

植物防疫

昭和三十三年七月二十五日
平成十四年八月二十五日
印刷
第三
種
郵便
物
認
行
可



特集 果樹の根頭がんしゅ病

1991
8
VOL 45

広に適用病害と優れた経済性

パルノックス 水和剤

- 普通物で安全。
- 薬剤費が安く経済的。
- 耐性菌の心配なし。

- りんご……黒星病、斑点落葉病、赤星病、黒点病、すす点病、すす斑病
- 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



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(3241)4566 FAX 03(3241)4597
研究所 〒375 群馬県藤岡市岡之郷戸崎559-3
TEL 0274(42)8129 FAX 0274(42)7950

〈農業は正しく使いましょう〉

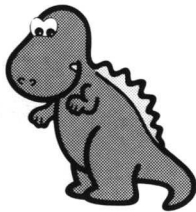


水稲初期害虫を同時防除

箱で余裕、イネミズ防除。

- ★高い浸透移行作用により、イネミズゾウムシ成虫・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ますので経済的です。
- ★初期害虫であるイネドロオウムシ、ヒメトビウンカなど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業の総使用回数	使用方法
水稲 (育苗箱)	イネミズゾウムシ	育苗箱 (30×60×3cm) 使用土壌 約5Q 1箱当り 40~70g	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
	ヒメトビウンカ ツマクロヨコバイ イネヒメハモグリハエ イネドロオウムシ イネゾウムシ	育苗箱 (30×60×3cm) 使用土壌 約5Q 1箱当り 50~70g			



ガゼット[®] 粒剤

新登場

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 原体供給元 FMCコーポレーション

ホクコーの主要防除剤

●いもち病 防除剤

カスラフサイド 粉剤DL
水和剤

ヒノラフサイド 粉剤DL
水和剤

オリゼメート 粒剤

●いもち病・籾枯細菌病・ウンカ類・
カメムシ類防除に/

オリゼメートトレボン

●紋枯病やっぱり決め手の

バリダシン 液剤5

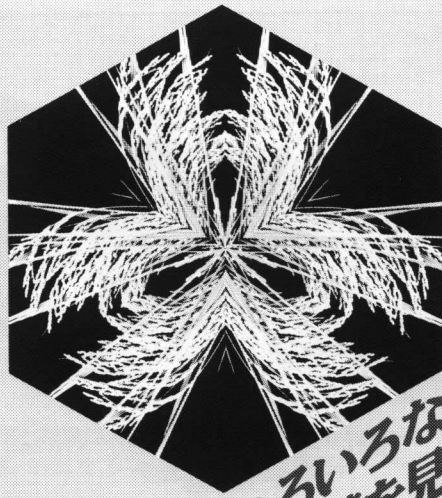
●水稻倒伏軽減剤

セリタード 粒剤5

●イネミズソウムシ・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



いろいろな視点で
収穫を見つめて。

●果樹・畑作・その他除草剤

ポラリス 液剤

ハービエース 水溶剤

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

発生予察用フェロモン製剤

SEI/Aー

- ▶ ニカメイガ用
- ▶ シバツトガ用
- ▶ シロイチモジヨトウ用
- ▶ スジキリヨトウ用
- ▶ チャノホソガ用
- ▶ アリモドキゾウムシ用

発生予察用誘引剤

コガネコー/A

- ▶ マメコガネ用

コガネコー/B

- ▶ コアオハナムグリ、
アシナガコガネ用

新
発
売

●発生予察用フェロモン製剤は、順次品目を追加していきます。



サンケイ化学株式会社

本社 ☎890 鹿児島市都元町880番地 ☎(0992)54-1161
東京本社 ☎101 東京都千代田区神田司町2-1 ☎(03)3294-6981

ブドウ根頭がんしゅ病の発生生態

山川隆平氏原図(本文 1 ページ参照)



▲主幹での発病(古いがんしゅ組織が盛り上がり、一部木質部が露出)



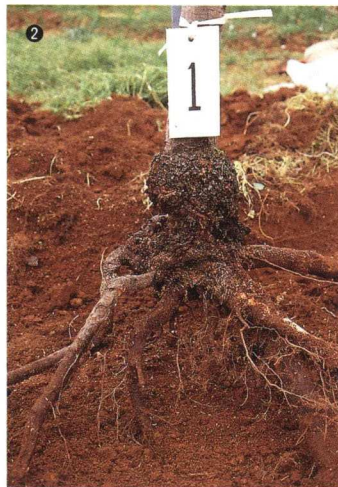
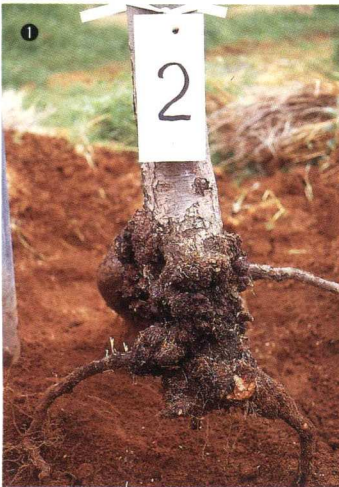
▲棚上の主枝での発病
(古くなったがんしゅ組織が盛り上がり、一部木質部が露出)



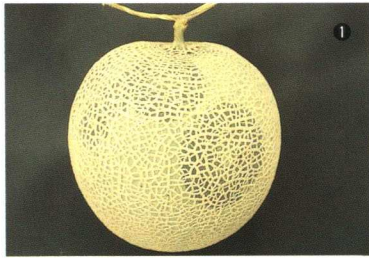
▲結果母枝に発生したがんしゅ

ナシ根頭がんしゅ病の耕種的防除法

中尾茂夫氏原図(本文 15 ページ参照)



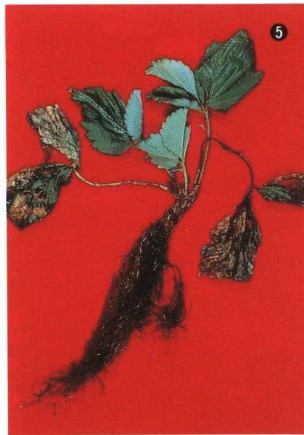
①発病激甚樹のがんしゅ形成状況 ②発病甚樹のがんしゅ形成状況 ③図②のがんしゅ除去状況 ④発根剤処理後、覆土した状態 ⑤処理同年の10月の状態



① 急激に病勢が進展した病斑部 ② 市場における発生 ③ 病斑部の断面 ④ 薬剤防除試験結果
果：処理区はチオファネートメチル1,500倍3回散布の防除効果

イチゴの萎ちょう性病害/見分け方・発生生態・防除

(本文 40 ページ参照)



疫病

松崎政文氏原図

根腐病 森田 儔氏原図



⑤ イチゴ疫病の被害株：クラウンを中心に褐変 ⑥ クラウンの横断面：外表部から中心部に向かって褐変が進行 ⑦ 葉の病斑：ジャガイモやトマトの疫病に類似 ⑧ 罹病株の地上部病徴 ⑨ 被害根 red stele ⑩ 被害根組織に形成された卵孢子

植物防疫

Shokubutsu bōeki
(Plant Protection)

第 45 卷 第 8 号 目 次
平成 3 年 8 月 号

特集：果樹の根頭がんしゅ病

ブドウ根頭がんしゅ病の発生生態	山川 隆平.....	1	
<i>Agrobacterium</i> 属細菌の分類をめぐる諸問題	澤田 宏之.....	6	
根頭がんしゅ病の生物的防除—— <i>Agrobacterium radiobacter</i> strain K 84 による——	横山とも子.....	11	
ナシ根頭がんしゅ病の耕種的防除法	中尾 茂夫.....	15	
中国における害虫の生物的防除の近況	李麗英 (広瀬義躬 訳).....	19	
寄生蜂の学習——寄主・餌探索における役割——	高須 啓志.....	23	
ポストハーベスト病害, メロン陥没病	大沢 高志.....	29	
ワタアブラムシの薬剤抵抗性	西東 力.....	34	
研究放談室(3)——研究課題と方法	小野小三郎.....	38	
植物防疫基礎講座			
イチゴの萎ちょう性病害/見分け方・発生生態・防除			
疫病・根腐病	松崎 正文・森田 儔.....	40	
新しく登録された農薬 (3.6.1~6.30)		28, 33	
中央日より	22	学界日より	18
協会日より	22	人事消息	5
次号予告	42		

「確かさ」で選ぶ…バイエルの農薬

●いもち病に理想の複合剤

ヒノラスサイド®

●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

® **ヒノハイジット**

●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

ハイジット

●イネミスゾウムシ・メイチュウに

バサジット®

●イネミス・ドロオイ・ウンカなどに

® **サンサイド**

●イネミス・ウンカ・ツマグロヨコバイに

D.S. タイシストン®

® **サンサイド**

●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

® **タイシストン**

® は登録商標

●新しい時代のヒエ斉®登場

® **ヒノクロア粒剤**

●初・中期一発処理除草剤

特選 **ザーグ®** 粒剤

●初・中期一発処理除草剤

特選 **アクト®** 粒剤

●初・中期一発処理除草剤

特選 **シンザン®** 粒剤

●中期除草剤

® **クロアSM粒剤**

●パレイショ・アスバラの除草剤

センコ



Bayer 

日本バイエルアグロケム株式会社
東京都中央区日本橋本町2-7-1 ☎ 103

*バイエル農薬をお届けして50年、
日本特殊農薬の社名が変りました。



タケダ

自然との調和と安全性 これがバリダシンのテーマです。

もん枯病防除に ——バリダシン

●もん枯病と稲害虫の同時防除に

パタン®バリダシン®粉剤DL

●もん枯病防除に5%液剤で使いやすい

バリダシン®液剤5

無人ヘリコプター用薬剤として適用拡大されました。

●もん枯病防除の省力化に

バリダシン®エア- ビーム®

●いもち病に

バリダシン®



武田薬品工業株式会社

アグロ事業部 東京都中央区日本橋2丁目12番10号

特集：果樹の根頭がんしゅ病〔1〕

ブドウ根頭がんしゅ病の発生生態

山形県立農業試験場庄内支場 やま かわ りゅう へい
山 川 隆 平

はじめに

わが国の場合、果樹の根頭がんしゅ病は、苗木の不注意な輸入によって渡来したもののようである。1890（明治23）年に南アメリカより和歌山県及び大阪府にオウトウの苗木が輸入されたときに持ち込まれたものが初めといわれている。その後苗木の移動とともに各地に広がり、他の樹種にも伝搬して被害を与えるようになったものと思われる。ブドウの根頭がんしゅ病の場合、1912（大正元）年に北アメリカから輸入したブドウの苗木で発病の記録があるが、その後は恒常的な被害発生もみられず、これまでに本病が問題とされるようなこともなかった。その後、近年になって岩手、山形、長野、山梨、島根の各県で本病の発生が報告されているが、本病に関する研究の蓄積はこれまでほとんどなかったことから、その対策が問題となっている。

山形県では欧州系品種が導入されて間もない1975（昭和50）年ごろから、巨峰、高尾などの品種で、本病に類似した病害の発生が確認されていた。しかし、普通、果樹での根頭がんしゅ病は、病名からもわかるように、地際の根にがんしゅができるのが特徴であり、簡単に見分けられるが、ブドウでは、地上部の主幹や棚上の主枝、側枝などにがんしゅをつくり、根に発生することはごくまれなこともあって根頭がんしゅ病とは異なる病気のように扱われ、当時は十分な検討がなされないまま腫りゅう症（病）とか根頭がんしゅ病類似症などの名称で呼ばれてきた。

ブドウの根頭がんしゅ病についてわが国では、昭和60年以降から発生生態、病原菌の同定を含め細菌学的な研究がようやく始められたばかりで、防除対策などは今後の研究成果に待つところが大きい。ここでは、山形県内での本病の発生状況、病原菌の分離と病原性など若干の知見を紹介し、参考に供したい。

I 発生状況

山形県におけるブドウの栽培面積は約3,200 haで、そのうち10%程度が巨峰、高尾などを主体とする欧州系の

品種である。これらの品種は昭和50年以降消費者の高級品種志向とともに栽培面積は徐々にではあるが増加する傾向にある。そして、これと時期を同じくして根頭がんしゅ病（当時は腫りゅう症とか根頭がんしゅ病類似症と呼称）の発生事例が記録にとどめられるようになった。

表-1 ブドウ根頭がんしゅ病の発生状況(1988年)

調査地	調査月日	発生概況
川西町	1988年7月26日	栽培品種：高尾(7年, 18年生混植)47 a, 巨峰15 a, 赤嶺3株 発病確認時期：全品種全株で前年よりがんしゅが発生。 18年生の高尾より穂木を採って自根苗をつくり植え付け7年目になった高尾の発病程度が激しい。 6月18日の降雹後特にがんしゅが目立つようになった。
南陽市	1988年7月26日	栽培品種：巨峰(15~16年生)23 a, オリビア, イタリア, ルビーオクヤマ各1株 発病確認時期：全品種全株で10年前ごろよりがんしゅが発生。 6月18日の降雹後特にがんしゅが目立つようになった。 衰弱した発病株を掘り起こしてみたら根にがんしゅはみられなかった。
高島町	1988年7月26日	栽培品種：高尾(前年秋購入の苗)24株 発病確認時期：仮植中に24株中12株で発病がみられた。いずれも接木部にがんしゅが発生していた。
上山市-1	1988年8月2日	栽培品種：ビオーネ(12年生)30 a 発生確認時期：全株で植え付け3年目ごろからがんしゅが発生。 当年初めてジベレリン処理を行ったところ穂軸にも亀裂としゅりゅう症状が発生した。
上山市-2	1988年8月2日	栽培品種：巨峰(12年生)20 a 発生確認時期：全株で植え付け2年目ごろからがんしゅが発生。前年秋購入の巨峰の苗木でも仮植中に12株中2株で発病がみられた。
上山市-3	1988年8月2日	栽培品種：高尾(13年生)20 a 発病確認時期：全株で植え付け3年目ごろからがんしゅが発生。

本病と類似した症状の発生が報告されたブドウ園について、1988(昭和63)年状況を調査したところ(表-1)、発病のみられた品種は巨峰、高尾、ピオーネ、オリンピック、赤嶺、ルビーオクヤマ、イタリアなどで、すべてが欧州系の品種であった。そのうち重症株2株を掘り起こしてみたが、根にがんしゅをつくっているものはみられなかった。また、同じ園内に栽培されていたデラウエアには発病の兆候はまったくみられなかった。

発病樹は、6月から梅雨期にかけてとくにがんしゅ形成が活発にみられるようである。調査地の南陽市と川西町の二つの園地では、ちょうど、調査の1か月半ほど前にあった降雹の被害による傷が刺激となって、新梢のいたるところにがんしゅの形成がみられた(図-1)。特異な発生事例としては、既に枝幹で発病がみられているピオーネで、果房をジベレリン処理したところ、穂軸が裂傷化して腫りゅう症状を呈するものもみられた。

調査園での初発病は、大半が植え付け後間もない2～6年目の間に観察されていた。そのなかで川西町の園の場合には、保菌樹と知らずに穂木を採り苗木をつくって植え付けたところ、6年目に全株で発病が確認されている。また、高島町と上市市の二つの園では、前年に苗木を購入して仮植をしておいたところ、翌年の春から夏までの間に接ぎ木部に大きながんしゅをつくって発病しているものが高率にみられた(図-2)。

以上のような発生状況から、山形県内で近年になって本病が散見されるようになった原因を推察してみると、一つは発病しやすい巨峰、高尾などの欧州系品種の栽培面積が増えてきたことで、これらの中には発病樹または保菌樹と知らずに安易に穂木を採取して苗木が増殖され、流通、栽植されてきた可能性がある。また、巨峰や高尾のような品種は、本病にかかると一時的に樹勢が落ち着いて、果実の品質が向上したかのようにみえるため、

優良系統の品種として穂木に利用された場合もあったようである。今後、欧州系の品種の栽培が増えてゆくなかで、本病のまん延が危惧されるところである。

II 病 徴

病名から地際近くの根にがんしゅができると思われがちであるが、ブドウでは地下部の根にがんしゅがつくられることはきわめて少ない。苗木や若木の時期には、接ぎ木部位の周辺に大小の緑白色または淡白褐色のこぶ状組織(がんしゅ)が盛り上がってくる。症状が激しい場合はその年のうちに枯死するものもある。樹齢が進むと主幹のほかにも棚上の主枝、垂主枝、側枝、母枝にがんしゅが発生する。降雹やブドウ棚の針金ですり傷がつくと新梢にもがんしゅが発生する場合がある。がんしゅ形成の初期は、枝の粗皮を持ち上げるようにしてみずみずしい大小の緑白色または淡白褐色のこぶ状組織が発生するが、古くなると暗褐色となり新たに発生したがんしゅを取り込みながら大きなこぶに隆起する。そのようになると表面にはたくさんのひびが入り、がさがさした外見を呈するようになる。そのうちに古いこぶは次々に腐朽するために、皮層が欠落して木質部が露出するようになり、枝の生理機能が著しく低下する。成木でも症状が進行すると樹勢低下による発芽障害が発生し、棚上の枝はもちろん、主幹から枯死する株もみられるようになる(図-3)。

罹病樹でのがんしゅの形成は6月から梅雨期にかけて最も活発で、虫害、降雹の被害などによる傷が刺激とな



図-1 降雹の被害による傷が刺激となって新梢に形成されたがんしゅ



図-2 苗木の接ぎ木部周辺に現れたがんしゅ



図-3 主幹の発病（皮層が欠落して木質部が露出）によって枯死した株

って、がんしゅの形成が助長される場合もある。

III 病原菌の分離

根頭がんしゅ病は、*Agrobacterium tumefaciens* という細菌によって起こる病気であるが、この細菌は細菌学的な性質の違いによって、生理型 (biovar) 1, 2, 3 の三つに分けられている。国内で収集されたブドウの根頭がんしゅ病の発生樹からは生理型 3 しか分離されていない。一方、ブドウを除くリンゴ、モモ、オウトウ、カキ、ナシ、ウメ、アンズ、イチジク、マルメロ、カリンなどの果樹と、バラ、ボケ、キクなどの花木や花きでは根頭がんしゅ病に発生したものからは生理型 1 と 2 しか分離されず、生理型 3 は分離されていない。すなわち本菌には生理型の違いによって寄主特異性がみられることが知られている。

前述の発生状況調査園より採取した新鮮ながんしゅ組織を枝ごと流水で洗浄、表面をアルコールで殺菌した後、滅菌カッターで外皮を剥いで取り出したがんしゅの内部組織をペプトン水中で磨砕して汁液をつくり、さらにこの汁液をキング-B 培地上で画線培養して単一の白色コロニーを得た。このようにして分離した細菌を、ブドウ及びトマトの茎に注射器で単針付傷接種した結果、がんしゅをつくり病原性を示したことから、本菌は *A. tumefaciens* と考えられた。また、生理型は果樹試安芸津支場澤田宏之氏により biovar 3 と同定された。

IV 病原性

1 ブドウの既存品種の抵抗性

既存のブドウ 20 品種を供試し、ロックウールに挿し木して伸長してきた新梢の茎に分離培養した *A. tumefaciens* biovar 3 の菌液を注射器で単針付傷接種、20~23°C で 3 週間培養後にかんしゅ形成の有無とその大きさを測定したところ、がんしゅをつくらなかった品種はデラウエアのみであった。他の 19 品種にはすべてががんしゅを形成した。がんしゅの大きさを比較すると (表-2)、巨峰、赤嶺、ピオーネ、リースリング、オリンピア、高尾、甲斐路では大きく、リザマート、ポートランド、アレキサンドリア、スチューベン、ナイアガラ、キャンベル、紅信濃、紅伊豆などの品種がこれに次ぎ、イタリア、紅瑞宝、ルビーオクヤマ、ネオマスカットでは形成されたがんしゅは小さかった。このように形成されたがんしゅの大きさにより、抵抗性の強い品種から弱い品種へと一様の分布が認められた。

家城ら (1991) もブドウ 73 品種に病原菌を接種して抵抗性の程度を調査しており、これを筆者の得た結果と対比してみると、抵抗性が強と弱の品種は一致しているが、中程度の抵抗性を示す品種で、一致しないものもみられた。筆者の試験において、接種時の新梢の生育程度が不ぞろいであったことがその原因と考えられる。家城ら (1991) は前述の接種試験の結果に基づいて、抵抗性の程度を強、中、弱に分類し、基準品種としてデラウエア (強)、ローズ・シオター及びカベルネ・フラン (中)、巨峰 (弱) を選んだ。また、巨峰に形成したがんしゅの表面積を 100 とした場合の指数が 61 以上のものを罹病性、21~60 のものを中程度の抵抗性、20 以下のものを抵抗性と判定する基準を考案し、根頭がんしゅ病抵抗性の簡易検定法としての活用を提案している。

以上のように、ブドウでは品種間で本病に対する抵抗性に違いのあることが判明したが、抵抗性の発現機構についてはなお今後の研究に待たねばならない。

2 ブドウ以外の作物に対する *A. tumefaciens* biovar 3 の病原性

前述のとおり *A. tumefaciens* は培養的、生理生化学的性質などの違いによって、生理型が 1, 2, 3 の三つに分けられている。そしてこの生理型の違いによって寄主特異性がみられる。ブドウの根頭がんしゅ病発生樹から分離されているのは、そのほとんどが biovar 3 である。それに対して、ブドウを除く果樹やバラ、サクラ、キクなどの花木や花きの根頭がんしゅ病発生株からは *A.*

tumefaciens biovar 1と2が分離されているが、biovar 3は分離されていない。

そこで、ブドウ以外の作物に対する *A. tumefaciens* biovar 3の病原性を調査した。供試した果樹はブドウ

(巨峰)、リンゴ(ふじ)、モモ(片倉早生)、オウトウ(佐藤錦)、カキ(刀根早生)、セイヨウナシ(ラ・フランス)、花木、花きはバラ、ボケ、キク、野菜はナス、トマト、スイカ、メロン、キャベツ、ダイコン、その他タバコ、

アカザの17種である。キャベツは茎に、ダイコンは根に、その他は新梢または茎の節間に培養した菌液を注射器で単針付傷接種した。その結果、セイヨウナシ、バラ、ボケ、ナス、トマト、スイカ、タバコの7種でがんしゅの形成がみられ、ブドウ以外の作物でも biovar 3の病原性が確認された(表-3)。なお、セイヨウナシ、バラ、ボケにできたがんしゅは、1年後も継続して肥大が観察されている。

澤田(1989)は、各種植物の根頭がんしゅ病罹病サンプルを用いて biovar と寄主植物との関係を調べているが、モモ、ナシ、オウトウ、スモモ、バラからはすべて biovar 2を、ブドウとキウイフルーツの2種からは biovar 3を分離している。しかし、biovar 3の病原性が接種試験ではブドウ以外の果樹、花き、野菜でも認められたことから、場合によっては今後 biovar 3のこれらの作物へのまん延も危惧されるところである。

表-2 ブドウ新梢でのがんしゅ形成の比較(1989年)

品種	単針付傷 接種部位数	接種時の新梢 の直径(mm)	がんしゅの 形成部位数	形成率(%)	がんしゅの 平均直径(mm)
巨峰	10	3.06	10	100	3.08
赤嶺	10	3.02	10	100	2.70
ピオーネ	10	2.55	10	100	2.62
リースリング	10	3.15	10	100	2.43
オリンピア	10	3.08	10	100	2.19
高尾	8	2.92	8	100	2.18
甲斐路	8	3.86	8	100	2.08
リザマート	10	2.05	10	100	1.84
ポートランド	7	3.39	7	100	1.77
アレキサンドリア	10	3.85	10	100	1.55
スチューベン	5	2.88	5	100	1.38
ネオマスカット	7	2.46	2(±1)*	29	1.28
ナイアガラ	8	3.01	8	100	1.25
キャンベル	6	2.38	6	100	1.20
紅信濃	9	3.85	9	100	1.11
イタリア	8	2.21	3(±2)	38	1.08
紅伊豆	6	2.00	6	100	1.06
紅瑞宝	9	1.00	5(±4)	56	0.93
ルビーオクヤマ	8	2.03	4(±4)	50	0.82
デラウエア	8	1.56	0(±2)	0	—

* (±)は癒傷組織と判断しかねるもの数。

表-3 ブドウ以外の作物に対する病原性(1989年)

接種された植物		単針付傷 接種部位数	がんしゅの 形成部位数	がんしゅの 平均直径(mm)
果樹	ブドウ(巨峰)	27	27	3.28 (3.4 mm)**
	リンゴ(ふじ)	14	0(±1)*	—
	モモ(片倉早生)	5	0	—
	オウトウ(佐藤錦)	20	0(±2)	—
	カキ(刀根早生)	17	0(±2)	—
	セイヨウナシ(ラ・フランス)	13	13	3.38 (3.5 mm)
花き	バラ(カリーナ)	17	17	2.40 (3.6 mm)
	ボケ	5	5	1.68 (1.6 mm)
野菜	キク科:キク(天寿)	9	0(±3)	—
	ナス科:ナス(長ナス)	11	11	2.27 (5.0 mm)
	トマト(桃太郎)	10	10	5.22 (4.5 mm)
	ウリ科:スイカ(富士光)	7	4	1.22 (3.7 mm)
	メロン(アースクイーン)	15	0	—
	アブラ:キャベツ(冬どり)	14	0	—
ナ科	ダイコン(耐病総太り)	14	0	—
その他	タバコ(プライトイエロー)	9	9	4.74 (6.0 mm)
	アカザ	9	0	—

* (±)は癒傷組織と判断しかねるもの数

** ()は接種時の新梢の直径

V 病原菌の伝搬方法

樹体内に侵入した根頭がんしゅ病菌は、容易に導管を通過して移動し、樹体の隅々まで広がっていくことが明らかにされている。したがって、罹病樹から穂木を採取して苗木を生産することは大変危険である。また、外見では病徴がみられなくても本病原菌に汚染されている場合もあり、ウイルス病なみの母樹検疫の必要性が求められている。

また、ブドウ根頭がんしゅ病

菌の土壤伝搬については、これまでに biovar 1 及び 2 の伝搬は確認されていたが、biovar 3 についてはその可能性が指摘されてはいたものの試験例もなく、確認されていなかった。そこで次の二つの試験を行った。

まず、莖頂培養により育成した無病のブドウ苗木（赤嶺）をポット植えとし、その根を土壤ごとナイフで断根処理した後、土壤表面より *A. tumefaciens* biovar 3 の培養菌液を灌注して約 1 か月後にがんしゅ形成の状況を調べた。もう一つは同じく莖頂培養により育成した無病のブドウ苗木（赤嶺）の根を洗い出して、根に直接注射器で菌液を単針付傷接種し、約 1 か月後にがんしゅ形成の状況を調べた。その結果、菌液を灌注した場合、付傷断根部位に 1 ないし複数個のがんしゅをつくっているものが確認された。また、根に直接注射器で菌液を接種した場合も、地上部でみられるようながんしゅの形成が確認され、1 年後にはがんしゅの大きさは数倍に肥大していた（図-4）。

以上のことから、土壤中に本病原菌が生存していれば、根の傷口からも病原菌が侵入し、感染発病を起こすと考えなければならない。澤田（1987）は、春先の罹病樹の枝の切り口からあふれ出る樹液中にも病原細菌が高頻度に存在することを観察しており、これらが土壤中にしみ込んで伝染源にならないとも限らない。また、山本ら（1988）の報告によれば、根圏からも病原細菌が検出されており、土壤中での長期にわたる生存も可能のようである。したがって、ブドウ根頭がんしゅ病も他の果樹、野菜、花きに発生する根頭がんしゅ病の場合と同じく、土壤伝染をすると考えて対処しなければならないであろう。

VI 現状における問題点

本病に感受性が高い欧州系品種の栽培がますます拡大してゆくなかで、本病の防除に関する研究は日が浅く、病原菌の生理生態についての調査を含めて今後の研究成果に待つところが多い。

本病原菌と同属の *A. radiobacter* K84 は、根頭がんし

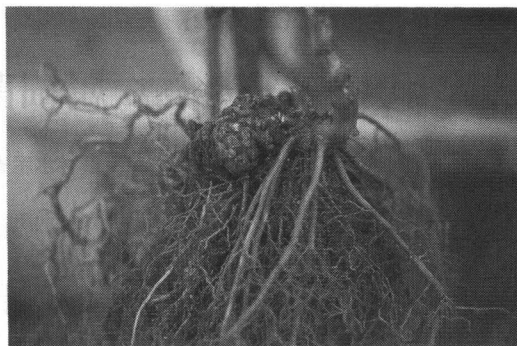


図-4 病原菌を根に接種して形成させたがんしゅ

ゅ病菌の生育を抑制することが知られており、生物農薬として商品化され、バラの根頭がんしゅ病の防除に利用されている。しかし、残念ながらこの菌は biovar 1 と 2 に対しては拮抗作用を示すが、ブドウ根頭がんしゅ病菌の biovar 3 に対してはその効果は認められていない。したがって、現在のところは栽培管理上の予防策で対応せざるをえない。

ブドウの根頭がんしゅ病の伝染を考えると、最も注意すべき点は、病原菌に汚染した穂木や苗木の流通である。ブドウ苗木の増殖を行う際には、母樹が外観健全とみられても保菌している場合があり、使用する穂木はもちろん、母樹についてもウイルス病なみの検定の必要性が指摘される。今後、病原菌の簡易な検定方法や効率的な検疫手順、防除薬剤の開発なども含めた総合的な防除対策の確立が望まれる。

引用文献

- 1) 家城洋之（1987）：果樹種苗 26：6～9.
- 2) ———・澤田宏之（1990）：果樹試安芸津年報 18：46～47.
- 3) ———（1991）：果樹試ニュース 35：11～12.
- 4) 澤田宏之（1987）：近畿・中国・四国果樹研究会資料.
- 5) ———・家城洋之（1988）：果樹試安芸津年報 16：42.
- 6) ———・—————（1989）：同上 17：42～42.
- 7) ———ら（1990）：日植病報 56：199～206.
- 8) 高木三郎（1933）：日園雑 45(12)：37～40.
- 9) 山本 淳ら（1989）：落葉果樹試験研究成績概要集（病害）：247～248.

人事消息

日本たばこ産業株式会社アグリ事業部は 5 月 7 日付で下記に移転した。

住 所：〒140 品川区東品川 4-12-62

電 話：03-3474-3111

F A X：03-5479-0360, 0361

付で鳥取県園芸試験場と名称変更した。住所等は従来のとおりである。

兵庫県植物防疫協会に直通電話と FAX が入った。

電 話：078-332-7144

F A X：078-332-7152

鳥取県果樹野菜試験場は組織機構の改革により 6 月 1 日

特集：果樹の根頭がんしゅ病〔2〕

Agrobacterium 属細菌の分類をめぐる諸問題

農林水産省果樹試験場安芸津支場 さわ だ ひろ ゆき
澤 田 宏 之

近年、ブドウ、モモ、ナシをはじめとする各種の果樹で、*Agrobacterium tumefaciens* によって引き起こされる根頭がんしゅ病が集団的に発生しており、樹勢の低下や収量の減少、若木の枯死などが問題となっている。保菌した苗木の流通や菌の土壌伝染が多発の原因として疑われていることや、治療に有効な農薬がないことから、母樹や苗木、土壌の保菌検定を行うことが防除を行ううえで重要である。そのためには、雑多な性質を示す *Agrobacterium* 属細菌(以下、“本属菌”)をできるだけ合理的な分類群に整理し、各分類群に特異的な性状を明らかにしたうえで、これを検出や識別のための指標として活用できるようにすることが必要である。

本属菌の分類に関しては、植物病理学分野での長い研究の歴史がある。そこではわれわれにとって重要な性質である植物に対する病原性が分類指標として用いられてきた。しかし後述するように、本属菌の病原性は染色体にコードされた性質ではなく、分類指標としては致命的な欠点を有することが明らかになってきた。また、植物の形質転換において本属菌の持つプラスミドが遺伝子のベクターとして用いられたり、臨床材料や海洋、土壌から本属菌に類似した菌株が分離されたりするなど、本属菌に関する研究は植物病理学だけではなく、基礎科学や医学などの幅広い分野で行われるようになってきた。こういった背景からも、本属の分類体系をより合理的なものにし、他の分野にも通用するような共通語に書き換える必要が生じてきた。

本稿では、本属菌が今のところ分類学的にどのように整理されているのかを、Bergey's Manual of Systematic Bacteriology (1984) に基づいて紹介したのち、最近の研究動向と、それによって明らかにされてきた分類上の問題点について考えてみたい。

I Bergey's Manual(1984)における分類体系

グラム陰性、好気性の桿菌と球菌は一つの SECTION としてまとめられている。この中には八つの科が含まれており、本属菌は Rhizobiaceae (リゾビウム科) の中に整理されている。Rhizobiaceae には孢子を形成せず、運動性、好気性の桿菌である *Rhizobium* (多くの根粒菌が含まれる)、*Bradyrhizobium* (ダイズなどの根粒菌が含まれる)

る)、*Agrobacterium* 及び *Phyllobacterium* (葉粒を形成する菌が含まれる) の4属が含まれている(表-1)。したがって、*Agrobacterium radiobacter* を除いたすべての Rhizobiaceae は、植物の皮層の異常肥大を誘起する性質を持っているといえる。

本属菌は植物に対する病原性と病徴に従って4種に分けられている。すなわち、がんしゅ形成能を持つ *A. tumefaciens* (根頭がんしゅ病菌)、非病原性の *A. radiobacter*、毛根を誘起する *A. rhizogenes* (毛根病菌)、及び *Rubus* 属植物のつるにがんしゅを形成する *A. rubi* である。さらに、*A. rubi* を除く3種の種内には、表現形質や DNA 相同性に従って分けられた幾つかの集団が存在し、亜種より下の変種レベルの分類階級である biovar (生理型) としてまとめられている。

II 属以上のレベルにおける問題点

属、科あるいはそれより高次の分類構造を検討する際

表-1 Bergey's Manual (1984)^{a)}における Rhizobiaceae の構成

Genus I	<i>Rhizobium</i> <i>R. leguminosarum</i> biovar <i>trifolii</i> biovar <i>phaseoli</i> biovar <i>viciae</i> <i>R. meliloti</i> <i>R. loti</i>
Genus II	<i>Bradyrhizobium</i> <i>B. japonicum</i>
Genus III	<i>Agrobacterium</i> <i>A. tumefaciens</i> biovar 1,2,3 <i>A. radiobacter</i> biovar 1,2 <i>A. rhizogenes</i> biovar 1,2 <i>A. rubi</i>
Genus IV	<i>Phyllobacterium</i> <i>P. myrsinacearum</i> <i>P. rubiacearum</i>

^{a)}: この時点では *Azorhizobium caulinodans*, *Rhizobium fredii*, *R. galegae* などは記載されていない。

に、リボゾーム RNA (rRNA) の塩基配列が指標としてよく利用されるようである。rRNA の塩基配列は高度に保存されており、幅広い分類群間の比較に適していること、塩基配列の置換速度を考慮することにより、分類群間の進化のうえでの隔たりを時間で表すことも可能であることなどが理由であろう。rRNA の持つ系統進化を反映した情報を引き出す手法は幾つかあるが、本属菌に関連した研究としては、De LEY らの研究グループが DNA-rRNA ハイブリッドの熱安定性に基づいて検討したものが知られている (De SMEDT and De LEY, 1977; JARVIS et al., 1986; De LEY et al., 1987; DREYFUS et al., 1988)。彼らはこの手法によって求めた rRNA 相同性に基づき、本属とその類縁細菌との関係を図-1 のようにまとめている。すなわち、本属は *Rhizobium*, *Mycoplana*, *Brucella*, CDC Group Vd 及び *Phyllobacterium* などと近い関係にあるのに対し、同じ Rhizobiaceae に属する *Bradyrhizobium* とは類縁関係が遠いことを示唆している。本属に近いとされたこれらの各菌群ごとに、rRNA 相同性以外のデータも考慮しながら本属との関係を整理し、本属の位置づけを考えるうえでの問題点について述べてみたい。

Agrobacterium と同じ Rhizobiaceae の一員である *Rhizobium* は、さまざまな指標に基づいて *Agrobacterium* と非常に近縁であることが示されている (JARVIS et

al., 1986)。ここで問題となるのは、*Agrobacterium* の biovar 2 が、同じ属である biovar 1 よりも *R. meliloti*, *R. leguminosarum* 及び *R. fredii* の 3 種の *Rhizobium* により近いという結果が rRNA 相同性に関して得られていることである (図-1)。細菌学的性質や DNA 相同性についても、*R. meliloti* や *R. leguminosarum* が *Agrobacterium* の特定の biovar と密接な関係にあることを示唆するデータが得られている (HEBERLEIN et al., 1967; WHITE, 1972; HOLMES and ROBERTS, 1981)。これらの事実は、両属の属としての定義と境界について再考を要することを示している。また、熱帯性マメ科植物に存在すると考えられる多様な *Rhizobium* 属細菌が検討の対象となっておらず、ごく一部の重要作物に関連した菌株のみに研究が限られているのも問題であろう (JARVIS, 1988)。*Mycoplana* についても、*Agrobacterium* の特に biovar 2 と近縁であることが示されている (図-1)。しかし、rRNA 相同性以外の指標に基づく比較がなされていないため、*Mycoplana* の分類学的な位置づけは不明確となっている (De SMEDT and De LEY, 1977)。*Rhizobium* とともに *Agrobacterium* との系統関係を多角的に検討する必要がある。

Phyllobacterium は Bergey's Manual において *Rhizobiaceae* の一つの属として扱われており、2 種が記載されている (表-1)。ただし、*Agrobacterium* や *Rhizobium* との類縁関係が明確にされていないため、この位置づけはあくまでも仮の措置であるとされている (KERSTERS and De LEY, 1984)。rRNA 相同性に関しては、*Phyllobacterium* は *Agrobacterium* と比較的近縁ではあるが、*Agrobacterium* や *Rhizobium* と同じ branch には属さず、*Brucella* や CDC Group Vd と共に独立した Branch を形成している (図-1)。*Brucella* はブルセラ症という人畜共通の伝染病の病原であるが、分類学上近縁な分類群がはっきりしていないことから、Bergey's Manual では帰属の不明な属としていずれの科にも入れられていない。また、CDC Group Vd とは、表現形質のうえで既知のグラム陰性、非発酵性細菌と一致しないことから、CDC (Centers for Disease Control, USA) で Group Vd として仮にまとめられた臨床分離菌株である。Rhizobiaceae の科としての定義と境界を考えるうえで、以上の三つの菌群の取り扱いをいかにすべきかということは避けて通れない問題であろう。*Brucella* と CDC Group Vd については、Rhizobiaceae に入れるか、あるいは Brucellaceae として別に扱うかの二つの可能性が示されている (De LEY et al., 1987)。

Bergey's Manual では *Bradyrhizobium* は Rhizobiaceae の一員とされており、1 種 (*B. japonicum*) が記載されている (表-1)。しかし、*B. japonicum* は Rh-

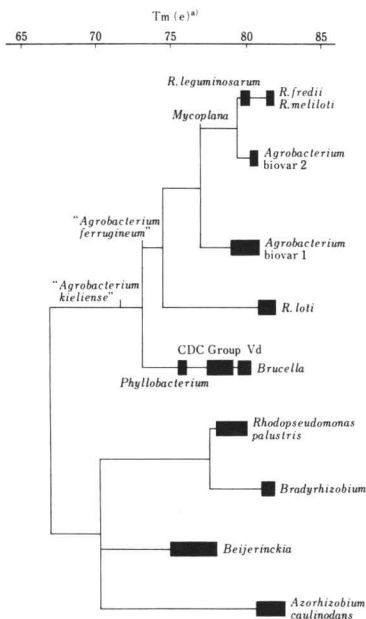


図-1 DNA-rRNA ハイブリッドの熱安定性に基づいた類縁関係 (De LEY et al., 1987; DREYFUS et al., 1988 より)

a): Tm(e)の値が大きいほど近縁であることを示す。

izobiaceae のほかの構成員とは rRNA 相同性が低く、全く別の branch に含まれることから(図-1), Rhizobiaceae として取り扱うことが疑問視されている(De SMEDT and De LEY, 1977; JARVIS et al., 1986)。また, *B. japonicum* はヘテロな集団であり, DNA 相同性に基づいて少なくとも三つの群に分化していることが確認されている(MIYASHITA, 1987)。さらに, *B. japonicum* 以外にも種として独立させるべき菌群が属内に存在しているなど, *Bradyrhizobium* には分類学的に検討すべき課題が山積しているといえよう。

Agrobacterium に近縁であると指摘されている分類群との関係を概観してみたが, Rhizobiaceae は科としてのまとまりに欠けており, 構成員間に変異が大きいことが理解できよう。科としてまとめるに当たり, 「植物に異常肥大を誘起する」という実用的には便利だが人為的, 恣意的色彩の強い指標をよりどころにしていることが, まとまりのなさをもたらした原因とされている(JARVIS, 1988)。同様なことが「根粒を形成する *Rhizobium*」と「植物の病原菌である *Agrobacterium*」という二つの属のまとめ方についても指摘されている。*Agrobacterium* 属の属としてのまとまりや位置づけを明らかにするには, Rhizobiaceae をめぐる多数の分類群との比較検討が必須のようである。

III 属内における問題点

Agrobacterium 属内の分類構造についても, 植物病理学をはじめとするさまざまな分野の研究者によって検討がなされている。その結果, 本属内には遺伝学的性質や各種表現形質のうえで互いに異なる少なくとも三つの分類群(Bergey's Manualにおける biovar 1, 2 及び *A. rubi* に相当する)が存在するという点でいずれの報告もほぼ一致している(KERSTERS and De LEY, 1984; BRADBURY, 1986; HOLMES, 1988)。ところが, 現行の種のレベルの分類体系ではこのような事実が考慮されておらず, 前述したように植物に対する病原性と病徴という便宜的な性質を指標として類別が行われている(表-1)。そして, 本来ならば分類指標として最も尊重されるべき遺伝学的性質や細菌学的性質が, 種よりも下の変種レベルにおける指標として用いられている。

病原性を分類指標として用いることが本属の場合特に問題となるのは, それが Ti あるいは Ri プラスミドというようなプラスミドにコードされており, 染色体 DNA とは直接関係のない性質だからである。しかも, これらのプラスミドは菌体内から脱落したり, 逆に取り込まれたりすることが知られている。したがって, プラスミドを失ったり獲得したりすることによって, 一つの菌株の所属する種が変わってしまうことになる。また, 異なる

種に属する同一 biovar の菌株は, 通常の細菌学的検査では互いに区別することができないことになる。このように病原性を指標として用いることは, 当初は実用上便利であると考えられていたものの, 現在では分類・同定のいずれの場面でも混乱をもたらし, 安定した分類体系を構築するうえで障害となることが指摘されている(KERSTERS and De LEY, 1984)。この事態を解決するために, 染色体 DNA に関連した性質に基づく biovar を, 種のレベルで取り扱うことが提案されている(HOLMES and ROBERTS, 1981; BRADBURY, 1986; HOLMES, 1988; OPHEL and KERR, 1990)。ただし, 種として取り扱うために必要な特徴づけや境界に関して不明りょうな部分が残されていたり, 命名上の混乱が解決されていないために, この提案は今のところは一般に受け入れられるに至っていない(KERSTERS and De LEY, 1984; YOUNG, 私信)。しかし, 問題解決のための努力が各分野で精力的に行われているので, 以下でそれを紹介するとともに, 残された課題について考えてみたい。

1 Biovar 1 と 2

Biovar 1 と 2 はともに本属の中では最も早くからその存在が知られており, 分離菌株も多く, 細菌学的性質, 血清学的性質, タンパク質の電気泳動パターン, 菌体脂肪酸組成, rRNA 相同性及び DNA 相同性など, 多数の指標によって分類学的な検討が行われてきた(KEANE et al., 1970; WHITE, 1972; KERSTERS et al., 1973; KERR and PANAGOPOULOS, 1977; HOLMES and ROBERTS, 1981; KERSTERS and De LEY, 1984; SAWADA et al., 1991)。その結果, いずれの指標を用いても分類群としてのまとまりが確認できることから, これらを種として取り扱うという提案(HOLMES and ROBERTS, 1981; BRADBURY, 1986; HOLMES, 1988)は妥当なものと考えられている。ただし, biovar 1 には細菌学的性質や DNA 相同性に関して変異があり, いくつかのサブグループに分化していることが認められている(KERSTERS et al., 1973; KERSTERS and De LEY, 1984)。また, 血清学的にもヘテロな集団であるという報告がある(BOUZAR et al., 1988)。このような biovar 1 内のサブグループをどの分類階級に対応させるのかについては結論が出されていない。

2 Biovar 3 をめぐる菌群

Biovar 3 は biovar 1 や 2 に比べて研究の歴史が浅く, 細菌学的性質に関する研究も行われてはいるものの, 供試菌株数や調査項目数が少ないために分類群としての特徴づけが不十分であるとの指摘がなされていた(KERSTERS and De LEY, 1984; BRADBURY, 1986)。その後, DNA 相同性, 菌体脂肪酸組成, 血清学的性質や各種細菌学的性質に基づいて biovar 1 や 2 の相違が確認され(OPHEL and KERR, 1990; SAWADA et al., 1990, 1991), OPHEL

and KERR(1990)によって種のレベルの分類群(*A. vitis*)とすることが提案されるに至っている。しかし、境界が不明りょうな部分があるため、下記の *A. rubi* や所属不明菌とされている菌群との比較を多面的に行い、分類群としてのまとまりを明らかにする必要がある。

A. rubi は *Rubus* 属植物の根頭がんしゅ病菌として定義されたものであり(ALLEN and HOLDING, 1974), 病原性に基づいて設けられたという意味では本属のほかの3種と同じ出発点に立っていると見える。しかし、その後研究が進むにつれて細菌学的性質やDNA 相同性の点で特異性が認められるようになり、染色体DNAの情報を反映した分類群であることがわかってきた(KERSTERS and DE LEY, 1984)。すなわち、病原性に基づいた本属の分類体系の中で、*A. rubi* だけが分類基準として本来用いるべきものに図らずも合致していたということになる。ただし、*A. rubi* の特異性はおもに biovar 1 や 2 との比較において認められたものであり、biovar 3 との類似度は用いる指標によって異なるという結果が得られている(HOLMES and ROBERTS, 1981; PLESSIS et al., 1984; SAWADA et al., 1991)。また本属内には、既知の分類群(biovar)とは一致しないことから“所属不明菌”として扱われているものが多数存在している。その中でもバラから分離された NCPPB 1650 は、化学分類学的性質を含む各種の指標に関して biovar 3 や *A. rubi* と類似度が高く、これらとの異同がはっきりしていない(HOLMES and ROBERTS, 1981; PLESSIS et al., 1984; SAWADA et al., 1991)。本属の分類構造を明らかにするためには、biovar 3 をめぐるこれらの菌群間の系統関係を整理する必要がある。

3 Agrobacterium 関連細菌

さまざまな臨床材料から本属菌が分離されたとの報告があるが、その大部分は biovar 1 に特異的な性質であると考えられている、3-ケトラクトースを産生することを根拠に同定が行われている(HOLMES, 1988)。しかし、詳しい性状が明らかにされていないうに、臨床細菌学の分野で用いられる検査手法に基づいて記載されているため、植物病理学で蓄積されてきたデータとの直接比較ができないものが多い。同様に、バラの毛根から分離された黄色色素を産生する3菌株(NCPPB 2661, 2662 及び 2663)と、*Chromobacterium folium* として扱われてきた2菌株(NCTC 10590 及び 10591)も、3-ケトラクトースを産生することから“*Agrobacterium yellow group*”として本属に含めることが提案された(HOLMES and ROBERTS, 1981)。しかし、これらの菌株は本属菌との rRNA 相同性が低いことがわかり、本属菌として扱うことには疑問が呈されている。(KERSTERS and DE LEY, 1984)。また、海洋由来の7種を本属に含めることが提案されたが、後になって撤回されたため、Approved Lists(1980)には記載

されていない(KERSTERS and DE LEY, 1984)。rRNA 相同性によると、この7種のうちの2種(“*A. ferrugineum*”及び“*A. kieliense*”)は本属に比較的近く(図-1)、Rhizobiaceae として扱われる可能性が示唆されている(De SMEDT and DE LEY, 1977)。以上のように、農業環境以外に由来する菌群で本属に入ることが明確にされたものは今のところないようであるが、本属の定義や境界を考えるうえでこういった菌群との比較は重要であり、今後も積極的に行っていくことが必要であろう。

4 命名上の混乱

本属の分類を考えるうえで、上記のように分類群間の系統関係について検討し、分類構造を明らかにすることは、必要条件ではあるがそれだけでは十分とはいえない。すなわち、類別された分類群をいかに命名するかという問題が残されている。仮に、biovar が種として扱われるべきであるとしても、それにどのような種形容語を当てはめるかというのは簡単には結論が出せないようである(YOUNG, 私信)。分類群としてのまとまりが明確にされている biovar 1 と 2 について、今までにどのような命名が提案されているかを表-2 に示した。*A. tumefaciens* の基準株が biovar 1, *A. rhizogenes* の基準株が biovar 2 であることから、biovar 1 には“*A. tumefaciens*”, biovar 2 には“*A. rhizogenes*”を種名として適用することが近年になって相次いで提案されている(HOLMES and ROBERTS, 1981; BRADBURY, 1986; OPHEL and KERR, 1990)。しかし、染色体DNAに基づいて類別された分類群(biovar)に対して、“*tumefaciens*”や“*rhizogenes*”というような病原性と密接に結び付いた種形容語を用いるのは、誤解を招く可能性のあることが指摘されている(YOUNG, 私信)。また、染色体DNAに基づいて種が設けられた場合、各菌株の病原性を pathovar (KERR et al., 1978)あるいは変種レベル(KEANE et al., 1970; KERR and PANAGOPOULOS, 1977)で表示するのか、あるいは分類用語とは別の補助的な表現方法を工夫するのか(HOLMES and ROBERTS, 1981)という問題も生じてくる。この場合、“*tumefaciens*”や“*rhizogenes*”を pathovar や亜種の形容語として用いると、“*A. tumefaciens* pv. *rhizogenes*”や“*A. rhizogenes* pv. *tumefaciens*”というような矛盾と混乱に満ちた表現が生まれてくることになる。これを避けるために *A. radiobacter* を本属の基準種として biovar 1 に適用し、biovar 2 に対しては新たな種形容語を与えるという命名案も提示されている(KERSTERS and DE LEY, 1984)。しかし、*A. tumefaciens* を基準種と定めた国際細菌分類命名委員会の裁定委員会公表見解(OPINION 33)に抵触するという問題があり、この案は広く認められるには至っていないようである。

以上のように、命名をめぐる混乱は幾重にも問題が重

表-2 biovar 1 及び 2 に対する命名案

Bergey's Manual (1984)	KEANE et al. (1970) KERR and PANAGOPOULOS (1977)	KERR et al. (1978)	HOLMES and ROBERTS (1981) BRADBURY (1986)
<i>A. tumefaciens</i> biovar 1	<i>A. radiobacter</i> var. <i>tumefaciens</i> biotype 1	<i>A. radiobacter</i> pv. <i>tumefaciens</i>	<i>A. tumefaciens</i>
<i>A. tumefaciens</i> biovar 2	<i>A. radiobacter</i> var. <i>tumefaciens</i> biotype 2	<i>A. radiobacter</i> pv. <i>tumefaciens</i>	<i>A. rhizogenes</i>
<i>A. radiobacter</i> biovar 1	<i>A. radiobacter</i> var. <i>radiobacter</i> biotype 1	<i>A. radiobacter</i>	<i>A. tumefaciens</i>
<i>A. radiobacter</i> biovar 2	<i>A. radiobacter</i> var. <i>radiobacter</i> biotype 2	<i>A. radiobacter</i>	<i>A. rhizogenes</i>
<i>A. rhizogenes</i> biovar 1	<i>A. radiobacter</i> var. <i>rhizogenes</i> biotype 1	<i>A. radiobacter</i> pv. <i>rhizogenes</i>	<i>A. tumefaciens</i>
<i>A. rhizogenes</i> biovar 2	<i>A. radiobacter</i> var. <i>rhizogenes</i> biotype 2	<i>A. radiobacter</i> pv. <i>rhizogenes</i>	<i>A. rhizogenes</i>

なっており、なかなか複雑な構造となっている。ただし、いかに命名するかという問題は、前項までの分類構造に関する問題に決着がつかない限り結論を出せるものではないことに留意すべきである。*Rhizobium* を含めた分類構造に関して何らかの結論が出るまでは、過渡期における混乱を最小限にするために、安易な命名上の変更は差し控えるべきであろう。当面は、各分野に広く浸透している Bergey's Manual (1984) の現行のシステムを、問題点と限界を理解したうえで、注釈付きで利用していくのが最も賢明ではないだろうか。いずれにせよ、本属に関係する幅広い分野の研究者の間で混乱が生じないように配慮しながら、慎重に検討していく必要がある。

近年になり、病害の診断・防除に遺伝子レベルの技術が実用化されるようになってきた。こうした傾向はさらに加速され、将来は遺伝子の言葉で植物病理学が語られるようになるであろう。そういった時代に備えるためにも、本属菌を系統進化に基づいたより合理的で客観的な分類体系に整理し、命名上の混乱を解消していくことが望まれている。現在筆者らは、各種表現形質、化学分類学的性質及び遺伝学的性質に基づいて本属をめぐる系統関係を調査しており、問題解決のために貢献していきたいと考えている。

本稿を終えるに当たり、日頃から何かとご指導を賜っている安芸津支場家城洋之病害研究室長ならびに静岡大学農学部瀧川雄一助教授に厚くお礼を申し上げる。

引用文献

1) ALLEN, O. N. and A. J. HOLDING (1974): Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. Williams

& Wilkins, Baltimore, pp. 264~267.
 2) BOUZAR, H. et al. (1988): Phytopathology 78: 1237~1241.
 3) BRADBURY, J. F. (1986): Guide to Plant Pathogenic Bacteria, CAB International Mycological Institute, Kew, pp. 6~15.
 4) DE LEY, J. et al. (1987): Int. J. Syst. Bacteriol. 37: 35~42.
 5) DE SMEDT, J. and J. DE LEY (1977): Ibid. 27: 222~240.
 6) DREYFUS, B. et al. (1988): Ibid. 38: 89~98.
 7) HEBERLEIN, G. T. et al. (1967): J. Bacteriol. 94: 116~124.
 8) HOLMES, B. and P. ROBERTS (1981): J. appl. Bacteriol. 50: 443~467.
 9) ——— (1988): Acta Horticulturae 225: 47~52.
 10) JARVIS, B. D. W. et al. (1986): Int. J. Syst. Bacteriol. 36: 129~138.
 11) ——— (1988): Ibid. 38: 331.
 12) KEANE, P. J. et al. (1970): Aust. J. Biol. Sci. 23: 585~595.
 13) KERR, A. and C. G. PANAGOPOULOS (1977): Phytopath. Z. 90: 172~179.
 14) ——— et al. (1978): N. Z. J. Agr. Res. 21: 153~177.
 15) KERSTERS, K. et al. (1973): J. Gen. Microbiol. 78: 227~239.
 16) ——— and J. DE LEY (1984): Bergey's Manual of Systematic Bacteriology Vol. 1, Williams & Wilkins, Baltimore, pp. 244~254.
 17) MIYASHITA, K. (1987): Soil Sci. Plant Nutr. 33: 639~643.
 18) OPHEL, K. and A. KERR (1990): Int. J. Syst. Bacteriol. 40: 236~241.
 19) PLESSIS, H. J. et al. (1984): Phytopathology 74: 524~529.
 20) SAWADA, H. et al. (1990): Ann. Phytopath. Soc. Japan 56: 199~206.
 21) ——— et al. (1991): Ibid. (submitted).
 22) WHITE, L. O. (1972): J. Gen. Microbiol. 72: 565~574.

特集：果樹の根頭がんしゅ病〔3〕

根頭がんしゅ病の生物的防除

—*Agrobacterium radiobacter* strain K 84 による—千葉県農業試験場 ^{よこ}横 ^{やま}山 ^ことも子

はじめに

根頭がんしゅ病菌、多くの双子葉植物に感染し被害を及ぼすが、防除に有効な化学合成農薬はない。オーストラリアの KERR (1972) は、モモの罹病根圏から分離した *Agrobacterium radiobacter* strain K 84 によってモモやトマトの根頭がんしゅ病を防除できることを発見した。それ以来、*A. radiobacter* strain K 84 を使った試験が世界各国で行われ、多くの植物の根頭がんしゅ病に対して十分な防除効果が得られることが明らかになった。

有効な防除手段がなかった根頭がんしゅ病に対して、きわめて卓効のある *A. radiobacter* strain K 84 は、微生物農薬としての開発が進められ、現在ニュージーランドとアメリカでそれぞれピートモス培養菌、寒天培養菌として市販されている。わが国では、静岡県農業試験場がバラを対象に本菌の実用的な防除効果を確認し(牧野・森田, 1985)、その後、トモノ農薬株式会社との共同開発により 1990 年ピートモス培養菌(商品名:バクテロズ)として販売されている。

遺伝子操作技術の発達により、*A. radiobacter* strain K 84 と病原菌の関係は遺伝子レベルで研究が進められ、*A. radiobacter* strain K 84 の作用機構が解明されたが、同時に問題点も判明した。ここでは、strain K 84 の作用機構、これをもとにした遺伝子操作による新しい菌株の構築、実際の防除事例について紹介する。なお、本稿で引用したデータの一部は、千葉県農業試験場で得られた未発表のものである。

I 病原菌に対する *A. radiobacter* strain K84 の作用機構

1 拮抗作用の機構

A. radiobacter strain K 84 は、病原菌 *A. tumefaciens* に特異的に作用する抗菌物質アグロシン 84 を産生する (MOORE and WARREN, 1979)。アグロシン 84 は、二つの置換基を持つアデニンヌクレオチド類似体である (ROBERTS et al., 1977; 図-1)。この物質は、病原菌の DNA の複製、

細胞壁の合成、植物体への吸着を阻害する。また、この物質は、病原菌の菌体周辺部にある特定のたんぱく質と結合するため、病原菌に特異的に作用する。特異性には、アグロシン 84 の一つの置換基(位置番号 6)が関与している。*A. radiobacter* strain K 84 は、病原菌と同様に植物体の付傷部に定着するため、拮抗性を示すには、病原菌の感染に先立って植物体に定着する必要がある。またその場合、病原菌と *A. radiobacter* strain K 84 の濃度が 1:1 かそれ以上でなければならない。以上のように、*A. radiobacter* strain K 84 の防除効果は、産出されるアグロシン 84 の作用と、植物体の根面に定着した *A. radiobacter* strain K 84 の病原菌との競合作用の両者によると考えられる。

2 アグロシン 84 の作用機構

病原菌 *A. tumefaciens* は、二つのプラスミドを持っている(図-2)。そのうちの一つ Ti プラスミドには、病原性とノバリンの代謝及びアグロシン感受性に関する遺伝子がコードされている。一方、*A. radiobacter* strain K 84 は、三つのプラスミドを持っている(図-2)。そのうちの一つのプラスミド pAgK 84 (47 kb) にアグロシン産生とアグロシン抵抗性に関する遺伝子がコードされている (MOORE and WARREN, 1979)。病原菌にアグロシン 84 が作用するのは、Ti プラスミドにコードされているアグロシン感受性遺伝子によりアグロシン 84 のレセプターが病

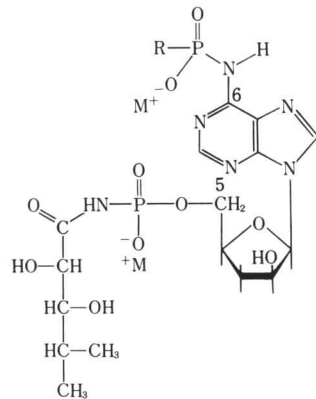


図-1 アグロシン 84 の構造式 (ROBERTS et al., 1977)

Biological control of crown gall with *Agrobacterium radiobacter* strain K 84. By Tomoko YOKOYAMA

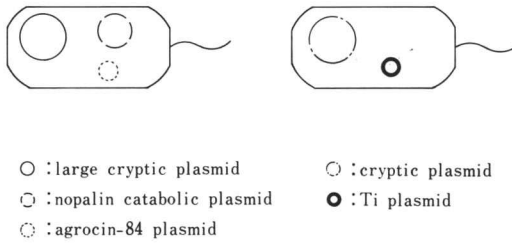


図-2 *Agrobacterium radiobacter* strain K 84 と病原菌のプラスミド

病原菌に作られ、アグロシン 84 を受け取った病原菌の DNA 合成が阻害されるためである。

II 防除効果の喪失と新しい防除エージェント

1 菌の発病機構

病原菌は、植物体の付傷部から侵入する。そして植物体の細胞へ Ti プラスミドを移行させ、Ti プラスミド中の T-DNA 部分を植物細胞の核遺伝子へ挿入する。植物の DNA へ組み込まれた T-DNA が翻訳されると、植物ホルモンが合成され、その結果組織の異常増殖が起こり、がんしゅが形成される。

一方、感染を受けた植物体は、健全植物体では産生されないノパリン(アミノ酸の一種)を産生するようになる。病原菌は、このノパリンをエネルギー源として利用することができる。また、ノパリンは細菌の接合を誘発し、プラスミドを可動化する働きがある。

2 防除効果の喪失

A. radiobacter strain K 84 は、世界各国で 15 年以上にわたり継続的に使われているが、その防除効果の低下はほとんど知られていない。しかし、ギリシャで *A. radiobacter* strain K 84 と病原菌を 1:1 に混ぜて接種したモモの苗木において、多数のがんしゅが形成された。そこからは病原性やアグロシン 84 産生能を有し、アグロシンに耐性の系統が分離された (PANAGOPOULOS, 1979)。これは、*A. radiobacter* strain K 84 により十分な防除ができなかったため、病原菌が感染し、感染を受けた植物体でノパリンが生産された。そして、ノパリンに誘発されて *A. radiobacter* strain K 84 と病原菌の接合が起こり、*A. radiobacter* strain K 84 のアグロシン産生とアグロシン耐性の遺伝子をコードするプラスミド pAgK 84 が可動化、病原菌へ移行したのである。

3 新しい菌株の構築

上記のように、*A. radiobacter* strain K 84 には、病原菌に対する防除効果を喪失してしまうという問題があ

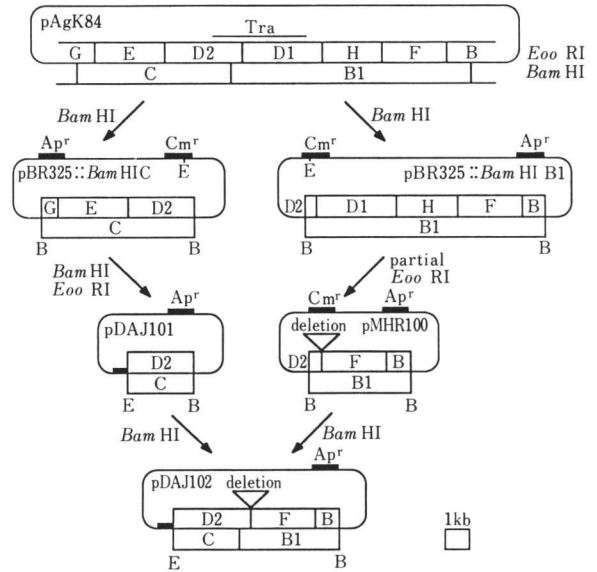


図-3 Tra-regionの一部を欠いた中間プラスミド pDAJ 102 の構築方法 (JONES et al., 1988) B,E は制限酵素 *Bam*HI と *Eco*R I の切断部位をそれぞれ表す。E はまた、*Cm*^r 遺伝子中の *Eco*R I の認識部位を示すためにも使われている。

る。そこで、遺伝子操作技術を使い *A. radiobacter* strain K 84 のプラスミド pAgK 84 上の移行を支配する遺伝子 (Tra-region, 図-3) を削除した菌株が新たに構築された (Jones et al., 1988)。構築手順は次のとおりである。まず最初に、pAgK 84 から Tra-region の一部を含む断片を削除した大腸菌のプラスミド pDAJ 102 が構築された (図-3)。pDAJ 102 は、*Agrobacterium* 中で増殖できないので、次に pDAJ 102 を大腸菌から *Agrobacterium* strain A 28 (pAgK 84: : Tn 5 A 28) に Triparental mating (移行させるために helper plasmid を使う) により移行させた (図-4)。さらに、pAgK 84 を欠く strain 84 にノパリンの存在下で pAgK 84: : Tn 5 A 28: : pDAJ 102 を移行させた (図-4)。そして最後に、得られた菌株を 3 回継代することにより遺伝子の共通部分での組み換えが起こり、最終的に Tra-region の 1 部を欠いたのみで、外来遺伝子をもたないプラスミド pAgK 1026 を含んだ strain K 1026 が構築された。

strain K 1026 は、*in vitro* でアグロシン 84 を産生し、病原菌の生育を抑制した (Jones et al., 1988)。また、strain K 1026 は、アーモンド実生苗の根頭がんしゅ病を *A. radiobacter* strain K 84 と同様に防除することができた (Jones et al., 1989)。新しく構築された strain K 1026 は既に販売されており、将来 *A. radiobacter* strain K 84 に

取って代わるかもしれない。

III 実際の防除事例

1 千葉県におけるナシ及びカナメモチの防除事例

千葉県内のナシ園からがんしゅ組織を採集し、分離した病原菌に対する *A. radiobacter* strain K 84 の防除効果を調査した。strain K 84 の懸濁液にナシ実生苗の根を浸漬し、汚染土壤に移植、3 か月後に掘り出して調査した結果、がんしゅ形成がほとんど抑制され、顕著な防除効果が認められた(表-1)。

そこで、実際に根頭がんしゅ病が問題となる苗木の生

産現場で防除試験を行った。接ぎ木部分に *A. radiobacter* strain K 84 を処理して8 か月後に掘り取った結果、処理区でがんしゅ形成率が低く、またがんしゅ数も少なく発病が抑制された(表-2)。しかし、ナシの苗木生産では、育苗期間が長く、その間に複雑な作業が多く、根に傷がつきやすいため十分な防除効果を得るのは困難である。今後、効果の持続性、適切な処理時期の検討が必要である。

最近庭木として人気が高いカナメモチも、苗木の生産現場で根頭がんしゅ病が問題となっている。挿し木時に、挿し穂に *A. radiobacter* strain K 84 を処理して植えつけ、5 か月後に掘り取って調査した(表-3)。その結果、無処理に比べがんしゅ形成率が低く、がんしゅ数も少なかった。また、発根も良好で、地上部の生育にも違いがみられた(図-5)。

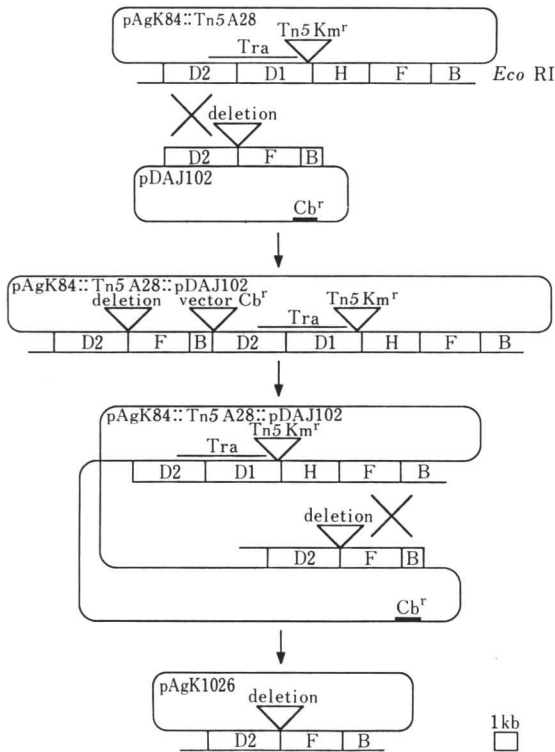


図-4 pAgK1026 の構築方法(JONES et al., 1988)

表-1 ナシ根頭がんしゅ病菌を接種した土壤における *A. radiobacter* strain K 84 のナシ実生苗に対する防除効果

接種源	がんしゅ形成株率 (%)	がんしゅ数(個/株)				計
		最大直径(mm)				
		0~5	5~10	10~20	20~	
P 1	80	0	0.2	1.4	1.0	2.6
P 1+K 84	20	0	0.2	0	0	0.2
P 2	60	0	1.0	0.4	0	1.4
P 2+K 84	0	0	0	0	0	0
P 3	80	0	0.4	0.6	0.4	1.4
P 3+K 84	0	0	0	0	0	0
P 4	100	0.6	0.4	0.6	0.6	2.2
P 4+K 84	0	0	0	0	0	0
P 5	60	0	0.4	0.4	0	0.8
P 5+K 84	0	0	0	0	0	0
P 6	80	0	0.4	1.0	0	1.4
P 6+K 84	0	0	0	0	0	0
K 84	0	0	0	0	0	0

表-2 接ぎ木時における *A. radiobacter* strain K 84 の散布によるナシ根頭がんしゅ病の防除効果

処理方法	調査本数	不活着数	がんしゅ形成株率 (%)	がんしゅ数(個/株)				計
				最大直径(mm)				
				0~5	5~10	10~20	20~	
従来法 ^{a)}	18.75	1.25	46.5	0.15	0.54	0.06	0	0.75
簡易法 ^{b)}	16.00	4.00	45.5	0.28	0.48	0.10	0	0.86
簡易法+K 84(1回)	17.75	2.25	31.3	0.20	0.42	0	0	0.62
簡易法+K 84(2回)	15.00	5.00	26.8	0.10	0.23	0.07	0	0.37

^{a)}：接ぎ木部を伸縮性のあるビニルテープで3~4回巻き完全に覆う。

^{b)}：接ぎ木部をビニルテープで1回巻いて止める。

表-3 挿し木時における *A. radiobacter* strain K 84 処理によるカナメモチ根頭がんしゅ病の防除効果

処理方法 ^{a)}	調査本数	がんしゅ 形成株率 (%)	発根量(本) ^{b)}				がんしゅ数(個/本)				計
			0	1	2	3	最大直径(mm)				
							0~1	1~2	2~3	3~	
処理 1	20	35.0	5	4	4	7	0.15	0.40	0	0	0.55
処理 2	19	31.5	5	3	6	5	0.21	0.32	0	0	0.53
無処理 1	21	57.1	8	2	7	4	0.52	0.24	0.19	0	0.95
無処理 2	17	70.6	8	6	3	0	0.24	0.29	0.06	0.12	0.71

^{a)} : 処理 1, 2, 無処理 1, 2 は, 反復を示す。

^{b)} : 0 : 発根せず, 1 : 10 cm 以下の根が 1~2 本, 2 : 10~20 cm の根が 2~5 本, 3 : 20 cm 以上の根が 5 本以上。



図-5 カナメモチさし穂への *A. radiobacter* strain K 84 処理

写真上 : 根の様子, 右 : 処理, 左 : 無処理

写真下 : 地上部の生育の様子, 右 : 処理, 左 : 無処理

2 最近の防除事例

国内では, パラ, キク, カナメモチ, ナシ, モモを対象に市販されているピートモス培養菌を用いた試験が行われ, いずれも良好な結果が得られている。

外国では, 核果類を中心にパラ, キク, リンゴなどで防除試験が行われている。さらに, 上記の遺伝子組換えによる菌株(strain K 1026)や, ユーカリのがんしゅ組織から分離された strain D 286 などを用いた防除試験も行われている。strain D 286 は, アグロシン 84 と類似の抗菌物質アグロシン D 286 を産生するが, ノパリン型のほかに, アグロシン 84 に耐性のオクトピン, アグロピン型

のプラスミドを持つ菌群にも作用する (HENDSON et al., 1983)。

おわりに

病原菌とそれに対する拮抗菌両者の遺伝学的研究がこれほど進んでいるものはほとんどない。今後, 生物防除をさらに進めていくうえで, このような遺伝学的研究は不可欠となるであろう。ここでは, *A. radiobacter* strain K 84 による効果的な防除例のみを紹介したが, 今後, *A. radiobacter* strain K 84 による防除ができないブドウがんしゅ病などに対する有効な防除手段の開発が望まれる。

引用文献

- 1) HENDSON, M. et al. (1983) : Appl. Environ. Microbiol. 45 : 1526~1532.
- 2) JONES, D. A. et al. (1988) : Mol. Gen. Genet. 212 : 207~214.
- 3) ——— et al. (1989) : Plant Disease 73 : 15~18.
- 4) KERR, A. (1972) : J. Appl. Bacteriol. 35 : 493~497.
- 5) ——— (1980) : Plant Disease 64 : 25~30.
- 6) 岸 國平・大畑貫一(編) (1986) : 微生物と農業, 全国農村教育協会, 東京, 433 pp.
- 7) 牧野孝宏・森田 儔 (1985) : 静岡農試研報 30 : 45~52.
- 8) ——— (1986) : 植物防疫 40 : 540~546.
- 9) MOORE, L. W. and G. WARREN (1979) : Ann. Rev. Phytopathol. 17 : 163~179.
- 10) PANAGOPOULOS, C. G. et al. (1979) : In Soil-Borne Plant Pathogens, Academic Press, London, pp. 569~578.
- 11) ROBERTS, W. P. et al. (1977) : Nature 265 : 379~380.

編集委員会からのお知らせ

ハクサイうどんこ病の圃場発生について, 1989年山口, 愛媛両県での発生を本誌に第45巻6号(野崎 匠, 篠崎 毅)に掲載しましたが, 読者から本邦での圃場発生の記載については, 1982年長崎県でのアブラナ科野菜う

どんこ病の圃場発生を確認した下記の報告があるとの, ご指摘がありましたので, お知らせします。

新須 利則・坂口 荘一 (1983) : 九州で新たに発生したハクサイ, タカナ, ダイコンのうどんこ病及びメロンのばら色かび病. 九州病害虫研究会報 29 : 30~32.

特集：果樹の根頭がんしゅ病〔4〕

ナシ根頭がんしゅ病の耕種防除法

大分県農業技術センター ^{なか}中 ^お尾 ^{しげ}茂 ^お夫

はじめに

果樹栽培，とりわけナシ栽培において，土壤病害ほど頭の痛い，また気の重いものはない。いったん，園内に病原菌をとり込んでしまうと，そこで栽培を続ける限りは，ずっとこれに付き合っていかなければならないからである。特に，永年生作物であるナシの場合，その性質上，土壤病害がでたからといって，簡単に改植したり，園地変更をすることはできない。多くの場合，その園地で，何とか重症にならないように，いろいろな工夫を凝らしながら栽培を続けていくというのが現状である。われわれ，人間がたちの悪い持病を背負い込んで，一生を送るのによく似ている。

ナシの根頭がんしゅ病は，白紋羽病と違って，急激に枯死することはないが，放置すると正常な樹勢向上がいつまでもみられず，その樹の持つ本来の能力が十分発揮されぬまま，経済寿命を終えてしまう，という感じである。感じと述べたのは，本病とナシ樹の生育（樹勢，収量，品質，樹の経済寿命）との関連についての研究がほとんどなされていないからである。これには，ナシが永年生作物であること，本病が樹に急激な影響をもたらす病害ではないことなどが原因しているように思われる。

このような状況を背景として，本特集で紹介できるような内容の持ち合わせが乏しい中，大分県におけるナシ根頭がんしゅ病の発生事例と現在取り組んでいる若干の対策について紹介し，各方面からのご教示を仰ぐ次第である。

I 大分県における発生事例

1981～86年にかけて，本県のある産地で新規にナシ団地（約20ha）が造成され，同時に苗木が導入，植栽された。植栽時に苗木の病害虫の有無はよく吟味されたようであるが，植え付け3年目ごろから，地際部を露出させない状態でも，外部から地際部に明らかながんしゅの形成が認められるようになった。地際部をよく露出させると，予想以上に重症なことがわかり，緊急に実態調査，対応策が検討された。当時の調査によると，本病の発生

によって何らかの対策をとる必要があると判断された対象樹は，1981～1983年の前期植栽分で9,097本中1,819本，約20%であった。1984～86年の後期の植栽分については，前期の苗木導入経緯の反省にたつて植栽を行ったところ，幸いにもあまり大きな問題にならずに済んでいる。

発生が確認された当初，発生樹への対応策がいろいろ検討されたが，①3～4年生時の樹勢が発病している割には良かったこと，②改植に踏み切るには，生産者の負担，対策の不確実性などの問題点が多かったこと，③本病の性質上，発病樹に対しては根本的な対策がないという悲観的な見方が関係者に強かったこと，などが原因して，積極的な対策はほとんどとられなかった。今までのナシ栽培の体験の中から得られている，がんしゅ除去の有効性も指導，助言されたが，上記のような理由で十分実施されなかったようである。

現在のがんしゅ発生状況を，1981年植栽の代表的な発生園でみると，表-1のとおりであるが，園によって発生率，発生程度にかなりの差がみられる。これは，苗木の由来，植栽後の生育の良否などが影響しているのではないかと考えられる。特に，発病していても10年経過した時点で，なお軽症で推移しているものがあることは，今後の対策を考える上で何かヒントをもたらすように思われる。同時に，発病樹の程度別着果状況をみたものが表-2である。がんしゅの形成程度が重いほど，着果数が明らかに少ない傾向にある。これは樹勢が弱く，枝の発

表-1 根頭がんしゅ病の代表的な発生事例

園 No	品種	調査樹数	がんしゅ形成程度別割合(%)					
			無	軽	中	甚	激甚	枯死
1	幸水	62	0	12.9	29.0	48.4	6.5	3.2
2	豊水	38	71.0	7.9	7.9	13.2	0	0
3	幸水	53	30.2	20.7	17.0	22.6	5.7	3.8
4	豊水	57	19.3	10.5	33.3	33.3	1.8	1.8

1981年植栽樹，1991年5月調査

がんしゅ形成程度

軽：地際部を10～20cm程度露出させたとき，がんしゅ形成は幹周の1/4以下

中：〃 1/4～3/4

甚：〃 3/4以上

激甚：甚以上の特に激しい場合

Cultural Control of Crown Gall in Japanese Pear. By Shigeo NAKAO

生数が少なく、かつ弱小であるため、花芽の絶対数が少ないことが原因と考えられる。表-3は大まかな数字であるが、がんしゅの形成程度が重いほど樹勢も弱いという

表-2 根頭がんしゅ病発生樹1本当たりの着果数

がんしゅ 形成程度	反 復		平均
	I	II	
激甚	99	29	64
甚	116	139	128
中	168	202	185
軽	288	256	272
無	302	277	290

表中の数字は一次摘果後の残存果数(現地慣行)

1981年植栽の幸水, 1991年5月調査

植栽密度は81本/10a(間伐前)

表-3 がんしゅの形成程度と樹勢

園 No	品 種	調 査 樹 数	がんしゅ形成程度別樹勢				
			無	軽	中	甚	激甚
1	幸水	59	—	3.1	2.5	2.2	1.0
2	豊水	37	4.6	3.0	2.7	2.8	—
3	幸水	48	3.3	2.9	2.6	2.4	—
4	豊水	55	3.0	2.8	2.5	2.5	1.0

1981年植栽樹, 1991年5月調査

樹勢判定(基準となる樹を設定し, 5点評価法で判定)

強 : 5

やや強 : 4

中 : 3

やや弱 : 2

弱 : 1

表中の数字は評価点の平均

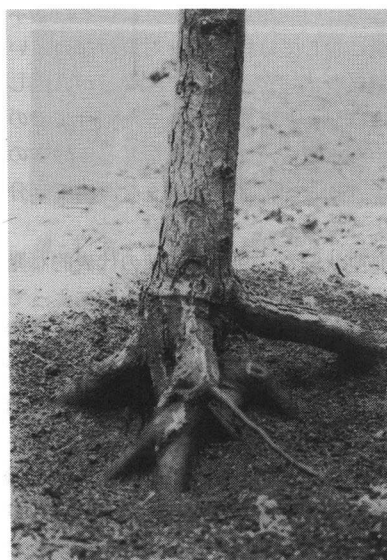


図-1 健全樹の地際部

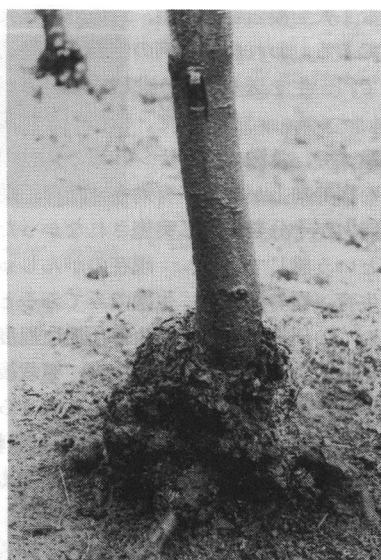


図-3 発病激甚樹の地際部



図-5 苗木を接木後1年目の状態
(苗木の地際部にがんしゅ形成なし)



図-2 健全樹の地上部(枝数が多い)



図-4 発病激甚樹の地上部(枝数が少ない)

大体の傾向が示されているように思われる。図-1~4は健全樹と発病が激甚な樹の枝密度の顕著な違いを示したものである。

がんしゅの形成部位(口絵参照)は、ほとんどが地際部を中心とした上下で、地下部の比較的大い分岐根にも若干認められる場合もあるが、発生か所は少なく、形成程度も軽い。地上部の枝幹にもがんしゅと疑わしい症状があるが、明らかなものは見当たらない。このように、一般圃場でのがんしゅの発生がなぜ地際部を中心とした場所に集中するのか、これも今後の対策を考える上で検討の余地があるように思われる。

II 発病樹に対する耕種的対策

本病は、その発病メカニズムから、いったん発病すると有効な処置法がないというのが一般的な考え方である。しかし、生産者段階では、多額の投資を背景としているだけに、そのまま放置できない問題となっている。このような事情から何とか対応しなければならないということで、今までの反省も踏まえて、現在若干の取り組みを行っている。まだデータに乏しく、紹介の段階ではないが、経過の一端を紹介することにしたい。

1981~86年に植栽が行われてから、最も古い樹で10年が経過しているが、現在の問題点は、十分な収量を上げるための樹勢が整っていないということである。根頭がんしゅ病の発生を主要因に、新規開園地特有の土壤肥沃度の不足、負債の償還ピークを背景とした過大な着果負担などが、その関連要因と考えられる。そこで、まず根頭がんしゅ病の影響をできるだけ少なくし、樹勢を向上させる方法として、がんしゅ除去と発根促進、発病樹に対する健全苗木の接木を試みた。

1 がんしゅ除去と発根促進

(1) 処理方法

1990年4月に、現地のがんしゅ形成程度が中~激甚の5樹を用い、株元のがんしゅが全面露出するように周囲の土壤を掘り上げ(口絵参照)、のみでがんしゅをていねいに除去した(口絵参照)。削り取ったがんしゅはできるだけよく拾い集め、園外に持ち出した。がんしゅを除去した付傷部を中心に、露出した根全体にインドール酪酸(オキシペロン液剤)を400ppmになるように調整したチオファネートメチル塗布剤(トップジンMペースト)を刷毛でていねいに塗布した。覆土は、細根の発生を促す配慮で、1樹当たり腐糞土10kg、完熟堆肥(オガクズ、モミガラを材料とした牛糞堆肥)20kg、鹿沼土14kgをよく混合し、株元の付傷部が十分覆われるように行った。さらに、株元の目的とする部分に土が効率よく覆われる

ように、水田の漏水防止用の波板で株元周囲をとり巻いた(口絵参照)。最後に、株元の乾燥防止のため、稲わらを厚めに敷いた。なお、5樹ともがんしゅ形成がひどく、重症樹であったため、処理年はすべて摘果し、結実させなかった。

(2) 結果

処理年の10月と翌年の4月に、処理樹の株元を露出させ、がんしゅの再形成状況と細根の発生状況を調査した。その結果を表-4及び口絵に示した。処理時のがんしゅの除去量は、健全な部分を含めて除去したため、多いものでは生重1kgを優に超えた。細根の発生は、発生が激甚な樹では少なめであったが、中~甚の樹では非常に多かった。処理年の10月、翌年4月の調査とも、がんしゅの再形成は、明らかなものは観察されなかった。ただ疑似的なものは若干観察された。翌年4月に採取した疑似がんしゅの量を表-4に示したが、きわめて少量であった。今後、本格的ながんしゅ形成が行われるかどうかについては、経過を観察していきたいと考えている。目的である樹勢の向上は、処理年の新梢発生及び伸長ともおおむね良好であった。しかし、翌年(1991年)の開花以降の状態で見ると、腋花芽に葉芽を含まないものが多く、全体的な展葉枚数は少ない傾向にあった。これは、処理によって株元の表層細根は多くなったが、処理年(1990年)

表-4 根頭がんしゅ病発生樹に対するがんしゅ除去の効果

樹No	がんしゅ形成程度	治療時除去がんしゅ量	細根発生量	1年後の疑似がんしゅ形成量
1	甚	942 g	多	15 g
2	激甚	1044	中	30
3	中	522	多~中	42
4	激甚	1450	中	41
5	中	623	多~中	34

1981年植栽の幸水、1990年4月処理、1991年4月調査

細根量はNo.1樹(口絵参照)を基準に判定

1年後のがんしゅ形成は明らかではなかったため、疑似がんしゅとした。

表-5 根頭がんしゅ病発生樹に対する苗木の接木効果

供試樹数	1990年3月調査	1991年5月調査	
	被接木樹のがんしゅ形成程度	接木苗のがんしゅ発生樹率	樹勢
8	3(甚)	0	2.5
4	2(中)	0	2.3
3	1(軽)	0	3.0

1990年3月に苗木を被接木樹(幸水)の主幹部に接木
接木苗のがんしゅは地際部5cm程度下の位置で調査
樹勢については表-3を参照

の6～8月が記録的な高温、乾燥で推移したため、乾燥害の影響を受け、十分な養分吸収が行われなかったためではないかと推測している。さらに、幸水は、樹に何かトラブルがあると、腋花芽に葉芽を含まない割合が高くなる性質のあることも災いしているように思われる。このようなことから、新しく形成された細根が本当に機能するのはこれからと思われ、樹勢向上の評価の判定も今後待たねばならない。

2 発病樹に対する健全苗木の接木

(1) 処理方法

被害樹の樹勢回復をはかる目的で、1990年3月に、あらかじめ株元に植栽していた苗木を被害樹の主幹に接木した(図-5)。

(2) 結果

接木時の樹勢判定をしていないため、1年後の樹勢回復の評価は残念ながらできないが、現在の状況でみる限りは好ましい方向に行っているように思われる。また、心配された、接木苗木の地際部のがんしゅ形成も今のところみられていない(表-5)。しかし、接木後の年数の経過が浅いため、いずれの評価判定もこれからである。なお、接ぐ苗木は、移植時にどうしても根に傷が発生するため、

株元に播種して実生をつくり、これをそのまま接木苗として利用するのも一法と考えている。これがうまくいけば、苗木経費の節減、1樹に数本の接木も可能となるなどのメリットが考えられる。

おわりに

ナシの根頭がんしゅ病は、白紋羽病と同様古くて新しい問題であるが、残念ながら、現在これといった対策がない。しかし、産地では、不確実、不十分さは承知しつつも何らかの対応を余儀なくされている。本稿で紹介したような試験的な対策をアレンジしながら、現在、樹勢向上を主眼に、①無理な樹冠拡大の防止(間縮伐の延期)、②剪定の工夫(枝数を多めに取り、切り返しを強めとする)、③樹勢の消耗防止(花芽の整理、摘蕾、摘花)、④着果数の制限(通常の2～3割減)、⑤肥料の増施(回数、量とも通常の2～3割増)、⑥土壤の乾燥防止(灌水、敷わら)などの対策を指導しているところである。これらによる成果がいくらかでも発揮されることを期待しつつ、また、一日も早く本病の防除法が確立されることを望んでやまない。



○第9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トピックス—

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3年11月8日(金)13:30～

9日(土)11:30

場所：明治製菓株式会社道心寮(明治製菓百合が丘総合センター内)

川崎市多摩区南生田 4-21-2

電話：044-977-9011

小田急線生田駅から川崎市営バス、03系統「鷲ヶ峰営業所」行き(02系統は別経路)で5～6分、南生田3丁目で下車。徒歩1分。

プログラム：

11月8日(金) 開会 13:30

1. 発光遺伝子を利用した組換え細菌のモニタリング

広岡 卓氏(日本農薬)

2. イネのりポキシゲナーゼ遺伝子のクローン化と耐病性付与への試み

柴田大輔氏(三井業際)

3. トランスジェニック植物におけるダイズ種子貯蔵タンパク質遺伝子の発現制御

内藤 哲氏(東大遺伝子実験施設)

4. バイオテクノロジーによる林業用種苗生産の現状と将来

斎藤 明氏(森村総研)

(夕食及び懇親会)

11月9日(土)9:30～

5. 昆虫神経ホルモンの遺伝子解析

岩見雅史(名大理)

6. 昆虫変態と自己、非自己認識

倉田祥一郎(東大業)

参加費(宿泊費、食費代、懇親会費を含む)12,000円を予定。

参加申込み：10月25日迄に葉書または電話で下記宛お申込みください。

〒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 5035)

中国における害虫の生物的防除の近況

中国広東省昆虫研究所 **李麗英**

はじめに

害虫防除に天敵を利用することは、既に1600年前、古代中国人によって科学的な記録がなされており、それらの中には小規模ながら代々受け継がれて利用され、今でもなお広東省、広西省（現在は広西チワン自治区）、福建省で利用されているものもある。ミカントゲカメムシの防除のためのツムギアリ (*Oecophylla smaragdina*) や、サトウキビのシンクイガ類に対するオオシワアリ (*Tetramorium guineense*) はその例である。中国における農林害虫の生物的防除は、1950年以降着実に発展してきた。農林害虫の天敵を探索し、それらを保護し、寄生蜂や捕食者や微生物の大量増殖を行うために、生物的防除研究所が省や県や郷に数多く設置されてきた。現在、生物的防除は、次の二つの原理に沿っているため、中国の特にコメ、ワタ、サトウキビ、野菜の生産地域では総合的害虫管理システムにおける重要な手段となっている。その一つは生態学的原理で、有用生物に大きな害をもたらすことなく効率よく一連の対象害虫を防除し、また農業と社会をとりまく環境の質を維持することである。二つ目は経済的原理であって、害虫防除を行う際、最小のコストで最大の利益を上げることである。

I 天敵昆虫の利用

現在、中国では害虫の生物的防除は以下の三つの方法で実施されている。

まず第一は、海外または国内の別の地域から天敵を導入し、それらを手厚く保護して、新しい場所に天敵の有効な個体群を定着させることである。1950年代初めに導入されたベダリアテントウ (*Rodolia cardinalis*)、ツマアカオオテントウ (*Cryptolaemus montrouzeiri*)、ワタムシヤドリコバチ (*Aphelinus mali*) などいくつかの外国産の益虫は、現在、中国での定着に成功している。われわれは最近の10年間に、アメリカ、オーストラリア、カナダ、イギリス、フランス、スウェーデン、日本、メキシコから寄生蜂、捕食性ダニ、微生物、昆虫寄生性線虫などの122以上の種や系統を導入した。これらの天敵の生態や大量増殖法や中国における利用法を現在研究中で

ある。

第二は、害虫の天敵を保護・保全することである。いかにすると、農業環境を改善することによって、在来天敵の繁殖と発育に好適な条件を与え、害虫の密度を経済的被害許容水準以下に制御するように、天敵の個体群を維持させるのである。生物的防除と耕種的防除をうまく組み合わせることができた結果、多くの有用昆虫や捕食性ダニやクモが、水田やワタ畑、サトウキビ畑、カンキツ園で保護されてきた。また、畑地で採集された両生類の胃内容物の分析から、多くの両生類が害虫を捕食することが明らかとなり、重要な両生類の生態が研究され、その保護の方法が提案されてきている。中国北部の果樹園と森林では、害虫を防除するために食虫性の鳥を保護し、誘引することが行われ、有望な結果が得られつつある。主要種は、シジウカラ、カッコウ、アカゲラ、コウライウグイス (*Oriolus chinensis*) などであり、対象昆虫はマイマイガ、マツカレハ、オビカレハ、カミキリ類などである。実際の適用結果は、植物の種の多様度が高く、安定している生態系の中で、害虫とその天敵の個体数が相対的にバランスのとれた状態にあるとき、害虫の発生は効率よく制御されることが証明されている。そこで、高木や低木からなる多層構造の林で農地を取り巻く保護林帯を設ける方法や、果樹園の周囲や中に何種かの作物や野菜、緑肥を間作するなど、いくつかの保護・保全手段が農民によって考案されている。

第三は寄生蜂や捕食者、微生物を増殖して放飼することである。害虫が被害を起こす密度に達する前に、天敵が害虫を殺すなら、それは経済的であり、効率もよい。中国では、タマゴヤドリコバチ属 (*Trichogramma*) の卵寄生蜂が、多くの省で大量増殖され、100万haの農地と100万haの森林で放飼されて、コブノメイガ、スジメイガ、ニテンメイガ、カンシャシンクイ、アワノメイガ、マツカレハ類、オオタバコガが防除されてきた。代用寄主であるヒマサンやサクサンあるいはガイマイツヅリガの卵を用いれば、県や郷にある一か所の生物的防除研究所だけで日産5億頭のタマゴヤドリコバチを生産することもそう難しいことではない。タマゴヤドリコバチ類の生産を機械化することも実行されている。われわれは、キイロタマゴバチ (*Trichogramma dendrolimi*) (図-1)、*T. confusum*、ズイムシアカタマゴバチ (*T. japonicum*)

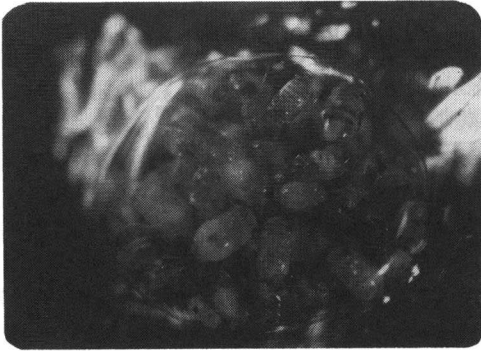


図-1 人工飼料液の入ったポリプロピレン製の人工卵の中で发育したキロタマゴバチの蛹と成虫



図-2 人工飼料とポリエチレンのカプセルで作られた人工卵に産卵中のズイムシアカタマゴバチ雌成虫

(図-2)、*T. nubilale*などを *in vitro* で飼育し、それらを野外に放飼してサトウキビのシンクイガ類、オオタバコガ、マツカレハ類を防除するのに成功している。広東省、広西省、福建省では、ナガコバチ科のフタスジタマゴバチ (*Anastatus japonicus*) を大量増殖し、レイシを加害するカメムシの一種 *Tessarotoma papillosa* の防除に大成功を収めている。フタスジタマゴバチを *in vitro* で飼育し、それを放飼する研究にも成功している。タマゴヤドリコバチ類とフタスジタマゴバチの *in vitro* での機械化は現在改良中である。コガネコバチの一種 *Dibrachys cavus* は、ワタの貯蔵庫内で、ワタアカミムシを防除するために依然として用いられている。外部寄生性の幼虫寄生蜂であるコマユバチの一種 *Bracon greeni* は、広東省でラックカイガラムシに有害なヤガの1種 *Eublemma*

amabilis を効果的に防除するために大量増殖されている。その他、アブラバチの一種 *Aphidius gifuensis*, オンシツヤコバチ (*Encarsia formosa*), *Chrysopa* 属のクサカゲロウ, ナナホシテントウ (*Coccinella septempunctata*), *Amblyseius* 属のカブリダニ, チリカブリダニ (*Phytoseiulus persimilis*), カブリダニの一種 *Typhrodromus occidentalis* などの寄生蜂や捕食性天敵がそれぞれアブラムシ類, オンシツコナジラミ, オオタバコガ, ハダニ類の防除のために研究され, 期待どおりに利用されている。

II 微生物及び線虫の利用

芽胞細菌の *Bacillus thuringiensis* は広範に利用されてきており, ほとんどの省にその材料の生産工場がある。その変異型として五つ以上の血清型がみつかっている。このうち, *B. thuringiensis* var. *galleriae*, var. *wuhanensis*, var. *tienanmensis*, var. *kurstaki*, var. *israelensis* などの系統が生産され, アワノメイガ, コブノメイガ, イチモンジセセリ, モンシロチョウ類, コナガ, リンゴスガ, ドクガ類, マツカレハ類, カ類に対して用いられている。カイコやモンシロチョウなどが *B. thuringiensis* の製剤の標準化のために研究室内で用いられている。

中国における白きょう病菌 (*Beauveria bassiana*) の害虫防除への利用は, 1950年代の初めに開始され, 近年急速な進歩を遂げている。60種以上の害虫が *B. bassiana* に感受性があり, そのうち農林業に害を与える30種がこれまでに試験されてきた。アワノメイガ, マツカレハ類, クロスジツマグロコバチが *B. bassiana* を用いて大面積で防除されており, 毎年, 全国の100万 ha以上の農作物と森林に散布されている。中国では, 固形培地で生産するという方法が *B. bassiana* を大量生産するのに用いられているが, それは装置が簡単であり, 低コストで操作しやすく, また殺虫効果が高いためにわが国の農場や村落には適している。われわれは医学の研究部門と共同で, *B. bassiana* を用いる際の安全性について病理学的, 免疫学的, 毒物学的な観点から研究している。

以下のような微生物の標品も研究されている。ネキリムシの乳化病を起こす細菌は中国には広く分布しているが, 野外試験の結果, ネキリムシに対して期待が持てることが示された。放線菌 *Streptomyces griseolus* var. *hangzhouensis* から, 抗生物質の標品が作られ, ミカンハダニやリンゴハダニ, ミカンクロアブラムシなどに対して有効であった。この標品はテントウムシやクサカゲロウやクモなどの捕食性天敵に対する毒性は少なかった。この抗生物質の脊椎動物に対する毒性のほか, その化学

構造や物理的・化学的特性も研究されている。

黒きょう病菌 (*Metarhizium anisopliae*) を用いた野外試験の結果、この菌はサトウキビの *Alissonotum* 属のネキリムシに対して有効であることが示された。この糸状菌の成長と発育に影響する物理的要因が研究されている。

野外試験によって糸状菌の *Hirsutella thompsonii* がミカンハダニに対して有効であることがわかり、培養技術によって期待どおりに生産され、1980年代の初めから実際に利用されている。

同じく糸状菌の *Entomophthora* 属の諸種については、それらの分類や感染性、発育に影響する環境要因及び大量培養について研究されてきた。野外試験によって *E. fresenii* はワタとラッカセイを加害するアブラムシの一種 *Aphis robiniae* に対して有効であることが見いだされている。

糸状菌の *Verticillium lecanii* と *Nomuraea rileyi* では、病原性の高い変異型のスクリーニング実験が近い将来の実用化をめざして行われている。

温室内のオンシツコナジラミを防除するため、糸状菌の *Aschersonia papillata* の A6S 系統と 7 型を用いることも、現在研究中である。

昆虫のウイルスとウイルス病に関する一連の研究も行われ、ウイルス病の病因学や病理学、疫学のほか、ウイルスの種の同定や微細構造、物理的・化学的特性、血清学、増殖、感染性、病原性が解析されてきた。26 省で 58 種の宿主昆虫から 70 以上の種や系統が分離されており、野外試験によって核多角体病ウイルス (NPV) はモンシロドクガ、ハスモンヨトウ、マイマイガ、シャクガの一種の *Apocheima cinerarius* や *Buzura suppressaria*、イラガの一種の *Tosea sinensis* に有効であること、顆粒病ウイルス (GV) はモンシロチョウ、コナガに有効であること、細胞質多角体病ウイルス (CPV) はマツカレハとその近似種の *Dendrolimus punctatus* に有効であることがみいだされてきた。モンシロチョウの顆粒病ウイルス、オオタバコガの核多角体病ウイルス、*Spodoptera* 属の核多角体病ウイルスは、人工飼料で飼育されたそれぞれの寄主に多角体を定期的に経口接種することにより、1980 年以来生産されてきた。10 万 ha のワタと野菜でオオタバコガの核多角体病ウイルスとモンシロチョウの顆粒病ウイルスが使われている。

病原性の原生動物 *Nosema pyrausta* は、その生態やアワノメイガの死亡率と産卵数に影響する要因のほか、原虫の生態や野外での分散に影響する要因について研究されている。

オーストラリアから導入された昆虫寄生性線虫の *Steinernema* 属と *Heterorhabditis* 属の種と系統が、モモシクイガやチャを加害するシャクガの一種 *Boarmia obliqua*、アワヨトウ、コブノメイガ、ポクトウガの一種の *Holcocerus insularis*、タイワンシロアリ、モンシロチョウ、サトウキビの根を加害するカブトムシの一種の *Alissonotum impressicola* などに対して有効であることが示され、大面積のリング園では *S. feltiae* を用いてモモシクイガを期待どおり防除している。*Steinernema* 属と *Heterorhabditis* 属の在来種と系統が探索され、そのうちのあるものは分離されて害虫防除の効果をみるための研究が行われている。また、昆虫寄生性線虫の大量培養の技術がオーストラリアの研究者との共同で修得され、改良されてきた。

おわりに

以上のほか、害虫防除や予察のために、昆虫の老若ホルモンやエクダイソン、フェロモン、放射線で不妊化した昆虫、化学的・遺伝的に不妊化した昆虫など生物の生産物を利用する新しい技術が研究され、利用されている。

長期的観点からすれば、生物的防除の素材は全農生態系に徐々に組み込まれ、他の手段、特に耕種的手段と組み合わせられて害虫を制御する主要な役割をになうようになるべきであろう。しかし、中国では今後次のような研究に力点を置く必要があると思われる。①生物的防除手法の野外での評価法、②被食者と捕食者及び寄主と寄生者間の関係とこれらのサンプリング技術とモデル化、③寄生性天敵と捕食性天敵の効果増進のための新技術、④微生物製剤の標準化と登録、⑤防除素材生物の分類と遺伝子操作、⑥総合的害虫管理における生物的防除手段とその他の防除手段との統合化、などである。

主な文献

- 1) 陳果・伍惠生 (1985) : 生物防治通報 1(4) : 25~31.
- 2) CHEN, SHOUJIAN (1985) : Nat. Enemies Ins. 7: 223~231.
- 3) LI, LIYING (1982) : Les Colloque de l'INRA No. 9, Les Trichogrammes, 23~30.
- 4) ——— (1988) : Nat. Enemies Ins. 8: 52~62.
- 5) ——— et al. (1988) : Les Colloque de l'INRA No. 43, Trichogramma and Other Egg Parasites, 339~352.
- 6) 李元英 (1985) : 生物防治通報 1(1) : 44~47.
- 7) 陸宝麟 (1985) : 同上 1(1) : 32~39.
- 8) 蒲螢龍 (1984) : 害虫生物防治的原理調和方法, 科学出版社, 北京, 318pp.
- 9) ——— (1985) : 生物防治通報 7: 208~215.
- 10) PU, ZHELONG (1985) : Nat. Enemies Ins. 7: 208~215.
- 11) 裴衛・朱国凱 (1987) : 3(1) : 39~43.
- 12) 石奇光 (1985) : 同上 1(1) : 48~52.
- 13) 王麗英・嚴毓華 (1988) : 同上 4(1) : 33~38.
- 14) WANG, JINXIAN and LI, LIYING (1987) : Rev. Nematol. 10: 483~489.

- 15) 齋剛柔 (1985): 生物防治通報 1(2): 25~35.
 16) 折介六 (1985): 同上 1(1): 40~43.
 17) 趙修復ら (1982): 害虫生物防治. 農業出版社, 北京, 354pp.

(広瀬義躬 訳)

(訳者“あとがき”—— この論文は1989年10月4日、つくば市で開催された第3回国際生物的防除機構、南及び東アジア部会会議の席上で報告される予定であったが、当日は時間不足のため、報告は行われず、そのコピーが参加者に配布された。その英文原文は近く上記の部会から出版される予定の“Biological Control in South and East Asia”というパンフレットに他の関係諸国の生物的防除の近況報告とともに掲載されるが、中国の生物的防除の近況をうまくまとめた内容なので、読者の参考に供するため、ここに訳出した次第である。中国では生物的防除が大変盛んであることはよく知られており、比較的最近のその実情については、本誌でも既に岡田利承、志賀正和、石谷孝佑の3氏による全

般的な視察報告(37巻11号)や中国でのタマゴヤドリコバチ類の利用についての平井一男氏による詳しい紹介(43巻12号)もある。しかし、ここに訳出した論文では、広東省昆虫研究所の所長であり、タマゴヤドリコバチ類の人工飼育の研究者で、中国で現在実質的には生物的防除の分野の第一人者というべき著者が、中国人の立場で生物的防除をどのように考えているかがうかがわれて興味深い。もちろん、中国とわが国では害虫防除の背景が大きく異なるので、中国での生物的防除の手法などがそのまま、わが国に適用はできないであろうが、わが国にとっての他山の石として本論文は有益だと思われる。この訳出に当たって、ご教示やご示唆をいただいた著者の李英麗女史をはじめ、河原畑勇、大庭道夫、高木正見、森本 桂の諸氏に厚くお礼申し上げる。なお、読者の便を図るため、この訳文には原文にない本文中の見出しとタマゴヤドリコバチの写真(著者提供)をつけたことをお断りしておく。

中 央 だ よ り

○検疫対象重要病虫害特別対策事業検討会開催される

検疫対象重要病虫害特別対策事業が、5月22日農林水産省共用会議室において、岩手県、群馬県、岐阜県、岡山県、福岡県などの事業実施18県の担当者、果樹試験場、植物防疫課、果樹花き課、横浜・名古屋・神戸・門司植物防疫所の担当官など計49名が参集して開催された。

本事業は、諸外国が日本産果実の輸入禁止対象としている病虫害の新たな防除体系を確立し、その実証データを作成し、輸出検疫条件の整備を図ることを目的として昭和62年から実施され、平成元年度から対象果を追加するなどの事業の拡充が図られたところである。

米国向け、温州みかんの輸出条件緩和対策については、静岡県、和歌山県、広島県、愛媛県、福岡県、佐賀県、長崎県及び熊本県の計8県で、落葉果樹(りんご、かき、ぶどう及び無袋なし)の新防除体系の確立については、岩手県、山形県、福島県、栃木県、群馬県、山梨県、長野県、岐阜県、奈良県、岡山県及び福岡県の計11県で実施されている。

協 会 だ よ り

○人事異動

(6月30日付)(退職)横田美和子(総務部学会係)

(7月1日付)(異動等)参事—簗島龍久(総務部長) 総務部長—関口義兼(審査部長) 高知試験農場主任(業務担当)—内村成彦(高知試験農場)

7月1日付で試験部と審査部を合併し、「試験事業部」とし、その中に企画調整課及び技術課を置いた。企画調整課に企画調整・庶務担当・新規事業担当を、技術課に病害担当・虫害担当・環境調査担当を置いた。「試験事業部」に伴う異動は下記のとおりである。

試験事業部長—高田昌稔(試験部長) 企画調整課長—塩沢宏康(試験部残留農薬課長) 企画調整課係長 藤田俊一(試験部企画調整係長) 事業推進部事業推進係長兼試験事業部企画調整係長—植野節子(事業推進部事業推進係長兼試験部企画調整係) 企画調整課—大久保晴美(試験部企画調整係) 技術課長—清水信義(試験部虫害課長兼病害課長) 技術課係長(病害担当)・研究部病害研究室兼務を解く—柴保子(審査部殺菌剤係長兼研究部病害研究室) 技術課係長(病害担当)—森田恭充(試験部病害課係長) 技術課(病害担当)—桜井昭寿(試験部技術係) 技術課(病害担当)—西田敦子(審査部) 技術課係長(虫害担当)—森田和博(試験部技術係兼審査部殺虫剤係長) 技術課係長(虫害担当)—石塚 仁(試験部虫害課係長) 技術課(虫害担当)—及川雅彦(審査部殺虫剤係) 技術課係長(環境調査担当)—小林照二(試験部病害係長兼残留農薬課) 技術課(環境調査担当)—成田直樹(試験部残留農薬課)

寄生蜂の学習——寄主・餌探索における役割

Insect Biology & Population Management たか 須 けい じ
 Research Laboratory, USDA-ARS 高 須 啓 志

はじめに

昆虫の行動の多くはある特定の刺激に対し生まれつき決まった形でしか現れない、いわゆる固定行動様式であるといわれるが、ミツバチをはじめ一部の昆虫の行動には学習が重要な役割を果たしていることが知られている (MENZEL and ERBER, 1978; PAPAJ and PROKOPY, 1989)。筆者ら (LEWIS and TAKASU, 1990) は最近、幼虫寄生蜂オオタバコガコミュバチ (*Microplitis croceipes*) の雌成虫が寄主の匂いと成虫自身の餌の匂いを同時に記憶し、飢えているときは餌の匂いにより強く反応し、そうでないときは寄主の匂いにより強く反応することを発見した。このことは本種が飢えの程度に応じて寄主を探るか餌を探すかの決定を行っていることを示している。寄生蜂はこれまで考えられていた以上に学習能力が高く、寄主と餌という異なる資源を探索するに当たり、複数の匂い刺激を巧妙に利用していることがうかがえる。ここでは、オオタバコガコミュバチの例を中心に、寄生蜂の寄主探索と餌探索に学習がどのように関係しているのかを紹介する。

I 学習とは

学習の定義は研究者によりさまざまで、しばしば議論的になっているが (PAPAJ and PROKOPY, 1989)、ここでは、学習を経験に伴う行動の変化とする。学習は連合学習と非連合学習に分類できる。連合学習とは二つの刺激あるいは一つの刺激と一つの反射を結びつけて学習するもので、パブロフのイヌの実験例が有名である。イヌに餌を与えると同時に鐘を鳴らすことを繰り返すと、餌を与えずに鐘を鳴らしただけでイヌはだ液を出すようになる。この生得的な反射を起こす刺激 (この場合、餌) は非条件刺激 (以降、UCS)、経験により反射を起こすようになった刺激 (鐘の音) は条件刺激 (以降、CS) と呼ばれる。非連合学習とは特定の刺激と関連づけられていない学習であり、慣れと鋭敏化がよく知られている。本来、動物が顕著な反応を示す刺激もそれが与え続けられると動物のその刺激に対する反応性は低下する。この反応性の低下が、慣れである。逆に反応性が高くなる場合を、

鋭敏化という。

II 寄生蜂の寄主探索における学習

寄生蜂の寄主探索はまず寄主の生息場所を発見し、次にその場所で寄主を探索し、寄主の発見に至ると考えられている (VINSON, 1985)。この寄主探索過程では寄主やその生息場所の多くの化学的あるいは物理的手がかりが利用される。寄生蜂が生得的に認識できる手がかりを利用して寄主を探索することはよく知られている (VINSON, 1985)。一方、寄生蜂の寄主探索には2種の学習、すなわち慣れと連合学習が関与することがこれまでに報告されている。

ヒメバチ科の *Venturia canescens* は寄主であるマダラメイガの幼虫の大腮腺から分泌される物質に接触すると、その付近を集中的に探索する。しかし、その場所である程度探索しても寄主が発見されないと蜂は探索を止め、その場所を離れる。これは慣れによって寄主の分泌物に対する反応性が低下したことによると考えられた (WAAGE, 1979)。連続したカイロモン刺激に対する寄生蜂の反応は一般に時間と共に低下するが (VINSON, 1985)、それは慣れによるものと考えられる。

連合学習が寄生蜂の寄主探索に関与していることは多くの種で報告されている (LEWIS et al., 1990; VET et al., 1990)。この連合学習は幼虫期か成虫期に起こると考えられている。

一部の寄生蜂では、蜂の発育中の条件が羽化後の成虫の行動に影響する。例えば、コミュバチ科の *Bracon mellitor* は抗微生物剤メチルパラセプトを含む飼料を餌とした寄主で飼育すると、その雌成虫はメチルパラセプトを含む汚紙に対し産卵行動を示す (VINSON et al., 1977)。一方、この物質を含まない飼料を餌とした寄主で飼育した場合、雌成虫はまったくこの物質に反応しない。また、ツヤドリタマバチ科の *Leptopilina heterotoma* は、腐敗したマッシュルームを餌とした寄主で飼育されるとマッシュルームのにおいに、イーストを餌とした寄主で飼育されるとイーストのにおいに選好性を示す (VET, 1983)。どちらの例も寄主を摂食する幼虫期に蜂は寄主の餌に含まれる特定の物質やにおいを学習している可能性がある。しかし、羽化直後、*B. mellitor* は自身が羽化した蜂繭に、*L. heterotoma* は寄主に接触する機会

があり、蜂が羽化直後にそれらの物質やにおいを学習する可能性も否定できない。一般にこの発育期間中の学習が寄主探索行動に及ぼす影響は成虫期の学習に比べて小さい (VET et al., 1990)。

寄生蜂の雌成虫が寄主やその生息場所のにおい、色、形などの特徴を学習することは知られているが (表-1)、その中でも寄主探索の最も重要な手がかりであるにおいの学習がよく研究されている。寄生蜂は一般に羽化後、寄主や寄主由来の物質に遭遇するまではいかなるにおいに対しても選好性を示さないが特定のにおいに対し弱い選好性を示す (VET et al., 1990)。しかし、寄主に遭遇し産卵すると、その寄主のにおいに対し強い選好性を示すようになる。ショウジョウバエの幼虫寄生蜂であるコマユバチ科の *Asobara tabida* と *A. rufescens* は羽化後産卵経験のないとき、寄主を含まないイースト培地と寄主を含むその培地を区別できないが、産卵後、後者に対し選好性を示すようになる (VET and VAN OPZEELAND, 1984)。また、*Leptopilina clavipes* は腐敗したマッシュルームのにおいに対し生得的な選好性を示すが、イーストを餌とした寄主に産卵した後、イーストのにおいを好むようになる (VET, 1983)。これらの事実は蜂が寄主に遭遇し産卵

するとき、その寄主 (UCS) と寄主に付いているにおい (CS) を結びつけて学習し、その後学習したにおいを手がかりに寄主を探索することを示している。

数種の寄生蜂の寄主探索における学習では、寄主自体との遭遇を必要としない。コマユバチ科の *Microplitis demolitor* は雌成虫が羽化時に蜂菌に含まれる寄主由来の物質 (UCS) と寄主の餌植物由来のにおい (CS) とを結びつけて学習する (HERARD et al., 1988)。また、コマユバチ科の *Cotesia marginiventris* では寄主幼虫に食害されたとき植物体が放出する物質を学習する (TURLINGS et al., 1990)。ワタは植物体の一部を鱗翅目幼虫に食害されると、揮発性のテルペノイド類を放出する。蜂は植物体の寄主が食害した部分に遭遇すると、寄主の口器からの分泌物、糞、絹に反応し、その付近を集中的に探索する。そのとき、蜂はテルペノイドのにおいを学習する。この物質は植物種によっても、また食害した昆虫の種によっても異なるため、多食性である本種は学習後、特定の植物種上にいる特定の寄主種を探索するようになると考えられる。本来テルペノイドは食植性昆虫に対して防御作用を持つようであるが、それは寄生蜂を誘引するという二次的機能を持つといえる。

寄生蜂が寄主の存在と色や形など物理的刺激を連合させて学習することは一部の種で報告されている (表-1)。AUTHER (1966, 1967) はヒメバチ科の *Itopectis coquisitor* に寄主を包んだ紙チューブを与えて産卵させることにより、蜂が紙チューブの色、直径、長さを学習できることを示した。また、ヒメバチ科の *Exeristes roborator* は球形や円柱形の発泡スチロールの中に潜む寄主に産卵を経験すると、それらの人工の寄主生息場所の形を学習する (WARDLE and BORDEN, 1990)。寄生蜂は色や形を至近距離での寄主探索の手がかりとするようであるが、このような物理的刺激の学習に関する研究は少なく、その重要性は十分わかっていない。

寄生蜂が寄主探索の手がかりを学習することは、多食性、単食性を問わず知られているが、その学習能力は蜂の寄主範囲や寄主の生息範囲の広さによって種間でそれぞれ異なることがしばしば予測されている (ARTHUR, 1971; VET, 1983)。寄生可能な寄主の種類や寄主の生息場所が世代間で異なる種では、各個体が経験によって得た手がかりを利用したほうが生得的に決まった手がかりを利用するより寄主を効率的に探索できるであろう。一方、単食性で寄主の生息範囲も限られる種では、生得的に決まった手がかりを利用したほうが効率的に寄主を探索できるであろう。したがって、前者は後者より高い学習能力を持つと考えられるが、現在のところ、寄生蜂種の

表-1 寄生蜂の寄主探索における成虫期の連合学習

科名	種名	条件刺激	文献
コマユバチ	<i>Asobara tabida</i>	寄主の餌のにおい	VET and VAN OPZEELAND (1984)
	<i>A. rufescens</i>	同上	同上
	<i>Bracon mellitor</i>	メチルパラセプト	VINSON et al (1977)
	<i>Cotesia marginiventris</i>	寄主の餌植物のにおい	TURLINGS et al. (1990)
	<i>Microplitis croceipes</i>	寄主糞のにおい	LEWIS and TURLINSON (1988)
ヒメバチ	<i>M. demolitor</i>	蜂菌のにおい	HÉRARD et al. (1988)
	<i>Coccygomimus turionellae</i>	寄主のにおい	SANDLAN (1980)
	<i>Exeristes roborator</i>	寄主の生息場所の色・形・におい	WARDLE and BORDEN (1990)
	<i>Itopectis coquisitor</i>	寄主の生息場所の色・形・大きさ	ARTHUR (1966, 1967)
	<i>Venturia canescens</i>	寄主の餌のにおい	ARTHUR (1971)
ツヤヤドリ タマバチ	<i>Leptopilina clavipes</i>	寄主の餌のにおい	VET (1983)
	<i>L. heterotoma</i>	寄主の餌のにおい	VET and SCHOONMAN (1988)
アブラバチ	<i>Diaertiella rapae</i>	寄主の餌植物のにおい	SHEEHAN and SHELTON (1989)

学習能力とその生得的特性との関係を分析するほど十分なデータはない。

III オオタバコガコマユバチの寄主探索における学習

オオタバコガコマユバチはオオタバコガ (*Heliothis zea*) やその近縁種の幼虫寄生蜂である。寄主は多食性で多くの餌植物を持つため、本種も多種の植物上で寄生活動を行う。本種雌成虫は生得的に寄主糞を誘知できる。寄主糞に接触すると蜂は興奮しその糞を触角でたたく、いわゆるドラミングを行う。羽化後、まったく寄主糞に接触していない蜂は寄主糞や寄主の餌植物などのにおいて反応しないが、寄主糞に接触後、蜂はそれらのにおいて反応するようになる。LEWIS and TUMLINSON (1988) は本種のこのような行動の変化の機構を明らかにするため、風洞実験装置 (詳しくは, DROST et al., 1986 を参照, 以降風洞) を用いた生物検定を行い、以下の結果を得た。①羽化後まったく寄主糞に接触していない蜂は寄主糞の水抽出物に対し活発にドラミングを行う。②寄主糞の水抽出物をドラミングした蜂は寄主糞のヘキサン抽出物に誘引される。③バナラののにおいの存在下で寄主糞の水抽出物をドラミングした蜂はバナラののにおいに誘引される。一方、バナラのみ、あるいは寄主糞のみを経験した蜂はけっしてバナラののにおいに誘引されない。これらの結果から、寄主糞をドラミング中、蜂は糞に含まれるヘキサン可溶性物質やバナラなど揮発性物質ののにおいを学習し、その後、蜂はそののにおいを手がかりに寄主を探索すると結論された。つまり、蜂はドラミング時に非揮発性の水溶性物質 (接触化学刺激) (UCS) と揮発性の物質 (CS) とを連合して学習するのである。寄主糞中に含まれるヘキサン可溶性物質は寄主が摂食した植物に由来するため、野外で本種は寄主糞との接触後、寄主の餌植物ののにおいを手がかりに寄主を探索するようになる。本種の寄主は多くの餌植物を持つため、寄主の餌植物ののにおいを学習することによって本種は寄主を効率的に探索できると考えられる。

このように本種の連合学習は寄主糞との接触だけで成立する。しかし、寄主への産卵もこの学習に重要な役割を果たす。蜂は 10~30 秒間寄主糞にドラミングすることによりそののにおいを学習する。しかし、糞接触後 1 時間以上経過すると、その糞ののにおいに対する蜂の反応は急激に低下する (図-1)。一方、糞に接触直後、蜂が寄主に産卵した場合、学習したのにおいに対する蜂の反応は糞接触後 1~2 日が経過してもそれほど低下しない (LEWIS and MARTIN, 1990)。この結果は産卵によりその直前に学

習したのにおいの記憶が長時間維持されることを示している。

高等動物やミツバチの記憶には生理的機構の異なる二つの段階、短期記憶と長期記憶があると考えられている (MENZEL and ERBER, 1978)。一般に、経験で得た情報はいったん短期記憶に保存され、その後、その情報の一部が長期記憶に移され保存される。本種の場合、糞接触で得たのにおいの記憶は短期記憶に保存され、その直後に産卵が起こった場合、その記憶は長期記憶に移され、長期間保存されるものと推察される。

本種の寄主探索におけるのにおいの学習能力には個体差がある。PREVOST and LEWIS (1990) はそれぞれ異なった雌蜂に由来する四つの血統集団の蜂の行動を 3 世代にわたって比較し、以前経験したのにおいに対する蜂の反応はどの集団でも世代間で差がないが、その反応は集団間で差があることを明らかにした。また、四つのうち二つの集団は他の二つの集団より経験したのにおいに対して強く誘引された。この結果は学習能力に遺伝的変異があることを示唆している。

寄主探索の学習能力の個体差には遺伝的要因だけでなく、生理的要因も影響する。本種雌成虫は生存のために餌を摂取する必要がある。室内で本種をハチミツと水で飼育すると約 2 週間生存するが、水だけだと 4 日以内に死亡する。寄主糞に接触経験を持つ蜂の糞ののにおいに対する反応を羽化後 2, 3 日間水だけで飼育した蜂と水とハチミツで飼育した蜂と比較すると、前者の反応は後者に比べ有意に低い (図-2)。これは長期間の餌の未摂取が学習したのにおいに対する蜂の反応を低下させることを示

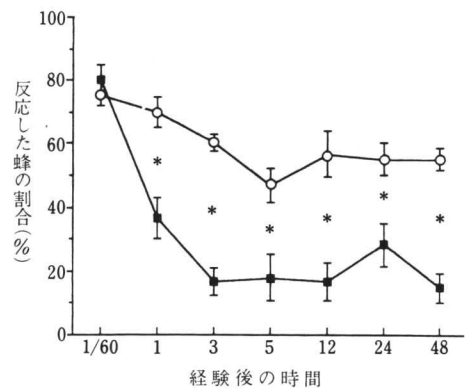


図-1 オオタバコガコマユバチにおける寄主糞接触後の経過時間がその糞ののにおいに対する蜂の反応に及ぼす影響 (LEWIS and MARTIN, 1990 を一部改変)
○: 寄主糞接触直後に産卵した蜂, ■: 寄主糞のみに接触した蜂
* 角度変換した t-検定で有意差あり

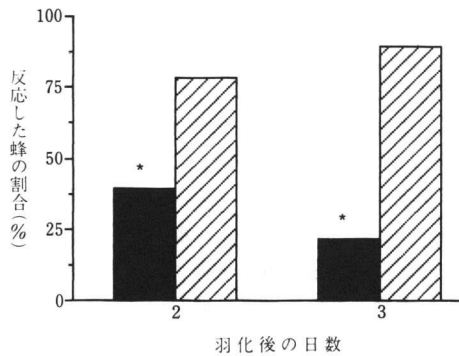


図-2 オオタバコガコミュバチにおける餌摂取欠如が寄主糞のにおいに対する蜂の反応に及ぼす影響
 ■：水のみで飼育された蜂，▨：水とハチミツで飼育された蜂
 * 餌摂取蜂に比べカイ二乗検定により有意差あり

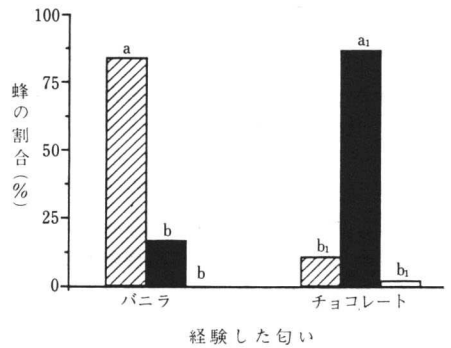


図-3 オオタバコガコミュバチにおける餌摂取時のにおいの経験が経験後の蜂のにおい選好性に及ぼす影響 (LEWIS and TAKASU, 1990 を一部改変)
 ■：チョコレートを選択，▨：バニラを選択，□：選択せず
 異なる符号を付した割合は WALLER-DUNCAN K-ratio t-検定で有意差あり

している。餌未摂取蜂を糞に接触させた後、砂糖水を与えると、この反応は回復する。このことから、長期間の餌の未摂取は蜂の記憶能力を低下させるのではなく、記憶した情報に基づいて反応する過程を阻害するものと考えられる。

IV オオタバコガコミュバチの餌探索における学習

本種の寄主は主に植物の子実体に生息している一方、成虫自身の餌は花や花外蜜腺から得るため、蜂は寄主探索に専念していると餌を発見できない場合がありうる。したがって、野外では蜂は寄主探索とは別に餌探索を行っていると考えられる。ではどのようにして餌を探しているのか。寄主探索と同様に餌のにおいを学習し、それを手がかりに餌を探索すれば、餌を効率よく発見できるだろう。LEWIS and TAKASU (1990) はこの可能性を調べるために以下の実験を行った。ペトリ皿 (直径 9 cm) の底に砂糖水の小滴とバニラ液の小滴を 5 mm 間隔で置き、2 日間水だけで飼育した蜂に砂糖水を摂取させながらバニラのにおいを経験させた。また、同様の方法で別の蜂にチョコレートのにおいを経験させた。その後、風洞内で蜂にバニラとチョコレートのにおいを同時に与え、それら二つのにおいに対する蜂の選好性を調べた。その結果、次のことが明らかになった。砂糖水摂取中バニラのにおいを経験した蜂はバニラのにおいを、チョコレートにおいを経験した蜂はチョコレートのにおいを選好する (図-3)。また、砂糖水を与えず一方のにおいだけを経験させた蜂はどちらのにおいにもまったく反応しない。これは蜂が砂糖水摂取中に砂糖水 (UCS) とその付近の

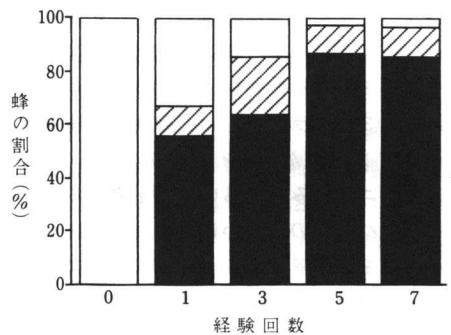


図-4 オオタバコガコミュバチにおける餌摂取時のバニラのにおいの経験回数がバニラのにおいに対する蜂の選好性に及ぼす影響
 ■：バニラを選択，▨：チョコレートを選択，□：選択せず

におい (CS) を連合して学習し、その後、そのにおいを手がかりに餌を探索することを示している。

ミツバチは餌摂取時に色を学習するが、餌と色とを同時に経験した回数が増すにつれ、以前経験した色を正しく選ぶ個体の割合は高くなる (MENZEL and ERBER, 1978)。この経験回数と CS に対して反応する個体の割合との関係は学習曲線と呼ばれており、高等動物や他の昆虫の連合学習でも同様の関係が知られている (MENZEL and ERBER, 1978)。オオタバコガコミュバチの餌のにおいの学習でも学習曲線はミツバチと同様の傾向を示す。上述の方法で、蜂に砂糖水を摂取させながらバニラのにおいを 1, 3, 5, 7 回経験させた後、風洞内でバニラとチョコレートのにおいを同時に与えると、バニラのにおいを

選ぶ蜂の割合は経験回数と共に高くなり、5回の経験で最高になる(図-4)。また、1回しか経験していない蜂は経験後2～3時間以上経つとバナラののにおいに反応しなくなる一方、5回経験した蜂では経験後1日目にもバナラののにおいに反応する。短時間内に経験が繰り返されると学習が強化され、経験したにおいの情報は長期記憶に保存されるものと推察される。

本種以外の多くの寄生蜂でも雌成虫は生存や卵生産のため餌を必要とする(VINSON, 1985)。しかし、寄生蜂の餌探索はこれまでほとんど研究されておらず、餌探索における学習の研究もこの例以外ない。今後、寄主探索行動と共に餌探索行動を研究する必要がある。

V オオタバコガコマユバチの意志決定、寄主探索対餌探索

オオタバコガコマユバチが寄主や餌のにおいを学習し、そのにおいを手がかりに寄主や餌を探索することを述べてきた。では、本種は寄主と餌の両方のにおいを同時に記憶できるのだろうか。また、これらの二つのにおいを同時に記憶できるとすれば、蜂は寄主を探るか餌を探すかの意志決定をどのように行っているのだろうか。このことを明らかにするため、LEWIS and TAKASU (1990) は以下の実験を行った。まず、蜂を羽化後2日間水のみ(餌未摂取蜂)、あるいは羽化後1日目に砂糖水、2日目に水のみ(餌摂取蜂)で飼育した。この両タイプの蜂をそれぞれ二つの集団に分け、一方の集団の各個体には寄主とバナラのにおい、砂糖水とチョコレートのにおいを、他の集団の各個体には寄主とチョコレートのにおい、砂糖水とバナラのにおいを経験させた。その後、風洞内でこれらの蜂にバナラとチョコレートのにおいを同時に与え、この二つのにおいに対する蜂の選好性を調べた。その結果、経験したにおいにかかわらず、餌未摂取蜂は餌と結びついたにおいを選好し、逆に餌摂取蜂は寄主と結びついたにおいを選好した(図-5, A, B)。この結果は、寄主と餌のにおいの学習能力が蜂の餌摂取の有無によって異なることを反映している可能性がある。そこで、餌未摂取蜂に寄主と餌のにおいを経験させた後、砂糖水を摂取させ、その蜂の二つのにおいに対する選好性を調べた。図-5Cに示すように、二つのにおいを経験した餌未摂取蜂は砂糖水摂取後、餌摂取蜂と同様に寄主と結びついたにおいを選好した。これは餌摂取の有無が寄主と餌のにおいの学習能力に影響しないことを示している。以上の結果から、本種は寄主と餌の異なる二つのにおいを同時に記憶でき、自身の餌要求の程度に応じて寄主探索か餌探索かの決定を行っている結論された。

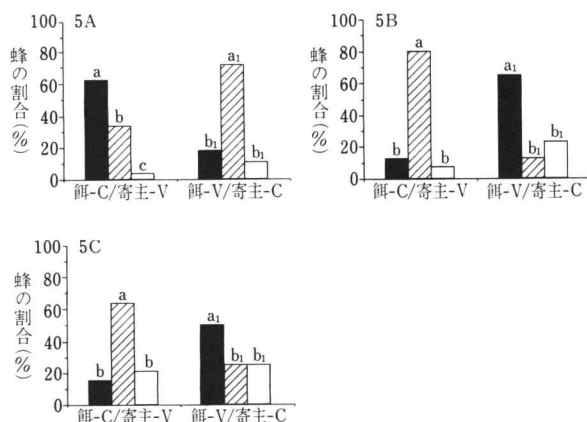


図-5 寄主と餌の異なる二つのにおいを経験した蜂のそれらの二つのにおいに対する選好性 (LEWIS and TAKASU, 1990 を一部改変)

5-A: 餌未摂取蜂, 5-B: 餌摂取蜂, 5-C: 餌未摂取時に経験した後餌を摂取した蜂,

餌-C/寄主-V: 餌とチョコレート, 寄主とバナラを経験

餌-V/寄主-C: 餌とバナラ, 寄主とチョコレートを

経験

■: チョコレートを選択, ▨: バナラを選択,

□: 選択せず。

異なる符号を付した割合は WALLER-DUNCAN K-ratio t-検定で有意差あり

このように異なった二つの資源(この場合、寄主と餌)の情報を学習できることはミツバチ以外の昆虫では知られていない。*Calias* 属のチョウは学習によって寄主植物や餌植物を認識できるようになる。しかし、いったん、寄主植物を学習した雌も餌植物で蜜を探索した直後に寄主植物を探索するとき、しばしば誤って寄主でない植物に着地することがあり、このチョウは餌植物と寄主植物の二つの情報を同時に記憶できない可能性が示唆されている (PAPAJ and PROKOPY, 1989)。寄生蜂は寄主や餌の探索の最も重要な手がかりであるにおいの学習に関してはかなり高い能力を持つといえよう。

おわりに

寄生蜂の学習の研究は増えつつあるが、まだ学習に関しては未知の点が多い。オオタバコガコマユバチ以外の種では寄主探索における学習しか研究されていない。また、寄主探索における学習でもその生理的機構はほとんどわかっていない。行動学的、生理学的研究によって寄生蜂の寄主や餌の探索における学習の役割を明らかにすることは寄生蜂の繁殖戦略の理解や寄生蜂を利用した生

物的防除の発展に寄与するものと考える。

最後に原稿を読み、有益な助言をいただいた高木正見博士と戒能洋一博士にお礼申し上げる。

引用文献

- 1) ARTHUR, A. P. (1966) : Can. Ent. 98 : 213~223.
- 2) ——— (1967) : ibid. 99 : 877~886.
- 3) ——— (1971) : ibid. 103 : 1137~1141.
- 4) DROST, Y. C. et al. (1986) : J. Chem. Ecol. 12 : 1247~1262.
- 5) HÉRARD, F. et al. (1988) : ibid. 14 : 1597~1606.
- 6) LEWIS, W. J. and W. R. MARTIN Jr. (1990) : ibid. 16 : 3067~3089.
- 7) ——— and K. TAKASU (1990) : Nature 348 : 635~636.
- 8) ——— and J. H. TUMLINSON (1988) : ibid. 331 : 257~259.
- 9) ——— et al. (1990) : Environ. Ent. 19 : 1183~1193.
- 10) MENZEL, R. and J. ERBER (1978) : Sci. Am. 239 : 102~110.

- 11) PAPA, D. R. and R. J. PROKOPY (1989) : Ann. Rev. Ent. 34 : 315~350.
- 12) PREVOST, G. and W. J. LEWIS (1990) : J. Insect Behav. 3 : 277~287.
- 13) SANDLAN, K. (1980) : Ent. exp. appl. 27 : 233~245.
- 14) SHEEHAN, W. and A. M. SHELTON (1989) : ibid. 2 : 743~759.
- 15) TURLINGS, T. C. J. et al. (1990) : Science 250 : 1251~1253.
- 16) VET, L. E. M. (1983) : Neth. J. Zool. 33 : 225~248.
- 17) ——— and G. SCHOONMAN (1988) : J. Insect Behav. 1 : 387~392.
- 18) ——— and K. VAN OPZEELAND (1984) : Oecologia 63 : 171~177.
- 19) ——— et al. (1990) : J. Insect Behav. 3 : 471~490.
- 20) VINSON, S. B. (1985) : Comprehensive Insect Physiology Biochemistry and Pharmacology vol. 9 Behavior Pergamon Press, Oxford pp 417~469.
- 21) ——— et al. (1977) : Physiol. Ent. 2 : 157~164.
- 22) WAAGE, J. K. (1979) : J. Anim. Ecol. 48 : 353~371.
- 23) WARDLE, A. R. and J. H. BORDEN (1990) : J. Insect Behav. 3 : 251~263.

新しく登録された農薬 (3.6.1~3.6.30)

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:対象病害虫: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17861~17890までの計30件)

『殺虫剤』

ヘキシチアゾクス・マシン油乳剤

ヘキシチアゾクス1.0%, マシン油80.0%

ニッソランオイル乳剤 (3.6.26)

17882 (日本曹達)

茶:カンザワハダニ:萌芽前または摘採直後:1回, みかん:ミカンハダニ:7日2回

ダイアジノン・DDVP・MEP乳剤

ダイアジノン25.0%, DDVP5.0%, MEP15.0%

ダイボスチオン乳剤 (3.6.26)

17883 (トモノ農薬)

芝:コガネムシ類幼虫・スジキリヨトウ:発生初期:4回

クロルベンジレート・DDVPくん煙剤

クロルベンジレート7.0%, DDVP16.0%

ダンスモレート (3.6.26)

17887 (新富士化成薬)

なす:ピーマン:アブラムシ類・ハダニ類:3日2回:くん煙, きゅうり:アブラムシ類・ハダニ類:前日2回:くん煙, いちご:アブラムシ類・ハダニ類:14日2回:くん煙

ピリダフェンチオン水和剤

ピリダフェンチオン40.4%

オフナックフロアブル (3.6.26)

17888 (三井東圧), 17889 (八洲化学工業)

稲:イナゴ類:45日2回:空中散布

二酸化炭素くん蒸剤

二酸化炭素99.9%

くん蒸用炭酸ガス (3.6.26)

17890 (昭和炭酸)

米・麦類:コクゾウ・コクヌストモドキ等の甲虫類・ノシメコクガ・バクガ等の蛾類:害虫発生初期:くん蒸

『殺菌剤』

カスガマイシン・ビテルタノール水和剤

カスガマイシン一塩酸塩4.6%, ビテルタノール8.0%

セットラン水和剤 (3.6.20)

17863(北興化学工業), 17864(日本バイエルアグロケム)

てんさい:褐斑病:30日4回

フサライド・ペンシクロン・EDDP粉剤

フサライド1.5%, ペンシクロン1.5%, EDDP2.0%

ヒノラブモンセレン粉剤35 DL (3.6.20)

17865 (三笠化学工業)

稲:いもち病・紋枯病・穂枯れ(ごま葉枯病菌):21日4回

トリアジンくん煙剤

トリアジン20.0%

トリアジンジェット (3.6.20)

17872 (新富士化成薬), 17873 (日本曹達)

トマト:葉かび病:前日3回:くん煙, きゅうり:灰色かび病・黒星病:前日3回:くん煙

ピンクロゾリンくん煙剤

ピンクロゾリン30.0%

(33ページへ続く)

ポストハーベスト病害, メロン陥没病

静岡県農業試験場 ^{おお}大 ^{さわ}沢 ^{たか}高 ^し志

はじめに

1975年ごろから市場や店頭で、温室メロンの果実が腐敗するという被害が問題となった。腐敗は、出荷後に発生する。市場から返品された腐敗果実や市場における実態調査の結果、果実の表面に水浸状で円形の病斑を生じて腐敗するものに、被害が多いことが明らかになった。腐敗部からは *Phomopsis* 属菌が高率に分離され、接種試験の結果、病原菌と確認された。わが国のメロンでは報告がないので、病原菌の分類、発生生態及び防除法について検討した。

アメリカのキャンタロープメロンで類似する *Diaporthe melonis* BEHARA et O'BRIEN (1975, 1979) が報告されているが、この菌と分類学的位置関係を検討した。病原菌のうちの完全世代を形成する菌は、*D. melonis* と比較して柄胞子の長さが異なることから、*Diaporthe melonis* BEHARA et O'BRIEN の新変種の *D. melonis* var. *brevistylospora* KOBAYASHI et OHSAWA と、また、もう一種の病原菌は、柄胞子の大きさは *D. melonis* と同じであるが、完全世代を形成しないため *Phomopsis cucurbitae* McKEEN sensu BEHARA et O'BRIEN と同定し、陥没病と称した (1988)。

本病原菌は、ネット傷から感染し、ネット期の薬剤散布で高い防除効果が認められている。病原菌の伝染経路など発生生態は不明な点が多いが、これまでに得られた知見を紹介したい。

本稿を取りまとめるに当たり、病原菌の同定を賜った前森林総合研究所 小林享夫 博士に深謝する。

I 発生状況

本病は、1975年ごろから問題になってきたが、市場や店頭で発生するため生産者側では発生の実態が不明で、市場からの苦情で重要な病害と認識された。ネットの発生するメロンで発生し、特に、温室メロンで被害が多い。1985年に神田市場 (東京都) 及び大阪市場において聞き取り調査の結果、静岡県産の温室メロン及びハウスメロン、その外の静岡県以外のメロンでも発生が認められている。市場における発生時期は、3月から11月前半まで

であるが、特に、7月から10月に発生が多い。市場では、ハウスメロンより温室メロンに発生が多く、さらに、高級品に多いといわれている。

II 病徴

収穫後に果実に発生する病害で、市場や店頭で発生する。出荷してから早いものでは4日から5日後、通常は出荷して7日から10日後ごろに発生する。病徴は、初め果実のネット部が水浸状になり、その後、急激に拡大して直径が1 cm から数 cm のほぼ円形で、水浸状のややくぼんだ病斑となる。病斑部の切断面は、半月状を呈し、健全な果肉部と腐敗部は明りょうに区別でき、腐敗部は水浸状に軟化する。このような陥没斑は、果実の上部に発生が多く、1果当たりの病斑数は、多い果実では10個以上に及ぶ。病勢が進むと病斑は、融合して果実の全体が軟腐する。収穫して長期間保存しておく、ほとんどの果実が発病し、果実の保存日数が長くなるほど病斑数が多くなる。また、果梗が枯死したように変色して果実の上部が水浸状に軟腐し、軸腐れ病斑となるものもあるが、発生は少ない (口絵写真参照)。

これらの病斑部の表面には、菌糸や柄子殻などの器官を生じることはない。生育中の果実では、収穫期近くに根腐れ等によってメロンの株の勢いが衰えて果実が弱ると、まれに発生することがあるが、通常は温室やハウスでは発生しない。また、葉、茎、根などの果実以外の部分には病斑を生じない。

III 病原菌

1 菌の分離及び病原性

陥没及び軸腐れの病斑部を素寒天培地に分離すると *Phomopsis* 属菌が、高率に分離される。分離直後の菌のジャガイモ・ショ糖寒天 (PSA) 培地上における培養菌叢は、淡褐色で密な菌糸を生じて放射状の菌叢となる A 群、A 群に類似するが、気中菌糸が発達して繊毛状となる B 群、菌糸は淡白色から淡褐色で不明りょうな輪紋状の菌叢となる C 群、菌糸は淡白色から淡褐色で明りょうな輪紋状の菌叢となる D 群の四つの群に分けられた。82個の病斑部から分離された菌株の培養菌叢別の比率は、A 群 58%、D 群 28%、B 群 7%、C 群 6% で、A 群が半数以上分離され、次に D 群が約3分の1で、B、C の群

の分離率は少なかった。

PSA 培地で培養した培養菌叢 A, D 群の菌株の菌叢片を、温室栽培したネット形成期の果実のネット傷に有傷接種した結果は表-1のとおりである。ネット発生初期(交配17日後), ネット発生後期(交配28日後, 32日後), 遅れネット発生期(交配41日後)のいずれの時期の接種でも, A, D 群の菌株は病原性が認められた。

また, 培養菌叢 A, B, C, D の各群の菌株の培養菌叢片を, 交配20日後のメロンの果実に有傷接種した結果は表-2のとおりである。4群の菌株とも, 接種した半数以上の菌株で病原性が認められた。すなわち, ほとんどの果実は, 収穫直後から保存して5日から10日後までに発病した。しかし, 培養菌叢 B 群菌では, 2株のメロンが収穫期近くに発病したが, これらの果実では根腐れを起こしたため果実の熟期が進み, 温室で発病したものと考えられた。

分離される多くの菌は, 果実に有傷接種で病原性を有することが明らかとなったが, 培養菌叢片を接種する方

法で, 果実に対する無傷接種, メロンの各部位に対する病原性を検討した。その結果, 培養菌叢 A 群及び D 群の菌株は, 収穫直後の果実の有傷, 切り枝(側枝)の切り口, 切り取った葉柄の切り口には病原性が認められたが, 果実, 切り枝, 切り取った葉柄の無傷接種, 葉の有傷, 無傷接種では, 病原性が認められなかった。

これらの結果より, 本病原菌は葉を除いた果実, 茎などの傷口から感染し, 発病は, 果実では収穫後に発生し, 栽培中にはごく限られた条件でのみ発病するものと考えられる。一方, 接種試験で茎などの有傷接種では発病しているが, 現地では茎などにおける発病は認められていない。

2 メロン類等に対する病原性

A 群及び D 群菌の培養菌叢片を, 市販のメロン等の果実に接種して病原性を検討した。その結果, アンデスメロン(キャンタロープ×アールスフェポリット), マクワウリ(果皮の黄色品種)に対する有傷接種では, 病原性が認められた。しかし, 無傷接種では, 両群菌株ともこれらの果実に病原性が認められなかった。また, キュウリ, サツマイモでは, 有傷, 無傷接種とも病原性が認められなかった。*D. melonis* は, キュウリなど多くのウリ類に病原性を有している(1979)が, 本病原菌はキュウリに病原性を有せずウリ類の寄主範囲は狭いものと考えられる。

3 病原菌の形態

自然条件及び接種によって発病したメロン果実の病斑部には, 柄子殻などの諸器官は形成されないが, PSA 培地上及び素寒天培地に置床した果肉片上では, 柄孢子及び子嚢孢子を形成する。柄子殻は, 暗黒色で球形, 扁球形, からフラスコ型, α -孢子は紡錘形で無色, 単胞, β -孢子は無色, 釣針状である。柄子殻, 柄孢子の大きさは, 培養菌叢群によって異なる。すなわち, 培養菌叢 A 及び B 群の菌株では, 柄子殻は 110~420×120~430 nm, α -孢子は 4~9.5×1~3 nm, β -孢子は 9~22×0.7~1.3 nm である。一方, C および D 群の菌株では, 柄子殻は 120~680×120~560 nm, α -孢子は 4~8.5×1~3 nm, β -孢子は 14~30×0.5~1.7 nm である。

A 及び B 群菌と C 及び D 群菌を比較すると, α -孢子の大きさは同じであるが, β 孢子の長さは, A 及び B 群菌では 20 nm 以下の孢子がほとんどである。一方, C 及び D 群菌では 20 nm 以上の孢子がほとんどを占め, 明らかに A 及び B 群菌が短く, C 及び D 群菌では長い。

完全時代は, 培養菌叢 A 群の4菌株で PSA 培地上, または素寒天培地に置床した果肉片上で完熟を認めたが, C 及び D 群菌では認めない。A 群菌の子嚢殻は, 個生ま

表-1 メロン腐敗部分離菌のネット期の果実に対する病原性

実験年度	接種時期	培養菌叢	接種菌株数	接種果実数	接種か所数	収穫期の発病果数	保存後の発病果数(率)	保存後の発病か所数(率)
1982	7月1日 (交配28日後)	A	4	12	36	0	9(75%)	25(69%)
		D	1	2	6	0	2(100)	6(100)
	7月14日 (交配41日後)	無接種	-	3	9	0	0(0)	0(0)
		A	4	12	60	0	9(75)	45(75)
		D	2	6	30	0	3(50)	15(50)
		無接種	-	3	15	0	0(0)	0(0)
1983	9月9日 (交配17日後)	A	3	18	18	0	8(44)	8(44)
		D	1	6	6	0	3(50)	3(50)
	9月24日 (交配32日後)	無接種	-	6	6	0	0(0)	0(0)
		A	3	18	18	0	2(11)	2(11)
		D	1	6	6	0	3(50)	3(50)
		無接種	-	6	6	0	0(0)	0(0)

A, D は本文参照

表-2 メロン陥没病菌の培養菌叢とメロン果実における病原性

培養菌叢群	菌株の病原性		果実の発病		
	接種菌株数	発病菌株数(率)	接種か所数	収穫期の発病か所数(率)	保存後の発病か所数(率)
A	17	10(59%)	51	0(0%)	18(35%)
B	6	5(83)	18	5(28)	12(67)
C	4	4(100)	12	0(0)	9(75)
D	8	4(50)	24	0(0)	9(38)
無接種	-	-	6	0(0)	0(0)

a) 1986年5月20日(交配20日後), 1菌株当たり1果実, 1果実当たり3か所に菌叢片を焼傷接種。A, B, C, D は本文参照。

表-3 メロン陥没菌の形態

病原菌名	子嚢	子嚢胞子	α -胞子	β -胞子	培養菌叢群
<i>D. melonis</i> var. <i>brevistylispora</i>	21~39×3~6.5 nm (30×4.7 nm)	7.5~10×2~4 nm (8.5×2.7 nm)	4~9.5×1~3 nm (6.5×1.9 nm)	10~23×0.4~1.3 nm (15.9×0.9)	A, B
<i>P. cucurbitae</i> McKEEN sensu	—	—	4~9×1.5~3 (6.2×1.9)	14~34×0.5~1.8 (23.8×0.9)	C, D
<i>D. melonis</i>	25~36×3.5~6 (30.8×4.8)	7~11×2~4.5 (9.6×3.1)	6~10×2~3 (8.3×2.6)	18~28×1~2 (24.7×1.3)	—

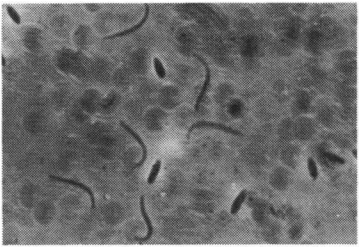


図-1 *D. melonis* var. *brevistylispora* の α , β 胞子

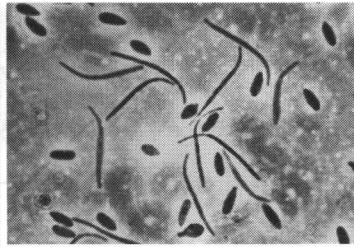


図-2 *P. cucurbitae* McKEEN sensu の α , β 胞子

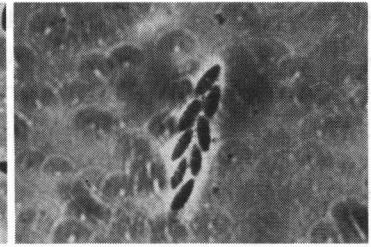


図-3 *D. melonis* var. *brevistylispora* の子嚢胞子

たは群生し、形はフラスコ型で径 200~600 nm、頸は 0.5~2 mm。子嚢はこん棒状、大きさは 21~39×3~6.5 nm、8 胞子を不整 2 列に含む。子嚢胞子は紡錘形から円形、無色、2 細胞、大きさは 7.5~10×2~4 nm である。しかし、継代培養すると、多くの菌株が柄子殻や子嚢殻を形成しなくなる (図-1~3)。

これらの病原菌と *D. melonis* (1979) を比較すると、A 及び B 群菌は、 α -胞子、子嚢胞子の大きさは *D. melonis* と同じであるが、 β -胞子の大きさは明らかに *D. melonis* より短い。また、C 及び D 群菌は、 α -胞子、 β -胞子の大きさは *D. melonis* と同じであるが、完全世代を形成しない点が異なる。以上の結果から、A 及び B 群菌を *D. melonis* var. *brevistylispora* KOBAYASHI et OHSAWA、C 及び D 群菌を *P. cucurbitae* McKEEN sensu BERAHA et O'BRIEN と同定し、両菌による病害を陥没病 (1988) とした (表-3)。

4 菌糸の発育温度

両病原菌の PSA 培地上の生育適温は 27~30°C、23~30°C でよく生育し、6°C、10°C、15°C、35°C の各温度では菌糸の生育は劣った。

IV 発生環境

1 発生時期

温室メロンは、周年栽培されているが、市場における調査の結果では、本病は 3 月から 11 月に発生する。試験場内及び現地で慣行栽培した果実を収穫直後に、1 時期

に 2~10 個を任意に選んで、発病適温で保存して発病を調査した結果、6、7、8、9、10 月に収穫した果実は、収穫 8 日後から発病を始め、14 日後には供試したすべての果実が発病した。しかし、2 月と 12 月に収穫した果実は、発病適温に長期間保存していても発病しなかったため、冬期に収穫する果実は発病しないものと考えられた。

2 果実の保存温度と発病

収穫直後の果実に病原菌を有傷接種して、所定の温度に保存して発病を調査した結果、保存時の発病適温は 25°C、20~30°C ではよく発病し、10°C では発病は抑制された。また、果実をポリエチレン袋に入れて多湿処理して、湿度との関係を検討したところ、保存中の多湿条件は発病に影響しないものと考えられた。

3 伝染方法

(1) ロックウール栽培メロンと発病

ロックウールを用いて養液栽培した果実を、適温に保存して発病を調査した結果、供試した 10 個のすべてが発病し、土壌を用いた栽培以外でも発病することが明らかになった。

(2) メロン植物体、温室内の空气中、栽培土壌、昆虫からの病原菌の分離

直径 9 cm のペトリ皿の素寒天培地に供試標本を分離し、生育した菌糸の先端の一部を切り取り、PSA 培地に移植して病原菌を検出した。その結果、発病した果実の健全部の果皮切片からはごく少数の病原菌が検出された

が、メロンの茎、花弁、幼果の果皮、害虫のミナミキイロアザミウマ幼虫、成虫、栽培中のベットの土壌からは、病原菌は検出されなかった。また素寒天培地のプレートを栽培中の温室の果実の付近に、1日間ふたを開けて放置して菌を捕そくしたが、病原菌は検出されなかった。

V 防 除 法

慣行栽培したメロンの側枝を約8cmの長さに切り、この切り枝を薬液に浸漬して乾燥させた後にペトリ皿で培養した菌叢片に、切り枝の切り口を接触させて27°Cの温室に置き、菌に接している部分の変色によって薬剤の効果を検定した。その結果、TPN、キャプタン、プロシミドン、チオファネートメチル、トリアジン、ポリオキシン、水酸化第二銅の7薬剤のなかでチオファネートメチル剤が高い防除効果を示した。

温室において散布時期及び回数、各種薬剤の防除効果を検討した結果は、表-4, 5のとおりである。チオファネートメチル水和剤1,000倍を用いた散布時期及び回数の試験では、ネット期2回散布は防除効果が劣ったが、3回、4回散布では顕著な防除効果が認められ、この結果からネット発生初期から5日間隔で3回の散布で防除が可能と考えられた。

交配18日後から5日間隔、3回散布で、各種薬剤の実用性を検討した結果、チオファネートメチル水和剤1,000倍は顕著な防除効果を示し、また、チオファネートメチル水和剤1,500倍、トリフミゾール水和剤3,000倍も、高い防除効果が認められた。これらの結果から本病にはチオファネートメチル水和剤、トリフミゾール水和剤が有効と考えられた。

お わ り に

市場で発生が報告されている病害には、マクワウリ炭そ病(1952)、マクワウリ灰色疫病(1968)、ばらいろかび病(1973, 1983)、黒かび病(1982)、*Fusarium* spp. (1984)、*Alternaria alternata* (1984)、*Botrytis cinerea* (1984)、褐色腐敗病(1985)などがある。このうち黒かび病は、市場で発生するのみで栽培中には発生しない(1982)が、その他の病害はおもに栽培中に発生する病害として知られている。陥没病は、黒かび病と同様に市場で発生する病害として、1975年ごろから問題となり、大きな被害を受けるようになった。この病害は、市場や店頭で発生するために、原因が究明されていなかったが、メロン農家からの要望で原因を調査した結果、*Phomopsis* 属菌による新病害と判明した。

ウリ科で記載されている *Phomopsis* 属菌には、アメリ

表-4 薬剤散布時期、散布回数及び袋かけ処理と陥没病の防除効果

試験区	散布時期				調査果数(個)	発病果数(個)		病斑数 ^{a)} (個) (13日後)
	交配15日後	20日後	25日後	30日後		10日後	13日後	
ネット期前半2回	○	○	—	—	4	1.5	2.5	3.5
ネット期後半2回	—	—	○	○	4	1	2	3.5
ネット期3回	○	○	○	—	4	0	0	—
ネット期4回	○	○	○	○	4	0	0	—
袋かけ処理 ^{b)}	—	—	—	—	4	3	3.5	16.5
無処理	—	—	—	—	4	3	4	19.5

^{a)}: 病斑数: 4果当たりの病斑数。

^{b)}: 袋かけ: 交配11日後から果実を紙袋で覆う。

供試薬剤はチオファネートメチル水和剤1,000倍、1区4果、2反復。

表-5 陥没病に対する各種薬剤の防除効果

区名	調査果数(個)	発病果数(個)			病斑数(個) (14日後)
		収穫時期	11日後	14日後	
トリフミゾール水和剤 3,000倍	6	0	0	3	4
グアザチン・ポリオキシン水和剤 1,000	6	0	0	2	4
イプロジオン水和剤 1,000	6	0	1	3	10
チオファネートメチル水和剤 1,500	6	0	0	1	1
〃 水和剤 1,000	6	0	0	0	0
無散布	6	0	2	6	24

交配期は、8月14日、薬剤散布は22日、27日、31日の3回、10月1日収穫、箱詰めにして25~30°Cの保存庫に保存、病斑数は6果当たりの病斑数、1区6果。

かのキャンタロープメロンで陥没病に類似する病害の *Diaporthe melonis* BEHARA et O'BRIEN (1975, 1979)、キュウリの根に黒色の病斑を生じる *Phomopsis sclerotoides* (1967)、キュウリの果実、茎に Black Rot を生じる *P. cucurbitae* (1957) があるが、後者の2菌はメロンには寄生しない。

D. melonis による病害は、本病に類似するが、*D. melonis* と本病原菌とは、 β 胞子の大きさ、子嚢胞子の形成の有無の違いから、それぞれ培養菌叢 A 及び B 群菌を *D. melonis* var. *brevistyospora*, C 及び D 群菌を *P. cucurbitae* McKEEN sensu BEHARA et O'BRIEN と同定し、新病害とした。

本病は、2種の病原菌によるが、メロンにおける病徴には病原菌による違いはない。両病原菌とも有傷接種では発病するが無傷接種では発病しないので、病原菌はネット期にネット傷から感染するものと考えられる。

ナシの胴枯病など *Diaporthe* 属や *Phomopsis* 属による病害は、病斑部に形成される柄胞子が雨滴で飛散して

感染が起こり発病するが、メロンでは温室やハウスで栽培されているため、雨滴による胞子の飛散は考えられない。また、メロンの茎葉などに病徴は認められていないし、果実も通常は栽培中には発病しない。さらに、病斑部には、柄子殻や子囊殻などの器官は形成されていない。また、メロンの茎、花卉、栽培土壌、ミナミキイロアザミウマ、温室内の空気中などから病原菌の検出を試みたが病原菌は検出されず、伝染源は明らかにできなかった。しかし、ロックウールで養液栽培したメロンでは発病しているので、これをあしがかりに伝染経路について検討が望まれる。

ナシ、ミカン、キウイフルーツなどの *Phomopsis* 属菌による果実病害では、ジネブ剤、マンゼブ剤、チオファネートメチル剤などが防除効果が高く、これらの農薬が

使用されている(1986)。陥没病では、チオファネートメチル剤、トリフルミゾールは高い防除効果が認められ、実用性があるものと考えられる。これらの農薬は、メロンのうどんこ病などに登録があるが、陥没病に対しては登録がないので適用拡大が望まれる。

引用文献

- 1) BERAHA, L. and M. J. O'BRIEN (1979): *Phytopath. Z.* 94: 199~207.
- 2) 大沢高志・小林享夫 (1988): *日植病報* 54: 69.
- 3) ——— (1989): *ibid.* 55: 410~419.
- 4) 志田俊郎ら (1982): *ibid.* 48: 702~704.
- 5) 橋本光司ら (1985): *ibid.* 51: 94.
- 6) McKEEN, C. D. (1957): *Can. J. Bot.* 35: 40~43.
- 7) VAN KESTEREN, H. A. (1965): *Neth. J. Pl. Path.* 71: 122~123.
- 8) 山口 昭ら編 (1986): *果樹の病害虫*, 全国農村教育協会, 東京.

(28 ページから続く)

ロニランジェット (3.6.20)

17874 (日本曹達)

きゅうり・トマト: 灰色かび病: 前日 5 回: くん煙, なす・いちご: 灰色かび病: 前日 3 回: くん煙, みかん: 灰色かび病: 落花期まで: 2 回以内: くん煙

フェナリモルクン煙剤

フェナリモル 1.0%

ルビゲンくん煙剤 (3.6.26)

17884 (塩野義製薬), 17885 (日産化学工業), 17886 (新富士化成薬)

いちご: うどんこ病: 前日 3 回: くん煙

『殺虫殺菌剤』

MPP・フサライド・ペンシクロン・EDDP 粉剤

MPP 2.0%, フサライド 1.5%, ペンシクロン 1.5%, EDDP 2.0%

ヒノラブバイセレン粉剤 35 DL (3.6.20)

17866 (三笠化学工業)

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

ダイアジノン・イソプロチオラン・フルトラニル粒剤

ダイアジノン 3.0%, 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ダイアジノン粒剤 (3.6.20)

17867 (日本農業)

稲: いもち病・紋枯病・ニカメイチュウ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類: 出穂 10~30 日前まで: 3 回以内

エトフェンプロックス・PAP・フサライド・フルトラニル粒剤

エトフェンプロックス 0.50%, PAP 2.0%, フサライド 2.5%, フルトラニル 1.5%

モンカットラブサイドイネメイト粉剤 DL (3.6.20)

17868 (日本農業), 17869 (日産化学工業)

稲: いもち病・紋枯病・ニカメイチュウ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類・イネツトムシ・カメムシ類: 21 日 3 回

ベンフラカルブ・プロベナゾール粒剤

ベンフラカルブ 5.0%, プロベナゾール 3.2%

オリゼメートオンコル粒剤 (3.6.20)

17870 (大塚化学), 17871 (明治製菓)

水稻: イネミズゾウムシ・ヒメトビウンカ・セジロウンカ・ツマグロヨコバイ・いもち病: 移植 3 日前~移植当日: 1 回

エトフェンプロックス・フサライド・EDDP 粉剤

エトフェンプロックス 0.50%, フサライド 1.5%, EDDP 2.0%

ヒノラプトレボン粉剤 35 DL (3.6.26)

17877 (日本バイエルアグロケム), 17878 (八洲化学工業), 17879 (三笠化学工業), 17880 (大日本除虫菊), 17881 (北海三共)

稲: いもち病・ツマグロヨコバイ・ウンカ類・カメムシ類: 21 日 3 回

『除草剤』

ピリブチカルブ水和剤

ピリブチカルブ 47.0%

エイゲン水和剤 (3.6.20)

17861 (東ソー), 17862 (大日本インキ化学工業)

日本芝 (こうらいしば)・洋芝 (ペントグラス): 畑地一年生イネ科雑草: 芝生育期 (雑草発生前): 2 回以内

テブチウロン・DCMU・DPA 粒剤

テブチウロン 3.0%, DCMU 5.0%, DPA 10.0%

ハービアウト粒剤 (3.6.26)

17875 (武田薬品工業), 17876 (日本カーリット)

駐車場・道路・運動場・鉄道軌道内・宅地・雑草生育期 (草丈 30~50 cm): 3 回以内

ワタアブラムシの薬剤抵抗性

静岡県農業試験場 さい とう つとむ
西 東 力

はじめに

ワタアブラムシに薬剤抵抗性が発達していることは、日本植物防疫協会が1974年に実施したアンケート調査によって既に確実視されていたが(浅川, 1975), これが全国的に顕在化したのは1980年代になってからである。静岡県においてもこのころから施設栽培のイチゴ, メロン, キクなどで殺虫剤の効力低下が問題になりはじめた。そこで, 1987年から3か年間, 農林水産省「地域重要新技術開発促進事業」の援助を受けて, ワタアブラムシの薬剤抵抗性について検討した。ここでは, その成果を中心に本種の薬剤抵抗性の実態と抵抗性発達に関与するいくつかの要因を述べてみたい。

なお, アブラムシ類における薬剤抵抗性発現機構の研究は, ワタアブラムシよりモモアカアブラムシで進んでおり, その概要は既に浜(1981, 1987)が本誌に紹介している。

I 薬剤抵抗性の実態

アブラムシ類の薬剤抵抗性検定は, 浜(1987)が標準化した虫体浸漬法によって広く実施されている。これとは別に, 有機リン剤の分解・解毒に関与しているエステラーゼ(SUN et al., 1987; TAKADA and MURAKAMI, 1988, HAMA and HOSODA, 1988)の活性を個体ごとに測定して抵抗性を判定する手法(HAMA and HOSODA, 1988)も確立されている。個体群の有機リン剤抵抗性を酵素活性により調べる方法は, 供試個体数が少なくても抵抗性水準の目安が付き, またその個体群がどのような個体で構成されているのかがわかる利点もある。これらの手法によってワタアブラムシの薬剤抵抗性が検討された結果, いくつかの特徴が浮かび上がってきた。

1 有機リン剤, カーバメート剤抵抗性

有機リン剤, カーバメート剤の殺虫力低下の程度は各剤一様ではなく, 依然として高水準の殺虫力を示すものから殺虫力が著しく落ちているものまで様々である。しかし, この殺虫力の高低のパターンは個体群が違ってもあまり変わらない。例えば, 有機リン剤の場合, DDVP, サリチオン, DMTP, PAPなどは殺虫力が比較的高く, 実用上の防除効果も期待できるが, DEP, チオメトン, プロチオホス, バミドチオンなどの殺虫力はかなり低下しているようである。これを薬剤の化学構造との関連で見ると, ホスフェート型とホスホロチオエート型は殺虫

力が高く, ホスホネート型とホスホロチオエート型は殺虫力が低いという傾向が認められる(谷口, 1985; 西東, 1987)。また, ホスホロジチオエート型には殺虫力の高いものから低いものまでがみられる。

カーバメート剤にはカルボスルファン, メソミル, NACなど殺虫力の高いものが多いものの, アブラムシ類の専用剤とされてきたピリミカーブの殺虫力は著しく低下しているもようである(西東, 1987)。

2 合成ピレスロイド剤抵抗性

合成ピレスロイド剤は1983年に上市された比較的新しい殺虫剤で, 当初, 有機リン剤やカーバメート剤抵抗性のワタアブラムシに対しても卓効を示すとして注目された。しかし, 最近, 高度の抵抗性を獲得した個体群が各地で問題になり始めている。

1989年8月, 静岡県のキクでペルメトリンの LC_{50} 値が1,600 ppm以上を示す抵抗性個体群が確認された(西東, 1990 b)。この個体群はペルメトリン以外の合成ピレスロイド剤(フェンバレーレート, フルバリネート, トラロメトリン)に対しても抵抗性を示したが, マラソンに対する感受性は比較的高いという特徴をもっていた。圃場試験の結果でも各種合成ピレスロイド剤に防除効果が認められず, マラソンやDMTPなどの有機リン剤には高い防除効果がみられた。これらのことから, 各合成ピレスロイド剤は交差抵抗性の関係にあるが, 合成ピレスロイド剤抵抗性と有機リン剤抵抗性の交差関係は弱いと思われる。

合成ピレスロイド剤抵抗性は, その後, 和歌山県のイチゴや兵庫県のキクでも確認され(浜, 1990), ごく最近では静岡県のハウス栽培のナシ(高橋, 私信)で問題化している。

3 栽培環境との関係

薬剤抵抗性は一般に, 露地より施設内で採集された個体群のほうが高い。これは, 閉鎖環境ともいえる施設栽培条件下においては, 薬剤散布の影響がより強く現れるためと考えられる。

4 寄主植物との関係

ナス科作物よりウリ科作物の個体群のほうが有機リン剤抵抗性が高いという興味ある現象が知られるようになってきた。こうした現象が起こるのは, 本種の寄主選好性(バイオタイプ)が薬剤抵抗性と密接に関連しているためである。

以上に述べた四つの実態のうち, 3と4の事項は本種の薬剤抵抗性の構造を解明する上で重要と考えられる。そこで, これら二点については次に詳しく述べてみたい。

II 薬剤散布の影響

害虫の薬剤抵抗性は、個体群の中に存在する抵抗性遺伝子が薬剤により淘汰され、集積する結果として起こるといわれている。ワタアブラムシの場合もエステラーゼ活性を指標にして、抵抗性発達に及ぼす薬剤の影響が室内実験と圃場実験の両面から検討されている。

室内実験では、低活性個体が主体のジャガイモ個体群をマラソンで処理し、生存虫の酵素活性を測定すると、高濃度区ほど低活性個体が減少する傾向がみられ(表-1)、この生存虫を処理区ごとに増殖させても、酵素活性の個体頻度分布は処理直後のそれと変わらない。以上の実験結果は、薬剤散布によって抵抗性の高い個体を選抜され、その後これらの子孫が増えるために抵抗性が顕在化することを示唆している。

室内実験と同様の現象は、実際に薬剤散布を行った圃場実験でも確かめられた。図-1は2棟のナス栽培ハウスを用いてマラソン剤散布の影響を調べた結果である。ハウスAの場合、薬剤散布を行わなかった栽培前半は寄生密度が急速に増加したが、高活性個体の割合は30~50%の範囲で推移した。栽培後半に薬剤散布を繰り返したところ、寄生密度は散布直後に減少し、その後回復したが、高活性個体の割合は散布のつど少しずつ上昇した。一方、実験開始の直後から薬剤散布を行ったハウスBの場合、高活性個体の割合がすぐに上昇した。いずれのハウスでも、3、4回散布した後は高活性個体のみしか検出されなくなった。以上の結果から、施設という閉鎖環境では薬剤散布のつど、抵抗性の高い個体の割合が増えてゆき、最終的に高度の抵抗性が発現するものと推察される。施設内で薬剤散布を繰り返すと、抵抗性がしだいに高くなることは虫体浸漬法による検定でも確認されて

いる(合田, 私信)。

一方、露地栽培の場合は薬剤散布の影響が現れにくい。露地栽培のナスでマラソン剤を散布すると、高活性個体の割合が増える現象は認められるが、この現象は一時的なもので、しばらくすると散布前の状態にもどってしまう(西東, 1990c)。これは圃場外から低活性の有翅虫が盛んに移入してくるためである。露地栽培における薬剤抵抗性の発現には、有翅虫の飛来量や抵抗性個体頻度、薬剤散布の面積や間隔などの要因が大きくかかわってくると思われる。

III バイオタイプとの関連

ワタアブラムシの薬剤抵抗性検定を進めていくうちに、寄主植物との関連を疑わせるような傾向がみられてきた。最も顕著な傾向は、ウリ科作物から採集した個体群は有機リン剤抵抗性とエステラーゼ活性が高く、ナス科作物の個体群ではこれがいずれも低かったことである(図-2)。同様の傾向は、実験的にキュウリとナスを混植

表-1 マラソン処理後の生存虫における
エステラーゼ活性の個体分布(西東, 1990c)

エステラーゼ活性 (nmol/10分/ μ gタンパク)	マラソン処理濃度(ppm)			
	500	100	50	0
	(104)	(103)	(97)	(104)
0~10			22	95
10~20		1		1
20~30		2	1	
30~40	1			
40~50		1	1	1

()内の数値は供試個体数。

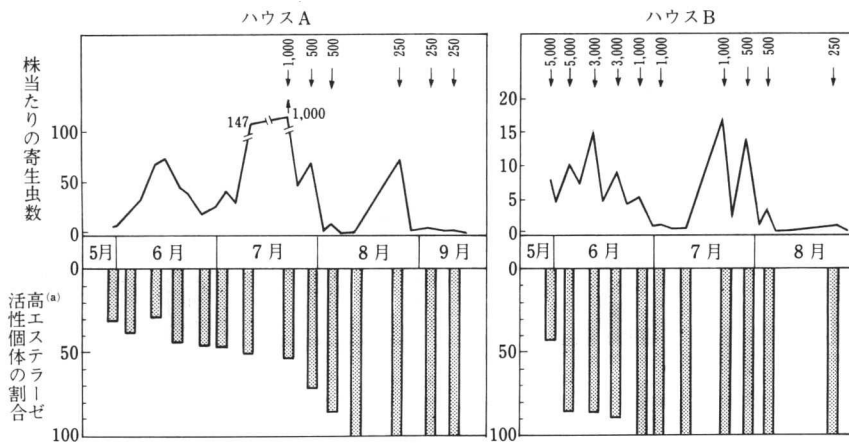


図-1 ハウス栽培のナスにおけるマラソン剤散布の影響(西東, 1990c)

矢印は、散布時期とマラソン剤(50%)の希釈倍数を示す。

a) >50 nmol/10分/ μ gタンパク

した場合にも認められた。こうした現象は薬剤淘汰だけでは説明できず、薬剤抵抗性が寄主植物と関連していることを示唆している。

稲泉 (1985) によれば、わが国のワタアブラムシには寄主を異にする少なくとも四つのパイオタイプがある。すなわち、①不完全生活環のタイプ：オオイヌノフグリやホトケノザなどで胎生雌のまま越冬し、春以降、各種農作物などに寄生、②ムクゲを主寄主とする完全生活環のタイプ：ムクゲ上で卵越冬を行い、春にジャガイモやサトイモなどに寄生、③ツルウメドキやクロウメドキを主寄主とする完全生活環のタイプ：主寄主上で卵越冬を行い、サトイモなどに寄生、④アカネのみに寄生する非移住型完全生活環のタイプ：アカネだけで一年中生活、などである。このうち、①のタイプが農作物に最も多く寄生するとしている。そこで、春先、オオイヌノフグリで採集した個体をメロンとナスに同時に放飼し、増殖個体のエステラーゼ活性を測定したところ、メロンからは酵素活性の高い個体が、ナスからは酵素活性の低い個体が検出された(図-3)。この実験結果は、前述のパイオタイプ①のなかにウリタイプとナスタイプの二つの異なるパイオタイプが混在しており、越冬後、それぞれ違う農作物に移動、定着することを示している。しかも、両者の酵素活性が大きく異なるため、寄主植物と薬剤抵抗性が密接に関連してくるのである。

本種にウリタイプとナスタイプが存在することは寄主転換試験でも確認できた。ウリ科作物由来のクローンをナスやジャガイモに、ナス科作物由来のクローンをメロンやキュウリに接種した場合は元の植物に比べて産子数が著しく減少し(表-2)、産子された幼虫の発育も悪かった。したがって、両者が寄主選好性の異なる別々のパイ

オタイプであることは明らかである。ただし、ナスタイプの中にはウリタイプに匹敵するような高い酵素活性を有する個体 (E-10) も低頻度ではあるが存在している(表-2)。ナスで見いだされる高活性個体は春より秋に多くなるが(浜ら, 1988), その原因は不明である。

イギリスではキュウリとキクに寄生するワタアブラムシはそれぞれパイオタイプが異なり、ピリミカーブに対する抵抗性も前者より後者のほうが高いという (FURK et al., 1980)。わが国ではウリタイプとナスタイプ以外に農作物を中心としたパイオタイプの整理が十分でなく、キュウリとキクの関係は判然としない。しかし、キクにはウリタイプ、ナスタイプとも比較的よく定着し、またイチゴにも両タイプ(表-2)をはじめ、キク、ミカン、ナシ、オオイヌノフグリ、ホトケノザ、ナズナ、ムクゲなどから採集した個体がよく定着するという実験結果を得ている。さらに、キクとイチゴで採集した個体群からは高活性と低活性の両方の個体が検出され、酵素活性の頻度分布が明りょうな2山型を示す特徴も認めている(図-2)。こうしたことから、キクとイチゴには様々なパイオタイプが寄生している可能性があり、両植物は多様な抵

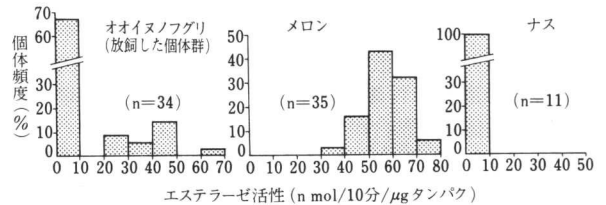


図-3 オオイヌノフグリ個体群からメロンとナスに定着した個体のエステラーゼ活性 (西東, 1991 a)

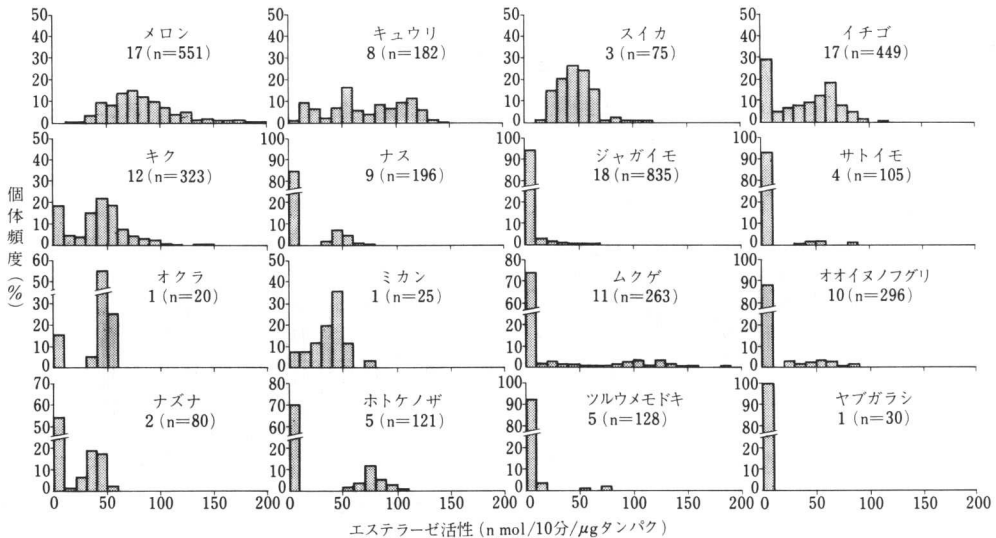


図-2 寄主植物別のエステラーゼ活性 (西東, 1990 a)
図中の数値は供試個体群数

表-2 寄主転換による産子数(有翅虫当たり)の変化(西東, 1991a)

接種したクローン ^{a)}	接種先の植物				
	メロン	キュウリ	ナス	ジャガイモ	イチゴ
M-1 (92)	74	89	0	24	60
M-2 (82)	110	106	0	4	42
C-1 (72)	93	89	0	0	49
E-1 (5)	0	18	82	67	53
E-10 (56)	8	19	88	62	54
P-1 (4)	7	32	88	88	49
S-1 (65)	1	6	18	22	37
S-2 (56)	0	9	40	21	29

^{a)} アルファベットは採集した植物を示す(M=メロン, C=キュウリ, E=ナス, P=ジャガイモ, S=イチゴ), ()内の数値はクローンのエステラーゼ活性 (nmol/10分/μgタンパク).

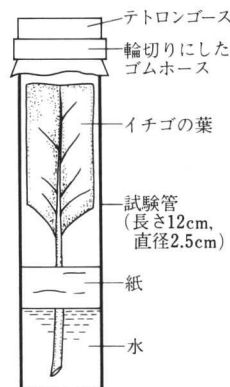


図-4 イチゴを用いたワタアブラムシの飼育容器

抗性遺伝子の温床とも考えられる。いずれも植物体が一年中存在し、しかも本種の胎生越冬源ともなっているため、ここで温存された抵抗性遺伝子は薬剤散布によって容易に顕在化するであろう。事実、キクとイチゴの場合、有機リン剤やカーバメート剤抵抗性がウリ科作物より高い個体群が多く(西東, 1989), また前述したとおり合成ピレスロイド剤抵抗性もまずキクとイチゴで表面化している。

ちなみに、筆者はイチゴのこのような性質を利用した簡便な飼育法(図-4)によって、各寄主植物由来のワタアブラムシをクローンで保存している。イチゴで飼育した個体は小型化し、黄色を呈するようになるが、元の寄主植物に戻してやればサイズ、体色とも復元する。イチゴの葉片はメロンやナスなどよりはるかに長持ちし、18~20°Cで飼育した場合は1か月間に1回程度の餌替えでよい。

バイオタイプとの関連では、モモアカアブラムシ(松本・辻, 1979; 中須賀, 1987)で知られているような体色と薬剤抵抗性の関係が残されている。ワタアブラムシの場合、クローンで調べた体色は温度によって変化し、低温では暗色個体、高温では黄色個体が多くなるが、体色変化に伴うエステラーゼ活性の変動は認められなかった(西東, 1991b)。また、メロンに発生した個体群を暗色個体と黄色個体とに分け、それぞれの酵素活性を調べても差が認められなかった。これらの結果から、一応、体色は有機リン剤抵抗性と関連していないと思われる。しかし、有翅虫の飛来源が異なると体色も違ってくる(稲泉, 1985)ため、体色変異が薬剤抵抗性の異なるバイオタイプに起因している場合は、ある特定の体色を呈する個体が高い抵抗性を示す可能性もある。ただ、そのような事例はこれまで知られていない。

おわりに

ワタアブラムシの薬剤抵抗性には薬剤の影響ばかりで

なく、本種のバイオタイプも深く関与していることが明らかになってきた。バイオタイプの問題は生物学的見地から興味あるテーマであるが、本種の薬剤抵抗性の構造を解明する糸口の一つとしても注目される。今後、農作物を主体としたバイオタイプの類別と、その簡易な識別法の開発が必要になってこよう。

アブラムシ用の IGR 剤はこれまでなかったが、最近、ワタアブラムシやモモアカアブラムシに対して IGR 剤様の活性を示す化合物が開発されている。こうした薬剤の早期の実用化が期待される。

最後に、この研究事業の推進に協力してくださった関係機関の各位に深く感謝する。

引用文献

- 1) 浅川 勝 (1975): 植物防疫 29: 257~261.
- 2) FURK, C. et al. (1980): Pl. Path. 29: 191~196.
- 3) 浜 弘司 (1981): 植物防疫 35: 21~26.
- 4) ——— (1987): 同上 41: 159~164.
- 5) HAMA, H. and A. HOSODA (1988): Appl. Ent. Zool. 23: 109~112.
- 6) 浜 弘司ら (1988): 応動昆中国支会報 30: 75 (講要).
- 7) ——— (1990): 植物防疫 44: 394~397.
- 8) 稲泉三丸 (1985): 同上 39: 426~430.
- 9) 松本奎吾・辻 英明 (1979): 応動昆 23: 92~99.
- 10) 中須賀孝正 (1987): 九州病虫研報 25: 122~125.
- 11) 西東 力ら (1987): 関東東山病虫研報 34: 155~156.
- 12) ——— (1989): 応動昆 33: 204~210.
- 13) ——— (1990a): 同上 34: 37~41.
- 14) ——— (1990b): 同上 34: 174~176.
- 15) ——— (1990c): 同上 34: 309~314.
- 16) ——— (1991a): 同上 35: 145~152.
- 17) ——— (1991b): 関東東山病虫研報 (印刷中)
- 18) SUN, Y. Q. et al. (1987): Acta Entomol. Sinica 30: 13~20.
- 19) TAKADA, H. and Y. MURAKAMI (1988): Entomol. exp. appl. 48: 37~41.
- 20) 谷口達雄 (1985): 関西病虫研報 27: 56.

研究放談室 (3)

研究課題と方法

小野小三郎

ずいぶん古い話であるが、私は当時発売され始めたばかりの、一眼レフ、アサヒペンタックスというカメラを手に入れた。その前は一眼レフではない、近距離撮影のできないカメラだったので、植物の細かい部分などは写せなかったのが、一眼レフとなると、チョットした付属品をつければ、近距離撮影、拡大撮影、顕微鏡にくっつけての撮影までが可能になった。その頃、私は北陸農試におり、イネの病害なら、何でも撮りまくろうとしていた頃なので、このカメラの活躍は大変なものだった。おそらく、私には“カメラキチ(狂)”のあだ名ぐらいはついていたかもしれない。

ある結婚したての男がカメラを買った。新婚の2人は、よく出かけては、カメラを活用していた。子供が生まれた頃からは、その熱が極度に高揚して、毎日のように子供を写していた。こんな風景はどこにでもある。ところが二人目の子供になると、そう沢山は写さない。子供達が少し大きくなった頃からは、カメラは押入れの中で大アクビをしている。というのも、大体定まったコースのようだ。

ある農試で、最新型の電子顕微鏡を設置した。使用方法は某大学に習いに行き、少なくとも一人は電顕操作のベテランになった。そこまではよい。が、さあそれで、何を見るのだ、と考えたときにハタと困った。ウイルスを見るのをネライにはしていたのだが、ウイルスの構造というテーマで、かなり突っ込んでいる大学教授もいる。イネのウイルスはどこで、マメ類のウイルスはどこで、既にやっていると考えると、何をネライにして電顕を使えばよいのか。仮に電顕を用いて、ウイルスを同定し、それが何病と確信をもって、それが実用性と、どうつながるのか、などと考えてくると、電顕を大げさに、引っぱり出すこともないじゃないか、などとつい消極的になる。こんな話を聞いたことがある。

大体、研究の重要な要素に、目標と方法がある。目標とは研究課題で、これには、植物病害の形態学的研究などという、雲をつかむほど大きな漠とした問題もあるし、

“イネミズゾウムシに対する〇〇(農薬)の効果”といった比較的具体的な課題もある。方法は課題を解明するための手段であり、電顕や大がかりな化学分析も必要になるが、場合によっては物指1本でも、すばらしい研究ができることもある。目標(研究課題)が既に定まっている場合もあるし、大ざっぱな方向は定まっても、具体的な細目は定まっていないこともある。ときには課題が全く決まらず、何をやったらいいかと頭をかかえていることもある。また、目標は明確に決まっているのだが、どこから手をつけたらいいか、どんな方法を用い、どんな機械を用いればよいのか、見当がつかずに悩むこともある。

目標と方法の関係では、三つの場合が考えられる。一つは、目標も定まっているし、方法も分かっているという場合で、これなら大いに実行さえすればいいので、極めて順調な進捗が期待できる。イネの病害の写真を撮りたい、それに都合のよいカメラを手に入れたというような場合である。二つ目は、目標はシャンと立っているのであるが、それに合った設備がないとか、研究方法が分からないという場合。三つ目は設備、機械も整っているし、研究をするための腕も十分あるのだが、研究課題が見つからないという場合である。もう一つ、目標も定まらず、方法も皆目分からないという場合もあるだろうが、これはまあ論外ということにしておこう。

研究方法は大切である。良い方法、新しい方法が考えられれば、研究は急速に進む。が、病害の研究や虫害の研究などには、まず知っておかねばならない基礎的な方法がある。これらは、例えば、植物病理実験法とか昆虫実験法とかという本を見れば大よそは分かる。また少し他の分野にも、またがるものとしては、植物生理実験法、生化学実験法、気象実験法、応用推計学などの本を見れば、十分頼りになる。もっと詳しい方法、あるいは最も新しい方法は、各個の論文の“材料及び実験方法”といった項目の中に記されているから、いくつかの専門の近い論文を読むと了解することが多い。その方法をそのまま借用できる場合も多いが、作物が違い、対象の病害虫が異なっていると、少し物足りない感じがする場合もある。実験方法が、真にネライに合致して、研究に精彩を加えるようなもの、となると、他人の考えた方法では不満なことが多い。そのときは脳漿をしぼって、適当な方法を考案せねばならない。大学や農試などを訪れて、実験室を見学することは、この上もなく有難く楽しいものであるが、こんな時、妙な、見たこともない、粗末な道具や機械などがあると、私はハットする。真に考え方の

新しい道具や機械は、まだ試作の段階で、市販はまだできていないはずである。つまり、あまり上手でない手製の道具なのである。そのため、あまり見ばえはよくないが、そのかわり、まだどこにもない、世の中に唯一の存在である、貴重なものなのである。こういうのに接すると、ここの研究者は、なかなかやるなあ、と頼もしく思われ、成果を期待する気持になる。ピカピカの高級機械（もちろん購入した）が、ずらりと並んでいるのも威容ではあるが、独創性に対する尊敬の念は、あまり湧かないこともある。

電顕が使われ出したり、生化学の研究方法が広まったり、また昆虫の人工飼育法が生まれたり、バイオテクノロジーが動き出したあたりは、その方面の研究は、目ざましい進歩をとげたものである。新しい方法、新しい実験機械のもつ意義はまことに大きいと言わねばならない。研究者は実験方法を理解し、知っていることは、いよいよ研究にとりかかったときの強力な武器になる。

問題は、研究しようという目標が定まらない場合である。目標が定まっていれば、研究方法は実験法の本を探したり、近似の論文にあわてて目を通したり、それでもだめなら、先輩や友人に相談をかけてもよい。しかし、何を研究すればよいのか見当のつかない時には、どうしようもない。研究機関への新入生などは、目標選定の悩みはないかもしれない。大学では先生が課題を与えてくれるし、多くの研究機関では上役の人達が、沢山の研究課題を準備しているだろうから、何をやるかは考えずにすむ。

世の中には沢山の本や論文が出ているが、これらにはみな、こういうことが分かったという、いわゆる既知知識が盛られている。ここが分かっていない、これは知らない、この問題はこれから研究すべきだ、という問題は大体書かれていない。つまり、これからの研究課題は何かということは、自分で考えなければならない。ここが分かっていますよ、という本を書いたら、世の中の役に立つだろうね、などとよく雑談に話すことがあるが、こんな本は書くことも難かしいし、書いても売れもしないだろう。研究課題には、まず独自性がなければならない。その料理の方法、つまり研究方法もユニークでなければ、人を驚かすような、独創性のある研究はできないはずである。

創造的な研究というものは、研究者の個性と切り離すことができない。オレでなければできない研究、彼らしい研究でなければ真に創造的な研究ではない。そのため研究課題、特に、ここを念入りに究明したいと考えると、その人らしい研究である必要がある。誰がやっ

ても同じような結論の出る研究は創造的ではないし、工場で大量生産されるものに近いものである。

新しい考え方、新しい研究方法が世の中から、認められ始めたとき、それをトーマス・クーンは“パラダイム”と呼んだ（トーマス・クーン著、中山茂訳：科学革命の構造、みすず書房、1971）。新しい方法でも、誰も承認しないうちは、パラダイムとは言わない。条件としては、一部の人間、あるグループが、これを承認したときにパラダイムと呼ばれる。このパラダイムが科学界に全面的に認められ、みんなが当り前のこととして用いるようになったとき、それは“通常科学”と言われる。あるパラダイムの創始者、あるいはパラダイムのキッカケになる研究は、初めは学界から無視されるか、軽蔑されるか、または危険視されたものである。従来、つまり通常科学からすれば異端者、反逆者であるから、当然である。が、この考えに同調者がぼつぼつ出てき、何とか隅このほうに市民権を得ようになると、あとは同調者が増し、安心して、万人が信頼できる科学、通常科学になっていく。

ペーパークロマトグラフィー、アイソトープ利用の実験、シミュレーションによる発生予察、電子顕微鏡、推計法、バイオテクノロジーなど、新しい研究方法はたいして、初めは批判されながら、徐々にパラダイムになり、通常科学になっていったものである。通常科学がしばらく続くと、それでは何となく、あきたらなくなる人がいる。そこで、少し変わった方法、反逆的方法が用いられる。これが、あるグループに承認され、利用されると、しだいにパラダイムになっていく。電顕とか推計法などのような大きなものではなくとも、菌の培養法、昆虫の飼育法、線虫の分離法など小範囲に用いられる方法などでも、創始者、改良者、同調者などの順で広がり、しだいに確固たる方法として、多くの人達に利用されるものになる。これが思想や方法の定着ということであろう。すなわち通常科学化したことになる。

科学の研究は、出来ればパラダイムの創始者を目指したいものである。がそんな研究課題が、どこにころがっているのだろう。新しい考えは従来の学説から論理的に引き出されることは少ない。偶然に現れた事象の中に、ハッと気がつくことが多い。研究課題は他人に聞いても教えてくれない。いや教えてはくれるかもしれないが、自分の個性に合致したものには、なかなか当たるものではない。一方、大学の卒業論文の課題が、その人の生涯の学問になることもあるが、それは、その課題に、その人らしい創意工夫を積み重ねたに違いない。

植物防疫基礎講座

イチゴの萎ちょう性病害/見分け方・発生生態・防除(3)

佐賀県農業試験場 ^{まつ}松 ^{ざき}崎 ^{まさ}正 ^{ふみ}文
 日本曹達株式会社榛原農業研究所 ^{もり}森 ^た田 ^{ひとし}備

I 疫 病

1978年8月、佐賀県及び福岡県下の促成イチゴ栽培地帯の各地で、疫病菌によって育苗期のイチゴ苗が萎ちょう・枯死し、本圃定植時には苗不足を招くという大きな被害が生じた(松崎ら, 1979; 松崎ら, 1980)。このことは、静岡県においても報告された(鈴井ら, 1980)。クラウン及び葉の病患部から分離された疫病菌の性質と形態から、病原菌は *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* と同定された(松崎ら, 1980; 鈴井ら, 1980)。

なお、イチゴ疫病には病原菌として *P. cactorum*, *P. nicotianae* var. *parasitica* 及び *Phytophthora* sp. (*P. citricola* に酷似)の3種の疫病菌が記載されているが、本稿では発生時期及び症状が炭そ病と類似する *P. nicotianae* var. *parasitica* について述べることにする。

1 症状

本病は育苗期の苗に8月上旬の高温時に初発生がみられ、8月第5～6半旬に最も激しくなり、9月に入って気温が下がってくるとともに減少する。また、本圃定植後の11～12月に再び少発生することもある。

症状はクラウン及びクラウンから根の基部、さらに根節、葉柄にもみられる。クラウンは初め暗褐色を呈し、症状が進行するにつれ萎ちょうし、その後立ち枯れを起こす。このような症状を呈した株のクラウンを切断すると、その横断面は外表部から中心部に向かって褐変が進行している。疫病菌に侵されたクラウンは、このように炭そ病のそれとよく似た症状を示している。

また、葉の初期病斑は黒色で、形は紡錘形・だ円形あるいは長だ円形で、病患部はやや陥没している。空気湿度が高いと病斑は拡大して、不定形暗褐色の病斑となり、トマトやジャガイモの疫病に類似し、新葉でえ死がみられることもある。

2 病原菌の形態及び分離

菌糸は透明・無隔膜で、所々に膨らみがみられる。遊走子嚢(分生孢子)は卵円形～洋ナシ形で、大きさは

25～50×20～40 μm (WATERHOUSE, 1970) で、乳頭突起が顕著であり、直接及び間接発芽を行う。有性器官は培地上で培養した場合、単一菌株では形成がみられず、採集場所の異なる菌株を対峙培養させた場合にのみ形成がみられる。本病の菌糸は10～35°Cの範囲で伸長し、発育適温は30°C前後であり、35°Cでもよく伸長する。

本病菌はイチゴ苗のほか、トマト、ナス、ピーマンの苗及びトマト、ナスの果実に病原性を示す。特に、ナス果実に接種した場合、病斑上に気中菌糸を顕著に形成し、ナス綿疫病と同じ症状を呈する。

本病菌の分離は、罹病組織を大きめに切り、次亜塩素酸ナトリウム0.25%溶液に数分間浸漬後水洗して殺菌濾紙上で水滴をとり、さらに細片に切り出すか、または殺菌せずに罹病組織を細片に切り出し、ナス果実に埋め込み25～30°Cに置き、2～4日後に果実の腐敗部(茶褐色の脱色したような病斑、のち、白色のカビが生える)の一部を切り出すかして、2%素寒天(WA)平板培地に置床し、20～25°C下に置く。WA培地上では粗に生育するため、伸長してきた菌糸を実態顕微鏡下で単菌糸分離し、V-8ジュース寒天斜面培地に保存する。

3 簡易検定法、特に炭そ病との識別

前述したように、本病菌はナス果実に強い病原性を示すことから、ナス果実を用いての本病の簡易検定法(松崎・菅, 1980; 松崎ら, 1983)で診断するとよい。すなわち、萎ちょう・立ち枯れを起こした株のクラウンを切断し、その横断面の症状を観察する。その横断面が外表部から中心部に向かって褐色となって、症状が進行しているのを確認する。その褐色部分から小片(1株から4～5mm立方のものを約10個取る、殺菌処理不用)を切り、ナス果実(市販のものでよい、新鮮なもの)の表皮にカミソリで切り目を入れ、1果実に4～6個の切片を埋め込む。小片を埋め込んだナス果実を、25～35°C(夏の室温)で湿室状態(埋め込んだナス果実をポリ袋などに入れ、多湿にするか、さらにその中に水で湿した綿を入れて過湿にする)に2～4日おく。本病菌による萎ちょう・立ち枯れであれば、2～4日後に小片を埋め込んだナス果実が茶褐色となって腐敗(脱色したような病斑)しはじめ、そこに白いカビが生え、綿疫病と同じ症

状になる。詳細については、松崎らの報告を参照されたい。

4 防除方法

本病は1979年に発見された新しい病害であるので、登録農薬は現在のところない。したがって、本病による被害を回避するためには耕種的防除法しかない。すなわち、①無病圃から採苗する。また、育苗床は汚染していない圃場を選定する。②育苗床に水がたまらないようにする。また、育苗期には朝夕灌水をするので、畝面はもとより、畝間にも水がたまらないように心がける。③灌水する場合は土壌粒子が水とともに飛び散らないよう、ていねいに行う。④発病株は直ちにとり除き、焼却する。

(松崎正文)

引用文献

- 1) 松崎正文ら (1979): 九病虫研会報 25: 32~35.
- 2) ————ら (1980): 日植病報 46: 179~184.
- 3) 鈴井孝仁ら (1980): 同上 46: 169~178.
- 4) WATERHOUSE, G. M. (1970): Mycological Papers 122: 1~59.
- 5) 松崎正文・菅 正道 (1980): 九病虫研会報 26: 45~48.
- 6) ————ら (1983): 同上 29: 33~36.

II 根 腐 病

わが国での最初の発生は1949年ごろで、兵庫県、大阪府、静岡県の露地イチゴ栽培地帯で発病が認められた。その後は1958年ごろからトンネル・マルチ栽培がイチゴ生産の主流になったので、わが国で大発生した本病も、主産地での発病は少なくなった。一部の地域で品種によっては発病が認められた。ダナーが多く栽培されたときには、ダナーは乾燥に弱い品種であったので、ハウス内の畦間に灌漑水を導入し、多湿栽培を行ったため、本病の発生が認められた。その後は裏日本の露地栽培地帯で本病の発生が認められた。現在では露地栽培が主体であったときのように、数10haのイチゴが全滅するようなことは報告されていない。

1 病徴

病徴の現れ方はその年の気象状況、栽培様式によって異なるが、一般に露地では10月頃から根部にはっきりした病徴が認められる。外見上は一見健全にみえる株でも、根は先端からわずかに褐変し、中心柱は赤褐色に腐敗し始めている。地上部にはっきりした病徴が認められるのは、12月中旬ごろからで、12~1月に温暖で降雨の多い年には定植後の生育が不良で、日が経つに従って定植時よりも萎縮したような状態になる。これらの株はその後の成長を停止し、やがて葉縁から赤紫色に変色し始め、株全体が茶褐色になって枯死する。被害株の根は、根端

から1cmぐらいが褐変しているだけであるにもかかわらず、中心柱だけは全部赤褐色に変色しているものが多く認められる。根の中心柱の変色は最初は淡橙色であるが、やがて淡赤色となり、病勢が進むと赤褐色となり、やがて皮層の部分まで褐変する。

2 病原菌の検出法

本病の病原菌は、発生以来十数年間検出されなかった。その原因の一つは足の速い *Pythium* 属菌に影響されていたからであった。検出方法としては水浸法がよく、被害根を表面殺菌し、殺菌水で洗浄後、被害根を約5mmの長さに切断し、Red Stele (赤褐色の中心柱)の部分だけを取り出し、殺菌水に浸漬し、14~18°Cの恒温器中に3~6日間静置し、Red Stele上に形成される分生孢子(遊走子囊)を調査する。1963年に行った調査結果は表-1のとおりであった。

形成される遊走子囊は図-1のとおりで、逆洋ナシ型で乳頭突起が全く形成されないものである。

3 分離培養

分離培養はPSA、インゲン煎汁寒天培地、選択培養基(2%ショ糖加用ジャガイモ煎汁寒天培養基にローズベンガル、ストレプトマイシン0.3%液を1l当たり10ml添加したもの)を使用して分離を行った。分離した結果は表-2のとおりであったが、表-2でみられるように、被害根から直接の分離は分離率がきわめて低く、供試根

表-1 Red Stele 水浸による菌の検出結果

標本採集場所	供試根数	検出された菌の種類 (%)		
		<i>Phytophthora</i>	<i>Pythium</i>	菌糸のみ
静岡県静岡市	28	43	75	18
静岡県島田市	24	33	42	13
大阪府池田市	106	55	26	40
兵庫県宝塚市	23	65	48	0

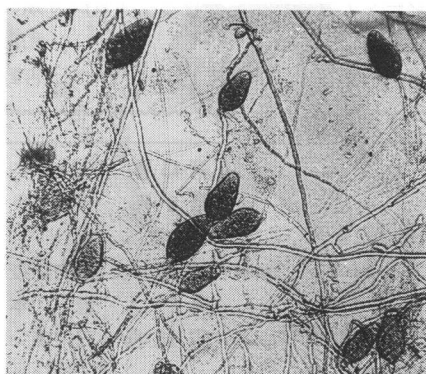


図-1 水浸法により形成された遊走子囊

表-2 Red Stele からの分離培養結果

標本採集場所	供試根数	分離された菌の種類				その他
		<i>Phytophthora</i>	<i>Pythium</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Rhizoctonia</i>	
静岡県静岡市・島田市	256	1	39	14	9	14
神戸市*	73	86	16	0	1	12
池田市*	35	51	9	6	9	29
宝塚市*	50	10	2	10	8	72

* 被害根を殺菌土壌に混入し、イチゴを定植し再発病させたのちに分離。

256本に対し、*Phytophthora* の分離されたものは、1本であった。これに比べ、被害根を殺菌土壌に混入し、これにイチゴを植えて再発病させた被害根からは高率に *Phytophthora* 菌が分離された(表-2の神戸、池田、宝塚のもの)。このように、分離する被害標本の良し悪しが、分離率に大きな影響を及ぼすものと思われる。選択培地での分離では *Phytophthora*、*Pythium* はほとんど分離されなかった。培養は20°Cの恒温器内で行った。

4 病原菌

病原菌は *Phytophthora fragariae* HICKMAN で、生育適温22°C、生育最適pHは6.0~6.7、菌糸は透明で隔膜がなく、また遊走子嚢は一般に逆洋ナシ形で乳頭突起がなく、大きさは平均 $58.7 \pm 11.1 \mu \times 32.8 \pm 7.7 \mu$ で、15°C

で最もよく形成された。遊走子は43~45個が射出され、大きさは10~12 μ で片側に溝のあるだ円形であった。蔵卵器はRed Steleの組織中に認められ、基部が漏斗状の不規則な楕円形で、黄褐色、平滑で、大きさは平均 $54.0 \pm 12.0 \times 36 \pm 5.2 \mu$ であった。蔵精器は頂生で底着性、形は不規則なだ円形、円形、または不正形で、大きさは平均 $22.0 \pm 4.1 \times 16.3 \pm 2.5 \mu$ であった。卵孢子は蔵卵器中に一つで、円形またはだ円形で黄褐色、大きさは平均 $31.6 \pm 3.4 \mu$ であった。

5 防除法

耕種の防除法が本病にきわめて有効であることは既に述べたが、現在では殆んど栽培がハウス・マルチ栽培であるので、本病による被害は自然と耕種的方法により回避されていることになる。ただし、灌水方法、例えば畦と畦の間に灌漑水を導入するような、多湿になる栽培をすると、ハウス・マルチ栽培でも本病が多発するので注意しなければならない。

(森田 儔)

引用文献

- 1) HICKMAN, C. J. (1940): Jour. Pomal. and Hort. Sci. 18: 89~118.
- 2) 森田 儔 (1975): 静岡農試特別報告11号 1~59.

次号予告

次9月号は下記原稿を掲載する予定です。

特集: 熱帯のイネ・ウヅカ類

- 西ジャワ北部平野におけるトビイロウンカの個体群特性 沢田 裕一
- インドネシアにおけるトビイロウンカの生命表分析 沢田 裕一
- インドネシアにおけるツングロ病とその媒介昆虫ツマグロヨコバイの発生生態 鈴木 芳人
- マレーシア直播水田におけるイネウヅカ類の発生生態 和田 節
- 褐色米の病名採用について 吉野 嶺一

野菜病害に対する薬剤の圃場試験の実際

田中 薫

野菜害虫に対する薬剤の圃場試験の実際

森 克彦

植物ウイルス分類の現状と問題点

都丸 敬一

研究放談室(4)一共同研究一

小野小三郎

植物防疫基礎講座

イチゴの萎ちょう性病害/見分け方・発生生態・防除——根腐萎ちょう症・根腐線虫病——

坂口 荘一・西沢 務

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45巻
第8号

平成3年7月25日印刷
平成3年8月1日発行

定価600円 送料51円
(本体583円)

平成3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3年
8月号

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)

発行所

東京都豊島区駒込1丁目43番11号 郵便番号170
社団法人 日本植物防疫協会
電話・東京(03)3944-1561~6番
振替 東京1-177867番

(毎月1回1日発行)
— 禁 転 載 —

東京都荒川区西日暮里5-9-8

広範囲の作物の病虫害防除に 農作物を守る! **日曹の農業**

新発売!

●トマト・みかんの病虫害防除に
日曹 ゲッター
●広範囲の病虫害防除に
日曹 フロンサイド
●水稻用新種子消毒剤
トリフミン[®]乳剤

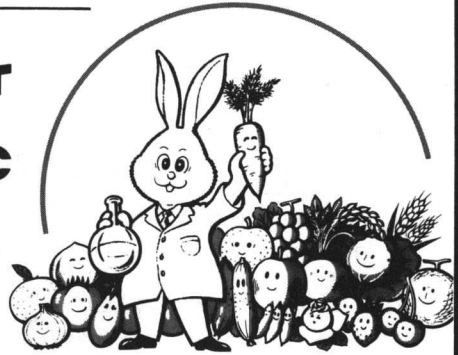
●べと病・疫病・細菌病の防除に
日曹 アリエッティホルド
●芝・たばこ・花の病虫害防除に
日曹 プレピクールN
●落葉果樹の病虫害総合防除に
ルミライト

●ハダニ・アブラムシ防除に
日曹 プロカーブ
●ハダニ・スリップス防除に
日曹 ノンマイト
●巨峰の着粒増加に
日曹 フラスター
新 植物成長調整剤

好評発売中!

○果樹・野菜の病虫害防除に
トリフミン
○病害防除の基幹薬剤
トップジンM
○桃・おうとう・すももの灰星病、
野菜・豆類の菌核病・灰色かび病の防除に
日曹 ロニラン
○果樹・野菜のハダニ防除に
ニッソラン

○べと病・疫病の専門薬 /
日曹 アリエッティ
○きゅうりのべと病防除に、
ぶどう・りんご・なしの病虫害防除に
日曹 アリエッティC
○広範囲の害虫防除に
—合成ピレスロイド剤—
日曹 スカウト
○畑作イネ科雑草の除草に
生長期処理
除草剤 **ナブ**



農業は、適期・適量・安全使用



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

しつこい害虫も即OK!

ミナキイロアザミウマ、コナガ、ネギハ、モグリバエ等

難防除害虫に卓効!

オンコル[®] 粒剤 5

特長

- 1 浸透移行性: 速やかに浸透移行し、植物全体を害虫から守ります。
- 2 残効性: 残効期間が長いので、薬剤散布回数を減らすことが出来ます。
- 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。

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

いよいよだな!!
お母さん



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と枯
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
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 $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{10}$)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、散布要領を変えることなく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式会社

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) 3287-1251

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。



© 米国モンサント社登録商標

★ 日産化学

奏でるのは、
実りの前奏曲。
プレリュード



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

新登場



実りのプレリュード・種子消毒剤
スポルタック[®] 乳剤

●プロクロラス 25% SPOR-TAK[®]

Fは旭エンユーリングAGの商標登録



ダニ専科。

「アプロード」を生んだ日本農薬の技術が、いま、さらに画期的な新殺ダニ剤を完成させました。

(新発売) 新規殺ダニ剤



ダニトロン[®]
フロアブル

®:「ダニトロン」は日本農薬株式会社の登録商標です。

チクソトローピー
性を有する
高品質処方



日本農薬株式会社
東京都中央区日本橋1丁目2番5号

資料請求券
ダニトロン
植物防疫

ニコッ。ハハッ。ウフフツの明日へ。



除草剤

MO粒剤-S・ショウロンM粒剤・シンザン粒剤

殺虫剤

トレボン粒剤・トレボン粉剤DL・トレボン乳剤
トレボン水和剤・トレボンエアー
オフナックM粉剤DL

殺虫・殺菌剤

トロクロール



地球サイズで考えて

三井東圧化学

東京都千代田区霞が関3-2-5
TEL.03(3592)4616

“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。葉害の心配がない。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

●晩柑類への落ち防止剤。
速効的に効く、りんご・梨の落果防止剤。

マデック 乳 剤

メロンのミナミキイロアザミウマにも
適用拡大

今、話題の

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。

キノドール[®] 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3-1-1 国際ビル4階

明日を見つめて...



省力・低コスト稲作りに!!

●いもち病と重要害虫の防除に

ビームトレボン 粉剤 5DL

ビームラントレボン 粉剤 5DL

●いもち病・紋枯病と
重要害虫の防除に

ビームバンランガード 粉剤 5DL

ビームランバンボン 粉剤 5DL



農協・経済連・全農



自然に学び 自然を守る

クマイ化学工業株式会社

本社：東京都台東区池之端1-4-26 ☎110-91 TEL 03-3822-5130

平成
昭和
二
三
四
年
年
年
八
七
月
月
九
一
二
五
日
日
日
第
三
行
刷
(
每
種
月
郵
一
回
一
日
認
行
可
) 植
物
防
疫
第
四
十
五
卷
第
八
号



除草剤は
長く効くのがいい

除草剤は
速く効くのがいい

両方
使える

Hoechst



速くて、
しっかり

ダブル
W効果の除草剤

- 速く効く、長く効くバスタ
- 人、作物、土、環境に優しいバスタ
- なんでも枯らすバスタ ●使いやすいバスタ

バスタ 液剤

商：ドイツ・ヘキスト社の登録商標

バスタ普及会 石原産業／日本農薬／日産化学

〈事務局〉ヘキストジャパン株式会社 〒107 東京都港区赤坂8-10-16 ☎03(3479)4382

資料請求券
欄

定価 六〇〇円(本体五八三元) (送料五一円)