

ISSN 0037-4091

植物防疫



1987

7

VOL 41

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)

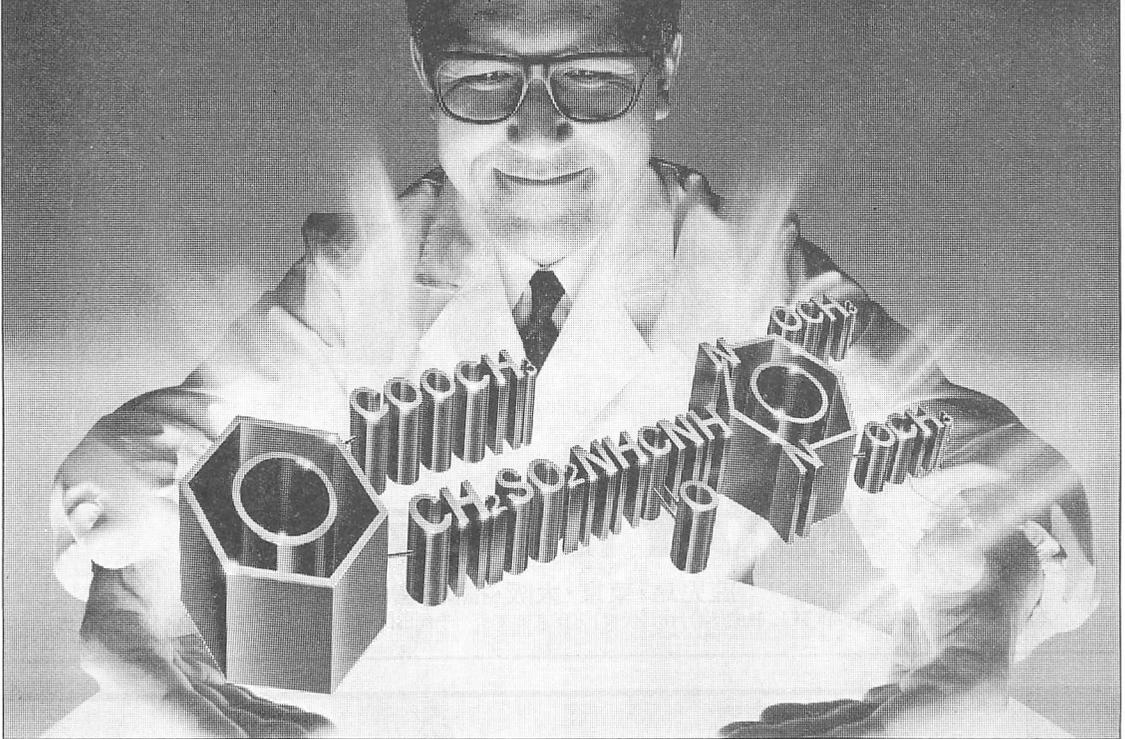
パルノ・サーヴェイ株式会社

地質調査業者
計量証明事業

質 60-982
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
研 究 所 〒375 群馬県藤岡市岡之郷字戸崎559-3
TEL 0274(42)8129 FAX 0274-42-7950

除草剤イノベーション。



水田除草剤の歴史に新しいページがひらかれた。

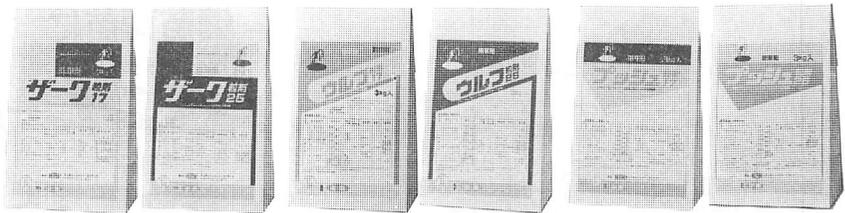
デュポン社が開発した画期的な水田除草剤、スルホニル尿素系除草剤DPX-84*
をベースに、いま「ザーク」「ウルフ」「ブッシュ」誕生。

*DPX-84の一般名はベンスルフロンメチル。

新発売



水田除草、新時代。



●豊富な適用雑草 ●散布に余裕がもてる広い処理適期幅 ●長期間にわたる抑草効果 ●水稲、環境に高い安全性

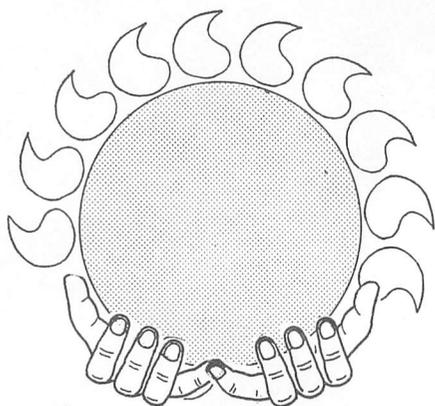
デュポン ジャパン

デュポン 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 TEL.(03)585-9101



線虫剤と共に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)

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。

健苗育苗に

総合種子消毒剤

デュボン **ベンレート^{*}T** 水和剤20

苗立枯病に

カヤベスト[®] 粉剤10

幼苗腐敗症・褐条病に

カスミン[®] 粒剤

新発売 苗立枯病・褐条病に

フタパロン 粉剤



農協
経済連
全農



北興化学工業株式会社

〒103 東京都中央区日本橋本石町4-4-20

植物防疫

Shokubutsu bōeki
(Plant Protection)

第 41 卷 第 7 号

昭和 62 年 7 月号

目次

サツマイモ立枯病とその病原菌	鈴木 孝仁	1
ニカメイガの薬剤抵抗性	昆野 安彦	6
稲作技術の変遷と病害の発生変動 (2)	大畑 貫一	12
イネいもち病の発生要因の変化	横田 敏恭	17
短期輪作によるイチゴ萎黄病の被害軽減とその要因	岡山 健夫・小島 博文・小玉 孝司・堀本 圭一	19
畑害虫の耐寒性	本間 健平・筒井 等・坂上 昭一	24
ワタミヒゲナガゾウムシのカンキツ果実への加害と生態	藤井 浩	30
幼若ホルモン活性物質——最近の研究——	波多腰 信・中山 勇	33
土壌害虫防除の諸問題——コガネムシの幼虫を巡って——	内藤 篤	42
植物防疫基礎講座		
病虫害防除のための統計学 (5)		
探索的データ解析	岩元 明久	48
紹介 新登録農薬		32, 52
新しく登録された農薬 (62.5.1~5.31)		16
中央だより		54
人事消息		47, 54
次号予告		54



「確かさ」で選ぶ…バイエルの農薬

- いもち病に理想の複合剤
ヒノラブサイド[®]
- 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
ヒノバイジット[®]
- いもち・穂枯れ・カメムシ・ウンカなどに
ヒノラスバイバツサ[®]
- 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[®]
- イネミズ・カメムシ・メイチュウに
バイジット[®]
- イネミズゾウムシ・メイチュウに
バサジット[®]
- イネミズ・ドロオイ・ウンカなどに
ガンサイド[®]
- イネミズ・ウンカ・ツマグロヨコバイに
DS **ライジストン** **ガンサイド**[®]
知剤

- さび病・うどんこ病に
® バイレトン[®]
- 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
® バイエルホルドウ[®]
[クストラビットホルテ]
- 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
® タイジストン[®]
- アスバラガス・馬鈴しょの雑草防除に
® センコル[®]



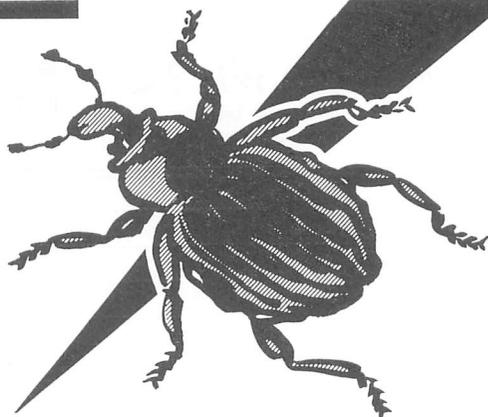
®は登録商標

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



タケダ

* 農薬は正しく使いましょう。



低コスト稲作に最適！

薬剤費が安く、 イネミズゾウムシを 経済的に防除できます。

■育苗箱施用及び床土混和に

パダン[®]粒剤4

- 田植当日、育苗箱施用あるいは床土混和处理により越冬成虫の産卵数の減少および幼虫の防除ができます。
- イネミズゾウムシとニカメイチュウ、イネドロオイムシ、イネハモグリバエ、ツマグロヨコバイ等にも防除効果があります。

■本田の防除には

パダン[®]ハッサ[®]粒剤

- パダン粒剤4の箱施用とパダンハッサ粒剤の本田施用との体系防除により、イネミズゾウムシ防除が一段と効果的にできます。
- イネミズゾウムシとコブノメイガ、ニカメイチュウ、イネドロオイムシ、イネツトムシ、ウンカ類等の同時防除にも最適です。

サツマイモ立枯病とその病原菌

農林水産省農業環境技術研究所 すず い たか ひと
鈴 井 孝 仁

はじめに

日本におけるサツマイモ放線菌病の初発生は 1946 年ごろとされているが病原が明らかではなく、日本各地で様々な名称で呼ばれてきた。小川 (1982) は本病の病原について検討した。その結果、*Fusarium solani* f. sp. *radicicola* は病原性がなく、*F. solani* f. sp. *batatas* は茎にえそは起こすが塊根には病原性を示さないなどから、本病原菌は *Fusarium* とは関係なく 1890 年アメリカで HALSTED によって報告された soil rot に類似することから放線菌による可能性を示唆した (小川, 1984)。その後、本病の病原菌は *Streptomyces ipomoeae* であることが明らかとなり、病名を立枯病とすることを提案した (鈴井ら, 1986)。この機会にサツマイモ立枯病とその病原菌について紹介し参考に供したい。

I 病名及び病原

アメリカでは本病は soil rot のほか、pox, pit, scab (THAUBENHAUS, 1915), groundrot (THAUBENHAUS, 1918), Actinomyces pox (MANN, 1924) などと呼ばれている。日本では soil rot を紹介し、根朽病 (出田新, 1904)、瘡瘍病 (出田新, 1918)、そうか病 (植物防疫所, 1978) と呼称した。日本各地では本病と思われる病害に対して、根腐現象 (原ら, 1966)、根腐黒斑症 (牧野ら, 1978)、根腐れ立枯れ症状 (千葉ら, 1982a)、塊根かいよう症状 (千葉ら, 1982b)、根腐れ症状 (小川, 1982)、立ち枯れ症状 (小川, 1982)、かいよう症状 (小川, 1982)、立枯症状 (喜多ら, 1983) など多くの呼び名が用いられてきた。これらは前述したように病原が不明のためと考えられる。鈴井ら (1986) は、病原を明らかにしたうえ立枯病を提案した。

HALSTED (1890) は New Jersey で被害の著しい病害について研究し、soil rot と呼び、その病原を糸状菌 *Acrocystis batatas* と報告した。1916 年 ELLIOTT は病原は *A. batatas* ではなく新属、新種の *Cystospora batata* であるとした。1924 年に MANN は一連の研究から本病は放線菌によって起こる病害とした。PERSON と MARTIN は 1940 年に病原を *Actinomyces ipomoea* と同定し

Soil Rot of Sweet Potato Caused by *Streptomyces ipomoeae*. By Takahito Suzui

た。その後、WAKSMAN らは本菌の所属を *Streptomyces ipomoeae* (PERSON and MARTIN) WAKSM. and HENRICI 1948 に変更し、現在用いられている学名となっている。

II 発生状況

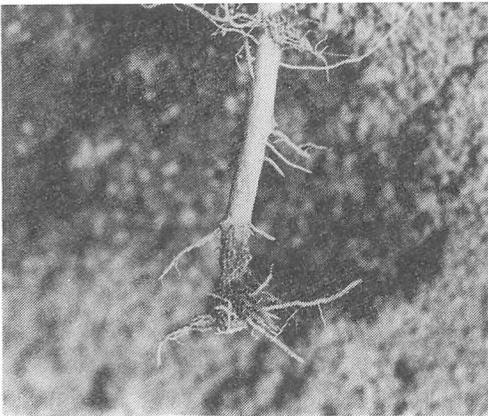
本病の発生は現在のところアメリカと日本である (CMI, 1975)。小川 (1984) によると、日本では 1946 年長崎に初めて発生したといわれており、その後、鹿児島 1954 年ごろ (原ら, 1966)、静岡 1968 年 (牧野ら, 1978)、四国 1973 年 (小川, 1984)、宮崎 1977 年ごろ (喜多ら, 1983)、埼玉 1977 年ごろ (小川, 1984)、千葉 1977 年ごろ (猪野ら, 1984) など各県から本病と考えられる病害の発生が報告されている。本病は石灰質資材の施用とマルチ栽培の普及によって、発生が増大したものと考えられている。各県の農業試験場などの協力により取りまとめたアンケートの結果によると、第 1 表のように、関東以西のサツマイモ栽培地帯では発生面積に広狭はあるにしても多くの県で本病と考えられる病害の発生が認められている (鈴井, 1985)。

III 病 徴

本病の病徴はすでに小川 (1984) が報告しているように、サツマイモの植え付け後につるの生育が不良となり、葉はしおれ、葉色は黄化あるいは紫紅色を呈し、最後は地上部が枯死する。根は黒変腐敗し (第 1 図)、地中の茎には黒色陥没病斑を形成する。塊根には不定形の

第 1 表 サツマイモ立枯病 (根腐立枯症、かいよう症、黒斑根腐症、立枯れ根腐れ症) の発生状況

府県	作付面積 (ha)	発生面積 (または地域) (ha)	初発年	備 考
茨城	8,130	(全域)	1973	散見
栃木	?	(2 か所)	1982	
埼玉	1,440	200 (推定)	1975	1982 確認
千葉	6,900	約 450	1977	
神奈川	944	(1 地域)	1981 ごろ	1968 ごろ
静岡	2,600	600	1968 ごろ	
富山	?	1 (1 市)	1981	1984 の発生面積
石川	260	(1 か所)	?	
大阪	246	(1 地域)	1979	1973
徳島	1,240	210	1973	
福岡	391	?	?	1967
長崎	2,400	10	1967	
宮崎	2,010	? (1 市)	1978	



第1図 サツマイモ苗における立枯病の病徴



第2図 サマイモ立枯病の発生ほ場

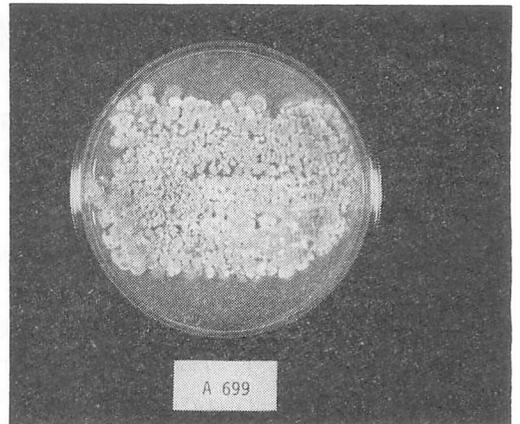
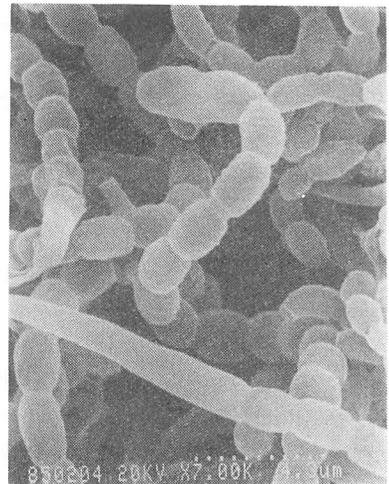
黒色陥没病斑が形成し、ときに病斑が融合し大型となる。植え付け後本病が発生すると畑の一部あるいは大部分が欠株状態となり大きな被害となる (第2図)。

IV 病原菌の分離

病原菌の分離には、サツマイモ苗の茎及び根を洗浄した後、病斑部分を少量の殺菌水を加えた殺菌すり鉢で磨砕した。その希釈液をフェノール液 (140 倍) 中に 10 分置いた後、アルブミン寒天培地に流し込み、28°C に 1 週間保置し、生じたコロニーを釣菌した (鬼木ら, 1986)。また、工藤ら (1985) は分離用培地として、デヒドロ酢酸ナトリウム 250 ppm 加用マンニット硝酸塩寒天培地 (pH 6.8) を提案している。

V 病原菌の同定

千葉県発病サツマイモ苗から分離した放線菌と工藤氏らの菌株について、その同定を試みた。分離菌株は、真正菌糸を有し、菌糸は分断せず、気菌糸を形成した (第3図)。全菌体のジアミノピメリン酸は LL 型で細胞壁タイプは I に属した。メラニン様色素は産生せず、

第3図 サツマイモ *Streptomyces ipomoeae* (A699 菌株) のコロニー

第4図 立枯病菌 (A699 菌株) の孢子

孢子鎖はスパイラル、孢子表面構造は平滑でしわがある (第4図)。孢子数は 1 鎖当たり 6 ないし 20 個、孢子の大きさは $1.9 \times 1.0 \sim 1.2 \mu\text{m}$ 、気菌糸の色は青色で、JIS 色票によると 2.5BG5/3 あるいは 5BG5/4、発育温度は 20~45°C、発育 pH は 5.3~8.3 であった。基生菌糸の発育は良好で、裏面の色は黄褐色、10YR8/3 あるいは 2.5Y8/4 であった。色素産生はしない。硝酸を還元し、耐塩性は 4%、ゼラチンを液化し、ミルクを凝固し、デンプンを分解する。D-グルコース、L-アラビノース、サッカロース、D-キシロース、I-イノシトール、D-マンノース、ラムノース、ラフィノース、サリシン、ガラクトースを利用し、セルロースを利用しない。以上の結果は、*Streptomyces ipomoeae* の Neotype strain AT-CC 25462 株の諸性質と一致し、供試分離菌株は *S. ipomoeae* と同定された (鈴井ら, 1986)。

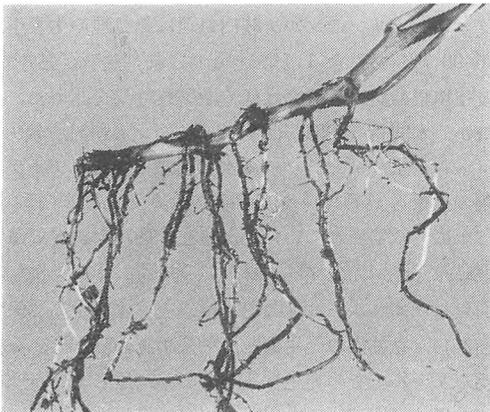
サツマイモ苗への接種には、ISP 培地 No. 4 で 28°C、30 日間培養した放線菌のシャーレ 4 枚分に蒸留水 600 ml を加えホモジナイズし、接種菌液とした。直径 12 cm のポリポットにパーミキュライトを入れ、サツマイモ“高系 14 号”を植え付けた後、表面から菌液 100 ml をかん注接種し、30°C に 20 日間保った。この結果、分離菌株を接種したサツマイモはすべて発病し、病徴を再現し（第 5 図）、接種菌が再分離された。サツマイモ塊根への接種には、ISP 培地 No. 2 で 28°C、30 日間培養した放線菌のシャーレ 6 枚分に蒸留水 1 l を加えホモジナイズし、コンテナに入れた 25 l の殺菌畑土壌 (pH 6.8) と混和し、サツマイモ“高系 14 号”を植え付け、温室に設置し、75 日後に発病を調査した。その結果、第 6 図に示したような病徴が再現され、接種菌が再分離された。しかし、対照として用いた *S. ipomoeae* ATCC 25462 株はサツマイモ苗及び塊根とも病原性を

示さなかった。

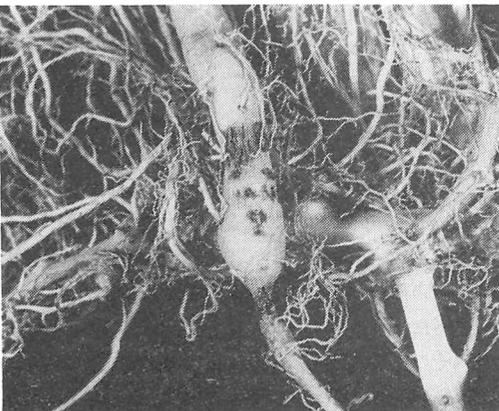
VI 発生生態

本病の発生は土壌 pH が 6.0 以上のほ場で多く、近隣の無発生地と比較しても発病ほ場の pH は高い（小川, 1982）。また、小川ら（1984）は本病の発病型と抑制型の土壌を調査し、発病型の土壌 pH は 6.6 であるのに対し、抑制型の土壌では 6.1 であり、適正 pH 域と危険 pH 域の境は pH 5.5 であるとした（第 7 図）。猪野ら（1984）も土壌 pH と発病との関係を調査し、pH が高まるに従い立枯病の発病程度が増す傾向にあることを報告し、接種試験においても根の褐変程度と土壌 pH との関係を裏づけている。

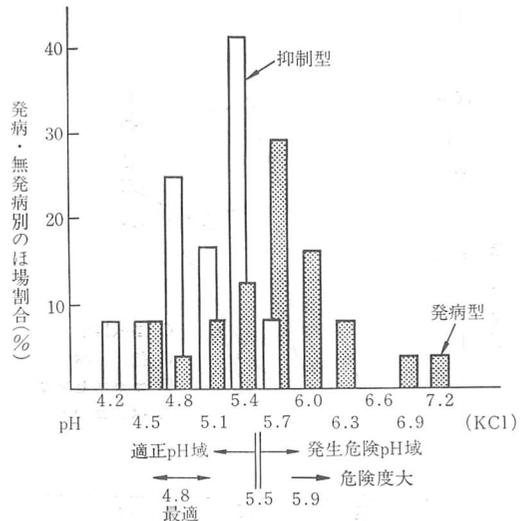
土壌温度と発病との関係では、30°C で根の褐変度合いがほぼ 100% になるのに対し、20°C では約 50%、17.5°C では 0 となる（小川, 1984）など温度は発病に大きな影響を及ぼしている。栽培農家におけるマルチ被覆時期と苗の植え付けが発病に及ぼす影響では、畝立てマルチ被覆時期が同じほ場において早めに植え付けしたほうが立枯病の発生が少なく、植え付けが遅れるほど多発生した（猪野ら, 1985）。これはマルチ後植え付けまで長くなるに従い、地温が上昇することと、乾燥が促進されるためと考えられている。30°C の一定地温下では、土壌水分が多いほど発生が少なく、乾燥するほど多発傾向が認められた（猪野ら, 1985）。白黒ダブルマルチの使用は透明ポリマルチに比べて、生育初期で最高地温が



第 5 図 立枯病菌 (A699 菌株) 接種により発病したサツマイモ苗 (高系 14 号)



第 6 図 立枯病菌 (A699 菌株) 接種により生じたサツマイモ (高系 14 号) 塊根上の病斑



第 7 図 現地土壌におけるサツマイモ立枯病 (かいらし症状) の発生と土壌 pH との関係 (小川ら, 1985)

約 5°C, 最低で約 2°C 低く, かつ, マルチ内土壌水分を多く保つ効果が認められている (猪野ら, 1985)。

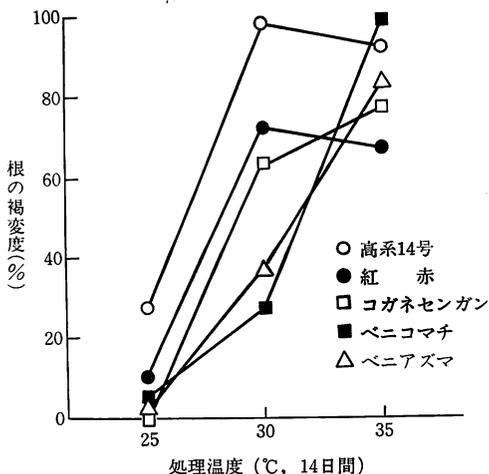
前述したアンケートの集約結果では, 立枯病は土壌 pH が 6.5 以上, マルチ栽培は場, 高畝栽培, 乾燥したは場, 連作は, 砂丘地に多く, それに罹病性品種の栽培が大きく影響していると考えられている (鈴木, 1985)。

VII 抵抗性品種

アメリカにおいては MARTIN ら (1975) が初めて抵抗性品種として Jasper を発表した。この品種は soil rot のほか, つる割病, 根こぶ線虫にも抵抗性を持っている。わが国では, 千葉ら (1982a) はサツマイモの本病に対する抵抗性を検討し, ベニコマチ, タムユタカ, 紅農林, 高系 14 号は弱, 農林 6 号, 紅赤はやや弱, 農林 1 号, 農林 3 号, コガネセンガンは中であることを報告した。猪野ら (1985) の結果では, 根の褐変度は高系 14 号は弱, ベニアカ, コガネセンガンはやや弱, ベニコマチはやや強, ベニアズマは強であった。しかし, 地温が高くなるに従ってすべて褐変程度は上昇した (第 8 図)。

VIII 防除対策

立枯病の発生は土壌 pH の高いところで多いことから, pH を下げる試みがなされている。硫黄を 320 lb/エーカー処理すると, 発病塊根率は無処理の 28% から 0% に, 発病程度は 20 あるいは 21 から 0 となった (MARTIN, 1967)。それに対し, 石灰を 1,000 lb/エーカー



第 8 図 サツマイモ根の褐変発生に及ぼす温度と品種の影響 (猪野ら, 1985)

一処理すると発病率, 発病程度とも激増した。牧野ら (1978) は硫黄華を 60 kg/10 a 処理した結果, 病いも率は無処理の 30.7% が 19.5% に低下すると報告した。しかし, ほ場全体の pH を低下させることは困難であり, かつ, サツマイモの収量が低下するなど実用化には問題が多い。

現在, 本病の防除対策として定着しているのはクロロピクリンの畦内処理と抵抗性品種の利用である。牧野ら (1978) はクロロピクリン 2 ml をマルチ畦内に処理した区の病いも率は 1.8%, 病斑数は 1.0 で, 無処理区の 30.7%, 33.0 と比較して優れた防除効果を認めた。クロロピクリンのマルチ畦内処理は全面処理より高い効果を認め, 実用化への道を開いた。千葉ら (1982b) もクロロピクリンの畝立て, マルチ同時処理及び薬剤注入後畝立てマルチする方法は本病の発生を著しく軽減し, 高い収量が得られることを報告した。薬剤の注入量は 2 ml より 3 ml で効果が安定していた。小川ら (1981) はクロロピクリンのマルチ畦内処理は無処理の生育不良株が 90.7% のとき 1.4% となり, 初期生育が良好で, 茎及び塊根の病斑形成率は低く顕著な効果を認めた。このほか, 本間ら (1984) はダイホルタン水和剤, ポリカーバメート水和剤, チウラム水和剤, イソプロチオラン粒剤の効果も認めている。品質の点から品種“高系 14 号”が広く栽培されていたが, 現在本病に抵抗性で品質も優良な“ベニアズマ”が普及している。

白黒ダブルマルチは地温を下げ, 土壌水分を高く保つことから, 立枯病の発生抑制に効果が認められている。透明ポリマルチでの発生株率が 80% に達しているほ場で, 白黒ダブルマルチを用いた場合, 発病は 0 であった (猪野ら, 1985)。

アンケートで回答された防除対策として奨励されている技術は, 無病種いも利用, 未発生地への作付け, 石灰質肥料の施用を避ける, 白黒ダブルマルチの利用, 抵抗性品種 (ベニアズマ) の利用, 罹病いも及び茎の処理などである。

おわりに

Streptomyces ipomoeae による立枯病は植物防疫所により重要指定病害に指定されており, 外国からの侵入を警戒する病害の一つである (植物防疫所, 1978)。しかし, 以上述べたようにすでに広い地域に発生していると考えられ, その対策が図られている。本病は病原が解明される前から当面の防除対策が確立されたといってもよく, 被害は一部の地域を除いてなくなりつつある。本病の病原は一応の結論をみたが, いまだ自然塊根からの病原菌

の分離に成功していない。病原菌の分離の困難さが原因
究明を遅らせたと考えられるが、罹病塊根からの病原菌
の分離などその確認が必要である。

引用文献

千葉恒夫ら (1982a) : 関東病虫研報 29 : 45
 ーら (1982b) : 同上 29 : 46~48.
 CMI (1975) : Distribution maps of plant diseases, 301.
 ELLIOTT, J. A. (1916) : Del. Coll. Exp. Stn. Bull. 135 : 3
 ~24.
 HALSTED, B. D. (1890) : Bull. New Jersey Agric. Exp. Stn.
 14~20.
 原 敬一ら (1966) : 九州病虫研会報 12 : 60~62.
 本間宏基・長井雄治 (1984) : 日植病報 50 : 394.
 猪野 誠・篠原茂幸 (1984) : 関東病虫研報 31 : 26~28.
 ーら (1985) : 千葉農試研報 26 : 25~37.
 喜多孝一・工藤和一 (1983) : 九州病虫研会報 29 : 12~14.
 工藤和一・喜多孝一 (1985) : 九州農業研究 47 : 104.

牧野孝宏ら (1978) : 関東病虫研報 25 : 54~55.
 MANNS, T. F. and J. F. ADAMS (1924) : Del. Agric. Exp.
 Stn. Bull. 135 : 25~27.
 MARTIN, W. J. et al. (1975) : Pl. Dis. Repr. 59 : 388~
 391.
 ー et al. (1967) : ibid. 51 : 271~275.
 小川 奎ら (1981) : 関東病虫研報 28 : 38~39.
 ー (1982) : 植物防疫 36 : 221~224.
 ー (1984) : 農及園 59 : 67~72.
 ー・千葉恒夫 (1984) : 日植病報 50 : 394~395.
 鬼木正臣ら (1986) : 農環研報 2 : 45~59.
 PERSON, L. H. and W. J. MARTIN (1940) : Phytopathology
 30 : 913~926.
 出田 新 (1904) : 大日本農会報 281 : 13~17.
 ー (1918) : 病蟲雜 5 : 736~737.
 植物防疫所 (1978) : 特定重要病害虫検疫要綱 53 農蚕第 8308.
 鈴木孝仁 (1985) : 研究ジャーナル 8(7) : 19~25.
 ーら (1986) : 日植病報 52 : 505.
 THAUBENHAUS, J. J. and T. F. MANNS (1915) : Del. Agric.
 Exp. Stn. Bull. 109 : 10~11.
 ー (1918) : J. Agric. Res. 13 : 437~450.

本会発行図書

土壌病害に関する国内文献集 (II)

北海道大学農学部 宇井格生 編

A 5 判 166 ページ 1,200 円 送料 250 円

昭和 41 年に発行した同書 (I) に続いて 41 年から 50 年までの 10 年間に主要学術雑誌などに掲載され
た文献をすべて網羅して 1 冊にまとめたもの。内容は、I ウイルス, II 細菌, III 菌類の各々による病
害, IV 各種病害, V その他, VI 土壌処理, 薬剤防除の分類によって掲載してある。

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

ニカメイガの薬剤抵抗性

農林水産省農業環境技術研究所 ^{こん} ^の ^{やす} ^{ひこ}
 昆野安彦

はじめに

ニカメイガは比較的薬剤抵抗性の発達しやすい昆虫のようであり、戦後、有機合成農薬が使われるようになってからこれまでに、パラチオン、BHC、MEP (フェニトロチオン) などに対する抵抗性発達が確認されている (尾崎, 1962; 伊東・尾崎, 1966; 尾崎ら, 1971; 佐々木ら, 1976; 別宮ら, 1976; 田中ら, 1982, 1983). 特に1960年に香川県で多発生したパラチオン抵抗性系統は、わが国の農業害虫では薬剤抵抗性が問題化した最初の事例であったため、当時のトピックスの一つであった。1960年代後半以降、ニカメイガの発生が全国的に減少し防除の必要性が問われるほどであったが、1978年に岡山県で高度の有機リン剤抵抗性系統が大発生して以来、西日本を中心として局地的ではあるが毎年多発生が見られるようになった。1984年には新潟県でも有機リン剤抵抗性系統が多発生した。

薬剤抵抗性機構の研究はこれまで衛生害虫が中心であり、農業害虫を対象とした研究はツマグロヨコバイなどの半翅目昆虫の一部を除いてあまり行われていない。特に鱗翅目での研究が少ない。今後ますます増加すると懸念される農業害虫の薬剤抵抗性問題に対処するためには、農業害虫の抵抗性機構とその対応策に関する情報の集積が不可欠と考えられる。

筆者らは、1983年に岡山県総社市秦で採集した抵抗性系統(秦系統)と、理化学研究所インセクトロンで10年以上前に埼玉県で採集し薬剤に触れずに飼育されてきた感受性系統のニカメイガを用いて抵抗性機構の解明を行うとともに、抵抗性を打破する協力剤の研究を行っているが、これまでの成果を中心に紹介したい (KONNO and SHISHIDO, 1985; KONNO et al., 1986)。

I 有機リン剤の化学構造と抵抗性の相関

秦系統のニカメイガはどんな有機リン剤に抵抗性を示すのだろうか。化学構造と抵抗性のパターンを解明できれば抵抗性機構の解明に役だつだけでなく、代替薬剤の選択や新規薬剤の開発にも貢献するはずである。一方、

フェニトロチオンのような P=S 型の有機リン剤は、昆虫体内でマイクロゾーム酸化酵素系によって P=O 型 (オクソン体) に酸化された後、神経シナプスのアセチルコリンエステラーゼ (AChE) を強力に阻害して殺虫活性が生じるので、オクソンにも抵抗性を生じるかどうかは抵抗性機構を探るうえで重要なポイントとなる。

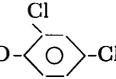
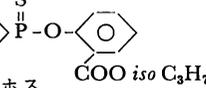
そこで筆者らは、基本骨格の異なる 61 種類の有機リン剤とその活性毒物体オクソンの殺虫効力を 2 系統のニカメイガ 5 齢幼虫を用いて局所施用法により検定した。結果の一部を第 1 表に示した。供試した有機リン剤はその基本骨格により、phosphorothionate, phosphate, phosphorodithioate, phosphorothiolate, phosphonothionate, phosphonate, phosphoramidothioate 及び phosphoramidothiolate に分類することができたが、秦系統のニカメイガは、化学構造中に P-O-アリール結合 (アリールはベンゼン環と複素環) さえあれば、基本骨格に関係なく抵抗性を示すこと、及びそれらのオクソンにも抵抗性を示すことが明らかになった。ジメチル型はジェチル型よりも高い抵抗性比が生じた。また一般にベンゼン環よりも複素環とエステル結合を持つ有機リン剤に高い抵抗性比が生じた (ピリミホスメチル > 833 倍; クロルピリホスメチル, 72.3 倍)。一方、脂肪族エノールやチオアルコールとエステル結合を形成する脂肪族系有機リン剤 (ジメチルピホス, マラソンなど) に対しては、一般に抵抗性の発達は認められなかった。以上の結果は、エステルの芳香族性が秦系統のニカメイガの抵抗性発現への重要な条件であることを示した。

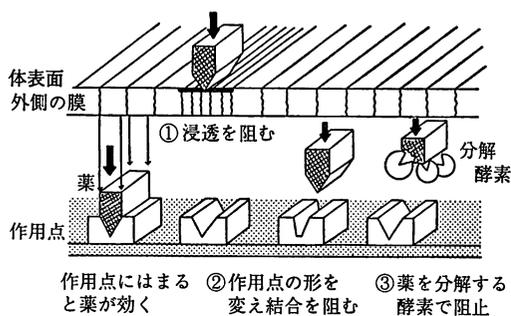
岡山県では、1960年代後半からパラチオン、BHC の代替防除薬剤として、第一世代にはダイアジノン、第二世代にはフェニトロチオン、MPP が主に適用されてきたが (田中ら, 1982), いずれの有機リン剤も P-O-アリール構造を持つことから、これら薬剤の連続使用により P-O-アリール構造を持つ有機リン剤に特異的に抵抗性を示すニカメイガが選抜・淘汰されたと考えられる。

なお、秦系統のニカメイガは、オクソンにも抵抗性を示したが、この事実は抵抗性のメカニズムがオクソンの解毒であること、及びその解毒部位が P(O)-O-アリール構造と親和性が高いことを予想させた。

Resistance Mechanism of the Rice Stem Borer to Organophosphorus Insecticides. By Yasuhiko KONNO

第1表 薬及び感受性系統のニカメイガの各種有機リン剤に対する感受性 (KONNO et al., 1986 より改変)

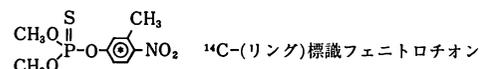
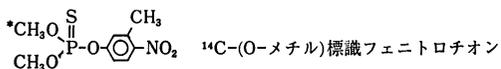
有機リン剤	LD ₅₀ (μg/g)		抵抗性係数 (R/S)
	感受性系統 (S)	薬系統 (R)	
$\begin{matrix} \text{CH}_3\text{O} \\ \text{CH}_3\text{O} \end{matrix} \text{P}(=\text{S})(\text{O})-$ (芳香族) フェニトロチオン メチルパラチオン ピリミホスメチル クロルピリホスメチル	1.8 0.9 2.4 1.3	75.3 18.9 >2,000 94.0	41.8 21.0 >833 72.3
$\begin{matrix} \text{C}_2\text{H}_5\text{O} \\ \text{C}_2\text{H}_5\text{O} \end{matrix} \text{P}(=\text{S})(\text{O})-$ (芳香族) エチルフェニトロチオン パラチオン ピリミホスエチル クロルピリホス	10.1 2.6 2.0 1.3	60.7 49.6 150.9 67.5	6.0 19.1 75.5 51.9
$\begin{matrix} \text{CH}_3\text{O} \\ \text{CH}_3\text{O} \end{matrix} \text{P}(=\text{O})(\text{O})-$ (芳香族) フェニトロオクソン メチルパラオクソン ピリミホスメチルオクソン クロルピリホスメチルオクソン	1.2 0.5 0.3 0.4	41.3 7.2 29.9 16.8	34.4 14.4 99.7 42.0
$\begin{matrix} \text{C}_2\text{H}_5\text{O} \\ \text{C}_2\text{H}_5\text{O} \end{matrix} \text{P}(=\text{O})(\text{O})-$ (芳香族) エチルフェニトロオクソン パラオクソン ピリミホスエチルオクソン クロルピリホスエチルオクソン	7.8 5.2 2.1 0.6	55.5 35.1 30.8 23.7	7.1 6.8 14.7 39.5
$\begin{matrix} \text{CH}_3\text{O} \\ \text{CH}_3\text{O} \end{matrix} \text{P}(=\text{O})(\text{O})-$ (脂肪族) ジメチルビンホス テトラクロルビンホス モノクロトホス	0.3 2.1 2.2	0.6 2.2 6.9	2.0 1.0 3.1
$\begin{matrix} \text{CH}_3\text{O} \\ \text{CH}_3\text{O} \end{matrix} \text{P}(=\text{S})(\text{S})-$ (脂肪族) マラソン PAP (バブチオン) ジメトエート	1.5 3.1 13.3	1.7 2.3 18.5	1.1 0.7 1.4
$\begin{matrix} \text{C}_2\text{H}_5\text{O} \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{matrix} \text{P}(=\text{S})(\text{O})-$ (芳香族) EPN CYP (シアノフェンホス)	0.7 6.4	22.7 130.0	32.4 20.3
その他 $\begin{matrix} \text{C}_2\text{H}_5\text{O} \\ \text{C}_3\text{H}_7\text{S} \end{matrix} \text{P}(=\text{S})(\text{O})-$  プロチオホス	20.1	187.1	9.3
$\begin{matrix} \text{CH}_3\text{O} \\ \text{CH}_3\text{S} \end{matrix} \text{P}(=\text{O})(\text{O})-\text{NHCOCH}_3$ アセフェート	70.0	103.4	1.5
$\begin{matrix} \text{C}_2\text{H}_5\text{O} \\ \text{iso C}_3\text{H}_7\text{HN} \end{matrix} \text{P}(=\text{S})(\text{O})-$  イソフェンホス	3.5	151.2	43.2



第1図 昆虫に薬剤抵抗性が生まれる仕組み

第2表 秦及び感受性系統のニカメイガ5齢幼虫頭部の AChE 活性とフェニトロオクソンに対する感受性 (KONNO and SHISHIDO, 1985)

	AChE	I ₅₀ (阻害度)
秦系統	0.69 nmol/分/mg head	5.4 × 10 ⁻⁷ M
感受性系統	0.57	5.0 × 10 ⁻⁷



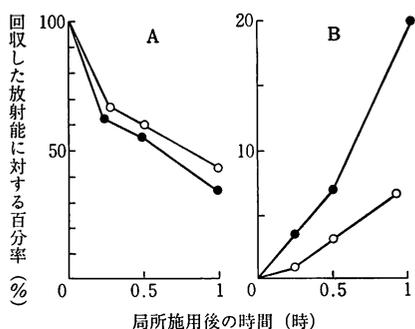
第2図 ¹⁴C-標識フェニトロオクソン (*は標識位置)

II ニカメイガの有機リン剤抵抗性機構

昆虫に薬剤抵抗性が生じる仕組みを第1図に示した。薬剤は昆虫体内に侵入した後、作用点である AChE や神経系に達し、その機能をかく乱することによって毒力を発現するが、この過程で第1図に示すような薬剤に対する防御機構が昆虫に備わると薬剤抵抗性化する。すなわち①薬剤の皮膚透過性が減少する、②作用点に変化して薬剤に対する感受性が低下する、③薬剤の分解代謝能が増大する、の3点である。本項では、秦系統のニカメイガがこれら3点のうちどの防御機構を獲得しているのか、以下順を追って探ってみた。

1 AChE の活性とフェニトロオクソンに対する感受性

有機リン剤の昆虫における作用点は AChE であるが、有機リン剤に対する AChE の感受性低下が抵抗性の主要因である例がツマグロヨコバイやイエバエなどで知られている。そこで秦系統のニカメイガの AChE が変異しているかどうか、感受性系統と比較検討を行った。結果を第2表に示した。2系統の幼虫頭部の AChE 活性



第3図 秦(●-●)及び感受性(○-○)系統のニカメイガ5齢幼虫における ¹⁴C-(O-メチル)-フェニトロオクソンの *in vivo* 代謝 (KONNO and SHISHIDO, 1985 より改変)

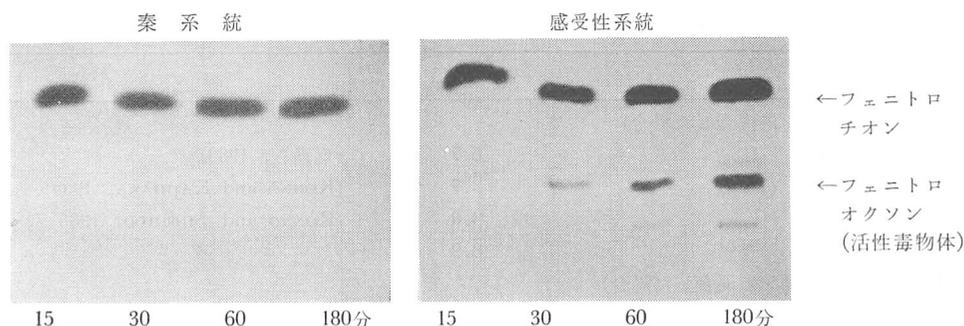
A: 体表に残存するフェニトロオクソン
B: 体内水溶性代謝物

及びフェニトロオクソンによる阻害度 I₅₀ はほぼ同じで、秦系統の AChE の感受性は低下していないと考えられた。

2 フェニトロオクソンの代謝

AChE の感受性低下の関与が否定できたので、次に皮膚の透過性と解毒についてフェニトロオクソンを用いて検討した。フェニトロオクソンには、ラベル位置の異なる2種類の ¹⁴C 標識アイソトープを用いた。第2図に示すように、標識位置が O-メチルとベンゼンリングにあるのでこれら2種類のアイソトープを用いることにより、P-O-アリール結合の開裂で生成されるリン酸側とフェノール側両方の代謝物を追跡・同定することが可能である。

まず、¹⁴C-(O-メチル)-フェニトロオクソンを局所施用したときの、薬剤の浸透と代謝について検討した。フェニトロオクソン (1.0 μg/頭) を2系統の5齢幼虫に局所施用後、経時的に幼虫をクロロホルム-水 (1:1) 中で磨砕・遠心分離し、クロロホルム可溶性画分と水溶性画分に含まれる放射能と代謝物を測定した。フェニトロオクソンの体表から体内への浸透には2系統間で差が見られなかったが、体内水溶性分解代謝物の生成は秦系統で高く、施用1時間後には感受性系統の約3倍になった(第3図)。主要な水溶性代謝物として P-O-アリール結合の開裂によって生成するジメチルリン酸とジメチルチオリン酸が同定された。フェニトロオクソンの代謝物と考えられるジメチルリン酸の生成割合は秦系統で高く、局所施用1時間後には感受性系統の5.4倍になった。またジメチルチオリン酸についても秦系統でより速やかに生成された。一方、脱メチル化反応によって生成される



第4図 ^{14}C -(*O*-メチル)-フェニトロチオンを局所施用したときのクロロホルム可溶性画分のラジオオートグラフ

脱メチルフェニトロチオンと *S*-メチルグルタチオンは2系統ともに非常に少なく、抵抗性発現にグルタチオン *S*-トランスフェラーゼの果たす役割は小さいと考えられた。

クロロホルム可溶性の体内代謝物のラジオオートグラフを第4図に示した。感受性系統では経時的にフェニトロチオンの活性毒物体フェニトロオクソンが増加していくが、秦系統ではフェニトロオクソンはほとんど集積しなかった。

以上の結果、秦系統のニカメイガでは、体内に生成されるフェニトロオクソンを *P*-*O*-アリアル結合の開裂によりジメチルリン酸に速やかに分解解毒する能力が高まっていることが示唆された。

なお、体内でフェニトロオクソンが生成されないことが秦系統のフェニトロチオン抵抗性の要因である可能性も考えられたが、フェニトロオクソンにも抵抗性であることや、 ^{14}C -(*O*-メチル)-フェニトロオクソンの代謝試験でも秦系統はより速やかにフェニトロオクソンを分解したのでその可能性は否定された。

次にフェノール側の代謝物を明らかにするために、 ^{14}C -(リング)-フェニトロチオンの代謝を調べた。局所施用量は ^{14}C -(*O*-メチル)-フェニトロチオンの場合の1/10 (0.1 μg /頭) であったが、この低用量試験においても皮膚透過性には差が見られず、また秦系統ではフェニトロオクソンはほとんど集積せず、感受性系統では秦系統の72倍も集積することが明らかになった。一方、主要な代謝物として *P*-*O*-アリアル結合の開裂の結果生成した3-メチル-4-ニトロフェノールのグルコース抱合体が認められ、その生成割合は秦系統で高く、局所施用2時間後には全回収放射能の30%以上になり、また感受性系統よりも2倍多かった。その他、マイナーな代謝物として脱メチル体、*m*-メチル基の酸化体が認められた。これらの結果は秦系統のニカメイガのフェニトロチ

オン抵抗性の主要因が *P*-*O*-アリアル結合の開裂によるフェニトロオクソン解毒分解の活性増大とする ^{14}C -(*O*-メチル)-フェニトロチオンの試験結果と一致した (KONO and SHISHIDO, 1987)。

3 ニカメイガの有機リン剤抵抗性機構

以上の結果を踏まえて、秦系統のニカメイガのフェニトロチオン抵抗性のメカニズムを第5図に示した。秦及び感受性系統ともに体内に浸透したフェニトロチオンは、まず活性毒物体のフェニトロオクソンに酸化されるが、秦系統では *P*-*O*-アリアル開裂による解毒活性が著しく増大しているため、フェニトロオクソンは速やかにジメチルリン酸と3-メチル-4-ニトロフェノールに分解される。これに対して感受性系統では *P*-*O*-アリアル開裂による解毒活性が弱く、体内にフェニトロオクソンが集積し、神経シナプスのAChEの正常な働きが阻害されて死に至る。

秦系統のニカメイガは *P*-*O*-アリアル結合を持つ有機リン剤に必ず抵抗性を示すが、フェニトロチオン以外の有機リン剤抵抗性機構もおそらく *P*-*O*-アリアル結合の開裂によるオクソンの解毒が主要因と思われる。1960年、香川県で大発生したパラチオン抵抗性系統ではパラオクソンの脱エチル化活性の増大が主要因であると報告されており (Kojima ら, 1963)、秦系統の抵抗性機構とは異なっている。1984年、新潟県で多発生した有機リン剤抵抗性ニカメイガのフェニトロチオン抵抗性機構も *P*-*O*-アリアル結合の開裂によるオクソンの解毒であることから (昆野・宍戸, 未発表)、近年出現する日本各地の有機リン剤抵抗性ニカメイガの抵抗性機構は、秦系統と同じ機構の可能性が高い。

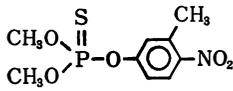
III 協力剤の利用による抵抗性打破の試み

薬剤抵抗性害虫を防除するもっとも容易な方法は、代替薬剤への切り替えや新規薬剤の開発である。岡山県で

第3表 秦系統のニカメイガに対する各種協力剤の効果

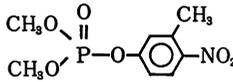
協 力 係 数*		
(フェニトロチオンに混合した場合)		
+IBP (1:10)	6.7	(真鍋ら, 1983)
+ピリミカーブ (1:1)	3.7	(KONNO and KAJIHARA, 1985)
+K-2 (1:1)	3.8	(KONNO and SHISHIDO, 1985)
+K-2 (1:10)	8.9	(")
(フェニトロオクソンに混合した場合)		
+K-2 (1:10)	6.2	(")

* 協力係数=(薬剤単独の LD₅₀)/(混合剤中の薬剤の LD₅₀)



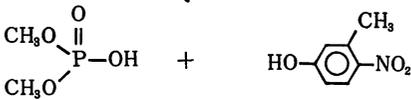
フェニトロチオン

活性化 ↓



フェニトロオクソン(活性毒物体)

解毒 ↓ 秦系統 ≧ 感受性系統



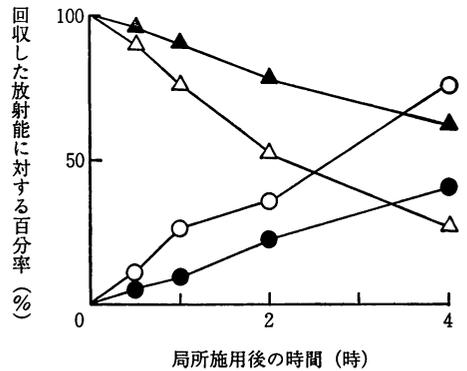
3-メチル-4-ニトロフェノール

ジメチルリン酸

第5図 秦系統のフェニトロチオンに対する抵抗性のメカニズム

は、1978年に抵抗性ニカメイガが多発生して以来、カルタップや、P-O-アリアル構造を持たないジメチルピノホス、モノクロトホス、CVMP、PAPなどに切り替えられた。代替薬剤に頼る方法は確かに有効であるが、代替薬剤の数にも限りがあり、また新規薬剤の開発も容易ではないことから、それら以外の抵抗性対策を複数持っているほうがより好ましいと思われる。

このような観点から筆者らはニカメイガの薬剤抵抗性を打破する協力剤の探索を行っている。協力剤とは、それ自体は無毒であるが、薬剤と混合すると薬剤の殺虫活性を増強し、一般に殺虫剤を解毒する酵素の阻害剤と考



水溶性代謝物 ●-●(+K-2), ○-○(-K-2)
フェニトロオクソン ▲-▲(+K-2), △-△(-K-2)

第6図 秦系統のニカメイガにおける¹⁴C-(O-メチル)-フェニトロオクソンの *in vivo* 代謝に及ぼす K-2 の影響 (KONNO and SHISHIDO, 1985)

えられている。もし優れた協力剤が見つければ、抵抗性系統の出現のために使用を制限された多くの優秀な薬剤の利用が再び可能になるばかりでなく、ニカメイガ以外の抵抗性害虫にも協力剤を利用できるかもしれない。

抵抗性ニカメイガに対し協力作用を示す物質として、すでに有機リン殺菌剤の IBP, EDDP とカーバメート剤のピリミカーブが知られていたが(田中ら, 1982; 真鍋ら, 1983; KONNO and KAJIHARA, 1985)、筆者らはまず有機リン化合物の中から探索を行い、エステラーゼ阻害剤として知られるサリゲニンリン酸環状エステルの K-2 (2-phenoxy-4H-1, 3, 2-benzodioxaphosphorin-2-oxide) に協力作用を見いだした。フェニトロチオンに対する K-2 の協力効果は IBP やピリミカーブよりも若干優れていた(第3表)。

K-2 の協力メカニズムについては、秦系統のニカメイガのフェニトロチオン抵抗性機構がフェニトロオクソンの解毒であることや、K-2 がフェニトロオクソンにも

協力作用を示すことから(第3表), なんらかの形でフェニトロオクソンの解毒システムを阻害することによると考えられた。そこで K-2 を混合した場合としない場合について, ^{14}C -(O-メチル)-フェニトロオクソンの代謝を秦系統の5齢幼虫を用いて調べた。結果は第6図に示すとおり, K-2 が存在するとオクソンの解毒が著しく阻害され, K-2 の協力メカニズムがやはりオクソン解毒の阻害であることが明らかになった。

さて, K-2 の協力効果は確かに優れていたが, ニカメイガの高度の抵抗性を完全に打破するまでには至らなかった。秦系統のニカメイガの解毒系が P-O-アリール構造に高い親和性を持つことに注目し, P-O-アリール構造に類似した基本骨格を持つ SK 化合物と呼ぶ新しい化合物群をデザイン・合成した。SK 化合物はそれ自体ニカメイガにはまったく無毒であるが, 有機リン剤に混合すると薬剤の殺虫活性が著しく増大し, 特に SK-102 の協力効果は K-2 よりもはるかに高く, 秦系統の高度の抵抗性は完全に打破され, 一挙に感受性レベルまで低下した(フェニトロチオンに対する協力係数は 37.2, ピリミホスメチルに対しては 1,080)(昆野・穴戸, 1987)。このような高い協力効果が得られた例は世界的にもあまり例がない。SK 化合物の協力メカニズムも K-2 と同様, オクソン解毒の阻害と考えられるが, 今後この点についてもさらに検討したい。

おわりに

ニカメイガの薬剤抵抗性に関連して興味をひくのが, マコモ寄生ニカメイガとイネ寄生ニカメイガの関係である。近年, ニカメイガが多発生する原因の一つに, 水田周辺の雑草(マコモ)の増加がニカメイガの越冬源となり生存率を高めているのではないかと疑われているが, 果たして本当にイネ寄生とマコモ寄生のニカメイガは同一種なのだろうか。岡山農試の田中氏(私信)によれば, 有機リン剤抵抗性ニカメイガが発生している水田近くのマコモから採集したニカメイガは感受性系統であった。今後この点についても検討したい。

ニカメイガは戦前・戦後を通してわが国の稲作にもつ

とも大きな被害を与えた大害虫であり, 日本の応用昆虫学の歴史を振り返ると, ニカメイガの生理・生態に関する数多くの重要な研究が行われてきた。最近のニカメイガの減少は総合防除の成果といわれることもあるが, 減少した理由については不明な点が多い。減少した理由を解明できればその他の害虫の防除にも応用できる可能性が高いが, 減少してしまったニカメイガに対する関心は薄いようである。

ニカメイガの和名は, 日本のほとんどの地域で年2回発生すること(二化)に由来している。岡山県でフェニトロチオンが本格的に使われたのは1960年代の後半であり, 1970年に行われた殺虫効力試験ではフェニトロチオンに対し, ニカメイガは感受性であった(平松ら, 1973)。ニカメイガの年2回の発生を考えると, わずか20世代の淘汰により高度の抵抗性が発達したことになる。この事実は, ニカメイガの適応能力の高さを示しており, この点からもニカメイガは害虫としての資格を満たしていると言えようか。

本研究は, 農業環境技術研究所薬剤耐性研究室長穴戸孝博士の指導の下に行われているものであり, 同博士に深く感謝します。また常日ごろから御指導御援助をいただいている岡山県農業試験場の田中福三郎氏に深く感謝します。

引用文献

- 1) 別宮岩義ら(1976): 四国植防 11: 61~65.
- 2) 平松高明ら(1973): 中国農研 47: 82~85.
- 3) 伊東 博・尾崎幸三郎(1966): 四国植防 1: 26~28.
- 4) KOJIMA, K. et al. (1963): Jap. J. Appl. Ent. Zool. 7: 63~69.
- 5) KONNO, T. and O. KAJIHARA (1985): Appl. Ent. Zool. 20: 403~410.
- 6) KONNO, Y. and T. SHISHIDO (1985): J. Pesticide Sci. 10: 285~287.
- 7) ——— et. al. (1986): J. Pesticide Sci. 11: 393~399.
- 8) ——— and T. SHISHIDO (1987): (投稿中).
- 9) 昆野安彦・穴戸 孝(1987): 第12回日本農薬学会講要.
- 10) 真鍋幸明ら(1983): 武田研究所報 42: 87~95.
- 11) 尾崎幸三郎(1962): 防虫科学 27: 81~96.
- 12) ———ら(1971): 香川農試研報 21: 12~21.
- 13) 佐々木善隆ら(1976): 四国植防 11: 55~59.
- 14) 田中福三郎ら(1982): 近畿中国農研 64: 60~65.
- 15) ———ら(1983): 同上 65: 17~22.

稲作技術の変遷と病害の発生変動 (2)

農林水産省農業環境技術研究所 おおはたかんい
大畑貫一

IV 品種の変遷と病害の発生変動

明治 30 年ごろまでは、地主に納める年貢米は商品性が重んじられ、良質、大粒の雄町、穀良都、白玉などの品種の栽培が奨励されたが、人口の増加に伴って米が不足するようになってからは、品質は必ずしも良くないが多収性の神力や愛国が栽培されるようになった。こうしたなかで、農事試験場は地域に適した品種を選定してその栽培を奨励した。明治 37 年には畿内支場で人工交配による育種が始められたが、この時期の育種の主流は純系淘汰で、当時の奨励品種の大部分は純系淘汰によって選ばれたものであった。そして大正時代の後半には神力系、愛国系、亀ノ尾、坊主、雄町、豊国、旭系、関取、銀坊主などが広く栽培されるようになった (松尾・谷口, 1970)。

大正末期になると、当時の台湾、朝鮮から安価な米が大量に移入されるようになり、国内の稲作は大きな圧力を受けることとなった。また、そのころから硫安の生産が開始され、施肥量が増大した。そこで昭和 2 年農林省は全国を 9 地区に分けた水稻育種組織を発足させ、良質で耐肥性、多収性品種の育成に取り組んだ。その成果として、農林 1, 6, 8, 17, 18, 20 号などの品種が育成された。また、県農試からは千本旭、宝、栄光、石狩白毛、瑞豊、富国、光、山田錦、東海旭、双葉など、耐肥性の優れた良質、多収性品種が育成された (松尾・谷口, 1970)。

第二次世界大戦から戦後の食糧不足期には、質よりも少肥で収量の多い品種が要求され、農林省の組織では農林 22, 23, 25, 29, 31, 32, 35, 37, 41, 48 号, 東山 38 号, コトブキモチ, ギンマサリ, 藤坂 5 号, 県農試では銀河 1 号, 東海千本, 金南風, 新 7 号, 中生新千本, 若葉などが育成された。

昭和 20 年代の主要栽培品種は、戦時中に育成された農林 1, 6, 8, 17, 18, 22, 29 号, 愛知旭, 千本旭などの良質多収性品種であったが、深刻な食糧不足を反映して、これらの品種は 30 年代から 40 年代前半にかけて

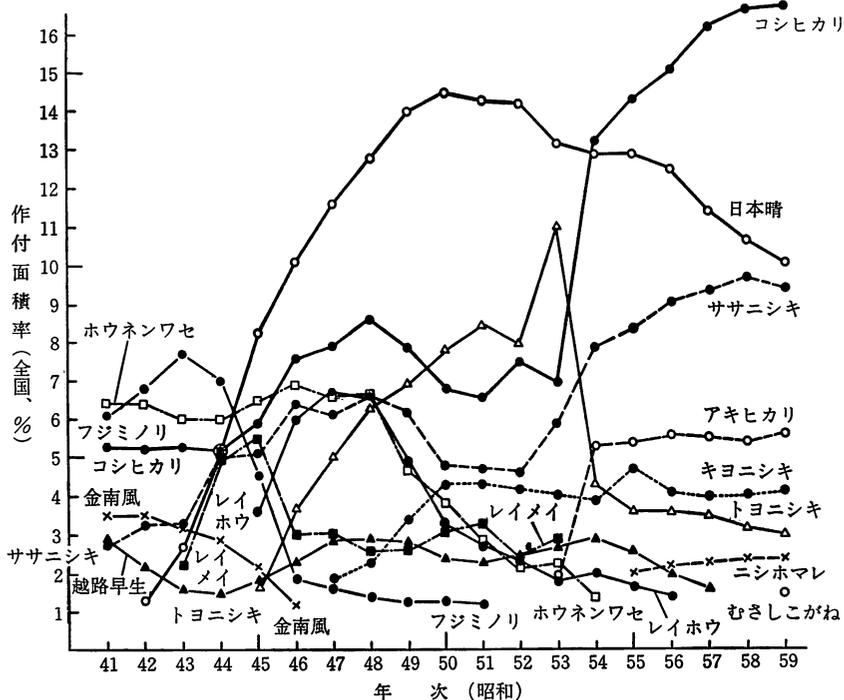
より多収性の藤坂 5 号, ササングレ, 金南風, 続いてホウネンワセ, フジミノリ, ホウヨクなどに取って代わられた。昭和 40 年代以降の主要品種の作付面積率の推移を第 6 図に示した。40 年代前半からなかばにかけては、日本晴, トヨニシキ, キヨニシキ, レイホウに代表されるような、良質で機械化栽培に適した品種の作付けが増大し、さらに 40 年代後半からは、これらに加えて食味の良いコシヒカリ, ササニシキの作付けが急上昇し、50 年代に入るとアキヒカリ, ニシホマレなどが登場し、伸びてきた。40 年代から 50 年代にかけての品種の作付推移の特徴は、量から質への転換で、食味の良い銘柄品種への集中傾向は特に生産調整以降著しい。全国的に作付面積の大きい上位 5 品種の作付面積率は、45 年以降 50% を超え、59 年には 64.9% に達した。上位 10 品種の 59 年の作付面積率は 95.2% である。戦後の品種の作付変動を見ると、20, 30 年代は食糧の不足を反映して耐肥性の強い多収性品種が主力を占め、米が過剰になった 40 年代後半以降は、多収性よりもむしろ良質で機械化適応性品種への集中が加速された。

明治以降、社会の要請を反映して水稻の育種目標や主要栽培品種は変わってきたが、その中にあって耐病性はいつも重要な育種目標の一つであった。

いもち病抵抗性品種の育成に関連しては、大正 12 年に愛知農試で陸稲の戦捷と水稻の交配が行われ、後に双葉が誕生した。農林省も昭和 5 年には外国稲の高度抵抗性に着目し、農事試験場では中国稲の荔支江, 杜稲の抵抗性遺伝子を日本稲に導入した関東 51~55 号を、中国農試では Tadukan の抵抗性遺伝子を導入して Pi No. 1, 2 を育成した。これらの品種・系統は後に高度抵抗性品種育成のための交配母本として広く利用され、多くの抵抗性品種が育成された。

外国稲の抵抗性遺伝子を導入して育成された品種の抵抗性は、かつて日本稲には見られないほど強いもので、これでもち病抵抗性品種の育成は成就されるものと関係者を喜ばせたものであった。ところが、昭和 37 年には Tadukan の抵抗性を導入した Pi No. 5 に広島で発病が見られ、翌 38 年には荔支江の抵抗性を導入し広域適応性の優良品種として期待を集めていたクサブエに茨城、栃木、埼玉で、39 年には山梨、富山、愛知、福岡でいもち病が激発した。また、39 年には北海道で、

Historical Changes of Disease Occurrence Due to the Improvements of Cultural Practices in Rice Cropping (2). By Kan-ichi OHATA



第6図 最近の水稲うるち主要品種の作付動向(食糧庁調査課:米穀の品種別作付状況)

荔支江の血を引くテイネとユーカラ、40年には秋田で杜稲の抵抗性を導入したウゴニシキ、43年には愛知で峰光、44年には福島でフクニシキ、青森、山形でシモキタが発病した。最近では、Zenithの抵抗性を導入して51年に育成されたやまてにしきが、翌年には罹病するという現象が起きた。これら高度抵抗性品種の罹病度は、いったん発病すると従来の品種以上に激しいものであった(渡辺, 1980)。

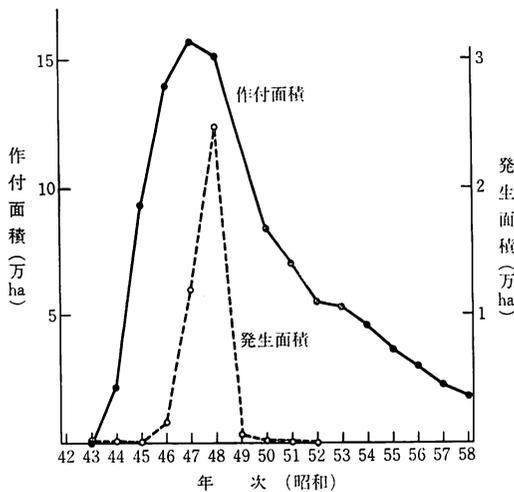
白葉枯病抵抗性品種では、大正12年愛媛農試で在来種の抵抗性品種滋賀関取11号と小雄との交配が行われ、その後代から全勝が愛知農試で育成された。また、愛知農試では在来の抵抗性品種庄兵衛と白千本が交配され、昭和7年に黄玉が育成された。一方、熊本農試では在来の抵抗性品種高農35号と旭1号の交配が行われ、後に九州農試で選抜されて農林27号が育成された。その後Lead Riceあるいは早稲愛国3号の抵抗性遺伝子を導入した品種・系統が育成された。これらの品種・系統を中間母本とし、多くの実用性品種が育成された(江塚, 1979)。

九州農試では高農35号に由来する抵抗性品種農林27号と、耐倒伏性をつけるため宝との交配後代からアサカゼ、ニシカゼ、滋賀関取11号に由来する抵抗性を導入

したホウヨク、シラヌイ、コクマサリが育成された。これらの品種は、白葉枯病の常発地帯である九州地域では栽培面積が急速に増大し、本病の防除に大きく貢献してきた。ところが昭和32年に福岡県下でアサカゼが発病するという事態が発生し、白葉枯病菌にも病原性の異なる菌型が存在することが明らかとなった(江塚, 1979)。その後も高度抵抗性を導入した品種が侵されるという事態が各地で発生した。

第4図(前号)に見られるように、昭和20年代から30年代にかけて白葉枯病の発生が増えている。これには多収を狙った施肥量の増加とともに、金南風に代表されるような罹病性品種の栽培が大きく関与している。40年代に入ってから抵抗性品種の栽培、機械移植に伴う箱育苗の普及によって、苗代感染が無くなったこと、基盤整備によって浸・冠水が少なくなったことなどによって、発生面積は減少傾向を示している。

ウイルス病の発生も、品種の抵抗性と密接な関係がある。昭和39年ごろから佐賀県下で稲が坪状にわい化する奇病が発生し、有明海沿岸を中心に急速に広がった。昭和48年には大分県を除く全県に発生し、その面積は25,000haにも達した(第7図)。本病はツマグロヨコバイによって媒介される新しいウイルス病であることがわ



第7図 レイホウの作付面積の変遷とわい化病の発生変動
 作付面積：食糧庁，米穀の品種別作付状況
 発生面積：新海 昭(1979)

かった。当時九州地域では白葉枯病抵抗性を備え、良質で、機械化適応性の品種としてレイホウの作付面積が急速に増えたが、調査の結果レイホウは本病に対して弱く、本病の急速なまん延はレイホウの急速な普及と関係のあることが判明した。レイホウはいもち病の新しいレースに対しても罹病性であることから、48年以降作付面積が急減した。代わってツクンバレ、日本晴、トヨタマなどのわい化病抵抗性品種の栽培が指導され、一方では媒介虫であるツマグロヨコバイの薬剤防除が徹底したこともあって、現在ではわい化病の発生はほとんど見られなくなった。

稲作の早期化とともに、西南暖地では昭和30年代から40年代前半において縞葉枯病の発生が増加したが、麦作の退潮によって媒介虫であるヒメトビウンカの生息場所が制約され、発生が減少してきた。しかし、米の生産調整と水田裏作麦の作付面積の増大に伴って、北関東、北海道や近畿地方の一部では、縞葉枯病の発生が増えている。中国農試では早くから本病抵抗性品種の育成に取り組み、Modanの抵抗性遺伝子を導入した系統St. No. 1及び中国31号が育成された。これらを交配母本としてミネユタカ、むさしこがね、星の光、青い空などが育成された。むさしこがねは北関東を中心に栽培が増え、59年には全国で作付面積が1.5%にも達している(第6図)。

稲作の近代化が始まって以来、抵抗性品種の栽培は病害防除対策の主要な柱として位置づけられ、主要病害に

対する多くの抵抗性品種が育成され、病害の防除、生産の向上と安定に大きな役割を果たしてきた。しかし、前述のいもち病及び白葉枯病の例に見られるように、十数年をかけて外国種などから真正抵抗性遺伝子を導入して育成した高度抵抗性品種が、普及して数年を経ずして罹病化するという事態は、関係者にとっては想像もできないほどの衝撃であった。真正抵抗性を導入した品種が罹病化するに及んで、ほ場抵抗性の強化を指向するようになったが、それだけでは十分な防除効果は期待できない。ほ場抵抗性を備えた真正抵抗性品種の育成、複数の真正抵抗性の集積、真正抵抗性品種の罹病化の損失を最小限にとどめるための方策など、早急に解決しなければならない課題が多い。一方、食味を重視するあまり、コシヒカリ、ササニシキに代表されるように、病害抵抗性の弱い銘柄品種への集中は、病害の防除をいっそう困難にしている。

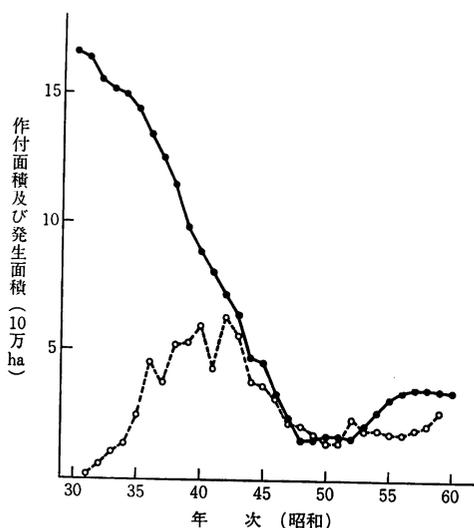
V 作期・栽培様式と病害の発生変動

わが国の稲作栽培様式の改善のなかで、画期的なことは保温折衷苗代と機械移植技術の確立である。

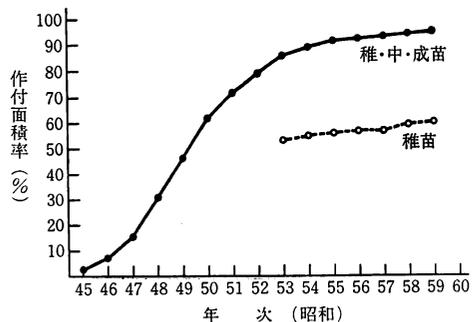
戦前の苗代様式は、水苗代がほとんどであったが、寒冷地では健苗の早植えが稲作安定に不可欠であることが早くから指摘され、育苗方法について検討されてきた。東北地方の通し苗代や北海道の温冷床苗代はその例である。戦後の育苗法で画期的な進歩をもたらしたのは、長野県の農家の着想のもとに、同県原村冷害試験地で確立された保温折衷苗代である。この苗代で育てられた苗は素質が良く、低温活着性が優れていることから早植を可能にし、さらに耐冷性品種の育成ともあいまって、冷害の回避に大きく貢献した。さらに、これを基盤に積極的な多収栽培を可能にし、30年代以降の東北地方の稲作に飛躍的發展をもたらした。そして保温折衷苗代は全国的な早期、早植栽培発展のきっかけとなった。

西南暖地では稲の生育は秋落現象を示し、また、毎年のように台風の被害を受けて、収量が慢性的に向上しない悩みを持っていた。その回避策として西南暖地でも保温折衷苗代の導入による早期、早植栽培が試みられた。その実現には、保温折衷苗代とともにDDT、BHC、パラチオンなど有機合成殺虫剤の開発によってニコメイチュウの防除が可能になったことが大きく貢献している。しかし、第8図に示すように裏作麦の作付面積の増大に伴って早期、早植栽培では縞葉枯病の発生が激しく、品質が必ずしも優れないことから、一部の地域を除いては、早期、早植栽培は定着しなかった。

保温折衷苗代の導入による早期、早植栽培では、田植



第8図 麦(4麦合計)作付面積の推移と縞葉枯病の発生変動(農林水産省統計調査部:農林水産統計)



第9図 田植機利用概略作付面積率(農水省統計情報部:作物統計)

期が20~30日も早まり、加えて短稈、多収性品種の密植多肥栽培が行われたことによって、従来それほど問題にならなかった東北、北陸地域でも、紋枯病や白葉枯病の発生が増加した。

昭和30年代から始まった経済の高度成長下に生じた農業労働者の都市への流出、農業と他産業との所得較差の拡大から、稲作における省力と労働生産性の向上が強く求められてきた。このような時代の要請を背景に、田植えや収穫の機械化が急速に進み、昭和59年には全水稲作付面積の95%が機械移植されるほどになった(第9図)。この間、機械による稚苗移植は北日本では低温活着性が劣ることから、中苗移植へ切り換えられた。59年には全国的に見て稚苗移植が60%、中苗移植が35%となっている。

機械移植では箱育苗が行われるが、箱育苗では、①苗

床面に湛水しない、②高温・多湿で出芽される、③播種密度が高いことから、水苗代では問題にならなかったいもち病、ごま葉枯病、ばか苗病、もみ枯細菌病などの種子伝染性病害、フザリウム菌、ピシウム菌、リゾプス菌、ムコール菌、トリコデルマ菌、リゾクトニア菌、白絹病菌など土壌伝染あるいは空気伝染性糸状菌による苗立枯病が発生し、健苗育苗の重大な阻害要因となった。幸い集中的な研究により防除技術が確立され、その被害を最小限に食い止めている。しかし、最近、苗立枯細菌病、褐条病などが局部的に発生し、早急な防除対策の確立が求められている。

箱育苗では、汚染種子や他から飛来した胞子によるいもち病の感染が起こりやすく、また、補植用苗や残り苗は葉いもちの伝染源になりやすい。稚苗移植では、同時期の手植えに比べれば出穂期の遅れやばらつきが起きやすく、そのため穂いもちにかかりやすくなるともいわれている。一方、白葉枯病の発生は、箱育苗では苗代感染がないことから、抵抗性品種の栽培、基盤整備の進行ともあいまって発生が減少した。箱育苗は殺菌剤、殺虫剤の粒剤の箱施薬による本田初期のいもち病、白葉枯病、害虫などの防除を可能にするなど、薬剤防除体系にも影響を与えている。

食糧輸入自由化と経済の高度成長に伴う農業労働力の不足は、麦作に大きな打撃を与え、麦の作付面積は昭和30年以降急速に減少した(第8図)。しかし、40年代後半からは米の生産調整と麦作の奨励によって、麦の作付面積は漸増している。40年代前半までの麦作の減少は縞葉枯病の発生の減少をもたらした。40年代後半からの麦作の増加は縞葉枯病の増加をもたらした。すなわち、本病の媒介虫であるヒメトビウンカは、畦畔雑草や牧草畑などで幼虫態で越冬し、羽化して成虫となる。この成虫は畦畔雑草、牧草畑あるいは麦畑で産卵する。ふ化した幼虫は好んで麦畑で生育し、羽化して成虫となる。この成虫が水田に飛来してイネにウイルスを媒介するが、麦作の増減は越冬虫の増殖場所を規制することによって縞葉枯病の発生に大きな影響を与えている。

おわりに

明治以来100年の間に、水稻の単収は約2倍の500kgに向上した。この数値の評価については意見の分かれるところであろうが、稲作における研究と普及指導の主力が単収の向上に傾注されたことに異論はあるまい。稲作の技術目標は、米の生産過剰が顕在化した昭和40年代なかばを境として、それ以前は量の確保の時代であり、以後は質の向上の時代となった。それぞれの時代の

要請を受けて、品種の改良、施肥法の改善、栽培様式・栽培法の改善、病害虫・雑草防除技術の改善、作業の機械化など、技術の改善が図られるとともに、これらの技術は体系的な技術として稲作現場への浸透が図られてきた。しかし、これまでの時代の稲作はわが国農業の基幹作物として、価格政策を中心に手厚い保護を受けてきた。その意味では、これまでの技術は、米価に支えられてはじめて実用化されているものも少なくない。今日、国際的な農産物輸入自由化の波は高く、米といえどもそれを避けることは困難になろうとしている。一方、食生活の向上、多様化から米の消費は伸び悩んでおり、稲作を取り巻く情勢はきわめて厳しいものがある。このような情勢を克服し、稲作の向上と安定を図るためには、消費の拡大、流通制度の見直し、農地の集積による経営規模の拡大などの諸施策とともに、技術的には生産コストの低減がもっとも重要な課題である。そして、生産コストの低減には、収量の向上と投入要素の節減が車の両輪となる。そのためには、嗜好の多様化に合致した食味、収量性、耐肥性、耐病虫害性、機械化適応性などを兼備した優良品種の育成、品種・立地・土壌条件などに適合した

施肥技術の改善、機械の効率的利用、農薬の効率的利用による病害虫・雑草防除技術の確立、そして、それらをも有機的に結合した体系化技術の確立こそが今後のもっとも重要な課題となろう。その中で病害防除技術は、コスト低減とともに生態系との調和が求められる。

主要参考文献

- 1) 江塚昭典・坂口 進 (1979): イネ白葉枯病に対する品種抵抗性と病原細菌のレース分化〔1〕, 農及園 54: 1210~1214.
- 2) 門間敏幸・北川靖夫・大畑貫一 (1984): 農業生産の向上と生産資材の投入効果, 農業研究センター 研究資料 2, pp. 91.
- 3) 日本農業研究所編(1970): 戦後農業技術発達史, 第1巻, 水田作編, pp. 1226.
- 4) 日本植物防疫協会編: 農薬要覧
- 5) 農林水産省農林水産技術会議事務局編 (1979): 戦後農業技術発達史(続) 第1巻, 水田作編, 農林水産技術情報協会, pp. 689.
- 6) 農林水産省: 作物統計
- 7) 渡辺進二 (1980): 外国イネ利用による育種, 山崎・高坂編. イネのいもち病と抵抗性育種, 博友社 p. 34~46.
- 8) 安尾 俊ら編 (1971): 植物防疫事業 20 周年記念資料編. 日本植物防疫協会 pp. 183.
- 9) ーら編 (1980): 植物防疫事業 30 周年記念誌資料編. 日本植物防疫協会 pp. 171.

新しく登録された農薬 (62.5.1~62.5.31)

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: 対象病害虫: 使用時期及び回数などの順。(…日…回は、収穫何日前まで何回以内散布の略)。(登録番号 16823~16827 まで計 5 件)

『殺虫剤』

エチルチオメトン・チオシクラム粒剤

エチルチオメトン 3.0%, チオシクラム 2.0%

エカマート粒剤 (62.5.20)

16826 (エス・ディー・エスバイオテック)

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・イネツトムシ: 50 日 2 回, 稲(箱育苗): イネミズゾウムシ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類・イネドロオイムシ: 移植直前 2 回

BT 水和剤

バチルス・チューリンゲンシス菌の生芽胞及び産生結晶毒素 10.0%

チューリサイド水和剤 (62.5.20)

16827 (エス・ディー・エスバイオテック)

あぶらな科野菜: アオムシ・コナガ, りんご: ヒメシロモンドクガ, さくら・プラタナス: アメリカシロヒトリ

『殺菌剤』

TPN 水和剤

TPN 40.0%

ダコニール 1000 (62.5.20)

16823 (エス・ディー・エスバイオテック), 16824 (クミアイ化学工業), 16825 (武田薬品工業)

きゅうり: べと病・うどんこ病: 前日 4 回, すいか: 炭そ病・つる枯病: 3 日 5 回, メロン: うどんこ病・べと病: 3 日 5 回, かぼちゃ: うどんこ病: 14 日 3 回, トマト: 疫病・葉かび病: 前日 2 回, はくさい: べと病・黒斑病: 14 日 2 回, たまねぎ: 灰色かび病: 7 日 7 回, ばれいしょ: 疫病: 7 日 5 回, らっかせい: 褐斑病: 14 日 4 回, みかん: 黒点病: 30 日 3 回, 稲(箱育苗): 苗立枯病(リゾープス菌): 播種時 1 回, きゅうり: 苗立枯病(リゾープス菌): 播種時又は活着後 4 回, トマト: 苗立枯病(リゾープス菌): 播種時又は活着後 2 回

イネいもち病の発生要因の変化

農林水産省農蚕園芸局植物防疫課 **よ** **た** **とし** **やす**
横 **田** **敏** **恭**

はじめに

いもち病による被害率は、昭和 60 年、61 年と 2 年続けて昭和 30 年以降における最低記録を更新した。もとよりいもち病の発生、被害は気象要因に決定的に支配されるが、このような少発生が続く理由として人為的要因の変化が取りざたされている。ちなみに、人為的要因のうち特に大きな影響を及ぼしていると思われる航空防除、粒剤散布が普及している東北、北陸地域では、ここ数年被害率 0.5% 前後の少発生が続いている。

また、昭和 59 年以降水稻の 10a 当たり収量は 500 kg を突破し、昭和 30 年、42 年に経験したような単収の一段階向上が実現したように思われる。

このような情勢において、いもち病防除技術の成果をできるだけ客観的に評価しておくことは、現今の緊急課題である低コスト稲作を病害虫防除面から推進するうえに有意義と思われる。

このような観点からアンケート調査を実施したのでその結果を紹介するとともに、御協力いただいた方々に本稿をもって御報告とさせていただきます、厚く御礼申し上げます。

I アンケート調査の方法

依頼年月日：昭和 62 年 3 月 6 日

回答期限：昭和 62 年 3 月末日

依頼先：北海道、沖縄を除く 45 都府県庁の担当係長

公表に際しては都府県名を明らかにしないことを条件としたが、都府県内の専門家と相談のうえ回答するよう依頼したので、調査結果の評価に際して留意願いたい。

なお、アンケート調査表は誌面の都合で掲載できないので、次の調査結果の概要で判断されたい。

II アンケート調査結果の概要

1 少発生の継続年数（回答数 41 県）

53 年以降の 9 年間： 2

56 年以降の 6 年間： 4

57 年以降の 5 年間： 5

58 年以降の 4 年間： 14

59 年以降の 3 年間： 8

60 年以降の 2 年間： 8

少発生が続いていない（61 年のみ少発生を含む）： 4

地域的には、九州南部で 60 年以降 2 年間少発生が続いているが、他では傾向なし。

2 気象以外の発生要因の総合評価（回答数 41 県）

少発生に影響している： 20

少発生に影響しているが気象要因に比べ極く軽微： 15

少発生に影響していない： 6

むしろ発生を助長： 0

地域的には、北陸で少発生に影響していると評価しているが、他では傾向なし。

3 気象以外の発生要因の個別評価（回答数 20 県）

要 因	影 響 程 度			
	大	中	小	無
品 種	4	2	11	3
施 肥	7	5	5	3
薬 剤 防 除	9	7	4	
その他の栽培管理	2	4	9	4

（無回答 1）

第 1 図 気象以外の発生要因がいもち病の少発生に影響している程度

4 「品種」でもっとも影響の大きい要因（回答数 6 県）

抵抗性品種の増加： 2

罹病性品種の減少： 2

適地適品種の選定： 0

その他： 2

5 「施肥」でもっとも影響の大きい要因（回答数 12 県）

窒素施用量の減少： 3

珪酸施用量の増加： 0

分施、気象・生育に適合した施用： 7

その他： 1

6 「薬剤防除」で影響の大きい要因（回答数 16 県 × 1 県三つ以内）

種子消毒の普及： 5

箱施薬の普及： 4

葉いもちの本田粒剤散布の普及： 10

穂いもちの本田粒剤散布の普及： 4

航空防除の普及、増加： 5

上記以外の防除の増加： 0
 効果の高い薬剤の普及： 10
 予察による適期防除の実施： 5
 航空防除の適期実施： 0
 その他： 0

7 「その他の栽培管理」でもっとも影響の大きい要因 (回答数 6 県 + 重複回答 1 県)

中苗移植の増加： 0
 育苗技術の向上, 健苗育成： 2
 補植用苗の除去： 3
 水管理の徹底： 2
 その他： 0

8 今後の予想被害水準 (回答数 20 県—無回答1県)

予想被害水準	県 数
2 割 未 満	5
2 ~ 4 割	3
4 ~ 6 割	7
6 ~ 8 割	2
8 割 以 上	2

第 2 図 本年が最近10年間のうちもっともいもち病が多発した年次と同様の気象条件になると仮定した場合の, その年次と比べた予想被害水準 (多発した年次の被害を10割とする)

9 薬剤防除の展望 (回答数 45 県)

区 分	減少←(微ぼい)→	多少普及(増加)→	かなり普及(増加)	
種 子 消 毒	35	3	3	
箱 施 薬	28	10	3	
葉いもちの本田粒剤散布	2	20	19	4
穂いもちの本田粒剤散布	3	14	23	3
航 空 防 除	3	9	11	1
上 記 以 外 の 防 除	5	26	4	2
効果の高い薬剤	3	8	19	15

第 3 図 今後 2 ~ 3 年間のいもち病薬剤防除の見通し

10 今後の薬剤防除推進上の重要事項 (回答数 45 県 × 1 県五つ以内)

種子消毒の普及： 9
 箱施薬の普及： 5
 葉いもちの本田粒剤散布の普及： 7
 穂いもちの本田粒剤散布の普及： 13
 航空防除の普及, 増加： 7

上記以外の防除の普及： 0
 効果の高い薬剤の普及： 17
 地上防除組織の育成： 7
 地域・品種等に応じた防除体系の普及： 24
 葉いもちの防除適期の予察： 16
 葉いもちの防除要否 (回数) の予察： 15
 穂いもちの防除要否 (回数) の予察： 29
 耐性菌対策： 11
 レース対策： 8
 同一薬剤の偏重防止： 10
 防除実施組織に対する指導力強化： 14
 防除実施組織による発生状況等調査の実施： 8
 防除回数の削減： 11
 安価な薬剤の活用： 4

III 調査結果に関する二, 三のコメント

気象以外の発生要因が少発生に影響しているとしたのは 20 県, 軽微ないし影響していないとした県は 21 県で伯仲している。また, 影響しているとした 20 県に対し, 本年が最近 10 年間のうちもっともいもち病が多発した年次と同様の気象条件になると仮定した場合の, その年次と比べた予想被害水準を質問した結果, 半分程度 (4~6 割) としたのが 7 県でもっとも多かったが, 明らかに半分以下としたのも合わせて 8 県で, 総じて気象以外の薬剤防除, 施肥等の発生要因に関する評価はまだ定まっていない。

個別要因では, 薬剤防除の評価がもっとも高く, 施肥がこれに次ぐが, 植物防疫関係者に対するアンケート調査であることを考慮すると, ほぼ同程度に評価されるとみてもよいのではないかと。

薬剤防除では, 葉いもちの本田粒剤散布と効果の高い薬剤の普及, 施肥では分施, 気象・生育に適合した施用と窒素施用量の減少が評価されているが, これらはそれぞれ別の概念ではなく, そのような方向が評価されているということであろう。

薬剤防除の展望では, 葉いもちの本田粒剤散布, 効果の高い薬剤のほかに, 穂いもちの本田粒剤散布が今後普及するとされている。また, 薬剤防除推進上の重要事項は, 穂いもちの防除要否 (回数), 地域・品種等に応じた防除体系とした県が多く, 流れと担当者の意向の間に微妙な差が生じている。

短期輪作によるイチゴ萎黄病の被害軽減とその要因

奈良県農業試験場 おかもやまけん お こばたけひろふみ こだまたかし
岡山健夫・小島博文・小玉孝司

奈良県病害虫防除所 ほり もと けい いち
堀 本 圭 一

はじめに

イチゴ萎黄病は、土壌伝染及び苗伝染によってまん延し、奈良県下では全作付面積の約70%に発生が見られている。この対策として無病親苗の増殖配布やハウス密閉による土壌消毒が行われ、一応の成果を収めたが、連作による病原菌密度の高まりと消毒後の周辺からの再汚染のために、効果が十分に発揮できないことも多い。主要品種である宝交早生は萎黄病に感受性で、育苗期、本ばを通じて発病し、促成作型では育苗や定植期が高温期に当たり、この時期と4月上旬以降の収穫後期に病勢が進展する。

奈良県の農家では水田輪換畑の麦作跡地で育苗すると萎黄病の被害が軽減されたり、促成イチゴの収穫を前期収穫(12月~2月)で打ち切り、その後にトマト、カボチャなどの異種作物を導入すると連作障害が軽減できるという事例がある。輪作による連作障害克服の試みはこれまで数多くあり、フザリウム病の防除を目的とした試験は、作物の種類によって効果が一定せず、一般にイネ科作物を中心とした輪作体系は軽減する傾向があると推察されている(下長根ら, 1980)。しかし、短期輪作による軽減効果や経済性作物による軽減例はほとんど知られていない。

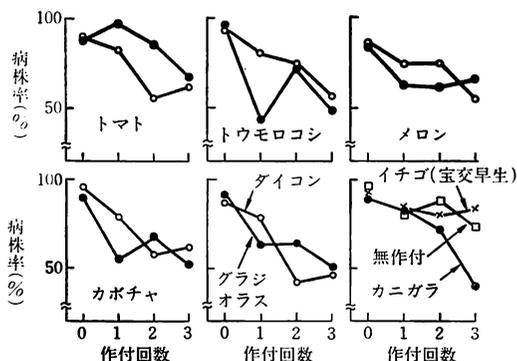
そこで、これらの農家事例を参考にイチゴを連年栽培する作付体系において、前後作に他作物を導入することによってイチゴ萎黄病の伝染環を遮断し、同時に土壌理化学性の改善を目的として、1982年から4年間農林水産省の助成を受けて総合助成中核試験研究に取り組んできた。その結果、促成イチゴの施設栽培における短期輪作によってイチゴ萎黄病が軽減され、安定生産が可能となる見通しを得た。試験の経過ならびに明らかになった軽減効果、軽減機構を紹介し、今後の参考に供したい。

I イチゴ萎黄病発病軽減効果の高い作物の選定

1 本ばに導入する作物

無加温ハウスの促成早どりイチゴ後作として、3月から作付け可能な作物の中から発病軽減効果の高い作物を選定するために第1図に示したように、イチゴ及び他作物を枠は場で栽培した。作物は各作3~4か月間栽培し、2年間に計3連作した。作付け前土壌及び1, 2作栽培後土壌をプラスチック容器に移してイチゴ子苗を植え発病を調査した。対照として、イチゴ(宝交早生)区、無作付区を設けた。一部の作物については、植物体地上部茎葉を土壌混和し、茎葉混和の影響を併せて調査した。1作栽培後の土壌では、イチゴ(宝交早生)区の発病がもっとも高く、無作付区でもイチゴ区と同程度に発病したが、異種作物区ではこれよりも発病が低下した。2作栽培後土壌では、異種作物栽培区はイチゴ区よりもすべての作物で低く、特にトマト、メロン、カボチャ、ダイコンなどの区は発病低下が大きかった。

同3作後土壌では、異種作物区はイチゴ区よりもさらに発病が少なく、無作付区も低下する傾向が見られた。特に、カボチャ混和区、トウモロコシ混和区と持ち出し区、メロン持ち出し区、ダイコン、グラジオラス区など



0: 作付前, 1: 1作後土壌, 2: 2作後土壌, 3: 3作後土壌, ○: 茎葉持ち出し, ●: 茎葉混和 (3区画の平均値)

第1図 異種作物の連作頻度とイチゴ萎黄病の発病

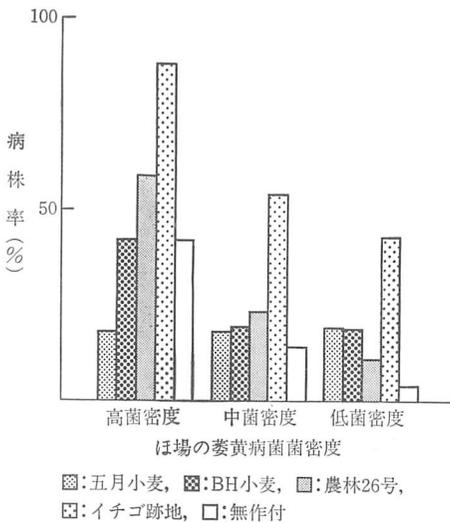
Effect of Short Rotation on the Occurrence of Strawberry Fusarium Wilt. By Ken-o OKAYAMA, Hirofumi KOBATAKE, Takashi KODAMA and Keiichi HORIMOTO

で発病が抑えられた。しかし、作物の土壌混和区では作期ごとに発病が大きく変動する傾向が見られた(岡山ら, 1986)。以上のことから本ぼへ導入する作物として、ほとんどの非寄主作物は萎黄病軽減に効果的に働き、栽培回数が増加するに従い、軽減効果が高まることが示唆される。また、イチゴ萎黄病抵抗性品種についても発病が低下する傾向が見られた(第1図)。

2 育苗ほに導入する作物

イチゴ育苗予定畑へ導入する作物として、秋から春に露地ほ場で栽培可能な作物をイチゴ萎黄病汚染ほ場に栽培した。エンドウ、キャベツ、コムギなど秋冬作物の作付区はイチゴ連作区に比べ、明らかに萎黄病の発病を軽減し、これらの作物間に軽減効果の差はなかった。秋冬作物の中からコムギを選定し、萎黄病菌汚染土壌の接種量を変えたほ場を設定し、菌密度と発病軽減効果の関係を調べた。コムギ区はイチゴ区に比べ、明らかに発病が軽微で、いずれの菌量においても発病差が見られた。

しかし、無作付区に比較すると、高濃度接種区では同



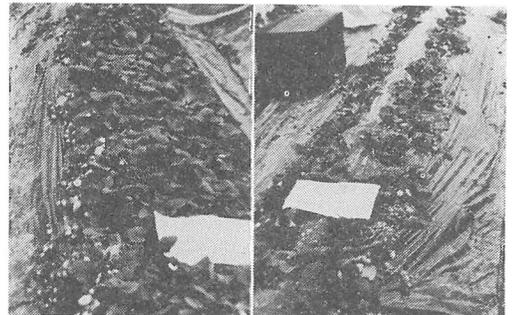
第2図 小麦栽培跡地土壌におけるイチゴ萎黄病の発病

程度、中・低濃度接種区ではやや発病が多くなる傾向を示し、コムギ作付けによる積極的な発病軽減効果は認められなかった(第2図)。

3 本ぼにおける実証試験

イチゴ萎黄病の病土を混和し、供試ほ場とした。9月から翌年2月まで促成イチゴを栽培して、その後7月までメロン、トマト、トウモロコシを導入し、対照としてイチゴ後期作栽培区を設けた。9月から再び全区にイチゴを植え付け、萎黄病の発生を調査した。異種作物栽培跡地における萎黄病の病株率は、定植1か月後にイチゴ後期作付区では21.2%、メロン跡地で5.6%、トマト跡地で4.9%であり、異種作物導入区の発病は大幅に軽減された。前期作終了時の2月末にはイチゴ区での病株率が91%となったが、メロン区で16%、トマト区で26%となり、異種作物導入による発病軽減効果が認められた(岡山ら, 1984)。

イチゴ前期作の収量は、隣接の無病ハウスの収量に対し、イチゴ区では80%減と大幅に減収したが、トマト区では21%減、メロン区では16%減にとどまり、病株率に対応した。以上のことから、イチゴ作を前期で打ち切り、メロン、トマトなどの異種作物を導入することは、イチゴ前後期作に比べ、萎黄病発病軽減に有効と考えられた。以後、同様の短期輪作体系を2年間継続したが、イチゴ区との発病差は変わらなかった(第3図)。

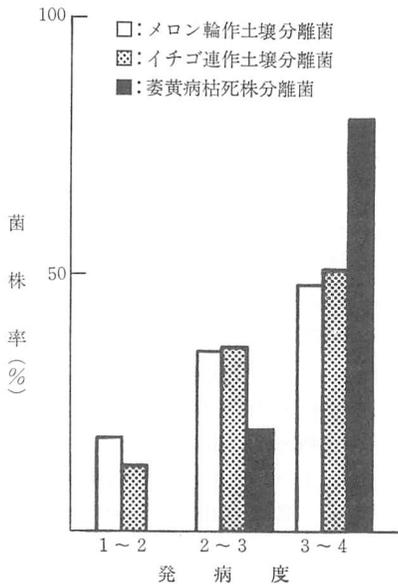


第3図 本ぼにおける萎黄病の発病状況
左: イチゴ-メロン輪作, 右: イチゴ連作

第1表 短期輪作とイチゴ萎黄病の発病

調査年月		1983 年作			1984 年作			1985 年 12 月	
9月~2月	3月~7月	12	3	7	12	3	7	茎葉持出し	土壌混和
		12	16	—	17	10	—	47	65
		23	26	—	35	34	—	63	75
		44	45	—	46	50	—	66	80
		85	91	100	66	71	100	93	99

数字は病株率 (%)



発病度 1: 生育不良, 2: 3小葉のうち1小葉が小型化, 3: 2葉以上の小葉が小型化し黄化, 4: 枯死

第5図 土壌及び病株から分離した萎黄病菌の病原性

2 イチゴ萎黄病菌の病原性

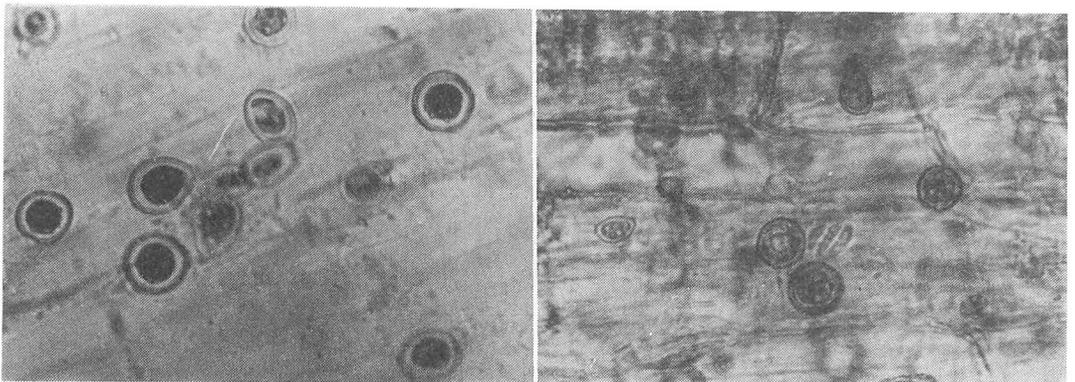
異種作物作付け土壌及びイチゴ連作土壌から分離した *F. oxysporum* は、総数において大差なかった。そこで、これら両土壌ならびに発病株から分離した萎黄病菌の病原性を調査した。発病株から分離した萎黄病菌は供試菌株すべてが発病度2以上であり、発病度3~発病度4の重症株が多かった。これに対し、イチゴ連作土壌から分離した菌株やメロン土壌から分離した菌株では、発病度4を示す菌株数が少なく、メロン土壌分離菌株では軽症株が多い傾向が認められた。このことから、イチゴ萎黄

病菌は菌株によって病原性に差があり、輪作ほ場では病原性が弱まっている可能性が推察された(第5図)。

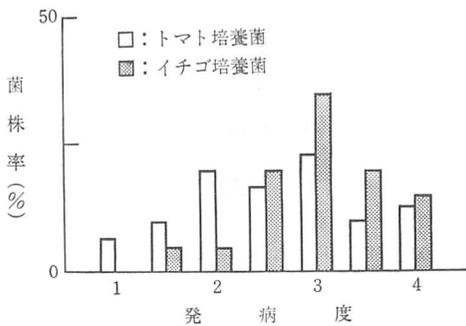
伊藤ら(1975)は、インゲン根腐病の病原性についてインゲン残渣中の根腐病菌はオオムギ残渣中の菌よりも明らかに発病が激しく、オオムギ跡地における感染能力の低下した理由の一つを病原性低下によるとしている。また、Tousson(1960)は根の分泌物に含まれる炭素、窒素が病原性に影響し、窒素は寄主体侵入を促進しているとしている。

そこで筆者らは、異種作物及びイチゴの根とイチゴ萎黄病菌との相互作用を探るために、試験管内に育てた無菌培養植物体を使って、イチゴ萎黄病菌を接種し、影響を調べた。供試作物は、イチゴ、メロン、トウモロコシ、カボチャ、ハクサイ、エンドウを使い、イチゴ萎黄病菌を8か月間に3回継代培養した。

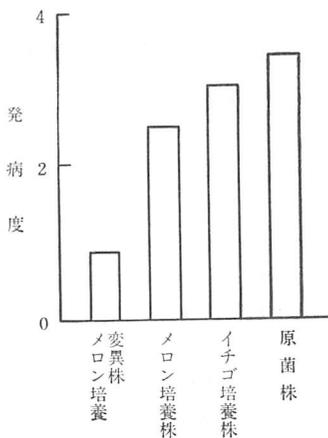
根面に形成した萎黄病菌の厚膜胞子は、イチゴ、トウモロコシ、ハクサイで多く、カボチャ、トマト、メロンでは少なかった。イチゴ根面の厚膜胞子は、その形が大きく、円形で内容物が充実したが、他作物では円形となり、充実度が悪く、その体積比はイチゴを100とすると他作物では40~65と違いが見られた。この現象は素寒天上で各作物組織片とともに培養し、形成した厚膜胞子にも見られた(第6図)。両試験で得られた厚膜胞子の一定量をイチゴ子株に接種した結果、イチゴ培養菌の病原性が強く、他作物培養菌は弱くなる傾向が認められた(第7図)。BURKE(1965)は、インゲン根腐病の多発土壌と、連作にもかかわらず、発生が少ないほ場の土壌を用い、厚膜胞子の形成が前者で速くて、多くかつ大きいのに対し、後者では遅くて、少なくかつ小さいとし、前者では感染源ポテンシャルが大きくなると考察している。すなわち、非寄主作物根圏の厚膜胞子は根の



第6図 イチゴ萎黄病菌の厚膜胞子
左: メロン培養菌, 右: イチゴ培養菌



第7図 イチゴ、トマトで培養したイチゴ萎黄菌の病原性



第8図 培養メロン及びイチゴから再分離したイチゴ萎黄菌の病原性

影響を受け、発芽—厚膜胞子の再形成を繰り返すうちに形状を変化させ、この結果、感染源ポテンシャルの低下につながったと推察される。

また、無菌的に異種作物根圏で培養した萎黄病菌の中で菌そう形態の異なる変異株を認めた。メロン培養菌株の中には保存原菌株やイチゴ培養菌と同様に同心円状を示すコロニーと、これ以外に菌糸束状の星形を示すコロニーが生じ、このような変異菌株は保存原菌株に比べ、分生胞子の形成量が少なかった。これらの菌株を PSA

斜面培地で培養し、イチゴに接種して病原性を調査すると、原菌株、イチゴ培養菌株及び同一形態のメロン培養菌株は、ほぼ同程度の病原性を示したが、変異菌株の病原性は明らかに低かった(第8図)(堀本ら, 1986)。このようなコロニーの形状を示す菌株は、メロンなど異種作物の跡地土壌に栽培したイチゴの根冠部からも検出され、変異菌株の出現が発病軽減の一要因になりうることを示唆された。

以上のように、他作物との輪作によって萎黄病による被害は著しく減少するが、発病軽減には従来から指摘されている菌量の減少だけでなく、病原菌の質的な変化も大きな要因といえる。イチゴ萎黄病菌の生態に関する研究は少なくないが、寄主だけでなく寄主以外の植物根との相互作用を明らかにすることが、輪作体系を考えるうえで重要である。

おわりに

促成早どりイチゴと半促成トマト、メロン、ナスなどの作付体系は、イチゴ萎黄病の抑制効果が高いだけでなく、現地では作業性、収益補完性も高く、普及性が高い。また、労力不足の農家では、スイートコーン、カボチャなどの省力品目が有望である。しかし、イチゴ—トマトの作付体系では、トマト青枯病が増加傾向にあり、発生地域では病株の除去、土壌消毒及び抵抗性台木の利用などの配慮を要する。導入作物の選定にあたっては、作目、品種などの統一によって小産地化を図ることが望ましい。

引用文献

- 1) BURKE, D. W. (1954) : *Phytopathology* 44 : 483.
- 2) 堀本圭一ら (1986) : *日植病報* 52 : 541.
- 3) 伊藤征男 (1975) : *植物防疫* 29 : 26~30.
- 4) 駒田 且・小川 圭 (1980) : 作物のフザリウム病 (松尾卓見ら編), 全国農村教育協会, 東京, pp. 218.
- 5) 岡山健夫ら (1984) : *日植病報* 50 : 389.
- 6) ———ら (1986) : 同上 52 : 541.
- 7) 下長根鴻・尾崎克己 (1980) : 作物のフザリウム病 (松尾卓見ら編), 全国農村教育協会, 東京, pp. 338.
- 8) TOUSSON, T. A. et al. (1960) : *Phytopathology* 50 : 137~140.

畑害虫の耐寒性

農林水産省北海道農業試験場畑作部 ^{ほん}本 ^ま間 ^{けん}健 ^{べい}平* ^{つっ}・^い筒 ^し井 ^{ひと}等

北海道大学低温科学研究所 ^{さか}坂 ^{がみ}上 ^{しょう}昭 ^{いち}一

はじめに

冬期における昆虫の生理・生態については従来種々の観点から研究されてきたが、いまだ不明の点も多い。農業害虫の場合、越冬の問題は、冬期間の生存率に関係するいろいろな要素を含めて総合的に研究すべきであろうが、寒地においてはまず低温そのものの影響とそれ以外のものに分けて考察する必要がある。

低温の直接的な影響、言い換えれば昆虫の耐寒性の研究は、従来凍結機構の解明や、凍結しても生存しうる生理学的機構の研究に関心が集中し、材料の得やすさもあって、極度の低温にさらされる機会の多い地上越冬の種類について多く研究されてきた。例えば、昆虫の過冷却に関する Somme (1982) の総説から、非耐凍性の有翅昆虫で越冬場所、越冬態、過冷却点のわかっている種類を抜き出してみると、地上越冬 82 種、地表越冬 33 種、地中越冬 8 種である。しかし、北海道に普通な畑害虫 46 種では、地上越冬 4 種、地表越冬 18 種、地中越冬 24 種でまったく逆な順になる。地中越冬の昆虫については上述のように知見も少ないし、地上とは環境条件も異なっているので、地中越冬種の多い畑害虫については洗い直してみる必要がある。本稿では、最近数年間に北海道大学低温科学研究所と北海道農業試験場畑作部が共同して行った「畑害虫の耐寒性に関する研究」の成果を中心に、この問題について解説したい。

I 耐寒性の定義

耐寒性は昆虫が寒冷な気候に対処して発達させた適応能力の一つである。広義には発育や活動に適しない低温に耐えられる性質を指す。低温の範囲は必ずしも明確ではないが、便宜的に 0°C を基準にして、それ以上の冷温とそれ以下の低温に分けることができる。冷温に対する耐性を冷温抵抗性として、0°C 以下の温度に対する耐寒性と区別することが多い。0°C 以下の環境では、昆虫

Cold Resistance in the Insect Pests of Upland Crops. By Kenpei HONMA, Hitoshi TSUTSUI and Shōichi F. SAKAGAMI

* 現 農林水産省野菜・茶業試験場茶栽培部

は凍結の危険にさらされる。凍結が昆虫にとって致死的であるかないかによって、耐寒性をさらに非耐凍性と耐凍性に分類できる。大部分の昆虫は凍結すれば助からない非耐凍性である。しかし、後述するように、形態的、生理的、行動的な機構を発達させて凍結を回避している。非耐凍型の耐寒性は凍結回避性とも呼ばれる。

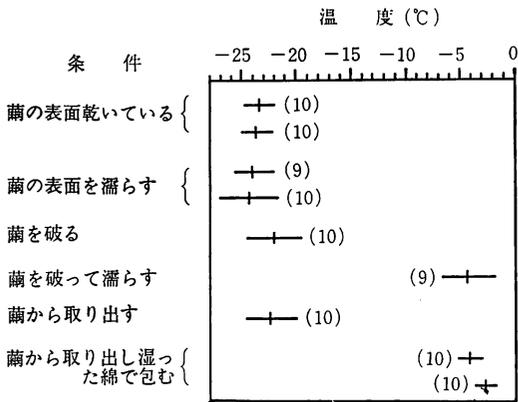
II 畑地における寒さの実態

上述のように、畑害虫には地表ないし地下で越冬する種類が多いので、越冬場所の温度がどの程度になるかを簡単に説明しておきたい。この研究で材料の採集や、主な野外観察の行われた北海道十勝管内芽室町では、最低気温が 12 月中旬以後は、しばしば -20°C に達し、1~2 月には -30°C 近くになる。通常、根雪は 12 月下旬に始まり、それ以前に気温がかなり低下するので土壤は凍結し、凍結深は年により 40 cm に達する。地温は地表と凍土の下端 (約 0°C) との間に、なだらかなこう配を形成する。積雪が 20 cm 以上になると、雪の断熱効果により、地温は気温の変化の影響をほとんど受けなくなる。したがって根雪の早晚が土壤の温度にかなり影響し、12 月の月上旬に根雪があれば、地表の温度は 1~2 月の厳寒期にも -3°C 以下にはならない。また、根雪が 12 月下旬になれば、地表の温度は厳寒期に -4°C 以下になることもあるが、その後はしだいに上昇の傾向を見せる。北海道でも根雪の前に気温が甚だしく降下しない札幌付近では、土壤凍結はほとんど起こらない。

III 過冷却による凍結の回避と植氷

水は一般に 0°C で凍結すると思われているが、微小な水滴は氷晶核の混入を避けてゆっくり冷却すると、-40°C 近くまで過冷却する。冬期活動を停止している昆虫の体液もこの微小水滴に似た性質を示す。しかも体液には各種イオンや有機物を含むので氷点降下が起こっている。さらに消化管の内容物を排出して氷晶核になる粒子を少なくしたり、含水量を低下させて凍結を起りにくくしている場合もある。以下、マメンクイガとヨトウガを例に、過冷却による凍結回避の現象を説明する。

マメンクイガ (*Leguminivora glycinivorella*) の越冬幼

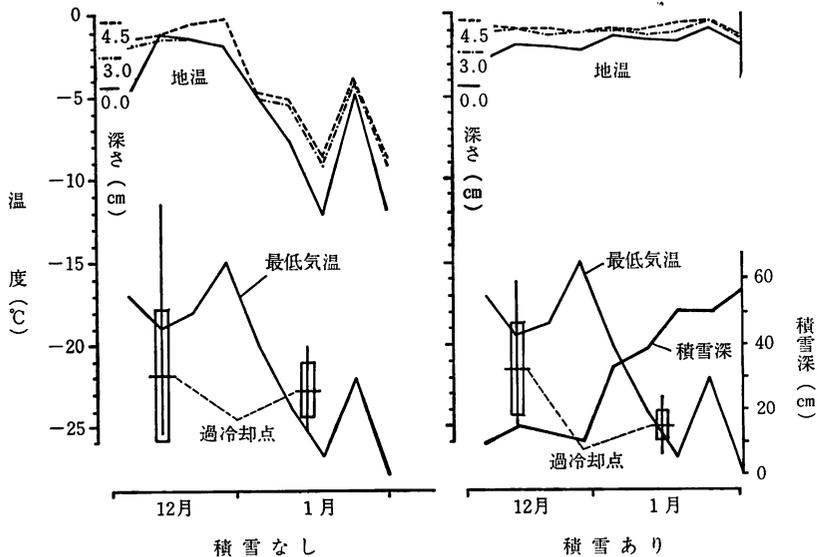


第1図 マメシクイガ越冬幼虫の過冷却点 (平均値±標準偏差; カッコ内の数字は供試数) (SAKAGAMI et al., 1985 より変写)

虫は土中に作られた菌の中に潜んでいるが、これを菌に入ったままゆっくりと (0.2~0.3°C/分) 冷却していくと、-20°C 近くまでは凍結する個体は少なく、-23~-24°C で自発凍結するものが多い (内藤, 1960; SAKAGAMI et al., 1985)。この温度が過冷却点である。しかし、幼虫を菌から取り出し、水を含んだ綿や土などが接触した状態で冷却すれば、-4°C 程度で凍結が起こる。これは体の周囲の水の接触によって、体表を通じて凍結が起こる現象で、植氷と呼ばれ、この際の凍結温度を植氷による凍結開始温度と呼んでいる (第1図)。マメシクイガの越冬幼虫は水を透過しにくい菌の中に入

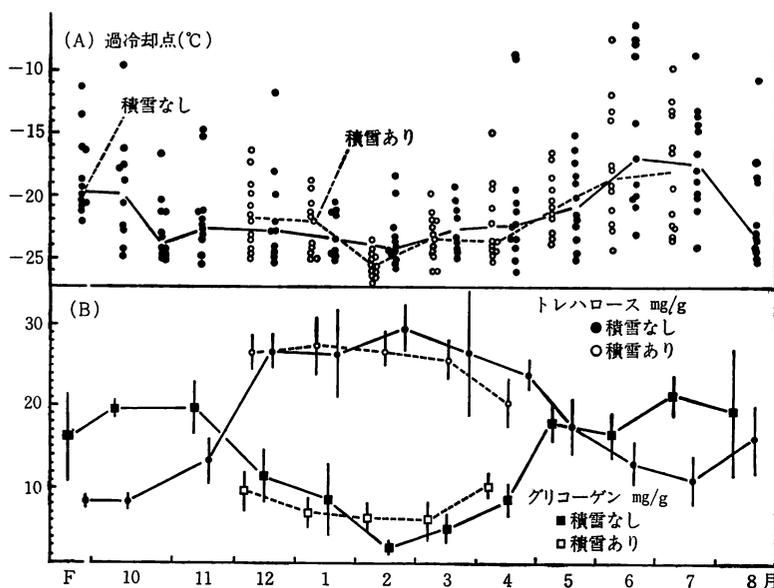
っているため、自然状態では植氷されることはない。本種の幼虫は虫体が凍結すれば必ず死亡する非耐凍型の昆虫である。また、過冷却点はあらかじめ青酸ガスなどで殺した幼虫を供試しても同じような値を示すが、生きている材料を供試する限り、自発凍結の直前までは生存している。したがって過冷却点は、短い期間に限った場合の耐寒性の指標となりうる。しかし、過冷却点よりかなり高い -10°C に連続3か月置くと75%の個体が死亡する。すなわち凍結しなくとも寒冷障害を起こす (-5°C に4か月保存の場合は生存率が高い)。一方、十勝地方でも菌が存在する地下4.5 cm までの地温は、積雪深が20 cm 以上あれば -3°C 以下にはならないし、また小屋掛けをして積雪のない状態を保っても -12°C 止まりであり、しかもこの温度が長期間続くことはない (第2図)。つまり、越冬場所の温度は過冷却点よりはるかに高く保たれ、また寒冷障害を起こす条件に達することもないといえる。

上記とよく似た現象はヨトウガ (*Mamestra brassicae*) の越冬蛹にも見られる。この蛹は地下2~10 cm のところに分布するが、過冷却点は -19~-20°C であり、植氷の場合には -3~-4°C で凍結する (坂上ら, 未発表)。この虫も非耐凍型であるから、根雪が非常に遅れたり、積雪量が少ない場合には植氷凍結によって死亡する危険がないとはいえない。しかし、植氷凍結が自然状態で起こる可能性は下記の理由によって少ないと思われる。すなわち、ヨトウガの蛹は土窩を作ってその中に入っている。



第2図 マメシクイガの過冷却点 (平均値, 標準偏差, 変異幅) と気温, 地温の関係 (芽室町, 1981~82) (SAKAGAMI et al., 1985 より変写)

土窩は非常にろいが、内面は滑らかであり、虫は尾端を下にし斜立する定位が多いから、体表が土に触れる面積は非常に小さい。もし土窩が水に漬かったとしても、土窩内面に生ずる気相と液相との界面張力によって気相は外に出ることができず、過剰な水は土窩の中に入りにくいと考えられる。また土壌が凍結する際には外側からゆっくり凍っていくため、土窩内面の水分はかなりの量が土窩の外側に移動して凍結し、植氷す



第3図 マメシクイガ越冬幼虫の過冷却点 (A) とグリコーゲン、トレハロース含量の季節的变化 (B) (札幌, 1981~82) (SHIMADA et al., 1984 より変写). 横軸の F は莢内摂食中の幼虫の測定値, B のデータに付けた縦線は標準偏差を示す).

る確率を減らすであろう。実験的にも、土を詰めた容器の中に老熟幼虫を放飼して蛹化させた後、土の含水量を高くして -16°C で土を完全に凍結させてから、凍土を破壊して中の蛹が凍結したかどうかを調査した結果、過半の個体が過冷却状態で生存していることが確かめられた。

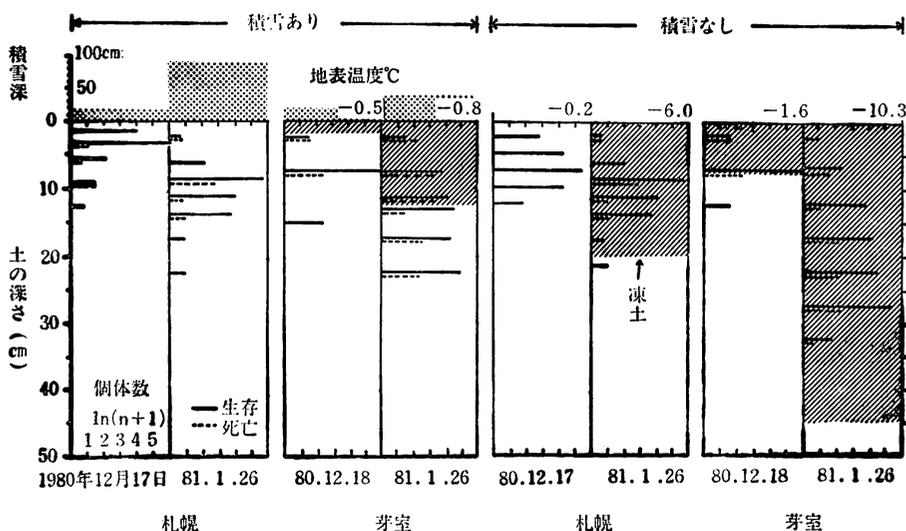
IV 過冷却点の季節的变化

マメシクイガの幼虫は北海道では 10 月中旬に老熟して地下に潜入り、翌年の 8 月まで 9 か月以上を繭の中で過ごす。SHIMADA ら (1984) はその間の過冷却点の変化を定期的に測定した。その結果を第 3 図 A に示したが、過冷却点は 10 月上旬、まだ莢内でダイズ子実を摂食中の幼虫においてもすでに平均 -18.4°C を示し、潜土後 10 月下旬には -23°C に達する。冬期間は平均値が -20°C 以下の水準を保つが、春にはしだいに上昇し、6~7 月には $-16\sim-17^{\circ}\text{C}$ になる。8 月に再び -21°C に低下しているが、この時期は蛹化直前であり、それに伴うなんらかの生理的变化が関連しているであろう。また厳冬期における過冷却点の平均値の降下が、全個体の過冷却点の様な低下というよりは、比較的高温で凍結する個体の減少によっている点が注目される。ともあれ、幼虫は夏期にも平均 -15°C 前後の過冷却点

を保っていて、冬期にはさらに低下する。このような、環境の温度に比べて非常に低い過冷却点は、適応的に発達した性質とは考えにくい。ただし本種が寒冷な地帯に分布する際の前適応的な意味は持つであろう。

V 凍害保護物質の蓄積

耐寒性はしばしば凍害保護物質の存在によって強化されている。凍害保護物質は耐凍型昆虫において重要な意味を持つといわれるが、非耐凍型の昆虫においてもなんらかの役割を果たすことは考えられ、また非活動期の生理的指標ともなるであろう。凍害保護物質の例としてはグリセロールが有名であるが、マメシクイガのように、トレハロースを蓄積する昆虫も多い。第 3 図 B はマメシクイガ幼虫体内のトレハロース含量とグリコーゲン含量を定期的に対比したものである (SHIMADA et al., 1984)。すなわち、摂食幼虫ではグリコーゲン含量がトレハロース含量を上回るが、越冬初期の 11 月にはすでに両者の関係は逆転し、冬期間は高いトレハロース含量と低いグリコーゲン含量の状態が続く。両者の開きは厳冬期にもっとも大きく、4 月に入るとしだいに差が少なくなって 5 月に逆転し、以後その状態が続く。8 月にグリコーゲン含量の低下と、それに対応したトレハロース含量の上昇がある程度見られるが、これは蛹化直前の生理的变化と関連したものかもしれない。HAYAKAWA と CHINO (1981, 1982a, b) はシンジュサン (*Philosamia cynthia*) において、低温がグリコーゲン→トレハロース、高温が逆の反応を起こすことを見だし、さらにこれらの反応を支配する酵素が前者では低温、後者では高温で活性化することを突き止めた。マメシクイガの場合も同様な機構の存在が予想される。グリコーゲン含量とトレハロース含量の季節的变化は過冷却点の変化と平行しているから、トレハロースの冬期における増加が過冷却点の低下にある程度関与しているのかもしれない。



第4図 地表温度，土壤凍結深とメスアカケバエ幼虫の分布 (SAKAGAMI et al., 1983 より変写)

VI 移動による凍結や寒冷障害の回避

メスアカケバエ (*Bibio rufiventris*) は老熟幼虫で越冬する。この越冬幼虫は比較的高い温度で凍結する (過冷却点 $-4.3\sim-6.4^{\circ}\text{C}$ ，植氷の場合は $-2.5\sim-3.6^{\circ}\text{C}$ で凍結)。幼虫には弱い耐凍性があるとはいえ -5°C では 30~40 日で、 -2°C では 55~70 日で約 50% の個体が死亡する (SAKAGAMI et al., 1983)。幼虫は冬の初めには地表付近に集団を造っているが、寒さの到来とともに地下の深いところに移動する。しかも、この幼虫は 0°C でも運動が可能である。第4図は土に埋め込んだ塩化ビニールの二重円筒に土を満たして、晩秋に幼虫を土の表面に放飼し、12月と1月に掘り出して越冬幼虫の垂直分布を観察した例であるが、幼虫は越冬初期から越冬期にかけて土壤の深部に潜り、それによって低温をある程度避けており、潜入深度は地表温度が低いほど深い傾向を持つことがうかがわれる。しかし、必ずしも地温降下に比例して深く潜るわけではなく、凍土に閉じ込められていることもある。詳しい解析は原著に譲るが、本種の越冬幼虫は弱い耐凍性と低温での移動能力という単独では、それぞれ不完全な二つの対策を併用することによって冬を過ごしているらしい。

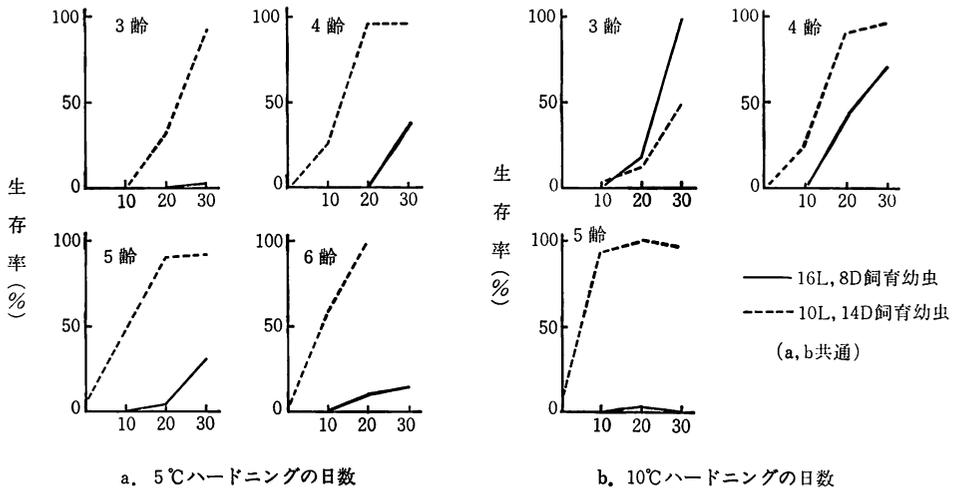
地下深く潜入して凍結を回避している害虫の別の例としてはコガネムシ類やコメツキムシ類の幼虫がある。スジコガネ (*Anomala testaceipes*) 越冬幼虫の過冷却点は $-6\sim-7^{\circ}\text{C}$ ，マメコガネ (*Popillia japonica*) の場合は -7°C 内外である。両者共に過冷却点と植氷による凍

結開始温度はほとんど変わらない。またこれらの幼虫はいずれも耐凍性はなく、トレハロース含量も低い (星川ら、未発表)。しかし、コガネムシ類の幼虫は冬の初めには、すでに地下 20~40 cm に潜入して凍結を免れている (中島, 1952)。トビイロムナボソコメツキ (*Agriotes fuscicollis*) の幼虫は過冷却点が -8°C 内外であるが、長期間低温に置かれた場合の生存限界は、 -3°C と -5°C の間にあるらしい (星川ら、未発表)。本種の幼虫も地下深く潜ることによって寒冷障害を回避している。

VII 耐凍性とハードニング

一部の昆虫は耐凍性を持ち、体が凍結しても融解後は正常な生活機能を示す。耐凍性は秋から冬にかけての温度の低下によって獲得されていくが、その過程をハードニングと呼ぶ。また非耐凍型の昆虫では十分な温度低下を受けても耐凍性を獲得できない。

筆者らの扱った害虫の中で明りょうな耐凍性を示したのはシロモンヤガ (*Xestiac-nigrum*) であった。本種では幼虫がクローバーなどの株元に潜んで越冬する。越冬幼虫の齢期は 3~6 齢といわれるが、筆者らの調査では 4~5 齢が主体であった。芽室町では、この越冬幼虫が雪の積もる前には野外で凍結と融解を繰り返すことがある。筆者らは 12 月の初め数日にわたって幼虫が早朝にはカチカチに凍結しており、日中には融解して生き続けていたのを観察している。 4°C に保存した幼虫による予備的な試験では、過冷却点は $-8\sim-9^{\circ}\text{C}$ ，植氷の場合は $-4\sim-5^{\circ}\text{C}$ で凍結し、凍結後は -12°C までは



第5図 光周期とハードニングがシロモンヤガの耐凍性に及ぼす影響 (Goto et al., 1986)

第1表 シロモンヤガ越冬幼虫のハードニング効果 (Tsurtsui et al., 1986)

凍結条件	ハードニング条件 (°C/日)	過冷却点 (°C, $\bar{X} \pm S.D.$)	融解後の反応 ^{a)}				供試 虫数
			+	+	±	-	
自発凍結 ^{b)}	-5/0	-11.3±4.2	0	3	5	22	30
	-5/10	-17.0±5.9	3	7	7	13	30
	-5/30	-17.7±5.9	1	7	8	14	30
	0/30	-14.3±5.3	0	1	6	3	10
植氷凍結 ^{b)}	-5/0		0	4	14	11	29
	-5/10		16	7	1	6	30
	-5/30		21	6	2	1	30
	0/30		7	2	1	0	10

^{a)} 卍：正常に歩行，+：刺激に強く反応，±：刺激に対して口器，付属肢をわずかに動かす，-：まったく動かない。

^{b)} 凍結後 -20°C に1日置く。

耐えられる結果が得られた。

ところで、第1表は11月の下旬から12月の初めにかけて野外(芽室町)から採集した越冬幼虫を0°Cに保存し、12月中旬から-5°Cに0, 10, 30日置いてハードニングした場合の測定値である(Tsurtsui et al., 1986)。自発凍結後-20°Cまで冷却した場合、ハードニングの効果は明りょうではなく、融解後正常に歩行する個体は、-5°Cの前処理を受けた幼虫でも1割以下であった。しかし、この前処理を受けた幼虫の過冷却点は、前処理を受けなかった幼虫に比較して平均6°Cほど低下している。一方、植氷条件で凍結し、-20°Cまで

冷却した場合には、-5°Cで10日の前処理を受けた幼虫では約半数、30日の前処理を受けた幼虫では70%の個体が融解後正常に歩行し、前処理を受けなかった幼虫では正常に歩行する個体はまったくなかった。また0°Cで30日前処理された幼虫では、過冷却点の低下は少なかったが、植氷凍結後正常に歩行する幼虫の割合は増加した。耐凍型の昆虫では、一般に植氷によって高い温度で凍結したほうが、自発凍結によって低い温度で凍結した場合に比較して凍害は軽いといわれるが、本種の場合もその一つの例であろう。ハードニングにより凍害保護物質の蓄積も見られ、本種の場合はグリセロールとトレハロースの増加が顕著であった。

本種の場合、ハードニングの効果は供試虫を飼育した際の光周期にも関係がある。Gotoら(1986)によると、18°C短日(10L, 14D)で飼育した幼虫は3~6齢で5°C下に20~30日置くことにより、処理開始の齢期に関係なく、90%以上の個体が植氷凍結後-12°Cまでは耐えるようになったが、長日(16L, 8D)で飼育した幼虫の大部分は上記の条件に耐えられなかった(第5図a)。ハードニングの温度を10°Cにした場合は5°Cとはかなり異なり、長日条件で飼育された幼虫は3齢で10°Cに移して30日後に大部分が-12°Cの植氷凍結に耐えるようになり、4齢で10°Cに移した場合には耐凍性を獲得した個体がやや減じ、5齢で10°Cに移した幼虫ではほとんどが耐凍性を獲得しなかった。しかし、短日条件で飼育した幼虫は3齢で10°Cに移した場合よりも、むしろ4齢及び5齢で10°Cに移した場合にハードニングの効果が顕著であった(第5図b)。10°Cでは

ハードニング中も幼虫は発育を続け、凍結試験を行う際にはハードニング開始のときよりも1~2 齢進んだ状態になることもあって、日長と10°C ハードニングの効果の関係は複雑であるが、長日条件で飼育された幼虫は齢が進むほど耐凍性を獲得しにくくなっているように思われる。ともあれ、短日条件は幼虫の発育を遅延させ、初冬の温度低下とあいまって耐凍性の獲得に影響を及ぼし、越冬中の生理状態を安定させているように思われる。

VIII 長期間の低温による障害

昆虫は凍結しない程度の低温域でも長期間置かれていれば、寒冷障害を起こす場合がある。寒冷障害を起こす温度や期間は昆虫の種類によって非常に差がある。例えばマメシキイガでは、連続3か月、-10°C に置かれて75% が死亡した。しかし南方系の害虫では、さらに高い温度域にも耐えられない場合がある。

神田と内藤(1984)はアワヨトウ(*Pseudaletia separata*)の各ステージで、過冷却点はいずれも0°C 以下のかなり低い温度であるが、卵は5°C 4週間でふ化しなくなり、幼虫は0°C では16日、5°C でも50日で死亡し、蛹は0°C で3~4週間、成虫でも70日足らずで死亡することを確かめ、寒地での越冬が不可能であろうと結論した。

ガンマキンウワバ(*Autographa gamma*)は北海道でも低密度ながら幼虫で越冬するらしいが(兼平・鳥倉, 1986)、この幼虫の過冷却点は-15°C、植氷時の凍結開始温度は-2.1~-4.5°Cで、積雪下ではなんとか凍結を免れる程度の値である(筒井, 1985)。したがって、積雪下の温度で長期間耐えられる個体の割合が問題となるであろう。

過冷却点より高い温度での寒冷障害についてはいまだ体系的な研究がなされていないが、越冬の条件を考えるうえで非常に重要な事項であり、今後多くの種類についてデータの集積が必要であろう。

IX 冬期の死亡要因

上述のように、もともと寒地に分布していた害虫の耐寒性は概して強く、またさまざまな習性によって寒冷障害を回避している。しかし、経験的には冬期の死亡率はかなり高いことがあり、その原因は主として生物的要因と思われる。例えばヨトウガの蛹では越冬中に死亡した個体から緑きょう菌や *Paecilomyces farinosus* などの病原菌や核多角体ウイルスが検出される例が多い。*Paecilomyces* 菌はマメシキイガの越冬幼虫からもしばしば発見され、多い場合には30% 程度の発病を見ることがあ

る。微生物による病死は低温の直接的影響ではないにしても、越冬前の感染の過程や発病条件と低温の関係については今後説明を必要とするであろう。

害虫の冬期の死亡は土壌管理の方法にも関連するであろう。現在十勝地方の畑地は牧草や秋播きコムギの作付けの場合を除き、晩秋から初冬にかけて30cm 程度の深さで反転耕起されるのが普通であり、地中深く潜ることによって越冬が可能なコガネムシ類、コマツキムシ類幼虫にとっては都合が良くない状態になっている。秋耕はまた、作物や雑草の残渣をその下に潜む害虫と共に深く埋没したり、害虫に機械的の傷害を与え、土窩の破壊によって植氷の機会を多くするなど、地表や浅い地中に越冬する害虫にとっても不都合な条件を作っている。しかし、一部には不耕起栽培や耕うん法の省力化が検討されており、土壌管理法の変化は害虫の越冬の難易を通じて、夏期の発生量に大きな影響を与える可能性も考えられる。また、畑害虫では越冬生態の詳細が不明な種類が多いから、害虫の冬期の生態は耐寒性や、その研究の過程で浮上してきた微生物の問題などを含めていっそう追求していく必要がある。

本稿で紹介した研究の多くは農林水産業特別試験研究費補助金(昭和56~58年)によって行われ、北海道大学低温科学研究所の丹野浩三、島田公夫、星川和夫の諸氏、北海道農業試験場の早川博文、後藤千枝、元同場畑作部長大久保隆弘、元職員平井剛夫の諸氏のお世話になった。付記して感謝の意を表する。

引用文献

- 1) GOTO, C. et al. (1986): Appl. Ent. Zool. 21: 143~152.
- 2) HAYAKAWA, Y. and H. CHINO (1981): Insect Biochem. 11: 43~47.
- 3) ——— (1982a): ibid. 12: 361~366.
- 4) ——— (1982b): ibid. 12: 639~642.
- 5) 神田健一・内藤 篤 (1984): 草地試研報 No. 27: 25~36.
- 6) 兼平 修・鳥倉英徳 (1986): 第30回応動昆虫大会・第46回日本昆虫学会大会共催大会講要。(2) E 21.
- 7) 内藤 篤 (1960): 昆虫 28: 255~261.
- 8) 中島敏夫 (1952): 北海道大学演習林研究報告 16 (1): 1~115+9.
- 9) SAKAGAMI, S. F. et al. (1983): Physiol. Ecol. Japan. 20: 81~100.
- 10) ——— et al. (1985): J. Kansas Ent. Soc. 58: 240~247.
- 11) SHIMADA, K. et al. (1984): J. Insect Physiol. 30: 369~373.
- 12) SØMME, L. (1982): Comp. Biochem. Physiol. 73 A: 519~543.
- 13) 筒井 等 (1985): 第29回応動昆虫大会講要. A23.
- 14) TSUTSUI, H. et al. (1986): Appl. Ent. Zool. 21: 134~142.

ワタミヒゲナガゾウムシのカンキツ果実への加害と生態

農林水産省果樹試験場口之津支場 ^{ふじ}藤 ^い井 ^{ひろし}浩*

ワタミヒゲナガゾウムシ (*Araccerus fasciculatus* DE-GEER) は、熱帯・亜熱帯を中心に世界中に分布し、貯蔵中のトウモロコシ、綿実、コーヒー豆などを加害するため、従来は貯蔵食品害虫として知られていた。わが国でも、甘藷切干の害虫 (石倉・里村, 1941) としての記録がある。ところが近年になって、アメリカ・フロリダ州 (CHILDERS and WOODRUF, 1980) 及びテキサス州 (FRENCH, 1984) で本種が着生中のカンキツ果実を加害することが報じられ、1984 年には長崎県南高来郡口之津町にある農林水産省果樹試験場口之津支場内のオレンジ園でも、同様な現象が確認された (藤井ら, 1985)。

本種のが国カンキツ園内での加害や生態については、発見以来日が浅いため、まだ未解明な点も多い。本報では、いままでの調査で得られた若干の知見を紹介し、今後の参考に供したい。

本文に先立ち、有益な助言をいただいた当支場虫害研究室 氏家 武室長と柏尾具俊主任研究官に厚く御礼申し上げる。

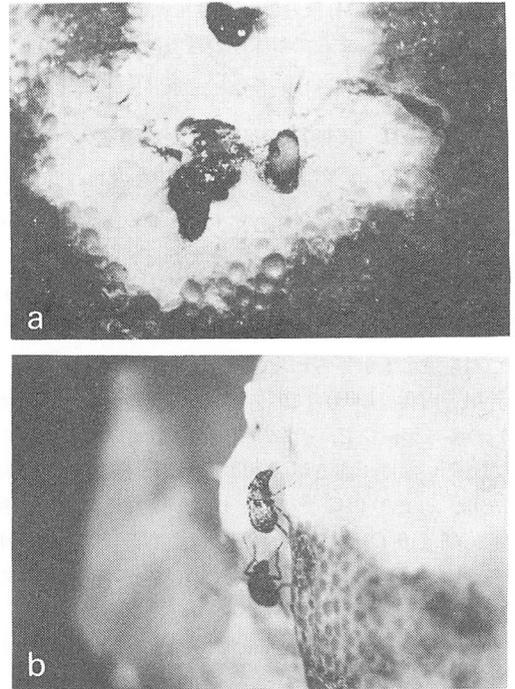
I 加害の様式

本種発見のきっかけになったのは、秋期にかいよう病斑のあるオレンジ果実が早期着色あるいは落果するという現象が見られたことであった。このゾウムシは成虫、幼虫とも果実を加害するが、このような現象はもっぱら幼虫の加害に起因していると思われる。幼虫は比較的大きなかいよう病斑下またはその周辺の果皮内に存在し、果皮のアルベト部をせん孔しながら食害する。このため、外から直接幼虫を見ることはできない。アルベト部の食害の程度が進むと、加害された部分の組織が腐敗または乾燥し、果実の外表皮は褐色に変色する。果実が腐敗せずに全体が乾燥した場合には、果肉まで摂食することがある。こうして、果実を摂食しながら成長した幼虫は蛹化直前には体長約 4mm に達する (第1図a)。蛹化は表皮に近い部分に作られた蛹室内で行われ、羽化した成虫は果皮に 2~3mm の穴を開けて脱出する。

カンキツ園内において、成虫 (第1図b) は裂果の開

Injury of Citrus Fruits by the Coffee Bean Weevil, *Araccerus fasciculatus*, and its Biology in Japan. By Hiroshi Fujii

* 現 農林水産省果樹試験場企画連絡室企画科



第1図 ワタミヒゲナガゾウムシ

a : 果皮内の幼虫

b : 果実上の成虫

口部や枝葉に引っかかった落果、かいよう病斑のある果実に集まり摂食しているのが観察された。飼育容器内の観察でも、カンキツ果実の健全な果皮はほとんど摂食せず、果梗部やかいよう病斑部を摂食した。これは、本種の乾燥した植物質への嗜好性を示すものと思われる。本種には摂食痕に産卵する習性があり、幼虫がすべてかいよう病斑の近くから発見されるのも比較乾燥している病斑を成虫が好んで摂食し、産卵するためであろう。

II 発生状況

当支場内の加害状況を知るため、三つのカンキツ園の10品種から、かいよう病斑のある着生果及び落果を集め、幼虫が果皮内に食入しているか否かを調査した。その結果を第1表に示す。本種幼虫の食入が見られたのは、すべてオレンジ類であった。オレンジ類でも品種によって加害の程度に違いがあり、特にネーブルが激しく加害され、次いでトロビタ、パーソンブラウンなどでの

第1表 かいよう病斑のあるカンキツ果実内に食入していたワタミヒゲナガゾウムシ幼虫の齢期別個体数と被害果率(藤井ら, 1985 より)

カンキツ園	品 種	調査果実	調査果数	1果当たり虫数		被害率 ^{a)} (%)
				若 齢	老 熟	
I	ネーブル	着生果	12	0.7	0.2	58
		落果	11	4.9	0.8	91
	トロピタ	着生果	14	0.4	0.1	36
		落果	16	3.3	0.4	75
	オレソソ	着生果	14	1.8	0.3	36
		落果	10	1.3	0.9	70
	ブラウン	着生果	14	0.1	0.0	7
		落果	9	0.2	0.0	22
	ジョッパ	着生果	12	0.3	0.0	17
		落果	5	0.2	0.8	40
	小笠原	着生果	6	0.3	0.2	17
		落果	8	0.6	1.3	63
II	ネーブル	着生果	6	3.0	0.2	83
		落果	6	6.0	1.6	100
	福原	着生果	10	1.2	0.0	80
		落果	7	1.3	1.1	86
	温州	着生果	8	0.0	0.0	0
		落果	0	—	—	—
	八朔	着生果	9	0.0	0.0	0
		落果	11	0.0	0.0	0
	川野	着生果	10	0.0	0.0	0
		落果	10	0.0	0.0	0
III	福原	着生果	17	0.0	0.0	0
		落果	9	0.1	0.0	11

a) : 被害果率

$$= \frac{\text{ワタミヒゲナガゾウムシが食入していた果実数}}{\text{調査果数(かいよう病斑のある果実のみを調査)}} \times 100$$

被害が多く、ジョッパ、小笠原では少なかった。品種間で被害程度に差が生じる原因は明らかではないが、本種には裂果に強く誘引される性質があり、このため他品種に比べて裂果の多いネーブルで被害が多くなったものと推測される。

当支場以外での調査例は少ないが、口之津町に隣接する加津佐町の農家は場の福原オレンジとネーブルの果実から本種幼虫を発見することができた。また、長崎県果樹試験場の調査によると、大村市のオレンジ園でも本種が確認された(横溝, 私信)。長崎県では壱岐勝本町と南高来郡西有家町で風乾中のニンニクを本種が加害した記録もあり(永野, 1979)、野外での生息もそれほど珍しくないと思われる。したがって、詳しく調査をすれば他のオレンジ園でも本種が確認される可能性がある。

なお、アメリカ・フロリダ州ではハムリン、ワシントンネーブル、バレンシア、パイナップルといったオレンジ類とマーシュグレープフルーツが加害されている(CHILDERS, 1982b)。また、テキサス州ではグレープフ

ルーツの2品種スタールビーとルビーレッドが被害を受けている(FRENCH, 1984)。

III 発生経過

1985年の調査によると、当支場のオレンジ園では成虫の初発見日は9月14日であり、その後11月下旬ごろまで観察された。11月に果実の調査を行ったところ、種々の大きさの幼虫が見られたことから、産卵は成虫が存在する期間には連続的に行われているらしい。25°Cの恒温条件下で、乾燥サツマイモを食餌として与えた場合に、産卵から羽化までの発育期間は約57日であった。カンキツ果実とサツマイモという食餌の違いがあるが、この発育期間から考えると秋に産卵された個体の大部分は果実内で幼虫態または蛹態で越冬するものと思われる。12月に採集した落果を室温条件に放置したところ、4月上旬に羽化が見られたことから、野外でも5月から6月にかけて成虫が羽化すると推定される。5月から9月にかけての発生経過については、まだわかっていない。この時期果実はまだ十分肥大しておらず、また前年の果実は通常収穫されている。したがって、園内に残された落果などで世代を維持していると思われる。しかし、本種は寄主植物の範囲が広く、また成虫の飛しょう能力も高いことから、摂食・産卵に好適な寄主を求めて移動し、カンキツ園周辺の他の植物で発生している可能性もある。

いずれにしても、本種は成虫の生存期間が長く、非休眠性であることもあって、世代が重なり合う複雑な発生の様相を持つものと思われる。今後、年間の世代数や寄主植物間の移動について、さらに調査の必要があろう。

おわりに

近年になって、アメリカ・フロリダ州、テキサス州及びわが国の長崎県と相次いでワタミヒゲナガゾウムシのカンキツ園での発生が確認されてきた。本種が最近になって害虫化したものか、単に発見が遅れただけなのかは不明である。それによって対策の立てかたも当然違ってくるであろう。いままでの観察では、成虫が摂食・産卵するのはもっぱらかいよう病斑のある果実であった。このため、落果を伴った重大な被害をもたらす幼虫の加害も、かいよう病によってすでに商品価値を失った果実に限定され、経済的な被害は生じていない。しかし、フロリダ州では成虫が健全な果皮に産卵することが観察されており(CHILDERS, 1982b)、わが国でも将来そのようなことの起こる可能性はなお残されている。現在早急に対応策が必要というものではないが、収穫間近い果実を直

接加害することを考え合わせると、本種の今後の発生動向に注意する必要がある。

引用文献

- 1) CHILDERS, C. C. (1982 a): The Florida Entomologist 65: 136~143.
- 2) ——— (1982 b): J. Econ. Entomol. 75: 340~347.

- 3) ——— and R. E. WOODRUF (1980): Bull. Entomol. Soc. Am. 26: 384~394.
- 4) FRENCH, J. V. et al. (1984): Journal Rio Grande Valley Horticultural Society 37: 99~104.
- 5) 藤井 浩ら (1985): 九病虫研究会報 31: 202~203.
- 6) 石倉秀次・里村 浩 (1941): 応動 13: 146~149.
- 7) 永野道昭 (1979): 九病虫研究会報 25: 92~94.

紹介

新登録農薬

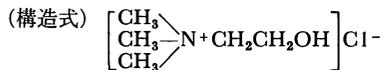
『植物成長調整剤』

コリン液剤 (61.9.13 登録)

本剤は飼料添加物として使用されていたものを三菱瓦斯化学(株)が植物成長調整剤として開発したものである。本剤は莖葉より吸収され、光合成関連酵素の活性を高め、光合成を促進し、光合成産物の生産を増加させるものである。

商品名: サンキャッチ液剤

成分・性状: 製剤は塩化コリン 2.0% を含有する無色澄明水溶性液体である。純品は白色結晶または結晶性粉末である。比重 1.20 (25°C), 230°C でわずかに分解しはじめる。水 100 g に対して 447 g, アセトン 100 g に対して 0.03 g 溶解する。光に対して安定である。



適用作物、使用目的及び使用方法: 第1表参照。

第1表 コリン液剤 (サンキャッチ液剤)

作物名	使用目的	使用時期	希釈倍数	使用方法
かんしょ	発根促進及び いもの早期肥大	苗の植付時	1,000倍	苗の植付前に切り口を希釈液に1昼夜浸漬する

使用上の注意:

- ① 本剤の希釈時は、濃度を均一にするため十分にかきまぜること。
- ② 一度使用した希釈液は、水分の蒸発などにより所定の濃度が保てなくなるので再使用しないこと。
- ③ 本剤は苗の発根を促進し、いもの肥大開始時期を早める効果があるが、肥料ではないので、施肥は通常どおり行うこと。
- ④ 本剤の使用に当たっては、使用目的、使用量、使用時期、使用方法など誤らないように注意し、特に初めて使用する場合は、病害虫防除所等関係機関の指導を受けること。

毒性:

(急性毒性) 普通物。
誤飲などのないように注意すること。
(魚毒性) A類。

『殺虫剤』

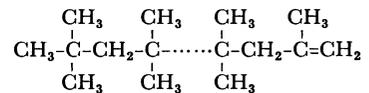
粘着剤 (61.8.7 登録)

本剤はポリブテン系粘着性物質を有効成分とする粘着剤である。ポリブテン系粘着性物質は害虫発生予察用の捕獲器やゴキブリ捕獲用粘着剤に利用されている。

商品名: カミキリホイホイ

成分・性状: 製剤は紙にポリブテンを 150 g/m² 塗布した淡褐色粘着紙である。ポリブテンは淡褐色の澄明な粘ちょう弾性体であり、粘度 1,800~4,000 cps/140°C, 比重 0.927/25°C である。溶解度は n-ヘキサン及びクロロホルムに易溶であり、水、エタノール及びメタノールに不溶である。熱、酸・アルカリ性に安定であるが、光に対してはやや不安定である。

(構造式)



適用作物、適用害虫及び使用方法: 第2表参照。

使用上の注意:

- ① 本剤は、スギカミキリ成虫を粘着捕獲することを目的とし、スギカミキリの発生前から発生期間中 (2月中旬から5月下旬) 連続して使用する。
- ② 軽く折り目をつけてからはく離紙をはがし、粘着面を内側にして、折り目部分で樹皮との間に適当なすき間ができるように樹幹にまき付ける。
- ③ 本剤をまき付ける樹幹の高さは、地上 0.5~2 m を目安とする。
- ④ 本剤の使用に当たっては使用期間、使用方法などを誤らないようにし、特に初めて使用する場合には、林業関係技術者等の指導を受けることが望ましい。
- ⑤ 万一粘着剤が皮膚についた場合は、食用油などで取り除いた後、石けんで洗うようにする。

毒性:

(急性毒性) 普通物。

第2表 粘着剤 (カミキリホイホイ)

適用作物名	適用害虫名	使用時期	使用量	使用方法
すぎ	スギカ	成虫発生前から発生期間中	1枚/1樹	樹幹に巻き付け、粘着面で重ね合わせて固定する
ひのき	ミキリ	成虫発生前から発生期間中	1枚/1樹	樹幹に巻き付け、粘着面で重ね合わせて固定する

幼若ホルモン活性物質

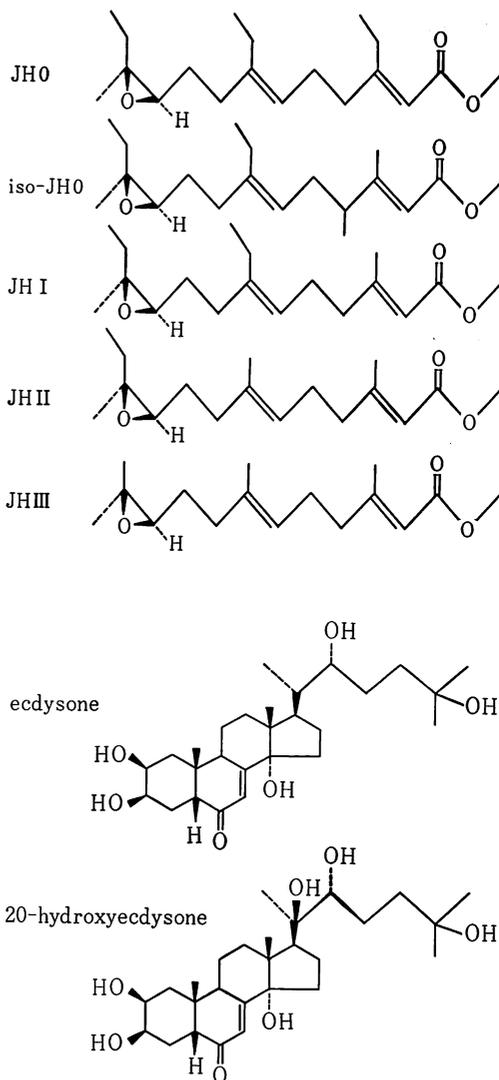
—最近の研究—

住友化学工業株式会社 **はた** **た** **こし** **まこと** **なか** **やま** **いさむ**
波 **多** **腰** **信**・**中** **山** **勇**

はじめに

昆虫の脱皮，変態に關するホルモンとして，幼若ホルモン (juvenile hormone, JH) と脱皮ホルモン (ecdysone, 20-hydroxyecdysone) が知られている (第1図)。脱皮は脱皮ホルモンによって引き起こされるが，脱皮後の形態はアラタ体 (corpora allata) で合成，放出される JH が幼虫齢期のある時期に存在するか否かにより決定される。JH は昆虫以外にその存在を知られていないが，ecdysone, 20-hydroxyecdysone はフジツボ，ザリガニ，エビなどの甲殻類やシダ目，マキ目，ユリ科，キンポウゲ科，ヒユ科，シソ科，キク科など多くの植物にも存在する。このように，両ホルモンはほ乳動物に存在しないため，選択性の高い安全な殺虫剤 (昆虫発育調節剤, Insect Growth Regulator, IGR) として期待されてきた。WILLIAMS (1956, 1967) は JH が昆虫特有の物質である点に注目し，昆虫に特異的な，抵抗性の発達し得ない防除剤と成りうるであろうと示唆した。一方，脱皮ホルモンは水溶性であり，昆虫表皮からの浸透が期待できないことから，IGR としての昆虫ホルモン研究の中心は JH となり，現在までに多くの JH 類縁体 (JH analog, JHA) が合成，生物検定に供されている。第2図には JH 及び代表的 JHA の構造を，第1, 2表にはそれらの活性を示した。JH 同様のテルペノイド構造を有し，現在実用化されている methoprene (ZR-515, Altosid) は主として衛生害虫に対して用いられている。JH や methoprene を農業害虫に対して使用するには，安定性に関する改良が必要である。近年，4-phenoxyphenoxy 構造を持ち，しかもきわめて高い活性に加えて，高い安定性を示す fenoxycarb, S-31183 が見いだされるに至り，農業害虫のみならず，多くの分野への展開が期待されている。ここでは，methoprene と住友化学で見いだされた S-31183 の活性を比較することを中心に，IGR としての JHA の最近の研究について紹介する。なお，IGR に関する総説が満井 (1986) により報告されている。併せて参照されたい。

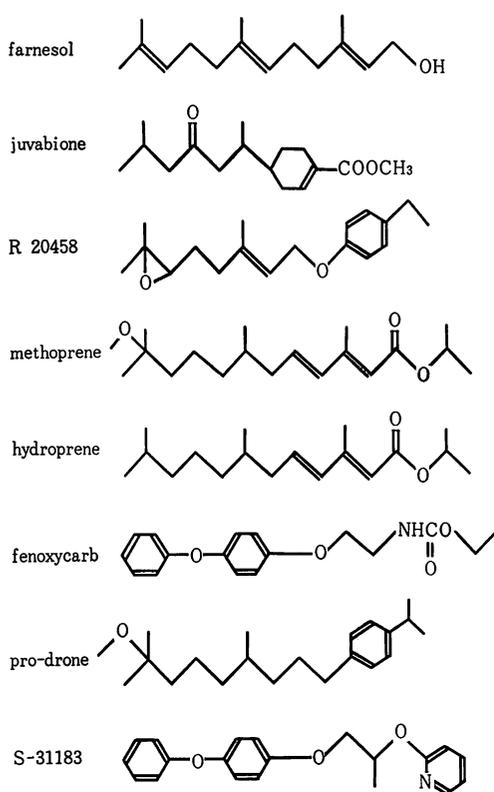
Juvenile Hormone Active Compounds: Recent Researches. By Makoto HATAKOSHI and Isamu NAKAYAMA



第1図 幼若ホルモン (JH) と脱皮ホルモンの構造

I JHA の安定性と作用

種々の構造を持った JHA が報告されているが，それらの活性は主に室内試験によっており，野外で IGR としての効果を確認された化合物は少ない。JHA を野



第2図 代表的幼若ホルモン類縁体の構造

第1表 JHI 及び JHA の数種昆虫に対する活性

化合物	<i>Aedes aegypti</i> (ppm)	<i>Musca domestica</i> (μg/前蛹)	<i>Galleria mellonella</i> (μg/蛹)
JHI	0.15	>100	0.060
methoprene	0.00017	0.0035	5.7
hydroprene	0.0078	18	0.040
kinoprene	0.23	>100	0.64
fenoxycarb	0.000022	0.040	0.00034
pro-drone	0.019	0.16	>100

数値は 50%変態抑制濃度または葉量

第2表 各化合物の *Galleria wax test* による JH 活性

化合物	ID ₅₀ (μg/蛹)
JHI	0.060 ^{a)}
methoprene	2.2
fenoxycarb	0.00034 ^{a)}
S-31183	0.000025

a) HENRICK (1982) より引用

外で IGR として使用する場合、光、pH、温度といった種々の環境条件下での安定性が要求される。

1 光、pH、温度に対する安定性

JH は分子内にエステル、二重結合、エポキシサイド構造を持ち、虫体内でホルモンとして不要になったとき速やかに不活化されねばならないため、化学的にきわめて不安定である。

光による分解には、光分解 (photodecomposition) と光異性化 (photoisomerization) を含むといわれる。JHI は 40°C で 3 時間の紫外線照射により 100% 分解され、紫外線は可視光線より分解を早めた。QUISTAD ら (1975) は、methoprene をガラス面上に薄膜として処理すると、photodecomposition により 4 種類の化合物と photoisomerization により (2Z, 4E) 体が生成することを見いだした (第3図)。太陽光線下での半減期は 6 時間であり、27 時間後には methoprene の 97% が photochemically に分解され、残りの 3% が (2E, 4E), (2Z, 4E) isomer の 50:50 の混合物であった。すなわち、不活化機構の一つとして (2E, 4E) 活性体から (2Z, 4E) 不活性体へ isomerization が生じる。一方、methoprene の光による不活化は (2E, 4E) 体より (2Z, 4E) 体への isomerization によるという報告もある。この例より、methoprene の光分解は分子内の 4 位二重結合に起因する。S-31183 はキセノンランプ照射下で methoprene より数段安定であることが報告されている (川田ら, 1986)。

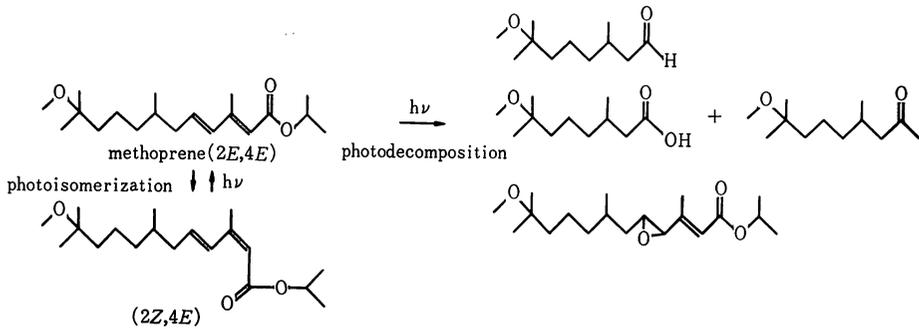
pH の JHA の安定性に及ぼす影響について調べた報告は皆無に等しい。川田ら (1986) は、S-31183 の各種 pH 溶液中での安定性を調べ、25°C、2 週間後で、S-31183 は酸性側でより安定であり、pH 4 で 90% 以上が残っていた。

SCHAEFER と DUPRAS (1973) は蒸留水中の methoprene (0.1 ppm) の安定性に及ぼす温度の影響を調べ、120 時間後における残量は 10°C で 0.06 ppm, 24°C で 0.03 ppm, 38°C で検出限界以下となり、methoprene は高温になるほど不安定であった。

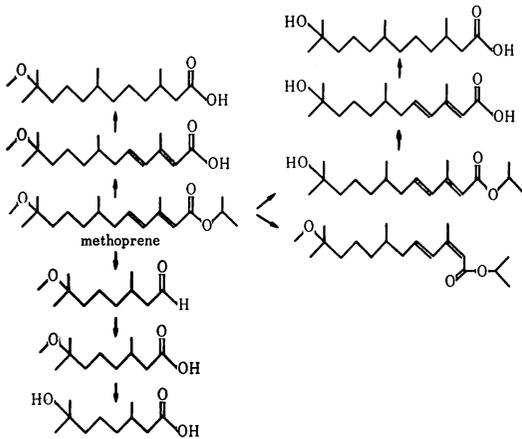
2 昆虫体内における安定性

methoprene の昆虫における代謝経路を第4図に示した。イソプロピルエステルの JH 特異的エステラーゼによる加水分解は JH ほど容易には生じない。

JH の血中内半減期は *Manduca sexta* 4 齢幼虫で 1.5 時間、5 齢 (終齢) 幼虫で約 25 分である。筆者らが *M. sexta* 5 齢幼虫での methoprene, S-31183 の血中内半減期を調べたところ、methoprene で約 6 時間、S-31183 で約 8 時間であった (HATAKOSHI ら, 投稿中)。S-31183



第3図 ガラス面上における methoprene の光分解 (QUISTAD ら, 1975)



第4図 methoprene の昆虫における代謝経路

は JH より安定であったが、methoprene との差は意外に小さく、S-31183 の虫体内での代謝経路及び速度に興味を持たれる。

以上述べたように、methoprene は JH に比較して活性を保持したまま、より安定化されている。一方、4-phenoxyphenoxy 構造を有する S-31183 (fenoxycarb も同様と考える) は、methoprene よりいっそうの安定化に成功している。これらの安定化は JHA の農業分野への展開を図るうえでぜひとも必要な性質である。

3 害虫防除に関与する JH 効果

JH の昆虫発育に及ぼす作用として、①形態形成、②生殖器官の成熟、が知られている。したがって JHA もこれらの過程になんらかの影響を引き起こすことが予想されるが、JHA の害虫防除に関与する作用として、以下のものが知られている。

(1) 卵に対する作用

昆虫の卵内にも JH が存在する (JH 0, I, II: *Hyalophora cecropia*, *Heliothis virescens*, *Manduca sexta*; iso-

JH 0: *M. sexta*; JH III: *Oncopeltus fasciatus*, *Nauphoeta cinerea*)。 *M. sexta* の卵内の JH は、産卵直後は JH 0, I とも存在しないが、2, 3 日後には高濃度 (10 nM) になり、ふ化直前に減少する。卵内にも JH が存在することから、産下された卵に JHA を処理するとふ化抑制あるいはふ化後の幼虫になんらかの作用が期待できる。

JH または JHA を卵に処理したときの影響については、SLÁMA と WILLIAMS (1966) がカメムシの一種 *Pyrrhocoris apterus* 卵に juvabione を処理し、胚発育の抑制を認めて以来、多くの昆虫で調べられている。SRIVASTAVA と SHUKRA (1982) は、4 μ g の epofenonane (Ro 103108) をリングの一種 *Earias fabia* の種々の発育段階 (産卵後 1~47 時間) の卵に処理したところ、ふ化はまったく見られず、処理時期が早いほど卵の発育は高率で、また胚発育の前期で抑制された。

この JHA の卵に対する作用は、害虫防除剤としての重要な作用の一つである。

(2) 変態の阻害

昆虫の変態に関する内分泌生理は鱗翅目昆虫でもっともよく調べられている。それによると、終齢以前の齢期では JH は血中内に高濃度で存在するが、終齢幼虫では JH 濃度は検出限界以下となる。この状態で放出された少量の脱皮ホルモンにより、組織は幼虫型から蛹型へ変換 (commitment) される。この commitment により表皮の真皮細胞のタンパク質合成は幼虫クチュラ用から蛹クチュラ用へと変化する。commitment 後再度脱皮ホルモンが放出される。このピークの上昇過程は真皮細胞に RNA, DNA, タンパク質合成と細胞分化を促し、ピークは apolysis, 脱皮液の分泌, epicuticle の deposition を、ピークの下降は exocuticle の deposition を引き起こす。TRUMAN ら (1981) は、幼虫、蛹、成虫すべての脱皮において、羽化ホルモン (eclosion hormone) が

関与し、このホルモンの放出は脱皮ホルモンの下降を引き金となることを示したが、その詳細は明らかではない。

JHA を処理された鱗翅目終齢幼虫は、脱皮後処理量に応じて過齢幼虫、幼虫—蛹中間体、永続幼虫などの反応を示す。しかし、これらの反応を引き起こすためには、JHA は commitment 前、もしくはその最中に虫体内に存在することが必要で、commitment 後の処理は変態に影響しない。Tojo ら (1985) は、ハスモンヨトウ *Spodoptera litura* 終齢幼虫の commitment 前に methoprene を処理し、過齢幼虫、幼虫—蛹中間体が生じることを示した。

鱗翅目以外の終齢幼虫においても、JHA により変態が阻害される。カ、ハエ幼虫では処理量に応じ、蛹のままで、また羽化の段階で羽化失敗により死亡する。JHA は、IGR としての作用を主にこの変態阻害作用によっている。

(3) 休眠の覚せい

休眠は卵、幼虫、蛹、成虫いずれかの定まった stage で見られるが、いくつかの種では発育途上の種々の stage で休眠に入ることが知られている。

卵休眠するカイコガ *Bombyx mori* では、長日高温条件を卵が感受し、それから生育した雌成虫は、休眠ホルモンの存在下で JH の無い条件の下で休眠卵を産む。

幼虫休眠は終齢幼虫においてもっともよく見られる。休眠幼虫では JH 濃度が高く保たれ、その結果脳ホルモンの放出が抑制され、前胸腺からの脱皮ホルモンが放出されず発育できない。

蛹休眠は脳が不活化されている状態であり、JH は休眠維持、または成虫発育に関与していないとされている。

成虫休眠は脳—アラタ体系によるものとされている。ハムシの一種 *Leptinotarsa decemlineata* の休眠は、短日条件により誘起され、休眠成虫のアラタ体の活性は低く、その大きさは非休眠のそれより小さい。また脳の神経分泌細胞は染色される数が生殖期間中のそれと比較して少ない。

このように、蛹休眠を除いて JH はなんらかの形で休眠に関与している。JHA 処理による休眠の覚せいによる害虫防除という面からは、成虫休眠でその可能性ももっとも高いと思われる。JH または JHA による成虫休眠覚せいは、カメムシ類 *Eurygaster maura*, *P. apterus*; オオヨコバイの一種 *Draeculacephalus crassicornis*; *L. decemlineata*; カ類 *Culex pipiens*, *Culex tarsalis*, *Anopheles freeborni* などで認められている。

(4) 生殖に及ぼす影響

成虫では JH 濃度は再度上昇し、生殖腺の成熟を引き起こす。この JH による現象に対し、外部より JHA を処理しても効果は期待できないと思われる。しかし、卵に JHA を処理した場合に見られたのと同様、雌成虫に JHA を処理すると不妊化が引き起こされる場合がある。*P. apterus* では、JHA を処理された雄成虫から、交尾により JHA が雌へ移され、不妊化が引き起こされた (MASNER ら, 1968)。また、ヒラタコクスストモドキ *Tribolium confusum* では、methoprene または kinoprene を蛹に処理すると尾葉に異常が生じ、交尾ができなくなった (DE VRIES・BROWN, 1977)。成虫に処理された JHA が卵に移動し、胚発育が阻害される可能性もある。

(5) フェロモン合成に及ぼす影響

JHA はフェロモン合成にも影響を及ぼすことが報告されている。WEBSTER と CARDÉ (1984) は、ハマキガの一種 *Platynota stultana* 処女雌に 10 µg の hydroprene を処理したところ、処女雌における性フェロモン ((E)-11-tetradecenyl acetate と (Z)-11-tetradecenyl acetate のうち前者を測定) 濃度が低下 (合成を抑制すると思われる) するとともに、calling 行動を行う処女雌の割合も減少した。

一方、ROBINSON (1985) は、ミツバチ *Apis mellifera ligustica* に 250 µg の methoprene を処理し、colony defence と communication に、また colony defence に用いられると思われる 2-heptane と isopentyl acetate の生合成を促進することを見いだした。

JHA はミツバチなど有用昆虫のフェロモン合成及び行動に多少なりとも影響する可能性があるため、野外で散布しようとする場合、それらの作用を十分把握しなければならぬ。

野外において JHA を処理した場合、害虫の stage 構成により、上述の作用が単独または重なり合って働き、密度抑制などの効果を示すと思われる。

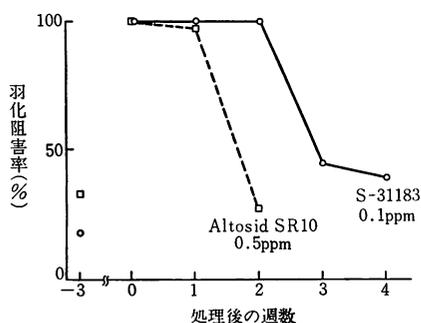
II 実用化、開発途上の JHA

現在実用化されている、もしくは開発途上にある JHA として、methoprene, kinoprene, hydroprene, fenoxycarb, pro-drone, S-31183 などがあげられる。以下では、methoprene, fenoxycarb, S-31183 の種々の害虫に対する防除効果を中心に述べる。

methoprene は JHA の中でもっとも広くその作用、性質が調べられ、衛生害虫、農業害虫、貯穀害虫、森林害虫など多くの害虫に対し防除試験が行われた。methoprene は 1980 年にアメリカ EPA より登録され、カ、ハエの防除に実用化されており、*Aedes* 属、*Anopheles* 属

第3表 JHA の衛生害虫に対する活性

化合物	<i>Culex pipiens</i> (ppb)	<i>Anopheles stephensi</i> (ppb)	<i>Musca domestica</i> ($\mu\text{g/g}$ 培地)
methoprene	0.013	0.54	0.45
fenoxycarb	0.67	—	>2
S-31183	0.0046	0.043	0.0091



第5図 S-31183 と methoprene (Altosid SR 10) の野外水系における残効性

のカ幼虫に高い防除効果を示すが、*Culex* 属にはやや劣るといわれている。ハエ幼虫では horn fly (*Haematobia irritans*), face fly (*Musca autumnalis*), stable fly (*Stomoxys calcitrans*) に高い効果を示すが、house fly (*Musca domestica*) には劣るといわれている。ほかに pharaoh ant (*Monomorium pharaonis*), mushroom fly, flea の防除剤, 蚕の増産剤としても使用されている。hydroprene が *Blattella germanica*, *N. cinerae* などゴキブリ類に対し高い活性を示す点は興味を持たれる。kinoprene はアブラムシ, カイガラムシなど半翅目昆虫に対し高い活性を示し, 温室のアブラムシとオンシツコナジラミの防除剤として登録されている。fenoxycarb は *C. pipiens*, *Aedes aegypti*, ハマキガの一種 *Adoxophyes reticulana* に対し高い活性を示すが, 衛生害虫より農業害虫に対し高い活性を示すようである。pro-drone は methoprene より安定であり, 1983 年非農業分野を対象に EPA より登録になった。この化合物は, カ, ハエ幼虫に対し高い活性を示す。また red imported fire ant (*Solenopsis invicta*) に対し colony の滅亡を引き起こす。S-31183 については現在多くの害虫を対象に実用効果が調べられている。

1 衛生害虫に対する効果

JHA は一般にカ, ハエ幼虫といった衛生害虫に対し高い活性を示す。*A. aegypti* に対する methoprene の殺卵活性については NAQVI ら (1976) によって報告されている。彼らの報告によれば, 産卵6時間後の卵を 1.0

ppm の液に7日間処理したところ, ふ化抑制率は 79.2% で, 一方, 4 齢 120 時間の幼虫を同液に8時間処理したところ 100% の羽化阻害率を示した。イエバエに対する JHA の殺卵活性については methoprene で報告されているが, その活性はそれほど高いものではなかった。このように, JHA の殺卵活性は変態阻害活性ほど強くないと思われる。

JHA のカ, ハエに対する防除効果は主に変態阻害作用によるが, methoprene, fenoxycarb, S-31183 のカ終齢幼虫及びイエバエ4日齢幼虫に対する活性について第3表に示した (HATAKOSHI et al., 投稿中)。fenoxycarb は *C. pipiens*, *A. aegypti* に対し methoprene 以上の活性を示すが, イエバエに対しては methoprene に劣ると報告されている。しかし, 第3表に示した結果では, fenoxycarb のカ, ハエ幼虫に対する活性は methoprene に劣った。S-31183 のカ, ハエ幼虫に対する活性は methoprene に勝り, 基礎活性はきわめて高いことが示された。ESTRADA と MULLA (1986) は室内試験で S-31183 の *Anopheles quadrimaculatus*, *A. aegypti*, *C. tarsalis* 4 齢幼虫に対する 50% 羽化阻害濃度をそれぞれ 0.0013 ppm, 0.00033 ppm, 0.000085 ppm であると報告した。

JHA による休眠覚せいには methoprene を用いて調べられ, 成虫休眠をする *A. freeborni* (CASE ら, 1977), *C. tarsalis* (MITCHELL, 1981) において, methoprene が吸血活動と休眠打破を引き起こすことを示した。さらに, *A. freeborni* では methoprene 処理による premature diapause の打破は胚発育にも影響し, 産下された卵のふ化率を低下させた。

生殖に及ぼす JHA の影響については methoprene を処理された *A. aegypti* で調べられている (NAQVI ら, 1976)。すなわち, 24 時間齢, 72 時間齢, 120 時間齢の4 齢幼虫を8時間処理したところ, 100% の産卵抑制がそれぞれ 0.5 ppm, 0.1 ppm, 0.1 ppm で得られ, JHA により産卵が抑制され, 齢期の進んだ幼虫ほど感受性が高いことが示された。また, 産下された卵のふ化率も低下した。

methoprene, S-31183 を野外水系に処理したときの残効性について第5図に示した (KAWADA et al., 投稿中)。42~45 m³ の貯水槽に methoprene (Altosid SR10) を 0.5 ppm, S-31183 (0.5% 粒剤) を 0.1 ppm で処理し, 定期的に水を採取し, 室内で *C. pipiens* に対する羽化阻害活性を調べた。S-31183 は Altosid SR10 と異なり, 暫定処方である粒剤を, methoprene の 1/5 の濃度で処理したにもかかわらず, 残効性は methoprene に勝つ

第4表 カリフォルニアにおける S-31183 の *Culex tarsalis* に対する防除試験結果 (MULLA ら, 1986)

化合物	処理量 (lb/エーカー)	羽化阻害率 (%)	
		処理 2 日後	処理 7 日後
S-31183 0.5% 粒剤	0.005	100	85
	0.010	100	92
	0.025	100	100
fenoxycarb 0.2% 粒剤	0.025	60	53
	0.050	94	69
	0.100	98	70
check	—	9	11

第5表 *Heliothis virescens* に対する殺卵活性

化合物	散布濃度 (ppm)	殺卵率 (%) ^{a)}		
		散布直後産下卵	散布 2 日後産下卵	散布 7 日後産下卵
fenoxycarb	1,000	45	50	54
	100	42	33	—
methoprene	1,000	19	—	—
	100	0	—	—

a) 受精卵または若齢幼虫の死亡率

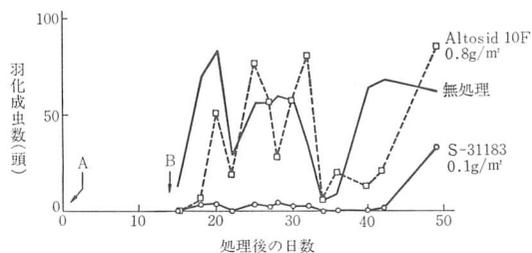
第6表 コナガ卵に対する活性

化合物	散布濃度 (ppm)	殺卵率 (%)	
		散布 0~1 日後産下卵	散布 7 日前産下卵
S-31183	25	93	60
	100	98	33
methoprene	100	63	0

た。これはすでに述べたように、S-31183 の活性自体と安定性が高いことによると思われる。

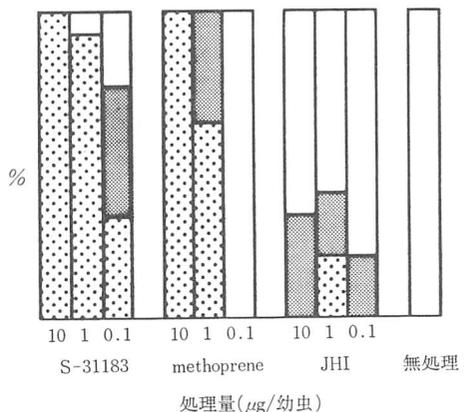
MULLA ら (1986) は、カリフォルニア州 Coachella Valley において、S-31183 (0.5% 粒剤) と fenoxycarb (0.2% 粒剤) の *C. tarsalis* に対する効果を調べ、S-31183 は fenoxycarb より 10 倍活性が高いと報告した (第4表)。このように、S-31183 はカ類幼虫に対し methoprene, fenoxycarb より高い効果を示すが、処理期間中 *Callibaetis pacificus*, *Tarnetrum corruptom*, *Anax junius*; Hydrophilidae, Dytiscidae に属する diving beetle の幼, 成虫, *Cypridopsis* 属, *Cyprinotus* 属の ostracods といった非標的生物になら影響は認められなかった。

イエバエに対する防除効果について第6図に示した (KAWADA et al., 投稿中)。これは卵, 2日齢, 4日齢



第6図 豚糞中のイエバエに対する S-31183 と methoprene (Altosid 10F) の羽化に及ぼす影響

A : 卵, 2日齢, 4日齢幼虫の放飼と散布, B : 2回目の放飼



□ : 蛹, ■ : 幼虫-蛹中間体, ● : 過齢幼虫

第7図 ハスモンヨトウ終齢幼虫の發育に及ぼす S-31183, methoprene, JHI の影響

幼虫を 10 kg の豚糞に放ち、methoprene (Altosid 10 F), S-31183 (5% 乳剤) を散布した後発生した成虫数を計数した結果である。S-31183 は有効成分量で 100 mg/m² で十分な羽化抑制効果を示した。S-31183 が methoprene 以上の効力を持つことは本実験により明らかだが、牛糞を用いた同様の実験より、fenoxycarb のイエバエに対する効力は methoprene に劣ることが判明している。

JHA を用いたハエ類の防除法に feed-through がある。これは牛, 豚, 鶏などの飼料に JHA を混入し糞中に排泄させ、そこに発生するハエ類を防除する方法で、アメリカの MILLER らが methoprene をはじめ、多くの JHA を用いて調べている。S-31183 も同様の試験がなされ、好結果を得ている (波多腰ら, 1985)。

S-31183 は *B. germanica* に対しても密度抑制効果を

第7表 S-31183 3回散布による tea scale の防除効果 (COOPER and OETTING, 1985)

化合物	散布濃度 (ppm)	死亡率 (%)				平均死亡率 (%)	下葉被害率 (%)
		1 齢若虫	2 齢若虫前期	前蛹/蛹	雌成虫		
S-31183	60	97	100	100	36	69	1
	120	97	100	100	58	68	34
	300	88	100	100	49	65	3
ベンダイオカルブ trifluron	600	80	99	97	37	60	0
	240	26	90	89	16	52	68
	600	29	97	100	19	49	37
	1,200	26	92	98	14	49	76
check	—	18	39	53	13	21	96

示す。処理された初齢幼虫でも次齢脱皮時に死亡する場合があるため、JHA に対する感受期、JHA の作用性はカ、ハエ幼虫のそれとはやや異なるかもしれない。

2 農業害虫に対する効果

fenoxycarb と methoprene の *H. virescens* に対する (MASNER ら, 1987), また S-31183 と methoprene のコナガ *Plutella xylostella* に対する (波多腰ら, 未発表) 殺卵活性について第 5, 6 表に示した。fenoxycarb は卵自体を殺す作用と被毒した卵からふ化した幼虫を殺す作用もあると報告されている。fenoxycarb の *H. virescens* に対する殺卵活性は methoprene 以上であり, 1,000 ppm 散布の場合, 散布 7 日後でも散布直後と変わらない効果を示した。S-31183 の *P. xylostella* に対する殺卵活性は methoprene 以上であり, 産卵直後の卵に対し特に有効であった。

ハスモンヨトウ *S. litura* に対する変態阻害活性について, JHI, methoprene, S-31183 を用いて調べた結果を第 7 図に示した (HATAKOSHI et al., 1986)。S-31183 は methoprene 同様処理された終齢 0 日目の幼虫に, 脱皮後中間体, 過齢幼虫を生じさせ, S-31183 の活性は JHI, methoprene 以上であった。S-31183 を処理された終齢幼虫 (過齢幼虫脱皮を行う) 体内の脱皮ホルモン濃度の変化は methoprene によるそれと同様であり, ピークの高さは無処理幼虫の 1/3 で, 6 齢への脱皮時に見られるピークとほぼ同じであった。不思議なことに過齢脱皮時の脱皮ホルモン濃度の変化には commitment に相当する小さなホルモンの上昇が見られ, 過齢脱皮とホルモンの関係に興味を持たれる。

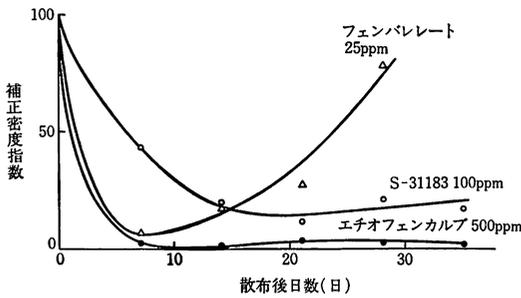
休眠覚せいについて methoprene を用いて数種昆虫で調べられている。*L. decemlineata* では 100 μg の methoprene でも成虫の成熟と産卵を引き起こさないが, 0.001 μg で蛹一成虫 transformation を阻害することから (SHENAL, 1976), 休眠覚せいにはかなり大量の JHA

が必要と思われる。ゾウムシの一種 *Hypera postica* では, 休眠が hydroprene 処理によって打破されることが報告されている (MELOAN・CURREY, 1986)。

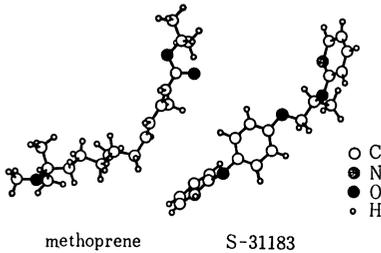
産卵に及ぼす JHA の影響については, 0.1 μg の hydroprene を *P. stultana* 未交尾雌に処理したところ, 産卵数が著しく増加したという報告がある (WEBSTER and CARDÉ, 1984)。

以上示したように, 室内試験では JHA は農業害虫に対しても種々の作用を持つ。しかし, 野外で十分な効果が得られるためには, 高活性で安定な化合物の出現を待たなければならなかった。fenoxycarb はその最初の例であり, カイガラムシ類, ハマキムシ類に対して高い効果を示す。リンゴの木に混成して発生したハマキムシ類 *Adoxophyes orana*, *Pandemis heparana*, *Archips podama*, *Spilonota ocellana*, *Archips rosana* に対し fenoxycarb を春に 3 回散布すると形態形成に影響し, 正常な成虫に発育させないことが報告された (REEDE ら, 1984)。一方, S-31183 をミカンの木に寄生したヤノネカイガラムシ *Unaspis yanonensis* に対し産仔前に散布したところ, 2 齢雌若虫の発生を無処理区のそれに比べ有意に抑制した (波多腰ら, 未発表)。COOPER と OETTING (1985) は S-31183 のツバキに寄生した tea scale *Fiorinia theae* に対する防除効果をベンダイオカルブ, trifluron と比較し, S-31183 は両薬剤と同等もしくはより高い効果を示したと報告した (第 7 表)。S-31183 は雌成虫自身には高い効果を示さなかったが, 産仔には影響し, 産下された 1 齢若虫の数は減少した。これは蔵仔数の減少, 1 齢若虫の死亡などによると思われる。S-31183 の効果は 1 齢若虫に対してもっとも高く, 60% 以上に発育阻止を引き起こし, 雌雄とも成虫化は認められなかった。

第 8 図にはキャベツに寄生したモモアカアブラムシ *Myzus persicae* に対する S-31183 の防除効果を示した (波多腰ら, 1985)。処理はアブラムシの密度が高くなる



第8図 S-31183 のモモアカアブラムシの密度抑制効果



第9図 methoprene と S-31183 の立体構造 (本木・高山, 1986)

前に行われ、S-31183 100 ppm 処理は、フェンバレート 25 ppm 処理区で散布 10 日後から密度の回復が見られたのに対し、散布後 30 日以上にわたって低密度に抑えた。S-31183 はモモアカアブラムシに対し高い産仔抑制作用があり、この作用により密度が抑えられたものと思われる。

以上示したように、S-31183 は衛生害虫のみならず、カイガラムシ、アブラムシ、オンシツコナジラミなどの農業害虫にも高い防除効果を示し、現在種々の害虫に対する実用性の評価が進められている。

III 構造と活性

近年 Computer Chemistry の発達に伴い、化合物の最適化構造をコンピュータで計算可能になった。第9図に S-31183 と methoprene の立体構造を示した(本木・高山, 1986)。methoprene のエステル基とそれに共役する二重結合部分に、fenoxycarb では -NHCOOCH_{25} が、S-31183 では -O-  が相当する。また methoprene のエポキシサイドを含む鎖状部分は 4-phenoxyphenoxy で置き換え可能であり、methoprene と S-31183 は相互に重ね合わすことができる。このように、methoprene, fenoxycarb, S-31183 は立体的に JH と相同であるにもかかわらず、昆虫体内では JH と異なった

挙動を示す。

KRAMER ら (1976) は、*M. sexta* の血中の JH binding protein に対する $[^3\text{H}]\text{JHI}$ と JH, JHA の binding competition を調べたところ、JH III acid, JH III diol とともに、methoprene, R-20458 といった JHA は調べた濃度範囲内でまったく binding しないことを示した。また PRESTWICH ら (1985) も、ゴキブリの一種 *Leucophaea maderae* の血中と卵巣の JH binding protein における $[^3\text{H}]\text{JH III}$ の JH 0, I, III, methoprene による displacement を調べ、JH 0, I, III に比べ methoprene がほとんど効果がないことを示した。さらに JH 標的細胞の細胞質中の JH binding protein においても、methoprene の競争力は JH に比べ著しく劣った。

以上のように、JH 作用を持つ JHA が果たしてどのタンパク質により receptor まで運ばれ、またどの receptor とどのように結合するのか、今後大変興味を持たれる分野である。

天然 JH に始まり、これをリード化合物として殺虫剤の第一歩を踏み出した methoprene に次いで、これらとは化学構造的に異なり、しかもはるかに高い活性を示すに至った fenoxycarb, S-31183 の発見は、今後生物起原の害虫防除剤研究をますます盛んなものとするであろう。また従来の殺虫剤と異なった作用性を有するこれらの化合物は、既存剤とのローテーション、天敵類の活用と組み合わせうる殺虫剤として利用するなどの、新しい害虫防除システムを作り出していくうえでも期待される。

引用文献

- 1) WILLIAMS, C. M. (1956) : Nature 178 : 212~213.
- 2) ——— (1967) : Sci. Am. 217 : 13~17.
- 3) HENRICK, C. A. (1982) : in "Insecticide Mode of Action", Ed by J. R. COATS, Academic Press, New York, pp. 315~402.
- 4) 満井 喬 (1986) : 植物防疫 40 : 466~471.
- 5) QUISTAD, C. B. et al. (1975) : J. Agr. Food Chem. 23 : 299~303.
- 6) 川田均ら (1986) : 第 38 回日本衛生動物学会大会講演 pp. 42.
- 7) SCHAEFER, C. H. and E. F. DUPRAS (1973) : J. Econ. Entomol. 66 : 923~925.
- 8) SLÁMA, K. and C. M. WILLIAMS (1966) : Biol. Bull. 130 : 235~246.
- 9) SRIVASTAVA, U. S. and K. M. SHUKLA (1982) : J. Insect Physiol. 28 : 299~304.
- 10) TRUMAN, J. et al. (1981) : Nature 291 : 70~71.
- 11) TOJO, S. et al. (1985) : J. Insect Physiol. 31 : 243~249.
- 12) MASNER, P. et al. (1968) : Nature 219 : 395~396.
- 13) DE VRIES, D. and T. BROWN (1977) : J. Econ. Entomol. 70 : 273~276.

- 14) WEBSTER, R. P. and R. T. CARDÉ (1984) : J. Insect Physiol. 30 : 113~118.
- 15) ROBINSON, G. E. (1985) : *ibid.* 31 : 277~282.
- 16) NAQVI, S. N. H. et al. (1976) : Z. Ang. Ent. 80 : 316~324.
- 17) ESTRADA, J. G. and M. S. MULLA (1986) : J. Am. Mosq. Control Assoc. 2 : 57~60.
- 18) CASE, T. J. et al. (1977) : Ent. exp. appl. 21 : 155~162.
- 19) MITCHELL, C. T. (1981) : J. Med. Entomol. 18 : 386~394.
- 20) MULLA, M. S. et al. (1986) : J. Am. Mosq. Control Assoc. 2 : 314~320.
- 21) 波多腰 信ら (1985) : 第 29 回日本応用動物昆虫学会講要, pp. 121.
- 22) MASNER, P. et al. (1987) : Pestic. Sci. 18 : 89~94.
- 23) HATAKOSHI, M. et al. (1986) : Appl. Ent. Zool. 21 : 351~353.
- 24) SEHNAL, F. (1976) : in "The Juvenile Hormone", Ed by L. I. GILBERT, Plenum Press, New York, pp. 301~322.
- 25) MELOAN, C. E. and K. CURREY (1984) : Int. Pest. Control. 28 : 104~105.
- 26) DE REEDE, R. H. et al. (1984) : Entomol. exp. appl. 35 : 275~281.
- 27) COOPER, R. M. and R. D. OETTING (1985) : J. Entomol. 20 : 429~434.
- 28) 本木隆夫・高山千代蔵 (1986) : 分子の三次元構造と薬理活性シンポジウム要旨, pp. 24~25.
- 29) KRAMER, K. J. et al. (1976) : in "The Juvenile Hormone", Ed by L. I. GILBERT, Plenum Press, New York, pp. 327~341.
- 30) PRESTWICH, G. D. et al. (1985) : in "Methods in Enzymology", Vol III, Ed by J. H. LAW and H. C. RILLING, Academic Press, New York, pp. 509~530.

本会発行図書

農林害虫名鑑

日本応用動物昆虫学会 監修

3,000 円 送料 300 円 A5判 本文 307 ページ ビニール表紙

日本応用動物昆虫学会の企画により、45名の専門家が分担精検して、農林関係の重要害虫 2,215種を収録した名鑑である。既刊の「農林病害虫名鑑(昭和40年)」を改訂し、編集に新しい工夫がこらされている。第1部では系統分類的に重要害虫(学名・和名・英名)がリストアップされ、第2部では農作物・果樹・花卉・林木・養蚕・貯蔵食品・繊維など225に分けそれぞれの害虫が示され、第3部は完璧な索引である。簡明、便利、かつ信頼して使える害虫名鑑であり、植物防疫の関係者にとって必携の書である。

本会発行図書

農薬ハンドブック 1985年版

農業環境技術研究所 農薬動態科等担当官執筆

定価 4,200 円 送料 300 円 B6判 682 ページ 美装幀 ビニールカバー付

現在市販されている農薬を殺虫剤、殺菌剤、殺虫殺菌剤、除草剤、殺そ剤、植物成長調整剤、忌避剤、誘引剤、展着剤などに分け、各薬剤の作用特性、使用上の注意、製剤(主な商品名を入れた剤型別薬剤の紹介)、適用病害虫などの解説を中心とし、ほかに一般名・商品名、化学名・化学構造式・物理化学的性質、毒性・魚毒性を表とした農薬成分一覧表、農薬残留基準・農薬登録保留基準・農薬安全使用基準の解説、毒性の分類、農薬中毒の治療法、薬剤名・商品名・一般名・化学名よりひける索引を付した植物防疫関係者座右の書!!

お申込みは前金(現金・振替・小為替)で本会へ

土 壌 害 虫 防 除 の 諸 問 題

——コガネムシの幼虫を巡って——

農林水産省農業研究センター ない 内 とう 藤 かつし 篤

はじめに

コガネムシやハリガネムシなどの土壌害虫の被害が各地で増大し、問題化したのは 1970 年代のことである。これを受けて土壌害虫に関するシンポジウムが、日本植物防疫協会の主催で開催されてからすでに 10 年を経過している。この間、防除に関する多くの研究が行われ、土壌害虫の生態や防除の研究に一定の進展はあったものの、依然、効果的かつ安定した防除法が確立されないまま今日に至っている。これは土壌害虫が土中において、直接、行動や習性を観察できず、害虫個体数や被害の調査が容易ではないこと、しかも発育期が長く、飼育が困難なことなどで、研究効率が悪く、生態の究明が十分にされないまま、薬剤防除を行わざるを得なかったのが最大の原因といえる。

本年 (昭和 62) 3 月関東 東海総合 農業研究推進会議において、重要検討事項として土壌害虫問題が取り上げられ、これを受けて 9 月中旬に茨城県下で土壌害虫研究会が開かれる予定である。一方、日本植物防疫協会の病害虫緊急対策委員会も、難防除害虫の一つとして土壌害虫を取り上げ、防除試験や研究会を行っており、ようやく本腰を入れて研究に着手すべき機運にある。この際土壌害虫の諸問題を、主として畑作のコガネムシ幼虫について検討し、今後の参考に供したいと思う。

I 土 壌 害 虫 と は

本論の前に、土壌害虫の定義に触れておきたい。それはこれまで土壌害虫をどこまで含めるかについて多少の混乱があったからである。昨年 6 月沖縄で開催された土壌害虫現地検討会の際、土壌害虫の定義について議論があり、「加害ステージを土壌中で過ごす害虫」で一応の合意が得られたよしである。これは簡潔で要を得ており、地上部害虫との区別に明快な答えを与えていると思われるが、筆者はもう少し内容を詳しく規定して次のように、「土壌環境に永続的あるいは一時的に生息し、そこでなんらかの加害活動を行っている昆虫等の小動物群

である」としたい。この場合、①土壌中に不活動期 (卵、休眠幼虫、蛹など) の間だけ滞在するもの、②土壌中に越冬あるいは夏眠のためだけ滞在するものは除外される。小動物にはダニ、ダンゴムシなどが含まれる。

江崎・野村 (1943) のいう土壌昆虫の定義、「直接または間接に、その生活史の少なくとも一時代を土壌中に過ごすもの」から土壌害虫を読み替えてみると、昆虫の大部分が土壌害虫に含められてしまう。やはり学問として技術として成り立つには、その輪郭をはっきり規定しておく必要がある。

II コガネムシ幼虫と土壌とのかかわり

1 土性との関係

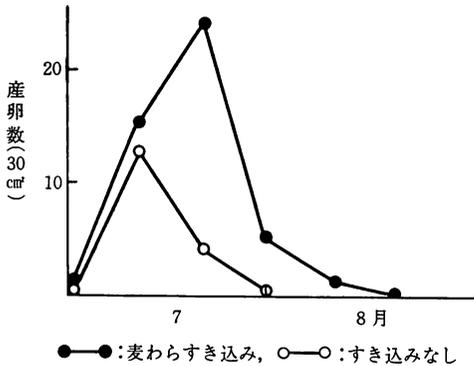
コガネムシ幼虫も含めた土壌害虫の発生は、土壌条件と密接な関係にあることはいうまでもない。一般に昆虫は、粘質土壌より軽しょう土を好むものが多い。関東地方の黒ボク地帯、鹿児島県の大隅半島のシラス台地、多くの海岸添いの砂質土壌地帯などで土壌害虫問題が大きいのはそのためである。しかし強度の砂質のところは有機物の少ないこともあって、コガネムシは好まない。土性からいえば、重粘土、シルト含量の特に多い土壌や強度の砂土を除けば、たいいてい土壌に生息が可能である。

一般に粘重な土壌に害虫の発生が少ない原因はまだはっきりしておらず、推測の部分が多いが、①土壌中の孔隙量が少なく、呼吸に必要な空気が欠乏しやすい、②土壌中で幼虫の移動が困難であり、また成虫の産卵の際の潜入行動に障害がある、などが考えられる。端的に言えば、雨が降ればべとべとし、乾くとこちこちに固まる土壌は彼らは好まないのである。実際にヒメコガネは腐植や水分を適当に含んだ軽しょうな埴壤土に多く産卵し、緻密な固い土壌には産卵することができないことが知られている (沢・田村, 1953)。土壌の硬さとの関係も大きい。内藤 (1972) が栃木県の大笹牧野において調査した結果によれば、土壌硬度の数値が大きいほど、つまり固いところほど、コガネムシ幼虫の生息密度が低い傾向があった。

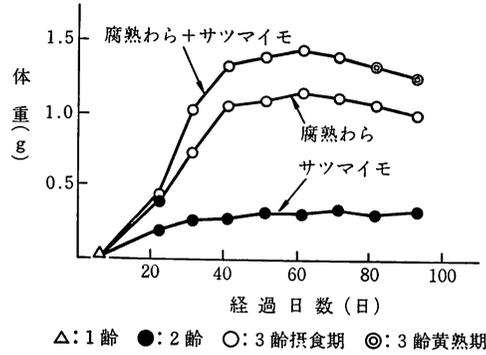
2 土壌中の有機物との関係

(1) 有機物とコガネムシ幼虫

Current Problems on the Control of Soil Insects Pests in a Upland Farming, Special Reference to the scarabeid Larvae. By Atsushi NAITO



第1図 有機物の施用とドウガネブイブイの産卵 (稲生・高井, 1984)



第2図 ドウガネブイブイ幼虫の發育に及ぼす有機物の影響 (富沢ら, 1978 より)

コガネムシ幼虫の発生が、土壌中の有機物と密接な関係にあることはよく知られている。稲生・高井 (1984) は、ラッカセイ畑に麦わらを混入した区と無混入区についてドウガネブイブイの産卵状況を調査した結果、第1図のように、明らかに麦わら混入区に集中していることを認めた。また室内試験において、同じ関東ロームで有機物の多い黒ボク土と、有機物のほとんどない赤土にそれぞれ麦わらを混入して産卵数を調べたところ、混入区にやはり多く、しかも混入区と無混入区の差は、黒ボク土より赤土のほうが大きかった。

は場に有機物を施用するとコガネムシ幼虫の発生が多くなるのがイチゴ仮植床における堆肥施用の試験結果 (滝田, 1975) やサツマイモ畑への各種有機物の施用の試験結果 (久保田ら, 1982) からもうかがい知ることができる。しかも有機物を連用することにより、年を経るに従い、幼虫密度やサツマイモの被害が増大する傾向があるという。

有機物が食餌として、幼虫の發育にきわめて重要なことは、富沢ら (1978) がドウガネブイブイについて、サツマイモと腐熟わらを単独ないし混合して給与したところ、第2図のようにサツマイモ+腐熟わら区がもっともよく、次いで腐熟わら区で、サツマイモのみの区は著しく發育が劣ったことからわかる。このようなことはドウガネブイブイだけでなく、ヒメコガネやアカビロウドコガネについてもいえることであるが、とにかく若齢幼虫期は腐植を好む性質が強い (沢・田村, 1953)。

(2) 施用堆肥の完熟度と土壌中の有機物の分解度

熟度の異なる未熟堆肥と完熟堆肥を植え付け時に施用して、サツマイモ畑におけるコガネムシ幼虫の発生被害状況を調査した結果では、施用区はいずれも無施用区より多く、未熟堆肥 (稲わら) は完熟堆肥より多かった

(牧野・深町, 1979)。大内 (1981) の報告からすると、コガネムシ幼虫の食物として適当な有機物は、植物の遺体の原形を、ある程度とどめている腐葉土ぐらいに分解が進んだものようである。その点からすると、前述の試験で稲わらを施用した区に発生が多かったのは、コガネムシの産卵時期に稲わらが適度に分解しているためとみられる。このことはあとで述べる有機物と農薬との混用効果を期待した防除法を考えるうえで重要なポイントとなる。

3 産卵習性

コガネムシの成虫は一般に幼虫の生息場所とは異なる環境に生息し、幼虫の加害作物以外の植物を食物にして育ち、産卵の際幼虫の生息に適した開放的な環境である畑地や草地に飛来する。その際成虫は卵巣が發育した状態で、産卵のため土中に潜入する。潜土の深さは種類によって異なり、ヒメコガネは 5~10 cm (大内, 1981)、ドウガネブイブイはこれより深く、アカビロウドコガネは、比較的浅いようである。いずれも有機物を多く含んでいる土壌を好むことが知られている。

成虫の産卵行動については、ドウガネブイブイで稲生・高井 (1984) によって比較的良好に調べられている。それによると、成虫は日没とともに飛来し、低空を飛び回って畑地面に着地する。潜土しやすい場所を探し当てると直ちに潜入し、耕度の深さに関係なく、耕盤近くまで潜行しながら1粒ずつばらばらに産卵する。深さ 45 cm に耕盤がある場合にはそこまで潜入する。成虫はおそらく夜通し産卵し、翌日地表近くまで上昇、日没を待って地上に出て餌場に飛び去るようである。その場合、あらかじめ播種前に麦わらをすき込んだ区はそうでない区に比べて多かった。腐植を多く含んだ土壌に産卵が多い事実は、ヒメコガネでも報告がある (沢・田村, 1953)。

第1表 ヒメコガネ幼虫の水平方向への分散距離
(瀬戸口ら, 1984 より)

放飼点からの 距離	3日後 (cm)		7日後 (cm)	
	平均	最大	平均	最大
	43.8	100	53.7	150

4 幼虫の行動

これまでにコガネムシ幼虫の移動について調査された成績はあるが、大部分は生息深度の季節的変動に関したものである。最近、瀬戸口ら (1984) の畑にヒメコガネの幼虫を放飼して、数日後に水平方向にどれだけ移動したかを調べた成績がある (第1表)。それによると、予想以上に移動距離があり、3日後に放飼点から約 1m、7日後には約 1.5m 移動が見られた。これは薬剤試験の設定に際しては、小面積なら隔壁を設ける必要があることを示している。また永沢ら (1978) は、コガネムシ幼虫のサツマイモ畦内における垂直的断面の分布構造を時期的に調査した。移動に関連したデータとして貴重である。

しかし、さらに必要なことは、土壤中で彼らがどのように動き回っているかである。防除効果を解析するうえで、土壤中に施用した農薬に、害虫がどのようにして接触するのか、土壤中の有機物に集まるにしても長期間そこにとどまるのか、餌場として時々来ては去るのか、行動範囲はどの程度かなどの情報である。松井ら (1987) や沢田 (1987) のデータから推測されるように、もし薬剤を忌避することなく、幼虫が行動するのであれば、畦内にベルト状に濃い薬剤の層を作っておけばよいかもしれないが、あまり動かないとすれば、作土全体に広く薬剤を混和したほうがよいであろう。

最近、沢田 (1987) は、土壤中のコガネムシ幼虫の動きを外から観察できる根箱様のケースを作ってラッカセイを育てておき、幼虫を放飼して行動調査を行っているが、それによるとかなりの速度でたえず活発に行動することがわかってきた。ドウガネブイブイの3齢幼虫で1時間に約 9cm も動いたという。松井ら (1987) は透明板の間を 6mm にして土を詰め、ドウガネブイブイの2齢幼虫を放飼して行動を観察したところ、やはり相当活発に動き、平均1時間 10cm 以上移動した。ただしこの方法は上下間隔が非常に狭いので、やや不自然な動きになることも考えられる。

III 土壌施用薬剤の効果を巡って

サツマイモのコガネムシ幼虫の防除を考える前に、一

応は場におけるコガネムシの発生加害状況を頭にえがいてみよう。関東地方ではドウガネブイブイ、アカビロウドコガネ、ヒメコガネなどが主体であるが、サツマイモの植え付け後 7、8 月ごろにそれらの成虫が飛来し、畑地に産卵する。ふ化した幼虫は土壌中の有機物や作物を摂食して成長し、2齢になったころより塊根を加害するようになり、被害は8月中・下旬から 10 月ごろまで続く。加害の時期は種類によって多少の早晚がある。ドウガネブイブイはアカビロウドコガネより早め、ヒメコガネは遅い。

さて、サツマイモのコガネムシ防除には二つの方法が現在行われている。一つは 5、6 月ごろ行われる植え付けの直前に、あらかじめ殺虫剤を畦内に土壌混入しておき、2、3 か月後に発生してくる幼虫をそれによって殺虫して防除しようとする方法と、産卵に飛来する成虫と、ふ化後間もない若齢幼虫を対象に、畦上に散布して防除する方法である。

1 土壌条件

コガネムシ幼虫防除に関して、1970 年代にかなり試験が行われた。それらからすると MPP やダイアジノン粒剤の植え付け時畦内施用で好成績が得られたところ (山内ら, 1974; 深沢ら, 1978; 戸塚ら, 1976; 永野ら, 1973) と、それだけでは効果不十分で、生育時に畦上施用による防除も必要とする成績 (石川, 1978; 永沢ら, 1978; 永沢ら, 1979; 稲生ら, 1981) がある。内容を検討すると、畦内施用で安定した効果の見られた静岡県は、害虫の種類はドウガネブイブイで、海岸近くの砂質土壌地帯であるのに対し、効果が不安定であった埼玉県や茨城県は、アカビロウドコガネが主体で、土質が火山灰土の黒ボク地帯のことが注目される。すなわちサツマイモのコガネムシに対する薬剤の防除効果は、害虫の種類によっても異なるが、土壌によっても差がある。

土壌による防除効果の違いを確かめる意味で、久保田ら (1980) は黒ボク火山灰土と、それに砂を混合した土

第2表 サツマイモのコガネムシ幼虫に対する殺虫剤土壌施用効果の土壌による違い

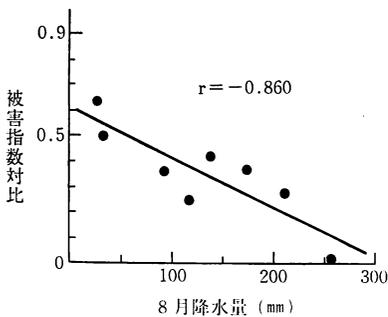
処 理	供 試 土 壌	被害いも率 (%)	
		1979年	1980年
MPP 剤 植え付け 時施用	洪積火山灰土	7.2	17.2
	洪積火山灰土+砂 (1:1)	3.1	2.8
無施用	洪積火山灰土	51.4	91.2

(久保田ら, 1979, 1980 より)

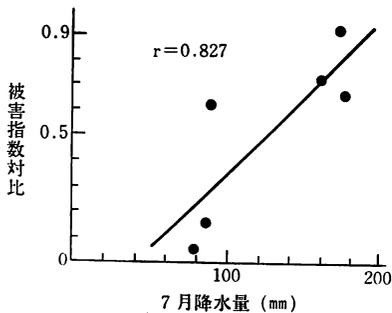
壤について、MPP 粒剤を植え付け前に施用して、サツマイモのコガネムシ幼虫防除試験を行った結果、第2表のように、砂を混合した区のほうが効果が高かった。砂質土壌での効果が安定している裏づけとなるものと思われる。

2 気象条件

石川 (1978) によると、MPP, ダイアジノン, CG223 粒剤などの植え付け時畦内施用と EDB などの生育時畦間施用で、1974 年はサツマイモのアカビロウドコガネに対する効果が高かったが、同じ試験で翌 1975 年はいずれの薬剤も効果がなかった。それは 1975 年が高温少雨で土壌が極端に乾燥したことが原因とされている。永沢ら (1979) も 1976~78 の3か年間サツマイモのアカビロウドコガネに対し、MPP の畦内施用とダイアジノンの畦上施用して防除試験を行ったが、やはり乾燥の激しかった 1978 年の効果が著しく劣った。久保田ら



第3図 降水量と MPP 粒剤によるサツマイモのコガネムシ幼虫防除効果の関係 (久保田ら, 1980 より)
被害指数対比 = 処理区被害指数 ÷ 無処理区被害指数



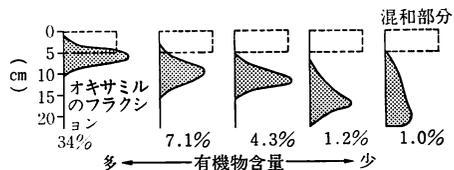
第4図 サツマイモのコガネムシ幼虫に対する MPP 粒剤の有機物 (青刈麦) との併用効果と降水量 (久保ら, 1980 より)
被害指数対比 = 青刈麦・薬剤処理区被害指数 ÷ 薬剤処理区被害指数

(1985) は、埼玉県における過去 1977~84 年に行われた試験成績から、気象条件とサツマイモのコガネムシに対する施用薬剤の効果をまとめたところ、第3図のように降水量の少ない年に効力の低下している傾向があることがわかった。さらに興味あることは、有機物として青刈麦を畦立て前に畦内に施用して MPP と混用した場合の効果は、第4図のように、降水量が多いときより少ないときのほうが効果が高まる傾向を示している。これは降水量の少ない年は麦藁の腐熟が進まず、幼虫が麦藁付近にとどまるためではないかと試験担当者らは見ている。

3 土壌中の有機物

前述のように、土壌施用薬剤の効果は、関東ロームの黒ボク土壌でやや不安定の傾向があるが、これは含まれる有機物の量が多いことと関係がありそうである。BROMILOW・LORD (1979) が有機物含量の異なる土壌にオキサミルを混和し、地面に 50 mm 相当の水を散布して土壌中への移行を調査した結果、第5図のように、有機物含量の多い土壌ほど、土中への移行が少なかった。同様に、廿日出・吉田 (1976) は黒ボク土壌と砂質土壌について、MEP とイソキサチオンの土壌中への浸透を調べたところ、有機物含量の多い黒ボク土壌がやはり移行量が少なかった。すなわち土壌中の有機物が薬剤の吸着に大きな役割を果たしていることがわかる。

さて有機物による薬剤の吸着が、土壌害虫の防除効果にプラスに働くか、あるいはマイナスに働くかは重要な問題である。久保田ら (1979) は豚糞などの堆肥を条施用し、同時に MPP 粒剤を施用して、サツマイモでコガネムシに対する防除効果を試験した結果、むしろ堆肥混用区の効果が低かった。コガネムシの発生時期までに施用した豚糞が完全に分解されてしまうからである。そこで次に分解の遅い青刈麦を同様な方法で、MPP と併用の効果を試験したところ、併用効果が見られた (久保田ら, 1980)。稲生ら (1981) も麦藁すき込みした場合の MPP 粒剤の畦間施用は麦藁を施用しないものより効果が高いことを報告している。



第5図 有機物含量の異なる土壌におけるオキサミルの移行 (BROMILOW・LORD, 1979 より) 薬剤混和後 50 mm 相当の水を散布

第3表 ラッカセイのコガネムシ幼虫に対する防除薬剤と堆肥との混用効果 (竹沢ら, 1981 及び神奈川農総試, 1985 より)

処 理	食害莢率 (%)	
	1981年	1985年
プロチオホス+牛糞堆肥	1.5	2.1
プロチオホスのみ	14.8	7.4

一方、竹沢ら (1981) はラッカセイのコガネムシ幼虫防除に、各種の薬剤と有機物を組み合わせる作条施用し、両者の併用効果を試験した結果、プロチオホス微粒剤と牛糞堆肥の組み合わせ効果が顕著であった (第3表)。両者の併用効果が高いことは、その後 1985 年に行われた試験 (神奈川農総試, 1985) でも確かめられている。しかし他の薬剤ダイアジノン、イソキサチオンなどは、有機物との併用効果は見られていない。この試験で興味あるのは、同じプロチオホスでも、樹皮堆肥との組み合わせでは効果がないことである。

有機物との併用効果はどのようなメカニズムで現れるのだろうか。一つはコガネムシ幼虫が有機物を食物としていることから、毒餌的效果や、施用薬剤に接触する機会が多くなる現象が考えられる。土壌中の有機物は農薬を吸着する働きがあることは前に述べたが、吸着した農薬の分解を促進することなしに長期間保持する性質があれば、防除にプラスに働くはずである。それは農薬や有機物の種類、土壌条件によって複雑に効果の発現が異なるであろうが、今後さらに、有機物を利用して防除効果を高めるくふうの余地は、十分ありそうに思われる。

IV 効率的な幼虫防除法確立に向けて

1 薬剤も使いよう

これまでの試験で、サツマイモやラッカセイのコガネムシ幼虫に対して、効果が認められた薬剤としては、MPP、ダイアジノン、イソキサチオン、プロチオホス、プロフェンホス、ベンフラカルブなどで、そのほか試験番号で試験中の新規化合物や既知化合物の中にも、有望視されているものがいくつかある。いずれも土壌施薬剤としてそれぞれ優れた特徴を持っているが、しかしどこでも安定した高い効果があるわけではない。優秀な薬剤でも、効果不十分の結果が出るのが少なくない。ここで考えねばならないのは、新薬剤の開発も重要であるが、既存の薬剤でもその特徴を十分生かせば、かなりの線まで効果を高めることができるということである。

土壌施薬剤としてよく知られている MPP とダイアジノンを比較すると、ドウガネブイブイの幼虫に対し前者

は砂土、黒ボク、赤土のいずれも残効が長い、ダイアジノンは、夏期地温が高くなる砂土では著しく残効が短くなる。これは高温によるガス揮散が激しくなるのが原因とされている (谷口達雄氏, 私信)。MPP やプロチオホスは遅効性で、有機物と混用しても分解消失が早まらないという特徴があるようである。ダイアジノンも地温があまり高くない時期のコガネムシ幼虫防除効果が優れているところから、その特徴を生かし、林業の苗床では春先はダイアジノン、夏期はトクチオン (プロチオホス) の組み合わせが有効とされている (川崎, 1984)。

施用の際留意すべき要素としては、その薬剤の残効の長さ、土壌中での拡散性、水に対する溶解度などが重要であろう。例えば、ダイアジノンはガス効果が優れていることからサツマイモのコガネムシの発生時期に、畦上散布で効果がある。しかし高温乾燥の年は効果があがらないので注意が必要である。

剤型へのくふうも重要である。最近開発されたカプセル剤のダイアジノン SL ゾルなどは、ダイアジノンの揮発しやすい欠点をカバーして残効を長くし、防除効果を高めている。

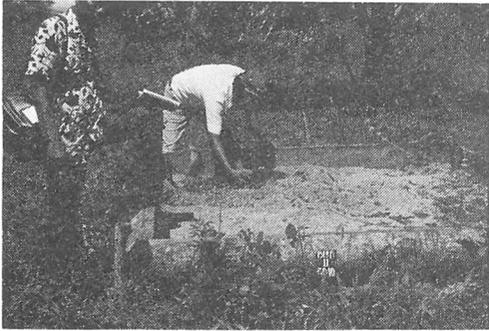
2 土壌への施用方法の問題

サツマイモ、ラッカセイのコガネムシ防除で、植え付けまたは播種時における薬剤の土壌施用はすべて機械作業で行われるが、作業手順の一例をあげると、通常作条施用では畦を立てる位置に浅い溝を付け、約 30 cm 幅に薬剤と肥料を散布し、ロータリーをかけながら畦立てし、マルチを張る。全面施用は文字どおり全面に散布してのち同様に畦立てしマルチする。その際、施用薬剤が畦内にどのように分布するかを、粒剤の代わりに小粒ダイズを用いて試験した興味あるデータがある (松井ら, 1987)。それによると、意外に施用薬剤は畦の上部に押し上げられ、肝心の幼虫防除にとって重要な畦の底部には、植え溝施用、全面施用とも到達量が少ないことがわかった。おそらく、そうしたことが効果不十分の原因ではないかと考えられている。害虫にもっとも効果のある土層に薬剤を施用混入する技術はそう簡単ではなく、農業機械の専門分野との共同研究が必要である。

3 毒餌ないし産卵習性を利用した防除

土壌中に有機物を多く施用したところに、ドウガネブイブイやヒメコガネ成虫の産卵が多い傾向があることは前に述べた。その際有機物に MPP やプロチオホスの混用効果が高いのは、一種の毒餌の効果があるのではなかろうか。もしそうだとすればより誘引性の強い食物に殺虫剤を混ぜた毒餌が有効かもしれない。

筆者はインドネシアで、ココヤシの根元を加害するコ



第6図 昆虫寄生菌を混入したのこぎりくずに、コガネムシ成虫を産卵誘引して防除する。
インドネシア、西部ジャワにて

ガネムシの一種 *Oryctes rhinoceros* などの防除に、成虫が好んでヤシののこぎりくずに産卵する性質を利用して防除しているのを見たことがある。園内の所々に、2m 平方で高さ約 30 cm の木枠を置き、その中に 20 cm 程度の厚さにのこぎりくずを敷く。のこぎりくずにはあらかじめ天敵微生物の *Beauveria* 菌などの昆虫寄生菌を混入しておき、適度の湿気を与えておくと、成虫はその中に潜入して産卵し、ふ化した幼虫はのこぎりくず内の寄生菌で死滅する仕組みになっている(第6図)。

生物的防除としての天敵微生物利用は今日の課題となっているが、土壌中への施用は、地上部害虫のように周辺個体への伝播波及効果は期待できないので、前述のような施用法のくふうが必要である。

4 性フェロモンの利用

ヒメコガネの性フェロモンの誘引性が確かめられ、オキナワカンジャクシコメツキに対しては、すでに性フェ

ロモンによる大量誘殺試験が開始され、好成绩を収めており、将来の有望な防除手段となろう。しかし成虫防除は本題の目的ではないので、別の機会に譲りたい。

引用文献

- 1) BROMILOW, R. H. and K. A. LORD (1979): Ann. Appl. Biol. 92: 93~94.
- 2) 江崎佛三・野村健一(1943): 土壌昆虫の生態と防除. 養賢堂, 東京, 160 pp.
- 3) 深沢永光ら(1972): 関東病虫研報 19: 96~97.
- 4) 甘日出正美・吉田正義(1976): 静岡大学農学部報告 26: 119~123.
- 5) 稲生 稔ら(1981): 茨城農試研報 21: 15~26.
- 6) ———・高井 昭(1984): 植物防疫 38(9): 395~398.
- 7) 石川元一(1978): 関東病虫研報 25: 98~99.
- 8) 川崎政治(1984): 農業研究 30: 31~36.
- 9) 久保田篤男ら(1979): 関東病虫研報 26: 101~102.
- 10) ———(1980): 同上 27: 134~135.
- 11) ———(1982): 同上 29: 119.
- 12) 久保田篤男・佐藤光興(1985): 同上 32: 181~182.
- 13) 牧野 晋・深町三朗(1978): 九州病虫研報 25: 101~102.
- 14) 松井武彦ら(1987): 茨城農試研報 26: 印刷中.
- 15) 永野道昭ら(1973): 九州病虫研報 19: 115~117.
- 16) 永沢 実ら(1978): 関東病虫研報 25: 96~97.
- 17) ———(1979): 同上 26: 103~104.
- 18) 内藤 篤(1972): 農林水産技術会議事務局編, 大規模草地の利用管理技術の確立に関する研究, 124~126.
- 19) 大内義久(1980): 植物防疫 34(9): 413~418.
- 20) 斎藤祠司(1976): 関東病虫研報 23: 102.
- 21) 沢 良三・田村市太郎(1940): 茨城農試臨時報告 145 pp.
- 22) ———(1953): ヒメコガネの生態に関する研究. 関東東山農試報告 213 pp.
- 23) 沢田正明(1987): 第31回応動昆虫大会講演要旨, 168.
- 24) 瀬戸口 脩ら(1984): 鹿児島農試研報 12: 45~72.
- 25) 竹沢秀夫ら(1977): 関東病虫研報 24: 107.
- 26) ———(1981): 同上 28: 101.
- 27) 戸塚 武ら(1976): 同上 23: 103~104.
- 28) 滝田泰章(1975): 同上 22: 99.
- 29) 富沢 章ら(1978): 北陸病虫研報 26: 54~57.
- 30) 山内寅好ら(1974): 関東病虫研報 21: 190~191.

人事消息

群馬県では下記の異動があった。

(4月1日付)

川島菊市氏(農総試副場長)は農政部農業技術課長に
山崎正則氏(吾妻農政事務所係長代理)は同上課農業
防疫係長に

岩崎松雄氏(農政部農業技術課農業防疫係長)は同課
第四専技室課長補佐に

小林啓一氏(病虫害防除所総括次長)は同上部流通園
芸課長補佐に

小沼金吉氏(農政部長室課長補佐)は病虫害防除所長に
山口東洋氏(病虫害防除所予察課長)は同所総括次長に
櫻井孝弘氏(東部農政事務所経営課長)は同所予察課
長に

鳥山悦男氏(病虫害防除所防除課係長代理)は同所防
除課長に

関口宗吉氏(同所防除課長)は渋川農業改良普及所総
括次長に

柏倉康光氏(衛生環境部参事・公害課長)は農総試場

長に

中里筆二氏(農総試第二環境部長)は同試企画調整部
長に

高山隆夫氏(同上部病害虫課長)は第二環境部長に
高橋章夫氏(同上部蚕業分室長)は同部病害虫課長に

柳沢靖浩氏(農総試第一環境部環境保全課主幹兼独立
研究員)は同上部蚕業分室長に

市村盛一氏(農政部農業技術課課長補佐)は園芸試験
場長に

山口孝根氏(蚕業試験場蚕種飼料部長)は同試場長に
小林 晃氏(農政部農業技術課長)は退職(3月31
日付)

小暮守利氏(病虫害防除所長)は退職(3月31日付)
佐藤修吾氏(農総試場長)は退職(3月31日付)

近藤 晃氏(園試場長)は退職(3月31日付)
佐藤好祐氏(蚕業試場長)は退職(3月31日付)

群馬県植物防疫協会は6月15日付で、社団法人群馬県
植物防疫協会として新発足した。住所、電話番号は従
来どおり。

植物防疫基礎講座

病害虫防除のための統計学 (5)

探索的データ解析

農林水産省農蚕園芸局畑作振興課 **いわもとあきひさ** 岩元明久

(問1) 探索的データ解析を知っていますか?

1 探索的データ解析とは?

探索的データ解析 (Exploratory Data Analysis, 以下 EDA と略す) とは, Tukey を中心としたデータ解析学派と呼ばれる統計学者によって 1960 年代から, 開発, 発展された一連のデータ解析の手法を指している。

読者の多くが統計的手法を学ぶという際の統計的手法のほとんどは, 推測統計学 (inferential statistics) という大枠に含めることができる。推測統計学は, 母集団 (population) と標本 (sample) を明確に区別し, この母集団から一定の手順で抽出された標本に, やはり一定の手順で数的処理を加えた結果から, 母集団について一定の推測を行うという理論構成を持っている。こうした手法によって一定の結論を得るには, 綿密な実験計画などの下で実験や調査が実行されねばならない。しかし, 調査研究の途上では, まったく未知の対象について, とにかく情報を集めて対象に対するなんらかの知識を得たいという段階がある。そのようなデータは, 得られたデータ自体に意味があるから, 標本→母集団と短絡し, 推測統計学の諸手法に盲従するのは正しいとはいえない。

EDA では, 当初からデータに一定の分布型を仮定するなどの予断を排し, データの予期せぬ特徴を明確にすることを目指す。そのため, データの特徴を視覚的に図示することを第一に行う。EDA の入門的紹介である本稿においても, この図的表示について概説することになる。しかし, EDA の手法の背景には抵抗性, 頑健性の概念, データの要約値の不確実性などの統計学上の諸問題が胚胎しており, 1977 年に Tukey の著書が刊行されるに及んで大きな反響を呼び, 特に従来の実験計画的手法の適用が難しいことの多い社会学, 教育学, 環境科学などへの応用が意欲的に行われるなど, データ解析の分野ではその地盤を確固たるものにしつつある。

ここでは, 理論上の詳細などを紹介する余裕はないが, 問2に答える形で抵抗性について簡単に説明するこ

としたい。

(問2) 平均値 (\bar{x}) は, データを $x_i (i=1, \dots, N)$ とするとき,

$$F = \sum_{i=1}^N (x_i - x_0)^2 \dots\dots\dots (1)$$

を最小にするような代表値 (x_0) として求めることを示しなさい。また, 中央値 (x_M) はどのような関数を最小にする代表値ですか。

1 代表値とは?

あるデータの集まりを一つの値で代表させる必要があるとき, 一般にはその散布の中心的位置でそれを示すことになる。その意味で, 散布の中心的位置を表す要約値のことを総称して代表値と呼ぶことがある。

ところで代表値は, 個々のデータが全体的に代表値からあまりズレていないことが必要である。あるデータ x_i の代表値 x_0 からのズレ (偏差) r_i は,

$$r_i = x_i - x_0 \dots\dots\dots (2)$$

で表されるが, ズレの大きさの評価はどのような基準でそれを考えるかで結論が異なってくる。しかし, いずれの場合にも, その基準は (2) 式のある関数として表されるべきであり, 問中の (1) 式はそのような関数の一つというわけである。

2 問2の答え

問は (1) 式で x_i がすでに与えられているときに, F を最小にする x_0 を求めよということである。(1) 式は平均値を使って,

$$F = \sum_{i=1}^N \{(x_i - \bar{x}) + (\bar{x} - x_0)\}^2 = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 + 2(\bar{x} - x_0) \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}) + N(\bar{x} - x_0)^2$$

と変形できる。ここで, $\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}) = \sum_{i=1}^N x_i - N\bar{x} = N\bar{x} - N\bar{x} = 0$ と $\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 =$ 正の定数に注意すると, F は $x_0 = \bar{x}$ のとき $F = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$ となり, 最小である。

また, 中央値 x_M は,

$$F = \sum_{i=1}^N |r_i| = \sum_{i=1}^N |x_i - x_0| \dots\dots\dots (3)$$

を最小にする値として求められる。証明あるいは解説は, 各人の演習に残しておく。

Statistics for Pest and Disease Control (5). Exploratory Data Analysis. By Akihisa IWAMOTO

第1表 ハスモンヨトウ成虫のフェロモントラップ捕殺数

地点名	捕殺数	地点名	捕殺数	地点名	捕殺数
山形	10	愛知	9	愛媛	21
群馬	3	滋賀	29	高知	50
埼玉	4	京都	20	長崎	160
神奈川	9	兵庫	45	佐賀	60
千葉	40	三重	47	福岡	59
新潟	5	和歌山	30	大分	28
富山	13	鳥取	7	熊本	182
石川	50	岡山	8	鹿児島	144
福井	13	島根	19	鹿儿島	149
静岡	129	広島	15	沖縄	19
岐阜	49				

1983 年全国半旬別データ (4 月第 1 半旬から 10 月第 6 半旬まで) の総捕殺数(単位: 100 頭), 計 31 地点

3 抵抗性

さて, (1) 式を最小にする平均値にはどんな特徴があるのだろうか。まず, (1) 式は (3) 式よりも数学的な演算の適用が容易であるという利点がある。平均値が多く用いられる理由の一つがここにある。しかし, ゼレがその二乗で評価されているので, 一つでも飛び離れた値 (外れ値という) が混入している場合には, その影響を強く受けて代表値が外れ値に大きく引き寄せられることになる。それに対して (3) 式を最小にする中央値は, 比較的外れ値の影響を受けにくい。

以上のことは, 次のような例で確かめられる。いま, 25, 33, 12, 20, 64 というデータがあるとする。このとき, 平均値と中央値は, それぞれ 30.8 と 25 である。平均値は外れ値 64 に引きずられ中央値よりもかなり大きい。また, 調査者が上のデータ中の 33 を 83 と誤記したとしたらどうだろう。中央値はこの場合でも 25 と変わらないのに対して, 平均値は 40.8 になってしまう。

生のデータには, 未知の諸要因のために, 本来の値から逸脱したものが混入している可能性がある。データを探索的に見ていく場合には, このような外れ値とデータの大勢を表す要約値とが明確に分離され, データの大勢と例外が共に明示されることが望まれる。データを集約するある統計量が, 一部のデータの影響を受けにくいことを抵抗性 (resistance) が高いという。平均値は比較的抵抗性が低く, 中央値は高い。以下, 概説する EDA の手法は, 抵抗性の高い指標に基づいた一連の解析手法であることに注意したい。

(問 3) 第 1 表のデータの全体を見て, データの特徴を述べなさい。

第2表 ハスモンヨトウ成虫のフェロモントラップ捕殺数の幹葉表示

0 *	3 4 5 7 8 9 9
1 *	0 3 3 5 9 9
2 *	0 1 8 9
3 *	0
4 *	0 5 7 9
5 *	0 0 9
6 *	0
7 *	
8 *	
9 *	
1 0 *	
1 1 *	
1 2 *	9
1 3 *	
1 4 *	4 9
1 5 *	
1 6 *	0
1 7 *	
1 8 *	2

1 準備

データ解析を行う際にまず望まれることは, 散布の概観である。この目的のために EDA では幹葉表示 (stem-and-leaf display) と呼ばれる表示法を使う。まずは, 二, 三の表記, 用語を解説することから始めよう。なお, 第 1 表の値の単位は百頭で, それ以下は切捨てである。

(1) h for "and a half"

EDA では順位の情報が重要な役割を果たす。順位は整数であるが, 順位を割り算する必要がある場合に, “.5” という値がしばしば出てくることになる。EDA ではこのようなとき “h” を使い, 記法の簡潔を図る。例えば, 5.5 は 5h というように書く。

(2) “*” for place filler

FAO (1982) の統計によると, 世界の耕地及び樹園地は, 1,468,599 千 ha である。この数値は世界の農地を概観するという目的のためには細かすぎる。EDA ではこの目的のために, 146**** というような表示を使う。これは, 1,460,000 から 1,469,999 の数という意味である。

(3) “#” for count

EDA では, (総) 数であることを明示するのに “#” 記号を用いる。

(4) バッチ

第 1 表のデータのように, データ解析の対象となるデータの集合のことを EDA ではバッチ (batch) と呼ぶ。すでに述べたとおり推測統計学では, 標本という用語が使われるが, それは想定される母集団に対するある統計的推論を導き出すための一機能として見られているという面が強い。一方, EDA ではデータの集まりの特徴を

直接問題にして、データをバッチとして取り扱う。

2 幹葉表示

バッチの概観のためには、従来から度数分布が使われている。幹葉表示もその一種であるが、データを直接書き出しながら散布を概観できること、情報の縮約がない(あるいは少ない)ことに特徴がある。とにかく、第1表のデータを幹葉表示した第2表を見てみるのがよい。

第2表の読みかたを説明しよう。表の左側の数値は度数分布の階級を表す。例えば、2*は20~29という階級である。次に中区切りの縦線をはさんで各階級の右側に並ぶ数列は、その個数が階級の度数を表している。例えば、2*の階級には0189と4個の数字が並ぶが、20~29の階級の度数はすなわち4である。また、個々の数字の“0”, “1”, “8”, “9”は、20~29の階級に入るデータ値を小さいほうから1の位の数字だけ並べたものである。20, 21, 28, 29が2*|0189で表されることには、情報伝達の効率性の面から味わいがある。区切りの記号を含め11文字必要であるところを7文字で表現できている。

2*|0189の0, 1, 8, 9の数字を葉 (leaf) と呼び、それらによって一つの幹 (stem) ができるといふ。2*の2は、starting part と呼ばれる。各幹に含まれる葉の数によって、木の茂り具合を眺めるようにデータの散布を概観できるのである。

幹葉表示の読みかたがわかれば、作成方法を逐次説明するまでもないであろう。ただ、二、三注意しておけば、starting partの取りかた、葉の取りかたなどには、バッチの性格と表示の目的などに応じてバリエーションがありうる。次にデータを書き出しながら幹を作っていくと、当初例えば2*|9018のようになるが、利用の面からは第2表のように、葉を昇順に並べ替えたほうがよいという点である。表示のバリエーションは、成書によられたい。

3 問3の答え

第2表からわかるように、第1表のバッチは、非対称な散布である。散布の中心は、下方に密に3~60に散布しているが、それから飛び離れた形で少数のデータ値が129~182に散布している。

(問4) 第1表のデータを簡潔な形で要約しなさい。

1 要約の基本

バッチの散布の概観ができたならば、次にバッチの散布の特徴を数値によって要約するのがよい。ところで、要約は、バッチの通常的な特徴を表すようにくふうされ

る。例えば、あるバッチが二つの群れに分かれる(双峰性という。見かた次第では第1表のバッチも多峰性である)などは、まま起こることであるが、それをも想定して要約値を決めることは難しい。双峰性などの特徴は、幹葉表示などでつかんでおくべきである。そのような意味からも、バッチを概観する過程を飛ばして、直接要約値でバッチを表そうとするのは正しくない。

2 順位の情報による要約

EDAでは、バッチを数値的に要約するために順位に基づいた情報を利用する。これは、それらが一般に少数の極端なデータの影響を受けにくく、また算出が容易で意味的にも理解しやすいからである。

EDAでは、深度 (depth) と呼ばれる順位情報を利用して種々の要約値が求められる。そこで、深度とそれを使った要約値の求めかたについて説明しよう。データを大きさの順に並べ、番号を付けたものを順位 (rank) と呼ぶ。各バッチには上向きと下向きの二つの順位がある。第1表の例では、最小値の3は上向きで1位、下向きで31位である。深度は、この二つの順位のうち小さい順位のことをいう。深度を使えば、最小値は最大値とともに深度1である。また、第1表の例のように、データ数が奇数のときは、中央値は上下向きどちらの順位で数えても変わらず、そのとき深度は最大になる。データ数が偶数のときは、深度が最大となる二つのデータ値の平均値が中央値である。“h”を導入すれば、中央値はバッチが奇数の場合でも偶数の場合でも、最大深度のデータ値として求まるが、その深度 (d_M) はデータ数を N として、次の式で与えられる。

$$d_M = (N+1)/2$$

3 要約値は何がいいか?

さて、簡潔にしかもバッチの全体像をつかむ順位情報に基づく要約値は何だろうか。バッチの要約の第一歩は、散布の広がりや位置を示すことである。散布の広がりや、まず最大値、最小値で示される。それらの差は、すなわち“範囲 (range)”であって、範囲の大小は散らばりの大小に対応する。次に散布の位置を示す要約値は中央値であり、Mと略記する。これら三つの要約値は有用ではあるが、これだけではまだ不十分と思われる。特に散布の広がりや具合を範囲だけでつかむのは、範囲が極端なデータ値の影響を受けやすく(抵抗性が低く)、不十分である。

そこで、さらにバッチを中央値から最大値と、最小値から中央値の二つの群に分け、それぞれの中央値を要約値として加えることにする。この点をちょうつがい(ちょう)の要約値の連想でヒンジ (hinge) と呼び、Hと略記する。

ヒンジは二つあるので上ヒンジ、下ヒンジと呼んで区別する。上、下ヒンジの深度 (d_H) は等しく、

$$d_H = ([d_M] + 1) / 2$$

で求まる。ただし、式中 [] はガウス記号であり、それが囲む実数を超えない最大の整数値を与える。

上、下ヒンジの差は、ヒンジ散布度 (hinge spread) と呼ばれ、全データの 1/2 がこの中に含まれている。ヒンジ散布度は、EDA では散布の広がりを表す指標として重要な役割を果たしている。

4 問 4 の答え——五数要約

第 1 図は、EDA で五数要約 (5-number summary) という要約値の表示法である。この図には、# の横にデータ数が示され、M の横に中央値の深度、H の横にヒンジの深度が示されている。囲いの外の 1 は最大値・最小値の深度である。そして、囲いの中の該当の場所に、中央値、ヒンジ、最大値・最小値がそれぞれ示されている。第 1 図から第 1 表のバッチの最大値は 182 百頭、最小値は 3 百頭、中央値は 28 百頭、上ヒンジは 50 百頭、下ヒンジは 11.5 百頭であると要約できる。五数要約の効力は、問 5 によって明らかになる。

# 31		
M 16		28
H 8 h	11.5	50
1	3	182

第 1 図 ハスモンヨトウ成虫のフェロモントラップ捕殺数の五数要約

(問 5) 第 1 表のデータの要約を視覚に訴えるように図示しなさい。

1 箱ひげ図

問 4 で求めた五数要約値に加え、外れ値の散布状況を同時に視覚化する方法として、EDA では箱ひげ図 (box-and-whisker plot) を使う。箱ひげ図の作図は、幹葉表示、五数要約から簡単な手順で行うことができる。しかし、箱ひげ図の作図のためには、今少し用語の説明が必要である。そのことから始めることにする。

(1) step

ヒンジ散布度を 1.5 倍した値である。

(2) 内境界点 (inner fence)

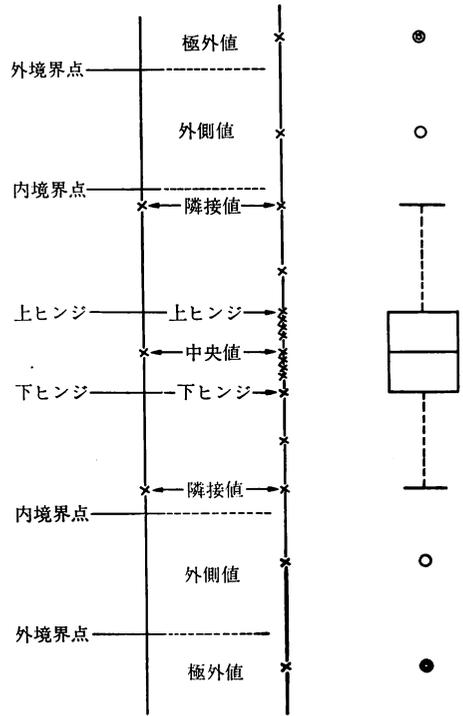
ヒンジから外側に 1 step の点。上、下の 2 点がある。

(3) 外境界点 (outer fence)

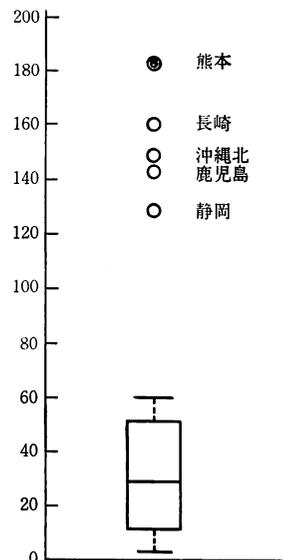
ヒンジから外側に 2 step の点。上、下の 2 点がある。

(4) 隣接値 (adjacent)

内境界点の内側でしかももっとも内境界点に近いデー



第 2 図 箱ひげ図の作図法



第 3 図 ハスモンヨトウ成虫のフェロモントラップ捕殺数の箱ひげ図

タ値である。これも上, 下の2点がある。

(5) 外側値 (outside)

内境界点と外境界点の間にあるデータ値。外側値はバッチによってその数は違う (ない場合もある)。

(6) 極外値 (far out)

外境界点を超えるデータ値。バッチによってその数は違う (ない場合もある)。

第2図の左側に, 以上の諸点を図示している。

以上のことが準備されれば, 箱ひげ図の作図ができる。第2図の右側にかいてあるのが, 箱ひげ図にほかならない。箱ひげ図では, まず散布の中心部, すなわち下ヒンジから上ヒンジまでを箱で表す。その箱の中の区切り線は中央値の位置である。次に上, 下の隣接値の位置に短い区切り線をかき, その隣接値とヒンジの間を点線で結ぶ。最後に, 外側値を○で, 極外値を◎で表し, 該当の位置に図示する。箱ひげ図の呼称は, 中央部の箱からヒゲが伸びているようなその相貌からきている。また, 箱ひげ図の印象は, 中央部から外に向けてデータ値がだんだんまばらに散布していくといった感じであろう。データ数が一定数以上あって, しかも単峰性のバッチは, 実際にそのような散布をするのが通常である。

2 問5の答え

第3図は, 第1表のデータを箱ひげ図で図示したものである。まず, 箱の部分に注目すると, 箱を区切る線が下に偏っているのが目につく。区切り線は中央値の位置を示しているのだから, 区切り線を境に全データの1/4がそれぞれ入ることに注意すれば, このバッチの中心部は下方に密集した非対称な散布をしていることがわか

る。次にヒゲに注目しよう。下ヒゲは, 外れ値のプロットがなく下隣接値は最小値にほかならない。つまり, 下ヒゲの区間に全データの1/4が入っている。中央値線から下ヒンジまでの間よりも, 下ヒゲは相当に短く, 散布が下方にいくほどいっそう密になっていく様子がかがえる。さて, 上側であるが, こちらは短い上ヒゲに続いて相当の空白があり, その上方に外側値が4, 極外値が1図示されている。全体の散布の中心部からかなり飛び離れた大きな値を示す地点があることをうかがわせる。データの解析に際しては, 外れ値の検討から重要な結論が導き出される可能性が大きいので, 第3図のように外れ値をとる地点名を図中に書き込んでおくのもよい。

このように箱ひげ図から概観される内容は, 幹葉表示で概観された内容にめりはりをつけ, バッチの特徴をいっそう鮮明にしている。しかも必要に応じ, すでに求めた要約値がバッチの特徴の数値的検討を可能にする。箱ひげ図の有用性をさらに理解していただくには, バッチ間の比較などの例を紹介すべきではあるが, 紙数も尽きたので, 興味を持たれる読者は参考文献によりたい。

最後に, 本稿の内容に関し種々援助いただいた農業環境技術研究所の宮井俊一博士に感謝の意を表する。

主な参考文献

- 1) TUKEY, J. W. (1977): Exploratory Data Analysis, ADDISON-WESLEY, 688 pp.
- 2) 渡部 洋ら (1985): 探索的データ解析入門——データの構造を探る——, 朝倉書店, 東京, 188 pp.

紹介

新登録農薬

『除草剤』

フルアジホップ乳剤 (61.10.28 登録)

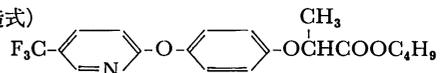
本剤は石原産業(株)によって開発された細胞分裂を阻害して枯殺する除草剤である。イネ科雑草のみを選択的に防除するという特徴を有する。

商品名: ワンサイド乳剤

成分・性状: 製剤は有効成分 ブチル=(RS)-2-[4-(5-トリフルオロメチル-2-ピリジルオキシ)フェノキシ]プロピオナート 35.0% を含有する褐色澄明可乳化油状液体である。純品は無色油状液体で, 沸点 202°C/3 mm Hg, 比重 1.21/20°C, 溶解度は水に難溶 (2 ppm/20~25°C), メタノール, アセトン, キシレン, ヘキサン, トルエンに常温で任意に溶解する。酸性側で比較的安定

であるが, アルカリ性で加水分解され, フルアジホップ酸となる。

(構造式)



適用作物・適用雑草名及び使用方法: 第1表参照。

使用上の注意:

- ① 散布液の調製に当たっては本剤の所要量を所定量の水に薄め, よくかき混ぜてから散布すること。
- ② 本剤使用の際は展着剤を加用すると効果的である。
- ③ 本剤は広葉及びカヤツリグサ科雑草には効果が期待できないので, イネ科雑草優占は場で使用すること。なお, 広葉雑草が混在する場合は, これらの雑草に有効な除草剤との体系で使用すること。
- ④ イネ科雑草の生育盛期が本剤の散布適期であり, 冬期の低温時や出穂期以降など雑草の生育が停止している時は効果が劣るので, 適期を失しないよう散布すること。

⑤ 本剤は遅効性であり、イネ科雑草が完全枯死に至るには約3週間程度かかる場合もあるので誤ってまき直しなどしないよう注意すること。

⑥ イネ科作物には薬害を生ずるので、周囲にイネ科作物がある場合は薬液が飛散しないよう注意すること。

⑦ 作物の生育期に使用する場合、散布前後の気象が低温、寡照であると、処理薬に褐斑やクロロシスを生じる恐れがあるのでこの場合には使用量を75 ml/10 aとし、展着剤の加用を避けること。

⑧ 激しい降雨の予想される場合は使用を避けること。

⑨ 散布薬液の飛散、あるいは本剤の流出によって有用植物に薬害が生ずることのないよう十分注意して散布すること。

⑩ 散布薬液の飛散によって自動車やカラートタンの塗装などへ影響を与えないよう、散布地域の選定に注意し、散布区域内の諸物件に十分留意すること。

⑪ 本剤の使用に当たっては使用量、使用時期、使用方法を誤らないように注意し、特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。

⑫ 水源池、養魚池などに本剤が飛散、流入しないように十分注意すること。

⑬ 散布器具、容器の洗浄水及び残りの薬液は河川などに流さず、空ビンなどは焼却などにより環境に影響を

与えないよう安全に処理すること。

毒性：

(急性毒性) 普通物。

① 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、作業後は手足、顔などを石けんでよく洗い、うがいをすること。

② 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。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。

③ 本剤は目に対して弱い刺激性があるので目に入らないように注意すること。万一、目に入った場合には、直ちに水洗すること。

④ 公園、堤とうなどで使用する場合には、小児や散布に関係のない者が作業現場に近づかないように配慮するとともに居住者、通行人、家畜などに被害を及ぼさないように注意を払うこと。また散布後であっても、少なくともその当日は散布区域に立ち入らないように縄囲いや立札を立てるなど配慮すること。

⑤ 使用残りの薬剤は必ず安全な場所に保管すること。

(魚毒性) B類。

一時に広範囲に使用する場合には十分注意すること。

第1表 フルアジホップ乳剤 (ワンサイド乳剤)

作物名 適用場所	適用雑草名	使用時期	10a 当たり使用量		使用回数	使用方法
			薬量	希釈水量		
大豆 らっかせい かんしょ てんさい (移 値)	畑地一年生イネ科雑草 (スズメノカタビラを 除く) 及びシバムギ、 レッドトップ	雑草生育期 イネ科雑草 2～5 葉期 但し、播種後 1 か月まで	75 ～ 100 ml	100 ～ 150 l	1 回	雑草茎葉 散布
		雑草生育期 イネ科雑草 2～5 葉期 但し、植付後 1 か月まで				
		雑草生育期 イネ科雑草 2～5 葉期 但し、収穫 21 日前まで				
トマト		雑草生育期 イネ科雑草 2～5 葉期 但し、収穫 21 日前まで				
桑		雑草生育期 イネ科雑草 2～5 葉期	100 ～ 200 ml			
杉、ひのき (床 替 床)		雑草発生始期				全面散布
水田 畦畔	一年生イネ科雑草及び キシュウスズメノヒエ、 ギョウギシバ、チガヤ		200 ～ 400 ml			
公園、庭園、 堤とう、駐 車場、道路、 運動場、 宅地、のり 面等	一年生イネ科雑草 (スズメノカタビラは 除く)	雑草生育期 草丈 30 cm 以下	100 ～ 300 ml	100 ～ 200 l		雑草茎葉 散布
	多年生イネ科雑草		300 ～ 600 ml			

人事消息

(7月15日付)

太田保夫氏(野菜・茶業試験場生理生態部長)は派遣職員(AVRDC,台湾)に

能勢和夫氏(環境研資材動態部農薬動態科殺菌剤動態研究室長)は環境研資材動態部主研に

行本峰子氏(環境研資材動態部農薬動態科殺菌剤動態部主研)は同研究室に

(4月1日付)

沢口寛敬氏(静岡県東部農林事務所主幹)は東部病害虫防除所長に

渡邊全氏(愛媛県農業試験場長)は退職(3月31日付)

中央だより

○ミバエ類等特殊病害虫防除検討会開催さる

ミバエ類等特殊病害虫防除検討会が、6月3日農水省共用第5号会議室において、鹿児島県、沖縄県、東京都、農業環境技術研究所、熱帯農業研究センター、横浜・門司・那覇の各植物防疫所、農林水産技術会議、九州農政局、沖縄開発庁、沖縄総合事務局、国土庁、(社)農林水産航空協会及び植物防疫課の担当者が参集し開催された。

会議では、①昭和61年度ミバエ類等防除事業の実施状況、②昭和62年度ミバエ類等防除事業の実施計画、

③アフリカマイマイの生態及び天敵の研究、④アリモドキゾウムシの生態等について検討が行われた

【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62年9月10日(木)

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 9月30日(水)]

内定 昭和62年10月下旬本人に通知

次号予告

次8月号は下記原稿を掲載する予定です。

グラジオラスアザミウマの発生と防除

吉沢 治・早瀬 猛・中垣至郎・藤野宣博

イネ白葉枯病菌のレース分化と水平抵抗性検定法

堀野 修

種子伝染性潜伏ウイルス

夏秋 知英

オオクロコガネ成虫の摂食と産卵行動

松井 武彦

農薬化学構造式の線形表記法——コンピュータ入力

のための——

能勢 和夫

暖地におけるダイズモザイク病まん延の特徴

中野 正明

中国雲南省訪問記——水稻育種の日中共同研究を視

察して——

山田 昌雄

抗幼若ホルモン活性物質——最近の話題——

桑野 栄一

植物防疫基礎講座

病害虫防除のための統計学(6)

ノンパラメトリックな検定法

藤田 和幸

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

植物防疫

第41巻 昭和62年6月25日印刷 第7号 昭和62年7月1日発行

定価500円 送料50円 1か年6,100円(送料共概算)

昭和62年

編集人 植物防疫編集委員会

——発行所——

7月号

発行人 遠藤 武雄

東京都豊島区駒込1丁目43番11号 郵便番号 170

(毎月1回1日発行)

印刷所 株式会社 双文社印刷所

社団法人 日本植物防疫協会

—禁 転 載—

東京都板橋区熊野町 13-11

電話 東京(03)944-1561~6番 振替 東京 1-177867番

新発売!

少薬量で (フロアブル…1.6%
乳剤…1.4%)

大きな効果

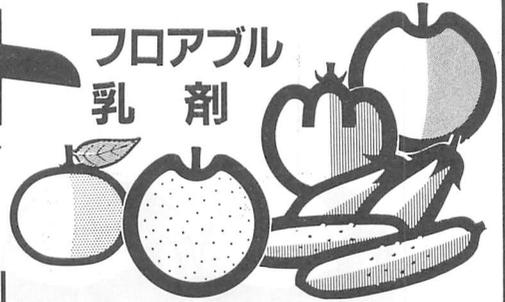
果樹・野菜・茶などの広範囲の害虫防除に
—新合成ピレスロイド剤—

増収を約束する

日曹の農業

日曹 スカウト

フロアブル
乳剤



●黒星病・赤星病・うどんこ病などの防除に

トリフミン[®]

水和剤

●果樹・いちごのハダニ防除に

ニッソラン[®]

水和剤

●畑作のイネ科雑草除草に

ナブ[®]

乳剤



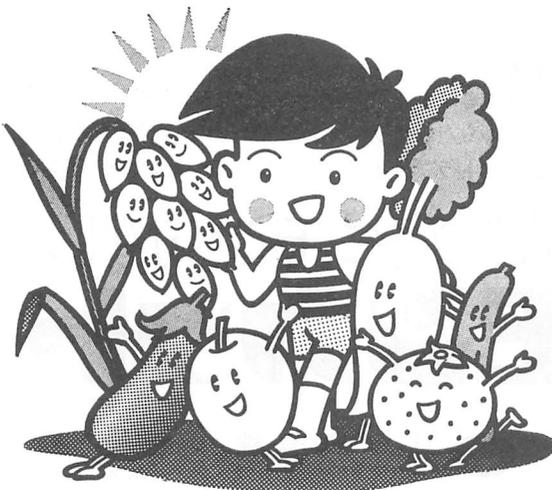
日本曹達株式会社

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

豊かな収穫が見えてくる。



三 共 の 農 薬



●粒剤タイプで省力的!

土壌センチチュウ・ミナミキイロアザミウマ防除剤

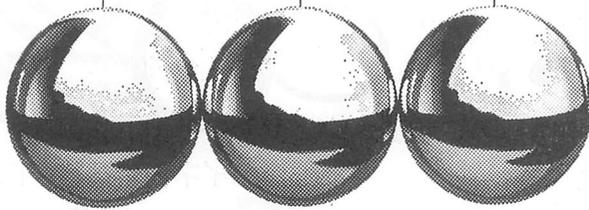
バイデート^{*}粒剤

●稲の害虫退治に!

エカマート[®]粒剤



三共株式会社 北海道三共株式会社
九州三共株式会社



他病害虫との
同時防除が
やりやすい。

最も
タイムリーに
散布できる。

防除プランが
たてやすい。

散布適期の
幅が
広いから…

幅を効かせて、颯爽の登場。

モンカットは、日本農薬の研究所から生まれた、最新の紋枯病防除剤です。治療・予防の両効果とも優れ、しかも残効性が長い。特に、散布適期の幅が広く、安全性の面でも優れているので、使い易さは抜群。単剤およびいもち病や各種害虫の同時防除剤を豊富に揃えました。高い効果・長い残効性・広い散布適期幅と、紋枯病防除に“文句ナシ”の効きめで、颯爽の登場です。

- 単剤● 粉剤DL/水和剤/顆粒水和剤
- 混合粉剤●モンカットラブサイド/フジワンモンカット/アプロードバッサモンカット/アプロードダイアモンカット/モンカットラブサイドスミ/フジワンモンカットスミ

紋枯病にモン句なし。

モンカット®



モンカットのシンボルマークです。

®:「モンカット」は日本農薬(株)の登録商標です。



日本農薬株式会社
〒103 東京都中央区日本橋1-2-5栄大樓ビル

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

- ボ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

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

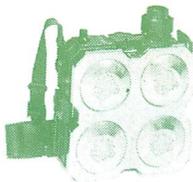
AP-28 シリーズ

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。



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



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)0255(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・横浜・新潟・富山・静岡
名古屋・四日市・大阪・神戸・倉敷・広島
宇部・新居浜・北九州・福岡・大分・長崎

昭和六十二年 七月九日 発行 (毎月一回) 認行
 昭和二十四年 九月一日 發行 (毎月一回) 認行

チカラのウルコ

頑固な雑草に必殺一発パンチ!

クミアイ

水田用除草剤

ウルコ

粒剤



農協・経済連・全農



クミアイ化学工業株式会社



デュポン ジャパン リミテッド



ゆたかな実り—明治の農薬

稲・いもち病、白葉枯病、もみ枯細菌病、
 きゅうり・斑点細菌病防除に……………



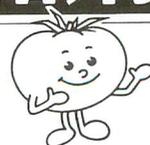
オリゼメート粒剤

きゅうり、トマト、てんさい、かんきつ、ピーマン、すいか
 メロン、茶、ばら、たまねぎ、稲、レタス、キャベツの
 病害防除に……………

カッパーシン水和剤



明治製薬株式会社
 104東京都中央区京橋2-4-16



定価 五〇〇円 (送料 五〇円)