は遺伝的なものと考えられてきた。多賀ら (1977, 1978) は自然耐性菌株と KSM に感性のシコクビエいもち病菌とを交配し、子のう孢子の感受性を検定した結果、子のう孢子は感性と耐性のものが 1:1 の比で得られ、耐性度は親株とほぼ同じで、中間の値を示さなかった。したがって、耐性の遺伝子は polygenic なものではなく、恐らく 1 個であろうと推定しているが、中等度の耐性菌については別に存在するのではないかと考えている。また、多賀らが得たシコクビエ菌の KSM 耐性菌株は、供試した 3 菌株とも BcS にも耐性を示し、子のう孢子の感受性も KSM と BcS に対し、全く同一で、同じ遺伝子が両薬剤に対し耐性を示すと推定している。これら 3 株の耐性遺伝子が染色体上の同じ座位にあるかどうかを分析したが、互いに異なる座位にあることが明らかとなり、これらの遺伝子を kas-1, kas-2, kas-3 と名付けた。なお遺伝の問題については、本誌 33 巻 1 号 (1979) に詳細な解説がある。

VI 耐性菌の性質

いもち病菌の菌糸を薬剤含有培地に継代培養して、セクターとして得られる耐性菌は孢子形成力や病原力が弱い場合が多いが、薬剤含有培地に孢子をばら播いて得た耐性菌は自然の感性菌と差がない性質のことが多い。このような人工的耐性菌ではなく、ほ場に発生した耐性菌の性質はどうであろうか。山形県農業試験場では KSM



第3図 山形県庄内地方におけるカスガマイシン耐性菌の発生動向とカスガマイシンの防除値(山形農試, 1976)

耐性菌の発生から、KSM の使用中止に伴う耐性菌密度と畑苗代における KSM の防除価を調査したが、その結果が第3図である。

1971 年畑苗代における 葉いもち防除価が著しく低下した時の耐性菌密度の平均は 80% にも達したが、1972 年 KSM の使用中止によって耐性菌密度は 40% 以下に低下し、更に 1972 年の穂いもち発生期には 20% 程度に激減した。1973 年には防除価も 80 近くに回復し、1974, 75 年には耐性菌密度が 20% 以下に減少するとともに、防除価も 80 以上になった。このような現象は、KSM の淘汰圧がない場合には、耐性菌の密度が減少しやすいことを示していた。三浦ら (1976) はほ場で発生している耐性菌と感性菌の性質を比較したが、培地上における菌叢生育、孢子形成能、接種による病斑数、病斑長などに有意差を認めなかった。伊藤・山口 (1979) はイネに対する感染の場面で、両者に差があるのではないかと考え、実験を行った。感性菌と耐性菌の孢子等量混合液を作り、イネ苗に噴霧接種を行って形成された病斑から菌の再分離を行い、その感受性を検定したところ、病斑からは感性菌または耐性菌どちらか一方が分離され、両者が混合して分離されることはなかった。その分離頻度は第4回に示すように山形産の感性菌と耐性菌の1組み合わせを除けば、感性菌の分離頻度が 50% を超え、特に人工的に作成した耐性菌と母菌との組み合わせで顕著であった。この結果は、病斑形成に際して耐性菌は感性菌に比べ競合力が劣っていることを示している。その原因を更に追究した結果、第3表に示すように、接

第3表 KSM 感性菌、耐性菌をイネ苗に接種し、接種箱に保持する時間を変えた場合の感染率 (伊藤・山口, 1979)

菌株 産地	感受性	菌 株	24時間接種箱に保持して発生した病斑数に対する比率		
			8時間	10時間	12時間
山形産	感性菌	Y S ₁	0.5%	16.5%	43.7%
		Y S ₂	0	3.5	53.8
	耐性菌	Y R ₁	0	3.3	43.6
		Y R ₂	0	2.4	34.0
新潟産	感性菌	N S ₁	0	2.3	58.1
		N S ₂	0	7.5	38.1
	耐性菌	N R ₁	0	1.3	15.1
		N R ₂	0	3.6	11.9

種後接種箱内に保持する時間を 12 時間以内とした場合、24 時間保持した場合に形成される病斑数に対する病斑数比率が耐性菌<感性菌となり、耐性菌のほうが侵入、定着に要する時間が長くなるということが明らかとなった。そして、その要因の一つとして、耐性菌は付着器形成率が低いことが分かった。このように KSM 耐性菌の場合には、感性菌に比べ競合力が弱いので、KSM の使用を中止すれば、耐性菌の密度が減少するのであろうと推定された。しかし、KSM 使用を中止しても耐性菌分離率は 10% 以下にはなかなかならないので、耐性菌の中にも感性菌と同等の競合力を持つものがあると考えられる。リン剤耐性菌についてはまだこのような調査がなく、今後その生態に関する研究が必要であろう。

VII 耐性菌発生に対する対策

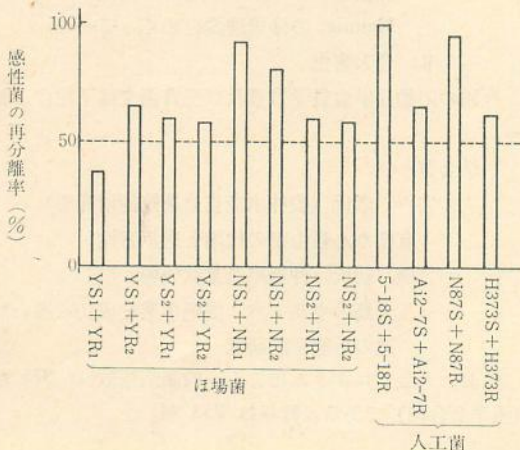
1 予防的対策

①薬剤使用回数が多くなることを避けるために、抵抗性品種の利用、耕種的防除対策を優先し、また、発生予察情報に基づいた効率の防除を行うことが先決であろう。このような総合防除対策は言うべくして行われなことが多いため、強力な啓蒙、指導が必要である。

②同一薬剤、あるいは作用機作の同じ薬剤の連用を避ける。作用機作が同じかどうかは明確でない点もあるが、いもち病防除剤は大きく分けて、抗生物質剤、有機リン剤(イソプロチオランも含む)、フサライド剤、プロベナゾール剤の4種がある。これら4種の輪用を計画する。

③異なる薬剤の輪用より、混合制のほうが耐性菌は発生しにくいという説がある。抵抗性昆虫の出現については、実験データがあるようである。耐性菌についても実験を行う必要があろう。

④ monitoring を行う必要があるが、植物防疫課の事



第4図 KSM 感性菌と耐性菌を混合接種し、形成された病斑から再分離した菌株の感性菌の比率 (伊藤・山口, 1979)

業として発足しているもので、体制はできている。耐性菌が発生したら、どのぐらいの密度で、どう規制するかが問題であろう。

2 耐性菌発生後の対策

①耐性菌密度が低い場合 (20% 以下程度) には、当該薬剤の使用中止よりも、他剤との輪用か、混合を考える。

②耐性菌密度が高い場合には、当該薬剤の使用を中止し、密度が低率になった段階で再使用を考える。再使用は混合剤か、他剤と輪用することを当然実行しなければならない。

引用文献

- 1) 伊藤征男・山口富夫 (1977): 日植病報 43: 301~303.
- 2) ———— (1979): 同上 45: 40~46.
- 3) 片桐政子・上杉康彦 (1974): 同上 40: 106~107.
- 4) KATAGIRI, M. and Y. UESUGI (1977): Phytopath. 67: 1415~1417.
- 5) 片桐政子・上杉康彦 (1977): 日植病報 43: 360.
- 6) ———— (1978): 同上 44: 218~219.
- 7) ————ら (1978): 同上 44: 401.
- 8) 三浦春夫ら (1973): 同上 39: 239.
- 9) ———— (1976): 同上 42: 117~123.
- 10) 中村広明・桜井 寿 (1968): 農薬検報 8: 21~25.
- 11) 新潟農試成績書 (1977)
- 12) 大森 薫 (1966): 農業技術 21: 479~486.
- 13) 桜井 寿ら (1975): 農薬検報 15: 82~91.
- 14) ————・内藤 久 (1976): J. Antibiotics 29: 1341~1342.
- 15) 鈴木穂積 (1962): 日植病報 27: 85.
- 16) 多賀正節ら (1977): 同上 43: 358.
- 17) ————ら (1978): 同上 44: 89.
- 18) ————ら (1978): 同上 44: 401.
- 19) 富山農試成績書 (1977)
- 20) 上杉康彦ら (1969): 農技研報告 C23: 93~112.
- 21) ———— (1979): 日植病報 45: 77.
- 22) 脇本 哲・向 秀夫 (1963): 同上 28: 153~158.
- 23) 山崎義人ら (1964): 農技研報告 D11: 1~10.
- 24) 矢尾板恒雄ら (1977): 日植病報 43: 357.
- 25) ————ら (1978): 同上 44: 401.
- 26) 吉井 啓ら (1958): 同上 23: 215~218.



☆日本昆虫学会第 39 回・日本応用動物昆虫学会第 23 回合同大会開催さる

10 月 10~13 日の 4 日間、福岡市中央区の九州大学教養部において開催された。

10 月 10 日

午前——応動昆総会、学会賞授賞式、記念講演

午後——応動昆にだけ関係のある一般講演

10 月 11 日

午前——一般講演

午後——一般講演、昆虫学会総会

10 月 12 日

午前——一般講演

午後——シンポジウム

- I. わが国における昆虫学の教育と普及——その現状と将来——

10 月 13 日

午前——一般講演

午後——シンポジウム

Ⅱ. 昆虫とクモの採餌戦略

Ⅲ. モンシロチョウの生物学

Ⅳ. 昆虫の社会構造

Ⅴ. 昆虫系統分類学の理論と実践——特に Hennig の分類理論をめぐる——

Ⅵ. 侵入害虫

今回の応動昆学会賞受賞者及び受賞論文は下記のとおり。

学会賞

宍戸 孝氏 (農林水産省農業技術研究所)

有機りん殺虫剤の代謝と選択毒性

岩橋 統氏 (沖縄県農業試験場)

久米島のウリミバエ根絶事業を成功に導いた一連の生態学的研究

なお、大会プログラムによる一般講演題数は、375 題 (両学会合同) である。昨年は 253 題。

薬 剤 耐 性 菌 問 題 の 現 状 —野 菜—

農林水産省野菜試験場 にし やす みち
西 泰 道

は じ め に

野菜の栽培は、その種類が多いこと、更に作型が複雑なことが特徴である。特に、他の産地と競合しない作型が農家経営上好まれるため、播種期の移動、品種の選定、栽培法の改良などが求められる。更に、プラスチックフィルムの開発、簡易暖房機の普及によって、施設栽培が容易になったため、キュウリ、トマト、ナス、ピーマンの果菜類をはじめ周年供給ができる状況である。ところが、これらの無理をした栽培では、病害の発生に適合した条件が整うことが多いため、その被害の増大を伴うことになる。低温多湿で多発生する灰色かび病や、逆に乾燥条件下で被害の大きいうどんこ病は、施設栽培野菜の代表的な病害であるが、これら病害防除上の問題点は、効果の高かった薬剤に対する耐性菌の出現によって、それらの農薬の効果が期待できなくなったことである。

既に、飯田 (1975) は本誌に、我が国において薬効低下の原因として薬剤耐性菌の出現によると考えられる例を挙げているが、それによると野菜関係では、チオファネートメチル剤、ベノミル剤に対するトマト、ナス、キュウリの灰色かび病菌、キュウリ、メロンのうどんこ病菌、ナスうどんこ病菌など、DPC 剤に対するキュウリ、メロンのうどんこ病菌、キノキサリン系剤に対するキュウリうどんこ病菌、ナスうどんこ病菌、ポリオキシン剤に対するイチゴ灰色かび病菌などになっている。また、四国及び九州において、山本 (1975)、手塚ら (1975) がそれぞれベノミル剤及びチオファネートメチル剤に対する灰色かび病耐性菌の出現について報告し、ベノミル剤及びチオファネートメチル剤に対して野菜の灰色かび病耐性菌は交差耐性を示し、本病防除上問題であることが指摘された。

これら耐性菌の出現は、施設栽培を中心とした産地で大きな問題となってきたので、昭和 51 年から日本植物防疫協会において、薬剤耐性菌対策の特別研究の一環として、野菜関係ではベノミル剤、チオファネートメチル剤に対する灰色かび病耐性菌の対策を緊急に確立するため、耐性菌の出現状況を把握し、薬剤の有効利用によって防除効果をあげることを目的に、千葉、愛知、宮崎各農業試験場、高知農林技術研究所の協力によって委託

研究が行われ、53 年度に更に茨城、群馬各園芸試験場の参加がみられた。ここでは、これら連絡試験の 3 年間の成果概要を中心に、耐性菌対策の現状を紹介したい。

I 薬剤耐性菌の出現状況

薬剤耐性菌の出現状況は、防除薬剤の使用状況によって変化すると思われるが、昭和 51 年度にベノミル剤、チオファネートメチル剤耐性灰色かび病菌の調査では、千葉ではトマト、キュウリ、ナス、イチゴのなかで、トマト、キュウリは県内全域に耐性菌の分布が認められた。更に、全般的に灰色かび病の多発ハウスでは高度の耐性菌検出率であったが、少発生のハウスでは耐性菌の検出率が少ないか、全く検出されず、それら多発生のハウスではベノミル剤、チオファネートメチル剤の使用回数が著しく多い傾向がみられた。宮崎では、調査箇所 88 点中耐性菌が検出された所は 72 点 (82%) であった。野菜の種類では、カボチャ、レタスの灰色かび病菌では耐性菌が検出できなかったが、ハウス栽培キュウリ、トマト、ピーマンではほとんどの抽出標本で耐性菌が検出された。愛知では、トマトにおける耐性菌の出現は県内の一部地域に限定されていたが、ナスでは地域に関係なく耐性菌が検出された。高知では、昭和 50 年に 14 は場の果菜類で行った耐性菌の検出率は 64% であったが、昭和 51 年度に 53 は場について検定した結果では 82% に上昇していた。野菜の種類別についてみると、トマトでは 100%、キュウリ、ナスでは 80%、ピーマン 70% の検出率であった。

このように、施設栽培果菜類の多い地方で、灰色かび病防除剤としてベノミル剤またはチオファネートメチル剤の使用頻度の多い地域では、耐性菌の検出率が高い傾向がみられた。

II 薬剤耐性菌の検定方法

耐性菌の検定法については多くの著書、報告書などがあるが、桜井 (1975) が平板希釈法、阻止円法、孢子発芽試験法、液体培地法などについて詳述しているので参照していただきたい。

薬剤耐性菌の検定は、試験の目的によってその方法は異なるのが当然であるが、大きく分けると生物検定と培

地のみを用いた検定法がある。生物検定法は、実際には場で行われる防除法と関連して、有利であるが面倒であり、それに対する培地のみでの検定は比較的簡単であるため、多数の材料について検定できる利点がある。そのなかでも平板希釈法が簡単であるため多く利用されている。特に、全国的な調査、またはある地域において広範囲にわたっての調査では、以上の耐性菌検定法を基本とした、簡便で多数の試料について検定ができ、しかも実用性の高い検定法が要求される。

まず、平板希釈法の場合、検定用培地として PSA または PDA 培地に混入するベノミル剤、またはチオファネートメチル剤の濃度については、各 100 ppm を基準とした段階希釈による平板希釈法によって、試験の行われた各県で採集された灰色かび病菌の、薬剤に対する感受性の頻度分布曲線はいずれも 2 峰型を示し、感性菌の MIC (最小生育阻止濃度) は 1~3 ppm に対し、耐性菌の MIC は 1,000 ppm 以上に分布していた。これらの試験では、いずれも感性菌と耐性菌のみで、両者の中間に属する中等度耐性菌は認められなかった。これらのことから、平板希釈法によって多数の試料を簡易に検定するための検定用培地に混入する薬剤の量は、一濃度のみをとる場合、チオファネートメチル剤の散布濃度とほぼ同一の 500 ppm でもよいが、中等度耐性菌を考慮した場合は 50 または 10 ppm の濃度との組み合わせがよいと思われた。検定用培地に混入する薬剤の種類は、ベノミル剤とチオファネートメチル剤に対しては交差耐性であることから、両薬剤のいずれかを使用することによって両薬剤の耐性菌の検定は可能である。

ハウスの中でキュウリ、トマトなどの灰色かび病菌を採集して、薬剤を混入していない PSA または PDA 培地で病菌を分離し、培地上で伸長した灰色かび病菌の菌そう先端の菌糸を、薬剤を混入した検定用培地に移植する方法は、雑菌の混入がなく検定法としては良好であるが、手数と期間を要する。そこで、宮崎では病斑部に生じている灰色かび病菌胞子を、直接検定用培地 (細菌を防ぐためにストレプトマイシン剤 200 ppm 加用) に振り落とす方法や、高知では罹病果実の健全組織に隣接した病斑部小片を検定培地に直接に置床する方法が行われ、簡易で効果を上げている。これらの検定は、いずれも検定用培地に対象病菌を置床し、20~25°C に 2~3 日おいた後、菌糸の伸長状況によって耐性菌の判定を行う。

生物検定として植物葉を用いた方法では、薬液に浸漬して風乾したソラマメ葉 (千葉)、またはキュウリ子葉 (宮崎) に、培養した灰色かび病菌の菌そう先端部をコ

クボラーで打ち抜いた菌糸片を載せて、病斑進展を測定する方法が試験され、平板希釈法による検定結果と同様の傾向がみられた。植物葉を用いた生物検定は、病原菌、寄主植物、薬剤の関係を考慮した試験であり、使用する薬剤濃度は実際に散布される濃度でよいとされた。また、手塚ら (1976) は、キュウリ果実法による検定として、灰色かび病菌を PSA 培地上で培養し、ペトリ皿全面に伸長した菌そうの上に、薬液に 1~10 分間浸漬した後に風乾した、長さ 5 cm に輪切りにしたキュウリ果実切片を置き、20~25°C においてキュウリ果実切片下部からの褐変の進行を調査することによって耐性菌の生物検定を行った。

このように、試験の目的によって検定法も異なり、また使用する薬剤の濃度も違うため、試験に適した検定法を選ぶべきである。

III 検定用標本の抽出

検定する標本の抽出も、その試験の目的によって違ってくる。一つのハウス内に発生している灰色かび病が、耐性菌によるものか感性菌によるものか、また両者の比率などを知るためには、ハウス内に発生している病斑のかなり多数を採集して検定しなければならない。そのような試験が 4 県で行われた結果、いずれの試験でも耐性菌が検出されるハウスでは、ハウス内での耐性菌の分布がほぼ均一であった。愛知で行われた、ナス栽培ハウス内に灰色かび病耐性菌で発病させたナス病果を一か所につり下げて、ハウス内の耐性菌のまん延状況を調査した試験では、8 日後にはハウス内全体に耐性菌がまん延し、その分布率は 100% となった。しかし、51 日後には耐性菌 90%、感性菌 10% と耐性菌検出率は低下したが、耐性菌はハウス内に均一に分布していた。これらのことから、ハウス内における標本の抽出は、試験の目的、ハウスの広さ及び灰色かび病の発生程度に応じて、抽出方法、抽出数は異なるけれども、多数のハウスについて耐性菌の出現の有無を調査する場合、500~1,000 m² 程度のハウスでは、ハウス全般にわたって 5~10 点以上の抽出数であればよいと思われた。

なお、千葉ではトマト、高知ではキュウリの病果から灰色かび病菌を単孢子分離し、同一病果における耐性菌と感性菌の分布を調査した結果では、試験例は少なかったが、いずれも感性菌か耐性菌によるものであり、両者の混合したものは認められなかった。

IV 耐性菌密度の経時的変動

ベノミル剤、チオファネートメチル剤に対する薬剤耐

性菌の出現によって、灰色かび病の防除が困難になっているハウスで、ベノミル剤、チオファネートメチル剤の散布を中止して、他の防除剤を使用した場合、耐性菌の密度の変化を知るために試験が行われた。

まず、愛知では鉢植えナスを、外部からの病菌侵入を防ぐために気象室内にミニハウスを設けて栽培し、ベノミル剤、チオファネートメチル剤耐性灰色かび病菌をナス成葉に接種し、落葉間際に病斑部を切り取って、更に上位の成葉に植え接ぎ接種を繰り返し、これにジネブ剤、塩基性塩化銅剤、塩基性硫酸銅剤及びスルフェン酸系剤またはポリオキシン剤にCNA剤を混用したものを7日間隔で、それぞれ3, 9, 18回散布した後に病斑部から病原菌を分離して、ベノミル添加培地で濃度別に菌そうの発育抑制率の調査が行われたが、ベノミル添加培地での菌そうの抑制率は、いずれの供試薬剤、散布回数でも、無散布区及び接種に使用した原菌と全く同様であり、耐性に変化がみられなかった。

また、ベノミル剤、チオファネートメチル剤耐性灰色かび病菌が高率に発生しているキュウリ、トマト、ナスなどの栽培ハウスで、越夏後の次作でこれら薬剤の使用を中止して他剤を使用した場合、ほとんど耐性菌が消滅した試験例（千葉、愛知、宮崎）と、容易に減少しなかった例（千葉、高知）がみられたが、この原因については明らかでなかった。しかし、これらのハウスでベノミル剤またはチオファネートメチル剤を使用すると、使用回数は少なくとも急激に耐性菌の密度の上昇がみられた。また、前年は耐性菌が検出されず、次年は他の防除剤を使用したハウスで耐性菌が高率に検出された試験例（愛知）もあり、ハウスの立地条件、栽培、防除法などの諸条件によって異なるが、周囲からの孢子飛来による影響も大きいのではないかと考えられた。

V 耐性菌と感性菌の病原力

灰色かび病菌によるナス果実の腐敗量によって耐性菌と感性菌の病原力を比較した高知の試験では、耐性菌、感性菌いずれの菌株群にも腐敗量の多い菌株と少ないものがあるが、耐性菌と感性菌で平均を求めると、耐性菌の密度が減少しているハウスから分離された耐性菌は感性菌に比較して病原力が弱く、ベノミル剤、チオファネートメチル剤の使用によって、耐性菌率が上昇しつつあるハウスの耐性菌は感性菌とほぼ同等、これらの薬剤の使用を中止しても耐性菌率が減少しないハウスでは、耐性菌株の病原力は感性菌にやや勝る傾向がみられ、孢子形成量も多かった。

千葉では、トマトの未熟果を半分に切断して切断面に

灰色かび病菌の菌糸片を接種し、3～4日後に薬剤を散布して耐性菌、感性菌の菌糸伸長及び孢子形成が調査された。一つのトマト果実に耐性菌と感性菌株の菌糸片を接種した場合、無散布区では感性菌の検出率は65%で耐性菌の35%に勝り、スルフェン酸系剤4回散布では感性菌95%、耐性菌5%の検出率であった。しかし、チオファネートメチル剤を1回散布すると耐性菌の検出率は77%、2回散布で100%となり、耐性菌の検出率の急増がみられている。

愛知では、ナスの葉に灰色かび病耐性菌または感性菌を接種して、温度と病斑の拡大及び分生孢子の形成を比較した結果、病斑の大きさは20℃で最も大きく、10℃ではこれに次ぎ、30℃では著しく小さく、耐性菌と感性菌では病斑の大きさに差が認められなかった。病斑上の分生孢子形成は10℃で最も多く、20℃ではこれに次ぎ、30℃では著しく劣った。耐性菌と感性菌は10、20℃では孢子形成に差が認められなかったが、30℃では耐性菌株の孢子形成量は感性菌株に比して多く、約6倍に達した。

灰色かび病の薬剤耐性菌の次作への伝染過程を知るために、愛知、高知で菌核の形成についてナスで試験が行われた。灰色かび病菌の菌核は、ナスでは果実で形成が多く、枝ではわずかであったが、葉では形成がみられなかった。果実でも地上部では菌核の形成が極めて少なく、土壌中1～10cmの深さで形成が良好で、埋没後5～7日で菌核は形成された。土壌温度15℃付近で菌核の形成は最も多く、10℃がこれに次ぎ、20℃では少なく、25℃以上では全く形成されなかった。耐性菌と感性菌では形成される菌核の量、1個の菌核の大きさ、重量の差は認められなかったが、耐性菌株の菌核から発芽した菌株は耐性菌、感性菌株の菌核から発芽した菌株は感性菌であった。これより、菌核によって耐性菌が次の作に持ち込まれることが想定された。

VI 耐性菌対策試験

灰色かび病に対して防除効果の高いベノミル剤、チオファネートメチル剤に対する耐性菌の出現によって、防除上問題を生じているので、早急に対策を確立する必要性に迫られている。まず、灰色かび病菌の耐性菌は菌核によって次の作に伝染していくことが明らかになったので、愛知ではこれを防ぐために行ったクロロピクリン剤10a当たり20～40l、または臭化メチル剤m³当たり100～200g施用による土壌消毒効果が大きく、菌核による伝染を防止できることが認められた。なお、夏季高温時の太陽熱利用による土壌処理効果も期待を持たれている。

ベノミル剤、チオファネートメチル剤の使用によって、これら薬剤に対する耐性菌の出現について、愛知で次のような試験が行われた。隔離された鉢植えナスの成葉に灰色かび病感菌を接種し、この病斑に対してベノミル剤散布または他の薬剤との交互散布が行われた結果、ベノミル剤の3日間隔、8～9回の散布では耐性菌は検出されなかったが、10回連用すると耐性菌が検出され、TPN剤との交互散布でも、ベノミル剤の散布が10回に達した時点から耐性菌が認められた。

高知では、耐性菌の発生程度が違っている幾つかの農家ハウスにおいて、12～5月における薬剤散布と耐性菌の発生状況が調査された。12月には耐性菌の検出率が低いか、認められなかったハウスでも、ベノミル剤またはチオファネートメチル剤の連続散布によって耐性菌率は増加し、2～3月にはほぼ100%となった。その後もベノミル剤、チオファネートメチル剤を月1回以上使用したハウスでは、耐性菌の比率の低下はみられなかった。このように、耐性菌が発生しているハウスでは当該薬剤の使用によって耐性菌の比率は急激に増加し、耐性菌対策のための他剤との交互散布の効果はみられなかった。しかし、12月には耐性菌の率が50～100%であったが、その後ベノミル剤、チオファネートメチル剤の使用を中止したハウスでは、徐々にではあるが耐性菌の比率が低下する傾向がみられている。

耐性菌対策として、薬剤防除面から考えられることは、現行の方法によって灰色かび病の発生被害を防止することと、更にハウス内における耐性菌の率を低下させることが必要である。すなわち、防除価と耐性菌率を考慮して使用する薬剤の種類、方法を決めなければならない。そのため、ベノミル剤、チオファネートメチル剤と他の防除剤との混用または交互散布の効果及び他の薬剤の防除効果の検討が行われた。

ベノミル剤、チオファネートメチル剤以外の薬剤による灰色かび病防除試験で、トマトではスルフェン酸系剤、ポリオキシシン剤、ナスではスルフェン酸系剤、TPN剤、キャプタン剤が有効で、ポリオキシシン剤とスルフェン酸系剤の混用散布も効果が高かった。キュウリではスルフェン酸系剤、ポリオキシシン剤が有効であった。未登録農薬を使用した試験では、プロサイミドン剤、アイプロディオン剤、ピンクロゾリン剤、及びポリオキシシン剤にCNA剤またはカスミン剤の混用散布の効果が認められ、特にプロサイミドン剤、アイプロディオン剤の効果は顕著であった。

更に、耐性菌の発生しているハウスにおいてベノミル剤、チオファネートメチル剤と他剤との混用または交互

散布の効果が検討され、スルフェン酸系剤(トマト)、ポリオキシシン剤(ナス)、CNA剤(ナス)との混用または交互散布で発病果率が低下し、防除効果がみられている。しかし、これらの用法はベノミル剤、チオファネートメチル剤が組み込まれることによって耐性菌の率が増大し、次の混用または交互散布による防除価を低下させるため、散布開始時の耐性菌率が0か極めて低いことが重要な条件である。これに関する試験例(千葉)として、耐性菌率が10～20%程度のトマト栽培ハウスにおいて、チオファネートメチル剤とポリオキシシン剤の混用または交互散布を2～3回行うことによって耐性菌率は60%以上になり、更に散布を繰り返してチオファネートメチル剤の組み込まれた散布の回数が4回になると、耐性菌率はほぼ100%に急上昇している。ハウス内の耐性菌率の増大、低下はハウス内の環境条件、周囲の状況によっても異なるが、防除価と耐性菌率を考慮した薬剤防除については、更に今後の検討が必要である。

おわりに

昭和51年から3か年間行われた、ベノミル剤、チオファネートメチル剤に対する灰色かび病の薬剤耐性菌に関する委託研究の成果を中心にして、野菜栽培における薬剤耐性菌の問題の概要を述べた。現状ではそれら薬剤耐性菌対策が確立されたわけではないが、緊急に対処するための基礎資料は得られたものと考えている。

ベノミル剤またはチオファネートメチル剤を、単用または他剤との交互散布によって散布回数を重ねると、灰色かび病菌にこれらの耐性菌株が出現する。耐性菌の出現については、薬剤による誘導、または突然変異などが考えられるが、その点については明らかでない。しかし、当該薬剤を使用することによって感菌菌が淘汰され、耐性菌の密度が急激に高まることは明らかである。このように、当該薬剤の使用頻度の多い地域または作物の灰色かび病に耐性菌の出現率が高い傾向がみられている。

耐性菌の検出率が高率なハウスでは、本剤の使用を中止して他剤による防除を行うことによって、徐々に耐性菌率は低下するが、ハウスによって耐性菌率の低下の速やかなものと、ほとんど低下のみられない例もある。ハウスは完全密閉でないため、周囲からの灰色かび病菌胞子の飛散、特に廃棄された病果などの被害残渣からの胞子飛散による影響も大きいと思われるが、感菌菌と耐性菌の病原性及び競合の問題などは今後検討を要する点であろう。

更に、同一ハウス内で次作への伝染は菌核によること

が考えられる。試験の結果では、感性菌の菌核からは感性菌株、耐性菌の菌核からは耐性菌株が生ずることが明らかになった。このため、耐性菌の検出されたハウスでは、次に同様な野菜の栽培が行われる場合は、土壌消毒によって菌核による伝染を防止する必要がある。

また、2～3年間ベノミル剤、チオファネートメチル剤を使用していないハウス、または新規造成のハウスにおいて、灰色かび病発生当初から相当高率に耐性菌が検出される例や、他剤のみを使用して耐性菌が認められなかったハウスで、急に高率の耐性菌が検出される例などがみられる。これも前述したように、周囲からの孢子飛散の影響が大きいのではないかと考えられる。このように、一つのハウスのみの対策では効果は上がり難いので、耐性菌の発生している所では、地域協力して対策を推進しなければ効果は期待できない。

他剤による防除では、作物によって登録農薬の少ないものもあるが、耐性菌が問題になっている地域では、これら他剤を上手に利用して効果を上げなければならない。特に、散布量を十分に、丁寧に散布することによって効果を高めることができる。現状では、ベノミル剤、チオファネートメチル剤の効力が比較的に強いので、これら薬剤と他剤との交互散布または混用散布を不用意に行うと、耐性菌の淘汰率より感性菌の淘汰率が大きいので、耐性菌率を高める結果となる。耐性菌による灰色かび病が発生しているハウスでの防除上の問題点は、防除価と耐性菌率である。感性菌のみの場合は、ベノミル剤、チオファネートメチル剤の使用によって高い効果を上げることができるが、耐性菌が存在する場合は感性菌のみ淘汰されることによって、防除価は上がっても散布後の耐性菌率は高率を示すことになる。すなわち、防除価を高めるためにベノミル剤、チオファネートメチル剤を使用するには、いかにして耐性菌率を低下させて0にするか。また、耐性菌率を低く抑えながら防除価を高めるためには、ベノミル剤、チオファネートメチル剤を防除体系のなかにどのように組み込んでいくか。これが現状での問題点であるが、耐性菌の出現している所では当該薬剤を使用しないことが先決であると考えられる。しかし、防除価の関係から、当該薬剤を単用または他剤との混用で使用する場合は、使用前のハウス内の耐性菌率が極めて低率でなければならない。更に、他剤のみを使用した場合、耐性菌密度の変化に関心が持たれる。どのくらいの期間、あるいは他剤防除をどのくらい続けたらハウス内の耐性菌率が0になるか、これが明ら

かになれば、当該薬剤を組み込む予想が立てられることになる。しかし、試験の結果では、ハウスの条件その他によって異なり、それらのことを明らかにすることはできなかった。

現在開発中の薬剤として、プロサイミドン剤、アイプロディオン剤、ビンクロゾリン剤などについても試験が行われた結果、いずれも灰色かび病菌に対して高い効力を示し、ベノミル剤、チオファネートメチル剤との交差耐性は認められていない。これらの薬剤が登録農薬として使用できるようになれば、強力な防除効果を発揮すると思われるが、耐性菌出現によって防除に苦慮している現状の轍を踏まぬように、いかに効果ある薬剤といえども連用その他、使用に当たっては十分注意する必要がある。

耐性菌対策についてはまだ問題点が残っているが、現状における対策として、以上のことをまとめて一例を示すと次のようである。

①定植前の土壌消毒（クロルピクリン剤、臭化メチル剤）。②苗による病菌の持ち込みに留意する。③多湿条件下で灰色かび病は多発するので、ハウス内の環境制御により発病を抑圧する。④灰色かび病の発生初期に他剤による防除を行う。薬散散布は丁寧に。⑤周囲の病源、特に廃棄された果実などの被害残渣物からの孢子飛散による伝染に留意する。そのため、被害残渣の処理を行う。⑥灰色かび病の発生が激しくなり、他剤のみによる防除価が期待できなくなったときは、耐性菌率を検定して、検定率が0または低率のときはベノミル剤、チオファネートメチル剤と他剤との混用、または交互散布によって防除価を上げる。⑦ベノミル剤、チオファネートメチル剤は、他剤との混用または交互散布といえども、回数を重ねることを避け、他剤による防除を主体に行う。

以上は、耐性菌の出現しているハウスでの対策の一例にすぎない。これらを参考にして、地域に応じた対策技術を確立されることを望むものである。

引 用 文 献

- 広田耕作・加藤喜重郎 (1978) : 日植病報 44 : 404.
 飯田 格 (1975) : 植物防疫 29 : 163~166.
 桜井 寿 (1975) : 同上 29 : 206~212.
 手塚信夫・木曾 皓 (1975) : 日植病報 41 : 303~304.
 ——— (1976) : 農薬学会誌 1 : 321~324.
 ——— (1977) : 野菜試報告 C3 : 51~68.
 山本 磐 (1975) : 植物防疫 29 : 194~196.

薬 剤 耐 性 菌 問 題 の 現 状 — 果 樹 —

あきら
昭

やま
山

ぐら
口

農林水産省果樹試験場興津支場

は じ め に

植物病原系状菌が防除薬剤に対して耐性化し、は場での防除効果低下という形で問題が起こったのは、抗生物質に対する動物病原細菌や殺虫剤に対する抵抗性昆虫の出現に比べてはるかに遅く、1970年代に入ってからのことである。果樹での最初の例は、1969年ニューヨーク州におけるリンゴ黒星病に対するグアニジンの防除効果低下の報告である。我が国では昭和46年ポリオキシン耐性ナシ黒斑病菌によって鳥取県米子付近の二十世紀ナシが大きな被害を受けた⁶⁾。同じ年、山形県庄内地方でカスガマイシン耐性イネいもち病菌による防除効果の低下が問題となり、薬剤耐性菌問題は放置できない課題となった。日本植物防疫協会は昭和49年に薬剤耐性菌対策委員会を設け、アンケート調査⁹⁾、年1回のシンポジウム⁴⁾、耐性菌対策に関する委託試験⁵⁾を行ってきた。

この間に数多くの試験が行われ、多くの知見が積み重ねられた一方、研究が進むにつれて新たに解決すべき問題も発掘されてきている。本文は、我が国の果樹で本問題が起こって10年目になろうとする現時点で、次の研

究の出発への一里塚とするため、これまでに我が国で得られた知見を整理したものである。本文中に成績を引用させていただいた大学・国公立試験研究機関の研究者の方々に厚くお礼申し上げる。

I 果樹病害における薬剤耐性菌

昭和46年以来現在まで、我が国の果樹園で発生した薬剤耐性菌の種類を示すと第1表のとおりである。病害の多発生は病原菌の密度、気温・湿度・降雨などの気象条件、樹体の感受性など数多くの因子の総合結果として起こるもので、耐性菌の密度が上昇し、それが主因で薬剤の防除効果が低下して多発性に結び付いたという、一連の因果関係を立証することは非常に困難な場合が多い。したがって、第1表中には、防除効果の低下をもたらしはてはないが、その恐れがあり、は場検診の結果明らかに薬剤耐性を示す菌が見付かった場合も含んでいる。一方、明らかに耐性菌が主役で薬剤の防除効果が極端に低下し、激発を招いた例は鳥取県におけるナシ黒斑病及び富山県・三重県・千葉県におけるナシ黒星病、北海道におけるリンゴ黒星病である。リンゴ斑点落葉病では各地で

第1表 我が国の果樹園で発生が認められた薬剤耐性菌一覧 (昭和54年6月現在)

病 名	病 原 菌	薬 剤	初発見	分 布
ナシ黒斑病	<i>Alternaria kikuchiana</i>	ポリオキシン剤	1971 鳥取	福島・群馬・千葉・新潟・ 鳥取・福岡・大分
リンゴ斑点落葉病	<i>Alternaria mali</i>	ポリオキシン剤	1972 山形	青森・岩手・秋田・山形・ 福島・群馬・長野
リンゴ黒星病	<i>Venturia inaequalis</i>	ベンズイミダゾール系薬剤	1973 北海道	北海道・青森
カンキツ青かび病	<i>Penicillium italicum</i>	ベンズイミダゾール系薬剤	1974 神奈川	神奈川・静岡・愛知・愛媛・ 佐賀・熊本・大分
カンキツ緑かび病	<i>Penicillium digitatum</i>	ベンズイミダゾール系薬剤	1974 神奈川	
ブドウ灰色かび病	<i>Botrytis cinerea</i>	ベンズイミダゾール系薬剤	1974 栃木	秋田・福島・栃木・山梨・ 兵庫・岡山
ナシ黒星病	<i>Venturia nashicola</i>	ベンズイミダゾール系薬剤	1975 富山	秋田・福島・栃木・埼玉・ 千葉・神奈川・富山・三重・ 鳥取・大分
カンキツかいよう病	<i>Xanthomonas citri</i>	ストレプトマイシン剤	1975 愛媛	愛媛
モモ・オウトウ灰星病	<i>Monilinia fructicola</i>	ベンズイミダゾール系薬剤	1978 山形	山形・福島・山梨
モモせん孔細菌病	<i>Xanthomonas pruni</i>	ストレプトマイシン剤	1979 福島	福島・神奈川

耐性菌が見付かっているが、大害を受けた所はなく、むしろ今後の耐性菌の動向に注目すべきところである。カンキツの青かび病・緑かび病は貯蔵中のミカンに発生し、貯蔵庫の中で耐性菌の密度が上昇し腐敗果率を高めるが、薬剤の散布が収穫直前の立木に1回ということもあって、顕著な防除効果の低下という声は聞かれな¹⁴⁾。しかし、この場合も今後の成り行きを注意深く見守る必要がある。核果類の灰星病耐性菌は、山形県で昭和53年の異常激発年に発見されたものであり、その発生要因が特殊であったため¹⁸⁾、耐性菌が果たした役割の解析は困難であり、問題は今後に残されている。ブドウ灰色かび病、モモせん孔細菌病についても、薬剤の効き目がシャープに出ないという観察事実に基づいて分離の結果、耐性菌であることが判明したもので、今でこそ大害を出してはいないが、今後の動向に注意せねばならぬものである。

II 薬剤の使用回数(散布履歴)と耐性菌出現との関係

耐性菌問題が顕在化した当初、まず調査されたのが、その園で何回その薬剤を散布したかであった。激発が耐性菌出現のせいかどうかを探る手掛かりを得るためと、今後同じ誤ちを繰り返さないために。数多くの調査結果を通覧し結論を先に言えば、同一薬剤の多数回連用によって耐性菌が発生することは確かであるが、何回までならよくて、何回以上だと危険だとは言えないということである。この種の聞き取り調査が、必ずしも正確でないことも一因であろう。

ナシ黒星病の千葉県例を挙げると、3～4年間通算30回以上ベンズイミダゾール系薬剤を散布した園では必ず耐性菌が出現している。しかし、8回しか散布していない園で耐性菌が見付かった例もある。一方、栃木県では6年間通算24回の散布で耐性菌の認められない例がある。リンゴ黒星病では、3年間に計54回の散布で、耐性菌の出現をみた。

耐性菌問題が顕在化した薬剤は、おおむね選択性が強く防除効果の高い薬剤であり、ナシ黒斑病に悩まされてきた二十世紀栽培農家はポリオキシンの出現に飛び付いて使用したのであるが、県が防除暦に採用してわずか5～7年で効力低下という事態に立ち至っている。リンゴ斑点落葉病では、年に3～4回の使用で、使用開始後8年目に耐性菌を検出している。

III 耐性菌の検定法

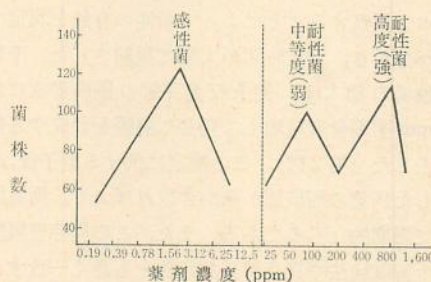
耐性菌の出現によって薬剤の防除効果が低下し、病害

の多発を招いたと推定される事態が起こったとき、まず耐性菌の存在を証明することが求められる。次いで、この耐性菌によって防除効果が低下することが証明されなければならない。薬剤耐性菌検定法の詳細については、桜井氏の総説¹⁹⁾を参照されたい。ここでは果樹病原菌のうち *Alternaria* と *Venturia* で検討された耐性菌検定法について述べる。

1 *Alternaria* の場合

鳥取県で昭和46年にナシ黒斑病が早期異常多発したとき、耐性菌の出現を疑った鳥取大学西村教授グループは、とりあえず分離した黒斑病菌の培地上での菌糸の伸長を測定すると同時に、孢子発芽時の発芽管の球形膨化現象をも観察し、ポリオキシン耐性菌が出現したと結論した^{6,8)}。それ以来、薬剤含有培地上で菌糸生育をみる方法と孢子発芽状況をみる方法が並行して用いられている。

耐性菌の出現を証明するためには、数多くの検体を集め、段階希釈法で希釈したそれぞれの濃度の薬剤を含む培地上での菌糸生育または孢子発芽を調べて最小生育阻止濃度(MIC)を求めて、薬剤感受性値の著しく異なる二つのピークの存在を確認する必要がある(第1図)。



第1図 耐性菌と感性菌の分布模式図
(桜井原図, 1975)

一度この方法で耐性菌の存在が確認されたら、毎回この手順を踏む必要はない。果樹園内での耐性菌の分布状況を知りたいとき、薬剤1濃度だけを選び、その濃度での菌糸生育の有無(例、100 ppm 含有培地上で生育すれば耐性菌とする)、菌糸生育の程度(例、100 ppm 含有培地上で4 mm以上の生育をしたものを耐性菌とする)、孢子発芽の有無(例、100 ppm 含有培地上で発芽するものを耐性菌とする)、孢子的正常発芽率(例、10 ppm 含有培地上で正常な発芽をするものを耐性菌とする)などによって、耐性菌の密度を算出する。

以上のように *Alternaria* の場合は菌糸生育によっても孢子発芽によっても耐性菌を区別することができる

が、同一菌株をとってみると、この両者の薬剤感受性値は必ずしも一致しない。この原因はポリオキシンの抑制作用が胞子と菌糸に対して異なっていることによるものと思われる。検討の結果、培養菌糸のポリオキシン感受性は、培養時間とともに低下することが分かった。したがって、菌糸生育阻止率によって耐性を検定するときは、培養時間を限定し、28°C、1〜2日後に判定を下すことが望ましい。このような配慮をして測定された値を防除価との相関でみると、菌糸生育阻止率、正常発芽胞子率はともに相関が高く耐性検定に用いるが、単なる胞子発芽率、異常発芽胞子率は防除価との相関が低いことが分かった。

2 *Venturia* の場合

Alternaria に比べて分離が困難であること、培地上の菌糸生育が緩慢であることから、耐性菌検定には2、3の工夫がなされた。ISHII and YAMAGUCHI⁽¹⁷⁾は、斜面培地に段階希釈薬剤を含有させることによって、菌糸生育法によりナン黒星病菌のMIC値を求め耐性菌の存在を確認した。次いで、単一濃度薬剤含有培地上での菌糸生育の有無や胞子の発芽管長を測定することにより耐性菌の判定を行った。菌糸生育の有無では最初20日間を要したが、1ppm薬剤含有培地上に置いた菌叢を2〜3日後ルーペで観察することによって耐性の有無を判定できることが分かり、判定時間が大幅に短縮された。千葉県農業試験場の梅本は、胞子の発芽管の隔膜形成に着目し、1ppm薬剤含有培地上で発芽し隔膜を形成する菌を耐性菌とした(第2図)。この検定に供する胞子は、は場で採集した病葉の病斑部からかき取ればよく、簡易検定法として画期的なものである。また、この発芽管隔膜法は菌糸生育試験法や発芽管長測定法とも良く一致することが確かめられている。

上述の手続によって、耐性菌とされた菌を用いて実際に薬剤の防除効果の低下を試験する場合、鉢植えのリン

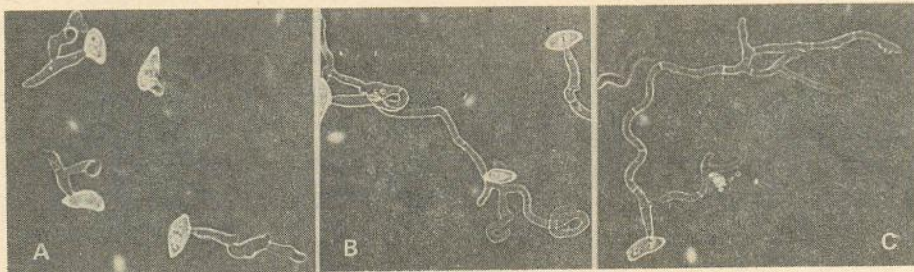
ゴやナンを用いることが多いが、このとき散布する薬剤の濃度は、一般には場で用いられている実用濃度に一致させるのが普通である。また、*Alternaria* の場合は、集めた菌株の中に初めから病原性を有しない菌株が混じっていることがあるので、防除価の試験に供する際にはあらかじめ病原性をチェックしておく必要がある。

IV 耐性の程度

段階希釈した種々の濃度の薬剤を含む培地上で多数菌株を検定すると、中間の濃度で生育または発芽する一群の菌株が発見される(第1図)。これを中等度耐性菌または弱耐性菌と呼んでいる。各研究者が弱耐性菌としている薬剤の濃度はまちまちであるが、今までに得られた値を示すと第2表のとおりである。表から分かるように、弱耐性菌と定義される菌群が生育できる薬剤濃度は、菌と薬剤の組み合わせによっても、供試する菌の器官の違いによっても変わってくるが、一群の菌の薬剤感受性は、感性菌と耐性菌と劇然と分けられるものではなく、その中間に耐性程度の弱い菌群が存在することは確かである。

この弱耐性菌が果樹園内でどのような役割を果たしているかはよく分からないが、その役割を知るためになされた1、2の実験がある。梅本はナン黒星病菌のベノミル弱耐性菌(発芽管隔膜法でMIC 1.56ppm)に由来する病葉をベノミル3,000倍液に浸しても、病斑上での胞子形成は盛んに行われ、そこに再生された胞子の発芽力も衰えていないことを認めている。石井はチオファネートメチル1,500倍液(有効成分467ppm)を噴霧したナン葉へ、ナン黒星病弱耐性菌(1ppm⁺, 10ppm⁻)を接種して、防除効果が低下することを認めている。これらの事実は、は場に存在する弱耐性菌が無視できないことを示唆している。

弱耐性菌が、感性菌が耐性化する過程で生ずるもの



第2図 発芽管隔膜法によるベノミル耐性ナン黒星病菌の検定

- A: ベノミル含有培地上での感性菌の発芽。発芽管の伸長は阻止され、隔膜を形成しない。
 B: ベノミル含有培地上での耐性菌の発芽。ベノミルを含有しない培地上での発芽(C)と同じく、発芽管がよく伸びて隔膜を形成している。
 (梅本原図)

か、それとも全く違った機構でできるものかに付いては分かっていない。しかし、ポリオキシシン耐性ナン黒斑病菌の継続調査の結果では、初め検出されなかった弱耐性菌が、途中から検出されるようになり、年を追ってその密度が高まる傾向がみられる（第3表）。これらのことを考え合わせると、弱耐性の出現機構、その役割などについて更に基礎的な研究を進めることが望まれる。

V 当該薬剤使用中止後の耐性菌密度の推移

宇田川は、昭和46年ポリオキシシン耐性ナン黒斑病菌が見付かって以来、鳥取県米子地区での耐性菌の検出率を今日まで追っている。その結果を第3表に示す。表から明らかなように、昭和46年に67%であった高度耐性菌の検出株率が、ポリオキシシン散布を中止した翌47年には37.8%、翌々年には15.6%と急激に減少したが、その後7~8%台で推移している。検出園率でみ

ても、この数年調査園の30~50%には高度耐性菌が常に検出される。ナン黒斑病はポリオキシシンなしでは防ぎきれない面もあり、昭和49年からは一部の園では、年に2~3回ポリオキシシン混合剤を使用しているので、そのために耐性菌密度が下がらないとみるべきかもしれない。しかし、耐性菌密度が横ばいということは、ポリオキシシンの使用とは関係なく、ナン園で一度出現したポリオキシシン耐性菌が園内においてその性質を維持したまま、越冬を繰り返しているため密度が下がらないとみることもできる。いずれにしても、耐性菌の存在にも拘らず、昭和47年以降本病の大発生はみられていない。これは、病害少発生の年には、ある比率で耐性菌が分布していても、防除効果低下による多発生へと移行することはない、すなわち園内に存在する少量の耐性菌が爆発的に増えるような条件でなければ、大部分の感性菌は代替薬剤で十分抑えることができるということであろう。し

第2表 果樹病原菌で得られた薬剤感受性程度を異にする耐性菌

<i>Alternaria</i>	感 性 菌	中等度(弱)耐性菌	高度(強)耐性菌		
リンゴ斑点落葉病菌, 菌糸生育	3.12~25 ppm	50~200 ppm	>400~800 ppm	農業検	
ナシ黒斑病菌, 菌糸生育	2 ppm	2~200 ppm	>200 ppm	鳥取果試	
	10 ppm で 菌糸生育阻止率>50%	100 ppm で 菌糸生育阻止率>50%	100 ppm で 菌糸生育阻止率<50%	鳥取大	
	25 ppm ⊖	25 ppm ⊖ 200 ppm ⊕	200 ppm ⊕	福島園試	
<i>Venturia</i>	感 性 菌	中等度(弱)耐性菌		高度(強)耐性菌	
		弱 耐 性 菌	中 耐 性 菌		
リンゴ黒星病菌, 菌糸生育	12.5 ppm ⊖	12.5 ppm ⊕ 25 ppm ⊖	25 ppm ⊕ 50 ppm ⊖	50 ppm ⊕	北海道 中央農試
ナシ黒星病菌, 菌糸生育	1 ppm ⊖	1 ppm ⊕, 10 ppm ⊖		10 ppm ⊕	果樹試 福島園試
ナシ黒星病菌, 胞子発芽	<0.39 ppm	0.78 ppm ⊕, 6.25 ppm ⊖		6.25 ppm ⊕	千葉農試

第3表 昭和46年ポリオキシシン耐性菌が見付かった鳥取県米子地区における
その後の耐性菌検出率の推移 (鳥取果試)

	調査園数	高度耐性菌 検出園率(%)	調査菌株数	高度耐性菌 検出株率(%)	中等度耐性菌 検出株率(%)	備 考
昭46	45	53.2	36	67.0	0	} ポリオキシシン散布せず
47	39	92.0	386	37.8	0	
48	44	63.5	385	15.6	0	
49	45	25.5	426	7.3	2.3	} 一部の園では年 2~3 回ポリオキシシン使用
50	45	42.2	412	8.0	4.6	
51	44	38.6	389	8.7	4.9	
52	17	58.8	307	8.1	3.6	
53	17	29.4	219	5.5	5.0	

第 4 表 チオフォネートメチルまたはベノミル耐性ナシ黒星病菌検出率の推移

	昭和 50 年	51 年	52 年	53 年	
富山県の例 (富山市吉作及び住吉)	防除効果低下の起こった 2 地区	— %	100 %	93 %	果樹試
三重県の例 (一志郡香良州町)	防除効果低下の起こった 10 樹	88	84	100	三重農技セ

かし、多発年には菌の増殖サイクルが活発で耐性菌の絶対量が多くなり、当該薬剤を使用すれば耐性菌の淘汰は加速され、代替薬剤をもってしても防ぎきれない事態となることが予想される。

ナシ黒星病の耐性菌発生園でも、当該薬剤中止 2～3 年後もなお高い耐性菌密度が保たれている (第 4 表)。ナシ黒星病菌の場合、芽のりん片内で越冬すること、子の胞子も耐性を示すことが知られており、これらのことがナシ園内の耐性菌密度を高く維持する要因となっているものと判断される。この場合もナシ黒斑病と同じく、昭和 51 年以降耐性菌に起因すると思われる多発生はみられない。これは気象的にみて少発生の年が続いたため、多発条件の年には、耐性菌の存在が大きな被害への引き金となりうることを銘記すべきであろう。

以上の事実反して、カンキツかいよう病のストレプトマイシン耐性菌は、カンキツ生葉上で速やかにその密度を低下していくことが知られている⁷⁾。イネいもち病のカスガマイシン耐性菌の急激な減少とも考え合わせ、耐性菌密度推移のこの大きな違いが、どういう機構に由来するのか、今後究明すべき興味ある課題である。

VI 耐性菌の諸性質

果樹園内での耐性菌の密度とその防除効果低下に果たす役割を考えると、当然耐性菌の持つ病原菌としての特性が問題となる。耐性菌がその活力において感性菌に著しく劣るものならば、放置しておいてもよいからである。

今までにナシ黒斑病菌について調べられたところでは、胞子の形態、生育適温、胞子形成量、菌糸伸長速度、病原性などの点で耐性菌は感性菌と大きな差はな

い。また、耐性の程度と病原性との間にも相関はみられない。カンキツ果実の腐敗を起こす *Penicillium* 菌もベンズイミダゾール系薬剤耐性菌は、胞子形成能、腐敗の進展速度、病原性などの点で感性菌となんら異なるところはない。

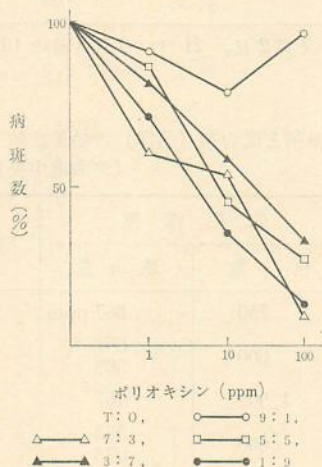
耐性菌の性質が上述のようであれば、次は耐性菌の園内密度が問題となる。リンゴ園内で耐性菌密度を知るための標本抽出法を検討した結果を第 5 表に示す。この結果から、1 園 27 樹全体から 139 菌株を分離して検定した場合と、5 樹より各 10 病斑または 10 樹より各 5 病斑計 50 菌株について検定した場合とで、耐性菌の検出率は大きく食い違っていないかった。抽出すべき標本の数は、耐性菌の密度によっても異なってくると思われるが、こうして園内での耐性菌密度が分かると次の問題は園内の耐性菌密度が何% 以上になったら危険か、言い換えれば何% 以下になったら当該薬剤の使用を再開してよいかを知りたい。この値は前項にも述べたように、園内全体の菌密度 (多発年か少発年か) によっても変わってくるようであり、正確な値を示すことは困難である。この点に関して一つのモデル実験がある⁸⁾。ナシ葉にあらかじめ種々の濃度のポリオキシンを散布しておき、これに耐性菌 (T) と感性菌 (O) の混合比率を異にしたナシ黒斑病菌を接種したときの葉上にできる病斑の数を調べた。結果は第 3 図に示したとおりで、T : O の比が 7 : 3 まではポリオキシンの濃度の上昇に伴って病斑数は減少するが、T : O が 9 : 1 となると、もはやポリオキシンの効果は認められず、100 ppm のポリオキシン散布で無散布と同じ病斑数を生じた。このときの病斑の構成をみると、第 4 図のように T : O が 1 : 1 のときは生じた病斑の中に感性菌が含まれているが、T : O が

第 5 表 リンゴ園におけるチオフォネートメチル耐性黒星病菌の密度推定のための標本抽出法 (北海道中央農試、昭和 52 年度)

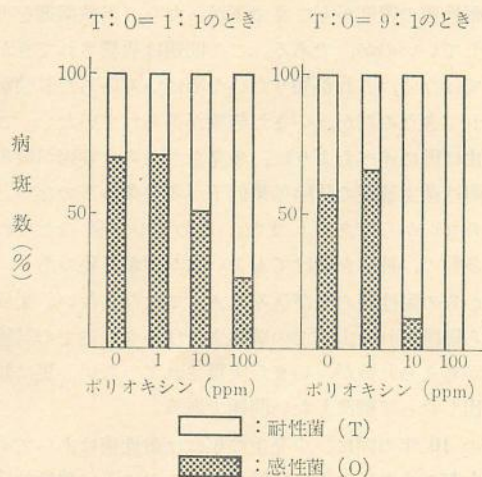
標 本 抽 出 法	分 離 菌株数	耐性程度別菌株数 () 内は %			
		感性菌	弱	中	強
1 樹当たり 10 病斑を 5 樹より	50	2 (4)	2 (4)	10 (20)	34 (68)
1 樹当たり 5 病斑を 10 樹より	50	2 (4)	0 (0)	11 (22)	37 (74)
1 樹当たり 1～18 病斑を 27 樹より	139	4 (3)	11 (8)	24 (17)	100 (72)

9:1の接種では、100 ppm のポリオキシン散布葉上にできた病斑中にはもはや感性菌は含まれず、すべて耐性菌となっていた。つまり、耐性菌の割合が高くなるほど、園内での薬剤による淘汰圧が高まり、耐性菌密度は急上昇することが裏付けられた。

カンキツの腐敗を起こす *Penicillium* ではこの傾向が更に激しい。すなわち、持ち込まれた耐性菌は貯蔵庫という閉鎖系の中で、腐敗防止剤に包まれた果実への感染を繰り返すことによって耐性菌比率は異常なまでに高ま



第3図 ナシ黒斑病菌の耐性菌 (T) と感性菌 (O) の混合比率を変えて接種したときのナシ葉上でのポリオキシンの防除効果 (鳥取大, 1975)



第4図 ポリオキシン散布ナシ葉に耐性菌 (T) と感性菌 (O) を混合接種して葉上にできた病斑の耐性検定 (鳥取大)

る。しかし、幸いなことに、本病の感染は傷がなければ起こらないので、潰滅的な打撃を受ける前に感染がストップするためか、大きな被害は出していない。

VII 耐 性 菌 対 策

耐性菌未発生園では、過去の薬剤の使用回数と耐性菌発生の事例を参考にして、薬剤の連用を避けたり、使用回数を制限することが必要である。混合剤を用いることも耐性菌を出さないための一つの方法であろう。

耐性菌対策事業の一環として、昭和53年10月25日、農作物有害動植物発生予察事業実施要領の一部改正が行われ、耐性菌のモニタリングが開始された。こうして園内での耐性菌の密度を継続調査することによって、薬剤の選択について対策がたてやすくなることが期待される。

耐性菌発生園では、耐性菌に起因するとみられる防除効果の低下が起こったら、直ちに当該薬剤の使用を中止しなければならない。代替薬剤としては、リンゴ黒星病及び斑点落葉病には有機銅、マンゼブ・DPC、キャプタン・BINAPACRYL、キャプタンなど、ナシ黒星病には有機銅・キャプタン、ポリカーバメート、チアジアジン、ダイホルタンなど、ナシ黒斑病には有機銅、チアジアジン、ダイホルタンなどが用いられる。黒星病防除剤の場合、チオファネート剤、ペノミル剤、カルベンダゾールなどのベンズイミダゾール系薬剤は交差耐性を示すので、相互に代替となり得ない。

防除効果の点から、全面的に代替薬剤に切り替えられない場合、当該薬剤は重点防除時期に2～3回使用するに止め、代替薬剤を適宜挿入して交互に散布する方法が採られる。しかし、交互散布だと、ある時期に散布された薬剤の種類と、耐性菌または感性菌の増殖サイクルがうまくかみ合わないことがあり、それぞれの薬剤が十分効果を発揮できない場合が起こるので、混合剤を用いたほうがよいという考え方がある。その例を第6表に示す。ペノミル 300 ppm の散布で病葉率が 91% という耐性菌の優勢なリンゴ園で、ペノミルとキャプタンの混合剤は 4.5% の病葉率なのに反し、キャプタンとペノミルの交互散布は 28.8% または 49.2% と病葉率が高く、交互の順序が変われば病葉率も違ってくるというのである。しかし、今日まで我が国で主としてナシ黒星病で行われた交互散布と混合剤散布の比較試験では、これほどシャープな結果は得られていない。この種の試験を行う場合は、病菌密度の均一性、高率かつ均一な耐性菌密度が要求されると思われる、その条件の満たされないところでの試験結果は解析が困難な場合が多いよう

第 6 表 ペノミル耐性菌が優勢なリンゴ園での黒星病防除における混合剤と交互散布の効果比較
(JONES and EHRET, ミシガン州立大, 1977)

薬	剤	濃 度	病害率 (8 月 30 日調査)
ペノミル 50 W		1,672 倍 (300 ppm)	90.9%
キャプタン 50 W		418 倍 (1,200 ppm)	3.8
DPX 115 B (混合剤)	{ ペノミル 7.5% キャプタン 37.5%	418 倍 { 180 ppm 897 ppm	4.5
キャプタン 50 W と ペノミル 50 W の交互散布		{ 418 倍 (1,200 ppm) 3,344 倍 (150 ppm)	28.8
ペノミル 50 W と キャプタン 50 W の交互散布		{ 3,344 倍 (150 ppm) 418 倍 (1,200 ppm)	49.2
無散布			96.4

散布: 4 月 6 日, 22 日, 29 日, 5 月 12 日, 26 日, 6 月 7 日, 22 日, 7 月 2 日, 21 日, 8 月 3 日の 10 回.
5 回の繰り返し.

第 7 表 ペンズイミダゾール系薬剤耐性菌の分布するほ場での単剤と混合剤 (○印) の効果比較
(北海道中央農試)

薬	剤	有 効 成 分	使 用 濃 度		防 除 価
			倍 数	成 分 量	
有 機 銅		8-ヒドロキシキノリン銅50%	750	667 ppm	90
○チオファネートメチル銅	{	8-ヒドロキシキノリン銅40 チオファネートメチル 35	600	{ 667 583	84
チオファネートメチル		チオファネートメチル 70	1,500	467	34
○TNH-761	{	チオファネートメチル 20 キャプタン 50	600	{ 333 833	86
キャプタン		キャプタン 80	800	1,000	91
○キャプタン・ペノミル	{	キャプタン 60 ペノミル 10	600	{ 1,000 167	89
ペノミル		ペノミル 50	3,000	167	67

である。

一般に、混合剤は耐性菌分布ほ場で防除効果を上げている。第 7 表に北海道での試験を示した。○印を付した混合剤が、代替薬剤単独には劣るが、当該薬剤 (チオファネートメチルまたはペノミル) 単独よりは良い効果を上げていることが分かる。しかし、一方、混合剤の使用によってある程度の防除効果は得られるが、園内での耐性菌の密度は必ずしも下がらないことが知られているので、混合剤にしても、やはり耐性菌を出しやすい薬剤を含むものは、多用を控えるべきである。

VIII 残された問題

昭和 46 年、二十世紀ナシが耐性菌によって大きな被害を受けてから満 9 年、果樹病害研究者の多くがこの問題に取り組み、数多くの事実を明らかにしてきた。しかし、一番知りたいことが残っている。耐性菌の密度がどこまで上がれば防除効果が低下するのか、言い換えれ

ば、耐性菌の密度がどこまで下がったら、当該薬剤を再使用していいのか、である。この問題は放置されてきたわけではなく、これが知りたいためにいろいろな試験が行われてきたのだが、いまだ結論が得られていない。この理由は既に述べたように、多発をもたらす要因が数多く、耐性菌主導型の防除効果低下が多発条件下でないと起こらないからである。また、この種の試験のためには、多数の、被害を受けてもよい供試樹が必要であり、近隣からの耐性菌の飛び込みもあってはならない。果樹園から隔離された山間での試験またはハウス内での試験などが考えられるが、いまだ実現されていない。更に知恵を出し合って解決したい問題である。

この 10 年の間に、少発生の年には耐性菌はあっても問題を起こさないことを経験した。このことは耕種的防除の重要性を物語っている。薬剤に頼らない病害防除こそ、最も薬剤を必要とするときに、効果ある薬剤を生かして使う道につながるということであろう。

参 考 文 献

(果樹病原菌の耐性問題についての報文は少ない。会議資料から引用した部分が多いので、それらと、我が国での主な文献のみを掲げた)

- 1) 寒冷地果樹に関する試験研究打合せ会議資料, 第2分科会(病害)昭和47年度以降
- 2) 落葉果樹に関する試験研究打合せ会議病虫害部会資料, 病害編, 昭和46年度以降
- 3) 常緑果樹に関する試験研究打合せ会議病虫害部会資料, 病害編, 昭和49年度以降
- 4) 薬剤耐性菌に関するシンポジウム講演要旨, 昭和49年度以降, 日本植物防疫協会
- 5) 薬剤耐性菌に関する委託研究試験成績, 昭和51年度以降, 日本植物防疫協会
- 6) 西村正晴ら(1972): 植物防疫 26: 157~159.
- 7) 小泉銘冊・山田駿一(1972): 園試報 B12: 245

256.

- 8) NISHIMURA, S. et al. (1973): Pept. Tottori Mycol. Inst. (Japan) 10: 67~86.
- 9) 飯田 格(1975): 植物防疫 29: 163~166.
- 10) 上杉康彦(1975): 同上 29: 167~172.
- 11) 沢村健三(1975): 同上 29: 187~188.
- 12) 宇田川英夫(1975): 同上 29: 189~193.
- 13) 桜井 寿(1975): 同上 29: 206~212.
- 14) 倉本 孟(1975): 昭和50年度薬剤耐性菌シンポジウム, p. 17.
- 15) 田中彰一・高梨真二(1975): 玉川大農研報 15: 101~107.
- 16) 石崎 寛ら(1977): 日植病報 43: 497~498.
- 17) ISHII, H. and A. YAMAGUCHI (1977): Ann. Phytopath. Soc. Japan 43: 557~561.
- 18) 大沼幸男(1978): 植物防疫 32: 521~524.

協 会 だ よ り

—本 会—

○イネミズゾウムシ委託試験中間成績検討会を開催す

病虫害緊急対策研究会イネミズゾウムシ部会(部会長岩田俊一氏)は、8月31日、家の光会館において、愛知、静岡、三重、岐阜各農試出席のもとに、31剤の効果試験と、8薬剤の基礎試験の中間成績検討会を開催した。

○薬剤耐性菌対策成績検討会及びシンポジウムを開催

薬剤耐性菌対策研究会の54年度事業の一つとして、9月26~27日の両日にわたり、家の光会館(東京)で標記検討会ならびにシンポジウムを開催した。

9月26日はベンズイミダゾール系薬剤を対象に、落葉果樹・野菜について実施された、53年度試験成績の検討を行った。落葉果樹関係は、山口 昭委員(果樹試興津支場)の座長で、ナシ黒星病を対象にベンズイミダゾール系薬剤に対する耐性菌が占有するナシ園で、同薬剤を重点防除時期にのみ使用したときの防除効果について、栃木・千葉・三重・鳥取の各試験担当者の報告をもとに討議された。引き続き、西 泰道委員(野菜試)の座長で、茨城・群馬・千葉・愛知・高知・宮崎の試験担当者から果菜類の灰色かび病を対象に、①耐性菌、感性菌の競合、②耐性菌密度の経時的変化、③ベンズイミダゾール系薬剤と他剤との交互あるいは混合散布による耐性菌の発生等について発表され検討が行われた。

27日のシンポジウムは、関係者約180名参集のもとに下記6題の講演が行われた。

座長 農技研 上杉康彦氏

薬剤抵折性発達問題に関する一つの考え方

北興化学工業株式会社 岡本 弘氏

座長 果樹試興津支場 山口 昭氏

千葉県におけるナシ黒星病の耐性菌対策と
問題点 千葉県農業試験場 梅本 清作氏

座長 同 上

山形県におけるリンゴ斑点落葉病および
オウトウ灰星病の耐性菌対策と問題点

山形県園芸試験場 大沼 幸男氏

座長 野菜試 西 泰道氏

愛知県における野菜灰色かび病の
耐性菌対策と問題点

愛知県農業総合試験場園芸研究所 加藤喜重郎氏

座長 同 上

宮崎県における野菜灰色かび病の耐性菌対策と
問題点 宮崎県総合農業試験場 川越 仁氏

座長 農技研 山口富夫氏

富山県におけるいもち病菌薬剤耐性菌調査と
その問題点 富山県農業試験場 梅原 吉広氏

座長 同 上

総合討論

計 報

本会東北地区連絡事務所櫻井 清博士急逝す

本会東北地区連絡事務所在勤・試験研究委員会委員
櫻井 清博士は11月15日午前11時15分クモ膜
下出血のため急逝されました。享年65才。つつし
んで御冥福をお祈りいたします。

御遺宅は

岩手県岩手郡滝沢村菓子 1,175—16

郵便番号 020—01

Encarsia formosa によるオンシツコナジラミの生物的防除

農林水産省野菜試験場 矢野栄二

はじめに

施設栽培の重要害虫オンシツコナジラミの防除に、最近ヨーロッパでは *Encarsia formosa* の利用による生物的防除が実用化している。オンシツコナジラミは、我が国においても侵入後、急速に全国に分布を拡大し、果菜・花き類の施設栽培での重要害虫となっている。本種は薬剤抵抗性問題などの理由で、薬剤防除が困難な害虫であり、*E. formosa* による生物的防除を実用化することの意義は大きいものと考えられる。*E. formosa* は既に我が国にもイギリスから導入され、各地で予備的な試験が着手されており、実用化のための本格的な試験研究の開始が待たれている。

本稿では、諸外国、特にヨーロッパでの *E. formosa* によるオンシツコナジラミの生物的防除に関する基礎的研究と防除の現状について紹介したい。我が国でその実用化を進めるうえでの参考となれば幸いである。

I *E. formosa* によるオンシツコナジラミ防除の歴史

Encarsia formosa GAHAN は 1924 年に GAHAN¹⁴⁾ によってアメリカ合衆国で初めて発見、記載された。この天敵の利用によるオンシツコナジラミ *Trialeurodes vaporariorum* WESTWOOD の生物的防除は最初 イギリスで試みられ、実用化に移された⁴⁸⁾。以後 1953 年に至るまで施設栽培農家への供給が続けられたが、利用方法についての明確な指針は示されてはいなかった。しかし、その当時としては満足できる防除効果を示したらしく、需要に供給が追いつかないほどであった。この天敵は更にカナダ・オーストラリアにも導入され、特にカナダでは 1953 年まで実際の防除に利用された。

イギリスでは 1954 年以来、新しい有機合成殺虫剤の登場によって *E. formosa* の利用はしばらく中断していたが、オンシツコナジラミの薬剤抵抗性が問題となり⁵³⁾、更に薬剤防除に労力・費用がかかり過ぎるため²⁷⁾、*E. formosa* による生物的防除が再検討されるようになった。温室作物研究所を中心としたチームは、温室キュウリ・トマトを加害するオンシツコナジラミを防除するため、*E. formosa* の各種の導入方法を考案し比較検討した。それに並行して *E. formosa* の大量増殖法・低温貯蔵法の

研究が進められ、更に栽培農家向けに天敵の利用法・大量増殖法の手引きが公表された^{2,3,4)}。こうしてイギリスでは、*E. formosa* の利用がオンシツコナジラミの有力な防除法として定着した。

オランダでは、従来オンシツコナジラミはそれほど重要害虫とはみなされていなかったが、1971 年大発生し、大きな被害をもたらした⁹⁾。オランダの温室作物試験場ではこれに対処するため、各種の施設野菜の総合防除体系を提案し、温室トマトのオンシツコナジラミの防除に *E. formosa* の利用が推奨された。現在オランダでも温室トマトのコナジラミの生物的防除が実用化している。

施設園芸が重視される北欧・東欧諸国でも、最近 *E. formosa* の利用が検討されつつあり、防除試験の結果が続々報告されている。

北アメリカでは、1970 年代になってカナダで *E. formosa* と農薬の併用によるオンシツコナジラミの防除が試みられ、また、アメリカ合衆国では、栽培期間の短い温室栽培の花き類に寄生するオンシツコナジラミの *E. formosa* による防除に成功した。

イギリス・オランダでの成功を契機として、現在ヨーロッパを中心とする世界各国で *E. formosa* の利用は拡大傾向にある。

II 生活史及び習性

E. formosa はオンシツコナジラミの有力天敵として古くから応用昆虫学者の興味的であったらしく、これまで多くの国でその生態・習性について紹介されてきた^{25,27,48)}。

E. formosa の形態については、命名者 GAHAN により詳細に報告されている¹⁴⁾。雌成虫は体長約 0.6 mm で頭部は濃褐色、胸部は黒色で側面は黄色、腹部は一様に黄色で脚部は黄褐色である。産卵管は腹部先端より突き出しており、はっきり認められる。単為生殖で繁殖し、両性生殖は行わない¹⁵⁾。雄は雌よりやや大きく腹部が黒褐色で、繁殖には関与しないが過寄生の状態では、雌成虫がやむを得ず寄主の体内に既に存在している同種の幼虫に産卵した場合のみ、出現すると言われている^{15,25)}。

E. formosa の発育に及ぼす温度の影響は、オンシツコナジラミの発育速度との関連で論じられている。BURNETT⁶⁾ は、両種の発育・産卵・死亡・成虫の寿命などに

第1表 オンシツコナジラミ及び *E. formosa* の生存・産卵・発育に及ぼす温度の影響* (BURNETT¹³⁾)

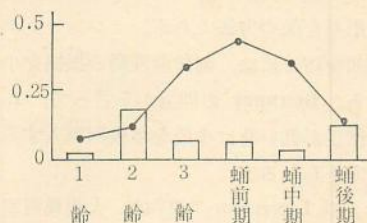
	18° C		24° C		27° C	
	オンシツ コナジラミ	<i>E. formosa</i>	オンシツ コナジラミ	<i>E. formosa</i>	オンシツ コナジラミ	<i>E. formosa</i>
成虫の生存日数	42.5	27.0	17.2	15.7	8.3	8.2
1雌当たり産卵数	319.6	28.2	123.9	32.7	29.5	30.5
1雌当たり日当たり産卵数	8.2	1.7	7.5	2.7	5.1	5.3
未受精卵の比率 (%)	5.7	5.7	8.6	2.9	18.2	—
発育日数	31.5	31.1	24.7	15.1	22.8	11.9
寄生に適した齢期の日数	16	—	13	—	11	—
死亡率 (%)	6.6	—	16.6	—	32.4	—

* 寄生植物はトマト

対する温度の影響を詳しく検討・比較し(第1表),その結果 24°Cでは両種がほぼ同じ速度で増殖し,それより低い温度ではオンシツコナジラミが,高い温度では *E. formosa* がより早く増殖すると推測した。STENSETH^{59,51)}は, *E. formosa* の発育が昼夜変温条件下では,一定温度で飼育して得られた値から期待されるよりも促進されることを指摘した。

E. formosa は, オンシツコナジラミに寄生された植物と, 寄生されていない植物をはっきり識別することができる^{26,29)}。LEDIEU は, *E. formosa* はオンシツコナジラミが排出する甘露に含まれる揮発性物質を認知して寄主に定位しているものと考えている^{29,30)}。

オンシツコナジラミの寄生している寄生植物の葉裏に飛来した *E. formosa* は, 葉上でランダムに探索するが, その寄主の認知距離は極めて短く, 1 mm 以下であると言われている³²⁾。触角で寄主を認知した *E. formosa* は, 産卵姿勢をとり, 産卵管を寄主の背板に前方から挿入し産卵する⁴⁸⁾。産卵されたオンシツコナジラミ幼虫は約 10 日で黒変し未寄生のものとは容易に区別される⁴⁸⁾。産卵に好適な寄主齢期は 3 齢と 4 齢(蛹期)の前半であると言われ(第1図)^{37,39,48)}, 寄生されたコナジラミ幼虫は, 4 齢中期まで発育するが, その後の発育は停止する³⁸⁾。これらの寄主齢期に産卵する場合, *E. formosa* は最も高い産卵率³⁹⁾, 羽化率を示し, 発育期間も短縮される³⁷⁾。また, *E. formosa* は, 既に寄生された寄主に 90% 以上の確率で産卵しないことも明らかにされている³²⁾。*E. formosa* はコナジラミ幼虫に産卵するだけでなく, 産卵管で幼虫の体表に穴を開け, その体液を吸収する習性がある^{1,9,15,39)}。これは, *E. formosa* 雌成虫が卵の発育に必要なタンパク質を摂取するための習性であろうと考えられている¹⁵⁾。摂食のために最もよく利用されるコナジラミの幼虫齢期は, 2 齢と 4 齢後期である(第1図)^{1,39)}。体液を吸収されたコナジラミ幼虫は多くのものが褐変し, 死亡する。また, *E. formosa* 成虫は, 栄養を摂取す

第1図 *E. formosa* 成虫がオンシツコナジラミの各齢期の幼虫に遭遇した時, 産卵する確率(折れ線グラフ)及び摂食する確率(棒グラフ)(NELL, et al.³⁹⁾)

るためコナジラミ幼虫の排出する甘露を摂食することが観察されている^{1,48)}。

E. formosa の寄生活動には種々の環境要因が影響を及ぼしている。WOETS は, オランダで *E. formosa* によるオンシツコナジラミの生物的防除が, 温室キュウリでは安定した防除効果が得られず, トマトでは成功する理由として, キュウリの葉裏の網目状の葉脈と長い刺毛が *E. formosa* の寄生活動を妨げるのに対し, トマトの葉裏は比較的滑らかで寄生活動に好適であることを指摘した⁵⁶⁾。*E. formosa* は高温でよく繁殖すると言われ⁴⁸⁾, 高温で寿命も長く産卵数も多くなり, 寄生率が高まる³⁶⁾。また, *E. formosa* の産卵活動は, 光条件により強く影響され, 3,150 lux 以下の光では完全に産卵が阻害されたと報告されている⁴⁵⁾。

III 温室内の寄主—寄生蜂相互作用系の 個体群動態

BURNETT は, 温室内での オンシツコナジラミ— *E. formosa* 相互作用系の個体群動態の特性と, その変動要因を実験的に解析した^{7,8,10,11)}。彼が行った実験は, 寄主植物を頻繁に入れ替えて常に一定の条件に保ったこと, 温度条件が 25°C 前後の恒温であったことなど, 重要な点で現実の温室栽培とは環境条件が異なっており, その

実験から得られた理論をそのまま実際の生物的防除に当てはめるのは問題があるが、本格的な個体群生態学的研究として参考にするべき点が多い。

BURNETT の得た結論は次のように要約される。①両種の個体群密度は、しだいに振幅を大きくしながら振動を繰り返す。②個体群の変動要因は、高密度時の寄生者による寄生若令幼虫の死亡と、それに伴う寄生者の個体群の激減である。③個体群の振動の振幅は、初期の両種の密度が高いほうが、また、年齢構成が単純なほうが大きい。

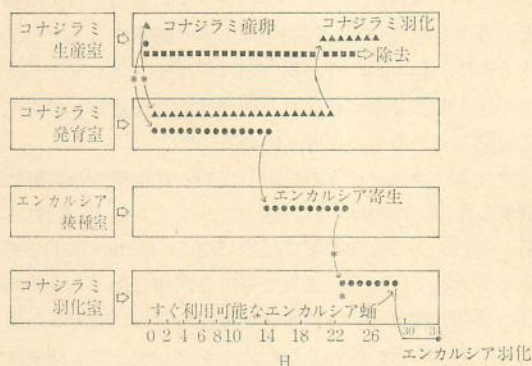
E. formosa によるオンシツコナジラミの生物的防除は、初期の少数の天敵の導入により以後低い密度で両者の相互作用系を保つ方法である。オンシツコナジラミの過度の増加を防ぐには、個体群変動の振幅を小さくすればよいから、BURNETT の理論から言って、*E. formosa* は寄主の密度が低い時に少数を多数回導入するのが適当であると考えられる。

オランダの LENTEREN ら³¹⁾ は、大規模温室のトマト (6,500 m², 18,000 株) に発生したオンシツコナジラミに *E. formosa* を数回導入し、両種の個体群変動と分布の変化を調べた。その結果、やはり両種の個体群はともに振動を繰り返した。オンシツコナジラミ個体群の分布は集中的で、最初に局所的に存在していた株を中心に周囲に広がっていく傾向が見られた。また、*E. formosa* は、寄主密度が極めて低かったのにもかかわらず高い寄生率を示した。結論として、個体群の変動を安定化させるには、*E. formosa* は空間的に均一に、また、多数回導入しなければならないものと考えられる。

IV 大量増殖・貯蔵

イギリスの温室作物研究所では、栽培農家向けに、生物的防除に利用する天敵増殖法の手引きを出版している²⁾。これによると *E. formosa* の増殖法として、規模に応じて三通りの方法が示されている。寄主植物としては、いずれもタバコ (品種ホワイトバーレイ) を利用している。12,000 m² 以上の温室を持つ大規模農家向けの増殖法では、4室のガラス室 (各 3×2.4 m) を利用して、毎週6鉢の鉢植えタバコを寄主植物として導入し、週10万個の寄生蜂マミーを生産することができるという。これは約 50,000 m² の温室トマトに一度に施用する分量である。第2図に示すように、コナジラミ生産室で1日間コナジラミに自由に産卵させた鉢植えタバコは、2週間コナジラミ発育室に置かれ、コナジラミが *E. formosa* の寄生に適当な4齢前期にまで発育すると、エンカルシア接種室に移されて9日間 *E. formosa*

に産卵させる。更にコナジラミ羽化室に移されて、*E. formosa* の寄生を免れて羽化してきたコナジラミ成虫が取り除かれる。これらすべての飼育室は、21°C 恒温に保たれていることが必要である。第2番目の方法では、1室または2室のガラス室を利用して、週当たり 15,000~20,000 個の寄生蜂マミーが生産可能である。高さ 30 cm 程度の鉢植えトマト 10 鉢に対し、コナジラミに寄生されたタバコ 1 鉢を配置してコナジラミに産卵させ、2週間後 *E. formosa* を導入すれば数日後寄生蜂マミーが得られる。第3番目の方法は、第2番目の方法の簡便法で、飼育にガラス室ではなく、飼育箱 (60×60×90 cm) を利用する。飼育中の余分なオンシツコナジラミ、*E. formosa* の除去には、dichlorvos によるくん蒸が適当である。SCOPES⁴⁴⁾ は、*E. formosa* マミーの生産コストを1週間当たり 50 万個生産するのに 39 ポンドと計算した。このコストでは温室キュウリ 1 エーカーに施用するのに 2 ポンド必要である (単純計算では 1,000 m² に施用するのに 250 円と換算できる)。



- ▲ コナジラミのストックを保持するためのタバコ
- *E. formosa* 蛹を生産するためのタバコ
- コナジラミ成虫の食餌用タバコ
- * dichlorvos によるくん蒸

第2図 *E. formosa* 蛹の生産スケジュール (ANON²⁾)

大量増殖で得られた *E. formosa* 蛹は低温貯蔵でき、羽化を遅らせることができる。10°C 恒温では 41~50 日生存するが、羽化率はせいぜい 30% である⁴⁷⁾。12~13°C 恒温では 36~43 日後に 50~60% が羽化する⁴⁶⁾。13°C で 20 日置いてから 22°C の温室で保存すると 68% が羽化する⁴⁷⁾。なお、*E. formosa* マミーの生存率は、25~90% R. H. の湿度の範囲ではほとんど影響されないことも報告されている⁴⁷⁾。

E. formosa 蛹の栽培農家への供給は、イギリス、オランダともに主として民間会社を通じて行われている模様である。イギリスでは Perifleur Limited ほか 1 社

が^{3,4)}、オランダでは Koppert という民間会社が⁵⁷⁾、*E. formosa* の大量増殖に当たっている。

V 施用方法と防除効果

E. formosa は、1930 年代から既に温室に発生するオンシツコナジラミの防除に利用されていたが、安定した防除効果を得るための施用方法は開発されていなかった。農業一辺倒の防除体系に伴う種々の弊害を回避するため、イギリスの温室作物研究所では、温室の害虫の防除体系へ生物的防除を取り入れることの重要性和有用性を強調し続けてきた^{23,27,42,43)}。*E. formosa* によるオンシツコナジラミの防除試験も、1960 年代の後半から現在に至るまで精力的に行われている。現在ヨーロッパ各国で採用されている *E. formosa* の施用方法は、この研究所で開発された方法を基本にしており、好適な環境条件で適当な方法で施用すれば安定した防除効果が期待できる。

この研究所で開発された、*E. formosa* の施用法は 3 通りに大別できる。最初に開発された方法は “pest in first” method と呼ばれる方法で、*E. formosa* を導入する前にあらかじめ少量のオンシツコナジラミを植物に寄生させておくやり方である。この方法は、コナジラミを人為的に導入するのであまり栽培農家には好まれない。そこで開発されたのが “dribble” method で、*E. formosa* は温室内でコナジラミの発生が確認された直後

から数回、またはコナジラミの発生の有無にかかわらず定植直後から数回導入される。キュウリ、トマトの場合の上記の 2 方法の詳細は第 2 表に示した。最近では “banker” plant の利用が試みられている。“banker” とは、*E. formosa* に寄生されたオンシツコナジラミ蛹の存在している植物で、寄生を免れたコナジラミ蛹も少量存在している必要がある。“banker” を一度導入するだけで、最初から安定した寄主-寄生者の相互作用系を保つことができる。

現在、ヨーロッパで最も利用されているのは、コナジラミの発生確認後数回導入する方法である。この方法が利用される最大の理由は、栽培農家がコナジラミの人為的導入を好まないためである。しかし、導入後羽化する *E. formosa* 成虫の生存と産卵を保証するという点では、“pest in first” method や “banker” plant method のほうが明らかに優れている。また、*E. formosa* の導入開始時期が遅れると防除が失敗することも欠点とされている。

これまで、世界各国で数多くの *E. formosa* によるオンシツコナジラミ防除試験の結果が報告されている^{12,13,19,20,40,41,50,55)}。その一例として、第 3 表にスウェーデンにおける 1976 年度の防除試験の内容と結果を示した。興味あることに、これまで温室キュウリでの防除試験はイギリスでは成功し実用化されているが、オランダ・北欧諸国では十分な防除効果が得られず、実用化までに至って

第 2 表 温室作物研究所の考案した *E. formosa* の導入方法 (ANON^{3,4)})

作物	‘pest in first’ 法	‘dribble’ 法
キュウリ	定植直後に 5 株ごとに 10 個のコナジラミ蛹を設置。14 日後同じ場所に 100 個ずつの <i>E. formosa</i> 蛹を導入	定植直後から 2 週間間隔で 40 株ごとに 320 個の <i>E. formosa</i> を導入。新しい <i>E. formosa</i> 蛹が出現するまで繰り返し導入
トマト	定植直後に 100 株ごとに 10 個のコナジラミ蛹を設置。同じ場所に 3 週間後に 150 個、5 週間後に 150 個、9 週間後に 75 個の <i>E. formosa</i> 蛹を導入	定植直後、またはコナジラミ発生確認直後から 2 週間間隔で 100 株ごとに 100 個の <i>E. formosa</i> 蛹を導入。新しい <i>E. formosa</i> 蛹が出現するまで繰り返し導入

第 3 表 スウェーデンでの *E. formosa* 防除試験 (EKBOM¹²⁾)

作物名	温室面積 (m ²)	コナジラミ成虫初期密度 (100 m ² 当たり)	<i>E. formosa</i> 放飼回数	1 回当たり放飼密度 (株当たり)	すす病汚染率
トマト	1,100	1.8	2	1.0, 1.0	0
	750	9.3	2	1.7, 1.7	5
	400	1.75	2	1.0, 1.0	0
	1,000	1.7	2	1.9, 1.9	0
キュウリ	990	14.0	3	4.3, 4.3, 4.3	0
	1,000	0.03	3	4.2, 8.4, 4.2	2.4
	1,000	10.4	2	6.2, 6.2	0
	750	8.1	2	10.0, 10.0	96
	750	1.75	3	4.45, 8.9, 4.45	81

いない。トマトの場合は、コナジラミの発見直後から株当たり 1~2 匹(1,000 m³ 当たり 2,000~4,000 匹)の *E. formosa* を数回導入することにより、数か月にわたってコナジラミ個体群を低密度に保つことが可能である。

E. formosa の防除効果には、様々な要因が関連している。高い防除効果をあげうる条件としては、おおまかに次の 3 項目に集約される。第 1 に、*E. formosa* を導入する時の両種の密度が、それ以後安定した作用系を保つのに適当であること、第 2 には導入した *E. formosa* が、産卵対象となりうるオンシツコナジラミ幼虫を発見できるように、両種の個体群を時間的・空間的に一致させること、第 3 に *E. formosa* が寄生活動を行いやすい物理的環境条件を保つことである。

E. formosa を導入する際のオンシツコナジラミの密度が高過ぎると防除に失敗する事実は、既に多くの研究者により指摘されている^{12,13,22,28,50}。これは個体群変動の振幅が大きくなることと、通常の温室内の温度条件では寄主のほうが増殖速度が速いため、少数の寄生者では寄主の増加を押え切れなためであろう。また、多数のオンシツコナジラミに寄生された植物は、排出された甘露によって覆われるが、これは *E. formosa* の寄生活動に著しい障害になる^{24,27}。STENSETH^{50,51} は、温室トマトではコナジラミ成虫の初期密度が 1 匹/株以下の場合、*E. formosa* は 2 匹/株の密度で導入すればよいとしている。スコットランドで行われた試験では、*E. formosa* を 1 匹/株の密度で 2~3 回導入すると、コナジラミ成虫の初期密度が 0.5 匹/株を超えたときは防除に失敗したと報告されている¹³。

E. formosa の施用方法の決定には、温室内のオンシツコナジラミ個体群の性質を考慮する必要がある。株間のオンシツコナジラミ個体群の分布は集中的で、いわゆる“ポケット”タイプの寄生をすることが知られている³¹。このような寄主分布の特性を考慮すると、*E. formosa* はなるべく均一に導入する必要があることが示唆される^{27,40,42}。

オンシツコナジラミの個体群は、通常温室内ではすべての齢期が同時に存在する、いわゆる世代の重なり合った個体群である。ところが、*E. formosa* にとって、産卵に好適な寄主齢期は 3 齢と 4 齢であるから、それ以外の齢期のオンシツコナジラミは *E. formosa* の寄生を一応免れることになる。したがって、*E. formosa* 個体群導入に際しても、羽化時期の異なる個体が混在しているほうが高い防除効果をあげることができるであろう。そのためには 2 通りの方法が考えられる。まず、羽化時期のそろった *E. formosa* 個体群を数回導入する方法がある。

STENSETH^{50,51} は、両種の発育日数と *E. formosa* 成虫の寿命のデータを基礎に、夜 18°C・昼 24°C の温度条件では 12 日間隔で 2 回導入すればよいと主張している。もう一つの方法は、導入回数を 1 回として、羽化時期の異なる *E. formosa* を混在させた個体群を導入する方法で、アメリカでポインセチアのような栽培期間の短い植物に施用する際の方法として提案されている²²。

E. formosa の増殖、寄生活動に及ぼす環境条件のうち、最も重要であると考えられるのは温度条件である。一般には、夜間は最低 13°C、昼間は 23°C の温度条件が必要とされている。トマトの場合、ヨーロッパでは、我が国と異なり作期は春から秋が普通であり、この条件によく当てはまる。我が国の場合、抑制栽培では特に問題はないものと思われる。しかし、促成及び半促成栽培では、秋に定植して春に収穫する関係上、越冬期には夜間の最低気温は 10°C 前後であり、*E. formosa* の寄生活動に影響する可能性が考えられる。しかし、オランダでの大規模な防除試験では、夜間 11°C・昼間 16°C の悪条件でも生存し続けており³¹、今後実地の検討が必要であろう。そのほか日中の相対湿度が平均 70% 以上の高湿度条件では、しばしば防除に失敗することがスウェーデンの防除試験で報告されている¹²。

E. formosa はイギリス、オランダでは既に実用技術として普及し、その他のヨーロッパ諸国でも実用化段階にある。イギリス、オランダでの *E. formosa* 利用状況

第 4 表 イギリスにおける *E. formosa* の利用状況 (WOETS and LENTEREN⁵⁷)

年次	<i>E. formosa</i> を施用している温室の面積比率 (%)	
	キュウリ	ト マ ト
1976	27	16
1977	43	27
1978	40	32

第 5 表 オランダにおける *E. formosa* の利用状況 (トマトのみ) (WOETS⁵⁴, WOETS and LENTEREN⁵⁷)

年次	温 室 総面積 (ha)	<i>E. formosa</i> を施用し ている温室の総面積 (ha)	<i>E. formosa</i> の 利用率 (面積の%)
1971	2,430	4	—
1972	2,290	20	1
1973	2,040	120	5
1974	2,090	400	20
1975	2,060	600	30
1976	—	600	—
1977	—	600	—
1978	2,000	530	25

は、第 4, 5 表に示すとおりである。1978 年現在、イギリスでは、加温温室で栽培されるキュウリの 40% とトマトの 32% で、オランダでは温室トマトの 25% で利用されている。

我が国で、*E. formosa* 利用によるオンシツコナジラミ防除の実用化を図るには、既に実用化している諸国との栽培方法、環境条件などの差異について十分検討する必要がある。また、*E. formosa* の導入方法としては、オンシツコナジラミの発生確認直後から数回導入する方法が最も受け入れやすいものと思われるが、この方法で確実に防除するには、低密度のオンシツコナジラミの個体数推定法の確立と、*E. formosa* の施用密度、施用方法についてのより厳密な研究が必要である。生物的防除では、天敵は害虫を抑圧すると同時に、その生存そのものを害虫に依存している。したがって、施設内のオンシツコナジラミと *E. formosa* の個体群を相互作用系として捕らえた個体群生態学的研究を進展させなければならない。

VI *E. formosa* と農薬の併用

施設内で栽培される作物には、種々の病害虫が発生する。オンシツコナジラミを *E. formosa* を利用して防除する場合、他の病害虫の防除に施用される農薬が、*E. formosa* の活動を妨げることのないように注意を払わねばならない。

E. formosa の活動を妨げないようにするには、まず、*E. formosa* に毒性の低い選択性殺虫剤の利用が考えられる。HELGESEN と TAUBER²¹⁾ は、ある作物を加害する複数の害虫を防除するため天敵と殺虫剤を併用する場合、殺虫剤の具備すべき性質として、特定害虫に対して毒性を示すこと、天敵に対して無害であること、天敵の食餌となる害虫に対して無害であることの三つを挙げた。ここで 3 番目に挙げられている性質は普通あまり考慮されないが、天敵と害虫の相互作用系を攪乱すべきではないという観点からみて、強調されるべきであろう。これらの条件によく当てはまるものとして、アブラムシの防除に利用される pirimicarb が挙げられる。この薬剤は温室内で現在生物的防除に利用されている 2 種類の重要天敵、チリカブリダニと *E. formosa* に低い毒性を示すだけでなく、ナミハダニ、オンシツコナジラミにも無害である²¹⁾。pirimicarb は現在、イギリス、オランダ両国で温室キュウリ、トマトの防除体系に組み込まれている^{17, 56)}。

オンシツコナジラミのみが高密度で発生している場合には、コナジラミに有効で *E. formosa* には無害な殺虫剤の利用が考えられる。最近イギリスの温室作物研究所

で試験中の, resmethrin と pyrethrin の混合剤は、比較的残効性が低く、*E. formosa* の蛹に無害で、オンシツコナジラミの蛹以外のすべてのステージに有効であることが確認されている。1976 年に行われた防除試験では、この薬剤でくん蒸してから *E. formosa* を導入し、更に 2 回くん蒸することによって、トマトに寄生した高密度のオンシツコナジラミ（葉当たり成虫 80 匹）を抑圧することができたと報告されている。カナダでは低濃度の quinomethionate がオンシツコナジラミに対し高い殺卵効果を示すのに対し、*E. formosa* の成幼虫に毒性が低いことから、*E. formosa* の施用と併用して、キュウリのオンシツコナジラミの防除に成功している³⁵⁾。このほか、nicotine や pyrethrin などアメリカで利用が検討されている³⁴⁾。しかし、このタイプの薬剤は、*E. formosa* の蛹には低毒性であっても成虫には有害のものが多く、*E. formosa* 個体群の齡構成を均一化させること、すべてのステージのオンシツコナジラミに有効ではないことなどから、濫用は慎むべきであり、*E. formosa* による防除効果を主体に考えて、コナジラミが高密度に発生している場合だけに使用を限定すべきであろう。

E. formosa を導入して十分な防除効果をあげるためには、導入時のコナジラミが高密度であってはならない。そのため、*E. formosa* を導入する以前にあらかじめ薬剤を散布して、コナジラミの密度を下げておく方法が考えられる。この場合、使用される殺虫剤は残効性が低ければ、特に *E. formosa* に無害である必要はない。イギリスの温室作物研究所では、最近 resmethrin と pyrethrin の混合剤及び pirimiphos-methyl を使って防除試験を進めている。

その他、施用方法を工夫することによって、*E. formosa* に無害となる場合もある。diazinon は通常の散布方法では有害であるが、土壌灌注すれば *E. formosa* には低毒

第 6 表 *E. formosa* に無害な殺虫剤 (LEDIEU, 私信)

殺 虫 剤	施用方法	<i>E. formosa</i> に対する毒性	
		蛹	成虫
<i>Bacillus thuringiensis</i>	通常散布	—	S*
diazinon	土壌施用	S	—
diflubenzuron	通常散布	—	S
γ -BHC	土壌施用	S	—
nicotine	通常散布	S	H**
nicotine	くん 蒸	S	H
pirimicarb	通常散布	S	I***
pirimicarb	土壌施用	S	—
PHC	くん 蒸	S	—
resmethrin/pyrethrin	ULV 散布	S	—

* 無害, ** 有害, *** やや有害

第 7 表 イギリスにおける温室キュウリの病害虫防除計画 (GOULD⁴⁷⁾)

病 害 虫	防 除 方 法
ハエの 1 種 <i>Tyrophagus longior</i> ナミハダニ <i>Tetranychus urticae</i> オンシツコナジラミ <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	定植前の parathion 土壌施用 チリカブリダニ放飼 <i>Encarsia formosa</i> 放飼
ネギアザミウマ <i>Thrips tabaci</i> ワタアブラムシ <i>Aphis gossypii</i> キュウリうどんこ病 <i>Sphaerotheca fuliginea</i>	育苗ベットへの γ -BHC, diazinone の土壌施用 pirimicarb 散布 dimethirimol, benomyl の株元土壌施用

第 8 表 オランダにおける温室トマトの害虫防除計画 (WOETS⁵⁴⁾)

害 虫	防 除 方 法
オンシツコナジラミ <i>Trialeurodes vaporariorum</i> ナミハダニ <i>Tetranychus urticae</i> ハモグリバエの 1 種 <i>Liriomyza bryoniae</i>	<i>Encarsia formosa</i> の放飼 チリカブリダニ放飼, cyhexatin, dicofol 散布 <i>Encarsia formosa</i> 放飼前 の malathion 散布, 被害葉の除去

性であると報告されている。

第 6 表に、*E. formosa* に無害な殺虫剤を示した。これは 1977, 78 年度のイギリスでの試験結果である。なお、ここには示さなかったが, tetradifon, dicofol, benomyl, TPN, captan, zineb などの主要な殺ダニ剤, 殺菌剤は *E. formosa* には無害であることが確認されている。

第 7, 8 表はイギリス, オランダ両国で栽培農家に提案しているキュウリ, トマトの病害虫の防除計画である。いずれも天敵と農薬の効果の併用が考慮されている。

VII 施設栽培における薬剤防除の 限界と生物的防除の重要性

現在施設栽培における生物的防除は、世界的に拡大傾向にある。これは、ハダニ類やオンシツコナジラミなどの主要害虫の薬剤防除が困難になってきていること、また、施設での農薬の多用は、保健衛生上からみても好ましくないことなどの理由によっている。

施設で使用できる薬剤の種類は著しく制限されている。施設野菜は主に生食に供され、しかも、収穫期が長期にわたるため、残留性の薬剤は使用が制約されるか、もしくは禁止されている。また、閉鎖環境のため、人畜毒性の強い薬剤も使用できない。

一方、施設で栽培される作物は、一般に商品価値の高

いものが多い。そのため被害の許容程度が低く、しばしば徹底的な防除が要求され、薬剤を繰り返し散布することになる。また、温室内の主要害虫は一般に繁殖力が高いので、天敵のいない好適な条件下でも容易に増殖する。その結果、施設内での殺虫剤施用は、害虫の殺虫剤抵抗性の発達を促す可能性が大きいものと考えられる。

生物的防除の実用化は、薬剤の使用量・頻度を減らすことになり、薬剤抵抗性問題を回避することができ、また、安全性の面からも好ましい。また、周囲から隔離され、物理的環境条件の安定した施設内は天敵の増殖に好適な環境であり、生物的防除にとって有利と考えられる⁵²⁾。

イギリスとオランダでの生物的防除の成功に刺激されて、他のヨーロッパ諸国でも生物的防除の実用化が進みつつある。施設栽培の先進国である、ヨーロッパ諸国でのこのような生物的防除への指向は、それぞれが永年の経験から出た結論であることを考慮すれば、これからの我が国の進むべき方向を暗示しているものと考えられる。我が国においても、今後早急に実情に適合した形で生物的防除は進められるべきであろう。

E. formosa は、施設内の害虫の生物的防除に利用される天敵としては、チリカブリダニとともに当面最も実用性が高いものと考えられる。我が国で *E. formosa* を実用化するためには、その利用法、大量増殖、供給システムの確立が不可欠で、そのための基礎研究の進展が急務であることを最後に強調したい。

筆を置くに当たり、原稿を御批判いただいた腰原達雄室長、口絵写真を撮ってくださった田中 清枝官に心から御礼申し上げる。

引 用 文 献

- 1) ALPHEN, J. J. M. VAN et al, (1976) : Proc. 3rd Conf. on Biol. Control Glasshouses, O. I. L. B./S. R. O. P., Antibes, France : 167~169.
- 2) ANON. (1975) : Growers' Bulletin No. 2. Glasshouse Crops Research Institute, Littlehampton, Sussex.
- 3) ——— (1976) : Growers' Bulletin No. 1. Glasshouse Crops Research Institute, Littlehampton, Sussex.
- 4) ——— (1976) : Growers' Bulletin No. 3. Glasshouse Crops Research Institute, Littlehampton, Sussex.
- 5) BROUWER, W. M. T. B. J. DE (1976) : Ann. Rep. Glasshouse Crops Res. Exp. Stn., Naaldwijk. 1973 & 1974 : 86~87.
- 6) BURNETT, T. (1949) : Ecology 30 : 113~134.
- 7) ——— (1960) : Can. J. Zool. 38 : 57~75.
- 8) ——— (1960) : ibid. 38 : 1063~1077.

- 9) ——— (1962) : Can. Entomol. 94 : 673~679.
- 10) ——— (1964) : Can. J. Zool. 42 : 745~765.
- 11) ——— (1967) : ibid. 45 : 539~578.
- 12) EKBOM, B. S. (1977) : Z. ang. Ent. 84 : 145~154.
- 13) FOSTER, G. N. and A. KELLEY (1978) : Hort. Res. 18 : 55~62.
- 14) GAHAN, A. B. (1924) : Proc. U. S. Nat. Mus. 65 (2517) : 1~23.
- 15) GERLING, D. (1966) : Ann. Ent. Soc. Amer. 59 : 142~143.
- 16) GOULD, H. J. (1971) : Pl. Path. 20 : 149~156.
- 17) ——— (1976) : Proc. 3rd Conf. on Biol. Control Glasshouses, O. I. L. B./S. R. O. P., Antibes, France : 5~8.
- 18) ——— (1977) : Pl. Path. 26 : 57~60.
- 19) ——— et al. (1975) : Entomophaga 20 : 285~292.
- 20) HELGESEN, R. G. and M. J. TAUBER (1974) : Can. Entomol. 106 : 1175~1188.
- 21) ——— (1974) : Environ. Entomol. 3 : 99~101.
- 22) ——— (1977) : Proc. Symp. XV Int. Congr. Ent., ARS-NE-85 : 71~73.
- 23) HUSSEY, N. W. (1965) : Ann. appl. Biol. 56 : 347~350.
- 24) ——— and L. BRAVENBOER (1971) : Biological Control. Ed. C. B. HUFFAKER, Plenum Press, New York : 195~216.
- 25) ——— et al. (1969) : The Pests of Protected Cultivation., Edward Arnold, London, 404pp.
- 26) ——— et al. (1976) : Proc. 3rd Conf. on Biol. Control Glasshouses O. I. L. B./S. R. O. P., Antibes, France : 115~120.
- 27) ——— and N. E. A. SCOPES (1977) : Biological Control by Augmentation of Natural Enemies. Ed. R. L. RIDGWAY and S. B. VINSON, Plenum Press, New York : 349~377.
- 28) KOWALSKA, T. and S. PRUSZYNSKI (1976) : Proc. 3rd Conf. on Biol. Control Glasshouses, O. I. L. B./S. R. O. P., Antibes, France : 30~33.
- 29) LEDIEU, M. S. (1976) : ibid. : 121~137.
- 30) ——— (1977) : Proc. Symp. XV Int. Congr. Ent., ARS-NE-85 : 75~80.
- 31) LENTEREN, J. C. VAN et al. (1976) : Proc. 3rd Conf. on Biol. Control Glasshouses, O. I. L. B./S. R. O. P., Antibes, France : 125~137.
- 32) ——— et al. (1976) : Ent. exp. & appl. 20 : 123~130.
- 33) ——— et al. (1976) : Z. ang. Ent. 81 : 377~380.
- 34) LINDQUIST, R. K. (1976) : Proc. 3rd Conf. on Biol. Control Glasshouses, O. I. L. B./S. R. O. P., Antibes, France : 1~4.
- 35) McCLANAHAN, R. J. (1970) : J. Econ. Ent. 63 : 599~601.
- 36) MILLIRON, H. E. (1940) : Mich. Agr. Exp. Stn. Bull. 173 : 1~23.
- 37) NECHOLS, J. R. and M. J. TAUBER (1977) : Environ. Entomol. 6 : 143~149.
- 38) ——— (1977) : ibid. 6 : 207~210.
- 39) NELL, H. W. et al. (1976) : Z. ang. Ent. 81 : 372~376.
- 40) PARR, W. J. (1968) : Rep. Glasshouse Crops Res. Inst. 1967 : 137~141.
- 41) ——— et al. (1976) : Ann. appl. Biol. 83 : 349~363.
- 42) ——— and N. E. A. SCOPES (1971) : N. A. A. S. Quar. Rev. 91 : 113~121.
- 43) ——— (1971) : A. D. A. S. Quar. Rev. 3 : 101~108.
- 44) SCOPES, N. E. A. (1969) : Pl. Path. 18 : 130~132.
- 45) ——— (1973) : Proc. 2nd Conf. on Biol. Control Glasshouses, O. I. L. B./S. R. O. P., Littlehampton, England : 53~54.
- 46) ——— and S. M. BIGGERSTAFF (1971) : Pl. Path. 20 : 11~16.
- 47) ——— et al. (1973) : ibid. 22 : 189~193.
- 48) SPEYER, E. R. (1927) : Bull. Ent. Res. 17 : 301~308.
- 49) STACEY, D. L. (1977) : Pl. Path. 26 : 63~66.
- 50) STENSETH, C. (1976) : Proc. 3rd Conf. on Biol. Control Glasshouses, O. I. L. B./S. R. O. P., Antibes, France : 104~114.
- 51) ——— (1977) : Proc. Symp. XV Int. Congr. Ent., ARS-NE-85 : 65~69.
- 52) TAUBER, M. J. (1977) : ibid. : 95~96.
- 53) WARDLOW, L. R. et al. (1972) : Nature 239 : 164~165.
- 54) WOETS, J. (1976) : Proc. 3rd Conf. on Biol. Control Glasshouses, O. I. L. B./S. R. O. P., Antibes, France : 34~38.
- 55) ——— (1976) : Ann. Rep. Glasshouse Crops Res. Exp. Stn., Naaldwijk. 1973 & 1974 : 87~91.
- 56) ——— and J. C. VAN LENTEREN (1976) : Proc. 3rd Conf. on Biol. Control Glasshouses, O. I. L. B./S. R. O. P., Antibes, France : 151~164.
- 57) ——— (1979) : STING No. 2, May 1979.

オンシツコナジラミで伝搬される「キュウリ及びメロン黄化病」

埼玉農林部経営普及課 吉 野 正 義
 東京大学農学部 山下 修一・土居 養二
 埼玉農園芸試験場 與良 清 嶋 嶺 豊

昭和 52 年の晩秋以降、北関東地方利根川流域の埼玉
 県北東部及び群馬県東南部の施設栽培キュウリに、こつ
 然として葉が黄化し、草勢が衰弱する障害が大発生して
 著しい減収を招いた。ときあたかも暖秋冬の気象経過で
 あったため、気象推移に合致しない水管理や肥培管理な
 どが発生原因として取りざたされたが確証を得るに至ら
 なかった。この障害は黄化葉またはまだら葉と俗称され
 ていたが、翌 53 年にも両県のほか近県のキュウリ産地
 に発生が拡大した。しかし、発生程度は前年に比べて軽
 症のものが多かった。時を同じくして、同様の障害は、
 埼玉県内約 20 戸の温室メロン、更に施設イチゴの後作
 ハウスメロンにも散発していることが確認された。しか
 しながら、依然としてその発生原因は不明の状態にあり
 、産地維持・生産安定の観点から原因究明と対策樹立
 が焦びの急として要請された。施設における本障害の発
 症過程を詳しく観察したところ、後述するように虫媒伝
 搬性ウイルスに起因すると推測された。そこで、この
 方面から原因究明を行った結果、オンシツコナジラミ
 (*Trialeurodes vaporariorum* WESTWOOD) が媒介する
 我が国未記載の新しいウイルス病であることが判明し、
 病名をキュウリまたはメロン黄化病、病原をキュウリ黄
 化ウイルス (Cucumber yellows virus) と呼ぶことと
 した^{14,15)}。本病の媒介昆虫は昭和 49 年に広島県で発見
 された侵入害虫であるが¹⁷⁾、食餌植物が広範囲に及び増

殖力も盛んなこと、しかも薬剤抵抗性を有するため¹⁸⁾、
 短期間に国内全域に発生地域が拡大し、野菜類や花類の
 重要害虫として定着したことは記憶に新しい。したがっ
 て、本病の発生地域も急速に拡大する懸念もあるので、
 以下に現在までに得られた知見の概要を紹介したい。

I 発 生 状 況

埼玉・群馬両県の施設栽培キュウリにおける黄化病の
 発生状況は第 1 表のとおり、昭和 52 年秋期には初めハ
 ウス抑制栽培に収穫後半の 10 月中旬から発生が認めら
 れ、続いてハウスまたはガラス室の越冬栽培のものに収
 穫前後の 11 月中旬から発生し始めた。その後しだいに
 葉の黄化が進展して、ほとんどの施設で翌年の 1～2 月
 にかけて全株が黄変・巻葉症状を呈して側枝の伸長が全
 く停止したため、2 月末ないし 3 月上旬には収穫切り
 を余儀なくされ、推定減収量は 30% 以上と見込まれ
 た。促成栽培では 1～2 月から発病をみたが、越冬栽培
 に比べて被害程度は少し軽く、3 月以降の収量減は 10
 % 前後であった。昭和 53 年の秋期から 54 年の冬・
 春期にかけてもほぼ同様の発生経過をたどったが、全般
 的に前年に比べて軽症のものが多かった。しかし、両県
 ともに発生地域の拡大をみたほか、栃木・茨城・千葉・
 長野県にもそれぞれ発生が確認されるに至った。半促成
 栽培及びトンネル早熟栽培では今のところ発生程度は軽

第 1 表 埼玉・群馬両県におけるキュウリ黄化病の発生概況

作 型	主な発生 市町村 年次	埼 玉 県	群 馬 県	主 要 栽培品種
		加須市・騎西町・行田市・川里村・ 羽生市・大利根町	館林市・明和町・邑楽町・板倉町	
抑 制	52～53 53～54	165 ha (60%), 多 85 ha (30%), 中～軽	90 ha (50%), 多 45 ha (30%), 中～軽	光 3 号 P 型 夏秋節成
越 冬	52～53 53～54	60 ha (100%), 甚 45 ha (80%), 中	37 ha (100%), 甚 40 ha (90%), 多～中	光 3 号 P 型 王金越冬
促 成	52～53 53～54	155 ha (70%), 多～中 70 ha (20%), 軽	120 ha (60%), 多～中 30 ha (20%), 軽	光 3 号 P 型 王金促成

注 施設の発生面積 (発生面積率)、発生程度を示す。

く、被害は問題視されていない。なお、愛知県の越冬栽培キュウリには、本病の症状と酷似する障害が昭和52年から発生しているが、その原因は水及び肥培管理の欠陥に基づく生理障害と考えられている¹¹⁾。

温室メロンでは7～11月、特に9月以降に多発し、52年には50%以上の被害株率をみたガラス室もあった。普通は交配前後から発生し始めるが、早期に発症した株の果実は商品性を消失することが多い。キュウリと同じく53年の発生は少なく、多発したものでも10%未満の被害株率であった。

II 病徴及び被害

越冬栽培では通常、定植後の収穫始め前後から発症する。株の下位2～3葉は症状を呈することは少なく、第3葉以上の葉に発病し始めることが多い。初期病徴は大別して斑点型と黄化型が認められ、前者は葉脈間に退緑色、不整形の小斑点を多数生じ、多湿時には水浸状を呈する。後者は小斑点の形成が不明瞭で、葉脈間に不整形、斑紋状の退緑斑を生じ、苦土欠乏症や葉斑に似た症状を発現する。いずれの症状も進行すると脈間がしだいに黄変して鮮明な黄色を呈するが葉脈は緑色を長く保つ。発病末期の株は全葉が黄化して粗剛となり、葉縁を下方に巻く。株の萎縮や果実には特定の症状は認められないが、草勢が衰弱するため被害株は側枝の発生と伸長が著しく不良となり、また、根量も極めて少ない。したがって、着果数の減少や果実肥大が不良となり、20%以上の減少をみるほか、品質劣変果が増大する。発病初期の株や軽症株では全葉が黄化することなく、健全葉が混在したり、葉の支脈に限られた部分的黄化を表わすことが多い。温室メロンの病徴もキュウリと同様であるが、発病初期の退緑色小斑点の形成は顕著で、進展中の葉は黄色モザイク斑を示す。交配前ないしその直後から発病した株の果実は、肥大不良となるほかネットの形成をみないか、あるいはその形成が悪く、しかも熟果の糖度は低く商品価値を失う(口絵写真①～④)。

III 病原ウイルス

自然発病または虫媒接種によるキュウリ及び温室メロン病葉をDN法によって電顕観察するとコントラストの低い糸状粒子が検出される。粒子の大きさは幅約12nm、長さ900～1,100(平均1,000)nmで、らせんピッチは不明瞭である。また、病葉の超薄切片を詳細に電顕観察した結果、この糸状ウイルス粒子は維管束の各種篩部細胞、ときに木部柔細胞の細胞質に散在、あるいは凝集して存在することが確認され、表皮及び葉肉細胞内

には認められず維管束局在性であった。更に感染細胞には病原ウイルスの増殖に関係があると考えられるタンパク性結晶物と核酸様繊維を含む特殊小胞の増生が著しいこと、病葉の篩部は壊死を起し、また葉緑体はデンプンの滞積が認められること、などの所見が得られ¹⁰⁾、黄化症状は篩部の病変により葉の同化物質の転流阻害が主因となっているものと推定される(口絵写真⑤～⑦)。

IV 伝搬方法

1 汁液・種子・土壌及び接木伝染

自然発病のキュウリ及び後述の虫媒接種により発病した温室メロンの病葉を接種源とし、0.1Mリン酸緩衝液(pH 7.4)に0.02M亜硫酸ソーダ、0.01M 2-メルカプトエタノールまたは0.1%チオグリコール酸を添加して磨砕し、粗汁液をカーボンダム法により15科45種の植物に汁液接種した結果はすべて陰性に終わり、本ウイルスの汁液接種は不可能とみられる。

種子伝染の有無は、自然発病の温室メロン(アールスヘボリット)2果から採種したものを使用し、蒸気消毒土を詰めた植木鉢に播種して12葉期まで発病を観察した。その結果は、病果の種子0/86(無処理)、0/90(乾熱消毒)、健全果の種子0/23を示し、種子伝染は認められなかった。

次に本病の激発したキュウリのハウス土壌を採取し、①蒸気消毒(100℃、30分)、②室内風乾(65日)、③無処理に区分して植木鉢に詰め、乾熱消毒した温室メロンの種子を播種して発病の有無を試みた。結果は①0/25、②0/23、③0/24で土壌伝染は認められなかった。

カボチャ(新土佐)の本葉抽出期に、自然発病キュウリに着生しているオンシツコナジラミを約30頭/株、24時間放飼し、これを台木にして健全キュウリと温室メロンを呼接ぎした結果、約30日後に接ぎ穂のキュウリと温室メロンにそれぞれ3/5、6/6が発病した。次に接ぎ穂の温室メロン幼苗に同様に虫媒接種を行い、台木の健全カボチャ苗に割接ぎし、台木の側芽を伸長させて発病をみた結果、5/8が接ぎ木30～40日後に発症し本ウイルスの接木伝染が確認された。

2 虫媒伝染

自然発病または虫媒接種で発病したキュウリ及び温室メロンの病葉を24時間獲得吸汁させたモモアカアブラムシ及びワタアブラムシを、本葉1～2葉の健全キュウリ及び温室メロン苗に5～15頭/株移し、24～48時間接種吸汁させて発病をみた。なお、ワタアブラムシでは20～30分間絶食させて、獲得・接種吸汁をそれぞれ15～30分間とした試験も併せ行った。それらの実験は

すべて不成功に終わり、アブラムシ伝搬は認められない。

オンシツコナジラミによる伝搬試験は、自然発病キュウリ葉上に寄生したもの、または健全キュウリやナスで増殖した成虫を供試し、ウイルス接種源には自然発病または虫媒接種によって発病したキュウリ及び温室メロンの病葉を使用した。成虫を直接あるいは病葉を所定時間獲得吸汁させてから、本葉 1～2 葉の健全苗に 15～30 頭/株 放飼し、所定時間接種吸汁させて発病を試した。その結果は第 2, 3 表に示したように本ウイルスのオンシツコナジラミによる伝搬は明白で、キュウリと温室メロンの交互相種も可能であった。虫媒接種による潜伏期間は比較的長く 2～4 週間、通常は 20 日以上を要し、病徴は自然発病のものと同様、初期の葉脈間退緑色小斑点の形成、続いて脈間の黄化進展と巻葉の発現である。更にこれらの虫媒接種により発病した病葉について DN 法及び超薄切片による電顕観察した結果、前述の糸状ウイルス粒子の存在と組織病変を確認することができた。

第 2 表 自然発病キュウリ上のオンシツコナジラミによる黄化病の伝搬

接種植物	接種吸汁時間	病株数/接種株数
キュウリ	24 時間 48 無接種	14/16 7/10 0/15
キュウリ	24 無接種	9/10 0/10
マスクメロン	24 無接種	17/20 0/10

注 20～30 頭/株 接種

第 3 表 健全キュウリ及びナス上のオンシツコナジラミによる黄化病の伝搬

接種源	獲得吸汁時間	接種植物	病株数/接種株数	潜伏期間
キュウリ病葉	24 時間	キュウリ	12/17	14～28 日
		マスクメロン	10/12	15～28
マスクメロン病葉	24 48	キュウリ	3/5 6/10	20～30 18～30
	24 48	マスクメロン	4/5 5/8	20～28 18～30
キュウリ健全葉	24 48	キュウリ	0/5 0/5	
	24 48	マスクメロン	0/5 0/5	

注 15 頭/株 接種、接種吸汁時間は 48 時間

媒介昆虫によるウイルス伝搬様式は試験中であるが、現在までのところ接種頭数は 1 頭/株 でも低率ながら発病し、10 頭/株以上の接種により 50% 以上の高率発病となる。ウイルス獲得吸汁及び接種吸汁時間は最短 30～60 分以上、ウイルスの虫体保有日数は 3 日以内、などの中間成績が得られており、半永続型ないし永続型伝搬を行うものと推論される。

V 寄 主 範 囲

病原ウイルスの寄主範囲は汁液接種が不可能なため、オンシツコナジラミによる虫媒接種によって調べるほかに、したがって、いまだ不明確な点が少なくない。自然病株上の媒介昆虫を使用して鉢植えの各種植物に 20～30 頭/株、24～48 時間放飼して発病を試みした結果によると、ニンジン、レタス、トマト、ナス、ホウレンソウ、エンドウ、インゲンマメ、ダイズ、ソラマメ、スイカ、テンサイ、ツルナ、ペチュニア、センニチコウ、ヒヤクニチソウ、タバコ、*Chenopodium amaranticolor*, *C. quinoa*, *Nicotiana glutinosa*, *N. clevelandi*, *Datura stramonium* には発病は認められなかったが、キュウリ、マスクメロン(アールスメロン)、ハウスメロン(サファイア)、カボチャ(新土佐)、シロウリ(東京早生)は前述の病徴を発現した。しかし、発病をみなかった上記植物からのウイルス回収は未検定の状況にあるので、潜在感染植物の有無は明らかではなく更に確認を要する。なお、キュウリと同様な黄化症状を示す自然発病のハウスメロン(アムス)、カボチャ(新土佐)及びアレチウリ(*Sicyos angulatus*) 各 2 株からオンシツコナジラミによる温室メロンへの虫媒接種を行った結果、いずれの株からもウイルスが回収された。これらの成果からみると、本ウイルスの寄生範囲はウリ科植物に限られているらしい。

キュウリ及びメロン黄化病は、オンシツコナジラミによって媒介されるウイルス病であることは明らかで、CMV や WMV のようにアブラムシ伝搬はせず、また CGMMV のように種子や土壤伝染も行わない。ウリ類に発生する既知コナジラミ伝搬性ウイルス病は 3 種類報じられ^{1,3,12)}、これらと本病の諸性質を表示すれば第 4 表のとおりである。既知 3 種のウイルスは、いずれもウイルス粒子の形態が不明のため異同を比較することは困難であるが、Pumpkin yellow mosaic virus 及び Cucumber vein-yellowing virus は媒介昆虫がタバココナジラミ(*Bemisia tabaci* GENN.) であり、病徴に相違がみられ、後者は汁液接種が容易であること、また Beet pseudo-yellows virus とは媒介昆虫は同一であるが、寄主範囲が異なること、などからこれらとキュウリ黄化ウ

第4表 ウリ類に発生するコナジラミ伝搬性ウイルス病の種類と諸性質

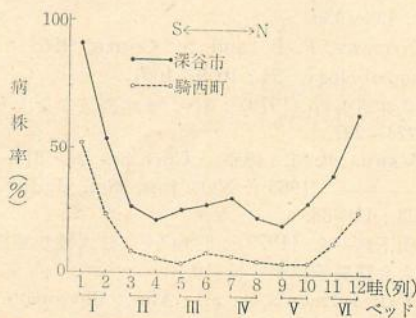
種類 (報告者)	Pumpkin yellow mosaic virus (VARMA, 1955) ^{12,13)}	Cucumber vein- yellowing virus (COHEN ら, 1960) ¹⁾ (HARPAZ ら, 1965) ⁴⁾	Beet pseudo- yellows virus (DUFFS, 1965) ³⁾	キュウリ黄化ウイル ス (山下ら, 1979)
項 目				
発 生 地	インド	イスラエル	アメリカ合衆国	日本
病 徴	葉のモザイク・葉脈 黄化	葉脈透明と黄化 株の萎縮	退緑色斑点・葉脈間の 黄化・株の萎縮	退緑色斑点・葉脈間の 黄化・巻葉
媒 介 昆 虫 (伝 搬 様 式)	タバココナジラミ (?)	タバココナジラミ (半永続型)	オンシツコナジラミ (永続型)	オンシツコナジラミ (半永続～永続型?)
寄 主 範 囲	セイヨウカボチャ・ ニホンカボチャ <i>Cit. fistula</i> <i>Luf. actanglata</i>	キュウリ・マスクメロ ン・スイカ・セイヨウ カボチャ・ユウガオ <i>Cit. colocynthis</i>	キュウリ・マスクメロ ン・ニホンカボチャ・ テンサイ・ニンジン・ レタス・ハウレンソウ・ タバコ・その他多数	キュウリ・マスクメロ ン・ニホンカボチャ・ シロウリ・アレチウリ・ その他?
アブラムシ伝搬	?	—	—	—
汁 液 接 種	?	+	—	—
ウイルス粒子の 形態	?	?	?	糸状 12×1,000 nm

イルス (CuYV) は別種と考えられる。

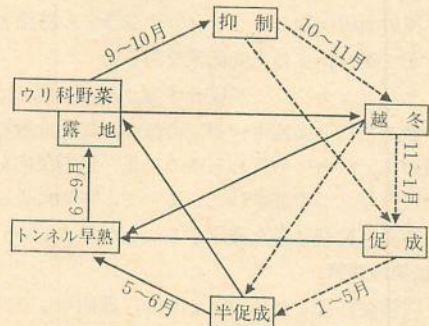
VI 伝染環及び発生環境

ハウス抑制及び越冬作型キュウリの発病経過を観察すると、施設の出入口やサイドなど開放・換気する外周部から発症し始め、以後は比較的急速に内部の株が発病する事例が多い。温室メロンでも出入口近くの株や窓寄りの畦に多発しやすい。第1図には越冬作型キュウリのハウス各3点 (約1,000m²) について、11月上～中旬に各畦60～80株の発病調査を行った結果を示した。このように外周部の株は早くから、しかも高率に発病する理由は、外部から飛来する媒介昆虫の着生機会が多いためと考えられる。換言すれば、第一次感染は施設に飛来するオンシツコナジラミのCuYV保毒成虫に基づくもの

であり、この作型での主要感染時期は定植後と推定される。本病の伝染環はキュウリ産地により相違はあろうが、北関東では8月上旬以降から翌年の7月上旬ごろまではほぼ周年、施設にキュウリが作付けされるので、この期間はキュウリ相互間で伝染環は持続する。しかし、盛夏期の約1か月間は施設での作付けが中断されるため、この間の伝染源の所在が明らかでない。媒介昆虫でCuYVが保持されるとは考えられず、農家が自家用程度に栽培する露地キュウリ、カボチャ、メロンなどのウリ科野菜によって伝染源が維持されているのではなかろうか (第2図)。一方、オンシツコナジラミの周年発生経過は、野外では盛夏期には発生密度がやや低下するが、初秋以降には漸増して10月下旬以降は気温の低下に伴って減少し始め、逆に施設内では増加傾向を示す。成虫及



第1図 発病初期におけるハウスの畦別病株率の相違 (昭53)



第2図 キュウリの作型と黄化病の推定伝染環
(破線は施設相互間)

び卵の野外越冬は可能であるが、主要な越冬場所は施設内の作物で、翌年の5～6月まで増殖を続け、その後は野外へ移動する。越冬作型に飛来する媒介昆虫は、野外から越冬場所へ移動する個体群及びハウス抑制作型から移動する個体群と想定される。

キュウリ品種間の発病差異は実証なく不明であるが、関東地方で作付けされる夏型雑種群の品種は、自然発病でみる限り品種間差異は認められない。作型では越冬〈抑制≧促成〉半促成の順に発病は少ない傾向にあり、接木の有無及び台木品種と発病の差異は全くみられない。播種期の早晚、その他の肥培管理と発病または被害の多少は明らかではないが、土壌管理、灌水、施肥、温度管理などを適切に行うと草勢の維持に役立ち被害軽減ができるようである。

VII 当面の防除対策

現状では対策樹立の基礎的課題といえる媒介昆虫の伝搬様式と飛しょう行動、CuYVの寄主範囲、発生条件、伝染環などの解明が先決であるが、考えられる当面の防除対策を列記すると次のとおりであろう。

1 媒介昆虫対策

① 越冬栽培のキュウリでは、育苗及び定植施設の出入口や開放（換気）部に寒冷紗を被覆して、オンシツコナジラミの飛来着生を防止する。白色、#300の寒冷紗は成虫が潜入するため、出入口は二重のカーテン張りとするのが望ましく、また、寒冷紗には後述の薬剤を随時に散布する必要がある。

② 育苗期及び定植後の施設での媒介昆虫の防除を徹底する。越冬栽培の収穫初めごろまでは、特に成虫防除を対象とした薬剤散布に重点をおき、その後は成虫及び卵を対象とした防除を行う。すなわち、播種時と定植時のアセフエート粒剤の土壌施用に加えて、DMTP水和剤、キノキサリン系水和剤、PAP乳剤及びBRP乳剤などの薬剤を随時、交互あるいは混用散布する。

③ 施設周辺作物のオンシツコナジラミの防除と除草を励行して媒介昆虫の密度低減を図る。

④ タバココナジラミが媒介するウイルス病では、殺虫剤の散布及び土壌施用^{2,5,13)}のほか、鉱物油散布⁹⁾、おが屑の株元散布²⁾や敷わら¹⁰⁾の効果、色彩反応を利用した対策⁶⁾などが実証されているので、作物によってはこれらの発病抑制効果を確認することが望ましい。

2 伝染源対策

① 収穫が終了した施設キュウリ、露地キュウリやその他のウリ科野菜は、次作キュウリの伝染源となるため早めに抜き取り処分する。施設では密閉して抜き取った

株の枯死、着生する媒介昆虫の死滅を促進させる。

② 育苗施設はなるべく定植施設から離れた場所に設置するのが望ましい。定植施設内にキュウリが作付けされてあるときに、次作のキュウリを直播きしたり、あるいは育苗することは避ける。

3 栽培管理

① 施設では夏季の深耕、湛水処理、イネ科作物の短期導入、太陽熱利用による簡易土壌消毒、有機物施用などを行って土壌管理を徹底する。また、作付け前に土壌診断を行い、適正な施肥設計に基づく施肥を行う。

② 草勢や収量推移に見合う温度管理、灌水を行う。

昭和49年、我が国に侵入したオンシツコナジラミの被害は、最近まで野菜では直接吸汁害と多発に伴うすすの発生が問題視されてきたが、いまやCuYV媒介昆虫としての重要性を増大した。冒頭に指摘したように、今後本病はキュウリ栽培上のネックとなることが予想され、改めて媒介昆虫の生態的特性の究明はもちろん、本病の総合防除対策の樹立が強く望まれる。黄化病の発生は、いみじくも侵入病害虫に対する水際戦略の重要性を再認識させたといえる。

引 用 文 献

- 1) COHEN, S. and F. E. NITZANY (1960) : Phytopath. Medit. 1 : 44~46.
- 2) COSTA, A. C. (1976) : Annu. Rev. Phytopath. 14 : 429~449.
- 3) DUFFS, J. E. (1965) : Phytopathology 55 : 450~453.
- 4) HARPAZ, I. and S. COHEN (1965) : Phytopath. Z. 54 : 240~248.
- 5) 小島博文ら (1978) 日植病報 44 : 98~99 (講要).
- 6) MOUND, L. A. (1962) : Entomol. Exp. Appl. 5 : 99~104.
- 7) 中村啓二ら (1975) : 植物防疫 29 : 7~10.
- 8) NAKAZAWA, K. et al. (1976) : 広島農試報 37 : 57~62, 63~68.
- 9) NENE, Y. L. (1973) : Indian J. Agric. Sci. 43 : 433~436.
- 10) NITZANY, F. E. and S. COHEN (1964) : Phytopathology 54 : 1059~1061.
- 11) 武井昭夫ら (1979) : 昭和54年園芸学会大会講要 224~227.
- 12) VARMA, P. M. (1955) : Curr. Sci. 24 : 317~318.
- 13) ——— (1963) : Nat. Inst. Sci. India Bull. 24 : 11~33.
- 14) 山下修一ら (1979) : 昭和54年日本植物病理学会大会講要予稿集 IV-16.
- 15) YAMASHITA, S. et al. : Ann. Phytopath. Soc. Japan. (In Press).

原産地にイネミズゾウムシを訪ねて

農林水産省農事試験場 かし もと りよう いち
岸 本 良 一

はじめに

1976年5月、愛知県下2か所で発見されたイネの侵入害虫イネミズゾウムシは、予想よりはるかに急速に拡大し、被害をもたらすとともに、生態的にも今まで我々の経験しない場面も出てきて害虫関係者を悩ましていているところであるが、侵入源と目されるカリフォルニア州や、古くから発生し研究も行われているミシシッピー下流の稲作地帯を見て回って、今後の研究の進展に資するようという目的で、1978年7月26日から8月8日までと1979年4月9日から22日まで調査旅行をする機会を得た。前回はイネの登熟期、後回は播種、発芽期で、イネミズゾウムシも新成虫出現期と越冬成虫活動初期に当たった。

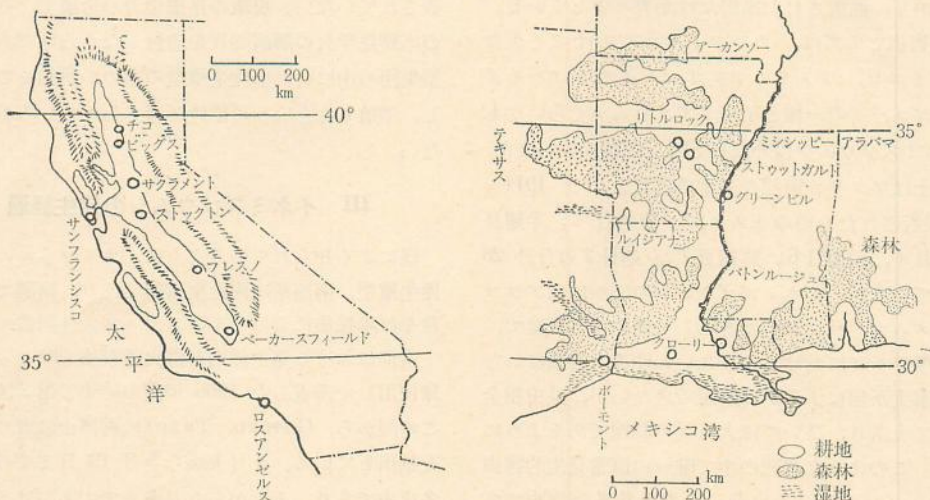
カリフォルニアではカリフォルニア大学デービス分校のA. A. GRIGARICK 教授の研究室とビッグス市にある稲研究財団の実験所を訪問した。また、南部では、ルイジアナ州の州都バトンルージュにあるルイジアナ州立大学昆虫学部のJ. B. GRAVES 部長、NEWSOM 教授、CHAPIN 博士、C. M. SMITH 博士、L. H. ROLSTON 博士、バトンルージュの西方130キロのクローリー市(一名 rice city)にあるアメリカ農務省の稲作研究所(ルイジアナ州立大学の稲作試験場と併設)のJ. F.

ROBINSON 博士、G. B. TRAHAN 博士、テキサス州の東の端に近いボーモント市にあるテキサス農工大学の稲作研究所のC. C. BOWLING 博士、アーカンソー州ストックガルト市にあるアーカンソー州立大学稲作研究所のP. TUGWELL 教授、更に、ミシシッピー州ストンビル市にあるアメリカ農務省デルタ州農業研究所のJ. R. GIFFORD 博士らを訪問することができた。

I アメリカ合衆国の稲作と病害虫問題

アメリカ合衆国の稲作の中心は、南部ではテキサス州南東部とルイジアナ州南部のメキシコ湾沿岸地帯と、ミシシッピー川中流のアーカンソー、ミシシッピー州であり、太平洋沿岸地方ではカリフォルニア州のサクラメント、サンホーカンの両盆地である。稲作は南部では既に1600年代初めに試作されたが、大規模な栽培を始めたのは1900年代に入ってからである。一方、カリフォルニア州のほうは歴史は浅く、1909年サクラメント盆地で試作され、1912年商業的生産が始った。栽培面積はアメリカ合衆国全体では約100~110万haで、主要作物であるコムギ、トウモロコシの4%程度にすぎないが、日本の稲作面積の40~45%に相当し、収量も大体4.1t/haに達していて、輸出に力を入れている。

緯度からいえば、南部は日本の屋久島から九州北部に



第1図 アメリカ合衆国の稲作地帯、カリフォルニア州と南部諸州

第 1 表 アメリカ合衆国南部とカリフォルニアの代表地点の気温と降水量 (理科年表, 1978)

気温 (°C)

地 点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
ニューオルリンズ	12.3	13.4	15.8	19.4	23.3	26.4	27.3	27.4	25.4	21.1	15.3	12.7	20.0
サンフランシスコ	9.2	10.5	11.8	13.2	14.6	16.2	17.1	17.1	17.7	15.8	12.7	10.1	13.8
名古屋	3.2	3.8	7.2	13.1	17.8	21.6	25.7	26.9	22.9	16.6	11.1	5.8	14.7
名 屋 瀬	14.2	14.5	16.5	19.6	22.4	25.3	28.1	27.8	26.6	23.0	19.8	16.2	21.2

降水量 (mm)

ニューオルリンズ	98	101	136	116	111	113	171	136	128	72	85	104	1,369
サンフランシスコ	102	88	68	33	12	3	0	1	5	19	40	104	475
名古屋	52	59	104	136	160	226	187	143	209	133	76	56	1,540
名 屋 瀬	178	170	191	204	368	452	215	325	311	237	219	169	3,039

相当し、カリフォルニアは関東北部から東南北部に相当する。主要地点の気温と降水量を第 1 表に示したが、南部のニューオルリンズでは現在日本での分布の中心となっている名古屋よりはるかに気温は高く、名瀬よりやや低い。降水量は名古屋よりやや少ないが、一年中安定した降雨がある。南部に特有なスパニッシュモスは、この安定した降水に負う。これはほとんどの高木に寄生するミズゴケ状のこけで、仙人のひげのように枝から垂れ下がっており、ルイジアナ州では南半分ぐらいまでが分布域という。一方、サンフランシスコでは平均気温では名古屋と似ているが、月間変動ははるかに少ない。これは海洋性気候だからと思われ、海岸山脈を一つ隔てた内陸のサクラメント盆地、サンホーカン盆地ではこれより変動は大きいであろう。降水量は名古屋の約 1/3 程度で、しかも、4 月から 11 月の 8 か月間は降水量は非常に少なく、景観も砂ばくのようなのである。畦畔、道路肩などの雑草も枯れ上がり、灌漑された水田だけが青々としている。

イネの害虫としては、カリフォルニアではごく少なく、カブトエビ、アメリカザリガニ、イネヒメハモグリバエ、ヨコバイの一種とイネミズゾウムシぐらいなもので、イネミズゾウムシ以外はほとんど問題ない。また、SMITH 博士はアメリカ南部のイネの害虫として 1914~78 年に報告されたもののリストに、直翅目 4、半翅目 5、同翅目 4、鞘翅目 6、鱗翅目 7、双翅目 2 の合計 28 種を挙げているが、イネミズゾウムシのほかにはアワヨトウ、カメムシ、バッタがときとして発生する程度で、日本や熱帯アジアにおけるようないわゆる大害虫はいない。この事実が何によるかは断定できないが、昆虫相全体の問題でもあり、ひいては大気候の問題であるように思われる。このような状態の中で唯一の恒常発生の害虫が、イネミズゾウムシという、かなり特異な害虫である。

II カリフォルニアにおけるイネミズゾウムシの侵入と分布拡大

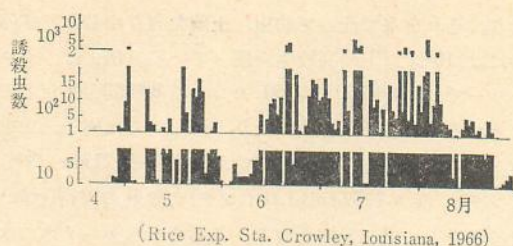
カリフォルニアで、初めてイネミズゾウムシが発見されたのは 1959 年 6 月で、サクラメント盆地の北部のビッグス市という稲作の中心地で、既に 400 平方マイル (約 1,000 平方キロ) に分布していて、実際の侵入はそれ以前だったと考えられている。その後サクラメントブリーズと呼ばれる春先の北風によって分布域は南下し続け、10 年で 100 マイル南のストックトンまで広がった。1 年当たり約 10 マイル (16 キロ) の速さということになる。これから南は水田の面積の割合が低く、分布拡大はあまり問題にされていないようである。

単性生殖型のイネミズゾウムシがどこから侵入したかについては定説はなく、以前、両性生殖型のものとの交配実験をやったといわれる昆虫学者もいたが、結果は発表されていない。現地の昆虫学者の希望で、竹内 恭氏の応動昆虫学会の講演要旨を送付したくらいである。両性型集団の中にいた単性生殖型のものが偶然この地に侵入し、増殖したという可能性が考えられているが、確証はない。

III イネミズゾウムシの発生経過

既によく知られているように、カリフォルニア系は単性生殖型、南部系は両性生殖型であり、南部では燈火誘殺や場採集によってもオス、メス大体同数である。

南部における発生経過を燈火誘殺法 (40 ワット白熱電球使用) で調査した 1966 年度の結果で第 2 図に示す。この図から、GIFFORD, TRAHAN 両博士は五つのピークを抽出している。4 月末から 5 月 19 日までの飛来は越冬成虫であり、それから 5 月末までのものはイネ以外の寄主植物上で生育した新世代成虫であるかも知れない。

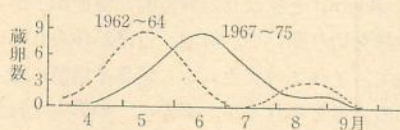


第2図 燈火誘殺によるイネミズゾウムシの発生経過

としている。その後続いて見られる幾つかのピークを見ると、二つ以上の世代の存在を示唆しており、6月19日、7月11日、8月3日にそれぞれの世代のピークを当てている。日別の誘殺数の変動は日最低気温の影響が大きく、60°F (15.5°C) を割ると成虫の飛しょう活動が低下すると考えられている。日最高気温、降水量の影響は少ないという。気温の高い南部では5月下旬に既に日本の夏の気温に達しているの、このころの成虫が次世代に入るのではないかと想像されるのも無理はないが、十分解析されておらず、むしろ越冬世代とも考えられる。新成虫は日本では7月初めから出現するが、アメリカ南部では6月初めから出現し、8月下旬まで3か月間日変動を繰り返しながら続く。実際に8月2日の捕殺虫を貰って帰ったが、大部分がイネミズゾウムシであった。この長い成虫期間が同一世代と考えることは無理であるが、また、3世代とするのも無理があるようである。研究者によって意見はまちまちで、BOWLING 博士、ROBINSON 博士らは2~3世代といっているし、TUGWELL 教授らは1世代、部分的に2世代といっている。イネミズゾウムシは生育の進んだイネの上で産卵することを好まず、稲作も大体時期のそろった1回作であり、時に1回目収穫の後、施肥、灌漑して2番生を収穫することもある。

カリフォルニアでは GRIGARICK 教授の研究によると、越冬成虫は大体3月中旬から6月中旬まで誘殺され、ピークは早い年には3月下旬、遅い年には5月上旬である。新成虫は7月初めから出現し、8月末に終わる。ピークは早い年は7月上旬、遅い年は8月下旬である。一年一世代と考えてあまり問題はないようであるが、詳しく見ると幾つかの疑問もある。いろいろな時期

に採集した成虫の蔵卵状況をみると第3図のとおりで、7月下旬から9月にかけて多少とも蔵卵しており、実際には場で採集した稲株の中にも9月下旬に幼虫や蛹をくっ付けているものの比率が相当高い。蔵卵数のピークは出現してから3~6週間後に当たり、個体当たり蔵卵数は8~13個で平均9.6個であった。明確な世代の切れ目については不明であるが、8月から9月にみられる蔵卵成虫は新成虫であろうと考えられ、その行方は興味深い。GREGARICK 教授の話では、1962~4年には7月下旬から9月にかけての蔵卵のピークのはっきりしていたが、1967~75年には大体単峰型のピークになったようだという。本来はイネミズゾウムシは気象条件と餌条件が許せば多化性であると考えられ、その片りんを見せているようである。



(Grigarick教授提供データより作図)

第3図 各時期に採集されたイネミズゾウムシの蔵卵状況

個体当たりの総産卵数はカリフォルニアの成績では第2表のようであった。日本での数値よりかなり高い価であることが注目される。

いずれの場合も越冬成虫の水田侵入の契機は湛水である。

IV 成虫の行動

成虫はかなり強い飛しょう能力を持っていると考えられている。実際、ルイジアナ州立大学にいたことのある吉目木氏(現FAO, ローマ)の話では、水田近くの街燈には非常にたくさんの成虫が飛来するという。人によっては Swarm という語を使っているが、これがバッタなどで使われている成虫の群集と同じ意味かどうかは分からない。ルイジアナ州では、数 ha 以上ある水田の中央部でも周辺と同様の被害があるという話である。一方、カリフォルニア州では被害は田の周辺に集中する傾向がはっきりしており、飛行機で殺虫剤を散布する場合

第2表 イネミズゾウムシの実験室内での個体当たり産卵数 (GRIGARICK and WAY)

年次	°C	供試虫数	産卵数の平均(幅)	期 間
1973	28.3	15	163.3 96~239	5月23日~7月2日
1974	26.7	19	127.7 62~210	5. 12 ~ 7. 15
1975	24.4	20	117.9 70~157	5. 3 ~ 6. 25

水田湛水直後に採集、室内では14時間照明

にも畦に沿って1回飛ばせば、畦の両側それぞれ24フィート(約7m)がカバーできるとしている。この両地帯での対照的な被害状況が何によるのかは良く説明されていない。

V 越冬

カリフォルニアでは、水田付近に森林などは全くないので、越冬は大体水田周辺の大型イネ科雑草の株の中や、人家や建物の周辺の芝生の中などである。水田畦での12.6平方インチ(直径4インチの円筒状の採集器の面積で、78.8cm²に相当する)当たり越冬成虫数は多い年には20サンプルの平均で27匹程度、少ない年には3匹程度である。

南部ルイジアナ州やテキサス州東部のメキシコ湾沿岸地帯にはBayouと呼ばれる典型的な湿地が広がっており、自然林を切り開いて、耕地、道路が作られている。したがって、イネミズゾウムシの越冬や増殖にとって好都合であると考えられるが、実際にこの広大な自然林や湿原でイネミズゾウムシが生息しているかどうか調査したと思われる節はなかった。考慮の対象は水田とそのごく近くだけのようである。ストウットガルトではTUGWELL教授も試験は場の近くの林の中で越冬にかかわる成虫の出入を調査していたが、成果は発表されていない。

VI 調査方法

調査方法は、各地でも最も頭の痛い問題であり、その一つはサンプリングの精度、もう一つは労力である。労力はたいいてい学生のアルバイトで、やや高度な調査の場合は大学生のパートタイムであり、水田から稲株を抜い

たり、それを水で洗って幼虫、土繭を取り出したりするのは16才以上の高校生を雇っている。例えば、クロリーでは1時間2ドル50セントで8時間労働だとのことであった。イネを抜いたり、運んだり男子、虫を数えるのは女子と手分けしていた。直径9.21cm(3⁵/₈インチ)、深さ7.62cm(3.0インチ)の鉄製の円筒(core)でイネを土、根ごと抜き取る。条播であるからイネの本数は一定せず大体3〜5本である。これを40メッシュのブロンズ製のかごの中で圧力をかけた水で洗う。大きな雑物を捨てた後、岩塩の飽和液の中に浸けて浮いた幼虫や土繭を空気ポンプにつないだ吸虫管で数えながら吸う。野帳をのぞいてみると大体1サンプル当たり20匹前後であるが、中には200匹というのもあった。

ROBINSON博士は各種の処理試験、例えば、耐虫性品種や殺虫剤のスクリーニングなどにおけるサンプリング問題について研究しており、その1978年の中間結果をくれた。5月26日播種(トラクターによるドリル播き)、6月27日湛水、7月28日調査、品種ルボネット、播条間隔は17.78cmとした。結果は第3表のとおりであった。この表はイネミズゾウムシの密度はイネの列1フィート当たりか、イネ1本当たりに換算すべきであることを示しており、また、イネミズゾウムシはイネのすぐ近くに生息していて、列の中間のほうまでサンプル採取棒を広げても虫数は増えないことを示している。ただし、蛹についてはサンプルサイズの大きいほうが高い価が得られ、これは虫を洗い出す作業で大きいサンプルのほうが土繭を壊しにくいこと、蛹化するときにはイネの根から遠ざかる傾向があるからではないかと考えている。最終的には標準の円筒形のサンプルが一番コストが低いことが分かった。調査田の広さはあまり影響せ

第3表 3種のサンプルサイズで得られたイネミズゾウムシの密度とサンプリングの効率
(ルイジアナ州、クロリー、1978)

サンプルサイズ	1	2	3
虫数			
実測値	12.8匹	26.2	44.2
立方フィート当たり	396.5	212.8	88.4
平方フィート当たり	178.6	106.4	44.2
イネ列フィート当たり	42.4	53.2	44.2
イネ1本当たり	3.1	4.3	3.6
1サンプル当たり所要時間	4.1分	9.1	24.4
1フィート当たり所要時間	13.6	18.2	24.4
イネ列フィート当たり密度の variance	179.6	553.1	99.1
相対効率	4.1	1.0	4.1
必要サンプル数 (25%限界)	6	12	3

サンプルサイズ 1: 9.21 cm 径, 7.62 cm 深さの円筒 (標準), 2: 15.24 cm 立方, 3: 30.48 cm 四角, 12.54 cm 深, 相対効率 = 1/(時間 × variance) × 10⁴

ず、処理に伴う平均値の差を見付け出すため、サンプル数を増す必要があるという。

VII 被害と要防除水準

古くはアーカンソー州では 29% に達する被害ありとし、ルイジアナ州では被害なしとする論義があったが、BOWLING 博士の 1956～62 年の調査では防除による増収はエーカー当たり 0～756 ポンド (0～851 kg/ha)、平均 340 ポンド (383 kg/ha) であり、平均収量に対する比率は 0～20%、平均 9% に当たる。幼虫の密度はイネ列 1 フィート当たり 24～76 匹、平均 40 匹であり、薬剤防除により幼虫密度は 1 フィート当たり 25 匹以下に抑えられ、経済的効果が得られるという。経済的防除水準として、ROBINSON 博士は第 4 表のように試算した。この計算では 1 匹当たり被害の尺度はかなり高く見積っているように思われ、たいていのは場は水準以上になってしまうであろう。被害の程度は、年次、土

第 4 表 イネミズゾウムシの経済的防除水準の 1 例
(ROBINSON 博士試算)

米の平均収量	3,800ポンド/エーカー
薬 剤 費 空 散 費	6.40 ドル/エーカー 2～3 ドル/エーカー
支 出 計 米 の 価 格 米 105 ポンド	8.40～9.40 ドル/エーカー 8 セント/ポンド 8.40 ドル
イネミズゾウムシ による減収 経済的防除水準	幼虫 1 匹/コア = 1% = 米 40 ポンド/エーカー 幼虫 3 匹/コア = 米 120ポンド

壌条件によって相当変動するのが実情のようである。BOWLING 博士は、防除要否の判定の一方法として、水が深く、稲苗の少ない部分に被害が大きく、若い葉を 100 本ぐらい観察し、70% 以上の葉にイネミズゾウムシの食痕があれば防除の必要があるとしている。

VIII そ の 他

今のところ、防除法としてはカルボフラン剤で十分のようであり、2～3 種の新しい殺虫剤のスクリーニングをやっていた。両性型の南方系ではカルボフランに対する抵抗性発達の可能性について、SMITH 博士らが調査を始めたが、今のところ大丈夫のようであった。天敵については TUGWELL 教授らの Mermithidae 科のネマトーダの研究があるだけで、大きな進展はないようである。KUSCHEL (1951) の論文以前にもっぱら用いられてきた学名 *L. simplex* が、イネに加害するものは *L. oryzophilus* であるとされたが、*L. simplex* の実態についてはあまり分かっておらず、各地で後者と混在しているものと考えられている。

なお、1979 年 4 月の調査では、カリブ海のドミニカ共和国の水稲を見る機会があったが、得られたイネミズゾウムシは *L. mexicanus* (森本 桂氏同定) であったので、本稿では割愛した。1979 年の調査は農業技術研究所、岩田俊一科長に同行したものであり、前後 2 回の調査では外務省、農林水産省 各方面の御配慮をいただいた。また、吉目木三男氏 (現 FAO) からはアメリカ南部の事情につき有益な御助言をいただいた。御礼申し上げます。

人 事 消 息

奥富一夫氏 (横浜植物防疫所調査研究部害虫課兼農蚕園芸局植物防疫課) は農林水産技術会議事務局総務課へ
北川憲一氏 (同上業務部国際第一課) は兼農蚕園芸局植物防疫課へ
川本 登氏 (同上調査研究部調査課防疫管理官) は横浜植物防疫所調査研究部調査課長に
小泉憲治氏 (同上調査研究部調査課長) は退職
桐谷圭治氏 (高知県農林技術研究所専門研究員兼指定試験室長) は農業技術研究所病理昆虫部昆虫科害虫防除第 2 研究室長に
松村 雄氏 (東北農業試験場環境部虫害第 2 研究室主任研究官) は草地球験場家畜部害虫研究室主任研究官に
白井俊昭氏 (宮崎県農政水産部次長) は宮崎県農政水産部長に

計 報

農林水産省植物ウイルス研究所長小室康雄博士 急逝す

本会編集委員会委員・試験研究委員会委員である小室康雄博士は 11 月 26 日夜、脳血栓症のため急逝されました。享年 56 才。つつしんで御冥福をお祈りいたします。

御遺宅並びに御遺族は

茨城県新治郡桜村大字倉掛 599 竹園 3—747

郵便番号 305

未亡人 小室裕子氏

キジバトの加害習性と防除対策

あ べ 部 だ じ 禎

岩手県農政部農産普及課

近年、東北地方においては、ダイズの発芽時における鳥害——特にキジバトの食害——が多発し、主産地のみならず、水田再編利用に伴うダイズ導入地での生産阻害要因となっている。

狩猟統計によると、キジバトの生息数は増加傾向にあると考えられるにもかかわらず、狩猟法上の制約から直接的な密度の減少は期待できない。一方、本種の生態の多くが不詳のため、防除は旧来の慣行対策としてのカカシ・鳴子で代表される視覚刺激及び音響刺激のほか、被害回避を目的とした移植・早播きのような栽培上の対策が採られているにすぎず、有効な防除法の確立が強く望まれている現状にある。

筆者は 1975 年以来、日本豆類基金協会の依頼により、防除法確立のための基礎資料を得ることを目的として、キジバトの諸生態に関する調査と被害回避のための若干の試験を行ってきたが、いまだに対策を公表できる状態には至っていない。しかし、これまでに得られた知見をとりまとめて参考に供し、鳥害防除の研究が活発になることを切望したい。

I キジバトの一般生態

日本のキジバトは、北海道・本州・四国・九州に分布するキジバト *Streptopelia orientalis* と西南諸島に分布するリュウキュウキジバト *St. o. stimpsoni* とに大別される。

本州以南の無雪地に生息するキジバトは、リュウキュウキジバトと同様の留鳥であるが、積雪地に生息する一部の個体は秋から冬にかけて無雪地へ移動する漂鳥であり、移動に際しては小群を作るといふ。したがって、東北地方などでダイズの発芽時にみられる本種の小群は、移動個体群と定住個体群が混在している可能性が高い。

地理的分布のみならず、本種の垂直分布も広範にわたり、耕地林から針葉樹林帯にまで及ぶが、主生息地は平地の広葉樹林帯といつてよく、近年は市街地の街路樹などで造巢する個体も珍しくない。

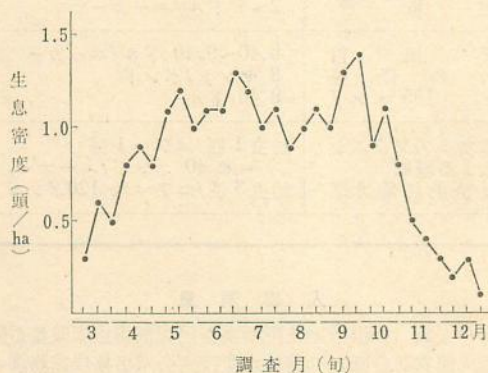
生息密度の季節的推移を把握するため、1978 年 3 月から 12 月にかけて、7～10 日間隔で岩手県農業試験場周辺の農耕地、樹林地 (約 50 ha) において実施したセンサス結果を第 1 図に、また、その際に発見した巣での

繁殖状況を第 1 表にそれぞれ示した。

造巢は 3 月下旬から認められたが、その多くは 5～7 月に集中し、以後 9 月下旬まで散見された。造巢樹は樹木のうっ閉度と関係するようで、繁殖初期には常緑針葉樹が選択されるが、新葉の展開につれて広葉樹への造巢も認められる。なお、造巢はテリトリー内の数か所で併行的に行われ、そのうちの 1 巣にだけ 2 卵を産むが、天敵などによりこの繁殖が失敗すると、引き続き巣を変えて第 2 回目の産卵を開始することが多い。

ひなは 18 日でふ化し、親鳥の喉のうから分泌されるビジョンミルク (チーズ様の液状で、タンパク質と脂肪に富む) で哺育され、約 30 日で巣立ちするが、巣立ち後しばらくは親鳥と行動をともにし、やがて独立した生活を営む。

食性は雑食性といわれるが、筆者の剖検 (158 頭) は



第 1 図 生息密度の季節的消長

第 1 表 キジバトの繁殖状況 (1958)

調査月	造巢数	繁殖巣数	産卵数	ふ化数	巣立ち数	繁殖成功率 (%)
3	2	1	2	2	1	50
4	16	7	14	10	5	36
5	31	18	35	28	14	40
6	45	23	46	39	19	41
7	30	20	39	33	13	33
8	43	19	38	33	14	37
9	18	6	12	12	7	58
10	1	0	—	—	—	—
11	0	0	—	—	—	—

* 繁殖成功率 = 巣立ち数 / 産卵数 × 100

第2表 食害株率の日順ごとの推移 (累計値)

調査日順	1	2	3	4	5	6	発芽率 (%)
食害株率 (%)							
A	21.4	59.8	73.6	95.4	98.0	99.2	92.3
B	26.0	45.0	86.8	96.2	97.8	99.5	95.0
平均	24.0	52.2	80.5	95.8	97.8	99.5	94.3

注 品種：ナンブシロメ，播種：5月30日（1粒播き），栽植間隔：30×30cm，発芽始期：6月5日，播種後から6月6日まで防鳥網を設置以降は除去

捕獲時期が5～6月だったためか，ダイズ・トウモロコシの子葉以外には，草木の種実を常食としており，動物質を検出した例は極めて少なかった（阿部，1979）。

採食を中心とした日週活動はほぼ一定しているようで，発芽時のダイズ畑で本種の飛来状況を観察した那須・松田（1976）によれば，採食は早朝の薄明時と16時以降に集中するという。この場合，餌が十分確保される条件下では，採食地として同一地点が継続的に選択されるという状況からみて，本種の日週活動のなかに学習効果が組み込まれている可能性が高い。一方，採食時に小群を形成することが多いという事実は，本種の個体間相互に誘引作用が存在することを推定しうる。したがって，発芽時のダイズ畑が発見された場合には，集中的加害を受けることになる。

なお，本種のホームレンジは，繁殖期間中は巣を中心とした約1km，それ以外の時期にはやや放浪的となり，夜間に常用するねぐらから2km以上に広がると推定されている（宇田川，1977）。

II ダイズの食害株の分布からみた加害生態

本種の加害生態をは握するため，1976年に岩手県農業試験場でダイズ品種ナンブシロメを用いて実施した成績の一部を第2表以下に示した。

試験は高低差のある同一面積の2ほ場で同時に播種し，その後の食害状況などを観察する方法によったが，両ほ場間の日順ごとの発芽数と食害株数とも有意差（ $p \leq 0.05$ ）はなかったもので，両区の発芽や食害は同一的に推移したと考えられる。この試験のように発芽時期に防除対策を全く採らないほ場での食害率は発芽率と関係するようで，発芽3日目ごろまでは急増するが，その後は食害率100%に対する漸近線をとる傾向が伺われる。なお，播種期を変えることにより，異なる生育段階の子葉に対する嗜好性を調査した，田村・熊野（1958）らの結果によっても，食害は発芽直後から4日後までの子葉に集中していることから，ダイズ畑でのハト類の防除対策は，発芽後5日目ごろまでを対象とするという比較的短期間に限定して考えてよいと思われる。

第2表の結果を基に，4株（2×2株）を1ブロック

第3表 4株（2×2株）を1ブロックとした場合の食害株数の推移

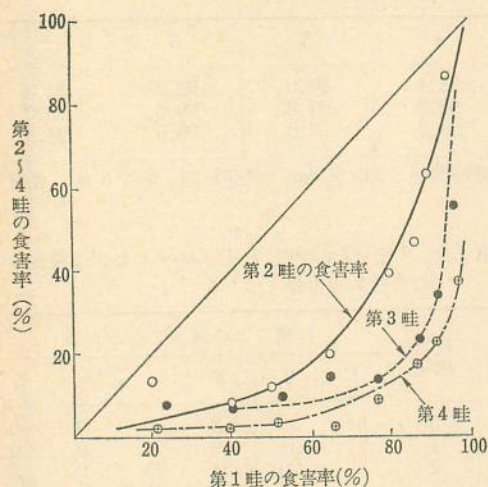
区別	食害株数	日順ごとの該当ブロック数					
		1	2	3	4	5	6
A	0	61	33	8	0	0	0
	1	21	37	19	3	0	0
	2	7	20	31	23	9	3
	3	2	6	30	31	34	26
	4	0	3	12	43	57	71
	未発芽ブロック	9	1	0	—	—	—
B	0	55	26	0	0	0	0
	1	29	30	9	2	0	0
	2	8	29	28	16	7	1
	3	3	10	38	37	35	28
	4	0	3	25	45	58	71
	未発芽ブロック	5	2	0	—	—	—

とし，各ブロック内の食害株数を0～4の5段階にとりまとめて第3表に示した。

ブロック内の食害株はほ場全体の食害率の推移を反映し，調査開始時点から日順を追うにつれて増加し，最終的には全株が食害された状況に至る。このブロックごとの食害株の推移を観察値として，予想される3種の分布型に対する適合度を検討したところ，日順を追って負二項分布からポアソン分布を経て正二項分布へと移動する傾向が認められた。

調査事例が少ないため確言できないが，この現象をキジバトの行動から解析すると，初めにみられる集中分布は，ほ場への飛来が複数であることが多く，しかも，採食に際してはほ場全面に散開せず，むしろ個体間の間隔が小さいため集合的と思われる行動をとることのほか，採食開始位置がほ場の周辺部である場合がほとんどであることに由来すると考えられる。この採食時の周辺選択性を確認するため，条件の異なる現地の8ほ場で，畦ごとの食害率を調査した結果を第2図に示した。

ランダム分布が期待されるならば，最外列の第1畦の食害率と他の畦との食害率の関係は直線関係を示し，0%点を通過する対角線上を經過する。しかし，第2～4畦の食害率には曲線関係がみられることから，畦ごとの



第2図 現地ほ場における蛙ごとの食害率(第1蛙(外側)の食害率に対して第2~4蛙の食害率をプロット)

食害率は異なると考えてよい。すなわち、第1蛙の食害率が低い場合には内側の蛙の食害率も低い、第1蛙の食害率が60%以上になると第2~4蛙の食害率も急増し、第1蛙の食害率が100%に近づくにつれて、他の蛙の食害率も100%に接近する傾向が伺われる。

したがって、これらの関係は周辺部に比し内側ほど食害されることが遅いといえてよく、周辺部に対して内側が相対的に忌避されるという、キジバトの採食に際しての周辺選択性を示すもので、食害株の分布型でみるならば、負二項分布に代表される集中分布の要因となる。

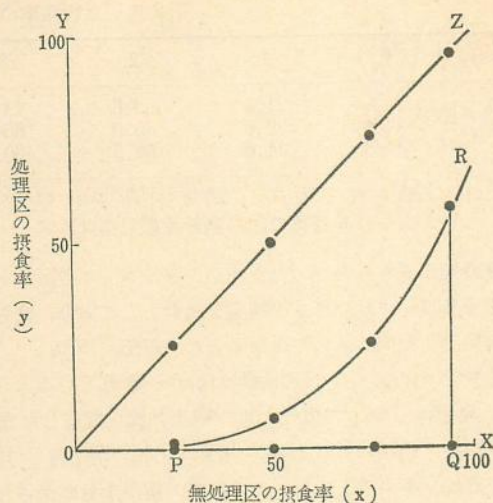
一方、このような集中分布に続くランダム分布は、採食がなんら妨害を受けない条件では、それを学習するとともに、周辺部の株の食い尽くしに起因する周辺選択効果が逐次内側へと拡大されるため、最終的な一様分布(ほとんどの株が食害された状態)に至る過程にすぎず、小面積ほ場ほど分布型の移行は早いと考えられる。

III 選択性による忌避効果の評価

キジバトをはじめとした鳥害防除技術の確立を困難としている原因の一つに、試験方法すなわち防除効果の判定法が未確立であることが挙げられる。試験方法の確立に当たって考慮すべき実際上の問題の幾つかについて、以下に触れてみたい。

第3図は、STARR, R. I. et al. (1964) による忌避効果の評価についての一般的なモデルを示したものである。

今、選択させた2試験区のうち、忌避効果の低い区



第3図 鳥類の選択による忌避効果の評価モデル (STARR, R. T. et al., 1964)

(無処理区)の摂食率をOX軸、高い区の摂食率をOY軸にとり、摂食率の推移を相対的にプロットすると、両極限のうち両区に選択の起こらない(忌避作用がない)場合の各点是对角線OZ上を通過するのに対し、一方が全く選択されない(完全に忌避される)場合の各点はOX軸上を通過する。しかし、一般には両区の間PRのような曲線関係が予想され、忌避効果の増加につれてだいにOX軸に接近すると考えられる。このような摂食率推移曲線の最も簡単な形は

$$Y = aX^n + b \quad (Y \text{ は処理区の摂食率, } X \text{ は無処理区の摂食率. } a \cdot b \cdot n \text{ は常数})$$

として与えられる。

こうした関係の成立する機構や常数項の意義については今後の検討を必要とするが、その場合、特に行動の解析を無視し得ないと思われる。

経験的に得られたこれらの関係からだけでも、キジバトの薬剤の忌避効果を評価するに際して、注意すべき幾つかの事項が挙げられよう。

まず、経時的にみて、1時点だけの調査では忌避効果の評価は困難であることを指摘したい。第3図で単純にP点とQ点とを比較するならば、かなり異なる評価となることから、この指摘の正しいことを容易に理解されよう。したがって、前記の摂食率推移曲線を推定できる数時点(実際には摂食率の経時変化の追跡)での調査が必要となる。次いで、摂食場所の選択性を考慮すれば、忌避効果は相対的に変動すると思われるので、ほ場試験の場合、無処理区と処理区との面積の相対的割合が、忌避効果を左右する可能性の高いことが挙げられる。これ

は、主として面積の大小が選択の対象となる餌の量の多少を意味する場合が多いことによるためであろう。ケージに収容した個体でのスクリーニングテストの結果では、ほとんどの薬剤とも絶対的な忌避効果（この場合飢餓による死亡を招来する）は認められないことから、従来のほ場における忌避効果判定試験成績の多くで、無処理区の摂食率が100%に近づくにつれて処理区での忌避効果が判然としなくなる事実は、この考察を支持するものであろう。

IV 防除対策とその有効性

実用性はともかく、東北地方においてキジバトを対象として実施されている防除対策は、機械的・物理的防除法・耕種的防除法・化学的防除法とに大別される。既述したように、これらの有効性を判定する方法が確立していないため、成績は省略し、主としてキジバトの生態からみた防除対策の是非について触れてみたい。

1 機械的・物理的防除法

この防除法は、ダイズをキジバトからしや断して被害を回避するための防鳥網の設置と、聴覚・視覚を介した脅し効果による各種の方法で代表され、その多くは効果に振れがあるものの、簡便性と安価さのゆえに広く用いられている。

防鳥網の設置は、現在の段階では最も確実な防除対策といえるが、設置に労力を要することやその後の除草管理が不便などの理由で、一部を除くと実用化までには至っていない。

一般化しているカカシ・防鳥テープ・爆音器などの利用は、キジバトの警戒反応に基づいているため学習効果（慣れ）により順次効果は減少するが、実用性を別にすれば、概して有効と判断される事例が多いことから、設置時期のほか形態・色彩配置などに関する検討が必要であらう。

水田のカルガモや果樹園でのムクドリ対策として一部に使用されているアバラーム (AvAlarm) は、鳥の警戒音を電子的に似せて合成した音を発信する装置で、鳥には生理的ストレスを生じさせ、群れのなかでの個体間の交信を妨害することによりほ場へ鳥を近づけないといわれるが、その科学的根拠は希薄のようで、各地とも期待しうる成果はあがっていない。しかし、KREBS (1977) をはじめとする最近の鳥類の聴覚に関する生理・生態学的知見によれば、警戒鳴 (Alarm call) や苦痛悲鳴 (Distress call) に対する反応は種特異性が認められるものの、概して音源から逃避行動がみられることから、今後これらの有効利用に関する検討も望まれよう。

なお、鳥類は動く物体に対する警戒反応が極めて鋭敏なため、各種のムービングディスプレイ (電動カカシ類) に逃避反応を示すことが多い。この点に関して、各地での利用が散見されるラゾーミサイルは、視覚及び聴覚による複合的忌避効果を狙ったもののようで、これまでのところ、キジバトの防除には卓効を示す成績が多いが、学習効果に対する検討が未了であるとともに、ドバトやカラスには無効という知見もあることから、ここでは紹介だけにとどめたい。

2 耕種的防除法

耕種的防除法としてダイズで実施される栽培法に、移植・早播き・ムギ間作などが挙げられる。

本葉展開後の苗を移植するという移植栽培は、子葉を食害するキジバトの習性からみて、被害回避には極めて有効である。とはいえ、移植における増収効果が期待できない現状においては、移植に要する労力からみて適用場面はかなり限定されよう。

早播きの評価は地域・年次などでかなり異なり、効果に振れが認められる。積雪地に生息するキジバトの多くが漂鳥であるとするれば、これらの地方での早播きによる被害回避は、発芽時期と渡りの時期との関係で決定されると思われるので、今後地域個体群中に占める定住個体の割合、渡りの時期などの生態的な解析を待って、その有効性を判定すべきと考えられる。なお、早播き栽培の実施に当たっては、晩霜による被害の危険性と低温による発芽遅延・不揃いなどの問題があることを付記したい。

3 化学的防除法

一般の農家では、忌避作用があるとの前提から、殺虫剤などを処理する方法 (種子粉衣・浸漬) がかなり期待されているが、これまでに多くのスクリーニングテストが行われたにもかかわらず、忌避剤利用を主体とする化学的防除法は、なんら進展をみていない。

筆者も海外を含めて入手可能な各種薬剤についての試験を実施してみたが、飼育条件下で効果がみられる薬剤であっても、ほ場試験 (種子粉衣及び発芽時畦散布) での効果はほとんど認められなかった。

欧米における化学的防除法の動向については、草野 (1978) に譲るが、鳥類忌避剤は未開発の分野であるため、ここでは現在登録されている薬剤での併用効果の検討の必要性和、新規物質についての積極的な検討が必要であることを指摘したい。

V 今後の問題点

以上に筆者がこれまでに得た知見を述べたが、研究は

緒についたばかりで、研究方向すら定まらない現状にある。したがって、当面採りうるキジバトの防除対策としては、摂食習性からみて被害回避となりそうなものを、栽培のなかにできるだけ取り入れていくという、極めて無策的な対策に限られよう。

一方、今後の研究方向としては、農家からの要請が最も強い、忌避剤の探究に主点を置くべきと考えられる。忌避剤は相対的なものであり、学習効果を考慮すれば、できるだけ強い忌避性を示す物質を探索する必要がある。忌避の本質追求は重要ではあるが、非常な困難性を伴うと思われるので、とりあえず数多くのスクリーニングテストが要求されよう。なお、忌避剤の探索に際しては、従来の経口摂取による心理薬理効果のみならず、触感性に基づく忌避効果、麻痺効果、不妊効果などの検討も併せて必要となる。

他方、鳥害防除技術がこれまでに確立されなかった最大の原因は、農業分野における研究者の不足とそれに由来する鳥類の生態に関する知識の欠除にあると考えられる。鳥類による被害のすべてがその生態に基づき発生していることを思うと、生態の解明こそ急務である。生態

の詳細が解明され、それに基づき効果判定の可能な試験方法が明らかとなり、有効な防除技術の確立へと向かうことが本来的なはずである。そのためには、研究施設の充実のみならず、鳥類研究者の育成とともに、専門分野の異なる多くの研究者の協力が不可欠である。このような体制の樹立を見、一日も早い鳥害防除技術が確立されることを望みたい。

参考文献

- 阿部 禎 (1979) : 今月の農業 23 (9) : 104~108.
 江村一雄・小林久幸 (1958) : 北陸病虫研報 11 : 64~67.
 伊藤嘉昭 (1968) : 動物生態学入門.
 KREBS, J. R. (1978) : Anim. Behav. 25 : 475~487.
 草野忠治 (1977) : 農園 53 (6) : 31~36.
 那須廣広・松田石松 (1976) : 農園 51 (4) : 83~86.
 STARR, R. I. et al. (1964) : J. Agr. Food Chem. 12 (4) : 342~334.
 田村市太郎・熊野誠一 (1958) : 農園 33 (7) : 61~64.
 宇田川竜男 (1977) : 大豆鳥害防止対策試験成績検討会資料

次号予告

次 12 月号は下記原稿を掲載する予定です。

昭和 54 年の病害虫の発生と防除

農林水産省農蚕園芸局植物防疫課

昭和54年におけるイネミズゾウムシの発生経過と対策

愛知県 都築 仁・浅山 哲

三重県 粥見淳一・坂下 敏

岐阜県 安田弘之・下畑次夫

静岡県 竹島 節夫

滋賀県 川田 和・長谷川美克・田中徳己

奄美群島におけるミカンコミバエ防除事業

吉岡 謙吾

九州地方のダイズにおけるハスモンヨトウの発生生態

宮原 義雄

カンキツモザイク病の拡散

山口 昭

果樹シンクイムシ類の最近の発生動向

大竹 昭郎

ジャガイモそうか病と象皮病に関する最近の知見

木村 貞夫

定期購読者以外の申込みは至急前金で本会へ

頒価改訂 1 部 400 円 送料 29 円

「植物防疫」専用合本ファイル

本誌名金文字入・美麗装幀

本誌B5判 12 冊 1 年分が簡単にご自分で製本できる。

- ①貴方の書棚を飾る美しい外観。 ②穴もあけず糊も使わず合本ができる。
 ③冊誌を傷めず保存できる。 ④中のいづれでも取外しが簡単にできる。
 ⑤製本費がはぶける。

頒価 1 部 400 円 送料 200 円

御希望の方は現金・振替・小為替で直接本会へお申込み下さい。



植物防疫基礎講座

変色米の原因となる *Curvularia* 属菌の見分け方

筑波大学生物科学系 椿

けい 啓
すけ 介

Curvularia 属の菌類は植物寄生菌として数種が知られているが、一般には腐生菌としても極めて普通のもので、植物遺体はもちろん、土壌、空中からもよく見いだされる。最近になって変色米の原因菌として問題とされるようになったが、上記のように極めて広く自然界に分布している菌であって、気象条件や寄生の条件その他の要因しだいでは急激に発生が促されることも当然考えられるところである。ここでは、以上のような寄生性などは別として、属の特長、種の検索など一般的な形質について述べることにする。

Curvularia 属は 1933 年、BOEDIJN によって設立されたもので、分類学的には真(正)菌門 Eumycota—不完全菌亜門 Deuteromycotina—不完全糸状菌綱 Hyphomycetes—*Curvularia* 属ということになり、現在約 30 種が認められている。すべての菌類にいえることであるが、科には命名規約上、最も適合した学名を持つ属が基準属に選ばれ、属には同様に基準種 type species があり、普通は属を設ける時に指定されることになっている。*Curvularia* 属の基準種とされる種は *C. lunata* (WAKKER) BOEDIJN である。BOEDIJN (1933) がこの属を設立する以前には、この種は *Acrothecium lunatum* WAKKER (1898) と呼ばれていたが、諸形態から BOEDIJN が新属として認めて、本属の基準種として指定したわけで、異名 synonym として前記の *A. lunatum* のほか、*Brachysporium oryzae* S. ITO et ISHIYAMA などがある。この属が不完全菌類のなかでどんな位置にあるかは、本誌 28 巻 (6, 7, 9 号) に述べてあるので参照されたい。

Curvularia というかびの分類学的な面を難しく書く以上のようになるが、この菌のおもしろい点は、一体、本来の住み場所はどこかということ、かつては植物寄生菌として名を連ねたものであるが、分離技術が進むにつれて、それこそありとあらゆる場所から見付かることが分かった。落葉、枯木などはもちろん、土壌や空中からも普通に見付かるし、空中雑菌としてシャーレに飛び込むことすら多い。*Alternaria* や *Helminthosporium* にコロニーの感じが似ており、顕微鏡で見ると胞子(分生子)は数細胞に分かれて暗褐～暗緑黒色で、しかも、中程から“くの字”に曲がっていたら、まず間違いなくこ

の属に当てはまるので区別は難しくない。恐らく植物寄生菌としてのほか、腐生菌としてすこぶる雑食性に富み、たくましく生きている菌の一つであろう。生態的に未知の部分が多いが、物質分解の第一次分解菌として役を果たしているように思われる。発育は早く、分生子形成も早いほうで、セルロース物質(壁面、布など)にも多く、アブラヤシの実から出た報告、味噌に生えた報告もあり、物質分解の初期を担当しているのではあるまいか。変色米の原因菌として名を上げているが、収穫期のムギ類からの報告もある点から、米の収穫の前・中・後期の土壌中の生態に興味を持たれる。その 1 年中の消長になんらかの変化があらうし、収穫後の秋～冬にかけて枯株の上における分布や、後に述べる有性世代の調査も必要であろう。菌類の常として、全く違った“顔”をして自然界に生きていることが多いことを念頭におくと、更におもしろい事実が分かってくるだろう。ごく普通に見られる菌類の生態にはかえってナゾの多いものがある。この点で分離法の検討も必要となる。分生子数の少ない菌糸状態にあると、常法の希釈法では見逃しがちで、直接に分生子を採り出す単胞子マニプレーター法の有効な場合が多い。希釈法で菌の多少を調ずる危険性がここにもあるわけである。

I 属の区別点

分生子は暗色、4～5 室に分かれて屈曲し、両端の細胞は淡色、形成法はボロ型である。このように分生子が多室である点では *Helminthosporium*, *Drechslera* などに似ているが、全体が中ごろから曲がっている点が大きな特徴であって、比較的区別しやすい。この特徴が認められたら、更に次に述べる属の特徴全体について顕微的に、あるいは培養コロニーの性状を検討する。

II 属の特徴

1 コロニー

PDA (ブドウ糖加用ジャガイモ寒天)、麦芽寒天などの培地上で生育は盛んで、普通はビロード状、綿毛状で幾分光沢があり、灰黒色、暗黒褐色、黒色などで白くなることはない。ただし、コロニーの色だけでは他の

Helminthosporium, *Alternaria* などとの区別はつきにくい。培養を繰り返すと、黒味が減ってきて灰色となることもある。寒天裏面は黒色となるのが一般的。菌糸の発育はこのように培地上では盛んであるが、自然基質（寄主その他）の上では少なく、菌糸は多くの場合潜在性となることが多い。菌糸が小さく密集してマット状～菌核状となった子座 *stroma* がときとして培地上で形成されることもあり、黒色で不規則形であるが普通では少ない。ただし、穀物などの上では形成することもある。菌糸の幅は2～数 μ 程度が普通。

2 気生菌糸 *aerial hypha*

不規則に分枝し、無色あるいは褐色を帯び、平滑あるいは粗面、属としての特徴は特にない。

3 分生子柄 *conidiophore*

分生子を作る普通の栄養菌糸から多少とも分化したもので、不完全菌の属の特徴を示す器官として重要なものである。図（第2～5図）で分かるように寄主、例えば病葉上では表面に突き出され、培地上では菌糸の先端あるいは所々から直立して生ずることが多く、1本あるいは数本が束となって生じ、特に培地上では分枝することもある。先の部分が不規則にジグザグ状になったり、コブ状にあちこちと膨れたり、真っすぐか曲がる。このジグザグ状となることが大きな特徴で、始めからこのような形をするわけではなく、次々と分生子が形成されるにしたがってできる形状である。すなわち、不完全菌では前（28巻）に述べたとおり、分生子の作り方が分類上の大きな特徴として重要な基準とされており、この属ではポロ型（第1図）の分生子形成法が属の特徴の一つである。まず、分生子柄が菌糸の先端、あるいは側面にできて最初の分生子を形成するが、これは分生子柄の先端にできる小孔を通して内から絞り出されるように首を出し、しだいに成熟して完成された分生子となる。2番目

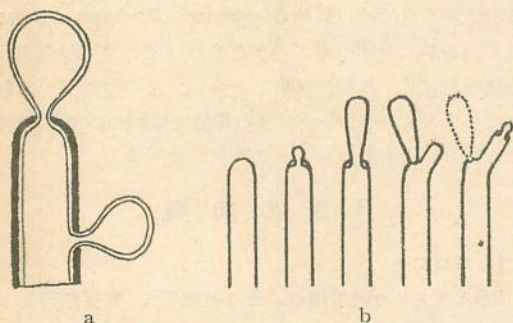
の分生子は最初のものと同じ場所から形成されず、前の場所からやや斜めに伸び上がった分生子柄の先から同様な方法で作られる。このようなことを数回繰り返して次々と分生子が形成される。すなわち、各分生子は同じ位置からは形成されず、各分生子を生み出した分生子柄の先端がそれに伴って左右に少しずつ伸びては次の分生子を作るという方法をとるため、結果としてこのようにジグザグ状となるわけである。小孔 *pore* を通って形成されるので、ポロ型分生子 *poroconidium* (pl.-ia)*と呼ばれる。この小孔は分生子が脱落した後は、噴火口状に跡が残残り、ジグザグ部分の角の付近に必ず見られる。このジグザグ状（一般には不規則に屈曲することが多い）をした分生子柄は、斜面培養した試験管を顕微鏡の載物台に横たえ、100倍程度の倍率下で上から直接検鏡すると比較的容易に見付けることができるので、まず試みるとよい。スライドグラスに取り出して、更に確認する。小孔の存在は600倍程度でも確認できるが、油浸で調べると更に容易である。ただし、このような分生子柄の特徴は本属ばかりのものではなく、ポロ型分生子形成法を行う他の属、例えば *Drechslera*, *Alternaria*, その他でもみられるので、次に述べる分生子の形を調べて属としての確認をすることになる。

4 分生子 *conidium* (pl.-ia)

前に述べたとおり、4～5室に横壁によって仕切られ、曲がっている（カーブしている）ので *Curvularia* という属名が付けられている。全体は暗色であるが、両端以外の細胞は特に黒味、褐色味が強いことも大きな特徴である。ただし、種によっては屈曲性が弱く（*C. oryzae*, *C. ovoidea*, *C. clavata* など）、この場合は幾分少なくても、曲がっている分生子が必ずあるので注意して探し、更に上に述べたとおり中央寄りの細胞の黒味が濃いことも特徴となるので識別できる。種によっては下端細胞に分生子形成に伴って形成される *hilum*（ヘソと呼ぶ）が明瞭なものと、そうでないものがあり、種の区別にこのヘソの有無が重要とされる。

5 子座 *stroma*

前に簡単に述べたが、主に基中菌糸が密に集合してゆるくマット状に盛り上がったり、あるいは硬く固まって菌核状になるもので、表面に分生子ができることもある。米穀上にできることもあるが、種によっては培地上でもできる。ほとんどの場合黒色で、円筒形に近い形であるが、種によっては（*C. lunata* var. *aeria*）第3図Iのように黒色で分枝するものもある。



第1図 ポロ型分生子のでき方

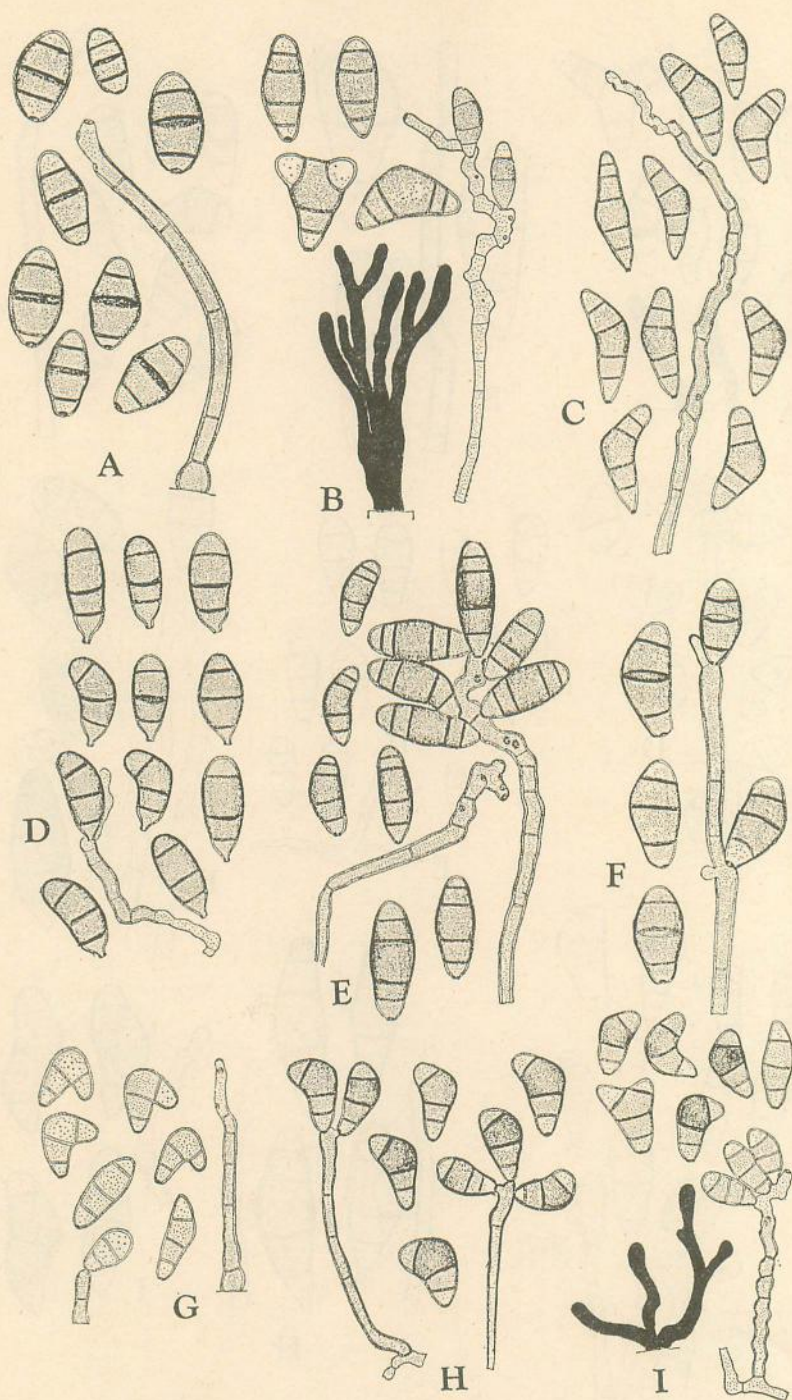
a : ポロ型の模式図 (M. B. ELLIS, 1971)

b : 形成順序 (椿, 1963)

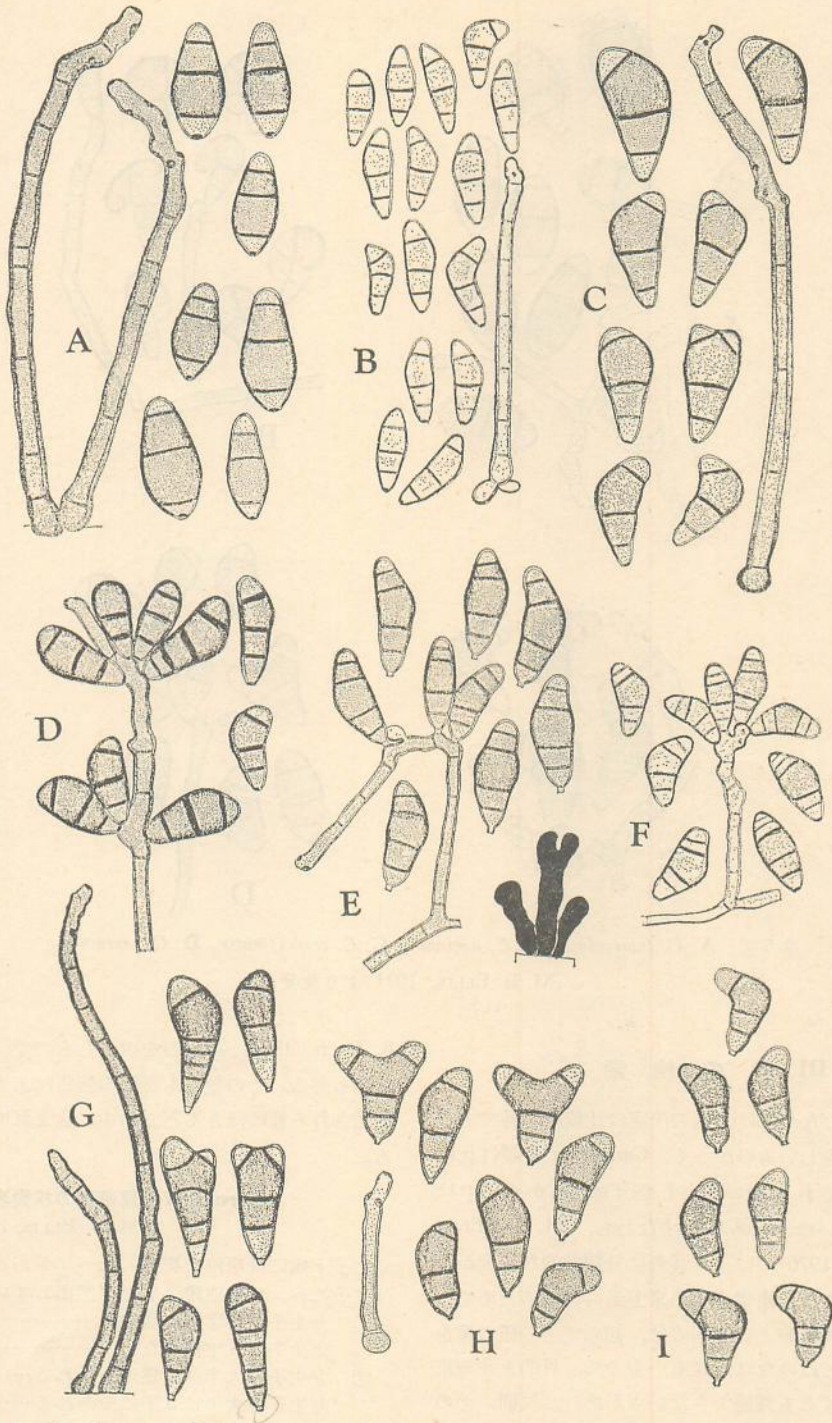
* ポロ型に別名トレト型 *tretoconidium* と呼ばれることがあり、*tretic conidium* ともいう。



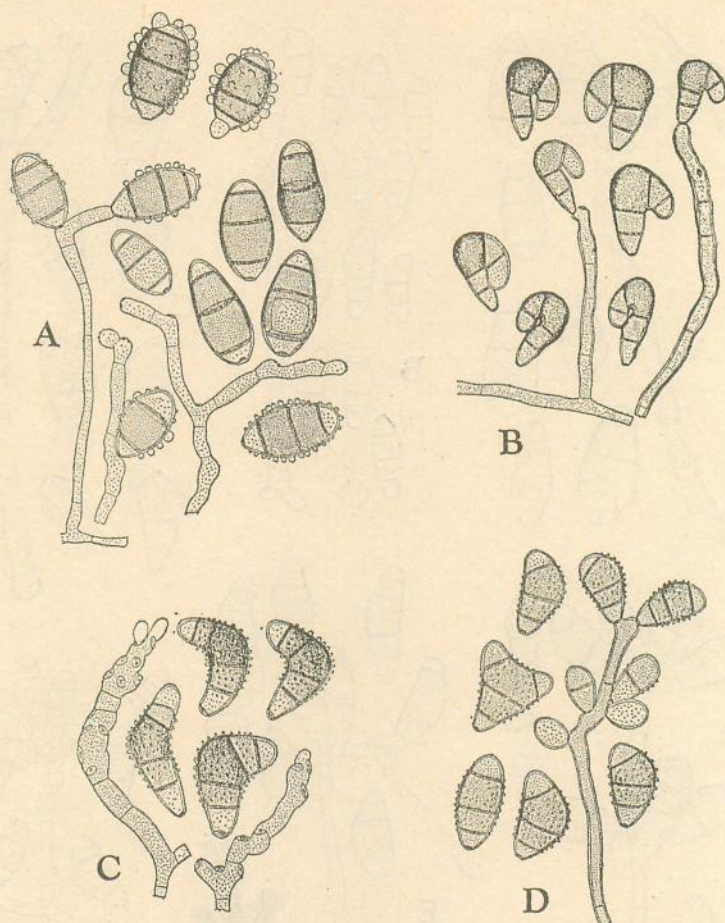
第2図 A: *C. affinis*, B: *C. andropogonis*, C: *C. borneriae*, D: *C. brachyspora*, E: *C. clavata*,
F: *C. comoriensis*, G: *C. crepinii*, H: *C. cymbopogonis*, I: *C. deightonii*



第3图 A: *C. eragrostidis*, B: *C. fallax*, C: *C. geniculata*, D: *C. harveyi*, E: *C. inaequalis*,
F: *C. intermedia*, G: *C. leonensis*, H: *C. lunata*, I: *C. lunata* var. *aerea*



第4図 A: *C. oryzae*, B: *C. pallescens*, C: *C. penniseti*, D: *C. prasadii*, E: *C. protuberata*, F: *C. senegalensis*, G: *C. stapeliae*, H: *C. trifolii*, I: *C. trifolii* var. *gladioli*



第 5 図 A: *C. tuberculata*, B: *C. uncinata*, C: *C. verruciformis*, D: *C. verruculosa*
(M. B. ELLIS, 1971 より変更)

III 種 の 検 索

不完全菌類のなかには、属の決定は比較的容易であるが種の決定は難しいものが多く、*Curvularia* は属は比較的明瞭に区別され、種の決定も例外はともかくそれほど困難ではないほうである。すなわち、M. B. ELLIS (1966, 1971, 1976) により詳細に分類学的な研究が行われた結果であり、検索表も出来上がっているためでもある。元来、検索表というものは、初めてその属の菌を扱う者にとってははなはだ難しいもので、目的とする正当な菌種に必ずしも到達できない点があり、反面、その属について十分な知識と経験がある者は途中を通り越してでも検索表を引くことができるものである。二分法による検索表の宿命でもあろう。したがって、分類形質の把握には十分の注意を要することを念頭において、下に示す検索表に当たっていただきたい。この検索表は M.

B. ELLIS (1971) のものを訳したもので、幾分足したところもある。その後にも新種の報告はあるが、日本で見いだされる種はほとんどこの中に含まれていると思われる。

Curvularia 属菌種の検索表

(M. B. ELLIS, 1971 による)

- | | |
|---------------------------|----------------------|
| 分生子下端には明瞭に突出したヘソがある | 1 |
| 分生子にヘソは不明瞭、または突出していない | 9 |
| ① 分生子は S 字形に屈曲 | <i>C. deightonii</i> |
| 分生子は S 字形でない | 2 |
| ② 分生子の大半は 4 室に分かれる | 3 |
| 分生子の大半は 5 室に分かれる | 7 |
| 分生子は 4~6 室で不規則な形 | <i>C. stapeliae</i> |
| ③ 分生子の多くは真っすぐかわずかに曲がる | 4 |
| 分生子の多くは下から 3 番目の細胞で明瞭に曲がる | 5 |
| ④ 分生子は棍棒形 | <i>C. borrieriae</i> |
| 分生子は円筒形またはだ円形 | <i>C. harveyi</i> |

- ⑤ 分生子は長さ $45\sim66\mu$ *C. andropogonis*
分生子は長さ 40μ 以下..... 6
- ⑥ ハナヤスリに寄生..... *C. crepinii*
クローバーほかに寄生..... *C. trifolii*
グラジオラスに寄生..... *C. trifolii* f. sp. *gladioli*
- ⑦ 分生子は長さ 40μ 以上..... 8
分生子は長さ $27\sim38\mu$ *C. protuberata*
- ⑧ 分生子は棍棒形またはときに円形
..... *C. cymbopogonis*
分生子は類棍棒形から円筒形..... *C. comoriensis*
- ⑨ 分生子表面は粗面となる..... 10
分生子表面は常に平滑..... 12
- ⑩ 分生子は 5 室..... *C. verruciformis*
分生子は 4 室..... 11
- ⑪ 分生子は真っすぐ..... *C. tuberculata*
分生子は屈曲し、左右不对称..... *C. verruculosa*
- ⑫ 分生子の大半は 4 室..... 13
分生子の大半は 5 室..... 22
分生子は 4~5 室で厚膜..... *C. prasadii*
- ⑬ 分生子中ごろの横壁は真ん中にあり..... 14
分生子中ごろの横壁は真ん中でない..... 16
- ⑭ 分生子は左右対称..... *C. eragrostidis*
分生子は左右不对称..... 15
- ⑮ 分生子は大きさ、 $19\sim26\times10\sim14\mu$
..... *C. brachyspora*
分生子は大きさ、 $27\sim40\times13\sim20\mu$
..... *C. intermedia*
- ⑯ 分生子の細胞の大半は淡色または微淡褐色
..... 17
分生子の細胞の幾つかは常に褐色または
濃褐色..... 18
- ⑰ 分生子の多くは真っすぐかわずかに曲がる
..... *C. pallescens*
分生子は強く曲がるか、またはカギ状
..... *C. leonensis*
- ⑱ 分生子は真っすぐ、またはほとんど真っ
すぐ..... 19
分生子は曲がる..... 20
- ⑲ 分生子は左右対称、倒棍棒形から円形
..... *C. oryzae*
分生子は左右対称、棍棒形..... *C. clavata*
分生子はときとして左右不对称..... *C. ovoides*
- ⑳ 分生子は大きさ、 $29\sim42\times13\sim20\mu$
..... *C. penniseti*
分生子は大きさ、 $18\sim32\times8\sim16\mu$ 21
- ㉑ 子座はごくまれに培地上で生じ、PDA
上のコロニーは幾分輪紋状..... *C. lunata*
子座は培地上で常に多量に生じ、PDA
上のコロニーは普通輪紋状
..... *C. lunata* var. *aeria*
- ㉒ 分生子の大半はカギ状に曲がる..... *C. uncinata*
分生子はカギ状に曲がらない..... 23
- ㉓ 分生子は長さ、平均 24μ *C. senegalensis*
分生子は長さ、平均 45μ 以上、幅は 20μ
以上..... *C. robusta*

- 分生子は長さ、平均 30μ 以上、幅は 17μ
以下..... 24
- ㉔ 分生子は真っすぐか、あるいはわずかに曲
がり、両端はほんのわずかに細り気味
..... *C. inaequalis*
分生子は曲がるか、あるいは真っすぐ、両
端にかけてしだいに細まる..... 25
- ㉕ 分生子はときとして強く曲がり、子座は培
地上で形成されない..... *C. geniculata*
分生子は曲がることもあるが強くなく、子
座は培地上で常に多量に形成される..... 26
- ㉖ 子座は単純形で分枝せず、分生子は大きさ、
平均 $32\times10\mu$ *C. affinis*
子座は分枝し、分生子は大きさ、平均 30
 $\times12.2\mu$ *C. fallax*

以上が ELLIS (1971) による検索表である。その後に
発表された新種もあるが、日本で見られる種はほとんど
すべて含まれているので、これにより同定の目安は立て
られよう。ただし、検索表はあくまで目安を立てるにと
どめ、種の同定にはそれぞれの種の記載文を十分に比
較検討することが必要。詳細な種の記載は M. B. ELLIS
(1966) による。

なお、日本産種として知られているものは、グラジオ
ラス赤斑病、ボブラスすす病、アワ緑葉枯病、イネにせい
もち病、イネすす紋病、スーダングラス緑葉枯病など極
めて多くの宿主を持つ *C. lunata* のほか、シバ類立枯病、
テオシント緑葉枯病の *C. geniculata*、スーダングラス緑
葉枯病の *C. intermedia*、ハトムギ葉枯病の *C. ovoides*、
ハトムギ葉枯病の *C. senegalensis*、クローバー類の汚斑
病の *C. trifolii*、その他 *C. affinis*、*C. clavata*、*C. coicis*
MATSUSHIMA (*C. coicis* CASTELL. ではない)、*C. eragro-*
stidis などがある。このなかでも *C. lunata* は極めて普
通であり、*C. trifolii* はこれと分生子の大きさでは区別
し難いが、へそが明瞭に突出しているの、突出してい
ない前者と区別できる。その他腐生菌として上に述べた
ように種々の基質に生ずる。

IV 有性世代との関係

菌類の分類学に直面して気付く点の一つに不完全菌類
という存在がある。高等植物や藻類などと大きく違い、
有性生殖のみられない菌類（ケカビなどの接合菌類の大
半を除く）を不完全菌という亜門（前述）としてまと
め、別の学名を与えていることである。したがって、有
性、無性の両世代に別々の学名があることになり、混乱
を招くので分類学上、有性世代の学名を優先することにな
っている。菌類では他の植物と異なり、両世代が形態
的に全く違うことが多いので、それぞれの世代の発見さ

れた時点で別々の学名がまず与えられたことによるものであり、培養による研究が進んでから両世代が実は同一の菌に見いだされることが判明して、初めて両学名の統一がなされることになる。*Curvularia* においては、有性世代は子のう菌亜門一小房子のう菌綱 *Loculoascomycetes*—プレスポラ目 *Pleosporales*—プレオスポラ科 *Pleosporaceae*—*Cochliobolus* 属がその有性世代に相当する。すなわち、*Cochliobolus lunatus* NELSON et HAASIS は *Curvularia lunata* の有性世代に与えられた学名で、*Coch. geniculatus* NELSON と *C. geniculata*, *Coch. intermedius* NELSON と *C. intermedia* との関係も同様である。分類学的には前述のように、有性世代の学名が優先するので、*C. lunata* の場合、正式には *Coch. lunatus* の分生子世代 (conidial state of *Coch. lunatus*) ということになり、*C. lunata* の名は異名として存在するにすぎない。ただし、種の学名としては上記のとおりであるが、培養菌株を扱う場合 *C. lunata* においても有性器官である子のう殻 (本種の場合は偽子のう殻 *pseudothecium* で、通常、子のうは子座の中に形成) はまず見られないので、その場合の菌株は *C. lunata* として差し支えなく、実際に子のう殻を確認して子のう胞子から分離した株である場合にのみ conidial state of *Coch. lunatus* を用うべきである。なお、*Cochliobolus* 属菌のすべての分生子世代が、*Curvularia* に当たるわけではなく、不完全菌の *Curvularia* に近い *Drechslera* が分生子世代である場合も多いことに注意する。

以上のごとくであるから、分離した菌株が形態学的に *Curvularia* 属に含まれることが明らかになっても、更に有性世代があるかどうか追及してみる必要がある。しかし、培養下で有性生殖を行わせ、有性生殖器官である子のう殻を形成させることは容易でない。罹病植物から分離した場合はその寄主を詳細に検討することもできるが、土壌、空中からの分離株の場合は種々の人工培地、イネワラその他天然物を殺菌して温室に保ったものなどに接種して、かなり長期間観察することが必要である。

変色米の場合、筆者はいまだ試みていないが、材料をいろいろな条件下 (温度、湿度、通気、光などの組み合わせ) において長期間観察する必要もあろう。

V 培 養

Curvularia 属菌の培養は、さほど難しいことはなく、ブドウ糖加用ジャガイモ培地 PDA、ブドウ糖の代わりにショ糖を用いた (2%) PSA、麦芽エキス寒天 (麦芽エキス 2%, ペプトン 0.1%, ブドウ糖 2%, 寒天) など一般的な培地で発育良好である。コーンミール寒天 CMA 培地 (20~30 g のトウモロコシ砕粉末を 1 時間ほど湯浴上で 1 l の水で煮出して調整。市販品もある) も本属菌にしばしば用いられ、分生子の形成もよい。ジャガイモ・ニンジン寒天 PCA 培地 (水 1 l に対し、ジャガイモ 20 g, ニンジン 20 g をすりおろして加え、1 時間湯浴上で煮出す) も発育は遅いが気生菌糸形成は少なく分生子をよく形成する。LCA 培地 (ブドウ糖 1 g, KH_2PO_4 1 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.2 g, KCl 0.2 g, NaNO_3 2 g, 酵母エキス 0.2 g, 寒天) も分生子形成がよく見られる。一般に PDA が普通であるが、これは発育が極めて良好のため、多量の気生菌糸がかえって分生子形成有無の観察の邪魔になることもあり、この点で PCA, LCA, CMA などが使いやすく、試験管斜面培養の側面からの直接検鏡に適している。

発育温度の幅は広く、10~30°C にわたるが 20~25°C が多くの場合適している。

子座の形成には CMA 培地が適している。

参 考 文 献

- ELLIS, M.B. (1966): *Dematiaceous Hyphomycetes*. VII: *Curvularia Brachysporium* etc., p. 1~42, Commonwealth Mycological Institute, Kew.
 — (1971): *Dematiaceous Hyphomycetes*, CMI, Kew, 608pp.
 — (1976): *More Dematiaceous Hyphomycetes*, CMI, Kew, 507pp.
 菌類図鑑 (下) (1978) p. 1143~1146, 講談社.

新しく登録された農薬 (54.9.1~9.30)

掲載は、種類名、有効成分及び含有量、商品名、登録番号(登録業者(社)名)、対象作物：病害虫：使用時期及び回数などの順。ただし、除草剤は、適用雑草。(…日…回は、収穫何日前まで何回以内散布の略)

なお、アンダーラインのついた種類名は新規のもの。

『殺虫剤』

ブトキシカルボキシム

ブトキシカルボキシム紙片 1 片当たり 0.045 g

プラントピン

14120 (日産化学工業)

きく(鉢植え)：アブラムシ類

EDB 油剤

EDB 30%

EDB 油剤

14123 (旭硝子)

うり類：ネコブセンチュウ、ネグサレセンチュウ

MPP・XMC 粉剤

MPP 2%, XMC 2%

バイジットマク粉剤

14125 (保土谷化学工業)

稲：ニカメイチュウ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類・カ
メムシ類：14 日 5 回

クロルピリホス水和剤

クロルピリホス 25%

ダーズバン水和剤 25

14128 (ダウケミカル日本)

りんご：ハマキムシ類・クワコナカイガラムシ・マイマ
イガ・アブラムシ類・モモシロクイガ・アメリカシロ
ヒトリ・ヒメシロモンドクガ：14 日 2 回、なし：ハ
マキムシ類・クワコナカイガラムシ・アブラムシ類・
アメリカシロヒトリ・シンクイムシ類：21 日 3 回、
かき：カキミガ：14 日 2 回、もも：シンクイムシ類：
14 日 5 回

クロルピリホス乳剤

クロルピリホス 40%

ダーズバン乳剤 40

14129 (ダウケミカル日本)

ぶどう：ブドウトラカミキリ：休眠期(発芽前)、かん
きつ：ヤノネカイガラムシ(若令幼虫)：30 日 3 回、
たばこ：アブラムシ類・ヨトウムシ・タバコアオムシ、
樹木：アメリカシロヒトリ

PAP・ダイアジノン・NAC 乳剤

PAP 25%, ダイアジノン 20%, NAC 5%

ボーラーカット

14130 (トモノ農業)

ぶどう：ブドウトラカミキリ：リ発芽前(休眠期)、もも：
コスカシバ：発芽前(休眠期)、桑：カミキリムシ類：
萌芽前・夏切り直後・晩秋蚕終了後

エチルチオメトン・PHC 粒剤

エチルチオメトン 3%, PHC 2%

ダイシストン・サンサイド粒剤

14131 (日本特殊農薬製造), 14132 (八洲化学工業)

稲：イネドロオイムシ 50 日 2 回、稲(箱育苗)：ツマグ

ロヨコバイ・ヒメトビウンカ・イネハモグリバエ・イ
ネドロオイムシ：移植当日 2 回

XMC 粉剤

XMC 2%

マクバール粉剤 2DL

14133 (九州三共), 14134 (北興化学工業), 14135 (三
笠化学工業)

稲：ツマグロヨコバイ・ウンカ類：7 日 5 回

プロバホス・NAC 粉剤

プロバホス 1%, NAC 1.5%

カヤフォスナック粉剤 10DL

14136 (三共), 14137 (九州三共), 14138 (クミアイ化
学工業)

稲：ツマグロヨコバイ・ウンカ類・イネドロオイムシ：
14 日 5 回

MPP 水和剤

MPP 40%

バイジット水和剤

14146 (三笠化学工業), 14147 (北海三共), 14148 (ク
ミアイ化学工業)

稲：ニカメイチュウ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類：30
日 6 回

ダイアジノン・BPMC 粒剤

ダイアジノン 3%, BPMC 3%

バッサジノン粒剤

14155 (日本化薬)

稲：ニカメイチュウ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類：21
日 4 回

マラソン・BPMC 粉剤

マラソン 1.5%, BPMC 2%

マラバッサ粉剤 DL

14157 (三共), 14158 (九州三共), 14159 (サンケイ化
学), 14160 (八洲化学工業)

稲：ツマグロヨコバイ・ウンカ類：7 日 5 回

NAC・BPMC 粉剤

NAC 1.5%, BPMC 1.5%

バッサナック粉剤 DL

14161 (クミアイ化学工業)

稲：ツマグロヨコバイ・ウンカ類：14 日 5 回

PAP・NAC 粉剤

PAP 1.5%, NAC 1.0%

パプナック粉剤 DL

14164 (三共)

稲：イネハモグリバエ・イネドロオイムシ：14 日 4 回

MEP・マラソン乳剤

MEP 40%, マラソン 10%

トラサイド A 乳剤

14166 (サイケイ化学)

ぶどう：ブドウトラカミキリ：発芽前（休眠期）、みかん：カミキリムシ類：14日

カルタップ水溶剤

カルタップ 50%

パダン錠剤

14167（武田薬品工業）

稲：ニカメイチュウ：45日3回，稲：イネシンガレセンチュウ：浸種前

MEP 粉粒剤

MEP 30%

スミチオン微粒剤F

14168（山本農業）

稲：ニカメイチュウ第1世代・第2世代・カメムシ類：14日7回，栗：モモノゴマダラノメイガ：裂果前，桑：クワシントメタマバエ：成中羽化直前～成虫羽化初期

『殺菌剤』

フサライド粉剤

フサライド 2.5%

ラブサイド粉剤 DL

14139（三共），14140（九州三共），14141（北海三共），14142（日本農業），14143（武田薬品工業），14144（北興化学工業），14145（呉羽化学工業）

稲：いもち病：21日穂ばらみ期以降は4回

EDDP 水和剤

EDDP 30%

ヒノザン水和剤

14149（三笠化学工業），14150（大日本除虫菊），14151（北海三共），14152（八洲化学工業），14153（クミアイ化学工業），14154（サンケイ化学）

稲：いもち病：21日4回

有機ひ素・フサライド粉剤

有機ひ素 0.4%，フサライド 2.5%

ラブサイドネオアソ粉剤 DL

14156（三共），14163（クミアイ化学工業）

稲：いもち病・紋枯病：穂ばらみ期まで2回

『殺虫殺菌剤』

マラソン・アレスリン・キャプタン・DPC エアゾル

マラソン 0.1%，アレスリン 0.05%，キャプタン 0.1%，DPC 0.2%

ポロボンM

14121（日本農業）

ばら：アブラムシ類・黒星病・うどんこ病，きく：アブラムシ類

MEP・フサライド水和剤

MEP 20%，フサライド 25%

ラブサイドスミチオン水和剤

14122（北海三共）

稲：ニカメイチュウ・いもち病：21日7回以内但し穂ばらみ期以降は4回以内

MPP・スルフェン酸系水和剤

MPP 8%，スルフェン酸系 25%

T-7.5 バイレン水和剤

14126（井筒屋化学産業）

ぶな（伐倒木）：クワイカビ類による木材腐朽・キクイムシ類

MPP・EDDP・有機ひ素粉剤

MPP 2%，EDDP 1.5%，有機ひ素 0.4%

アソヒノバイジット粉剤

14127（クミアイ化学工業）

稲：いもち病・紋枯病・ニカメイチュウ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類：穂ばらみ期まで2回

MEP・BPMC・フサライド粉剤

MEP 2%，BPMC 2%，フサライド 2.5%

ラブサイドスミバッサ粉剤 DL

14162（三共）

稲：ニカメイチュウ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類・いもち病：21日5回但し穂ばらみ期以降は4回

『除草剤』

MCC・MCPB 除草剤

MCC 20%，MCPB 0.9%

クサキツ粒剤

14124（日産化学工業）

普通移植水稲，稚苗移植水稲：ノビエその他1年生雑草・マツバイ

『殺そ剤』

りん化亜鉛殺そ剤

りん化亜鉛 1%

リスカネコーA

14165（成毛製薬）

畑地及び山林：野そ

植物防疫

昭和54年

11月号

（毎月1回30日発行）

＝禁転載＝

第33巻 昭和54年11月25日印刷
第11号 昭和54年11月31日発行

編集人 植物防疫編集委員会

発行人 遠藤武雄

印刷所 株式会社 双文社印刷所
東京都板橋区熊野町13-11

実費400円 送料29円 1か年5,000円
（送料共概算）

——発行所——

東京都豊島区駒込1丁目43番11号 郵便番号 170

社団法人 日本植物防疫協会

電話 東京(03)944-1561・4番

振替 東京 1-177867番

増収を約束する 日曹の農薬

殺菌剤

トップジンM 水和剤

トリアジン 水和剤

ホーマイ 水和剤

アタッキン 水和剤

ラビライト 水和剤

日曹プラントボックス 水和剤

殺虫剤

ホスピット75 乳剤

ガードサイド 水和剤

殺ダニ剤

シトラゾン 乳剤

クイックロン 水和剤

マイトラン 水和剤

ダニマイト 水和剤

ヒロダン 乳剤

植物成長調整剤

ビーナイン 水溶剤80

くん煙剤

ジェットVP

トリアジンジェット

展着剤

ラビデンSS



日本曹達株式会社

本社：東京都千代田区大手町2-2-1 〒100

支店：大阪市東区北浜2-90 〒541

営業所：札幌・仙台・信越・高岡・名古屋・福岡

本会発行新刊図書

茶樹の害虫

南川仁博・刑部勝共著

5,000円 送料400円

A5判 口絵カラー写真4ページ、本文322ページ 上製本 箱入り

第1編の総論で茶樹の害虫とその被害・防除上の諸問題を、第2編の各論で茶樹につく108の害虫について形態・経過習性・防除法・天敵を、第3編の農業概説で分類・使用の歴史・殺虫剤の特性と効果・安全使用基準を解説し、巻末に動物和名・学名・薬剤名・病菌名・事項名より引ける索引を付した解説書

内容目次

第1編 総論

- 1 茶樹の害虫とその被害
- 2 茶樹害虫防除上の諸問題

第2編 各論

- 1 クダマキモドキ
- 2 ヤマトシロアリ
- 3 アザミウマ類
- 4 カメムシ類
- 5 ヨコバイ類
- 6 アオバハゴロモ
- 7 ヤマモモコナジラミ
- 8 コミカンアブラムシ
- 9 カイガラムシ類
- 10 コウモリガ
- 11 ハマキガ類

12 チャノホソガ

- 13 メイガ類
- 14 アミメマダガ
- 15 イラガ類
- 16 ゴマフボクトウ
- 17 ミノガ類
- 18 シャクガ類
- 19 ドクガ類
- 20 ヤガ類
- 21 ヒトリガ類
- 22 マダラカサハラハムシ
- 23 キクイムシ類
- 24 コガネムシ類
- 25 パラハキリバチ
- 26 チャノハモグリバエ

27 ダニ類

- 28 土壌線虫類
- 29 沖縄の茶樹害虫
- 30 台湾産茶樹害虫目録

第3編 農業概説

- 1 農業の分類
- 2 茶樹に対する農業使用の歴史
- 3 殺虫剤の特性と茶樹害虫に対する効果
- 4 殺虫剤の一般名と商品名ならびに茶用農業の使用制限事項（安全使用基準）

索引

お申込みは前金（現金・振替・小為替）で本会へ

穂いもち ピンチャリ

40～50日の長い持続効果を発揮。

しかも、手まきでカンタンです。

- 散布適期幅が広く、散布にゆとりがもてます。
- すぐれた効果が長期間(約50日)持続します。
- 粉剤2～3回分に相当する効果を発揮します。
- イネや他の作物に薬害を起こす心配がありません。
- 人畜、魚介類に高い安全性があります。

フジワン[®]粒 剤

使用薬量：10アール当り4kg

使用時期：出穂10～30日前（20日前が最適）

予防と治療のダブル効果

フジワン[®]乳 剤 粉 剤

- 他作物への薬害の心配がありません。



フジワンのシンボルマークです。

®は日本農薬の登録商標です。



日本農薬株式会社

〒103 東京都中央区日本橋1-2-5 栄太楼ビル

資料請求券

フジワン

植物防疫

心の窓・明るい農業へ



ウインドマークの
スプラックの専門書

芝生の病害

A6判・
一五〇〇円

西原夏樹・米山伸吾・吉村彰治共著

芝生の病害について、平意で豊

富な内容を満載。とくに鮮明な病

徴写真は、現場での診断と対策に

は欠かせない。

研究者、グリーンキーパー、大

学生、高校教材向け。

牧草の病害

A4判・スライド構成
定価 一五〇〇〇円

青刈作物の病害

定価二〇〇〇〇円

西原夏樹・吉村彰治監修・解説

牧草や青刈作物の病害には、どんな病害があるのか？

その病徴を初期から正確にとらえ、病害発生に伴う減収、品質の低下、更には病害牧草供与による家畜に及ぼす影響まで言及し、診断のポイントを教える。

20数品種、80種類に及ぶ病害を網羅。

牧草病害の第一人者が十年の歳月を費して完成した力作。45年以來のベストセラー。

試験場、普及所、大学、高校教材に最適。

株式会社 産業資材PRセンター

〒105・東京都港区虎の門1-19-6・TEL 03(591)1910 振替東京9-27608番



は信頼のマーク



予防に優る防除なし

果樹・そ業病害防除の基幹薬剤

キノブドー® 水和剤 40

殺虫・殺ダニ 1剤で数種の剤の効力を併せ持つ

トーラック 乳剤

宿根草の省力防除に好評！粒状除草剤

カソロン 粒剤 6.7

人畜・作物・天敵・魚に安全
理想のダニ剤

デデオ 乳剤 水和剤

兼商株式会社

東京都千代田区丸の内2-4-1

着剤はグラミンS・泡のたたないグラミンS・展着剤はグラミンS・泡のたたない

泡のたたないグラミンS・展着剤はグラミンS・泡のたたないグラミンS・展着剤

昭和五十四年十一月二十五日	印刷	第三十三卷第十一号
昭和五十四年十一月三十日	發行(毎月一回三十日發行)	
昭和二十四年九月九日	第三種郵便物認可	

* 苗立枯病防除、健苗育成に

タチガレン[®] 液粉 剤剤

- ◎ いつでも、どこでも安定した効果が得られます。
- ◎ 立枯病や立枯性腐敗を適確に防ぎます。
- ◎ 健苗が得られます。
- ◎ 移植後の生育が良くなります。
- ◎ 安全で使いやすい薬剤です。

*ドリン剤に替る土壤殺虫剤
ネキリ、タネバエ、コオロギ、ケラ、ダンゴ

カルボス® 粉剤
微粒剤F

* アオムシ、コナガなどそしゃく害虫に

カルボス®乳剤

* 野菜のコナガ、ヨトウ、ウワバ、アブラムシなど
広範囲の害虫に効きめが鋭い!!

ホスパー[®]乳剤

＊三共のボルドウ再登場！
近点細菌病に薬害の少ない銅剤

三共 オキシボルドウ



三共株式会社

農藥營業部 東京都中央区銀座2-7-12
支店 東京・仙台・名古屋・大阪・広島・高松

北海三共株式会社
九州三共株式会社

ゆたかな実り＝明治の農薬

強い力がなが〜くつづく

サッとひとまき

サッとひとまき
いもち病に！ **オリゼメート粒剤**

野菜・かんきつ・もの **アグレフト** 水和剤・液剤
細菌性病害防除に

イネしらはがれ病防除に **フェナジン** 水和剤・粉剤

デラウェアの種なしと熟期促進に
野菜の成長促進・早出しに



明治製菓株式会社
東京都中央区京橋 2-4-16

実費四〇〇円（送料二九円）