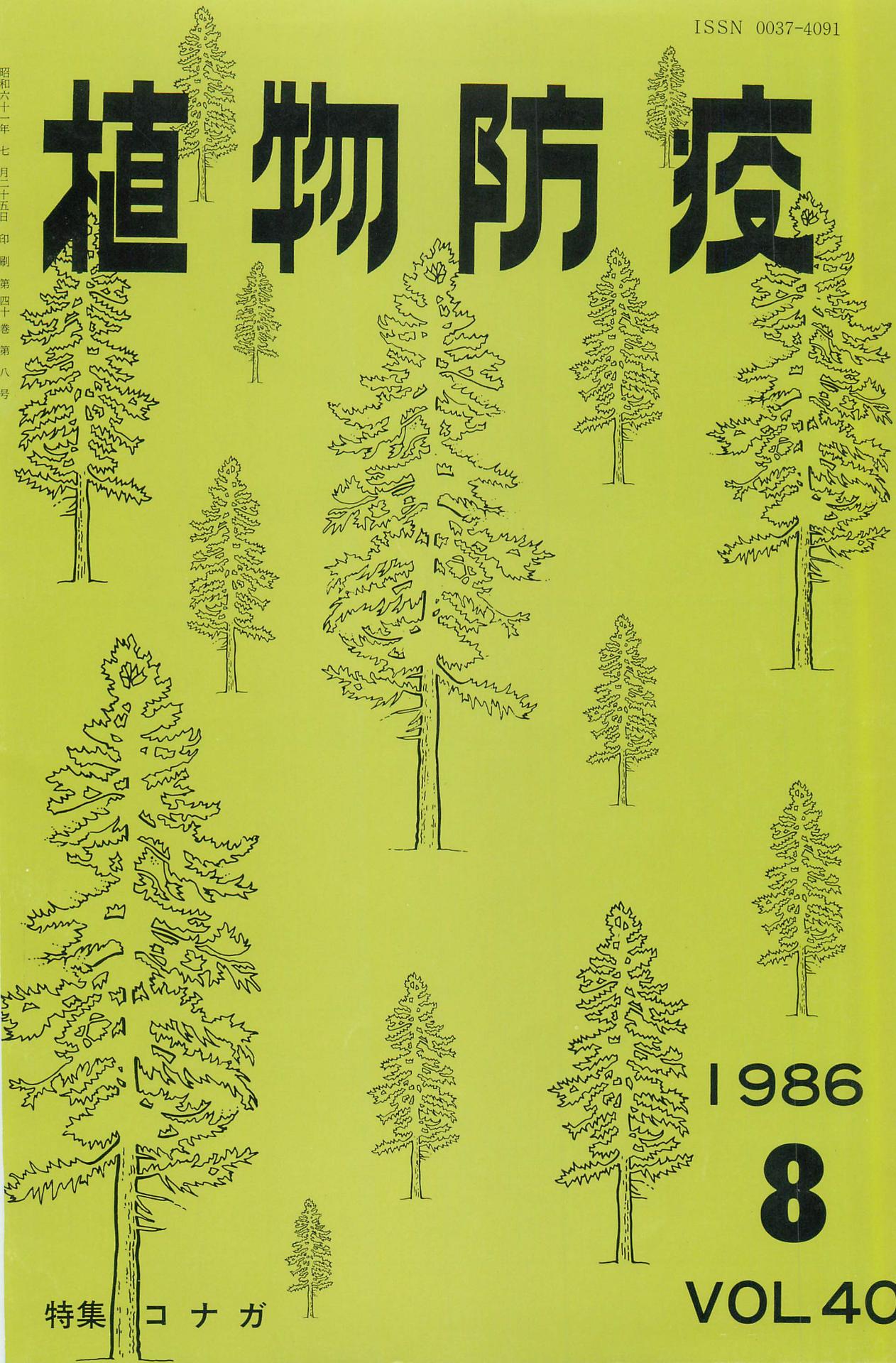


ISSN 0037-4091

植物防疫

昭和六十一年七月二十五日印刷第四十卷第八号



特集 コナガ

1986

8

VOL 40

りんごの病害防除に!

*適用拡大になりました。

*赤星病 / 黒点病 / *黒星病
斑点落葉病 / *すす点病 / *すす斑病

パルノックス 水和剤



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7-4

土壌調査、植害テストおよび土壌・肥料・植物などの依頼分析 〈正確・迅速〉

● 土壌調査、植害テスト

開発地などの土壌調査、土壌図作成および
汚泥など産業廃棄物の植害テスト

● 依頼分析

植栽地・緑地の土壌や客土の物理性・化学性分析
農耕地やその他土壌の物理性・化学性分析
および粘土鉱物の同定
考古学分野における遺跡土壌の化学分析
植物体の無機成分分析
各種肥料の分析
土壌汚染物質の分析
水質および産業廃棄物の分析

● モノリス(土壌断面標本)の作成

特殊樹脂加工による永久保存標本の作成

● 花粉・微化石分析調査

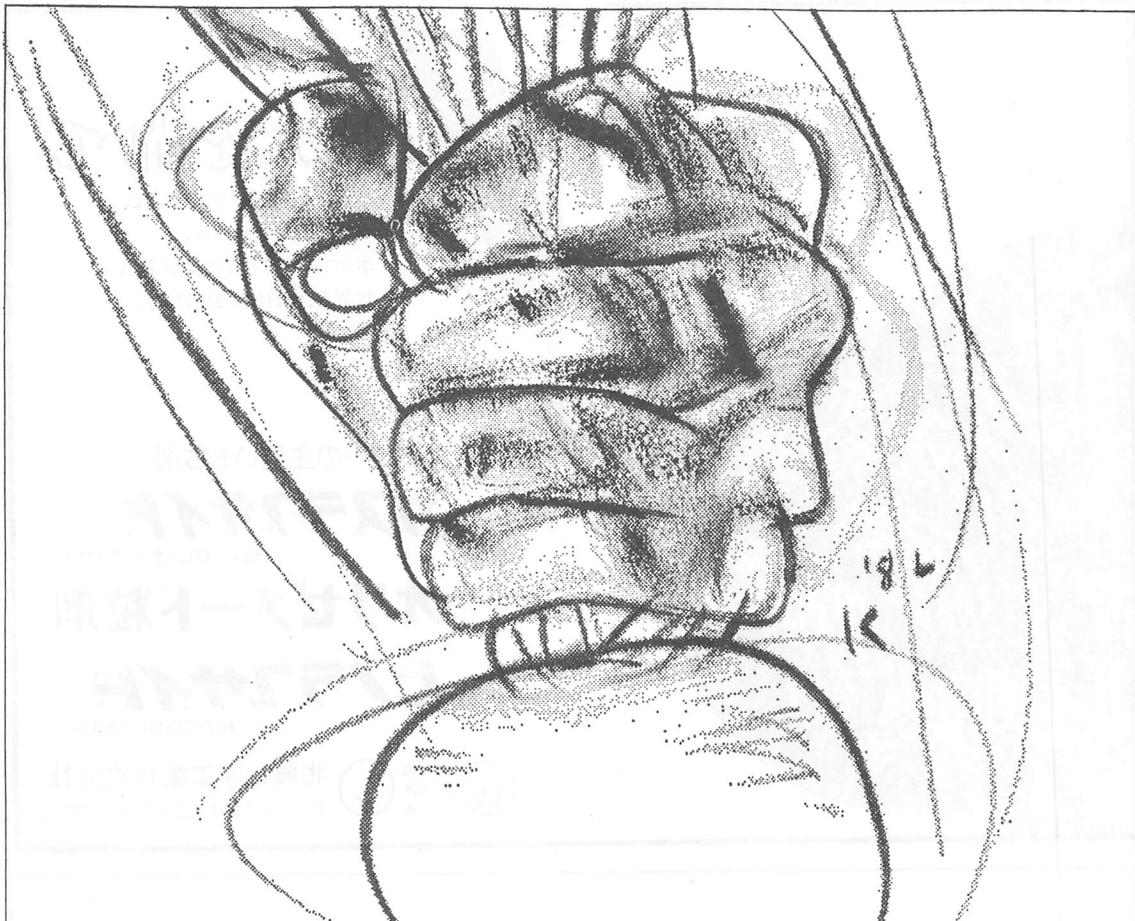
古環境、地質時代の解明に顕著な実績をあげています

● 骨材の岩石・品質鑑定(薄片作製)

パルノ・サーヴェイ株式会社

地質調査業者 質 60-982
計量証明事業 群馬県 環 第17号

本社 〒103 東京都中央区日本橋室町2-1 三井中3号館
TEL 03(241)4566(代) FAX 241-4597
土壌研究センター 〒375 群馬県藤岡市岡之郷字戸崎559-3
TEL 0274(42)8129 FAX 0274-42-7950



収穫はラブ・ストーリー。

大きく育ってほしい。大きな姿で応えたい。
人と作物、ふたつの心が通いあい、ひとつになって実りに結びます。
すばらしい愛のストーリー、デュボンジャパンは技術で応援します。

豊かな収穫に貢献するデュボン農薬

殺菌剤——ベンレート* / ベンレート*T / ダコレート / スパグリン
殺虫剤——ランネード*45 / ホスクリン
除草剤——ロロックス* / レナパック / ハイバー*X / ソーバー*

デュボン ジャパン リミテッド 農薬事業部
〒107 東京都港区赤坂1丁目11番39号 第2興和ビル

●デュボン農薬のお問い合わせは……
Tel.(03)585-9101

デュボン ジャパン





豊かさを描いて。

豊かさに、確かさをプラスして、
さらに美しさを求める。
ホクコーは、より質の高い実りの
世界を、今日も描き続けます。

ホクコーの主要いもち剤

カスラフサイド®

粉剤・DL・水和剤・ゾル

オリゼメート®粒剤

ヒノラフサイド®

粉剤35・DL・水和剤



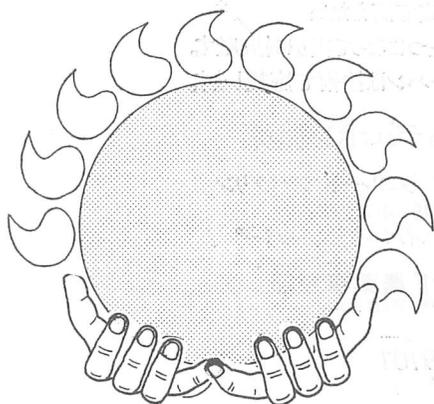
農 協
経 済 連 携
全 農



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

線虫剤と伴に30年



線虫剤の
トップブランド

テロン^{*}92



サンケイ化学株式会社

鹿児島・東京・大阪・福岡・宮崎

本社 鹿児島市郡元町880 TEL.0992(54)1161(代表)・東京事業所 千代田区神田司町2-1 TEL.03(294)6981(代表)

植物防疫

Shokubutsu bōeki
(Plant Protection)

第 40 卷 第 8 号
昭和 61 年 8 月 号

目次

特集：コナガ

コナガの発生予察	岩田 直記	1
コナガのリサーチセンス	根本 久	5
コナガの薬剤抵抗性	浜 弘司	10
コナガの天敵	山田 偉雄	17
バクテリオシンとその病害防除への利用	白田 昭	23
わが国の線虫抵抗性品種と線虫防除	百田 洋二	27
キウイかいよう病の発生生態と防除の問題点	芹澤 拙夫	34
<i>Alternaria</i> 属菌の宿主特異的毒素——最近の研究動向——	柘植 尚志・西村 正暁	39
トビロウカの薬剤防除における問題点	細田 昭男	47
紹介 新登録農薬		22, 51
新しく登録された農薬 (61.6.1~6.30)		9, 16
学界だより	協会だより	46
次号予告		46



「確かさ」で選ぶ…バイエルの農薬

- いもち病に理想の複合剤
ヒノラフサイド[®]
- いもち病の予防・治療効果が高い
ヒノザン[®]
- いもち・穂枯れ・カメムシなどに
ヒバイジット[®]
- いもち・穂枯れ・カメムシ・ウンカなどに
ヒノラスパイバッサ[®]
- 紋枯病に効果の高い
モンセレン[®]
- いもち・穂枯れ・紋枯病などに
ヒノラスモンセレン[®]
- イネミス・カメムシ・メイチュウに
バイジット[®]
- イネミス・ゾウムシ・メイチュウに
バサジット[®]
- イネミス・ドロオイ・ウンカなどに
サンサイド[®]
- イネミス・ウンカ・ツマグロヨコバイに
D.S. タイシストンサンサイド[®]
粒剤

- さび病・うどんこ病に
® バイレト[®]
- 灰色かび病に
® ユーパレン[®]
- うどんこ病・オンシツコナジラミなどに
® モレスタン[®]
- 斑点落葉病・黒星病・黒斑病などに
® アントラコール[®]
- もち病・網もち病・炭そ病などに
® ハイモルホルドワ[®]
[クスラビットホルデ]
- コナガ・ヨトウ・アオムシ・ハマキムシ・スリップスに
® トクチオン[®]
- ミナミキイロアザミウマに
® ホルスタール[®]
- 各種アブラムシに
® アリルメート[®]
- ウンカ・ヨコバイ・アブラムシ・ネダニなどに
® タイシストン[®]
- アスバラガス・馬鈴しょの雑草防除に
® センコル[®]



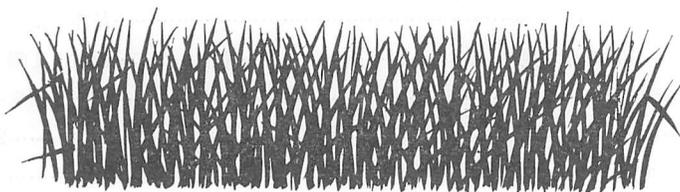
® は登録商標

日本特殊農薬製造株式会社
東京都中央区日本橋本町2-4 ☎ 103

農薬は正しく使いましょう！



いもち・紋枯病と 稲害虫の同時防除に！



●いもち病・紋枯病の同時防除に
ビームバリダシン[®]粉剤

●いもち病と稲害虫の防除に
パダンサイドビーム[®]粉剤

●紋枯病と稲害虫の防除に
パダン[®]ハツサバリダシン[®]粉剤

パダンサイド[®]バリダシン[®]粉剤

パダンナック[®]バリダシン[®]粉剤

●いもち病・紋枯病と稲害虫の同時防除に
パダンバリダ[®]ビーム[®]粉剤
ラブサイド[®]パダンバリダシン[®]粉剤



武田農薬30年

各種の病害虫を同時防除するためにパダン・バリダシンを基剤とした混合剤・DL剤が多数用意されています。発生病害虫の防除適期に合った混合剤をお選び下さい。

武田薬品工業株式会社 農薬事業部 〒103 東京都中央区日本橋2丁目12番10号

特集：コナガ〔1〕

コナガの発生予察

群馬県農業総合試験場 岩 田 直 記

はじめに

アブラナ科野菜の重要害虫であるコナガは、発育が早く、寒冷地では年間5世代、暖地では10~12世代を繰り返す(梅谷・山田, 1973)、各態が常に混在する場合が多いので、その発生生態は複雑である。さらに終齢幼虫や蛹は薬剤に対する感受性が低く(佐々木, 1980; 山田, 1977)、キャベツ産地ではスケジュール防除により薬剤散布回数が多いことから、近年、各種薬剤に対する感受性が低下してきている。そうした現状のなかで、的確な発生予察法の確立に対する期待は大きくなっている。

TAMAKI ら(1977)によって本種の性フェロモンが単離・同定されて以来、ほ場におけるコナガの発生調査、予測に性フェロモン製剤の利用が有効であることが示され(KOSHIHARA et al., 1978; 腰原・山田, 1980)、1980年に開始された野菜病害虫発生予察事業においてその実用性が検討されている。1982年からは発生予察事業の特殊調査としてコナガほか3種を対象に「フェロモントラップによる発生予察方法の確立」が取り上げられ、当場ではキャベツのコナガを対象に、主として、高冷地において調査を行っている。

ここでは、特殊調査のなかでこれまでに得られた知見を中心に、フェロモントラップを利用した本種の発生予察法について、その概要を紹介する。

I 高冷地におけるコナガの越冬

コナガの発生予察法を確立するうえで、各地における越冬の実態を明らかにしておく必要がある。

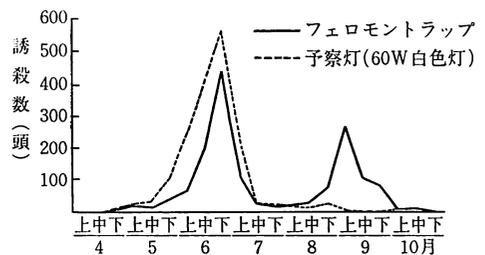
コナガは暖地では各態で越冬することが知られているが、北海道や東北などの寒冷地、関東東山などの高冷地では越冬の実態は不明である。高冷地(嬬恋村: 標高1,170 m)における越冬の可否を明らかにするため、筆者らが蛹の放飼試験を行ったところ、越冬の可能性は認められなかった。また、冬期の生存虫は確認されなかった。大分県の高冷地(九重町: 標高900 m)ではキャベ

Forecasting Method of the Diamondback Moth (*Plutella xylostella* (L.)) Using Sex Pheromone Trap.
By Naoki IWATA

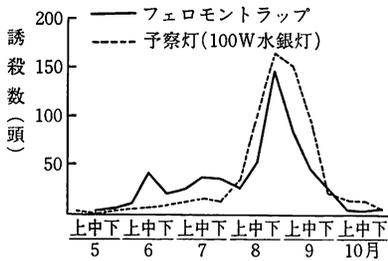
ツの残存株で幼虫、蛹の生存を確認している(北内ら, 未発表)が、嬬恋村では収穫終了後耕起されることが多く、さらに、積雪期間が平年で4か月以上と長いために、キャベツ残渣の腐敗が激しいことから、キャベツ残渣での越冬は無いものと思われた。したがって、嬬恋村における春期の誘引個体は平たん地からの飛来や、早い作期のもものでは平たん・中間地で育苗された苗からの持ち込みによるものではないかと推察される。浜(1985)が嬬恋村個体群で薬剤感受性の季節の変動を検定した結果、抵抗性レベルが春から秋にかけて上がり、秋から翌春に下がることを認めている。現在、農林水産省では別枠研究「長距離移動性害虫の移動予知技術の開発」が実施されており、コナガの移動・発生生態の解明が期待される。

II フェロモントラップと予察灯との比較

従来、コナガ成虫の発生消長調査は予察灯により行われており、これまでに多くの発生予察式が得られている(農林水産省植物防疫課, 1980)。無防除のキャベツほ場の中央に設置したフェロモントラップ(武田製粘着式トラップ)による誘殺消長とはほ場から20~50 m離れた地点に設置した予察灯(平たん地: 60 W 白色灯, 高冷地: 100 W 水銀灯)による誘殺消長との比較をした。これまでの予察灯による調査では、平たん地の発生消長は、春期だけに飛来盛期が見られる一山型が一般的であり、年によって春期と秋期に飛来盛期が見られる二山型を示す。1984年の平たん地での誘殺消長(第1図)を見ると、予察灯では一山型を示したのに対し、フェロモ



第1図 平たん地(前橋市)におけるフェロモントラップと予察灯による誘殺消長(1984)



第2図 高冷地(嬭恋村)におけるフェロモントラップと予察灯による誘殺消長(1984~85年平均)

ントラップは二山型となり、明らかに両者間で差異が認められた。同年のは場での幼虫・蛹の生息密度は春期と秋期に明りょうなピークが見られたことから、フェロモントラップがよりは場における幼虫・蛹の発生量を反映していたと言える。次に、高冷地での誘殺消長(第2図)を見ると、フェロモントラップ、予察灯とも飛来盛期は平たん地と比べて約2か月遅れ、8月下旬~9月上旬に現れる一山型を示した。フェロモントラップへの誘殺数は低温の時期に多く、低密度時での調査には有効である。飛来盛期における誘殺総数を見ると、平たん地、高冷地とも、フェロモントラップと予察灯との間で年次によって逆転する現象が見られた。これについては、お互いの誘引時刻における気象条件、トラップの有効範囲の違いやフェロモントラップにおける野外雌との競合などによる誘引効率への影響によるものと思われるが、いずれにしても、今までの調査結果では発生消長調査の手段として問題はない。

コナガの発生生態は複雑であり、キャベツ一作の栽培期間は短く、作期の異なるは場が混在しているため、その発生予察はいっそう困難なものとなっている。したがって、マクロな発生予察と並行して、は場レベルの予察も考えていかなければならないが、フェロモントラップは経済性、設置の容易性、調査の簡便性などの利点から、そうした期待に答えられる技術に成りえよう。

III 成虫生息数の調査方法

キャベツは場における成虫生息数の調査方法を確立するため、スウィーピング(捕虫網20回振り)法と見取り法の実用性を検討した。スウィーピング法による捕捉数は極端に少なく、また、見取り法では成虫数と誘殺数との間に関連性が見られず、高冷地のキャベツを対象にした両法の有効性は認められなかった。大分県(北内ら、未発表)では、スウィーピング法と追い出し法との併用による調査法を検討し、条件によってはキャベツで利用

できそうであるとしている。山田ら(未発表)によれば、ダイコンでスウィーピング法の高い実用性を認めている。

IV 成虫誘殺数と幼虫・蛹密度との関係

嬭恋村の高冷地分場(標高1,170m)において、無防除のキャベツは場にフェロモントラップを設置し、成虫誘殺数と幼虫・蛹の生息密度との関係を検討した。一般的な幼虫発生密度の調査には、ごく少発生時期を除けば、調査株数は20株で十分であるとされている(山田, 1977)。筆者らの調査によると、信頼度95%、相対誤差を0.3とし、株当たりの幼虫数が0.7~1.2ぐらいのときで、100株前後のサンプル数が必要であると推定されたが、労力の点で調査株数は40株とした。調査結果から成虫誘殺数の値のとりかた、さらにその成虫誘殺数と幼虫・蛹数との調査時期の間隔について検討し、相関係数を求め、その有意性を調べた(第1表参照)。2か年の結果ではあるが、各定植期をとおして見ると、4~5半月の合計誘殺数とその2~3半月後の幼虫・蛹生息数との間に高い正の相関関係が見られ、フェロモントラップへの成虫誘殺数からある程度その後の幼虫・蛹生息数の予測が可能であることが示唆された。ただ、直線回帰式の傾きは年次間で違いが見られている。

フェロモントラップを用いて、その後の幼虫・蛹の発生量を推定する場合、問題となるのは成虫誘殺数とコナガの個体数の増減に影響する要因である。成虫の誘殺数に影響する要因のうちで、誘引源、トラップ、雄成虫の性的活性度に関する知見は他の報告に譲り、気象要因についてこれまでの成果をまとめると、コナガの飛しょう(誘殺)の限界温度は最高気温が7~8°Cあたりであると思われる(宮崎ら、未発表)。15°C以下の低温の場合を除けば誘引数が気温に大きく左右されることは少ないものと思われる(山田, 1982)が、地温との関係は高いようである(筆者ら、未発表)。風速1.5~2.5mの微風で多く誘引され、およそ3m以上の風が吹くと誘引数は減少する(山田, 1982; 腰原, 1984)。降雨はほとんど影響しないようである(腰原, 1984)、などが知られている。一方、幼虫の発生量には降雨(中込・加藤, 1974; HARGOURT, 1963)や天敵(山田, 1982; 伊賀, 1985)が大きく関与していることが知られている。したがって、今後、誘殺数と気象要因との関連を多変量解析や時系列解析などの手法を用いて検討する必要があり、さらに、生命表、自然死亡要因の解析により、成虫誘殺数からその後の幼虫・蛹の発生量を精度高く予測することが可能になるものと思われる。

第1表 高冷地における成虫誘殺数 {Log (X+1)} と幼虫・蛹数 (Y) との相関係数の有意性

定植時期	誘殺数の 移動半旬数 ^{a)}	成虫誘殺数と幼虫・蛹数とのずれ ^{b)} (半旬数)									
		0		1		2		3		4	
		'84	'85	'84	'85	'84	'85	'84	'85	'84	'85
5月中旬	1	※ ^{c)}	—	※	—	※	—	※	—	※	—
	2	※	—	※	—	※	—	※	—	※	—
	3	※	—	※	—	※	—	※	—	※	—
	4	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
	5	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
6月下旬	1	※	※	※	※	—	※	—	※	—	—
	2	※	※	※	※	—	※	—	※	—	—
	3	※	※	※	※	—	※	—	※	—	—
	4	※	※	※	※	—	※	—	※	—	—
	5	※	※	※	※	—	※	—	※	—	—
7月下旬	1	※	—	※	—	※	※	※	※	—	※
	2	※	※	※	※	※	※	※	※	—	※
	3	※	※	※	※	※	※	※	※	—	※
	4	※	※	※	※	※	※	※	※	—	※
	5	※	※	※	※	※	※	※	※	—	※

a) 成虫誘殺数の値のとりかた (例: 3—3 半旬の合計誘殺数を移動).
 b) 成虫誘殺数とこれの調査時期より後の幼虫・蛹数との間隔を半旬数で示す.
 c) ※: 95% で有意, ※※: 99% で有意.

V 成虫誘殺数とキャベツの被害との関係

高冷地において、キャベツ (定植時期: 5月中旬, 6月下旬, 7月下旬) のコナガによる食害を調査し、一方、フェロモントラップへの誘殺数を数え、誘殺数と被害度との関係について検討した。コナガの食害の様相は特異的であるが、作物の生育が進むにつれて、他の食葉性害虫によるものとの判別が難しくなることから、調査株は固定して行った。被害度は中込・加藤 (1982) による調査基準に準じて算出した。

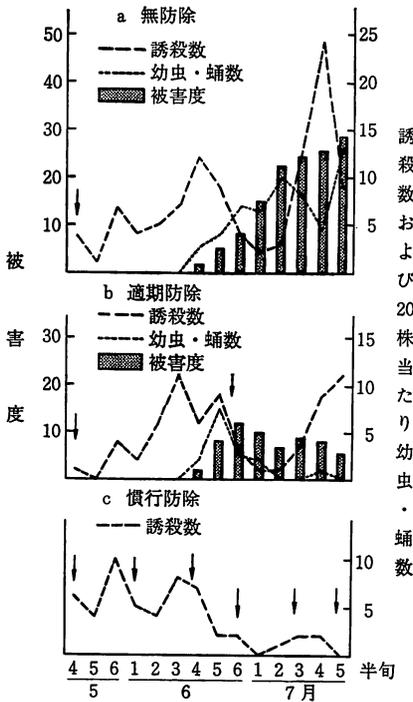
誘殺数は、被害度を調査した日から前にさかのぼる日数、さらに合計数として計算する半旬数を考慮して被害度との関係を見たところ、一定の関係は認められなかった。次に、誘殺数の値を調査時点までの総誘殺数として解析したところ、誘殺数と被害度との間には調査時期の0~4半旬のずれには関係なく、常に高い直線関係が認められた。この結果、2か年間ではあるが、年次間差を少なくしてそれらの有意性を見ると、被害度は約2半旬前までの総誘殺数から判断できるものと推定された。

島根県 (宮崎ら, 未発表) では、キャベツ 定植後 40日までの誘殺数と収穫期の被害度との間に特に高い相関を得ている ($r^2=0.838, P<0.01$)。これにより、定植後 40日の時点で、収穫期の被害を推定することが可能である。

VI 防除時期の予測の試み

高冷地のキャベツほ場において、幼虫・蛹、被害の発生状況を観察しながら防除を行った。この結果から、防除時期と誘殺数との関係を解析し、フェロモントラップへの誘殺数を基にした薬剤散布時期の予測の可能性について検討した。5月中旬, 6月下旬, 7月下旬定植のキャベツほ場を設定し、各定植時期とも、対照に、慣行防除ほ場、無防除ほ場を設けた。キャベツは定植後間もない時期にコナガが寄生すると、展開前の心葉が食害され、収穫期に結球しない場合が多くなるので、いずれも定植直前の苗床あるいは定植直後に薬剤散布を行った。5月中旬定植の各処理ほ場における結果を第3図に示した。ほ場での発生状況から適期に防除を実施したところ、本ほでの防除は定植後 42日の1回だけとなり、慣行防除区の5回に比べて4回防除回数減少をみる結果となった。6月下旬定植, 7月下旬定植では防除回数は2回となり、慣行防除区の薬剤散布回数よりそれぞれ、4回, 2回少なかった。収穫期にはいずれの定植期とも省力防除回数で結球部の食害は無く、品質の低下は見られなかった。当然ながら、発生量がこれ以上に多い場合には防除時期は早まり、薬剤散布回数は慣行防除ほ場のそれと大差なくなることが予想される。

前に述べたように、幼虫・蛹の発生量とこれより 2~3半旬さかのぼった 4~5半旬の合計誘殺数との間に高



第 3 図 5 月中旬定植キャベツにおける誘殺数、幼虫・蛹数および被害度 (1985)
矢印は薬剤散布時期を示す。

い関係が得られていることから、1 回目の薬剤散布時の 2 半月前までの誘殺数を見たところ、各定植期とも 10 頭前後であった。定植後の誘殺総数が 10 頭前後に達した 10 日後ごろが、最初の防除時期になるのではないかと推察した。大林は、平たん部ではフェロモントラップへの 1 日当たり平均誘殺数が 5~10 頭 (薬剤により変動) を超えたところが防除適期と推察している (未発表)。次に、6 月下旬定植と 7 月下旬定植の 2 回目の防除時期について誘殺数との関係を見たが、初回の防除から 2 回目の防除までの誘殺消長は二つの作期で大きく異なっていた。誘殺数からだけでは 2 回目以降の防除の判定は難

しく、キャベツの被害状況も観察しながら防除時期を推定する方法が有効であると思われた。ただし、今後、定植期ごとのデータの蓄積により、誘殺数だけである程度の防除時期を判定できるかもしれない。なお、現地では防除がコナガのみを対象としてだけでなく、他の食葉性害虫との同時防除を狙って行われているので、今後、こういったことも併せて防除時期を検討していかなければならない。

おわりに

以上、フェロモントラップを利用したコナガの発生予察法について、現在実施中の特殊調査のなかで得られた成果を基に述べたが、情報量不足から独断的な推論によるところが多く、十分検討されたとは言えない。本虫の発生生態も十分に解明されているわけではなく、発生時期、量、さらに被害の予測はいずれも難しいものであるが、今後、さらに長期的なデータの蓄積により、本技術を精度の高い予察法にしていきたいと考えている。

主な引用文献

- 1) 浜 弘司 (1985) : 野菜病害虫に関するシンポジウム講要, 日本植物防疫協会.
- 2) HARCOURT, D. G. (1963) : Can. Entomol. Soc. Mem. 32 : 55~56.
- 3) 伊賀幹夫 (1985) : 応動昆 29 : 119~125.
- 4) KOSHIHARA, T. et al. (1978) : Appl. Ent. Zool. 13 : 138~141.
- 5) 腰原達雄・山田偉雄 (1980) : 応動昆 24 : 6~12.
- 6) ——— (1984) : フェロモン実験法 (2), 日本植物防疫協会.
- 7) 中込暉雄・加藤喜重郎 (1974) : 愛知農総 試研報 B6 : 19~24.
- 8) ——— (1982) : あぶらな科野菜の害虫とその防除, コナガを中心として, 武田薬品工業, pp. 122.
- 9) 農林水産省植物防疫課 (1980) : 植物防疫 34 : 285~293.
- 10) 佐々木善隆 (1980) : 農薬 27 (2) : 22~27.
- 11) TAMAKI, Y. et al. (1977) : Appl. Ent. Zool. 12 : 208~210.
- 12) 梅谷猷二・山田偉雄 (1973) : 応動昆 17 : 19~24.
- 13) 山田偉雄 (1977) : 農薬研究 24 (1) : 1~6.
- 14) ——— (1977) : 植物防疫 31 : 202~205.
- 15) ——— (1982) : フェロモン利用に関するシンポジウム講要, 日本植物防疫協会.
- 16) ——— (1982) : 応動昆大会講要 26 : 134.

特集：コナガ〔2〕

コナガのリサーチエンス

埼玉県園芸試験場 **ねもと** **ひさし**
根本久

はじめに

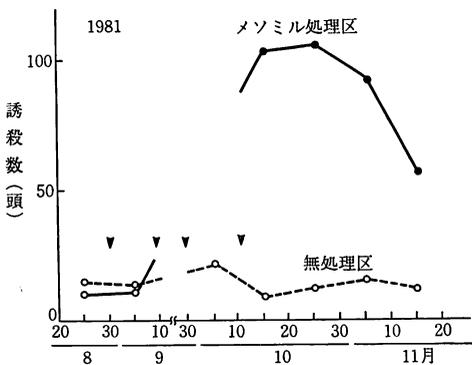
アブラナ科野菜を加害する食葉性害虫やアブラムシ類を薬剤で何回か防除しているうちに、コナガが優占的になる場合をしばしば経験する。こうしたとき、われわれはコナガに薬が効かなくなったと言い、薬剤抵抗性について考える。しかし、単に効果がないばかりでなく、密度がかえって高まっている場合もある。

1981年に、埼玉県園芸試験場内のコナガの発生したカリフラワーは場でメソミル水和剤を施用したところ、処理区のコナガ個体数が無処理区と比較して多くなるリサーチエンス現象が認められた (NEMOTO, 1986) (第1図)。

ここでは、リサーチエンスの概念について説明するとともに、コナガのリサーチエンスについて得られた知見について紹介する。

I リサーチエンスとは

害虫を防除するために農薬を散布すると、害虫が散布前よりもかえって増加したり、無処理区よりも多くなる場合がある。こうした現象を RIPPER (1956) は resur-



第1図 メソミル水和剤処理区と無処理区におけるフェロモントラップへのコナガ(雄)の誘殺消長 (NEMOTO, 1986)

▼: 処理日

Resurgence in the Diamondback Moth (*Plutella xylostella* (L.)) Induced by Insecticides. By Hisashi NEMOTO

gence* と呼び、その例として 50 種以上を挙げた。

さらに、リサーチエンスの起きる害虫のタイプを二つに分けた。一つは防除対象害虫のリサーチエンス、他の一つは密度が低くふだんは問題とならない害虫のリサーチエンスである。後者については「人為的な害虫の異常発生 (man-made pest outbreak)」(RIPPER, 1956) とか「二次的異常発生 (secondary outbreak)」(EVELENS et al., 1973) とか呼ばれている。

リサーチエンスの原因としては、①天敵の減少、②農薬が食植性害虫に有利な影響を与える場合、および③競争種の除去などが挙げられる。②はさらに、農薬が直接害虫に有利に作用する場合と、植物を通して間接的に作用する場合に分けられる (RIPPER, 1956)。

1 天敵の減少

多くの事例が知られているが、RIPPER (1956) はその証明のためには (a) 天敵と害虫の個体数の負の相関、(b) 天敵がその害虫個体群の制限要因であること、(c) 前出のリサーチエンスの要因のうち②を排除できることの三つを挙げ、その証明の例として、イチゴにおけるシクラメンホコリダニとその捕食者であるカブリダニの例を挙げた。しかし、こうした (a)~(c) の3点すべてについて検討した例は少ない。

2 寄主植物を通じてのリサーチエンス

ダイズなどのマメ類に DDT を土壌施用すると葉中の全糖、還元糖 および窒素の増加が見られ、それとともに *Tetranychus telarius* (L.) の個体数が増加したという (RIPPER, 1956)。このように、農薬が寄主植物の生理を変えることによって間接的に害虫の増殖率を上げる場合を trophobiosis という (CHABOUSSOU, 1966)。しかし、証明にあたっては次に述べる農薬の直接的な影響を排除することが困難である場合が多い。

3 農薬の直接刺激による出生率の増加

紙面のつごう上実例の紹介は根本ら (1984) に譲るが、致死量以下のストレスが生物の増殖や育成などを有利な方向に刺激する現象を hormoligosis といい、その

* Resurgence は本来「再起」, 「再来」または「復活」と訳されるが、ここでの訳語は応用動物学・応用昆虫学学術用語集に従い「リサーチエンス」を用いる。

うち殺虫剤がストレスナーとなっている場合を Lucky は insecticide hormoligosis と呼んだ (Lucky, 1968)。農薬の直接的な刺激による産卵数の増加はこの概念に入るし、また、成長速度の増加なども含めることができるので便利である。後に、コナガでの事例を示す。

4 競争種の除去

事例は多くなく、RIPPER (1956) はその例として、リンゴハダニとナミハダニの例を挙げ、開花前の殺ダニ剤散布によるリンゴハダニの除去は、ナミハダニの発生の時期を早め、かつ、量も多くするという。

以上のように、リサーチジェンスの要因解明にあたっては、生態学、毒物学、昆虫生理学および植物の栄養生理学などの分野からの解析が必要となる。

以下、コナガのリサーチジェンスについては上記の2および4に該当するデータはなく、1および3に限って紹介する。

II メソミル処理によるコナガの産卵数増加

1 幼虫処理と産卵数の増加

致死濃度以下のメソミル水和剤を4齢幼虫に浸漬処理

した場合の1雌当たりの産卵数を第1表に示す。処理区のいずれも無処理区よりも増加傾向が認められ、特に、10および100 ppm ではそれぞれ、1.3倍および1.5倍と無処理区よりも有意 ($P=0.05$) に産卵数が増加した (根本ら, 1984)。

2 蛹の処理と産卵数の増加

一定体重の蛹 (5.5~6.5 mg) を致死濃度以下のメソミル水和剤に浸漬処理したところ、処理したいずれの濃度においても1雌当たり産卵数の増加および受精率の増加が認められた (第2表)。1雌当たり産卵数は無処理区と比較して、10 ppm で17%の増加、次いで、100 ppm の12%、500 ppm の10%となった。こうした傾向は受精卵数で明確に見られ、1雌当たり受精卵数は1.3倍 (10 ppm)~1.2倍 (500 ppm)、1雌当たり日当たり受精卵数は1.7倍 (10 ppm)~1.3倍 (500 ppm) となった。各処理区の受精率は無処理と比較して増加した。しかし、雌成虫の平均生存日数は処理区で短くなった (根本ら, 1984)。

こうした関係を検討するため、もっとも明確な差があった10 ppm区と無処理区について、その雌雄対形成後

第1表 メソミル水和剤のコナガ幼虫処理における1雌当たり産卵数

処理濃度 (ppm)	産卵数		調査対数
	1雌当たり	雌の体重当たり ^{a)}	
100	180.0±44.8 (1.49) ^{a, b)}	42.8±8.0 (1.40)**	4
50	139.5±16.7 (1.15)	36.3±2.1 (1.19)**	6
10	157.2±18.4 (1.30)*	38.0±3.3 (1.25)**	6
無処理	121.2±25.2	30.5±6.4	6

a) カッコ内の数字は無処理との比。

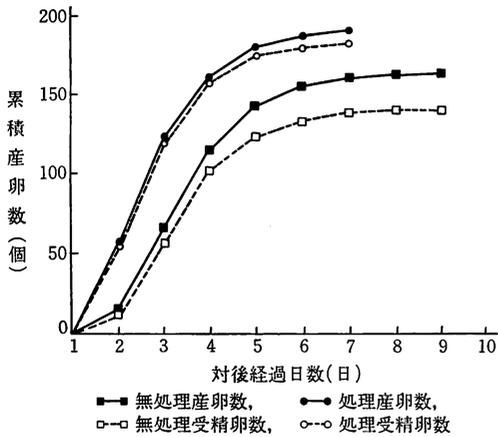
b) t検定 (*: 5%, **: 1%)

c) 蛹の生体重1 mg当たりの産卵数。蛹体重は3.5~4.5 mg。

第2表 メソミル水和剤のコナガ蛹処理における生存期間と1雌当たり産卵数

	無処理	処理濃度 (ppm)			
		10	50	100	500
調査対数	10	7	13	13	11
羽化率 (%)	0.983	1.000	0.955	0.985	0.970
雌成虫の生存期間 (日)	7.7±1.1 ^{a)}	6.1±0.7	6.5±0.7	6.7±1.2	7.1±2.0
産卵期間 (日)	5.1±0.9	4.4±1.0	4.6±0.7	4.6±1.0	5.6±2.0
1雌当たり産卵数	164.2±37.9	191.9±44.4 (1.2) ^{b)}	176.9±28.4 (1.1)	183.2±40.2 (1.1)	180.6±41.4 (1.1)
1雌当たり・日当たり産卵数	24.9±6.6	37.5±8.3 (1.5)	32.3±6.1 (1.3)	33.0±8.1 (1.3)	31.9±11.7 (1.3)
1雌当たり受精卵産卵数	139.3±37.0	182.0±43.3 (1.3)	170.1±28.2 (1.2)	175.1±35.3 (1.3)	160.6±37.2 (1.2)
1雌当たり・日当たり受精卵産卵数	21.2±6.5	35.7±8.4 (1.7)	31.1±6.1 (1.5)	31.6±7.4 (1.5)	28.3±9.9 (1.3)
受精率 (%)	84.4	94.7	96.2	95.6	88.9

a) 平均±S. D., b) カッコ内の比は無処理との比。



第2図 メソミル (10 ppm) 処理における産卵数および受精卵数の変化

の経過日数と累積産卵数との関係を第2図に示した。10 ppm 区では対形成後の産卵の立ち上がりが無処理区に比べて速く、短期日のうちに産卵する傾向がうかがえる。無処理区では対形成1日後の産卵数が低く、その差が10 ppm 区との差になっている。これを受精卵についてみれば、10 ppm 区で対形成4日後まで受精率が下がらないのに対し、無処理区では3日後から受精率が下がっている(根本ら, 1984)。

3 個体群の増殖

蛹にメソミルを処理して得られた数値を基に、受精卵を用いて、理論的に個体群の増殖率を求めた(根本ら, 1984)(第3表)。その結果、1世代平均時間(T)はいずれの処理区でも短くなり、一方、1世代当たりの純増加率(R₀)はいずれの処理区でも大きくなる傾向が認められた。その結果、内的自然増加率(r)は6~13%の増加を示した。1か月後の増加率(λ)は無処理区と比較して、10 ppm 区で2.03倍、50 ppm 区で1.59倍、100 ppm 区で1.63倍、そして、500 ppm 区で1.37倍

となった(第3表)。

4 産卵数増加のメカニズム

体重を一定にした蛹に薬剤を処理した場合でも産卵数が増加することはすでに述べた。その機構としては、メソミル処理によるアラタ体の活性化、それに伴い幼若ホルモンの分泌が促進され、その結果、卵巣発育速度が速くなり、結果的に産卵数が多くなると考えられた(春山・根本, 1985~86)。

さらに、アブラナ科野菜で使用される薬剤について、卵巣中の完成卵数増加の有無を調査したところ、18種のうち10種について増加が認められた。詳細については別途報告する予定である。

III メソミル処理と天敵

コナガのメソミル処理によるリサーチ・ゼンソの原因として天敵の減少を挙げるためには、天敵の役割を知らなければならない。伊賀(1985)は、埼玉県と比較的近い東京都江戸川区でコナガの生命表を作成し、天敵の役割を評価した。そして、コナガ個体群の変動主要因は卵期にあり、卵期の主な死亡要因は卵寄生蜂のメアカタマゴバチ、アリなどによる捕食および物理的な死亡であるとされた。また、1~2齢幼虫の死亡要因は降雨による水没死、3~4齢幼虫は必ずしも明らかではないとし、5~9月までスズメによる捕食割合が高いとした。一方、山田(1985)はコナガの捕食性天敵として重要と推定した4種の甲虫の飼育条件下での摂食量を調査し、これらの捕食性天敵類によるコナガ3~4齢幼虫期・蛹期の捕食はコナガ個体群の減少を引き起こしている要因になるとした。以上のうち、当場内でも確認された寄生性天敵は卵寄生蜂1種、幼虫期ではコマユバチ1種、蛹期はヒメバチとヒメコバチ各1種、また、はいかい性の捕食者としてはコモリグモ類、ハンミョウ、ゴミムシ類およびオオハサミムシが主で、ほかに植物体上で発見される

第3表 メソミル水和剤のコナガ蛹処理と個体群の増殖

	無処理	処理濃度 (ppm)			
		10	50	100	500
1世代平均時間 (T) ^{b)}	18.42	17.71	17.85	17.79	18.10
純繁殖率 (R ₀) ^{c)}	30.81	40.95 (1.33) ^{a)}	36.55 (1.19)	37.78 (1.23)	35.06 (1.14)
内的自然増加率 (r) ^{d)}	0.186	0.210 (1.13)	0.202 (1.08)	0.202 (1.09)	0.197 (1.06)
期間増殖率 (λ) ^{e)}	265.75	538.46 (2.03)	423.39 (1.59)	432.38 (1.63)	364.02 (1.37)
個体群密度が2倍になる期間 ^{b)}	3.73	3.31	3.44	3.43	3.53

a) かつこ内の数字は無処理との比, b) 日, c) /雌, d) /雌/日, e) /月

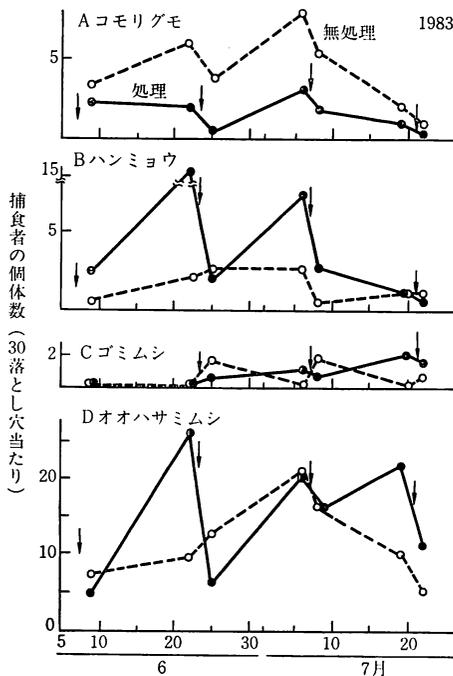
ものとしてはハエトリグモの一種、ハナグモ、ニセアカムネグモなどのクモ類が挙げられる (NEMOTO, 1986; 根本ら, 1984)。このうち、寄生蜂については、メソミル処理による寄生率の減少は明確ではなかった (根本, 未発表)。

1 血清学的手法によるはいかい性捕食性天敵の同定

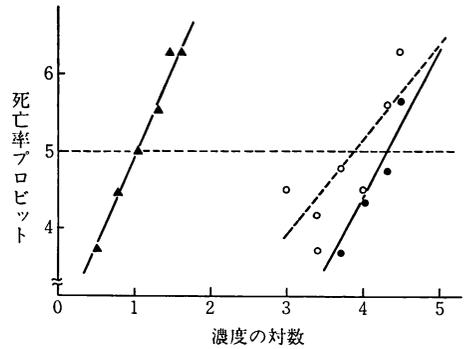
キャベツ畑に設置した落とし穴で捕らえた捕食者を血清反応を用いて調査したところ、オオハサミムシによるコナガの捕食は1例観察されただけであり、大部分の捕食はクモ類によるものであった。ウヅキコモリグモでは捕獲した個体の14% から正の血清反応が認められ、幼虫の捕食者として重要なことが示唆された (NEMOTO, 1986; 根本ら, 1984)。

2 メソミル処理がはいかい性捕食者に与える影響

落とし穴法で捕獲されることの多い捕食者について、メソミル処理区と無処理区について比較したのが第3図である。メソミル処理によってもっとも影響を受けたのはコモリグモ類であった。それ以外の、ハンミョウやゴミムシ類およびオオハサミムシはメソミル散布直後に減少するものの、その後回復した。特に、ハンミョウやオオハサミムシでは無処理区以上の個体数の増加が認められた (NEMOTO, 1986; 根本ら, 1984)。



第3図 メソミル水和剤処理と捕食者個体数の変化
↓: メソミル処理



▲—▲ ウヅキコモリグモ, ○……○ コナガ (浸漬処理)
●—● コナガ (摂食)
第4図 コナガ幼虫およびウヅキコモリグモに対するメソミル処理の濃度—死亡率曲線

そこで、キャベツ畑などでもっとも一般的な、ウヅキコモリグモとコナガについて LC₅₀ 値を求めた。その結果、コナガ4 齢幼虫の浸漬処理で 7,500 ppm, メソミルを処理したキャベツ葉を3 齢幼虫に摂食させた場合は約 20,000 ppm, それに対してウヅキコモリグモの LC₅₀ 値は 10 ppm 付近にあった (第4図)。メソミルの通常の使用濃度は 450 ppm であり、コモリグモはメソミル剤に大きく影響され、コナガにはほとんど効果のないことがわかる。

以上のことから、リサーチェンスの要因となりうる捕食性天敵としてはコモリグモ類が挙げられる。また、メソミルの影響を受け、かつ、コナガの捕食者となっているものにはハナグモやハエトリグモの一種、ニセアカムネグモなどのクモ類やアマガエルが挙げられるが、今後、その役割を明らかにしたい。

伊賀 (1985) は、コナガ個体群の変動主要因は卵期にあり、その天敵として卵寄生蜂やアリを挙げた。しかし、当場では卵寄生蜂は必ずしも常発せず、明確な資料が得られなかった。

一方、HARCOURT (1963) はコナガ個体群の変動主要因として、産卵前の雌成虫の死亡を挙げた。成虫の捕食者としては、ハエトリグモなどのクモ類、アリ、アマガエル (根本, 未発表), およびイトトンボ (山田・山口, 1985; 山田, 1985) があり、これらと薬剤の関係も検討する必要がある。

おわりに

コナガのメソミル処理によるリサーチェンスの要因としては、コナガの感受性低下と、メソミルの直接刺激による増殖率の増大、コモリグモなどの捕食性天敵の減少など、複数要因が挙げられた。また、どちらが主要因か

と考えると、直接刺激による個体数の増加は2倍程度であり、今回のような10倍以上(NEMOTO, 1986)の個体数増加は説明困難であり、天敵の減少がより重要と考える。しかし、卵期や成虫期の天敵とメソミルの関係についての評価はできなかった。

今後、コナガの害虫管理を進めるにあたって、こうした検討は有益な資料となると信ずる。

最後に、有益な助言をいただいた農業環境技術研究所桐谷圭治博士に深く感謝する。

主な引用文献

- 1) Nemoto, H. (1986) : Proceedings of International Workshop of the Diamondback Moth Management (印刷中).

- 2) RIPPER, W. E. (1956) : Annu. Rev. Entomol. 1 : 403~438.
- 3) EVELEENS, K. G. et al. (1973) : Environ. Entomol. 2 : 497~503.
- 4) CHABOUSSOU, F. (1966) : Proc. FAO Symp. on Integ. Pest Control Rome 1 : 33~61.
- 5) 根本 久ら (1984) : 応動昆 28 : 150~155.
- 6) LUCKY, T. D. (1968) : J. Econ. Entomol. 61 : 7~12.
- 7) 春山裕史・根本 久 (1985) : 第29回応動昆大会講要 : 101.
- 8) ———— (1986) : 第30回応動昆大会日本昆虫学会第46回大会共催大会講要 : 97.
- 9) 伊賀幹夫 (1985) : 応動昆 29 : 119~125.
- 10) 山田偉雄 (1985) : 同上 29 : 173~175.
- 11) 根本 久ら (1984) : 第28回応動昆大会講要 : 12.
- 12) ———— (1985) : 応動昆 29 : 61~66.
- 13) HARCOURT, D. G. (1963) : Can. Ent. Soc. Men. 32 : 55~66.

新しく登録された農薬 (61.6.1~6.30)

掲載は、種類名、有効成分及び含有量、商品名(登録年月日)、登録番号〔登録業者(会社)名〕、対象作物:対象害虫:使用時期及び回数などの順。ただし、除草剤については、適用雑草:使用方法を記載。(…日…回は収穫何日前まで何回以内散布の略。)(登録番号 16385~16417 まで計 33 件)

『殺虫剤』

DDVP・CVP 乳剤

DDVP 25.0%, CVP 15.0%

バーバップ乳剤 (61.6.12)

16385 (シュル化学)

茶(覆下栽培を除く):コカクモンハマキ・チャノホシガ・クワシロカイガラムシ・ミドリヒメヨコバイ:20日2回, キャベツ:アオムシ・コナガ・アブラムシ類・カブラハバチ・ヨトウムシ:14日4回, なす:ジャガイモガ・ニジュウヤホシテントウ・アブラムシ類:7日4回, たまねぎ:スリップス類:7日5回

マラソン・MTMC・NAC 粉剤

マラソン 2.0%, MTMC 2.0%, NAC 2.0%

トビノック粉剤 DL (61.6.12)

16386 (サンケイ化学)

稲:ツマグロヨコバイ・ウンカ類:14日5回

PHC 粒剤

PHC 5.0%

サンサイド粒剤 (61.6.12)

16389 (北海三共)

稲:ツマグロヨコバイ・ウンカ類・イネミズゾウムシ・イネドロオイムシ:14日5回

チオシクラム・MTMC 粉剤

チオシクラム 2.0%, MTMC 2.0%

エビセクトツマサイド粉剤 DL (61.6.12)

16393 (三共), 16394 (九州三共)

稲:ニカメイチュウ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類・コブノメイガ:14日4回

マラソン・CVMP・XMC 粉剤

マラソン 2.0%, CVMP 1.5%, XMC 2.0%

ガードフォスマク粉剤 DL (61.6.12)

16395 (北興化学工業)

稲:ニカメイチュウ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類:14日5回

ペルメトリンエアゾル

ペルメトリン 0.15%

カダン AP (61.6.25)

16401 (フマキラー)

ばら:アブラムシ類・チュウレンジハバチ, きく:アブラムシ類, つつじ:ツツジゲンバイ, つばき・さくら等の花木:チャドクガ・アメリカシロヒトリ

BPMC 粉剤

BPMC 3.0%

バッサ粉剤 30DL (61.6.25)

16406 (中外製薬)

稲:ツマグロヨコバイ・ウンカ類:7日5回

MTMC 粉剤

MTMC 3.0%

ツマサイド粉剤 30 DL (61.6.25)

16408 (日産化学工業), 16409 (中外製薬)

稲:ツマグロヨコバイ・ウンカ類:7日5回

『殺菌剤』

グアザチン・銅水和剤

グアザチン 2.5%, 塩基性塩化銅 73.5%

ベフドー水和剤 (61.6.25)

16405 (大日本インキ化学工業)

茶(覆下栽培を除く):炭そ病・赤焼病・もち病:7日3回

(16 ページへ続く)

特集：コナガ〔3〕

コナガの薬剤抵抗性

農林水産省中国農業試験場 ^{はま} 濱 ^{ひろ} 弘 ^し 司

はじめに

アブラナ科野菜の主要害虫であるコナガの薬剤抵抗性は1970年前後より顕在化し、抵抗性個体群の分布は拡大している。そのため、本種は防除がもっとも難しい害虫の一つとなっている。コナガの薬剤抵抗性は1950年代インドネシアで DDT 抵抗性が報告されて以来、有機塩素剤、有機リン剤、カーバメート剤および合成ピレスロイド剤など、ほとんどすべてのグループの薬剤に対する抵抗性が出そろう、その問題は東南アジアを中心に年々深刻化している。そうした実態の調査研究は台湾を中心に進められているが、わが国では本種の抵抗性に関連した研究はあまり進展していない。こうした状況について、筆者は3年前に本誌に「コナガの殺虫剤抵抗性」と題して概説した。

その後、筆者は農林水産省の別枠研究「長距離移動性害虫の移動予知技術の開発」の一環として、コナガの薬剤抵抗性の実態調査を主に1983年から85年の3か年間実施し、その特徴をかなり明確にすることができた。また、最近のトピックスの一つとして、1983年に上市され、卓越した殺虫力を示した合成ピレスロイド製剤に対する強力な抵抗性が予想外の早さで生じ、その分布が昨年一挙に拡大したことが挙げられる。そこで、本論では筆者らの研究結果を中心に、コナガの薬剤抵抗性の全般的特徴と、合成ピレスロイド抵抗性の拡大経過およびその特徴を紹介することにした。なお、本論の詳細については学会誌などへ逐次発表を予定している。

I 各種薬剤に対する感受性

1 各種薬剤の作用特性

コナガ対象の薬剤として、DDVP に代表される有機リン剤と作用性が類似するカーバメート剤メソミル、それに特異な作用性を持つカルタップが主に使用されてきたが、1983年にこれらの薬剤に合成ピレスロイド剤と微生物農薬 BT 剤が加わり、さらにキチン合成阻害剤が開発研究中で近い将来導入される状況にある。それらは作用性から分類すると、①有機リン剤、カーバメート剤

(DDVP、プロチオホス、メソミルなど)、②合成ピレスロイド剤(フェンバレーレート、ベルメトリン)、③カルタップ、④キチン合成阻害剤(アタブロン)、⑤ BT 剤(トアロー CT)の五つに分けられる。

有機リン剤、カーバメート剤、合成ピレスロイド剤は接触毒性が高く、速効的であるが、アセフェートのように食毒の強いものもある。合成ピレスロイド剤には致死作用のほかには幼虫に対する摂食阻害作用や成虫に対する忌避作用を持つものもある。

カルタップ、チオシクロラムは接触、食毒ともに高く、遅効的であるが幼虫の摂食活動も阻害する。キチン合成阻害剤、BT 剤は主に経口的に作用し、致死作用は遅効的である。また、前者は卵のふ化を抑制し、後者は摂食活動を阻害するなどの生理的作用が知られている。

ほ場における薬剤の防除効果は各ステージに対するそれぞれの生理的作用が総合された結果であって、その効果はほ場のステージ構成、成虫の移出入、捕食性天敵など、環境条件によっても左右される。

一方、薬剤感受性の検定法は、その目的が特定の生理的作用に影響を及ぼす量を測定することで、それぞれの作用性に適した方法が採用されている。そのため一つの検定法ではほ場における総合的な防除効果を知ることは難しく、室内の検定結果とほ場の防除効果が大きく異なることもままある。本論では、接触毒性の評価法としてもっとも信頼性の高い局所施用法によって得た結果を中心に話を進めることをお断りしておく。

2 各種薬剤に対する感受性

コナガの感受性系統(日農系)と野外3個体群について、各種薬剤に対する感受性を局所施用法によって検定した結果を第1表に示した。横田(島根)、御坊(和歌山)、那覇(沖縄)の3個体群は薬剤による淘汰圧が高く、各種薬剤の効力低下が著しい地域を代表している。感受性系統に対する殺虫力は合成ピレスロイド2剤が最強で、次いで CYP、ジメチルビンホス、DMTP などの有機リン剤が続いている。有機リン剤の殺虫力は薬剤間で大きな違いが見られる。カーバメート剤ではメソミルが中程度の殺虫力であるが、BPMC や NAC の殺虫力はほとんどない。カルタップ、チオシクロラムの殺虫力は中程度であった。

Insecticide Resistance in the Diamondback Moth (*Plutella xylostella* (L.)). By Hiroshi HAMA

第1表 感受性系統 (S) と野外個体群の各種薬剤に対する感受性^{a)}

薬 剤	LD ₅₀ (μg/幼虫)				抵抗性比 ^{b)}		
	S	横 田	御 坊	那 覇	横 田	御 坊	那 覇
フェンバレーレート	0.0073 (2.6) ^{c)}	0.013	0.0089	0.049	1.8	1.2	6.7
フェノトリン	0.030 (11)	0.034	—	0.056	1.1	—	1.9
CYP (シュアサイド)	0.031 (11)	29	>50	>50	935	>1,613	>1,613
ジメチルピノホス (ランガード)	0.046 (16)	1.9	1.6	3.0	41	35	65
DMTP (スプラサイド)	0.068 (24)	1.6	1.6	22	24	24	324
プロフェノホス (ノナクロン)	0.073 (26)	5.6	12	13	77	164	178
プロチオホス (トクチオン)	0.089 (32)	24	39	42	270	438	472
DDT	0.095 (34)	31	—	—	326	—	—
CYAP (サイアノックス)	0.10 (36)	9.6	21	38	96	210	380
PAP (エルサン)	0.13 (46)	8.3	27	>50	64	208	>385
イソキサチオン (カルホス)	0.14 (50)	>45	>50	>50	>321	>357	>357
カルタップ (パダン)	0.16 (57)	1.2	1.2	1.3	7.5	7.5	8.1
チオシクラム (エビセクト)	0.19 (68)	0.39	1.4	0.51	2.1	7.4	2.7
サリチオン	0.43 (153)	11	19	27	26	44	63
ピリミホスメチル (アクテリック)	0.48 (171)	8.7	31	17	18	65	35
ジアリール (トーラック)	0.71 (253)	>45	>50	—	>63	>70	—
DDVP	0.73 (260)	9.6	19	15	13	26	21
メソミル (ランネット)	0.86 (306)	>45	>50	>50	>52	>58	>58
CVP (ピニフェート)	1.1 (392)	7.7	—	11	7.0	—	10
クロルピリホスメチル (ダウレルダン)	1.3 (463)	>45	—	—	>35	—	—
EPN	1.5 (534)	37	—	—	25	—	—
ダイアジノン	1.6 (570)	>45	—	—	>28	—	—
MEP (スミチオン)	1.6 (570)	>45	—	—	>28	—	—
アセフェート (オルトラン)	1.7 (605)	>4.5	—	55	>2.6	—	32
クロルピリホス (ダーズパン)	2.3 (819)	>4.5	—	>50	>2.0	—	>22
ジメトエート	2.4 (855)	—	—	—	—	—	—
BPMC	3.5 (1,247)	—	27	51	—	7.7	15
DEP (ディブテレックス)	13 (4,630)	>45	—	—	>3.5	—	—
マラソン	20 (7,123)	>45	—	—	>2.3	—	—
NAC	34 (12,110)	—	>50	>50	—	>1.5	>1.5
ESP (エストックス)	>45 (>16,027)	—	—	—	—	—	—

a) 4 齢幼虫を用い、局所用法によった。横田：島根県横田町三井野で 1982 年 10 月採集、三井野原 (Mn) 系と同一、御坊：和歌山県御坊市名田町で 1983 年 2 月採集、那覇：沖縄県那覇市金城町で 1983 年 7 月採集。

b) 各個体群の LD₅₀ 値の対 S 系統比。

c) S 系統の LD₅₀ 値の虫体重当たり換算値 μg/g。

さて、野外個体群の合成ピレスロイド 2 剤に対する感受性は、那覇個体群がフェンバレーレートに対し若干低かったほかは高かった。その後、合成ピレスロイドに対する強力な抵抗性が確認されているが、その経過、特徴などは III 章で取り上げる。

有機リン剤とカーバメート剤には、3 個体群とも供試したすべての薬剤に対して数十倍から数百倍の高度の抵抗性を生じていた。その詳しい検討は次の II 章で扱うことにする。

カルタップやチオシクラムに対する感受性低下は 3 個体群で確認されたが、その程度は 10 倍以下であった。カルタップは 1967 年に導入され比較的多く使われているわりに、感受性低下が小さいことは注目される。

BT 剤やキチン合成阻害剤の場合は場における高い防除効

果が実証されている。1984 年に沖縄本島のキャベツは場で BT 剤トアロー CT の防除効果に疑問が持たれ、筆者の研究室にその検討が依頼された。そこで、トアロー CT (7.0% 水和剤) の殺虫力を 3 齢幼虫を用い葉片浸漬法により検定した結果、4 日後のトアロー CT の LC₅₀ 値は感受性系統で 0.64 ppm (109,000 倍希釈)、南風原② (沖縄県南風原町で 1984 年 10 月採集) 個体群で 3.9 ppm (17,900 倍希釈) で、感受性に若干の違いが見られた。また、南風原②個体群では 1,000 倍希釈液でも若干の生存虫が見られ、BT 剤が頻繁に使用された場合こうした生存虫の割合がどう変動するのか、食毒の精度の高い検定法の確立とともに、検討しておく必要がある。

キチン合成阻害剤アタブロンについても同様の検定を

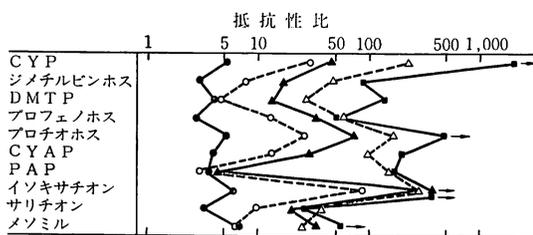
実施しているが、感受性系統と南風原②個体群の LC_{50} 値は 0.27 と 0.96 ppm で、系統間で若干の違いが認められている。

II 有機リン剤抵抗性

1 抵抗性パターンの特徴

コナガの有機リン剤に対する抵抗性発達は、薬剤間で大きな違いが見られる。そこで、殺虫力の高い CYP から順に 10 前後の有機リン剤とメソミルに対する感受性を全国から採集した 40 以上の個体群について局所施用法により検定し、それらの LD_{50} 値の対感受性系統比 (抵抗性比) を算出し互いに比較検討してみると、それぞれの抵抗性発達の程度から供試個体群は五つにグループ分けされた (第 1 図)。すなわち、抵抗性比が 10 倍以下の R1 グループ、10 倍前後の R2 グループ、10~100 倍の R3 グループ、100 倍前後の R4 グループ、100 倍以上の R5 グループである。各グループの抵抗性パターンは PAP を除き互いに類似し、いずれのグループも CYP、プロチオホス、CYAP、イソキサチオンなどチオノ型化合物に高度の抵抗性を示すのに対し、ジメチルビンホス、DMTP、プロフェノホスなどホスフェート、ジチオ型化合物に対する抵抗性は概して低かった。こうした抵抗性パターンの類似性はその地域の薬剤の使用状況と交差抵抗性が関係しているものと思われる。

昨年野菜試験場が実施したコナガ防除の実態調査や筆者らの調査によると、コナガ対象の薬剤としてはプロチオホス、DDVP、アセフェート、メソミルそれにカルタップなど割合限られた薬剤が広範囲に使用されていた。



第 1 図 野外個体群の代表的な有機リン剤抵抗性スベクトル

矢印は抵抗性比がその値以上であることを示す。

●: R1, 横田: 島根県横田町三井野で 1984 年 6 月採集, ○: R2, 油木: 広島県油木町平井で 1984 年 6 月採集, ▲: R3, 嬬恋: 群馬県嬬恋村田代で 1984 年 10 月採集, △: R4, 小林: 宮崎県小林市環野で 1984 年 9 月採集, ■: R5, 南風原①: 沖縄県南風原町神里で 1984 年 6 月に採集, の各個体群。

交差抵抗性については、佐々木の淘汰実験結果によると、①プロチオホス淘汰系統は CYP, CYAP, イソキサチオンに高度の交差抵抗性を示すこと、②ジメチルビンホスに対する感受性低下はプロチオホス, CYAP, DDVP 各淘汰系統ともわずかであること、③PAP に対する感受性低下は 3 淘汰系統とも小さいことが明らかにされている。こうした薬剤の使用状況と交差抵抗性関係が有機リン剤抵抗性パターンの類似性をもたらしたものと推定される。

2 抵抗性の分布

有機リン剤抵抗性は、発達程度により五つにグループ分けされたが、その地理的分布を見ると北海道では R1~2 と低レベルで、九州南部、沖縄では R4~5 と高レベルであった。その間の地域は R1~4 までのものが検出されたが、R3~4 に該当する抵抗性は東北地域 (盛岡, 名取) から九州北部まで広く分布していた。東北地域の R3 に属する 2 個体群の採集地は園芸試験場内で、比較的薬剤による淘汰圧が高かった。一方、中国地域の R1~2 に属する 2 個体群 (出雲, 福山) は無防除に近い場からの採集虫であった。

本種の有機リン剤抵抗性は淘汰によって比較的速やかに発達し、後述するように淘汰を中止すると速やかに消失する場合もあることから、各地域の薬剤使用状況は割合速やかに抵抗性レベルに反映されるようである。

3 抵抗性の経時的変動

有機リン剤に対する抵抗性レベルの年次変動については、採集時期が季節的に同じころであれば各地域であまり大きな違いはなかった。一方、季節の変動を見ると、抵抗性レベルは春~初夏に低く経過し、秋に高まる傾向が札幌、嬬恋 (群馬)、横田 (島根) で観察された。その傾向がもっとも顕著であった横田では、春~初夏の抵抗性レベルが R1 であるのに、秋には R3~4 と 2~3 ランク高まった。春~初夏から秋にかけての抵抗性レベルの上昇はその間の薬剤淘汰の結果と見ることができ、秋から翌春に抵抗性レベルが低下することの原因については明らかではない。季節の変動が見られた地域は冬期間積雪があって露地越冬が困難なところで、春の個体群の発生源が問題となる。

4 抵抗性の安定性

有機リン剤抵抗性コナガを薬剤に接触させずに累代飼育した場合、抵抗性レベルが急速に低下する個体群と、長期間比較的高レベルが維持される個体群とがあった。前者は抵抗性発達が R3 程度のもので、ある個体群は 2~3 世代の飼育で 1~2 ランク低下した。後者は R4~5 段階の個体群で、抵抗性は若干消失するものの 20 世代

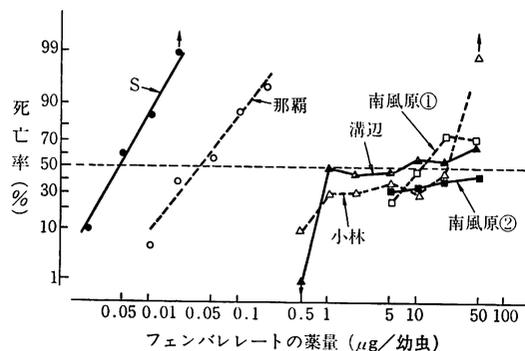
でもわりあい高レベルが維持されていた。

III 合成ピレスロイド抵抗性

1 抵抗性発達の経過

フェンバレレートは第1表のとおり、有機リン剤・カーバメート剤抵抗性コナガに高い殺虫力を示す。そのため、マラソンやジメトエートなどの有機リン剤との混合剤として1983年に上市され、広範に使用されるようになった。ところが、導入された翌1984年6月中旬に沖縄県那覇市に隣接する南風原町でフェンバレレート感受性が異常に低いコナガが発見された(第2図)。その前年7月に那覇で採集した個体群の感受性は感受性系統に比べ10倍程度低いものの、薬量-死亡率の関係は感受性系統と類似していた(第2図)。このことから、南風原個体群のフェンバレレート感受性の異常な低下は、フェンバレレート剤の淘汰による抵抗性発達と考えられた。

次いで、同年の夏~秋に九州南部の霧島山麓周辺でフェンバレレート剤の効力減退が生じ、鹿児島県農業試験場で虫体浸漬法や食餌浸漬法による検定が実施され、これが抵抗性発達によるものであることが確認された。同地域で採集した溝辺(鹿児島)と小林(宮崎)二個体群は、局所施用法によっても南風原個体群と同程度の強力な抵抗性を示すことが確認されている(第2図)。



第2図 感受性系統(S)と野外個体群に対するフェンバレレートの薬量-死亡率の関係

上向きの矢印は死亡率100%を、下向きの矢印は死亡率0%を示す。

那覇：沖縄県那覇市金城町で1983年7月採集、溝辺：鹿児島県溝辺町崎森で1984年9月採集、小林：宮崎県小林市環野で1984年9月採集、南風原①：沖縄県南風原町神里で1984年6月に採集、南風原②：南風原町神里で1984年10月採集、の各個体群。

さらに、翌1985年には沖縄や九州南部の個体群に匹敵する強力なフェンバレレート抵抗性コナガは、九州のほぼ全域、愛媛、岡山、島根、和歌山、兵庫、京都、滋賀および神奈川各県で確認されるに至っている。

これらの合成ピレスロイド抵抗性の発地域域では、合成ピレスロイド剤の導入時およびそれ以前のは場試験ではコナガに対する防除効果は高かったことから、合成ピレスロイド抵抗性は1983年より導入されたフェンバレレート剤による淘汰によって生じたものと考えられる。これらの地域の多くは、アブラナ科野菜がほぼ周年栽培されていて、コナガの発生が多く、薬剤散布回数が多かった。そのため、有機リン剤に対する抵抗性発達が著しく、フェンバレレート剤の使用回数も通算10回以上と、頻繁に使用される傾向であった。

このように強力な合成ピレスロイド抵抗性は、フェンバレレート剤導入後わずか1~2年で生じたことになるが、この急激な抵抗性発達は台湾における導入後4~5年と比べて極端に早い。台湾のLiuらや筆者の交雑実験では、フェンバレレート抵抗性は不完全劣性であることが示されている。抵抗性発達のシミュレーション研究によると、抵抗性遺伝子が低頻度である場合の抵抗性発達は、その遺伝子が劣性であれば優性の場合よりかなり遅延するが、その劣性の効果は移出・入の割合が高い個体群ではいっそう大きく、遺伝子頻度が高くなれば逆に小さくなることが示唆されている。こうした研究結果を基に、わが国の合成ピレスロイド抵抗性の急激な発達要因を推定すると、次の3点が挙げられる。①合成ピレスロイド剤導入時にすでにその抵抗性に関与する遺伝子頻度が高かった。②移出・入の個体が少ない比較的閉鎖的な個体群であった。③こうした個体群に強い淘汰圧がかかった、ことである。

①の遺伝子頻度については不明である。②の個体の移出・入については、アブラナ科野菜がほぼ周年栽培されている地域が多いことから、そうした環境では移出・入がきわめて少ないとも考えられる。③の淘汰圧に関しては、合成ピレスロイド剤導入時にはコナガの発生が例年に比べ著しく少なかったことから、その淘汰圧はきわめて高かったことは間違いない。これらの要因が明らかにされれば、合成ピレスロイド抵抗性発達の予測が可能になるものと思われる。

2 交差抵抗性

フェンバレレートは有機リン剤との混合剤として使用されているため、有機リン剤との混合剤に対する抵抗性が問題となる。強力な合成ピレスロイド抵抗性個体群に対するフェンバレレートと有機リン剤との混合剤に対

する感受性は第2表のとおりで、協力作用を示す組み合わせが若干見られるものの、いずれの混合剤にも高度の抵抗性を生じていた。それらの LD₅₀ 値はいずれも 1 µg/幼虫以上で、ほ場での防除効果はほとんど期待できない値である。

合成ピレスロイド抵抗性のイエバエヤカなどでは、ほとんどすべての合成ピレスロイドに高度の交差抵抗性を生じている。コナガでも、フェンバレレート抵抗性個体群は各種合成ピレスロイドに高度の抵抗性を生じていた。その中ではベルメトリンに対する抵抗性比は 100~300 倍程度で、他の合成ピレスロイドに比べ1オーダー低く、その LD₅₀ 値も 1 µg/幼虫以下であった点が注目された。ただし、強力な合成ピレスロイド抵抗性個体群に対するベルメトリン製剤のほ場での防除効果はあまり期待できないようである。

SUN らは、フェンバレレート単独あるいはピペロニル

プトキンドと混合して淘汰した場合、メビンホス、プロフェノホス、プロチオホスなどの有機リン剤に対する感受性が高まるという、一見負相関交差抵抗性を示すことを報告している。フェンバレレート抵抗性の南風原①個体群(沖縄県南風原町で1984年6月中旬採集)の各種有機リン剤に対する抵抗性比を、フェンバレレートに感受性の高い那覇個体群(沖縄県那覇市で1983年7月下旬採集、南風原に隣接し環境も類似している)と比較してみると、DMTP、プロフェノホス、CYAP、PAP などに対する抵抗性比は南風原①個体群のほうが明らかに低かった(第3表)。このような傾向は御坊(和歌山)などでも観察されており、この現象の普遍性について検討中である。

3 抵抗性の安定性

強力な合成ピレスロイド抵抗性は、5~6 世代で割合早く消失する場合と徐々に低下していく場合とがあるよ

第2表 感受性系統(S)と野外個体群のフェンバレレートと有機リン剤との混合剤に対する感受性^{a)}

薬 剤	LD ₅₀ (µg/幼虫)			
	S	小 林	溝 辺	南風原②
フェンバレレート	0.0041	>20 (>4,900) ^{b)}	1~20 (240~4,900) ^{b)}	>50 (>12,000) ^{b)}
マラソン	20	>50 (>2.5)	>50 (>2.5)	>50 (>2.5)
CYP	0.031	6.9(220)	39 (1,300)	>50 (>1,600)
プロフェノホス	0.073	4.1(56)	5.7(78)	7.1(97)
フェンバレレート+マラソン(1:1)	0.0057	33 (5,800)	16 (2,800)	28 (4,900)
フェンバレレート+CYP(1:1)	0.0055	3.8(690)	7.9(1,400)	>50 (>9,100)
フェンバレレート+プロフェノホス(1:1)	0.0034	5.5(1,600)	4.7(1,400)	17 (5,000)

a) 4 齢幼虫を用い、局所施用法による。各個体群の説明は第2図脚注参照。

b) 各個体群の LD₅₀ 値の対 S 系統比 (抵抗性比)。

第3表 沖縄2個体群の各種薬剤に対する感受性^{a)}

薬 剤	LD ₅₀ (µg/幼虫)			抵抗性比 ^{b)}	
	S	那 覇	南風原①	那 覇	南風原①
フェンバレレート	0.0041	0.037	10	9.0	2,400
CYP	0.031	>50	>50	>1,600	>1,600
ジメチルビンホス	0.046	3.0	4.1	65	89
DMTP	0.068	22	9.4	320	140
プロフェノホス	0.073	13	3.7	180	51
プロチオホス	0.089	42	47	470	520
CYAP	0.10	38	19	380	190
PAP	0.13	>50	20	>390	150
イソキサチオン	0.14	>50	50	>360	360
サリチオン	0.43	27	11	63	25
DDVP	0.73	15	7.5	21	10
メソミル	0.86	>50	>50	>58	>58
カルタップ	0.16	1.3	1.1	8.1	6.9
チオシクラム	0.19	0.51	0.55	2.7	2.9

a) 4 齢幼虫を用い、局所施用法による。沖縄2個体群の説明は第2図脚注参照。

b) 各個体群の LD₅₀ 値の対 S 系統比。

うである。筆者の実験では薬剤に接触させないで14~15世代飼育しても、抵抗性レベルは徐々に低下するものの、かなり高度の抵抗性が維持される個体群が多かった。

4 抵抗性の発現機構

強力な合成ピレスロイド抵抗性コナガでは、ミクロゾーム酸化酵素の阻害剤ピペロニルブトキシドがフェンバレーートの殺虫力を顕著に高めることから、合成ピレスロイド抵抗性の発現機構の一つにミクロゾーム酸化酵素の関与が考えられる。一方、フェンバレーート抵抗性はこの阻害剤を処理しても、なお百倍以上の抵抗性が保持されることから、他の主要機構の存在が示唆される。

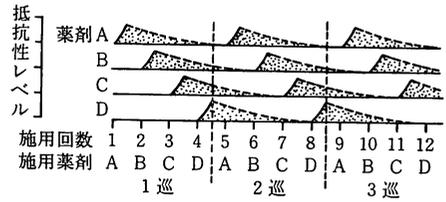
合成ピレスロイド抵抗性のイエバエ、カ、ゴキブリなどでは、作用点である神経自体の薬剤に対する感受性の低下が知られている。この因子は *Kdr* 因子といい、ノックダウン作用に対する抵抗性に付されたものであるが、致死作用にも関与する。*Kdr* 因子は遺伝的には劣性で、他の多くの抵抗性因子が優性であるのとは対照的である。台湾の Liu らは、コナガのフェンバレーート抵抗性は不完全劣性で、かつミクロゾーム酸化酵素阻害剤処理によっても高い抵抗性が維持されるところから、*Kdr* 因子の存在を示唆している。筆者もわが国の抵抗性個体群を用い Liu らと同様な結論に至っている。

そこで、筆者らは老熟幼虫の中樞神経系のフェンバレーートに対する反応を電気生理学的に検討したところ、*Kdr* 因子の存在を裏づける結果を得ている。すなわち、露出した腹部神経索から誘導した自発性インパルスは 10^{-5} M のフェンバレーート処理後、感受性系統では直ちに高まり2~3分して消失したが、合成ピレスロイド抵抗性個体の多くは数分の間において高まり、その興奮は数分持続した。

したがって、コナガの強力な合成ピレスロイド抵抗性は、ミクロゾーム酸化酵素と *Kdr* 因子の二つの要因によって発現するものと考えられる。

おわりに

コナガ対象の防除剤は、前述したように開発中のものを含めると作用性の異なる五つのグループを有し、その数は少なくない。しかし、コナガはもともと薬剤感受性が低い虫種で、抵抗性を生じやすい生態的側面を持っているため、新規化合物であっても楽観はできない。キチン合成阻害剤ジフルベンズロンに対する高度の抵抗性は、室内淘汰によりイエバエで確認されているし、BT剤に対する抵抗性発達も昨年ノシメダラメイガで報告されている。



第3図 4薬剤(A, B, C, D)をこの順序でローテーションした場合の各薬剤に対する抵抗性レベルの推移(詳しくは本文参照)(GEORGHIOU, 1980)

したがって、現在有効な薬剤を抵抗性を発達させることなく合理的に使用していくことが重要で、当面限られた薬剤をどのような順序で、どの程度の間隔を置いて使用したらよいか求められている。このローテーション技術は古くから推奨されているが、関連する試験研究の蓄積やその有効性を検証した事例は少ない。

第3図は、A, B, C, Dの4薬剤をこの順序でローテーションし、それぞれの抵抗性発達が抑制される場合を模式的に示したものである。A薬剤の使用中はA薬剤に対する抵抗性レベルは高まるが、他の薬剤に切り替えられると徐々に低下し、A薬剤を再び使用する時点でその感受性はもとのレベルに戻っている。そうでないと各抵抗性レベルは一巡するたびに累積されて使用不能なレベルに達することになる。このように、ローテーション技術が抵抗性発達を抑制するよう機能するには、次の三つの条件を満たしているかどうかが問題となる。すなわち、①ローテーションに組み入れる各薬剤はその作用性が異なること、②各薬剤に対する抵抗性の発現要因は共通していないこと、③各薬剤に対する抵抗性は、その薬剤の使用をやめた場合低下すること、の三つである。

①については、すでに述べたようにローテーションに組み入れるだけのものはそろっていると見える。②は抵抗性の発現機構の問題である。コナガの有機リン剤抵抗性については台湾における研究で各種解毒酵素の関与やアセチルコリンエステラーゼの感受性低下の存在が示唆されているものの、詳しい研究は今後に残されている。③は抵抗性の安定性に関するもので、有機リン剤や合成ピレスロイド抵抗性の安定性については前述した。こうした安定性は抵抗性に関与する遺伝子自体の適応度のほかに、個体群の遺伝的背景や環境条件によっても影響を受けることから、これらの関係についても究明しておく必要がある。また、合成ピレスロイドに対する抵抗性発達に伴い、ある種の有機リン剤に対する抵抗性レベルが低下する現象も観察されているが、負相関差抵抗性を示す薬剤が見つければ、それを組み入れることによって

ある薬剤の抵抗性レベルを積極的に低下させることも可能である。

ローテーション技術は、これらの条件に関連する試験研究結果が蓄積され、その有効性を室内淘汰試験によ

て検証していくことによって確立されることが期待されている。

なお、本論の引用文献はページ数の制限や内容が投稿中や投稿準備中のものを中心とした関係で、省略した。

(9 ページより続く)

グアザチン・チウラム水和剤

グアザチン 5.0%, チウラム 50.0%

ミステラン水和剤 (61.6.25)

16417 (大日本インキ化学工業)

ベントグラス: ブラウンパッチ

『殺虫殺菌剤』

チオシクロム・BPMC・フサライド粉剤

チオシクロム 2.0%, BPMC 2.0%, フサライド 2.5%

ラブエピバッサ粉剤 DL (61.6.12)

16387 (三共), 16388 (九州三共)

稲: ニカメイチュウ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類: イネツトムシ・コブノメイガ・いもち病: 21 日 4 回

XMC・フサライド粉剤

XMC 2.0%, フサライド 2.5%

ラブサイドマク粉剤 DL (61.6.12)

16390 (北興化学工業)

稲: 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

クロルピリホスメチル・XMC・フサライド粉剤

クロルピリホスメチル 2.0%, XMC 2.0%, フサライド 2.5%

レルダンラブサイドマク粉剤 DL (61.6.12)

16391 (北興化学工業)

稲: いもち病・ニカメイチュウ・ウンカ類・ツマグロヨコバイ・コブノメイガ・イネツトムシ: 45 日 2 回

クロルピリホスメチル・フサライド粉剤

クロルピリホスメチル 2.0%, フサライド 2.5%

レルダンラブサイド粉剤 DL (61.6.12)

16392 (北興化学工業)

稲: ニカメイチュウ・コブノメイガ・イネツトムシ・いもち病: 45 日 2 回

CVMP・MTMC・カスガマイシン粉剤

CVMP 1.5%, MTMC 2.0%, カスガマイシン 0.2%
カスガードツマ粉剤 DL (61.6.12)

16396 (北興化学工業)

稲: いもち病・ニカメイチュウ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類: 14 日 5 回

『除草剤』

ジクワット・パラコート液剤

ジクワット 7.0%, パラコート 5.0%

プリグロックス L (61.6.25)

16397 (アイ・シー・アイ・ジャパン), 16398 (日本農薬), 16399 (武田薬品工業), 16400 (大塚化学)

水稻: 一年生雑草: 秋期稲刈取後又は春期水田耕起 1 ケ

月前～直前: 1 回, 水稻 (休耕田・畦畔): 一年生雑草: 雑草生育期, ばれいしょ: 一年生雑草: 萌芽直前 (90日前): 1 回, ぶどう・おうとう・うめ・りんご・なし・かき・もも・かんきつ: 一年生雑草: 30 日 5 回, キャベツ・はくさい・レタス・アスパラガス・ねぎ・だいこん・かんしょ・やまのいも: 一年生雑草: 播種前又は植付前及び収穫後・畦間処理は収穫 30 日前: 3 回, トマト・きゅうり・なす: 一年生雑草: 播種前又は植付前及び収穫後: 畦間処理は収穫 14 日前: 3 回, こんにゃく: 一年生雑草: 植付後から萌芽直前・畦間処理は収穫 30 日前: 3 回, 茶: 一年生雑草: 7 日 3 回, 桑: 一年生雑草: 春期萌芽前又は伐採後, 公園・庭園・堤とう等: 一年生雑草: 雑草生育期

DCMU 粉粒剤

DCMU 3.0%

ジウロン微粒剤 (61.6.25)

16402 (トモノ農薬)

さとうきび: 畑地一年生雑草: 植付覆土後又は培土後 (雑草生育初期), 茶: 畑地一年生雑草: 雑草発生前～発生始期, パイナップル・つつじ・つばき・かいづかいぶき・つげ・まさき・桑: 畑地一年生雑草: 雑草生育初期, かんきつ: 畑地一年生雑草: 雑草発生前～発生始期, 公園・庭園・堤とう等: 一年生雑草: 雑草発生前～発生始期

ノルフルラゾン・プロメトリン粉粒剤

ノルフルラゾン 2.0%, プロメトリン 2.0%

ゾリアル P 細粒剤 F (61.6.25)

16407 (日本曹達)

桑: 一年生雑草: 春～夏期 (雑草発生前), 公園・庭園・堤とう等: 一年生雑草: 雑草発生前

ベンタゾン粒剤

ベンタゾン 7.7%

バサグランセブン粒剤 (ナトリウム塩) (61.6.25)

16410 (住友化学工業), 16411 (三共), 16412 (クミアイ化学工業), 16413 (サンケイ化学), 16414 (北興化学工業), 16415 (八洲化学工業), 16416 (日本農薬)

移植水稻: 水田一年生雑草 (イネ科を除く)・マツバイ・ホタルイ・ウリカワ・ミズガヤツリ・ヘラオモダカ: 移植後 15～35 日: 1 回

『忌避剤』

グアザチン・チウラム水和剤

グアザチン 3.0%, チウラム 6.0%

カシラン (61.6.25)

16403 (大日本インキ化学工業), 16404 (サンケイ化学)

すぎ・ひのき: 野兎: 苗木～植栽 5 年後程度

特集：コナガ〔4〕

コナガの天敵

岐阜県農業総合研究センター 山田 偉 雄

近年、東南アジアを中心にコナガの薬剤抵抗性が顕在化し、わが国においても各種薬剤に対する抵抗性の発達が目撃され、最近では九州をはじめ四国・近畿地方の一部で合成ピレスロイド抵抗性虫の出現も見られるようになった。このように、コナガが難防除害虫となったのは比較的新しいことで、その原因は、①キャベツやダイコンの大産地化による大量生産、②栽培技術の向上による周年栽培などにより発生が多くなり、③これら条件下における薬剤の多用のため、天敵相の崩壊などにより多発するようになったものと推定される。筆者がキャベツを薬剤無散布で数年間連続栽培してコナガの発生消長を調査した結果、その発生はキャベツ産地は場の多発生時のように多発せず、比較的安定していた。このことから、天敵類の働きが大ききことが推定される。

ここには、今までに報告されたコナガの天敵類についての知見の一部を取りまとめ、ご参考に供したい。

I 天敵の種類および生態

コナガが世界各地に分布する害虫であることから、その天敵類についての報告は各国に見られる。海外およびわが国の文献に見られる天敵類のうち、主要種を第1および2表に示した。これらの種名の中にはシノムが含まれていると思われるが、ここではその整理はできなかった。なお、比較的重要と思われるものには*印を付し、わが国の報告については出典を記載した。

1 寄生蜂

卵寄生蜂についての報告はきわめて少ない。海外では *Trichogramma* sp. の寄生が西インド諸島で観察されている (BENNETT and YASEEN, 1972)。わが国では *T. chilonis* ISHII (伊賀, 1985), *T. sp.* (山田・山口, 1985) の報告がある。伊賀 (1985) によれば、*T. chilonis* は東京近郊のキャベツ畑で比較的多く見られ、5~7月にかけて寄生率が高く、コナガの増殖に対して主要な抑制要因の一つになっている。本種はもともとニカメイガの寄生蜂として知られており、石井が1929年にフィリピンから導入した種である (安松・渡辺, 1964)。タマナギンウワバの卵にも寄生し、コナガにおいては1

卵に1頭の寄生蜂が羽化するのに対して、タマナギンウワバ卵では3頭が羽化する (伊賀, 1983)。

幼虫寄生蜂の種類は多く、主なものはヒメバチ科の *Diadegma cerophaga* (*cerophagus* の記載も見られる), *D. insularis*, *D. fenestralis*, *D. plutellae*, コマユバチ科の *Apanteles plutellae* で、世界各地に広く分布している。これらの種はコナガの幼虫期に寄生し、終齢幼虫期に脱出し、繭を作る。このほかに、寄主の幼虫期に寄生し、寄主の蛹期に羽化・脱出するトビコバチ科の *Tetrastichus sokolowskii* の分布も広い。

蛹寄生蜂の主要種はヒメコバチ科の *Diadromus plutellae*, *D. collaris* で、広く分布している。このほかに、コガネコバチ科、アンプトコバチ科の寄生蜂が数種見られる。これらの種はコナガの寄生蜂であるとともに、二次寄生蜂である場合が多い。

それぞれの寄生蜂の寄生状況について2, 3の例を挙げれば次のようになる。

カナダ・オンタリオ州での5か年間の調査では、幼虫寄生蜂が2種、蛹寄生蜂が8種観察された。5~10月までの定期調査の平均で、もっとも寄生率の高かったのは、*Diadegma insularis* で40~50%、次いで *Diadromus plutellae* が16%、*Microplitis plutellae* が2~3%で、その他の寄生蜂はいずれも0.2%以下と少なく、前三者が主要種であった。オーストラリア・ビクトリア州での寄生蜂は、*D. cerophaga* がもっとも多く、20~50%の寄生率、次いで *D. rapi*, *Diadromus collaris* となり、寄生蜂の90~96%がこの3種で占められる。マレーシア・カメロンハイランドでは比較的天敵の種類は少なく、*A. plutellae* の寄生率が80%と高く、*T. ayyari* が3%と少ない。わが国での寄生蜂は *A. plutellae* がもっとも多く、次いで *D. collaris*, *T. sp.* が多い。以上のように、北アメリカでは *D. insularis* が、オーストラリアでは *D. cerophaga* (後述するようにイギリスから導入された種)、東南アジア、日本では *A. plutellae* の寄生が多い。

わが国における主要な寄生蜂4種、*A. plutellae*, *D. collaris*, *T. sp.*, *Diadegma* sp. の発生生態を第3表に示した。また、上記の前三者の産卵と寄主からの脱出の模式図を第1図に示した。*A. plutellae* は2~4齢幼虫に

Natural Enemies of the Diamondback moth (*Plutella xylostella* (L.)). By Hideo YAMADA

第2表 コナガの主要な捕食性天敵類 (海外および日本)

I. 昆虫	
ショクガバエ科の幼虫	Ⓐ
ハナカメムシ科	Ⓐ
<i>Orius</i> sp.	Ⓐ1)
メクラカメムシ科	Ⓐ, Ⓐ
クサカゲロウ科	Ⓐ2)
ヒメカゲロウ科	Ⓐ
アリ類	Ⓐ2)
ハネカクシ科	
アオバアリガタハネカクシ	Ⓐ, Ⓐ1)
<i>Philonthus wusthoffi</i> BERNK	Ⓐ, Ⓐ1)
ゴミムシ科	
オオアトボシアオゴミムシ	Ⓐ, Ⓐ1)
テントウムシ科	
ナナホシテントウ	Ⓐ
オオハサミムシ科	
オオハサミムシ	Ⓐ, Ⓐ1)
スズメバチ科	Ⓐ2)
カマキリ科	Ⓐ
イトトンボ科	Ⓐ1)
II. クモ類	7種 Ⓐ, Ⓐ1)
III. 鳥類	スズメ, ヒバリなど小鳥 Ⓐ, Ⓐ2)

Ⓐ: 卵を捕食, Ⓐ: 幼虫, Ⓐ: 蛹, Ⓐ: 成虫

1) 山田・山口 (1985), 2) 伊賀 (1985)

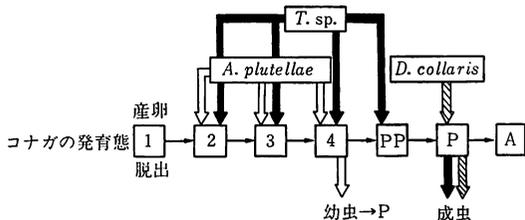
第3表 わが国におけるコナガ寄生蜂の寄生率

寄生蜂	報告者 ^{a)}	発生期間	最盛期	最盛期の寄生率(%)
<i>A. plutellae</i>	1)	4~10月	6月	20
	2)	7~11月	7月	70
	3)	4~10月	6月	80
<i>D. collaris</i> ^{b)}	1)	4~3月	6月	70
	2)	5~9月	6月	30
	3)	4~10月	7月	40
<i>T. sp.</i>	1)	8~12月	8月	30
	2)	6~11月	7月	40
<i>Diadegma</i> sp.	1)	2月		24
	2)	4~5月	5月	7

a) 1): 山田・山口(1985)および未発表データ。調査一岐阜県・三重県, 2): 北内・野上(1984)。調査一宮崎県, 3): MATSUURA(1977)。調査一三重県。
b) MATSUURA は *Thyraella* sp. と記載。

第4表 3種寄生蜂 *A. plutellae*, *D. collaris*, *T. sp.* の卵から成虫羽化までの発育日数 (山田, 未発表)

温度(°C)	<i>A. plutellae</i>	<i>D. collaris</i>	<i>T. sp.</i>	コナガ
30	9.50±1.10	9.80±1.62	11.54±0.32	13.4
25	12.55±0.43	10.60±1.42	14.25±0.32	16.0
20	17.50±0.60	14.29±0.88	22.61±0.23	23.0



第1図 3種寄生蜂の産卵, 脱出の模式図 (山田, 未発表)

Ⓐ: 1 齢幼虫, Ⓐ: 前蛹, Ⓐ: 蛹, Ⓐ: 成虫。
上段は寄生蜂が産卵, 下段は脱出するコナガの発育態。

コナガに寄生するとともに, その寄生蜂や他の鱗翅目14種, 寄生蟻にも寄生する。マレーシアではコナガに対する寄生は多くとも6%程度であるが, *A. plutellae* の寄生蜂でもある。

D. collaris は蛹に産卵する。LLOYD (1940) によれば, コナガの繭の存在が産卵活動を促しているという。寄生を受けていない蛹が成虫になったあとに遅れて羽化する。

それぞれの発育日数は第4表に示したとおりである。すなわち, いずれの寄生蜂の発育日数もコナガのそれよ

り短い。

上記以外の, 海外における主要種の生態は次のようである。

Diadegma (= *Horogenes*) *insularis* (CRESS.): ヒメバチ科に属し, 北アメリカ, ハワイ, メキシコに分布する。1~4 齢幼虫に寄生するが3 齢幼虫期がもっとも多い。コナガが繭を作った1~2 時間後の前蛹から寄生蜂幼虫が脱出し, 3~6 時間以内に繭を作る。産卵から成虫羽化までは21°Cで10~15 日を経るが, 2 齢幼虫期に産卵した場合には15.5 日で, 4 齢幼虫に産卵した場合には9.5 日と早くなる。越冬は作物残渣内の寄主の繭の中で, 蛹態で行うとされる (HARCOURT, 1960)。なお, 同属で同じような寄生を行う種に, *D. cerophaga*, *D. fenestralis* などがある。この両者は, ヨーロッパ, インドネシアなど分布範囲が広い。また, 寄主の種類が多い (HARDY, 1938)。

Microplitis plutellae (MUES.): コマユバチ科に属し, 北アメリカに分布する。2~3 齢幼虫に産卵し, 終齢幼虫から脱出したあとに繭を作る。寄主は24 時間以内に死亡する。PUTNAM (1978) によれば, 本種は繭を作り,

この中で蛹・前蛹態で越冬する。実験的に各温度条件下に放置した場合、0°Cでは160日間、-8°Cで8週間、-18°Cで3週間生存できるという。

カナダではコナガは越冬できず、第一世代の発生は南部から飛来したものによっている (HARCOURT, 1957)。第一・二世世代のコナガ幼虫には *M. plutellae* と *D. insularis* の2種の寄生蜂が寄生する。カナダ中部のサスカチュワン州では前者は休眠越冬し、後者は越冬していないと考えられている。冬を越した *M. plutellae* は常にコナガの第一世代虫に対する優占種であり、増殖を抑制する働きをもっているという (PUTNAM, 1973)。

Diadromus plutellae (ASHM.): ヒメバチ科に属し、カナダ、ヨーロッパ、ニュージーランド、ソ連に分布する。ヨーロッパ、アジアに分布する *D. collaris* と生態はほとんど同じと考えられる。

2 センチュウ

Mermithidae の一種 *Mermis* sp. の幼虫寄生を確認している (山田・山口, 1985)。

3 天敵微生物

報告は少ないが、海外では *Entomophthora sphaerosperma* FRES. (ROBERTSON, 1939)、核多角体病ウイルス (VAIL et al., 1972) および *Bacillus thuringiensis* BERL. が知られている。わが国においても顆粒体病ウイルス (浅山・尾崎, 1966)、*Erynia blunckii* (TOMIYAMA and AOKI, 1982) の報告が見られる。

4 捕食者

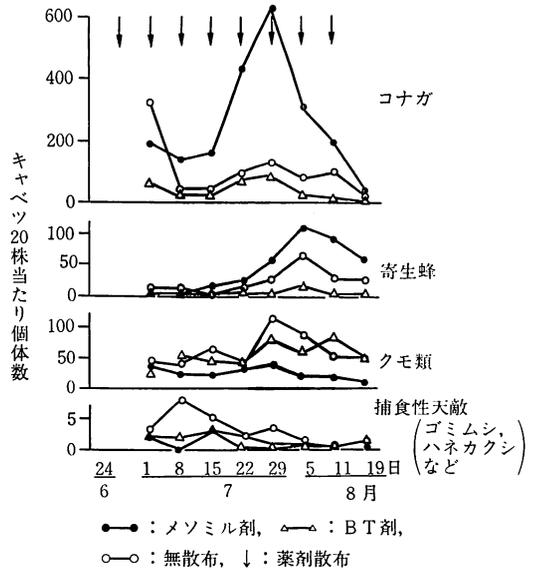
卵の捕食性天敵としては、メクラカメムシ科の幼虫 (HARCOURT, 1960)、*Orius* sp. (山田・山口, 1985) が知られ、卵を刺し、体液を吸って殺す。

幼虫・蛹の捕食者としては、ハネカクシ科の2種、ゴミムシ科の1種、オオハサミムシ科の1種が幼虫・蛹を、クサカゲロウ、アリ、スズメバチ類、テントウムシ科の2種が幼虫を、クモ類が幼虫・成虫を、小鳥類が蛹を、イトトンボの1種が成虫を、それぞれ捕食することが観察されている (第2表)。

ゴミムシ科の1種、ハネカクシ科の2種、オオハサミムシ科の1種の捕食は活発で、実験室内での調査では、4齢幼虫を餌とした場合の捕食量はそれぞれ1日当たり7~11頭、1~2頭、2頭、3~4頭と多く、コナガ個体群の増殖を抑制する大きな要因になっているものと推定される (山田, 1985)。

II 野外における天敵の働き

第2図は筆者が津市で行った、農薬連続散布条件下におけるコナガの生息数の変動を調べたものである (山田,

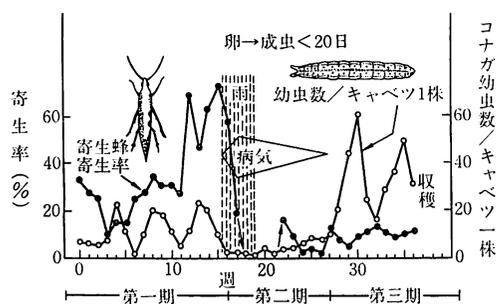


第2図 薬剂散布下におけるコナガとその天敵類の消長 (山田, 未発表)

未発表)。メソミル剤を多用した区は薬剂無散布区よりコナガ個体数が増加している。天敵類の推移を見ると、メソミル剤散布区におけるクモ類の減少が著しかった。*A. plutellae* の寄生推移は、散布区では当初減少するが、コナガの個体数が多くなるにつれ増加した。これらのことから、コナガの増殖を抑制するのは、当初から生息していたクモ類、ゴミムシ、ハネカクシなどで、これら捕食性天敵の働きが大きいものと推定された。

前述のように、カナダにおいてはコナガは南の地方から飛来して来るが、第一世代は越冬した寄生蜂 *M. plutellae* の寄生を受け、増殖が強く抑制される (PUTNAM, 1973)。また、HARCOURT (1963) はカナダで生命表解析を行い、コナガの中齢幼虫から前蛹期および蛹期の主な死亡要因は前者が *M. plutellae*、*Diadegma insularis*、後者が *Diadromus plutellae* であるとし、それぞれ寄生蜂を挙げている。また、伊賀 (1985) は、東京都でコナガの生命表解析を行い、卵期の死亡要因として *T. chilonis* を、また幼虫・蛹期の死亡要因としてスズメの捕食が大きいことを報告している。

ニュージーランド (ROBERTSON, 1939) や南アフリカ (ULLYETT, 1947) においては、寄生菌、*E. sphaerosperma* が雨期に多発生し、コナガの密度を減らすという。第3図は南アフリカにおけるコナガと寄生蜂、寄生菌の発生を示したものである。すなわち、第一期は天敵の寄生率も高く、コナガの発生密度は比較的安定。第二



第3図 南アフリカにおけるコナガの発生消長 (ULLYETT, 1947)

期は雨季に入ったために寄生菌の発生が多くなり、コナガの個体群は減少。第三期は寄生蜂の寄生率が低く、コナガの密度が高くなるとし、寄生菌の働きの大きいことを指摘している。

III 天敵利用によるコナガ防除の試み

1937年、*D. cerophaga*、*D. fenestralis*、*D. tibialis* がヨーロッパからオーストラリア、ニュージーランド、タスマニアに導入された。このときの大量増殖法は下記のようにであった。18°Cの飼育室内で、コナガの成虫30頭を産卵容器（高さ24cm、直径10cmのガラス容器）に入れ、餌にハチミツ水溶液と産卵用ケールを与え、産卵させ、幼虫が2~3齢のときに寄生蜂交尾雌5頭を放飼（5日間）する。寄生蜂成虫には砂糖と干しぶどうを餌として与えた。その後6日間で菌を作る。このようにして飼育器400個、11か月間で54,800頭の寄生蜂が生産され、ニュージーランドへ出荷された。イギリスからニュージーランドへの船旅は5週間を要する。このため、寄生蜂の蛹を4°Cの冷蔵庫に4週間入れ（これ以上の日数では死亡率が高くなる）、その後15°Cの容器に移すと成虫が羽化する。餌（砂糖水など）を与えて3週間生きさせる。5週間が船旅に費やされ、残り2週間が野外に放飼したり、室内で飼育したりする日数に当てられた (HARDY, 1938)。このようにして導入された寄生蜂のうち、*D. cerophaga* が定着し、現在では優占種になっている。また、*D. cerophaga* がイギリスからジャワに、*D. insularis* がキューバからハワイへ、*D. plutellae* がアメリカからフィリピンへ (GUPTA, 1974) それぞれ導入されている。

西インド諸島では、コナガの土着天敵が4種生息しているが、有力種がないので、1970年に *A. plutellae* が西インド諸島の各地に放飼された。しかし、その後の生存率は調査されなかった。翌年、*A. vestalis* がオランダ

から導入され、実験室で増殖されて放飼されたが定着しなかった。また、*D. collaris* が同様にジャマイカやバルバドスへ送られ、放飼されたが定着しなかった (BENNETT and YASEEN, 1972)。

西インド諸島からハワイへも *D. collaris*、*A. plutellae* が送られたが、両種とも定着しなかった (NAKAO et al., 1975)。

台湾では土着の *A. plutellae* を大量飼育し、放飼した結果、コナガの幼虫や蛹密度を効果的に減らすことができた。しかし、*A. plutellae* の大量増殖は労力的に大変であるので、より飼育が簡単で手軽な代用寄主として *Corcyra cephalonica*、*Ephesia cautella* (スジマダラメイガ) の2種殺物害虫が利用された。また、放飼までの *A. plutellae* の蛹の保管は、7°Cで1か月間有効とされる (邱瑞珍ら, 1974)。

天敵微生物については、ニュージーランドで *E. sphaerosperma* の懸濁液を野外散布 (KELSEY, 1965) し、また、わが国においても顆粒病ウイルスをキャベツ28株当たり終齢罹病幼虫1~10頭/100mlの懸濁液を散布 (阿久津, 1979) して、それぞれ好結果を得ている。

IV 今後の問題点

1 研究上の問題点

天敵類の調査を進めるうえで、常に種の分類同定が問題になる。わが国においては、天敵類の分類を手がけている研究者は非常に少なく、種名を明らかにすることは難しい場合が多い。調査した標本は必ず保存するように心がける。また、コナガの天敵類の個生生態、発生動態についての研究はほとんどない。今後の研究が望まれるが、特に、野外における天敵類の、コナガの増殖抑制要因としての働きの解明が必要である。次に、放飼を前提とした大量飼育法の問題も大きい。*A. plutellae* の代用寄主としてのスジマダラメイガの利用などに見られるような研究も重要である。

2 防除への天敵利用

(1) 土着天敵の活用

どの時期にどの種類が有効に働いているかを的確に把握する。土着天敵の保護とともに大量飼育による放飼も有効と考えられる。この場合、土着種には必ずその天敵が存在する。マレーシアでは *A. plutellae* の二次寄生蜂は8種、このうち2種の寄生蜂の寄生率が高く、*A. plutellae* のコナガ天敵としての評価を低下させている。また、寄生蜂間の競争問題も多い。これらのことから、土着種の場合には天敵類の保護がもっとも重要である。放飼の場合には生物農薬的な利用が考えられる。

(2) 天敵の導入

有力な導入種の選定、増殖・放飼技術などの問題のほか、土着天敵との競合、二次寄生蜂などの問題がある。放飼後の追跡調査が必要である。

(3) 天敵の活用と薬剤散布

一般に天敵類は薬剤に感受性である。前述のように薬剤散布がコナガの多発要因の一つと考えられる。不必要な薬剤の多用を避け、天敵の保護を図る必要がある。また、天敵による防除が成り立つ条件は、①実被害が出ない程度にコナガの生息を許すこと、②したがって、若干の「虫食い」被害に対する消費者の寛容が必要である。

以上、コナガの抵抗性発達対策の一つとして、天敵類を活用した生物的防除の研究が強く望まれる。

末筆ながら、本稿を取りまとめるにあたり、文献の送付をいただいた野菜試験場河本賢二技官、同久留米支場河合 章技官に、またご教示いただいた東北農業試験場原達雄環境部長に謝意を表す。

主な引用文献

- 1) 阿久津喜作 (1979) : 東京都農試報 12 : 19~24.
- 2) 浅山 哲・尾崎典光 (1966) : 愛知農総試研報 B1 : 45~54.
- 3) BENNETT, F. D. and M. YASEEN (1972) : PANS 18 (4) : 468~474
- 4) GOODWIN, S. (1979) : Aust. J. Zool. 27 : 981~989.
- 5) GUPTA, V. K. (1974) : Oriental insects 8 (1) : 99~116.
- 6) HARDY, J. E. (1938) : Bull. ent. Res. 29 : 343~372.
- 7) HARCOURT, D. G. (1960) : Can. Ent. 92 : 419~428.
- 8) 伊賀幹夫 (1985) : 応動昆 29 : 119~125.
- 9) 北内 義弘・野上 隆史 (1984) : 九病虫研会報 30 : 124~125.
- 10) LLOYD, D. C. (1940) : Proc. Roy. Soc. Lond. B128 : 451~484.
- 11) MATSUURA, M. (1977) : Bull. Fac. Agric. Mie Univ. 54 : 45~51.
- 12) OOI, P. A. C. (1980) : Entomophaga 25 (3) : 249~259.
- 13) ——— (1979) : Malays. Agric. J. 52 : 77~84.
- 14) PUTNAM, L. G. (1978) : Can. J. plant Sci. 58 : 911~913.
- 15) ROBERTSON, P. L. (1939) : The N. Z. J. of Sci. and Tech. 20 : 341~364.
- 16) 山田偉雄 (1985) : 応動昆 29 : 173~175.
- 17) ———・山口泰治 (1985) : 同上 29 : 170~173.



新登録農薬

『忌避剤』

石油アスファルト水和剤 (60.12.26 登録)

本剤は石原産業(株)により造林地用に開発されたノウサギの忌避剤である。すぎ、ひのき等の苗木の樹幹部に浸漬又は立木の樹幹部に散布することにより、造林木のノウサギによる被害を防ぐことができる。また、本剤の有効成分は道路舗装材料等として広く一般に使用されている。

商品名：ブラマック

成分・性状：製剤は有効成分ストレートアスファルト芳香族分 24.0% を含有する暗褐色水性和粘稠懸濁液体である。原体は黒色固体で、比重は 1.0~1.1、引火点は 260°C 以上、溶解度 (g/l, 20°C) はトルエン 990 以上、n-ヘキサン 800~900 であり、水には不溶である。酸、アルカリ、熱、光に対しては安定である。

適用場所、適用害獣名及び使用方法：第 1 表参照

使用上の注意：

- ① 本剤は、当量の水で 2 倍にうすめ、よくかきまぜてから使用すること。
- ② 本剤は、造林木にノウサギの被害発生が予想される場合、又は初発生を見たら直ちに使用すること。
- ③ 本剤は、造林木の樹幹部にムラなく付着するよう、苗木の樹幹部を浸漬するか、立木の樹幹部に散布して使用すること。

④ 浸漬又は散布直後の降雨は効果を減ずるので、天候を見きわめてから使用すること。

⑤ 散布機具は、低圧の人力噴霧器を使用し、使用後は、水及び灯油で十分洗っておくこと。

⑥ 使用後の残液は、河川、ため池等に流さず、穴などを掘って埋めること。

⑦ 使用に際しては、使用量、使用時期、使用方法を誤らないように注意し、とくに初めて使用する場合は林業技術者の指導を受けることが望ましい。

毒性：
(急性毒性) 普通物。

① 本剤は眼及び皮膚に弱い刺激性があるので眼に入らないよう、また、皮膚に付着しないよう注意すること。万一眼に入った場合には直ちに水でよく洗い落すこと。

② 散布の際はマスク、手袋、長ズボン・長袖の作業衣などを着用して散布液を吸い込んだり、浴びたりしないよう注意し、作業後は顔など皮膚の露出部を石けんでよく洗うがいをすること。

(魚毒性) A 類。

第 1 表 石油アスファルト水和剤 (ブラマック)

適用場所	適用害獣名	10アール当り使用量	使用方法
すぎ、ひのき等の造林地	ノウサギ	3.0~9.0 l	水で 2 倍にうすめ、造林木の樹幹部に浸漬又は散布して附着させる。

バクテリオシンとその病害防除への利用

農林水産省農業環境技術研究所* しら 白
た 田
あきら 昭

はじめに

有益な微生物や動植物にはまったく影響を与えず、標的とする病原微生物だけを攻撃する農薬、それは農業環境を守り、使用者の安全を保障するうえで理想の農薬と言えよう。このような特質を持つものが、バクテリオシンと呼ばれるある種の特異的抗菌物質の中に見いだされている。ここでは、バクテリオシンの概要を説明し、病害防除の実例について紹介したい。

I バクテリオシンとは？

細菌相互間における特異的拮抗現象については、60年ほど前から知られるようになり、1946年大腸菌の生産する抗菌物質に対し“コリシン”という名称が与えられた。コリシンは、同種細菌のうちの他の系統に致死的作用を示した。その後、他の細菌においても同様の性質を示す多くの物質が見いだされ、1953年以降“バクテリオシン bacteriocin”と総称されるようになった。統一された命名法はまだないが、菌種名の終わりに“cin”を付け、続いて系統名を与えるのが一般的になっている。

では、いわゆる抗生物質とバクテリオシンは、どう区別されるのであろうか。バクテリオシンという用語は、ある細菌種中の系統間で特異的抗菌作用を示す物質に対して、一般的に使用されてきた。やがて、この抗菌因子は必須の構成物としてタンパク質を含むことが明らかにされた。このような経過から、現在におけるバクテリオシンの定義は、「ある細菌株によって生産され、同一種他の系統あるいは近縁種の細菌に抗菌活性を示すタンパク質性の物質」とされている。この定義により、「広い抗菌スペクトルを持つ低分子の物質」である抗生物質と区別されている。

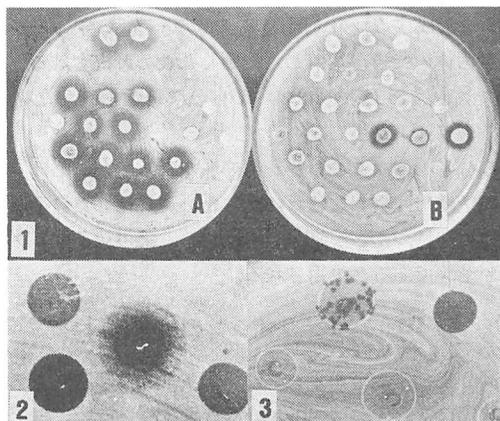
しかし、その後いくつかの混乱が起きている。その一つは、“近縁”の範囲の限界を具体的に定義できないことから、比較的広い抗菌スペクトルを持つものをバクテリオシンと呼べるか否かの判断が困難なことである。もう一つは、系統間における特異的抗菌性から長い間バクテリオシンとされてきたものの中に、非タンパク質のもの

がある事実が判明したことである。後者の例としては、植物病理の分野でもっとも詳しく研究されてきたアグロシン 84 が挙げられる。現在の定義からは外れるが、歴史的比重から、本稿でもアグロシン 84 を取り扱うことにしたい。

また、バクテリオシンの構成タンパクを見ても多種多様であり、その分子量は数万の比較的低分子のものから、数百万の高分子のものまでである。一般的に、低分子のものは耐熱性で、タンパク分解酵素のトリプシンで分解されやすく、無定形である。それに対し、高分子のものは逆に易熱性で、トリプトファン耐性のものが多く、ファージ状、ファージ尾部状、小粒子状の形態をとるのが一般的である。

II バクテリオシンの検出

もっとも簡便な検出法は、指示菌を混入させた寒天平板培地上に検定菌液をスポットし、翌日阻止帯形成の有無を調べることである(第1図)。しかし、この方法では検定菌が培地表面に集落を作るため、阻止帯が小さい場合は集落に覆われて見落とす心配がある。そこで液体培養液を遠心して除菌し、その無菌上清液を用いて同様の



第1図 バクテリオシンの検出

Ps. cichorii A, B 菌株を指示菌とし、同菌 26 菌株をレプリカ法でスポットし 1 日培養した。黒い部分が形成された阻止帯である (1)。また、振とう培養無菌液をスポットしたときの阻止円 (2) とテンプレートファージによるブラック形成 (3 中央上) を示す。

Bacteriocins and Their Application to Disease Control. By Akira SHIRATA

* 現 農林水産省蚕糸試験場

検出を行うことが必要である。また、次の方法もよく用いられる。すなわち、検定菌を平板上にスポットし、数日培養して集落を作らせた後、クロロホルムの蒸気で殺菌する。続いて指示菌を混入させた寒天培地をその上に重層し、翌日阻止帯の形成を調べる。ただし、クロロホルム処理によって抗菌活性の不活化あるいは誘導が起こる場合があるので、特に注意が必要である。

バクテリオシンの検出は、一菌種につき数十菌株を供試した交差検定を行うことで成功する場合が多い。しかし、その生産性は、培地の種類、培養温度、振とうなどの培養条件によって影響を受けるので、各種条件下での実験が必要となる。また、目的の菌の生産能を調べるためには、マイトマイシンCなどの誘発剤を使用したり、溶菌液を電子顕微鏡で観察するのも有効である。

しかし、これらの方法で特異的抗菌性が見られたとしても、それが非特異的化合物、例えば過酸化水素、乳酸、アンモニアなどに起因していることもある。この場合、生産物に対する生産菌自身の感受性を調べることである。一般に、生産菌は自分の生産するバクテリオシンに耐性を示すことが多いが、非特異的化合物には感受性を示すことが多い。また、バクテリオシンとよく似た性質を示すものとしてテンペレートファージがあるが、これは次の方法で区別できる。検定菌液をミリポアで除菌し、段階希釈しながら指示菌混入寒天培地にスポットし、阻止帯を作らせる。バクテリオシンの場合は、濃度に応じて阻止帯が薄く不明りょうになっていくが、ファージの場合はある濃度のところで小さな溶菌斑（プラーク）を形成する（第1図）。このプラークは、ファージが指示菌体内で自己増殖し、溶菌したため形成される。これに対し、バクテリオシンは自己増殖能を持たないので、プラークは生じない。

高分子のバクテリオシンの形態を調べるためには、電子顕微鏡で観察しなければならない。純化した粒子が抗菌作用を持つことが確かめられると、その粒子はバクテリオシンであると決定される。

III バクテリオシンの抗菌作用

高分子のバクテリオシンは、まず細菌の細胞壁にある特別な受容体 (receptor) に吸着する。続いて粒子の一部を受容体を通して細胞内に入れ、細菌のタンパク合成、DNA合成、エネルギー転流、膜などに影響を与え、死に致らしめる。それに対し低分子のアグロシン84は、細胞壁の受容体の代わりに細胞周辺腔の特異的結合タンパクに作用し、主としてDNA合成を阻害する。このことはアグロシン84がDNAの構成塩基の一つ、

アデニンと構造的にきわめて類似していることに起因している。*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* によって生産されるカロトポリシンは、ホスホリパーゼに対する活性化作用を持ち、細胞質膜に作用する。また、緑膿菌の生産するピオシンS2は、いくつかのがん細胞に対して選択的毒性を示すことが知られている。

IV 植物病原細菌のバクテリオシン

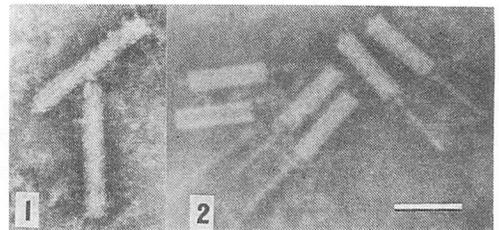
1954年、岡部は *Pseudomonas solanacearum* が特異的抗菌物質を生産すると報告した。これは植物病原菌におけるバクテリオシンの最初の報告とされている。その後、バクテリオシンは植物病原細菌の主要な5属すべてで見いだされ、現在までに十数の種で報告されている。*Pseudomonas syringae* の多くの病原型 (pathovar) では、それぞれ異なる1~数種のバクテリオシンが見いだされている。一般に、植物病原細菌では高分子タンパク粒子のバクテリオシンが多いが、数種の細菌では低分子のものも知られている。

今日までに多くのバクテリオシンが見いだされているにもかかわらず、純化され、その性質が調べられたのは、アグロシン84やシリシガシン4Aなど数種にすぎない。また、バクテリオシン粒子が電子顕微鏡下で観察された例は *Erwinia chrysanthemi*, *E. carotovora*, *Pseudomonas cichorii* などきわめてわずかである。*Ps. cichorii* の場合にはファージ尾部状の粒子が観察されている（第2図）。

V バクテリオシンの遺伝

一般に、バクテリオシンの生産性およびそれに対する細菌の免疫性は、核外遺伝子であるプラスミドに支配されている場合が多い。植物病原細菌の場合も、アグロシンやシリシガシンの生産性はプラスミドで決定される。

ここでは、*Agrobacterium radiobacter* 84のプラスミドについて述べる。本菌はpAg K84と呼ばれる47.7Kb



第2図 *Ps. cichorii* のバクテリオシン粒子
完全粒子 (1) が細菌に吸着すると、鞘が縮んで芯を突き刺す。その状態の粒子 (2 中央、右) とからの鞘 (2 左)。バーは 50nm。

の小さなプラスミドと pAt 84b と呼ばれる約 200 Kb の大きなプラスミドを持つ。前者はアグロシン 84 の生産能とそれに対する免疫能を細菌に付与し、後者は接合によるプラスミドの伝達能とノバリン利用能を付与している。ノバリンとは、根頭がんしゅ病にかかった植物組織が生産する特殊なアミノ酸で、後者のプラスミドを持たない細菌は利用することができない。

通常、後者の伝達能は抑制されているが、ノバリンが存在するとその機能が誘導され、自分自身と pAg K84 を他の細菌へ伝達する。プラスミドを伝達された細菌は、アグロシン 84 の生産能を獲得する。すなわち、ある種の条件下では、プラスミドの伝達によりアグロシン 84 非生産菌が次々に生産菌へと変貌していくのである。

VI バクテリオシンの利用

バクテリオシンには多くの利用面が知られている。その一つは、分類・同定面での利用である。すなわち、ある菌種の分離菌株を、バクテリオシンの生産性と感受性によって、いくつかの型に類別できる。これはファージ型、血清型と同様に、細菌の菌型同定に役立つ。安定な生産菌株を選抜すれば、生産性を指標にして野外における菌株の動態を追跡することができる。例えば医学界では、患者から分離された病原細菌のバクテリオシンの型を指標にして、その感染源と伝染経路を調べるのに役だっている。次に、選択培地への感受性菌の利用が挙げられる。*Ps. solanacearum* の場合、 ± 1 g 当たりの本菌数 4×10^8 個の密度で 92~100% の検出成果を得ている。また、突然変異株や薬剤耐性株作成時のマーカーとしても利用できるし、プラスミドの研究のために、バクテリオシンの生産性などを表現形質として利用できる。また、抗菌作用の発現が複雑かつ微妙であることから、発現制御機構の研究材料として利用されている。

しかし、なんといっても、農業上もっとも関心を持たれているのは病害防除への利用であろう。残念なことに利用されているものは *A. radiobacter* 84 による根頭がんしゅ病防除などわずかであるが、農業上有利と考えられる面は少なくない。第一に、バクテリオシンの抗菌作用の特異性が高いことで、目的の病原菌だけを攻撃し他の微生物や有益な細菌には無害なことが挙げられる。このことは、自然あるいは農業の生態系を守る点できわめて有利な面と言えよう。次に有利な点は、防除効果の持続性を期待できることである。それは、標的とする病原菌と近縁の細菌を利用することから、利用菌が病原菌と同じ生態的適所に生息できるからである。*A. radiobacter* 84 がその好例であろう。

また、最近特に進歩が目覚ましいバイオテクノロジーを適用できれば、次のようなことも可能ではないだろうか。それは、各種バクテリオシン生産能をコードしている DNA 断片を数個組み込んだ新しいプラスミドを作り、このプラスミドを、病原性を不可逆的に喪失させた細菌に導入して生物防除に利用するのである。また、特に生産性の高い細菌を作り出し、そのバクテリオシンを純化して、抗生物質と同様に防除剤として利用することもできよう。こう考えてくると、植物細菌病に対する有効な農薬が少ない現在、バクテリオシンは十分魅力ある素材と考えられる。

VII バクテリオシンによる病害防除の実際

1 アグロシン 84

アグロシン 84 は、根頭がんしゅ病に対し優れた防除効果を持つことが認められており、実際の防除には発病抑制力の強い *A. radiobacter* strain 84 が利用されている。根頭がんしゅ病は、双子葉植物に多く見られる病害で、病原菌の *Agrobacterium tumefaciens* が傷口から侵入すると、地表面に近い根茎部にクラウンゴールと呼ばれるこぶ状のしゅようを作る。

根頭がんしゅ病に感染し、いったんがんしゅ細胞ができると病原細菌が存在しなくても発病するため、防除方法は治療的ではなく予防的なものとなる。すなわち、病原菌が侵入する前に処理することが大切である。実際には 10^{7-8} 個/ml 濃度の strain 84 菌液に、種子あるいは苗木を浸漬処理することで 95~99% の防除効果が得られるという。

今日までに、根頭がんしゅ病の防除試験はオーストラリア、カナダ、フランスなど 9 か国以上で追試され、その効果はリンゴ、バラ、トマトなど十数種の植物において認められた。また、数か国ではすでに商業ベースで本菌が供給されている。ちなみに、ニュージーランドでは N. Z. Fruit Growers Chemical Co. Ltd. 社が、アメリカでは AgBiochem, Inc. 社が取り扱っている。

しかし、地域や植物によっては十分効果の得られない事例も報告されている。それは主として防除の不完全さ、あるいは耐性菌系の存在による。耐性菌系の一例としては、地中海沿岸に見られるブドウ根頭がんしゅ病菌で biotype 3 型が知られている。

日本における根頭がんしゅ病の発生は、バラ、キク、ニンジンなど 50 種を超える植物で認められている。わが国では *A. radiobacter* が農薬として登録されていないので、一般には使用されていないが、静岡県農業試験場の牧野らは 1985 年、バラに対する strain 84 の防除効

果を調べた。その結果、 10^9 個/ml の菌液に浸漬処理することにより、発病株数は 67% から 9% へ、株当たり平均ゴール数は 1.87 個から 0.16 個へ減少したとしている。

A. radiobacter による生物防除は安定した技術であり、世界各国で行われている。オーストラリアでは十数年にわたり広域に使用されているが、効果の低下は見られていない。しかし、ある国では防除効果の喪失が懸念されている。そこで現在、プラスミドが病原菌に入って耐性となる可能性を取り除くため、伝達能を欠落させた変異 strain 84 の作出が試みられているという。

2 他のバクテリオシン

アグロシン 84 以外のバクテリオシンについては、残念ながら実用化されたものは知られていない。ここでは、ポット試験などの結果について 2, 3 の実例を紹介する。

ヨーロッパやアメリカから集められた葉焼病菌 *Erwinia amylovora* の増殖は、*Erwinia herbicola* のバクテリオシンによって阻害された。そこでバクテリオシン生産菌と非生産菌の培養液を花に噴霧したところ、前者では感染が著しく減少することが確かめられたという。

台湾では、立枯病罹病タバコから *Ps. solanacearum* 89 菌株を分離し、バクテリオシン生産菌 5 株を得た。そのうち病原性喪失菌をタバコ移植時に 2×10^9 個/ml 濃度で使用した結果、根圏内外の病原菌は減少したとしている。しかし、30 日後には病原菌の増殖が認められた。

Ps. syringae pv. *syringae* の生産するシリングアシンはインゲンかさ枯病の防除に有効であり、種子処理法によりダイズ葉焼病の防除にも有効とされている。供試菌は、ダイズの胚軸内でもバクテリオシンを生産し、同時に感受性菌の増殖を抑制することが確かめられた。

トマトかいよう病菌 *Corynebacterium michiganense* pv. *michiganense* の感染は、ニトロソグアニジン処理により非病原性にした菌の生産するバクテリオシンによって阻止されるという。

VIDAVER らは、純化したシリングアシン 4A を防除に使用している。インゲンマメかさ枯病菌 *Ps. syringae* pv. *phaseolicola* の接種前に 3 ng の 4A を散布した結果、病斑数は 1 葉当たり 250 個から 0 個に減少した。菌接種が先の場合は、防除効果は 1 回散布ではほとんど認められなかったが、5 回散布によって病斑数は 50 個まで減少した。また、4A をダイズ種子にまぶすことによって、 10^7 個/ml 濃度のダイズ斑点細菌病菌 *Ps. syringae* pv. *glycinea* の感染を抑制し、発芽率を 20% 高めることができたとしている。

おわりに

バクテリオシンの魅力は、なんといっても環境的に好ましい抗菌特異性を持っていることである。また、バイオテクノロジーの身近な標的にもなりえ、学問的にも興味ある分野であることであろう。より多くの人達がバクテリオシンの魅力に関心を持たれることを、そして将来新しい農薬が誕生することを期待したいものである。

なお、参考文献を下に挙げたが、バクテリオシン一般については今堀ら編、後藤、VIDAVER、MOORE の総説が、アグロシン 84 については KERR、牧野・森田、白田の総説や論文が、*Ps. cichorii* のバクテリオシンは白田らの論文が参考になろう。

参考文献

- 1) 後藤正夫 (1981) : 新植物細菌病学, ソフトサイエンス社, 東京, pp. 272.
- 2) 今堀和友ら編 (1979) : バクテリオシン, 蛋白質核酸酵素 24 : 714~900.
- 3) KERR, A. and M. E. TATE (1984) : Microbiological Sciences 1 : 1~4.
- 4) 牧野孝宏・森田 偉 (1985) : 静岡農試研報 30 : 45~52, 53~59.
- 5) MOORE, L. W. (1981) : [5] Biological control in crop production, Allantoid Osmum, Granada, pp. 461., 375~390.
- 6) 白田 昭ら (1983) : 日植病報 49 : 409.
- 7) ———ら (1983) : 農研報告 C 38 : 139~148.
- 8) ——— (1986) : 農業の未来を担う微生物, 岸国平ら編, 全国農村教育協会, 東京, (印刷中).
- 9) VIDAVER, A. K. (1983) : Plant Disease 67 : 471~475.

わが国の線虫抵抗性品種と線虫防除

農林水産省農業研究センター 吉田 洋二

抵抗性品種による線虫防除は、単に線虫の寄生加害を防ぐ被害回避にとどまらず、ほ場の線虫密度を積極的に低減できる重要な方法といえる。

線虫抵抗性品種（台木）と呼ばれるものは免疫性、抵抗性、耐虫性に類別することができる。免疫性は線虫の侵入感染を阻止できる能力を指し、完全な抵抗性を意味する。抵抗性に線虫の侵入感染は阻止できないが、植物組織内での線虫の発育、増殖を阻止、または抑制、遅延させることができる能力である。耐虫性は線虫の感染・増殖を許すが病徴や被害が認めにくい特性である。これらに対し、感受性は線虫の増殖を許し、同時に被害が現れる。

しかし、実際には、免疫性から感受性に至る寄主・寄生者の相互関係を明確な境界線を設けて識別することは困難であろう。

一般に、線虫抵抗性品種の評価は、線虫の増殖に対する抑制力と線虫生息条件下における収量、品質などの安定性に基づいて総合的になされる。本稿で取り上げたネコブセンチュウ、シストセンチュウに対する抵抗性品種にも、耐虫性のもが含まれていると考えられる。なお、抵抗性に品種間差異が認められていても抵抗性品種として利用されていないもの、利用の可能性の少ない作物は省略した。

I ネコブセンチュウ抵抗性品種

1 サツマイモ

サツマイモのサツマイモネコブセンチュウ (*M. incognita*、以後できるかぎり和名のセンチュウは省略) 抵抗性検定は、1943年から始められた。農林登録品種の4割近くがネコブセンチュウ抵抗性である。農林2号は抵抗性品種を代表する品種で、1942年育成以来、現在も南九州で栽培されている。第1表に主要品種を抵抗性程度別に示した。抵抗性品種のほとんどは、在来種“吉田”または“太白”を抵抗性遺伝子源としている(近藤, 1954; SHIGA and TAKEMATA, 1981b)。一方、近縁野生種にも抵抗性が認められており、*Ipomoea trifida*の抵抗性を利用してミナミユタカが育成された(小野ら, 1977)。本品種はミナミネグサレセンチュウ (*Pratylenchus coffeae*) にも抵抗性を持つ。現在、野生種の抵抗性遺伝子を導入し、両種線虫に抵抗性の系統が多数育成されている(丸峯・坂本, 1979b)。

これらの抵抗性の遺伝様式は十分解明されていないが、両種線虫抵抗性の遺伝相関はほとんど存在せず、また抵抗性品種同士の F_1 には抵抗性の高率な出現が認められている(菊川・坂井, 1969; 近藤, 1954; 丸峯・坂本, 1979 a, b)。したがって、抵抗性品種の育成には、

第1表 サツマイモ主要品種・系統のネコブセンチュウ抵抗性とネグサレセンチュウ抵抗性^{a)}

		サツマイモネコブセンチュウ抵抗性				
		強	やや強	中	やや弱	弱
ミナミネグサレセンチュウ抵抗性	強	農林9号(飼) ミナミユタカ(原)	サツマアカ(原)	タマユタカ(原・飼) 岐阜1号	コガネセンガン(原)	農林1号(食・原) ヤケシラズ(食)
	やや強	ベニセンガン(飼)		フクワセ(食) 七福(食) 沖繩100号(食)		ベニコマチ(食) 護国(食) 高系14号(食)
	中	ベニワセ(食)		アジョシ(食) ナカムラサキ(食) アリアケイモ(原)		セトアカ(食・原)
	やや弱	農林3(食・原), 5(食), 10(食)号	ツルセンガン(飼)	農林4号(原・食) コナセンガン(原) 紅赤(食)	ナエシラズ(原・飼) ベニアズマ(食)	農林6号(飼・原) 蔓無源氏(食)
	弱	農林2号(食・原)		農林7号(原・食)		

^{a)} 丸峯・坂本(1979b)を一部補筆・修正。()内は用途—食: 食用, 原: 原料用, 飼: 飼料用。

少なくとも片親に抵抗性品種が用いられることになる(坂本, 1985a)。さらに強力な抵抗性遺伝子源として、在来種のほかに国外の系統や近縁野生種の探索およびその利・活用の検討がなされている(坂本, 1979; SHIGA and TAKEMATA, 1981a)。現在、広く栽培されている品種のなかで、原料用品種や飼料用品種などには比較的抵抗性の強いものが多いが、近年サツマイモ消費量中大きな比重を占めだした食用品種はネコブセンチュウ抵抗性が劣り、線虫発生ほ場では収量減や品種の低下を生じているので、高度抵抗性の食用品種の育成が望まれている(坂本, 1985b)。

2 トマト

病害虫抵抗性育種がもっとも進んでいる野菜の一つであり、ネコブセンチュウ抵抗性品種も多数市販されている(品種名省略)。約 10 年前の調査では 50 品種を超え、市販品種の 35% を占めていた(山川, 1978)。抵抗性は、野生種の *Lycopersicon peruvianum* の一系統 PI 128657 (優性遺伝子 Mi) に由来し、わが国の抵抗性品種のほとんどは、栽培種との種間交雑種 (SMITH, 1944) を栽培種へ戻し交雑して育成された品種の一つ “Anahu”, または Anahu から育成された NFR-1~3 を抵抗性親としていることが多い(山川, 1978)。ネコブセンチュウ抵抗性品種は、サツマイモネコブに対して抵抗性を示し、ジャワネコブ (*M. javanica*)、アレナリアネコブ (*M. arenaria*) にも抵抗性であるといわれるが、“雷電”(芹沢ら, 1974) でジャワネコブに対する抵抗性程度の評価が異なるように、これら 2 種への抵抗性については各品種ごとに厳密な抵抗性検定の必要がある。また、キタネコブ (*M. hapla*) についてはまったく抵抗性はなく(前田, 1966)、本種抵抗性品種の育成が今後の課題とされるが、最近、一部民間育種のものに抵抗性を表示したものが見られる。Anahu 系線虫抵抗性品種は Anahu が萎ちょう病抵抗性を有しているため、萎ちょう病抵抗性との複合抵抗性を持っている。さらに高次の複合抵抗性を有する品種もある。土壌病害と線虫の関係は密接であるため、土壌病抵抗性を強化するためにも線虫抵抗性を併せ持たせることが望まれる。

3 ウリ類

キュウリは、野菜類の中でネコブセンチュウの被害がもっとも大きなものの一つであるが、抵抗性品種はない。北アメリカ原産の帰化植物アレチウリ (*Sicyos angulatus*) には、サツマイモネコブがわずかしか寄生せず(萩谷・土岐, 1978)、ジャワネコブでは根への侵入はごく少数であることが認められている(葭原, 1981)。キュウリの台木として使用でき、栽培後の線虫密度も低く、

抵抗性台木として利用の検討がなされている。また、近縁野生種の *Cucumis metuliferus* も線虫寄生が少なく台木としても優れ、有望視されている(五十嵐ら, 1986)。

スイカは、キタネコブには免疫性であるが他のネコブセンチュウにはきわめて感受性である。台木のユウガオはサツマイモネコブがよく増殖するが、耐病性スイカ台(共台)のなかに線虫密度を下げ線虫抵抗性共台として期待されているものがある(萩谷・宇田川, 1984)。

メロンは、近縁野生種の *C. metuliferus*, *C. anguria* にネコブセンチュウ抵抗性源を求められるが、メロンとの交雑不和合性の問題がある (FASSULIOTIS, 1977; 五十嵐, 1985)。

4 ナス

ネコブセンチュウの被害が大きいにもかかわらず、抵抗性品種は認められていない。半枯病抵抗性台木のヒラナス(アカナス)がネコブセンチュウのこぶの着生が少ない(仲宇佐ら, 1965)とされるが、線虫はよく増殖する(原ら, 1983)。野生種の *Solanum torvum*, *S. toxicarium* は強い抵抗性を示すためネコブセンチュウ抵抗性台木として使用できる。前者はナス導入台 1 号として登録され、多くの病害抵抗性も有するので、トルガムビガーとして普及している(山川, 1981)。

5 タバコ

抵抗性育種が進んでいる作物で、複合抵抗性品種が多い。わが国では、導入品種の抵抗性検定(津曲・田中, 1954; 大橋, 1967)、複合抵抗性国産品種の育成(大橋ら, 1969; 村井ら, 1976)および抵抗性遺伝子源となる近縁種の探索が続けられ(大橋, 1977a)、またジャワネコブに対する研究も行われている(大橋, 1977b; 大橋・古田士, 1978)。サツマイモネコブ抵抗性品種 NC95 はアメリカのタバコ農家に大きな利益をもたらしたことで有名である。NC95 は USDA がホンジュラスで収集した T. I. 706 の抵抗性を有するとされる品種で、線虫抵抗性母本としても広く利用されている (MILNE, 1972)。日本でも NC95×NC2326 から育成されたブライトイエロー 104 号 (F209) (村井ら, 1975) が、高度抵抗性品種として栽培されていた。現在、導入品種コーカー 319 が抵抗性(中)の品種として九州を中心に栽培されているが、たばこ試験場では感受性として扱われている。沖縄の在来品種にはジャワネコブ抵抗性が認められ(江口, 1979)、栽培されている沖縄 2 号も抵抗性を示し、特に沖縄産線虫に対して強いようである(福留・山口, 1976)。両種線虫に対する抵抗性は独立した優性遺伝子によるものと考えられている。

6 モモ、スモモ類

モモ栽培品種はネコブセンチュウに弱く、被害回避には台木を使用する。近年、果樹試験場ではわが国の気候風土に適した抵抗性台木育成に取り組み、多くの成果を挙げている。交雑育種法では、在来種“オキナワ”を抵抗性親として暖地向き系統が育成され、また観賞用品種“寿星桃”を抵抗性親としてわい化試験用系統と一般向き系統が育成されている(吉田・清家, 1981)。これらは、いずれもサツマイモネコブとジャワネコブに抵抗性を示す。また、在来種の中に抵抗性を有するものが比較的多く(KAWASE, 1971)、長野県の在来種の中からサツマイモネコブ抵抗性で、台木として優れた4系統が系統選抜されている(吉田, 1981b)。両種線虫に対する抵抗性にはそれぞれ単一の優性遺伝子 M_{j1} , M_{j2} の関与が認められている。

スモモも、サツマイモネコブに感受性であるため、抵抗性モモやミロバランスモモの台木利用や免疫性のウメの利用が提案されている(吉田, 1981a)。

また、モモについてはネグサレセンチュウ抵抗性育種も進められている(吉田, 1983)。

II シストセンチュウ抵抗性品種

1 ジャガイモ

ジャガイモシストセンチュウ (*Globodera rostochiensis*) はジャガイモの栽培のみならず、植物検疫上きわめて重要な線虫である。発生確認当時(1972)、本種に対し抵抗性を示す国産の品種・系統はなかった(高宮ら, 1982)。発生確認の1年前に東ドイツから導入されていたツニカが、北海道の本線虫のパソタイプ Ro_1 に対して強い抵抗性を有するとともに、他の抵抗性導入品種よりも適応性が勝っていることが認められ、1978年、ジャガイモ導入3号として登録された(西部, 1980)。ツニカの Ro_1 に対する抵抗性は近縁種 *Solanum andigena* の一系統が持つ単一の優性遺伝子 H_1 に由来する。北海道農試において国産の抵抗性品種を作るための育種研究が線虫分野の協力の下に精力的に推進され、ツニカを抵抗性親として、用途、早晩性を異にし、品質、収量ともに優れた複数の系統が育成された。その結果、最近、北海 67

号がデン原用の抵抗性品種“トヨアカリ”として登録された。これらの抵抗性はパソタイプ Ro_1 のみに対し有効であるため、新たなパソタイプの発生を想定した抵抗性重遺伝子系統の育成も図られている(西沢, 1981)。

2 ダイズ

北海道から九州まで広く分布するダイズシストセンチュウ (*Heterodera glycines*) は、中部、関東以北におけるダイズ作地帯の生産阻害要因として重視され、東北農試、十勝農試、中信農試において抵抗性育種が進められ、多くの品種が生まれている。1961年、秋田県在来種で抵抗性を持つ“下田不知”から系統分離されたネマシラズが東北農試で育成されて以来、現在までに農林登録された抵抗性品種は18品種あり(第2表)、ネマシラズ登録後の品種数の3割を占める。そのほとんどの品種がネマシラズ由来の抵抗性を持っている。そのため、下田不知系抵抗性品種と呼ばれ、抵抗性強度もほぼ同程度とみなされている。十勝地方で広く栽培されているトヨスズも秋田農試が下田不知から系統分離した下田不知1号を母本としている。オクシロメは、下田不知系とは別の抵抗性(耐虫性)を有するとされる東北在来の“南郡竹館”(一戸・浅井, 1956)をもう一方の親としており、ネマシラズなどより抵抗性が一段高いとされる(橋本, 1980)。近年登録のスズユタカ、タチコガネ、ワセスズナリ、スズカリは、すべてオクシロメを抵抗性親としている。

これら下田不知系抵抗性品種に比べ、免疫的ともいえる抵抗性品種“スズヒメ”が1980年十勝農試で育成された(砂田ら, 1981)。スズヒメはPI84751を抵抗性親としており、アメリカが中国から導入したPekingまたはPIナンバー品種の高度抵抗性を持つ国産品種第1号である。PI84751は中国原産とみなされているが、アメリカが1930年に韓国から導入した黒色、小粒種である。下田不知系にないPeking系の抵抗性品種が持つ抵抗性遺伝子(Rhg_4 または rhg_1)は、種皮色を支配する遺伝子と密接に連鎖しているため、黄粒白目品種に黒粒のPeking系品種から抵抗性遺伝子だけを入れることは困難と考えられていた。黄粒白目の高度抵抗性品種ス

第2表 ダイズシストセンチュウ抵抗性品種

ネマシラズ (N. 25—S. 36),	ハウライ (N. 37—S. 40),	ライデン (N. 42—S. 41),	トヨスズ (N. 43—S. 41),
ナスシロメ (N. 50—S. 43),	ライコウ (N. 52—S. 43),	オクシロメ (N. 59—S. 47),	カルマイ (N. 60—S. 48),
ナンブシロメ (N. 62—S. 52),	デウムスメ (N. 63—S. 53),	ナカセンナリ (N. 66—S. 53),	スズヒメ (N. 71—S. 55),
スズユタカ (N. 76—S. 57),	タチコガネ (N. 77—S. 58),	ワセスズナリ (N. 78—S. 58),	トヨムスメ (N. 81—S. 60),
フクシロメ (N. 82—S. 60),	スズカリ (N. 83—S. 60)		

() 内数字は農林番号 (N) と育成年次 (S)。

大豆に関する資料 (昭 60) (農水省農産園芸局) より抜粋。

第3表 各種ナス台木における連作年数とサツマイモネコブセンチュウ密度^{a)}

連作年数	台木		ヒラナス (アカナス)		<i>S. toruam</i>		<i>S. toxicarium</i>	
	自根 (千両2号)		L ₂	R.K.	L ₂	R.K.	L ₂	R.K.
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	157.5	18.8	1.5	0	0	0	0	0
3	876.0	37.5	34.5	3.1	0	0	0	0
4	202.5	50.0	355.5	49.6	0	0	0	0
5	180.5	85.0	1,347.0	81.3	0	0	0	0

a) 原ら (1983) より作表, b) 土 20 g 当たりの二期幼虫数, c) 根こぶ指数.

ズヒメの誕生はダイズシスト抵抗性育種を大きく前進させた。現在、各農試とも Peking 系の抵抗性に、ある程度の実用形質を持たせた系統が多教育成され、中間母本など育種材料に使用されており (橋本, 1980; 重盛, 1985), 実用形質の優れた高度抵抗性品種の誕生も間近いと思われる。

III 抵抗性品種による防除

1 ネコブセンチュウの防除

ネコブセンチュウ抵抗性品種のほとんどがサツマイモネコブを対象にしたものであるが、寄主範囲が700種以上のサツマイモネコブに対し、利用可能な抵抗性品種を持つ作物は限られている。抵抗性育種が進んでいるうえに、経営上土壌消毒の可能なトマト、タバコなどを除けば、畑作物として抵抗性品種を有するのはサツマイモだけである。

トマト、サツマイモ、タバコの抵抗性発現の機作は多少異なる。トマトでは抵抗性の異なる品種間で侵入幼虫数に差は認められず、抵抗性は侵入後に生じる過敏反応などに基づく感染抵抗による (伊藤, 1957; 前田, 1966) とされるが、サツマイモとタバコのサツマイモネコブに対する抵抗性は侵入抵抗も働くとする説 (井手ら, 1982; 岡本・三井, 1974; 田中, 1957) と、感染抵抗のみとする説 (大橋, 1967; SHIBUYA, 1952) がある。タバコのジャワネコブについては抵抗性品種・系統において明らかに侵入数は少なく、侵入・感染の両抵抗性が認められている (江口, 1979; 福留・上釜, 1982; 福留・山口, 1976)。感染抵抗では抵抗性の程度に応じて、侵入虫の発育があるステージで停止・死亡するか、成長が著しく遅延したり、雄のみが発育し、線虫密度が低下し、作物の被害軽減となる。

線虫被害回避策としてサツマイモでは抵抗性と感受性の品種間輪作が早くから推奨された。線虫生息は場において高度抵抗性品種栽培後の感受性品種の収量は感受性の連作に比べおおむね2倍以上の増収になる (近藤, 1952)。また、抵抗性強の品種の収量は植え付け時の線

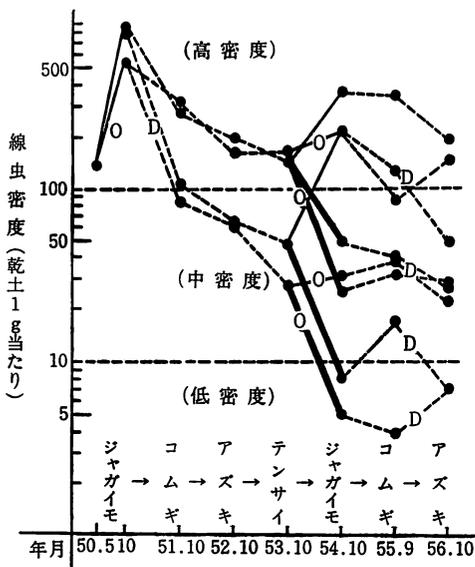
虫密度の多少にはほとんど影響されない (近藤, 1954)。抵抗性品種は塊根の減収が見られないばかりか、線虫寄生によって生じる塊根表面の亀裂や黒点症が認められず、食用サツマイモにとって重要な品質面での被害もほとんど現れない (稲垣・百田, 1983b)。抵抗性品種栽培後の線虫密度は休耕と同程度か植え付け時より下がり、抵抗性品種の2連作では線虫の減少が著しく、検出されなくなることもある (稲垣・百田, 1983a)。

ネコブセンチュウ感受性の高い野菜類の前作として抵抗性サツマイモ品種の作付けが考えられるが、千葉県では早掘りサツマイモ後の抑制トマトに抵抗性トマト品種を使用したところ、生育、収量の点で土壌消毒の必要性がなく、また線虫増殖抑制効果は顕著であった (川越ら, 1985)。同様にスイカの耐病性共台“快傑”、“鬼台”は線虫の増殖を抑え、植え付け前や後作のための土壌消毒を省略できる可能性が高いとされている (萩谷・宇田川, 1984)。

ナスでは有望な抵抗性品種はなく、アカナス台が根こぶ指数が低く、収量に影響せず、線虫に有効とされたが、土壌中の線虫密度がきわめて高くなった例があり、後作への影響が問題である。それに対し、トルガムビガー台は5年連作でも線虫の寄生も、土壌からの検出も見ず、線虫抵抗性台木としてもきわめて優れていると考えられる (第3表)。このように、限られた抵抗性品種を作付体系にうまく組み入れることにより、ネコブセンチュウの密度を抑制し、土壌消毒回数を減らし、経費と時間の節約を図ることができよう。

2 シストセンチュウの防除

シストセンチュウはネコブセンチュウと異なり、寄主範囲は限られている反面、環境耐性がきわめて強く、無寄主状態において9~30年も生存する。ジャガイモシストの防除については本誌ですでに報告されている (山田, 1980)。本線虫防除のためのプロジェクト研究において、各種防除手段の評価がなされ、4年輪作体系のなかに各種防除法を組み入れた総合防除技術が確立された (第1図)。この中で、抵抗性品種“ツニカ”は重要な役



第1図 各防除手段組み合わせ区におけるジャガイモセンチュウの変動 (高倉ら, 1982)

……: 非寄主作物栽培, —: 感受性品種 50年“紅丸”, 54年“紅丸”, “男爵薯”栽培, —: 抵抗性品種“ツニカ”, “Ehud”栽培.

O: オキザミル粒剤 30 kg/10a 施用, D: 50年10月 D-D油剤 60 l, 55年10月 DCP92油剤 30 l/10a 注入.

割を占めている。すなわち、感受性品種のみの4年輪作では線虫密度が下がらず、抵抗性品種を交互に(8年に一度)入れる必要があった。ジャガイモセンチュウは非寄主

作物の栽培で1年に30%程度しか密度が下がらず(山田ら, 1982; 上野ら, 1982), またくん蒸剤処理後の非寄主作物の植え付けで約30%に低下するが, 感受性品種栽培では元の密度の2倍以上に増加する(高倉ら, 1982)。これに対し, ツニカの作付けだけで線虫密度は植え付け時の密度に関係なく, 70%低下する(INAGAKI, 1984; 今ら, 1982; 上野ら, 1982)。ツニカも線虫生息場では線虫密度に応じて収量が下がるが, 感受性品種に比べれば減収率は低く, 収量は高い(今ら, 1982)。ただ, デン原用品種であること, 半身萎ちょう病に弱いことなど難点もあり, 今後, 国産の抵抗性品種に置き換えることによって, より実用性のある総合防除技術となる。

抵抗性育種の歴史を持ち, 優良品種が多教育成されているダイズでは, ダイズシスト被害回避に抵抗性品種が積極的に用いられている。ダイズシストやジャガイモセンチュウに対する抵抗性品種の抵抗性は, トマトのネコブセンチュウにおけるのと同じく感染抵抗のみ(山田ら, 1982; 湯原・稲垣, 1963)であるが, 抵抗性品種の根からもふ化促進物質が出る(堤, 1967, 1978)ので線虫捕獲効果が大きくなる。抵抗性品種栽培後の線虫密度は大幅に減少し, その後の感受性品種の被害を軽減する(西入ら, 1981; 佐藤・大森, 1969; 砂田, 1967)。ダイズシストの防除もジャガイモセンチュウと同様に4年以上の輪作を基本とすべきである。線虫密度が高くて経済性の面で殺線虫剤が使用できないダイズ栽培にとって, 抵抗性品種の利用はより重要である。現在, 線虫密度低減の

第4表 抵抗性品種作付による収量とダイズシストセンチュウ密度への影響

栽培品種 ^{a)} 58年 59年	播種時 卵・幼虫 ^{b)}	収量 ^{c)} (g) 正粒重	収穫後 卵・幼虫 ^{b)}
(P) < エンレイ ライコウ	2.0	21.8(100) 21.7(100)	139.0 38.3
(E) < エンレイ ライコウ	10,372.3	3.6(16.5) 10.9(50.2)	8,800.0 5,933.3
(P) < エンレイ Dyer	55.7	16.7(100) 20.3(100)	565.7 0
(E) < エンレイ Dyer	13,611.3	2.7(16.2) 26.0(128.1)	12,105.3 3,083.3
(P) < エンレイ Pickett 71	398.7	15.5(100) 20.8(100)	2,602.7 0.3
(E) < エンレイ Pickett 71	6,366.7	5.9(38.1) 24.8(119.2)	7,805.7 1,775.3

a) エンレイ: 感受性品種, ライコウ: 下田不知系抵抗性品種, Dyer, Pickett 71: アメリカ産高度抵抗性品種, (E): エンレイ, (P): Pickett 71.

b) 乾土 50g 当たり卵・幼虫数.

c) 1株当たり収量. () 内は収量比.

59年農研センター線虫害研成績

ため推奨できる品種は Peking 系高度抵抗性のスズヒメと東山 93 号 (レース 5 には感受性) など一部の品種・系統に限られる。下田不知系品種において線虫による減収率と線虫の増殖程度が地域によって異なることが認められ、レースの存在が初めて示唆されたのはネマシラズが育成されて 5 年後のことであった (杉山・宮原, 1966)。その後の研究でも桔梗ヶ原 (長野) と十勝 (北海道) の一部の個体群が下田不知系品種に対し強い病原性と増殖力を持つことが確認されている (杉山ら, 1968; 湯原・桜井, 1971)。それにもかかわらず、下田不知系品種が次々に育成され、各地で栽培されている大きな理由は感受性品種に比べ線虫生息ほ場における多収性と品質の優良性にある。これらの品種は線虫の増殖を許すために耐虫性品種と呼ばれることもあるが、増殖を認めない地域も存在する (清水ら, 1981)。病原性の強い茨城の線虫に対しても、Peking 系品種には劣るものの感受性品種と比較すれば増殖率は小さく、収量は勝っている (第 4 表)。しかし、下田不知系品種栽培後はシスト増加の可能性が高いので、感受性品種の栽培は避けたい。

3 抵抗性品種利用上の問題点

抵抗性品種利用上の問題は、抵抗性を破る新しい系統の出現と別種線虫の増殖・まん延である。後者については、サツマイモのミナミネグサレ (近藤, 1952)、ダイズのキタネグサレ (*P. penetrans*) (三井ら, 1983) がある。サツマイモには前述の抵抗性品種があるが、ダイズのネグサレセンチュウはこれからの問題となろう。

品種の抵抗性は環境条件によって変化する場合があります。わが国でもネコブセンチュウ抵抗性のトマト、タバコ、サツマイモの品種において高温条件で容易に感受性に変換することが証明されている。29°C 前後を境にして感受性になる (岡本・三井, 1977) が、タバコではもっと高温域に境界がある (福留・上釜, 1982; 大橋, 1967)。したがって、栽培環境温度は重要な問題となる。トマトの温室栽培では過度の加温によって抵抗性が破られる可能性がある。土壌温度の管理には留意せねばならない。サツマイモ (農林 2 号, ナカムラサキ) では地温が高くなるマルチ栽培においても抵抗性に变化は見られていない (田淵・坂本, 1984)。また、ダイズシストの高度抵抗性品種では温度の抵抗性への影響は小さいと思われる (HAMBLÉN, 1972; 清水, 1986)。

既知の線虫レースと抵抗性品種との関係については、サツマイモネコブのレース 1~4 のうち、日本では 1 と 2 の存在が知られている (西沢, 1981; 上田ら, 1986) が、トマトやサツマイモの抵抗性打破系統とこれらを直接関連付けることはできない。しかし、タバコの抵抗性

品種 NC95 にレース 2 は増殖可能 (TAYLOR and SASSER, 1978) であるので、レース 2 の分布地域では同系統の抵抗性品種の栽培は問題となろう。

シストセンチュウにおいては、レース (パソタイプ) に対応した抵抗性品種を選択することが重要である。北海道のジャガイモシストの場合、パソタイプ Ro₁ に対する抵抗性遺伝子 H₁ を持つツニカによって防除効果を上げている。現在、Ro₁ の分布しか認められておらず、ツニカの 6 連作でも線虫の増加はなく、抵抗性は破られていない (上野ら, 1982)。今後、引き続きパソタイプの調査が必要である。ダイズシストの場合、わが国ではレース 3 が大勢を占め、その次にレース 1 とわずかにレース 5 の存在が知られている (稲垣, 1983; 清水ら, 1981)。レース 1 と 3 には低率にレース 2, 4 を含むとする報告 (RIGGS et al., 1977) もあるが、現在まで Peking と PI90763 はほぼ免疫的であり、これらの抵抗性を国産品種に導入することが望まれる。PI88788 や Pickett の抵抗性を導入した品種 (Bedford, 東山 93 など) は日本のレース分布から判断し、適用地域が限定される可能性が出てこよう。

シストセンチュウもネコブセンチュウ同様に抵抗性品種を破る系統を実験的につくり出すことができる。アメリカのダイズシストでは同一の抵抗性品種に継代接種することにより 5~7 世代で感受性品種の 5~8 割程度の寄生を見るようになったり (TRIANTAPHYLLOU, 1975)、線虫汚染土において抵抗性品種にわずかに寄生した線虫を同一品種で維持増殖を図ると 2 年で抵抗性打破系統が生じた (McCANN, 1982)。実際のは場では、十勝における高度抵抗性品種スズヒメの 5 連作 (10 世代以上) (三井ら, 1983) や、農研センターの Pickett 71 の 3 連作 (9 世代以上) でも線虫の増加は認めていない。

しかしながら、ダイズの下田不知系品種の線虫増加傾向 (石川・渡辺, 1983; 気賀沢, 1970) は、連作または短期輪作に起因するものであろうし、九州で認められているサツマイモの農林 2 号やミナミュタカの抵抗性低下現象は長期連作 (西沢, 1974; 小芦, 1979) によるものと考えられ、抵抗性品種の寿命を延ばすために、つとめて連作は避けなければならない。幸いにも、線虫の増殖・移動・伝搬速度は空気伝染性病害とは比較にならないほど遅く、ほ場では短時日に抵抗性品種を侵す新しい系統が問題となることはないであろう。抵抗性品種におけるシストや根こぶの着生を日常観察することにより、打破系統の出現の有無を知ることができるので、作物・品種の選択、土壌消毒など、後作への対策はそれから遅くはないと考えられる。

主な引用文献

- 1) 江口恭三 (1979) : 磐田たばこ試報 11 : 91~100.
- 2) 福留信明・上釜耕二 (1982) : 日線虫研誌 11 : 13~18.
- 3) ———— 山口洋一 (1976) : 鹿児島たばこ試報 20 : 135~144.
- 4) 秋谷俊一・土岐知久 (1978) : 千葉農試研報 19 : 25~30.
- 5) ———— 宇田川雄二 (1984) : 関東病虫研報 31 : 180~182.
- 6) 原 忠彦ら (1983) : 大阪農技セ研報 20 : 1~9.
- 7) 橋本鋼二 (1980) : 育種学最近の進歩 21 : 104~112.
- 8) 井手義人ら (1982) : 九病虫研会報 28 : 181~182.
- 9) 五十嵐 勇 (1985) : 育種 35 (別冊 2) : 384~387.
- 10) ———— ら (1986) : 園学要旨 昭 61 春 : 178~179.
- 11) 稲垣春郎 (1983) : 関東病虫研報 30 : 10~13.
- 12) INAGAKI, H. (1984) : 北農試研報 139 : 73~144.
- 13) 稲垣春郎・百田洋二 (1983a) : 関東病虫研報 30 : 183~184.
- 14) ———— (1983b) : 同上 30 : 185~186.
- 15) 石川元一・渡部耕三 (1983) : 同上 30 : 189.
- 16) 伊藤佳信 (1957) : 同上 4 : 39.
- 17) 川城英夫ら (1985) : 同上 32 : 233~235.
- 18) 今 友親ら (1982) : 北農 49(9) : 1~15.
- 19) 気賀沢和男 (1970) : 同上 37(7) : 36~44.
- 20) 近藤鶴彦 (1952) : 植物防疫 6 : 352~355.
- 21) ———— (1954) : 農業技術 9 : 359~360.
- 22) 前田速男 (1966) : 関東病虫研報 13 : 132~133.
- 23) 丸峯正吉・坂本 敏 (1979a) : 九州農業研究 41 : 47.
- 24) ———— (1979b) : 同上 41 : 48.
- 25) McCANN, J. et al. (1982) : Crop Sci. 22 : 78~80.
- 26) MILINE, D. L. (1972) : Economic Nematology (J. M. Webster, ed.). Academic Press, New York, pp. 159~186.
- 27) 三井 康ら (1983) : 27 回応動昆大会講要 160.
- 28) 村井高伯ら (1975) : 磐田たばこ試報 7 : 1~17.
- 29) ———— ら (1976) : 同上 8 : 11~24.
- 30) 仲宇佐達也ら (1965) : 東京農試研報 3 : 9~26.
- 31) 日本専売公社原料本部 (1984) : 国内産葉たばこ解説書 (昭和 58 年). pp. 242.
- 32) 西入恵二ら (1981) : 北農試研報 130 : 113~122.
- 33) 西沢 務 (1974) : 日線虫研誌 4 : 37~42.
- 34) ———— (1981) : 植物防疫 35 : 176~181.
- 35) 小芦健良 (1979) : 23 回応動昆大会講要 132.
- 36) 岡本好一・三井 康 (1974) : 日線虫研誌 4 : 32~36.
- 37) ———— (1977) : 同上 7 : 10~14.
- 38) 大橋雄司 (1967) : 葉たばこ研究 45 : 49~54.
- 39) RIGGS, R. D. et al. (1977) : J. Nematol. 9 : 312~318.
- 40) 坂本 敏 (1985a) : 育種 35 (別冊 2) : 388~391.
- 41) ———— (1985b) : 農業技術 40 : 76~79, 118~122.
- 42) 佐藤昭美・大森秀雄 (1969) : 岩手農試研報 13 : 1~47.
- 43) 芹沢暢明ら (1974) : 長野農試報 38 : 45~56.
- 44) SHIGA, T. and T. TAKEMATA (1981a) : Proceedings of the third research planning conference on root knot nematodes, *Meloidogyne* spp. 64~68.
- 45) ———— (1981b) : ibid. 201~213.
- 46) 清水 啓 (1986) : 30 回応動昆大会講要 189.
- 47) ———— ら (1981) : 北日本病虫研報 32 : 67~68.
- 48) 砂田喜与志 (1967) : 北海道立農試集報 16 : 106~113.
- 49) ———— ら (1981) : 同上 45 : 89~100.
- 50) 田淵尚一・坂本 敏 (1984) : 九病虫研会報 30 : 179.
- 51) 高倉重義ら (1982) : 北農 49(11) : 1~25.
- 52) 高宮泰宏ら (1982) : 同上 49(9) : 16~38.
- 53) 田中 勇 (1957) : 九州農業研究 19 : 67~68.
- 54) TRIANTAPHYLLOU, A. C. (1975) : J. Nematol. 7 : 356~364.
- 55) 埴 正明 (1967) : 北日本病虫研報 18 : 122.
- 56) ———— (1978) : 日線虫研誌 8 : 16~19.
- 57) 上田康郎ら (1986) : 関東病虫研報 33 : 印刷中.
- 58) 上野賢司ら (1982) : 北農 49(10) : 1~20.
- 59) 山田英一 (1980) : 植物防疫 34 : 49~59.
- 60) ———— ら (1982) : 北農 49(8) : 1~28.
- 61) 山川邦男 (1978) : 野菜/抵抗性品種とその利用, 全国農村教育協会, pp. 136.
- 62) 吉田雅夫 (1983) : 育種学最近の進歩 24 : 80~89.
- 63) 葭原敏夫 (1981) : 九病虫研会報 27 : 96~98.
- 64) 湯原 巖・稲垣春郎 (1963) : 北農試集報 80 : 94~102.
- 65) ———— 桜井 清 (1971) : 同上 99 : 89~96.

本会発行図書

侵入を警戒する病害虫と早期発見の手引

A 5 判, 126 ページ 口絵カラー 8 ページ

定価 2,600 円 送料 250 円

監修 農林水産省横浜植物防疫所

海外からの病害虫の侵入・定着を阻止するには、港での検疫とともに、不法持ち込み等による侵入病害虫の早期発見が極めて重要です。

本書は、この観点から多くの人に侵入病害虫に対する警戒心と目による協力をお願いするため、横浜植物防疫所が中心になってまとめた、当面我が国への侵入が警戒される 54 病害虫の解説書で、それぞれの、既発生病害虫との相違点を述べた“発見のポイント”を中心に、図録を付して、1 病害虫で見開き 2 ページとし、図鑑としても、第一線での検索用としても使いやすように工夫した書です。

お申込みは前金（現金・振替・小為替）で本会へ

キウイかいよう病の発生生態と防除の問題点

静岡県柑橘試験場 せり ざわ せつ お夫

はじめに

キウイは、わが国には 1963 年に、横浜国大文部技官であった工藤徹氏により初めて種子が導入され、1970 年に静岡県賀茂郡東伊豆町のほか、数県に試験的に植栽された。1970 年代後半に、先進農家が輸入苗などを導入して少規模に栽培を始めたが、消費者の嗜好の多様化に合致したため商品性が高まり、1980 年以降、関東以西の地域で栽培面積は急速に増加している。特に、ウンシュウミカン価格の長期間の低迷に悩むカンキツ生産地帯では、温暖な気候が栽培に適していること、およびカンキツ類との栽培管理上の競合が少ないことから、経営を補う果樹として意欲的に取り入れられている。

本病の症状は、県下では 1980 年ごろから認められ始めていたが、主産国ニュージーランドに本病に関する報告がなかったことから、類似の低温障害として処理されていた。1984 年に県下の多数の栽培園で、葉の斑点、枯死した枝、幹から同一の細菌を分離し、コッホの原則を満たすとともに (芹澤ら, 1985)、病原細菌は *Pseudomonas syringae* pv. *morsprunorum* と同定された (瀧川ら, 1985)。1983 年には、同一の細菌によるものと考えられる枝、幹の病徴が、アメリカで報告されている (DANC, 1983)。

本病は当初、静岡、神奈川両県で発生が報告されたが、現在では愛知、鳥取、福岡、徳島、宮崎県下での発生が確認されている。

発生生態に関する試験研究は開始して間もないために不十分ではあるが、激しい発病園では成木がほとんど枯死し、経済栽培は不可能になるため、明らかになった点を紹介して防除の参考に供したい。

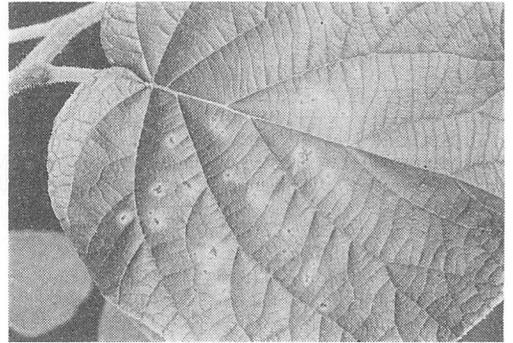
I 発生生態

1 病徴

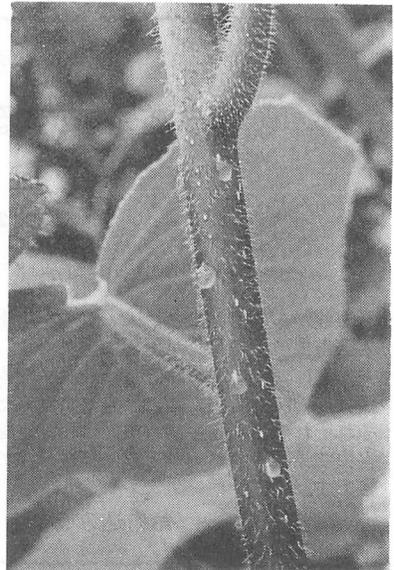
春～梅雨期に新梢に、冬～翌早春に枝、幹に発病する。花、果実には発病が確認されていない。

新梢：新梢が 3～5 cm に生長し、ツルの先端が伸長を開始するころ、葉に初発病が認められ、不明りょうな黄色のハローの中心部に、赤みを帯びた小斑点が形成さ

れる。新梢が 10～15 cm 程度に伸長するころの葉では、直径 2～3 mm、不整形、暗褐色斑点となり、葉の濃緑化とあいまって幅 2～5 mm のハローが明りょうとなる (第 1 図)。4～5 月の冷涼で、湿潤な条件下では、水浸状に急速に拡大して大型の病斑になり、このような病斑では周縁が葉脈でさえぎられた角形となって、ハローを生じないことが多い。また、病斑が癒合して葉の主脈の間が全体に暗褐変し、葉は内側あるいは外側に巻き込むことがある。気温が上昇すると病斑は小型でハローの幅も狭くなり、ほ場では暗褐色、赤褐色の病斑が混在して認



第 1 図 葉の病斑 (5 月)

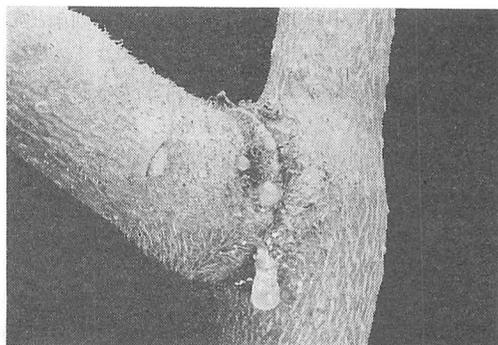


第 2 図 新梢の皮目から浸出する Ooze (4 月)

Present Situation of Epidemics and Control of Bacterial Canker of Kiwifruit. By Setsuo SERIZAWA



第3図 罹病枝での Ooze の浸出 (4月)



第4図 枝の分岐部に浸出した Ooze (3月)

められる。

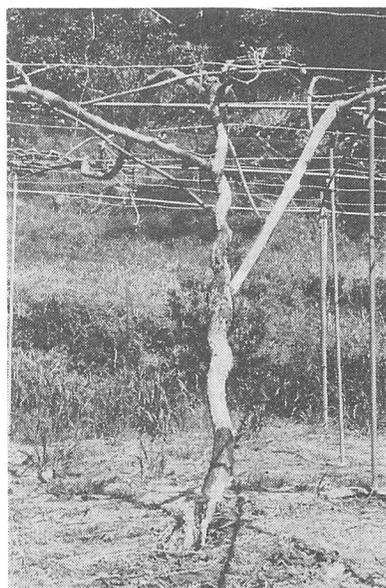
軟弱な枝には4~5月の低温時期に発病することがあり、病患部は暗緑色水浸状、やがて暗褐色に変色し、縦に線状の亀裂を生じる。病状は伸長を続ける新梢の先端および基部方向に進展し、やがて新梢全体が暗褐色に変色して萎ちょう、枯死する。この過程で、高温条件下では病患部およびその周辺の外観が健全な皮目から、白色の Ooze (細菌粘塊) が水滴状に浸出する (第2図)。Ooze の浸出箇所は、変色部から1m以上の範囲に及ぶことがある。

感染時期が遅い新梢では、亀裂を生じてもやがて癒傷組織が形成され、治癒する。病状は通常、前年枝に達すると停止するが、前年枝も侵されて枯死する例がまれにある。

このほか罹病している前年枝では、発芽~伸長期に新梢基部に Ooze の浸出が認められるものがあり (第3図)、このような新梢は組織内を移行した細菌により発病し、枯死する。

枝、幹：ほ場では通常、1月中~下旬に初発病が認められる。主として芽の周囲、葉の脱落痕、そのほか皮目、枝のすり傷、ねん枝箇所、および枝の表面に縦に線状の亀裂が生じ、白濁した Ooze が水滴状に浸出する。Ooze は徐々に粘質となり、黄白色、淡褐色、やがて皮層部がえ死すると赤~暗赤色を帯びる。この過程を経ないで、樹皮組織の色が混じって暗赤色の浸出汁が認められることも多い。病原菌の皮層部での移行に伴い、Ooze の浸出範囲は枝の先端および基部の両方向に拡大してゆく。浸出箇所から上下方向に、芽を順に指でつまんで強く圧すると連続的に Ooze が浸出し、侵されている範囲を確認できる。

2月上~中旬以降には病状の進行が急速となり、特に充実していない夏秋枝では激しい。病状は春枝を経て主幹にまで及ぶことがあり、この過程で枝の分岐部から盛



第5図 罹病樹の症状 (5月)

んに Ooze が浸出する (第4図)。3年生以上の枝では、病患部に幅1~2mm程度の亀裂を縦に生じることが多い。Ooze の浸出は、新梢の先端がおう盛に伸長を開始する4月まで多量に認められるが、5月中~下旬以降にはきわめて少なくなる。

激しく侵された枝は枯死して発芽しないが、病状の進行程度により、発芽、新梢伸長および開花後に萎ちょう、枯死するなど、6月ごろまで様々な病徴を呈する。主幹部まで激しく侵されると成木でも完全に枯死するが、多くは病状の進行が停止した地際近く、および台木部などから、やがて生長のおう盛な新梢が発生する (第5図)。

2 伝染源

罹病した枝、幹から浸出する Ooze が、春梢への一次伝染源になる。葉に形成された病斑、および未成熟枝の

病患部では、降雨中および直後、ならびに早朝など高湿度条件下で Ooze が浸出し、二次伝染源になる。梅雨明け後の 7 月下旬以降には、葉、枝での新たな発病が認められないため、冬～早春に発病する枝、幹への伝染源は明らかでない。葉の病斑、罹病枝組織内での生存、キウイ樹体面での表生ならびにキウイ以外の木本、草本上で生存などを明らかにする必要がある。

3 感染方法

成熟前の葉では、気孔、水孔から容易に感染し、傷感染も行われる。成熟葉では通常、感染しない。菌を接種する際、噴霧圧を強めると容易に気孔感染するので(農水省果樹試, 1986)、強風雨天条件下では気孔から菌が押し込まれるものと推察される。

4～5 月の冷涼、湿潤条件下では、葉柄付近の拡大した病斑から葉柄組織内を経て、菌が軟弱な枝に移行し発病することがある。逆に枝が発病すると、葉柄組織内を経て菌が葉身に移行し、中肋および葉脈に沿って暗褐色の病斑が拡大することがある。この過程で、葉柄は暗緑色水浸状に変色し、高湿度条件下では Ooze が浸出する。やがて暗褐色に変色し萎ちょう、枯死するが、このような急性症状が現れないで、葉が青枯れ、黄化および健全なまま下垂するなどの症状が認められる。新梢が充実すると、葉柄を経て菌が移行しても新梢との境界部に

癒傷組織が形成され、発病しない。

秋～早春には、強風および 0°C 以下の急激な低温による落葉、ならびに剪定、ねん枝などによる傷から枝に感染する。芽、皮目など無傷の部分からの感染は認められていない。

4 枝の感受性の時期的変化

病原菌を接種した 1 年生枝の冬～翌春の発病状況を、第 1 表に示した。

接種部の皮層組織を越年後に観察すると、9 月以前の接種枝では暗褐色の癒傷組織の発達が認められる。10 月の接種枝でも癒傷組織が認められるものがあるが、11 月以降の接種枝では赤褐～暗緑色水浸状に変色し、これらの部分では白色の Ooze が浸出する。また、芽の周辺、枝の分岐部など皮層が厚い箇所には、白色に充満する細菌が認められる。Ooze の浸出が盛んになるのは、前年の接種枝でも樹液の流動が再び活発になる 2 月上～中旬以降で、病状の進展が速まり、この時期以降には潜伏期間も短くなる。

9～10 月の接種枝では、局部に Ooze が浸出しても病状が進展しないもの、および狭い範囲にとどまるものがあるが、発芽期の接種枝でも同様の現象が認められ、気温の上昇に伴って癒傷組織が形成される。

旬平均気温が 15°C 以下の 4～5 月には軟弱な新梢が

第 1 表 かいよう病菌の枝への接種時期と冬～春季の発病ならびに被害との関係

接 種 年月日	接 種 枝 数 ^{a)}	初発病 月 日	潜伏期間	枯 死 枝 数 (1986. 5/20)					
				ブ ル ー ノ		モ ン テ ィ		ヘ イ ワ ー ド	
				春 枝	夏秋枝	春 枝	夏秋枝	春 枝	夏秋枝
1985 年									
4/22	5	—	—	0	—	0	—	0	—
6/19	10	—	—	0	—	0	—	0	—
7/30	10	—	—	0	—	0	—	0	—
9/11	5	2/27	169日	0	1	0	0	0	0
10/11	5	1/29	110	1	4	1	3	0	0
11/11	5	12/ 6	25	4	5	4	5	4	4
12/12	5	1/18	37	5	5	5	5	5	5
1986 年									
1/10	5	1/31	21	5	5	5	5	5	5
2/10	5	2/27	17	5	5	5	5	4(1) ^{b)}	3(2)
3/ 3	5	3/13	10	—	5	—	5	—	4(1)
3/24	5	3/29	5	—	5	—	3(2)	—	1(4)

供 試 樹：ブルーノ、モンティ、ヘイワード、6 年生

接種細菌濃度：7.2×10⁶～2.9×10⁷CFU/ml

接 種 方 法：4～11 月は摘葉、12～3 月は木綿針を用いてせん刺後、菌液に浸した脱脂綿を傷口に貼付し、アルミホイルで覆って一夜高湿に保った。

発芽開始期：3 月 13 日、調査年月日：1986. 5/20

a)：供試 3 品種の春枝および夏秋枝、それぞれの接種枝数。

b)：接種部に Ooze が浸出、ならびに周辺の 2～8cm が褐変および亀裂を生じる病徴を認めたが、それ以上病勢が進行しなかった枝数。

第2表 剪定傷口の感染期間

接 種			初発病 月 日	発 病 の 時 期 的 推 移					
月日	枝数	細 菌 濃 度			2/15	2/27	3/13	3/27	4/16
1/10	10	2.7×10^7 CFU/ml	2/2	発病枝数 最大値 ^{a)} 平均値 ^{a)}	6 11 cm 4 cm	10 73 cm 34 cm	10 78 cm 53 cm	10 91 cm 63 cm	10 109 cm 86 cm
1/16	10	1.3×10^7	2/15	発病枝数 最大値 平均値	2 1 cm 1 cm	4 28 cm 21 cm	6 37 cm 20 cm	8 114 cm 38 cm	8 133 cm 44 cm
1/20	10	6.5×10^6	3/27	発病枝数 最大値 平均値	0 — —	0 — —	2 1 cm 1 cm	4 21 cm 11 cm	4 70 cm 55 cm
1/30	10	1.5×10^7	2/15	発病枝数 最大値 平均値	1 1 cm 1 cm	2 10 cm 6 cm	6 49 cm 26 cm	8 131 cm 87 cm	9 177 cm 108 cm
2/10	10	1.3×10^7	2/27	発病枝数 最大値 平均値	0 — —	1 5 cm 5 cm	6 53 cm 32 cm	10 143 cm 74 cm	10 216 cm 145 cm
3/3	10	2.9×10^7	3/20	発病枝数 最大値 平均値	— — —	— — —	0 — —	4 83 cm 33 cm	8 187 cm 109 cm

供 試 樹：ブルーノ 6 年生，剪定月日：1986. 1. 10

接 種 枝：1/20 は春枝，その他は夏～秋枝

接種方法：蒸留水に浸した脱脂綿を剪定痕に貼付し，2～3 時間濡らした。その後，菌液に浸した脱脂綿を貼付してアルミホイルで覆い，一夜高温に保った。ただし，1/10 は蒸留水による処理を行わなかった。

a)：剪定痕から Ooze が浸出した箇所までの長さ。接種部に認められたものは 1 cm とした。

侵されること，および夏季を経て 9～11 月に徐々に再び枝の感受性が高まり，旬平均気温が 15°C 以下に低下する 11 月～翌年 3 月までは，時期的な差がなく高率に発病することから，気温およびこれに基づく樹体生理の変化が，発病に大きく影響しているものと推察される。

5 剪定傷口の感染期間

冬季にはほとんど癒傷組織が形成されないため，傷口は長期間にわたり感染する (第 2 表)。栽培者間では，剪定すると発病が多くなると言われているが，剪定後に薬剤散布をしていなかったことが原因と思われる。

6 発病に及ぼす低温の影響

枝の本病に対する感受性は，秋季に気温の低下とともに高まることをすでに述べた。12 月上旬に病原菌を接種し，下旬に 1 回 $2\sim 10^\circ\text{C}$ の低温処理を行ったヘイワード苗での結果によると， -5°C 以下の気温では明らかに被害が助長された。また，冬～早春に最低気温が 3.6°C 以下にならなかった対照区でも，比率はきわめて低いが発病し枯死する苗が認められた。これらの結果から，低温は枝の感受性をいっそう高め，また病状の進展には樹体の生理条件も大きく影響するものと推察さ

れた。

7 品種間差異

静岡県下では，当初導入されたグリーンヒル，カガミなどの早生系品種に初発病し，病状も激しかったが，隣接するヘイワード，ブルーノなどにはほとんど発病しなかったとされている。現在ではヘイワードが栽培の主体となっているため，前記の品種との抵抗性の比較はできないが，発病実態調査 (農水省果樹試，1986)，枝への接種試験の結果では明らかな品種間差異は認められない。栽培者間では雄木は発病が少ないと言われているが，これは花のみを必要とするために，軽い剪定を行ってきたことが傷感染の機会を少なくしていたと推察される。

II 防 除

1 耕種的防除

- ① 無発病の園地で穂木の採取，育苗を行う。
- ② 風当たりが強い園地では傷感染が助長されるので，防風措置を講ずる。また，このような地形，ならびに冬季に気温が著しく低下する標高の高い地形での植栽

を避ける。

③ 晩秋期まで枝を徒長させないよう肥培管理に配慮し、充実した枝を作る。

④ 剪定 1~2 日後に園地を見回ると、罹病枝では傷口から Ooze の浸出が認められるので、病患部を健全部にまでさかのぼって切除する。主幹などでは病患部を周辺の健全部を含めて削り取る。切除した罹病枝でもしばらくの間 Ooze が浸出するので、放置せず焼却処分する。

⑤ 剪定後には、傷口に癒合促進剤を塗布する。

2 薬剤防除

(1) 有効薬剤

ストレプトマイシン剤 1,000 倍、カスガマイシン液剤 400 倍、ボルドー液および無機銅水和剤の順に効果が優れている (農水省果樹誌, 1986)。これらの薬剤は、未登録で安全な使用方法をなお検討中であり、結果樹には使用できない。

(2) 薬害

ボルドー液を発芽直前および発芽後に用いると、葉にスターメラノーズ (銅の薬害) が発生する。激しいものでは落葉するので、使用は休眠中に限られる。

銅水和剤にはクレフノン 200 倍を添加して用いるが、使用は休眠期、および発芽~新葉そう生期に 1 回のみとする。これ以後の使用では、葉にスターメラノーズが発生し、また、果梗が褐変し亀裂を生じることがある。

ストレプトマイシン剤では、葉緑の黄化、幼葉には全体が黄化する薬害を生じるが、10~20 日程度で回復し

実害はない。同一の抗生物質剤を連続使用すると薬剤耐性菌が出現しやすいので、異なる薬剤の交互使用が望ましい。

(3) 散布時期

新梢の発芽~新葉そう生期に最初の防除を行い、その後 10 日程度の間隔で数回散布する。初期防除に徹する。秋~翌早春の防除適期は明らかではないが、生態試験の結果から落葉期、および剪定直後から数回の散布が必要である。

おわりに

本病の発生地域は年を追って拡大しているが、それらの地域に本病が在来していたものか、苗木などにより新たに持ち込まれたものかは明らかではない。発生生態に関する試験研究が立ち遅れたために、効率的な防除体系を確立するためには、なおかなりの年数を要する。本病のように冬季に激しく枝、幹を侵す病害は、わが国では未経験であり、樹体生理を含めた広汎な試験研究が望まれる。

本試験を進めるにあたり、有益な助言を賜った静岡大学農学部後藤正夫博士、滝川雄一博士ならびに農林水産省果樹試験場高梨和雄博士に心からお礼申し上げる。

引用文献

- 1) DANC, O. et al. (1983) : Plant Disease 67 (11) : 1283~1284.
- 2) 芹澤拙夫ら (1985) : 日植病報 51 : 53 (講要).
- 3) 滝川雄一ら (1985) : 同上 51 : 53 (講要).
- 4) 農林水産省果樹試験場 (1986) : 果樹課題別研究会資料 : 140~153.

本会発行図書

日本有用植物病名目録

日本植物病理学会 編

第 3 巻 (果樹編)

B 6 判 198 ページ

定価 2,300 円 送料 200 円

採録樹種 : 温帯果樹, 熱帯果樹など 43 種

第 4 巻 (針葉樹編)

B 6 判 232 ページ

定価 3,500 円 送料 250 円

採録樹種 : 林木, 緑化樹, 竹笹など 112 種

第 5 巻 (広葉樹編)

B 6 判 512 ページ

定価 3,900 円 送料 300 円

採録樹種 : 林木, 花木, 緑化樹など 387 種

お申込みは前金 (現金・振替・小為替) で本会へ

(なお, 第 1, 2 巻は日本植物病理学会で発行しております)

Alternaria 属菌の宿主特異的毒素

——最近の研究動向——

名古屋大学農学部植物病理学教室 ^つ ^げ ^{たか} ^し ^{にし} ^{むら} ^{しょう} ^{よう}
 柘 植 尚 志・西 村 正 暘

はじめに

1933年、田中は、ナン黒斑病菌の培養液が本病感受性品種の二十世紀ナンに顕著な黒色死毒性を示すが、抵抗性の長十郎ナンにはまったく無毒という、きわめて選択的な生理活性を持つことを報告した。今日の宿主特異的あるいは宿主選択的毒素 (host-specific or host-selective toxin, 略して HST) の登場である。当時、この発見の意義は理解されず、それが英文報告であったにもかかわらず、国際的にはまったく反響を呼ばなかった。約 10 年後、MEEHAN and MURPHY (1947) によるエンバク victoria blight 菌の HST によって、初めてこの特異的な現象に多くの関心が集まるようになった。なお、わが国では鳥潟 (1947)、広江ら (1952)、毛利 (1962) によってナン黒斑病菌 HST の研究が続けられていたが、PRINGLE and SCHEFFER (1964) による HST に関する総説の中で、初めて国際的に紹介され、反響を呼んだ。このような経過は、わが国で発見されたジベレリンが国際的に認知されるのが遅れたことと軌を一にしている。今日、明確に HST 生成菌であるとされている病原糸状菌は、14 例に達している。そのうち 7 例が Alternaria 属菌 HST で、その多くはわが国の研究者によって報告された。

植物糸状菌病に見られる宿主選択性は、まず病原菌側からなんらかのシグナルの提供があり、それに受容的応答をせざるを得ない機構を持った植物だけが侵害されると概念的には考えられていた。しかし、具体的にはなんらの科学的根拠もなかった。HST の登場は、われわれにまだ果たせぬ夢を膨らませてくれた。それは、病原菌によるシグナル HST の放出、宿主受容体による HST 情報の選択的認識、次いで宿主細胞内への情報伝達による病原菌受容体制化の完成、という想定図である。HST はもはや古典の意味における毒素ではなく、病原菌の病原性発現に関与する第一次決定因子 (primary determinant)、感染を成功させるための始動因子 (initiation factor)、あるいは擬人法的に宿主識別因子

(host recognition factor) などと考えられるようになった。

本文では、Alternaria 属菌の生成する HST を例に挙げて、この分野における最近の研究動向を要約して話題提供したい。

I HST 生成 Alternaria 属菌

第 1 表に示した 7 種類の Alternaria 病害は、新しく育成・導入された作物品種の集団栽培によって突如激発した歴史を持つものが多い。その場合、宿主側は遺伝学的に感受性が優性であったり、病害抵抗性遺伝子が積極的に関与していなかったりする。また、病害そのものは新規のものであったが、病原菌は必ずしも Alternaria 属の新種 (species) の発生を意味したとは思えない。すなわち、分生孢子その他の形態的性状は、すべて集合種 *A. alternata* (Fr.) KESSLER と判定される。この糸状菌は基本的には腐生菌である。したがって、表中 7 種類の病原 Alternaria は、腐生菌 *A. alternata* への特定 HST 生成能力の付加によって、新しい宿主範囲を示す病原力を具備した新型の病原型 (pathotype) の出現を示唆したものである。HST 生成能は必ずしも安定なものではなく、培地上あるいはほ場で容易に失活し、病原性を失う。われわれは、そのような菌株をもはや特定の病原菌として判定することはできない。以上のような観点に立てば、現時点では、これら HST 生成 Alternaria に特定の species, formae specialis あるいは race 名を採用することにはためらいを感じる。したがって、例えばナン黒斑病菌を *A. alternata* の日本ナン型 (Japanese pear pathotype)、リンゴ斑点落葉病菌を *A. alternata* のリンゴ型 (apple pathotype) として位置づけたい。近い将来、各 HST の生合成を決定づける鍵となる酵素が判明し、各病原菌は *A. alternata* の HST 生成 (病原性) に関する生化学的変異株という結論になることを期待している。

II HST の化学構造と生物活性

これまで判明した HST は、病原菌名あるいは宿主名を考慮に入れて、short-hand 命名法で呼ばれてきた。いずれも 10^{-8} ~ 10^{-9} モルというきわめて低濃度で、しかもきわめて高い宿主選択毒性を発揮する。このような

Recent Advances in Research of *Alternaria alternata* Host-Specific Toxins. By Takashi TSUGE and Syoyo NISHIMURA

第1表 これまでに判明した *Alternaria alternata* 群の宿主特異的毒素

病 気 名	病原菌名 <i>A. alternata</i> の pathotype (旧系状菌名)	毒素名	感 受 性 植 物		
			例	感受性の 遺伝的背景	毒素の作用点
1. リンゴ斑点落葉病	Apple pathotype (<i>A. mali</i>)	AM - 毒素	インド・デリシャス系統のリンゴ	複数の同義遺伝子	原形質膜と葉緑体
2. ナシ黒斑病	Japanese pear pathotype (<i>A. kikuchiana</i>)	AK - 毒素	二十世紀ナシ	単一優性遺伝子 (ヘテロ型)	原形質膜
3. イチゴ黒斑病	Strawberry pathotype	AF - 毒素	盛岡 16 号イチゴ	単一優性遺伝子 (ヘテロ型)	原形質膜
4. タバコ赤星病	Tobacco pathotype (<i>A. longipes</i>)	AT - 毒素	<i>Nicotiana</i> 属植物		ミトコンドリア
5. トマト・アルタナリア茎枯病	Tomato pathotype (<i>A. alternata</i> f. sp. <i>lycopersici</i>)	AL - 毒素	ファースト・トマト	単一優性遺伝子 (ホモ型)	ミトコンドリア
6. ラフレモンの brown spot	Rough lemon pathotype (<i>A. citri</i>)	ACR-毒素	ラフレモン		ミトコンドリア
7. タンジェリンの brown spot	Tangerin pathotype (<i>A. citri</i>)	ACT-毒素	タンジェリン		原形質膜

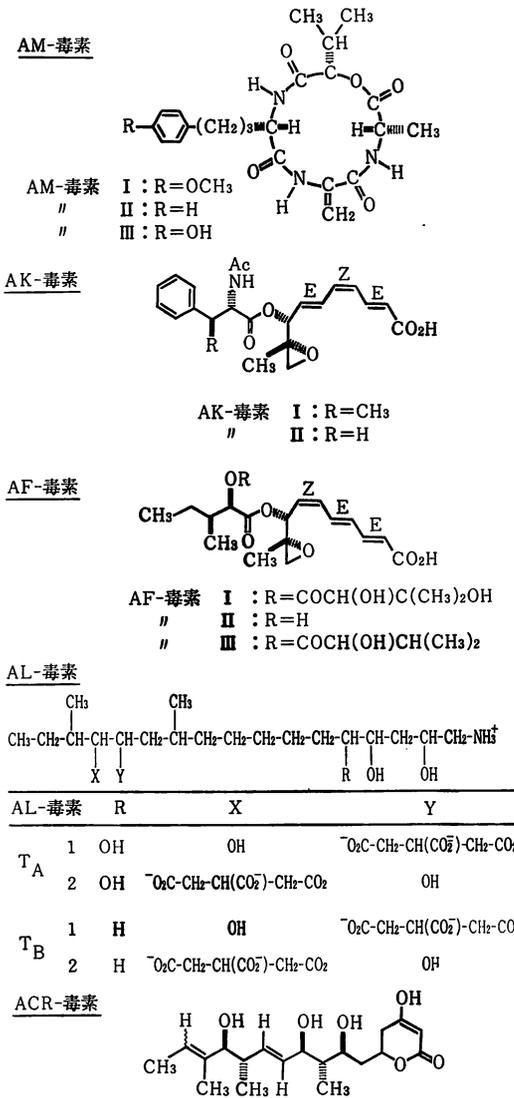
性質は天然生理活性物質のなかでもきわめて異例のことで、その作用機構に強い関心が寄せられている。

リンゴ斑点落葉病菌の HST は、奥野ら (1974)、上野ら (1975) により、AM-毒素 I (alternariolide), II, III と命名され、構造の互いに類似した環状デブシペプチドと決定された。構造が明確に判明した最初の HST 事例である。最近、生物検定、微量物質の単離技術、機器分析などの急速な進歩によって、微量で不安定な HST についても、相次いで構造が明らかにされた (第1図)。いずれも構造類似の複合毒素として見いだされた。例えば、ラフレモンの brown spot 病 (わが国未発生) 菌の ACR-毒素では、図示した主毒素 (ACR-毒素 I) のほかに、 γ -pyrone 環を持った5種類の微量 HST も存在する。また、イチゴ黒斑病菌の HST は AF-毒素 I, II, III の3種類で、それらのトリエン構造部分はすべて (2E, 4E, 6Z) 配置となっている。なお、それぞれの AF-毒素について、培養中あるいは単離操作中に (2E, 4Z, 6E) や (2E, 4E, 6E) 配置となった幾何異性体も単離されるが、(2E, 4E, 6Z) 配置のものに比べて生物活性が著しく劣る。

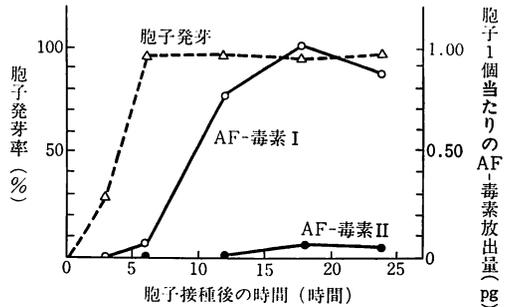
衆知のように、ナシ黒斑病菌の病原性は二十世紀ナシなど少数特定の日本ナシ品種のみに発揮されるが、その HST, AK-毒素 I, II の選択毒性は実にみごとに病原菌の宿主範囲を代弁する。さらに興味あることには、イチゴ黒斑病菌の宿主範囲は本来の宿主である盛岡 16号イチゴのほかに、ナシ黒斑病菌の宿主をもそっくり包含

しており、その理由もまた、AF-毒素の生物活性によって説明することができる。すなわち、AF-毒素 I はイチゴと日本ナシに、II は日本ナシのみに、III はイチゴ (高濃度では日本ナシにも) に活性を示す。AK-, AF-両毒素は構造類似で、ともにエポキシ構造の付加したデカトリエン酸部分を持っている。さらに両者の構造を眺めると、前者のトリエン構造が (2E, 4Z, 6E) 配置、後者は (2E, 4E, 6Z) 配置となっている。また、AF-毒素 II の 2' 位水酸基が日本ナシに対する活性発現に関与しており、それは AK-毒素のアミド NH の存在とも関係しているように思われる。一方、2' 位水酸基がアシル化された AF-毒素 I, III (また II の 2' 位水酸基のアセチル化合物) では、イチゴに対する毒性が見られるようになる。このように、構造上のわずかな差異が宿主選択活性に大きく影響することは興味深い。なお、エポキシ構造を持ったデカトリエン酸部分のみではまったく生物活性を示さない。今後、各 HST のアナログの合成や構造変換によって、構造と宿主選択的な活性発現との関係の解明が一段と進展することを期待する。

上述の *Alternaria* HST の種類と構造研究は、いずれも病原菌の培養液中に存在する HST について行われてきた。後述するように、感染生理学的には、病原菌胞子の発芽時に外部に放出されるシグナル HST の構造とその生物活性を知ることが必要である。この観点からナシ黒斑病菌の場合を見ると、1個の発芽胞子は約 0.3~0.4 pg の AK-毒素類を生成している (毒素 II は I に



第1図 これまでに化学構造の判明した *A. alternata* HST



第2図 イチゴ黒斑病菌の分生胞子発芽時におけるAF-毒素の生成・放出
 AF-毒素 III は検出されなかった。

れていくものと思う。

III HST の宿主選択的作用機構

Alternaria HST に対する感受性と抵抗性両植物間に見られる顕著な耐性差はどのような機構によるのであろうか。この問題は、HST 研究の開始期から大きな関心を集めた。活性発現に要する最少濃度はいずれも ppm より低く、ppb の単位であり、植物反応もきわめて早い。宿主選択的作用機構に関して、いまだ最終結論に達した HST は皆無である。むしろ、問題の複雑さに驚かされる。

抵抗性植物側に、HST を特異的に不活性化するような機構の存在は、いまのところ否定的である。むしろ逆に、感受性植物側に HST 反応に対する受容機構が存在するとのデータの蓄積がある。遺伝分析の結果も感受性遺伝子の積極的関与を暗示している(第1表)。

作用機構の解明は、HST 投与宿主組織における微細構造の変性像を電顕観察することから始まった。それによって、宿主組織に対する HST の第一次作用点を明らかにする手がかりを得ようとした。その結果、AK-, AF-, ACT-各毒素は宿主の原形質膜のみに、AM-毒素は原形質膜と葉緑体に、AL-, ACR-, AT-各毒素はミトコンドリアのみに、それぞれ機能破壊を思わせる異常電顕像が認められた。各抵抗性品種では HST 処理によってなんらの変化も起こらない。

二十世紀ナン若葉を AK-毒素で処理すると、速やかに電解質の異常漏出が起こる。そこではまた、原形質膜の起電性イオンポンプ活性が不可逆的に阻害されている。そのような宿主組織を電顕観察すると、原形質連絡糸付近を中心に著しい原形質膜陥入が起こっており、細胞内の電解質が変性を受けた原形質連絡糸周囲の原形質膜から異常漏出し、細胞壁を通して組織外に流出してい

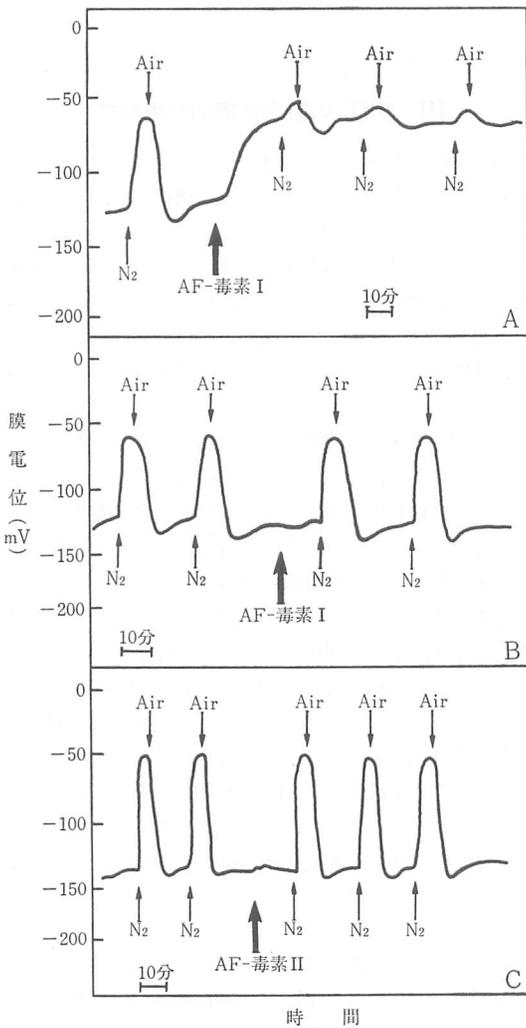
比べて非常に少ない)。この HST 量で約 500~1,000 個の感受性ナン細胞に害を与えることが可能である。またイチゴ黒斑病菌では、1 pg 前後の HST 放出量で、その主体はイチゴと日本ナン両方に活性を示す AF-毒素 I である。胞子発芽の後期には、あたかも毒素 II が放出されるように発芽液中に検出されるが、これはおそらく、毒素 I が脱アシル化によって毒素 II に変換したと思われる。毒素 III は検出不能である(第2図)。このように、HST の構造判明によって、今後、病原菌の感染を仲介する HST の役割がいつそう明確に解明さ

ることが認められる。AK-毒素によるこのような初期反応から宿主細胞死に至る過程が解析され、初期反応には宿主の SH 基を持つ物質が密接に関与していること、原形質膜の透過機能障害後にタンパク質の *de novo* 合成やある種の銅酵素が関与する過程のあること、最終的には細胞死へ至ること、などが明らかにされた。このような AK-毒素効果の情報伝達過程で、病原菌に対する受容体制作りは原形質膜機能の障害までで完了し、宿主細胞死は必ずしも必要としないことが判明している。この点はさきわめて重要なことで、HST の作用機構や第一次作用部位がたとえ異なっても、感染生理学的には、共通

した受容性誘導を行っているのである。

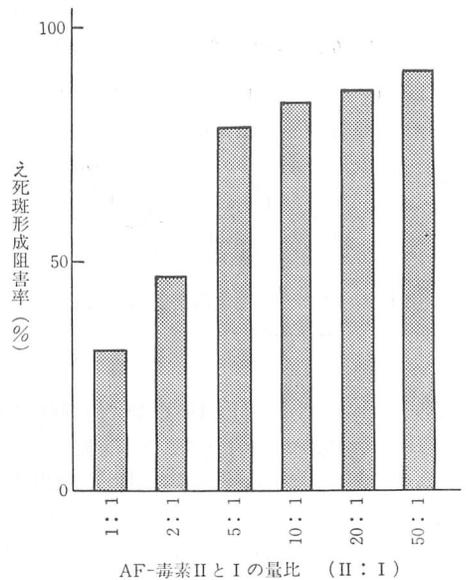
AF-毒素の第一次作用点は、AK-毒素と同じく原形質膜である。道管かん流法を用いて、道管一生細胞間の界面電位差を測定すると、毒素処理後直ちに感受性植物にのみ起電性イオンポンプ活性の阻害が現れ、呼吸依存性の膜電位差の著しい減退が起こる。毒素 I はイチゴと日本ナツに、毒素 II は日本ナツのみに、このような現象が誘起される (第3図)。興味あることには、イチゴに無毒な毒素 II を前処理しておくこと、イチゴに対する毒素 I の効果は抑えられる。このような抑制効果は葉でも観察され、毒素 II で前処理した盛岡 16 号イチゴ葉では、毒素 I によるえ死斑形成が顕著に抑制される (第4図)。このような構造類似体によるアゴニスト・アントゴニスト的競合現象は、HST 研究者が長年抱えてきた HST レセプター仮説を支持すると同時に、今後の具体的な HST レセプター単離への足がかりを提供したと考えられる。

AM-毒素は、感受性リンゴ品種葉の原形質膜だけでなく、葉緑体をも標的とする。そのため、作用性はさらに複雑である。興味ある現象として、本毒素のリンゴ葉に対するえ死斑形成が光照射下で著しく抑制されることが見いだされた。この抑制作用は、原形質膜機能破壊という AM-毒素の初期作用には影響しておらず、その後



第3図 AF-毒素 I による感受性イチゴ膜電位の脱分極

A, C: 感受性イチゴ品種, B: 抵抗性イチゴ品種



第4図 AF-毒素 II を前処理した感受性イチゴ葉における AF-毒素 I によるえ死斑形成の抑制

AF-毒素 II を有傷滴下処理 18 時間後に、AF-毒素 I でさらに処理し、生じる葉脈間え死斑面積を測定した。

のえ死に至る過程に光により抑制される反応系の存在することを示唆した。

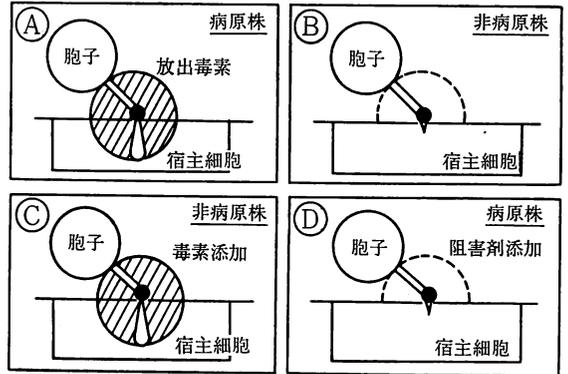
AL-, AT-および ACR-各毒素の作用点は、電顕観察からミトコンドリアとされるが、それらの作用様式はかなり異なるようである。例えば、ACR-毒素処理ラフレモン葉では、1時間後にすでに、ミトコンドリアの形態的異常像が見いだされる。しかし、AL-および AT-毒素処理トマト葉およびタバコ葉ミトコンドリアでは、24 時間以後初めて異常が観察される。肉眼的なえ死の出現も、ACR-毒素では処理後 24 時間以内に、一方、AL-および AT-毒素では 48 時間以上を必要とする。なお、AL-毒素のトマトに対する第一次作用点は、aspartate transcarbamylase 活性の阻害にあるとの短報もあるが、その詳細は不明である。ACR-毒素の作用性に関して、感受性カンキツ葉からの単離ミトコンドリアもまたその機能が阻害されることがわかっている。抵抗性カンキツ葉からの単離ミトコンドリアにはまったく影響しない。ACR-毒素感受性が、ミトコンドリアゲノムに支配されている可能性もあり、今後の研究が待たれる。

以上のように、*Alternaria* HST 群の宿主選択的初期反応は、作用部位が異なるなど同一視するわけにはいかない。しかし、毒素作用の情報伝達過程で、宿主組織に対して病原菌受容化という共通した条件づけをしている。繰り返すが、HST の真の役割は宿主細胞の完全致死ではなく、反応初期のわずかな細胞活性のかく乱にあると思われる。HST の示すみごとな宿主選択性のいっそうの理解には、宿主の HST 感受性遺伝子産物の検索も含めた、分子レベルでの解析が今後不可欠である。

IV 発病過程における HST の役割

トマトのアルタナリア茎枯病菌は、ファースト系トマトの地際部や枝分かれ部の茎から侵入して茎枯れを起こす。病患部から上部の茎葉は著しい毒素による特異的症状を示し、全身が黒変する。病徴から「AL-毒素が全身にまわった」と一目でわかる。これに反して、ナン黒斑病やリンゴ斑点落葉病では、AK-毒素や AM-毒素の特徴である葉脈に沿った黒色え死斑は通常認められず、病徴から HST の関与を想像することはできない。

病原胞子の発芽時に著量の HST を放出し (NISHIMURA and SCHEFFER, 1965), それによって発芽胞子直下の宿主細胞はわずかの生理障害を受け、病原菌の侵入を許す (YODER and SCHEFFER, 1969)。1960 年代後半におけるこのような基本概念の確立によって、今日では第 5 図に略図した HST の共通点が必須条件として浮か



第 5 図 分生胞子の発芽時に生成・放出される HST の重要性を示した模式図

び上がっている。すなわち、*A. alternata* の病原胞子は発芽時に HST を生成し、外部に放出する。病原性失活胞子は HST を生成しない。しかし、病原性失活胞子でも外部から HST を添加してやると、あたかも病原性胞子のような侵入行動をとって宿主内に侵入することができる。一方、病原性胞子でも、胞子発芽や付着器形成にはほとんど影響しないが、HST 生成を阻害する化合物を添加すると、宿主侵入は阻害される。かくして宿主体への侵入に先立つ HST の放出は、むだな消費ではなく、むしろ telepathogenic な宿主受容体へのシグナルで、それによって感染のための条件づけが完成する。このように考えてくると、HST は必ずしも細胞毒として肉眼的え死を誘起することを必要としない。

今日では、高速液体クロマトグラフィーなどの機器分析の進歩によって、1 個の病原 *Alternaria* 胞子の発芽時における HST 放出を pg 単位で測定できるようになった。さらに、ナン黒斑病菌とイチゴ黒斑病菌の場合を示した。われわれは、病原菌の培養液の中にたとえ HST 様代謝物が検出されても、また複数個の HST 化合物が単離されても、病原胞子の発芽時に放出される HST の質と量を確認しなければ実際的とは認めない。それではなぜ HST は胞子発芽時に生成されるのか (*A. alternata* 菌株は病原性の有無に関係なく、非宿主選択的毒素テヌアゾン酸を培地中に生成する。しかし、胞子発芽時には生成しない)。また、どのような機構で外部に放出するのか。ここでも残された課題は大きい。

Alternaria HST の病理学的役割として、タバコ赤星病菌の AT-毒素のように、感染の比較的初期段階すなわち宿主識別段階で役割を演じているものから、トマトアルタナリア茎枯病菌の AL-毒素のように、宿主識別段階のみならず病徴発現の主役も演じている例など、発

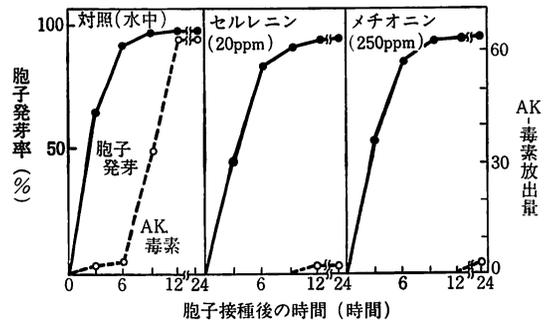
病過程における HST の役割は多様である。

A. alternata は、自然界では腐生生活を基本として生活環を全うしている。ある変異頻度で HST 生成株が出現していると予想されるが、それに適合する感受性植物との出会いがない限り、HST は寄生性に関与することなく、やがて失活する運命にある。一方、感受性植物の集団栽培地域では、HST は菌の寄生生活成立にみごとに活用され、その結果、激発型病害の原因となるようになる。このように、HST によって仲介された病原菌の化学生態学的考察は、いまだ HST 生成が確認されていない病原菌による病害にも適応しようように思われる。ナン黒斑病菌やイチゴ黒斑病菌を研究材料として、それらの病原効率に占める AK-, AF-各毒素作用を考慮に入れたほ場における病原菌生態の調査が進められている。

V HST の生成機構とその制御

病原菌による HST 生成は、どのような酵素的あるいは遺伝的支配を受けているのであろうか。HST が宿主主体への感染成立に不可欠な物質として位置づけられ、さらに、それらの化学構造が逐次明らかにされたので、われわれの次の興味は当然この問題に向かっている。残念ながら、この設問に答えられる研究成果はほとんどない。*A. alternata* では、有性世代が未発見で、HST 生成(病原性)に関する交配による遺伝解析は不可能の状態にある。一方、病原菌による HST 生成能は失活しやすく、その遺伝的な不安定性が推察される。HST 生成能の失活によって、随伴して起こるであろう形態的な変化はまったく観察されない。そこで、ナン黒斑病菌強病原性菌株(AK-毒素生成菌株)とそれから得た病原性失活菌株(毒素失活変異菌株)の比較に基づく、分子遺伝学的解析が進められている。現在までのところ、HST 生成能が毒素生成菌株、または生成能失活菌株のどちらかのみ存在するプラスミドやトランスポゾンによって支配されている可能性は低いと結論されている。また、毒素生成菌側のみ特定の mRNA が多量に存在すること、すなわち、毒素生成菌株でのみ発現されている遺伝情報の存在を示す結果が得られている。この遺伝情報のクローニングが試みられ、毒素生成に関与する可能性のある cDNA が見いだされた。しかし、その遺伝子の正しい位置づけには、AK-毒素生合成代謝に関する情報の蓄積を待たなければならないようである。分子遺伝学的手法を用いた遺伝子レベルでの解析と、HST 生合成上の鍵酵素の検索との両輪によって、HST 生成機構の解明が続行されている。

A. alternata 群菌が分生胞子発芽時に HST を生成、



第6図 ナン黒斑病菌の分生胞子発芽時におけるAK-毒素の生成・放出とその制御
胞子発芽液中に放出された毒素量はバイオアッセイにより最大希釈倍率で表示した。

放出するという性質は、感染生理学的興味からだけでなく、植物保護の立場からも注目すべき点である。なぜなら、発芽胞子による HST 生成の人為的制御は、病原性の直接制御につながる可能性が推察されるからである。そこで、分生胞子発芽など宿主主体侵入に関与する形態形成には影響せず、発芽時の HST 生成のみを阻害する方法の検索が行われた。

ナン黒斑病菌分生胞子への短時間湿熱処理(例えば、50°C 10 秒間)が、胞子発芽、附着器形成などはほとんど阻害せず、発芽時の AK-毒素生成を顕著に抑制することが見いだされた。さらに、多くの化学物質から、無機リン酸塩、塩化アンモニウム、酵母エキス、抗生物質セルレニンあるいは含硫アミノ酸(システイン、メチオニン)が目的とする効果を具備していることも判明した(第6図)。分生胞子懸濁液に、これらの化合物を添加したり、湿熱処理して二十世紀ナン葉に噴霧接種すると、形成病斑数は著しく減少し、毒素生成の阻害が直接発病の軽減につながる事が示された。メチオニンとセルレニンは特に効果的で、ナン黒斑病菌のみならず、リンゴ斑点落葉病菌の AM-毒素、イチゴ黒斑病菌の AF-毒素などの生成にも同様な効果を発揮する。毒素生成の阻害機構についてはほとんど不明であるが、脂肪酸合成の縮合酵素阻害剤であるセルレニンについては、AK-, AM-および AF-各毒素がその化学構造中に脂肪酸由来の部分構造を持つことから、その生合成を阻害したと考えられる。また、興味ある現象として、*A. alternata* 群菌の若い培養菌体抽出物が HST 生成の阻害活性を発揮することが見いだされている。この効果は、供試したすべての *A. alternata* 菌に共通したものであり、その他の糸状菌菌体では *A. alternata* の場合ほど顕著な効果が見いださ

れない。HST 生成とこの生成阻害因子の存在とがどのように関連しているかは、今後の問題として残されている。

孢子発芽時の HST 生成の人為的阻害は、HST の病原性発現における重要性をさらに明確にしたばかりでなく、今後の非殺菌性病害防除剤開発の新しい一つの可能性を示唆しているのではないだろうか。

VI HST 研究成果の利用

HST の示す高い宿主選択活性は、逆に多くの実用面のあることを暗示する。各 HST は宿主植物の特定部位、例えば原形質膜、ミトコンドリア、葉緑体などを標的として選択毒性を発揮することを先に述べた。このような特性は細胞内小器官の機能を探る格好の選択的阻害剤になりうる。生化学的試薬としての利用面のほかに、農業技術のうえでもいろいろの利用方法のあることに気づく(第2表)。

作物の病害感受性検定への HST 利用については、いずれもその検定が迅速、定量的かつ集団検診できる利点を持っている。病原菌の宿主範囲や病害感受度の作物品種間差異などの調査が純化 HST を用いてすでに実施されている。例えば、AK-, AF-, AL-各毒素に対する日本ナン、イチゴ、トマトそれぞれの品種間反応性の差異は all-or-none 型で、中間型の反応を示すものは存在しない(ただ純系ファースト・トマトの F₁ 雑種トマト品種は AL-毒素に中間型反応を示す)。一方、AM-毒素に対するリンゴ品種の反応性は反応の異なる種々の品種群に分かれる。このような HST に対する作物品種の反応性はそっくり病害に対する作物品種間差異を示すのももちろんである。また、作物の生育段階、ことにエイジングに伴う病害感受度の変動などは、病害の耕種的防除や発生子察上重要であるが、HST を用いた検定によ

第2表 農業技術への HST の利用

I. 農業試薬として利用
1) 作物の病害感受度の検定
(イ) 病原菌の宿主範囲
(ロ) 病害感受度の作物品種間差異
(ハ) 病害の耕種的予防あるいは、発生子察のための作物体の健康診断
2) 耐病性作物個体育種への利用
(イ) 作物の病害感受性の遺伝分析
(ロ) 耐病性作物の育種過程における検定
(ハ) HST 耐性作物個体の選抜、育成
3) 病原菌の農業生態系における生活環調査
II. 農業開発への利用

て、定量的にそのことを知ることができる。

HST 耐性の作物個体作出による病害抵抗性品種の育成については、すでに多くのアイデアが生まれ、ある場合は実用化されつつある。特定病害にきわめて弱い、しかし市場性から見て優れた諸形質を具備する作物品種の場合、われわれは病害感受性だけを取り除きたい欲望にかられる。一例を挙げる。温室トマトとして人気の高い純系ファースト・トマトはアルタナリア茎枯病感受性遺伝子を優性ホモ型に持っており、ひとたび本病にかかると激発型となる。最近、AL-毒素を用いて、多量の純系ファースト種子から同遺伝子型がヘテロ型(感受性が不完全優性であるので、中間型の毒素反応性を示す)に移行した一遺伝子突然変異体の選抜に成功した。次いで、この自殖一代から同遺伝子を劣性ホモ型に持つトマト個体を採取し、それがファースト系の諸特性を保持していることを確認した。ここに得たトマト個体は、茎枯病感受性遺伝子が完全に欠落して、AL-毒素のみならず茎枯病に対しても完全抵抗性になっていた。

農業用薬剤の開発構想への HST 活用については、いまだ成功例はない。本文でも述べてきたように、病原 *Alternaria* の寄生的生活環のうち、HST が介在する個所がある。そこでの発芽孢子による放出 HST の生成阻害剤や不活性化剤、植物側の HST 受容部位の保護剤などの開発構想は絵にかいた餅であろうか。HST 研究成果にとどまらず、最近の感染生理学の基礎研究が、今後、応用面にもいろいろと活用されることを期待している。

おわりに

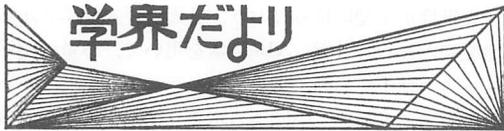
ここに話題にした *A. alternata* 病害は、man-made crop 上に異常発生した man-made disease であったものが多く、植物病害全般から眺めると、それらは例外的存在かもしれない。しかし、これらの病害は、植物病原糸状菌誕生の原型を、生物進化という時間的経過を短縮して示してくれているように思えてならない。そこでは宿主識別因子的な HST を生成する病原菌材料を比較的容易に探し出すことができた。宿主植物側も、シグナル HST を受容する機構の存在することを予想させてくれた。今後は、このような単純な実験系から逐次複雑な病原菌-宿主植物系へと、宿主識別のなぞ解きが進むものと期待される。

植物病原菌の生成する植物毒素研究の歴史はすでに一世紀近くを経過した。病徴発現にかかわる病原菌の代謝毒素を知ることから出発したこの研究領域も、その間、病理学的評価を巡って試行錯誤を繰り返してきた。その

間、エチレン、ジベレリンなどの植物ホルモン、あるいは、新規の構造を持った多くの天然生理活性物質などの発見があった。しかし、植物病理学の立場からすれば、HSTの登場によって、研究に対してようやく目的意識が固まったことになる。植物病原糸状菌なるがゆえに、その培養濾液から植物毒素を無差別的に探索し、それに

病理学的意義を見つけようとする時代は終わった。今後は、病原菌・宿主植物相互関係の特異性の正しい理解と洞察の上に、感染の場に介在するであろう超微量の生理活性物質の探索が急ピッチで進むものと思う。

なお、紙面のつごうで、引用文献はすべて割愛させていただきます。



○「有用微生物の根圏定着技術に関する研究会」開催のお知らせ

農水省農業環境技術研究所では、表記の研究会を次のように開催する。

日時：昭和61年9月19日(金) 10:00~17:00
場所：農業環境技術研究所 大会議室(2階)

話題提供：

- (1) 土壤微生物の活動の場としての「根圏」
(東北大・農学研究所) 服部 勉氏
- (2) 根圏における土壤微生物の定着条件
(農研センター) 松口龍彦氏
- (3) 土壤病害防除への拮抗微生物の利用
(農環研) 鈴木孝仁氏
- (4) 有害線虫の天敵微生物研究の現状
(農研センター) 大島康臣氏
- (5) 細胞融合・形質転換等による天敵微生物の改良
(東京農工大・農学部) 青木襄児氏
- (6) 有用微生物の固定化技術
(食総研) 中島光敏氏

[コメンテーター：渡辺敦夫氏(食総研)]

連絡先：農業環境技術研究所 石家達爾氏
(電話 02975-6-8161)

○「農業環境微生物分類研究会」開催のお知らせ

農業環境技術研究所では表記の研究会を次のように開催する。

日時：昭和61年10月31日(金) 9:30~17:00
場所：農業環境技術研究所 大会議室(2階)

課題(仮題)：

- 1) 菌類の分類研究の現状と問題点
(筑波大) 椿 啓介氏
- 2) 植物病原糸状菌の簡易検索法
(農環研) 浜屋悦次氏
- 3) 植物ウイルス分類研究の現状と問題点
(農研センター) 析原比呂志氏
- 4) 土壤細菌の分類・同定法 (農環研) 加藤邦彦氏
- 5) 植物寄生性線虫の分類研究の現状と問題点
(農環研) 皆川 望氏
- 6) 農林水産微生物ジーンバンクについて
(生物研) 松本和夫氏

申し込み先：農業環境技術研究所 大畑貫一氏
電話 02975-6-8295



○人事異動

(6月30日付) 退職 関塚昭明(調査役・資料館)

次号予告

次9月号は下記原稿を掲載する予定です。

ポルドー液百年の足跡(1)一主として国外での足跡
を中心に一 向 秀夫
ムギ類種子消毒法の見直しとその効果 那須 英夫
獣類による食害の特質と防除研究の方向 平川 浩文
葉いもちの全般発生開始期の確認調査法 小林 次郎
ミカンハダニの系統間の生殖隔離 高藤 晃雄
環境保全のための野菜病害の総合防除 小林 研三

喜界島におけるウリミバエの根絶の経過と駆除確認調査 桐野 嵩・向江義久
植物防疫基礎講座

昆虫の生存曲線を推定する Bailey の方法について(1) 川本 均・三輪哲久・宮井俊一

作物保護におけるマイコン利用(7) 知識工学に基づく病害診断 古在 豊樹

定期購読者以外のお申込みは至急前金で本会へ

定価 1部 500円 送料 50円

トビロウソウの薬剤防除における問題点

広島県立農業試験場 ほそ だ あき お
細 田 昭 男

1985 年は西日本でトビロウソウが異常多発生して、各地で大きな被害をもたらした。広島県は8月6日に警報を発表して防除を指導したので、県全体では494 kg/10a, 作況指数 104 の豊作の年となった。しかし、県北部では9月上旬より、県南部では9月下旬より、坪枯れが多数発生し始め、ある地域ではほとんどの水田に坪枯れが発生し、全面枯死に近い水田も散見された。そうした地域で、薬剤散布実施後も残存虫が目立ち、薬剤が効かないといった声を取りざたされた。

トビロウソウの薬剤に対する感受性については、BHC の効力低下 (永田ら, 1969; 木村ら, 1973) に始まり、有機リン剤に対する感受性低下 (NAGATA et al., 1979; 尾崎ら, 1982; 細田, 1983), 最近ではカーバメート剤に対する感受性低下 (尾崎ら, 1982; 細田, 1983; KILIN et al., 1981) の報告がなされ、その動向が危惧されている。海外でもフィリピンや台湾などで、有機リン剤やカーバメート剤に対する感受性低下の報告が、同じようになされている (IRRI, 1970; LIN et al., 1979)。

一方、トビロウソウは近年西日本各地で毎年のように発生し、秋口に坪枯れの被害をもたらしている。特に、トビロウソウの薬剤感受性低下が進むにつれて、効力不足が顕在化し、パイプダスター散布による稲株元への薬剤到達不足や散布むらなどの問題が指摘されるようになってきた (平松ら, 1985; 香口ら, 1986)。カーバメート剤に対する感受性の今後の動向は大きな関心事であり、もしもそのレベルが急速に低下するならば、深刻な事態に直面することになるであろう。小文では、そうした薬剤感受性低下の現況と防除の問題点などを紹介して、参考に供したい。

I 薬剤感受性の年次変動

トビロウソウは梅雨期に海外より飛来し、西日本では稲作の主要害虫となっているが、その飛来源の詳細はいまだに不明である。そのうえ、国内越冬がほとんどないと考えられていることから、本種の薬剤に対する感受性低下は生じ難いものと一般的には考えられてきた。

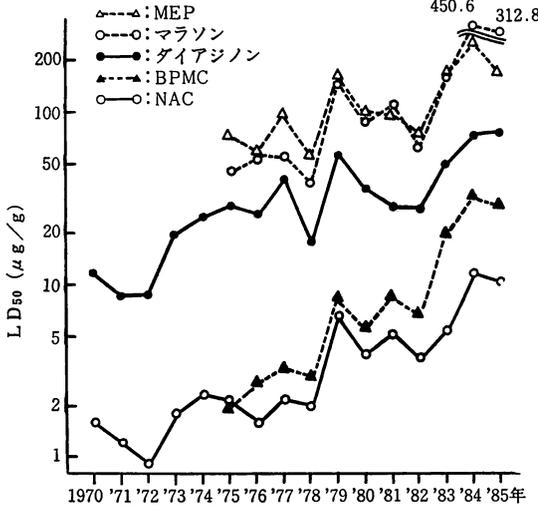
筆者は 1970 年より毎年8月下旬～10月上旬に、ト

ビロウソウを竹原市で採集し、薬剤に対する感受性の変化を調査している。その結果を第1図に示した。1970年代初めに採集した個体群に対するダイアジノンの LD₅₀ 値は、8.3～11.5 μg/g で、1967年採集の福岡個体群の 7.34 μg/g (福田ら, 1969) とそれほど大きな差は認められなかった。しかし、竹原個体群のダイアジノンに対する感受性低下は、1973年以降顕著となり、その後も徐々に低下し、1985年には1970年代初めの LD₅₀ 値の7倍となった。MEP やマラソンなどの他の有機リン剤についても、同様の傾向が認められた。また、香川個体群や九州地域の個体群の有機リン剤に対する感受性についても、同様の現象が報告されている (NAGATA et al., 1979; 尾崎ら, 1982)。

一方、竹原個体群のカーバメート剤 NAC に対する感受性は、1970年から1978年まで大きな変化は認められていなかった。しかし、1979年には1970年代初めの値に比べ4～5倍高くなり、NAC に対する感受性低下が一段と顕著になった。BPMC や PHC などの他のカーバメート剤についても、同様に感受性が低下した。同じ時期に、香川個体群や九州地域の個体群についても、カーバメート剤に対する感受性低下が顕著となっている (NAGATA et al., 1979; 尾崎ら, 1982)。その後、竹原個体群のカーバメート剤に対する感受性レベルは、1982年までほぼ横ばい状態に推移している。ところが、1983年にはその感受性レベルがさらに低下した。そして、1984年の各種殺虫剤に対する感受性は、1970年以降では最低となり、感受性個体群の LD₅₀ 値に比べて、約16～47倍の高い値となった (広島農試, 1984)。しかし、1985年採集個体群の薬剤感受性は、1984年のそれと同程度の低いレベルで、再び横ばい状態となっている。

筆者は異なった年次に採集した竹原個体群を用いて、BPMC などで室内淘汰を実施している。淘汰システムに対するカーバメート剤の LD₅₀ 値は、野外個体群の LD₅₀ 値と同程度かやや高いレベルで、カーバメート剤に対する感受性の急速な低下は確認していない (未発表)。今後、野外においてトビロウソウの各種殺虫剤に対する感受性がどのように推移するのか、その動向は大きな関心の的である。薬剤防除において実用上の問題が生じ始めた現在、防除を実施するうえで、その年に飛来したトビロウソウの薬剤感受性を把握することは、きわめて

Technical Problems of Chemical Control in the Brown Planthopper. By Akio Hosoda



第1図 トビイロウンカ竹原個体群の殺虫剤に対する感受性 (広島農試, 1985) 細田 (1983年) にその後のデータを追加。

重要である。

II 薬剤感受性の地域差

1979年に広島県内で採集した7個体群(2個体群は無防除田から採集)に対する11薬剤のLD₅₀値差は最大でも1.6倍であった。また、1981年に3地域から採集した5個体群に対する13薬剤のLD₅₀値差は最大でも2.0倍で、感受性の地域差は認められていない(細田, 1983)。筆者のその後の調査でも、1982年(広島農試,

1982)と1984年(広島農試, 1984)には広島県内のトビイロウンカの薬剤に対する感受性の地域差は、ほとんど認められていない。1979年の九州地域の8薬剤に対する感受性調査でも、初期飛来虫で地域間差は2.6倍以内で、大きな差は認められていない(KILIN et al., 1981)。また、永田(1979)は九州地域の調査結果などから、トビイロウンカでは県単位程度の規模で異なった集団が舞い降りることはまず考えられないので、九州地域のなかでは薬剤感受性の地域差はないものと考察している。しかし、1983年の調査(広島農試, 1983)で、山陰地方を中心に広島県北部に飛来したと考えられる東城個体群と、その他の飛来波と考えられる県南部の竹原個体群に対する15薬剤のLD₅₀値の間に、2~4倍の差が認められた。このことは、飛来波によって殺虫剤に対する感受性の異なる可能性を示唆している。さらに1985年の調査で、PHCとマラソンに対する感受性の差が4~5倍認められた(第1表)。すなわち、各薬剤に対するLD₅₀値は竹原、東城と西城個体群が高く、八本松、芸北および庄原個体群が低い傾向が認められ、これまでの調査結果よりも、薬剤に対する感受性レベルの個体群間のバラツキが大きくなっている。この年のトビイロウンカの飛来は、県全域で7月第一半旬、第三半旬および第四半旬の3波が認められている。このバラツキが飛来後の水田における防除の影響なのか、感受性の異なる飛来波によるのかは不明である。トビイロウンカの飛来源が解明されていないので、年によっては飛来波による薬剤感受性が異なっている可能性も否定できない。さらに、調査を継続する必要がある。

第1表 トビイロウンカ各個体群の各種殺虫剤に対する感受性 (広島農試, 1985)

殺 虫 剤	LD ₅₀ (μg/g)								感受性 ^{a)} 系統	RR ^{b)}
	竹 原	八本松 (A)	八本松 (B)	芸 北	庄 原	東 城	西 城	県内の 平均値		
NAC	10.2	6.4	7.4	9.4	6.6	12.1	10.5	8.9	0.8	11.1
BPMC	28.8	14.7	17.4	21.1	16.9	31.2	31.2	23.0	1.2	19.2
MTMC	13.6	9.4	11.7	13.5	13.5	16.4	16.7	13.5	2.1*	6.4
MIPC	20.1	8.0	—	14.7	10.9	21.8	22.0	16.3	0.9	18.1
PHC	13.0	3.4	4.8	6.9	5.0	9.4	10.7	7.6	0.3	25.3
MEP	169.6	114.9	78.5	76.3	116.4	213.8	242.6	144.6	15.8	9.2
マラソン	312.8	173.0	145.2	108.0	133.9	421.3	618.2	273.2	11.7	23.4
MPP	—	—	—	76.7	—	—	77.2	77.0	7.8*	9.9
PAP	141.8	64.0	—	70.7	74.7	168.6	149.1	111.5	12.1	9.2
ダイアジノン	76.2	45.5	57.3	53.7	45.5	90.3	75.9	63.5	10.7	5.9
プロバホス	16.2	10.4	—	11.6	13.9	15.9	19.4	14.6	3.3	4.4
プロバホス・NAC	15.8	9.5	—	10.7	11.5	12.9	14.4	12.5	1.9	6.6
MPP・BPMC	45.4	15.9	—	40.2	27.4	45.0	41.4	35.9	2.6*	13.8
ピリダフェンチオン・MTMC	24.1	12.0	—	20.2	18.5	19.1	25.5	19.9	—	—
PAP・PHC	26.4	6.1	—	12.6	10.2	19.0	23.8	16.4	0.5	32.8

a): 細田, 1983より引用。ただし, *は同系統を120~123世代飼育した後のLD₅₀値。

b): 抵抗性比=広島県内6~7個体群のLD₅₀値/感受性系統のLD₅₀値。

第2表 薬剤感受性の異なる2系統のトビイロウンカに対する粉剤の防除効果^{a)} (細田, 1983)

試験区	散布薬剤	散布前の虫数 ^{b)}	補正密度指数		LD ₅₀ ^{c)} (μg/g)
			散布1日後	散布7日後	
I BPMC 淘汰系統放飼区	MEP	527.1	72.0	90.8	207.5
	BPMC	378.3	0.0	0.3	7.0
	MEP・BPMC	350.3	0.0	0.2	6.2
	無散布	443.0	100.0	100.0	—
II 無淘汰系統放飼区	MEP	773.1	27.6	24.8	24.9
	BPMC	566.1	0.0	0.0	1.1
	MEP・BPMC	871.7	0.0	0.0	2.6
	無散布	812.0	100.0	100.0	—

a) 1980年実施. b) 3区の平均虫数. c) 各放飼個体群の放飼前の薬剤感受性.

第3表 トビイロウンカに対する各種薬剤の防除効果 (広島農試, 1985)

殺虫剤	成分量 (%)	散布前			散布1日後				散布4日後			
		幼虫	成虫	計	幼虫	成虫	計	CRI	幼虫	成虫	計	CRI
BPMC 粉剤DL	2.0	515.3	104.7	620.0	6.3	9.3	15.6	3.1	16.0	19.3	35.3	10.2
MTMC 粉剤	2.0	537.7	71.7	609.4	9.7	7.0	16.7	3.4	12.3	17.7	30.0	8.8
PHC 粉剤	1.0	433.3	59.0	492.3	42.3	24.0	66.3	16.7	19.3	22.3	41.7	15.1
ブプロフェジン・BPMC 粉剤 DL 1.0	2.0	620.3	51.7	672.0	6.7	7.7	14.4	2.7	1.3	2.7	4.0	1.1
MPP・BPMC 粉剤 DL 2.0	2.0	533.7	57.7	591.4	11.3	8.0	19.3	4.0	10.0	12.3	22.3	6.7
プロバホス・BPMC 粉剤 DL 1.0	1.5	516.7	52.7	569.4	28.3	19.0	47.3	10.3	14.0	19.0	33.0	10.4
ピリダフェンチオン・MTMC 粉剤 DL 2.0	1.5	510.7	92.0	602.7	13.3	15.3	28.6	5.9	3.3	13.3	16.6	4.9
無散布	—	511.3	72.7	584.0	331.0	140.7	471.7	100.0	179.3	147.7	327.0	100.0

CRI: 補正密度指数.

III ほ場における防除効果

トビイロウンカの BPMC 淘汰系統と感受性系統の薬剤感受性と、それら2系統をほ場に放飼・増殖させ、薬剤のほ場における防除効果を検討した試験結果 (細田, 1983) を第2表に示した。MEP に対する感受性 (LD₅₀ 値: 207.5 μg/g) が著しく低下した。BPMC 淘汰系統に対する MEP 粉剤の防除効果は 30% 以下であった。一方、BPMC 淘汰系統に対する BPMC 粉剤の防除効果は優れており、BPMC の LD₅₀ 値が 10 μg/g 以下の個体群に対しては、まだ優れた防除効果を示すことが認められた。1982 年に実施したほ場試験の結果 (広島農試, 1982) でも、類似の結果が得られている。すなわち、1982 年に飛来した有機リン剤に感受性が低下し、BPMC の LD₅₀ 値が 6 μg/g 前後の個体群に対する防除効果は、マラソン粉剤で 20% 程度、BPMC 粉剤、MTMC 粉剤、PHC 粉剤および混合剤のピリダフェンチオン・MTMC 粉剤でほぼ 100% であった。ところが、1985 年に実施した防除試験の結果は、明らかにカーバメート剤などの防除効果の減退を示している (第3

表)。特に、これまでトビイロウンカの防除剤として、卓効を示していたカーバメート剤の防除効果が 90% に減退したことは、防除上深刻な問題である。しかも、パイダスター散布が広く普及しており、薬剤の散布むらなどが指摘されているように (香口ら, 1986)、一般の農家水田における防除効果はさらに低下している可能性が高い。そのうえ、残存虫のほとんどが短翅雌あるいは老齢幼虫であった。したがってこの 10% の残存虫は、増殖率が高く、飛来後水田で3世代を経過するので、セジロウンカやツマグロヨコバイなどと異なって、次世代の発生源として重要な意味を持つと考えられる。防除後、トビイロウンカが多数生存している水田で、東南アジアで問題となっているリサージェンス (寒川, 1981) が生じているかどうかを検討しておくことも必要でないだろうか。

第3表に示した混合剤の中では、ブプロフェジン・BPMC 粉剤のみが卓効を示している。しかし、トビイロウンカに対してマラソンまたは PAP と IBP の混用は協力作用が認められており (吉岡ら, 1978; HAMA et al., 1983)、既存の有機リン剤とカーバメート剤の中にも、

第4表 坪枯れの発生時期と減収との関係 (広島農試, 1985)

坪枯れ発生時期	出穂後日数	登熟歩合		1,000もみ当たり収量		1,000粒重		精玄米歩合	
		%	指数	g	指数	g	指数	%	指数
9月27日	38	46.2	54	9.6	48	20.8	90	57.9	60
10月2日	43	61.5	72	13.5	68	21.9	95	76.7	80
7日	48	64.3	75	14.0	71	21.8	94	83.6	87
12日	53	67.9	79	15.3	77	22.6	98	88.6	92
正常株	53	85.7	100	19.8	100	23.1	100	95.9	100

品種：中生新千本，出穂：8月20日，被害発生状況：9月25日坪枯れの兆しが現れる．9月27日坪枯れ発生始．収穫：坪枯れ株は発生日に刈り取り，正常株は10月12日に刈り取った．

組み合わせによっては有効な混合剤があるかもしれない。東南アジアではトビロウカに対する抵抗性品種が栽培されているが、日本においてはまだ研究段階にあるので、当面薬剤防除に頼らざるをえない。新しい薬剤が開発・市販されるまで、プロフェジン剤を中心に、既存の薬剤をできるかぎり有効に利用していく必要がある。台湾ではすでに合成ピレスロイドに対して、感受性低下が認められているので (DAI et al., 1984)、今後開発されてくるピレスロイド剤なども、楽観視できない現状である。負相関交差抵抗性を有する薬剤、あるいは作用機構の異なった薬剤の開発が早急に望まれる。

おわりに

トビロウカのカーバメート剤に対する感受性が低下し、ついにそのレベルが防除に支障を来すまでになってきた。薬剤抵抗性が環境に対する適応現象である以上、薬剤防除に常につきまとう問題である。トビロウカのように移動性害虫の薬剤抵抗性は飛来源における薬剤使用の問題であり、日本で直接的には有効な抵抗性発達の抑制対策は取りえないであろう。したがって、薬剤感受性の今後の動向を予測するには、トビロウカの飛来源の解明が急務である。当面、飛来源とみなされている地域 (岸本, 1975)、とりわけ中国南部地帯におけるトビロウカの薬剤感受性の動向ならびに薬剤防除などの稲作栽培条件のデータを入手し、今後を予測せざるをえない。そのためにも、現在、日中協力で進められているセジロウカのマーキング虫放飼実験の成果と、中国におけるウンカ類の情報入手ならびに今後の共同研究の推進が期待される。

一方、薬剤感受性レベルが低下して、カーバメート剤の防除効果が90%程度に減退した現状では、これまでのような収穫期に近い時期の防除を考え直す必要がある。この時期には、世代が重なり合い、密度が上昇し、散布効率が悪いうえに、イネが繁茂して薬剤が株元に十分到達し難い。被害回避の点からも、早期防除が望まれ

る。出穂後38日ごろに発生した坪枯れ部分については、約50%の減収が生じた(第4表)。たとえ坪枯れ症状が発生しない場合でも、登熟低下による相当の減収が考えられる。しかし、農家の兼業化・高齢化および婦女子化が進み、休日中心の防除となり、これまでのように適期防除が行われ難くなっている。1985年の多発生に際しても、坪枯れが発生し始めてから防除を開始する例が多く見られている。したがって、早期の適期防除を農家に啓もうする必要がある。そのためにも、本田における個体群の成長を予測する数理モデルを開発し、世代ごとの要防除水準を設定することが必要である。もちろん、機械移植の普及に伴い、田植えの早期化や密植化など、これまでのトビロウカの生態的知見の見直しも不可欠である。

引用文献

- 1) 永田 徹ら (1969) : 九州病虫研報 15 : 113~115.
- 2) 木村義典ら (1973) : 中国農研 47 : 150~151.
- 3) NAGATA, T. et al. (1979) : Appl. Ent. Zool. 14 : 264~269.
- 4) 尾崎幸三郎ら (1982) : 応動昆 26 : 249~255.
- 5) 細田昭男 (1983) : 同上 27 : 56~62.
- 6) KILIN, D. et al. (1981) : Appl. Ent. Zool. 16 : 1~6.
- 7) IRRI (1970) : Annual report for 1969. IRRI. Philippines : 242.
- 8) LIN, Y. H. et al. (1979) : J. Econ. Entomol. 72 : 901~903.
- 9) 平松禮治ら (1985) : 山口農試研報 37 : 85~91.
- 10) 香口哲行ら (1986) : 農業学会第11回大会講要 : 145.
- 11) 福田秀夫ら (1969) : 応動昆 13 : 142~149.
- 12) 永田 徹 (1979) : 植物防疫 33 : 224~228.
- 13) 広島農試 (1982) : 昭和58年近畿中国地域農業試験研究推進会議資料, 中国農試.
- 14) ——— (1983) : 昭和58年度近畿中国農業試験研究成績要集, 中国農試.
- 15) ——— (1984) : 昭和59年度同上.
- 16) 寒川一成 (1981) : 熱帯農研集報 40 : 19~27.
- 17) 吉岡幸治郎ら (1978) : 四国植防 13 : 1~4.
- 18) HAMA, H. et al. (1983) : Appl. Ent. Zool. 18 : 475~485.
- 19) DAI, S. M. et al. (1984) : J. Econ. Entomol. 77 : 891~897.
- 20) 岸本良一 (1975) : ウンカ海を渡る, 中央公論, 東京, pp. 233.

紹介  **新登録農薬**

『殺虫剤』

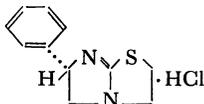
塩酸レバミゾール液剤 (61.2.7 登録)

本剤はベルギーのヤンセン社によって開発された殺線虫剤である。まつの樹幹注入によりマツノザイセンチュウに効果がある。なお、本剤の有効成分は動物の駆虫薬として使用されている。

商品名：センチュリー注入剤

成分・性状：製剤は有効成分 (一)-(s)-2, 3, 5, 6-テトラヒドロ-6-フェニルイミダゾ [2, 1-b] チアゾール塩酸塩 4.0% を含有する無色澄明水溶性液体である。原体は白色の結晶性粉末で、融点は 227~229°C, 溶解度 (g/l) は水 625, メタノール 333, エタノール 111 である。

(構造式)



適用病害虫の範囲及び使用方法：第1表参照

使用上の注意：

- ① 本剤はマツノマダラカミキリ成虫によって伝播されるマツノザイセンチュウの侵入，増殖防止を目的とするもので，マツノマダラカミキリ成虫には効果がないので注意すること。
- ② 本剤注入後，薬液が樹全体に移行するのに，若い木や樹勢の旺盛なものは1ヶ月，大木や樹勢の弱った木等は2~3ヶ月を要するので，本剤の注入時期はマツノマダラカミキリの発生する3ヶ月前までに行うこと。なお，効果は約2年間持続する。
- ③ 本剤は樹脂流出に異常を呈している松や枝葉が変色した松には治療効果が期待できないので注入時期を失しないように注意すること。
- ④ 注入は所定の注入器を使用すること。注入孔は大きな節や瘤の直下を避け，地際より高さ2m程度の間，ドリル等でやや斜め下方に向けて，直径6~9mm，深さ2~3cm程度とする。注入終了までの時間は注入量によって異なるが普通4~6時間程度である。
- ⑤ 注入器は樹幹等に紐などで固定し，薬液がもれな

いよう注入口を孔にしっかりと押し込むこと。

⑥ 一樹当りの注入孔数は，2ヶ所以上を基本とし注入口をあける場合は，樹幹の周囲に出来るだけ等間隔に分散させ穿孔すること。

⑦ 注入の終了した孔は，木片などを打ち込むこと。

⑧ 注入に使用した器具，容器は作業終了後すみやかに回収し，安全な方法で管理すること。

⑨ 本剤の使用に当っては，使用量，使用時期，使用方法を誤らないように注意し，とくに初めて使用する場合には病害虫防除所等関係機関の指導を受けることが望ましい。

毒性：

(急性毒性) 普通物。

① 誤飲などのないよう注意すること。万一，誤って飲み込んだ場合には吐き出させ安静にして直ちに医師の手当を受けさせること。本剤使用中に身体に異常を感じた場合には安静にして直ちに医師の手当を受けること。

② 本剤は眼に対して刺激性があるので，眼に入らないよう注意すること。万一，眼に入った場合には直ちに水洗し，医師の手当を受けること。

③ 注入の際は，手袋などをして注入液が身体に付着したりしないように注意し，作業後は，顔，手足などを石けんでよく洗うこと。

④ 注入中は縄囲いや立札をたてるなどして，作業者以外の者，特に子供などが作業現場に近づかないように配慮すること。

⑤ 公園，街路などで使用する場合は，手の届かない位置に注入する等，危険防止のための措置を講ずること。

(魚毒性) A類。

『殺菌剤』

次亜塩素酸カルシウム水溶剤 (61.3.31 登録)

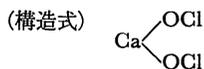
本剤はドイツのグリースハイム・エレクトロン社によって開発された殺菌，消毒剤である。バクテリアによる種子伝染性病害に対して卓効が認められる。その作用機構は，水に溶解することにより，強力な酸化作用をおこすことによるものである。

商品名：キャッチャー水溶剤

成分・性状：製剤は有効成分次亜塩素酸カルシウム65.0%を含有する白色水溶性細粒及び微粒である。純品は白~類白色粉末で溶解度は，水で有効塩素として50~150ppmである。

第1表 塩酸レバミゾール液剤 (センチュリー注入剤)

作物名	適用害虫名	使 用 量	使用時期	使用方法
ま っ (生立木)	マツノザイ センチュウ	胸高直径 5~10cm 100 ml 10~15cm 250 ml 15~20cm 500 ml 20~25cm 750 ml 25cm以上は，5cm増すごとに， 750mlを増量する。	マツノマダラ カミキリ 成虫発生 3ヶ月前まで	樹幹部に注入孔を あけ，注入器の先 端を押し込み樹幹 注入する。



適用作物, 適用病害名及び使用方法: 第2表参照

第2表 次亜塩素酸カルシウム水溶剤 (キャッチャー水溶剤)

作物名	適用病害名	希釈倍数 (倍)	使用時期	使用方法
稲	穀枯細菌病	200	浸種前	24時間種子浸漬
きゅうり	斑点細菌病	300 ~500	播種前	30分間種子浸漬
ゆうがお	つる割病			
花き	苗立枯病 (ピシウム菌, フザリウム菌, リゾクトニア菌)	500 ~1,000	植付前	30分間球根浸漬

使用上の注意:

① 本剤は強力な酸化剤のため、金属類はさびるので使用しないこと。又、希釈液が金属類にかかった場合は必ず水洗すること。

② 稲に使用する場合は、必ず乾もみ浸漬とすること。浸漬後は十分水洗した後、浸種を行うこと。

③ 稲以外の作物に使用する場合は、浸漬後、十分水洗し、播種すること。

毒性:

(急性毒性) 普通物。

① 誤飲誤食などのないよう注意すること。万一誤って飲み込んだ場合には生卵の白身、牛乳又は大量の水を飲ませて吐き出させ、安静にして直ちに医師の手当てを受けさせること。

② 本剤は眼に刺激性があるので眼に入らないように

注意すること。万一眼に入った場合には直ちに水洗し、医師の手当てを受けること。

③ 本剤は皮膚に対して刺激性があるので皮膚に付着しないよう注意すること。万一付着した場合には直ちに石けんでよく洗い落とすこと。

④ 使用に際しては手袋、長ズボン・長袖の作業衣などを着用すること。また、薬液に直接触れないよう注意し、作業後は手足、顔などを石けんでよく洗い、うがいをする。

(魚毒性) C類。魚介類に対し毒性が強いので使用した器具、容器の洗浄水、使用残りの薬剤及び空ビンなどは水に流さず、魚介類に影響を及ぼさないところに処理すること。

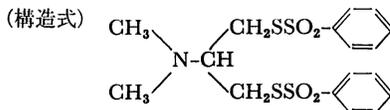
『殺虫剤』

ベンスルトップ水和剤 (61.4.14 登録)

本剤は武田薬品工業(株)によって開発されたネライストキシン関連化合物の一つであるベンスルトップを有効成分とした殺虫剤である。鱗翅目、鞘翅目、半翅目、アザミウマ目、双翅目の各種害虫に対し強い殺虫力を有する有効範囲の広い剤である。その作用機構は、シナプス後膜のプロッキングによる神経伝達遮断作用により、麻痺死させるものである。

商品名: ルーバン水和剤

成分・性状: 製剤は有効成分 S, S'-Z-ジメチルアミノトリメチレン=ジ (ベンゼンチオスルホナート) 50.0% を含有する 63 μm 以下の類白色水和性粉末である。純品は無色鱗片状結晶で融点 83~84°C, 比重 1.33, 溶解度 (g/l) は、水 7×10⁻⁴~8×10⁻⁴ (30°C), メタノール 25 (25°C), アセトン >1,000 (25°C) である。



適用作物, 適用害虫名及び使用方法: 第3表参照

第3表 ベンスルトップ水和剤 (ルーバン水和剤)

作物名	適用害虫名	希釈倍数	使用時期	本剤及びベンスルトップを含む農薬の総使用回数	使用方法
稲	ニカメイチュウ コブノメイガ	1,000~ 1,500倍	収穫14日前まで	4回以内	散布
キャベツ	アオムシ コナガ		収穫7日前まで	3回以内	
はくさい			アワノメイガ	収穫14日前まで	
だいこん	茶			チャノホンガ チャノキイロマ アザミウマ	

使用上の注意：

① 蛋に対して長期間毒性があるので、近くに桑園がある場合には絶対に桑葉にかからないようにすること。

② 本剤の使用に当っては使用量、使用時期、使用方法を誤らないように注意し、とくに初めて使用する場合には、病害虫防除所等関係機関の指導を受けることが望ましい。

毒性：

(急性毒性) 普通物。

① 誤飲誤食などのないよう注意すること。万一誤って飲み込んだ場合には吐き出させ、安静にして直ちに医師の手当を受けさせること。

② 本剤は目に対して刺激性があるので眼に入らないように注意すること。万一、入った場合には直ちに水洗し、医師の手当を受けること。

③ 散布の際はマスク、手袋、長ズボン・長袖の作業衣などを着用すること。また、散布液を吸い込んだり浴びたりしないように注意し、作業後は顔、手足などを石けんでよく洗うがいをすること。

(魚毒性) A類。通常の使用方法では問題ない。ただし、ドジョウにはやや影響があるので注意すること。

なお、本剤の他、ベンスルトップ粉剤(ルーバン粉剤DL)が同時に登録された。

ベンスルトップ粉剤の適用害虫名及び使用方法：第4表参照

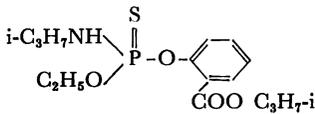
イソフェンホス粒剤 (61.4.14 登録)

本剤はバイエル社により開発されたアミド磷酸型の有機燐殺虫剤である。多くの有機燐剤と同様、作用機構はアセチルコリンエステラーゼを失活させ、アセチルコリンをシナプス部に蓄積させ、神経に異常興奮を起こさせ殺虫作用を示すものである。

商品名：アミドチッド粒剤

成分・性状：製剤は O-エチル=O-2-イソプロポキシカルボニルフェニル=イソプロピルホスホルアミドチオアート 5.0% を含有する 淡褐色細粒である。純品は無色液体で融点 <12°C、弱い特異臭がある。溶解度(g/l, 20°C) は水 0.02, トルエン, シクロヘキサノン, ジクロルメタン各>1,000 であり、熱、光、酸・アルカリ性に安定である。

(構造式)



適用作物、適用害虫名及び使用方法：第5表参照

使用上の注意：

① 本剤の使用に当っては、使用量、使用時期、使用方法を誤らないように注意し、とくに初めて使用する場合には、病害虫防除所等関係機関の指導を受けることが望ましい。

毒性：

(急性毒性) 医薬用外劇物。

① 取扱いは十分注意すること。万一誤って飲み込

第4表 ベンスルトップ粉剤(ルーバン粉剤DL)

作物名	適用害虫名	10アール当り使用量	使用時期	本剤及びベンスルトップを含む農薬の総使用回数	使用方法
稲	ニカメイチュウ コブノメイガ イネドロオイムシ	3~4 kg	収穫 14日前まで	4回以内	散布

第5表 イソフェンホス粒剤(アミドチッド粒剤)

作物名	適用害虫名	10アール当り使用量 (kg)	使用時期	本剤及びイソフェンホスを含む農薬の総使用回数	使用方法
さとうきび	ハリガネムシ類 (株出し栽培)	20	生育期、 但し 収穫 240 日前まで	1回	植溝又は 株元土壌 処理
		6	植付時		
らっかせい	コガネムシ類幼虫	4	播種前	1回	土壌混和
すぎ、ひのき、つじ、さあらし、しいのき苗木		6~9	—	—	土壌混和 又は株間 散布
芝			—	—	土壌全面 処理

んだ場合には吐き出させ、安静にして直ちに医師の手当を受けさせること。本剤使用中に身体に異常を感じた場合には安静にして医師の手当を受けること。

② 本剤による中毒の治療法としては、硫酸アトロピン製剤または PAM 製剤の投与が有効である。

③ 散布の際はマスク、手袋、長ズボン・長袖の作業衣などを着用すること。また粉末を吸い込んだり、浴びたりしないように注意し、作業後は顔、手足などを石けんでよく洗う、うがいをすること。

(魚毒性) B類。一時に広範囲に使用する場合は十分注意すること。

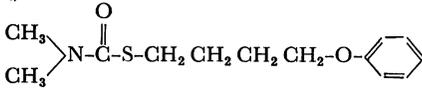
フェノチオカルブ乳剤 (61.4.14 登録)

本剤はクマイ化学工業(株)が殺ダニ剤として開発したチオカルバマート化合物である。チオカルバマート化合物は殺虫活性を示すものが少なく、最近、幼若ホルモン様活性を示す化合物が報告されているが、作用機構については明らかでない。

商品名：パノコン乳剤

成分・性状：製剤は有効成分 S-4-フェノキシブチルジメチルチオカルバマート 35.0% を含有する淡黄色澄明可乳化油状液体である。純品は白色結晶で、融点 40~41°C、沸点 155°C/0.02 mmHg、蒸気圧 1.25×10⁻⁶ mmHg (23°C)、溶解度 (g/l, 20°C) は水 30.0 ppm, n-ヘキサン 66, アセトン 2,530, メタノール 1,426 である。熱に安定である。

(構造式)



適用作物、適用害虫名及び使用方法：第 6 表参照

第 6 表 フェノチオカルブ乳剤 (パノコン乳剤)

作物名	適用害虫名	希釈倍数 (倍)	使用時期	本剤及びフェノチオカルブを含む農薬の総使用回数	使用方法
かんきつ	ミカンハダニ	700~1,500	収穫 3 日前まで	2 回以内	散布

使用上の注意：

- ① 石灰硫黄合剤の散布で薬害を生じやすい条件下では、本剤との混用によってさらに薬害を助長するおそれがあるので混用をさけること。
- ② 本剤の高温時、ハダニ密度上昇時での使用は効果がふれることがあるので、所定の希釈倍数の高濃度で使用すること。
- ③ ハダニ類は繁殖が早いので、散布はかけ残しのないようにしていねいに行うこと。
- ④ 本剤の連続散布は、ハダニ類の本剤に対する抵抗性を増加させるおそれがあるので、できるだけ年 1 回の散布とし、他の殺ダニ剤との輪番で使用すること。
- ⑤ ゆずには薬害を生ずるおそれがあるので使用をさけること。
- ⑥ 大豆、いんげん、メロン、はくさい、だいこんには薬害を生ずるおそれがあるので、付近にある場合にはかからないように注意して散布すること。
- ⑦ 本剤の使用にあたっては、使用量、使用時期、使用方法を誤らないように注意し、とくに初めて使用する場合には病虫害防除所等関係機関の指導を受けることが望ましい。

毒性：(急性毒性) 普通物。

- ① 誤飲などのないように注意すること。
- ② 原液は眼に対して極めて強い刺激性があるので眼に入らないように注意すること。万一、眼に入った場合には、直ちに水洗し、医師の手当を受けること。
- ③ 散布の際は防護マスク、不浸透性手袋、不浸透性防除衣などを着用すること。また、散布液を吸い込んだり、浴びたりしないように注意し、作業後は顔、手足などを石けんでよく洗い、うがいをすること。
(魚毒性) C類。
- ① 魚介類に対して毒性が強いのので、散布された薬剤が河川、湖沼、海域及び養殖池に飛散又は流入するおそれのある場所では使用せず、これら以外の場所でも、一時に広範囲に使用しないこと。
- ② 散布に使用した器具、容器の洗浄水、使用残りの薬剤及び空ビン、空袋などは、魚介類に影響を及ぼさないように処理すること。

【職 員 募 集】

勤務場所 事務局 (東京都駒込) 又は研究所・試験農場 (茨城県牛久市, 高知県野市町, 宮崎県佐土原町)

募集人員 短大卒以上 応用昆虫学専攻 (若干名)
短大卒以上 植物病理学専攻 (若干名)

給 与 国家公務員行政職 (一) 表に準ずる。通勤手当 (全額), 住宅手当等支給。

提出書類 1. 履歴書 (写真添付) 2. 卒業 (見込) 証明書 3. 成績証明書 4. 身体検査書 5. 担任教官の推せん書 6. 作文 (400字詰原稿用紙 2 枚, 課題: 本会を希望した理由)

締 切 昭和 61 年 9 月 10 日 (水)

提 出 先 社団法人日本植物防疫協会 総務部 (TEL 03-944-1561)

選 考 第 1 次 書類選考 (結果を本人に通知)
第 2 次 面接及び筆記試験 [試験日 10 月 3 日 (金)]

内 定 昭和 61 年 11 月上旬本人に通知

植 物 防 疫

昭和 61 年
8 月 号
(毎月 1 回 1 日発行)

— 禁 転 載 —

第 40 卷 昭和 61 年 7 月 25 日印刷
第 8 号 昭和 61 年 8 月 1 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

定価 500 円 送料 50 円 1 か年 6,100 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

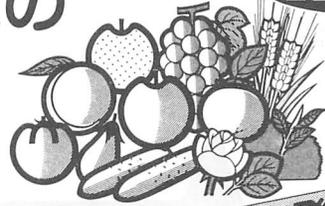
社 団 日 本 植 物 防 疫 協 会

電 話 東京 (03) 944-1561~6 番
振 替 東京 1-177867 番

果樹・そ菜・茶などの 病害防除に

増収を約束する

日曹の農薬



新発売!



—新タイプの総合殺菌剤—

トリブミン水和剤

- 特長
1. 予防効果と治療効果に優れ、病斑の拡大阻止力や胞子形成阻止力があります。
 2. 浸透性に優れるので、散布後に降雨があっても効果にほとんど影響はありません。
 3. 他剤耐性菌にも優れた効果があります。
 4. 低濃度で効果が持続し、作物に対して汚れの少ない薬剤です。
 5. 作物に対して薬害の心配が少なく、また、人畜・魚介類・ミツバチ・害虫に対しても毒性が低く、安全に使用できます。



日本曹達株式会社

本社 〒100 東京都千代田区大手町2-2-1
支店 〒541 大阪市東区北浜2-90
営業所 札幌・仙台・信越・東京・名古屋・福岡・四国・高岡

きれいな空気で快適作業。

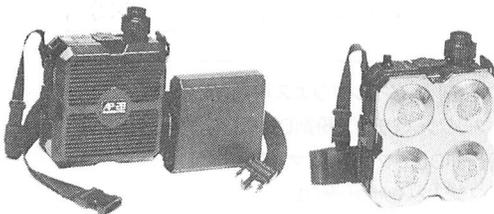
農薬散布作業時の粉じん・ミストをシャットアウト。



EBフード

電動ファン付粉じん用呼吸保護具

AP-28 シリーズ



AP-28A タイプ送気ユニット・バッテリー

AP-28C タイプ送気ユニット

電動ファン付粉じん用呼吸保護具AP-28シリーズは電動ファンと高性能フィルタによって空気中に浮遊している粉じん(ダスト、ヒューム、ミスト)を除去した清浄空気を着用者の顔面まで送ります。このため呼吸が楽で作業の能率が向上します。アラーム付のAタイプ、大風量のCタイプがございます。

詳細については「電動ファン付粉じん用呼吸保護具」カタログをご請求ください。



株式会社

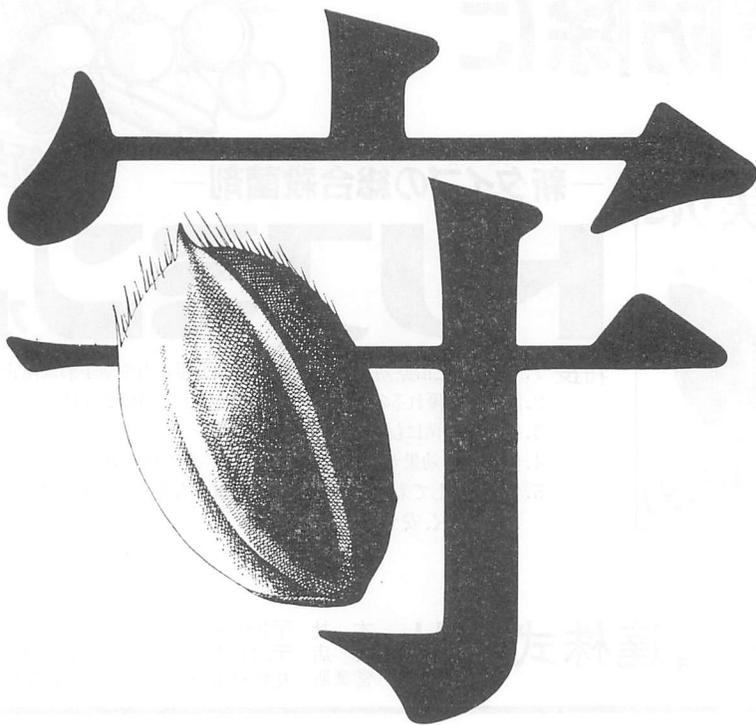
重松製作所

本社: 〒101-91 東京都千代田区外神田3-13-8

☎03(255)0261(代表) FAX03(255)1030

労働安全衛生保護具の製造・販売

出張所・駐在員: 札幌・室蘭・仙台・郡山・水戸
岩槻・千葉・川崎・横浜・新潟・富山・静岡
名古屋・四日市・大阪・堺・神戸・倉敷・広島
宇部・新居浜・北九州・福岡・大分・長崎



穂いもち、フジワン、まず予防。

- 散布適期巾が広く、散布にゆとりがもてます。
- すぐれた効果が長期間(約6週間)持続します。
- 粉剤2~3回分に相当する効果を発揮します。
- 稲や他作物に葉害を起こす心配がありません。
- 人畜、魚介類に安全性が高く安心して使えます。

フジワン[®]粒剤

※は日本農薬の登録商標です。

〈本田穂いもち防除〉

使用薬量：10アール当り4kg

使用時期：出穂10~30日前(20日前を中心に)

— あなたの稲を守る〈フジワン〉グループ —

フジワン粒剤・粉剤DL・乳剤・AV・水和剤 フジトップ粒剤 フジワンブラエス粉剤DL・乳剤
フジワンカヤフォス粒剤 フジワンダイアジノン粒剤 フジワンスミチオン粉剤DL・乳剤
フジワンエルサンバッサ粉剤DL フジワンスミバッサ粉剤50DL フジワンツマスマ粉剤40DL
フジワンND粉剤30DL フジワンツマサイド粉剤DL フジワンバッサ粉剤DL
フジワンアプロードバッサ粉剤DL フジワンアプロードスミバッサ粉剤50DL
フジワンモンカット粉剤DL フジワンモンカットスミ粉剤DL



日本農薬株式会社

〒103 東京都中央区日本橋1-2-5 栄大樓ビル

農業技術 B5判 定価 400円 (〒45円) (1年〒共 4,800円)

昭和21年創刊 農業技術についての月刊総合雑誌

農業技術研究の課題と展望

第I巻 農業技術研究の原点を求めて 第II巻 21世紀の農業技術をめざして 川嶋良一著 A5判 各約300頁 定価各1700円 各250円 (2冊で300円)

農水省農事試験場長, 技術会議事務局長, 農研センター所長等を歴任された著者が, これまで各誌に執筆された諸稿を体系的にまとめたもの。農業技術関係者の必読書

農林水産研究とコンピュータ

齋尾乾二郎他編著 A5判上製 定価3,800円 各300円

農林水産研究の各分野におけるコンピュータ利用の現状と展望, およびコンピュータ利用技法についての解説

新編農作物品種解説

川嶋良一監修 A5判上製 定価3,000円 各300円

全国の精鋭育種家92氏が, 普通作物・工芸作物の延べ529品種について, 来歴・普及状況・特性の概要・適地および栽培上の注意等を詳しく解説

最新作物生理実験法

北條良夫・石塚潤爾編 大学・試験研究機関
新進気鋭の研究者24氏執筆

A5判(上製) 416頁 定価3,500円 各300円

作物の形態と機能を体系的に関連づけ, 多くの研究領域で基本的な最新の生理実験技法を解説, 農学系, 生物系の学生・院生, 農業関係研究者の常備実験書

実験以前のこゝろ—農学研究序論

小野小三郎著 B6判 定価1,600円 各250円

創造的研究とは何か, 創造的研究の取り組み方と問題点等を述べた, 農学・生物学についての唯一の研究方法论

作物品種名雑考

農業技術協会編 B6判 定価1,800円 各250円

普通作物・工芸作物の品種名の由来, 命名の裏話等を, 育種専攻19氏が解説した品種改良の裏面史

果樹品種名雑考

農業技術協会編 B6判 定価1,800円 各250円

わが国の主要果樹の品種名の由来, 命名裏話, あわせて各樹種の起源, 渡来と定着の状況を果樹育種専攻14氏が解説

〒114 東京都北区西ヶ原
1-26-3

(財団法人) 農業技術協会

振替 東京 8-176531
Tel (03) 910-3787

連作障害を抑え健康な土壌をつくる!

花・タバコ・桑の土壌消毒剤

パスアミド

微粒剤

- ❖いやな刺激臭がなく, 民家の近くでも安心して使えます。
- ❖作物の初期生育が旺盛になります。
- 安全性が確認された使い易い殺虫剤

- ❖広範囲の土壌病害, センチュウに高い効果があります。
- ❖粒剤なので簡単に散布できます。
- 各種ハダニにシャープな効きめのダニ剤

マリックス

乳剤
水和剤

- ポルドーの幅広い効果に安全性がプラスされた有機銅殺菌剤

バイデン

乳剤

- 澄んだ水が太陽の光をまねく / 水田の中期除草剤

キノンドー

水和剤80
水和剤40

モゲブロン

粒剤



アグロ・カネショウ株式会社

東京都千代田区丸の内2-4-1

