

植物防疫

特集 発生予察と
シミュレーション

1994
9

VOL 48

平成六年八月二十五日
昭和二十四年九月一日
印刷
第三種郵便物認可
（毎月一回発行）
第四十八巻
第九号

畑のチャンピオン、 ガゼットくん。

野菜・畑作害虫をノックアウト

特 長

- 抵抗性コナガ、キスジノミハムシ、ミナミキイロアザミウマなど難防除害虫に優れた効果を示します。
- かんしょやいちごのコガネムシ類(幼虫)、さとうきびのハリガネムシなど土壌害虫にすぐれた効果を示します。
- 優れた浸透移行性により、薬剤のかかりにくい部分でも十分な効果を示します。
- 優れた残効性により防除回数を減らすことが可能です。



ガゼット® 粒剤

カルボスルフアン…3.0%

®は米国FMC社の登録商標です。

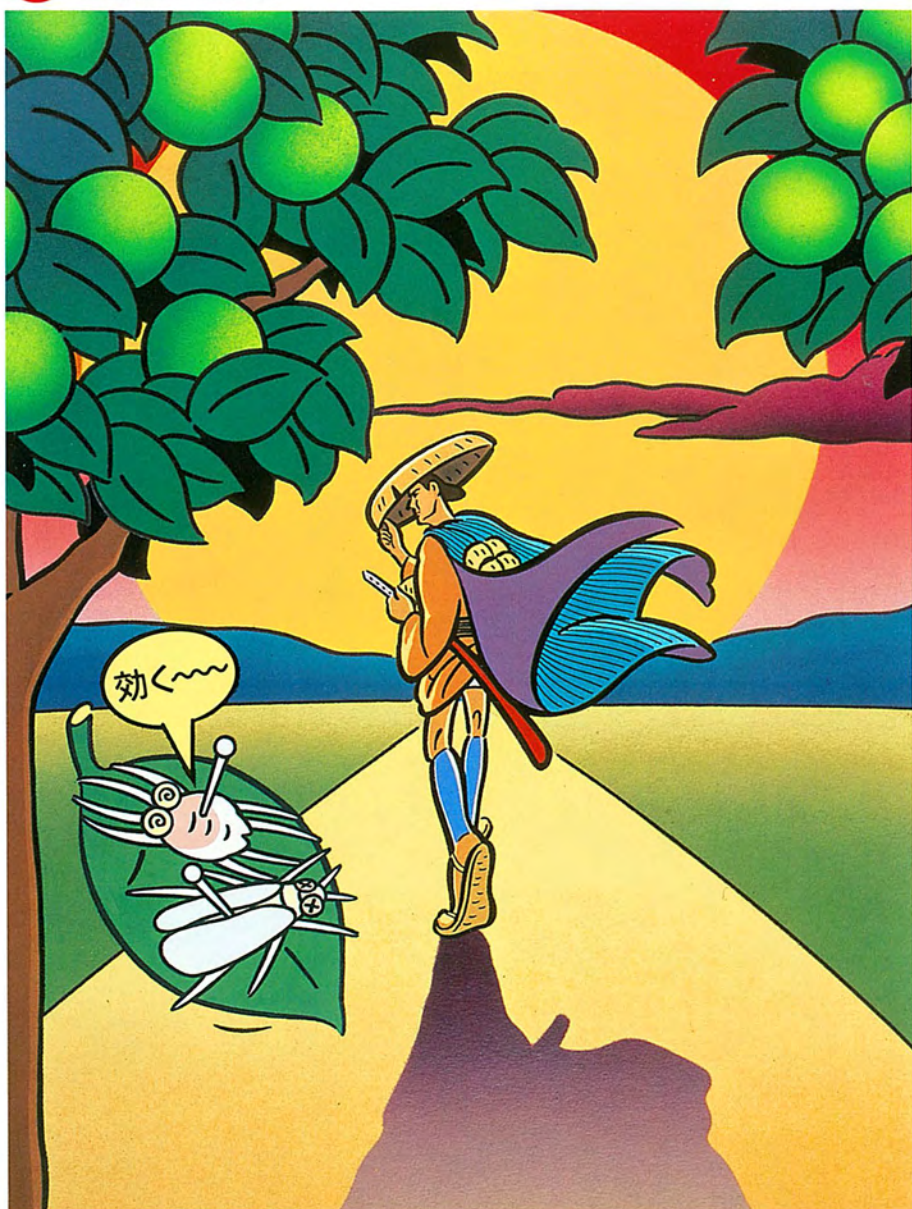


日産化学



原体供給元
FMCコーポレーション

★ 日産化学



もろばい害虫……



殺ダニ・殺虫剤

サンマイト® 水和剤
フロアブル

®は日産化学工業㈱の登録商標

- サンマイト水和剤……かんきつ、りんご、なし、もも、おうとう、ぶどう、びわ
- サンマイトフロアブル… 茶、すいか、メロン、いちご、あずき、さく、カーネーション、トマト、ポインセチア

インドネシアとフィリピンの貯穀害虫

池長裕史氏原図 (本文36ページ参照)



▲地方の精米工場で積み上げられた麻袋 (インドネシア、ボゴール近郊)



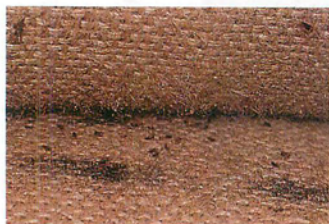
▲精米から異物を取り除く女性たち (同、チャンジュール)



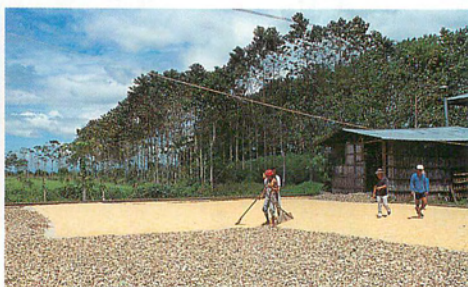
▲精米工場での籾の天日乾燥 (インドネシア、ペラプハン・ラトゥ)



▲食糧調達庁の倉庫 (インドネシア、チレボン港)



▲麻袋についたコクヌストモドキ (インドネシア、チレボン港)



▲コブラとトウモロコシの天日乾燥 (フィリピン、ブギンドン州)



▲トウモロコシ倉庫の内側 (フィリピン、ブギンドン州)



▲トウモロコシの屋外CO₂貯蔵 (NAPHIRE構内)



▲大規模の精米工場 (フィリピン、マニラ市内)



▲NFAライス (フィリピン、マニラ市内)

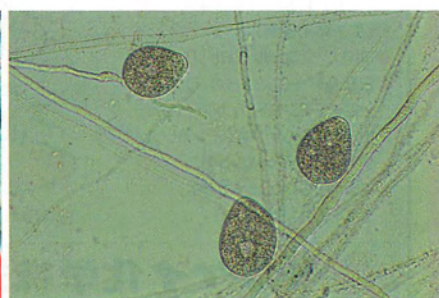


▲ロックウール栽培と土耕栽培 (シルバーマルチ部分はロックウール)

◀ガーベラの栽培状況



▲根腐病：根の腐敗症状



▲根腐病：病原菌の遊走子のう

◀根腐病：発生圃場、畝に沿って発病



▲斑点細菌病：葉に発生した症状



▲斑点細菌病：病原細菌



▲菌核病：株に発生した症状



▲モザイク病：葉のモザイク症状



▲モザイク病：花卉の脱色、奇形症状

新しい防除シーン を提案します。

フェロモン製剤は
新しい防除シーンを
提案します。

害虫の発生を予察する。
交信を攪乱して交尾を阻害する。
大量に誘引して防除する。

害虫の抵抗性を
発達させることがなく、
また殺虫剤の
散布回数を軽減する。

サンケイ化学のフェロモン製剤

【交信攪乱用製剤】

- コナガコン®(コナガ用)
- ヨトウコン®-S
(シロイチモジヨトウ用)

【大量誘殺用製剤】

- アリモドキコール®
(アリモドキソウムシ用)
- オキメラノコール®
(オキナワカンシャクシコメツキ用)

【発生予察用製剤】

- コドリングコール®(コドリンガ用)
- SEルアー(ニカメイガ、コナガ、
シロイチモジヨトウ、カブラヤガ、
モモハモグリガ、キンモンボンガ、
チャノボンガ、シバツトガ、
スジキリヨトウ、ヒメコガネ、
アリモドキソウムシ用)

※は登録商標



サンケイ化学株式会社

本社：〒890 鹿児島市唐湊4-17-6
東京本社：〒110 東京都台東区東上野6-1-7(MSKビル)

☎(0992)54-1161
☎(03)3845-7951



つげにとられて中、マントをひ
るがえて地球へと飛び立って
きました。
地球がホクコー仮面の魔法のリ
フレッシュシャワーで元気を取り
戻したのは、それからわずか3
日後のことでした。



《宇宙委員会》
それは、広い宇宙の
さまざまな問題を審議する
宇宙委員会でのことでした。
その日、エンマ
大王のような
顔をした議長
が重々しくこ
う言いました。
「次の議題は、
例の地球の件
だ。病気になる
たのですぐ救援を頼むと言っ
てきたのだが……」
宇宙リフレッシュ特命隊のホ
クコー仮面
がこう言いました。
「私が3光年前に近くを通つた
時は元
氣そうでしたよ。きっとデタラ
メですよ。」

隣にいたホクコー仮面も言いました。
「もしホントに病気になるなら、自分
たちが戦争をしたり、ぜいたくしすぎ
てそうなんですよ。自業自得。放
つておくのが一番です。」
「もし病気がひどくなつてダメにな
っても、宇宙にはこんなにたくさん
の星があるのだから、いいじゃない
ですか一つくらい。」
その時、「とんでもない」と立ち上
がったのは、一番若いホクコー
仮面でした。
「地球は宇宙の中でも最も美
しい星。海も空も大地も、すば
らしい生命に満ちてい
る。地球は宇宙のかけ
がえのない財産なん
だ！」
そう言い
残すと、
全員があ



北興化学工業株式会社
〒103 東京都中央区日本橋本町4-4-20

高温多湿で病害虫、雑草の多い日本では、農薬のない農業は成り立ちません。

特集：発生予察とシミュレーション

発生予察のためのシミュレーションをめぐって——害虫管理理論・技術の再構築——	鈴木 芳人	1
虫媒性ウイルス病の疫学におけるシミュレーション	宮井 俊一	4
シミュレーションモデルの発生予察への利用と今後の展望——コブノメイガを例として——	宮下 武則	10
水稻生育モデルの害虫被害予測への応用	渡邊 朋也	14
防除技術・農業登録データベースの構築と用語管理	松尾 一穂	19
いもち病菌の生成する感染誘導因子	荒瀬 栄	23
いもち病の大発生年ほどの年なのか	小野小三郎	27
低魚毒性含ケイ素ピレスロイドの殺虫活性	大塚 俊一	32
(海外ニュース) インドネシアとフィリピンの貯穀害虫	池長 裕史	36
(リレー随筆) 植物検疫の現場から(3)——北海道での種馬鈴しょ検疫——	佐伯 勇	37
(口絵解説) ——花の病害虫——(19)ガーベラ	家村 浩海	38

植物防疫基礎講座

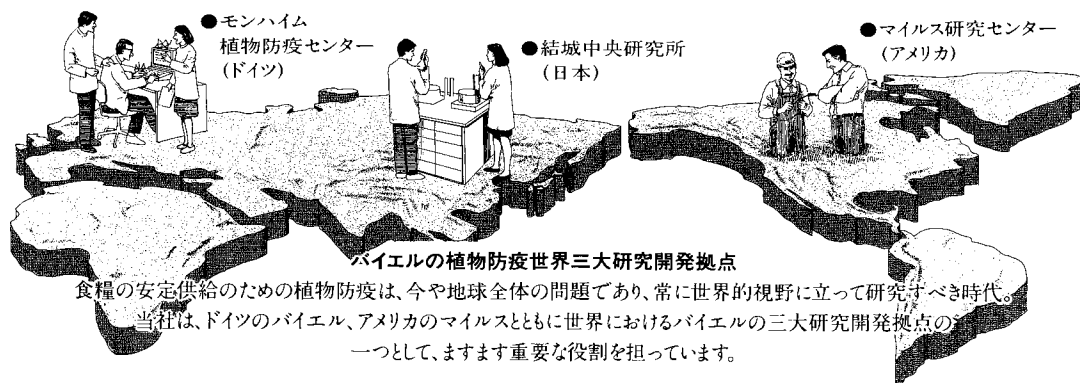
植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル(13)

ナシ黒斑病菌・リング斑点落葉病菌……………渡辺博幸・浅利正義・石井英夫……………39

新しく登録された農薬 (6.7.1～7.31)	46	
協会だより	48	新刊紹介……………47
お知らせ	47	主な次号予告……………48

自然の恵みをより豊かにするために。

「確かさ」を追求…バイエルの農薬

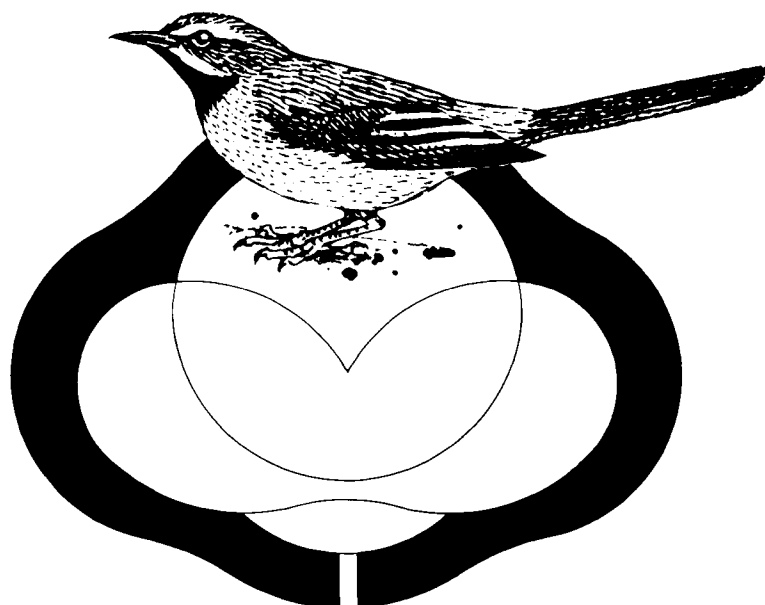


新しい時代のニーズに合った 夢の新殺虫剤

アドマイヤー®

Bayer

日本バイエルアグロケム株式会社
東京都港区高輪4-10-8 ☎108



"Humans & Nature" First

タケダは、人と自然を大切にして、
人々の健康と農作物や自然環境を
守り続けています。

●稲、そさい、茶の害虫に パダン ®	●茶害虫、センチュウ類に ボルテージ ®
●いもち病に ブラシン ®	●もん枯病に バリダシン ®

武田薬品工業株式会社
アグロ事業部

東京都中央区日本橋2丁目12番10号

特集：発生予察とシミュレーション〔1〕

発生予察のためのシミュレーションモデルをめぐって

——害虫管理理論・技術の再構築——

農林水産省九州農業試験場 ^{すず}鈴 ^き木 ^{よし}芳 ^と人

はじめに

環境への配慮と経済的最適化という二つの側面を合わせ持つ総合的害虫管理（IPM）が提唱されてから既に長い年月が経過し、その基本理念自体は今では広く理解されている。IPMの必要性が盛んに論じられた当初から、個体群生態学やシステム生態学はその実現にむけて主導的役割を演じることが期待されていた。実際に1960年代から1970年代にかけて、個体数変動機構の解析方法が次々に開発され、生命表研究を軸とする昆虫の個体群生態学の研究はブームといえるほど隆盛になった。なかでも害虫の発生動態を予測するシミュレーションモデルの開発は、IPMシステム構築の基幹をなすものと広く認識され、モデルに基づく発生の予察、要防除水準の設定、防除手段の効果の事前評価に基づく最適管理戦略の策定など、先駆的な試みが次々に生みだされた。

しかし、大きな期待を背負ったIPMが、実用技術として十分な実効をあげず定着に至らなかったこと、技術開発の基盤をなすべき個体群生態学も衰退傾向にある実態が真剣に取り上げられたのは、IPM提唱後20年余りが経過した1985年、本誌39巻10号の「害虫防除と生態学」の特集である。この特集の4人の執筆者、藤家 梓、小山重郎、大串龍一、小林富士男によってなされたIPM推進のための提言は、行政、研究開発、普及現場にまたがる問題点を踏まえた重要な示唆に富んでいる。しかし、さらに10年近くを経過した今日においても、IPMは建前としてその理念が語られることはあっても、害虫管理技術としての定着からはほど遠いのが現状である。この事実を重く受けとめる必要があろう。

IPMの進展が遅れている原因は多岐にわたる。例えば、殺虫剤のスケジュール散布を発生予察に基づく使用に変更することが困難な現実など、害虫管理技術を現場に普及する段階に様々な障害やギャップが存在すること、小山（1985）、古橋（1988）、久野（1988）、井上（1990）の指摘するとおりである。しかし、何より大きな原因は、IPMを念頭においた基礎研究と技術開発の停滞

にある、と私は思う。作物の多様化、栽培品種や栽培方法の変遷の加速化など、農業自体の変化がひきおこす害虫の発生の变化に速やかに対応して管理技術を構築することが、オーソドックスな個体群生態学の研究方針と研究方法では困難になりつつある。IPMの理念に根ざす害虫管理技術の構築のためには研究の方法論の抜本的な見直しが必要ではないか。これが、本誌の特集の契機となった今年3月の昆虫学会・応動昆合同大会における小集会「発生予察のためのシミュレーションモデルの有効性と限界」を企画した、九州農試情報処理研究室の3名の共通認識である。

従来の方法論のどこに弱点があり、害虫管理研究のフロンティアをどう開拓してゆくのか。今求められているのはその具体的提言であろう。本稿では、今後その論議が活発になされることを期待しつつ、一年生作物の害虫管理を念頭においていくつかの問題点を指摘したい。

I 理学としての個体群生態学の限界

個体群生態学は確かに害虫管理のための応用生態学として発展した一面を持っている。しかし、その主流の関心は長期にわたり、害虫管理法の確立には直結しない主題に置かれていた。まず、応用昆虫学者にも多大な影響を及ぼした、数理モデルを用いた理論的研究をとりあげよう。Lotka, Volterraにはじまる理論的研究は、一貫して捕食者－餌動物（寄主－寄生者）間の相互作用系を扱い、個体群の永続性の機構、永続する系の変動パターンや安定平衡状態における密度を規定する要因を解析してきた。これらの一連の閉鎖系モデルは、さらに多種系のモデルに拡張され、近年は格子モデルによる構造化された空間における系の解析に発展している。しかし、系の永続性が主題であることに変わりはない。捕食者－餌動物系の理論的研究は、森林や果樹の害虫管理、とりわけ導入天敵による生物的防除理論には貢献してきた。その反面、農作物に高い比重を占める一年生作物の害虫管理の基礎理論に対する寄与はきわめて少なかった。

一方、野外個体群の実証的研究は、早くから不均質でパッチ状の分布をする生息地の構造を踏まえて行われた。時・空間的な個体群動態の解明というスローガンの

もとに精力的に行われた野外研究が数々の成果をもたらしたことは広く知られている。しかし、人為的な攪乱ができるだけ入らない条件下で行われた「自然個体群」の研究も、種（地域）個体群の存続を可能にしている機構の解明に焦点があった点では理論的研究と基本的に変わりはなく、直接害虫を対象とした研究を除けば一年生作物の害虫管理に役立つ成果は得られなかった。ただし、自然個体群の研究は、種の保全など環境保護の分野ばかりでなく、害虫の広域管理を考える上では重要な基礎になることは留意したい。

個体数の変動とその機構について普遍性をもつ認識を得ようとする、課題は限られてくる。実際に観察された個体数変動が、長期的周期変動などのきわだった特徴的なパターンを示す例はきわめてまれであり、大部分の変動は平均密度の高低と変動の分散の大小という、数少ない基準で類型化されることになるからである。変動の機構は調節過程と変動過程に2元化され、生物学的な興味はいきおい調節過程に向けられることになる。以上は非常に単純化した見方かもしれないが、これが理学としての個体群生態学の関心が個体群の永続性ないし密度調節機構に集中した理由であり、比較対象をうまく選択しない限り、個体群動態の研究が個別知識の集積に終わりやすい原因であると思う。

応用の心をもたずに行われた個体群生態学は、害虫管理の基礎に貢献することはなく、応用現場へのフィードバックという永続的発展のサイクルから外れたら、個体群生態学というすぐれて応用的な研究分野はすたれるだけであるといったら言い過ぎであろうか。

II 生命表研究

害虫個体群動態研究の柱、むしろ必須とされてきたのが生命表研究である。日本では盛んに推奨された生命表研究の長期継続について、その問題点が論議されたことはこれまでなかったように思う。実際にこのアプローチを採用した研究者は、この方法だけでは個体数変動機構すらほとんど解明できず、発生予測に使える個体群モデル開発に必要な情報はわずしか得られない経験を持つ人が少なくないのではなかろうか。例えば、よく使われる変動の主要因分析法によって明らかになるのは、加害世代の密度や総死亡率の分散に対する各要因の寄与率であり、変動機構はブラックボックスに包まれたままである。しかも、回帰分析の制約として、結果を予測に使えるのは、データを得た条件の範囲内に限定される。もちろん、実際には研究対象に応じて分析法が工夫され、空間分布の解析や実験的な手法を併用して個体数の変動が

解析されてきた。しかし、生命表アプローチ自体の有効性と限界についてはきっちりとなされるべきであると思う。少なくとも個体群モデルの開発にはこの方法は不可欠ではない。実際の個体群モデルの多くは、发育速度など生活史の基本的特性と、加入と消失に影響する主要な要因の効果を個別に測定したパラメータ値を決定し組み立てられている。

個体群動態機構の解析手段としても発生予測のためにもシミュレーションモデルの活用はますます求められている。一般性の高いモデルの開発が目的ならば時間にこだわる必要はない。しかし、重厚なデータの裏付けを持つことにこだわり過ぎると、モデルを開発したときにはそれを使える現場が消失していることになりかねないし、適用範囲の狭いモデルになりやすい。時間をかける生命表研究は、この点からもその適否の検討が必要であろう。

III 一年生作物の害虫管理に対する天敵の活用

IPM の理念としては最も活用が期待されながら、防除の現場では存在すら忘れられがちなのが天敵である。そして、期待度の高さに比べ研究が最も遅れているのが天敵の潜在的な役割の評価である。とりわけ理念と現実のギャップが大きいのは一年生作物である。

一年生作物の害虫管理は、それを個々の営農単位で行うか、移動分散範囲を考慮にいたった広域管理が可能であるかによって管理戦略は変わりうる。後者の場合は害虫と天敵の移入、移出をコントロールする道が開け、個別に害虫管理をはかるよりも少ないコストで高い効果をあげる方策や、恒久的管理を実現する可能性が生まれる。ここでは個々の農家による作付けから収穫までの害虫管理が行われることを前提に、天敵利用のための基礎研究を考えたい。

桐谷・中筋(1977)、中筋(1988)はIPMの基本的考え方を次のように要約している。IPMの基本は害虫個体群を低密度で小さい変動幅に抑制することであり、まず防除手段として天敵や抵抗性品種などを導入する。しかし、ときとして生ずる害虫個体群の増加に対して、可能なかぎりその働きを弱めない形で一時的に害虫密度を低下させる手段を投入する。

害虫個体群を低密度安定に維持管理する、という基本方針は広く受け入れられてきたし、それゆえに天敵が害虫個体群を調節する働きがあるか否かに大きな関心が払われてきた(KUNO, 1987)。しかし、変動を小幅に維持する必要性があるだろうか。EIL以下の低密度に害虫個体群を管理するという一点だけが管理の目的として十分な

はずである。

一年生作物の害虫と種特異性の高い天敵の大部分は高い移動性をもち、外部から圃場に侵入する個体群を出発点として、加害期に達するまでに経過する世代数は1~3世代、多くても数世代である。この間に害虫の資源となる作物の量と質は速やかに変化する。侵入密度がともに低い場合は害虫の初期の増殖率は高く、天敵の増殖は世代期間がよほど短くないかぎり遅れの反応を示すケースが多い。天敵が害虫密度を小さな変動幅に調節する効果はもともと期待薄である。害虫管理の目的でも天敵の評価基準でもない害虫密度の調節に対するとらわれから解放され、天敵の活用をもっと柔軟に考えるべきではないだろうか。

おわりに

害虫管理の基礎理論として必要なのは個体群生態学であって、行動生態学や進化生物学はあまり関係がないという見方が今日もなお少なくないことを残念に思う。もともとこれらの分野は相互に密接な関係をもっている。農生生態系は小進化が眼前に起こっている舞台である。新しい殺虫剤、抵抗性品種は、それが有効と判断されれば急速に普及する。この高い人為的な選択圧が、殺虫剤抵抗性やバイオタイプの発達を繰り返しもたらしてきたことは周知の事実である。いわば密度変動の主要因が個体群の遺伝的組成の変化であるこれらの事例は、はたして

例外的なケースだろうか。行動や繁殖の遺伝的特性の変化は目につきにくいだけで、実際には農業の変化に伴って広範に起こっているのではないだろうか。また、個体群動態の解明は個体の行動レベルまで掘り下げることによって飛躍的にすすんだ一面をもっている。行動生態学の手法と成果を導入することによって、個体数変動の主要な過程の理解が深まることは疑いない。

振り返ってみると、IPMは日本では初めからあまりに理想的なものとして考えられ、そのベースについても個体群生態学の重要性が強調され過ぎていたと思う。それが、一方では発展した関連分野に対する無関心を長引かせ、他方では集団生物学の諸分野や生理・生化学の研究者の参入を遅らせる原因になっていたように思う。応用の心をもった様々な分野の研究者の協力は、いつでもIPMの基盤研究のフロンティアを広げていく鍵である。

引用文献

- 1) 藤家 梓 (1988): 植物防疫 39: 449~454.
- 2) 古橋嘉一 (1988): 同上 42: 547~551.
- 3) 井上雅央 (1990): 同上 44: 354~357.
- 4) 桐谷圭治・中筋房夫 (1977): 害虫とたたかう—防除から管理へ, 日本放送出版協会, 東京, 229pp.
- 5) 小山重郎 (1985): 植物防疫 39: 455~460.
- 6) 久野英二 (1988): 同上 42: 509~510.
- 7) — (1987): Adv. Ecol. Res. 16: 250~337.
- 8) 中筋房夫 (1988): 植物防疫 42: 511~516.
- 9) 大串龍一 (1985): 同上 39: 461~466.

本 会 発 行 図 書

『芝草病虫害・雑草防除の手引』

芝草農業研究会 編 A 5判 口絵カラー40ページ 本文256ページ

定価 3,500円(本体3,398円) 送料310円

芝草に有害な病虫害・雑草について口絵カラー写真による紹介と病害編、害虫編、雑草編、農薬編、付録に分けた解説書。各編ともに総論での解説と、各論ではそれぞれの学名・英名・別名を取り上げ、発生、生態、防除法までを詳しく解説し、付録ではゴルフ場での芝生管理を基本的な要点と実際について解説してあります。ゴルフ場など芝草を栽培管理する関係者にとりその病虫害・雑草防除の適切な方法が求められている現在、関係指導者も含めて必携となる指導・解説書です。

お申し込みは前金(現金書留・郵便振替・小為替など)で本会へ

特集：発生予測とシミュレーション〔2〕

虫媒性ウイルス病の疫学におけるシミュレーションモデル

農林水産省東北農業試験場 ^{みや}宮 ^い井 ^{しゅん}俊 ^{いち}一

は じ め に

圃場における虫媒性ウイルス病の発生ならびに進展には、媒介虫の個体数や移動・分散、ウイルス源、媒介虫の飛来源、気象要因、ウイルス—寄主植物—媒介虫の間の相互作用関係など、種々の要因が複雑に関与している。これらの要因の働きも含めて、病気の発生動態の理解を深めるためには、シミュレーションモデルが有効な手段になると考えられる。その大きな理由の一つは、シミュレーションモデルの作成のために、これまでばらばらに得られている知識を論理的に総合化することを行わなければならないからである。その過程で、現時点での問題点が整理され、今後の研究方向を決めるのに役立てることができる。また、虫媒性ウイルス病の発生動態にとって重要であると考えられる要因の中には、実験や観察によって定量的なデータをとることが不可能あるいはきわめて難しいものがあるが、シミュレーションモデルを用いることにより、それらがどのような影響を及ぼすかを予測できるようになる。

糸状菌類による病気のシミュレーションモデルはこれまで多数作成されてきたが、それに比較すると虫媒性ウイルス病の疫学モデルに関する研究はかなり少ない(CAMPBELL and MADDEN, 1990)。この理由は、おそらく、虫媒性ウイルス病の疫学研究がウイルス—寄主植物—媒介虫の3者からなるシステムを対象としなければならないところにあると思われる。一般に植物病理学研究者はウイルスと寄主植物の関係は研究するが、媒介虫の野外での生態には関心が無い。一方昆虫学研究者は媒介虫の生態には関心があるが、ウイルス病との関係にまでは手が回らない。したがって、虫媒性ウイルス病の疫学研究には両分野の共同研究が不可欠となるが、これがあまり行われてこなかったことに問題があると思われる。

これまで作成された虫媒性ウイルス病のシミュレーションモデルを表-1に示した。媒介虫の種類は、ヨコバイ、ウンカ、アブラムシである。これら媒介虫の個体数や移動などの生態が、病気の進展に及ぼす影響がモデル化されている。

虫媒性ウイルスは媒介虫と関係した伝染様式から、永続的、半永続的、非永続的ウイルスに分けられる。非永続的ウイルスの種類が最も多いにもかかわらず、モデル

作成の研究は少ない。ジャガイモYウイルスのモデル(SIGVALD, 1986)、ダイズモザイクウイルスのモデル(RUESINK and IRWIN, 1986)と後で詳しく紹介するMARCUS and RACCAH(1986)のモデルが非永続的ウイルスに対するものである。

BERGER and FERRISS (1989) と FERRISS and BERGER (1993) の一般的モデル及びMIYAI (1991) と宮井 (1993) のダイズわい化病のモデルは、後で紹介するように部分的に確率論的であるのに対して、その他のモデルはすべて決定論的である。確率論的モデルでは、シミュレーションにおいて乱数を発生させる必要がある。パラメータの一つのセットに対して、決定論的モデルではシ

表-1 虫媒性ウイルス病のシミュレーションモデル
(MIYAI, 1993 に追加)

寄主植物	ウイルス	媒介虫	伝染様式	文 献
イネ	イネ萎縮ウイルス	ヨコバイ	永続的	NAKASUJI and KIRITANI (1972), NAKASUJI et al. (1985), MIYAI et al. (1986)
	イネ縞葉枯ウイルス	ウンカ	永続的	村松(1979), KISIMOTO and YAMADA (1986), MIYAI and HOKYO (1992)
オオムギ、コムギなど	オオムギ黄萎ウイルス	アブラムシ	永続的	KENDALL et al. (1992)
ジャガイモ	ジャガイモYウイルス	アブラムシ	非永続的	SIGVALD (1986)
ダイズ	ダイズモザイクウイルス	アブラムシ	非永続的	RUESINK and IRWIN (1986)
	ダイズわい化ウイルス	アブラムシ	永続的	MIYAI (1991), 宮井 (1993)
サブクローバ	Subterranean clover stunt virus	アブラムシ	永続的	GUTIERREZ et al. (1974)
カンキツ	カンキツリステザウイルス	アブラムシ	半永続的	FISHMAN et al. (1983)
植物一般		アブラムシ	非永続的	MARCUS and RACCAH (1986)
		昆虫一般		BERGER and FERRISS (1989), FERRISS and BERGER (1993)

Simulation Models of Epidemics of Insect-Borne Plant Viruses. By Shun'ichi MIYAI

ミュレーションの回数は1回で済むが、確率論的モデルでは乱数系列を変えて必要な数だけ何度もシミュレーションを繰り返さなければならない。

本稿では、虫媒性ウイルス病の疫学のシミュレーションモデルを具体的にいくつか紹介しながら、モデルの仮定、構造、応用などについて解説したい。

なお、CARTER (1986) はウイルス病の疫学との関係でシミュレーションモデリングの基礎をわかりやすく解説しているし、KIRITANI et al. (1987) は、虫媒性ウイルス病を中心にして、病気の疫学におけるシステムアプローチについて総説しているので、合わせて参考にするとい

I 虫媒性ウイルス病の一般的シミュレーションモデル

通常のモデルは、表-1 からわかるように、それぞれ具体的なウイルス病を対象にして作られている。それに対して、BERGER and FERRISS (1989) と FERRISS and BERGER (1993) のシミュレーションモデルは、特に特別なウイルス病を想定せずに、一般的な虫媒性ウイルス病の時間的・空間的進展をシミュレーションするモデルである。

1 モデルの仮定と構造

モデルは、長方形の格子状に配置されている 425 個体の植物からなる圃場において、最初中央に位置する 1 個体の植物だけが発病しているとし、その後時間の経過とともにウイルスがどのように広がってゆくかをシミュレーションするものである。したがって、圃場外のウイルス源からのウイルスの侵入は考えない。圃場内の媒介虫の個体数は一定であるとし、繁殖や死亡による変動はないものとする。また、いったんウイルスに感染した植物個体は最後までウイルスを保有し、ウイルス源となり続けるものと仮定する。

モデルに含まれる九つのパラメータを、その標準値と定義とともに表-2 に示した。モデルは、時間に関して離散的であり、計算は、例えば 1 日あるいは 1 週間などに対応するような時間単位ごとに行われる。このモデルは確率論的モデルであり、確率に基づいて決定しなければならない過程に対しては、乱数を発生させて決定を行う。例えば、媒介虫が発病植物からウイルスを獲得する確率が 0.6 であるならば、0 と 1 の間の一様乱数を発生させて、その値が 0.6 以下であればウイルスを獲得し、0.6 より大きければ獲得しないものとする。

シミュレーションにおいては、時間単位ごとに媒介虫の各個体に対して、ウイルスを獲得するかどうか、あるいはウイルスを接種するかどうかの決定がなされる。また、媒介虫の各個体がどの植物個体上に滞在しているか、ウイルスに感染しているかどうか、などが記録とし

て残される。ウイルスに感染している植物個体に対しては、いつの時間単位のときにウイルスを接種されたのかが記録として残される。

媒介虫の移動は、格子状に配置された植物の間でのランダムウォークの形をとる。一つの時間単位の中で、媒介虫はあらかじめ定めておいた回数だけ移動に関する決定を反復する（これを移動反復と呼ぶことにする）。各移

表-2 FERRISS and BERGERの虫媒性ウイルス病の一般的シミュレーションモデルにおけるパラメータと状態変数 (FERRISS, and BERGER, 1993)

パラメータと状態変数	標準値*	定 義
パラメータ		
・ウイルス獲得確率	0.5	媒介虫が滞在している発病植物個体から 1 時間単位の間ウイルスを獲得する確率。
・ウイルス接種確率	0.5	保毒虫が滞在している健全植物個体に 1 時間単位の間ウイルスを接種する確率。
・植物での潜伏期間	8	健全植物個体がウイルスを接種されてから発病個体になるまでの期間(時間単位数で表す)。
・媒介虫での潜伏期間	v	健全虫がウイルスを獲得してから保毒虫になるまでの期間(時間単位数で表す)。
・媒介虫のウイルス保有期間	v	保毒虫がウイルスを接種できる期間(時間単位数で表す)。
・植物の総個体数	425	長方形の格子状に配置された植物個体の総数。
・媒介虫の密度	1	植物 1 個体当たりの媒介虫の数。
・媒介虫の移動確率	0.8	媒介虫が現在滞在している植物個体から 1 移動反復の間に移動する確率。前後左右の 4 個体の植物へ等確率で移動する。
・1 時間単位当たりの移動数	1	1 時間単位内で起こる媒介虫の移動の反復回数。各移動反復において、移動するかどうかの決定は移動確率を用いて行われる。
状態変数		
・潜伏期の植物	...	ウイルスが潜伏期間中の植物の個体数。
・発病植物	...	媒介虫がウイルスを獲得できる植物の個体数。
・感染植物	...	潜伏期の植物と発病植物を合わせた個体数。
・潜伏期の媒介虫	...	ウイルスが潜伏期間中の媒介虫の個体数。
・保毒虫	...	ウイルスを接種できる媒介虫の個体数。
・感染虫	...	潜伏期の媒介虫と保毒虫を合わせた個体数。

*標準値の中の v はウイルスの伝染様式の違いにより変化させることを示す。

動反復において、媒介虫が移動するかどうかは移動確率に基づいて確率論的に決められる。移動は前後左右の4個体の植物へ等確率で起こる。例えば、移動確率が0.8であるとするば、0と1の間の一様乱数を発生させて、その値が0~0.2ならば前へ、0.2~0.4ならば後ろへ、0.4~0.6ならば左へ、0.6~0.8ならば右へ移動させ、0.8~1.0ならば移動しないものとする。

モデルの主なアウトプットとして、表-2に示した状態変数の値と感染植物個体の空間的な位置が時間単位ごとに得られる。

2 モデルによるシミュレーション

このモデルを用いて、例えば虫媒性ウイルスの伝染様式の違いが病気の時間的・空間的な進展にどのような影響を及ぼすかをシミュレーションしている。すなわち表-2のパラメータの中の媒介虫での潜伏期間と媒介虫のウイルス保有期間の値を、それぞれ、伝染様式が非永続的ウイルスでは0と1、半永続的ウイルスでは0と2、永続的(循環型)ウイルスでは1と8、永続的(増殖型)ウイルスでは6と32のように置いて、感染虫の個体数や感染植物の空間分布のパターンがどうなるかを、他のパラメータの影響も含めて調べている。

II アブラムシが媒介する非永続的ウイルス病のシミュレーションモデル

アブラムシが媒介する非永続的ウイルス病の疫学モデルの例として、一つの圃場内でどのように病気が進展するかをシミュレーションするために作成された MARCUS and RACCAH (1986) のモデルを少し詳しく紹介する。元のモデルは複数種のアブラムシが関与する場合も扱えるようになっているが、ここでは説明を簡単にするためにただ一種のアブラムシが媒介する場合だけを考える。

1 モデルの仮定と構造

時間の単位を1日、1週間など離散的に考える。 j 番目の時間単位の初めに圃場内に存在する健全作物の個体数を $H(j)$ 、その時間単位内に作物個体がウイルスを接種されない確率を $\phi(j)$ とするならば、 j 番目の時間単位($j=1, 2, \dots$)の間に初めてウイルスを接種されて感染する作物個体の数 $I(j)$ は、

$$I(j) = H(j) \cdot [1 - \phi(j)] \quad (1)$$

によって与えられる。以下の記述において (j) が付いている文字はすべて「 j 番目の時間単位」に関するものであるが、説明を簡略化するために、誤解を生じやすい場合を除き、そのような表現は省略する。

アブラムシによるウイルスの伝搬は、圃場内への外からの移入(一次伝搬)と圃場内の作物個体間での移動(二次伝搬)とによって起こると仮定する。したがって、モデルでは外から圃場内へ飛来するアブラムシと既に圃

場内にいるアブラムシを区別している。この区別に対応して、 $\phi(j)$ は二つの成分の積に分割される：

$$\phi(j) = \phi_1(j) \cdot \phi_2(j) \quad (2)$$

すなわち、 $\phi_1(j)$ は作物個体が飛来してくるアブラムシによってウイルスを接種されない確率であり、 $\phi_2(j)$ は作物個体が圃場内のアブラムシによってウイルスを接種されない確率である。

(1) ウイルスの一次伝搬のサブモデル

圃場に飛来するアブラムシの中に外部のウイルス源からウイルスを獲得した個体があり、それらが圃場にウイルスを持ち込むのが一次伝搬である。それらの飛来個体による作物1個体当たりのウイルス接種の平均数を $A_1(j)$ で表し、それが

$$A_1(j) = \mu_1(j) \cdot \alpha_1(j) \cdot v(j) \cdot \beta_1(j) / Q$$

で与えられるものと仮定する。ただし、 $\mu_1(j)$ は圃場へ飛来するアブラムシの総個体数、 $\alpha_1(j)$ は外部のウイルス源となる植物からウイルスを獲得する効率、 $\beta_1(j)$ は圃場の作物にウイルスを接種する効率、 $v(j)$ はアブラムシの飛来源となる場所における寄主植物中でウイルス源となる植物の割合、 Q は圃場の作物の総個体数である。飛来してくるアブラムシによる圃場内でのウイルス接種の空間分布がランダムであると仮定すると、作物1個体当たりのウイルス接種数は、平均が $A_1(j)$ のポアソン分布に従うことになる。したがって、 $\phi_1(j)$ は

$$\phi_1(j) = \exp[-A_1(j)] \quad (3)$$

で与えられることになる。

(2) ウイルスの二次伝搬のサブモデル

圃場内に既に存在しているアブラムシも、発病作物個体をウイルス源にして他の作物個体にウイルスを感染させる。これがウイルスの二次伝搬である。まず、 j 番目の時間単位の初めに圃場内のウイルス源として発病作物1個体だけしかないと考える。圃場内に既に存在しているアブラムシによるウイルス接種の平均数を $R_2(j)$ で表し、

$$R_2(j) = \mu_2(j) \cdot \alpha_2(j) \cdot \beta_2(j) / Q$$

で与えられるものと仮定する。ただし、 $\mu_2(j)$ は圃場内の作物間を動き回っているアブラムシの総個体数、 $\alpha_2(j)$ は発病作物個体からウイルスを獲得する効率、 $\beta_2(j)$ は圃場の作物にウイルスを接種する効率である。したがって、作物1個体当たりのウイルス接種の平均数 $A_2(j)$ は、

$$A_2(j) = R_2(j) / Q$$

となる。次に、 j 番目の時間単位の初めに圃場内のウイルス源となる発病作物個体の数が $S(j)$ であるとする、作物1個体当たりのウイルス接種の平均数は $A_2(j) \cdot S(j)$ となる。圃場内のアブラムシによるウイルス接種の空間分布が、平均が $A_2(j) \cdot S(j)$ の負の二項分布で表される集中分布をしていると仮定するならば、

$$\phi_2(j) = \{k/[k + A_2(j) \cdot S(j)]\}^k \quad (4)$$

となる。ただし、 k は負の二項分布のパラメータの一つであり、分布集中度の指数として用いられることもある。

(3) 両サブモデルの結合と潜伏期間の組み入れ
一次伝搬に関する (3) 式と二次伝搬に関する (4) 式を (2) 式に代入することにより、

$$\phi(j) = \{\exp[-A_1(j)]\} \cdot \{k/[k + A_2(j) \cdot S(j)]\}^k$$

が得られ、二つのサブモデルが結合される。したがって、(1) 式は、

$$I(j) = H(j) \cdot \{1 - [\exp(-A_1(j))] \cdot [k/(k + A_2(j) \cdot S(j))]^k\}$$

となる。

モデルでは、作物体内におけるウイルスの潜伏期間を組み入れることができ、それを p 時間単位とする。したがって、ある時間単位において、作物は、健全個体、潜伏期の個体、発病個体の三つのグループのどれかに属することになる。アブラムシがウイルスを獲得吸汁できるのは発病作物個体からだけである。 $I(j)$ と潜伏期間 p の定義から、発病作物個体の数 $S(j)$ は、

$$S(j) = \sum_{i=1}^{j-p-1} I(i)$$

となる。

最後に、 j 番目の時間単位の初めにウイルスに感染している作物個体（潜伏期の個体と発病個体）の割合を $X(j)$ で表すとすれば、それらは、

$$X(j+1) = X(j) + I(j)/Q$$

なる式により順次計算されることになる。ただし、 $X(1) = 0$ である。

2 モデルによるシミュレーション

MARCUS and RACCAH (1986) は、トウガラシ圃場においてキュウリモザイクウイルスを媒介する 4 種類のアブラムシに対して、時間単位を 1 週間として $A_1(j)$ と $R_2(j)$ の値をおおまかに推定している。すなわち、ワタアブラムシ、ユキヤナギアブラムシ、モモアカアブラムシ、チュウリップヒゲナガアブラムシに対して、 $A_1(j)$ の平均値はそれぞれ 0.0105, 0.0215, 0.004, 0.001 と推定され、 $R_2(j)$ の平均値は 0.04, 0.08, 0.06, 0.10 と推定されている。

圃場の作物の総個体数 $Q = 10000$ 、負の二項分布のパラメータ $k = 0.5$ 、潜伏期間 $p = 1$ と置いて、 $A_1(j)$ と $R_2(j)$ の値を変化させて罹病個体の割合 $X(j)$ を計算した数値例を図-1 に示した。ただし、 $A_1(j)$ と $R_2(j)$ はすべての j の値に対して一定であるとした。

非永続的ウイルス病の発生を少なく抑える手段としては、殺虫剤、抵抗性品種、シルバーマルチの利用、ウイルス源となる雑草や罹病作物の除去などがあるが、これ

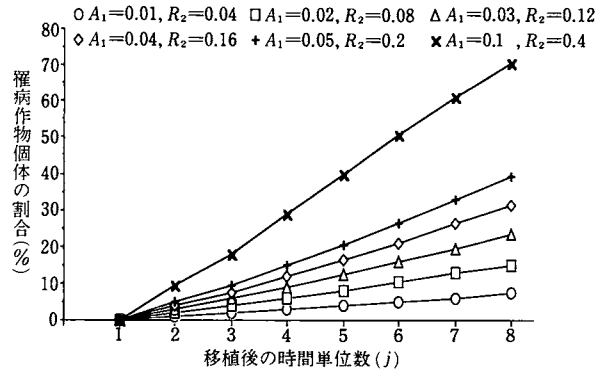


図-1 MARCUS and RACCAH (1986) のアブラムシ媒介性非永続的ウイルス病の疫学モデルにおけるシミュレーションの結果

らが病気の進展に及ぼす効果は、 $A_1(j)$ と $R_2(j)$ の値を減少させることによりシミュレーションができる (MARCUS and RACCAH, 1986)。

III ダイズわい化病（永続的ウイルス病）のシミュレーションモデル

アブラムシにより永続的に媒介されるウイルス病のシミュレーションモデルの例として、ダイズわい化病の疫学モデル (MIYAI, 1991; 宮井, 1993) を紹介する。ダイズわい化ウイルスの媒介虫はジャガヒゲモヒゲナガアブラムシ（以下、ジャガヒゲと略す）である。ウイルスはジャガヒゲの脱皮によって失われることはないが、産卵あるいは産子を通して次世代へ伝染されることはない。

このモデルは、一つのダイズ圃場におけるわい化病の時間的な並びに空間的な進展をジャガヒゲの発生動態と関連させて記述するものである。その構造をできるだけ単純にするために、わい化病ウイルス、ダイズ、ジャガヒゲの諸特性やそれらの間の関係に関しては、以下に述べるようないくつかの仮定を置いている。

1 モデルの構造と仮定

モデルは時間に関して離散的であり、タイムステップの単位は日とし、ダイズの発芽日を 1 日目として起算する。

(1) ダイズ圃場への有翅胎生雌虫の飛来と滞在日数
圃場においてダイズ株は格子状に配置されている。圃場でのわい化病の一次感染は、ウイルスを保毒しているジャガヒゲ有翅胎生雌虫（以下では、有翅虫と略す）が飛来してくることにより起こる。この有翅虫の幼虫期の寄主植物はギンギンシやシロクロバなどであるが、ウイルス源は保毒したシロクロバと考えられている。

t 日目にダイズ圃場に飛来する有翅虫の総数を $N(t)$ で表す。これらの有翅虫は圃場内のダイズ株にランダ

ムに降り立つものと仮定し、一様乱数を発生させてダイズ株にランダムに割り振る。

ダイズ株に降りた有翅虫は、その株に死ぬまで居続けるわけではなく、何日か滞在した後圃場外へ飛び去るものとする。1日しか滞在しない有翅虫の割合を65%, 2日間滞在するものの割合を35%, 3日以上滞在する有翅虫はいないとし、モデルではこの確率に基づいて有翅虫各個体の滞在日数を一様乱数を用いて決める。

(2) 有翅虫によるウイルスの接種

ダイズ圃場へ飛来する有翅虫のウイルス保毒率を p で表す。有翅虫の各個体が保毒虫であるか否かは、この確率に基づいて、一様乱数を発生させて決める。

また、ウイルスを保毒している有翅虫が滞在したダイズ株はすべてウイルスを接種され、感染する。

(3) 有翅虫による産子

滞在したダイズ株上で有翅虫は毎日一定の数の幼虫を産むものとし、その数を F で表す。有翅虫の産む幼虫はすべて無翅胎生雌虫（以下では、無翅成虫と略す）になる。

(4) 幼虫の発育と死亡

幼虫の発育速度は温度に依存して変化するが、このモデルでは幼虫期間は一定で7日間とする。

幼虫及び無翅成虫の日当たり生存率は一定であるとし、 S で表す。タイムステップごとに各個体の生死は一様乱数を発生させて決める。

(5) 無翅成虫による産子

無翅成虫は、成虫化後3日目からダイズ株上で毎日一定の数の幼虫を産むものとし、その数を f で表す。有翅虫の場合と同様に、無翅成虫の産む幼虫はすべて無翅成虫になるものとする。

(6) 幼虫と無翅成虫の株間移動

幼虫と無翅成虫はタイムステップごとに前後左右の4

株へ等確率で移動する。移動率を q で表すならば、それぞれの株へ $q/4$ の確率で移動する。各個体の移動の有無及びどの株に移動するかは、一様乱数を発生させて決められる。

(7) 幼虫と無翅成虫によるウイルスの獲得と接種

タイムステップの初めからすでに発病している株に新たに滞在するようになった健全な（ウイルスを保毒していない）幼虫及び無翅成虫は、すべてこのタイムステップの間にウイルスを獲得吸汁して保毒虫になる。同様に、タイムステップの初めに健全である（ウイルスに感染していない）株のうち少なくとも1頭の保毒虫が移動してきた株は、すべてこのタイムステップの間にウイルスを接種されて感染株になる。

(8) ウイルスの潜伏期間

ダイズわい化病の最短の潜伏期間は、ダイズにおいては2日、ジャガヒゲでは1日である（玉田, 1975）が、モデルにおいてはどちらの潜伏期間もないものとする。

2 モデルによるシミュレーション

圃場に飛来する有翅虫のウイルス保毒率と幼虫及び無翅成虫の株間移動がわい化病の進展と感染株の空間分布に及ぼす影響を調べるために、保毒率 p は0.01, 0.05, 0.1に、移動率 q は0.04と0.08に変化させてシミュレーションを行った。その他のパラメータ値などは以下のように設定した：①圃場は200株（8畦×25株）のダイズから成る、②飛来有翅虫数 $N(t)$ の値は実際の圃場で推定された値と大体同じような値を用いる、③有翅虫の日当たり産子数 $F=3$ 、無翅成虫の日当たり産子数 $f=4$ 、④幼虫と無翅成虫の日当たり生存率 $S=0.7$ 。

病気の進展を感染株率で表すと図-2のような曲線となった。この結果から次のことがわかる。①有翅虫の保毒率が低くても、幼虫や無翅成虫の株間移動が起これ

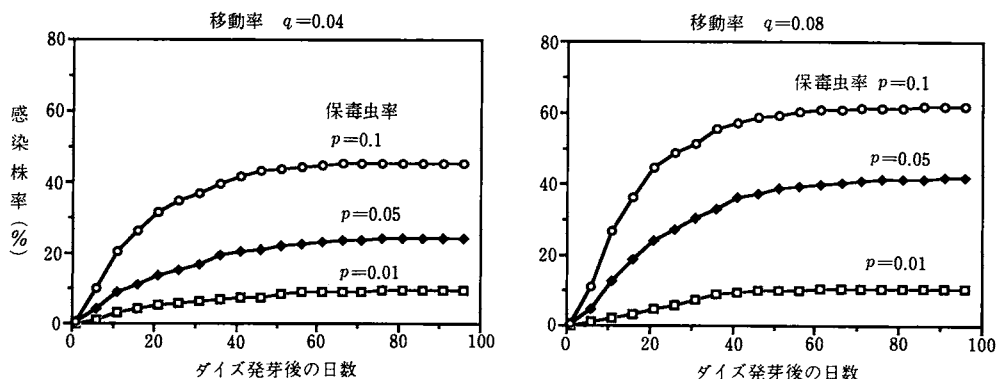


図-2 有翅虫の保毒率 p と幼虫及び無翅成虫の移動率 q がダイズわい化病の進展に及ぼす影響（宮井, 1993）
 $p=0.01$ の場合は15回、その他の場合は10回の計算の平均値を示す。

ことにより感染株率は高くなる、②移動率が高まることにより感染株率が高くなる効果は、保毒虫率が高いときには大きくないが、それは重複感染が頻繁に起こるためである、③同様にその効果は、有翅虫の保毒虫率が低いときにも大きくないが、それは圃場内のウイルス源が少ないためである。

また、感染株の空間分布は、どの場合も有意な集中分布となった。これは、保毒有翅虫により一次感染を起こした株をウイルス源にして、その周りの株で幼虫と無翅成虫の株間移動による二次感染が起こり、感染株のクラスター（塊）が形成されるからである。

おわりに

虫媒性ウイルス病の疫学は、ウイルス、寄主植物、媒介虫という三つの異なる要素から構成される複雑な相互作用システムを対象にしている。このシステムの理解を深めるために、ここで紹介したようなシミュレーションモデルの作成が行われてきた。このようなシミュレーションモデルにより得られる結果は、一見したところでは、どれも当たり前のものばかりで、なにも面倒くさいモデルを作るまでのこともないように思われるかもしれない。例えば、保毒虫率が高ければ高いほどウイルス病の進展は速いとか、媒介虫の移動率が高ければ高いほど発病植物個体のクラスターは大きくなるとかなど、どれも常識的なことである。けれども、これは個々の要因の効果を単独に考えた場合に限られるものである。二つ以上の要因を組み合わせたときの効果については、必ずしも直感的には明らかではなく、それを調べられる点にシミュレーションモデルの利用価値がある (FERRISS and BERGER, 1993)

また、ここで紹介したようなシミュレーションモデルは、推定が非常に難しい（あるいは不可能な）パラメータや測定が難しい変数を含んでいることからわかるように、それ自身は圃場における病気の発生予測には利用できない。発生予測のためには、測定が容易な少数の変数からなる単純なモデル（例えば、回帰モデルなど）であることが要求される。けれども、多くの関係する要因を論理的に総合化しているシミュレーションモデルは、このような発生予測のモデルを開発するために、例えば、どのような変数が予測に役立つかなどを分析するような形で役立てることができると期待される。

引用文献

1) BERGER, P.H. and R.S. FERRISS (1989) : Mechanisms of arthropod transmission of plant viruses: Implications for the spread of disease. In : M.J. JEGGER (ed.) Spatial Components of Plant Disease Epidem-

ics. Prentice Hall, Englewood Cliffs. pp.40~84.
 2) CAMPBELL, C.L. and L.V. MADDEN (1990) : Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley & Sons, New York. 532pp.
 3) CARTER, N. (1986) : Simulation modelling. In : G.D. McLEAN, R.G. GARRETT and W.G. RUESINK (eds.) Plant Virus Epidemics : Monitoring, Modelling and Predicting Outbreaks. Academic Press, Sydney. pp.193~215.
 4) FERRISS, R.S. and P.H. BERGER (1993) : Phytopathology 83 : 1269~1278.
 5) FISHMAN, S. et al. (1983) : Phytoparasitica 11 : 39~49.
 6) GUTIERREZ, A.P. et al. (1974) : J. Appl. Ecol. 11 : 1~20.
 7) KENDALL, D.A. et al. (1992) : J. Appl. Ecol. 29 : 414~426.
 8) KIRITANI, K. et al. (1987) : Systems approaches for management of insect-borne rice diseases. In : K.F. HARRIS (ed.) Current Topics in Vector Research, Vol.3. Springer-Verlag, New York. pp.57~80.
 9) KISIMOTO, R. and Y. YAMADA (1986) : A planthopper - rice virus epidemiology model: Rice stripe and small brown planthopper, *Laodelphax striatellus* Fallén. In : G.D. McLEAN, R.G. GARRETT and W.G. RUESINK (eds.) Plant Virus Epidemics : Monitoring, Modelling and Predicting Outbreaks. Academic Press, Sydney. pp.327~344.
 10) MARCUS, R. and B. RACCAH (1986) : J. Appl. Stat. 13 : 167~175.
 11) MIYAI, S. (1991) : Modelling the effects of aphid vector (*Aulacorthum solani*) movement on the spread of soybean dwarf virus. In : Proceedings of International Seminar on Migration and Dispersal of Agricultural Insects. National Institute of Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Japan. pp.145~154.
 12) ——— (1993) : Simulation approach to the control of insect-borne virus diseases. In : Proceedings of International Symposium on the Management of Insect-Borne Virus Diseases in Temperate and Subtropical Asia.. FFTC, Taiwan. pp.1~14.
 13) 宮井俊一 (1993) : 今月の農業 37 (12) : 74~79.
 14) MIYAI, S. and N. HOKYO (1992) Modelling approach to simulate the progress of insect-borne rice virus diseases in paddy fields. In : M. SHIYOMI, E. YANO, H. KOIZUMI, D.A. ANDOW and N. HOKYO (eds.) Ecological Processes in Agro-Ecosystems. National Institute of Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Japan. pp.139~154.
 15) ——— et al. (1986) : Models of epidemics of rice dwarf. In : G.D. McLEAN, R.G. GARRETT and W.G. RUESINK (eds.) Plant Virus Epidemics : Monitoring, Modelling and Predicting Outbreaks. Academic Press, Sydney. pp.459~480.
 16) 村松義司 (1979) : 静岡農試研報 24 : 1~13.
 17) NAKASUJI, F. and K. KIRITANI (1972) : Res. Popul. Ecol. 14 : 18~35.
 18) ——— et al. (1985) : J. Appl. Ecol. 22 : 839~847.
 19) RUESINK, W.G. and M.E. IRWIN (1986) : Soybean mosaic virus epidemiology: A model and some implications. In : G.D. McLEAN, R.G. GARRETT and W.G. RUESINK (eds.) Plant Virus Epidemics : Monitoring, Modelling and Predicting Outbreaks. Academic Press, Sydney. pp.295~313.
 20) SIGVALD, R. (1986) : Forecasting the incidence of potato virus Y°. *ibid.* pp.419~441.
 21) 玉田哲男 (1975) : 北海道立農試報 25 : 1~144.

特集：発生予察とシミュレーション〔3〕

シミュレーションモデルの発生予察への利用と今後の展望
——コブノメイガを例として——

香川県病害虫防除所 ^{みや}宮 ^{した}下 ^{たけ}武 ^{のり}則

はじめに

病害虫の発生予察に最初に利用されたモデルは、単回帰式や重回帰式などの予察式であった。予察式は主に長期予察を行うことを目的に導入され、各県で種々の病害虫について作成され利用されてきた。しかしながら、回帰式による発生予察は過去数年以上にわたるデータの蓄積の上に成り立っているため、作物の栽培様式や作型、品種などが大幅に変化した場合は、式自体を改変する必要がある、そのために数年以上にわたってデータを取り直す必要がある。しかし、近年の日本農業を取り巻く諸情勢の変化は、価値観の多様化を急速に進め、これが栽培の変化に加速度をつけた。そのため、予察式の改変が栽培の変化についていけなくなっている。しかも、予察式による発生予察には、防除を行った場合の発生量の変化がほとんど予測できないという大きな制約もある。

一方、発生予察への期待も、病害虫の発生量及び発生時期の予測から、防除要否の判定や最適防除手段の決定へと具体化しつつあり、農生態系における病害虫の総合管理（IPM）への貢献が求められている。この期待にこたえるためには、シミュレーションモデル（以下、モデルとする）を利用したダイナミックな予察方法へと移行していく必要がある。

病害虫の発生についてのモデルは、我が国でも多数の研究者によって開発が進められてきた。それらの中にはヤノネカイガラムシのモデル（INOUE, 1976 など）のように病害虫の管理のために開発されたものも含まれていたが、多くは病害虫の発生生態の解明や生態学の理論的予測のために開発されたものであったため、そのまま発生予察に利用するには問題があった。そこで、発生予察用のモデルの開発・改良や利用を推進するために、1977年から特殊調査「シミュレーションによる発生予察方法の確立」がスタートし、以後、「防除要否予測技術導入事業」、「病害虫発生高精度診断システム導入事業」を経て、現在「発生予察地域活用技術確立事業」の中の「地

域発生予測改良・実証事業」として引き継がれている。香川県でも、紋枯病（BLIGHTAS：HASHIBA, 1984；井尻ら, 1986）、セジロウンカとトビイロウンカ（宮下, 1994）、コブノメイガ（宮下ら, 未発表）の発生予察用モデルの開発・改良やいもち病の発生予察モデル BLASTAM（林・越水, 1988；ただし、シミュレーションはできない）の利用を進めている。今回、主にコブノメイガのモデルの開発及び利用状況を通じて、モデルを利用した発生予察の有効性と今後の課題について紹介したい。本論に入るに先立ち、本稿を校閲していただいた農林水産省九州農業試験場の鈴木芳人氏と静岡県柑橘試験場の古橋嘉一氏、本稿の取りまとめに際して有益なご意見をいただいた香川県病害虫防除所の都崎芳久所長に厚くお礼申し上げる。

I コブノメイガ発生予察用モデルの基本構造

発生予察用モデルが満たすべき条件として重要なものは、表-1 に示した 4 条件と考えられる。コブノメイガのモデルについても、これらの 4 条件を満たすよう努力している。モデルの基本構造であるコブノメイガ個体群の増殖モデルは LESLIE マトリックスモデル（LESLIE, 1945, 1948）で、发育速度は有効積算温度則に従う。密度を制御する要因はイネの生育ステージ、捕食性天敵類及び薬剤防除である。飛来量は予察灯（光源：100 W 高圧水銀

表-1 発生予察用モデルに求められる条件

条 件	理 由
発生時期と量が発生パターンとして認識できる。	発生消長が視覚的に認識できる。
耕種概況の変化にある程度対応できる。	複数の作型、耕種概況が一つのモデルで取り扱える。
防除モデルがサポートされている。	防除の有無や防除方法ごとに発生消長が予測でき、最適防除方法の決定に役立つ。
入力用データの調査が容易である。	精度は高くても、調査に多大の労力を要したのでは、実用性や汎用性に問題がある。

Application of a Simulation Model to the Forecasting of Occurrence and its Prospects. A Case of Rice Leaf Roller, *Cnaphalocrocis medinalis*. By Takenori MIYASHITA

灯)への7月第4半旬までの飛来量から推定するが、圃場発生量に応じた補正も行える。

II シミュレーションモデルの広域予測への利用の有効性

発生予測,特に現在行われている広域予測にモデルを利用した場合のメリットとしては,以下の4点が大きいと考えられる。

1 発生パターンとしての予測が可能

飛来性害虫の場合,個体群の増殖に関するパラメータ(有効積算温度と増殖率)がわかっていれば,飛来時期と飛来量から,次世代以降の発生時期と量を予測することができるので,特にコンピュータで計算する必要はない。しかし,実際は,飛来は何波にもわたり,飛来波ごとに飛来量も異なっているのが普通である。図-1には,1993年のコブノメイガの例を示した。200mほど離れた地点の予察灯では7月5~11日(28頭),7月15~20日(29頭)及び7月21~26日(52頭)の3波の飛来が確認されたが,圃場では第2波を中心とするなだらかな単峰形の発生活消長を示している。したがって,予測においても複数の飛来波に由来する複合個体群の発生活消長として予測する必要性が生じる。このような作業はコンピュータのほうが得意なうえ,作図プログラムを付け加えることによって発生活消長が視覚的に予測できるので便利であ

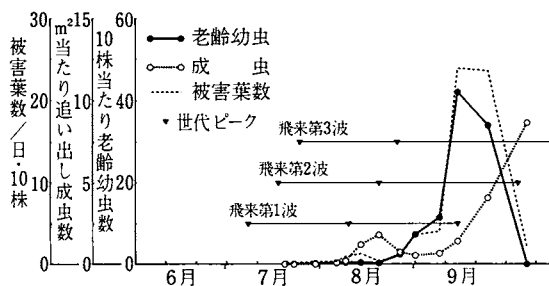


図-1 普通期栽培水稻におけるコブノメイガの発生推移(香川県高松市, 1993年)

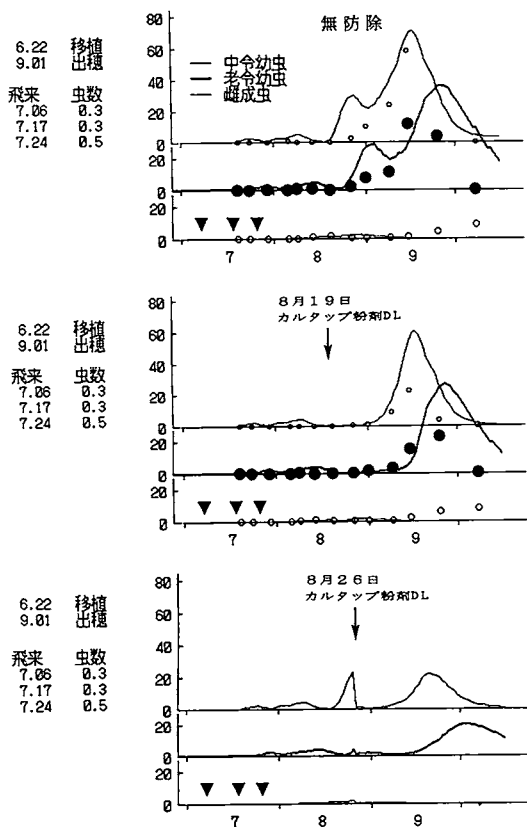


図-2 普通期栽培におけるコブノメイガの発生活消長と防除効果のシミュレーションモデルによる予測(高松市, 1993年)

実線は予測値,丸は実測値,下向きの三角は飛来時期,矢印は防除時期を示す。

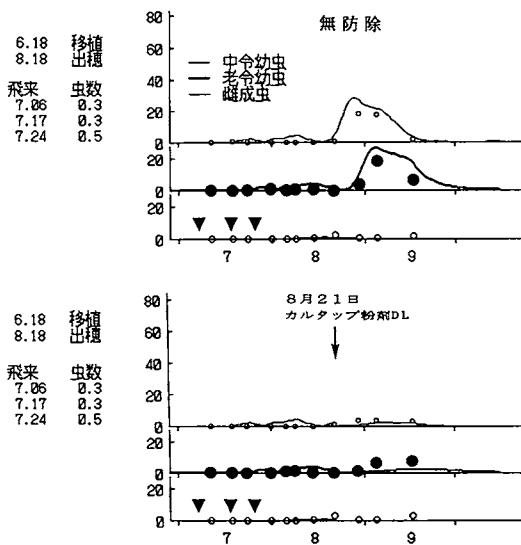


図-3 短期栽培におけるコブノメイガの発生活消長と防除効果のシミュレーションモデルによる予測(善通寺市, 1993年)

実線は予測値,丸は実測値,下向きの三角は飛来時期,矢印は防除時期を示す。

る (図-2 の上段)。

2 栽培様式の変化に対応した予測が可能

香川県の水稲の作型には、早期栽培と普通期栽培のほか、短期栽培と呼ばれる早生品種の普通期移植栽培がある。コブノメイガは普通期栽培と短期栽培で問題となる害虫であるが、発生量や発生パターンは作型間で違いがある。図-2 と 3 は、1993 年の普通期栽培 (図-2) と短期栽培 (図-3) におけるコブノメイガの発生消長と防除効果をシミュレーションで予測した結果である。いずれも最上段の図が無防除田での消長を示しており、実線が予測値、丸が実測値である。モデルには、出穂期を過ぎたイネでは成熟成虫の割合が低下する性質 (WADA and KOBAYASHI, 1982) を組み込んであるため、飛来消長や気温に同じ値を入力しても、予測結果は作型に応じて異なっている。このように、病害虫の増殖や発育に及ぼす作物の影響をモデルに組み込むことによって、同一のモデルで作物の作期や作型を超えた予測が可能となり、予察業務の省力化にもつながる。

3 防除適期の予測が可能

図-2 の中段の図は 8 月 19 日に、下段は 8 月 26 日にカルタップ剤で防除した場合の発生消長を示している (8 月 26 日防除については実測値はない)。現地では穂ばらみ期にあたる 8 月中旬にコブノメイガの防除を計画していたが、シミュレーションの結果からは、この年の普通期栽培については防除時期を遅らせたほうが高い防除効果が期待された。図-3 の下段は、短期栽培で 8 月 21 日に防除した場合の発生消長を示している。現地では出穂期にあたる 8 月 20 日ごろに防除を計画していたが、シミュレーション結果からは、計画どおりの防除で効果が高いと予想された。これらの結果から、1993 年については、普通期栽培では防除時期を遅らせ、短期栽培では計画どおりの時期に防除するよう指導し、一応の成果を納めることができた。

このように、防除効果が予測できるモデルを利用すれば、作型、防除薬剤、防除時期などを変えてシミュレーションを繰り返すことによって、作型や防除薬剤ごとに防除適期を推定でき、防除指導が効率的に行える。

4 説得力が増す

以上からも明らかなように、モデルを利用すれば発生消長や防除効果が一目で確認できるという利点もある。これによって農家に対する説得力は飛躍的に増すため、発生予察やそれに応じた防除指導を行う側にとっては大きな武器となる。

III 防除要否の判定に向けて

1 現状

今後の発生予察に求められているのは防除要否の判定であるが、現在のコブノメイガの予察モデルでは発生量は正確には予測できないので、防除要否の判定は行えない。したがって、予察情報を発表したり、予察結果に基づく地域の防除方針を周知する場合、作型や防除薬剤別の防除適期だけでなく、要防除水準 (正確な値がない場合は、一応の目安でもないよりはまし) も合わせて提供しなければ、情報を受け取った農家は、どうしてよいかわからなくなってしまう。

香川県では、普通期栽培でのコブノメイガの防除の目安を、8 月上旬の被害株率で 20% と設定しており (宮下, 1993)、圃場被害がこの値を上回る場合は、予察モデルで推定された防除適期に防除を行うよう指導している。

2 モデルによる防除要否の判定

一方、発生量が正確に予測できるモデルがあれば、防除要否の判定もモデルにゆだねることができる。それには、モデルの適合性を高めることが不可欠であり、そのために重要なモデルの改良点としては、飛来消長の推定法、防除モデル及び天敵モデルの改善、イネとコブノメイガ個体群との相互作用の解明や水田内微気象の推定法の改良があげられる。しかし、研究分野は生理、生態、行動、化学など多岐にわたるので、一人の研究者が発生量が予測できるモデルを作成するのは容易ではない。

また、これらの作業に利用できるとされる過去の発生消長調査結果や防除試験データなどについても、いざ利用しようとする、そのままでは利用できないものが多い。例えば、ウンカにしても、蓄積されているデータはすくい取り虫数、払い落とし虫数などの相対密度であるため、実際に寄生していた虫の数が不明確である。発育ステージも成虫と幼虫の区別しきれないものが多いが、モデルの開発・改良には齢期別、翅型別のデータが必要な場合が多い。モデル開発の効率化を図るためには、複数の研究者による共同研究が望まれる。また、水田内微気象の推定法などは複数のモデルで共用できる可能性が高いので、このような部分については共通のサブルーチン化も考えられる。

ただし、発生量が予測できるモデルが完成しただけでは防除要否の判定はできない。モデルが防除要否を判定するための基準が設定されていなければならない。これは要防除水準でもよいが、モデルを用いる場合は被害許容水準 (EIL) で十分である。要防除水準は病害虫の発生

量が EIL を超えるかどうかを防除適期以前に判定する一種の予察技術である。しかし、モデルを使えば、発生量が EIL を超えるかどうかは臨機応変に予測できる。モデルによる防除要否の判定の実用性を高めるためには、EIL を経時的に設定したり、多段階に設定したりすることのほうが重要である。ただし、これについては紙面の都合で詳しい説明は省略する。

このように、防除要否が判定できるモデルの開発は容易ではないが、カンキツ黒点病 (MELAN 2: 小泉, 1980) やイネいもち病 (BLASTL: 橋本, 1984) など、利用段階に入ったものもある。

IV シミュレーションモデルによる防除要否の判定における問題点

防除要否や最適防除手段が決定できるモデルが完成した場合、これを広域予察に利用することはできる。しかし、県全体や市町村などを単位とする広域に対して発生予察を行う場合、防除要否を判定すること自体に無理がある。これは、圃場間差が大きいため、全体的には発生量は少なくとも特異的な多発圃場があったり、その逆の場合があったりで、一律に防除方針を決定できないためである。このため、広域予察では「防除の必要はありません。」という情報は出しにくい。したがって、現場の農家や生産組織などがモデルを直接利用すれば、メリットはより大きくなると考えられる。

しかし、いくらメリットがあるからといって、農家がパソコンを備え、気象データを購入手、必要な調査を自ら行ってモデルを運用するのは、いかにも非効率的である。また、予測精度の高いモデルの宿命として、パラメータ数が増え、入力データを得る調査も複雑になるので、当面はモデルの運用は発生予察組織 (病虫害防除所など) で行わざるをえないと考えられる。そこで、県段階で発生予察用モデルを運用するホストコンピュータを備え、必要な気象データや調査データなどを入力しておく。農家や生産組織は端末機からアクセスして、耕種概況や発生状況などのシミュレーションに必要なデータを入力し、自分の圃場にあった発生予想や防除対策を引き

出す。これは、現在の広域予察とは別の地域予察として、予察事業がめざしているシステムであるが、モデルを防除戦略の決定に役立てるためには、このようなシステムの確立が望まれる。

おわりに

水稻や果樹など多くの防除暦をみる限りでは、複数の病虫害を混合農薬で同時防除する場合が目立つ。したがって、モデルで 1 種類の病虫害の防除戦略が決定できたとしても、同時防除が計画されている他の病虫害のことも考えなければ、作物の被害回避上は支障を来す場合がある。これは、主要病虫害のほとんどすべてについてモデルが完成しなければ、防除戦略の決定をモデルに移行できない可能性を示している。

また、たとえすべての病虫害のモデルが完成したとしても、複数の病虫害が同時発生した場合の被害予測が行えなければ、経済的な防除戦略は決定できない。この問題を解決するためには、主要病虫害のすべてを組み込んだモデルと作物の収量予測モデルのリンクが必要と考えられる。これは、現段階では夢に近いシステムではあるが、作物の収量予測モデルが完成すれば一挙に加速度がつく研究分野だと考えられるので、病虫害のモデルを作成する際には、モデルを構成する一つ一つの部品について、収量予測モデルとのリンクも考慮して仕上げていくことが望ましいと思われる。

引用文献

- 1) HASHIBA, T. (1984): JARQ 18 (2): 92~98.
- 2) 橋本 晃ら (1984): 福島農試特研報 2: 1~104.
- 3) 林 孝・越水幸男 (1988): 東北農試研報 78: 123~138.
- 4) 井尻 勉ら (1986): 植物防疫 40: 348~351.
- 5) INOUE, T. (1976): Res. Popul. Ecol. 18: 89~104.
- 6) 小泉銘冊 (1980): 果樹試報 D-2: 39~82.
- 7) LESLIE, P. H. (1945): Biometrika 33: 183~212.
- 8) ——— (1948): ibid. 35: 213~245.
- 9) 宮下武則 (1993): 今月の農業 37 (6): 46~50.
- 10) ——— (1994): 1994 年昆虫・応動昆合同大会講要 D 408.
- 11) WADA, T. and M. KOBAYASHI (1982): Appl. Entomol. Zool. 17: 278~281.

特集：発生予察とシミュレーション〔4〕

水稻生育モデルの害虫被害予測への応用

農林水産省九州農業試験場 ^{わた}渡 ^{なべ}邊 ^{とも}朋 ^{なり}也

は じ め に

I 被 害 解 析

1993 年の冷夏は、全国の水稲生産にきわめて重大な影響を与えた。このように極端でなくとも、気象要素の変動は毎年の作物生産量の変動に大きな影響を与えている。

作物生産の変動量の大きさを、気象要因及び品種、栽培条件、病虫害の発生量など、影響を及ぼすと思われる各要素ごとの寄与率、あるいはそれらの相互作用の大きさに分割して知ることができれば、栽培戦略のコスト配分などの観点から有用である。作物生育モデルは、これら多くの要素の変化を取り込みながら生育量・収量の変動解析を行うための重要な手法である。

さて総合的害虫管理技術の開発には、巖・桐谷 (1973) に基づけば以下の技術が不可欠とされる。①害虫の個体数変動及び作物の生長、収量構成過程の動的解析に基づくモデル化、②害虫密度や気象条件及び防除手段を変化させた場合の、害虫発生動態や作物の被害量の定量的な評価法、③害虫の個体数変動及び作物生長過程の的確なモニタリング手法、また被害許容水準の設定も、害虫管理技術の重要な要件であり、本誌でも多くの研究者により何度も取り上げられ、理論的な検討がなされた (城所・桐谷, 1982; 足立・中筋, 1985 など)。さらにダイナミックな被害許容水準策定にも作物生育モデルの利用が不可欠とされている (中筋, 1981)。ところが、重要性のかけ声とはうらはらに、作物生育モデルの害虫管理への応用に関する研究は、我が国ではほとんどなされておらず、KAWAMOTO et al. (1986) によりダイズの水稲モデルを利用した補償作用のモデル化が行われた例が唯一である。一方、海外では作物生育モデルと害虫動態モデルを組み合わせ、最適な害虫管理システムを構築する試みが 1970 年代からなされている (HUFFAKER, 1980; RABBINGE et al., 1989 など)。

そこで本報告では、長距離移動性イネウンカ類 (トビイロウンカ及びセジロウンカ) による水稲加害に対して、筆者が進めている被害解析研究と水稲生育モデルの応用についての試みを中心に紹介する。

本文に入るに先立ち、水稲生育モデルを用いたウンカ類の吸汁加害の評価に関して、ご指導いただいた京都大学農学部堀江武 教授に厚くお礼申し上げる。

Application of Rice Crop Growth Model to the Forecasting of the Crop Damage Caused by Insect Pests. By Tomonari WATANABE

害虫の加害による作物の被害量の推定は、害虫管理技術を構築するための重要な基礎データとされている (巖・桐谷, 1973)。加藤 (1953) は被害解析を「害虫の摂食等により損傷を受けた作物の反応過程の動態を解析すること」と定義した。もちろんこの定義には反応の結果としての収量も含まれるが、そこにいたる反応過程を解析することの重要性を指摘したものとして意義がある。「反応過程の動態」をどのように測定すればよいであろうか。矢島 (1988) は、水稲において生育量把握として従来から用いられている草丈及び茎数の計測だけでは、最高分げつ期以降の物質生産量を十分に把握できないことを示した。そして、生育経過を植物体の乾物重の増加として追跡し、あわせて同化器官である葉面積を測定することにより、単なる相関分析の段階から、環境要因と植物の物質生産の生理生態的な因果関係の解明へと展開されるとした (矢島, 1988)。被害解析においても、被害の程度を物質生産過程への影響としてとらえ、光合成量に関与する重要な因子である葉面積や、その蓄積の結果である乾物重の変化を通して、水稲の生育を定期的に調査することが必要となる。先の加藤 (1953) の定義の重要性は、巖・桐谷 (1973) により強調されたが、我が国における継続的な研究の発展はほとんどみられてこなかった。わずかに、ミカン園における害虫とミカン樹の生長を調べた大串 (1990) らの先駆的な仕事のほかに、那波 (1988) によりツマグロヨコバイの吸汁加害による水稲の生理的变化が調査された例と、川本 (1987) や SUZUKI (1991) により、ダイズ害虫の加害形態及び加害時期と部位別乾物重の変化の関係が解析されているのみである。

セジロウンカの加害形態と水稲被害

セジロウンカは梅雨期に水田に長距離移動により飛来侵入するが、本種の加害形態と被害の様式は、水稲品種、作付時期あるいは地域により複雑に変化する (那波, 1994)。筆者らは、6 月下旬に移植を行う九州北部の普通期作を対象とし、水田へ成虫を放飼して、セジロウンカの加害形態と生育及び収量との関係を調査した結果、飛来侵入時期に雌成虫の産卵が引き起こす葉鞘部の変色による初期生育遅延は、株当たり 10 頭程度までは水稲生育とともに回復し収量への影響もみられなかった (渡邊・寒川, 1994a)。この調査では生育は草丈、茎数だけを調査したが、その後葉面積と乾物重を測定した結果

も、同様の傾向となった(渡邊ら, 1994)。これに対して、栄養生長期から生殖生長期初期に幼虫及び成虫による吸汁加害を受けた場合、粒数の減少を通じて収量にも影響を及ぼした(渡邊・寒川, 1994a)。

ウンカ類のように植物の篩管液を吸汁する昆虫では、加害の形態を人為的な方法で再現することは、現在のところ困難である。そこで、ポット植えした水稻にふ化幼虫を密度を変えて放飼し、羽化直後に回収し、セジロウンカ及び水稻の乾物重の変化を調べた(渡邊・寒川, 1994b)。加害区での乾物重の対照区からの偏差を、回収した時点におけるセジロウンカの総乾物重に対してプロットすると、セジロウンカの乾物重が1 mg 増加すると、水稻乾物重が32.3 mg 減少することが示された(図-1)。寒川(1992)により測定されたセジロウンカ老齢幼虫、及び未産卵雌成虫の日当たり吸汁量から、セジロウンカが1 mg の成虫になるのに吸汁した総篩管液乾物重を求めると、約7 mg と推定された。この値はさきに示した水稻の乾物減少量の約22%に過ぎない。この結果はセジロウンカの吸汁加害が、篩管液の収奪という直接加害だけでなく、水稻の生育生理に間接的な影響を与えていることを示している。

作物の被害量が害虫の加害量より大きくなる例はアブラムシで知られており(BARLOW et al., 1977; RABBINGE et al., 1981; ROSSING et al., 1989 など)、間接的な影響として光合成速度及び光利用効率の低下(RABBINGE et al., 1981)や、維持呼吸量の増大(ROSSING et al., 1989)が知られている。

筆者の調査でも、水稻の最上位展開葉における光合成速度はセジロウンカの乾物重が増加するにつれて低下し、特にウンカの総乾物重が40~60 mg (初期密度が

100 頭区から 200 頭区)の範囲で急減し、葉色値も同様に低下した(図-2)(渡邊・寒川, 1994b)。葉色値の低下は葉の黄化を表しており、セジロウンカの総吸汁量の増加により、葉の黄化及び光合成速度の低下が起こっていることが示された。

このように単に害虫の個体数と収量、あるいは乾物重の変化との関係をみるのではなく、害虫による加害量を植物の物質生産の基盤で定量化する(例えば乾物重の収奪あるいは葉面積の減少)ことにより、植物への影響が収奪量だけで説明できるのかどうか、いいかえると直接加害だけを考えればよい間接害も考える必要があるのかを明らかにすることができる。ウンカ・ヨコバイ類あるいはアブラムシのような吸汁性害虫による間接害としては、上に述べた①光合成速度の低下、②光利用効率の低下、③維持呼吸量の増加のほか、④同化産物の移行阻害(内藤, 1977; KENMORE, 1980; 那波, 1988)があげられる。

害虫の加害に対する植物の反応としては、加害されても生長量あるいは収量が変化しないか、もしくは増加する現象(補償作用)が知られている。植物の個体レベルで補償作用が起こる場合には、加害を受けても上記の①~④の変化が起こらないか、あるいは逆に増加することがあると考えられる(群落レベルでは受光環境の変化など他の要因も考えられる)。従来、漠然と「植物の活力」のようにとらえられてきた補償作用という現象も、①~④の変化を定量的に測定することで、具体的に生育モデルへ組み込むことが可能となる。

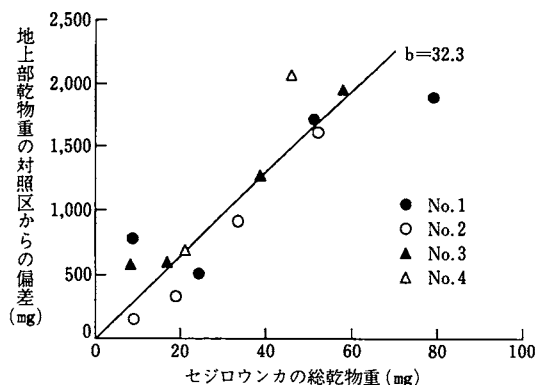


図-1 ポット植えの水稻にセジロウンカふ化幼虫を羽化まで密度を変えて放飼した場合の、実験終了時のセジロウンカ総乾物重と水稻地上部乾物重の無放飼区における地上部乾物重からの偏差の関係(渡邊・寒川, 1994b)

No.1~4 は実験の反復。b=32.3 は原点を通る直線を仮定した場合の傾き。

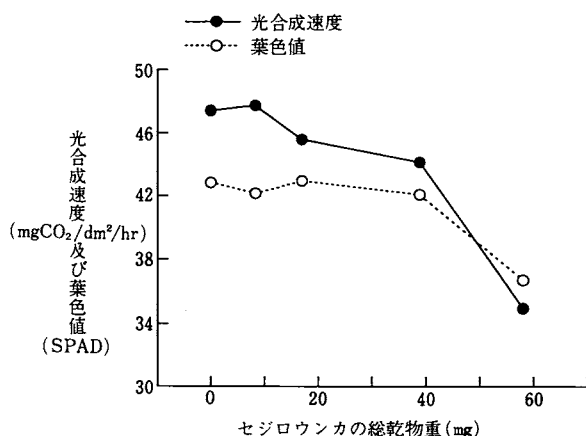


図-2 ポット植えの水稻にセジロウンカふ化幼虫を羽化まで密度を変えて放飼した場合の、実験終了時のセジロウンカ総乾物重と最上位展開葉の光合成速度及び葉色値との関係(渡邊・寒川, 1994b)

光合成速度は LICOR 社の LI6200 を、葉色値は MINOLTA 社の SPAD502 を用いて測定した。

II 作物生育モデルの利用

I で述べた直接害と間接害,あるいは補償作用を気象条件の変動などと併せて評価するためには,どのような生育モデルが必要であろうか。以下は, PENNING DE VRIES (1989) 及び高見・小林 (1994) を参考に話を進める。

例えば水稻の乾物生産量と移植後の日数との間には, 簡単なロジスティック式が成り立つかもしれない。しかし, この関係は単に両者の間を一つの数式で結び付けて「記述」したにすぎず, 気象条件, 栽培条件等の変化によっては, 数式に含まれるパラメータの値は大きく変化する (PENNING DE VRIES et al., 1989)。害虫の密度と作物の収量 (あるいは減収量) との関係も同様になる。これに対して作物の生長のプロセスやメカニズムを栽培環境や気象条件の変動を含めて, 個別に記述していく方法 (高見・小林, 1994) は「説明モデル」などと呼ばれ (PENNING DE VRIES et al., 1989), 影響の「推定」だけでなく「理解」にも役立つ (高見・小林, 1994)。

作物生長をどのようなプロセスに分けて記述するかは, モデルの目的や頑健性の程度による。水稻の乾物生産を例にとると, 群落の日々の光合成量による CO_2 の取り込み, 呼吸, 炭水化物の乾物への変換, 部位別の分配などに分ける方法と, 群落が吸収する日射量に応じて乾物生産量を求める方法が知られている。前者としては MACROS (PENNING DE VRIES, 1989) が, 後者では, SIMRIW (HORIE et al., 1992) や PRISM (岡田・小林, 1987) などが知られている。SIMRIW では収量 (玄米重) は全乾物重に収穫指数 h をかけて求められるが, h は水稻の発育ステージの関数である (HORIE et al., 1992)。また h に高温や低温による不稔歩合を関数として導入することにより, 温暖化に伴う日本各地の収量変動 (堀江, 1993) や, 1993 年の冷害の要因解析 (堀江, 1994; 矢島, 1994) が試みられた。

トビイロウンカ吸汁加害の水稻生育への影響

トビイロウンカは通常飛来侵入後第 3 世代に個体数のピークを持つ (久野, 1968) ため, 吸汁加害による水稻被害もおもに出穂期以降に出現する。高密度の加害は水稻の枯死を引き起こす。本種は水稻の篩管液を選択的に吸汁する (SOGAWA, 1982)。そこで, 筆者らは吸汁加害を水稻からの炭水化物の収奪とみなして, 水稻生育及び収量への影響のモデル化を試みた (渡邊ら, 未発表)。利用したモデルは MACROS である。このモデルでは移植から登熟までの地上部乾物重, 葉面積及び子実重の推移を生理生態的な過程を積み上げるによりシミュレートする。このモデルを構成する関係式は, 個別にみれば記述モデルである。パラメータの多くは IR36 などのインディカ品種で得られた結果であり, 必ずしも我が国ですぐに実用に耐えるとはいえない。しかし, 水稻生育のプロセスを実験的に明らかにし, 各要素の変化がシステム

の挙動に及ぼす影響を把握するという思考過程には非常に有効なモデルと思われる。また, 本モデルで使用されているシミュレーション言語 PCSMP は, 他的高级言語に比べて構成システムの情報伝達力に優れており, システムの理解や仮説の導入が行いやすい。PENNING DE VRIES et al. (1989) や RABBINGE et al. (1989) の教科書は, 作物生育や病虫害の影響などのシステムと PCSMP の理解が同時にできるような構成になっている。

筆者は出穂期以降のトビイロウンカの吸汁による影響を解析することを目的とし, MACROS を出穂時を起点とした穂への乾物の転流蓄積及び葉面積の減少過程のモデルに改変し, 吸汁加害の部分をつけ加えて利用した。モデルは光合成, 同化産物収支, 及び葉面積の変化などにいくつかの仮定をおいた 2 種類 (基本モデル, 拡張モデル) を作製した。以下に, 基本モデルの構成を PENNING DE VRIES et al. (1989) を参考に述べる。

光合成: 個葉の光合成曲線のパラメータ, 葉面積, 日射量, 暦日及び緯度に基づいて MACROS の光合成サブルーチンにより計算される。

葉面積: 出穂期を最高値として, 後は発育ステージに応じて一定面積が枯れる。

呼吸: 各部位の維持呼吸 (温度に依存する) 及び穂の成長呼吸 (日当たり蓄積量に依存する) に分けて計算する。

子実生産: 穂への同化産物の蓄積量は, 発育ステージ, 気温, 潜在的な最大可能子実重との比などに依存する穂の同化産物要求量, 及び蓄積同化産物量から決められる転流可能量の大小関係によって決まる。水稻の発育は気温や日長により規定されるが, 出穂期以降は気温によってのみ登熟が進むとした。シミュレーションは 1 日を単位として行い, 登熟期が終了するか, あるいは蓄積同化産物が 3 日間連続して負になった時点で終了とした。

トビイロウンカの吸汁: 日当たり同化産物 (炭水化物) から必要量を収奪するとした。つまり同化産物はまずトビイロウンカによって一部が収奪され, 残りが蓄積プールにまわり, 蓄積量に応じて転流可能量が決定される。吸汁量は水稻の生育ステージ及び気温の関数である (寒川, 1992) が, 取り扱いを簡単にするため, モデルの中では収奪される乾物重 CDEMAB を次のように表した。

$$\text{CDEMAB} = \text{SRBP} * \text{AWBP} * \text{NUBP}$$

ここで SRBP は 1 g のトビイロウンカが 1 日に吸汁する同化産物量, AWBP はトビイロウンカ 1 頭の重さ, NUBP は 1m^2 当たりのトビイロウンカの個体数である。

トビイロウンカの吸汁が子実重の変化に与える影響を基本モデルにより計算した結果を図-3 に示した。葉面積, 地上部乾物重, 蓄積同化産物重の初期値は, 九州農

業試験場において品種レイホウを用いて1989,1990年に行った被害解析データに基づいて与えた。また気温、日射量も同場における1989年の実測値を用いた。トビロウカの密度の増加とともに子実重は低下するが、密度をいくら増加させてもシミュレーションは登熟を完了させ、枯死は起こらなかった。つまり篩管液の収奪（直接害）だけを組み込んだのでは、トビロウカによる被害を再現できなかったのである。そこで、葉の枯死過程に同化産物収支を考慮したモデルの拡張を試みた。

基本モデルでは同化産物はすべてまとめて取り扱っていたが、実際には各葉位において同化産物の転流先は同一ではない。またトビロウカは通常株元に生息している。そこで水平方向に等分した葉面積の各層ごとに物質収支を以下のように考えて、拡張モデルを作成した。

①葉面積の初期値を5等分する。②各葉層で生産された日ごとの同化産物量からまず葉の維持呼吸量を引く。③トビロウカが収奪する同化産物は、生存する最下位葉層において負担する。④残った同化産物は、葉以外の部分の維持呼吸及び穂の成長呼吸量を差し引いた後、蓄積プールへ運ばれる。⑤穂への同化産物の蓄積過程は基本モデルに準じる。⑥同化産物収支が負になった葉層はその一部が枯死する。⑦最下位葉層がすべて枯死した場合、トビロウカが収奪する同化産物は次の葉層が負担する。ここで、②～⑦は、シミュレーションの終了まで繰り返される。また、シミュレーションの終了条件として、基本モデルの条件に加えて、葉面積が一定以下になった場合、及び蓄積同化産物及び日当たり余剰同化産物が同時に負になった場合を付け加えた。

拡張モデルの上でトビロウカの密度を変化させたところ、平均密度が株当たり100頭以上の場合、水稻は登熟終了前に枯死した（図-4）。筆者が5年間の水田内の

トビロウカ個体群の個体数変化と空間分布を、枯死株の発生面積とあわせて解析した結果、枯死株の部分のトビロウカの平均密度は、200～500頭/株と推定されたことから（渡邊、未発表）、モデルの結果は水田での現象を再現していると思われる。水稻の下位葉の光合成量は、上位葉の30～50%であり、呼吸量は純光合成量の40%程度なので、わずかながらも乾物生産にはプラスの働きをしている（佐藤・金、1980）が、これにトビロウカの収奪系が付け加わった場合、同化産物収支がマイナスになるという拡張モデルの仮説は、十分妥当性があると思われる。

また、トビロウカの吸汁による実際の各葉位の光合成速度の変化を、安定同位体 ^{13}C でラベルした CO_2 の取り込み量を指標として調べたところ、下位葉身の光合成速度の低下が上位葉に比べて顕著であった（渡邊ら、未発表）。光合成速度の低下を引き起こす最大の要因は葉身の窒素濃度の変化である（VAN KEULEN and SELIGMAN, 1987）。今回は炭水化物の収支による葉の枯死過程を組み込んだが、篩管液から同時に収奪される窒素成分の動態を考慮したモデル化も検討する必要があるであろう。

モデルの利用

上記のようにトビロウカと水稻の作用系をモデル化することにより、被害の形成過程をダイナミックにとらえることができる。図-5は出穂期以降の異なる時点から、一定密度のトビロウカの加害が一定期間だけ起こったとした場合の、登熟期の子実重の変化を拡張モデルを用いて示したものである。密度は200頭、加害期間は15日とし、5日ずつ加害開始時期をずらした。登熟期の葉面積指数は、出穂後35日以降を除くと加害開始期間にあまり関係はないが、子実重は加害が早いほど減少が大きくなった。これは初期に受けた葉面積の減少が、子

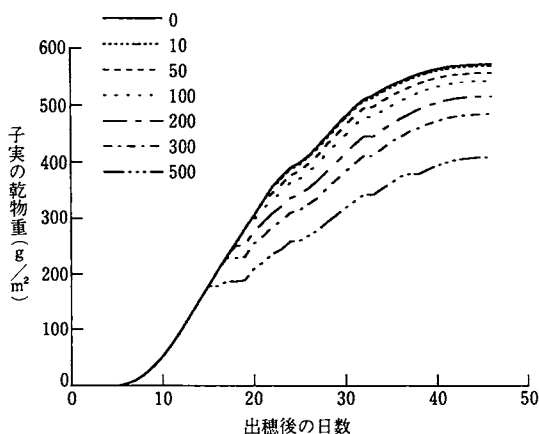


図-3 トビロウカの吸汁加害が子実乾物重の推移に及ぼす影響（基本モデル）（渡邊ら、未発表）
図中の各線はトビロウカ株当たり個体数の違いによるシミュレーションの変化を示す。

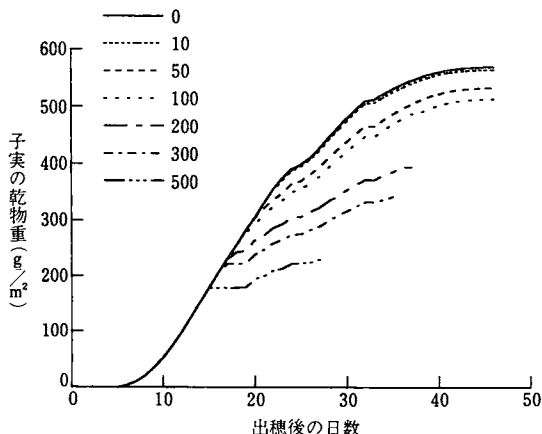


図-4 トビロウカの吸汁加害が子実乾物重の推移に及ぼす影響（拡張モデル）（渡邊ら、未発表）
シミュレーションが途中で止まっている場合は、イネがその時点で枯死したことを示す。

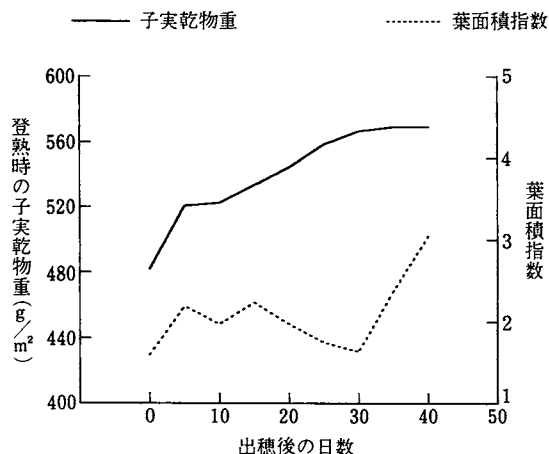


図-5 拡張モデルを用いて計算した、トビイロウンカの加害開始時期の違いによる登熟時の子実乾物重及び葉面積の変化(渡邊ら, 未発表)

株当たり 200 頭, 15 日間の加害を出穂から 5 日ずつずらせて与えた場合の変化。

実生産量に大きく影響しているためと思われる。出穂後 30 日以降に加害が開始した場合の子実生産量は、対照区と差はなかった。害虫の密度と収量の関係を静的にとらえた場合には、加害量が同じなのに被害量が異なってもその要因は明らかにできない。上記のようなモデル化により、はじめて加害時期の収量へ与える影響を、吸汁による葉面積の低下を通して、定量的に評価することが可能となった。このことは最適な害虫管理を行っていくうえでの作物モデルの重要性を示している。

おわりに

現在、東アジア全域で「米生産におけるシミュレーション及びシステム分析」計画が、国際稲研究所、オランダ農業生物・土壤肥料研究所 (AB-DLO), 及びワーゲニンゲン農科大学により推進されている (PENNING DE VRIES et al., 1991)。本計画は 1984 年に開始され、現在第 3 期 (1992~1995 年) に入っており、「日本を除く」東アジア諸国の水稻生産に対して、水稻生育モデル及びシステム分析の手法を用いた最適な栽培管理、品種選定、病害虫防除などを行おうというものである。コンピュータの利用、解析手法などのトレーニング、ワークショップを行うとともに、統一品種を用いた水稻生育、気象、土壌関係のデータベースを作成している。筆者は 1994 年 4~5 月にかけて開かれた拡大ワークショップに参加する機会を得た。現在水稻生育モデルとして MACROS の改良版の ORYZA-1 が利用されている。このモデルも MACROS と同様に、我が国の品種、栽培環境に直接当てはめることはできない。しかし、同じモデルを通して他分野あるいは他国の研究者と、共同研究や意見交換が行

えることは、共通の言語をもった強みを感じた。

作物生育モデルとは単に収量予測を行うためだけではなく、作物生育に及ぼす環境条件の影響をシステムとして理解し、その中で重要な要因を検出し定量化するための共通な思考過程である。病害虫管理システムの構築という壮大な計画はさておいても、被害解析研究あるいは害虫作物相互作用系の研究の進展に、作物生育モデルは大きく寄与すると考えている。

引用文献

- 1) 足立 礎・中筋房夫 (1985): 植物防疫 39: 301~307.
- 2) BARLOW et al. (1977): Can. Entomol. 109: 1491~1502.
- 3) HORIE, T. et al. (1992) Agric. Sys. 40: 211~236.
- 4) 堀江 武 (1993): 農及園 68: 258~263.
- 5) ——— (1994): 同上 69: 669~676.
- 6) HUFFAKER, C. B. (1980): New technology of pest control. New York: John Wiley & Sons, 500p.
- 7) 巖 俊一・桐谷圭治 (1970): 総合防除, 講談社, 東京, pp. 39~96.
- 8) 加藤陸奥雄 (1953): 作物害虫学概論, 養賢堂, 東京, 306p.
- 9) 川本 均 (1987): 京都大学学位論文, 144p.
- 10) KAWAMOTO et al. (1986): Ecol. Res. 1: 195~206.
- 11) KENMORE, P. (1980): Ph. D. thesis, University of California, 226p.
- 12) KEULEN, H. van, and N. G. SELIGMAN (1987): Simulation of water use, nitrogen nutrition and growth of a spring wheat crop. Pudoc, Wageningen, 310p.
- 13) 城所 隆・桐谷圭治 (1982): 植物防疫 36: 5~10, 49~54.
- 14) 久野英二 (1968): 九州農試報 14: 131~246.
- 15) 那波邦彦 (1988): 応動昆 32: 31~36.
- 16) ——— (1994): 農及園 69: 215~223.
- 17) 内藤 篤 (1977): 応動昆 21: 1~5.
- 18) 中筋房夫 (1981): 昆虫学最近の進歩, 東京大学出版会, 東京, pp. 369~383.
- 19) 岡田益己・小林和彦 (1987): 1987 年度農業気象学会大会 (講要)
- 20) 大串龍一 (1990): 天敵と農薬, 東海大学出版会, 東京, 196p.
- 21) PENNING de Vries et al. (1989): Simulation of ecophysiological processes of growth in several annual crops. Pudoc. Wageningen, 271p.
- 22) ——— et al. (1991): IIRRI Res. Paper Ser. No 151. 67p.
- 23) Rabbinge, R. et al. (1981): Neth. J. Pl. Path. 87: 217~232.
- 24) ——— et al. eds. (1989): Simulation and systems management in crop protection. Pudoc., Wageningen, 420p.
- 25) ROSSING et al. (1989): ibid. pp. 240~261.
- 26) 佐藤 庚・金 鐘萬 (1980): 日作紀 49: 243~250.
- 27) SOGAWA, K. (1982): Ann. Rev. Entomol. 27: 49~73.
- 28) 寒川一成 (1992): 九農研 54: 104.
- 29) SUZUKI, N. et al. (1991): Appl. Entomol. Zool. 26: 279~287.
- 30) 高見晋一・小林和彦 (1994): 新しい農業気象・環境の科学, 養賢堂, 東京, pp. 174~206.
- 31) 矢島正晴 (1988): 農及園 63: 1013~1018.
- 32) ——— (1994): 平成の大凶作, 農林統計協会, 東京, pp. 67~81.
- 33) 渡邊朋也・寒川一成 (1994a): 応動昆 38: 153~160.
- 34) ——— (1994b): 同上 38 (印刷中)
- 35) ———ら (1994): 同上 38: 169~175.

防除技術・農薬登録データベースの構築と用語管理

JA 全農農業技術センター ^{まつ}松 ^お尾 ^{かず}一 ^ほ穂

はじめに

防除や農薬に関する技術的な情報は、作物や病害虫雑草の種類が多いこともあり、多岐にわたっている。また農薬の登録内容についても、対象作物・病害虫ごとに細かく定められ、つど改定されている。したがって、技術普及資料の作成や方針の策定、さらに現場からの問い合わせへの対応にあたっては、日頃から常に幅広く最新の情報を集め整理しておく必要がある。

いままでは、各自がいわば手仕事で行ってきたこれらの情報の収集整理を一元化することにより、誰でも容易に最新の情報が利用でき技術普及に活用する体制が、情報機器の発達によって可能となってきた。

このような状況の下、私たちはデータベースの構築とオンラインによる利用の検討を行い、1988年から「APPINES (Agrochemical and Plant Protection Information Network System)」という名称でデータベースの運用を開始した(川幡ら, 1988)。

ここでは農協・経済連及び官公庁での利用が可能である、防除・農薬技術に関する情報を収録した「農薬技術情報データベース」と、農薬の登録内容を収録した「登録農薬情報データベース」について、今までの運用で得た知見をもとに、データや用語管理の状況について紹介する。

I ネットワークサービスの概要

1 システム構成

ホスト側は、高性能ミニコンと汎用情報検索システムで構成され、利用者はパソコン端末からデータ通信回線を通じてホストに接続し、オンライン情報検索を行う。

2 キーワード体系

主要な検索項目のキーワードについては、辞書機能により上位語・下位語・同義語といった関連付けを施し、検索時は自動または利用者の指定により、これらの関連した語も含めた検索を可能にしている。また、主要な検索項目については、漢字かな混じり、半角カタカナどちらでも検索が可能である。

3 検索手順

利用者は、キーワードの入力などの検索条件を指定し検索を実行する。すると該当件数の表示と同時に、農薬

名や記事の表題など該当データが一覧表で表示される。利用者はこの一覧表を見た上で、さらに必要とするデータを選択し、詳細な情報を得るしくみとなっている。検索条件指定は、一般のオンライン検索と同様に AND・OR 条件などや、前方一致・中間一致等のワイルドカード検索が可能である。

II 農薬技術情報データベース

このデータベースは、農業・防除・農薬関係の雑誌の防除に関する実用的な記事の書誌的事項や、個々の対象病害虫草ごとに防除方法について簡潔に記載した Q&A などを収載している。雑誌については、各地域の病害虫研究会年報、植物防疫、防除・栽培関係の雑誌、農薬メーカー発行の雑誌など年刊・月刊誌ふくめ約 20 数種の雑誌から記事を拾っている。学会誌の記事は収載していない。

1 データを構成する各項目の中で(表-1)、通常は基本キーワードのみを用いて検索を実施する。したがって、こういった基本キーワードを個々のデータに付与するか、さらにそのキーワードの管理が、このデータベースの使い勝手を左右するポイントになる。

キーワードとして付与する検索用語は、統制語がよいのか、自由語がよいかは、広く情報検索における問題の一つである(岡野, 1990)。一次情報の文中に用いられている語は、必ずしもキーワードとして統制されていないので、自由語を中心にキーワードを付与していった場合、次々と新しいキーワードが生じ、検索が困難になったり、シソーラス上で同義語としての関連づけ処理に追われる結果となる。

また、キーワードの機械的な自動切り出しも実用化されているが、一つの情報に無秩序に多くのキーワードを付与すると、検索時にあまり必要でない記事がヒットするようになり、使い勝手が悪くなる。

よって、本システムではデータベース創設時にあらかじめ用語の統制とその相互関係を定めたシソーラスを作成し、それに基づき必要最小限の新語を追加していくことにしている。

なお本データベースは、一般の科学技術文献データベースと比較して、収載している情報の分野が狭く、利用者の分野も限定されるので、より適切なキーワードを付与することが可能である。

基本キーワードのなかで、シソーラス中の最上位語に位置するものは、「作物」「雑草」「病害」「害虫」「有害動物(昆虫類は含まない)」「天敵」「植物生育調節」「薬

表-1 農業技術情報データベースの項目

項目名	辞書機能		項目の内容	データ例
	フリガナ ^{a)}	関連付け ^{b)}		
タイトル			Q & A 表題, 文献表題, 防除関連資料名	“キャベツのコナガの防除”
著者			著者	“〇〇太郎”
所属	○		著者の所属機関	“〇〇農試”
文献	○		文献・雑誌名	“植物防疫”
巻			文献・雑誌の巻	“48”
号			文献・雑誌の号	“1”
月			文献雑誌の発行月	“1”
ページ			記事掲載ページ	“99”
発行			文献・雑誌の発行年	“1994”
抄録			Q & A, 防除関連資料の抄録	“年十数回発生する…”
入力更新日			入力, 更新日	“1994.03.01”
基本キーワード	○	○	キーワード	“コナガ”, “キャベツ”, “防除”, “ノーモルト” …
情報区分			Q & A, 文献, 防除関連資料の区別	“1”

a) 半角カタカナでの検索可能な項目。
b) 同義語, 上位語, 下位語などの関連づけを行ってある項目。

害」などがある。以下, 作物・雑草・病害・害虫についてそのシソーラスの特性について述べる。

1 作物

「作物」の直接の下位語としては, 「イネ」「果樹」「穀類」などがあり, それらに下位語が連なっている (図-1)。なお, データベースの機能として, この体系のほかにも「中国野菜」「切り花」といった上位語を設定することも可能であるが, その語の下位語とする範囲の定義が難しいものがあることや, 防除に関しては「チンゲンサイ」「シュコンカスミソウ」など具体的な名称で検索することが多いと考え, これらの横断的定義についてはあまり考慮していない。

2 害虫

例えば, 「アブラムシ」「モモアカアブラムシ」といったように昆虫の学術的分類体系と防除上の分類の考え方がほぼ一致しており, シソーラスの構築は比較的容易である。当然ながら「アザミウマ」と「スリップス」などの同義語処理は必要である。

3 病害

学術的には病原菌によるシソーラスが理想的だが, 現場を考慮し「いもち病」などの病名を中心としてシソーラスを組んでいる。

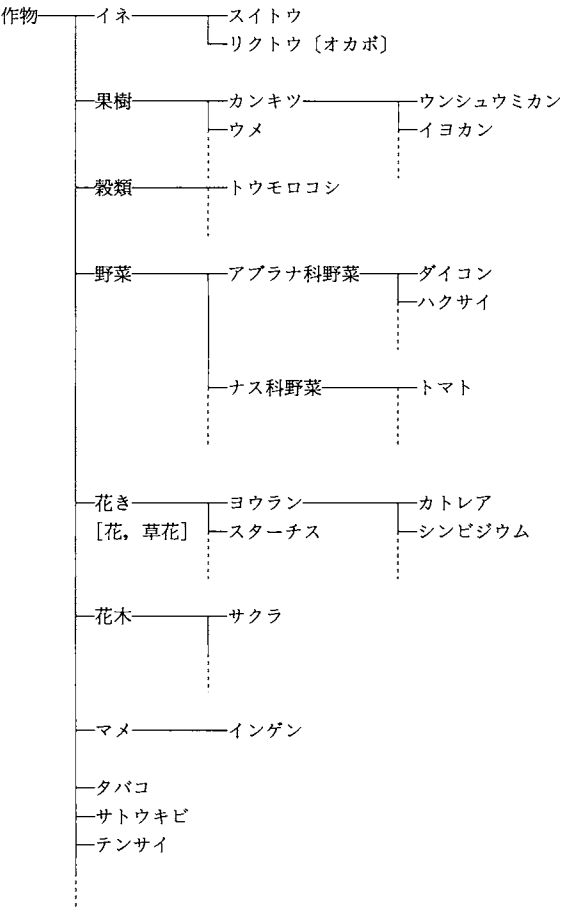


図-1 農業技術情報データベースにおける作物関係のシソーラス概念
〔 〕は同義語を示す。

また黄化病など同一の名称で糸状菌・マイコプラズマ・ウイルスがあるものについては, 括弧を付けた限定句を用い「黄化病 (かび)」などと入力している。

本来, 病名として「キュウリうどんこ病」のように作物名を頭に付けるべきであろうが, 検索及びシソーラスが複雑になるので採用していない。したがって「シンビジウム腐敗病」と「チューリップかいよう病」が一つの記事に記載されているとき, 「シンビジウム」「チューリップ」「腐敗病」「かいよう病」それぞれが単独のキーワードとなるため, 「チューリップ」の「腐敗病」を検索したときにこの記事がヒットしてしまうという若干の問題も生じる。

4 雑草

「雑草」の下位語としてマメ科雑草・アブラナ科雑草などの科名, さらにその下に個々の雑草名を設定している。しかし実際にキーワードを付与するとき, 個々の草種について詳しく論じていないデータについては, 単に「雑草」とする場合も多い。これについて文中より

個々の雑草名を拾い出してキーワードとすることも可能であるが、一方で個々の雑草について詳しく知る目的で検索した場合に、あまり参考にならない記事もヒットすることは好ましくないと判断している。

5 農薬名

「スミチオン」といった商品名をキーワードとして付与している。また、可能な範囲で登録上の種類名で同義語の関連づけを行っている。水稻除草剤などで、混合剤の個々の有効成分が特に重要な場合は、その種類名でも付与している。

6 キーワード統計

基本キーワードでデータに付与されている頻度の高いものを調べると、「防除」「生態」など一般的なキーワードのほか、防除上話題になる作物・病害虫・農薬名の頻度が高い（表-2）。

一方、利用者が検索時に使用したキーワードで頻度の高いものについて最近の統計を取ったところ、一般的なキーワードに混じって、問題になっている病害虫雑草の語が散見された（表-3）。

III 登録農薬情報データベース

これは、新規登録のみならず、適用拡大などの登録内

表-3 基本キーワードで検索時の使用頻度が多い語

使用回数 ^{a)}	キーワード	使用回数	キーワード
43	アブラムシ	7	インゲン
38	モモ	6	アオミドロ
27	リンゴ	6	ウンカ
26	カーネーション	6	害虫
24	薬害	6	カンキツ
23	イネ	6	コケ
19	空中散布	6	コナガ
19	トマト	6	スギナ
19	防除	6	土壌消毒
17	アスバラガス	6	ナス
17	イチゴ	6	ネギ
17	耕種の防除	6	ミナミキイロアザ
17	シクラメン	6	ミウマ
16	コブノメイガ	6	モグラ
16	ナシ	5	うどんこ病
13	バラ	5	キク
9	タバコ	5	病害
9	タバココナジラミ	5	ミカンハダニ
8	アブロード	5	レンコン
8	除草剤		
8	マメハモグリバエ		
8	メイガ		

a) 1994年3月～6月末に利用者が検索に使用した回数。

表-2 基本キーワードで採用頻度が多い語（上位50語）

順位	キーワード	件数 ^{a)}	順位	キーワード	件数
1	防除	6670	26	カンキツ	342
2	生態	3379	27	エルサン	339
3	効果	2586	28	物理的防除	338
4	発生	2261	29	ダイズ	337
5	イネ	1680	30	オルトラン	330
6	被害	1466	31	感受性	328
7	耕種の防除	1162	32	ジマンダイセン	324
8	病徴	821	33	ナシ	323
9	発生状況	721	34	水田	317
9	発生生態	721	34	発病	317
11	雑草	669	36	ダイアジノン	306
12	薬害	629	37	生物的防除	301
13	除草剤	623	38	いもち病	296
14	リンゴ	525	39	トリフミン	295
15	トップジン M	494	40	ダコニール	290
16	消長	473	41	DDVP	276
17	ベンレート	453	42	オーソサイド	275
18	スミチオン	438	43	イネミズゾウムシ	272
19	キュウリ	427	44	サイトウ	265
20	トマト	379	45	コナガ	259
21	野菜	373	46	イチゴ	252
22	害虫	372	46	灰色かび病	252
22	抵抗性	372	48	ブドウ	240
24	病害	351	49	コムギ	237
25	品種	349	50	果樹	236

1994年6月末でのデータ総数13,660。キーワード総数10,932。

a) そのキーワードが付与されているデータの件数。

容の変更や再登録・失効など常に最新の情報が必要とされる農薬登録の内容についてデータベース化したものである。

一つの農薬の登録内容は複雑かつ多様なため、①名称・登録番号など、②複数の適用内容、③使用上の注意事項の三つの部分で、一つの登録内容を構成している（表-4）。

一つの登録内容は、登録票の1農薬単位（例：クミアイスミチオン乳剤）ではなく、農薬の商品名のうち頭に付けられたメーカー名を省いたもの（例：スミチオン乳剤）でまとめている。ただし、登録上の種類名が同じでも商品名が大きく異なるものは、別のデータとしている。

適用内容については、1作物1適用病害虫雑草を1単位としている。

1 作物・病害虫雑草キーワード

各項目のうち、作物と病害虫雑草については、同義語・上位語・下位語などのシソーラスを組んでいる。シソーラスは、前述の農薬技術情報データベースと類似している。

病害については、こちらも「キュウリうどんこ病」でなく「うどんこ病」として登録されているが、検索上問題は生じない。

雑草については、「多年生雑草」、「一年生雑草（キク科を除く）」、「つる性多年生雑草」など登録内容も様々で、完全なシソーラスは困難である。

しかし最近では、農薬登録票において作物名・適用病害

表-4 登録農薬情報データベースの項目

項目名	辞書機能		項目の内容	データ例
	フリガナ ^{a)}	関連付け ^{b)}		
(名称・登録番号等)				
農薬	○		農薬の商品名	“バッサ乳剤”
種類名			登録上の種類名	“BPMC 乳剤”
用途	○		農薬の用途	“殺虫剤”
区分	○		有効成分の化合物区分	“カーバメート系”
登録剤型	○		登録上の剤型	“乳剤”
剤型	○		実際の剤型	“フロアブル”
成分	○		有効成分	“BPMC”
含量			有効成分の含量	“50%”
その他成分			有効成分以外の成分	“乳化剤, 有機…”
その他含量			その他成分の含量	“50%”
毒性			人畜毒性	“劇物”
消防法			消防法上の分類	“第四類第2石油類”
登録日			新規に登録された年月日	“1968.09.12”
備考				
登録番号			農水省登録番号	“9258”, “9973”, “9974” …
会社	○		登録取得会社名	“クミアイ化学”, “八洲化学” …
会社登録			会社毎の登録日	“1968.09.12”, …
有効期限			会社毎の有効期限	“1995.09.11”, …
失効日			失効日	
(適用内容)				
適用農薬			使用できる農薬名(展着剤の登録の場合)	
場所			適用場所。主に除草剤	“果樹園…”
作物	○	○	適用作物	“メロン”
品種名			適用品種名	“アンデス, アムス”
使用目的			主に植調剤の使用目的	“新梢伸長抑制”
病害虫草	○	○	適用病害虫草名	“ウンカ類”
適用土壌			除草剤の場合の適用土壌	“植壤土(減水…”
希釈倍数			希釈倍数	“1000”
使用量			10 a 当たりの使用量	“3 kg”
散布量			10 a 当たりの散布量	“100L”
時期			使用時期	“播種後発芽前”
時期キーワード	○		「時期」よりキーワード 自動切出し	“播種後”, “発芽前”
使用回数			当該農薬の使用回数	“2回以内”
XX 使用回数			有効成分ごとの使用回数	“2回以内”
方法			使用方法	“散布”
方法キーワード	○		「方法」よりキーワード 自動切出し	“散布”
適用地帯			主に除草剤の適用地帯。	“関東以西の普通期栽培地帯”
適用備考				
拡大日			適用拡大を行った年月日	“1994.06.29”
拡大コメント				
注意事項			注意事項抜粋	“石灰硫黄合剤との…”

a) 半角カタカナでの検索可能な項目。 b) 同義語, 上位語, 下位語などの関連づけを行ってある項目。

表-5 主要な項目の検索での使用頻度

項目	使用回数 ^{a)}
農薬名	556
用途・区分	229
有効成分	118
作物	999
病害虫草	501
時期キーワード	7
方法キーワード	14
登録剤型・剤型	187

a) 1994年3月～6月末に利用者が検索時に当該項目のキーワードを使用した件数。

虫雑草名などの用語の統一化が図られてきており, こういったデータベース化に役立っている。

2 キーワード統計

主要な検索項目ごとに利用者が検索に使用した頻度を調べたところ, 項目「作物名」が単独あるいは他の項目との組み合わせにおいて多く検索に利用されていることがうかがえた(表-5)。

おわりに

環境保全型農業の推進, 農薬安全使用基準の改訂など, 現場での技術普及, 指導の重要度はより高まっている。そのような状況の下, 氾濫する情報の中から迅速・的確に各自が必要なものを選択する手段が必要とされている。

私たちの試みが, 将来, 植物防疫情報ネットワークを検討し構築するにあたっての一助になれば幸いである。

引用文献

1) 川幡寛ら(1988):
第25回情報科学技術研究集会発表論文集, JICST, 東京, p. 67~73.
2) 岡野弘行(1990): 情報管理 33(8): 715~733.

いもち病菌の生成する感染誘導因子

島根大学農学部環境生物学講座 あら せ 栄

はじめに

1891年、CAVARAがイネいもち病菌を *Pyricularia oryzae* CAVARAと命名して以来、本菌に起因するいもち病の研究は世界の多くの研究者によって各方面から多数行われてきた。しかし、それらのうち感染生理学分野の研究は他の病害のそれに比べて立ち遅れており、解明すべき多くの課題が残されている。特に、いもち病菌に対するイネ品種の抵抗性あるいは感受性は、イネ品種と病原菌レースの遺伝的組み合わせ (gene-for-gene relation) により決定される (山田, 1980) が、この品種—レースレベルにおける宿主特異性決定に関与する分子機構については不明な点が多い。一方、*Pyricularia* 属菌にはメヒシバいもち病菌 (*P. grisea*) をはじめとして宿主範囲を異にする多くの種が存在する (八重樫, 1987) が、これら いもち病菌の宿主選択性の発現機構に関する研究は皆無に近い。

ここでは、最近我々が報告してきたイネ及びメヒシバいもち病菌の生成する感染誘導因子について話題提供したい。

I 病原性因子存在の状況証拠

あらかじめ病原菌の親和性レースの侵入を受けた植物細胞は、非親和性レースや非病原菌をも受容するようになることが知られている。同様の現象はイネいもち病においても認められた (ARASE and ITOI, 1981)。すなわち、イネ葉鞘細胞にいもち病菌の親和性レースを一次接種しておく、その後、二次接種したいもち病菌の非親和性レースの細胞内菌糸伸展が促進された。この受容性誘導現象は、病原性失活イネいもち病菌や非病原菌 *Alternaria alternata* の二次接種による葉鞘細胞への侵入菌糸形成でさらに明確になった。ここで得られた細胞レベルでの観察は、いもち病菌親和性レースによって形成された病斑部で、いもち病菌非親和性レースが生育できるといふ、過去の組織レベルの報告とよく一致している。一方、非病原菌 *A. alternata* のイネ細胞への侵入は、一次接種したいもち病菌親和性レースの侵入細胞において多く観察され、その細胞から離れるにしたがって

侵入頻度は低下した。このように、受容性誘導はイネいもち病菌の侵入部位を中心に局在していることが明らかとなった。しかも、胞子発芽から付着器形成に至る過程のいもち病菌を取り除き、非病原菌 *A. alternata* を接種するとイネ細胞へ侵入したことから、この受容性がいもち病菌の宿主細胞内への侵入前に既に誘導されていることが示唆された (ARASE et al., 1990; 荒瀬, 1991)。

また、受容性は熱処理によっても誘導された (ARASE and OKA, 1985; ARASE et al., 1982)。すなわち、55°C、10秒または15秒の温湯処理後、病原性失活イネいもち病菌やイネに病原性を示さないいもち病菌を接種すると、葉鞘での侵入率や細胞内菌糸伸展度の著しい増加あるいは葉身上でのいもち病斑形成と病斑上での胞子形成が観察されるようになる。このような現象は、抵抗性発現の停止を示唆するもので、抵抗性発現が停止した状態下ではいもち病菌は病原性の有無に関係なくイネ組織に侵入できることを意味している。したがって、病原性保有イネいもち病菌は自らの侵入を許容させるために、イネに存在する抵抗性機構の発現・作動を積極的に抑制する仕組みを備えていると考えられる。以上のことは、イネいもち病菌の病原性が *Pyricularia* 属菌すべてに共通した植物体に侵入する非特異的侵略力 (aggressiveness) と宿主植物の抵抗反応系の作動を積極的に抑制する発病力 (virulence) から構成されていることを示唆した。

これまでの観察結果は、いもち病菌においても宿主特異的毒素 (以下、HST と略す) やサブプレッサー (OKU et al., 1994) のような病原性因子が存在し、それによるイネの抵抗性発現の停止が、被侵入細胞と一部隣接細胞における非親和性レースや非病原菌などの受容現象として観察されたと考えることができる。しかも、そのような因子は胞子発芽時から既に生成・放出されていることを示している。一方、病原性失活菌株のうち付着器形成の良好な菌株はこのような因子の生合成能を欠損した菌株と考えたい。古く、高橋 (1955) は、そのような因子の存在を予言している。すなわち、微細なガラス針でイネ葉鞘裏面表皮の細胞にわずかな傷を付けると、その細胞はイネいもち病菌の接種時にみられる抵抗反応に酷似した変質を起こすが、傷を付ける際にイネいもち病罹病型病斑の磨砕液を処理しておく、そのような変質は起きないことを観察している。

II イネいもち病菌の感染誘導因子と特異性

これまで、いもち病菌から病原因子が発見されていない理由として、次のようなことが考えられた。すなわち、①これまでのいもち病研究に用いられてきたイネ品種は活性物質に対する反応性が非常に低く、検出のための検定植物に適していない、②感染場面の材料（例えば、孢子発芽液や感染初期のイネ組織）を用いた実験はなされていない、③植物毒性以外の生物検定法（例えば、感染誘導活性）による検出は検討されていない。そこで筆者らは、これらの点を考慮しながら実験を進めた。

その結果、孢子発芽液中には、イネ種子の幼根伸長阻害及びイネ品種関口朝日の葉にえ死斑を誘起する生理活性物質の存在することが明らかとなった。さらに、発芽液に非病原菌 *A. alternata* の分生孢子を懸濁後、イネ品種関口朝日の切り取り葉に噴霧接種すると、48時間後に *Alternaria* による大型の関口病斑が形成された (ARASE et al., 1990)。我々は、この活性物質を感染誘導因子 (Susceptibility-inducing factor, 以下、SIF と略す) と呼び、調査を続けた。発芽液中の SIF は酢酸エチルで抽出され、その活性は、朝日、関東 51 号、新 2 号あるいは蒙古稲など関口朝日以外のイネ品種に対しても有効で、それは、*Alternaria* による微小な褐点病斑の形成として認められた。このことは、活性物質の感染誘導活性が関口朝日に対する特異的活性ではなく、イネに対しては品種に関係なく発揮されることを示唆した (ARASE et al., 1994)。しかも、このような感染誘導活性は、発芽前の分生孢子抽出物では認められず、孢子的発芽後の時間経過

に伴って増高した (図-1)。したがって SIF は発芽直後から生成・放出されていると考えられる。調査に用いた病原性保有菌株の発芽液にはすべて感染誘導活性が認められた (ARASE et al., 1989) ことより、SIF がいもち病菌の孢子発芽時の普遍的代謝産物であることが示唆された。

ところで、イネいもち病に対する抵抗性あるいは感受性反応が品種とレースの組み合わせにより決まることはよく知られている。一方、植物への感染が成立するためには病原菌と植物の間に基本的な親和関係 (basic compatibility) のあることが第一条件であると提唱されている (HEATH, 1981; BUSHNELL et al., 1981)。このような観点から、本研究で初めて明らかとなった SIF は大変興味深い。すなわち、発芽液中の SIF が、レース一品種レベルにおける感染の可否をも支配するような病原因子であるか、あるいは basic compatibility に関与するものであるかという点である。先にも述べたが、病原性保有菌株はレースに関係なくすべて SIF を生成した。しかし、これら菌株といもち病抵抗性遺伝子 *Pi-a* を持つ関口朝日 (KIYOSAWA et al., 1971) 間の親和性の違いを SIF の感染誘導活性で説明することはできない (表-1) (荒瀬, 1993)。一方、イネいもち病菌は、イネ以外の植物 (オオムギ、コムギ、イタリアンライグラス、ペレニアルライグラス) にも病原性を示したが、SIF の感染誘導活性はこれらの感受性植物に対しても認められた (図-2)。しかし、非宿主植物 (トウモロコシ、シコクビエ、ハトムギ、エノコログサなど) に対しては感染誘導活性を示さなかった (ARASE et al., 1994)。これらの結果は、病原性保有イネいもち病菌が分生孢子発芽時に生成する SIF は、イネいもち病菌の植物種レベルにおける宿主識別において重要な役割を果たしていることを強く示唆している。後述するメヒシバいもち病菌の SIF についても同様のことがいえる。

SIF の作用機構は今後の研究を待たねばならないが、SIF を含む発芽液の酢酸エチル可溶画分による関口朝日の葉でのえ死斑形成が、暗黒下では著しく抑制されるに

表-1 いもち病菌 SIF の関口朝日に対する感染誘導活性

菌株(レース)	関口朝日との親和関係	1 葉当たりの病斑数 ^{a)}
稲 168 (101)	I	46.5
研 54-04 (003)	C	54.2
長 69-150 (007)	C	46.5
0528-2 (333)	C	34.0
SH85-125 (001)	I	29.0

a) *A. alternata* の孢子を SIF 溶液に懸濁後、関口朝日の葉に噴霧接種し、24 時間後に形成された病斑を数えた。

I: 非親和性, C: 親和性。

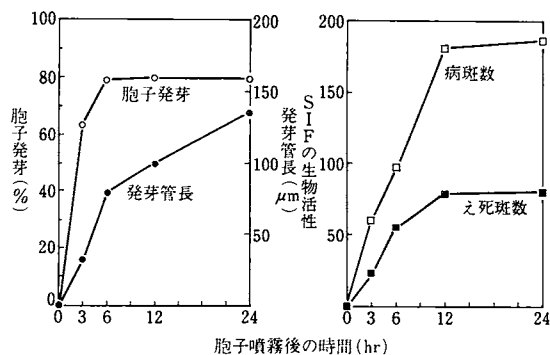


図-1 ペーパータオル上におけるイネいもち病菌孢子的発芽、発芽管伸長及びそれによる SIF 放出
え死斑数: 発芽液の酢酸エチル抽出物の水溶液を関口朝日の葉に噴霧し、現れたえ死斑数。病斑数: 同水溶液に *A. alternata* の孢子を懸濁後、関口朝日の葉に噴霧接種し、現れた病斑数。

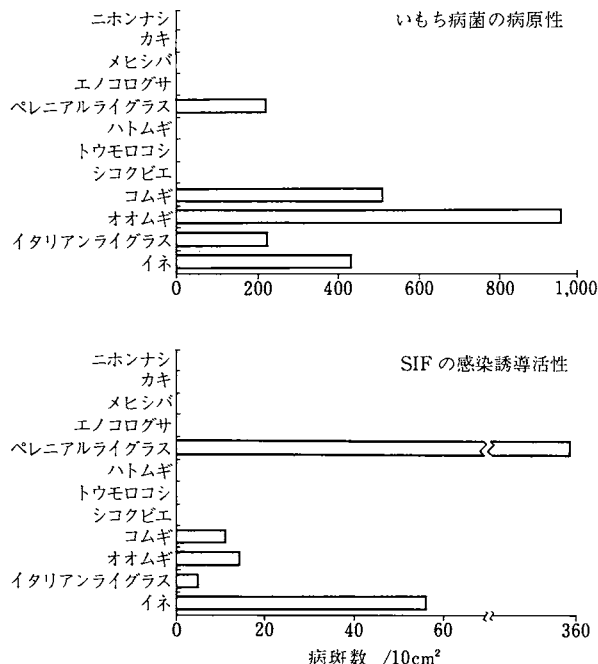


図-2 いもち病菌の病原性と SIF の感染誘導活性の関係

もかかわらず感染誘導活性自体は暗黒下でも認められたことから、菌の受容にイネ細胞の死は必ずしも必要でないことが示唆された。このことは、*Botrytis* 属菌 (KODAMA et al., 1989), *A. solani* (LANGSDORF et al., 1990), *Mycosphaerella pinodes* (OKU et al., 1994) の胞子発芽液中の感染誘導物質が植物毒性がないにもかかわらず、強い感染誘導効果をもつことと何か類似したところがありそうである。さらに、SIF を含む発芽液の酢酸エチル可溶画分をイネ葉に減圧浸透処理後、顕微鏡観察すると、処理 12 時間後 (死斑は 72 時間後から観察可能) に既にミトコンドリアの変性が観察された (植原ら, 1994)。病原菌の受容に細胞死以前のわずかな細胞内器官の変性が関係していることが HST の研究において証明されている (PARK, 1994) が、いもち病の場合もイネ細胞の異物受容に SIF による細胞内器官のわずかな機能破壊が関係している可能性がある。

III メヒシバいもち病菌の SIF

メヒシバいもち病菌の胞子懸濁液をイネ、イタリアンライグラス、オオムギ、ペレニアルライグラス、シコクビエ、トウモロコシ及びハトムギに噴霧接種すると、イネ及びシコクビエを除く植物では紡錘形あるいは褐点型の病斑が形成された。しかも、ハトムギを除く植物では病斑上に多数の胞子も形成された。胞子発芽液の酢酸エ

表-2 メヒシバいもち病菌の病原性と発芽液酢酸エチル抽出物 (E) の感染誘導活性

植物	<i>P. grisea</i> ^{a)}		E+ <i>A. alternata</i> ^{b)}	
	病斑形成	胞子形成	侵入菌糸形成	病斑形成
イネ	—	—	調査せず	—
イタリアンライグラス	+	+	+	+
オオムギ	+	+	+	+
シコクビエ	—	—	—	—
トウモロコシ	+	+	+	(+)
ハトムギ	+	+	—	(+)
ペレニアルライグラス	+	+	+	+

a) メヒシバいもち病菌胞子を噴霧接種し、5 日後に病斑と胞子の形成を調査した。+：形成あり。—：形成無し。

b) メヒシバいもち病菌の胞子発芽液の酢酸エチル抽出物 (E) に *A. alternata* 胞子を懸濁後、各植物の切り取り葉に噴霧接種した。72 時間後に、侵入菌糸と病斑の形成を調査した。+：形成あり。—：形成無し。(+)：+ ほど病斑が明りょうでなく接種部がわずかに変色。

チル抽出物の感染誘導活性をイネいもち病菌の場合と同様にして調査すると、メヒシバいもち病菌が病原性を示したイタリアンライグラス、オオムギ及びペレニアルライグラスでは非病原菌 *A. alternata* による褐色～濃褐色の病斑が形成された。また、トウモロコシ及びハトムギでは接種部のわずかな変色が観察された。さらに、ハトムギ以外の植物では侵入菌糸の形成も認められた (表-2)。しかし、病原性を示さなかったイネやシコクビエでは、侵入菌糸及び病斑の形成は認められなかった (荒瀬ら, 1994)。これらの結果は、メヒシバいもち病菌もイネいもち病菌同様に基本的親和関係の決定に関与する SIF を生成していることを示唆した。最近、アワやキビのいもち病菌の胞子発芽液からも病斑進展を誘導する物質のあることが報告された (松中ら, 1993; 加藤, 1994)。

おわりに

Pyricularia 属菌の中でイネ及びメヒシバのいもち病菌は病理学的にも、菌学的にも主要な位置を占める病原菌であることはいうまでもない。これら病原菌での基本的親和性の成立に関与する SIF の発見と今後の研究は、病原菌の感染機構解明という感染生理学分野の重要課題の解明のみにとどまらないように思われる。例えば、イネいもち病菌及びメヒシバいもち病菌のイネとメヒシバに対する病原性の違いは非常に明りょうであるにもかかわらず、両菌はイタリアンライグラスとペレニアルライグラスに対して共に病原性を示し、しかも発芽液中の SIF の活性も共に陽性であった。これら複雑なメカ

ニズムの解明は、病原菌の発芽液中に含まれる SIF 数の推定とそれらの作用特性の研究や、それによる菌株間の類縁関係の解析あるいは現在 *Magnaporthe grisea* (HEBERT) BARR に統一されつつあるいもち病菌を、病原性という面から整理する一助になりはしないだろうか。そのためには SIF の純化と化学構造の決定が待たれる。

引用文献

- 1) 荒瀬 栄 (1991) : 植物感染生理学最近の進歩, 植物感染生理学最近の進歩刊行会, 名古屋, pp. 45~54.
- 2) ——— (1993) : 化学と生物 31 (4) : 235~241.
- 3) ARASE, S. and S. ITOI (1981) : Ann. Phytopath. Soc. Japan 47 : 269~271.
- 4) ——— et al. (1982) : ibid. 48 : 544~546.
- 5) ——— and T. OKA (1985) : ibid. 51 : 490~493.
- 6) ——— et al. (1989) : Host-Specific Toxins : Recognition and Specificity Factors in Plant Disease (KOHMOTO, K. and R. D. DURBIN eds.), Tottori Univ., Tottori, p. 59~73.
- 7) ——— et al. (1990) : Ann. Phytopath. Soc. Japan 56 : 322~330.
- 8) ——— et al. (1994) : Host-Specific Toxin : Biosynthesis, Receptor and Molecular Biology (KOHMOTO, K. and O. C. YODER eds.), Tottori Univ., Tottori, pp. 141~152.
- 9) 荒瀬 栄ら (1994) : 平成 6 年度日植病大会講要集 : p. 7.
- 10) BUSHNELL, W. R. and J. B. ROWELL (1981) : Phytopathology 71 : 1012~1014.
- 11) HEATH, M. C. (1981) : ibid. 71 : 1121~1123.
- 12) 加藤 肇 (1994) : 日植病報 60 : 266~268.
- 13) KIYOSAWA, S. (1971) : Bull. Natl. Inst. Agric. Sci., D21 : 61~72.
- 14) KODAMA, M. et al. (1989) : Host-Specific Toxins : Recognition and Specificity Factors in Plant Disease (KOHMOTO, K. and R. D. DURBIN eds.), Tottori Univ., Tottori, pp. 33~34.
- 15) LANGSDORF, G. et al. (1990) : J. Phytopathology 128 : 271~282.
- 16) 松中 洋ら (1993) : 日植病報 59 : 81 (講要) .
- 17) OKU, H. et al. (1994) : Host-Specific Toxin : Biosynthesis, Receptor and Molecular Biology (KOHMOTO, K. and O. C. YODER eds.), Tottori Univ., Tottori, pp. 49~59.
- 18) PARK, P. (1994) : ibid. pp. 97~108.
- 19) 高橋善夫 (1955) : 栃内・福士還暦記念論文集, 還暦記念論文集刊行会, 札幌, pp. 245~248.
- 20) 植原珠樹ら (1994) : 平成 6 年度日植病大会講要集 : p. 6.
- 21) 八重樫博志 (1987) : 稲いもち病 (山中達・山口富夫編) 養賢堂, 東京, p. 22~49.
- 22) 山田昌雄 (1980) : イネのいもち病と抵抗性育種 (山崎義人・高坂淳爾編), 博友社, 東京, pp. 341~367.

本会発行図書

農薬適用一覧表 (平成 5 農薬年度)

農林水産省農薬検査所 監修

定価 3,000 円 (本体 2,913 円) 送料 380 円

A 5 判 394 ページ

平成 5 年 9 月 30 日現在, 当該病虫害 (除草剤は主要作物) に適用のある登録農薬をすべて網羅した一覧表で, 殺菌剤, 殺虫剤, 除草剤, 植物成長調整剤に分け, 各作物ごとに適用のある農薬名とその使用時期, 使用回数を分かりやすく一覧表としてまとめ, 付録として, 毒性及び魚毒性一覧表及び農薬商品名・一般名対比表を付した。農薬取扱業者の方はもちろんのこと病虫害防除に関係する方の必携書として好評です。

本会発行図書

『応用植物病理学用語集』

濱屋悦次 (前農林水産省農業環境技術研究所微生物管理科長) 編著 B 6 判 506 ページ

定価 4,800 円 (本体 4,660 円) 送料 380 円

植物病理学研究に必要な用語について, 植物病理学はもちろん, 農薬, 防除, 生化学, 分子生物学などについても取り上げ (約 6,800 語), 紛らわしい用語には簡単な説明を付けそれぞれを英和, 和英に分けてアルファベット順に掲載し, また, 付録には植物のウイルス, 細菌, 線虫の分類表を付した用語集です。植物病理学の専門家はもちろん広く植物防疫の関係者にとってご活用いただきたい用語集です。

お申し込みは前金 (現金書留・郵便振替・小為替など) で直接本会までお申し込み下さい。

いもち病の大発生年ほどの年なのか

おのこさぶろう
小野小三郎

はじめに

平成5年は全国的な、いもち病の大発生年であったといわれる。いろいろの文献をみていると、「何年と何年は大発生年であった」という記事がよく出てくるが、その程度もよくわからないし、なかには文献どうして多少食い違うような表現があったりして、戸惑うこともある。どの年が大発生年で、どの年が少発生年であったか、あるいはどの地方がどの程度の発生であったかということを、歴史的・地理的に、納得のいくような表現を、不勉強のせいかみたことがない。

感情的というか、経験的というか、私自身の目で見たい発生場所からして、何年は大発生だったという感じ、イメージが残っている。例えば、古くは昭和18年の埼玉県(多分上尾市付近であったろうか)の苗代のいもち、25年の新潟県新発田市、28年の富山県城端町、近くは63年の福島県郡山市などの葉いもちや穂いもちのひどさが目に浮かんで、あの年は大発生だったのだ、と考えている。が、いずれも、たまたま遭遇した局部的な発生現場であって、その年が大局から見て、新潟県のと富山県の大発生年であったかどうかはわからない。

大体このような評価は、前年や前々年と同じ基準でなされなければならないし、他の県も同じ基準で行われており、それを付き合わせ、並べて比較できるところに、貴重なデータとしての価値が表れてくるものである。その時その場所だけの自分だけの評価で驚いたり悲しんだりしていたのでは、科学的評価の意味を持たない。難しいところであるが、強く要求されることである。

平成5年の冷害、いもち病の大発生を機に、過去の発生年を序列化してみたくなったが、同一基準で、いわば科学的データによる、各年のいもち病発生年としての格付けをしたものが見当たらない。いろいろ記録をひっくり返しているうちに、昭和16年以来行われている発生予察事業の中で毎年記録されているデータが、最も正しく物語ってくれそうに思えたので、多少の試みをした。

I 一覧表を作る

発生予察に直接関係しておられる人達の間では、私の知らない便利なデータ集があるのかもしれないが、私の手元にはそんな便利なものはないので、次のような資料をタネ本にすることにした。

- (1) 農林省植物防疫課：病害虫発生予察事業20周年記念誌付録(病害虫発生予察に関する資料)(昭37)
- (2) 植物防疫事業20周年記念誌資料編(昭46)
- (3) 植物防疫事業30周年記念誌資料編(昭55)

(4) 植物防疫の軌跡(病害虫発生予察50周年、植物防疫事業40周年記念誌)(平3)

(5) 農水省植物防疫課：〇〇年の病害虫の発生と防除、植物防疫、各年1月号

(6) 農水省植物防疫課監修、日本植物防疫協会発行：昭和55年度の異常気象に伴う病害の発生と対策(昭56)

まず、資料(2)、(3)の「主要病害虫の発生記録年表」から、いもち病の発生程度を拾った。その資料には発生程度を、極多、多、やや多、平年並、やや少、少、極少の7段階に表示してあるし、(1)の資料では表現が多少違うが、これらを通し、年別及び県別に、葉いもち穂いもちの項の発生程度のひどいものを基準にして、極多を◎、多を○として転記した。これらの資料からは昭和16年から54年までのデータを拾うことができた。

その後の年については表現が異なっているので、各年各県の葉いもち、穂いもちの注意報、警報の発令状況を基準にし、葉いもち、穂いもちを総合的にみて、警報が発令されていれば◎、注意報のみの場合は○と表現した。データは、昭和55年は(6)により、56年から63年までを(4)から拾い、その後の年は(5)の資料から拾った。

横軸に昭和16年以来の53年を示し、縦軸に47都道府県(沖縄県の登場するのは昭和45年から)を配した(表-1)。この一覧表を眺めて、私は納得がいった。いもち病の大発生といっても、薄く広い大発生もあれば、激烈に部分的なものもあるし、何辺かは激烈でしかも広く分布している。その有様がおおよそこの表を一望することによってつかむことができるように思う。いもち病発生の度合いを、年を通じ、また他県とも共通の基準で評価できるのは、各県の農業試験場職員、病害虫防除所や地区予察員の方々と、おそらく最高の資格をもった人達に違いない。この人達によって科学的に評価されたものの集積がこの表である。この大型の表は私達にいろいろのことを物語ってくれる。

まず多発または注意報発令県が20県以上になった年は、昭和16、18、24、28、31、32、49、51、55、56、57、63、平成1、3年の14年であり、極多発または警報発令県が15県以上に達した年は昭和24、28、38、55、平成5年の5年である。いま仮に、多発または注意報を1、極多または警報をその3倍の重みがあるとし、その和をもってその年の総合評価、つまりその年の「いもち病発生度」とすれば、各年の評価が、もっと明瞭にできそうである。これによると、発生度が40以上の年は昭和16、49、57、平成3年、60以上が、昭和24、28年、80以上が昭和38、55年、100以上が平成5年となり、一般に大

表-1 いもち病の年別都道府県別発生度

	昭	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	平	1	2	3	4	5
北海道				○							○	○		○			○								◎	○	○									○				○	○	◎	◎	○	○	○		○			○				
青 森	○	○								○			○	○	○		○						◎	○	○									○		○		○			○	○	○	○								○	○		
岩 手	○									○			○	◎			○			○		○		◎									○		○	○	○		○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	◎	○	◎			
宮 城	◎										◎		○	○			○	○	○	○		○		◎				○				○		○	○	○		○	○	○		○		◎	○	○	◎			◎					
秋 田	○	○		○			○		○	○	◎	○						○	◎		○	○	◎	◎									◎				◎		○	○		◎	○	○	○	○	○	◎	◎	○	◎				
山 形	○								◎	◎			○				○		○		○	○	○	◎				○		○		○		○					○	○		○	○			○		○	◎		◎				
福 島	○								○	○	○		○				○		○	○		○		◎	◎	○							○		○			◎	○	○	○	○	○	○	◎	○	○	◎			◎				
茨 城	○									○	◎		◎			○				○		○		○	○	○		○	○					○	○	○			○	○	○	○	○		○			○	○	○	◎				
栃 木	○	○	○								○	○	◎				◎					○		○	○	○								○				◎	○	○	○				○		○	○		◎					
群 馬									○				◎			○																		○		○				○	○	○	○			○	○	○		○					
埼 玉			◎						◎		○		○		○					○							○									○			○						○					◎					
千 葉	○								○	◎			◎	○		○								○	○	○		○	○						○	○	○		○		○	○	○	○		○		○	○		○				
東 京	○		○		○								◎				○			○		○													○	○	◎				○											○			
神奈川									○	○	○	○	○				○																		◎	○	○							○							○				
新 潟	◎										◎			○						○			◎												○	◎			○	○			○					○	◎		○				
富 山									○	○			◎				○		○	○	○	○	○	○	○		○								○	○	○	○	○	○		◎		◎	○	○	◎		◎						
石 川	○											○	○							○		○	◎	◎	○										◎	◎	◎			◎	○	○	○			○					◎				
福 井	◎		○		○				○	◎	○	◎	○				○	○			○		◎	◎	◎										○	○			◎	○	○	○	○	○	○	○	○	◎		○	◎		◎		
山 梨	◎		◎									○	◎				○	◎			○		○	○											○	○			○							○		○		○					
長 野	◎										○	○		◎							○	○		◎		○									○	○	○		○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○				
岐 阜	○		○								○			○		○	○			○	○			◎											○	○	○			○	○	◎	◎	○	○	○		○		○	○		◎		
静 岡		○	◎	○			○		○				○	○		○							○	◎											○	○	○	○		○	○					○					◎				
愛 知	○	○	○					○	◎	○	○	○	○	○		○			○					◎		○									○		○			○	○	◎	○	○	○	○		○	○			◎			
三 重										○		○		◎			○	○					○	◎											○		○			○	○	○		○			○	○			○				
滋 賀	○		○		◎			○	◎	○		○	◎				○	○						◎														○								○	○	○	○		◎				
京 都	○		○						◎	○			○					◎						○		◎										○	○	○		◎		○					○	○		○		◎			
大 阪	○		○		○				◎	○			○				○							◎		○										○	○			○	○		○	○			○	○		○	◎				
兵 庫	○						○		◎		○		○				○							◎		○										◎	○	○			◎	○					○			○		○			

発生と評価されている各年の程度が、かなり了解されるように思う。

II 葉いもちと穂いもちを分けて考える

表-1は葉いもち、穂いもちを総合してつかまえた表であるが、実際には葉いもちと穂いもちでは、かなり性格も異なるし、必ずしも発生の仕方が同傾向とは限らない。また防除方法にも、かなりねらいの差がある。このため、各県も葉いもちと穂いもちとは別に表現している。私も両者を色分けして、年別、県別そして程度別に、大一覧表を作ってみたが、その迫力は一段と強い。しかしそんな大型の表は印刷には不適なので、ここにはその表が語る、いくつかの事項だけを述べる。

葉いもちが極多かあるいは警報まで出しているのに、穂いもちの発生はそれほどでなかった、という例を拾ってみると、昭和16年の宮城、新潟、福井、宮崎、18年の埼玉、愛知、25年の山形、千葉、新潟、福井、28年の岡山、36年の青森、37年の鳥取、福岡、40年の福井、京都、49年の鳥取、50年の石川、51年の東京、52年の石川、及び平成5年の岡山県などの例がある。葉いもちの発生におそれ、防除が徹底し、穂いもちを抑えることができたというものも含まれていることだろう。

次は反対に、いわば抜き打ち的に、葉いもちは比較的少なかつたのに、突如として穂いもちが大発生したという例である。昭和16年の長野、20年の滋賀、24年の埼玉、愛知、大阪、兵庫、鹿児島、26年の秋田、茨城、28年の岩手、32年の京都、大分、37年の秋田、43年の鳥取、福岡、50年の鳥取、55年の福島、栃木、57年の群馬、岐阜

表-1 いもち病の年別都道府県別発生度（つづき）

	昭	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	平	1	2	3	4	5
奈良	○		○							○		○		○			○	○									○	○												○		○					○	○	○	○		◎			
和歌山			○							○	○	○		○	○		○	○							○				○												○											○			
鳥取										○	○	○		○						○	○			◎	◎	○	◎	○	○	◎		○			◎	◎		○		◎	○	○	○		○	○		○			○	◎			
島根	○		○							○				○	○			○							◎		○												◎	○					○		○			○		◎			
岡山			◎	○	○					◎		○		◎	○			○							○							○				○				◎	○	○							○		○		◎		
広島			○							◎				○	○										◎		○				○								◎	○	○						○	○	○	◎		◎			
山口	○		○	○						○		○	○	○										○	◎															◎	○	○			○					○	○	◎			
徳島	◎									◎				○											○															◎		○	○		○			○		○		○			
香川			○							○				◎				○	○						○		○			○										◎		○								○	○	○			
愛媛										◎	○	○		○	○		○	○						○	○															◎									○		○				
高知										◎				○	◎	○		○				○		○	◎	○	○												◎			○		○	○	○		○		○		◎			
福岡	○		○						○	○	○	○	○	○	○		○	○			○			○	◎	○				◎										◎		○					○				○	○	◎		
佐賀	○		○		○							○	○	○	○	○		◎						○	○					○											◎	○	◎				○		○	○		○	○	◎	
長崎										○					○		○	○			○	○							○											◎		◎	○		○		○				○	○	◎		
熊本			○							◎	◎	○		○	○	○	◎	○			○	○			◎				○											◎		◎	○		○				○		○	○	○		
大分	○		○							○				◎	◎		○	◎						○	○				◎		◎	○	○	○	○	◎	◎	◎	○			◎	○	◎		○					○	○	◎		
宮崎	◎		○							◎							○	○						○	○					◎										○		○	○		◎			○		◎	○	○			
鹿児島			○		○					◎	◎		○	○	○		○	○						○	○	◎			○											○	○	○	○			○				○		○			
沖縄																																																							

表-2 葉いもち及び穂いもちの年次別発生度

年 次	葉いもち				穂いもち			
	多発生または 注意報を発令 した県数(a)	極多発生または 警報を発令 した県数(b)	bに重みづけ $b \times 3$ (c)	発 生 度 $a + c$ (d)	多発生または 注意報を発令 した県数(e)	極多発生または 警報を発令 した県数(f)	fに重みづけ $f \times 3$ (g)	発 生 度 $e + g$ (h)
昭和 16	18	6	18	36	19	2	6	25
17	5	0	0	5	2	0	0	2
18	18	4	12	30	12	1	3	15
19	4	0	0	4	4	0	0	4
20	3	0	0	3	4	1	3	7
21	0	0	0	0	0	0	0	0
22	3	0	0	3	2	0	0	2
23	1	0	0	1	2	0	0	2
24	17	8	24	41	20	13	39	59
25	11	6	18	29	8	1	3	11
26	19	1	3	22	9	2	6	15
27	8	0	0	8	9	1	3	12
28	24	13	39	63	22	10	30	52
29	10	1	3	13	9	0	0	9
30	1	0	0	1	6	0	0	6
31	11	2	6	17	20	3	9	29
32	15	2	6	21	15	4	12	27
33	1	1	3	4	6	0	0	6
34	7	0	0	7	5	0	0	5
35	12	0	0	12	6	0	0	6
36	9	1	3	12	5	0	0	5
37	13	2	6	19	7	2	6	13
38	13	22	66	79	18	13	39	57
39	7	1	3	10	4	3	9	13
40	17	3	9	26	5	2	6	11
41	1	0	0	1	2	0	0	2
42	2	0	0	2	5	0	0	5
43	2	0	0	2	8	3	9	17
44	0	0	0	0	2	0	0	2
45	5	0	0	5	2	1	3	5
46	3	0	0	3	7	1	3	10
47	0	0	0	0	3	0	0	3
48	2	0	0	2	2	0	0	2
49	23	7	21	44	18	6	18	36
50	15	3	9	24	7	2	6	13
51	18	3	9	27	25	3	9	34
52	6	1	3	9	5	0	0	5
53	5	0	0	5	0	0	0	0
54	3	0	0	3	2	0	0	2
55	26	3	9	35	39	21	62	101
56	20	18	54	74	18	0	0	18
57	16	2	6	22	35	5	15	50
58	13	0	0	13	19	2	6	25
59	18	1	3	21	22	3	9	31
60	11	0	0	11	10	1	3	13
61	5	0	0	5	14	1	3	17
62	4	0	0	4	8	0	0	8
63	12	0	0	12	25	4	12	37
平成 1	12	0	0	12	22	0	0	22
2	12	0	0	12	12	1	3	15
3	29	1	3	32	29	10	30	59
4	5	0	0	5	10	0	0	10
5	28	1	3	31	42	29	87	129

表-3 葉いもち及び穂いもちの地域別発生度

地 域	県数	葉いもち (1県当り数)				穂いもち (1県当り数)			
		多発生または注意報を発令した年数(a)	極多発生または警報を発令した年数(b)	bに重みづけ b×3(c)	発生度(a+c)(d)	多発生または注意報を発令した年数(e)	極多発生または警報を発令した年数(f)	fに重みづけ f×3(g)	発生度(e+g)(h)
北海道	1	9.0	1.0	3.0	12.0	15.0	2.0	6.0	21.0
東北	6	16.5	1.8	5.4	21.9	15.7	4.2	12.6	28.3
関東	7	8.7	1.3	3.9	12.6	11.4	2.1	6.3	17.7
北陸	4	12.3	3.3	9.9	22.2	14.3	4.8	14.4	28.7
東山, 東海	5	12.0	2.2	6.6	18.6	15.0	3.0	9.0	24.0
近畿	7	10.0	1.4	4.2	14.2	10.9	2.9	8.7	19.6
中国	5	12.2	2.4	7.2	19.4	11.2	3.2	9.6	20.8
四国	4	9.5	2.0	6.0	15.5	11.5	2.0	6.0	17.5
九州	7	11.7	2.6	7.8	19.5	14.6	4.0	12.0	26.6
沖縄	1	1.0	0	0	1.0	0	0	0	0

阜, 60年の宮崎, 61年の富山, 平成5年の福島, 茨城, 栃木, 石川, 福井, 大阪, 福岡, 大分県などが, その例としてあげられる。

このほか, 葉いもち, 穂いもちともに大発生になっている年は, 例示することができないほど多い。大体の傾向としては, 葉いもちの多い年は穂いもちも多い傾向はあるが, 両者の相関関係はそう高いものではない。

葉いもちと穂いもちとに分け, 毎年はいもち病発生度を示すと表-2のとおりである。発生度の算出法は, 多発または注意報発令の県数をA, 極多発または警報発令の県数をBとすれば, $(A \times 1) + (B \times 3)$ の値をもって表した。

この表で, 葉いもちの発生度が30以上の年を拾うと, 昭和16, 18, 24, 28, 38, 49, 55, 56, 平成3, 5年の10年で, 特に28, 38, 56年は50以上の発生度で, 大型の多発年であったといえる。

穂いもちで発生度30以上の年は, 昭和24, 28, 38, 49, 51, 55, 57, 59, 63, 平成3, 5の11年で, このうち, 昭和55年と平成5年はともに発生度が100を超す, 超大型多発年ということができそうである。

Ⅲ いもち病発生の地域差

表-1により, 53年間のうち, 多発または注意報発令が20回以上あった県を拾うと, 岩手, 宮城, 福島, 茨城, 千葉, 富山, 長野, 愛知, 福岡の諸県である。また極多発または警報発令が6回以上あった県は, 宮城, 秋田, 福島, 富山, 石川, 福井, 鳥取, 佐賀, 熊本, 大分の諸県, 特にこのうち, 秋田, 福井及び大分の3県は10回以上となっている。これによると, 東北や北陸はいもち病発生の多い地方のようにみられるが, 九州などでも発生年のかかなり多いのに驚かされる。

このあたりをもう少し突っこんで見えるために, 日本を10の地域に分け, 発生の程度から, 地域別の発生度を, 葉いもち, 穂いもちに分けて表示すれば表-3のようであ

る。この表中, 東山, 東海地域としたのは, 長野, 山梨, 静岡, 愛知, 岐阜の5県である。

この表によると, 東北, 北陸は, 葉いもち, 穂いもち共に発生度の高い地域といつてよさそうである。が, これらにごく接近して, 九州地方が, いもち病の発生度の高い地域であることは, 少々意外に感ずる。関東, 四国, 近畿などは, 発生の比較的小さい地方であるといえる。

おわりに

いもち病の大発生年は何年と何年なのかを知るために, 大胆かつ独断的な試みをしてみた。この試行によって, 大よその発生年, 不発生年などを知り得たようにも思うが, いろいろの点で不安な点も, ないでもない。

昭和16年以来の多発, 極多発という基準と, 注意報や警報の発令の有無を基準にした昭和55年以降のものを, 同一の格付けで扱っているのか, は気にかかる問題である。多発, 少発というが, あまり薬剤防除をしなかった時代と, 昭和30年以後のように, 薬剤防除が普通に行われるようになってからのいもち病の発生を, 同一の目でみていいのか, ということもある。

また注意報, 警報の発令は, 発生しそうだから注意せよ, あるいは防除を急げという警告であって, 現にいもち病が発生しているのとは少し違う。実際には警報によって促されて防除をし, 発生を未然に防いでいるかもしれない。

反省のタネは尽きないが, この辺で止める。最後に確かな記録を残しておいてくれた, 病害虫発生予察事業の関係の皆さんに謝意を表したい。

乞 ご期待!! ‘植物防護ライブラリ’ 第1巻
近刊 「イネいもち病を探る——研究室から現場まで——」 小野小三郎 著

低魚毒性含ケイ素ピレスロイドの殺虫活性

塩野義製薬株式会社油日ラボラトリーズ おお つか とし かず
大 塚 俊 一

は じ め に

新しい農薬の開発において、効力や経済性はもちろん、ますます安全性の高い剤が望まれている。しかし、新規な農薬を1剤上市するためには、確率的に20~30万の化合物を合成しなければ難しいと言われており、より効率のよい方法を見いだすことが大切である。

その方法の一つとして、既知の炭素化合物の一部の炭素原子をケイ素原子に置換する方法(ケイ素置換法: sila: substitution)は、その炭素親化合物より活性及び毒性の面で優れた含ケイ素化合物を見いだせることが医薬分野で知られており(FESSENDEN and FESSENDEN, 1980)、注目されている。

本総説では、MTI-500(エトフェンブロックス: トレボン®)のケイ素置換法により見いだしたSSI-116(大塚, 1993)の生理活性等について紹介したい。

I SSI-116 誘導体

合成ピレスロイドは、速効性で幅広い殺虫スペクトルを有し、哺乳毒性が低いことから、害虫の防除上欠くことのできない剤であり(上田, 1982)、約半世紀にわたる研究の結果、今日ではあらゆる農業の場面で実用可能になっている優れた殺虫剤である(大野, 1992a, b)。

しかし、そんなピレスロイド剤においても1980年代前半までは、強い魚毒性のためあるいはハダニのリサーチエンスのため、水田害虫の防除とハダニの防除には使用することができなかった。

そんな折、今までのエステル構造をもつピレスロイドとは違ったエーテル化合物MTI-500(エトフェンブロックス)が、ピレスロイド様活性を有し、魚毒性が低いことから水田害虫防除剤としての開発の可能性が報告された(NAKATANI et al., 1982)。

MTI-500は4級炭素原子を有しており、その4級炭素原子をケイ素原子に置換した化合物を合成することは容易であり、また得られるケイ素化合物も4級ケイ素原子であるため安定性も問題ないであろうと考え、含ケイ素系殺虫剤の開発研究に着手した(図-1)(TERUOKA et al., 1989)。

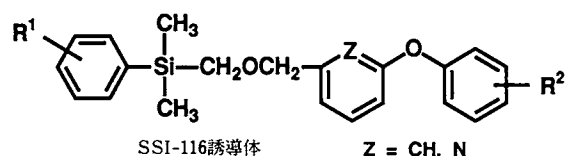
Insecticidal Activity of Silicon-containing Pyrethroids with Low Fish Toxicity. By Ohtsuka TOSHIKAZU

II SSI-116 誘導体の殺虫活性及び魚毒性

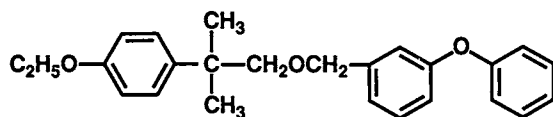
SSI-116 誘導体は、既存のピレスロイド剤と同様、速効性で、鱗翅目、半翅目、直翅目及び甲虫目に対し高い活性を示し、ノックダウン活性も認められた。

それらの構造と殺虫活性に関しては、置換基R¹は4位でアルコキシ基の場合が高い殺虫活性を示したが、n-propoxyになると極端に殺虫活性は低下した。また置換基R²は水素原子の場合が殺虫活性は高かったが、ベンゼン環とピリジン環では大きな差はなかった。(図-2)。

しかし、ベンゼン環とピリジン環ではヒメダカに対する急性毒性が1,000倍以上も異なり、ピリジン環では低

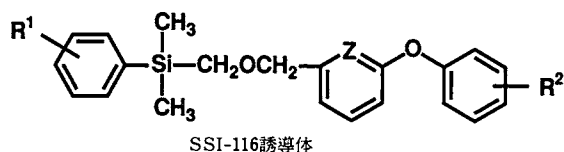


↑ ケイ素置換法



MTI-500、エトフェンブロックス

図-1 含ケイ素ピレスロイド SSI-116 誘導体の合成



鱗翅目及び半翅目に対する殺虫活性

R¹: 4位 > 3位 > 2位

4-R¹: C₂H₅O, (CH₃)₂CHO, CHF₂O

≥ CH₃O, CH₃, Cl, F, H ≥ C₂H₅S

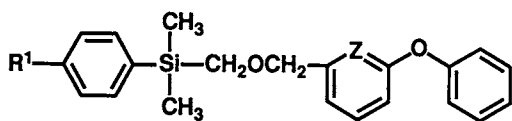
R²: 4位 ≥ 3位 ≥ 2位

4-R²: H, F > CH₃O > Cl > NO₂

Z: CH=N

図-2 SSI-116 誘導体の構造と殺虫活性

表-1 ヒメダカに対する48時間後の急性毒性



SSI-116 誘導体

R ¹	Z	TLm(ppm)
H	CH	>178
F	CH	>178
Cl	CH	>178
CH ₃	CH	>178
CH ₃ O	CH	>178
C ₂ H ₅ O (SSI-116)	CH	>1000
(CH ₃) ₂ CHO	CH	96
CHF ₂ O	CH	>178
C ₂ H ₅ O	N	0.28
CHF ₂ O	N	0.11
パーメスリン		0.030
フェンバレーレート		0.0053

魚毒性の利点がなくなることが認められた (表-1)。

III SSI-116 の生理活性

以上の SSI-116 誘導体の殺虫活性及び魚毒性, さらに哺乳毒性及び圃場試験の結果から, 最終的に SSI-116 を選抜した。SSI-116 はハスモンヨトウなどの畑地の鱗翅目害虫及び水田の重要害虫であるツマグロヨコバイに高い活性を示した (表-2)。

したがって, SSI-116 は殺虫活性及び魚毒性の面で, 水田用及び畑地用の殺虫剤として適用可能であり, 先行剤であるエトフェンプロックスとの本質的な違いを知ることが植物防除上, さらに開発を進めるためには必要となった。そこで, エトフェンプロックスと種々比較試験を行った。

1 生理活性の比較

殺虫剤の毒性としては, 主に食毒と接触毒が考えられ, 殺虫活性がどちらが原因で発現するかを知ること, 薬剤の有効な施用法を見いだすために重要である。そこで, 0.7%粉剤を放虫前と放虫後にイネ幼苗に処理したところ, 両化合物とも放虫後処理のほうがかなり高い活性を示し, ツマグロヨコバイに対する殺虫活性は主に接触毒によることが判明した (表-3)。

続いて, 水田の重要害虫である4種の半翅目害虫, ツマグロヨコバイ, ヒメトビウンカ, トビイロウンカ, セジロウンカについて, 局所施用法により殺虫活性を調べたところ, いずれに対しても高い活性を示すことがわか

表-2 SSI-116 の250 ppmにおける48時間後の死虫率(%)

供試害虫	死虫率	処理法
鱗翅目		
ハスモンヨトウ (2 齢幼虫)	100	キャベツ葉浸漬後放虫
コナガ (3 齢幼虫)	95	キャベツ葉浸漬後放虫
コカクモンハマキ (4 齢幼虫)	95	茶葉浸漬後放虫
半翅目		
モモアカアブラムシ (3 齢幼虫)	50	虫, ハクサイ葉に噴霧
ツマグロヨコバイ (雌成虫)	100	虫, イネ幼苗に噴霧
直翅目		
ワモンゴキブリ (ふ化後1~7日目の幼虫)	100	戸紙浸漬後放虫
甲虫目		
アズキゾウムシ (成虫)	100	虫体浸漬
ダニ目		
ニセナミハダニ (雌成虫)	29	虫, インゲンマメ葉に噴霧

表-3 0.7%粉剤処理によるツマグロヨコバイに対する殺虫活性

化合物	死虫率 (%)			
	処理法 1 ^{a)}		処理法 2 ^{b)}	
	4 時間後	24 時間後	4 時間後	24 時間後
SSI-116	3	27	70	100
エトフェンプロックス	3	77	100	100

^{a)}: イネ幼苗に薬剤散布後放虫

^{b)}: イネ幼苗に放虫後薬剤散布

表-4 局所施用法による殺虫活性

化合物	処理 24 時間後の LD ₅₀ (μg/虫)			
	ツマグロヨコバイ	ヒメトビウンカ	トビイロウンカ	セジロウンカ
SSI-116	5.2	2.9	8.1	7.5
エトフェンプロックス	1.9	1.3	3.4	1.2

り, 水田用殺虫剤としての有効性が示唆された (表-4)。

ワモンゴキブリ雄成虫に対するノックダウン活性は, 両化合物とも低温で活性が高かった (表-5)。したがって他の多くのピレスロイド剤と同様, 害虫防除には低温時での噴霧散布が効果的と思われた。

また, ワモンゴキブリの摘出中枢神経系に対する電気生理学的反応性に関しても, 両化合物は類似性を示した。以上の害虫に対する生理活性については両化合物で大きな違いがみられなかったが, いずれの場合もエトフェンプロックスのほうが, 約2倍程度強い活性を示した。

表-5 ワモンゴブリ雄成虫に対するノックダウン活性

化合物	薬量	KT ₅₀ ± S.D. (min)		
		18°C	25°C	30°C
SSI-116	16 nmol	6.14 ± 1.41	6.79 ± 0.85	9.15 ± 2.40
	32 nmol	3.79 ± 0.70	5.12 ± 1.79	7.07 ± 0.35
エトフェンプ ロックス	16 nmol	3.44 ± 0.09	3.69 ± 0.60	4.15 ± 0.84
	32 nmol	1.90 ± 0.17	3.01 ± 0.49	3.82 ± 1.66

表-6 コイに対する 48 時間後の急性毒性

化合物	TLm (ppm)
SSI-116	>562
エトフェンプロックス	5.0
パーメスリン	0.038
フェンバレレート	0.00075

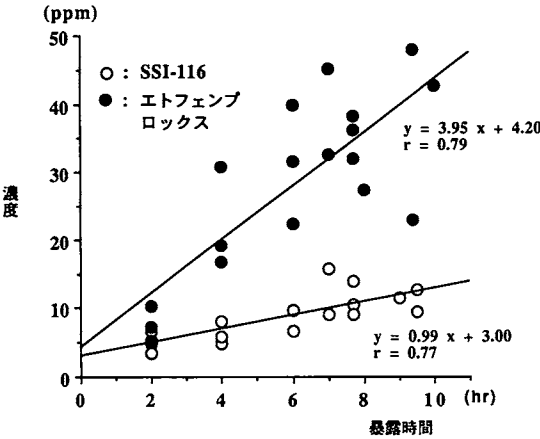


図-3 SSI-116 及びエトフェンプロックスのコイ脳中濃度

しかし、コイに対する急性毒性は、両化合物でかなり異なることがわかった。エトフェンプロックスも従来の農業用ピレスロイド剤に比べ、非常に魚毒性は低くなっているが、SSI-116 はさらに 1/100 程低く、魚毒性に関してはエトフェンプロックスよりも優れていた (表-6)。

その原因については明らかになっていないが、脳における両化合物の蓄積速度の差によるものと考えている (図-3)。

2 製剤化による殺虫活性

以上の生物活性試験により、SSI-116 はエトフェンプロックスに比べやや活性が弱いことがわかった。しかし、先に述べたように両化合物とも接触毒として作用しているため、害虫と薬剤との接触する割合を増やすこと

表-7 各種キャリアーを用いたときの SSI-116 試験製剤の稲体付着量と殺虫活性

	炭酸カルシウム製剤	クレー製剤	混合製剤 (炭酸カルシウム：クレー)			トレボン®
	NO.14	NO.11	NO.19 (3：1)	NO.21 (1：1)	NO.23 (1：3)	
処理 24 時間後の死亡率 (%)	75	39	70	86	65	78
稲体付着量 (μg/イネ1株)	36.6	23.0	33.5	41.7	32.0	26.6

表-8 SSI-116 の圃場における殺虫効果

	害虫	殺虫効果 ^{a)}
水田害虫	半翅目	
	ツマグロヨコバイ	A
	ヒメトビウンカ	A
	トビイロウンカ	A
	セジロウンカ	A
	鞘翅目	
	イネミズゾウムシ	A
	ドロオイムシ	B
	鱗翅目	
	コブノメイガ	B
畑害虫	ニカメイチュウ	B
	鱗翅目	
	キンモンホソガ	A
	モモシクイガ	A
	アオムシ	B
	半翅目	
	モモアカアブラムシ	C
	ダイコンアブラムシ	C

^{a)} 既登録剤と比較して、A：優れる、B：同等、C：劣る

により、SSI-116 の殺虫力を向上することができると考えた。

そこで、化合物の安定性と稲体への付着量を調べながら、ツマグロヨコバイに対する殺虫活性を指標に、種々の DL 粉剤を検討した (表-7)。その結果、NO.21 の製剤が、トレボン粉剤より高い殺虫活性を示すことがわかった。その製剤は、稲体への付着量がトレボン製剤より 1.5 倍程多く、そのために高い死虫率を示したと考えている。さらにこの製剤の浮遊性指数は 9.8 であり、ドリフトは少なく、圃場での使用に問題がなかった。このように、SSI-116 とエトフェンプロックスの本質的な殺虫活性の差を、製剤化により同等以上に改善することができた。

3 SSI-116 の圃場試験

水田害虫用には、0.5%あるいは1.0%DL 粉剤を、畑地害虫用及び果樹害虫用には20%乳剤及び水和剤を用いて、社内の圃場試験を実施した。(表-8)。

その結果、水田の重要害虫であるウンカ、ヨコバイ類さらに、新たな水田害虫として防除体系の確立が望まれていたイネミズゾウムシに対しても0.5%DL 粉剤でも高い効果を示すことがわかった。また、イネミズゾウムシに関しては、育苗箱処理においても、効果が認められた(大羽ら, 1987)。しかし、畑地害虫及び果樹害虫に対しては、数種の害虫を除き、あまり高い効果は認められなかった。そこで、日本植物防疫協会の委託試験に供したところ、ウンカ、ヨコバイ類に対し、既登録剤と同等以上の効果が認められた。

お わ り に

以上、農薬の分野においても、既知の炭素化合物の一部の炭素原子をケイ素原子に置換する、ケイ素置換法が有用であることがわかった。そして、この研究に、Du Pont 社が開発した Flusilazole が殺菌剤として外国で

上市され、実用性のあることも確認された。さらに、最近、ヘキスト社も MTI-800 のケイ素置換体である HOE-498 の開発を検討しており (SCHUBERT et al., 1989)、ケイ素置換することによる予想以上の生物活性の変化を見いだしている。

このように、既存の農薬をケイ素置換する試みは、植物防疫上有効な薬剤を開発する一手段として、現在の問題点である製造コストを解決し、今後さらに発展することを期待する。

引 用 文 献

- 1) TERUOKA, A. et al. (1989): J. Pesticide. Sci. 14: 1~10.
- 2) SCHUBERT, H. et al. (1989): 日本農薬学会講演要旨集 14: 55.
- 3) NAKATANI, K. et al. (1982): 5th Int. Congr. Pestic. Chem., Kyoto, 1a-9.
- 4) 大羽克明ら (1987): 関西病虫研報 29: 37~38.
- 5) 大野信夫 (1992a): 化学 47 (3): 24~28.
- 6) ——— (1992b): 同上 47 (4): 43~48.
- 7) 大塚俊一 (1993): J. Pesticide Sci. 18 (3): S145-S153.
- 8) FESSENDEN, R. J. and J. S. FESSENDEN (1980): Adv. Organomet.Chem. 18: 275.
- 9) 上田実 (1982): 植物防疫 36: 64.

農薬に関する唯一の統計資料集! 登録のある全ての農薬名を掲載!

農 薬 要 覧

農林水産省農蚕園芸局植物防疫課 監修

—— 1993 年版 ——

B 6 判 675 ページ

定価 5,200 円 送料 サービス
(本体 5,049 円)

— 主 な 目 次 —

- I 農薬の生産、出荷
種類別生産出荷数量・金額 製剤形態別生産数量・金額
主要農薬原体生産数量 種類別会社別農薬生産・出荷数量など
- II 農薬の流通、消費
県別農薬出荷金額 農薬の農家購入価格の推移 など
- III 農薬の輸出、輸入
種類別輸出数量 種類別輸入数量 仕向地別輸出金額など
- IV 登録農薬
4年9月末現在の登録農薬一覧 農薬登録のしくみなど
- V 新農薬解説
- VI 関連資料
農作物作付(栽培)面積 空中散布実施状況など
- VII 付 録
農薬の毒性及び魚毒性一覧表 名簿 登録農薬索引など

- 1992年版—5,200円 送料380円
- 1991年版—5,000円 送料380円
- 1990年版—4,600円 送料380円
- 1989年版—4,400円 送料380円
- 1988年版—4,429円 送料380円
- 1987年版—4,223円 送料380円
- 1986年版—4,223円 送料380円
- 1985年版—4,017円 送料380円
- 1983年版—3,296円 送料310円
- 1963~82, 84年版—品切絶版

※定価は税込価格です。

お申込みは前金(現金・小為替・振替)で本会へ

海外ニュース

インドネシアとフィリピンの貯穀害虫

筆者は今年の1月から2月にかけて、国際農林水産業研究センターからの派遣によって、インドネシアとフィリピンで貯穀害虫の発生とそれによる穀類の損耗に関して調査する機会を得た。

インドネシアではボゴールとバンドンに約1週間ずつ滞在して、周辺の農家や地方の精米工場、政府管理倉庫など、各段階の穀物貯蔵場所と研究機関等を訪問した。また、フィリピンでは、北部(ルソン島)、中部(ビサヤ地域)、南部(ミンダナオ島)の各地を移動しながら、都市部と農村地域での貯蔵現場を調査した。

両国合わせて1か月の限られたものであったが、貯穀害虫研究の近況を含めて、紹介しておきたい。

1 インドネシア

貯蔵中の米穀類にとっての最重要害虫はコクゾウムシ(*Sitophilus zeamais*)とコクゾウムシ(*S. oryzae*)であり、貯蔵現場で最も多く見られたのはコクヌストモドキ(*Tribolium castaneum*)であった。また、穀蛾類ではガイマイツツリガ(*Corcyra cephalonica*)の発生が見受けられた。この地域で近年問題になり始めている害虫として、チャタテムシ類が挙げられる。被害の実情はよくわかっていないが、種籾貯蔵の段階で大発生すると、発芽率が損なわれるという。

貯穀害虫に関する研究として、ボゴール食用作物研究所(BORIF)では、籾灰や乾燥植物粉の混入による防除法の研究を行っている。特に、緑豆や大豆の害虫、アカイロマメゾウムシ(*Callosobruchus analis*) (日本未分布)を対象に調査を進めていた。熱帯生物東南アジア地区センター(BIOTROP)では、1978年以来、東南アジアにおける貯穀害虫のシンポジウムを3回開催している。現在、チャタテムシについて、米袋資材や精白度と発生の関係について研究を行っていた。また、香辛料薬用作物研究所では、ナツメグ等の香辛料の害虫、特にワタミヒゲナガゾウムシ(*Araecerus fasciculatus*)を対象に防除の研究をしていた。しかし、基礎研究をしているこれらの各研究機関とも貯穀害虫を担当しているスタッフは少人数で、活気に乏しいように感じた。その点、食糧調達庁(BULOG)の研究所では、防除の具体的な応用面での研究が進められ、その成果はチレボン港の倉庫でのホスフィンによるくん蒸や、巨大なプラスチックラップによるCO₂貯蔵の現場に見ることができた。

2 フィリピン

島嶼間による特徴的な害虫の分布を期待したが、今回得られた主要な害虫相には地域による差は特にみられず、いずれも世界共通種または熱帯分布種であった。この国でも貯蔵中の米穀で最も多くみられたのはコクヌストモドキで、次いでコクゾウムシ、コナナガシクイ

ムシ(*Rhizopertha dominica*)、ノコギリヒラタムシ(*Oryzaephilus surinamensis*)の順であった。穀蛾類ではやはりガイマイツツリガが重要で、幼虫、成虫とも高頻度で見られた。また、トウモロコシにはコクゾウムシとガイマイゴミムシダマシ(*Alphitobius diaperinus*)とが多くみられた。

収穫後の穀類に関する研究は、国立収穫後作物普及研究所(NAPHIRE)で行われている。NAPHIREでは、食糧庁(NFA)と連携を取って、現場での技術の普及を含め応用面での研究についていくつかのプロジェクトを組んで進めていた。各プロジェクトはNAPHIRE内の分野の異なる研究者がチームを構成して取り組まれており、オーストラリアやイスラエル等との国際共同研究として実施されている。例えば、この国でもCO₂貯蔵を行っているが、CO₂はコストがかかることから、それを低減する方策として、準高濃度の貯蔵(通常は80%~100%にして殺虫貯蔵しているが、20%程度でも発生は抑えられるという)を屋外で行うというような現場対応型の研究を進めており、トウモロコシについて、採集したサンプルの細菌学的検査や屋外型簡易サイロの貯蔵構造の研究などを各分野の研究者がチームを組んで進めていた。

3 貯穀害虫の発生状況

両国に共通して、貯蔵環境と害虫の発生は貯蔵の各段階で大きく異なっていた。

都市部、港湾等の集荷場所ほど害虫相がむしろ単純になり、個体数が多いように思われた。大規模な政府管理倉庫ではしばしば大発生がみられ、これに対する防除法としてCO₂貯蔵やホスフィンによるくん蒸が行われていた。CO₂貯蔵は(コストの件は別として)、大量・長期であっても封入されている期間には問題は生じていないようであったが、問題は封が解かれてから配給が終わるまでの防除対策にある。フィリピンの一部では貯蔵中の麻袋に対してピレスロイド系の殺虫剤の直接散布も行われていたが、その効果は一時的(表面的)に発生を抑えているに過ぎない。

一方、農家や地方の精米業者の倉庫では、倉庫環境は屋外と半ば連続しており、貯穀害虫の種類は多いものの、それぞれの個体数は意外に少なく、様々な天敵も同時にみられた。この段階では、実被害は大きくないので、特段の防除策は講じられていないようだった。しかし、多様な貯穀害虫が常時存在する発生源(プール)としての役割も果たしていることから、一貫した防除、管理体制を作らないと、ある段階で特定の害虫が大発生するという危険にさらされることになると思われた。

(農水省食品総合研究所貯蔵害虫研究室 池長裕史)

リレー随筆

植物検疫の現場から(3)

北海道での種馬鈴しょ検疫

ジャガイモがきらいという人に、私はまだ会ったことがない。淡白な味と白い色に加えて、ビタミンCを含む栄養価の高い食品である。終戦後食料難の時代にジャガイモで空腹をいやした人も少なくないと思う。私は植物防疫所に勤めて20年、この内13年間北海道の種馬鈴しょ検疫に携わってきたので、その概要と思い出を書いてみたい。

馬鈴しょは栄養繁殖によって増殖する作物で、その増殖率は低く、植付けた種イモの10～15倍しか収穫することができない。また、ウイルス病や輪腐病などのような病害が種イモに伝播して次代の生産に大きな被害を与えることから、健全で大量の種イモが必要になっている。

我が国の種馬鈴しょ採種体系は、全国に8か所ある種苗管理センターの農場から生産された原々種を元種に、道県直営の原種農場または委託原種圃場で一年間増殖された原種を、種馬鈴しょ生産農家の採種圃場で増殖したものが、種イモとして全国の一般農家で栽培されることになる。

植物防疫所では、採種体系の中で原種と採種用馬鈴しょについて、生育状況に合わせて第一期、第二期、第三期に分けて栽培地検査を実施し、病害虫のまん延を防止している。検査対象病害虫はジャガイモウイルス、輪腐病、そうか病、ジャガイモガ、ジャガイモシストセンチュウなど9種類である。

種馬鈴しょ検査は申請書の受付から始まる。今年は北海道の93市町村(農協)から、約6,000haの申請があった。北海道は比較的冷涼な気候で、ジャガイモの生育に適しており、全国の種イモの90%以上を供給している。また、栽培されている品種も多く、食用の男しゃく、メークインをはじめ、デンプン原料の紅丸、コナフブキ、ポテトチップスなど加工用の農林一号、トヨシロ、早生のワセシロ等20品種を超えている。

まず、提出された申請書類によって、使用予定種馬鈴しょの確認と植付予定圃場の審査を机上で済ませた後、具体的な圃場検査の準備が始まる。

種馬鈴しょ検査を直接担当する札幌支所の国内係は3名しかいないので、支所の国際係、管内各出張所の植物防疫官をはじめ、北海道庁の職員で植物防疫員に任命された検査官の応援を得て実施している。また、種馬鈴

しょを生産している各農協には、植物防疫官を補助するため種馬鈴しょ防疫補助員が配置されており、生産者への指導も行われている。

毎年、6月から始まる圃場検査日程の作成は、広大な北海道を、各検査官の業務予定や馬鈴しょの生育時期を勘案しながら、限られた予算の中で、地方バスの料金にも配慮して組まなければならない、難しい作業である。

また、検査前には各検査官のウイルス病株判定技術を整一にするため「目慣らし」を行っている。受検者である生産者はベテランが多く、ウイルス病に関する高い知識を持っており、我々植物防疫官はそれ以上のウイルス病判定技術を習得しておかなければならない。近年問題になっているウイルス病には品種によって微妙な症状を呈するものがあり、検査官にとっては日々検査技術の研鑽に努める必要がある。

圃場検査は広大な北海道に点在するイモ畑を廻るため、点々と宿泊地を換えながら続けられ、長期の場合は2週間に及ぶ。したがって、手荷物は観光客顔負けの大きさになり、“歩く植物防疫所”の様相を呈する。

一日の検査は、毎朝生産者や補助員その他種イモ関係者が一堂に集まっている中で、抽出圃場を発表することから始まる。圃場検査は、北海道全体の日程が決まっているため、天気にかかわらず実施するため、雨具は必携である。我々にとっては、晴天よりも曇天か小雨程度の日がウイルス病のモザイク症状は見やすく好都合である。

広い北海道にはいろいろな圃場があり、知床半島の山奥ではヒグマの縄張りの中に圃場があり、検査中は周囲の森にも注意を払わなければならない。また、マムシの生息地では抽出圃場で朝捕れた現物をみせられ、足元ばかりみながら歩いたこともある。一日の検査が終了すると結果を発表するわけだが、地域内の全圃場が合格したことを伝えと、受検者は安堵の表情に変わり、検査の疲れも忘れる。しかし、不合格がある場合は言葉を選びながら来年に向けての対策を含めて指導することになる。

種馬鈴しょ検疫は、良質の種イモを生産することによって馬鈴しょ産業ひいては日本農業が発展することを目的にしているので、検査至上主義になってはならない。しかし、一方では整一な基準によって検査を実施することが重要なことから、我々植物防疫官は冷たい頭と大きな心をもって対処している。世界的な食糧不足が叫ばれている今日、ジャガイモが主要な食糧になることを考えながら、今日もイモ畑を歩く。

(横浜植物防疫所札幌支所 佐伯 勇)

(口絵解説)

花の病害虫 (19) —— ガーベラ ——

ガーベラ属は、アフリカ、アジアに約 40 種が分布している。今日栽培されているガーベラ (*Gerbera Jamesonii* *hybrida* Hort.) は、南アフリカに分布する 2 種の野性ガーベラの交雑により生まれた雑種を起源としている。これらの原産地の気象条件からみて、温暖で乾燥した気候が栽培適地といえる。

我が国への導入は明治末期と古い。施設栽培による高品質生産には、実生系品種から栄養繁殖系品種に変わる必要があり、現在のような栽培が本格化したのは昭和 50 年代からである。スプレー系の切り花が主流の現在の消費動向からみて、長い花柄の先に大きな花を一つ付けるガーベラは、異色の存在である。それは太陽を連想させる花型や豊富で明るい花色が消費を促すためと思われる。

ガーベラの栽培面での新しい動きとしては、小輪系品種の登場、増産と、ロックウール栽培の増加である。小輪系は従来の大輪系の花茎が 10~12 cm に対し 6~8 cm と花径は小さいが、水揚げ、花持ちが優れていること、アレンジメントなどに使いやすく用途が広いこと、生産面では豊産性であることなどの理由で大幅に増加した。

ロックウール栽培は土壤病害回避や収量、切り花品質が土耕より優ることも可能なことから、オランダでは栽培面積の 44% に達し、栽培の主流になろうとしている。

病害ではモザイク病、斑点細菌病、根腐病、灰色かび病、斑点病、菌核病、白絹病、うどんこ病、半身萎ちょう病、虫害ではスリップス類、ハダニ類、アブラムシ類、コナジラミ類、マメハモグリバエ、シロイチモジヨトウ等が発生する。これらの中で、*Phytophthora* 菌による根腐病の発生は産地の存続にかかわる最も重要な問題である。

1 根腐病

発生は年間みられるが、多発時期は夏~秋である。初め外葉から生色を失いしおれてくる。やがて全葉がしおれ、病勢が進むと褐色に枯れ上がり、株は枯死する。根の症状は軽症株では、根系の一部に軟化腐敗部分がみられるが、重症株は根系全体が黒褐色に腐敗する。圃場での発生は数株が坪状になったり、畝に沿って連続している場合がある。

ガーベラでの発生は苗からの持ち込みと土壤伝染による場合がある。汚染苗の場合は定植まもないころから発病し、土壤汚染の場合は、通常、土壤消毒してから栽培されるため発病は遅くなる。

土壤消毒については臭化メチルで慣行的に行われているが、防除効果は高くない。ダズメット剤あるいはクロルピクリンによる土壤消毒とリドミル粒剤の株元施用の併用が有効である。ロックウール栽培は病原菌の進入には防衛的な側面があり、無病の苗や用水を用いることで発病が抑制されている。

2 斑点細菌病

Pseudomonas cichorii による細菌病で、葉での発生は葉縁部では黒褐色の斑点を生じ、進展すると葉身部へ V 字型や不整形の病斑を生じる。葉身部では不整形の円形病斑や葉脈に区切られた多角形の病斑を生じ、進展すると病斑が融合して大型の黒褐色の不整形病斑となる。

本病は露地でも、冬期の施設栽培でも発生する。ハウス内の発生場所は内張りビニールがたわみ、中央部の結露した水滴が落下して濡れた部分に集中しており、湿度環境が発生を助長している。発病適温は 20~25℃ である。

防除対策は発生が葉面の濡れに起因していることから、薬剤防除より耕種的な防除対策を講じる必要がある。

3 半身萎ちょう病

Verticillium dahliae による土壤病害で、初め下葉が紫黄色になり萎ちょうして、激しい場合は枯死する。葉の半分が黄化している場合もみられる。根冠部、根及び葉柄を切断するといずれも導管部が褐変している。

4 菌核病

Sclerotinia sclerotiorum による病害で灰色かび病とともに好湿性病害で冬~春期にかけて多湿条件下で発生する。症状は株際の葉柄や花梗から発病し、下葉、花梗がしおれてくる。被害部には白色の菌糸を生じ、やがてネズミの糞状の不整形の黒色菌核を生じる。

伝染源は菌核で、菌核は発芽して子のう盤を形成し、多数の子のうをつくる。子のう盤の形成は 14~20℃、多湿状態が良好である。薬剤防除は灰色かび病との同時防除が可能で、通常の管理で多発することは少ない。

5 灰色かび病

Botrytis cinerea による病害で、花卉に褐色斑点を生じるので問題となる。そのほか、二次的に菌核病の跡や枯死部分に感染したりする。伝染源は豊富で、多湿状態が続くと発生しやすくなる。防除対策としては、地際の子葉かきや枯死葉を除去し、通風をよくする。薬剤散布は株元にも十分かかるように行う。

6 モザイク病

栽培の主体がメリクロン苗による施設栽培のため、特に問題となることはないが、株分け栽培で CMV により葉のモザイク、花卉の脱色、奇形を生じる場合がある。

(和歌山県果樹園芸試験場 家村浩海)

植物防疫基礎講座

植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル(13)

ナシ黒斑病菌・リンゴ斑点落葉病菌

鳥取県園芸試験場	わた 渡 あき	なべ 辺 り	ひろ 博 まさ 正 ひで 英	ゆき 幸 よし 義 お 夫
秋田県果樹試験場	浅 いし	利 い		
農林水産省果樹試験場	石	井		

—— ナシ黒斑病菌（ポリオキシシン剤、
イプロジオン剤） ——

はじめに

現在、ナシ黒斑病の防除薬剤の中には耐性菌問題を生じている薬剤が二つある。それは、ポリオキシシン剤とイプロジオン剤である。

ポリオキシシンに対する耐性菌は、1971年に鳥取県米子市で初めて認められ、当年の“二十世紀”ナシに黒斑病が異常発生した地域も出現することとなり、初めて耐性菌発生の怖さを知ったと記されている（西村ら、1972）。

ポリオキシシン耐性のナシ黒斑病菌が確認されてから10年後の1981年に、新たな黒斑病防除薬剤としてイプロジオン剤が実用化された。1986年には、ナシ黒斑病菌と近縁のリンゴ斑点落葉病菌でイプロジオン剤に対する耐性菌が認められ（鈴木・瀬川、1982；浅利・高橋、1986）、ナシの黒斑病菌でも1992年に耐性菌の発生が確認された（渡辺、1992）。

ここでは、ナシ黒斑病菌のポリオキシシンとイプロジオン剤に対する感受性（耐性）検定について、説明を行ってみる。すでに、ポリオキシシン剤に対する検定法は、桜井ら（1976）、甲元ら（1977）及び宇田川（1978）などの報告がある。

1 菌の分離方法

ナシ黒斑病菌は、1～2年間試験管内の培地で保存しただけで、病原性、薬剤感受性などの性質が大きく変化することがある。そこで、病菌分離した直後に形成させた新鮮な分生胞子を供試して、薬剤感受性の検定を行うことにする。

Methods for Monitoring Fungicide Resistance——Black spot of Japanese pear (*Alternaria alternata* Japanese pear pathotype) By Hiroyuki WATANABE, *Alternaria blotch of Apple* (*Alternaria alternata* apple pathotype=*A. mali*). By Masayoshi ASARI and Hideo ISHII

(1) 対象の病斑を決める：調査対象となる発病部位をまず決定しておく。例えば、薬剤に対する感受性低下が、果実発病または葉の発病のいずれの問題なのかをできれば明らかにして、材料の採集を行う。

(2) 分離用培地：菌の分離は盛夏季に行うことが多いため、細菌の混入を少しでも防ぐためにシュクロース加用、乾杏寒天培地（乾杏 25 g, シュクロース 30 g, 寒天 20 g, 蒸留水で 1 l とし、pH を 4.5～5.0 に調整）を使用する。

(3) 病菌分離の手順（図-1）：葉、果実の病斑部分と健全部分の境界部から、5 mm 角の切片を取る。分離用切片に付着している雑菌を殺菌するため、昇汞・アルコール（HgCl₂ 1 g, NaCl 5 g, 蒸留水 200 cc, エチル・アルコール 800 cc）に 30～60 秒間浸漬する。次いで、これを直ちに殺菌水で十分に洗い、余分な昇汞・アルコールを洗い落とした後、殺菌水で洗って分離用培地に置床する。

(4) 供試菌の胞子形成と病原性の確認：分生胞子の形成を促進させるため、培地に分離切片を置床したシャーレに BLB 照射を行う。25℃、4～5 日後になると、分離切片から菌糸が伸長し、コロニーの表層には多量の分生胞子が形成されてくる。

分生胞子で薬剤感受性の検定を行う前に、形成された分生胞子の病原性を必ず確認しておく。黒斑病に罹病性の“二十世紀”と抵抗性の“幸水”の切り取った幼葉に分生胞子を綿棒で塗抹接種し、“二十世紀”に病斑形成を示す菌株を、黒斑病菌とする。

2 耐性菌の検定方法と判定基準

分生胞子の発芽状況からポリオキシシン剤、イプロジオン剤の最小生育阻止濃度（MIC）を求め、菌株の MIC 値から耐性菌と感受性菌を判定する。

(1) 検定用培地の調製：3% 寒天培地または V-8 ジュース寒天培地（V-8 ジュース 10 ml, KH₂PO₄ 0.5 g, L-アスパラギン 0.5 g, シュクロース 10 g, 蒸留水 1 l）のいずれかを検定用培地とする。

検定用培地に加用するポリオキシシン、イプロジオンは

市販されている薬剤を使用する。なお、オートクレープで滅菌することによって薬剤が変性し、特に、イプロジオンでその傾向が強い。このため、培地の滅菌後に薬剤を加用し、直ちにシャーレに分注する。実際には、溶けた培地を 50°C の温湯に保ち、温度が 50°C 前後で安定したときに、薬剤を加用する。

検定培地中のポリオキシシン剤は有効成分で 0, 2, 20, 200 ppm の 4 濃度を設定して、検定を行っている。

イプロジオン剤については、0, 3.9, 7.8, 15.6, 31.3, 62.5, 125, 250, 500 ppm の 9 濃度を設定し、MIC 値による菌株分布調査を行っている。これまでの調査で、耐性菌と感受性菌の境界値を 100 ppm としている。鳥取県では、0, 5, 50, 100 ppm の 4 濃度で簡易検定を行っている。

(2) 検定の手順

図-1 に示すように、BLB 照射下に置かれた分離菌株

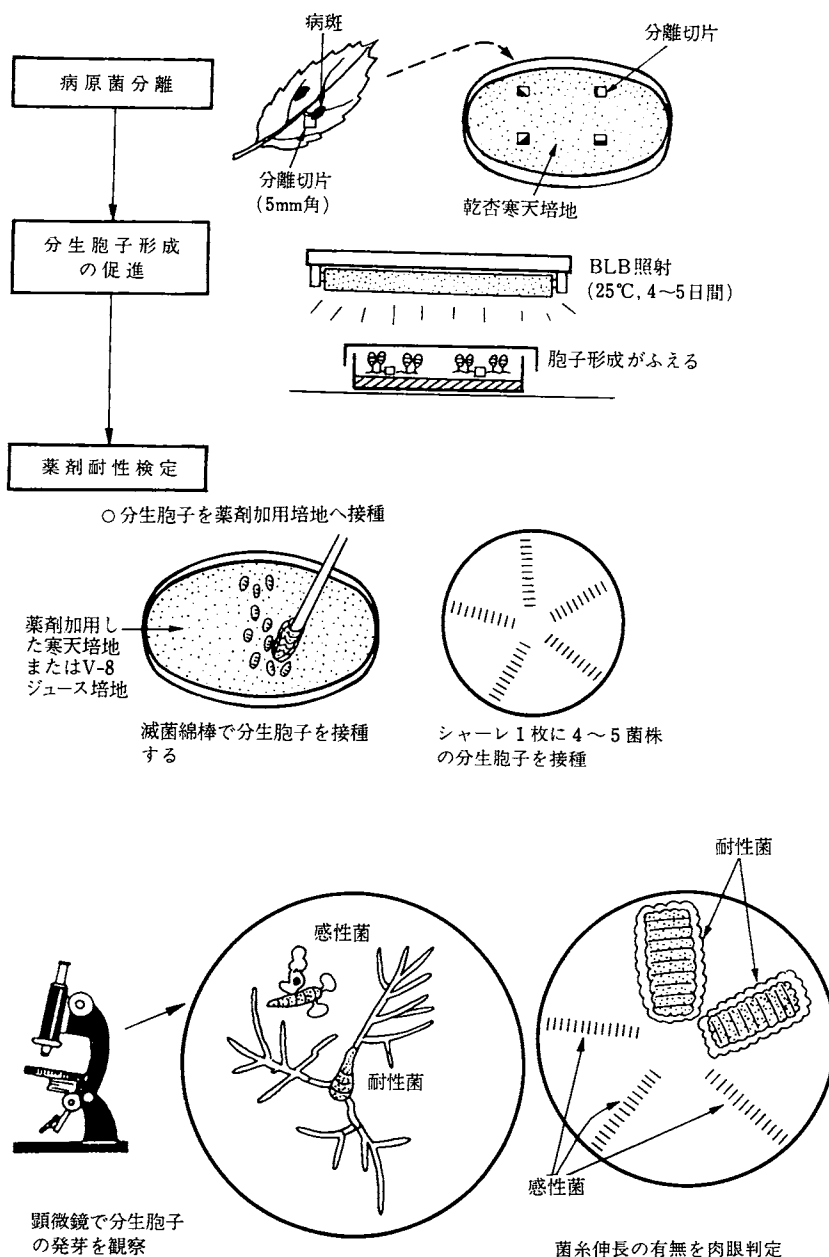


図-1 ナシ黒斑病菌の薬剤耐性の検定手順

のコロニーは、25℃、4～5日後には多量の分生胞子を形成しているので、これを薬剤を加用した検定培地に塗抹接種する。その際、市販されている滅菌済みの綿棒を使用する。綿棒は菌株ごとに交換する。なお、1枚の検定用シャーレに、4～5菌株の分生胞子を接種することができる。

(3) 判定基準

各菌株の分生胞子発芽によるMIC値の判定は図-1を参考に、25℃、1～2日後に顕微鏡下(10×10倍)で行い、さらに参考として25℃、4～5日後に継続して菌糸伸長の有無を肉眼調査する。しかし、ポリオキシシン、イプロジオン剤に対する感受性の検定に関しては、1～2日後の発芽管の異常発芽または不発芽をそれぞれMIC値判定の主要な基準としている。培養1～2日にわずかな割合で正常発芽した分生胞子が、おう盛な菌糸生育を示すことがあるので、4～5日後の菌糸伸長の調査では、判定を誤ることがある。

ポリオキシシン剤への耐性程度の基準は宇田川(1978)に従って、次のように設定している。高度耐性菌はポリオキシシン剤200ppm含有培地上で、分生胞子が正常発芽し、菌糸伸長しているもの。中等度耐性菌は、200ppmでは分生胞子は異常発芽し、菌糸伸長は認められないが、2、20ppmでは正常発芽し菌糸伸長している菌株である。感受性菌は2ppmの培地で分生胞子が異常発芽をし、菌糸伸長の認められない菌株である。

イプロジオン剤の耐性菌検定の基準は渡辺(1992)に従い、次のとおりである。耐性菌は100ppm以上のイプロジオン含有培地で分生胞子が正常発芽し、菌糸伸長の認められる菌株である。感受性菌は、100ppmでは分生胞子が異常発芽し菌糸伸長がなく、3.9～62.5ppmの範囲では正常発芽し、菌糸伸長ができる菌株である。

3 その他

耐性菌の検定結果を薬剤防除の現地指導に役立てるには、圃場における耐性菌の占有割合と薬剤の防除効果の低下との関係をどう判断するかが問題となる。さらに、当該農薬を使用中止するかどうかの判断は、室内の耐性菌検定の結果と圃場での防除効果の実態とをよく見極める必要がある。

ポリオキシシン剤の耐性菌検定結果の一例を表-1に示したが、この場合、中等度及び高度耐性菌を合わせて、実に90%以上の耐性菌比率となっている。このため、ポリオキシシン剤の単用散布では全く効果が上がらない試験例があり、このためポリオキシシン剤に有機銅を混用散布することで、トップクラスの防除効果が得られている。実際にも、年間18回散布のナシ病害防除暦の中で、ポリ

表-1 鳥取県内におけるポリオキシシン耐性ナシ黒斑病菌の分布(1989年)

地区	調査園数	供試菌株数	感受性の程度別菌株数		
			感性菌	中等度耐性菌	高度耐性菌
東部	4園	32菌株	4菌株	9菌株	19菌株
中部	7	58	3	8	47
西部	5	29	2	8	19
合計	16	119	9	25	85
割合		100%	7.6%	21.0%	71.4%

オキシシンと有機銅の混用散布を2～3回行っている。

イプロジオン剤については、実用化されてから10年以上経過したが、当初から耐性菌発達が予想され、年間の使用回数も鳥取県では最低の1回としていた。しかし、年次が進むうちに、耐性菌が各園、各地で見いだされるようになり、現在では鳥取県内で約10%の耐性菌株率となっている。また、園によってはイプロジオン耐性菌株率が50%をこえる例もみられるようになっており、イプロジオン剤の単用散布の是非が問題となってきた。1994年のナシ病害虫防除暦では、イプロジオン剤もポリオキシシン剤と同様に、有機銅またはジラム・チウラム剤との混合散布を行い、防除効果の低下を食い止めようとしている。

引用文献

- 1) 浅利正義・高橋俊作(1986)：日植病報 52(3)：516(講要)。
- 2) 甲元啓介ら(1977)：日植病報 43(3)：359。
- 3) 西村正暁ら(1972)：植物防疫 26(4)：157～159。
- 4) 桜井 寿ら(1976)：日植病報 42(3)：372(講要)。
- 5) 鈴木宣建・瀬川一衛(1982)：同上 48(1)：99(講要)。
- 6) 宇田川英夫(1978)：近畿中国農研 55：41～44。
- 7) 渡辺博幸(1992)：日植病報 58(4)：609(講要)。

(渡辺 博幸)

—— リンゴ斑点落葉病菌(ポリオキシシン剤、イプロジオン剤) ——

はじめに

現在我が国では、リンゴ斑点落葉病に対して多くの登録薬剤があるが、その中でもポリオキシシン剤及びイプロジオン剤は卓越した防除効果を有する薬剤として使用されている。

ポリオキシシン剤は1968年以降普及し、きわめて高い防除効果を発揮したが、1972年に山形県内で耐性菌の出現が確認され(大沼ら、1973)、その後全国的にポリオキシシン剤耐性菌の出現及びそれによる同薬剤の防除効果の低

下が報告された。

イプロジオン剤は主として、ポリオキシン剤耐性菌密度の高い園で使用されている。鈴木・瀬川 (1982) は圃場で試験的に本剤を連続散布し、耐性菌の出現の可能性を示したが、その後現地の一般圃場でも出現が確認された (浅利ら, 1986)。

リング斑点落葉病は、夏季の主要病害の中で最も発生が多く、防除対象の主体をなす病害である。防除は、予

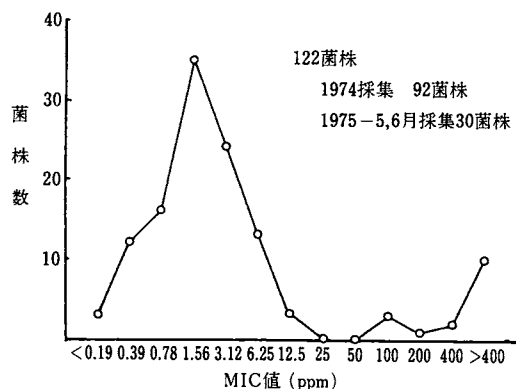


図-1 葉上病斑から分離した *Alternaria* 菌のポリオキシン剤感受性 (鈴木ら, 1985)

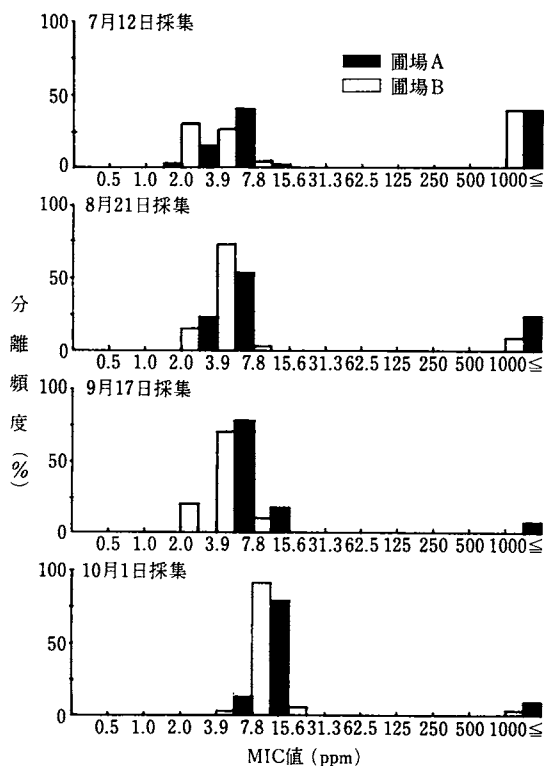


図-2 イプロジオン剤耐性の検定結果 (1985年)

防的な定期散布が基本であるが、多発条件下ではポリオキシン、またはイプロジオン剤の併用が不可欠である。そのため、両剤に対する耐性菌の出現状況を調査することは、防除薬剤を選択する上で重要である。ここでは、筆者が行っている両剤に対する感受性の検定法を紹介したい。

1 菌の分離方法

リング斑点落葉病菌は、葉、果実、枝に病斑を形成するが、葉からの分離が一般的である。病葉は、調査対象園全体から目的に応じた枚数を採集し、一葉から一病斑を分離に供する。通常直径数 mm の病斑はその部分を切り取るが、大型病斑はその一部の 3~4 mm 四方の葉片を切り取り、70% アルコールに数秒浸漬した後、直ちに 2% 次亜塩素酸ナトリウム液で 2~3 分間表面殺菌する。その後殺菌蒸留水で十分に洗浄し、組織片を滅菌シャーレに取り上げ、風乾後分離用培地に置床する。分離用培地としては、ストレプトマイシン硫酸塩 100 ppm 加用 PSA 培地を用いる。培養は、25°C で 3~4 日間行い、伸長した菌糸の一部を PSA 培地へ移植して培養後、検定に供する。この組織分離法は、厳密な試験研究には適さないが、多くの地点から採集した多数の菌株を検定する場合は、労力が軽減される。厳密な試験を必要とする場合は、菌の組織分離後形成させた分生孢子を単孢子分離する。

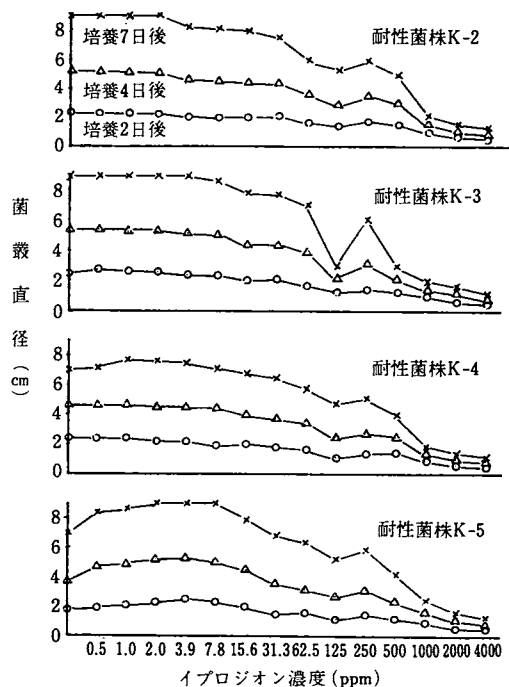


図-3 イプロジオン剤耐性菌の生育特性

2 検定方法

(1) 分離菌の前培養：PSA 培地で 25°C、暗黒下で 3 日間培養する。検定用培地の供試濃度数が多く、1 菌株当たりの菌叢ディスク数を多く必要とする場合は、5～7 日間培養する。培養後、形成された菌叢の周縁部から径 5 mm のコルクボーラでディスクを抜き取り、菌叢面が下になるように反転して検定用培地に置床する。

(2) 検定用培地の調整：PSA 培地に市販のポリオキシン 10% 水和剤及びイプロジオン 50% 水和剤を加える。ポリオキシン剤耐性の検定には有効成分で 0.39, 0.78, 1.56, 3.12, 6.25, 12.5, 25, 50, 100, 200, 400 ppm になるように薬剤を添加し、培地と十分かくはん後直ちにシャーレに流し込む。イプロジオン剤耐性の検定には有効成分で 0.5, 1.0, 2.0, 3.9, 7.8, 15.6, 31.3, 62.5, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 ppm に

なるように添加する。なお、薬剤はあらかじめ殺菌蒸留水に懸濁し、所定の濃度になるように加える。

薬剤の供試濃度は、それぞれ以上のように細分化することが望ましいが、広い範囲の調査地点から採集された多数の菌株を対象に、耐性菌の出現動向をおおまかに調査する場合などには、供試濃度数を減らすことも可能である。その場合、ポリオキシン剤は有効成分で 10, 100, 400 ppm とし、イプロジオン剤は有効成分で 100 ppm とする。

(3) 検定用培地での培養と判定：供試菌株の菌叢ディスクを検定用培地に置床後、25°C、暗黒下で 2 日間培養し、菌糸伸長の有無を判別する。

ポリオキシン感受性値の頻度分布曲線は、図-1 のとおり、1.56 ppm を頂点とする MIC 値 12.5 ppm 以下のグループと MIC 値 100 ppm 以上のグループに大別され、MIC 値 50～100 ppm 以上の菌株が耐性菌と考えられる（鈴木ら、1985）。

薬剤の供試濃度数を減らした場合は、MIC 値 100 ppm 以上の菌株をポリオキシン剤耐性菌とするが、MIC 値 25 ppm 以下を感受性菌、50～200 ppm を中等度耐性菌、400 ppm 以上を高度耐性菌とする基準もある（林、1985）。

イプロジオン剤感受性値の頻度分布は、図-2 のとおり 2 峰性を示し、第 1 のピークは MIC 値 2.0～15.6 ppm、第 2 のピークは MIC 値 1000 ppm 以上で 4000 ppm でも生育が認められる。また、耐性菌では図-3 のように 125 ppm 付近でポリモーダル生育が観察される（浅利・高橋、1988）。しかし、この生育現象は耐性菌の判別上支障とならないので、感受性菌と耐性菌の判別境界濃度を 100 ppm に設定するのが実用的である。

なお、調査地点の違いなどによって頻度分布のパターンが変わり、これによって耐性菌の判定基準も変わる可能性があるのので、供試薬剤の感受性のベースラインデータをもとに判別するのが望ましい。

3 検定結果と防除効果

リンゴ斑点落葉病菌について、ポリオキシン及びイプロジオン剤耐性の検定を行った結果を表-1 に示した。ポリオキシンの MIC 値が 100 ppm 以上を示す菌株（耐性菌）は、ほぼ全調査場所から検出され、

表-1 斑点落葉病菌の薬剤耐性検定 (1992 年)

調査場所 No.	採取 月日	供試 菌株数	ポリオキシンの MIC 値 (ppm)					イプロジオンの MIC 値 (ppm)
			0	<< 10	<< 100	<< 400	<	100<
1	8/ 6	37	70.3	18.9	10.8	0	%	0 %
2	10/29	55	20.0	74.5	5.5	0		0
3	10/29	52	25.0	55.8	17.3	1.9		0
4	10/29	46	23.9	41.3	30.4	4.3		0
5	8/ 6	34	14.7	64.7	17.6	2.9		0
6	10/29	40	50.0	27.5	10.0	12.5		0
7	10/29	68	13.2	51.5	32.4	2.9		0
8	10/29	52	23.1	57.7	17.3	1.9		0
9	10/ 5	57	17.5	68.4	14.0	0		0
10	10/29	42	40.5	52.4	7.1	0		0
11	10/ 5	23	4.3	34.8	52.2	8.7		0
12	7/22	5	20.0	40.0	40.0	0		0
13	7/22	25	28.0	48.0	20.0	4.0		0
14	7/22	9	22.2	66.7	11.1	0		0
15	10/ 5	43	30.2	67.4	2.3	0		0
16	7/22	32	15.6	46.9	31.3	6.3		0
17	10/ 5	35	48.6	37.1	8.6	5.7		0
18	7/22	25	24.0	60.0	16.0	0		0
19	8/ 6	36	0	47.2	44.4	8.3		0
20	10/ 5	44	2.3	6.8	6.8	84.1		2.3
21	10/ 5	22	18.2	50.0	13.6	18.2		0
22	11/ 6	63	50.8	28.6	19.0	1.6		1.6
23	11/ 6	56	33.9	57.1	7.1	1.8		0
24	11/ 6	31	35.5	64.5	0	0		0
25	8/ 6	36	47.2	50.0	2.8	0		0
26	8/ 6	44	52.3	38.6	2.3	6.8		2.3
27	8/ 3	29	6.9	44.8	37.9	10.3		0
28	8/ 3	23	0	26.1	39.1	34.8		0
29	8/ 6	58	17.2	65.5	17.2	0		0
30	8/ 6	38	50.0	39.5	10.5	0		0
31	7/22	45	44.4	44.4	8.9	2.2		2.2

MIC 値 400ppm 以上の菌株の占める割合が 84.1% という園地も存在した。広間・尾沢 (1980) は、防除の良否、栽培法、気象条件など他の要因が複雑に関与し、本病の発生とポリオキシシン剤耐性菌率との間には一定の関係が認められないとした。しかし、ポリオキシシン剤による防除の増強効果と耐性菌率について検討した結果、耐性菌低密度園 (20% 以下) では増強効果が低下する例は認められなかった (日植防, 1984)。したがって、耐性菌率 20% を判断基準とすると、31 調査園中 14 か所でポリオキシシン剤の使用が不可となる。イプロジオン剤耐性菌は、31 調査園中 4 か所で認められたが、いずれも耐性菌率が低く、イプロジオン剤の使用は可能と考えられる。したがって、ポリオキシシン剤の効果が期待できない園では、イプロジオン剤を使用するが、耐性菌出現回避のため年 1 回程度の使用にとどめ、本病の発生急増期に基幹防除剤 (保護剤) に加用して散布することが重要である。

引用文献

- 1) 浅利正義・高橋俊作 (1986) : 日植病報 52(3) : 516 (講要).
- 2) ——— (1988) : 秋田果試研報 19 : 13~24.
- 3) 林 重昭 (1985) : 農及園 60(9) : 77~81.

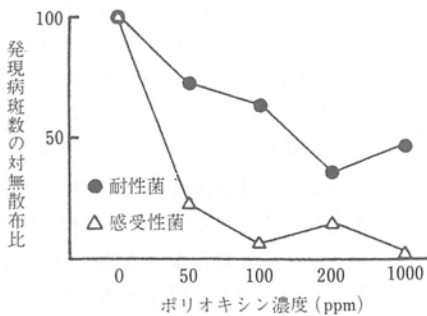


図-4 ポリオキシシン AL 水和剤の防除効果 (鈴木ら, 1985)

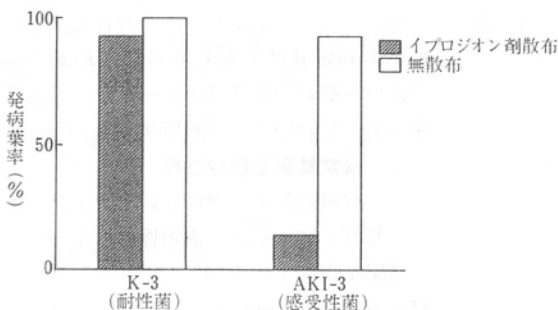


図-5 イプロジオン剤の防除効果 (接種試験)

- 4) 広間勝巳・尾沢 賢 (1980) : 関東東山病虫研報 27 : 85~87.
- 5) 日本植物防疫協会 (1984) : ポリオキシシン AL 剤特別委託試験成績 : 1~86.
- 6) 大沼幸男ら (1973) : 北日本病虫研報 24 : 70.
- 7) 鈴木直建・瀬川一衛 (1982) : 日植病報 48(1) : 99 (講要).
- 8) ———ら (1985) : 青森りんご試報 22 : 65~107.

(浅利正義)

——リンゴ斑点落葉病菌(キャプタン剤)——

はじめに

キャプタンはリンゴ斑点落葉病その他の防除薬剤として古くから使用され、今日に至っている。キャプタンはジクロフルアニド剤や、かつて登録があったダイホルタン (カプタホル) 剤などとともにポリハロアルキルチオ殺菌剤に属し、非選択的な多作用点阻害剤とみなされている。このため、キャプタンは一般には、菌の耐性発達リスクが小さい薬剤と考えられている。

しかし、1980 年代の半ばごろ、青森県においてリンゴ斑点落葉病に対するキャプタン剤の防除効果の低下が認められた (長内ら, 1987)。病原菌 (*Alternaria alternata* apple pathotype = *A. mali*) を分離後、分生胞子をキャプタン添加培地に接種して菌の生育を観察した結果、キャプタン感受性の低い菌株が一般防除園から多数検出され、耐性菌によって薬剤の効力不足が生じたとの疑いがもたれた。その一方で、本菌のキャプタン感受性の検定方法について再検討の必要性が指摘され (長内ら, 1988)、また、リンゴ苗木や切離葉への菌の接種試験によって、キャプタン感受性の低下を確認することができなかった (長内ら, 未発表)。このため、圃場におけるキャプタン剤の効力低下の原因は今なお定かではない。

したがって本稿では、キャプタン感受性の検定法等について簡単に述べるにとどめる。

1 検定方法

(1) 分離菌の前培養 : PDA または PSA 平板培地で 25°C、暗黒下で 5 日間培養後、形成された菌叢の周縁部から径 4mm のディスクを取り、菌叢面を下にして検定用培地に移植する。

(2) 検定用培地の調製 : ポリオキシシン剤の力価試験用培地 (ショ糖 10g, L-アスパラギン 0.5g, リン酸二水素カリウム 0.5g, ガーゼで汚過した V-8 ジュース 10 ml に蒸留水を加えて全量を 1 l とし、さらに寒天粉末 10g を加える) を殺菌後、市販のキャプタン水和剤 (有効成分 80%) を加えてよく混ぜ、シャーレに分注、固化させる。キャプタンはあらかじめ殺菌蒸留水に懸濁し、

有効成分が0, 0.19, 0.39, 0.78, 1.56, 3.12, 6.25, 12.5, 25, 50, 100, 200, 400, 800 $\mu\text{g/ml}$ となるように2倍段階希釈法によって培地に添加する。

(3) 検定用培養と判定: 供試菌株の菌叢ディスクを検定用培地へ移植後, 25°C, 暗黒下で2~4日間培養して形成された菌叢の直径を測定する。また, その値に基づいてキャプタンの供試菌株に対する EC_{50} (50%生育阻止濃度)を算出する。

1988年にキャプタン剤の防除効果の低下が認められた青森県りんご試験場内の圃場と, 数年間キャプタン剤を使用していない青森県西津軽郡鰺ヶ沢町の圃場から単孢子分離した菌について, キャプタンの EC_{50} を求めた。その結果, EC_{50} 値は6.9~313.9 $\mu\text{g/ml}$ と菌株によって大きく異なったが, 菌のキャプタン感受性の分布に圃場間で違いはみられなかった(長内・石井, 未発表)。なお, 各菌株の菌糸生育に対するキャプタンのMIC(最小生育阻止濃度)は400~800 $\mu\text{g/ml}$ 以上の値を示した。このことから, リンゴ斑点落葉病菌の培地上での菌糸生育に対してキャプタンの阻害作用が本来弱いことがうかがわれた。

2 薬剤の防除効果との関連

キャプタン剤の効力低下がみられた圃場から分離された菌株(培地上の菌糸生育に対するキャプタンの EC_{50} , 105.6 $\mu\text{g/ml}$)ほか数菌株を, 乾アンズ寒天平板培地で25°C, BLB照射下で2週間培養し, 得られた分生孢子の懸濁液を, あらかじめキャプタン剤を有効成分で0.500または1,000 $\mu\text{g/ml}$ となるように散布したリンゴの葉に接種, 25°Cの湿室に保った。2~3日後, 葉における病斑面積率を求め, これからキャプタン剤の防除価を計算したところ, 薬剤処理区ではいずれの菌株に対してもおおむね90以上の十分な値が得られた(長内ら, 未発表)。

なお, キャプタンは菌糸生育よりも孢子発芽を抑える作用のほうが強いが(BARAK and EDGINGTON, 1984), スライドグラス上の孢子発芽試験でキャプタン感受性が異なる

菌株をリンゴの葉に接種した試験においても, キャプタン剤には高い防除価が認められた(長内ら, 未発表)。

3 残された問題点

一連の試験から, リンゴ斑点落葉病菌のキャプタン感受性に菌株間で違いのあることが明らかになった。しかし, 現地で報じられたキャプタン剤の効力低下を, 菌の薬剤感受性の頻度分布の違いによって説明することはできなかった。すなわち, 耐性菌の密度上昇によってキャプタン剤の効果が低下したとするのに十分な証拠は得られなかった。

キャプタン剤の灰色かび病に対する防除効果の低下がかつて海外で報告され(PEPIN and MACPHERSON, 1982), また, 耐性菌によるキャプタンの解毒についても論じられたことがある(BARAK and EDGINGTON, 1984)。その後, キャプタンと同じく多作用点阻害剤に属するジクロフルアニド剤に対する耐性菌の出現と, 薬剤の効力低下が灰色かび病菌で証明されている(MALATHRAKIS, 1989)。

このように考えると, 立証データは不十分であるものの, 圃場で一時的に誘導された耐性が(例えば, 解毒酵素の活性増大等によって), 菌の分離と薬剤無添加培地での培養によって失われる可能性もあながち否定できない(石井, 1994)。したがって, 菌の分離後, なるべく早く薬剤感受性を検定したほうがよさそうである。

引用文献

- 1) 長内昌彦ら(1987): 北日本病虫研報 38: 72~73.
- 2) ———ら(1988): 同上 39: 259 (講要).
- 3) BARAK, E. and L. V. EDGINGTON (1984): Can. J. Plant Pathol. 6: 318~320.
- 4) PEPIN, H. S. and E. A. MACPHERSON (1982): Plant Dis. 66: 404~405.
- 5) BARAK, E. and L. V. EDGINGTON (1984): Pestic. Biochem. Physiol. 21: 412~416.
- 6) MALATHRAKIS, N. E. (1989): Plant Dis. 73: 138~141.
- 7) 石井英夫(1994): 第11回農薬生物活性研究会シンポジウム資料: 11~24.

(石井英夫)

新しく登録された農薬 (6.7.1~6.7.31)

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(製造業者又は輸入業者名)、対象作物：対象病害虫：使用時期及び回数など。ただし、除草剤については適用雑草：使用方法を記載(…日…回は、収穫何日前何回以内散布の略)。(登録番号 18757~18763 までの 7 件、有効登録件数は 5795 件)

「殺虫剤」

BPPS 水和剤

BPPS30.0%

オマイト水和剤 (6.7.25)

18757 (住友商事), 18758 (アグロス)

りんご：ハダニ類：30 日 2 回、みかん：ハダニ類：14 日 2 回、ぶどう：うどんこ病：21 日 5 回、茶：カンザワハダニ：摘採 14 日前まで：2 回以内：散布、もも：ハダニ類：21 日 2 回、おうとう：ハダニ類：収穫後～落葉期：散布

BPPS 乳剤

BPPS 57.0%

オマイト乳剤 (6.7.25)

18759 (住友商事), 18760 (アグロス)

茶：カンザワハダニ：摘採 14 日前まで：2 回以内：散布

「殺菌剤」

ヒドロキシソキサゾール・プロピコナゾール水和剤

ヒドロキシソキサゾール 25.0%, プロピコナゾール 12.5%

ミックレート水和剤 (6.7.25)

18761 (北海三共)

芝(ペントグラス)：雪腐小粒菌核病・紅色雪腐病：根雪前：3 回以内：1 m² 当たり 0.2 l 散布

「殺虫殺菌剤」

PAP・PHC・フサライド・EDDP 粉剤

PAP2.0%, PHC1.0%, フサライド 1.5%, EDDP2.0%

ヒノラブパアサンサイド粉剤 35DL (6.7.25)

18762 (日本バイエル)

稲：いもち病・穂枯れ(ごま葉枯病菌)・ニカメイチュウ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類・カメムシ類：21 日 4 回

「除草剤」

メトスルフロンメチル水和剤

メトスルフロンメチル 60.0%

サーベル DF (6.7.25)

18763 (丸和バイオケミカル)

日本芝：一年性及び多年生広葉雑草：春期～夏期芝生育期(雑草発生始期～生育初期)・秋期～冬期(雑草発生始期～生育初期)：2 回以内：雑草茎葉散布

発行

日本植物防疫協会

「昆虫の飼育法」

共編：湯嶋 健・釜野静也・玉木佳男

収録種(項目)数 126 種

B5 判 400 ページ・

定価 12,000 円(本体 11,650 円) 送料サービス

昆虫の飼育法

湯嶋 健
釜野静也
玉木佳男 | 編



社団法人 日本植物防疫協会

昆虫の飼育法について、実際に飼育に従事されている方に、独特のコツを含めて詳述していただいた。総論では、共通性のある、餌の種類／人工飼料の調整／飼育虫の病気対策／虫質管理／飼育環境／飼育施設／飼育計画と作業計画などを、各論では、126 種(項目)の虫につき、材料の採集／餌／飼育法／作業計画／注意事項と問題点／参考文献などを詳述。付録に、ビタミン混合とその作り方、無機塩混合物とその作り方、昆虫用市販人工飼料リストを付す。

〈お申し込みは前金(現金書留・郵便振替)で本会まで〉

お知らせ

☆第9回報農会シンポジウム『植物保護ハイビジョン1994』のご案内

—海外の植物保護事情と日本の立場—

主催：財団法人 報農会

日時：平成6年9月28日（水）10：00～17：00

場所：家の光会館・7階講堂（東京都新宿区市谷船河原町11）JR、地下鉄：飯田橋駅下車

講演：10：10～11：10 ベトナムの植物保護事情（農業事情）（メコン通商（株））ホン・レ・トー氏

11：15～12：15 パラグアイ（南米）における植物保護の現状（JICA）安田壮平氏

13：30～14：30 穀物のカビ毒について（農水省食品総合研究所）真鍋 勝氏

14：35～15：35 アメリカにおける耕起法の変化と雑草の総合防除（宇都宮大学）竹内安智氏

15：50～16：50 総合討論

17：00～19：00 功労者表彰式および懇親会（1階会議室）

参加費：5,000円（当日参加 6,000円） 学生1,000円
講演会参加者は全員表彰式及び懇親会に招待されます。

申込み：参加希望者は9月10日までに下記口座へ参加費をお振込み下さい。前もってテキストと名札をお送り致します。

（郵便振替）00100-5-103214 財団法人 報農会

連絡先：財団法人 報農会 事務局 吉田孝二氏

〒187 小平市鈴木町2-772 植物防疫資料館内

TEL 0423-81-5455

シンポジウム開催実行委員代表 本間保男氏

〒351-01 和光市広沢2-1 理化学研究所微生物制御研究室ファンジトロン

TEL 048-462-1111（内5516）

新刊紹介

「ウンカ」—おもしろ生態とかしい防ぎ方—

那波邦彦 著

A5版, 148頁, 定価1,500円

（社）農山漁村文化協会, 1994年発行

ウルグアイ・ラウンドの決着に伴うミニマムアクセスの受け入れ、平成5年の異常気象による不作に起因する緊急輸入など、日本の稲作は突如として国際化の波に直面することになった。このため、コストダウンや環境保全型農業に取り組む農家も増加し、Integrated Pest Management (IPM) の重要性は今までに高まっている。

しかし、IPMが定着するには、農家が対象病害虫の生態、被害、防除対策などを熟知したうえで、自分の生産目的に合った総合的な防除対策を構築していく必要がある。日本で、「防除から管理へ」の防除戦略の転換が提唱されたのは1970年代であり、以後、稲のウンカ・ヨコバイについて势力的な研究を行ってきた筆者が、その成果の現場への定着を願って書かれたのが本書である。そのため、農薬のじょうずな使い方や減農薬の方法が農家にわかりやすい表現で盛り込まれているのはもちろんであるが、さらに、見分け方に始まり、生態、行動、天敵、果ては抵抗性品種とバイオタイプの話まで、最新の知見もあますところなく詰め込まれている。タイムリーな時期に出版された本書が農家や現場の指導者に活用され、ウンカ類とかしいこつくきあう農家が増加することを期待する。

（香川県病害虫防除所 宮下武則）

日本植物防疫協会の生物農薬関連図書

「生物農薬開発の手引き」

B5判 111頁 定価2,000円 送料310円

生物農薬の実用化促進に社会的な期待が寄せられており、行政面でも農薬登録のガイドライン（微生物農薬検査基準）の検討が進められている。当協会でも「生物農薬検討委員会」を設置し、適切な試験研究をすすめるための諸問題の検討を始めた。本書はその事業の一環として作成されたもので、これまでの知見や議論を集約し、開発や試験研究の参考とするべく資料を集成し、解説を加えたものである。

雑誌「植物防疫」特別増刊号 No.2

「天敵微生物の研究手法」

B5判 222頁 定価3,000円 送料140円

生物農薬の中で一番研究開発の進んだ天敵微生物について、その採集から各種実験法までを詳しく解説。

「天敵農薬」

—チリカブリダニその生態と応用—

森 樊須（北海道大学名誉教授）編

A5判 130頁 定価2,400円 送料310円

協 会 だ よ り

○「生物農薬の開発・利用に関するシンポジウム」の会場変更のご案内

9月6～7日に開催致します当協会主催の標記シンポジウムにつきましては、申し込み者が予定を大幅に上回りましたことから、急拠会場を変更して開催致すことになりました。ご来場にあたりまして、お間違いのなきよう、よろしくお願い申し上げます。

なお、1日目と2日目では会場も違い、2日目の開始時間、終了時間も若干変更がありますので、併せてご注意ください。

〔会場〕

9月6日(火) 1日目: 三宅坂ホール
(東京都千代田区永田町 社会文化会館内)
03-3592-7531

開会 10時, 閉会 17時

9月7日(水) 2日目: よみうりホール
(東京都千代田区有楽町1 そごう7階)
03-3231-0551

開会 9時, 閉会 16時 20分

○日植防成績検討会スケジュール

リンゴ農薬連絡試験	10月20日～21日	(東京・家の光)
茶農薬連絡試験	10月27日～28日	(東京・家の光)
一般委託試験: 北海道	11月9日～10日	(札幌・札幌サンプラザ)
東北	11月10日～11日	(盛岡・ホテルメトロポリタン)
北陸	11月1日～2日	(直江津・ホテルハイマート)
関東	11月7日～8日	(東京・ホテルラングウッド)
東山東海	〃 (〃)	
近畿中国	11月21日～22日	(福山・福山グランドホテル)
四国	11月16日～17日	(高知・サンピア高知)
九州	11月14日～15日	(博多・ミタカホール)
桑農薬連絡試験	11月28日	(東京・家の光)
芝草農薬連絡試験	12月1日～2日	(東京・家の光)
落葉果樹農薬連絡試験	12月5日～6日	(東京・ホテルラングウッド)
カンキツ農薬連絡試験	12月7日～8日	(東京・ホテルラングウッド)
生物農薬連絡試験	平成7年4月(予定)	

(注) 9月に合同シンポジウム(生物農薬)を行う関係で、各種研究会シンポジウムは本年は開催されません。また、果樹関係の防除暦検討会議は開催されない見込みです。

主 な 次 号 予 告

次10月号は、下記原稿を掲載する予定です。

新台木品種によるナス青枯病の防除	岡山健夫
ワタアブラムシの寄主選択阻害因子	篠田徹郎
養液栽培における土壌病原菌の生物防除, その戦略と展望	駒田 旦
寄生蜂によるアザミウマ類の生物的防除の可能性	
——アザミウマヒメコバチを中心に——	村井 保
最近のPGPR(植物生育促進性根圏細菌)研究の現状と展望	岡本 博

国際農薬化学会議に出席して——農薬の環境動態の評価手法, 新農薬の開発動向(殺虫剤・殺菌剤・除草剤), 農薬の新しい分析法——
佐藤清・壇辻定和・益子道生・小林岑右・小田中芳次
(リレー随筆) 植物検疫の現場から
植物防疫基礎講座
植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル(14)
——ナシ・リンゴ黒星病菌—— 石井英夫

定期購読者以外のお申込みは至急前金にて本会へ
定価1部800円 送料76円

植 物 防 疫

平成6年

9月号

(毎月1回1日発行)

＝ 禁 転 載 ＝

第48巻 平成6年8月25日印刷

第9号 平成6年9月1日発行

編集人 植物防疫編集委員会

発行人 岩 本 毅

印刷所 三美印刷(株)

東京都荒川区西日暮里5-9-8

定価800円 送料76円
(本体777円)

平成6年分
前金購読料 9,000円
後払購読料 9,600円
(共に千サービス, 消費税込み)

—— 発 行 所 ——

東京都豊島区駒込1丁目43番11号 郵便番号 170

社団法人 日本植物防疫協会

電話・東京 (03) 3944-1561～6番

FAX (03) 3944-2103番

振 替 00110-7-177867

ウンカ・ヨコバイからカメムシまで。害虫防除はまかせて！

トレボン[®] 粉剤DL

(エトフェンプロックス 0.5%)

イネミズ防除をはじめ幅広い害虫防除に

トレボン[®] 粒剤

(エトフェンプロックス 1.5%)

水稻をはじめ幅広い作物の害虫防除に

トレボン[®] 乳剤

(エトフェンプロックス 20%)

柿をはじめ果樹の害虫防除に

トレボン[®] 水和剤

(エトフェンプロックス 20%)

ウンカ・カメムシ防除に空散用殺虫剤

トレボン[®] エアー

(エトフェンプロックス 10%)

水稻害虫防除に省力的な滴下式殺虫剤

トレボン[®] サーフ

(エトフェンプロックス 4.0%)



人畜および鳥類にきわめて毒性が低く、環境に対する影響の少ないトレボンは、広範囲の害虫に優れた効き目を発揮します。抵抗性害虫にも低薬量で優れた効果、しかも作物に薬害がありません。

自然にやさしい殺虫剤

トレボン普及会

事務局

三井東圧化学株式会社

東京都千代田区霞が関3-2-5

☎ 03 (3592) 4917

® は三井東圧化学株式会社の登録商標です。



効きめ、速攻……。
環境にやさしい……。



茶のカンザワハダニ防除に…

MILBEKNOCK

ミルベノック^{*} 乳剤



三共株式会社

東京都中央区銀座2-7-12 千104
農薬開発普及部

★ 日産化学

奏でるのは、
実りの前奏曲。
プレリュード



- 優れた抗菌力で、馬鹿苗病、ごま葉枯病、いもち病を同時に防除します。
- 低温時でも安定した消毒効果を示し、他剤の耐性菌にも高い効果があります。
- 乳剤なので薬剤の均一性が高く、攪拌の必要がありません。
- 種粒への吸着（浸透）に優れているので、消毒後は風乾せずに浸種できます。

適用病害と使用方法

作物名	適用病害虫	希釈倍数	使用時期	本剤及びブクロラズを含む農薬の総使用回数	使用方法
稲	いもち病	1,000倍	浸種前	1回	24時間 種子浸漬
	ばか苗病	100倍			10分間 種子浸漬
	ごま葉枯病	40倍 乾燥種粒1kg当り希釈液30ml			吹付け処理（種子消毒機使用）又は塗抹処理

実りのプレリュード・種子消毒剤



スポルタック® 乳剤

●ブクロラズ-25% SPOR-TAK®

R はシェーリングアングロモカルバリデット(英国)の登録商標

しつこい害虫も即OK!

ミナミキイロアザミウマ、コナガ、ネギハモグリバエ等

難防除害虫に卓効!

オンコル® 粒剤 5

特長

- 1 浸透移行性：速やかに浸透移行し、植物全体を害虫から守ります。
- 2 残効性：残効期間が長いので、薬剤散布回数を減らすことができます。
- 3 広い殺虫スペクトル：広範囲の害虫に効果を示し、一剤で同時防除が出来ます。

※新たにキスジノミハムシ、アオムシ、アブラムシ等の害虫にも、登録が拡大され更に使い易くなっております。



大塚化学株式会社

大阪市中央区大手通3-2-27
農薬部 / Tel.06(946)6241

頼・り・に・な・り・ま・す

ベフラン® 液剤25 塗布剤3

ディクタジン®
塗布剤

- 耐性菌に対して有効で、すぐれた予防効果・残効性があります。
- 経済的で使い易く、殺虫剤との混用が可能です。



- 大切な梨を網枯病から守ります。
- 固着性・残効性もバツグンです。



ベフラン普及会
クミアイ化学工業株式会社・三共株式会社・八洲化学工業株式会社・サンケイ化学株式会社
事務局 **大日本インキ化学工業株式会社**
東京都中央区日本橋3-7-20 ☎03(5203)7870

植物ウイルス・細菌診断用抗血清の配布のお知らせ

当協会では、植物防疫上重要な病原の診断及び免疫研究用として下表のように、植物ウイルス及び細菌診断用抗血清を作製・調製の上、実費配布しております。なお、申し込みは下記あて文書またはFAXにてお願いいたします。なお、見積・請求書等指定用紙がある場合はお知らせ下さい。

また、ウイルス病診断同定依頼も実費にて実施しております。それらの内容については、当研究所病害研究室までご相談下さい。

(申込み先)

(社)日本植物防疫協会研究所 総務係

住 所 〒300-12 茨城県牛久市結束町 535 番地

電 話 0298-72-5172 FAX 0298-74-2294

配布可能な植物ウイルス及び細菌抗血清

抗血清の種類	区 分	利用できる血清試験方法
ウイルス抗血清		
1 イネ縞葉枯ウイルス (RSV)	C	ラテックス凝集, エライザ
2 イネ萎縮ウイルス (RDV)	C	赤血球凝集, ラテックス凝集, エライザ
3 オオムギ縞萎縮ウイルス (BaYMV)	D	エライザ
4 クローバー葉脈黄化ウイルス (CYVV)	B	〃
5 ラッカセイわい化ウイルス (PSV)	B	〃
6 アズキモザイクウイルス (ABMV)	C	〃
7 ジャガイモ X ウイルス (PVX)	A	微量沈降, 二重拡散, エライザ
8 ジャガイモ Y ウイルス (PVY)	D	エライザ
9 タバコモザイクウイルス 普通系 (TMV-OM)	A	微量沈降, 二重拡散, エライザ
10 タバコモザイクウイルス トマト系 (TMV-L)	A	〃
11 タバコモザイクウイルス トウガラシ系 (TMV-P)	A	〃
12 タバコモザイクウイルス ワサビ系 (TMV-W)	A	〃
13 キュウリモザイクウイルス 普通系 (CMV)	B	〃
14 キュウリ緑斑モザイクウイルス スイカ系 (CGMMV-Wa)	A	〃
15 キュウリ緑斑モザイクウイルス キュウリ系 (CGMMV-C)	A	〃
16 メロンえそ斑点ウイルス (MNSV)	C	エライザ
17 カブモザイクウイルス (TuMV)	A	微量沈降, 二重拡散, エライザ
18 カボチャモザイクウイルス (WMV)	B	〃
19 ブッキーニエローモザイクウイルス (ZYMV)	B	〃
20 ユリ潜在ウイルス (LSV)	E	エライザ
21 オドントグロッサムリングスポットウイルス (ORSV)	E	〃
22 シンビジウムモザイクウイルス (CyMV)	E	〃
23 温州萎縮ウイルス (SDV)	D	〃
24 柑橘トリステザイルス (CTV)	D	〃
25 柑橘タターリーフウイルス (CTLV)	E	〃
26 ブドウファンリーウイルス (GFV)	D	〃
細菌抗血清		
1 シュードモナス・グルメ (PG)	A	エライザ
2 シュードモナス・セバシア (PC)	A	〃
モノクローナル抗体		
1 イネ縞葉枯ウイルス (RSV)	F	エライザ
2 キュウリ緑斑モザイクウイルス スイカ系 (CGMMV-Wa)	F	〃
3 タバコモザイクウイルス 普通系 (TMV-OM)	F	微量沈降, 二重拡散, エライザ
4 タバコモザイクウイルス トマト系 (TMV-L)	F	〃
5 タバコモザイクウイルス ワサビ系 (TMV-W)	F	エライザ
6 キュウリモザイクウイルス (CMV)	F	〃
7 シュードモナス・セバシア (PC)	F	〃

1) 平成6年9月1日現在。 2) 抗血清作製・調製の難易と所要経費の多少に応じてA～Fに区分した。

各種試験用抗血清配布単価 (実費)

区 分	抗血清 (1ml)		感作赤血球 15 ml : 500 検体	感性ラテックス 25 ml : 500 検体	エライザ用セット 1 ml : 500～3,000 検体
	一般	国公立機関			
A	18,000 円	10,800 円	円	円	39,000 円
B	22,500	13,500			40,500
C					42,000
D					47,500
E	56,000	33,600	29,500	28,500	50,500
F	50,500	30,300		31,500	49,000

消費税 (3%) が加算されます。

**正確・迅速をモットーに
時代のニーズにお応えします。**

業 務 内 容

●依頼分析

植栽地、緑地-----植栽地土壌、客土の物理性、化学性分析
考古学分野-----遺跡土壌などの化学分析
農耕地・その他の土壌---土壌の物理性、化学性分析
植物体分析-----植物体の無機成分分析
肥料分析-----植物質、動物質、無機質肥料の分析
土壌汚染-----土壌汚染物質の分析
その他、水質、産業廃棄物の分析は、その都度ご相談に応じます。

●土壌調査および植生テスト

依頼分析のための土壌調査、採取、および活性汚泥、産業廃棄物に係わる植生テストなどもご相談に応じます。

パリオ・サーヴェイ株式会社

地質調査業者
計量証明事業

群馬県 質 80-982
環 第17号

本 社 〒103 東京都中央区日本橋室町2-1-1三井ビル
TEL 03(3241)4566 FAX 03(3241)4597
研究所 〒375 群馬県藤岡市岡之郷戸崎559-3
TEL 0274(42)8129 FAX 0274(42)7950

日本植物防疫協会 発行

性フェロモン剤等使用の手引

内容 ◆性フェロモンとその利用法
◆発生予察 ◆交信かく乱
◆大量誘殺



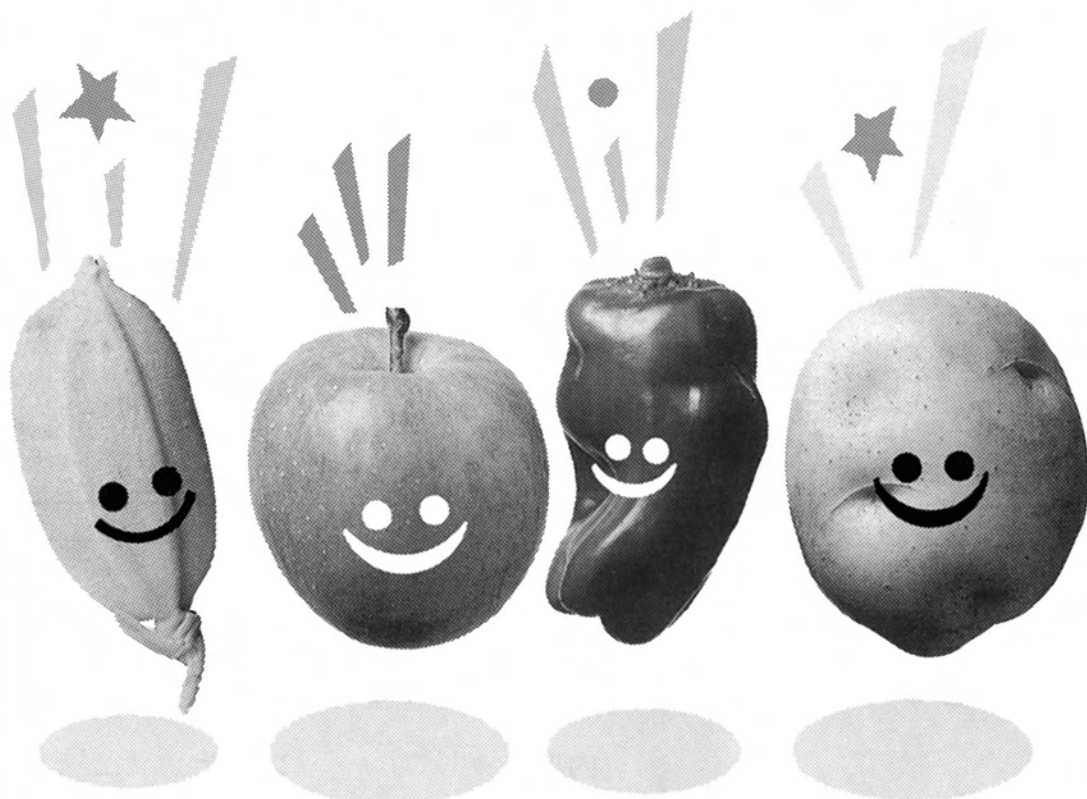
害虫の発生予察用に広く利用されている性フェロモン剤を、初めて使用される方を対象に編集した手引書です。性フェロモン剤の基礎的知識を得る参考書として、現場におけるマニュアルとして平易に解説されております。また、旧版では取り上げていなかった防除用の性フェロモン剤についても、交信かく乱・大量誘殺に分けて各製剤ごとに解説してあります。

B5判 86ページ(カラー4ページ)

定価 1,800円(本体1,748円) 送料 310円

〈お申し込みは前金(現金書留・郵便振替・小為替など)で本会まで〉

当社の製品を どうぞよろしくお願いします。



水稻から園芸までの総合防除に
—— 当社の主力ライン・ナップ ——

いもち病、登熟向上に
フジワン

ウンカ・ヨコバイ類に
アプロード

もんがれ病に
モンカット

水田の一発除草に
フジクラス

ダニ専科
ダニトロン

®は日本農薬株の登録商標です。



日本農薬株式会社
東京都中央区日本橋1丁目2番5号



おいしい笑顔の応援団
 人と畑と安心農薬。アグロ・カネショウがお手伝い。



連作障害を

シャット・アウト!!

刺激が少なく、安心して使用できる
 土壌消毒剤



® バスアミド 微粒剤

®ドイツ国BASF社の登録商標で、
 本剤は同社で製造されたものです。

バスアミドはオゾン層にやさしい土壌消毒剤です。



アグロ・カネショウ株式会社
 東京都千代田区丸の内3-1-1

長い効きめ、高い効果

クミアイ

アドマイヤー®

箱粒剤 水和剤

①粒剤 粉剤DL



アドマイヤーは、まったく新しい系統の殺虫剤で、水稻の初期害虫～ウンカ類まで、長期間防除効果を持続します。野菜・果樹ではアブラムシ類やスリップス類などの難防除害虫にも高い効果を発揮します。



JAグループ

農協



経済連

※は登録商標です

自然に学び 自然を守る



クミアイ化学工業株式会社

本社：東京都台東区池之端1-4-26 電話110-91 TEL 03-3822-5131

定価 八〇〇円(本体七十七円)(送料七六円)

抵抗性誘導型殺菌剤

ORYZEMATE

Since 1975

いもち病防除剤の
トップランナー

**予防にまさる
防除なし!!**



葉いもち、穂いもち、白葉枯病、もみ枯細菌病を完全に抑える!!

オリゼメート粒剤

オリゼメート粒剤普及会

北興化学工業(株)・明治製菓(株)

〈事務局〉明治製菓／東京都中央区京橋2-4-16