

ISSN 0037-4091

植物防疫



1990

8

VOL 44

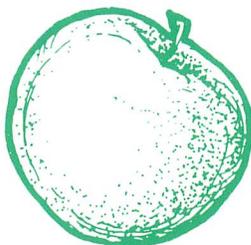
特集 施設野菜栽培における害虫管理

果樹の病害防除に抜群の効果



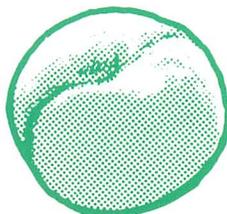
りんご

黒星病
斑点落葉病
赤星病
すす点病
すす斑病
黒点病

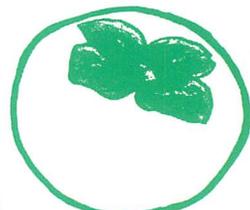


なし

黒星病
黒斑病
赤星病



もも
縮葉病
黒星病
灰星病



かき

円星落葉病

パルノックス

水和剤



大内新興化学工業株式会社

〒103 東京都中央区日本橋小舟町7-4

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

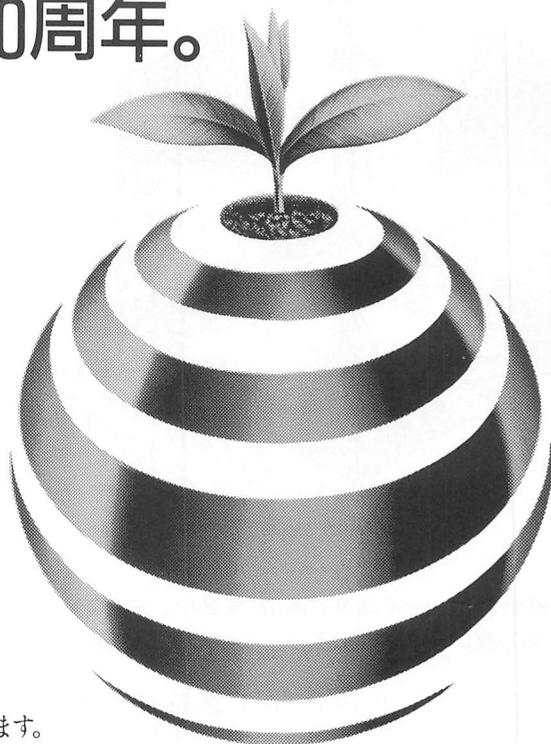
依頼分析のための土壌調査、採取、および活性汚泥、産業廃棄物に係わる植生テストなどもご相談に応じます。

パルノ・サーヴェイ株式会社

地質調査業者 質 80-982
計量証明事業 群馬県 環 第17号

本 社 〒103 東京都中央区日本橋室町2-1-1三井ビル
TEL 03(241)4566 FAX 03(241)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

おかげさまで30周年。 これからも、 いつまでも、 ICI農薬。



除草、殺虫、殺菌、そして成長調整…
豊かな実りのためのニーズに
幅広く応えるICI農薬。

日本の土を踏んで、おかげさまで
とし30周年を迎えることができました。
これからも先進の技術を駆使して、
豊かな収穫を阻む諸問題の解決に
努力を重ねてまいります。

21世紀に向けて、ICIの挑戦はきょうも続きます。

農作物の安定多収に挑戦するICI農薬。

除 草 剤

●水稲用

〔新発売〕フジグラス®粒剤/〔新発売〕ペルーフ®粒剤/〔新発売〕リーダール®粒剤/マメット®SM粒剤/マメット®粒剤/オードラム®粒剤
オードラム®M粒剤/ナクサー®粒剤/ダイセック®SM粒剤/エストラム®粒剤

●果樹・野菜・非農耕地用

フリグロックス®L/マイゼット®〔新発売〕タッチダウン®/レグロックス®/エス®乳剤/バーナム®粒剤

●芝用

クサレス®水和剤/ロンパー®乳剤・細粒剤/ローンベスト®水和剤

殺 菌 剤

●水稲用

ケス®水和剤

●果樹・野菜用

アリエッティ®C水和剤/キャプタン水和剤/ロブキャプタン水和剤/ミルクカーブ®液剤

殺 虫 剤

●果樹・野菜用

〔新発売〕サイハロン®水和剤・乳剤/〔新発売〕ピリマー®ナック水和剤/アクテリック®乳剤/ピリマー®水和剤

植物成長調整剤

●水稲用(倒伏軽減剤)

〔新発売〕スマレクト®粒剤/〔新発売〕イネビタン®粒剤

●非農耕地用

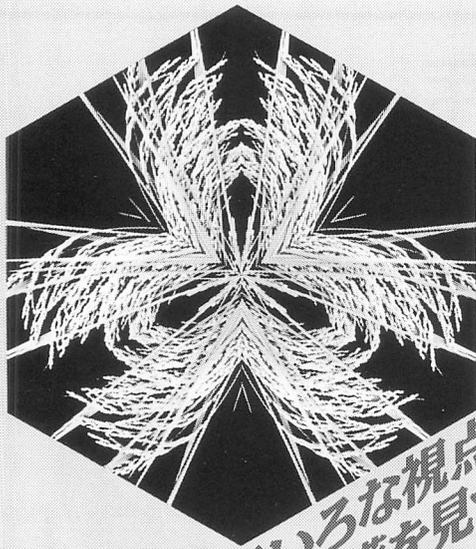
〔新発売〕バウンティ®粒剤・フロアブル

●花き・花木用

〔新発売〕ボンザイ®フロアブル



アイシーアイジャパン株式会社
〒100 東京都千代田区丸の内1-1-1 パレスビル



ホクコーの主要水稻防除剤

●総合種子消毒剤

デュポン **ベンレートT** 水和剤20

●水稻種子消毒剤

ヘルシード 水和剤

●紋枯病やっぱり決め手の

バリダシン 粉剤DL
液剤 エア

●いもち病 防除剤

カスラフサイド 粉剤DL
水和剤

オリゼメート 粒剤

●水稻倒伏軽減剤

セリタード 粒剤5

●イネミスゾウムシ・イネドロオイムシ防除剤

シクロサル 粒剤2

シクロサルナック 粒剤

シクロサルバツサ 粒剤

いろいろな視点で
収穫を見つめて。

農薬会社は、日本農業の発展を願い、安全で
効果の高い農薬を創りおとどけています。



農協
経済連
全農



北興化学工業株式会社
東京都中央区日本橋本石町4-4-20

フェロモン剤

コナガ交信攪乱用フェロモン剤

コナガコン®

信越化学工業株の登録商標です。



サンケイ化学株式会社

本社 〒890 鹿児島市都元町880 ☎ 0992(54)1161(代) ・ 東京本社 〒101 千代田区神田司町2-1 ☎ 03(294)6981(代)
盛岡・東京・名古屋・大阪・福岡・宮崎・鹿児島



採種用ダイコンの花蕾を食害するコナガ幼虫



▲トルコギキョウの茎を食害するシロイチモジヨトウ幼虫 (葉は食害により表皮だけ残った)



▲コナガ性フェロモン剤 (コナガコン) の小面積処理圃場 (周囲に防風となるものがあつたためか高い効果あり)



コナガ性フェロモン剤 (コナガコン) の大面積処理 (株上を横に張られた白い線が性フェロモン剤)



▲シロイチモジヨトウ性フェロモン剤の施設内処理の様子 (天井部分と肩部の白い線が性フェロモン剤、寒冷紗は、外からの既交尾雌の侵入防止用)



シロイチモジヨトウ性フェロモン剤の施設内処理の様子 (天井部分の処理)

ジャガイモ疫病研究の現状と問題点



- ①疫病による葉の病徴
- ②茎の病徴
- ③塊茎の病徴
- ④遊走子嚢
- ⑤卵胞子

メロン疫病

宮田善雄氏原図



▲疫病により壊滅した露路メロン圃場



▲紫外線・オゾン処理装置による防除実験



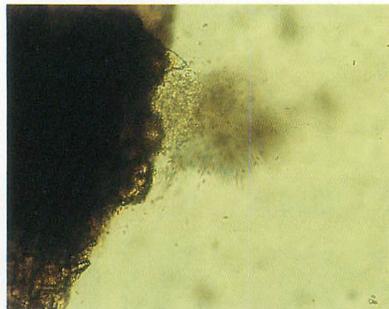
▲薬剤吸着リングを株元に処理した水耕栽培での防除実験

メロンつる枯病・つる割病

手塚信夫氏原図



▲メロンつる枯病の病徴：茎の病斑に小黑点（分生子殻）がみられる



▲メロンつる枯病菌の分生子殻から分生子が出ているところ



▲メロンつる割病の病徴：地際部の病徴
※メロンつる割病菌の分生子の写真は、キュウリつる割病菌のそれと同じであるので、キュウリの項（6月号）を参照

ショウガの病害虫

米山伸吾氏原図（本文47ページ参照）



▲ショウガの葉枯病



▲ショウガの根茎腐敗病



▲同、根部の拡大

植物防疫

Shokubutsu bōeki
(Plant Protection)

第 44 卷 第 8 号
平成 2 年 8 月 号

目 次

特集：施設野菜栽培における害虫管理

施設野菜栽培における害虫管理：ミナミキイロアザミウマの管理	河合 章	1	
施設野菜栽培における害虫管理：オンシツコナジラムの管理	矢野 栄二	5	
施設野菜栽培における害虫管理：施設栽培イチゴのアブラムシの管理	根本 久	10	
施設野菜栽培における害虫管理：ハダニの管理	井上 雅央	14	
施設野菜栽培における害虫管理：合成性フェロモンの利用	河名 利幸・清水 喜一	18	
ジャガイモ疫病研究の現状と問題点	佐藤 章夫	22	
感染特異的タンパク質の分子生物学	大橋 祐子・大島 正弘	26	
植物病原細菌の病原性遺伝子に関する最近の研究動向	露無 慎二	32	
微生物の利用による害虫防除の現状と展望	国見 裕久	37	
植物防疫基礎講座			
ウリ科野菜の萎ちょう性病害の見分け方(3) メロン萎ちょう性病害の見分け方(1)	宮田善雄・手塚信夫	43	
地域特産物の病害虫(2) ショウガの病害虫	千葉 恒夫	47	
新しく登録された農薬 (2.6.1~6.30)		36	
中央日より	50	学界日より	9, 25
人事消息	42	お知らせ	13
次号予告	50		



「確かさ」で選ぶ…バイエルの農薬

●いもち病に理想の複合剤

ヒノラフサイド®

●いもち病の予防・治療効果が高い

® **ヒノザン**

●いもち・穂枯れ・カメムシなどに

® **ヒノバイジット**

●いもち・穂枯れ・カメムシ・ウンカなどに

® **ヒノラスバイバッサ**

●紋枯病に効果の高い

® **モンセレン**

●いもち・穂枯れ・紋枯病などに

® **ヒノラスモンセレン**

●イネミス・カメムシ・メイチュウに

® **バイジット**

●イネミスゾウムシ・メイチュウに

® **バサジット®**

●イネミス・ドロオイ・ウンカなどに

® **サンサイド**

●イネミス・ウンカ・ツマグロヨコバイに

D-S **タイジストン** **サンサイド** **粒剤**

●さび病・うどんこ病に

® **バイレト®**

●果樹の黒星病・赤星病・灰星病・
野菜のうどんこ病に

® **バイコラル**

●灰色かび病に

® **ユーパレン**

●うどんこ病・オンシツコナジラ
ミなどに

® **モレスタン**

●斑点落葉病・黒星病・黒斑病などに

® **アントラコール**

●コナガ・ヨトウ・アオムシ・
ハマキムシ・スリップスに

® **トクチオン**

●ミナミキイロアザミウマに

® **ホルスター**

●各種アブラムシに

® **アリルメート**

●ウンカ・ヨコバイ・アブラムシ・
ネダニなどに

® **タイジストン**

●新しい時代のヒエ齊リ登場

® **ヒノクロア粒剤**

●初・中期一発処理除草剤

特農 **シンザン** 粒剤

●初・中期一発処理除草剤

特農 **ザーワ** 粒剤

●初・中期一発処理除草剤

特農 **アクト** 粒剤

●中期除草剤

® **クロアSM粒剤**

●ハレイショ・アスバラの除草剤

センコル



®は登録商標

日本特殊農薬製造株式会社

東京都中央区日本橋本町2-7-1 ☎ 103

微粒子が
効きめを
発揮！

バリダシン

粉剤は

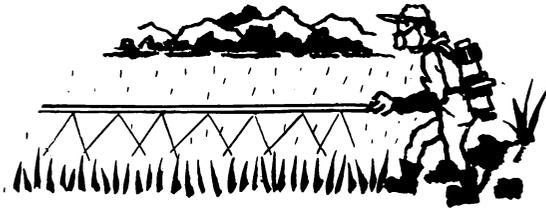


原体を微粒子に

揃えた

ことで

稲葉鞘部への付着性が向上し



紋枯病防除に
一段と優れた
効果を
発揮します。

紋枯病やっぱり決め手の



粉剤・粉剤DL



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

特集：施設野菜栽培における害虫管理〔1〕

施設野菜栽培における害虫管理：ミナミキイロアザミウマの管理

農林水産省野菜・茶業試験場 ^{かわ}河 ^い合 ^{あきら}章

はじめに

ミナミキイロアザミウマが害虫として問題となったのは1978年のわが国が初めてであり、その後、熱帯・亜熱帯の各地で重要害虫となるとともに、温帯のわが国においても、西日本における果菜類の最も重要な害虫となっている。

本種は九州本土以北では露地での越冬はできないが、加温施設栽培の存在が本種の生活環を完結させている。また、吸汁性の微小害虫であり、非休眠性であり、寄主範囲が雑草を含んできわめて広く、増殖能力が高く（河合, 1985）、産雄単為生殖を行い（葭原・河合, 1982）、多くの殺虫剤に対して抵抗性を持つ（松崎ら, 1986）等、施設栽培害虫としての特性をすべて有している。

また、本種は他の多くのアザミウマ亜目の種と同様に、前蛹・蛹期を土中で過ごし、卵は植物組織内に産み込まれる。そのため、これらのステージに対する散布剤の効果が高く、このことが前述の殺虫剤抵抗性ととも、薬剤のみによる本種の防除を困難にしている。一方、施設栽培においては露地栽培に比べ、利用可能な物理的防除手段が多く、本種に対して有効な防除手段も数多く明らかにされている。また、施設栽培においては作物への薬剤の残留、散布者の安全性、殺虫剤抵抗性発達の可能性、他の有効天敵の施設内での利用等を考えると、過度な殺虫剤の利用は好ましくない。

これらのことから、施設栽培における本種の防除においては単独の防除手段に頼ることはできず、薬剤と種々の物理的防除手段を組み合わせた合理的な総合防除体系を組み立てる必要がある。ここでは、個体群管理モデルによるシミュレーションにより作物ごとの本種の管理体系を考察するとともに、今後の防除体系のありかたについて述べる。

I ミナミキイロアザミウマの防除手段

① 殺虫剤：本種に対する殺虫剤の施用法には、液剤の散布と粒剤の土壌施用がある。前述のように侵入当初から多くの殺虫剤に抵抗性を持ち、また前蛹・蛹・卵に

は散布剤は直接かからない。また、果実では主にへた下に寄生するため、成・幼虫にも薬剤がかかりにくく防除効果が低い（北村・河合, 1984）。果実に寄生する割合は作物により異なり、ピーマンで約50%、ナスで約1%、キュウリではほとんど寄生しない（河合, 1988）ため、散布剤の防除効果は作物により異なる。

粒剤の土壌施用は、育苗期のポットあるいは定植時の植え穴に薬剤を施用し、苗に寄生している個体及びその後侵入する個体を殺そうとする手段であり、2~4週間の残効が期待できる。

② 侵入防止：施設の開放部の寒冷紗での被覆、畦上の銀色資材での被覆、ハウス全体の近紫外線除去フィルムでの被覆等により、定植後の施設内への成虫の飛しょうによる侵入を減少させる手段である。数多くの圃場レベルの試験により、それぞれ単独の処理により侵入数を1/5~1/20に減少させることが明らかになっている。

③ 持ち込み防止：定植する苗の薬剤防除、育苗施設への侵入防止、定植前の施設内の雑草除去等により、定植時の密度を減らそうとする手段である。

④ 粘着リボンによる大量誘殺：本種は青または白に誘引される（山本ら, 1981；北方・吉田, 1982）。この色彩反応を利用し、大量誘殺に用いるための青色の粘着リボンが市販されている。2~3 m²に1本の割合で設置することにより、密度抑制効果がある。

II 個体群管理モデルによる防除手段の評価

① モデルの概要：施設栽培のキュウリ・ナス・ピーマンにおけるミナミキイロアザミウマの個体群管理モデルを用いて、種々の防除手段の効果を評価した（KAWAI and KITAMURA, 1987, 1989）。モデルは二つのマトリックス（一方は葉上の個体群、他方は花・果実上の個体群を表す）からなり、密度は雌成虫数で示す。低密度時には、過疎効果が交尾率の低下として働く（河合, 1988）。また、被害許容密度は傷のない果実の収量が5%減少する密度とし、雌成虫密度で表すとキュウリでは葉当たり3.1頭（河合, 1986 a）、ナスでは葉当たり0.06頭、ピーマンでは花当たり0.08頭（河合, 1986 b）である。

モデルでは、殺虫剤の散布、侵入防止、持ち込み防止、粘着リボンによる大量誘殺について検討した。なお、粒

剤の土壌施用は、モデル上では持ち込みの防止及び定植後一定期間の侵入防止と同一と考えられる。

② 散布剤の効果：キュウリにおける設定する要防除密度と180日間に必要な散布回数との関係を図-1に示した。要防除密度が葉当たり0.5頭以下では、要防除密度を低く設定すればするほど、必要散布回数は減少する。これは低密度で過疎効果が強く働くことにより、本種の防除においては過疎効果が働くような低密度に常に保っておくことが重要と考えられる。本種のように増殖力が高く、過疎効果が強く働き、しかも薬剤の効果が高い害虫では、他の多くの害虫の場合と異なり、要防除密度は被害許容密度にかかわらず低密度に設定することが有効である。

また、追いまき法(要防除密度を超えたら散布し、密度にかかわらずその3日後に散布する方法)は、要防除密度を超えたら散布する方法に比べ、大部分の場合に散布回数が少なく、有効な防除法である。これは、1回目の散布を卵・蛹で逃れた個体がふ化・羽化した時に2回目の散布が行われることによるものと考えられる。追いまき法は、本種のように増殖力が高く、過疎効果が強く働き、薬剤の効果が高く、しかも薬剤の効果が高ステージにより大きく異なる害虫に対しては有効な散布法である。

ナス、ピーマンでもほぼ同様の結果であるが、必要散布回数はキュウリが最も多く、ナス、ピーマンの順であり、増殖力の高い作物ほど必要散布回数は多い。また、ピーマンでは果実のへた下にいる割合が高いため、2回目の散布も逃れる個体が多く、追いまき法は有効ではない。

要防除密度は可能な限り低く設定することが有効であるが、低密度時に密度を推定するためには、きわめて多数のサンプリングが必要である。現実的には葉当たり0.1頭以下に要防除密度を設定することは困難であり

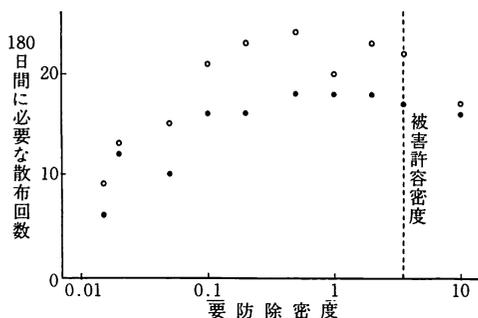


図-1 要防除密度と散布回数との関係(侵入のない時)

○：要防除密度を超えたら薬剤散布を行う時 ●：追いまき法

(河合, 1986 c), 簡易な密度推定法の開発が望まれる。そこで、密度にかかわらずに定期散布を行った場合を検討した。どの作物でも、高密度になってから定期散布を開始した場合には、密度を低下させるにはきわめて短い間隔での散布が必要となるが、きわめて低密度時から定期散布を開始すれば、長い間隔の散布でも密度を下げる事が可能となる。きわめて低密度時からの定期散布での必要散布回数は、要防除密度をきわめて低密度に設定した場合の必要散布回数とほぼ同数であり、密度推定が散布開始時のみでよい定期散布がより現実的で有効な散布方法といえる。要防除密度を設定した散布法が有効でないのは、薬剤の効果がステージにより異なるのに、成虫数のみにより要防除密度を設定しているためであり、他のステージの密度推定法の開発が必要である。増殖力が高く、過疎効果が強く働き、薬剤の効果が高く、しかも薬剤の効果がステージにより大きく異なり、全ステージの密度推定が困難な害虫に対しては、定期散布は有効な散布法といえる。

ピーマンでは増殖力が高くないため、密度を高めないためにはきわめて長い間隔の定期散布でよいが、一度高密度となった個体群の密度を低下させるためには、短い間隔での多数回の連続散布が必要である(図-2)。これは、ピーマンでは果実のへた下に寄生する個体の割合が高いため薬剤の効果が高いことによる。

③ 侵入防止, 持ち込み防止の効果：3作物での侵入防止の効果を図-3に示した。どの作物でも、日当たりの侵入数が減少すれば、要防除密度に達するまでの期間は

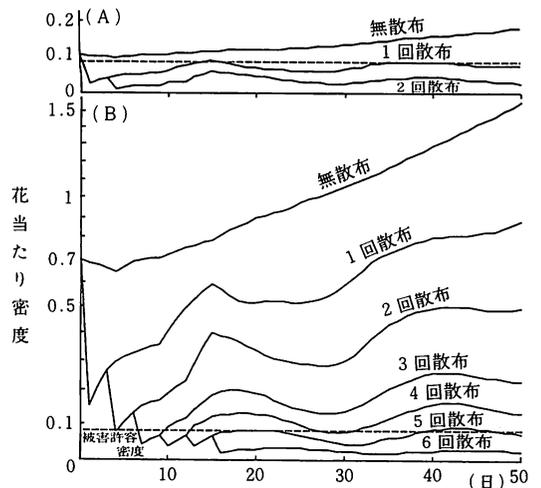


図-2 3日間隔の連続散布での効果と初期密度の関係

(A)：0.1頭/花で1回目を散布, (B)：0.7頭/花で1回目を散布

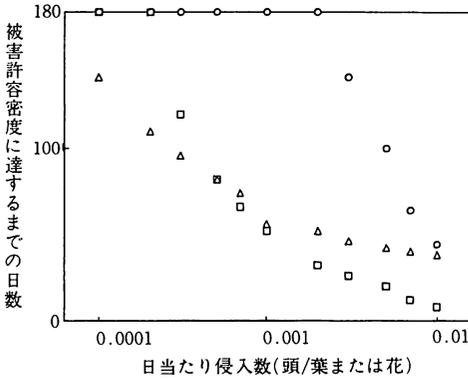


図-3 侵入防止の効果の作物間での比較(初期密度は0)
○：ピーマン, □：ナス, △：キュウリ

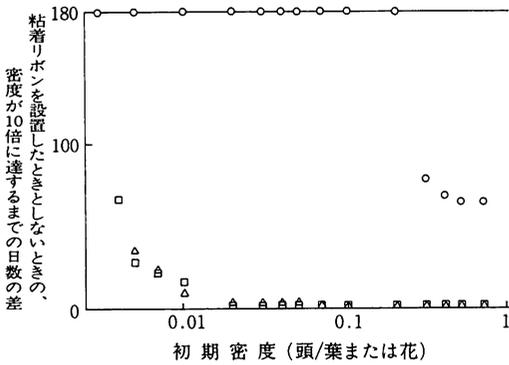


図-4 粘着リボンの効果の作物間での比較(侵入はなし)
記号は図-3と同じ

延長する。単一の資材の利用により、侵入数は1/5~1/20に減少することから、どの作物でも侵入防止は有効な防除手段と考えられる。また、効果を作物間で比較すると、ピーマン、ナス、キュウリの順に高く、増殖の低い作物ほど効果が高い。

また、持ち込み防止の効果も同様であり、3作物とも有効であるが、とりわけ増殖の低いピーマンで有効である。

④ 粘着リボンによる大量誘殺の効果：3作物での大量誘殺の効果を図-4に示した。キュウリ、ナスでは、高密度になってから粘着リボンを設置した場合には効果はないが、低密度時から設置した場合には効果は高い。これに対しピーマンでは、高密度になってから設置した場合にも効果は高く、低密度時から設置した場合にはさらに効果は高く、増殖の低いピーマンで効果は最も高い。

表-1 施設栽培における現在の望ましい防除体系

	薬剤散布	侵入防止	持ち込み防止	粘着リボン
キュウリ	◎ ¹⁾	◎	○	○
ナス	◎ ¹⁾	◎	○	○
ピーマン	△ ²⁾	○	○	◎

◎：基幹的防除手段, ○：補助的防除手段, △：特殊な場合のみに使用する防除手段

薬剤散布の時期方法

¹⁾低密度時からの定期散布

²⁾密度の急上昇時に連続散布

III 本種の管理体系

個体群管理モデルのシミュレーション結果から、本種の管理について以下の結論が得られた。

① 過疎効果が強く働くため、個体群は常にきわめて低密度に管理しておくことが有効である。

② 殺虫剤の安全使用及び殺虫剤抵抗性の発達防止等の観点からみて、殺虫剤のみによる防除は困難である。

③ 種々の物理的防除手段の効果は高く、とりわけピーマンでは高い。

そこで、おのおのの作物にあった形で殺虫剤と物理的防除手段を適切に総合化した管理体系の作出が重要である。実際には、作型、周囲の環境等により侵入の量・時期等が異なったり、作型、市場価格等により被害許容水準が異なったりするため、作物ごとの管理体系を統一的に示すことは困難であるが、キュウリ、ナス、ピーマンについておのおのの防除手段の重要性をまとめて表-1に示した。

キュウリ・ナスでは侵入防止、持ち込み防止、定植直後からの粘着リボンの設置により、低密度に保つことが有効であり、とりわけ侵入防止が重要である。そして、侵入がみられたら、低密度時から長い間隔での定期的な薬剤散布が有効であり、薬剤散布は基幹的な防除手段と考えられる。

ピーマンでは他の作物に比べ、物理的防除手段、とりわけ粘着リボンの効果が高い。このため、他の作物と異なり、低密度時からの粘着リボンの設置が防除体系の基幹となり、侵入防止、持ち込みの防止もこの効果を高めるために必要である。薬剤散布の効果は他の作物に比べ低く、あまり有効ではない。しかしながら、何らかの理由により密度が急に上昇した場合に密度を低下させる手段は、薬剤散布以外になく、この場合は短い間隔での連続散布が必要である。

IV 本種の管理体制の将来展望

現在の本種の管理体制においては、ピーマンの場合を除き薬剤散布を基幹の技術とせざるをえない。しかしながら、作物への薬剤の残留、散布者の安全性、殺虫剤抵抗性発達の可能性、他の有効天敵の施設内での利用等を考えると好ましくなく、殺虫剤の散布回数をさらに減らした管理体制の開発が望まれる。

本種の天敵に関しては、従来知見が少なかった。しかし、広瀬ら(1990)はタイ及び日本の無農薬のナスに寄生している本種においてはアザミウマヒメコバチの寄生率が高いことを報告している。また、タイでは *Bilia* 属のハナカメムシが捕食者として有力であり(広瀬ら, 1990), わが国では *Orius* 属のハナカメムシが無農薬のナスで本種の密度を抑制しており(永井ら, 1988), 施設栽培ナスで長期にわたり安定的に密度を抑制する(河合, 未発表)。これらの天敵の利用技術は確立されていないが、施設栽培における将来的な利用を考えた研究が必要である。

わが国のナス、ピーマン栽培においては果皮の傷に対する評価がきわめて厳しいため、被害許容密度はきわめて低く、将来的な天敵利用を考えた場合、大きな障害となる可能性が高い。安田・桃木(1988)は、マレーシア、フィリピンから導入したナスの品種間で本種の増殖並びに被害に大きな品種間差を見だしており、河合(未発表)はニューカレドニアで、増殖は日本の感受性品種と同一であるが、果皮の被害がきわめて少ない品種を採集している。このような品種を素材として、増殖の遅い品種

表-2 施設栽培における将来の望ましい防除体系

	薬剤 散布	侵入 防止	持ち込み 防止	粘着 リボン	天敵 利用	抵抗性 品種
キュウリ	△ ²⁾	◎	○	○	◎	○
ナス	△ ²⁾	◎	○	○	◎	◎
ピーマン	△ ²⁾	○	○	◎	△	◎

記号は表-1に同じ。

あるいは増殖はするが果皮の被害の少ない品種の育成が望まれる。

天敵及び抵抗性品種の技術が確立した段階での作物ごとの管理体制を表-2に示した。本種の管理に関する研究が進展して、このような体系が実現することが望まれる。

引用文献

- 1) 河合 章(1985): 応動昆 29: 140~143.
- 2) ———(1986 a): 同上 30: 12~16.
- 3) ———(1986 b): 同上 30: 179~187.
- 4) ———(1986 c): 野菜試報 C 9: 69~135.
- 5) ———(1987): 応動昆 31: 85~87.
- 6) ———(1988): 同上 32: 291~296.
- 7) KAWAI, A. and C. KITAMURA (1987): Appl. Ent. Zool. 22: 292~302.
- 8) ———・—————(1990): ibid. 25: 161~175.
- 9) 北方節夫・吉田 守(1982): 植物防疫 36: 478~481.
- 10) 北村實彬・河合 章(1984): 応動昆 28: 181~183.
- 11) 広瀬義躬ら(1990): 植物防疫 44: 133~136.
- 12) 松崎征美ら(1986): 四国植防 21: 75~86.
- 13) 山本栄一ら(1981): 九病虫研会報 27: 98~99.
- 14) 安田慶次・桃木徳博(1988): 同上 34: 139~140.
- 15) 葭原敏夫・河合 章(1982): 同上 28: 130~131.

本会発行図書

新刊! 『芝草病害虫・雑草防除の手引』

芝草農薬研究会 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

芝草に有害な病害虫・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害虫・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：施設野菜栽培における害虫管理〔2〕

施設野菜栽培における害虫管理：オンシツコナジラミの管理

科学技術庁研究開発局 矢野栄二

はじめに

施設野菜栽培における害虫管理を行う場合、まず実際場面で問題になるのは、例えば薬剤散布、天敵利用、フェロモン利用など複数の防除手段をいかに調和させるかという問題と、複数の少なくとも主要害虫を対象とする防除体系が必要になることであろう。それはそれで重要な問題ではあるが、その基礎として、1種の害虫をどのように防除すべきか、つまり害虫の種個体群の管理戦略を明らかにしていくのもまた重要であろうと考えられる。ある種の害虫個体群を管理する考え方は、天敵の利用による害虫の多発しない安定した生態系の創出、初期定着の防止、増殖率の抑制など害虫の個体群増殖の抑制、環境整備、管理を通じての、害虫の生活史の制御の三つに分けられる。ここではオンシツコナジラミを題材として、この害虫の管理に関してこれまで開発された防除手法や管理の戦略についての理論的研究を上記の観点から整理し、さらに将来展望についても述べてみたい。なお、害虫管理における殺虫剤の利用法として特に重要と思われる、選択性殺虫剤の利用については既に矢野（1984, 1988）に述べたので、ここでは触れないこととする。

I 天敵利用に基づく害虫管理

現在ヨーロッパ、北米における施設栽培野菜の害虫総合防除体系は天敵利用を中心に組み立てられている（矢野, 1988; VAN LENTEREN and WOETS, 1988）。オンシツコナジラミの防除は主として寄生蜂オンシツツヤコバチにより行われており、その利用面積はヨーロッパだけで3,050 ha以上であり、この面積はヨーロッパの温室栽培面積の12%に相当する。オンシツツヤコバチの利用方法は温室内にオンシツコナジラミの発生が確認されてから、数回放飼するというもので、季節的接種的放飼（seasonal inoculative release）であるとする立場（VAN LENTEREN and WOETS, 1988）と大量放飼（inundative release）であるとする立場（ONILLON, 1990）があるが、ここでは前者の立場を取ることとする。オンシツツヤコバチを例にとって、施設栽培野菜害虫の防除に天敵を利

用する場合、有望な天敵の選抜方法、天敵の持つべき特性、温室に導入する天敵の数、導入時期をどうするか、といった問題について考察してみたい。

1 天敵の選抜方法

VAN LENTEREN (1986)は、温室栽培の害虫防除に利用する天敵を選抜・評価する場合の基準として、寄主体内における発育が可能なこと、気候に対する適応性があること、二次寄生などの悪影響がないこと、飼育が容易であること、増殖能力が高いことをあげた。VAN LENTERENは後に高い増殖能力とともに高い殺虫能力という表現もしているが、これは捕食者のことも考慮しているものと思われる（VAN LENTEREN, 1988）。そして天敵の導入に先立つ評価、選抜の手順を図-1のように示した。天敵が寄主体内で発育し、飼育可能であることは自明のこととしてここには含まれていない。最初の二つの基準は当然であるが、この流れ図のポイントは寄主と天敵の内的自然増加率の比較である。彼は寄主より高い内的自然増加率を持つ天敵を選抜すべきであることを強調している。しかし一般論として寄主と比較して相対的により高い増殖能力をもつ天敵のほうが望ましいことは理解できるが、単純に寄主と天敵の内的自然増加率の大小だけで比較してよいかどうかは疑問である。VAN LENTERENはその根拠を明らかにしていない。低温栽培の温室に適応したオンシツコナジラミの天敵の選抜経過の場合は、アメリカのカリフォルニアで採集された9種のうちオンシツツヤコバチ（*Encarsia formosa*）を含む4種のツヤコバチ科の寄生蜂が飼育可能となった。それらを温室栽培の温度条件（昼間17°C、夜間7°C）で飼育して、発育日数、産卵数などから、*E. formosa*と*E. pergandiella*が有望種とみなされた。しかし前者が産雌単為生殖を行うのに対し、後者は産雄単為生殖を行うため増殖能力は当然前者が優れている。結局、*E. formosa*より優れた天敵は発見できなかった。後に予想に反して、*E. formosa*は低い栽培温度条件でも常にオンシツコナジラミより高い増殖力を持ち、また実際の温室を利用した防除試験により、十分な防除効果を示すことが明らかとなった。

2 天敵のもつべき生物学的特性

施設栽培害虫の防除にどのような性質をもつ天敵が望ましいかは、天敵を選抜する際の基準にも関係する。

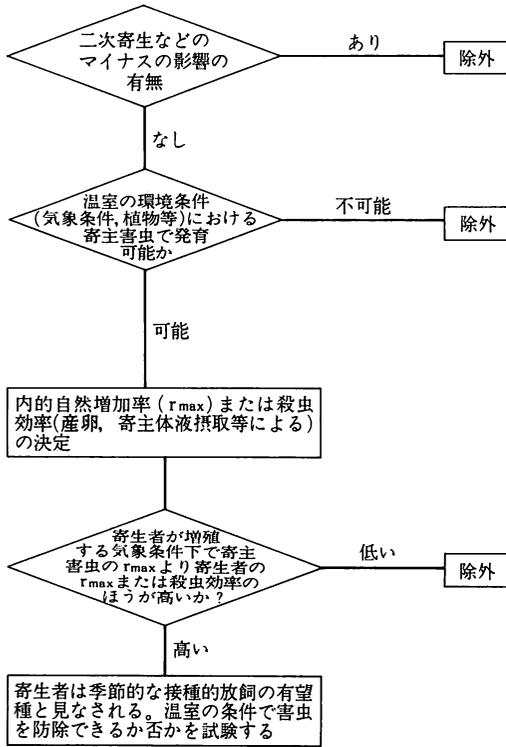


図-1 温室で利用する寄生者の評価, 選抜計画の流れ図 (VAN LENTEREN and WOETS, 1988, 一部改変)

WAAGE and HASSELL (1983) は, 1種の寄主と1種の寄生者のシステムの個体群動態理論の立場から, 生物的防除においては寄主の密度を低密度で安定化させることが目標であるとした。天敵の寄主に対する密度依存的な機能的反応, 天敵間の密度依存的な干渉, 天敵の寄主の空間分布に対する密度依存的な反応などの性質は寄主密度の安定化をもたらす, 天敵の高い寄主探索能力, 寄主の低い増殖率などが寄主の平衡密度を低下させるとした。この理論は直接野外の寄主と天敵の関係に当てはめるには難があるが, 温室のように生物相が単純で環境条件が安定している所では当てはまる事が期待される。そこで, 温室内でトマトを寄主植物として得られたオンシツコナジラミとオンシツツヤコバチの個体群動態に関するデータを利用して, この系の個体群動態を記述できるシミュレーションモデルを作成した(図-2)。その結果, 寄生者間の干渉が個体群動態の安定化をもたらす, 寄生者の高い寄主探索能力や寄主の低い増殖率が寄主密度の低下をもたらすことが示唆された (YANO, 1989 a, b)。オンシツツヤコバチは, 寄主のオンシツコナジラミに寄生産卵するだけでなく, いわゆる寄主体液摂取によっても寄主を殺すことが知られているが, この寄主体液摂取の習性

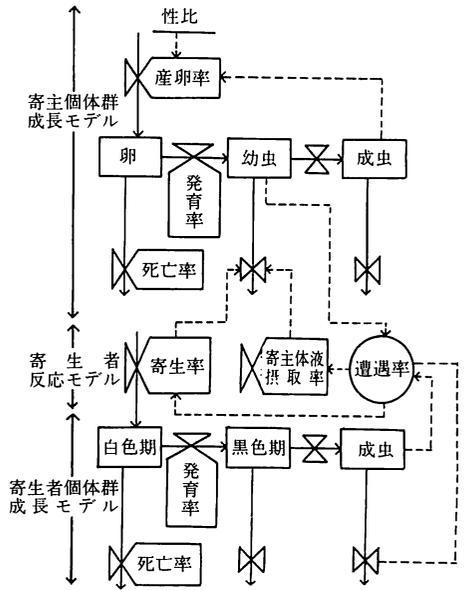


図-2 オンシツコナジラミとオンシツツヤコバチ系の個体群動態モデルの概略 (YANO, 1989 a, 一部改変)

があることにより, 寄主-寄生者系の安定化がもたらされている可能性が示唆された (YAMAMURA and YANO, 1988; YANO, 1989a, b)。

3 天敵の最適導入条件

温室栽培の害虫を天敵で防除する場合, 天敵の導入密度, 時期, 回数, 環境条件の最適条件を求めるのにシミュレーションモデルを利用した評価が有用であるという認識は広まりつつある (VAN LENTEREN and WOETS, 1988; BAUMGÄRTNER and YANO, 1990)。オンシツコナジラミ-オンシツツヤコバチ系についても, オンシツコナジラミの個体群動態モデルは既にいくつか報告されている (XU, 1982; EL-SHISHINY, 1984; HULSPAS-JORDAAN and VAN LENTEREN, 1990)。しかしオンシツコナジラミ-オンシツツヤコバチの系を扱った研究はきわめて少ない。YANO (1989a, b) は, 前述した個体群動態要因の解析に作成したシミュレーションモデルを利用して, オンシツツヤコバチの最適導入条件を検討した。その結果, 導入回数については多数回導入が高い防除効果を示し, また防除効果をあげるための最適な導入時期, 導入密度が存在することが示唆された(図-3)。この結果は連立微分方程式型の簡単な理論モデルを用いた考察によっても支持された (YAMAMURA and YANO, 1988)。

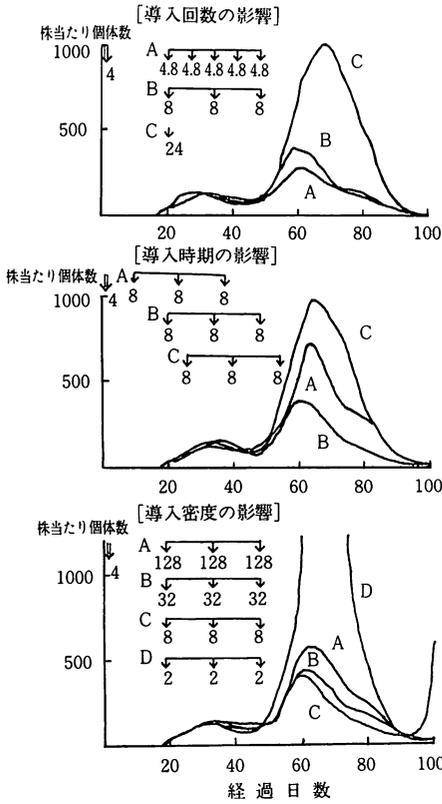


図-3 オンシツコナジラミの密度変動に及ぼすオンシツツヤコバチの導入回数、導入時期、導入密度の影響 (↓：オンシツコナジラミの導入、↓：寄生蜂の導入、矢印の下の数字は株当たり導入数) (YANO, 1989b, 一部改変)

II 害虫の個体群増殖の抑制

1 初期定着の防止

温室周辺の寄主となる雑草の除去、育苗管理の徹底、外部からの侵入経路の遮断などの耕種的防除法のほか、黄色粘着トラップやおとり植物の利用がある。耕種的防除はオンシツコナジラミに対してだけでなく他のあらゆる施設栽培害虫の防除の基本となる重要な対策技術である。黄色粘着トラップはオンシツコナジラミの成虫が黄色に誘引される性質をもつことを利用して成虫を誘殺するためのもので、成虫が低密度のほうが誘引効率が高い。したがって発生初期の低い密度の成虫のモニタリングには適している。また発生初期から大量誘殺することにより農家の散布回数を減らすことができる(北方・吉田, 1982)。インゲンには優れたおとり植物であることが知られており、黄色粘着トラップと同様、成虫のモニタリングや大量誘殺にも利用可能である。黄色粘着トラッ

プはオンシツツヤコバチとの併用が試みられているが、オンシツツヤコバチの導入時期を決めるのにトラップによるモニタリングを利用する方法(GILLESPIE and QUIRING, 1987; YANO, 1987)と、オンシツツヤコバチによる防除とトラップによる大量誘殺を同時に行う方法(VAN DE VRIE and VACANTE, 1984; NUCIFORA and CALABRETTA, 1985)とがある。ミナミキイロアザミウマの防除に利用される近紫外線除去フィルムによるハウスの被覆も、オンシツコナジラミに対して侵入防止効果があることが示唆されている。

2 増殖率の抑制

このカテゴリーに属する代表的な方法は、耐虫性品種の利用である。これはわが国ではほとんど研究が進展していないが、他の防除方法との組み合わせが天敵利用に比べれば容易であり、今後の害虫管理を考える上でもっと重視するべき手法である。

GENTILE et al. (1968)は、トマトの類縁の野生種のオンシツコナジラミ耐虫性を調べ、*Lycopersicon hirsutum* と *Solanum pennellii* の2種が高い耐虫性を示すことを発見した。両種とも葉面の分泌腺からの粘着物質によって表面が覆われることにより耐虫性を示す。DE PONTI et al. (1975)は65の野生種の系統、20の栽培品種について耐虫性を調べ、*L. hirsutum glabratum* と *S. pennellii* を有望種として育種計画を立てた。さらに *S. pennellii* が分泌物によってオンシツツヤコバチの働きを阻害するとして対象から外され、最近では *L. hirsutum glabratum* に的をしばって育成が進められており、現在の最良の系統ではオンシツコナジラミは接種後、1, 2世代で感受性系統に比べ25%程度の増殖倍率となる(DE PONTI et al., 1983)。

キュウリの育種については、オンシツツヤコバチの利用との併用を想定した興味深い研究が行われた。キュウリの場合、トマトと比べオンシツツヤコバチの防除効果は低い傾向がある。これはキュウリのほうがオンシツコナジラミの寄主植物としてより好適であることと、キュウリの葉面の毛がオンシツツヤコバチの寄主探索行動を妨げているためであるとされている。そこで寄生蜂の寄主探索の効率を上げるために、ソ連から葉面に毛のない突然変異体のキュウリの系統が導入された。予想に反し、この系統では寄生蜂の歩行速度が速すぎて、寄主の認識が十分にできず寄生率は上がらなかった。そこで普通の毛のあるキュウリの品種とこの毛のない系統の雑種をつくり、オンシツツヤコバチの寄主探索行動、寄生率を調べてみると、歩行速度が普通種の場合と比べ30%も速くなるとともに、寄生率も上げることができた(Li et al.,

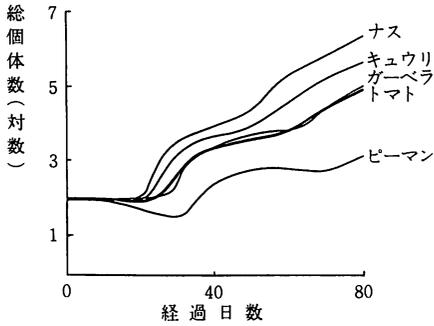


図-4 オンシツコナジラミの個体群動態モデルによる各種作物上の個体群増殖のシミュレーション(YANO et al., 1989b, 一部改変)

1987)。

ピーマンはこれまでオンシツコナジラミの寄主植物として不適であると考えられてきたが、種々の系統を比較してみると、耐虫性及びその機構としての抗生作用、定着阻害作用に大きな変異があることがわかった。特に中央ヨーロッパの系統は西ヨーロッパのものとはオンシツコナジラミに対する抵抗性が弱く (VAN LENTEREN et al., 1989), ハンガリーではオンシツコナジラミはピーマンの害虫であり、防除にオンシツコバチが利用されている。

耐虫性品種の育成に当たっては、オンシツコナジラミのどのような性質を調節すれば、その増殖率を効果的に下げることができるかが問題となる。オランダでは蓄積された各種寄主植物上のオンシツコナジラミの生活史データを利用して個体群動態モデルが作製され、各種生活史パラメーターの個体群増殖への影響が評価された (YANO et al., 1989a, b)。図-4 は各種の寄主植物上におけるオンシツコナジラミの個体群増殖を示している。発育日数、卵・幼虫期の生存率、性比、日当たり産卵数、成虫の寿命などの影響が比較され、キュウリやナスのような好適な寄主植物では、発育日数の影響が最も大きく、産卵数、性比の影響がこれに次ぎ、他の要因の影響は微弱であった。一方、ピーマンのような不適当な寄主植物の場合は、卵・幼虫期の生存率の影響が発育日数と同じくらい大きくなった。

III 生活史制御

一般に昆虫の生活史においては、温度、日長に対する反応及び昆虫と寄主の結びつきが重要な役割を果たしている。オンシツコナジラミは非休眠性の昆虫であり、日長には反応しない。温度については低温管理すればオン

シツコナジラミの増殖を抑えられることは明らかであるが、作物の生育にも影響するのであまり適当な方法ではない。そこでより現実的な方法は、寄主植物とのつながりを断ち切る方法である。露地栽培でもよく利用される耕種の防除法として行われる栽培時期の調節、輪作などの方法も適用可能であろうと考えられる。例えば、野外における成虫の生存数も少なく、その分散移動能力も低い、冬期における栽培は、初期定着密度を下げる効果があるものと期待できる。輪作に相当するものとして、中国では秋から春にかけてキュウリやトマトの作付けを減らし、セルリーやピーマンの作付けを増やす方法が考案されている (XU et al., 1984)。セルリーやピーマンはオンシツコナジラミに耐性があり、また耐低温性も高い。

オンシツコナジラミは寄主範囲が広く、多くの野菜、花き、観葉植物、雑草で増殖が可能である。したがって温室内で増殖するだけでなく、常に温室周辺の畑、雑草地、他の温室との間で移動、個体群の交流を行っている。温室が隔離空間であることを利用して制御するには、この交流を断つことが重要であり、温室周辺では寄主となる作物の栽培を避け、寄主となる雑草を除去することは有効な生活史制御となる。

おわりに

オンシツコナジラミの管理にこれまであまり利用されていない方法として、フェロモン、カイロモンの利用がある。実際には、オンシツコバチはコナジラミの排出する甘露を寄主発見のためのカイロモンとして利用すること (LEDIEU, 1976) や、オンシツコナジラミの雌が性フェロモンを発散していること (TSU and MASCHWITZ, 1983) を示唆するデータが報告されている。しかしどの程度誘引効果や交信阻害効果があるかは、よくわかっていない。

現在のところ農薬以外の方法としては天敵利用や物理的方法が害虫管理の主要な手法となっているが、農薬との併用が困難であるという問題点があり、耐虫性や物理的防除法の利用についても、もっと積極的に取り入れてもよいのではないと思われる。逆にわが国では物理的防除法、耕種防除法を中心に害虫管理の体系化が進みつつあるが、今後は天敵が利用できる場面ではわが国の情勢に見合った天敵利用法を開発、体系化する必要があろう。

引用文献

- 1) BAUMGÄRTNER, J. and E. YANO (1990): In Whiteflies: their Bionomics, Pest Status and Management (D

- AN GERLING ed.), Intercept, Andover, 123~146.
- 2) EL-SHISHINY, H. (1984) : In Pest and Pathogen Control, Strategic, Tactical, and Policy Models (G. R. CONWAY ed.), Wiley, Chichester, 311~318.
 - 3) GENTILE A. G. et al. (1968) : J. econ. Ent. 61 : 1355~1357.
 - 4) GILLESPIE, D. R. and D. QUIRING (1987) : *ibid.* 80 : 675~679.
 - 5) HULSPAS-JORDAAN, P. M. and J. C. VAN LENTEREN (1989) : Agricultural University Wagenigen Papers 89-2 : 1~54.
 - 6) 北方節夫・吉田 守 (1982) : 植物防疫 36 : 478~481.
 - 7) LEDIEU, M. (1976) : IOBC/WPRS Bulletin 1976/4 : 121~124.
 - 8) LENTEREN, J. C. VAN (1986) : In Insect Parasitoids (JEFF WAAGE and DAVID GREATHEAD eds.), Academic Press, London, 341~374.
 - 9) ——— and J. WOETS (1988) : Ann. Rev. Ent. 33 : 239~269.
 - 10) ——— et al. (1989) : J. Appl. Ent. 108 : 113~130.
 - 11) LI ZHAO HUA et al. (1987) : *ibid.* 104 : 297~304.
 - 12) NUCIFORA, A. and C. CALABRETTA (1985) : IOBC/WPRS Bulletin 8 : 15~18.
 - 13) ONILLON, J. C. (1990) : In Whiteflies : their Bionomics, Pest Status and Management (DAN GERLING ed.), Intercept, Andover, 287~313.
 - 14) PONTI, O. M. B. DE et al. (1975) : Euphytica 24 : 645~649
 - 15) ——— et al. (1983) : Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent 48 : 195~198.
 - 16) TSU YIN LI and U. MESCHWITZ (1983) : IOBC/WPRS Bulletin 1983/VI/3 : 87~100.
 - 17) VEIRE, M. VAN DE and V. VACANTE (1984) : Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent 49 : 107~114.
 - 18) WAAGE, J. K. and M. P. HASSELL (1982) : Parasitology 84 : 241~268.
 - 19) XU RU MEI (1982) : Z. ang. Ent. 94 : 452~465.
 - 20) ——— (1984) : *ibid.* 97 : 305~313.
 - 21) YAMAMURA, N. and E. YANO (1988) : Res. Popul. Ecol. 30 : 353~369.
 - 22) 矢野栄二 (1984) : 植物防疫 38 : 267~274.
 - 23) YANO, E. (1987) : Appl. Ent. Zool. 22 : 159~165.
 - 24) 矢野栄二 (1988) : 植物防疫 42 : 543~546.
 - 25) YANO, E. (1989a) : Res. Popul. Ecol. 31 : 73~88.
 - 26) ——— (1989b) : *ibid.* 31 : 89~104.
 - 27) ——— et al. (1989a) : Agricultural University Wagenigen Papers 89-2 : 55~73.
 - 28) ——— et al. (1989b) : *ibid.* 89-2 : 75~99.



○第8回「植物保護とバイオテクノロジー」シンポジウム
——バイオテクノロジーにおける最近の進歩——
開催のお知らせ

主催：日本農薬学会・農薬バイオテクノロジー研究会
日時：平成2年11月2日(金)13:00~3日(土)11:00
場所：玉川学園箱根須雲塾
〒250-03 神奈川県足柄下郡箱根町畑宿塚原400-1
電話：0460-5-8006 小田急線箱根湯本駅から箱根登山バス、畑宿または箱根町行きで畑宿下車。徒歩10分。

プログラム：

11月2日(金) 開会 13:30

1. 微生物薬剤耐性遺伝子とその応用
(理研)鎌倉 高志氏
2. 植物-細菌シャトルベクターの開発
(農水省生物研)宇垣 正志氏
3. RFLPによる植物遺伝子解析
(農水省生物研)斉藤 彰氏
4. イネのレトロトランスポゾン
(農水省生物研)広近 洋彦氏

(夕食)

特別講演：組みかえ体の野外試験-ガイドライン

(農水省農環研)鈴木 隆之氏

(懇親会)

11月3日(土) 9:00~

1. ハスモンヨトウの核多角体病ウイルスの遺伝子
(石原産業)荒木 孝明氏
2. アブラムシ細胞内共生微生物の合成するタンパク質
(東大理)石川 統氏

参加費(宿泊費, 食事代, 懇親会費を含む)：10,000円を予定。

参加申込：葉書または電話で下記宛申込下さい。

〒351-01 埼玉県和光市広沢 2-1

理化学研究所 昆虫生態制御研究室

松本 正吾氏

電話：0484-62-1111(内線 5032)

○日本植物病理学会関西支部会のお知らせ

日時：平成2年10月27日(土) 9:00~17:00

場所：岐阜大学農学部

参加費：1,500円, 講演要旨集 2,000円(〒共)

懇親会費 5,000円(17:30~19:30)

連絡先：〒501-11 岐阜市柳戸 1-1

岐阜大学農学部 植物病理研究室

電話 0582-30-1111

☎ 5109(池上), 5108(百町), 5110(景山)

特集：施設野菜栽培における害虫管理(3)

施設野菜栽培における害虫管理：施設栽培イチゴのアブラムシの管理

埼玉県園芸試験場 **ねもと** **ひさし**
根 本 久

はじめに

温室は太陽光に透明な資材で地上を覆うことによって環境を修正し、屋外では生育が不可能な環境条件下で作物を栽培するためのものである(古在, 1985)。こうした施設園芸は、安定的な高収益を得ることが目的で行われる。そのためには、生産資材やエネルギーの投入量が同じでも高い収量をあげ、よい品質の生産物を得ることによって、生産物の単位数量当たりの生産コストの低減を図ること、管理の省力化による労働費の節減を図ることが要望されている(板木, 1983)。さらに、高収量を安定的に保持しつつ、省農薬、省施肥、省燃料を達成する環境調節技術が求められている(古在, 1985)。

一方、施設栽培は、適度な温度保持、風雨の影響の少ないこと、閉鎖環境で天敵が少ないことなどから、害虫の発生環境としては露地栽培と比較して、特殊な環境になっており、害虫の種類や発生の様相は大きく異なる。特に果菜類では、薬剤防除の回数が多くなり、多いところでは数十回にのぼるところもある(松崎・桐谷, 1972)。そのため、施設に発生する害虫の殺虫剤抵抗性も大きな問題となっており、適切な害虫管理システムが求められている。

I 施設と施設害虫の特徴

前述のように、施設では適度な温度保持、風雨の影響の少ないこと、閉鎖環境で天敵が少ないことなど害虫の増殖に有利な環境がある反面、収穫が終わると作物が除去されてしまうという不安定な環境でもある。そのため、施設害虫の多くは高い増殖力を持ち、木本に比べて生育期間も短く不安定な寄主である草本植物により適応した種である。施設栽培の害虫として重要な種は、アブラムシ類、ハダニ類、アザミウマ類、コナジラミ類があるが、河合(1990)はその特徴を次のように示した。すなわち、①増殖能力が高い、②単為生殖を行うことにより、侵入・定着の確率を高める、③小型であることにより、風による侵入の確率を高める、④吸汁性であることにより、少

数では被害が目立たないため、苗に寄生して侵入する確率を高める、⑤非休眠性であることにより、高温短日という自然界に存在しない条件を利用できる、⑥雑食性であることにより、栽培終了時に雑草を含む施設外の寄主植物に到達する可能性を高めるとともに、施設内への侵入の確率を高める、⑦殺虫剤に抵抗性を持つ、などである。②と③は、⑧移動、分散と定着の能力が大きいこと、としてとらえることもできる。また、ハスモンヨトウは関東では露地で越冬できないが、冬季に施設栽培イチゴなどに発生して被害を出す。ハスモンヨトウなどを含めて考えると、上記の①、⑤、⑥、⑧は施設害虫の重要な特徴と考える。これらの特徴の多くは、生態学というr戦略者の特徴と重なる。そして、④と⑦は防除をより難しくしている要因である。

ところで、農業の目的は、容易に収穫しうる生産物の生産性を高めることであるから、生態系の遷移初期の型、通常単作を発達させ、かつそれを維持する方向へ進んできた(ODUM, 1974)。施設園芸はこれをさらに強化発達させたものである。ところが、植物とそれを食べる動物のような、相互に作用し合う二つの生物群集の場合では、植物の種の多様性と草食性動物の種の多様性は並行的な関係にある(WHITTAKER, 1979)。例えば、青木(1973)は人間の土地利用と動物群集の関係について、原生林→天然林→人工林→果樹園→草地→畑地の順に人間の介入による自然破壊の程度が高くなり、それだけ動物の生息条件が悪化して、種類相が単純化すると考えた。施設という環境はこれらと比較すると、より人工的な環境といえる。これをさらに進めると、その先には植物工場がある。果樹園から植物工場へ至る過程では、目的外の生物(害虫)が生息することに対する許容の割合が小さくなる(図-1)。草地や果樹園では、ただの虫も植物工場では大害虫になりうる。群集構造の複雑な系では食物連鎖は網目状であるのに対し、単純な系では直線的である(ODUM, 1974)。施設内で発生した施設害虫の多くは、発生を抑制する要因も少なく指数曲線的に増殖する(高橋, 1989)。果樹園と植物工場ではおのずと、病虫害の防除に対する戦略は異なると考える。

Pest Management in Greenhouse Vegetable Cultivation :
Management of Aphids in Greenhouse Strawberries. By
Hisashi NEMOTO

生態系の属性	植物工場	施設栽培	農耕地(畑地・草地・果樹園)	森林
収獲量 (純群集生産)	高い	←		低い
種の多様性 (群集構造)	小さい (単純)	→		大きい (複雑)
害虫のニッチ幅 (特殊化の程度)	広い (低い)	←		狭い (高い)
生物体の大きさ	小さい	→		大きい
生活サイクル	短い, 単純	→		長い, 複雑
害虫に対する許容度	小さい	→		大きい

図-1 作物の栽培環境と生物群集 (ODUM, 三島訳 (1974) を参考に作成した)

II 施設での害虫管理の戦略

矢野 (1986) は、施設害虫が温室の内部を生息場所としてうまく利用するには次の3条件が満たされなければならないと考えた。すなわち、①周囲から隔離された温室内部に侵入できること、②高温短日といった温室内の特殊な環境で世代を重ねて速やかに増殖できること、③温室内だけでなく、その周囲の雑草や他の作物でも生活できる、ことである。このことは、施設の害虫を管理するうえで重要なポイントになるとと思われる。これから導

き出される対策は次のようである。①に対しては、出入口や換気口などから施設内へ害虫が侵入するのを阻止する。そうした技術には、シルバーポリマルチや近紫外線除去フィルムの利用、施設開口部の寒冷紗による被覆がある (岩田, 1982; 根本, 1989; NEMOTO and OKADA, 1990)。③は①と関連しているが、その対策としては、施設内外の雑草の除去、育苗管理の徹底、施設内外の作付計画の検討が挙げられる。寄主植物を除去することによって害虫の生活環を断ち切ることが目的となる。②の対策としては、害虫の増殖率を抑制することが挙げられる。この方法には、トラップ、フェロモン、天敵、殺虫剤などの利用がある (北方・吉田, 1982; 高井, 1989; 矢野, 1984)。現在は殺虫剤による方法が最も多く行われているが、害虫の殺虫剤抵抗性が大きな問題となっている現状では、殺虫剤のみに頼る方法は考え直さなければならない。

III イチゴでのアブラムシの害虫管理戦略

1 現状と問題点

イチゴは高品質品種の育成が行われ、関東では女峰が主流となった。しかし、この品種は従来の品種に比べてアブラムシなどの害虫の発生が多く問題になっている (合田, 1989)。イチゴに寄生する主要なアブラムシの種

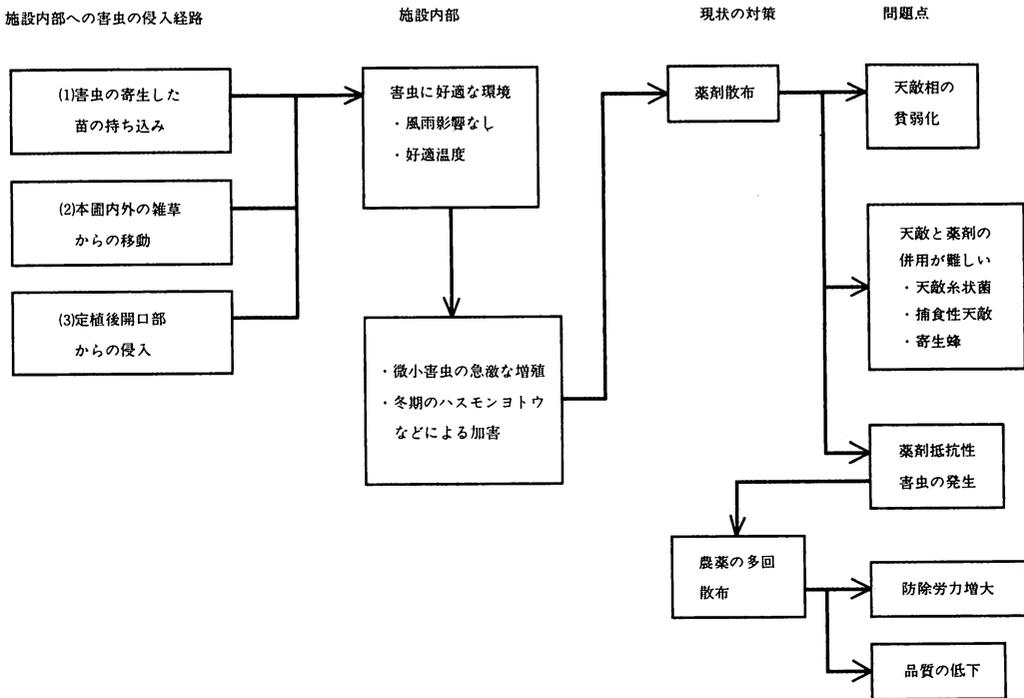


図-2 施設内部への害虫の侵入経路及び防除の現状と問題点

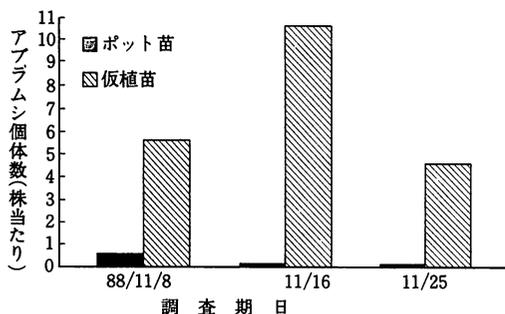


図-3 鉢上げ後のポット苗と仮植苗におけるワタアブラムシ個体数の推移 (埼玉園試, 1989)

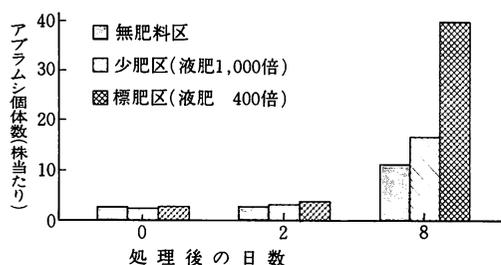


図-4 水耕栽培イチゴに対する施肥量とワタアブラムシ個体数の推移 (埼玉園試, 1989)

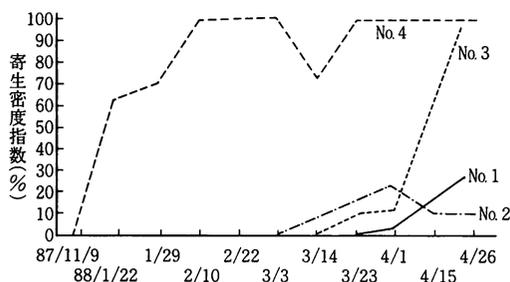


図-5 無加温促成栽培イチゴにおけるワタアブラムシ寄生密度指数の推移 (根本, 1989)

— No.1 カルボスルファン粒剤のポット処理+寒冷紗
 ---- No.2 カルボスルファン粒剤の定植時処理+寒冷紗
 No.3 カルボスルファン粒剤のポット処理
 --- No.4 無処理

植時に持ち込まれるアブラムシの場合について検討する。イチゴの育苗法には仮植畑とポットを用いる方法があるが、ポット育苗は開花が早まって、早期収量が上がる、花芽分化促進技術として普及している(松田, 1986)。二通りの育苗法について、定植時にワタアブラムシ着生数を比較すると、ポット育苗は畑育苗より明らかに少なかった(図-3)。ポットによる育苗は限られた鉢土で行うため、肥料の供給を調整することができる。そこで、施肥量を変えて栽培したイチゴのワタアブラムシ個体数を調査したところ、施肥量が少ないか無肥料の区は標準施用区と比較して少なかった(図-4)。しかし、アブラムシ着生数が少ない苗を定植しても、保温開始後アブラムシ個体数は急速に増加し、この方法のみではアブラムシ類が苗とともに持ち込まれることを阻止できなかった。そこで、定植前にポット育成の苗にカルボスルファン粒剤(5%)を処理して定植したところ、定植時に同剤を処理した場合よりも高い効果が認められた。さらに、定植後の開口部からの侵入に対する対策として、開口部を寒冷紗で被覆したところ、アブラムシ類の発生を遅らすことができた(図-5)。

この技術では、ポット育苗の可能な無加温促成栽培イチゴの生産地で、収穫期の害虫防除の回数を減らせるうえ、薬剤散布に基づく多湿による頂部軟質果の発生、あるいはミツバチへの影響を回避でき、作業の省力化が図れる。

しかし、加温する促成栽培では、害虫の発生環境が異なり、ダニの発生の問題などからこの方法だけでは対応できず、今後さらに検討する必要がある。

類は、ワタアブラムシ、イチゴハクギケアブラムシ、イチゴネアブラムシである。このほかにもチューリップヒゲナガアブラムシをはじめ数種のアブラムシの寄生があるが、特にワタアブラムシとイチゴハクギケアブラムシはウイルスの伝搬能力があり、より重要である(合田, 1977)。この2種のアブラムシは親株床や仮植床での発生が多く(大兼・合田, 1975)、育苗時の防除は重要であるが、登録薬剤のみでは防除が困難である。

埼玉県における促成及び半促成栽培イチゴの女峰は、アブラムシ類以外にもハダニ類やハスモンヨトウの被害が問題になっているが、収穫期に効果があり安全使用基準を満たす農薬が少ない。また、薬剤散布に基づく多湿による頂部軟質果の発生、ミツバチへの影響、作業能率の面から、収穫期の病害虫防除作業を減らす必要性は大きい。

2 施設イチゴへのアブラムシの侵入阻止

施設イチゴへの害虫の移動は、①苗と共に定植時に持ち込まれる場合と、②及び③定植後に侵入または移動する場合、が考えられた(図-2)。これらの害虫は施設内部では急速に増加して被害をもたらす。

イチゴ栽培で問題になるアブラムシやハダニは親株から持ち越される場合が多いことから、まず、苗と共に定

おわりに

く感謝申し上げる。

わが国の、施設害虫の防除は薬剤単独、または寒冷紗や有色粘着トラップなど物理的防除法と薬剤を組み合わせたものが主流である。これらの防除法は個々の害虫を防除するうえでは有効であっても、特定の作物（ここではイチゴ）を加害する病害虫の総合的な管理技術としては、十分ではない。そこには抵抗性発達の危険性が常にある。

一方、ヨーロッパでは天敵利用を中心とする害虫防除が発展し、個々の害虫や天敵、そしてその利用のための膨大な蓄積があり、農家レベルでの利用が実際に行われている点など、わが国と比べてかなり進んでいると思われる。しかし、天敵中心のシステムは、新たな害虫の侵入に対しては薬剤が使えないため、対応が遅れるなどの問題がある（矢野, 1988）。

一般に天敵は殺虫剤と相いれない性質をもっている場合が多いので、農薬の使用が優先しないしは前提となっている日本の栽培体系では天敵の利用は困難な場合が多い（桐谷, 1987）。今回紹介したアブラムシの施設内への侵入阻止技術は殺虫剤の使用回数及び時期を限定できるため、天敵と農薬の使用を時間・空間的に隔離する防除体系として、天敵と農薬を併用した総合的害虫管理技術に組み込むことが可能と思われる。

最後に、本文をまとめるにあたり、助言と協力をいただいた農林水産省農業環境技術研究所法橋信彦博士に深

引用文献

- 1) 合田健二 (1989) : 植物防疫 43 : 531~534.
- 2) ——— (1977) : 栃木農試研報 No. 23 : 113~118.
- 3) 青木淳一 (1973) : 土壤動物学, 北隆館, 814 pp.
- 4) 板木利隆 (1983) : 施設園芸 装置と栽培技術, 誠文堂新光社, 東京, 572 pp.
- 5) 岩田俊一 (1982) : 植物防疫 36 : 441~442.
- 6) 河合 章 (1990) : 施設園芸と昆虫個体群, 人為的環境変動と昆虫個体群の相互関係, 第5回筑波昆虫科学シンポジウム資料 : 59 pp.
- 7) 北方節夫・吉田 守 (1982) : 植物防疫 36 : 478~481.
- 8) 桐谷圭治 (1987) : 農業鹿児島 39 (9) : 22~25.
- 9) 古在豊樹 (1985) : 施設園芸の環境調節技術, 日本施設園芸協会, 東京, 206 pp.
- 10) 松田照男 (1986) : イチゴ, 品種と新技術 農耕と園芸編集部編 誠文堂新光社, 東京, pp.2~15.
- 11) 松崎征美・桐谷圭治 (1973) : 農及園 47 : 794~800.
- 12) 根本 久 (1989) : 関東病虫研報 36 : 171~172.
- 13) NEMOTO, H. and M. OKADA (1990) : In "Integrated control in the greenhouse.", IOBC conference : SROP/WPRS Bull. XIII/5 : 149~152.
- 14) ODUM E. P., (三島次郎訳) (1974) : 生態学の基礎 (原書第3版上), 培風館, 東京, 390 pp.
- 15) 大兼善三郎・合田健二 (1975) : 関東病虫研報 22 : 94.
- 16) 高井幹夫 (1989) : 植物防疫 43 : 315~318.
- 17) 高橋史樹 (1989) : 対立的防除から調和的防除へ, 農山漁村文化協会, 東京, 185 pp.
- 18) 矢野栄二 (1984) : 植物防疫 38 : 267~274.
- 19) ——— (1986) : オンシツコナジラミとミナミキイロアザミウマ—施設園芸害虫の新参者たち. 日本の昆虫, 侵略と攪乱の生態学 (桐谷圭治編), 東海大学出版会, 東京, pp.71~79.
- 20) ——— (1988) : 植物防疫 42 : 543~546.
- 21) WHITTAKER, R. H. (1979) : (宝月欣二訳) 生態学概説, 培風館, 東京, 363 pp.

お知らせ

○『植物保護ハイビジョン—1990』のご案内

——世界農業に於ける 90 年代の課題——

主旨：わが国における植物防疫の発展を推進するため、植物防疫の学術・技術の研究、交流及び普及を図る一環として、このシンポジウムを開催する。

主催：財団法人 報農会

日時：平成2年9月27日（木）10：30～15：00

場所：家の光会館・7階（東京都新宿区市ケ谷船河原町11）JR 線飯田橋駅下車

講演：10：30～11：50 植物の保健薬

（理化学研究所）本間 保男氏

13：00～14：20 バイテク研究の現状と展望

（農林水産技術会議）木村 滋氏

記念式典・表彰式：15：15～16：00 7階

創立30周年記念パーティ：16：00～18：00 1階

講演会参加者は全員記念式典と記念パーティに招待されます。

参加費：5,000円 但し、 μ 切以後の申込みは6,000円 学生割引1,000円

参加希望者は9月10日までに下記口座へ参加費を振込み。前もってテキストと名札が送られます。

（振替）東京0—103214 財団法人 報農会

事務局・連絡先：財団法人 報農会 常務理事 斎藤 志（まもる）

〒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 0484-62-1111 (内) 5015

特集：施設野菜栽培における害虫管理〔4〕

施設野菜栽培における害虫管理：ハダニの管理

奈良県農業試験場・防除所 ^{いの}井 ^{うえ}上 ^{まさ}雅 ^{てる}央

はじめに

施設で栽培される野菜の品目は近年急増している。簡易雨除け栽培を含めると、ほとんどの野菜が施設でも栽培され始めた。これに伴い、多くの野菜でハダニ害虫化が問題となってきた。ホウレンソウ、アスパラガス、ネギといった露地栽培では考えられない野菜で被害が発生する。栽培者の中には、これらの野菜の施設栽培を導入してみて、初めてハダニを知った者も少なくない。日常の農作業はハダニに対する配慮がかけられており、発見が遅く対策は後手にまわることが多い。加えて登録薬剤が皆無の野菜もある。このような状況の中で、筆者は被害が生じない程度に施設のハダニ密度を管理したいと常々考えている者の一人である。しかし、ハダニを材料に、天敵利用を含めた害虫管理論を展開することは筆者の力量を超えている(害虫管理に関しては、本誌42巻、1988またハダニに関しては43巻、1989に特集がある)。ただ、筆者は被害現場を目にするたびに一つの素朴な疑問を持ち続けてきた。それは、激しい被害を受けた栽培者と被害をまぬがれた栽培者の間の、あるいは圃場間の“差”は一体何であろうかという疑問である。そこで、できるだけこの疑問を明らかにしようとの観点からいくつかの調査を行った。本文ではこの“差”にこだわって見た調査結果と、移動防止障壁によるハダニ管理の試みについて紹介することで責を果たすことに代えたい。

I 生産環境

1 アスパラガス施設における被害の“差”

1990年2月、奈良県内の2地区のアスパラガス早出し栽培施設でシュートの表皮が多数のハダニに加害されて白化する被害が続出した。農水省野菜・茶業試験場の浜村 徹 室長によりカンザワハダニと同定された。また、加害中の多数の個体は雌成虫に限られたことから、越冬個体が休眠覚醒と同時に、他に餌がないためアスパラガ

本論に述べる研究の一部は、“西南暖地における野菜の生態系活用型生産技術の確立”(農水省、1989～)事業予算により実施した。

Pest Management in Greenhouse Vegetable Cultivation :
Management of Spider Mites. By Masateru INOUE

スのシュートに集中加害したのではないかという貴重なご意見をいただいた(浜村、私信)。現在のところ、決定的な解決には至っていない。しかし、聞き取りの結果、対策を考えるうえで重要な手掛かりとなりそうな“差”が発見できた。まず、被害発生施設では昨秋、共通の薬剤でヨトウ類の防除を行っていた。また昨秋に天井部分のビニル張り替え作業を行った施設では被害が軽かった。通常このビニルは2年使用される。ビニル張り替え年にあたる施設は、古いビニルが秋に除去される。一時期圃場は露地状態となり、茎葉が風雨にさらされる。このことが、いったん増殖したハダニ密度を低下させたとも考えられる。しかし、まだ、これが被害程度の“差”の原因であるとは断定できない。アスパラガスの茎葉でカンザワハダニが増殖できるかどうか、できないとすれば増殖場所はどこか、ヨトウ類の防除とハダニ増加の間に本当に関連があるのか今後の課題が残されている。しかし、ハダニの管理を目指すうえでこの“差”は貴重である。このような“差”をもう少し掘り下げた例として雨除け施設栽培のホウレンソウについて述べておきたい。

2 ホウレンソウ産地間の“差”

奈良県では雨除け栽培ホウレンソウでナミハダニとカンザワハダニの分布が認められている(前川ら、1987; 高藤ら、1989)。しかし被害程度は産地により大きく異なる。そこで、被害程度の異なる9産地の中心的施設群を選び生産環境を比較した。表-1はそれらの施設群における被害発生状況と、冬季のハダニ発生状況を示したものである。被害が発生している産地の施設群では冬期でも施設でナミハダニやカンザワハダニの発生がみられ、産地内にハダニが定着していることがうかがわれた。

(1) 施設内環境

表-2に示したのは施設内の管理の“差”である。ハダニ発生源となる寄主植物がどれほど放置されているかを産地間で比較した。これによると、実被害の経験がないA～Dでは寄主植物放置施設率は0～4%未満であった。これに対し、被害が発生する5施設群ではFを除いて放置施設率が高く、被害が常発するIでは39%の施設で寄主植物が放置されていた。それらは収穫適期を過ぎたホウレンソウ古株、自家消費用のブドウ、キウイフルーツ、

表-1 奈良県における施設栽培ホウレンソウの産地別ハダニ被害発生程度と冬期のハダニ確認施設率

産地	被害発生程度	冬期のハダニ発生圃場率(%)	
		ナミハダニ	カンザワハダニ
A	○	0	0
B	○	0	0
C	○	0	0
D	○	0	0
E	△	0	11.8
F	△	0	45.5
G	△	15.8	15.8
H	▲	7.8	56.9
I	▲	1.8	40.4

○：実被害未発生 △：時により被害発生 ▲：被害常発

表-2 異なる産地のホウレンソウ施設内のハダニ寄主植物放置状況(1989～90)

産地	調査施設数	放置施設数(同%)	主な持ち込み植物
A	152	6(3.9)	ホウレンソウ古株
B	110	4(3.6)	ホウレンソウ古株
C	33	0(0)	
D	4	0(0)	
E	34	2(5.9)	シンビジウム
F	11	0(0)	
G	19	3(15.8)	ナス、ホウレンソウ古株
H	51	4(7.8)	ホウレンソウ古株
I	57	22(38.6)	ホウレンソウ古株、キク、ブドウ、シンビジウム、ガーベラ、キュウリ、ナス、キウイフルーツ等

キュウリ、キク、ガーベラ、ナス、鑑賞用ナス、鑑賞用トウガラシ、シンビジウムなどであった。

(2) 施設周辺環境

図-1は施設周辺環境を比較したもので、ホウレンソウ施設の周囲2筆の作目を調査した結果を示している。図中の白抜ききの4個の円は実被害の経験がないA～D、白抜ききの三角は時により被害が発生するE、F及びG、黒ぬりの三角は被害が常発するH及びIの施設群である(表-1参照)。周辺圃場の作目をハダニが増殖しやすい作目とそうでない作目に分け、縦軸にハダニが増殖しやすい作目の数、横軸にそれらの出現頻度をとって各施設群をプロットした。この結果から、実被害の経験のない4施設群では、ハダニが発生しやすい作目は施設周辺に2～3種類、出現頻度も20%以下であった。これに対し、時により被害が発生する地域ではハダニが発生しやすい作目が3～8種類とやや多く、被害が常発する施設群では9～11種類で出現頻度も高い傾向が認められた。

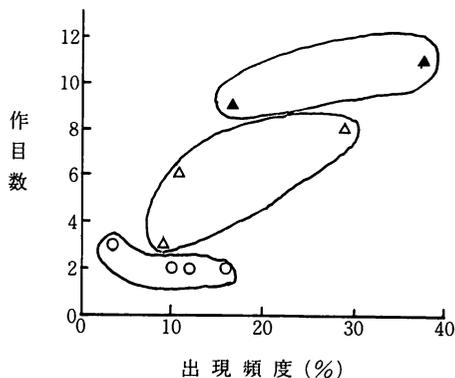


図-1 ホウレンソウ施設周辺に出現するハダニ発生植物の作目数及び出現頻度

○：実被害未発生産地 △：時により被害が発生する産地 ▲：被害常発産地

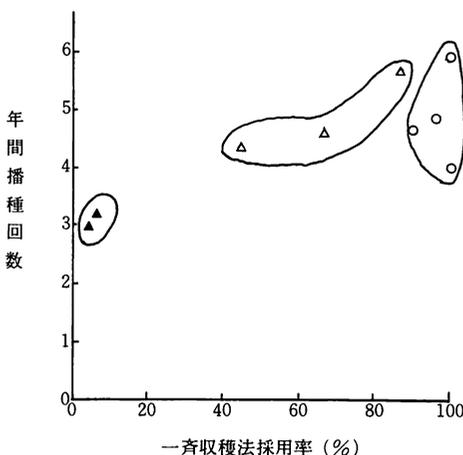


図-2 ハダニ被害程度の異なるホウレンソウ産地の栽培形態

○：実被害未発生産地 △：時により被害が発生する産地 ▲：被害常発産地

(3) 栽培形態

図-2は栽培形態にみられる“差”を示している。縦軸は1施設当たりの年間播種回数、横軸は一斉収穫法を採用している施設の割合を表す。図中の各産地の記号は図-1と同じである。ホウレンソウの収穫法はいわゆる“間引き収穫”と“一斉収穫”に大別される。この図からは、被害常発産地では、生育不ぞろいの施設で、ハダニの増殖をみながら収穫が長期間継続していることが容易に想像される。

以上のように、施設内の管理状況、施設周辺環境、栽培形態のいずれにも産地間に大きな“差”がみられる。そして被害が全くない産地はハダニがよく管理され、少発生の産地は適度に管理されているとあってよい。

(4) “差”の利用法について

ハダニ管理技術の手掛かりはこの辺を探れば得られると思われる。また、このような現場の“差”をみることなく、被害株の持ち込み→加害種の同定→薬剤検索というような短絡的な道が選択されると、被害常発産地の状況はますます悪化しよう。ただし、筆者はこのような“差”をふまえて対策を講じ、それでもなお被害が生じた場合に備えて登録薬剤を確保しておくことも、現場技術者の義務だと考えている。さて、表-2からみると、施設内に発生源となるような植物を持ち込まないほうがよい。図-1からは、できるだけ周囲にハダニが発生する作目の少ない圃場を選ぶことが大切だといえる。図-2からは一斉収穫法で短期間に収穫を終えさえすれば、同じ施設でいくらか栽培を繰り返してもハダニ被害はあまり発生しないことが容易に推測される。しかし、技術者がこのような産地間の“差”を示し、だから改善せよということと、栽培者がそれをどれだけ実行するかということは別の問題である。そして、現実にはどれだけ被害が軽減されるかは、栽培者がどれだけ実行できるかによって決定される。栽培者の実行=被害減少の実現を期待するためには、“差”が生じた背景や、どこまでが可能で何が不可能かといった栽培者側の事情も十分考慮する必要がある。

II 栽培者

1 “差”の背景

ハウレンソウでは、収穫の形態を間引き収穫から一斉収穫に変更することでハダニ被害が軽減されるであろうことは、先に述べた。ところで、ハウレンソウの奈良県内市場での価格(4kg単価)はおおよそ100円から5,000円の間で変動している。市場で優位性を確保するためには品ぞろえと連続出荷が最優先課題となる。ハダニ被害が発生しやすいのは夏播き夏採りであるが、この作型に限ると間引き収穫のほうが上物率が高く、多少調製労力はかかっても有利であるという(桑原ら, 1987)。奈良県では一斉収穫は、株の生育がそろいやすい機械播種との組み合わせ技術として受け取られている側面があり、機械播種〜一斉収穫法では単位面積あたりの収穫株数が少なく、圃場の耕運回数が増加する。播種機の普及につれ、一斉収穫法が定着しつつあるが、一定以上の施設面積を持たない栽培者や、高齢で耕運機の使用を他人に依存しているような栽培者が品ぞろえと連続出荷を維持するには、現在のところ間引き収穫のほうが適している。これらの栽培者は「ハダニ対策のために一斉収穫を行え」という指導は無視するしかない。現在、このような栽培者側の事情の“差”を考慮して、栽培者が可能な項目から

ハダニ管理に着手させる方法を試行中である。

2 “差”利用の試み

試行中の方法の概略は、以下のとおりである。圃場周囲環境、施設内環境及び栽培形態の3項目についてそれぞれ質問事項を設け、例えば施設内に自家消費用のナスを栽培していると10点、一斉収穫を行ってれば0点というように点数を定め自己採点させる。点数は、全く被害のない産地の栽培者がこれを行うと30点以下、被害常発産地の栽培者では70点を超えるような配分となっている。点数の合計が50点以下となることを目標に、栽培者が可能な所からハダニ管理に着手するというものである。産地のハダニ管理状況がどの程度変化するか追跡調査をしたいと考えている。

3 栽培者側の事情

害虫管理の概念が広がるにつれ、圃場のハダニ密度を把握することや、合理的な薬剤防除“実行”あるいは“中止”の判断がこれまで以上に求められよう。しかし、これに関連する“栽培者側の事情”を検討した例はきわめて少ないので、この点についても簡単にふれておきたい。栽培者が日常何によってハダニの発生に気付いているか、また、どの程度ハダニを観察できるかを聞き取り調査した結果はおおむね以下のとおりである。葉上のハダニを積極的に観察してハダニ発生を知る努力をしている者は、野菜・花き栽培者の6.5%に過ぎなかった。食害痕を見て初めて発生を知る者は全体では50%程度であったが、40歳未満で最も多く、加齢とともに減少した。これに対し、植物の葉色や生育の異常、葉上の密な吐糸によって初めて発生に気付く者は加齢とともに増加した。さらに、60歳以降では市場からの返品など他人の指摘によりハダニ発生を知る者も現れる。また、50歳以下の栽培者の80%以上はハダニ個体が肉眼でみえるが、50歳代以降は拡大鏡等補助器具の必要な者が増加した。このような傾向はカンザワハダニとナミハダニに共通しているが、栽培者にとってはナミハダニのほうがやや発見しにくいと思われた(井上, 1990a)。以上の結果からは、技術者が考える以上に栽培者にとってハダニは発生状況を把握しにくい害虫であることが推測されよう。このため、栽培者の、防除“実行”または、“中止”の判断はしばしばハダニ発生状況以外の要因に影響される。これらの要因は、防除要否の判断に影響する要因と、いったん下された判断を覆す方向に働く要因に類別される。防除要否の判断に直接影響する要因では、防除を“実行”する方向に作用する要因として“身近な人の被害や防除”などがあり、“中止”する方向に作用する要因としては、“市場価格下落”、“薬剤散布に伴う弊害の懸念”などがあ

る。栽培者の判断を覆す要因では“本人の不在”，“家族の病気，出産”，“圃場設計のまずさによる水不足”などが防除を中止させる方向に作用していた(井上, 1990 b)。なお，身近な人の被害や防除をみたことが，栽培者を防除実行に向かわせた例は，その数がきわめて多かった。これは栽培者が常にハダニに対して不安を持っていることを示している。とくに，害虫管理の概念を定着させるためにはこの種の不安を除去しておくことはきわめて重要である。

III ダニがえし

ハダニが発生しやすい作目が数多く栽培される地域では広くハダニが定着しており，残渣処理，除草作業などにより移動が起こる。多数のハダニが寄生した残渣が投棄され，移動が特定の施設に集中した場合には激しい被害が突発する。もし，移動を防止する障壁があればハダニ管理には好都合である。野菜圃場におけるハダニの移動手段は主に歩行であり，寄主を離れて歩行移動中の個体は負の走地性を示す。障壁の上端に襟状の折り返しがあれば，ハダニはそれ以上登ることはできないはずである。そこで上端を10 cmの幅で襟状に折り返したビニル障壁“ダニがえし”を作成し，移動防止効果があるかどうかを調べた。その結果，歩行中のハダニはビニル障壁に達すると壁面を登り，折り返し部分に到達するものの，折り返し線にそって平行移動をくりかえすのみで，ダニがえしを乗り越えることはできなかった(図-3)。このダニがえしを雨除け施設のサイド部分に装備した施設内にハウレンソウを栽培し，施設周辺にハダニが多数寄生した植物残渣を投棄した。その結果，対照の施設では残渣投棄翌日には多数のハダニが施設に侵入してハウレンソウを食害したのに対し，ダニがえしを設けた施設ではハダニの侵入はごくわずかで，ハウレンソウの被害も軽かった。また，ダニがえしを利用した残渣処理用のビニル製の囲い(2 m×2 m，高さ1.3 m)を設け，これにイチゴ残渣を投棄したところ，残渣から周辺圃場へのハダニの分散を防止できた(井上, 1990 c)。ダニがえしは施設に装備すると多数のハダニが一斉に移動して引き起こす突発的な被害を防止できるほか，新たな個体の侵入が遅れて薬剤防除後のみかけの残効を延長させるなどの効果が高く，残渣処理時に利用すれば生産環境内のハダニ密度を低下させるなど利用価値が高いものと思われる。しかし，当然の事ではあるが，苗と共に持ち込まれたり，施

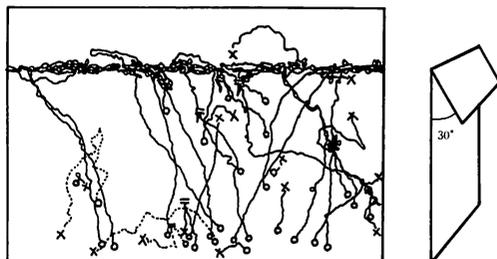


図-3 ハダニ移動防止障壁“ダニがえし”上のハダニの行動
 ——：ナミハダニ ……：カンザワハダニ ○観察開始点 ×：ハダニが墜落 =：墜落後、吐糸により復帰

設内で増殖するハダニに対しては無力である。このような限界についても十分説明することが現場での普及を図るうえではきわめて重要であろう。

おわりに

久野(1988)は，これからの害虫防除はIPMの概念を基調として進められるであろうと予測しつつ，わが国では定着が進んでいない原因をいくつか指摘している。筆者はこのような指摘事項を詳細に整理し，解決する作業を優先することが，結果的にIPMの定着につながるものと考え，いくつかの調査を行ってきた(井上, 1989)。その過程で，一方にIPMのような優れた概念がありながら，それを多様な環境の現場に接続するにはどうすればよいかという，いわば“受け皿学”ともいべき分野が貧困なのではないかと考えるに至った。原因は害虫管理の舞台となる生産現場の環境や，栽培者の害虫に対する認識に違いがありすぎるためである。これが，本論で一部述べた“差”である。このような取り組み方が正しいかどうか自信はない。本論ではあえて逸脱を犯し，かつ，力量不足を顧みずこの分野に力点を置かせていただいたことをお詫びする次第である。

引用文献

- 1) 井上雅央 (1989)：第27回ハダニ談話会資料 pp.14.
- 2) ——— (1990 a)：応動昆 (印刷中)
- 3) ——— (1990 b)：応動昆中国支会報 (印刷中)
- 4) ——— (1990 c)：応動昆 34：49～53.
- 5) 久野英二 (1988)：植物防疫 42：509～510.
- 6) 桑原 勉ら (1987)：農作業研究 22：236～243.
- 7) 前川達也ら (1987)：関西病虫研報 29：40.
- 8) 高藤晃雄ら (1989)：応動昆 33：157～160

特集：施設野菜栽培における害虫管理〔5〕

施設野菜栽培における害虫管理：合成性フェロモンの利用

千葉県病害虫防除所 ^{かわな}河名 ^{としゆき}利幸・^{しみず}清水 ^{きいち}喜一

はじめに

施設内で栽培されている作物の種類は多く、食卓の上には一年中新鮮な野菜類が提供されている。しかし、施設内は病害虫にとって発生に好適な条件であるうえに、単位面積当たりの収益性が高いことから、要防除水準が低いところに設定されがちである。したがって、病害虫の薬剤に対する耐性、抵抗性の発達が顕著であり、難防除病害虫の多くが施設栽培で発生している。また、施設内での薬剤散布となるため散布従事者の健康管理面からの問題もあり、性フェロモンを利用した交信かく乱法、大量誘殺法による害虫管理に対する期待は大きいものがある。

昆虫の性フェロモンは複数成分からなり、これらの混合比率が合成性フェロモンの効力に重要であることが、TAMAKI et al. (1971 a, b) によって明らかにされてから既に20年が経過しようとしている。1970年代には各種の害虫で性フェロモンが単離、同定されるようになり、合成性フェロモンによる害虫の発生消長調査は現在では広く一般的な方法として定着している。また、交信かく乱法による茶のハマキムシ類、果樹のモモシクイガ、コスカシバ、アブラナ科野菜のコナガなどの被害軽減を目的とした合成性フェロモンの利用はすでに実用化に移されており、1987年、高知県の155 haのネギ畑において実施された交信かく乱法によるシロイチモジヨトウの被害抑圧のめざましい結果は記憶に新しいところである(WAKAMURA et al., 1989)。これらはすべて野外における実用化例であるが、交信かく乱法の適用場面として最初から考えられていた施設内での性フェロモン利用は、まだ実用化の段階には達していない。

1974年には高知県のナス栽培ハウスにおいてハスモンヨトウの交信かく乱法による防除試験が実施された。その後もコナガ、シロイチモジヨトウ、タバコガ、ハマキムシ類等を対象に性フェロモンによる施設内での防除が試みられているが、野外の大面積処理に比較すると効果のふれが大きいのが一般的な傾向であり、実質的な防

除効果がみられなかった例も少なくない。野外の小面積処理でも同様の傾向がみられたが、野外の開放環境と比較すれば施設内のフェロモン濃度は一般に高いと考えられるので、野外の小面積処理とは別の施設内独自の問題点についても考える必要がある。ここでは、われわれが行った施設内におけるコナガとシロイチモジヨトウの交信かく乱法による防除試験の結果を中心に、問題点とこれから解決すべき課題について考えてみたい。

I コナガ

コナガの性フェロモン剤は“コナガコン”という商品名で市販されており、長さ100 mのポリエチレンチューブに封入され、浸透移行した有効成分が表面から揮散する仕組みになっている。20 cmごとにシールされており、20 cm単位で切り離して使用することも可能である。野外では作物体上に展張し、8~10 m間隔で処理しており、10 a当たり100~110 mの処理量となる。

大林ら(1989)によると、施設内の性フェロモン剤処理による交尾阻害効果は、換気方法に大きく影響され、施設が密閉されたときに最も高い効果が得られ、すそ換気下での効果は低かった。また、天井部の処理、キャベツ株上での処理を比較すると明らかに天井部処理の効果が高かった。しかし、いずれの処理位置でも換気による影響を受け、すそ換気による効果の低下は著しく、天井部処理、地上部処理の差は認められなかった(表-1)。これは、換気による性フェロモンの施設外への流出が原因と考えられた。

1990年の2~3月にかけて、処理方法、処理量について

表-1 ビニルハウスの換気方法及びフェロモンの処理位置がコナガの交尾阻害率に及ぼす影響(大林ら, 1989)

ハウスの換気方法	フェロモンの処理位置	つなぎ雌の交尾阻害率(%)
すそ換気	ハウス天井部	11.8
	キャベツの株上	7.1
肩換気	ハウス天井部	72.4
	キャベツの株上	40.9
密閉	ハウス天井部	100.0
	キャベツの株上	78.8

すそ換気は、ハウスのすそ部分を寒冷紗としたもの。

表-2 コナガコンの処理量, 処理方法を変えた場合のアブラナ科作物栽培各施設での交尾率(1990)

処理量 (/10a) (m)	処理方法	2月20日採集	3月5日採集	3月22日採集
		交尾雌/採集雌(%)	交尾雌/採集雌(%)	交尾雌/採集雌(%)
100	中央部のみ	1/3 (33.3)	6/17 (35.3)	7/10 (70.0)
100	各所に細分	1/9 (11.1)	1/13 (7.7)	1/7 (14.3)
200	中央部のみ	2/14 (14.3)	4/12 (33.3)	2/6 (33.3)
200	各所に細分	4/17 (23.5)	11/30 (36.7)	5/19 (26.3)
無処理	—	7/10 (70.0)	9/12 (75.0)	7/7 (100.0)

表-3 コナガコンの処理量を変えた場合の施設栽培ストックの被害程度(石塚ら, 1990)

処理量 (m)	被害程度 (対無処理比)
100	33.0 (84.6)
200	28.3 (72.6)
400	16.5 (42.3)
無処理	39.0

注 ストック 80 株調査。被害程度は多, 中, 少, 無の規
準によって重みづけ評価した。

での検討を行った。換気はほとんど天窗で行われ好条件下での検討であった。10 a 当たり 100 m の処理では、性フェロモン剤を切断し圃場全体に分散させた方法が、長いまの性フェロモン剤を圃場中央部のみ処理する方法より明らかに採集雌の交尾率は低かった。しかし、200 m 処理では、細分した方法と圃場中央部に処理した方法で、効果に差は認められなかった(表-2)。したがって、フェロモンを均一に充満させるためには、圃場内の多数地点に処理することが望ましいが、処理量を多くすれば、圃場全体のフェロモン濃度が上昇し、低濃度の部位でも有効なフェロモン量を確保できることが明らかとなった。

一般的に処理量を増やした場合に効果は高くなる傾向がある。換気をサイドで行った場合の試験(石塚ら, 1990)では、400 m の処理量まで検討され、処理量の増加とともに効果は上昇するが、その限界については明らかとなっていない(表-3)。原因としては、①換気によるフェロモンの流出が甚だしい、②フェロモン処理量の絶対量がまだ不足している、③フェロモン濃度が特に低い場所があったり、施設の1か所に雌雄が物理的に集合し交尾してしまう、などの施設独特の理由によって交尾阻害が起こりにくい、などが考えられる。

近年、コマツナなどの軟弱野菜は、コナガの産卵を抑制するため密閉したトンネル内で栽培されることが多くなっている。同様に施設でも換気部分や出入り口を寒冷紗などによって被覆すれば、既交尾雌の侵入の機会を減

少させ、性フェロモン剤の効果を高めることができる。

しかし、コマツナのような栽培期間の短い作物では、フェロモンの効果が現れる前に収穫されてしまうこともあり、このような栽培期間の短い施設野菜では性フェロモン剤の利用場面は限定されると考えられる。

II シロイチモジヨトウ

シロイチモジヨトウの性フェロモン剤は信越化学工業株式会社が合成し、Z9E12-14: AC と Z9-14: OH の 2成分が 7:3 の比で混合されており、コナガコンと同じような長さ 20 cm のポリエチレンチューブに 80 mg 封入されている。前述の高知県での大規模処理ではネギ畑 24 ha には 1 ha 当たり 1,000 本、山林など周辺地区約 130 ha には 1 ha 当たり 300 本が使用された。これは 10 a 当りに換算すれば 8.2 m の処理量にしかならない。

千葉県の新潟県は、県南地域のトルコキキョウ、シュクコンカスミソウ、カーネーションなどの施設栽培の花き類に発生している。トルコキキョウの被害は甚だしく、9月~10月の二番花の収穫を放棄せざるを得ないような状況が発生している。

そのなかで 1988 年、鴨川市のトルコキキョウ栽培地帯で多発圃場が見つかり、被害の盛期であったが 10月 8日、その地帯の 355 m² のガラスハウスに性フェロモン剤を処理した。ネットの支柱を利用して地上 60 cm の位置に 20 cm のディスペンサーを 10 a 当たり 909 本(約 182 m) 処理し、同程度の発生量であった約 100 m 離れたガラスハウスを対照区とした。両区で 170 cm の高さにフェロモントラップを設置したところ、10月 29 日までに無処理区 5 頭に対し、処理区でも 2 頭の雄が誘殺された。その後、無処理区の被害も終息に向かったため、防除効果は明らかとならなかったが、コナガの場合と同様に、作物体の直上部での処理では効果低下の可能性が考えられた。

1989 年には 88 年と同じ農家の 8 ハウスにおいて、100 m 巻のフェロモンディスペンサーをハウスの天井部に張り渡す方法で、ディスペンサーの処理量、換気部位の

表-4 トルコキキョウ栽培各施設内におけるシロイチモジヨトウの寄生密度推移(1989)

試験区	面積 (m ²)	10a当たり 処理量(m)	寒冷紗 被 覆	200 株当たり寄生幼虫数									
				6.21	7.4	7.20	8.4	8.16	8.30	9.13	9.27	10.14	10.26
1	295	400	有	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	231	1000	有	0	0	0	0	0	卵1	0	0	0	0
3	508	400	—	0	0	0	0	1	8	1	0	0	0
4	355	400	—	卵1	1	0	0	0	4	0	0	0	0
5	230	425	—	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0
6	199	1004	有	1	0	0	0	0	12	0	—	—	—
7	202	990	有	0	0	0	0	2	12	3	1	—	—
8		—	有	0	0	0	0	0	8	3	2	4	1

注：卵はふ化直後の卵塊数

寒冷紗被覆の有無による防除効果を検討した。農家の強い要望もあり、また、性フェロモン剤の対照区への流入を避けることも考えて、88年のシロイチモジヨトウの発生量は少なかったが、直線距離で約1kmほど離れたところにあるNa8のハウスを無処理区とした。フェロモン処理はシロイチモジヨトウ発生前の6月21日に行い、任意の200株について寄生幼虫数を2週間間隔で調査した。殺虫剤散布は実施時期、使用薬剤とも農家に一任した。フェロモン処理前の密度が低く、処理後も無処理区の密度が高くならなかつたので、幼虫の発生量では効果が判然としなかつた(表-4)。いずれのハウスでも発生量が少なく、つなぎ雌法による交尾阻害効果調査が困難と考えられたので別の場所にみつかった多発ハウスに8月17日、急きょ10a当たり584mのディスペンサーを処理し、つなぎ雌法を実施した。対照区は設けなかつたが、交尾率は0%(0/15)であった。また、フェロモン無処理区のNa8のハウスでは88年と89年のシロイチモジヨトウの発生状況はほぼ同程度であり、甚大な被害はほとんど被らなかつた。一方、No.1~7のハウスでは88年に大きな被害を受けているが、性フェロモン剤を処理した89年の被害は、Na8のハウスと同程度と軽かつたことから、性フェロモン剤による防除効果があつたことは否定できない。また数年来の発生状況をみていた栽培者も性フェロモン剤の効果はかなり高いという意見であつた。

また、89年5月には富山町においても冬季に加温栽培していたビニールハウス2棟のトルコキキョウにシロイチモジヨトウが発見された。このハウスに10a当たり476mのディスペンサーを処理したところ、処理時点で発生のみられなかつた無処理区も含めて、その後の発生は全く認められなかつた。

これらの試験は、野外の処理に比較すると非常に多い処理量であり、防除効果も十分であるとはいひ難い。効果の確認と処理量については、今後も検討していかね

ればならない。

ハウス栽培作物のシロイチモジヨトウの性フェロモン防除は、ネギや花き類を対象に和歌山県農試、兵庫県防除所、高知県農林技研、鹿児島県農試などでも実施されている。野外試験に比較すると処理量は多く、10a当たり500本(100m)程度処理したときや、周辺地域にも処理を追加したときに好結果が得られている。しかし、施設内の処理では、野外試験で得られたようなめざましい効果はまだ得られていない。

高知県においては、2aのビニールハウスに500本のディスペンサーを処理し(500m/10a)、ハウス内に放飼したシロイチモジヨトウの交尾率を推定している。10a当たり500m処理してもフェロモン処理だけでは交尾率の低下は顕著ではなく、ライトトラップとの併用によって明らかに低下したことを報告している。これは、ライトトラップによる雄成虫密度の低下と性フェロモンによる交信かく乱効果との相乗作用と推定している。また、ライトトラップによる既交尾雌の捕獲率も高かつたので、実際の防除効果が著しく高かつたものと推定している(高井ら、1990;若村ら、1990a)。

しかし、シロイチモジヨトウでもコナガと同じように大規模処理と比較して施設内処理の効果は今一步の感があり、今後に残された課題は多い。

III その他の害虫

施設内の害虫ではコナガやシロイチモジヨトウのほか、茨城県ではピーマン圃場におけるタバコガで、静岡県(小林ら、1988)ではバラ圃場におけるハスモンヨトウやハマキムシ類で検討している。

バラ圃場におけるハマキムシ類やハスモンヨトウでは、フェロモン無処理区と比較し殺虫剤散布回数の減少を認めている。また、ハマキムシ類では、露地での防除に使用する場合と同量かその倍の処理量で検討している

が、いずれの場合にも高い効果が得られている。

一方、茨城県のタバコガにおいて行われた試験では、植物体が小さな期間は高い効果を得ているが、繁茂した状態では効果が低下することが明らかになった。

IV 今後の課題

このように施設内においても、性フェロモン剤の高密度処理により高い効果が得られる場合もあることが明らかになってきた。しかし、対象害虫や施設の環境条件の変化によって効果にふれがでたり、高い位置の処理や換気口となる部分での処理など処理条件に各種の制約を受けることもある。つきつめると、施設内でフェロモン剤を有効に機能させるためには、対象害虫の交尾時刻に施設内のフェロモン濃度を偏りなく、いかに高く維持するかが重要である。

コナガでは、施設の換気方法により大きく影響をうけることが明らかになったが、作物を栽培する以上換気は必要である。現在性フェロモンによる防除の対象となっている害虫は、日没前後から深夜にかけて交尾することが多い。そのため日中の高温時には換気を十分に行い、なるべく早い時刻に施設を密閉することで交尾時刻に必要な量のフェロモンを確保することも可能であろう。また、処理量を多くすることでもある程度のフェロモン量の確保は可能である。

しかし、夜間でも密閉できないような栽培条件では効果の低下は明白である。このような場合には露地の場合と同様に考え、施設外の周囲にも処理したり、換気口となる部分の処理を多くすることで施設内のフェロモン濃度はある程度は保持できると考えられる。

処理方法としては施設内のフェロモン濃度をできるだけ均一になるような方法をとらなければならない。性フェロモンが空気より重く、好結果が得られやすいことから、多くの試験例では施設内の天井近くなど高い位置での処理が一般的であったが、植物体が繁茂し、空気の流れがほとんどなくなるような条件では草冠内部への処理も必要となろう。

これまでの実用化試験によって、高い交信かく乱ないしは被害の抑圧効果を得るための必要条件が明らかとなったが、これらの条件は経験的に発見されたものであり、どのような過程または機構によって効果のふれが生ずるかについての基礎的な試験研究は十分にはなされていない。したがって、例えば、性フェロモンが存在する空間内での雄、処女雌、既交尾雌それぞれの行動の変化などについて多くの知見が蓄積される必要がある。施設が野外の小面積と決定的に違うのは、周囲がすべて物理的に

囲まれていることである。何らかの施設内環境の異質性によってエアポケット的に雌雄が集まれば性フェロモンによる交信かく乱効果は低下する。野外での性フェロモン試験の結果から、施設では交信かく乱法が主体であった。しかし、シロイチモジヨトウについてみれば、若村ら(1990 b)は未交尾雌はあまり移動せず、雄成虫及び既交尾雌は活発に移動すると推定している。したがって、施設は閉鎖空間であることを考えれば、性フェロモン及び光などによる大量誘殺法についても検討する価値は十分にありと考えられる。

効果を判断する手段としては、フェロモントラップへの誘引の有無を調査する交信かく乱効果調査、雌成虫の交尾率を調査する交尾阻害効果調査、寄生密度調査などがある。密度抑制効果を正確に知るには、性フェロモン無処理の対照区を設置するだけでなく、両区で殺虫剤無散布区を設ける必要がある。しかし、施設での栽培作物は高価なため、長期間にわたる殺虫剤無散布区の設置は困難であり、さらにフェロモン処理区内での殺虫剤散布が必要になる場合も多い。そのため、多くの調査を行っても効果の判定が困難となり、処理条件の改善にも結びつかないことを少なからず経験した。これらの事情から考えると、実際に現場で性フェロモン剤を使用した農業者にとって、効果の判断はほとんど不可能である。そのためにも的確な効果判断が可能な簡便な調査方法の開発が必要である。また、調査の一手段として簡易なフェロモン濃度の測定機材の開発も望まれる。

おわりに

施設内における性フェロモン剤を利用した交信かく乱法による害虫防除は、露地での場合と同様に十分有効な方法と考えられる。しかし、不明な点も多く、これから解決しなければならない問題も多い。あらゆる角度から性フェロモン剤の利用法を考え、被覆、粘着資材などの物理的手段の応用や光などによる大量誘殺法なども利用し、安定した高い効果を得たいものである。

引用文献

- 1) 石塚 仁ら (1990) : 第 34 回応動昆虫大会講要 p.104
- 2) 小林義明ら (1988) : 関西病虫研報 30 : 63~69
- 3) 大林延夫ら (1989) : 植物防疫 43 : 325~328
- 4) 高井幹夫・若村定男 (1990) : 応動昆虫 34 : 115~120
- 5) TAMAKI, Y. et al. (1971 a) : Appl. Ent. Zool. 6 : 139~141
- 6) ——— (1971 b) : Kontyu 39 : 338~340
- 7) WAKAMURA, S. et al. (1989) : Appl. Ent. Zool. 24 : 387~397
- 8) 若村定男ら (1990 a) : 応動昆虫 34 : 161~163
- 9) ——— (1990 b) : 第 34 回応動昆虫大会講要 p.49

ジャガイモ疫病研究の現状と問題点

農林水産省北海道農業試験場 **佐藤 章 夫**

はじめに

ジャガイモは、熱帯の高地から亜寒帯まで世界中広く栽培されているが、疫病 (*Phytophthora infestans*) はそのほとんどの地域に発生し、古く 1845 年のヨーロッパにおける大発生以来、ジャガイモの最も重要な病害の一つである。したがってその研究も多岐にわたっているが、ここでは近年重要な問題になってきた疫病菌の交配型及び薬剤耐性の問題、また古くからの問題であるが、今後も地道な取り組みが必要と考えられる発生生態や病原性の分化の問題などについて、現状と問題点を紹介したい。

I 交配型 (親和性型)

SMOOT et al. (1958) は、メキシコ、アメリカ、ヨーロッパなど世界各地から収集した菌株を対峙培養し、本菌がヘテロタリックで、メキシコにのみ分布する 1 群 (A 2 型) とメキシコを含めて世界各地に分布する他の 1 群 (A 1 型) があり、異なる菌群に属する菌株間で対峙するときのみ多量の卵胞子を形成することを明らかにした。また、GALLEGLY and GALINDO (1958) はメキシコでは A 1 型と A 2 型がほぼ半々で、罹病葉に卵胞子が見いだされると報告した。ところが、1980 年代に入ってスイスでも A 2 型が発見され (HOHL and ISELIN, 1984) 以来世界各地で調査が進められて、イギリス、オランダ、西ドイツ、スウェーデン、イスラエル、エジプト、ブラジルでも A 2 型が見つかった (HOHL, 1989, *Phytophthora Newsletter*)。

筆者らも北大農学部生越教授らと共同で 1987 年から調査を開始したが、表-1 にみられるように日本では A 2 型が圧倒的に優勢に分布していることが明らかとなった (Mosa et al., 1989)。とりわけ西日本では A 2 型が優勢で、九州の分離菌株から A 1 型は 1 個もみつからない。古く堀ら (1959) も多数の菌株を集めて対峙培養し、卵胞子を観察したが、異なる交配型の対峙の結果とは著しく異なるので、当時すでに二つの交配型が広く分布していたとは考えられない。A 2 型がいつごろ日本に現れたのか不明であるが、分布地域を拡大し A 1 型を駆逐しつつあるようにみられることから、近年現れたものと推

察され、また、世界的には A 1 型が圧倒的に優勢であることから、日本の菌系は特異なものと思われる。

日本の疫病菌は交配型で培養性質も顕著に異なる。塊茎スライスに培養すると、A 1 型は短い分生子梗と多量の胞子を生じるが、A 2 型は長く密な気中菌糸を生じて胞子は少ない (図-1) (佐藤ら, 1988)。また、寒天培地に培養すると、V-8 寒天では A 1 型は生育良好なのに対し、A 2 型はほとんど伸びないか、生育の良、不良のコロニーが混在し、ばらつきが大きい。逆に、オートミール寒天では A 1 型は生育不良であるが A 2 型は良好である (加藤ら, 1989)。交配型と病原性にも密接な関係がみられる。A 1 型は少数の例外を除き、抵抗性遺伝子を持たない品種からのみ分離されたのに対して、A 2 型は種々の抵抗性遺伝子を持つ品種からも分離され、前者の病原性は狭く後者は広がった (Mosa et al., 1989)。今後さら

表-1 ジャガイモの疫病罹病葉から分離された疫病菌の交配型 (Mosa et al., 1989 より)

地域	年次	分離 菌株数	交配型	
			A 1	A 2
北海道	1987	69*	26	42
北海道	1988	64	18	46
東北	1988	10	8	2
関東	1988	22	9	13
中部	1988	6	1	5
近畿	1988	4	1	3
中国	1988	6	2	4
四国	1988	6	0	6
九州	1988	20	0	20
合計		207	65	141

*: 1 菌株はセルフファータイルで単独で多量の卵胞子を形成した。

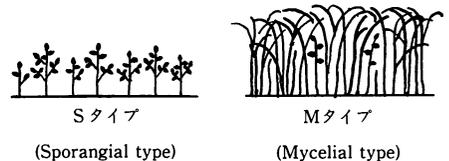


図-1 塊茎スライス上でのジャガイモ疫病菌のコロニータイプ

日本に分布する疫病菌の場合、交配型 A 1 型の菌株はほとんどすべて S タイプ、A 2 型はほとんどすべて M タイプとなる。

に世界各地の菌株との比較や、核の倍数性、アイソザイム、核酸レベルでの変異の研究が期待される。

II 薬 剤 耐 性

近年ジャガイモ疫病の防除にメトラキシル剤が広く使われるようになった。本剤は高い防除効果、長い残効期間、降雨による流失が根からの吸収で補償されることによる効果の安定性、塊茎腐敗の減少などの優れた特性を持つ疫病の特効薬であるが、耐性菌が発生しやすい。欧米では数年で耐性菌が発生しているが、使用を停止すると2~3年で消える場合 (DOWLEY and O'SULLIVAN, 1985, アイルランド)と長く残る場合 (KADISH and COHEN, 1988, イスラエル) がみられ、感性菌との競合力が所によって異なる。日本での本剤の使用は1987年からで、1989年には耐性菌の発生がみられた (堀田ら, 1990)。耐性菌は十勝川沿いに集中的に分布し、また網走、釧路、根室地方にもみられた (加藤ら, 1990)。今後、耐性菌の分布の変動を調査し、感性菌との競合力を検討する必要がある。

III 第一次伝染源

罹病種イモを植えると発病茎を生じることがあり、これが第一次伝染源となりうることは古くより知られていた。ただし、罹病種イモを植えてもほとんどは健全茎を生じ、発病茎の出現は意外に低率である。イギリスの HIRST and STEDMAN (1960) は、5年間に3,260個の罹病種イモを植えて21本の発病茎をみたが、450個から1本も発病茎を生じない年もあった。発病茎からの初期の伝染は通常緩慢で局所的な坪枯れ状となる。イギリスの BRENCHELY (1968) は20,000 ha に及ぶ調査を行って、このような発生が平均で160 ha に1個の割合でみられ、その半数以上がくずイモの山に由来したと述べている。罹病塊茎のほかに卵胞子も第一次伝染源となっているのではないかという考え方も古くから底流として流れている (堀・吉田, 1959)。LAPWOOD (1971) は卵胞子の存在が知られているメキシコの Toluca 谷で試験を行い、400個の罹病種イモを植えた区でほとんどの芽が地中で腐敗枯死し、地上に出た芽がすべて健全であったのに対して、健全種イモを植えた1.5 ha の圃場で地際部感染の症状を呈する30本もの発病茎がみられたことから、卵胞子による感染を示唆した。また、九州で北海道産の種イモが多く使われ、混入する罹病イモにはA1型が高率に含まれるとみられるにもかかわらず、この2年間A1型が一度も検出されていないことから、第一次伝染源をすべて罹病塊茎に帰するのには若干疑問を感じる。A2型菌は単独でも卵胞子を形成する傾向があるので (Mosa et al.,

1989)、それが伝染に役立っている可能性は無視できず、今後罹病組織中における卵胞子の形成条件や、その発芽条件の究明が重要と思われる。

IV 茎 葉 疫 病

茎葉疫病のまん延には、局所的で緩慢なまん延と広域で急速なまん延がみられる。まん延速度には気温が大きく関与し、低温で緩慢、温暖で急速とみられる。LAPWOOD (1971) によると、メキシコの Toluca 谷でジャガイモを雨季に栽培したところ、疫病のまん延が急速で播種後60日で枯死した。一方、イギリスの Rothamsted では疫病の急速なまん延は播種後90日以上経過してからみられた (図-2)。Toluca 谷では萌芽期から温暖でこれがまん延を速めたものとみられ、中南米でも冷涼な高地ではこのような激しい疫病はみられない (Cox and LARGE, 1960)。このように疫病のまん延には緩急の2相がみられるが、その転換点を気象条件と植物の圃場抵抗性の両面から究明することが、今後発生予察技術の向上を図るうえで重要と思われる。

ジャガイモ疫病のまん延に好適な気象条件は一般に冷涼多湿とされ、胞子は乾燥すると短時間で死滅するものと考えられてきた (CROSIER, 1934)。しかしこれと異なる観察もみられる。ROTEM et al. (1970, 1974, イスラエル) は、胞子 (遊走子嚢) は日中乾燥時に飛散し (図-3) 夜間の結露時に感染すること、夜間の結露時間が十分長いと降雨のない日中高温乾燥となる地域でも疫病の急速なまん延がみられることを明らかにした。胞子は雨滴によっても飛散し、疫病の伝播が晴雨いずれの天候でも起こりうることは伝染と気象要因の関係を複雑にしている。今後、乾燥や湿潤の多様な条件下におかれた胞子の発芽、感染の能力について詳細な研究が必要と思われる。

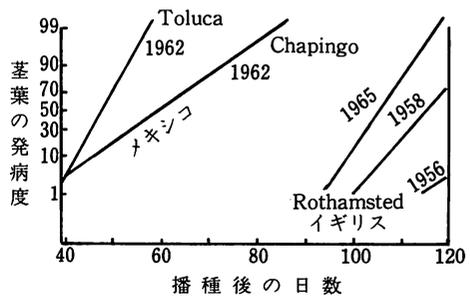


図-2 メキシコの Toluca, Chapingo 及びイギリスの Rothamsted におけるジャガイモの疫病の初発生日とその後のまん延経過の違い (LAPWOOD, 1971 より) 品種は Up-to-Date

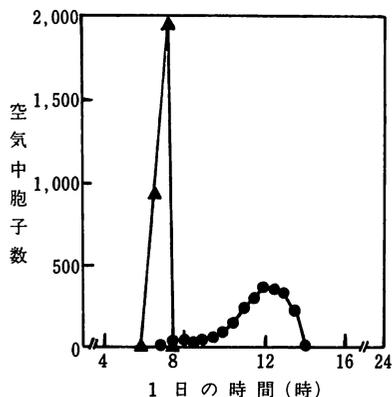


図-3 1日の時間と1 m³空気中に含まれる孢子数(イスラエル)(ROTEM et al., 1974より)

▲: 高温乾燥日, ●: 冷涼多湿日

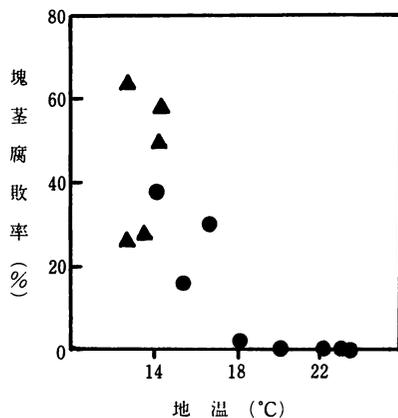


図-4 土中の塊茎の疫病感染に及ぼす多量の降雨時の地温の影響(SATO, 1979より)

地温は多量の降雨のあった日の翌朝9時、地下10 cmの地温 ▲: イギリスのRothamsted試験場、品種: Up-to-Dateの例, ●: 札幌の北海道農試、品種: 男爵の例。

V 塊茎腐敗

茎葉に疫病がまん延すると地表も孢子で汚染される。このようなときに収穫すると塊茎に孢子が付着し、貯蔵後感染発病するが(掘り取り時感染)、茎葉を除去し、孢子の死滅を待って収穫するとこれを回避できる(BONDE and SHULTZ, 1949)。また、降雨によって地中に浸透した孢子によっても塊茎腐敗を生じる(土中感染)。土中感染は多量の降雨が重要な要因であることは明らかであるが、それだけでは説明できない。LAPWOOD(1977)はイギリスでは日雨量10~20 mmの降雨で高率の感染が起こると報告しているが、長崎では梅雨のころしばしば50 mmを超える降雨があるにもかかわらずほとんど塊茎腐敗の発生がみられない(坂口、私信)。また、北海道では多量の降雨により高率に感染することもあるが、ほとんど感染しないこともある。SATO(1979)はこのような地域差と年次変動の解析から、塊茎の感染は地温の低下を伴う冷涼な降雨によって起こるとし、降雨時の地温が20°C以上では少なく、16~17°C以下で多いとした(図-4)。また、土中感染の低温依存性は孢子の間接発芽と遊走子の遊泳の低温依存性とよく符合することから、塊茎の感染は遊走子によると推察した。塊茎腐敗と土性の関係についてはデンマークのJENSEN(1887)が千数百地点の圃場調査を行い、埴壤土で多く、砂壤土で少ないことを明らかにしており、また、STUART(1906)もアメリカとヨーロッパの多数の品種を栽培して同様の結果を得ている(表-2)。また、この表にみられるように塊茎腐敗の発生程度は品種間で顕著に異なり、塊茎腐敗抵抗性は栽培品種にとって重要な形質であるが、その機作の研究はほとんど

表-2 土中感染によるジャガイモの塊茎腐敗と土性(STUART, 1906より)

種イモの導入先	塊茎腐敗率	
	砂壤土	埴壤土
オランダ	0.4	10.8
ドイツ	1.4	13.9
スコットランド	2.9	34.1
イングランド	4.9	31.3
フランス	11.3	73.1
アメリカ	20.0	55.1

品種総数は162, 国別品種数は不明。

みられず、今後重要な問題と考えられる。

VI 病原性の分化

ジャガイモの疫病抵抗性は野生種由来の11個の遺伝子が知られている。それに対応する多数のレースが考えられるが、レースの判定は植物の圃場抵抗性と菌株の変異のため必ずしも容易ではない。塊茎では非親和性菌の接種で罹病性を示すものや(ROER and TOXOPEUS, 1961)、親和性菌の接種で抵抗性を示すものもあり(BHATIA and YOUNG, 1985)、一般にレース検定には葉を用いるのがよいとされる。しかし、判別品種の切離葉を用いてもしばしば矛盾した結果が得られる。例えばHAWATT(1957)は、複数の抵抗性遺伝子R₁とR₂を持つ品種を侵す多数の菌株がR₂を単独に持つ品種を侵すことができなかったという事例をはじめ、多数の矛盾した事例を報告している。また病原性の変化も判定を困難にする。HAWATT and

GRAINGER (1955) は、当初レース 0 と判定した菌株を Green Mountain(r) の切離葉で 16 回継代したところ、レース 1, 2, 3, 4 に変化したことを報告している。これと反対に、SUJKOWSKI (1989) は当初レース 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11 と判定した菌株を塊茎スライスで 5 か月間継代してから検定したところ、レース 1 または 4 と判定されることが多く、接種源の濃度によっても判定が違ったと報告している。このようにジャガイモ疫病菌ではレースの正確な判定は必ずしも容易なことではなく、レースはその時点における病原性の広さの目安程度に考えるのが無難と思われる。日本の疫病菌のレースについては高桑 (1969) の研究があるが、すでに 30 年を経過し、また、A 2 型の出現など菌系の変化が認められることから、再度検討が必要と思われる。

おわりに

近年ようやく世界各地でのその発生が認められつつあるジャガイモ疫病菌の A 2 型が、日本では圧倒的に優勢に分布する菌系であった。しかもその病原性は広く、A 1 型を駆逐する勢いを示している。メタラキシル剤に対する耐性菌はわずか 3 年で出現した。疫病菌は驚くほど早く抵抗性品種を罹病化するなど、その変異能力は大きな脅威となっており、今後、圃場における変異の実態の把握とともに変異の機作の究明が強く望まれる。発生生態の面では長年世界各地で研究されてきたので矛盾対立する観察も多いが、それがかえって疫病の全体像を浮び上げらせ、今後の研究に指針を与えていると思われる。抵抗性の生理生化学も重要な研究分野であるが、これについては古市 (1988) の解説などを参照されたい。

なお、交配型、薬剤耐性の研究には日本全国の多数の菌株を用いたが、菌株収集にあたり国及び都道府県農業試験場、種苗センター農場、大学、その他多くの方々に罹病葉の採集と送付に多大のご協力をいただいた。こ

に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) BHATIA, S. K. and R. J. YOUNG (1985) : Am. Potato J. 62 : 471~478.
- 2) BONDE, R. and E. S. SHULTZ (1949) : Maine Agr. Exp. Stn. Bull. 471 : 16 pp.
- 3) BRENCHELY, G. H. (1968) : Ann. Rev. Phytopath. 6 : 1~22.
- 4) COX, A. E. and E. C. LARGE (1960) : USDA Agr. Handb. 174 : 230 pp.
- 5) CROSIER, W. (1934) : Cornell Univ. Agr. Exp. Stn. Mem. 155 : 40 pp.
- 6) DOWLEY, L. J. and E. O'SULLIVAN (1985) : Potato Res. 28 : 531~534.
- 7) GALLEGLY, M. E. and J. GALINDO (1958) : Phytopathology 48 : 274~277.
- 8) HAWATT, J. L. (1957) : Am. Potato J. 34 : 185~192.
- 9) ——— and P. N. GRAINGER (1955) : Ibid. 32 : 180~188.
- 11) HIRST, J. M. and O. J. STEDMAN (1960) : Ann. Appl. Biol. 48 : 489~517.
- 12) HOHL, H. R. and K. ISELIN (1984) : Trans. Br. Mycol. Soc. 83 : 529~530.
- 13) 堀 正侃・吉田三千子 (1959) : 日植病報 24 : 87~92.
- 14) 堀田治邦ら (1990) : 同上. 56 : 145 p.
- 15) 古市尚高 (1988) : 植物防疫 42 (12) : 577~580.
- 16) JENSEN, J. L. (1887) : Mem. Soc. Nat. d'Agr. France 131 : 31~156.
- 17) KADISH, D. and Y. COHEN (1988) : Phytopathology 78 : 912~915.
- 18) 加藤雅康ら (1989) : 日植病報 55 : 114 p.
- 19) ——— (1990) : 同上. 56 : 145 p.
- 20) LAPWOOD, D. H. (1971) : Ann. Appl. Biol. 68 : 41~53.
- 21) ——— (1977) : Ibid. 85 : 23~42.
- 22) MOSA, A. A. et al. (1989) : 日植病報 55 : 615~620.
- 23) ROER, L. and H. J. TOXOPEUS (1961) : Euphytica 10 : 35~42.
- 24) ROTEM, J. et al. (1970) : Phytopathology 60 : 839~943.
- 25) ——— and Y. COHEN (1974) : Ibid. 64 : 711~714.
- 26) SATO, N. (1979) : Ibid. 69 : 989~993.
- 27) 佐藤章夫ら (1988) : 日植病報 54 : 349 p.
- 28) SMOOT et al. (1958) : Phytopathology 48 : 165~171.
- 29) STUART, W. (1906) : Vermont Agr. Exp. Stn. Bull. 122 : 107~136.
- 30) SUJKOWSKI, L. S. (1989) : Phytophthora Symposium, Dublin 1989, Abstr. 42 p.
- 31) 高桑 亮 (1969) : 北農試報 75 : 87 pp.



○鳥害研究会「鳥の音声とその利用」開催のお知らせ

主 催：鳥害研究会

後 援：日本鳥学会

日 時：1990年9月16日(日) 13:00~17:00

場 所：東京上野 国立科学博物館 1号館講堂

話 題：

A. 鳥の音声分析

1. 鳥の聴覚は音声信号をどう分析するか

(上智大学生命科学研)岡ノ谷一夫氏

2. 鳥の音声、特に distress call について

(千葉県立中央博)大庭 照代氏

B. 鳥害防除への音声の利用

〈実際例などの発表を求めます。1人10分程度。〉

発表を希望される方は、発表者名、題名を8月

20日までにお知らせ下さい。〉

連絡先：〒305 つくば市観音台3-1-1, 農業研究センタ

ー鳥害研究室

TEL: 0298-38-8825, FAX: 0298-38-8484

感染特異的タンパク質の分子生物学

農林水産省農業生物資源研究所 おおはし ゆうこ おおしま まさひろ
大橋 祐子・大島 正弘

はじめに

動物には、異物の侵入に対して自己を守るための巧妙な免疫機構が存在する。例えばウイルスの侵入に対しては、抗体産生がはじまる前の初期段階で、ウイルス増殖を特異的に抑えるためにインターフェロンが産出され、効率的に外敵から身を守る体勢が整えられる。

植物の場合にも同様な自己防御機構が存在するのだろうか。弱毒ウイルスをあらかじめ接種しておいた植物は強毒ウイルスの感染に抵抗性を示し、これは現象的には動物におけるワクチン接種効果とよく似ている。しかし、植物には抗体産生能力はなく、ウイルス抵抗性機構は全く異なっている。

植物のウイルス感染に対する抵抗性反応の一つに、過敏反応 (hypersensitive reaction: HSR と略す) がある。HSR は糸状菌や細菌の感染によっても引き起こされる各種植物にかなり共通してみられる反応である。これは、外部からの好ましくない侵入者によるそれ以上の侵略を阻止するために、病原菌に侵入された細胞が積極的に自滅死し、侵入者を封じ込めようとする反応である。この HSR によって死に至った細胞 (群) は壊死斑を形成するが、この病斑の周辺またはその遠隔部の未感染部位が、病原菌の再感染に対して抵抗性を獲得するようになる。

このような抵抗性の獲得に伴って、健全葉には発見されないタンパク質群が多量に合成されてくることから 1970 年代に見いだされ、当初植物にもインターフェロンのタンパク質が誘導され、機能しているのではないかと推定された。これらのタンパク質は病原菌感染に関連して合成されることから、感染特異的 (pathogenesis-related, 略して PR) タンパク質と呼ばれている (VAN LOON, 1985)。筆者らはタバコモザイクウイルス (TMV) に感染したサムスン NN タバコを材料に用い、壊死斑の形成とともに誘導されてくる PR 1 タンパク質に関する研究を行っている。本稿では、まず PR タンパク質の誘導、特性に関して概説するとともに、タバコ PR タンパク質遺伝子に関する最近の分子生物学的知見を紹介し、病害抵抗性作物作出に向けての本遺伝子利用に関する今後

の展望にもふれてみたい。

なお、PR タンパク質に関して興味をお持ちの方は、他の総説も合わせて参照していただきたい (VAN LOON, 1985; 松岡・大橋, 1985; 大橋, 1990)。

I どのような状況下で PR タンパク質の誘導が起こるか?

前述のように、PR タンパク質はウイルス感染によって生じた壊死斑周辺に誘導される。ウイルス以外の病原菌でも、感染により明らかな病斑を作る場合には、やはりその周辺に多量に誘導される。もともと PR タンパク質は健全植物からはほとんど検出できないが、病斑のほか切断、傷害などのストレスを受けると新たに合成されてくるので、一種のストレスタンパク質だと考えられる。また健全葉を人為的にサリチル酸などの薬剤または重金属塩で処理することによっても PR タンパク質を誘導することが可能であり、特にサリチル酸などの安息香酸誘導体は効果が高い。現在までに単子葉植物を含む 10 科 16 属以上の植物について、ウイロイド、ウイルス、糸状菌、細菌などの感染による病斑形成や、サリチル酸、ポリアクリル酸、エテフォン、植物ホルモンなどの薬剤処理、また銅、銀、水銀塩処理や傷害によって誘導されると報告されている (VAN LOON, 1989)。病原体感染の場合、HSR が起こらず、感染組織に何の病徴も示さずに病原体が増える場合には、PR タンパク質は全く誘導されないから、ウイルス増殖ではなく HSR の結果壊死斑が形成されること自体が、植物側の PR タンパク質合成に関する認識にとって重要なのであろう。壊死斑形成は細胞死を伴う激しい反応であり、植物にとっては非常に激しいストレスになるものと思われる (表-1 参照, 大橋・松岡, 1985)。

以下に、PR タンパク質誘導を引き起こす処理について、主にタバコで得られた知見を記す。

1 ストレスによる誘導

壊死斑形成ストレスまたは切断、傷害、水ストレスなど一般的なストレスによる誘導である。壊死斑形成の原因がウイルス以外の病原細菌や糸状菌感染であっても全く同じで、明瞭な壊死斑ができるほど、誘導される PR タンパク質量も多い。ストレスによる誘導が起こる過程には、高温に感受性のステップがあり、30°C の高温におい

表-1 タバコ PR1 タンパク質の誘導

処理	温度(°C)	PR1 タンパク質含量 ($\mu\text{g}\cdot\text{g}$ 生重)
無処理対照	20	0
切断(ディスキング)	//	0.5
傷害(カーボランダム塗布)	//	0.8
水ストレス(0.6M マンニトール)	//	4.9
TMV 接種(壊死斑形成)	//	50.0
0.01% サリチル酸	//	85.1
切断(ディスキング)	30	0
傷害(カーボランダム塗布)	//	0
TMV 接種(無病徴)	//	0
0.01% サリチル酸	//	87.4

サムスン NN タバコ葉に上記処理を行ったのち、5 日後に誘導された PR1 タンパク質量を免疫化学的に定量した(大橋・松岡, 1985)

場合には PR タンパク質の誘導が起こらない(表-1 参照)。ストレスがどのような機構でこれらのタンパク質を誘導するのかは不明だが、細胞死などのストレスが何らかのシグナルを出し、それが周辺組織または遠隔組織に伝達され、シグナルを受け取った細胞で PR タンパク質遺伝子の発現が引き起こされるものと考えられる。このシグナルが一体何なのかは現在全くわかっていないが、同じストレス誘導性タンパク質であるプロテアーゼインヒビターについては、細胞壁が分解することにより、生成すると思われるオリゴ糖や、植物ホルモンの一種であるアブジジン酸を想定している研究グループがある。

2 サリチル酸などの薬剤処理による誘導

サリチル酸など安息香酸誘導体による誘導であり、30°C の高温でも阻害されない点が 1. や 3. と異なる。一般に植物の中にサリチル酸が存在するか否かについてはまだ明らかではないが、壊死斑形成やストレス受容によって新たにその周辺に生成する芳香族化合物の中にサリチル酸類似物質が存在する可能性が指摘されている。

なお、サリチル酸などの薬剤による誘導はタバコ PR1 タンパク質(後述)では顕著に起こるが、その他にはあまり効果がない。

3 エチレンによる誘導

エチレンやその前駆体である 1-アミノシクロプロパンカルボン酸 (ACC) を人為的に与えたときにみられる誘導である。これは PR1 タンパク質にはあまり効果がないが、PRO, P, Q, R, S(後述)を誘導する能力を持つ。エチレンは壊死病斑の形成によって生じることがわかっており、この種の誘導はストレスによる誘導同様に 30°C の高温では阻害される。

II PR タンパク質の種類と特性

最近、病原体感染により新たに誘導されてくるタンパク質すべてを、機能がわかっているものも含めて PR タンパク質と呼ぶようになってきており、少々混ざりみである。また、これらのタンパク質に関する報告は近年急増しており、本稿ではとてもそれらを網羅できない。そこで、ここでは、歴史も最も古く、最も研究の進んでいるタバコ PR タンパク質にしぼって紹介したい。

TMV 感染によってサムスン NN タバコ葉に生じた壊死斑部を含む葉組織を、酸性緩衝液中で磨砕し、得られた可溶性抽出液を非変性下で電気泳動にかけ、タンパク染色を行うと、健全葉組織には見いだされなかった新たなバンドを数本検出できる(図-1)。これらは移動度の高いほうから、PR1a, 1b, 1c, 2, N, O, P, Q, R, S と名付けられている。これらはまたサリチル酸処理によっても誘導されるが、PR1 グループ(PR1a, 1b, 1c の 3 成分)のみが病斑形成時に匹敵するほど多量に誘導され、その他の成分は少ない誘導しかうけない。表-2 に、PR1 タンパク質の特性を示した。PR1 グループの機能はいまだ不明であるが、PR-2, N, O が β -1, 3-グルカナーゼ活性を、PR-P, Q がキチナーゼ活性を持つことが最近明らかになった。これらが病原菌の細胞壁を直接攻

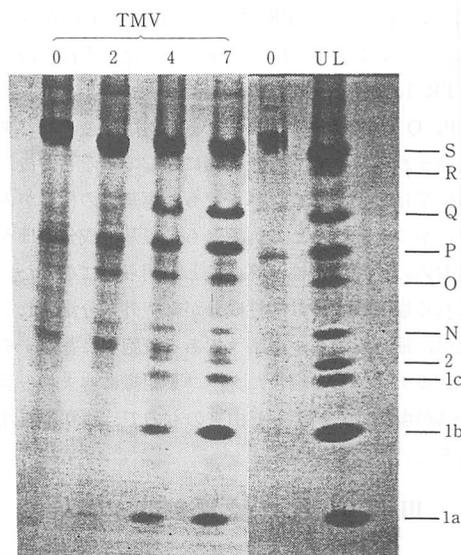


図-1 壊死斑形成によりタバコ葉に誘導された種々の PR タンパク質

左のレーンより、サムスン NN タバコに TMV を接種してから 0, 2, 4, 7 日後に抽出された可溶性タンパク質の非変性条件下での電気泳動図。UL は下葉に TMV を接種して 2 週間後の未接種上葉。

表-2 タバコ酸性 PR1 タンパク質の特性

構成成分	PR 1a, 1b 及び 1c の 3 成分
分子量	いずれも成熟タンパク質は 15 kd, 138 個のアミノ酸より成る。 <i>in vitro</i> の翻訳実験では 18 kd タンパクとして 30 個のアミノ酸から成るシグナルペプチドを伴って合成される。アミノ酸配列で 90% 以上の相同性を持つ。
等電点	それぞれ 4.0, 4.4, 4.5
局在性	細胞内で合成された後、細胞間げきに分泌される。
特徴	糖、脂質は含んでいない。 タンパク分解酵素に耐性。 転写レベルで発現が制御されている。

撃する能力を持つことから、病害抵抗性に関して多くの人の注目を集めている。これら非変性条件下の電気泳動で検出される PR タンパク質群は、すべて細胞内で合成されたのち細胞外へ分泌される酸性タンパク質であり、面白いことにすべてタンパク分解酵素に耐性である。懸濁培養細胞を用いた実験からも、サリチル酸で誘導を受けた PR 1 タンパク質が、細胞外の培地中に分泌されてくる様相が、免疫化学的定量を用いて確かめられている。

これら PR タンパク質の cDNA クローニングやゲノミッククローニングが行われ、それらのクローンの構造解析が進むにしたがって、酸性 PR タンパク質と構造上相同性の高い塩基性 PR タンパク質遺伝子の存在が、DNA レベルで示唆されるようになった。それらの中には、PR-1, PR-2, N, O (β -1, 3-グルカナーゼ) 及び PR-P, Q (キチナーゼ) にそれぞれ対応するタンパク質が、含まれるはずである。実際に探してみると、後二者についてはタンパク質レベルでも、塩基性の相棒が見つかり、かつ面白いことに両者ともに塩基性成分のほうがおおの比酵素活性が高いことが明らかになった。またこれら塩基性成分は酸性成分が細胞外に分泌されるのに比べ、細胞内のオルガネラである液胞中に蓄積するらしい。キチナーゼの場合、タバコ葉組織に含まれる活性の 68% が塩基性キチナーゼ由来のもので、残りが酸性成分由来といわれる。

III PR1 タンパク質遺伝子の解析

われわれは壊死斑形成によりタバコ葉に多量に誘導される PR 1 タンパク質をモデルとして、PR タンパク質遺伝子の発現制御機構を明らかにするために、本遺伝子の解析を試みた。サムスン NN タバコ核ゲノム中に PR 1a 遺伝子がどのような形で何コピー存在するかを明らかにするためにサザン分析を行うと、図-2 に示すように多く

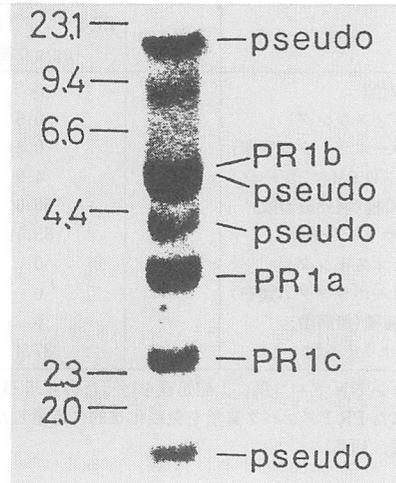


図-2 サムスン NN タバコにおける PR 1 遺伝子の存在様式
サムスン NN タバコの核 DNA を抽出し、EcoRI で切断したのちアガロース電気泳動にかけ、PR1a cDNA をプローブとしてサザン分析を行った。pseudo は不活性な遺伝子を示す。左側の数値は DNA 断片の大きさ (Kb)。

のバンドが検出される。これらのバンドを解析した結果、タバコハプロイドゲノム当たり活性な (実際に発現している) PR 1a, 1b 及び 1c 遺伝子はそれぞれ 1 コピーずつで、あとのものは発現していない不活性な遺伝子ではないかと考えられた。

活性な上記 3 種の PR 1 遺伝子の構造を解析した結果、三者ともに典型的な真核生物型プロモーター構造を有していた。これらの遺伝子のタンパク質コード領域から 5' 側約 180 bp までの塩基配列は、三者で非常に高い相同性を有しているが、その先の 5' 上流の構造は PR 1c 遺伝子のみが全く異なっていた。これらのタンパク質は壊死斑形成でもサリチル酸処理でも同様に誘導されるので、これらに応答して遺伝子のスイッチを入れる働きをする領域は上述の約 180 bp 中に含まれる可能性が考えられる。また PR 1c タンパク質は PR 1a や PR 1b に比べて発現量が少ないが (図-1 参照)、この原因は上述のような遺伝子の 5' 上流域の構造上の違いによるのかもしれない。

IV PR1 タンパク質遺伝子発現はどのように制御されているか

1 葉肉プロトプラストを用いた解析

PR 1 タンパク質遺伝子のプロモーターの働きを詳細に調べるために、PR 1a 遺伝子の 5' 上流域を段階的に削り込んで、これに GUS (細菌の β -グルクロニダーゼ) の

構造遺伝子をつないだキメラ遺伝子を作製した。これら
をタバコプロトプラストにエレクトロポレーションによ
って導入して培養すると、もしも導入された PR 1a 遺
伝子の 5'上流域がプロモーター活性を持つならば、細胞
の中で GUS が生成されるため、GUS 活性を測定するこ
とによって容易に上述のプロモーターの働きが調べら
れることになる。これらの実験の結果、遺伝子の構造解
析の結果から推定されたように、やはり PR 1a 遺伝子の
5'上流域約 180 bp 内にストレスやサリチル酸処理に
応答してこの遺伝子の発現をスイッチオンする配列が
含まれることが示唆された。詳細については、他の総説
(大橋, 1990) を参照されたい。

2 トランスジェニックタバコを用いた解析

上述のキメラ遺伝子を植物に導入して得た再生個体
の中で、導入遺伝子はどのように発現するのだろうか。
遺伝子発現の特徴を調べるために、目的の遺伝子のプロ
モーターを GUS レポーター遺伝子に連結し、植物に導入
する方法は最近よく用いられるようになった。このよう
なトランスジェニック植物の中では、導入された遺伝子
の発現は GUS 活性を調べることにより簡便に解析で
きる。特に、器官、組織特異的な発現や細胞内での発現
など、微細な解析が GUS の活性染色により可能になる
点が魅力的である。

PR 1 タンパク質は壊死斑形成のストレスや、サリチ
ル酸処理によって誘導されることがわかっているが、例
えば壊死斑の周辺にどのような分布で誘導されるか、ま
たどのような時間経過で誘導が起こるかという詳細な誘
導様式の解析は、最近まで PR 1 タンパク質の免疫化学
的な測定を行うよりほかには方法がなく、限界があった。

われわれはまず、バイナリーベクターを用いたアグ
ロバクテリウム感染によって PR 1a 遺伝子のプロモ
ーター 2.4 Kb を、GUS 遺伝子と、つなぎ上記の方法
によって SR 1 タバコに導入し、再生個体を得た。図-3
にこれらトランスジェニックタバコ 5 本における葉組織
の GUS 活性が切断傷害やサリチル酸処理で誘導を受け
る様相を示した。これら 5 本のタバコは、上述のキメ
ラ遺伝子がハプロイドゲノム当たり 1 コピー導入されて
いることが、DNA レベル及び自殖次世代の解析からわ
かっている植物である。GUS 活性のレベルは、恐らく、
キメラ遺伝子の導入された染色体上の位置によってか
なり異なると思われるが(このような導入遺伝子の発
現量にかなりバラツキがあることは一般的に知られて
いる)、いずれの植物もディスクを打ち抜かれたスト
レスや、サリチル酸処理を行うことによって、2 日後
の GUS 活性が著しく上昇している。この GUS 活性
の上昇は、同時に測定した

PR 1 タンパク質量とかなりよく似た挙動を示して
いる。すなわち、導入された PR 1a 遺伝子のプロモ
ーターは、もともとタバコが持っている PR 1 遺伝子
と同様の制御を受けて、切断やサリチル酸処理によ
って誘導がかかることを示している。この PR 1 プロ
モーターの働きは、対照として定常的な発現をする
強い植物用プロモーターとしてよく用いられる 35 S
プロモーター(図-3 参照)を導入したタバコと比較
すると歴然としている。なぜなら後者では切断やサ
リチル酸処理で、GUS 活性の上昇が全くみられな
いからである。

サムスン NN タバコに上記キメラ遺伝子を導入し、
TMV 感染による壊死斑をつくらせたのち、組織化学
的に GUS 活性を測定すると、予想どおり壊死斑の周
辺に明瞭なリングとなって GUS 活性が検出できた(図-
4 B)。壊死斑形成後数日すると、壊死斑周辺部の未
感染部位や同じ植物の未接種上葉がウイルス抵抗性を
示すと同時に、PR 1 タンパク質が多量に検出される
ようになる。この現象はやはり同じトランスジェニ
ックタバコを用いた GUS 活性の定量測定により明
瞭に証明することができた。このようにウイルス抵抗
性を獲得した部位には、すでにある程度の GUS 活
性は誘導されているが、さらにそこに切断傷害など
のストレスを与えると、通常の組織に比べて格段に
早くしかも強くストレスに応答し、新たな GUS 活
性を誘導することが明らかになった。図-4 C には、
壊死斑の周辺部の未感染部位から葉ディスクを

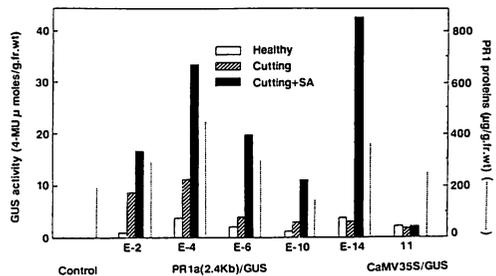


図-3 トランスジェニックタバコを用いた PR 1 遺伝子の切
断ストレスやサリチル酸処理による発現の誘導
(OHSHIMA ら, 1990)

PR 1a 遺伝子のプロモーターと GUS 遺伝子とのキメ
ラ遺伝子を導入した SR 1 タバコ (E-2~E-14) の葉ディ
スクを調製し、すぐに (Healthy)、または 2 日間水 (Cutting)
または 2 mM サリチル酸溶液に浮遊させたのち GUS 活
性を測定した。Control: 対照植物, 11: カリフラワーモ
ザイクウイルス (CaMV) の 35 S プロモーターと GUS 遺
伝子とのキメラ遺伝子を導入した SR 1 タバコ, 20 本以
上から選ばれた平均的な GUS 活性を示す個体。点線は
サリチル酸処理によってタバコ葉に誘導された PR 1 タ
ンパク質を免疫化学的に定量した値。

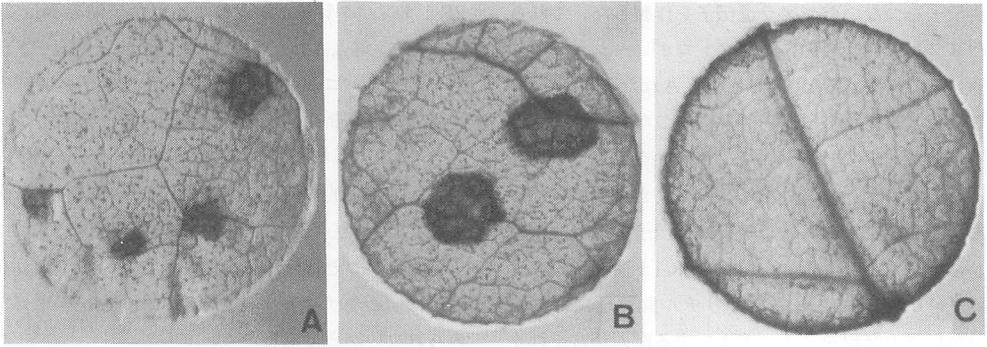


図-4 TMV 感染によって生じた壊死斑によって誘導された
トランスジェニックサムスン NN タバコ葉中の GUS
活性 (OHSHIMA ら, 1990)

PR 1a 遺伝子のプロモーター (2.4 Kb) と GUS 遺伝子とのキメラ遺伝子を導入したサムスン NN タバコ葉に TMV を接種した。B: 3 日後に壊死斑を含む葉ディスクを調製し GUS の活性染色を行った。染色後、不溶性青色の GUS 反応生成物を見分けやすくするために、エタノールでクロロフィルを除いてから写真撮影した。壊死斑周辺が青色に染まっているが、写真では黒枠で囲んだように見える。C: TMV 接種 5 日後の壊死斑近傍からとった葉ディスク。切断面が強く染色されている。A: TMV 接種 3 日後の対照タバコ葉、壊死斑周辺には全く GUS 活性は認められない。

切り取った場合、その切断面に強く GUS 活性が誘導される例を示した。

このように、トランスジェニック植物を利用し GUS 活性を指標として、PR 1 タンパク質遺伝子が発現している部位を組織化学的に調べることができた。上記の現象は疫病菌に感染したジャガイモ塊茎などで観察されている誘導抵抗性と非常に似通っており、PR 1 タンパク質遺伝子が、この誘導抵抗性発現と期を一にして発現していることを示している。

この病斑形成ストレスに応答して PR 1 タンパク質遺伝子を発現させるプロモーター領域は、トランスジェニックタバコを用いた実験から、PR 1a の 5' 上流域 0.3Kb 以内にあるものと考えており、現在、さらにその領域をしぼり込むべく実験を行っている。

V PR タンパク質の機能

上述のように、PR 1 タンパク質は、壊死斑形成由来の誘導抵抗性が出現すると同時に合成されてくる。しかし、その機能については不明である。35 S プロモーターに PR 1a または PR 1b 遺伝子を連結してタバコに導入し、得られたトランスジェニックタバコについて TMV 抵抗性を検定したところ、これらの植物は常時 PR 1a または 1b タンパク質を生産しているにもかかわらず、抵抗性は認められなかった。しかし、生産されるタンパク質の量が十分かどうか、PR 1 タンパク質以外の PR タンパク質と共同で抵抗性を発現させるのではないかという点などは、今後の検討課題として残されている。

病原菌の細胞壁を直接攻撃することで抗菌性を示す可能性があるため、 β -1, 3-グルカナーゼやキチナーゼが注目されている。これらは酸性と塩基性グループに分けられるが、前者は細胞外に分泌され、後者は細胞内の液胞中に蓄積し、それぞれ異なった役割を分担している可能性がある。MAUCH and STAHELIN (1989) は、細胞間けきに侵入してきた病原菌に対してまず酸性酵素が直接攻撃し、続いて過敏反応により宿主細胞が死ぬが、同時に液胞膜が破れて中に局在していた活性の高い酵素が細胞内外の病原菌を攻撃するという二段構えの自己防御機構を提唱している。実際には、第三の段階として、細胞壊死のシグナルを受け取った隣接健全組織が新たに PR タンパク質群を生産すると同時に、ファイトアレキシン、細胞壁強化のための酵素や物質、プロテアーゼインヒビターなどの生産も起こり、さまざまなレベルでの自己防御反応が引き起こされるものと考えられる。

PR タンパク質が植物病原菌感染に対して有効なのか、有効ならばどの程度の抵抗性を示せるのかは、現状ではあまり明らかではない。純化キチナーゼと β -1, 3-グルカナーゼの混合物が病原菌増殖を *in vitro* で阻害するという報告はあるが、実際の場合で確かめられねばならない。また他の PR タンパク質については、PRS がトウモロコシのアミラーゼ/プロテアーゼインヒビターと構造が似ているので同様の働きを持ち、GRP (glycine rich protein: PR タンパク質の一つだが、図-1 の条件では検出できない) が抵抗性に関与すると考えられている細胞壁構成糖タンパク質 (HRGP) と同様の働きがあるので

はないかと考えられているが、その他については不明である。今後遺伝子レベルからの研究と合わせて生物学的病理学的研究が進み、PRタンパク質の病害抵抗性に果たす役割分担が一日も早く明らかになるように、この分野に興味を持つ研究者が増えることが望まれる。

VI PR タンパク質遺伝子の利用

PRタンパク質は誘導性のタンパク質である。遺伝子操作を用いて病害抵抗性作物を作出したり、有用タンパク質生産植物作出のための素材として、PRタンパク質遺伝子のプロモーターや構造遺伝子が利用できる可能性がある。現在、育種場で時期、部位を選ばず発現するといわれる35Sプロモーターが専ら用いられているが、ストレスでその発現が誘導されるPRタンパク質遺伝子

のプロモーターは、その特色を生かし利用する価値があるのではないと思われる。

引用文献

- 1) MAUCH, F. and L. A. STAEHELEIN (1989) : Plant Cell 1 (2) : 447~457.
- 2) 松岡 信・大橋 祐子 (1985) : 化学と生物 23 : 219~227.
- 3) 大橋 祐子・松岡 信 (1985) : Plant & Cell Physiol 26 (3) : 473~480.
- 4) ——— (1990) : 化学と生物 28 (5) : 316~326.
- 5) OHSHIMA, M. et al. (1990) : Plant Cell 2 (1) : 95~106.
- 6) VAN LOON, L. C. (1985) : Plant Mol. Biol. 4 : 111~116.
- 7) ——— (1989) : 'Plant - Microbe Interaction', "Molecular and Genetic Perspectives" vol. 3, p. 198~237, McGraw Hill, New York.

本会発行図書

農薬用語辞典 (改訂版)

日本農薬学会 監修

「農薬用語辞典」(改訂版)編集委員会 編

B 6判 112 ページ 1,422 円 送料 210 円

農薬関係用語 714 用語をよみ方、用語、英訳、解説、慣用語の順に収録。他に英語索引、農薬の製剤形態および使用形態、固形剤の粒度、液剤散布の種類、人畜毒性の分類、魚毒性の分類、農薬の残留基準の設定方法、農薬希釈液中の有効成分濃度表、主な常用単位換算表、濃度単位記号、農薬関係機関・団体などの名称の英名を付録とした必携書。講習会のテキスト、海外出張者の手引に好適。

お申込みは前金 (現金・振替・小為替) で本会へ

本会発行図書

日本有用植物病名目録

日本植物病理学会 編

第 3 巻 (果樹編)

B 6判 198 ページ

定価 2,369円(税込み) 送料 210円

採録樹種：温帯果樹、熱帯果樹など 43 種

第 4 巻 (針葉樹編)

B 6判 232 ページ

定価 3,605円(税込み) 送料 260円

採録樹種：林木、緑化樹、竹笹など 112 種

第 5 巻 (広葉樹編)

B 6判 512 ページ

定価 4,017円(税込み) 送料 310円

採録樹種：林木、花木、緑化樹など 387 種

お申込みは前金 (現金・振替・小為替) で本会へ

(なお、第 1, 2 巻は日本植物病理学会で発行しております)

植物病原細菌の病原性遺伝子に関する最近の研究動向

静岡大学農学部植物遺伝資源学大講座 露 無 慎 二

はじめに

はじめに、病原性遺伝子の定義をしっかりとっておく必要がある。というのは、最近、従来の方法ではとらえることができなかった植物病原体による発病に必要な遺伝子が広範にとらえられるようになり、病原性遺伝子の厳密な定義について盛んに論議されるようになったからである。本稿では、こうしたさう勢をふまえた DANIEL et al. (1988) や KEEN and STASKAWICZ (1988) の解釈に従い、植物病原体が宿主植物に発病させる過程で特異的に備えておかなければならない遺伝子すべてを総称して“病原性遺伝子 (Genes involved in pathogenicity)”と定義することとする。

植物の発病のような複雑な生命現象の謎を解明していくためには、化学的解析と微細な遺伝子解析とをフィードバックさせながら進めていく分子生物学的研究が有効であるが、このような微細な遺伝子解析は大腸菌などの一部の微生物でしか行い得ず、植物病原細菌では難しかった。しかし、1973年にコーエンらが簡便な試験管内 DNA 組換え法を発表して以来、理論的にはどのような細胞生物においても微細な遺伝学的解析（従来の交雑による解析とは質的に異なる）を行えるようになった。植物病理学で対象となる諸現象も分子生物学的に研究されはじめ、急速に詳細な情報が得られてきている。こうした研究の最初のターゲットになったのは毒素、組織崩壊酵素、植物ホルモン等のように、病原性因子であることが判明しているものであった。しかし、大部分の病原性遺伝子の表現型は把握されていないので、DNA 組換え法だけではこれらをとらえることはできない。そこで、病原性に異常をきたした変異株をまず分離し、これに病原性回復させるものとして野生型遺伝子をクローニングする方法をとる。トランスポゾンなどのトランスポジション（挿入）による変異誘発技術は、この目的に甚だ有効である。本法は遺伝子融合の作成、マーカーエクステンションなどにも応用され、本法を自由に駆使できる植物病原細菌において急速に多様な病原性遺伝子をとらえられてきている。そこで、本稿では、トランスポジションによる変異誘発技術を中心にした病原性遺伝子に関する

研究の基本と研究動向を紹介することとする。また、筆者らの病原性遺伝子に関する研究で用いた実験手法も紹介しておいたので、参考になれば幸甚である。

I トランスポジションを利用した変異誘発

トランスポーサブルエレメントとは相補性に依存した組換えによらず、他の DNA に挿入される DNA 断片である。1950年に McCLINTOCK がトウモロコシで最初にその存在を発見した。以来、多くの生物で同様な因子の存在が発見されているが、その実体は細菌において初めて明らかにされた。細菌では、挿入配列 (Insertion Sequence: IS)、トランスポーセージ (転移酵素: transposase) 以外に薬剤耐性等の遺伝子を 1-複数個持つトランスポゾン、ミューファージの三種がある。ミューファージ以外は、いずれも両端に逆向きの繰返し配列 (トランスポゾンの場合は IS) を持ち、これが異種 DNA に自身を挿入させる際に重要な役割を果たすものと考えられている (図-1)。

これらの因子がある遺伝子に挿入されると、その遺伝子は寸断されることになり、当該の機能が完全に失われる場合が多い。一般に化学物質等の変異原で変異を誘発した場合は、完全に機能を喪失するとは限らない。病原性というような微妙な表現型の変化を追跡するには、完全な喪失がほぼ保証されているほうが便利である。また、トランスポゾンや耐性マーカーを持たせたミューファージの誘導体を用いた場合、選択培地に生育するコロニーがほとんどすべて染色体上のどこかに挿入を起こしている条件をみつけることができる。表現型の変化を調べるのに多大な労力と時間を要する病原性試験等の場合に、この変異株選抜法は大変有効である。ただし、数多くトランスポーサブル因子が発見されているが、限られたも

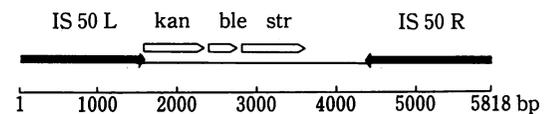


図-1 トランスポゾン Tn 5 の構造模式図 (DE BRUIJN, 1987) 黒矢印は IS (挿入配列)、白矢印の kan, ble, str はそれぞれカナマイシン、プレオマイシン、ストレプトマイシン耐性遺伝子を示す。

Recent Status of Researches on Genes Involved in Pathogenicity of Plant Pathogenic Bacteria. By Shinji TSUYUMU

の (Tn 5 など) のみが遺伝的研究に用いられる。これらはトランスポジションの効率が高く、ランダムな挿入を引き起こし、得られた変異が安定であり、二次的挿入の頻度が少ないなどの特性をもっていなければならない。

通常、植物病原細菌内にトランスポジションを起こさせるためには、広宿主接合能力を持つ領域、トランスポゾン、大腸菌のみで有効に複製できる領域をつなぎ合わせた複合プラスミドを用いる。このようなプラスミドを持つ大腸菌と植物病原細菌 (異なる薬剤に対する耐性変異株としておく) を混合培養した後、両方の選択マーカーを加えた培地に塗布すると、得られたコロニーの大部分は接合体である。しかし、このプラスミドは植物病原細菌においては複製しにくいので、トランスポゾンだけが離脱し、病原細菌の染色体またはプラスミド上に挿入されたものが上記選択培地上で生育するはずである (自殺用プラスミドと呼ばれる)。しかし、100%自殺を起こさず、複合プラスミドのまま病原細菌で複製を続ける場合も多いことを承知しておく必要がある。自殺する率 (自殺率) が 100% 近くまで高いことを確認しないで、選択培地に出てきたコロニーについていきなり病原性を調べるのはあまりにも無謀である。自殺率が 100% まで高くなければ、単に何倍、何十倍の手間、暇を要するという問題ではなく、病原性に関する遺伝子の概数等の情報は全く意味のないものになってしまう。多くの自殺用プラスミドにはトランスポゾン以外の部分に別な選択マーカーがあり、この二番目の選択マーカーの喪失がどの程度であるかを調べることで、簡単に自殺率を求めることができるようになってきている。高い接合率と自殺率が確認できるまで、病原細菌の異なる分離株といくつかの自殺用プラスミドの組み合わせをいろいろ検討しなければならない。この組み合わせがみつければ、接合体を一つ一つ親和性あるいは非親和性植物に接種して、病原性や過敏反応などに異常をきたしたものを選抜してゆけばよい。ただし、栄養要求性変異株や通常の培養条件下で生育の劣るものも、間接的に病原性が弱まる場合がある。これらは病原性遺伝子としては取り扱わないことに一般的な同意があるので除外する。

次に、これらが異なる箇所への一か所挿入による変異であることを調べる必要がある。挿入によらず、病原菌の変異によって選択マーカーである薬剤に対する耐性を獲得し (例えば膜透過性の変化などで)、これが間接的に病原性に影響を及ぼす場合もあり、この確認は絶対に避けては通れない。また、複数か所挿入が起こっていれば、後の遺伝子解析を慎重に行わなければならない。これをチェックするには、トランスポゾンに複製領域を組み入

れた小プラスミド (Tn 5 では pRZ 102 など) をプローブとして、サザンハイブリダイゼーションを行えばよい。すなわち、複数の接合体の DNA を、トランスポゾン上に認識部位を持たない制限酵素 (Tn 5 では EcoR 1 など) によって切断し、ゲル電気泳動後、上記小プラスミドをプローブとしてハイブリダイズさせ、オートラジオグラフィ像を調べる。

病原性遺伝子の少なくとも一部を含む DNA 断片はトランスポゾンの選択マーカーを指標にクローニングすることができる。この DNA 断片をプローブとすれば、野生型のコスミドライブラリーから当該の正常遺伝子を、コロニーハイブリダイゼーション法により捜すことができる。なお、このコスミドベクターに広宿主接合システムを組み込んでおけば、野生型遺伝子を接合により変異株内に導入して相補性を調べることもできる (野生型遺伝子がクローン化されたことになる)。こうして病原性遺伝子がクローニングできれば、常法により DNA の塩基配列を決定する。この配列のコンピュータ解析により、コードされるタンパク質のアミノ酸配列、疎水性マップ、二次構造なども推定することができる。さらに、既知タンパク質とのアミノ酸配列のホモロジー検索から類似タンパク質があれば、変異をおこした遺伝子の機能を予測できる場合もある。その他、クローン化された遺伝子の機能解析技術は周知のごとくますます充実してきており、様々な角度から病原性遺伝子を研究できるようになる。

II 海外における研究動向

植物病原性因子の中で、病原性因子と判明している植物ホルモン、組織崩壊酵素、毒素等の活性は、プレート上で識別できることから、まっさきにクローニングされ、DNA 塩基配列、発現機構などに関する膨大な情報が得られている。これらの研究成果は、病原性因子を遺伝子としてとらえることによる研究の急速な発展をみるのに好都合であるが、紙面の関係で割愛せざるを得ない。これらについての詳細は、DANIELS et al. (1988)、KOTOUJANSKY (1987) 及び山田哲治ら (1986) の総説を参照されたい。本稿では、従前の方法ではとらえられなかった病原性遺伝子に関する研究のみについて述べる。DANIELS et al. (1988) は、上記のような表現型が判明している病原性因子は全体の病原性遺伝子のほんの一部にしかすぎないと指摘している (不明のものが、100 種程度はあるとする人もいる)。これまで述べてきたトランスポゾンなどの挿入による変異誘発法によって、これら広義の病原性遺伝子がとらえられてきている。代表的なもの

として *hrp* 遺伝子群が挙げられる。BOUCHER et al. (1985) は、Tn 5 挿入法により *P. solanacearum* から病原性及びタバコに対する過敏反応 (HR) 誘導能を同時に失った変異株をいくつか得た。コスミドクローンによる相補性試験から、17.5 kb からなる DNA 断片上に病原性及び過敏反応誘導能をつかさどる遺伝子があることを発見し、この領域を *hrp* (hypersensitive reaction, pathogenicity) と呼んだ。興味あることに、この *hrp* 領域は、*P. syringae* 群及び *E. carotovora* subsp. *carotovora* の DNA とはハイブリダイズしなかったが、他の *P. solanacearum* 分離株ばかりでなく *Xanthomonas* の各 pathovar の DNA とハイブリダイズした。また、*P. s. pv. phaseolicola* では、20 kb からなる *hrp* 領域と 3 kb からなる *hrpM* 領域が、同様な Tn 5 変異株の解析から発見されている。これらの *hrp* 領域は、*P. syringae* の各 pathovar 間とホモロジーを示した。しかも、*pv. phaseolicola* の Tn 5 変異をマーカーエクステンジにより他の pathovar の染色体に組み入れると、同様に病原性及び HR 誘導能を失った (LINDGREN et al., 1986)。このように *hrp* 領域は植物病原細菌の間でかなり共通した構造と機能を保っているようである。これら *hrp* 遺伝子群の直接の表現型はいまだ明らかにされていないが、関連の情報がいくつか得られている。例えば、*P. s. pv. phaseolicola* の 20 kb の *hrp* 遺伝子群 (六つの *hrp* 遺伝子からなり、*hrpS* と *hrpR* は制御タンパク質をコードすると考えられている) の発現は電解質の濃度が高まると抑えられることがわかり、HR の誘導とともに病原菌の活動が抑えられる機構の一つであると考えられる。また、*hrpM* には二つのオープンリーディングフレーム (ORF 1 と ORF 2) があり、おのおの 40 kd と 83 kd のタンパク質をコードする。これらについてコンピュータによるホモロジー検索をすると、ORF 1 は数種の高等動物のヒストン H 1 と 40~45% のホモロジーを示すことが判明し、DNA 結合タンパク質ではないかと考えられている。ORF 2 については、コンピュータによる疎水性マップの比較から細胞膜タンパク質との類似性が見いだされた。さらに、窒素源の取り込みに関与していることを示唆する結果も報告されている。*hrp* 遺伝子群は植物病原細菌の病原性を発現するうえで根本的に重要な役割を担っているものと考えられるので、今後これらの機能が明らかにされてくれば、病原性解明のための新たな糸口となるであろう。

別な観点から注目すべき遺伝子は、非病原性 (avirulence, *avr*) 遺伝子である。STASKAWICZ et al. (1984) は、*P. s. pv. glycinea* のレース 6 から、Flor の提唱した“遺伝子対遺伝子説”を説明する病原菌側の遺伝子である

avr 遺伝子を初めてとらえることに成功した。その後、他の病原細菌でも *avr* 遺伝子がクローニングされ、これらの DNA 塩基配列も明らかにされている。これら *avr* 遺伝子の翻訳産物の機能もいまだ同定されていない。しかし、*pv. tomato* の *avrD* の大腸菌クローンが HR を誘導することがわかり、エリシター活性を有する低分子物質も単離されている (KEEN et al., 1990)。とすると、植物側の抵抗性遺伝子はこのエリシターのレセプターを生産しているはずであり、研究目標が定まったといってもよいであろう。いずれにしても、今後のこれら *avr* 遺伝子の機能に関する研究は、植物の抵抗性機構の解明に重大な示唆を与えるものとして期待される。

III 病原性遺伝子解析法の実際

1 ベクチナーゼ生産遺伝子

軟腐性 *Erwinia* 属細菌の病原性因子であるベクチナーゼ (中でもベクチン酸リアーゼとポリガラクトソナーゼ) 生産遺伝子のクローン化を以下のごとく行った。抗生物質耐性として得られた (組換え体の) 形質転換体を、一つずつ滅菌した楊子でベクチン酸プレート及びマスタープレートにレプリカした。ベクチン酸プレート上のコロニーが十分大きくなってから、6 N 硫酸を流し込み、コロニーの周りが白濁せず透明に抜けるものを探し、これらのクローンをマスタープレートから分離した。こうしてベクチン酸リアーゼ (PL) のアイソザイム遺伝子及びポリガラクトソナーゼ遺伝子のクローンを得た。DNA 塩基配列の決定は M 13 ダイデオキシ法によった。

筆者は生理学的実験から“分解産物誘導” (1987) と“自己カタボライト抑制” (1989) が PL の基本的制御機構であるとしていた。これをさらに詳細に試験管内実験によって明らかにしたいと考え、*E. chrysanthemi*, EC 16 株の PLe アイソザイム生産遺伝子 (*pelE*) の CAP (カタボライト遺伝子活性化タンパク質) 結合領域とオペレーター領域を *pelE* の 5' 側上流領域に探し、確認することとした。CAP 結合部位については、プライマー伸長反応による部位指定変異作製法により大腸菌保存領域から判断した領域に変異を導入した (図-2)。得られた変異株はグルコースのない条件でもカタボライト抑制を受けることから、この領域が確認されると同時に本株のカタボライト抑制機構が大腸菌と酷似することがわかった。オペレーター領域については、コンピュータによって可能性が示されたものの中から候補を選び、同様に上記部位指定変異株を得て、この変異株における発現の変化を指標に確認した。また、この部分を含む 56 塩基からなるオリゴマーを DNA 合成機で作製し、二本鎖とした後、タンパク

大腸菌コンセンサス
CAP 結合部位
pel E 上流領域
変異株欠失部位

NNNNNNNAANTGTCGANNYNNNNCANATNN
AAACGAGATTTTTCGATCGCAAAACATCTCC

図-2 部位指定変異体製法による *pelE* 上流の CAP 結合領域における欠失

質（制御タンパク質と考えられる）の特異的結合を電気泳動距離の変化から判断するゲルリターデーション法によって確認した。目下、後者の方法を発展させ、この制御タンパク質(?)の純化、さらにはこのタンパク質の他のペクチナーゼの制御領域との結合力の比較、真の誘導物質の探索及びこれの上記タンパク質に対する結合力などについて研究中である。

2 カンキツかいよう病菌の病原性遺伝子

カンキツかいよう病菌 *X. campestris* pv. *citri* の病原性遺伝子を解析し、発病機構を明らかにするため、ランダムトランスポジションによる病原性変異株の分離実験を行った。まず、いくつかの本細菌分離株と自殺用プラスミドとの組み合わせの中から、接合効率がよく、自殺率が100%近くになるものを探し、かいよう病菌 L9 株と pSUP 1021 との組み合わせが上記条件を満たすことがわかった。この組み合わせを図-3のごとく用いて、栄養要求変異株を分離し、これらの要求栄養素を決定したところ、異なる栄養要求株が得られていることがわかり、挿入がほぼランダムであると思われた。さらに、これら栄養要求株の DNA の EcoR I 断片について pRZ 102 をプローブとしたサザンハイブリダイゼーションを行い、単一のランダムな挿入が得られていることを確認した。なお、栄養要求性変異株は約3%の割合で得られ、有効な変異誘発が行われていると考えられた。中に病原性をも失うものがあったが、これらを病原性変異株とは扱わないこととした。次に、他の植物病原細菌の例から病原性に関与すると考えられたペクチナーゼ、プロテアーゼ、アミラーゼ等の酵素の分泌能を失った変異株を得たが、これらの病原性は注射器による葉肉内接種では野生型のそれと変わらなかった。したがって、これらの酵素の分泌が葉肉内における発病に果たす役割は小さいものと考えられる。また、黄色色素非生産変異株も得られたが、顕著な病原性の低下はみられなかった。しかし、強い可視光線に対する抵抗性が弱まっており、黄色色素が太陽光線の照る自然環境下における生存を有利にしているものと考えられた。

これらの予備実験の後、いよいよ未知の病原性遺伝子をとらえるべく、接合体一つずつをナツダイダイの葉に

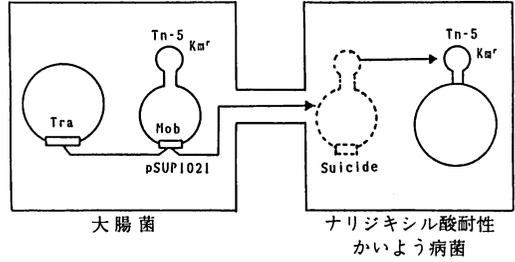


図-3 自殺用プラスミド (pSUP 1021) を用いたかいよう病菌の変異誘発法

ゴムプレス法で接種していった。こうして接種した1,600個の接合体から9株 (F1-F9) の病原性を喪失した変異株を得た。マスタープレートから、単集落分離した後、いずれも prototrophic であることを確認した。これらの病原性変異株のうち4株は、YP液体培地中での増殖速度が野生型のそれに比べ約40%ほど遅くなっていた。ここでは、一応この程度の増殖速度の低下は病原性の喪失の原因とは考えにくいと判断し、これら9菌株すべてについて解析を行った。まず、pRZ 102 をプローブとしてサザンハイブリダイゼーションで調べると、9株のうち1株 (F5) が二か所挿入を示したが、残りはすべて異なる断片への一か所挿入であった。興味あることに、*P. solanacearum* の *hrp* 遺伝子群をプローブとすると、上記F5株の挿入断片の分子量の大きいほうのものとハイブリダイズした。すなわち、F5株が *hrp* 遺伝子群に変異をおこしたため病原性を失ったと考えられた。病原性変異株をナツダイダイ葉肉内に接種すると、F5株 (及びF8株)のみ急激に死滅し、二日後には生存菌を検出できなかった。これらは、感染葉内における宿主の抗菌作用を免れる機能を喪失したためと考えられる。*P. s. pv. phaseolicola* の *hrp* 遺伝子群の変異でも、同様な変異株の死滅が報告されており、*X. c. pv. citri* の *hrp* は機能上からみても他の *hrp* 遺伝子群と類似するものであると考えられる。今後本細菌のこれらの遺伝子の構造及び機能の解析を追求しなければならないと思っている。

おわりに

以上、トランスポジションを利用した病原性遺伝子の研究法を中心に述べてきた。これらの研究法は細菌ばかりでなく他の病原体においても進められ、病原性の機構に関する分子遺伝学的研究が急速に増えている。1989年のアメリカ植物病理学会大会における500の口頭発表のうち、200の発表がこうした研究であったということである。ただ、これらの研究 (筆者らの研究を含めて) が

病原菌側の遺伝子解析に依存したものであること、さらに幼植物や果実を用いた簡便な接種試験法を用いていることを忘れてはならない。今後は病原菌との相互関係において作動する植物側の因子についても同様に分子遺伝学的に研究する必要があるし、生態系の中で要求される病原性遺伝子や病原性因子以外の諸性質についても研究を続けていく必要がある。こうした総合的研究を通して、新しい病害診断法、育種法、防除法なども生まれてくるであろう。最後に、本稿で紹介した当研究室における研究で幾多の難題に果敢に立ち向かい、解決していった宮本豊、三浦雅彦、西尾昌一、古谷暢之各氏をはじめとした卒業生諸氏に深謝の意を表したい。

引用文献

1) BOUCHER, C. A. et al. (1985) : J. Gen. Microbiol.

- 131 : 2449~2457.
 2) DANIELS, M. J. et al. (1988) : Ann. Rev. Phytopathol. 26 : 285~312.
 3) DE BRUIJN, F. J. (1987) : Method. Enzymol. 154 : 175~196.
 4) FLOR, H. H. (1955) : Phytopathology 45 : 680~685.
 5) KEEN, N. T. and B. STASKAWICZ (1988) : Ann. Rev. Microbiol. 42 : 421~440.
 6) ——— et al. (1990) : Mole. Plant-Microbe Interact. 3 : 112~121.
 7) KOTOUJANSKY, A. (1987) : Ann. Rev. Phytopathol. 24 : 405~430.
 8) LINDGREN, P. B. et al. (1986) : J. Bacteriol. 168 : 512~522.
 9) McCLINTOCK, B. (1950) : Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 36 : 344~355.
 10) STASKAWICZ, B. J. et al. (1985) : Ibid. 81 : 6024~6028.
 11) TSUYUMU, S. (1987) : Nature 269 : 237~238.
 12) ——— (1989) : J. Bacteriol. 137 : 1035~1036.
 13) 山田哲治・T. Kosuge (1986) : 化学と生物 24 : 558~559.

新しく登録された農薬 (2.6.1~2.6.30)

掲載は、種類名、有効成分及び含有量、商品名(登録年月日)、登録番号〔登録業者(会社)名〕、対象作物:対象病虫害:使用時期及び回数などの順。但し、除草剤については適用雑草:使用方法を記載。(…日…回は、収穫何日前まで何回以内散布の略。)(登録番号17587~17598までの12件)

【殺虫剤】

フェンプロパトリン・MEP乳剤

フェンプロパトリン5.0%, MEP45.0%

スミロディー乳剤(2.6.6)

17587(住友化学工業), 17588(八洲化学工業), 17589(トモノ農薬)

みかん: コアオハナムグリ・ケシキスイ類・チャノキイロアザミウマ・カメムシ類・アブラムシ類・ミカンハモグリガ: 14日4回, 茶: チャノココクモンハマキ・チャノホソガ・チャノミドリヒメヨコバイ・チャノキイロアザミウマ: 摘採20日前まで1回, もも: アブラムシ類・モモハモグリガ: 3日5回

フェンプロパトリン・ヘキシチアゾクス水和剤

フェンプロパトリン7.5%, ヘキシチアゾクス5.0%

ノンマイト水和剤(2.6.6)

17590(日本曹達), 17591(住友化学工業), 17592(北興化学工業), 17593(八洲化学工業)

かんきつ: チャノキイロアザミウマ・ミカンハダニ: 7日2回, りんご: ナミハダニ・リンゴハダニ: 14日2回

【殺菌剤】

フルトラニル粒剤

フルトラニル7.0%

モンカット粒剤(2.6.6)

17594(日産化学工業)

稲: 紋枯病: 出穂10~30日前3回

イソプロチオラン・フルトラニル粒剤

イソプロチオラン12.0%, フルトラニル7.0%

フジワンモンカット粒剤(2.6.6)

17595(日産化学工業)

稲: いもち病・紋枯病: 出穂10~30日前3回

【殺虫殺菌剤】

シフルトリン・ピテルタノールエアゾル

シフルトリン0.020%, ピテルタノール0.075%

ノックスプレー, バラギク119(2.6.6)

17597(北興産業), 17598(レインボー薬品)

ばら: うどんこ病・アブラムシ類・チュウレンジハバチ,

きく: 白さび病・黒さび病・褐斑病・アブラムシ類,

つつじ: ツツジグンバイ, つばき: チャドクガ

【除草剤】

プロマシル粒剤

プロマシル4.0%

ボロシル(2.6.6)

17596(中外貿易)

鉄道敷・運動場・道路・駐車場・宅地・公園・庭園・堤

とう等: 一年生雑草・多年生雑草: 雑草発生前~生育

期: 全面土壌散布

微生物の利用による害虫防除の現状と展望

東京農工大学農学部応用遺伝・生態学研究室 くに み やす ひさ
 国 見 裕 久

はじめに

昆虫病原微生物を利用した害虫防除は、1879年にソ連のメチニコフが糸状菌の一種 *Metarhizium anisopliae* をコガネムシ幼虫の防除に利用したのが始まりである。しかし、この面での本格的な研究は、アメリカの STEINHAUS によって昆虫病理学が体系づけられた1940年代まで行われなかった。この時代から昆虫病原微生物を利用した害虫防除に関する実用的な研究が、アメリカやカナダで精力的に行われるようになった。日本においてもこのころから森林昆虫の研究者により先見的な研究が開始されたが、その後のわが国における昆虫病理学の研究は、蚕病学が中心であったため、この分野の研究の裾野は余り広がらなかった。最近、わが国においても昆虫病原微生物を利用した害虫防除法、すなわち微生物的防除に関する研究が多く、国公立の農業試験場等で行われ始めた。その背景の一つとしては、昨今のマスコミを販わしているゴルフ場での化学農薬使用の問題に代表されるように、化学農薬の乱用による自然環境への影響に対する危惧の念が広く国民に浸透している現状が挙げられる。さらに生産現場では、化学殺虫剤に対する抵抗性害虫の出現が深刻さを増していることもあり、生産者、消費者とも化学農薬万能主義からの脱却への願望が一つの契機となっていると思われる。もう一つの背景として、昨今のバイオテクノロジーブームが考えられる。国公立の農業関係の試験研究機関もこの流れに組み込まれ、現在バイオ関連の研究をしていない試験研究機関はないといっても過言ではない。植物保護の分野では、「有用微生物の利用」という立場から、病害防除における拮抗微生物や弱毒ウイルスの利用、害虫防除における昆虫病原微生物の利用に関する研究などが行われるようになった。

本稿では昆虫病原微生物を利用した害虫防除の現状と問題点、及び将来展望について記述する。

I 微生物殺虫剤の種類

昆虫病原微生物を製剤化した殺虫剤を微生物殺虫剤という。微生物殺虫剤の素材となる昆虫病原微生物としては、ウイルス、細菌、糸状菌及び原生動物が含まれ、こ

れらは天敵微生物と総称されている。昆虫寄生性線虫を微生物殺虫剤に含める研究者も一部いるが、本稿ではアメリカ環境保護局の定義 (EPA, 1982) にしたがって、昆虫寄生性線虫は除外する。これまでに様々な昆虫から多数の天敵微生物が分離されているが、微生物殺虫剤として利用されているのはこれらのほんの一部に過ぎない (表-1)。

微生物殺虫剤が登録され大規模に使用されたのは、1949年にアメリカでマメコガネの防除剤として利用された *Bacillus popilliae* が最初である。その後、1961年には、*Bacillus thuringiensis* がアメリカで農薬登録され、現在では日本を含め世界中で使用されている。さらに、1970年代に入り、3種類の天敵ウイルスが農薬登録された。日本においても、1974年にマツカレハの細胞質多角体病ウイルスがマツケミンの名で登録され、国有林でのマツカレハ幼虫の防除に利用されたが、現在は生産が中止されている。1980年代には、天敵糸状菌と天敵胞子虫が登録され、すべての種類の天敵微生物が殺虫剤として登録され利用されるに至った。

II 微生物殺虫剤の特徴

通常の化学殺虫剤と比較した場合の微生物殺虫剤の長所は、以下のとおりである。

1 選択性が高い

昆虫病原微生物は、化学殺虫剤と比較すると選択性が高く、一般的には対象害虫以外の生物に悪影響を及ぼさない。とりわけ、ウイルス殺虫剤として最もよく利用されている核多角体病ウイルス (NPV) や顆粒病ウイルス (GV) では、選択性が高く、目を越えた昆虫間では感染は成立しない。天敵微生物の種類にもよるが、ウイルスの選択性は細菌、糸状菌及び原生動物と比べて高い。しかし、このことは後述するように微生物殺虫剤の短所でもある。

2 害虫が抵抗性を獲得しにくい

化学殺虫剤を使用している農業の現場で最も深刻さを増しているのは、抵抗性害虫の出現の問題であろう。化学殺虫剤では、新しい殺虫剤を開発しても、コナガやイエバエに代表されるように抵抗性を獲得した系統が短期間に出現してしまうため、抵抗性害虫の出現一新農薬の開発のいたちごっこが繰り返される。微生物殺虫剤では、

一般的に抵抗性を獲得した害虫が出現しにくいと考えられているが、その可能性が全くないわけではなく、BT剤では既に抵抗性害虫の出現が報告されている。アメリカでのノシメマダラメイガ (MacGaughey, 1985) やわが国でのコナガ (田中・木村, 1990; 浜ら, 1990) がその例で、抵抗性比は前者で100倍、後者で75.5~704倍であったと報告されている。また、ウイルスを連続的に経口接種し、生き残った虫の経代飼育により抵抗性を獲得することが数種の鱗翅目昆虫で報告されているが、いずれの場合も抵抗性比は数十倍のオーダーであり、化学殺虫剤で報告されている抵抗性比と比較して著しく低い値となっている (Briese and Podgwaite, 1985)。

3 導入後、害虫の世代を越して効果が持続する

導入した天敵微生物は、対象害虫の体内に取り込まれて増殖し、害虫を致死させる。増殖した天敵微生物は、罹病死体内や土壌中に残存して、次世代の害虫の発生時

に有力な感染源となる。自然個体群で流行病が頻繁に観察される天敵微生物ほどこの傾向は強い。例えば、野外の昆虫個体群で流行病がしばしば観察されているNPVやGVでは、生態系での残存効果が高いのに対して、野外昆虫で流行病がほとんど観察されていないBT剤では、残存効果はほとんどない。このことから、BT剤の場合には、化学殺虫剤と同様に反復施用の必要がある。

4 人畜に対する安全性が高い

微生物殺虫剤は、化学殺虫剤と本質的に異なった作用機作をもつ。すなわち、化学殺虫剤のように毒作用によって害虫を殺すのではないので、人畜に対しては害作用をもたないと考えられている。特殊の例ではあるが、昆虫病原微生物の中には、人畜に対して悪影響を及ぼすものも一部存在する。昆虫疫病菌の *Entomophthora coronata* や *Basidiobolus meristosporus* は、ヒトの傷口から侵入して真菌症を引き起こす (Wilding, 1981)。 *Aspergil-*

表-1 微生物殺虫剤の種類

病原名	製品名	対象害虫	使用国
ウイルス製剤			
<i>Autographa californica</i> NPV	SAN-404	ヨトウムシ一種	アメリカ
<i>Spodoptera exigua</i> NPV	Biotrol-VSE	ヨトウムシ一種	アメリカ
<i>Heliothis zea</i> NPV	Biotrol-VHZ, Elcar, Viron-H	オオタバコガ	アメリカ
<i>Trichoplusia ni</i> NPV	Biotrol-VTN, Viron T	イラクサキンウワバ	アメリカ
<i>Cydia pomonella</i> NPV	SAN-406	シンクイガー種	アメリカ
<i>Orgyia pseudotsugata</i> NPV	TM-Biocontrol 1	ドクガー種	アメリカ
<i>Orgyia pseudotsugata</i> NPV	Virtuss	ドクガー種	カナダ
<i>Lymantria dispar</i> NPV	Gypchek	マイマイガ	アメリカ
<i>Lymantria dispar</i> NPV	Virin-Ensh	マイマイガ	ソ連
<i>Neodiprion sertifer</i> NPV	Neochek-S	ハバチ一種	アメリカ
<i>Neodiprion sertifer</i> NPV	Virin-Diprion	ハバチ一種	ソ連
<i>Neodiprion lecontei</i> NPV	Lecontvirus	ハバチ一種	カナダ
<i>Pieris rapae</i> GV	Virin-GKB	モンシロチョウ	ソ連
<i>Dendrolimus spectabilis</i> CPV	マツケミン	マツカレハ	日本
細菌製剤			
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	Thuricide, Dipel	鱗翅目昆虫	世界各国
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>galleriae</i>	Certan	鱗翅目昆虫	世界各国
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>israelensis</i>	Teknar, Vectobac	カ、ブユ幼虫	アメリカ, 中南米諸国
<i>Bacillus popilliae</i>	Doom	マメコガネ	アメリカ
糸状菌製剤			
<i>Hirsutiella thompsoni</i>	Mycar	ミカンサビダニ	アメリカ
<i>Beauveria bassiana</i>	Boverin	コドリガ, コロラドハムシ	ソ連
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Metaquino, Metapol, Combio	アワフキムシ, ヨコバイ類	ブラジル
<i>Verticillium lecanii</i>	Vertalac	アブラムシ類	イギリス
<i>Verticillium lecanii</i>	Mycotal	オンシツコナジラミ	イギリス
<i>Verticillium lecanii</i>	Thriptal	スリップス	イギリス
微孢子虫製剤			
<i>Nosema locustae</i>	Noloc	バッタ類	アメリカ, マリ

lus flavus が産生するアフラトキシンは、発ガン物質であり (FERRON, 1985), BT 菌の一部の亜種で産生される β 外毒素は、マウスに毒性があることが報告されている (SEBESTA et al., 1981)。これらの微生物は、微生物殺虫剤として利用されないのはもちろんのことである。これまでに登録された微生物殺虫剤の人畜に対する安全性は、詳細な試験によって確認されている (国見, 1988)。最近一部のマスコミ報道 (渡辺, 1987) で、BT 剤の安全性、とりわけ食中毒に対する懸念記事が掲載されたが、30 年以上 BT 剤の使用を続けているアメリカにおいては、人体に対してなんらの悪影響も認められていない。いずれにしても、この報道の真偽については、今後の詳細な毒性学的検討を待たなければならない。

微生物殺虫剤には、これらの長所とともに、以下のような短所もある。

5 寄主域が狭い

このことは前述したとおり長所でもあるが、同時に多くの種類の害虫が発生している圃場での防除剤としては不満足である。後述するようにバイオテクノロジーにより、この短所を改善する試みも既になされているが、微生物殺虫剤は基本的に選択性が高いことを念頭において防除体系を組み立てなければ、その効果に失望するだろう。

6 遅効性である

天敵微生物が害虫に侵入してから死亡するまでの期間は、害虫や天敵微生物の種類、環境条件によっても異なるが、短い場合でも数日、長い場合には数週間を要する。この間害虫の食害は続くので、即効的な効果のある化学殺虫剤に慣らされた者にとっては、大変不満足なものである。

7 量産化が難しく、安定性に欠ける

天敵微生物のうち糸状菌と細菌は、比較的容易に人工培地で量産することができるが、ウイルスや原生動物は人工培地での量産が不可能である。このことから、ウイルスや原生動物を素材とした殺虫剤は、あらかじめ大量に飼育された宿主昆虫に微生物を接種し、罹病した昆虫から微生物を回収して製剤化することになる。昆虫の飼育は、基本的には人力に頼らなくてはならず、微生物殺虫剤のコスト高につながる。筆者らの研究しているクワゴマダラヒトリ NPV の大量増殖の例でみると、NPV の生産費の 73% が人件費であった (国見, 1986)。一方、天敵微生物は、いうまでもなく生物であるので、それを素材にして作られた微生物殺虫剤は、安定性に欠ける。微生物殺虫剤の保管管理は、化学殺虫剤と比べてより厳密な条件下で行う必要がある。

8 防除適期が狭い

昆虫の天敵微生物に対する感受性は、種々の条件によって変動する。一般に昆虫の天敵微生物に対する感受性は、発育齢が若いほど高いので、高い防除効果を得るためにはこの時期に微生物殺虫剤を散布する必要がある。また、天敵ウイルス、天敵細菌及び天敵胞子虫類は、宿主昆虫に経口的に取り込まれて初めて感染が成立するので、蛹や成虫の時期は防除対象期間にはなり得ない。これらのことから、微生物殺虫剤を利用した害虫防除は、防除適期を逃さないことが必要である。

III 微生物殺虫剤の利用法

微生物殺虫剤の利用法としては、下記の四つに分類される (FUXA, 1987)。

1 永続的導入

今までに天敵微生物の発生がみられなかった個体群に天敵微生物を導入し、永久的に定着を図り害虫の防除を行おうとするもので、これまでに 41 の成功例が報告されている。成功例のほとんどが侵入害虫に対する導入微生物の組み合わせである。有名なのは、日本からアメリカに侵入したマメコガネに対して *B. popilliae* を利用した例や、ヨーロッパ大陸からカナダに侵入したハバチに NPV を導入した例であろう。とくに、後者の例では導入した NPV がハバチ個体群に定着し、有効な死亡要因として働き、長期間ハバチの密度を低く制御できている。

2 大量導入(農業的使用)

化学殺虫剤と同様に一時的に大量の天敵微生物を導入し害虫の防除を行おうとするもので、天敵微生物の永続的な定着は期待できない。この方法は、栽培サイクルの短い畑作での害虫の防除に適用されており、BT 剤が典型的な例である。また、アメリカでのワタ、ダイズの害虫であるタバコガの NPV による防除 (YEARIAN and YOUNG, 1982) や、日本での NPV によるハスモンヨトウの防除 (岡田, 1977) がこの例に当たる。

3 接種的導入

2 と同じように一時的に天敵微生物を定着させて害虫を防除しようとするものであるが、2 と異なる点は、導入微生物による病気の再発を期待して、必要最小限の微生物を散布することである。病気の再発は、微生物の導入世代で起こるのが一般的であるが、数世代にわたって流行が続く場合もある。筆者らの研究している NPV によるクワゴマダラヒトリの防除をはじめとして、ウイルスを利用した森林害虫の防除例のほとんどが、このカテゴリーに分類される。また、アブラムシ、スリップスやオンシツコナジラミなどの温室害虫の防除に利用されている

る糸状菌 *Verticillium lecanii*, ダイズの鱗翅目害虫に利用されている *Nomuraea rileyi*, 牧草のバッタの防除に利用されている微胞子虫類の *Nosema locustae* などの例もこの中に含まれる。

4 環境改善法

環境を改善することにより、自然生態系に既に存在する天敵微生物の働きを増強し、害虫の密度を制御する方法である。牧草地の耕うんを極力少なくすることにより、土壤中に残留する NPV の生存率を高める試みがニュージーランドで行われており、この方法によりコウモリガの NPV による死亡率が上昇することが報告されている (KALMAKOFF and CRAWFORD, 1982)。また、ダイズ畑で殺菌剤の散布を中止することにより、*N. rileyi* の分生子の生存率を高めることができ、ヤガ科の害虫での病気の流行を長い期間維持することができた (JOHNSON et al., 1976)。

天敵微生物の導入は、化学殺虫剤と同様に地上あるいは空中散布するのが一般的であるが、昆虫ウイルスで汚染された捕食性天敵 (BIEVER et al., 1982) や寄生バチ (MOHAMED et al., 1981) を放飼したり、誘蛾灯に誘引された蛾をウイルスで汚染したり (GARD, 1975)、ウイルス液に浸せきされた苗を定植する (IGNOFFO et al., 1980) などの導入方法も試みられている。

IV 昆虫病原微生物利用の現状と課題

1 ウイルス

現在、微生物殺虫剤として利用されているのは、NPV や GV などの Baculovirus が中心で、このほかに細胞質多角体病ウイルス (CPV) や昆虫ボックスウイルスが含まれる。これらのウイルスの共通した特徴は、ウイルス粒子が包埋体と称するタンパク結晶体に包埋されていることであり、包埋されたウイルスは、フリーのウイルスと比べて種々の環境条件に対して抵抗力がある。このことが、包埋体ウイルスが微生物殺虫剤として利用されている主な理由である。

これまで世界では 100 種以上、日本では 16 種の害虫に対してウイルスによる防除試験が試みられているが、実用化の段階に到達しているものは、20 種にも満たないであろう。日本において実用化の段階に到達しているものは、ハスモンヨトウ (岡田, 1977)、コカクモンハマキ (Oho, 1975; Sato et al., 1986)、ハラアカマイマイ (片桐, 1977)、アメリカシロヒトリ (神奈川県, 1969)、クワゴダラヒトリ (国見, 1986) の NPV とマツカレハの CPV (KATAGIRI, 1969) が挙げられる。ウイルス殺虫剤は、永続的導入、接種的導入、大量導入のどの方法でも利用

可能であるが、前二者での導入に適している。

ウイルス殺虫剤利用の最も大きな問題点は、大量増殖の難しさであろう。現在、利用されているウイルス殺虫剤は、宿主昆虫に接種され、虫体内増殖によって生産されているので、製剤の均一性を確保するのが難しく、さらにコストが高い。昆虫培養細胞を用いたウイルスの大量増殖も試みられているが、実用化の段階に到達しているものは皆無であるので、今後もウイルス殺虫剤の生産は、虫体増殖によらなければなるまい。今後の課題としては、昆虫飼育や製剤の生産工程の機械化によりウイルス殺虫剤の低コスト化を図ることであろう。

2 糸状菌

微生物殺虫剤として利用されている糸状菌は、硬化病菌と呼ばれている不完全菌類の菌に限定される。野外の昆虫にしばしば流行を引き起こす昆虫疫病菌は、分生子が野外では数時間しか生存できないので、微生物殺虫剤の素材としては、不向きである。糸状菌殺虫剤は、永続的導入と接種的導入に適している。現在、日本では、水田でのイネミズゾウムシ、ウンカ、ヨコバイ類の防除に *Beauveria bassiana* や *M. anisopliae* を利用する試みや、土壌でのコガネムシ類、桑園でのキボシカミキリの防除に *B. brongniartii* を利用する試みがなされているが、実用段階には至っていない。糸状菌は、他の病原と異なり、経皮的に侵入し病気を引き起こすので、アブラムシなどの吸汁性の害虫に利用できる。イギリスでは、温室の吸汁性害虫の防除に *V. lecanii* が利用されており、すでに数種の製剤が販売されている。

昆虫の体表に付着した分生子が発芽するためには、相対湿度が 90% 以上の条件が必要であることから、畑作害虫の防除には、利用の可能性は低い。このことから、今後この条件が満たされる水田害虫や土壌生息害虫を対象にした研究を中心に行うべきであろう。

3 細菌

細菌による害虫防除は、*Bacillus* 属の芽胞形成細菌の利用が中心であり、今後もその傾向は変わらないと思われる。BT 剤は、既に微生物殺虫剤として確固たる地位を得ているが、前述したように BT 剤に対して抵抗性を獲得した害虫が出現してきており、この問題を解決することが今後の課題の中心となろう。一方、BT 菌には、多くの亜種が存在し、新しい亜種も次々に自然界の土壌から分離されている。BT 菌はこれまで主として鱗翅目害虫の防除に利用されてきたが、鞘翅目昆虫に殺虫活性のある亜種も発見されており、ドウガネブイブイなどの土壌生息性の難防除害虫への利用の可能性を検討することも重要であろう。

4 原生動物

原生動物の中で微生物殺虫剤として利用されているのは、*N. locustae* や *N. pyrausta* などの微孢子虫類に限定される。微孢子虫類は、一般的に感染から致死までの期間が長く、効果が遅効性であるので、短期的な防除には利用できない。微孢子虫類の最も大きな特徴は、経卵巣伝達認められることである。すなわち、感染雌成虫の卵巣を通して、次世代の幼虫に微孢子虫病が伝播される。このことは、永続的導入や接種的導入に利用される場合に有利な条件となる。わが国においては、微孢子虫類は、害虫防除の場面において利用されたことはない。多分、微孢子虫病の中に蚕種製造業者に最も恐れられていた微粒子病が存在することと関係しているのだろう。わが国において、微孢子虫類を微生物殺虫剤として利用するには、蚕繭の生産が減少しているとはいえカイコに病原性がないことが前提となるだろう。

V 夢の微生物殺虫剤

最近のバイオテクノロジーの進展は、目ざましいものがある。この影響は害虫の微生物的防除の分野においても及んでいる。前述したように微生物殺虫剤にはいくつかの短所があるが、これをバイオテクノロジーによって解決しようとする試みが最近なされている。

野外の作物葉面に散布された BT 菌は、紫外線の働きにより短時間のうちに失活してしまうが、これを改善するために Mycogen 社は、BT 菌の δ 内毒素遺伝子を色素産出型の *Pseudomonas fluorescence* に導入して δ 内毒素を産生させ、野外条件での δ 内毒素の失活を防止できることを明らかにした。さらにこの考えを発展させ、対象作物に δ 内毒素遺伝子を組み込む試みがなされており、 δ 内毒素遺伝子を組み込んだ耐虫性タバコとトマトの作出に成功している (VAECK et al., 1987; FISCHOFF et al., 1987)。作出されたタバコやトマトの品種は、 δ 内毒素に感受性の害虫の食害を防止ことができ、まさに夢の耐虫性品種といえる。

一方、殺虫スペクトラムの広い BT 剤を作出する試みが最近なされた。BT 菌には 20 種以上の亜種が存在し、それぞれの亜種によって殺虫スペクトラムが異なる。HONEE et al. (1990) は、オオモンシロチョウなどに殺虫活性を持つ *B. t. aizawai* の δ 内毒素遺伝子 (cryIA (b)) とヨトウガの仲間に殺虫活性を持つ *B. t. entomocidus* の δ 内毒素遺伝子 (cryIC) を融合し、大腸菌で発現させ、菌体内に両種の δ 内毒素を産生させることに成功した。このことをさらに発展させれば、BT 剤に限らず殺虫スペクトラムの広い微生物殺虫剤を作出することも夢では

ないであろう。

さらに、微生物殺虫剤の遅効性をバイオテクノロジーにより改善する試みが最近なされている。「遺伝子操作によって作出された殺虫剤」として Nature 誌の本年 3 月 29 日号の表紙を飾ったのでご覧になった読者もいると思うが、幼若ホルモンの分解酵素である JH エステラーゼ産生に関与している遺伝子を組み込んだ *Autographa californica* の NPV が作出された (HAMMOCK et al. ら, 1990)。JH エステラーゼの作用により鱗翅目幼虫体内の幼若ホルモンの濃度が低下すると、幼虫は蛹への変態脱皮を開始するため摂食を停止する。このことから、理論的には JH エステラーゼ遺伝子を組み込んだ NPV を食下した害虫は、短時間のうちに食害を停止し、さらにその後は NPV が体内で増殖するために感染致死する。JH エステラーゼ遺伝子は、虫体内でも昆虫培養細胞系でも発現し、JH エステラーゼを産生する。しかし、原因は今のところ明らかではないが、生体内で産生される量は、培養細胞系と比べると著しく少ない。これらのことが解決されれば、即効性のウイルス殺虫剤の出現も夢ではないであろう。

これらの遺伝子組換えによって作出された天敵微生物は、アメリカにおいてはすでに野外の開放系での実用化試験の段階に到達している。しかし、わが国においては、自然界から分離された天敵微生物を素材とした微生物殺虫剤ですら利用が制限されている現状からすると、遺伝子組換えによって作出された微生物殺虫剤が実用化されるまでには、まだかなりの時間が必要であろう。

おわりに

天敵微生物は、今後害虫防除の場面で利用される機会がますます増大すると思われる。最近、多くの国公立の農業関係の試験場でも研究が行われているとはいえ、筆者には微生物的防除が日本において市民権を得たとは思えない。このように考える最も大きな理由は、農家の段階で微生物的防除がほとんど理解されていない現状が存在するからである。これまでの化学殺虫剤と同じような効果を期待して使用しても失望を招くだけで、微生物殺虫剤の短所を熟知したうえで、その長所を活かした防除体系を構築しなければ利用は促進されないであろう。化学殺虫剤に慣らされてきたわれわれの意識を変え、微生物殺虫剤が利用できる環境作りをすることが、現場への普及の鍵となろう。

引用文献

- 1) BIEVER, K. D. et al. (1982): J. Econ. Entomol. 75:

- 150~152.
- 2) BRIESE, D. T. and J. D. PODGWAITE (1985): *Viral Insecticides for Biological Control* (Eds. MARAMOROSCH and SHERMAN), Academic Press, New York, pp. 361~398.
 - 3) FERRON, P. (1985): *Comprehensive Insect Physiology Biochemistry and Pharmacology* vol. 12 *Insect Control*, (Eds. KERKUT and GILBERT), Pergamon Press, New York, pp. 313~346.
 - 4) FISCHHOFF, D. A. et al. (1987): *Bio/Technology* 5: 807~813.
 - 5) FUXA, J. R. (1987): *Ann. Rev. Entomol.* 32: 225~251.
 - 6) GARD, I. E. (1975): Ph. D. thesis. University of California, Berkeley, 174pp.
 - 7) 浜 弘司ら (1990): 応動昆大会講演要旨: 235.
 - 8) HAMMOCK, B. D. et al. (1990): *Nature* 344: 458~461.
 - 9) HONEE, G. et al. (1990): *Appl. Environ. Microbiol.* 56: 823~825.
 - 10) IGNOFFO, C. M. (1980): *Environ. Entomol.* 9: 153~154.
 - 11) JOHNSON, D. W. et al. (1976): *ibid.* 5: 964~966.
 - 12) KALMAKOFF, J. and A. M. CRAWFORD (1982): *Microbial and Viral Pesticides*, (Ed. KURSTAK), Marcel Dekker Inc., New York, pp. 435~448.
 - 13) 神奈川県(1969): アメリカシロヒトリの防除に関する研究, 神奈川県農政部, 105 pp.
 - 14) KATAGIRI, K. (1969): *Entomophaga* 14: 203~214.
 - 15) 片桐一正 (1977): 林試研報 294号: 85~135.
 - 16) 国見裕久 (1986): 東京蚕指研報 2号, 1~93.
 - 17) ——— (1988): *Bio Industry* 5: 77~86.
 - 18) MACGAUGHEY, W. H. (1985): *Science* 229: 193~195.
 - 19) MOHAMED, M. A. et al. (1981): *Gt. Lakes Entomol.* 14: 177~178.
 - 20) OHO, N. (1975): *Approaches to Biological Control*, (Eds. YASUMATSU and MORI), University of Tokyo Press, Tokyo, pp. 61~68.
 - 21) 岡田斉夫 (1977): 中国農試報 E 12号, 1~66.
 - 22) SATO, T. et al. (1986): *JARQ* 19: 271~275.
 - 23) 田中 寛・木村 裕 (1990): 応動昆大会講演要旨: 235.
 - 24) U. S. Environmental Protection Agency (1982): *Pesticide Assessment Guidelines Subdivision M: Biorational Pesticides*, 304pp.
 - 25) VAECK, M. et al. (1987): *Nature* 328: 33~37.
 - 26) 渡辺雄二 (1987): 朝日ジャーナル, 5月号, 28~32.
 - 27) WILDING, N. (1981): *Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970~1980*, (Ed. BURGESS), Academic Press, New York, pp. 539~554.
 - 28) YEARIAN, W. C. and S. Y. YOUNG (1982): *Microbial and Viral Pesticides*, (Ed. Kurstak), Marcel Dekker Inc., New York, pp. 387~423.

人事消息

(研究職 OB ニュース 平成元年 10月~2年 6月)

榎淵欽也氏 (農業研究センター所長) は日本植物調節剤研究協会顧問に

池田 弘氏 (北海道農業試験場長) は株式会社パシフィック・コンサルタンツ・インターナショナル農水事業部顧問に

堀江保宏氏 (蚕糸・昆虫農業技術研究所長) は大日本蚕糸蚕品種研究所客員研究員に

田中寛康氏 (果樹試験場保護部長) は JICA・ウルグアイ果樹研究計画チームリーダーに

腰原達雄氏 (東北農試地域基盤研究部長) は株式会社塩野義製薬油日ラボラトリーズ嘱託に

加藤雄久氏 (北陸農試水田利用部長) は株式会社大島農機技術顧問・上越教育大学非常勤講師に

金澤 純氏 (農環研農薬動態科農薬管理研究室長) は日本植物調節剤研究協会技術顧問に

釜野静也氏 (農環研昆虫管理科個体群動態研究室長) は日本植物防疫協会牛久研究所調査役に

西澤 務氏 (農環研微生物管理科線虫・小動物研究室長) は日本植物防疫協会牛久研究所調査役に

君ヶ袋尚志氏 (草地試験場環境部作物病害研究室長) は全国農業協同組合連合会肥料農薬部農薬技術普及課技術主幹に

農業環境技術研究所では企画連絡室の中に地球環境研究チームが新設された。また同所環境管理部資源生態管理科環境動態研と同資源計量研は統合され新たに資源・環境動態研となった。

地球環境研究チーム長は福原道一氏に

資源・生態管理科資源・環境動態研究室長は袴田共

之氏に

群馬県は 4月 1日から「群馬県花の総合センター」を新たに設置し, 群馬県園芸試験場内にあった「花き課」の業務もあわせて行うことになった。所在地は下記のとおりである。

〒 371-02 群馬県勢多郡宮城村大字柏倉 2474-2

電話: 0272-83-7531 FAX: 0272-83-7062

宮城県農業センター, 宮城県園芸試験場, 宮城県農業実践大学校は 6月 3日より電話番号を下記の通り変更した。

宮城県農業センター

総務部 022-383-8111~8113

企画調整部 022-383-8114~8115

農産部 022-383-8118~8120 (但し原種苗科は変わらず)

土壌肥料部 022-383-8123~8124

作物保護部 022-383-8125~8126

営農機械部 022-383-8127~8128

バイオテクノロジー開発部 022-383-8130~8131

宮城県園芸試験場 022-383-8138~8140

なおテレホンサービスは従来どおり

アグロ・カネショウ株式会社は 6月 25日に下記へ移転した。

新住所: 〒 100 千代田区丸の内 3-1-1 国際ビル 4階 433号

電話: 03-216-5041, FAX: 03-213-7109

株式会社アピオン化学研究所は下記の通り移転した。

新住所: 〒 158 世田谷区上野毛 4-39-10-402

電話: 03-709-3006 FAX: 03-709-2766

植物防疫基礎講座

ウリ科野菜の萎ちよう性病害の見分け方(3)

メロン萎ちよう性病害の見分け方(1)

京都府立大学農学部植物病理学研究室 ^{みや}宮 ^た田 ^{よし}善 ^お雄
 農林水産省野菜・茶業試験場 ^て手 ^{づか}塚 ^{のぶ}信 ^お夫

I メロン疫病

メロンの学名は *Cucumis melo* で、わが国で古くから栽培されてきたマクワウリもそのひとつだが、メロンといえば洋種のマスクメロンか交雑種のプリンスメロン(正しくは品種名だがメロンのこの種の代名詞化している)を指すかのようだ。最近では品種の導入と交配が進んで、様々のメロン類が店頭をにぎわせ、マクワ型も復権している。形も色も相当違うとはいえずを正せば同じ種であるから、病原菌もまた共通である。疫病菌としては、前述(6月号)の *Phytophthora melonis* が主役といってよい。*P. drechsleri* の記載もあるが、これは分類上の問題に帰属するようだ。*P. capsici* も侵すことはあるが、カボチャ台木部からの発生とみなされる。

1 ハウス栽培での症状と簡易検定

主として病害回避と高級化からハウスで栽培されることが多いので、発病部位はほとんど地際部に限られ、急激な萎ちようを伴う(図-1)。もちろん茎、葉、果実等、いずれの部位からも起こる。これは栽培様式と関係がある。一般に、マスクメロンのように釣り上げて栽培されるものでは、発病はほとんど地際部に限られるし、ほふく状態で栽培される場合は葉や茎、果実等のあらゆる部位から軟化腐敗が起こる(口絵写真参照)。

疫病の症状の特徴は、褐変を伴わない水浸状の軟化症状で、若い茎や果実では細くくびれる。遊走子嚢に乳頭突起がないか、あってもきわめて薄い場合は *P. melonis* であり、顕著であれば *P. capsici* である(6月号参照)。

Phytophthora は水中を好むゆえに水耕(養液)栽培においてとくに重要な病害となってくる。

2 水耕栽培と疫病

水耕栽培は連作障害の回避、生産技術の安定、クリーンイメージ等を背景に近年急速に発達したが、経費、労力が意外に掛かるうえ、特有の病害により壊滅的打撃を受けることがある等から一時停滞していた。しかし、最

近のバイオブームに乗って大資本による植物工場ともいえるような最新式設備を備えた水耕栽培施設が出現し、再びブームを迎えたようである。

栽培全期間を通じて、温暖な環境と水に恵まれる水耕栽培は、2本の鞭毛を持って活発に水中を遊泳し、走性を発揮して積極的に植物根部に集泳できる疫病菌にとっては願ってもない好適環境である。

水耕栽培には、根の支持体を用いる基質耕(礫、砂、燻炭、発泡合成樹脂、ロックウール等)と、養液のみの液耕がある。ただし、液耕も株元は前述の資材で支持されることが多い。また、養液の与え方(酸素の混和方法を含めて)にも環流、点滴、噴霧、膜流等、様々の様式がある。養液タンクを備えるものが大部分であるが、ベッド(栽培槽)をそのままタンクがわりにするものもある。このようにシステムは多岐にわたるが、養液が根を巡って循環する点は同じであり、したがって、発病生態に大きな違いはない。ただ、最近よく用いられるロックウールを支持体とするものは、むしろ、土耕に近い性質をもち、しかも、支持体ははじめは無菌状態に近いので、



図-1 水耕ハウスで発生した疫病による萎ちよう症状

養液を介しての遊走子の直接的集集は回避されうると考えられる。

水耕栽培における疫病の発生は、概して二つの時期に集中する。はじめは、定植間もない幼苗期で、株元が軟化腐敗して急激に萎ちようする。土耕栽培のように顕著なくびれは生じない。感染はほとんど育苗中に起こっていた場合が多い。実際、育苗は本栽培ほどに病理的配慮がなされないようである。たとえば、外部と接触しやすい場所であったり、地面に接して栽培される。密植で管理が行きとどかなかつたり、また、逆に過保護で軟弱に育つため病原菌の感染を受けやすい。定植の際は苗ごとに厳しいチェックが必要である。

次は収穫最盛期である。生産が優先されるため、この時期には植物体に過剰の負担がかかり、抵抗力が弱められることが主因ではあるが、根圏が過密となり病害の発生しやすい環境となることも誘因となる。発病は株元から起こるが、表皮が硬化しているため、初発は診断しにくく、萎ちようで気付いたときはもう手遅れである。水面に近い組織表面におびただしい数の遊走子嚢が形成され、次々と遊走子が放出されて、流れに乗って株から株へ、ベッドからベッドへ急速に伝染まん延される。遊走子が株元に侵入してから発病（萎ちよう症状）するまでは、条件にもよるが1週間以内であろう。なお、抵抗性台木による接ぎ木株の場合などは、病勢の進行は緩慢であり、下葉から徐々に枯れ上がり、次章のつる割病と病徴的に区別しにくいこともあるが、前述の野菜果実による接種試験で容易に診断できる。

3 水耕栽培における疫病防除手段

(1) 装置・施設における防除

1) 前栽培植物の完全除去

たとえ発病していなくても栽培後の植物体はすべて速やかにハウス内から撤去する。これは病害回避の鉄則である。除去した植物体は堆肥化（宮田，1982）をお勧めする。

2) 装置の洗浄（消毒）と乾燥

洗浄は水洗の後、カルキやホルマリンによる消毒が好ましい。ただし、罹病組織や支持体の内部の病原菌は皮膚や気胞が浸透を妨げて、消毒効果が上がらないことがある。必ずマスクを着用するなど安全面での注意も欲しい。なお、疫病菌は乾燥に弱いので、完全乾燥期間を1週間ほど設けるのも効果があろう。

3) 施設の滅菌

ハウスを蒸風呂状態にして太陽熱滅菌することが可能なきときは最も好ましい。ただし、盛夏に限られる。

(2) タンク（養液槽）における防除

殺菌剤としては各種銅剤、ダイホルタン、エクロメゾール（パンソイル）剤など実験的に効果が認められているものもあるが、用法的に未解決な点があり使用は認められていない。そこで次のような物理的ともいえる防除法にたよることになる。

1) 養液組成変更

水耕における疫病は単に養液の濃度を高めるだけでも、ある程度まで抑制可能である。これは主として成分中の K, Na, Ca 及び Mg イオンが遊走子嚢の形成や遊走子の放出を抑制するからである。栄養生理的な検討は残されているが、養液に対し 15 mM（ミリモル）の K 及び Mg イオンを添加すれば、形成された遊走子嚢は不能で遊走子を放出しないので効果が期待される（TSAO, 1985）。

2) 非イオン系界面活性剤

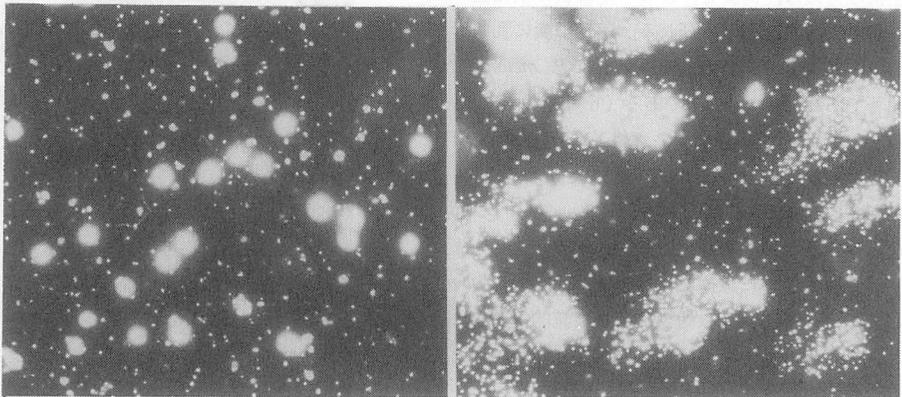


図-2 界面活性剤処理により破裂した遊走子(左は処理直前, 暗視野照明顕微鏡撮影)

遊走子は細胞壁を持たない裸のプロトプラストであり、界面活性剤の添加により表面張力を失い破裂する(図-2)。ポリエチレングリコール(アルキル)フェノールエーテル(HLB 10-13, 展着剤として市販) 25-12.5 ppmの添加で効果が認められている(宮田, 1972)が高温時では根に障害を起こすことがあり、用法的にもさらに検討が必要である。

3) 紫外線・オゾン滅菌装置

紫外線はバクテリアに概して効果が高く、オゾンが糸状菌にも有効であることから、両者を組み合わせた装置(口絵写真)を試作して実験し、ほぼ完全な抑制効果が得られている(MIYATA, 1988)。オゾンは水層を通過させることにより容易に分解されて酸素となるので、一石二鳥ともいえる。なお、紫外線、オゾンは人体にも障害を与えるので、十分な安全措置と検査が必要なことはいうまでもない。

4) その他

その他にも、加熱、通電、超音波、沈殿等の物理的処理法(宮田, 1975)が検討され、それぞれに効果は認められるが、いずれも試験の段階である。冬期は暖房用ボイラーの熱を用いた滅菌は最も手近な方法であり、例えば、55°C、1分の処理で十分である。

(3) ベッド(栽培槽)での防除

ベッドでの防除は今のところ罹病株を速やかに除去するのみである。実験的には拮抗バクテリアを根部に定着させ、ある程度まで抑制に成功している(宮田, 1990)。しかし、これらはあくまで予防にすぎず、治療法が切望される。とくに浸透移行型の治療剤の開発が好ましいが、暫定的には使用量を少なくする意味からも発病株の根元に処置する形の殺菌剤(口絵写真参照)の用法的開発も期待したい。

(宮田善雄)

参 考 文 献

- 1) 宮田善雄ら(1972):京府大学報 24:37~42.
- 2) ———ら(1973 a):京府大学報 農 25:25~29.
- 3) ———ら(1973 b):同上 25:30~36.
- 4) ———ら(1974):京府大農場報 6:16~21.
- 5) ———・正子 朔(1975):日本生物環境調節学会講要集:20~21.
- 6) ———(1982):現代農業 61(11):208~213.
- 7) TSAO, P.H.・宮田善雄(1985):日植病報 51(1):79.
- 8) MIYATA, Y. et al.(1988):Abstr. in 5th ISPP:392.
- 9) 宮田善雄・佐藤隆司(1990):日植病大会講要:193.
- 10) ———(1990):植物防疫 44(6):285~286.

II メロンつる割病

本病は1899年アメリカのオハイオ州で初めて発生し、わが国では1942年に発生の報告がある古くからの

病害である。1956年にOWENにより *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* OWEN と同定され、SNYDER and HANSEN (1940) の分類体系により新しい分化型とされた。

1 病徴

苗でも発生するが、主に定植後の果実肥大期にあたる生育後期に発生することが多い。晴天の日中に萎ちようして下葉の1~2枚が黄化し、翌朝には萎ちようは回復するが、2~3日後には回復しなくなり、地際部の茎が褐変して上部まで褐変条斑が進展しついには枯死する。褐変部にはピンクのかび(菌糸と分生子)が発生する。地際部が暗緑色水浸状になり、ややくぼみ、赤褐色のヤニを分泌することがある。苗や生育初期に発生すると、下葉が日中萎ちようして黄化、葉焼けを生じ、ついには株全体が萎ちようして枯死する。根の一部は褐変しており、導管部は褐変している。茎の導管も上部まで褐変しており、黄化した下葉の導管部も褐変しているのが特徴である。

2 病原菌

病原菌は *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* OWEN である。不完全菌の一種で菌糸のほかに分生子と厚膜胞子を形成する。分生子は無色、三日月形で隔膜が1~5個の大型分生子と無色、単胞でだ円形の小型分生子を形成する。とくに大型分生子は隔膜1~5個を有し、無色、三日月形でやや曲がっているのが本病原菌に特徴的であり、大きさは1隔膜胞子で9~30×2.0~5.0 μm, 3隔膜胞子で20~54×2.5~5.5 μm, 5隔膜胞子で38~72×3.5~5.5 μm である。小型分生子は大きさが5~16×2.0~4.5 μm である。PDA培地上では小型分生子のみを形成し、大型分生子はほとんど形成しない。厚膜胞子は円形またはだ円形、無色または淡褐色、膜が厚く、菌糸または分生子上の先端(頂生)または中間(間生)に形成され、直径6~12 μm である。分生子柄は *F. moniliforme* や *F. solani* と比べて短く、分生子は菌糸から側方にできる短い monophialide 上に擬頭状をなして形成されることが多いのが特徴である(松尾, 1980)。

生育適温は24~27°C付近であり、4~38°Cで生育する。pHは4.5~5.8付近の酸性条件下でよく生育する。発病適温は苗床では地温が20~30°C、成長株では地温27°C付近である。

3 菌の分化型

病原菌の *F. oxysporum* は形態、生理的性質などがほとんど同じであるが、トマト、イチゴ、ダイコン、キャベツ、ウリ類の種類により病原性を異にする分化型(forma specialis)があり、メロンつる割病菌はトマトな

ど他作物に病原性を示さず、ウリ類の中でもメロン、マクワウリには病原性を示すが、スイカ、ユウガオ、トウガン、ヘチマなどは侵さない。また、キュウリには弱い病原性を示す。

4 生理生態的な面からの見分け方

本菌は生育速度が比較的速く、茎の導管部から普通の PDA 培地で十分に分離できるが、腐敗の激しい試料、根及び土壤中から分離する場合は選択培地が必要である。

本菌の検出と分離には、*Fusarium oxysporum* 選択培地(駒田, 1976)を用いて行う。基本培地として K_2HPO_4 1.0 g, KCl 0.5 g, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.5 g, Fe-EDTA 10 mg, L-アスパラギン 2 g, D-ガラクトース 20 g, 寒天 15 g, 水 1 l とし、分注直前に PCNB (75% 水和剤) 1 g, コール酸ナトリウム 0.5 g, $Na_2B_2O_7 \cdot 10H_2O$ 1 g, 硫酸ストレプトマイシン 0.3 g を添加した後、リン酸で pH 3.8 に規正する。本選択培地上では、表面からみるとピンクのコロニーが、裏面からみると赤色のコロニーとなるのが *Fusarium oxysporum* である。

引用文献

- 1) 駒田 旦 (1976) : 東海近畿農試研報 No. 29 : 132~269.
- 2) 松尾卓見(1980) : 作物のフザリウム病, 全農教, 東京, p. 17.
- 3) OWEN, J. H. (1958) : *Phytopathology* 46 : 153~157.
- 4) SNYDER, W. C. and H. N. HANSEN (1940) : *Amer. J. Bot.* 27 : 64~67.

III メロンつる枯病

メロンつる枯病は 1869 年にはすでに記載され、1909 年に GROSSENBACHER により *Mycosphaerella citrullina* と報告された。また、日本では 1920 年に逸見により発生の報告がある古くからの病害である。1949 年に CHIU と WALKER により *Mycosphaerella melonis* とされた。本病は初夏から秋期に発生し、多湿、日照不足が続くと多発する。

1 病徴

本病は主に茎に発生するが、多発すると葉、葉柄、果実などにも発生する。茎の地際部または節の付近に不規則な水浸状の病斑が生じ、しだいに拡大して多湿時には暗緑色となり赤いヤニを生ずる。病斑が乾燥すると褐色となり病斑の表面に多数の小黒点を生ずるのが特徴である。この小黒点は分生子殻(柄子殻)または子囊殻である。茎に激しく発生すると病斑部から上部が萎ちよう、枯死することがある。葉柄では茎と同様の病徴となり、葉は枯死する。葉に発生すると葉縁からくさび状に

褐変する。果実では主にへたの部分が侵され、果実腐敗を生じることもある。育苗期に発生すると胚軸や子葉の基部が侵されやすい。

2 病原菌

病原菌は *Mycosphaerella melonis* (PASSERINI) CHIU et WALKER (*Didymella bryoniae* (AUERSW.) REHM, *Mycosphaerella citrullina* (SMITH) GROSSENBACHER) で、不完全世代は *Ascochyta cucumis* FAUTREY et ROUMEGUÈRE) である。本菌は子囊菌の一種で子囊殻をつくり、その中に子囊胞子を 8 個ずつ含んだ子囊ができる。また、不完全世代として分生子殻(柄子殻)を生じて、その中に分生子(柄胞子)を生じる。

子囊胞子は無色、2 胞、紡錘形で大きさは $14 \sim 18 \times 4 \sim 7 \mu m$ である。子囊はこん棒状で、大きき $60 \sim 90 \times 10 \sim 15 \mu m$ である。分生子は無色、大部分は 2 胞の長円形であるが、単胞も認められることがあり、大ききは $6 \sim 13 \times 3 \sim 5 \mu m$ である。子囊殻は黒色球形で、 $140 \sim 200 \mu m$ 、分生子殻は黒色球形で $120 \sim 180 \mu m$ であり、両者とも大きき、形が似ているので肉眼またはルーペでは区別は困難である。顕微鏡により子囊胞子または分生子の存在を観察して区別する。培地上で子囊殻や分生子殻を大量に形成するには光が必要である。

菌の生育温度は $5 \sim 36^\circ C$ の範囲で、生育適温は $20 \sim 24^\circ C$ である。本菌はメロンのほかにマクワウリ、キュウリ、スイカ、カボチャ、トウガンなどのつる枯病菌と同じでウリ類に広く寄生する。

3 分離

本菌のための選択分離培地はできていないが、根から分離する場合と違って茎から分離するため、普通の PDA 培地で比較的簡単に本菌は分離される。症状が進んでいない新鮮な茎の病斑部と健全部の境を選んで $3 \sim 5 mm$ 角に切り取り、次亜塩素酸ナトリウム (Cl, 10%) の 20 倍液に 1~2 分間浸漬後、PDA 培地に静置して、 $25^\circ C$ で培養する。試料から生育した菌叢を顕微鏡下で観察し、本菌の胞子を確認する。(手塚信夫)

引用文献

- 1) DIXON, G. R. (1981) : *Vegetable crop diseases*. Avi Publishing Company, Inc. p. 317.
- 2) HANKIN, R. T. (1990) : *Illustrated genera of Ascomycetes*, APS Press, pp. 146~147.
- 3) 逸見武雄 (1920) : 病虫雑 7 (1) : 16~23.
- 4) PUNITHALINGAM, E. and P. HOLLIDAY (1972) : *CMI Descriptions of pathogenic fungi and bacteria* No. 332.

植物防疫基礎講座

地域特産物の病害虫(2)

ショウガの病害虫

茨城県園芸試験場 千 葉 恒 夫

はじめに

ショウガはショウガ科の多年草で、古くから世界各地で香料、薬用、食用として利用されてきた。日本では現在、未成熟の葉ショウガ、根ショウガとして、成熟したものは、生のままあるいは干しショウガとして利用されている。茨城県における、栽培面積は約125 ha(うちハウスは約14 ha)で、その生産量は約1,850 tを有し、その内訳は葉ショウガが800 t、根ショウガが1,050 tとなっている。しかし、これらの産地は固定化され、施設、露地栽培とも長期間連作されており、それに伴って各種の連作障害、とりわけ病害虫が多発し、産地ではその対策に苦慮している。しかしながら、ショウガ病害虫に関する研究が少なく、したがってこれらに登録されている農薬が少ないなど問題点が多い。

本稿では、これらショウガの主要な病害、虫害について、その病徴、発生生態ならびに若干の防除法について記し、ご批判を仰ぎたい。

I 紋 枯 病

おもに葉鞘及び葉が侵され、被害の激しいときは根茎も変色する。葉鞘では、はじめ灰緑色ないし茶褐色の円形病斑で、拡大すると不規則な円形の病斑となる。これらの病斑はのちに中央部が淡褐色となって軟化消失し、病斑の周辺部のみ残ることが多い。葉では最初、水浸状の病斑で速やかに拡大し、雲形状ないし不正形の大型病斑となり、病勢が激しいときは熱湯をかけたように軟化腐敗する。根茎では表面がアメ色に変色し、出芽直後では芽枯れとなって再生芽の生育も抑制され、根茎の肥大が著しく不良となって商品価値を低下させる。

病原菌は *Rhizoctonia solani* KÜHN である。菌糸融合群 II-2 (イ紋枯系、培養型 III B) 及び IV (苗立枯病系・培養型 III A) があり、いずれも菌叢の発育適温は 30°C である。培地上での菌糸の伸長はおう盛で、菌糸は褐色で太く、直角に分岐し、その分岐部がくびれている。菌叢上には褐色の菌核を形成する。

本病の伝染は、病原菌が被害残渣とともに土中に残り土壌伝染するほか、種子用の根茎に混在または付着して種根茎伝染する。本病は高温多湿の条件下でよく発生し、露地栽培では7~9月に、施設では周年的に多発生する。一度発病するとまん延も急激で被害が大きくなる。

防除法は、発生畑をクロルピクリン剤などの土壌くん蒸剤で消毒する。また、健全な種根茎を植え付ける。生育期間中における本病の発生は長期にわたり、しかも降雨など気象条件によって大きく変動するため防除適期を確認することは難しいが、発病を認めたら直ちに TPN、バリダマイシンなどを3~4 l/m²、株元を中心にかん注する。

II 葉 枯 病

葉のみに発生する。はじめ葉の周縁が黄褐色に枯れこんだり、葉面に不規則な大型の病斑を生ずる。病勢が進展すると病斑は拡大し、やがて葉全体が褐色ないし暗褐色になって枯死する。これら病斑の表面には多数の黒色小粒(柄子殻または子囊殻)を生ずる。

病原菌は *Mycosphaerella zingiberi* SHIRAI et HARA である。本菌は子囊菌の一種で、子囊殻は葉の組織内に埋設して、球形ないし扁球形で孔口を有し径60~120 μm である。子囊はこん棒状ないし長だ円形で、中に8個の子囊胞子を形成する。子囊胞子は紡すい形またはだ円形で隔膜1個を有し、無色で13~16×4~5 μm の大きさである。柄胞子はだ円形、卵形、円筒形で無色、5~6×2~3 μm の大きさである。

本病の伝染は、柄子殻及び子囊殻の形態で被害部分の組織内で越冬し、翌年これから胞子を飛散して第一次伝染する。本病は排水不良畑あるいは肥料不足の場合に発生しやすく、降雨ととくに暴風雨の後などに多発生する。

防除法として、連作はできるだけ避け、畑の排水を良好にし、過度のかん水を行わない。また、過度の密植、過繁茂は避け、適正な施肥を行って健全育成に努める。

III いもち病

葉に発生し、はじめ蒼白色で水浸状の小斑点を生じる。それがしだいに拡大して淡褐色ないし茶褐色で円形、だ

円形あるいは不正形の大きさ3~10 mmの病斑になる。これらは葉脈に沿って拡大し、周りに水浸状黄白色のハローを伴った細長い褐色の病斑となる。これはイネのいもち病斑とよく似ている。病斑の中央部は灰色で、その裏側にすす状のかびを生ずる。病斑が多数形成されると互いに融合して不正形の大形病斑となり、葉全体に広がると枯れる。葉での発病が激しい場合は、茎にも褐色病斑を形成する。

病原菌は *Pyricularia zingiberi* NISIKADO である。本菌は不完全菌に属し、分生子は無色ないしわずかに着色し、倒こん棒状ないし楕圓形で2個の隔膜を有する。大きさは18~22.5×7.5~10 μmである。

本病の伝染は、被害残渣上で菌糸の形で越冬し、翌年分生子を形成し、これが飛散して第一次伝染源になる。本病は連作すると発生が多くなり、特に生育の後期に降雨の日が続いたりすると発病しやすい。また、窒素肥料の多施用により軟弱に育ったり、密植や過繁茂になったり、通気不良の畑では発病しやすい。

防除法は、発病しやすい環境の改善、すなわち連作、密植、過繁茂などは避け、畑の排水を良好にする。

IV 白 星 病

葉に発生し、はじめ灰白色の小型病斑を多数形成する。これらは場合により多数連なって条線となり、葉が縦に裂けたり枯死したりする。病斑はのちにやや透明となつて、その上に多数の小黒粒(柄子殻)を形成する。なお、下位葉ではほとんど発病がみられない。

病原菌は、*Phyllosticta zingiberi* HORI である。本菌は不完全菌の一種で、柄子殻内に柄胞子を形成する。柄子殻は葉の表皮下に形成され、球形あるいは扁球形で、大きさ50~120 μmである。柄胞子は無色でだ円形あるいは卵形で隔膜がなく大きさ5~9×2.5~3.5 μmである。

本病は、被害残渣上に形成される柄子殻で越冬し、翌年柄胞子を飛散して第一次伝染源となる。本病の発生は雨と密接に関係し、降雨が続くと新葉に発病する。

防除法として、肥培管理を適切に行い、健全育成に努める。

V 立 枯 病

発病は種根茎から始まることが多い。罹病していた種根茎を植えたり、生育初期に土壤中で感染した場合は、一次茎の下葉からしだいに黄変し、二~三次茎が次々に黄化する。病勢の進展は根茎腐敗病にくらべてゆるやかであるが、早く発病した茎から立ち枯れとなる。生育期間中を通して発病がみられるが、生育初期の発病では枯

死欠株となる場合が多いのに反し、後期発病では一部茎葉の枯死にとどまる。被害茎を切断すると維管束部が褐変しており、根茎では褐変、腐敗や空洞を生ずることもある。これらはのちに、表皮と繊維とを残して乾腐状に腐敗する。

病原菌は、① *Fusarium oxysporum* SCHLECHTENDAHL, ② *Fusarium solani* (MARTIUS) APPEL et WOLLENWEBER の2種が報告されているが、種名及び分化型は不明である。分離率としては、①の *F. oxysporum* が②の *F. solani* に比して高い。

本病の伝染は、被害種根茎の伏せ込みにより発病するほか、病原菌が被害残渣とともに土壤中で越冬して土壌伝染する。種根茎伝染の場合は発病時期は早く、被害も大きい。

防除法として、無病種根茎を厳選して使用するか、土壌くん蒸剤による土壌消毒、被害発生株を早期に抜き取るなど、圃場衛生に努める。

VI 根 茎 腐 敗 病

葉鞘、幼芽、根茎及び根が侵される。葉鞘では地際部に水浸状の病斑を生じ、病勢が進展すると地上部は立ち枯れとなって倒伏する。地下部の根茎も水浸状またはアメ色に変色し、しだいに軟化腐敗して株を引き抜くと地際より切れることが多い。被害種根茎で発病した場合は、幼芽出芽後アメ色に変色して軟化腐敗し、地下部の根茎も腐敗するので欠株となる。類似の病害に腐敗病があるが、本病が多湿条件下で被害部に薄い白色綿毛状のかびを生ずるのに反し、腐敗病では全くかびを生じない。また、根茎の腐敗までの期間が本病ではやや長く、腐敗病では短いのが特徴である。

病原菌は、① *Pythium zingiberum* TAKAHASHI, ② *Pythium ultimum* の2種とされているが、現在は②の *P. ultimum* の病原性については疑問視されており、①の *P. zingiberum* 1種と考えられている。*P. zingiberum* は鞭毛菌類に属し、膨状胞子嚢と卵胞子を生ずる。膨状胞子嚢は糸状ないし不正形で、水温28~30°Cのとき多数の遊走子を放出する。遊走子は不正だ円形で大きさ7.5×10 μmである。蔵卵器は菌糸に頂生し球形、薄膜でまれに1個の小突起を有し、1個の卵胞子を内蔵する。卵胞子は16~38 μmで球形、20°C付近でよく形成する。蔵精器は側着生でこん棒状ないし不正形である。菌糸は12~40°Cで発育し、36~40°Cの高温で生育がとくに良好で、30~34°Cで菌糸密度が高い。培地上では白色綿毛状の菌叢と卵胞子を生ずる。ショウガのほか、ミョウガにも類似の症状をあらわす。

本病の伝染は、病原菌が被害残渣とともに土中に残り土壌伝染するほか、罹病した種根茎によっても伝染する。本病の発生は、土壌が多湿のときに起こりやすく、まん延は水との関係が深い。排水不良畑では多発し、発生後は雨水の流れる方向にまん延する。収穫時に罹病根茎の混入があれば、貯蔵中にも発病進展し腐敗を起こす。特に27~37°Cの範囲で被害が激しい。

防除法として、無病種根茎の確保が最も重要である。植え付け前の選別のみでは軽症の被害根茎を選び出すことが容易でないで、前年の立毛中の発病状況を確認し、発生の認められた畑からは種子用として採取しない。外観的には腐敗が明らかでなくとも、根茎を分割して切断面が変色していたら種子として用いない。植え付け前の種根茎はキャプタン水和剤に浸漬処理するか、種根茎重の2%を粉衣する。発病畑では土壌くん蒸剤で土壌消毒するほか、メトラキシル粒剤を条に土壌混和する。植え付けは排水良好な畑を選んで栽培し、高温時に発生が多いので、ムギワラを厚めに敷くなどをして地温の上昇を抑える。萌芽後に発病を認めたら罹病株及びその周辺の土壌を早期に取り除き、キャプタン水和剤500~800倍液を3~6 l/m²かん注またはメトラキシル粒剤を10 a当たり10~20 kg土壌表面散布する。

VII 腐敗病

おもに根茎及び地際部の葉鞘が侵される。はじめ地上部の葉が萎ちょう、葉巻きを起こし、その後葉鞘が鮮黄色となってやがて枯死する。これらの株の根茎はアメ色で水浸状となる。被害の激しいものは軟化腐敗して悪臭を放ち、ついには表皮を残して消失する。

病原菌は、① *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* (JONES) BERGEY, HARRISON, BREED, HAMMER et HUNTOON, ② *Pseudomonas zingiberi* UYEDA の2種の細菌である。①の *E. carotovora* は桿状細菌の一種で、グラム陰性、周毛があり、大きさ0.5~1.3×1.0~3.0 μmである。生育温度は4~42°Cで、適温は28°C、死滅温度は53°C10分間である。②の *P. zingiberi* は桿状細菌で、グラム陰性、単極毛1~2本を有し、大きさ0.7~1.2×0.5~0.6 μmである。生育温度は5~40°Cで、適温は28°C、死滅温度は53°C10分間である。

本病は、病原細菌が被害残渣とともに土中に残り土壌伝染するほか、罹病種根茎による伝染も多くみられる。罹病種根茎を用いた場合は定植直後から発生して、収穫皆無になることも少なくない。定植してからのもん延は、おもに水による病原菌の移動により、高温、多湿の条件で多発する。

防除法として、無病種根茎を確保するために、植え付け前に厳選し、前年の立毛中での発病の有無を確認するなど、根茎腐敗病と同様に十分注意する。発病畑は土壌くん蒸剤で土壌消毒する。畑の排水を良好にしたり、厚めの敷ワラを行う。畑で発病を認めたら被害株はもちろん、その周辺土壌も早めに除去し、焼却する。

VIII ウイルス病・萎縮病

葉の葉脈に沿って緑と淡黄色の濃淡のあるモザイク症状をあらわす。また、葉に濃淡のモザイクを生じて、株全体が萎縮する。

病原ウイルスは Cucumber mosaic virus (CMV) とされているが、病徴との関係は不明であり、萎縮病のウイルスは不明である。伝染方法は、罹病種根茎伝染のほか、アブラムシによる伝染が考えられる。

なお、本病の発生は少ない。

IX アワノメイガ

学名は *Ostrinia furacalis* GUENEE である。

被害ははじめふ化幼虫が新葉を食害するので、葉がかすり状となる。その後幼虫が茎内に食入して葉が黄化し、下葉から枯れてくる。

年間の発生は地域によって異なり、北海道では1回、関東で3回、九州で4回の発生といわれている。茨城県では半促成栽培で5~6月に、露地栽培では8~10月に茎の部分から虫糞を出した被害がみられる。成虫は6, 8, 9月に最盛期となる。

防除法として、ふ化幼虫の食入期をねらって薬剤を散布する。しかし、発生時期の変動が大きいため、被害の発生によく注意して幼虫が茎内に侵入する前に防除する。

X イネヨトウ

学名は *Sesaminia inferens* WALKER である。

6~7月に第一世代幼虫による被害がかなりみられ、幼虫が第一及び二次茎に食入して初期生育を著しく阻害する。第二世代幼虫の被害はほとんどなく、次いで第三世代幼虫による9~10月の被害が再びみられる。

防除法として、アワヨトウと同様にふ化幼虫の食入期を的確に把握して、薬剤防除を実施する。

おわりに

マイナークロップとしてのショウガのおもな病害虫について、その概要を記したが、これら病害虫の現場における発生は単独の場合よりも、長期の連作によって複合

的に発生し、その原因究明には多くの困難を伴う。また ショウガに対する登録農薬が限られていることで、現場での防除対応には種々の問題がある。

今後は、有効な薬剤のショウガに対する適用拡大を促進するとともに、さらに耕種の防除法を積極的に取り入れて、健康な土づくりを基本とした総合的な防除法を確

立する必要がある。

参 考 文 献

- 1) 中垣至郎 (1983) : 茨城の野菜病害虫III, 茨城県, 9
- 2) 山本 磐(1988) : 作物病害虫事典, 岸 国平編, 全国農村教育協会, 東京, 465~467
- 3) 米山伸吾(1983) : 茨城の野菜病害虫III, 茨城県, 1~8

中 央 だ よ り

○特殊病害虫防除に関する検討会開催さる

特殊病害虫防除に関する検討会が、6月27日農林水産省共用第5会議室において、鹿児島県、沖縄県、東京都、近畿大学、農業環境技術研究所、熱帯農業研究センター、野菜・茶業試験場、農林水産技術会議事務局、横浜・門司・那覇の各植物防疫所、沖縄開発庁、沖縄総合事務局、国土庁、同小笠原総合事務所、(社)農林水産航空協会及び植物防疫課の担当者が参集し開催された。

会議では、①平成元年度ミバエ類防除事業の実施状況、②平成2年度ミバエ類防除事業の実施計画、③アフリカマイマイの生態及び天敵の研究、④アリモドキゾウムシ

根絶技術確立事業について検討が行われた。

お詫びと訂正

前7月号の口絵におきまして、「キュウリ萎ちよう性病害の見分け方(2)・細菌(軟腐病菌)による急性萎ちよう」の項で、左側の写真の説明に誤りがありました。下記のように訂正するとともに、謹んでお詫び申し上げます。

- (誤) *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* 接種による萎ちよう株 (左:無接種健全株, 右:胚軸部接種萎ちよう株) (橋本光司・善林六朗・植松勉氏原図)
- (正) *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* 接種による萎ちよう株(左:胚軸部接種萎ちよう株, 右:無接種健全株) (善林六朗・植松勉氏原図)

次 号 予 告

次9月号は下記原稿を掲載する予定です。

特集：薬剤抵抗性

- EBI 剤に対するキュウリうどんこ病菌の感受性低下 大塚 範夫・宗 和弘
- 野菜害虫の薬剤抵抗性 浜 弘司
- 灰色かび病菌の薬剤耐性出現機構 阿久津克己
- 殺虫剤抵抗性対策としての協力剤——ニカメイガの場合—— 宍戸 孝・昆野 安彦
- 線虫の薬剤抵抗性 大林 延夫
- 日本産昆虫ウイルス病総目録 国見 裕久

九州におけるチュウゴクオナゴバチの放飼と定着

村上 陽三

静岡県におけるチャ病害虫防除の現状と問題点

伊藤 善文

植物防疫基礎講座

ウリ科野菜の萎ちよう性病害の見分け方(4)

メロン萎ちよう性病害の見分け方(2)

牧野孝宏・和泉勝一・小林研三・吉田政博

地域特産物の病害虫(3)

コマツナの病害

堀江 博道

定期購読者以外のお申込みは至急前金で本会へ

定価1部600円 送料51円

植 物 防 疫

第 44 卷 平成 2 年 7 月 25 日印刷
第 8 号 平成 2 年 8 月 1 日発行

定価 600 円 送料 51 円
(本体 583 円)

平成 2 年分
前金購読料 6,720 円
後払購読料 7,240 円
(共に千サービス、消費税込み)

平成 2 年

8 月 号

(毎月1回1日発行)

— 禁 転 載 —

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

— 発 行 所 —

東京都豊島区駒込1丁目43番11号 郵便番号 170

社 団 法 人

日 本 植 物 防 疫 協 会

電 話 ・ 東 京 (03) 944-1561~6 番

振 替 東 京 1 - 1 7 7 8 6 7 番

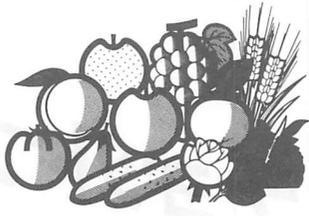
新発売

●種もみ消毒に
—乳剤タイプの水稲用新種子消毒剤—

トリフミン[®]乳剤



増収を約束する **日曹の農薬**



●落葉果樹の病害総合防除に
ルミライト[®]水和剤

●セントポーリア・ガーベラの疫病に、
たばこ・芝の病害防除に

日曹 プレビクルN[®]液剤

●べと病・疫病・細菌病の防除に
日曹 アリエッティボルドー[®]水和剤

●ハダニ・アブラムシ防除に
日曹 プロカーブ[®]水和剤

好評発売中!

○果樹・野菜の病害防除に
トリフミン[®]水和剤

○病害防除の基幹薬剤
トップジンM[®]水和剤

○果樹・野菜のハダニ防除に
ニッソラン[®]水和剤

○畑作イネ科雑草の除草に
生育期処理
除草剤 **ナブ[®]乳剤**



日本曹達株式会社

本社 〒100 東京都千代田区大手町2-2-1
支店 〒541 大阪市中央区北浜2-1-11
営業所 札幌・仙台・信越・新潟・東京・名古屋・福岡・四国・高岡

“箱でたたこう! イネミズゾウムシ”

イネミズゾウムシをはじめ、イネドロオイムシ・イネヒメハモグリバエ・ウンカ、
ヨコバイ類などの水稲初期害虫の同時防除が出来ます。

<育苗箱専用>

オンコル[®] 粒剤 5

いもつたな!!
の母は



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出来ます。
- 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。



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

チョットつけるだけ。 タツプリかける時代の終りです。

小沢昭一



ラウンドアップ®の特徴を活かした 新しい除草法です。(少量散布技術)

これまでの除草の散布は、雑草にタツプリと丹念にかける。10アール(1反歩)当り100リットルあるいは200リットルの散布水量が常識でした。

ところが、この常識をやぶり、10アール当り25リットルの水量で雑草にポツポツとチョットつくだけで雑草全体をしっかり枯らす新しい除草法が出現しました。

これは、雑草の一部につくだけで雑草の体内のすみずみにまで行き渡る特性と同じ薬量なら濃度が高い(少ない水で希釈する)ほど効果が増すという性質を持つラウンドアップだからできる新しい除草法です。

水量が少なければ、散布がらくなだけでなく、水の運搬、薬剤の調合の回数を少なくできます。

多量散布から少量散布へ。時代は、資源節減、省力化に向っています。ぜひ、試して、効果と労力の差を実感してください。

●薬量が250mlと少なく経済的。

通常の散布方法で10アール当り500mlの薬量が必要な場面でも、250mlで同じ効果を出すことができ経済的です。

●散布水量が25ℓ(今までの $\frac{1}{4}$ ～ $\frac{1}{2}$)と少なく省力的。

除草剤の散布は薬剤によって10アール当り100ℓあるいは200ℓの散布水量が必要でしたが、専用ノズルを取り替えるだけでわずか25ℓで済み散布、準備、水の運搬、薬剤の調合が楽になり省力的です。

●ノズルは、ラウンドノズル25を必ず使用。

少量散布専用ノズルを必ずご使用ください。このノズルは、

- 従来の散布歩行スピード、散布要領を変えずに10アールに25ℓの水量を散布できます。
- 散布した所が白く見え重複やかけ残しがなく確実です。
- 飛散が極めて少ないので大切な作物にも安心です。

●ラウンドアップを詳しく説明したパンフレットを差しあげております。右記の住所までお申し込みください。

ラウンドアップ普及会
クミアイ化学工業株・三共株

ラウンドアップ®は、安全性が高いので 取扱いが容易です。

- 大切な作物の根からは、吸収されません。
- 土の活力を守ります。
- アミノ酸系の除草剤です。 (人畜毒性/普通物) 魚毒性/A類

しっかり枯らす。
長〜く抑える。

ラウンドアップ®



®(米国モンサント社登録商標)

事務局 日本モンサント株式会社 アグロサイエンス事業部
〒100 東京都千代田区丸の内3-1-1国際ビル Tel.(03)287-1251

速効 残効 優れ者!

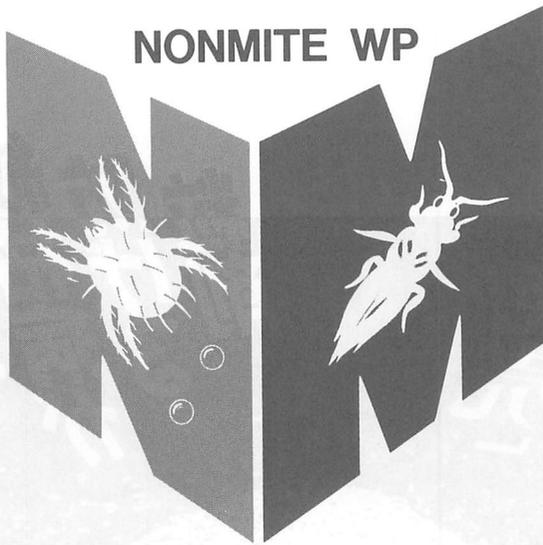
かんきつのハダニ・スリップス防除に、
りんごのハダニ類の防除に……

—新殺ダニ・殺虫剤—

新発売

ノンマイト[®] 水和剤

フェンプロパトリン・ヘキシチアゾクス水和剤



- 特長**
- (1) ハダニに対して速効性と残効性に優れます。
 - (2) ハダニ類のすべてのステージに効果があります。
 - (3) ハダニと害虫の同時防除が可能です。
 - (4) リサージェンスが少なく効果が安定します。
 - (5) 作物に対する薬害が少ない薬剤です。

ノンマイト普及会

株式会社アグロス 八洲化学工業株式会社
北興化学工業株式会社 住友化学工業株式会社
事務局 日本曹達株式会社



おかげさまで60年

紋枯病に効きめが長く、使いやすい

モンカット[®]粒剤



特長

- ① 粒剤なので手軽で省力的です。
- ② 残効性が長く、散布回数が軽減できます。
- ③ 天候に左右されず、余裕をもって使えます。
- ④ ドリフトがなく、安全性の高い薬剤です。

● 使用量：10アール当り4kg ● 使用適期：出穂20日前中心に使用

いもち・紋枯病が同時に防げる粒剤

姉妹品＝

フジワンモンカット[®]粒剤

®：「モンカット」「フジワン」は日本農薬株式の登録商標

「新発売」

手まきで
紋枯病が
防げる
粒剤

いもち・紋枯病が同時に防げる粒剤



日本農薬株式会社 東京都中央区日本橋1丁目2番5号

「現在」に答え、「未来」を創る、
ヘキスト農薬。



Hoechst 

Hoechst High Chem

ヘキスト ハイ・ケム———化学の新しい道

総合化学品メーカーとして世界で活躍するヘキストは、農業場面においても、今日、そして明日へと、つねに経験豊富な技術力で、時代の要請にお応えいたします。



除草剤、選ぶなら。

バスタ®液剤

除草剤：フローレ®

殺菌剤：アフガン®・水和硫黄 コーサン

殺虫剤：マリックス

ヘキストジャパン株式会社

農薬本部

〒107 東京都港区赤坂4-10-33 ヘキストビル6F

☎03(584)7521(代)

“殺虫剤の概念を変えた
注目の脱皮阻害剤”

●1ヵ月以上の長い効き目。他の殺虫剤に抵抗性の害虫にも効く。人畜・有益昆虫に安全。薬害の心配がない。殆どの薬剤と混用出来る。(ボルドーにも混ぜられます。)

●ウキキサ・アオミドロ・表層ハクリの防除に最適の専用剤です。初期・中期・一発剤との混合散布は大好評!!

モゲトン® 粒 剤

●各種ハダニの卵・幼虫・成虫に有効でボルドー液にも混用できるシャープな効きめのダニ剤。

バイデン 乳 剤

●晩柑類のへた落ち防止剤。
速効的に効く、りんご・梨の落果防止剤。

マデック 乳 剤

今、話題の

メロンのミナミキイロアザミウマにも
適用拡大

デミリン®水和剤

●花・タバコ・桑の土壤消毒剤。刺激臭がなく安心して使えます。

® **バスタアミド** 微粒剤

●ボルドー液の幅広い効果に安全性がプラスされた果樹・野菜の殺菌剤。

キノンドー®水和剤
80・40

●ヨモギ・ギシギシ・スギナには特によく効きます。
粒剤タイプで果樹園、空地、駐車地、墓地等に最適です。

カソロン 粒 剤 6.7
4.5



アグロ・カネショウ株式会社

東京都千代田区丸の内2-4-1

力のウルコ

頑固な雑草に必殺一発パンチ!

大好評!!

東北向中心の水田一発処理除草の決め手
力と技のウルコ **エース** 粒剤 25

も新登場!
話題の低コスト除草
水田一発処理除草剤



農協・経済連・全農

自然に学び 自然を守る
クミアイ化学工業株式会社



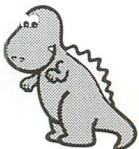
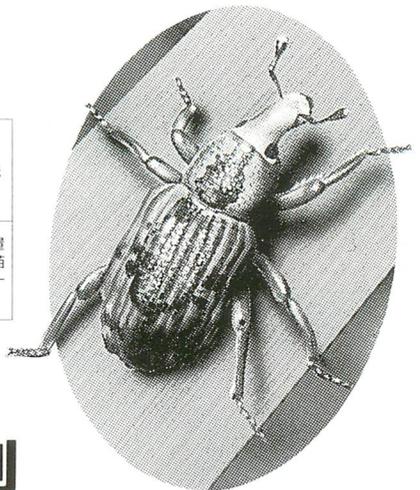
新登場

箱で余裕、イネミズ防除。

水稲初期害虫を同時防除

- ★高い浸透移行作用により、イネミスソウムシ成虫・幼虫を強力に防除します。
- ★残効が長いので薬剤の使用回数を減らすことができるので経済的です。
- ★初期害虫であるイネドロオイムシ、ツマグロヨコバイを同時に防除できます。
- ★箱施用なので省力的です。薬害が出にくいので田植3日前から直前まで使用できます。

作物名	適用害虫名	10アール 当り 使用量	使用 時期	本剤及びカル ボスルファン を含む農薬の 総使用回数	使用方法
水稲 (箱育苗)	イネミスソウムシ イネドロオイムシ ツマグロヨコバイ	育苗箱 (30×60×3cm) 使用土壌 約50 1箱当り 50-70g	移植前 3日- 移植当日	1回	本剤の所定量 を育苗箱の苗 の上から均一 に散布する



ガゼット[®] 粒剤

カルボスルファン...3.0%

®は米国FMC社の登録商標です。

日産化学 + **FMC** 原産供給元
FMCコーポレーション