

ISSN 0037-4091

# 植物防疫

昭和六十三年  
四月二十五日  
印刷  
第四十二卷  
第五号

1988

5

VOL 42

特集号 微生物による病害防除

# 土壤調査、植害テストおよび土壤・肥料・植物などの依頼分析

〈正確・迅速〉

## ●土壤調査、植害テスト

開発地などの土壤調査、土壤図作成および  
汚泥など産業廃棄物の植害テスト

## ●依頼分析

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

## ●花粉・微化石分析調査

古環境、地質時代の解明に顕著な実績を  
あげています

## ●岩石薄片作製・顕微鏡鑑定・X線回折

## ●岩石切断・整形・特殊加工

## パリオ・サーヴェイ株式会社

地質調査業者 質 0-982  
計量証明事業 群馬県 環 第17号

本 社 〒103 東京都中央区日本橋室町2-1 三井ビル本館増築部5F  
TEL 03-241-4566 FAX 03-241-4597  
研究所 〒375 群馬県藤岡市岡之郷戸崎559-3  
TEL 0274-42-8129 FAX 0274-42-7950



＊適用拡大になりました。

＊赤星病／黒点病／＊黒星病  
斑点落葉病／＊すす点病／＊すす斑病

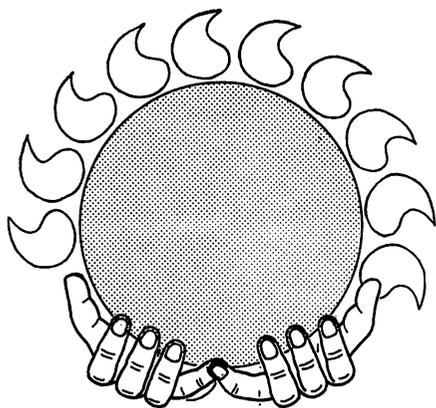
# ピロ/ワツス 水和剤



大内新興化学工業株式会社  
〒103 東京都中央区日本橋小舟町7-4



# 線虫剤と伴に30年



線虫剤の  
トップブランド

## テロン<sup>\*</sup>92



### サンケイ化学株式会社

鹿児島・東京・大阪・福岡・宮崎

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



ホクコーの主要いもち防除剤

**カスラフサイド<sup>®</sup>** 粉剤DL 水和剤

**オリゼメート<sup>®</sup>** 粒剤

**ヒノラフサイド<sup>®</sup>** 粉剤DL 水和剤

いもち病・籾枯細菌病・ウンカ類・  
カメムシ類防除に!

**カスラフトレボン<sup>®</sup>** 混合粉剤DL

イネミズゾウムシ防除剤

**シクロサルU<sup>®</sup>** 粒剤2

水稻倒伏軽減剤

**セリタード<sup>®</sup>** 粒剤

農業会社は“農家”“農作物”“環境”の  
安全を第一に心がけています。



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

# 植物防疫

Shokubutsu bōeki  
(Plant Protection)

第 42 卷 第 5 号  
昭和 63 年 5 月 号

## 目 次

### 特集号：微生物による病害防除

微生物による病害防除の現状と問題点	鈴木 孝仁	1
<i>Pseudomonas</i> 属細菌によるコムギ立枯病の防除	宮島 邦之	5
雪腐小粒菌核病の生物防除	松本 直幸	9
塊茎バクテリアゼーションによるジャガイモそうか病・黒あざ病の生物的防除	谷井 昭夫・堀田 治邦・竹内 徹	13
野菜の疫病菌に対する拮抗細菌	伊阪 実人・岡本 博	19
キャベツ萎黄病に対する拮抗性放線菌の利用	孫工 弥寿雄・野村 良邦	24
イチゴ萎黄病に対する非病原フザリウム菌の利用	手塚 信夫・牧野 孝宏	29
食菌性土壌動物による病害防除—— <i>Rhizoctonia</i> 菌核を摂食するキノコバエを例として——	内藤 繁男	33
VA 菌根菌と病害防除への利用	小林 紀彦	37
新しく登録された農薬 (63. 3. 1~3. 31)	4, 12, 18, 44	44
人事消息	46	46
次号予告		46



## 「確かさ」で選ぶ…バイエルの農薬

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

- さび病・うどんこ病に  
**® バイレトン**
- 灰色かび病に  
**® ユーパレン**
- うどんこ病・オンシツコナジラミなどに  
**® モレスタン**
- 斑点落葉病・黒星病・黒斑病などに  
**® アントラコール**
- もち病・網もち病・炭そ病などに  
**® バイエリホルドウ®**  
(クスラヒットホルテ)
- コナガ・ヨトウ・アオムシ・ハマキムシ・スリップスに  
**® トクチオン**
- ミナミキイロアザムマに  
**® ホルスタール**
- 各種アブラムシに  
**® アリルメート**
- ウンカ・ヨコバイ・アブラムシ・ネタニなどに  
**® タイジストン**
- アスバラガス・馬鈴しよの雑草防除に  
**® センコル**

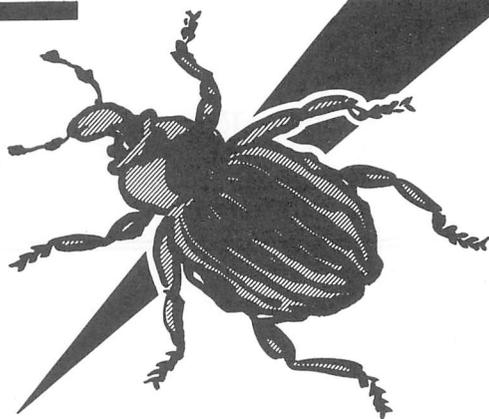


® は登録商標

日本特殊農薬製造株式会社  
東京都中央区日本橋本町2-7-1 ☎ 103



\* 農業は正しく使いましょう。



低コスト稲作に最適！

# 薬剤費が安く、 イネミズゾウムシを 経済的に防除できます。

■育苗箱施用及び床土混和に

## パダン<sup>®</sup>粒剤4

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

■本田の防除には

## パダン<sup>®</sup>ハツサ<sup>®</sup>粒剤

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

# 微生物による病害防除の現状と問題点

農林水産省農業環境技術研究所 <sup>すず</sup> 鈴 <sup>い</sup> 井 <sup>たか</sup> 孝 <sup>ひと</sup> 仁

## はじめに

拮抗現象は 19 世紀後半ごろに認められているが、拮抗微生物の働きを病害防除に利用しようとする試みは、HARTLEY (1921) がマツの苗木枯病の防除のため、拮抗糸状菌を苗床に接種したのが最初といわれている。WEINDLING ら (1932~) の *Trichoderma* 菌の産生する抗生物質に関する一連の研究は有名である。日本における拮抗微生物の報告には、白絹病菌 (遠藤, 1931~)、菌核病菌 (日野, 1935)、紫紋羽病菌 (赤石, 1935) を対象とした研究がある。西門ら (1925) は、トマト青枯病に対する放線菌の利用や、*Trichoderma* の白絹病菌に対する拮抗作用について研究した。この研究は大島 (1966) により、タバコ白絹病に対するトリコデルマ剤の開発へと発展して実用化した。対抗菌剤トリコデルマ粉剤は *Trichoderma lignorum* の胞子を 5 億以上/g 含んでおり、10 a 当たり本剤を 5 倍量の乾燥土と混合してタバコ株元に散布する。当然のことながら他の薬剤と混合しないように注意が付けられている (竹内, 1950)。当時、病害防除を対象として拮抗微生物が商品化されたことは画期的な出来事である。しかし、トリコデルマ粉剤は処理方法、防除効果、製品の管理など生物農薬の特性から、化学農薬と比較して取り扱いが難しい反面、効果がマイルドであり、さらに白絹病の発生は年により変動が大きいために本剤の普及を制限した模様である。当時の経済・農業状況では、生物農薬にあきたらなかつたものと考えられる。環境汚染問題、薬剤抵抗性の出現やその発達、新しい防除薬剤の開発への期待、バイオテクノロジーの発達などから、拮抗微生物に対する関心が高まった。本項では、土壌病害に対する拮抗微生物の研究の概況と問題点について述べるが、本誌で既に紹介されている項目については省略した。

## I 拮抗作用

### 1 抗菌物質

*Pseudomonas* 細菌が生産する pyrrolnitrin は、抗菌活性が高いこと、多くの細菌が産生することから報告例は多い。このほか pyoluteorin, peudane, phenazi-

ne 化合物、*Bacillus* の生産する bulbiformin, bacitaracin ほかに多くの抗菌物質が報告されている。これらの抗菌物質のうち pyrrolnitrin, pyoluteorin については、抗菌物質そのもので処理した場合、この物質を生産する *Pseudomonas* で処理した場合と同じ防除効果を示すことから、*Pseudomonas* による防除効果は産生する抗菌物質によることが証明された。そのほか抗菌物質産生微生物の病害防除効果は、抗菌物質によるものかどうか、抗菌物質が根圏や根面で生産されているのか、病原菌のどの場面に抑制作用を示すか、現在研究が進められている。栃木県で発見されたユウガオつる割病、トマト萎ちょう病 (J3) に対して卓効を示す *Pseudomonas gladioli* pv. *gladioli* は pyrrolnitrin を生産する。この防除効果が、本物質によって説明されるかどうかさらに研究の進展が期待されている。Pyrrolnitrin, phenazine 生産に関する遺伝子は隣接、集団化して配列しているか、プラスミドにリンクしていることがベルギーから報告されており (内記, 1987)、抗生物質生産遺伝子組換えの基礎的データが出始め、新しい微生物改良への期待がもたれている。

放線菌が多くの抗生物質の探索源であることは現在も依然として変わりはない。しかし、放線菌を利用した病害防除の成功例は少ない。これは接種放線菌を土壌に定着、増殖させることの難しさにあると思われる。THAVONEN (1982) や TURHAN (1981) は、*Streptomyces ochraceiscleroticus* の懸濁液を土壌に接種すると、ワタ、トウガラシ、ナスの半身萎ちょう病やスイカ、メロン、キュウリのつる割病の発病を抑制するほか、カリフラワーの *Alternaria bassicola* や *Rhizoctonia solani* による苗木枯病の発病を抑制することを報告した。*S. hygrosopicus* var. *geldanus* は抗生物質 geldanamycin を産生し、この抗生物質を添加すると生菌を処理した場合と同様発病を抑制する (ROTHROCK ら, 1984)。*S. grisoruber* は methyl vinyl ketone, methyl ethyl ketone などの揮発性物質を生産し、*Cladosporium* の胞子発芽を抑制する (HERRINGTON ら, 1987)。日本においても、白紋羽病やキャベツ萎黄病に対して放線菌の利用による病害防除の研究が進められているが、放線菌の土壌中での行動の把握や増殖条件の解明が必要であろう。

Recent Status on Biological Control of Soilborne Diseases. By Takahito SUZUI

糸状菌の生産する抗生物質として、古くから *Trichoderma* 菌が生産する gliotoxin, viridin, trichodermin が知られている。*Gliocladium virens* は抗生物質 gliovirin を生産し、*Pythium ultimum* の生育を阻害する。この抗生物質の生産能を高めた変異株は強く生育を抑制し、生産しない変異株は全く生育抑制作用を示さない (HOWELL ら, 1983)。*G. virens* はワタ立枯病菌 *R. solani* 菌糸に顕著に寄生することから、抑制機構は寄生によると考えられたが、寄生力を欠く変異株を作製したところ、発病抑止力に変わりなく、*G. virens* の寄生性は発病抑制の主要なメカニズムではないことが示された (HOWELL, 1987)。*T. harzianum* は 6-n-pentyl-2H-pyrone-2-one (6-pentyl-pyrone), 6-pentenyl-pyrone などの揮発性抗菌物質を生産し、広い範囲の糸状菌の生育を阻害することが報告され (CLCYDON ら, 1987)、拮抗糸状菌の拮抗作用の検討は幅広く検討する必要を示唆している。

## 2 競争

蛍光性 *Pseudomonas* 細菌は siderophore である pseudobactin を生産し (MISAGHI ら, 1982; TEINTZE ら, 1981)、病原微生物の生育を抑制あるいは発病を減少させる例が多く報告されている (KLOEPPER ら, 1980)。しかし、蛍光性 *Pseudomonas* 2-79 のコムギ立枯病菌生育抑制は、siderophore より抗菌物質 phenazine 化合物によると考えられている。*Pseudomonas putida* の siderophore 生成遺伝子をトランスポゾン Tn5 によって遺伝的に変異させた株を作り検討した結果、五つの遺伝クラスターが必要であることが明らかとなった (MARUGG ら, 1985)。また、siderophore 生成遺伝子を *P. fluorescens* から *P. putida* へ移すことに成功している (日経バイテク, 1987)。

ジャガイモの収量減は土壌病原菌の寄生より未知の HMO (Harmful Microorganisms) によることが多い (BAKKER ら, 1987)。siderophore を生産しない *P. putida* WCS385Sid<sup>-</sup> 変異株はジャガイモの根の発達を促進させないが、siderophore を生産する *P. putida* WCS358 Sid<sup>+</sup> は促進させる。これは根圏で繁殖する有害な微生物 DRB (Deleterious rhizobacteria) または HMO と微生物とのフロラの交換によると考えられている。ジャガイモ根圏の *Pseudomonas* の約 50% はシアン化合物を生産する。根圏で生存している HMO の生産したシアンが植物のエネルギー代謝を阻害していると考えられている。*Pseudomonas* によるシアン化合物の生産は Fe<sup>+++</sup> 濃度により変化し、5 $\mu$ M の HCN はチトクロームオキシダーゼを阻害する。HMO の生産

するシアン化合物の阻害作用が *Pseudomonas* から生産される siderophore によって緩和される仮説が提案されている (BAKKER ら, 1987)。すなわち、HMO のシアン形成能を PGSP (Plant Growth Stimulating *Pseudomonas*) の生産する siderophore により Fe に対する競合作用で阻害し、植物の生育を改善させるものである。今後、このような機作が証明されてきた場合、どのように実用場面に適用していくか、利用技術の開発がこれからの課題である。

蒸気消毒土壌に *Pythium nunn* を接種すると、*P. ultimum* によるキュウリ苗立枯病を抑制する。温度、pH、マトリックポテンシャル、有機物添加などについて両菌の生態学的研究から、この抑制機構は両菌の生態的ニッチの重複からくる競合と考えられた (PAULITZ ら, 1987)。ALBOUVETTE (1986) は、フザリウム萎ちょう病の抑制は病原菌に対する全土壌微生物あるいは病原フザリウム対非病原フザリウム菌などの栄養の競合、また、ELAD ら (1987) は、キュウリ苗立枯病を起こす *P. aphanidermatum* の拮抗細菌は、抗生物質や溶菌酵素を生産しないことから、両者の関係は栄養の競合によると考えた。栄養、場の競合は古くから考えられてきたが、実証的データに乏しかった。拮抗微生物、病原微生物及びこれを取り巻く様々な微生物間の相互作用を数学的モデルを用いた解析が重要となろう。*In vitro* の解析から土壌中の生態の場で考えるようになるにしたがって、この面の研究は避けることができない問題である。

## 3 寄生

*Trichoderma* や *Gliocladium* の拮抗微生物としての働きは、主として病原菌への寄生である。*T. harzianum* は *S. rolfisii* や *R. solani* の菌糸に侵入し、溶解させ、病害の発生を減少させる。抗生物質を生産せず、 $\beta$ -1, 3-glucanase や chitinase を生産し、インゲン、ナス、トマトの苗立枯病を効果的に防除する (HARDER ら, 1979)。また、*S. rolfisii* の菌核にも寄生し、菌核の発芽率と発病抑制との相関が認められている (HENIS ら, 1984)。*T. harzianum* を種子コーティングあるいはフスマ・ピート培養物で土壌処理すると、トマトの *Fusarium* crown rot (J3) の発病を抑制し、増収した。しかし、*Trichoderma* はトマト根圏で増殖するにもかかわらず、*Fusarium* spp. の菌量の減少は認められていない (SIVAN ら, 1987)。*Trichoderma* 利用の問題点は、処理量が多いこと、植物の生育後期にその効果が十分でないこと、施用する環境条件が制約されること、活性を保持させる製品管理が難しいことなどである。*Trichoderma* は、拮抗微生物の中で *Pseudomo-*

nas と並んで研究対象となることが多い微生物である。近い将来、これらの問題が解決されることを期待する。

ELAD ら (1983) は、*R. solani* の菌糸から agglutinin を分離した。*Trichoderma* spp. の菌株が *S. rolfsii* を攻撃する能力は、*Trichoderma* 胞子が接着 (agglutinate) する病原菌のレクチンの能力に関係がある (ELAD, 1986)。*Enterobacter coloacae* は、*Pythium ultimum* の菌糸に着生し菌糸生育を抑制するが、10 mM の sucrose などの糖類を添加すると着生している細菌は離脱される (NELSON ら, 1986)。寄生者が宿主を認識する研究は始まったところである。

#### 4 弱病原性

アメリカグリの胴枯病菌 *Cyphonectoria parasitica* (*Endothia parasitica*) の防除に弱病原菌を用いた報告 (KUHLMAN, 1983) では、この菌株の持つ hypovirulent 因子 dsRNA が病原菌株に移行したためと考えている (Van ALFEN ら, 1975)。*Septoria nodorum* では dsRNA が compatible な菌株へ移行することが証明されている (NEWTON, 1987)。菌糸融合群 AG-4 に属する *R. solani* の生育の遅い異常株から分離された 1.7 Md の線状プラスミド DNA は、ヘアピン構造をしており (羽柴ら, 1986)、当初 1 種類と考えられていたプラスミドは 2 種類、そして新たに 1 種類発見され、合計 3 種類のプラスミドの存在が明らかになった (私信)。また、数種類の菌糸融合群の *R. solani* からプラスミド DNA が見いだされ、その解析が進められている。これらのプラスミド DNA が病原性にどのように関与しているか興味ある点であり、今後の研究の発展に期待するところは大きい。

## II 微生物の生態・利用技術

LUMSDEN (1987) は、メキシコの伝統的農業システムと現代方式の農業の土壌を比較して、伝統的農業土壌では *P. aphanidermatum* の卵胞子の発芽が少なく、発病を抑制しており、この要因を土壌中の生物活性の違いによると推察している。*P. fluorescens* 2-79RN10 菌株は、コムギ根における定着状況と土壌水分の関連で、水を添加しない場合は接種点近くにとどまるのに対し、添加した場合は根の先端にまで分布する (PARKE ら, 1986)。*T. hamatum* では 3 日あるいは 8 日間培養の新しい接種源と 40 日の古いものを比較すると、培養日数の古いものは *R. solani* の生育阻止帯を著しく減少させる (LEWIS ら, 1987)。疫病菌 *P. cactorum* に対する拮抗微生物 *Enterobacter aerogenes*, *B. subtilis* は抗菌物質を生産し菌の生育を抑制するが、殺菌土壌中

で N, P などの栄養を必要とする (GUPTA ら, 1987)。このように拮抗微生物の接種源、接種後の環境条件によって、その活性は著しく変化する。このためそれぞれの特性を十分明らかにするとともに、拮抗微生物が様々な環境下で利用されることから、薬剤耐性を初め環境耐性の強い微生物の開発は必要であろう。特定の優良な拮抗微生物株が選抜された場合にも、これらの微生物が農業生態系の中でいかに定着し、活性を保持させていくか、拮抗微生物処理後の環境管理技術や土壌中の微生物との相互作用のかかわり合いに関する研究が今後ますます必要となろう。微生物の行動を明らかにする手段として、血清学的方法を用いた研究が盛んになってきている。*Verticillium* (GERIK ら, 1987) のエライザ法、*Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (YUEN ら, 1987)、*Erwinia amylovora* (LIN ら, 1987) のモノクローナル抗体の利用、などがある。拮抗微生物対病原微生物の 1 対 1 の関係から、生態の場に合わせた自然生態系の中での多数の微生物、原生動物などのかかわり、非生物的条件に対する反応など、未知の分野はあまりに多い。

薬剤との併用の研究が一番進められているのは *Trichoderma* である。ベノミル剤耐性株によるベノミル剤との併用によるキク萎ちょう病防除試験で *Trichoderma* 単独施用より高い発病抑制効果を認めている (LOCKE ら, 1985)。*T. harzianum* は苗立枯病に効果のあるものの、後半で効かなくなるのは根圏生息能が低いためである。そこでベノミル剤耐性変異株を接種して土壌 1 g 当たりベノミルを 10  $\mu$ g 加えると、*Trichoderma* 根圏生息能が高まった (AHMAD ら, 1987)。また、耐熱性 *Talanomyces flavas* 変異株を用いて、陽熱処理を組み合わせることで *Verticillium* を効果的に防除する例がギリシャから報告されている (内記, 1987)。*Bacillus*, *Enterobacter*, *P. fluorescens* は *R. solani* によるカブ苗立枯病を抑制するが、単独の微生物処理よりも *E. cloacae*, *Flavobacterium balustinum*, *P. fluorescens*, *P. putida*, *T. hamatum* などの組み合わせでより高い効果が得られている (HWOK ら, 1987)。拮抗微生物による防除効果は、化学農業のような抜群でかつ即効的な効果を期待することが難しい。拮抗微生物の導入により薬剤処理量を半減させることができれば、拮抗微生物と他の対策との併用で実用場面への導入が図られよう。洪 (1978) が既に力説しているように、拮抗微生物の利用は総合防除の一環として考えるべきである。

### III 拮抗微生物の探索・評価・改良・安全性

拮抗微生物に関する研究は、多くの研究機関で着手されている。最初に問題となるのが拮抗微生物の探索である。微生物の分離源として、発病抑制土壌、植物根面、根内、病原菌菌体などを対象としている場合が多い。また、各種土壌に病原菌を接種し、発病の少ない土壌からの分離も提案されている(雨宮, 1986)。しかし、トルエン耐性菌株の分離例に見られるように、特定した分離源から必ずしも期待する微生物が得られる保証はなく、様々なところから数で対応するほかはないであろう。次に評価法の問題がある。*in vitro*での抗菌物質の検定方法は、ポット試験における発病抑制効果と一致しないのは常識である。化学農薬開発システムを参考としながら、様々な施用方法による生体を用いた試験(ポット)を実施することが肝要であろう。既知の抗生物質は、6,000種以上知られている。その中で新規抗生物質を探索する手法として、抗生物質多剤耐性菌を選択的に分離することが勧められている(堀田, 1988)。拮抗微生物などを含むとする有機質資材が数多く市販されており、この面の開発も活発である。これら微生物資材に関しては、含有する微生物の種類、数量並びに活性、有効期限など明らかでないものが多い。また、その対象となる病害名、抑制効果もあいまいなものがほとんどである。現在、これら微生物資材の評価法の確立が求められている。

微生物の改良には従来からの優良株の選抜や変異株の作成、有性世代での交配、parasexualの利用、プロトプラストの融合、そして遺伝子組換えがある。今後ますますこの面の研究が増加することが予想される。遺伝子

プールの拡大を図り、何を対象として組換えるかその目標が大切であろう。細菌では数多くの例があるが、糸状菌ではペニシリン生産遺伝子が解析された *Penicillium chrysogenum* や *Aspergillus nidulans* がモデルとなろう(HACDONALD, 1983)。拮抗微生物の利用は、化学農薬のように環境汚染を起こさないことが一つの特徴と考えられてきた。しかし、組換え微生物の野外放出に関して、アメリカの氷核細菌の例で見られるように、自然環境での利用にはバイオハザードの点から注目されており、その基準となるべき追跡技術の確立が緊急の課題となっている。一般の拮抗微生物についても、微生物の大量施用が環境への影響、微生物の変異など、安全性の確認はこれからである。優良な拮抗微生物を生物農薬として市販するにあたっての登録は、化学農薬と同じ取り扱いになっており、残留毒性の実験が求められる。これらは生物農薬の特性と一致しない点もあり、評価法、検査法など問題は多い。

### おわりに

科学技術庁は、昨年発表した農林水産の分野での技術予測の中で、重要度「大」と評価した課題の一つに生物農薬を上げ、2005年には防除体系の中で普及するとしている。最近、*Trichoderma*が植物へ直接作用し、発芽、生育、花芽形成などに対する growth promotor としての働きが注目されている。今後、拮抗微生物の研究を通じこれまで知られていない微生物の能力を見だし、開発できれば、生物防除の分野だけでなく、生物学への発展へ寄与できるとであろう。

## 新しく登録された農薬 (63.3.1~63.3.31)

掲載は、種類名、有効成分及び含有量、商品名(登録年月日)、登録番号〔登録業者(会社)名〕、対象作物:対象病害虫:使用時期及び回数などの順。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 16960~17027 まで計 70 件)

なお、アンダーラインのついた種類名は新規のもので〔〕内は試験段階時の薬剤名である。

#### 『殺虫剤』

#### エトフェンプロックス・PHC 粉剤

エトフェンプロックス 0.30%, PHC 0.50%

トレボンサイド粉剤 DL (63.3.8)

16960 (日本特殊農薬製造), 16961 (北海三共)

稲:ツマグロヨコバイ・ウンカ類・イネドロオイムシ:  
14日3回

#### クロルピリホスメチル・PHC 粒剤

クロルピリホスメチル 3.0%, PHC 3.0%

レルダンサンサイド粒剤 (63.3.8)

16966 (日本特殊農薬製造), 16967 (八洲化学工業)

稲:イネミズゾウムシ・イネドロオイムシ・ツマグロヨ  
コバイ・ウンカ類・ニカメイチュウ:60日2回

#### エトフェンプロックス粒剤

エトフェンプロックス 1.50%

トレボン粒剤 (63.3.8)

16983 (日産化学工業), 16984 (クマイ化学工業),

16985 (サンケイ化学), 16986 (トモノ農薬)

稲:イネミズゾウムシ:21日3回

(12ページに続く)

# *Pseudomonas* 属細菌によるコムギ立枯病の防除

北海道立北見農業試験場 <sup>みや</sup>宮 <sup>じま</sup>島 <sup>くに</sup>邦 <sup>ゆき</sup>之

## はじめに

コムギの立枯病は、適正な輪作によって発生が軽減されるが、作付面積の増加と前作となる作物が少ないことから連作畑の割合が多くなって、全道各地で発生している。一方、長期間コムギを連作すると本病の発生が減少する発病衰退現象が知られている。北見農試の秋播コムギ連作圃場でも立枯病衰退現象が認められたので、その要因解明と拮抗微生物利用について検討した概略をとりまとめた。

## I 発病衰退現象

1981年、立枯病菌 G2 菌株を培養したエンバク粒を同量の春播コムギ種子と混合して圃場に播種したところ、立枯病が激発した。この圃場に秋播コムギ連作区とジャガイモ植付け後の秋播コムギ連作区を設け、発病の推移を比較した。連作区で立枯病は1982~83年の1~2作目に多発したが、1984~85年の3~4作目になると減少し、収量も増加した。また、ジャガイモ植付け後のコムギ連作区でもコムギ2作目の1984年に激発したが、翌年の3作目になると減少し、増収した(第1表)。

発病衰退区はいずれも発病初期から発生量が少なく、その後の病勢進展が成熟期まで抑制されたが、多発区では初期から多めの発生でその後も漸増した。なお、1984及び1985年の発病衰退区と多発区における収穫跡地のpH、トルオーグリン酸、CEC、置換性CaO、MgO、K<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O及びMn、Zn、Cu、塩基及び石灰飽和度などの土壌分析値は兩年とも差異が認められなかった。

また、長期連作畑の土壌を鉢に充てんし、施肥、立枯病菌接種及びコムギ播種の一連の栽培を反復すると、1作目で立枯病は最も激発したが、栽培回数を重ねるほど発病は軽減した。この発病衰退土壌に①60°C-30分間湿熱部分殺菌、②メチルプロマイドによる完全殺菌の処理を行った後、再度立枯病菌接種及びコムギ播種を行うと、無処理区では発病はさらに減少したが、部分殺菌や完全殺菌区で発病抑制作用は除去され、コムギの生育が著しく劣った(第2表)。なお、栽培回数によって発病程度が異なった栽培跡地の土壌分析値に差異はなかった。

## II 蛍光性 *Pseudomonas* 属細菌の拮抗作用

圃場や鉢において立枯病菌が存在するもとでコムギの

第1表 コムギの連作による立枯病の衰退

連輪作	栽培歴					発病株率(%)			発病度			子実重(kg/10a)		
	1981	'82	'83	'84	'85	'83	'84	'85	'83	'84	'85	'83	'84	'85
連作	W <sup>a)</sup>	W	W	W	W	100	92	80	56	16	18	319	491	355
輪作	W	P	W	W	W	83	100	93	34	67	20	330	416	349
	W	P	P	W	W	—	53	100	—	9	68	—	590	272
	W	P	P	P	W	—	—	63	—	—	13	—	—	408

a) Wはコムギ, Pはジャガイモを示す。

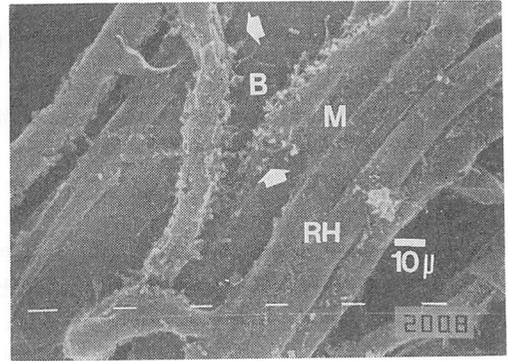
第2表 コムギ立枯病衰退土壌の殺菌処理による抑制作用の除去

項目	端野土壌 <sup>a)</sup>			訓子府5土壌			女満別土壌			備考
	A <sup>b)</sup>	B <sup>c)</sup>	C <sup>d)</sup>	A	B	C	A	B	C	
発病度	29.2	64.6	100	26.1	61.5	100	36.4	62.6	96.0	a) 4回接種 b) 無処理 c) 60°C 30分処理 d) メチプロ処理
草丈(比)	100	71	36	100	72	44	100	69	48	
茎数(比)	100	87	22	100	60	21	100	80	27	
生根重(g)	28.6	13.7	1.6	21.9	20.2	4.5	25.9	14.3	5.3	
生葉重(g)	36.1	27.8	2.5	59.2	32.3	6.6	33.2	22.2	5.0	

連作により発生する発病衰退現象は、土壤要因よりもむしろ拮抗微生物による立枯病菌の生育抑制によってもたらされると考えられる。そこで、立枯病が発生していない輪作畑と発病衰退土壤も含めた6年以上の長期連作畑のコムギ根面から分離培養した細菌について、PDA培地で立枯病菌に対する抗菌力を示す菌株の割合を比較すると、輪作畑の場合は6%にすぎなかったが、連作畑では37%と約10倍多かった。さらに、これらの菌株はすべてが黄緑色蛍光色素産生性の *Pseudomonas* 属細菌であった(第3表)。また、鉢試験で認められた発病衰退土壤のコムギ根面からは非衰退土壤の場合に比較して5倍の蛍光色素産生性 *Pseudomonas* 属細菌が検出された。

蛍光色素産生性 *Pseudomonas* 属細菌はシデロホアを産生し、そのキレート作用によって立枯病菌の  $Fe^{3+}$  利用を阻害して発病を抑制することが知られている(KLOEPPER et al., 1980)。また、安定度定数の低い EDTA  $Fe^{3+}$  を発病抑止土壤に添加した場合には抑制効果が消失するとされている(WONG and BAKER, 1984)。そこで、発病抑制効果を示した拮抗細菌について SCHER and BAKER (1982) の方法によってシデロホア産生性を調べた。供試した6菌株はいずれも  $Fe^{3+}$  を添加したキング B 培地において、波長 366nm の長紫外線を照射すると EDDHA の存在下で蛍光色素を産生し、EDTA のもとで発色しないことから、シデロホアを産生すると考えられる。したがって、これらの菌株の発病抑制効果はシデロホアが関与していると思われる。

次に、立枯病菌に対する寄生について検討した。拮抗細菌を塗抹した無菌種子を石塚水耕液をしみ込ませたパーミキュライトで無菌培養し、立枯病菌 G2 株の含菌寒天を接種した。35日後に根部を取り出し、走査電顕で観察した。拮抗細菌は健全な根の表面では表皮上に散在しているが、根毛基部や表皮細胞の縫合部に菌密度が高い場合があった。罹病根では病斑部から分泌されるムシゲルで増殖し、さらにコムギ根面を伸長する立枯病菌の菌糸に定着して、増殖、溶菌する現象が認められた(第



第1図 コムギ根面における立枯病菌の褐色菌糸の拮抗細菌 *Pseudomonas* sp. による溶菌  
B: 種子塗抹細菌, M: ムシゲル, RH: 立枯病菌の褐色菌糸, 矢印: 溶菌を示す。

1図)。拮抗細菌による立枯病菌菌糸の溶菌は、*Pseudomonas fluorescens* や *Bacillus mycoides* の場合と同様に発病抑制に関与していると考えられる(ROVIRA and CAMPBELL, 1975; FAULL and CAMPBELL, 1979)。

*Pseudomonas fluorescens* 及び *P. putida* は根面に定着して病原菌を駆逐することにより、ハツカダイコン、ジャガイモ及びテンサイの生育を促進することが知られている(KLOEPPER et al., 1980; SUSLOW and SCHROTH, 1982)。しかし、一方では、コムギ根面に生息する *Pseudomonas* spp. はコムギ根の生育を抑制するともされている(ELLIOTT and LYNCH, 1984)。そこで、畑土壤を充てんした鉢及び立枯病の発生していない輪作圃場で、拮抗細菌の種子塗抹によるコムギの生育に及ぼす影響を調べた。供試した23菌株のうち、2菌株で子実重が3~6%増加したにすぎなかった。今後、発病抑制及び生育促進の両機能を有する菌株の探索が必要であろう。

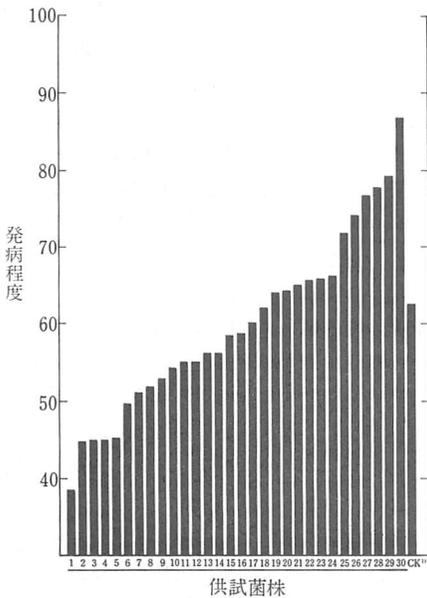
### III 拮抗細菌の種子塗抹による発病抑制

1984~85年にコムギ根面から分離した菌株のうち、PDA培地で立枯病菌G2株に抗菌性を示す菌株は273

第3表 連・輪作土壤のコムギ根面における抗菌性細菌の比較

連・輪作	抗菌性細菌数			非抗菌性細菌数			菌株数
	蛍光色素産生性	蛍光色素非産生性	合計	蛍光色素産生性	蛍光色素非産生性	合計	
連作	54 (37) <sup>a)</sup>	0 (0)	54 (37)	37 (25)	56 (38)	93 (63)	147 (100)
輪作	4 (6)	0 (0)	4 (6)	39 (62)	20 (32)	59 (94)	63 (100)

a) 供試菌株数に対する割合を示す。

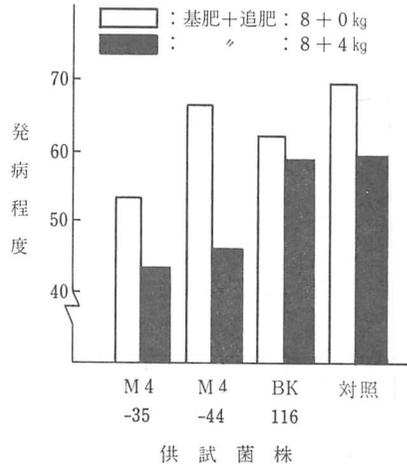


第2図 拮抗細菌の種子塗抹によるコムギ立枯病の発病抑制

1) 対照の無処理を示す。

菌株であった。1% メチルセルロース液を用いてこれらの細菌を種子 1 粒当たり  $10^{6-7}$ cfu 塗抹し、含菌エンバク粉末を 0.13% 及び 0.25% (W/W) の割合で土壤混和した病土に播種した鉢試験の結果、30 菌株が発病抑制効果を示した。次に、この 30 菌株の圃場での効果を検討した。含菌エンバク粒を播種溝 1 m 当たり 12 ml/作条接種し、覆土した。普通寒天培地で  $25^{\circ}\text{C}$ 、24 時間培養した菌体を 1% メチルセルロース液に懸濁し、表面殺菌した「チホクコムギ」の種子を数時間浸漬して種子塗抹した後、風乾して播種した。種子 1 粒当たりの付着菌数は  $10^{6-7}$ cfu であった。翌年 7 月下旬に 50 株を抜き取り、根の発病度を調査した結果、5 菌株が高い発病抑制効果を示した (第 2 図)。

立枯病は土壤中のアンモニア態窒素含量が高い場合抑制されるので、拮抗細菌の発病抑制効果に対する塩安の表層追肥の影響を検討した。含菌エンバク粒をコムギ種子の 2.3 倍量 (V/V) の割合で播種溝に作条接種した後、拮抗細菌塗抹種子を播種した。基肥として化成肥料 082 を  $80\text{ kg}/10\text{ a}$  作条施肥し、翌春塩安を窒素成分量で  $4\text{ kg}/10\text{ a}$  表層施肥した。成熟期に根の発病度、子実重を調査した。塩安追肥による発病抑制効果は、対照の拮抗細菌非塗抹区でもみられたが、拮抗細菌 M4-35、M4-44 菌株を塗抹したときにはさらに高まり、子実重も増加した (第 3 図)。アンモニア態窒素の発病抑制作用

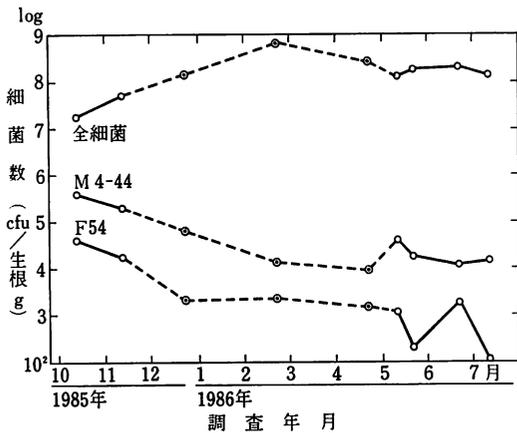


第3図 拮抗細菌の発病抑制作用に及ぼす塩安表層追肥の影響

は、根圏 pH の低下に伴い酸性耐性の拮抗細菌が増加することによるとされている (SMILEY, 1978; HALSEY and POWELSON, 1980)。塩安の分追肥もコムギの根量増加をもたらすほかに、導入した拮抗細菌の活性を高めることによって、発病抑制効果を促進するものと推察される。

#### IV 拮抗細菌の根面での定着

種子塗抹細菌が発病を抑制するためには、まずコムギ根面で定着することが必須条件であろう。そこで発病抑制効果を示した拮抗細菌のリファンピシンとナリジキシン酸とに対する薬剤耐性菌を KLOEPPER et al. (1980) の方法で作出した。この耐性菌を種子 1 粒当たり  $4.5 \times 10^6$ cfu 塗抹した「チホクコムギ」種子を、立枯病菌を土壤接種 (1 m 畦当たり含量エンバク粒 12 ml) した圃場に 9 月 12 日播種して、コムギ根部における消長を選択培地 (リファンピシン、ナリジキシン酸、シクロヘキシミド、PCNB 各 100 mg、キング B 培地 1 l) を用いて希釈平板法で調べた。総細菌数は 1/10 TSA 培地で測定した。発病抑制効果の高い M4-44 菌株は、効果の劣る F54 菌株に比べて晩秋から  $10^5$ cfu/g 生根と高い菌数を保ち、翌春には  $10^4$  に低下したが、その後も同菌数で推移した (第 4 図)。また、種子塗抹菌量と根面定着との関係を見ると、塗抹菌量が多いほどコムギの生育全期間にわたって、根部での定着数が多い傾向にあった。しかし、根部で総細菌数に対する導入拮抗細菌数の比率は、晩秋には 0.4~2.4% であったが、翌年の 6~7 月には、0.01~0.003% と低下するので、拮抗細菌の土着細菌に対する競争力は弱いと考えられる。



第 4 図 種子塗抹細菌の秋播コムギ根面における定着  
○——○：圃場，●-----●：温室内のコムギでの菌数

WELLER (1983) によれば、発病抑制効果の高い 2-79 RN<sub>10</sub> 菌株は晩秋 10<sup>6-7</sup>cfu/g 生根で総細菌数の 1.5~49.3% を占めるが、翌春には 10<sup>4-5</sup> に低下して 0.02~0.2 にすぎないとされている。両者の拮抗細菌はいずれも発病衰退土壌から分離された菌株であり、コムギの生育初期に高い定着性を示すが、いったん土着細菌に根面を占有されるとそれらを駆逐することは難しいと考えられる。今後、種子塗抹法及び根面での定着を高める土壌環境制御の開発が必要である。

おわりに

発病衰退土壌及び長期連作畑のコムギ根面から検出され、発病抑制効果を示す黄緑色蛍光色素産生性の *Pseudomonas* 属細菌の菌株は、抗菌性、シデロホア産生性、溶菌作用及び根面定着性が認められた (第 4 表)。抗菌性物質は立枯病菌の生育を阻害することによって直接的に発病を抑制すると考えられるが、さらに土壌微生物の生育も阻害すると推察されるので、導入細菌の根面での定着を高めると思われる。 *Pseudomonas fluorescens*

第 4 表 蛍光性 *Pseudomonas* 属細菌によるコムギ立枯病の抑制効果

供試菌株	抗菌性	シデロホア	溶菌作用	生育促進	根面定着		発病抑制	
					11月	5月	鉢	圃場
M4-44	+	+	+	-	10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup>	+	+
BK-116	+	+	+	-	10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup>	+	+
Mr-3	+	+	+	-	10 <sup>4</sup>	10 <sup>2</sup>	+	-
Mp-40	+	+	+	-	10 <sup>4</sup>	10 <sup>8</sup>	+	-
F-54	+	+	+	-	10 <sup>4</sup>	10 <sup>8</sup>	+	-

や *P. putida* の産生したシデロホアや安定度定数の高い FeEDDHA を土壌に添加すると発病抑止土壌になることが知られており、一方、遊離の Fe<sup>3+</sup> を添加すると非抑止土壌に戻るとされている。しかし、土壌中での抗菌物質やシデロホアの産生性は不明であり、また、これらの因子のみで発病抑制を説明できない場合もある (WELLER and COOK, 1983; WONG and BAKER, 1984)。今後、性質の異なる菌株の比較によってこれらの機作の解明が必要であろう。

立枯病菌の褐色菌糸は、侵入前に根面で外生的に生育する。この期間に導入細菌は寄生、溶菌して、菌糸を死滅させ、発病を抑制すると考えられる。この拮抗細菌は発病衰退土壌から分離された菌株であり、立枯病菌菌糸で増殖するので、特異的拮抗菌 (宇井, 1978) に属すると考えられる。

拮抗細菌は種子塗抹によって生育初期のコムギ根部に定着すると、成熟期まで増殖、生存しうる。しかし、土性や土壌水分などの土壌環境が増殖に不適な場合や土壌微生物による競争、抗生などによって菌密度は低下すると考えられる。さらに、立枯病菌はコムギの幼苗期から生育全期間にわたって根部を侵害するので、病原菌密度の高い場合には導入細菌の発病抑制効果は認められなくなる。今後、導入細菌の生態を明らかにし、定着性を高める研究が必要である。

引用文献

- 1) COOK, R. J. and A. D. ROVIRA (1976): Soil Biol. Biochem. 8: 269~273.
- 2) ELLIOTT, L. F. and J. M. LYNCH (1984): ibid. 16: 69~71.
- 3) FAULL, J. L. and R. CAMPBELL (1979): Can. J. Bot. 57: 1800~1808.
- 4) HALSEY, M. E. and R. L. POWELSON (1980): Pacific Division AAAS 22~27: 11.
- 5) KLOPPER, J. W. et al. (1980a): Phytopathology 70: 1078~1082.
- 6) ——— et al. (1980b): Nature 286: 885~886.
- 7) ——— et al. (1980c): Current Microbiology 4: 317~320.
- 8) ROVIRA, A. D. and R. CAMPBELL (1975): Microbiol. Ecology 2: 177~185.
- 9) SCHER, F. M. and R. BAKER (1982): Phytopathology 72: 1567~1573.
- 10) SMILEY, R. W. (1978): Soil Biol. Biochem. 10: 166~174.
- 11) SUSLOW, T. V. and M. N. SCHROTH (1982): Phytopathology 72: 199~206.
- 12) 宇井格生 (1978): 植物病理化学最近の進歩 161~171.
- 13) WELLER, D. M. (1983): Phytopathology 73: 1548~1553.
- 14) ——— and R. J. COOK (1983): ibid. 73: 463~469.
- 15) WONG, P. T. W. and R. BAKER (1984): Soil Biol. Biochem. 16: 397~403.

# 雪腐小粒菌核病の生物防除

農林水産省北海道農業試験場 <sup>まつ</sup>松 <sup>もと</sup>本 <sup>なお</sup>直 <sup>ゆき</sup>幸

## はじめに

普通の植物病原菌は、宿主植物が活動している時期に宿主を侵害し、宿主が休眠している間は病原菌も休眠する。雪腐病菌は宿主が休眠している間に宿主を侵すという点で、特異な病原菌である。すなわち、雪腐病菌は積雪下で休眠している牧草や秋播コムギなどを加害し、春から秋にかけての宿主の生育期間中は菌核などのかたちで休眠している（第1図）。

雪腐小粒菌核病はいくつかある雪腐病のうち、分布域の広さなどから最も重要な雪腐病である。本病は *Typhula incarnata* による雪腐褐色小粒菌核病と、*T. ishikariensis* による雪腐黒色小粒菌核病とに分けられる。本病は根雪前に適当な薬剤を散布すると完全に防除できるが、様々な理由により実際的ではない。本病はほとんど罹病しない草種・品種も存在はするが実用形質に欠け、実用性を高めると本病に対する抵抗性は低下しがちである。このような事情を背景に、私は雪腐小粒菌核病の生物防除の研究を行っている。同じテーマで既に発表してあるので (MATSUMOTO and TAJIMI, 1985a; 松本, 1985, 1986), ここではその後の知見を加え、またより基本的な事柄について私見を述べ、できるだけ重

複を避けるようにした。

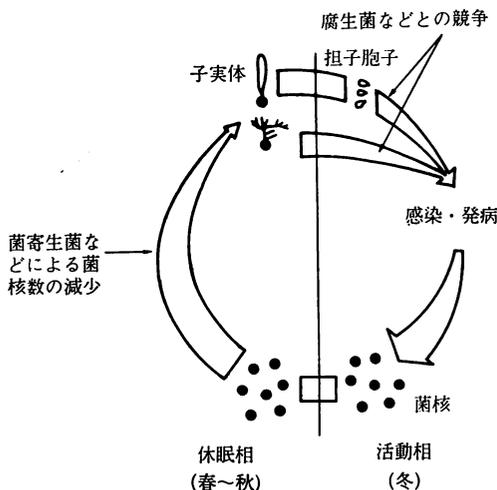
## I 雪腐小粒菌核病の生態的特徴

どのような病害について生物防除が可能か、生態学的な考察をまず行うことが特に重要であり、あとでこの点について言及するが、他の病害に比べ、雪腐小粒菌核病の生物防除は可能性が高いと考えられる。それは、次のような理由による。

① 雪腐病菌は他の微生物による拮抗を避け、これらの微生物の活動が低下する低温下に避難した病原菌である。雪腐小粒菌核病菌の場合、培地上での生育適温は  $10^{\circ}\text{C}$  前後である。しかし、自然条件下において温度が  $10^{\circ}\text{C}$  のとき、本菌は活動していない。寒天培地上の培養菌に無殺菌土をかぶせると、 $10^{\circ}\text{C}$  では生育はほぼ完全に抑えられる。積雪下の温度である  $0^{\circ}\text{C}$  では、無殺菌土をかぶせても生育はあまり抑えられない。

② 微生物相が単純である。BRUEHL et al. (1966) は、冬と早春に秋播コムギほかから 55 種の糸状菌と 34 の未同定糸状菌を分離した。また、ÅRSVOLL (1975) は、越冬直後のイネ科牧草から 33 種の糸状菌を記載した。しかし、これらの多くは中温生の菌であり、実際に積雪下でまん延していたというより、休眠していたものが分離された可能性が高い。コムギの苗を侵す糸状菌として 40 種が知られているが、そのうち積雪下で加害するものはわずか 5 種である (WIESE, 1977)。日本で知られているオーチャードグラスの 29 の糸状菌病 (穂の病気を除く) のうち、雪腐病は 5 種類のみである (日本植物病理学会, 1980)。低温という苛酷な環境条件は、そこで活動可能な種数を強く制限している。このような種は生態的に似通っている。競争種が少数のとき、種当たりの競争的抑圧は強い (PIANKA, 1978)。

③ 雪腐病菌にとって利用可能な資源 (宿主植物の生きた組織) は積雪下では増加しない。一般の病害は宿主の生育期に発生するので資源に限りがあるわけではない。また、宿主が枯死すれば空気伝染することで他の健全な宿主に速やかに移動することもできる。雪が積もると、このような移動は不可能になる。雪腐小粒菌核病菌は、限りある資源を独占しつつ (他の「個体」の混入を排除しつつ)、できるだけゆっくり利用する。また、普通は宿主を枯死させるほど強くは搾取しないので、永年



第1図 雪腐病菌の生活史

Biological Control of Speckled Snow-Mold.  
By Naoyuki MATSUMOTO

性の宿主は生存しうる。菌核は前年利用した宿主の近くに  
残るので、雪腐小粒菌核病菌では、宿主-病原菌相互  
関係が永年続く。

④ 雪腐病は生態的に多様な生息場所に存在する。雪  
腐病は最も人手を必要とするゴルフ場の芝生から、農耕  
地のなかでも最も人為操作の影響を受けにくい草地まで  
発生する。コムギ畑は両者の中間である。

II 雪腐小粒菌核病の生物防除

雪腐小粒菌核病では、休眠相と活動相をはっきり区別  
でき、両方の生活相に生物防除が応用できる。拮抗菌  
(拮抗とは、病原菌が相手から受ける負の影響と定義す  
る)が病原菌から受ける影響は一、土、+の3とおりに  
分けられる(第1表)。

休眠相では、菌核が一方向的に菌寄生菌の侵害を受け  
る。菌寄生菌により菌核数を減少させ、生物防除の手段  
とする試みは多い。しかし、多くは成功していない。  
ADAMS and AYERS (1982) が *Sporimidesmium*  
*sclerotivorum* を用いて、*Sclerotinia minor* による  
レタスの菌核病を防除したのが最高の例である。その原  
因は、菌寄生菌が目標とする菌核を特異的に侵すこと  
と、菌核数を減少させた区に他からの感染源の移入がな  
いためであろう。

MATSUMOTO and TAJIMI (1985b) は、雪腐小粒菌核  
病菌の菌核数の減少が生物防除につながりうるか否かを  
知るため、*T. incarnata* と *T. ishikariensis* 生物型 A  
の菌核の野外における生存を調べた。5月初旬に圃場に  
置いた前者の菌核は、7月下旬には既に9割近くが菌寄  
生菌により死滅していた。後者の菌核は、11月下旬まで  
ほとんどが生存していた。*T. incarnata* の担子胞子が  
感染源として有効であることを考慮すると、本方法によ  
る生物防除は *T. incarnata* ではなく、*T. ishikariensis*  
にこそ適用されるべきである。仮に、導入された菌寄  
生菌により試験区の *T. incarnata* の菌核が全滅でき  
ても、他から晩秋に飛散してくる胞子による感染は免れ  
ない。*T. ishikariensis* の菌核も実験室では菌寄生菌の侵  
害をかなり受ける。*T. ishikariensis* の主たる感染源は  
菌核で、担子胞子による他からの侵入は重要ではない。  
*T. ishikariensis* の菌核を自然条件下で強く侵害する菌  
寄生菌の発見と、その利用方法の開発が必要である。

積雪下の雪腐小粒菌核病菌の活動相においては、拮抗  
菌は一、土、+の影響を受ける(第1表)。すなわち、  
競争、偏害及び寄生である。前二者を引き起こすのは腐  
生菌と病原菌であり、寄生は菌寄生菌により起こる。

最も重要なのは競争であろう。分類学的に(というこ

第1表 病原菌と拮抗菌の相互関係

病原菌の生活相	拮抗菌が病原菌から受ける影響		
	一	土	+
休眠相	なし	なし	寄生 (菌寄生菌)
活動相	競争 (腐生菌・病原菌)	偏害	寄生 (菌寄生菌)

第2表 培地上における低温性腐生菌の拮抗力

雪腐小粒菌核病菌	低温性腐生菌				平均
	<i>Typhula</i> sp.			未同定担子菌	
	D	E	F		
<i>Typhula incarnata</i>	34	5	31	-28	11
<i>T. ishikariensis</i>					
生物型 A	64	83	85	53	71
生物型 B	93	91	91	20	74
生物型 C	97	100	96	74	92
平均	72	70	76	30	

数字は病原菌の菌核形成阻害率(%)

とは生態的にも)近縁な菌を拮抗菌として、生物防除に  
利用して成功した例は比較的多い。例えば、*Gaeuman-*  
*nomyces graminis* var. *graminis* でコムギの立枯病  
の防除(WONG and SOUTHWELL, 1979)、腐生性の  
*Fusarium oxysporum* 処理によるサツマイモつる割病  
の防除(小川・駒田, 1984)、さらに二核 *Rhizoctonia*  
によるシバのブラウンパッチの抑制(BURPEE and GO-  
ULTY, 1984) などである。積雪下という環境は拮抗菌  
が少ないと前述したが、全く存在しないわけではない。  
競争関係にある二つの生物間の抑圧はこういう場面でむ  
しろ激しい(PIANKA, 1978)。低温性の *Acremonium*  
*boreale* は雪腐病の有効な拮抗菌と考えられている  
(SMITH and DAVIDSON, 1979)。しかし、もっと有力  
な拮抗菌たりうるのは、病原菌を含めた *Typhula* 属菌  
であろう。

MATSUMOTO and TAJIMI (1985a) は、融雪直後に  
集めた低温性担子菌の雪腐小粒菌核病に対する拮抗力を  
培地上、育苗箱中の植物上、及び本病の自然発生圃場で  
調べた。培養実験から、低温性担子菌のなかでも腐生性  
*Typhula* がより拮抗的であることがわかった(第2表)。  
しかし、植物の発病を抑える力は培養実験では評価でき  
なかつた。育苗箱のオーチャードグラスを用いた実験で  
は、腐生性 *Typhula* には発病抑止効果はみられなかつ  
たが、ある特定の雪腐小粒菌核病菌と腐生性 *Typhula*  
の組み合わせでは、発病は顕著に抑えられた。これらの  
腐生性 *Typhula* を根雪前にイタリアンライグラス圃場

第3表 腐生菌のイタリアンライグラス1番草収量に及ぼす効果

処 理					無処理
腐生性 <i>Typhula</i> sp.				殺菌剤 8-オキシキノリン銅	
C	D	E	F		
1.11	2.23	0.98	1.85	3.91	1.06

数字は新鮮重 kg/区

に処理しても、融雪後の雪腐小粒菌核病の被害は軽減されず、農業処理区のみが無被害であった。しかし、その後の様子を見ると、腐生菌処理区によっては再生がよく、一番草の収量が無処理区の2倍にもなった(第3表)。

BURPEE et al. (1987) は、*T. ishikariensis* がひどく自然汚染している芝生(クリーピングベントグラス)に麦粒培地で培養した *T. phacorrhiza* を100あるいは200 g/m<sup>2</sup> 散布し、雪腐の被害をそれぞれ40あるいは70%減少させた。この *T. phacorrhiza* 菌株はケンタッキーブルーグラスのサッチ層由来で、芝に接種しても病原性はなく、老葉や無病徴の葉からのみ分離された。また、その菌核は老葉やストロンに付着していた。このことは、*T. phacorrhiza* が処理区に定着し、次年も *T. ishikariensis* の活動を抑える可能性を示すものである。培養実験から、両菌の間で栄養の奪い合いが発病抑止の機作であると示唆された。さらに、病原性のある *Typhula* は気孔から侵入するので、*T. phacorrhiza* も気孔から侵入すれば、侵入場所をめぐる競争あるいは誘導抵抗性も発病抑止の機作であると考えられた。

腐生菌と寄生菌は利用する基質が異なるので、本来対峙しない。両者を無理に対峙させようとするれば、寄生菌の腐生生活相か、あるいは腐生菌の寄生生活相においてなされなければならない。*T. incarnata* は腐生菌としても生活できるが(MATSUMOTO and SATO, 1982)、腐生生活で inoculum potential を高めて寄生生活に入るといっわけではなさそうなので、寄生菌の腐生相を抑えることが直接防除につながると思えない。また、*T. ishikariensis* は腐生生活をしない。有機物を処理して、雪腐小粒菌核病菌が活動し始める前に腐生菌をまん延させ、雪腐小粒菌核病菌の活動を封じ込めることは可能であろう。ただ、有機物の種類によっては雪腐病を助長することもある(HUBER and ANDERSON, 1976)。

偏害とは、一方には不利だが他方には特に利害関係がない場合をいう。拮抗細菌による抗生作用がその典型である。このような細菌が生物防除に頻りに利用されているのは周知のとおりである。積雪下の植物から、培地上

で雪腐小粒菌核病菌の生育を抑える細菌が高頻度で検出された(MATSUMOTO and TAJIMI, 1987)。特に冬季後半、雪腐小粒菌核病菌がまん延する時期に分離される細菌は、ほとんどすべてが拮抗的であった。このような細菌は休眠中(夏期)の雪腐小粒菌核病菌菌核からもよく分離されたが、葉からは夏期にはほとんど分離されなかった。このことは、雪腐小粒菌核病菌に拮抗性の細菌は、本病菌と強く関連していることを示す。

活動中の雪腐小粒菌核病菌の菌糸に寄生する菌は、知られていない。融雪直後に野外で集めた *Typhula* の菌核から数種の菌が分離される。これらのあるものは、雪腐小粒菌核病菌の菌糸となんらかの関係があると思われる。

## おわりに

生物防除は生態学の最も応用的な場面の一つであるが、植物病理学においては生態学が生物防除と結び付いていない。それは、植物病理学における生態とは、いわゆる「発生生態」をさし、伝染環を明らかにし、そのどの部分が断ち切りやすいかということが最大の関心事であったためであろう。生物防除も、伝染環を断つことではあるが、生物防除がどのような生態的特徴を持った病原菌に適用できるか、この点については特に考慮されていないように思う。

昆虫の分野では、個体群生態学を背景に生物防除が考察されている(CONWAY, 1976; SOUTHWOOD, 1977)。生物防除と他の防除法を組み合わせた合理的な総合防除の成功例は、直感と試行錯誤の結果であった。そうしてわかったことは、適当な防除手段を選ぶための理論的根拠として、対象とする害虫を r-K 戦略に基づき類別することである(CONWAY, 1976)。このことは、r-K 理論が個体群の増殖に基づいていることから当然であろう。要するに、増殖能力、移動能力の大きい r-害虫には生物防除は無効で、その反対の性質を持つ中間~K 害虫に生物防除の成功例が多い(SOUTHWOOD, 1977)。

糸状菌(PUGH, 1980)あるいは植物病原菌(ANDREWS and ROUSE, 1982)においても r-K 理論は適用され、植物病原菌を r-, K-戦略者に区別することは可

\* van der PLANK (1963) の考案した infection rate (r) は、実は r-K 理論に通じるものがある。r の値が小さく、日単位で表示される殺物のさび病菌やジャガイモ疫病菌 (r=0.1~0.7/日)、及びセルリーの *Cercospora* (r=0.02~0.43/日) は典型的な r-戦略者で、エルム病菌 (r=0.65/年)、クリ胴枯病菌 (r=1.9/年) 及びバナナのバナマ病菌 (r=0.14~0.51/年) など、r が月単位で表される菌は K-戦略者である。

能である\*。ANDREWS and ROUSE (1982) によれば、r-戦略者の病原菌は *Phytophthora infestans*, *Venturia*, *Corynebacterium*, *Pythium* などで、これらは主として農薬により防除される。*Rhizoctonia*, *Verticillium*, *Fusarium*, *Agrobacterium* などの土壌伝染性病原菌は K-戦略者で、今のところ有効な防除手段はない。現在、生物防除の対象として研究されているのは、K-戦略者が多い。

雪腐小粒菌核病菌は K-戦略者であり、その点からも生物防除の対象たりうる。多くの生物防除の試みにおいて、最大の難関は、導入した拮抗微生物を定着させる点にあると思う。そのために、環境の人為的かく乱を必要とする場合もある。雪腐小粒菌核病が発生する場面は芝生から牧草地までと多様なので、まず人為的かく乱を加えやすい芝生で拮抗微生物の導入・定着の実験を始め、それからコムギ畑、牧草地へと研究を進められる。雪腐小粒菌核病菌の生息場所である積雪下の微生物相が貧弱なもの、拮抗微生物の導入・定着に好都合である。

### 引用文献

- 1) ADAMS P. B. and W. A. AYERS (1982): *Phytopathology* 72: 485~488.
- 2) ANDREWS J. H. and D. I. ROUSE (1982): *Am. Nat.* 120: 283~296.
- 3) ÅRSVOLL K. (1975): *Meld. Norg. LandbrHøgsk.* 54 (9): 49pp.
- 4) BRUEHL G. W. et al. (1966): *Wash. Agric. Exp. Sta. Bull.* 677, 21pp.
- 5) BURPEE L. L. and L. G. GOULTY (1984): *Phytopathology* 74: 692~694.
- 6) ——— et al. (1987): *Plant Disease* 71: 97~100.
- 7) CONWAY, G. (1976): *Theoretical Ecology, Principles and Applications* (Ed. MAY, R. M.), Blackwell, Oxford, pp. 257~281.
- 8) HUBER, D. M. and G. R. ANDERSON (1976): *Phytopathology* 66: 1028~1032.
- 9) MATSUMOTO N. and T. SATO (1982): *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 48: 419~424.
- 10) ——— and A. TAJIMI (1985a): *Proceedings of the XV International Grassland Congress*, 787~788.
- 11) ——— (1985b): *Can. J. Bot.* 63: 1126~1128.
- 12) ——— (1987): *Ann. Phytopath. Soc. Japan.* 53: 250~253.
- 13) 松本直幸 (1985): *北農* 52 (11): 1~11.
- 14) ——— (1986): *今月の農業* 30: 1~4.
- 15) 日本植物病理学会 (1980): *日本有用植物病名目録 (II) 第2版*, 東京, 370pp.
- 16) 小川 奎・駒田 且 (1984): *日植病報* 50: 1~9.
- 17) PINAKA, E. R. (1978): *Evolutionary Ecology*, 2nd Ed. HARPER and ROW New York, 397pp.
- 18) PUGH, J. G. F. (1980): *Trans. Br. mycol. Soc.* 75: 1~14.
- 19) SMITH, J. D. and J. G. N. DAVIDSON (1979): *Can. J. Bot.* 57: 2122~2139.
- 20) SOUTHWOOD, T. R. E. (1977): *Origins of Pest, Parasite, Disease and Weed Problems* (Ed. CHARRETT, J. M. and G. R. SAGAR), Blackwell Oxford, pp. 35~54.
- 21) van der PLANK (1963): *Plant Disease; Epidemics and Control*, Academic Press, New York, 349 pp.
- 22) WIESE, M. V. (1977): *Compendium of Wheat Diseases*. American Phytopathological Society, St. Paul, 106pp.
- 23) WONG, P. T. W. and R. J. SOUTHWELL (1979): *Soil-Borne Plant Pathogens* (Ed. SCHIPPERS B. and W. GAMS) Academic Press, New York, pp. 597~602.

(4ページより続く)

#### イソキサチオン・エトフェンプロックス粉剤

イソキサチオン 2.0%, エトフェンプロックス 0.50%  
カルホストレボン粉剤 DL (63.3.8)

16987 (九州三共)

稲: ニカメイチョウ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類・コブノメイガ・イネツトムシ・カメムシ類: 14日3回

#### 除虫菊・マラソン乳剤

除虫菊 0.50%, マラソン 10.0%

リピート M (63.3.18)

16990 (大正製薬)

みかん: アブラムシ類・ハダニ類・コアオハナムグリ: 14日一回, りんご: なし: アブラムシ類・ハダニ類・ナシグンバイ: 7日一回, もも: アブラムシ類・ハダニ類: 7日一回, ぶどう: アブラムシ類・ハダニ類・コガネムシ類・ハムシ類: 7日一回, だいこん: アブラムシ類・アオムシ・ヨトウムシ・サルハムシ類・スリップス類: 7日6回, はくさい: アブラムシ類・アオムシ・ヨトウムシ・スリップス類: 3日一回, きゅうり・すいか・メロン・しろうり・かぼちゃ: アブラムシ類・スリップス類・ハダニ類: 前日一回, トマト・なす: アブラムシ類・ハダニ類・ヨトウムシ・ス

リップス類: 前日一回, ばら: アブラムシ類・ハダニ類・スリップス類・チュウレンジハバチ, きく: アブラムシ類・ハダニ類・スリップス類, カーネーション: ハダニ類・スリップス類

#### MEP 乳剤

MEP 50.0%

リピートスミチオン乳剤 (63.3.18)

16991 (大正製薬)

りんご: アブラムシ類・ナシヒメシンクイ・モモシンクイガ・ハマキムシ類・ナシグンバイ・クワコナカイガラムシ・アメリカシロヒトリ: 14日5回, なし (有袋栽培): アブラムシ類・シンクイムシ類・ハマキムシ類・ナシグンバイ・ナシホリガ・ナシチビガ・カメムシ類・クワコナカイガラムシ・アメリカシロヒトリ: 7日6回, なし (無袋栽培): アブラムシ類・シンクイムシ類・ハマキムシ類・ナシグンバイ・ナシホリガ・ナシチビガ・カメムシ類・クワコナカイガラムシ・アメリカシロヒトリ: 21日6回, もも: アブラムシ類・モモハモグリガ・ナシヒメシンクイ (心折防止)・ナシヒメシンクイ・モモシンクイ・ハマキムシ類・カメムシ類・クワシロカイガラムシ・クワコナカイ (18ページに続く)

# 塊茎バクテリアゼーションによるジャガイモそうか病・黒あざ病の生物的防除

北海道立十勝農業試験場 <sup>たにい</sup>谷井 <sup>あきお</sup>昭夫・<sup>ほりた</sup>堀田 <sup>はるくに</sup>治邦  
北海道立天北農業試験場 <sup>たけうち</sup>竹内 <sup>とおる</sup>徹

## はじめに

ジャガイモそうか病は、複数種の *Streptomyces* 属菌 (谷井, 1985) によって起こされる代表的な難防除土壌病害である。本病による被害塊茎は、食用・加工食品用としての商品価値を著しく減ずるばかりでなく、デンプンの含有量・品質を低下させる。近年、ジャガイモの用途が広がり、食用・加工食品用としての需要が急増してきたため、その発生被害はきわめて深刻な問題となっている。

本病の防除法として、種イモ伝染の防止対策にストレプトマイシン剤による種イモ消毒処理があるが、土壌伝染の防止には無力である。土壌伝染の防止対策として、クロルピクリンや PCNB による土壌消毒処理、土壌水分の調整、硫黄粉施用による土壌 pH 矯正などがある。しかし、化学的方法は薬害、公害を生ずる恐れが大きく、耕種的方法を含め大規模な農業経営においては経済的、労働的に適用が困難で、実用的ではない。このため、そうか病の安全、有効かつ経済的な防除法確立のため、バクテリアゼーション (BROWN, 1971) による生物的防除法について検討を加えた。

また、ジャガイモは現在、黒あざ病を主目的として同病防除薬剤による種イモ消毒が実施されており、さらに黒あし病、そうか病を対象として、これにストレプトマイシン剤が加用されている。塊茎バクテリアゼーションは生菌を用いるが、農薬との併用という不都合が生じるため、供試細菌はそうか病だけではなく、黒あざ病に対しても有効であることが望ましい。したがって、黒あざ病に対する効果も合わせて検討した。

## I そうか病菌拮抗細菌の分離と塊茎・根面の微生物相

そうか病菌拮抗細菌の分離源として、そうか病の発生が少ないジャガイモ連作畑から採取した塊茎の表皮及び

ジャガイモ連作畑土壌 (発病衰退土壌を含む) に栽培した実生ジャガイモの根を供試した。拮抗細菌の分離にはそれぞれの十分に水洗して滅菌水とともに乳鉢内で磨潰したものをを用い、これを表面の乾燥したデンプン培地 (松本, 1977) に滴下し、L 字ガラス棒で全面塗抹して培養 (25°C, 2日間) した。その後、これにそうか病菌孢子懸濁液を噴霧し、阻止円を形成したものゝ拮抗細菌として釣菌し、純粋培養して保存した。また、同液中の菌数測定は希釈平板法 (糸状菌: 変法マーチン培地, グラム陰性細菌: 変法ドリガルスキー培地, 全細菌: アルブミン培地) によった。

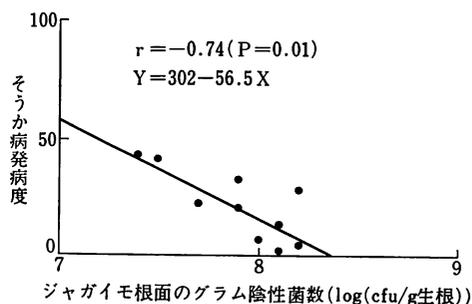
塊茎表皮の全細菌数は  $10^7 \sim 8$  cfu/g 生重で、採取畑におけるそうか病の発生との間になんら関係はみられなかった。一方、根面では糸状菌、放線菌、全細菌に比し、グラム陰性細菌の根面効果 (根面/非根面) は著しく高く (第1表)、土壌採取畑におけるそうか病の発病度と根面のグラム陰性細菌数との間には負の相関関係が認められた (第1図)。本病の発病抑制にグラム陰性細菌が関係

第1表 ジャガイモ根面と非根面の微生物相

	糸状菌	放線菌	細菌 ( $\times 10^5$ /g)	グラム 陰性菌
根 面 <sup>a)</sup>	3	10	4000	1000
非 根 面 <sup>b)</sup>	0.7	5	50	5
根面効果 (a <sup>2</sup> /b <sup>2</sup> )	4	2	80	200

a): 生根 1g 当たり, 供試 36 土壌の平均値

b): 土壌 1g 当たり, 供試 36 土壌の平均値



第1図 そうか病の発生とジャガイモ根面のグラム陰性細菌数との関係

Biological control of Scab and Black Scurf of Potato Plant with Seed Tuber Bacterization.

By AKIO TANI, TOORU TAKEUCHI and HARUKUNI HORITA

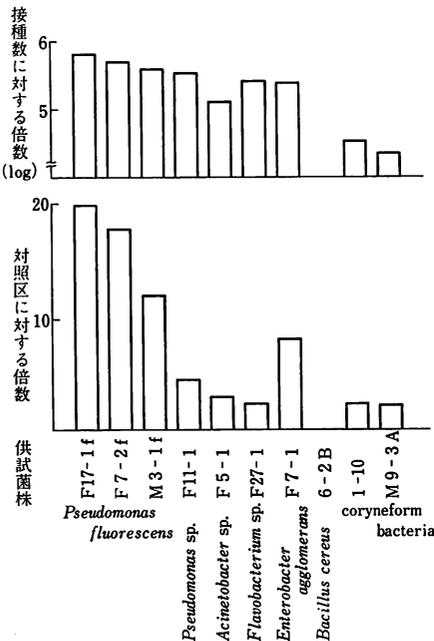
していることを強く示唆している。

### II 拮抗細菌の分類・同定

上記実験で分離したそうか病菌拮抗細菌 121 菌株の、分類学的所屬について検討した。121 菌株は主要細菌学的性質から、*Pseudomonas fluorescens* (35 菌株：うち biovar II 17 菌株，同 V 8 菌株，*P. marginalis* 11 菌株)，*P. putida* (1 菌株)，非蛍光 *Pseudomonas* (14 菌株)，*Acinetobacter* (13 菌株)，*Flavobacterium* (5 菌株)，*Enterobacter agglomerans* (4 菌株)，未同定グラム陰性細菌 (7 菌株)，coryneform 細菌 (20 菌株)，*Bacillus* (9 菌株：うち *B. cereus* 4 菌株，*B. polymyxa* 4 菌株，*B. sp.* 1 菌株)，*Streptomyces* (9 菌株) 及び Actinomycetaceae 科放線菌 (4 菌株) に所屬した。これらのうち、*P. marginalis*，*B. polymyxa* 及び coryneform 細菌の一部は、ジャガイモ塊茎に腐敗能を有することから、バクテリゼーションに不適である。

### III 拮抗細菌の抗菌範囲

6 種のジャガイモ土壌・塊茎伝染性病害の 12 病原菌 (象皮病類似症菌を含むそうか病菌 3 種，黒あざ病菌，黒あし病菌 1 種 2 亜種，軟腐病菌，乾腐病菌 5 種) に対する分離拮抗細菌の抗菌性を検定した。



第2図 無菌栽培条件下のジャガイモ根圏における拮抗細菌の増殖

*Acinetobacter*，*E. agglomerans* は供試したすべての病原菌に対して抗菌性を示し，非蛍光 *Pseudomonas*，*Flavobacterium*，*Streptomyces* の一部菌株も抗菌範囲が広く，かつ強い抗菌力があつた。一方，蛍光性 *Pseudomonas*，coryneform 細菌の場合，黒あざ病菌，乾腐病菌に抗菌性を示すものも多いが，その抗菌力は弱く，ほとんどの菌株は軟腐病菌に対する抗菌力がなかつた。

### IV 拮抗細菌の無菌条件下での根圏増殖能

バクテリゼーションにあたって，供試細菌の病原菌に対する拮抗性に加え，根圏 (面) における定着・増殖性が問題になる。菊本 (1969) の方法に準じて実生ジャガイモを無菌的に栽培し，拮抗細菌の根圏増殖能を検討した (第2図)。

供試 10 菌株のうち，*P. fluorescens* 3 菌株はいずれも高い根圏増殖能を示し，*E. agglomerans* はこれに次いで高く，非蛍光 *Pseudomonas*，*Acinetobacter*，*Flavobacterium* coryneform 細菌の各 1 菌株は低く，*B. cereus* にはその能力が認められなかつた。

### V 塊茎バクテリゼーションのそうか病と黒あざ病の発病に及ぼす影響

ジャガイモ種イモに対して拮抗細菌を接種し，そうか病と黒あざ病の発病に及ぼす影響を温室及び圃場で検討した。

#### 1 温室実験

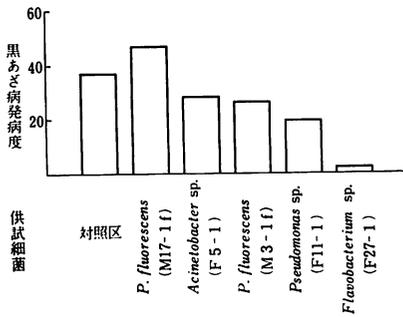
切断塊茎 (品種：マークイン) を 1% カルボキシメチルセルロースを含む細菌懸濁液 (10<sup>8</sup>cfu/ml) に浸漬接種し，これを非殺菌土壌 (褐色火山性土，pH5.7(H<sub>2</sub>O)) に植え付けた。

#### (1) 黒あざ病に対する効果

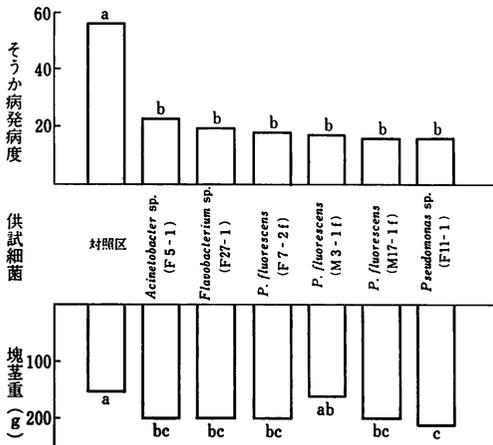
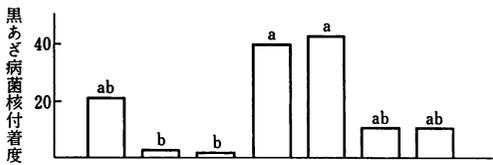
塊茎は黒あざ病菌核の付着 (程度 2~3) したものを供試し，栽培 30 日後に幼茎の発病を調査した。その結果 (第3図)，無処理区の発病度が 38.9 に対し，処理 4 区では 2.4~29.4 で感染阻止効果がみられた。

#### (2) そうか病に対する効果

接種塊茎は，自然病土にさらに 2 種のそうか病菌を接種した土壌で栽培 (1/2,000 ポット，3 反復) した。栽培 90 日後に新塊茎を掘り取り，そうか病の発病状況を，さらに黒あざ病菌核の付着と収量についても調査した。その結果 (第4図)，無処理区のそうか病発病度 56.7 に対し，処理 6 区では 15.8~23.8 で顕著な発病抑制効果が認められた。さらに，F5-1，F27-1 処理区では黒あざ病菌核の付着に対しても顕著な抑制効果がみられた。なお，M3-1f を除く 5 処理区では増収効果も



第3図 塊茎バクテリアゼーションの黒あざ病幼茎発病に及ぼす影響 (温室実験)



第4図 塊茎に対するバクテリアゼーションのそうか病発病, 黒あざ病菌核着生及び収量に及ぼす影響 (温室実験)

同一アルファベット間には有意差を認めない (DUNCAN の多重検定 P=0.05)

第2表 塊茎に対するバクテリアゼーションのそうか病発生に及ぼす影響 (1986)

供試細菌	菌株名	そうか病の発病度		
		芽室町 (十勝農試) <sup>a)</sup>	豊頃町 (十勝)	
<i>P. fluorescens</i>	F6-2 f	64	133	
	F17-1 f	71	106	
	F3-1 f	41	108	
	M12-1 f	89	126	
	F4-2 f	109	164	
	MD-4 f	85	54	
<i>P. putida</i>	F10-1 f	68	139	
非蛍光 <i>Pseudomonas</i>	F11-1	42	164	
	F13-1	53	88	
	M23-2	48	131	
	F17-2	47	127	
<i>Acinetobacter</i>	F5-1	24	99	
	M5-1	24	106	
	F13-2	48	122	
	M24-1	46	76	
	F27-2	38	131	
<i>Flavobacterium</i>	F8-4A	66	103	
	F27-1	94	159	
	M5-2	68	54	
<i>Enterobacter</i>	F7-1	103	66	
	2-3B	83	59	
未同定細菌	N5-8	103	149	
	F6-1	78	156	
	F16-3A	48	120	
	M23-3	184	106	
	M26-2A	65	121	
<i>Bacillus cereus</i>	1-3	143	154	
Coryneform	F9-1	109	93	
	F C-4	33	92	
	M9-2A	103	106	
	F8-3	141	148	
	F4-1	128	106	
	F1-1A	105	68	
	F16-1	122	156	
	F25-3	88	127	
	M11-2	37	151	
	M24-3	55	169	
	<i>Streptomyces</i>	M10-3	33	148
		M16-3	48	150
		M15-6	43	150
M26-3		85	133	
F27-4		69	123	
Actinomycetaceae	F26-1	75	113	
慣行処理 <sup>b)</sup>		—	132	
無処理		100 (11.5) <sup>c)</sup>	100 (24.6)	

数値は無処理対比で示した。 a) 種イモは昇永 1,000 倍液で 2 時間表面殺菌, b) メプロニル+アグリマイン 100 水和剤 (100+100 倍) 液を種イモ 200 kg 当たり 6l 噴霧処理, c) ( ) 内の数値は実数

認められ, 総イモ重は無処理に比較して 20~30% 増加した。

以上の温室実験から, 塊茎バクテリアゼーションによつてそうか病, 黒あざ病を防除しうる可能性が示唆された。

## 2 圃場実験

### (1) 培養液による塊茎バクテリアゼーション

43 菌株を供試し、中札内村 (黒色火山性土)、豊頃町 (十弗: 沖積土, 礼作別: 褐色火山性土)、芽室町 (農試: 褐色火山性土) の4か所で圃場実験 (1区 7.9~10.4m<sup>2</sup>, 3反復) を行った。肉エキスペプトン培地で27°C, 24時間振とう培養 (放線菌類はデンプン培地, 3日間) した培養液を用い、これを切断塊茎 (品種: メーカーイン, 黒あざ病菌核付着率 100%) の全面に塗抹した。

中札内村圃場での黒あざ病に対する効果は、無処理区の幼茎発病度 36.8 に対し、35 菌株は 2.9~14.6 であった。うち 32 菌株は慣行のメプロニル剤による消毒処理 (発病度 7.4) と同等~優る効果を示した。さらに、13 菌株は新塊茎に対する菌核着生率を無処理に比較し有意に低下させ、種イモに接種した細菌が新塊茎にまで移行している可能性を示唆した。

そうか病の発病に及ぼす影響をみると (第2表)、芽室町圃場で多くの菌株が発病抑制傾向を示したのに対し、豊頃町 (十弗) では少数 (7 菌株) であった。両圃場の土性が異なることに加え、後者では植え付け後の降水量が少なく、土壌が乾燥状態で経過したことが接種細菌の生存、定着・増殖に大きな影響を与えたためと推察される。しかし、MD-4f (*P. fluorescens* biovar V), F13-1 (非蛍光 *Pseudomonas*), 2-3B (*E. agglomerans*), M24-1 (*Acinetobacter*) 及び M5-2 (*Flavobacterium*)

の5菌株は両圃場で発病を抑制する傾向を示した。

これら拮抗細菌の圃場でのそうか病、黒あざ病に対する発病抑制効果は、既述した培地上での抗菌力、抗菌範囲に必ずしも一致していない。これは拮抗細菌の根面定着・増殖能のほか、培養液を使用したことなどに原因すると考えられる。

次に、ジャガイモの生育に及ぼす影響をみた芽室町圃場での結果によると、供試菌株中には PGPR (KLOPPER et al., 1980) に相当するものはなく、多くはむしろ生育を抑制した。この原因は培養液中に含まれる抗菌物質など代謝産物の影響と考えられる。しかし、収量 (総イモ重) は多くの菌株で無処理に比較してむしろ増加させる傾向にあった。接種細菌の根面増殖による有害微生物排除の可能性がうかがえる。

#### (2) 菌体単独による塊茎バクテリアゼーション

供試細菌は、0.5% グルコースを加用した肉エキスペプトン培地あるいはキング B 培地で 25~27°C, 24時間振とう培養 (放線菌類はデンプン培地, 3日間) した。培養液は遠心分離し、得られた湿菌体は蒸留水で 10<sup>9</sup> cfu/ml 含む懸濁液とした。接種は細菌懸濁液あるいはこれにガムザンサン (1%) を加えたものを切断塊茎の全面に塗抹することによった。

#### 1) 黒あざ病に対する効果

供試品種はメーカーイン (黒あざ病菌核付着率 100%)

第3表 そうか病菌拮抗細菌による塊茎バクテリアゼーションの黒あざ病発病と収量に及ぼす影響 (1987)

供試細菌	菌株名	発病度			収量 (kg/10a) 総イモ重
		幼茎	ストロン	塊茎	
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	M12-1 f	59.6	60.9	40.9	2500
	F17-1 f	66.2	63.7	45.0	2199
<i>P. putida</i>	F10-1 f	69.6	68.9	48.5	2801
非蛍光 <i>Pseudomonas</i>	F17-2	56.8*	59.3	35.3	2778
<i>Acinetobacter</i>	M 5-1	57.3*	56.5	44.4	2963
	F13-2	54.2*	63.3	39.4	2616
<i>Flavobacterium</i>	M 5-2	47.8**	63.0	35.5	2847
<i>Enterobacter agglomerans</i>	2-3B	39.1**	52.3*	43.1	3056
未同定	F 6-1	27.1**	33.3**	40.7	2685
<i>Bacillus cereus</i>	1-3	53.8*	53.4*	39.5	3125
coryneform bacteria	F 9-1	79.3	73.4	39.0	2477
	F C-4	38.9**	45.1**	34.9	3032
	F 4-1	64.9	44.8**	37.0	2963
	F 1-1A	49.7**	49.1**	30.3	2546
	M11-2	81.5	56.7	49.0	2894
<i>Streptomyces</i>	M16-3	64.4	54.2*	47.9	2894
パリダマイシン 0.3% 粉衣	—	11.9**	33.5**	15.8	3125
無処理	—	78.8	76.7	38.9	2616

\*, \*\*: それぞれ無処理に比較し, 5%, 1% 水準で有意。

第4表 塊茎バクテリアゼーションのそうか病発病，生育及び収量に及ぼす影響 (1987)

供試細菌	菌株名	萌芽率 (%)	生育度	発病度 <sup>a)</sup>	防除価 <sup>b)</sup> (%)	収量 (kg/10a) 総イモ重
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	MD-4 f	96.9	74.7	21.7 (56.3)	61.0**	2407
	F 3-1 f	96.9	70.2	52.7 (54.9)	7.5	2330
<i>Enterobacter agglomerans</i>	2-3B	96.9	74.2	23.7 (48.5)	52.0**	2330
	F 7-1	100	82.3	49.9 (74.3)	33.0*	2531
非蛍光 <i>Pseudomonas</i>	F13-1	98.5	74.2	37.9 (58.1)	34.0*	2253
	F11-1	95.4	71.7	63.1 (87.0)	27.5	2222
<i>Acinetobacter</i>	M24-1	100	89.9*	28.0 (52.3)	47.5**	2346
	F 5-1	97.0	78.3	32.3 (28.6)	0	2238
	F27-2	100	82.4	56.4 (45.2)	0	2546
<i>Flavobacterium</i>	M 5-2	100	78.7	34.8 (50.0)	32.5	2346
	F 8-4A	98.5	77.3	50.8 (45.8)	0	2423
coryneform bacteria	F 1-1A	98.5	73.7	42.3 (60.0)	31.5	2392
	F C-4	93.9	68.7	47.7 (65.8)	32.5	2222
無処理	—	98.5	76.2	21.4 (22.3)	6.0	2346

a): ( ) の数値は同一試験区における前前年の発病度， b): 防除価 (%) =  $(1 - \frac{\text{当年の試験区の発病度}}{\text{前前年の試験区の発病度}}) \times 100$ ，  
\*，\*\*：それぞれ無処理に比較し，5%，1% 水準で有意。

第5表 供試細菌の抗菌範囲

供試細菌	菌株名	そうか病菌 <sup>a)</sup>			黒あざ病菌	黒あし病菌 <sup>b)</sup>		軟腐病菌	乾腐病菌 <sup>c)</sup>		
		<i>Streptomyces</i>			<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>E. carotovora</i> ssp.		<i>E. carotovora</i> ssp. <i>carotovora</i>	<i>Fusarium</i>		
		A	B	C		A	B		A	B	C
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	MD-4 f	+~2	+~2	+	+	2	5	—	—	1	1
<i>Enterobacter agglomerans</i>	2-3B	+~2	1~3	2	+~1	2	2	2	2	3	2
非蛍光 <i>Pseudomonas</i>	F13-1	10	10	10	9	—	—	—	5	1	9
	F11-1	10	7~10	10	8~11	2	+	—	4	3	4
<i>Acinetobacter</i>	M24-1	1	1~2	1	7~13	4	4	3	17	14	10
	M 5-1	1	1	—	12	4	5	2	—	—	—
<i>Flavobacterium</i>	M 5-2	5	6	—	—	—	—	—	—	—	—
	coryneform	F 1-1A	+	+	—	—	+	—	—	—	—
		F C-4	4	5	—	—	—	—	—	—	—
		F 4-1	4	15	—	—	—	—	—	—	—

数値は阻止帯の幅 (mm)。+ : 1mm 未満，— : 阻止帯を形成しない， a) A : 孢子鎖はらせん状， B : 孢子鎖は直~波状， C : 象皮病類似症菌， b) A : *atroseptica*， B : *carotovora*， c) A : *F. roseum*， B : *F. oxysporum*， C : *F. solani* (var. *coeruleum*)

で，接種にはガムザンサン加用懸濁液を用いた。実験は農試圃場で行い，1区10.8m<sup>2</sup>，3反復とした。その結果(第3表)，既述の培養液を用いた場合とは異なり，有効とみられた菌株のほとんどで効果がみられなかった。しかし，その中で2-3B，F6-1，1-3，FC-4及びF1-1Aの5菌株は幼茎及びストロンの発病を無処理に比較して有意に抑制した。特に，F6-1の効果はバリダマイシン粉衣処理とはほぼ同等とみられた。

#### 2) そうか病に対する効果

塊茎接種にガムザンサン加用懸濁液を用いた農試圃場での実験(供試品種：男爵いも，1区10.6m<sup>2</sup>，2反復)では(第4表)，培養液を用いた実験で発病抑制傾向を

示したMD-4f，2-3B，F13-1，M24-1と，2-3Bと同種のF7-1は無処理に比較し有意に発病を抑制(防除価33~61%)したほか，M5-2，F1-1Aも発病を抑制する傾向を示した。M24-1処理区ではジャガイモの生育が促進された。しかし，この生育促進は収量(総イモ重)に反映されなかった。

そうか病が均一に発病する枠圃場(1.8×1.8m)での品種メーカーインを用いた実験によると，接種に菌体単独懸濁液を使用した場合より，これにガムザンサンを加えたほうが防除効果の高まる傾向がみられ，特にMD-4f，2-3Bで顕著であった。この実験において，そうか病の発病調査のため水洗した塊茎に，かなりの軟腐病による

腐敗を生じたが、2-3B, M24-1 処理区産塊茎には腐敗が全くみられなかった。供試菌株の抗菌範囲を第5表に示したが、上記の両菌株は *Erwinia carotovora* ssp. *carotovora* に抗菌力を有することから、COLYER and MOUNT (1984) が既に報告しているような接種細菌の新塊茎への移行を強く示唆している。

なお、その後輪作畑土壌から得られたそうか病菌拮抗細菌 (41 菌株) を供試した圃場実験では、いまだ有効菌株が得られておらず、本実験でそうか病に対して高い発病抑制効果を示す菌株 (MD-4f, 2-3B, M24-1) がそうか病の発病衰退、抑止土壌から得られたことは、拮抗細菌の分離源に関してきわめて興味深い示唆を提供している。

### おわりに

以上のように、本実験によってそうか病、黒あざ病に有効な、さらに軟腐病に対しても有効と思われる拮抗細菌

菌が得られたが、今後大規模な圃場実験での実証、抗菌物質の同定を含む作用機作の解明、固定化技術など、さらに解決すべき点は多い。ジャガイモには土壌伝染性病害の種類が多く、拮抗細菌による塊茎バクテリアゼーションをジャガイモ土壌病害に対する安定した防除技術とするためには、圃場レベルでの実験を繰り返し行い、より有効な拮抗細菌の探索を継続することが重要である。

### 引用文献

- 1) BROWN, M. E. (1974): Ann. Rev. Phytopathol. 12: 181~197.
- 2) COLYER, P. D. and M. S. MOUNY (1984): Plant Disease 68: 703~706.
- 3) 菊本敏雄 (1969): 東北大農研報 20: 253~261.
- 4) KLOEPPER, J. W. et al. (1980): Phytopathology 70: 1078~1082.
- 5) 松本和夫 (1977): 日植病報 43: 91~92.
- 6) 谷井昭夫 (1985): 研究ジャーナル 8 (7): 26~30.

(12ページより続く)

イガラムシ: 3日一回, かき: カメムシ類・ハマキムシ類・カキノヘタムシガ・カキホソガ・フジコナカイガラムシ・オオワタコナカイガラムシ・アメリカシロヒトリ: 30日3回, かんきつ: アブラムシ類・ハマキムシ・サンホーゼカイガラムシ・スリップス類・カメムシ類・ミカンツボミタマバエ・ケシキスイ類・コアオハナムグリ: 14日一回, ぶどう: アブラムシ類・フタテンヒメヨコバイ・ブドウスカシバ・ブドウトリバ・ハマキムシ類・ブドウトラカミキリ・クワコナカイガラムシ: 21日2回, おうとう: アブラムシ類・ハマキムシ類・ナシグンバイ・アメリカシロヒトリ: 14日2回, びわ: アブラムシ類: 3日一回, うめ: アブラムシ類・アメリカシロヒトリ・ハマキムシ類: 21日2回, いちご (露地): アブラムシ類: 7日4回, セルリー: アブラムシ類: 14日2回, ほうれんそう: アブラムシ類: 21日2回, ねぎ: アブラムシ類・スリップス類: 14日2回, たまねぎ: アブラムシ類・スリップス類: 21日2回, トマト: アブラムシ類・オオニジュウヤホシテントウ: 7日3回, なす・ピーマン: アブラムシ類・オオニジュウヤホシテントウ: 3日一回, きゅうり (露地): アブラムシ類・スリップス類: 前日一回, きゅうり (施設): アブラムシ類・スリップス類: 3日一回, すいか・メロン・しろりり: アブラムシ類・スリップス類: 3日一回, かぼちゃ: アブラムシ類・スリップス類: 前日一回, にんじん・ごぼう: 30日2回, 豆類: アブラムシ類・マメシンクイガ・フキノメイガ・シロイチモジマダラメイガ・ダイズサヤタマバエ・カメムシ類・マメヒメサヤムシガ: 21日4回, 茶: コカクモンハマキ・チャノホソガ: 20日2回, 一般樹木: アメリカシロヒトリ, ばら・きく: アブラムシ類, つつじ: グ

ンバイムシ類, カーネーション: スリップス類, 稲: イネシンガレセンチュウ: は種前7回, イネドロオイムシ・アブラムシ類: 21日7回, 麦: アブラムシ類: 7日1回, 芝: コガネムシ類 (幼虫)・シバツトガ・スジキリヨトウ, まめ科・いね科牧草: ヨコバイ類・アブラムシ類・ウンカ類・ウリハムシモドキ・ゾウムシ類

#### エトフェンプロックス・PAP 水和剤

エトフェンプロックス 8.0%, PAP 32.0%

エナロン水和剤 (63.3.18)

16993 (武田薬品工業), 16994 (日産化学工業)

みかん: ヤノネカイガラムシ・チャノキイロアザミウマ: 14日3回

#### エトフェンプロックス・カルタップ粒剤

エトフェンプロックス 1.5%, カルタップ 4.0%

パダントレボン粒剤 (63.3.18)

16996 (武田薬品工業)

稲: ニカメイチュウ・イネミズゾウムシ・イネツトムシ・コブノメイガ: 30日3回

#### シハロトリン水和剤 [TT 563]

シハロトリン 5.0%

サイハロン水和剤 (63.3.24)

17009 (アイ・シー・アイ・ジャパン), 17010 (日本農薬), 17011 (武田薬品工業), 17012 (石原産業)

りんご: シンクイムシ類・ハマキムシ類・キンモンホソガ・アブラムシ類: 7日3回, なし: シンクイムシ類・ハマキムシ類・アブラムシ類: 7日3回, もも: シンクイムシ類・モモハモグリガ・アブラムシ類: 7日3回, かき: カキノヘタムシガ・チャノキイロアザミウマ: 7日3回, キャベツ: アオムシ・コナガ・アブラムシ類・ヨトウムシ・タマナギンウワバ: 14

(44ページに続く)

## 野菜の疫病菌に対する拮抗細菌

福井県立短期大学農学科 伊阪 実人・岡本 ひろし 博

## はじめに

自然界に生息する微生物によって伝染性の植物の病気を抑制しようとする試みは、早くから海外で注目されていた。わが国でも 1940 年代から研究されていたが、特に関心を引くようになったのは、ここ数年の間である。しかもその対象となるものは、農業による防除効果が不十分な土壌伝染性病害である。

主な病原菌は *Fusarium*, *Phytophthora*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia* 属菌などであって、いずれも重要な土壌病原菌として知られている。

一方、これらの病原菌を抑制する対抗(拮抗)微生物としては、*Actinomyces*, *Agrobacterium*, *Aplanobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Trichoderma* などの放線菌、細菌、及び糸状菌が知られている。さらには非病原性の *Fusarium* 菌による同属病原菌に対する獲得抵抗性の賦与や、弱毒ウイルスの干渉作用を利用した防除法が実用段階に入っている。

作物の疫病を対象とした生物防除の研究例は比較的少なく、パイナップル疫病 (*P. cinnamomi*)、リンゴ疫病 (*P. cactorum*)、ダイズ疫病 (*P. megasperma* sp. *glycinea*) などが取り上げられ、野菜類については、ほとんど研究成果が見当たらない。その拮抗微生物としては *Actinoplanes*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Streptomyces* 及び *Trichoderma* などが研究の対象となり、中には有望視される報告もある。

本稿では細菌による *Phytophthora* 属菌の生物防除の現状と、野菜類疫病、特にキュウリ灰色疫病 (*P. capsici*) に対する拮抗細菌の適用について、筆者らが行った研究内容を紹介したいと思う。

I *Phytophthora* 属菌に対する拮抗細菌  
研究の現状

*Phytophthora* 属菌は土壌中における代表的腐生生物で、通常疫病菌と呼ばれており、ほとんどのものが植物に病原性を示し、急速に腐敗させ、広く植物に寄生分布している。そのため多くの species があって、土壌中

Antagonistic Bacteria to *Phytophthora* Infesting Vegetables. By Makoto ISAKA and Hiroshi OKAMOTO

では厚膜胞子や卵胞子の形態で長期間生存可能である。

また菌糸体でも条件によっては長く生存し、至適環境下では急速に増殖することができる。したがって、薬剤のみによる病原菌の排除は困難であって、それだけに微生物による抑制への期待が大きい。

*Phytophthora* 属菌を対象とした細菌による防除法の研究は、1980 年ころから盛んとなり、無殺菌土壌中での菌糸の lysis や原形質の消失、遊走子のう及び彼のう胞子の発芽抑制ならびに異常発芽などが観察された。

土壌中の拮抗細菌としては、*Arthrobacter*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Fluorescent pseudomonas* が取り上げられた。これらの細菌は菌糸に作用して細胞壁を溶解したり、細胞質を消失させ生活機能を奪っている。したがって、土壌中に有機物を添加することによって拮抗細菌の増殖を促し、活性を増大して発病軽減がなされている。

MISGHI (1982) は *Pseudomonas fluorescens* が産生するキレート鉄によって、*Phytophthora megasperma* 菌糸の生育が抑制されることを観察した。蛍光性 *Pseudomonas* が産生する鉄キレート物質、すなわち siderophore は PGPR (Plant growth promoting rhizobacteria) として知られているが、*Phytophthora* 菌との関係については十分研究されていない。

UTKHEDE (1983) は一連の研究の中で、土壌中から分離した細菌によって、リンゴ疫病菌 *P. cactorum* の根部侵入を抑制し、発病を減少させている。この細菌は抗菌性物質を産生して、卵胞子の形成や生存をも阻害するとともに、土壌中へ接種した場合は 15 日後まで卵胞子の発芽を抑制した。LIFSHITZ ら (1986) もダイズ根から分離した *Pseudomonas putida* 及び *P. fluorescens* はダイズ疫病菌 *P. megasperma* f. sp. *glycinea* の遊走子発芽を阻害したという。さらに苗を用いたポット実験では、zoospore による接種濃度が、1 苗当たり  $10^3/ml$  では拮抗細菌処理によって発病をかなり抑制できたが、 $10^4/ml$  程度になるとその効果はみられなくなった。UTKHEDE (1986) はまたリンゴ疫病菌 *P. cactorum* に対して、*Bacillus subtilis* が培地上では顕著な阻止帯を形成するとともに、菌糸の発育を強く抑制したにもかかわらず、ポット実験では発病を軽減できなかったことを報告している。GUPTA ら (1986) も同様に、

*B. subtilis* や *Enterobacter aerogenes* が産生する抗菌物質によって、*P. cactorum* の発育が阻害されることを明らかにした。その場合抗菌物質の産生は、*E. aerogenes* では pH 3.5, 14~21°C の条件下で最も良く、リンゴ枝を用いた assay の接種病斑を著しく抑制した。*Bacillus subtilis* では pH 7.5~8.0, 21°C の条件が好適であったが、病斑抑制効果は劣った。

以上のように、*Phytophthora* 菌を対象とした細菌による防除法の研究はきわめて少なく、実用段階へのレベルには達していないのが現状である。

## II キュウリ灰色疫病菌 (*P. capsici*) に対する拮抗細菌の影響

### 1 遊走子の発芽に及ぼす影響

土壌中における *Phytophthora* 属菌は、一般に卵孢子や厚膜孢子のような耐久器官で越冬するが、菌糸体でも好条件下であれば長く生存することができる。これらの器官は、植物体に侵入する段階になると、必ず遊走子のうを形成し、さらに遊走子が放出される。したがって、この機能を阻止できれば発病を抑制できるはずである。

筆者らは、各種植物根圏やキノコ類から PPA 培地 (ジャガイモ煎汁ペプトン寒天培地) 及び KING'S B 培地によって多数の細菌株を分離した。それらの中から *P. capsici* のほか、*Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani*, *Cochliobolus miyabeanus* 菌の菌糸発育や孢子発芽のいずれかを抑制したものを供試した。拮抗細菌は 25°C, 4 日間 PPA 培地で培養後、生理食塩水で 2 回洗浄し、およそ 10<sup>8</sup> cfu/ml の菌液とし、別に準備した *P. capsici* 遊走子のう菌液に混合処理した。処理方法はコロジオン膜を張ったスライドグラス上に両菌液を 1 滴ずつ滴下混合して、25°C に保ち一定時間後に遊走子のうの発芽率を調べた。

結果は第 1 表のとおりであって、拮抗細菌 M-1-1,

V-4-1 菌は強く発芽を阻害した。Me-1-6 もかなり抑制した。処理後 6 時間も経過すると、遊走子のう原形質が分離したり、細胞壁が溶解されるような場面も観察された。しかし V-4-1 菌は以後活性が著しく低下した。

### 2 被のう孢子的発芽に及ぼす影響

キュウリジュース培地で形成させた遊走子のうを殺菌水に懸濁し、25°C に保って遊走子が放出後、それを強く振とうして同調被のう孢子を得た。

一方、前と同様の方法で調製した拮抗細菌液と、被のう孢子液とをコロジオン膜を張ったスライドグラス上に等量ずつ滴下混合して、25°C に保ち、6 時間後に被のう孢子的発芽率を調べた。なお、この実験の場合には、被のう孢子が拮抗細菌液と接触することによって、孢子体の崩壊が観察されたので、常に被のう孢子数は一定量とし、処理後の生存孢子数で表した。

結果は第 2 表に示したように、拮抗細菌 M-1-1 及び V-4-1 菌処理区は、被のう孢子的存在が全く認められなかったり、きわめて少くなっていた。この現象を光顕下で観察すると、両菌液混合処理直後から被のう孢子的崩壊が認められ、未熟なものほど早く分解消失した。この過程を走査電顕で調べた結果、最初は拮抗細菌が付着している孢子表面の部位に孔があき、しばらくするとその部位から原形質が飛び出し全体が分解した (第 1 図)。

第 2 表 *P. capsici* 被のう孢子的発芽に及ぼす拮抗細菌の影響

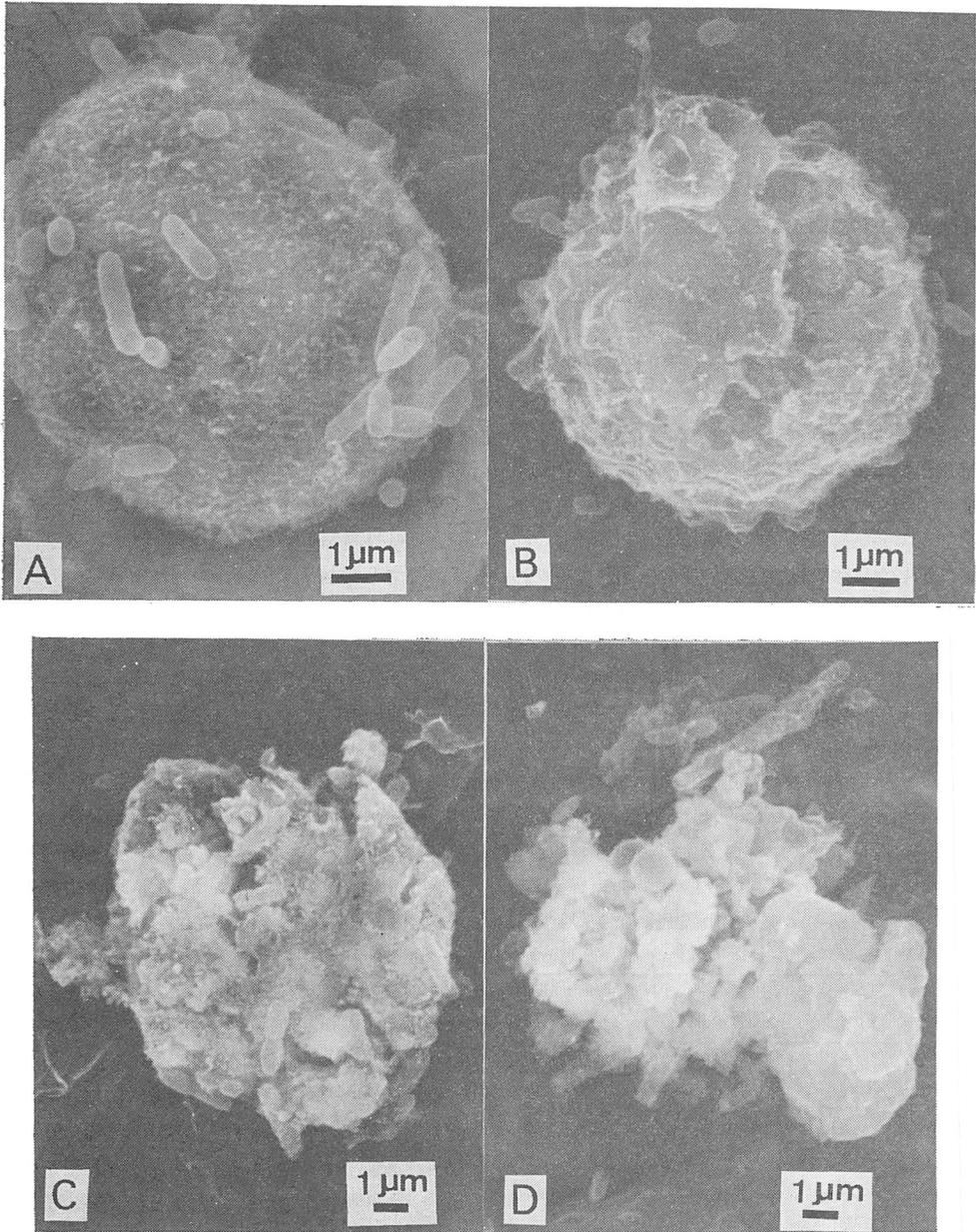
拮 抗 細 菌	調 査 孢 子 数	発 芽 率 (%)	1 視 野 当 た り の 孢 子 数
M-1-1	0	0.0	0.0
M-1-2	926	100.0	71.5
M-1-3	675	98.4	53.2
Me-1-5	685	98.5	48.0
Me-1-6	871	14.4	65.3
Me-1-7	719	97.4	52.4
Me-1-8	639	98.3	44.0
V-4-1	10	0.0	0.8
無処理	832	91.3	58.2

第 1 表 *P. capsici* の遊走子のう発芽に及ぼす拮抗細菌の影響

拮 抗 細 菌	6 時 間		12 時 間	
	調 査 数	発 芽 率 (%)	調 査 数	発 芽 率 (%)
M-1-1	654	0.3	0	0.0
M-1-2	770	88.3	926	100.0
M-1-3	801	89.6	676	89.6
Me-1-5	813	86.7	685	98.5
Me-1-6	978	27.6	871	14.4
Me-1-7	776	94.6	719	97.4
Me-1-8	725	96.1	639	98.3
V-4-1	741	4.6	10	0.0
無処理	804	88.7	932	91.3

第 3 表 拮抗細菌 M-1-1 菌の希釈倍数と *P. capsici* の遊走子のう及び被のう孢子的発芽に及ぼす影響

M-1-1 菌の希釈倍数	遊 走 子 の う		被 の う 孢 子		
	調 査 数	発 芽 率 (%)	調 査 数	発 芽 率 (%)	1 視 野 当 た り の 孢 子 数
0	955	10.9	4	0.0	0.7
10	1358	27.6	1	0.0	0.1
50	1128	34.8	4	0.0	0.7
100	1692	40.9	12	0.0	17.0
500	1286	65.1	204	94.6	291.0
1,000	1353	76.5	244	96.3	407.0
無処理	1021	90.7	75	100.0	125.0



第1図 拮抗細菌 M-1-1 菌による *P. capsici* 被のう胞子の崩壊

- A: 細菌の接触部位にせん孔が見られる. B: せん孔のくぼみが大きくなる.  
C: 胞子体の崩壊が始まる. D: 完全に崩壊した胞子体は分散し始める.

Me-1-6 菌処理の場合には、このような現象は認められず、被のう胞子の発芽のみが抑制された。

これらの結果から、M-1-1 菌を選びおよそ  $10^9$ cfu/ml の濃厚菌液を原液として、それを 1,000 倍まで各段階に希釈し、別に準備した遊走子のう及び被のう胞子液を同様な方法で処理し、発芽状態を観察した。

その結果 (第 3 表)、希釈が進むにつれて発芽抑制効果は減少し、有効な希釈倍数は 100 倍までであった。つまり、拮抗細菌 M-1-1 菌ではその密度が  $10^7$ cfu/ml 程度までが有効のように思われる。

### 3 拮抗細菌 M-1-1 菌培養液の影響

M-1-1 菌は被のう胞子を Burst させる作用を示す

ので、その菌体を除いた培養汚液についても同様の実験を試みた。

M-1-1 菌を PPB 培地で 25°C、4 日間振とう培養後、遠心沈殿の上清を 0.3µm ミリポアフィルターで完全に除菌し、その汚液と遊走子のう及び被のう孢子懸濁液とを等量混合して、同様な方法で発芽率を調べた。

その結果、いずれの孢子に対しても、汚液が強く発芽阻害を示した。被のう孢子に対しては、細菌体で処理した場合と同様、孢子の Burst が観察された。しかし、汚液を希釈すると急速にその活性は低下した。これらのことから、M-1-1 菌は *P. capsici* の孢子発芽を阻害したり、孢子体を分解する物質を産生するものと思われる。

4 拮抗細菌によるキュウリ灰色疫病の発病抑制効果

これまでの実験に供試した拮抗細菌のほか、いくつかの細菌を加えて発病抑制効果を検討した。

第 4 表に示した実験では、菌糸の発育を阻止するか、被のう孢子の発芽抑制を示した拮抗細菌 12 菌株を用い、キュウリ葉身への接種実験を行った。

拮抗細菌は PPA 培地で増殖したものを洗浄後、およそ 10<sup>8</sup>cfu/ml の菌液に調製した。一方、キュウリジュース培地で形成させた *P. capsici* 遊走子のう懸濁液 (100 倍の視野で 50 個程度) を、拮抗細菌液と等量混合し、その 1 滴をキュウリ葉身に滴下接種した。用いたキュウリ葉身は、あらかじめポットで育苗した本葉 9

第 4 表 拮抗細菌がキュウリ灰色疫病の発生に及ぼす影響

拮 抗 細 菌	培地上の菌糸阻止帯 <sup>a)</sup>	被のう孢子の発芽抑制 <sup>b)</sup>	発病指数 <sup>c)</sup>
F-1-1	++	+++	22.2 b c
F-1-2	+	++	0.0 c
M-1-1	++	++	0.0 c
M-2-1	+	++	—
Me-1-1	—	+++	16.7 b c
Me-1-2	—	+++	33.3 b
Me-1-3	—	+++	33.3 b
Me-1-4	++	+++	0.0 c
O-1-1	—	—	37.5 b
W-1-1	++	—	40.3 b
W-2-1	++	—	38.9 b
W-5-1	++	—	—
無処理	—	—	97.2 a

a) 阻止帯の大きさ: ++ (顕著) ~ — (無)

b) 発芽抑制: +++ (強) ~ — (無)

c) キュウリ品種: 四葉, 各 18 葉供試, 25°C, 接種 4 日後調査

$$\text{発病指数} = \frac{\sum(\text{発病程度} \times \text{葉数})}{18 \times 4} \times 100$$

小文字アルファベットはダンカンの多重検定 (p=0.05)

第 5 表 拮抗細菌 M-1-1, F-1-2, Me-1-4 菌混合がキュウリ灰色疫病の発生に及ぼす影響。

拮抗細菌処理	発病指数 <sup>a)</sup>
M-1-1	5.6 c
F-1-2	36.1 b
Me-1-4	0.0 c
M-1-1 + F-1-2	13.9 b c
M-1-1 + Me-1-4	0.0 c
F-1-2 + Me-1-4	0.0 c
無処理	77.8 a
無接種	0.0 c

a) 第 4 表に同じ。

葉時のものであって、接種後は 25°C の湿室に保った。

接種処理 2 日後から病斑を形成し始め、4 日後に発病程度を調べた。その結果、F-1-2, M-1-1, Me-1-4 菌で処理した区はほとんど病斑を形成しなかった。Me-1-1, F-1-1, Me-1-2, Me-1-3 菌もかなり抑制していた。これらの拮抗細菌は、いずれも被のう孢子発芽抑制効果の強いものであり、スライド実験の結果と一致していた。

発病抑制効果の顕著であった M-1-1, F-1-2 及び Me-1-4 菌を用い、それぞれを相互に混合した場合の相乗効果を検討してみた。

実験方法は前回同様であって、拮抗細菌間の混合比も等量ずつで行った。

その結果は第 5 表に示したように、各細菌とも前実験同様に発病を抑制したが、F-1-2 菌はやや劣る結果となった。しかし、混合処理によって発病はかなり抑制されるようであり、相乗の効果が感じられた。これらの実験はいずれも接種前に拮抗細菌と病原菌とを混合した条件下であるため、より自然に近い条件としての噴霧接種による発病抑制効果をも検討してみた。

疫病菌ならびに拮抗細菌の調製方法は前実験と同様に行い、M-1-1 を用い、その濃厚菌液 (10<sup>8</sup>cfu/ml) を 100 倍まで希釈して、それぞれをキュウリ幼苗 1 株当たり 4 ml ずつ噴霧処理した。その 1 日後に遊走子のう懸濁液 (100 倍で 1 視野 100~120 個) を spray 接種した。2 日後には再度 M-1-1 菌を処理して 25°C に保った。

このような方法で得た結果では (第 5 表)、拮抗細菌 M-1-1 菌の濃厚菌液処理によって顕著に発病を抑制することができた。しかし、M-1-1 菌を 50 倍以上に希釈すると、その効果は著しく低下した。

以上の結果から、孢子発芽を抑制したり菌体を分解するような活性のある拮抗細菌は、明らかに発病をも低下させる作用を保持しているとみることができる。しかし、実用場面への適用については、さらに検討すべき問

題が多い。

### III 問題点と将来の展望

土壌における *Phytophthora* 属菌の卵胞子あるいは厚膜胞子のような耐久器官は、species によって差異はあるものの、1年以上も生存可能であり、菌糸体でも8か月生存する場合が知られている。これらの器官から遊走子のうが形成される条件は、養分の枯渇、光との関係、カルシウムイオンなどのほか、土壌中の微生物も関与するようである。土壌中における *Phytophthora* 属菌の生存や繁殖には様々な自然環境因子が大きく影響している中で、細菌が及ぼす作用が最も注目される。一般によく観察されていることは、土壌中の菌糸体に細菌がコロニーを形成して、原形質を消失させたり、細胞壁を溶解させることが知られている。

遊走子のうから放出された遊走子や未熟な被のう胞子は、細胞壁形成が不完全であるため、外界の影響を受けやすく、拮抗細菌に対しても防御が弱いようである。筆者らの実験でも、拮抗細菌 M-1-1 や V-4-1 菌の接触によって、遊走子や被のう胞子は速やかに burst し、分解消失することが認められた。その過程は電顕でもとらえられ(第1図)、最初は胞子体表面に付着した細菌体の部分からせん孔があって、原形質が外部に飛び出し内部膨圧のアンバランスで一挙に破壊されるようである。このような現象はほかにも報告があり、多少異なるが発病抑止土壌中から分離された *Bacillus subtilis* var. *nigar* が、疫病菌の成熟した遊走子のうに走化性を示し、外膜に化学変化を引き起こして崩壊を導くという(BROADBENT, P. and K. BAKER, 1974)。

また、遊走子のうに対してはその形成を促進させる細菌もあるが、抑制する細菌は、発芽前の原形質分割を阻害し正常な遊走子の形成を抑制したり、内容物の分離または消失をきたす。筆者らの実験の中で、遊走子発芽(間接発芽)を抑制して発芽管発芽(直接発芽)を促す現象も認められたが、これは何を意味するのか明らかではない。しかし、このようなことは、植物への侵入が不利な条件になるものと考えられ、拮抗細菌が影響する新たな作用でもあろう。

以上のような拮抗や抑制を示した細菌も、その濃度が  $10^2$  cfu/ml 以下になると、これまでの活性が急に低下するようである。このことは土壌中でより低密度の条件となる拮抗細菌にとって、その活性維持はきわめて困難なことと思われる。しかも土壌中には無数に生息する他の

微生物との競合によって、その活性は著しく阻害されるはずである。したがって、拮抗細菌をその活動の場である根圏に導き、定着させて他の微生物との競合に打ち勝たねばならない。また、これらの細菌は継代培養中に活性の変異をきたしやすい。このことは自然界でも当然起こりうることであり、実際の適用場面でも大きな問題点である。しかし、栽培地の一部では、定着した発病抑止土壌が知られており、そこには拮抗細菌の活性が活発である事実もあるので、これらの関連を今後追求する必要がある。

*Phytophthora* 属菌を対象とした、細菌のみによる生物防除の試みは比較的少ないが、実用的評価では DOLAN (1986) によるアボカド疫病 (*P. cinnamomi*) に対する拮抗細菌の土壌処理効果など、少数の事例がみられている。しかし、事実の普遍性や様々な克服すべき条件があって、困難な面が多い。ただ筆者らが実験中のタロノキ立枯疫病に対しては、別の分離細菌が優れた効果を示して、実用段階への期待が持たれているので、いろいろな利用の場を十分検討しておく必要がある。

### 参考文献

- 1) BROADBENT, P. and K. BAKER (1974): Aus J. Agric. 25: 139~145.
- 2) CHEE, K. H. and F. J. NEWHOOK (1976): New Zealand Jor. Agric. Res. 9: 32~43.
- 3) DOLAN, T. E. et al. (1986): Phytopathology 76: 194~198.
- 4) FILONOW, A. B. and J. L. LOCKWOOD (1985): Plant Dis. 69: 1033~1036.
- 5) GUPTA, V. K. and R. S. UTKHEDE (1986): J. Phytopath. 117: 9~16.
- 6) 本間善久 (1986): 第13回土壌伝染病談話会要旨 pp. 73~80.
- 7) KELLEY, W. D. (1976): Phytopathology 66: 1023~1027.
- 8) LIFSHITZ, R. et al. (1986): Can. J. Plant Pathol. 8: 102~106.
- 9) MALAJCZUK, N. (1983): Phytophthora, Amer. Phytopath. Soc. Minnesota pp. 197~218.
- 10) MISGHI, I. J. et al. (1982): Phytopathology 72: 33~36.
- 11) SHEA, S. R. and P. BROADBENT (1983): Phytophthora, Amer. Phytopath. Soc. Minnesota pp. 335~350.
- 12) 鈴井孝仁 (1984): 第12回土壌伝染病談話会要旨 pp. 35~42.
- 13) UTKHEDE, R. S. and A. P. GAUNCE (1983): Can. J. Bot. 61: 3343~3348.
- 14) ——— (1984): Phytopath. Z. 109: 169~175.
- 15) ——— (1984): Can. J. Bot. 62: 1032~1035.
- 16) ——— and P. L. SHOLBERG (1986): Can. J. Microbiol. 32: 963~967.
- 17) ——— (1986): Scientia Hor. 29: 205~210.

# キャベツ萎黄病に対する拮抗性放線菌の利用

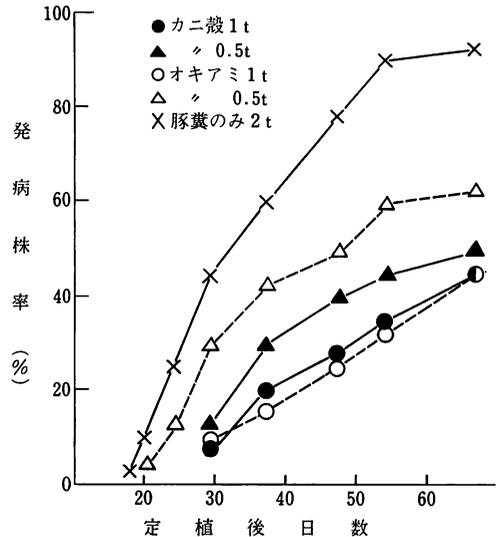
野菜・茶業試験場久留米支場 そんく やすお のむら よしくに  
孫工弥寿雄・野村 良邦

近年、土壤病害の生物的防除では、特定の病原菌に対し特定の拮抗微生物を導入して防除効果をあげた例がみられる。これを裏付ける論拠の一つは、拮抗作用を持つ放線菌の場合、その菌の溶菌酵素が対応する病原菌の細胞壁成分と合致しないと溶菌が起きないとする報告が多いからである (RAMIREZ-LEÓN et al., 1972; SKUJINS et al., 1965)。MITCHELL (1963) は、キチンを 12~20% 含む lobster や Laminaria の病土施用により、インゲン根腐病などの防除効果を実証し、飯田ら (1985)、駒田・小川 (1978) もダイコン萎黄病などで同様な効果を立証した。筆者らの研究室でも、1978 年からカニ殻とオキアミを加えた病畑で、キャベツ萎黄病が 3 年以降顕著に抑制される成績 (野村・木曾, 1984) を得た。既往の諸結果から考えて筆者らは、その抑止力がキチン質有機物施用病土に集積する拮抗性的放線菌ではないかと考えた。1986 年から一般別枠研究が開始された機会にこの実証を試みることにし、前記病土から拮抗性的放線菌を分離して拮抗性能、土壤定着性、防除効果などを試験したので紹介する。

## I カニ殻及びオキアミの病土施用とキャベツ萎黄病の防除効果

本成績は 1978 年以降 10 年間に 2 反復した結果である。試験方法は、1 区 6.8m<sup>2</sup> に区切った発病畑に 10a 当たりカニ殻またはオキアミ粉末を 1, 0.5, 0.2, 0 (t) 施用し、合わせて各区に豚糞 2t と化学肥料 140kg を混入した。毎年 7 月下旬に上記有機物を施用後十分に耕うし、9 月上旬にキャベツ品種「四季穫」を 1 区 20 株定植した。発病株は毎年除去し圃場衛生に留意した。防除効果はキチン質有機物施用 1 年目、2 年目共に全株発病し効果がなかった。しかし 3 年目にはカニ殻、オキアミ 1t 施用区で発病遅延効果を、また 4 年目以降は顕著な抑制効果を認め、その効果は施用量に比例して高まった (第 1 図)。収量は 3 年目に入りオキアミ 1t 区でわずかに認めたが、4 年目には他区も増加し 5 年目にはキチン資材施用区の収穫率が 60~45% で、標準区の 10% より著しく増し、施用量に比例した。土壤の *Fusarium*

Utilization of Antagonistic Actinomycetes for Control of Cabbage Yellows. By Yasuo SONKU and Yoshikuni NOMURA



第 1 図 発病株率の経時変化 (有機物連続施用 5 年目)

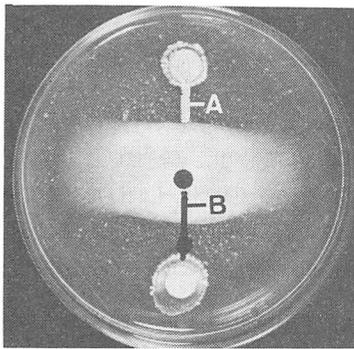
菌数は 5 年間大きな変動はなかったが、キチン資材施用区では糸状菌と放線菌数が施用量につれて増加した。細菌数も施用後増加したが区間差はなかった。土壤 pH はカニ殻区でやや上昇し、オキアミ区では徐々に低下したが、両区共に 1t 連用しても生育障害はみられなかった。

## II キチン質有機物を施用したキャベツ萎黄病土から分離した拮抗性放線菌株群の拮抗価分布と細胞壁タイプ

1) 分離した拮抗性放線菌株群の拮抗価分布: 採土は 1986, 1987 の両年に I で示した試験区の設置後 4 年目と 5 年目のカニ殻またはオキアミの 1, 0.5, 0.2, 0 (t) 施用病土から 9 回行った。拮抗菌の分離は HERR の三層寒天法によって、25°C で 10 日間静置後表面に出た阻止円のある放線菌を分離した。拮抗価検定は第 2 図に示したように、PSA で培養 6 日目の平板培地から直径 5mm の萎黄病菌を打ち抜いて CZAPECK 平板培地の中央に置床後、25mm の間隔で検定放線菌叢の磨砕細片附着ディスク (直径 8mm) を置き、25°C で 7 日後に第 2 図に示す阻止帯の長さを計測した。計測後の表示は、阻止帯 (A)/対峙距離 (B) × 100 = 拮抗価 (仮称)

で行った。なお、検定条件として培地の種類、培養温度の試験も行った。計測した 747 菌株の拮抗価分布は第 1 表のとおりで、三層寒天法で分離時に阻止帯のあった菌株のうち、拮抗価検定後に 0 と判定された菌株が全体の 20.1% もあり、0.1~5 の低い拮抗価群と合わせると、335 菌株、44.9% に達した。一方、拮抗価が 5.1 以上の菌株群で最大の階級は、20.1~25 の 128 菌株、17.1% であった。以上の結果、高度拮抗価菌株群 (25.1~45) は 4.2%、中度群 (10.1~25) は 43.6%、低度群 (0.1~10) は 31.4% となった。最高拮抗価は KA 856 の 42.1 であり、30.1 以上の菌株数は 7 (0.9%) にすぎなかった。

2) 拮抗菌の細胞壁タイプの検定：細胞壁タイプの検定は、拮抗価 15.1~45 までの 241 菌株について、常法で菌体を加水分解後、薄層クロマト板にスポットして発色させ、LL-ジアミノピメリン酸の存否で判定した。検定結果は第 2 表のようにすべて I 型で *Streptomyces*



第 2 図 拮抗価の計測法  
A：阻止帯 B：対峙距離

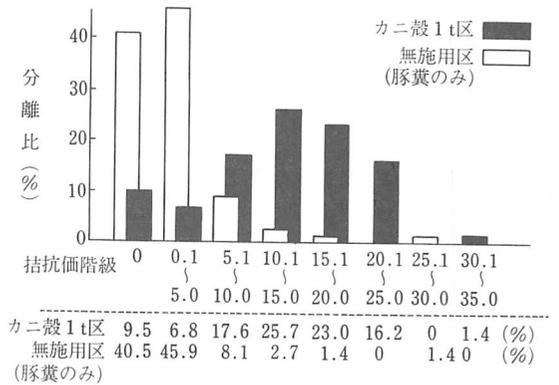
第 1 表 キチン質有機物施用キャベツ萎黄病病土から 2 年間に分離した拮抗性放線菌菌株群の拮抗価分布

拮抗価階級	合計		61 年		62 年	
	菌株数	%	菌株数	%	菌株数	%
0	150	20.1	104	23.1	46	15.5
0.1~5	185	24.8	125	27.8	60	20.2
5.1~10	49	6.6	12	2.7	37	12.5
10.1~15	88	11.1	35	7.8	53	17.8
15.1~20	115	15.4	61	13.6	54	18.2
20.1~25	128	17.1	89	19.8	39	13.1
25.1~30	25	3.3	19	4.2	6	2.0
30.1~35	5	0.7	4	0.9	1	0.3
35.1~40	1	0.1	1	0.2	0	0
40.1~45	1	0.1	0	0	1	0.3
45.1~50	0	0	0	0	0	0
合計	747	(100)	450	(100)	297	(100)

第 2 表 高拮抗価放線菌菌株群の細胞壁タイプの検定

拮抗価階級	検定菌株						比較菌株 <i>Nocardia</i> sp
	45~40	39~35	34~30	29~25	24~20	19~15	
該当数	1	1	5	25	118	91	1
細胞壁タイプ	I	I	I	I	I	I	IV

検定法：LL-ジアミノピメリン酸の同定による



第 3 図 キチン質資材施用、無施用土において分離された拮抗性放線菌菌株群の拮抗価分布比 (昭 62)

属と判定された。

3) キチン資材施用の有無と強拮抗菌の分離頻度：

1) と同時期にカニ殻、オキアミ施用、無施用の各病土から拮抗菌を分離後、拮抗価を計測した。キチン質資材施用の有無と拮抗菌の分離率は第 3 図のとおりで、カニ殻施用区が 90.5% に対し無施用区は 59.5% と低く、また拮抗価の分布が 5~35 の範囲に絞ると、カニ殻区が 83.7% に対し無施用区が 13.6% にすぎなかった。よってカニ殻区から分離した菌株は中~高度群が主であり、また無施用区では低度群が主であって、キチン資材施用区に強拮抗菌の集積がみられた。

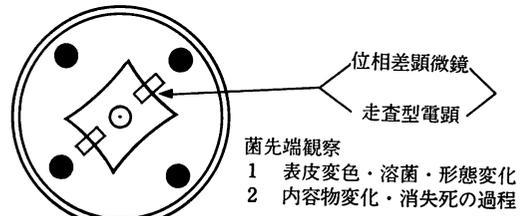
III 拮抗性放線菌による土壤伝染性病原菌の菌糸伸長阻止作用と、病原菌の菌糸内容物、形態異常の観察

1) 拮抗菌による土壤伝染性病原菌の菌糸伸長阻止作用：菌糸伸長阻止作用の計測法は、I に記述したディスク法により、拮抗菌 KA 856 の外数種の拮抗菌と供試菌を CZAPECK 平板培地上で対峙培養して拮抗価を計測した。供試した病原菌は分化型の異なる *Fusarium oxysporum* 14 種、種の異なる *Fusarium* 属菌 9 種、その他 *Fusarium* 属以外の数種を比較した。試験結果を第

3表に示した。まずキャベツ萎黄病土から分離した拮抗性放線菌は、14種の異分化型 *F. oxysporum* 菌及び異種の *Fusarium* 属菌のすべてに抗菌活性を認めた。分化型14種に対する拮抗価は、12.4~32.5、平均24.8で、各分化型別にみるとイチゴ萎黄病菌とキャベツ萎黄病菌に対する抗菌活性が最強で、ダイコン萎黄病菌が最も劣った。比較した他の病原菌にも抗菌活性を示したが、ナス白絹病菌には特に強い抗菌活性を示した。一方、異種の *Fusarium* 属菌に対する KA 130 の抗菌活性は、種間で相違し、*oxysporum*, *roseum* には抗菌活性が強く、*moniliforme* には微弱であった。しかしながら、全菌株中キャベツ萎黄病菌に対しては特異的に高かった。

2) 培養液による菌糸伸長阻止作用：培養日数と抗生物質の液中での産生の関係については、CZAPECK 液体培地で7, 14, 21, 28, 45, 60日目の培養液を0.8 μmの濾紙で無菌濾過後、萎黄病菌胞子含有CZAPECK 固体培地にカップを立て、常法で0.2mlを注入し、6日目に拮抗価を算出した。結果は第4表に示したように、21日目の抗菌活性が最も強かった。

3) 拮抗性放線菌による萎黄病菌菌糸の内容物、形態異常の観察：第4図のように、CZAPECK 平板培地のデ



第4図 菌糸の内容物・形態異常の観察法

ィスク法で拮抗菌と萎黄病菌とを対峙培養し、対面上の萎黄病菌菌液片を切り取って、位相差顕微鏡と走査電頭で観察した。拮抗性放線菌と対峙培養したキャベツ萎黄病菌菌糸には、細胞内容物や形態に異常が観察された。細胞内容物の位相差顕微鏡による観察を第5図I-A (1~4)に示したが、1では菌糸先端が溶菌のため細長く収縮黒化し、細胞内容物が凝固していた。2の菌糸S部は細胞内容物が消失空洞化し、3, 4は菌糸先端部と基部細胞内容物が凝固を示した。一般に拮抗性放線菌の抗菌作用を受けた菌糸が死に至る過程では、表皮変色、細胞内容物の凝固、漏出、空洞化、死滅の経過が観察された。一方、菌糸の形態異常では、第5図I-B (1~6)のような6種類程度の型があり、1先端破裂、2先端部細長曲折、3先端円形膨張、4たこ足、5らせん、6厚膜胞子化等である。電頭観察でも同様な形態異常が第5図II-(1~6)で、また菌糸の溶菌部分がIII(1~3)、菌糸先端部黒変衰弱曲折部分がIII(4)で観察された。

第3表 拮抗性放線菌の *F. oxysporum* 菌群に対する抗菌力

病 原 菌	拮 抗 価
イチゴ萎黄病菌	32.5
キャベツ萎黄病菌	31.8
カーネーション萎ちょう病菌	30.9
スイカつる割病菌	30.6
ヘチマつる割病菌	26.7
メロンつる割病菌	26.2
トマト萎ちょう病菌 (J1)	25.0
アスパラガス立枯病菌	23.2
ホウレンソウ萎ちょう病菌	22.2
シュンギク萎ちょう病菌	22.2
トマト萎ちょう病菌 (J3)	21.4
ユウガオつる割病菌	21.3
キュウリつる割病菌	20.9
ダイコン萎黄病菌	12.4
ナス白絹病菌	66.3

第4表 培養日数と拮抗性放線菌の培養液中の抗生物質産生

培 養 日 数					
7	14	21	28	45	60
—	+	卍	卍	+	±

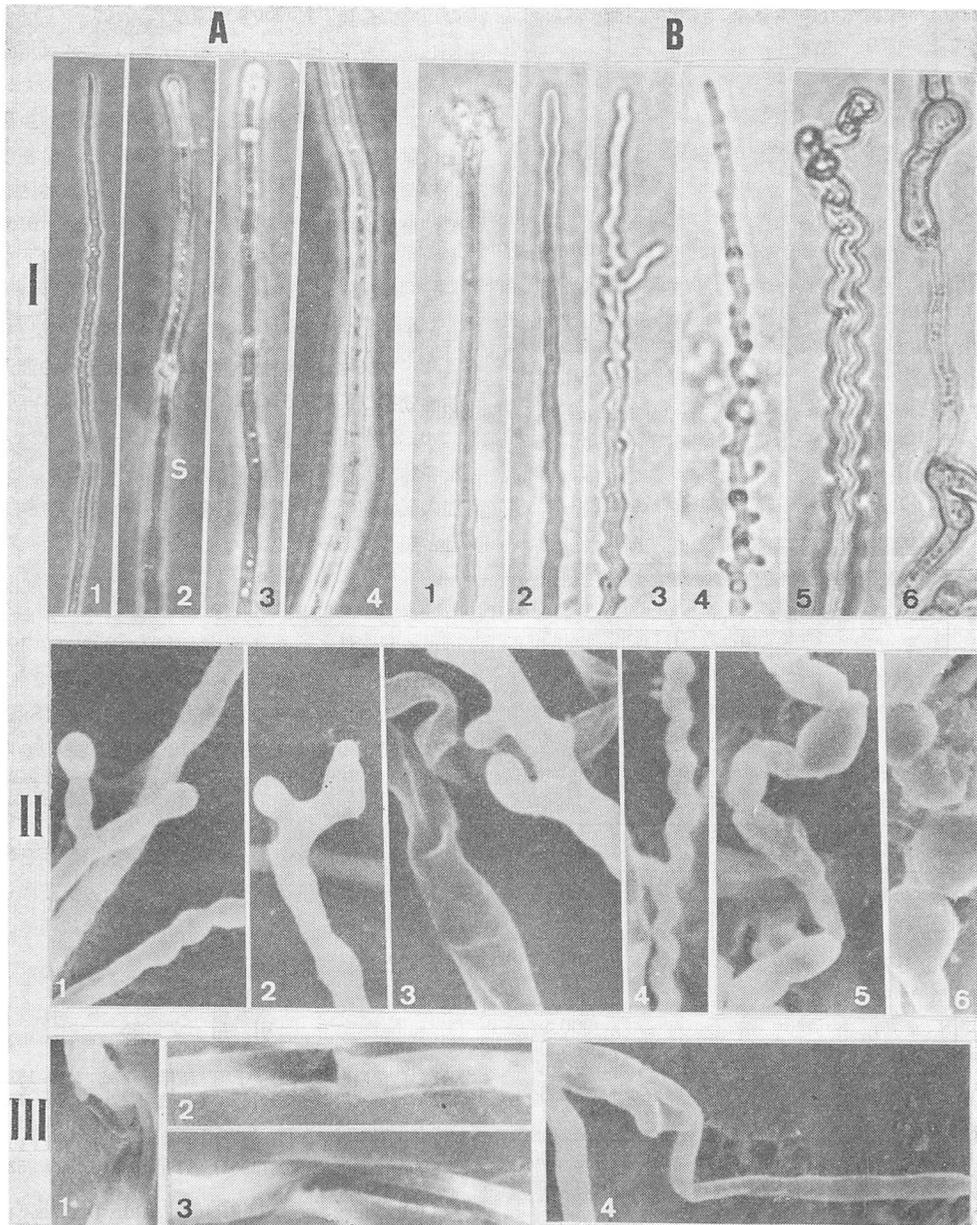
- 1) 培養基：CZAPECK 100 ml 液体培地使用
- 2) 拮抗性放線菌株：KA 856

#### IV 拮抗性放線菌の土壤施用とキャベツ萎黄病の防除効果

##### 1 拮抗性放線菌の効果検定法と土壤定着資材の選定

1) 検定土壤中の病原菌胞子濃度と幼苗検定期間：萎黄病菌胞子液 (PS 7日間振とう培養後濾過) を1kgの殺菌土または生土に、2, 5, 10, 15, 20ml 噴霧接種して十分にかくはんした。このときの土壤中の胞子濃度は、10<sup>4</sup>濃度で3.8, 12.2, 23.2, 69.6, 85.6個/gであった。この土壤に4葉齢の苗「四季穫」を1箱10株ずつ定植した。結果は土壤1kg当たり菌液15, 10mlを噴霧した区が定植後30日で苗が完全に枯死した。よって拮抗性放線菌による防除効果検定は、10mlの胞子液を土壤接種後、4齢苗を定植すると30日で検定可能であると考えられた。

##### 2) 拮抗菌の土壤定着資材：日本肥糧製ハイフミン粉状(泥炭)、ハイフミン粒状、高崎化成製日光堆肥(おがくず)、フスマ、コーヒーク、米ぬか、土壤(場内畑土)を比較した結果、第5, 6表に示すように、各資材



第5図 強拮抗性放線菌株と対峙培養したキャベツ萎黄病菌菌糸の内容物及び形態異常の観察

I-A : 位相差顕微鏡による細胞内容物の異常観察 (1~4)

I-B : 倒立顕微鏡による菌糸の形態異常の観察 (1~6)

II-1~6 : 走査電顕像による菌糸の形態異常の観察

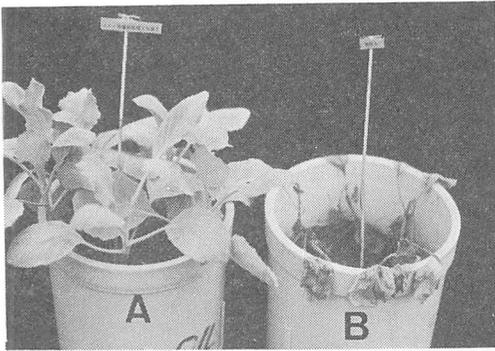
III-1~3 : 走査電顕像による菌糸の溶菌部観察

III-4 : 同上菌糸表面変色衰弱の観察

にキチンを添加すると拮抗菌の増殖が良くなり、また資材ではフスマ、コーヒー粕での増殖が良かった。これらの試験から、300 ml フラスコに資材を 150 g 入れて水分調節後殺菌し、拮抗菌を接種して 30°C で 2~3 週

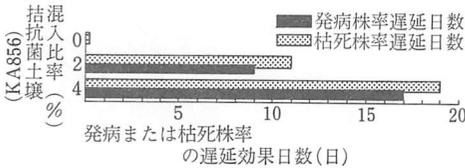
間培養すれば使用できることが判明した。

3) フスマ培養菌の土壌混入適比率: 拮抗価 25 以上の KA 138 ほか 10 種のフスマ培養菌を、30°C で 2 週間培養し、連作病土に 0, 0.5, 1, 2, 4, 6% (w/w)



第6図 拮抗性放線菌（フスマ培養）の土壌混入率とキャベツ萎黄病の防除効果

A：拮抗菌 4%， B：無処理



第7図 最強拮抗価放線菌の病土混入比率と防除効果

第5表 有機物に純キチン、栄養源を添加した場合の拮抗性放線菌の増殖

有機物の種類	純キチン	ジャガイモ汁	放線菌数 (10 <sup>7</sup> )
ハイフミン粉状	○	○	39.0
〃	—	○	23.6
ハイフミン粒状	○	○	160.6
〃	—	○	13.4
堆肥 (日光)	○	○	300.9
〃	—	○	185.0
殺菌土壌	○	○	12.5
〃	—	○	2.4

接種源は PS 液体培養 3 週目の KA 130 菌体を 300 ml フラスコ当たり 1/2 量投入，30°C で 60 日培養後計測 (有機物 150 ml)。

第6表 有機物の種類と拮抗性放線菌の増殖

有機物の種類 (150 ml/300 ml フラスコ)				
フスマ	コーヒー粕	ハイフミン(粉)	堆肥(日光)	米ぬか
≡	≡	+	+	+

増殖の判定は肉眼観察によった。

の比で混合後，1/5000 a ポットに入れてキャベツ苗を定植した。結果を第 6 図に示したが，フスマ培養菌 4% 混入区が良好で，6% では生理障害を起こした。

4) フスマ培養菌と純キチンの併用効果 (生土と殺菌土供試)：拮抗価 25 以上の KA 337 ほかに 3 種のフスマ培養菌を殺菌土と生土に 2, 4% 混合後，各区を二分して純キチン (紅ズワイガニ加水分解剤) を 0.3% 混入した。その後，萎黄病菌胞子液を所定量接種して 2 日後に苗を定植した。結果は，生土に対しフスマ培養菌 4% とキチン 0.3% を混入した区の発病遅延効果が勝った。

2 フスマ培養強拮抗性放線菌の病土への混入による防除効果：KA 856 (拮抗価 42.1) を，連作病土 3 kg に 0, 2, 4% 混入後二分してフラワーポットへ入れ，苗を各鉢 10 株定植した。結果を第 7 図に示したが，4% 混入区で遅延日数が枯死株率で 19 日，発病株率で 17 日と顕著であった。

おわりに

キチン資材による土壌病害防除の研究は，1960 年代の MITCHELL (1963) 以来多数の研究が積み重ねられ，近年では菌体膜の溶菌酵素の研究が盛んである (SKUJINS et al., 1965；切貫ら，1976)。筆者らが今までに病土から分離した高拮抗性の放線菌は，キチン無混入区よりキチン混入区に多く集積する傾向があり，またこれらの菌は，病土中の病原菌には特に強い抗菌活性を持っている。今後はこの抗菌活性の高い放線菌の集積機構と土壌への定着について検討し，安定した防除技術へと結び付けることが必要と考えている。

引用文献

- 1) 飯田格ら (1985)：千葉大園学報 36：127~133.
- 2) 切貫武代司ら (1976)：神戸農研報 12：41~48.
- 3) 駒田 旦・小川 奎 (1978)：日植病報 44 (3)：368.
- 4) 野村良邦・木曾 皓 (1984)：同上 50 (1)：105.
- 5) MITCHELL, R. (1963)：Phytopathology 53：1068~1071.
- 6) RAMIREZ-LEÓN, I. F. and J. RUIZ-HERRERA (1972)：J. Gen. Microbiol. 72：281.
- 7) SKUJINS, J. J. et al. (1965)：Arch. Biochem. Biophys. 111：358~364.
- 8) 内田 泰ら (1985)：日本農芸化学会西日本支部大会講演要旨：33.

# イチゴ萎黄病に対する非病原フザリウム菌の利用

静岡県農業試験場 <sup>てつか</sup>手塚 <sup>のぶお</sup>信夫・<sup>まきの</sup>牧野 <sup>たかひろ</sup>孝宏

## はじめに

イチゴ萎黄病は、品種宝交早生の栽培とともに、昭和44年岡山、奈良、愛知の各県で初めて発生し、*Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* によることが確認された(岡本ら, 1970)。本病は急速に全国に広がり、土壌伝染性病害として重要病害となってきた。

一方、イチゴのウイルス病対策として茎頂培養によるウイルスフリー化が行われ、広く普及している。しかし、ウイルスフリー株は萎黄病に対して抵抗性が低く、発病しやすいことが各地で観察されてきた。ウイルスフリー株はウイルスのみならずフザリウム菌などもフリーであるために、萎黄病に対して弱いものと推察された。

また、小川ら(1984, 1986)はサツマイモつるの割病の防除に非病原フザリウム菌を利用して高い防除効果を示した。

イチゴ萎黄病はクロロピクリン剤などによる土壌消毒により防除されているが、それにもかかわらず、しばしば多発生してイチゴの難防除病害となってきた。筆者ら(1986, 1987)は、本病に対して非病原フザリウム菌を利用した防除法の試験を行ってきたので、その概要を紹介する。

## I 非病原フザリウム菌の分離

非病原フザリウム菌を分離するには健全イチゴのクラウンから分離することがよいと考え、健全なイチゴのクラウンの導管部から、PDA 培地及びフザリウム選択培地(駒田培地)(駒田, 1976)を用いて常法により菌の分離を行った。また、健全なトマト茎の導管部からも分離した。

## II 防除効果

### 1 箱試験による有効菌株の選抜

健全イチゴのクラウンから分離したフザリウム菌株から、イチゴ萎黄病の防除に有効な菌株の選抜を行った。非病原フザリウム菌をジャガイモ煎汁液体培地で培養

し、7月の高温期に $1\sim 4\times 10^6$ 個/mlの分生胞子の懸濁液にイチゴ“宝交早生”の根を浸漬し、直ちに木箱に詰めた殺菌土壌に植え付けて温室に置いた。1週間後、同様に培養した萎黄病菌の $2\times 10^6$ 個/mlの分生胞子をイチゴの株間に流して接種した。

温室で約3か月発病程度を観察した結果、非病原フザリウム菌を前接種した区で、発病が遅れたり、枯死株率が低下する区が認められたので、その中からC-8菌を有効菌株として選抜した。

### 2 圃場試験

非病原フザリウム菌(C-8菌)をイチゴ苗に浸根接種して仮植するとともに、本圃にフスマ培養菌を混和した後にイチゴ苗を定植した。

8月28日、C-8菌のフスマ培養菌(100g/m<sup>2</sup>)を本圃の土壌に混和した。また、イチゴ苗(宝交早生)を液体培養した分生胞子( $6\times 10^6$ 個/ml)の懸濁液に浸根接種し、木箱の殺菌土壌に仮植した。無処理のイチゴ苗も同様に仮植した。9月3日、萎黄病菌のフスマ培養菌を1.5g/m<sup>2</sup>及び5g/m<sup>2</sup>の濃度で本圃に土壌混和して接種した。翌日、仮植苗を畦幅110cmの本圃に株間20cmの3条植えで定植し、11月21日に発病株数及び病発程度を調査した。

病原菌を1.5g/m<sup>2</sup>接種した場合、無処理区で発病株率が31%となり、C-8菌の処理により発病株率は60%以上減少した(第1表)。一方、病原菌を5g/m<sup>2</sup>接種した場合には、無処理区の発病株率は67%に達し、C-8菌を処理した区でも発病株率は40%に達して防除

第1表 非病原フザリウム菌によるイチゴ萎黄病の防除

病原菌接種 (フスマ菌)	非病原フザリウム菌の前接種	調査 株数 (株)	発病 株率 (%)	防除価	発病度
1.5 g/m <sup>2</sup>	C-8 菌	29.0	11.7	62.9	7.0
	無処理	33.8	31.5	—	20.4
5 g/m <sup>2</sup>	C-8 菌	28.0	41.4	38.5	27.0
	無処理	34.3	67.3	—	48.2

8月28日、C-8菌をイチゴ苗に浸根接種して殺菌土壌に仮植し、本圃にもC-8菌のフスマ培養菌(100g/m<sup>2</sup>)を混和した。

9月3日、イチゴ萎黄病菌を本圃土壌に接種し、9月4日に定植した。

Biological Control of Fusarium Wilt of Strawberry with Nonpathogenic Isolates of *Fusarium oxysporum*. By Nobuo TEZUKA and Takahiro MAKINO

第 2 表 非病原フザリウム菌の種々の処理方法によるイチゴ萎黄病の防除

処 理	発病株数	発 病 度	防 除 価
1) 浸根 8/13 (仮) フスマ菌 9/10 (本)	26 株	61.6	36.8
2) 浸根 8/13 (仮)	26.3	69.6	28.5
3) フスマ菌 8/6 (親) フスマ菌 8/13 (仮)	23	73.7	24.3
4) フスマ菌 7/17 (親) フスマ菌 8/13 (仮)	23	73.8	24.2
5) フスマ菌 9/3 (仮)	27.3	77.3	20.6
6) フスマ菌 9/12 (本)	34.3	84.6	13.1
7) 無処理 フスマのみ 9/3 (本)	35	97.4	—
8) 無処理	33.3	86.6	—

8月13日：仮植，8月29日：病原菌接種，9月10日：定植

(親)：親株床，(仮)：仮植床，(本)：本圃

$$\text{発病度} = \frac{\sum ni xi}{5N} \times 100 \quad (N: \text{調査株数}, ni: \text{発病程度 } xi \text{ の株数})$$

価は 40% 以下に低下した。無処理区の発病株率 31%，67% は多発生条件であるので，少発生の場合はさらに防除効果が上がることが期待される。

### 3 前処理の方法

非病原フザリウム菌 (C-8 菌) の処理方法で最も防除効果の高い方法を検討した。

① 採苗床で，親株の株元に C-8 菌のフスマ培養菌 (100 g/株) を土壌混和した。

② 仮植床で，液体培養した C-8 菌の分生孢子懸濁液 ( $3.8 \times 10^9$  個/ml) に浸根接種した。また，土壌中に C-8 菌のフスマ培養菌 (500 g/m<sup>2</sup>) を土壌混和した。

③ 本圃で，イチゴの定植前に C-8 菌のフスマ培養菌 (50 g/m<sup>2</sup>) を土壌混和した。

病原菌は定植前にフスマ培養菌 (3 g/m<sup>2</sup>) を本圃の全面に土壌混和して接種した。

これらの組み合わせた処理を行った結果，仮植時に浸根接種し，さらにフスマ培養菌を本圃に混和する区が最も高い防除効果を示した (第 2 表)。次いで仮植時の浸根接種が続き，親株元及び仮植床土壌にフスマ培養菌を混和する処理の順であった。

本試験では，全区で防除効果が低かったが，これは一般的に発病度が高く，無処理区の発病度は 97 と高くなったためと考えられる。C-8 菌の前処理区のいずれの区でも，無処理区に比べて防除価が認められたので，C-8 菌の防除効果はあるものと考えられた。

### 4 土壌消毒との併用

本病は土壌伝染性病害であるので，土壌消毒剤の使用による防除が行われている。しかしながら，本病は土壌消毒を行うにもかかわらず発生することがしばしばあるので，土壌消毒と非病原フザリウム菌処理の併用による防除を行った。

前年，萎黄病菌のフスマ培養菌 (3 g/m<sup>2</sup>) を土壌に混和してイチゴを栽培した圃場で，メチルイソチオシアネ

ート (MITC) 油剤を 30 cm 間隔で 4 ml ずつ注入して，1 週間ビニル被覆を行い，土壌消毒をした。さらに，C-8 菌のフスマ培養菌 0.2 l を水 0.8 l に懸濁して，イチゴ苗を浸根接種し殺菌土壌に仮植した。8 日後，上記の MITC による消毒土壌へ定植した。同時に，MITC 処理のみの区，無処理区を設けた。

MITC のみの区では，本病の防除は有効であったが，数株の発病が認められた。これは MITC による消毒が土壌深部まで不十分であったのか，あるいは消毒されていてもその後周辺部から病原菌が混入したためと考えられる。

一方，MITC 処理区に C-8 菌を浸根接種した仮植苗を定植した区では，発病株は認められず，薬剤と非病原フザリウム菌の併用により顕著な防除効果を示した (第 3 表)。このように，土壌消毒により病原菌の密度が低下している場合には，C-8 菌の前接種の効果が大きいものと考えられた。

### 5 現地における防除試験

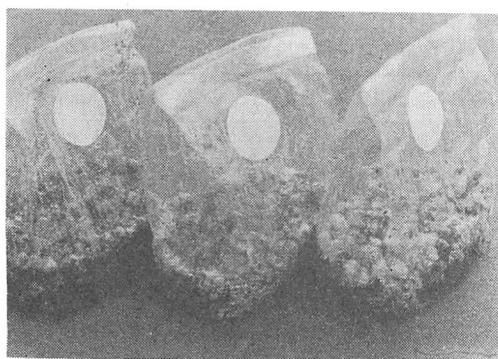
現地農家のイチゴ栽培へ非病原フザリウム菌の適用試験を行った。

仮植床はクロロピクリンで土壌消毒を行い，本圃は太陽熱で消毒をした農家圃場で試験した。C-8 菌のフスマ培養菌 (第 1 図) 0.5 l を水 1.5 l に懸濁し，仮植用

第 3 表 薬剤及び非病原フザリウム菌の併用による防除

処 理	調査株数 (株)	発病度	発病株率 (%)	防 除 価
① MITC 油剤 (8/27)	30	4.7	7.8 b	75.2
② 非病原フザリウム菌 (9/7)	24	8.5	17.2 ab	45.2
③ MITC 油剤 (8/27) + 非病原フザリウム菌 (9/7)	22.7	0	0 c	100
④ 無 処 理	9.7	20.4	31.4 a	—

同一英小文字は DUNCAN's multiple range test による 5% 有意差がないことを示す。



第1図 フスマ培養した非病原フザリウム菌 (C-8 菌)



第2図 フスマ培養した C-8 菌を水に懸濁して浸根処理をする



第3図 C-8 菌を浸根処理したイチゴ苗を仮植し散水する

のイチゴ苗を浸根接種した (第2図)。数分後、仮植床にイチゴ苗を植え付け直ちに散水した (第3図)。無処理区は農家慣行に従った。約2か月後、本圃ハウスの周辺部を選び、C-8菌接種苗と無処理の苗を定植した。仮植床及び本圃における発病株数を順次調査した (第4表)。

浜松市の圃場では宝交早生が栽培され、仮植床ではC

第4表 現地におけるイチゴ萎黄病の生物的防除

試験場所	品種	有用菌数	調査株数 (株)	発病株数 (株)			発病株率 (%)	防除価
				仮植床	本圃	計		
浜松市	宝交早生	C-8菌	379株	9	11	20	5.3	33.8
		無処理	338	20	7	27	8.0	—
大東町	女峰	C-8菌	300	3	0	3	1.0	50.0
		無処理	300	6	0	6	2.0	—

8菌の防除効果は認められたが、本圃へ定植してからは処理区で発病が多くなり、両方を合わせて C-8 菌処理区で多少発病株率が低くなったにすぎなかった。また、大東町の圃場では女峰が栽培され、本品種は本病に対して比較的抵抗性が強く、無処理区でわずかに発病株が見られるにとどまった。いずれの圃場でも、多発性圃場ではなく非病原フザリウム菌接種による効果は顕著ではなかったが、前接種により発病株率が低下した。現地農家で本病がかなり発生する圃場で試験することが望ましいが、いずれの農家でもなんらかの方法で土壤消毒を行っているので、試験圃場がかなり汚染した圃場に当たすることは少なく、今後さらに大規模な試験が必要となる。

## 6 熱処理の影響

C-8 菌のフスマ培養菌を 100°C で 5 分間熱処理して、上述と同様に前接種した。また、C-8 菌のフスマ培養菌を 2 年間室温で保存し、同様に前接種した。C-8 菌は前接種により 55% の防除価を示したが、熱処理した C-8 菌接種区では、ほぼ防除効果は消失した (第5表)。また、2 年間室温で保存した C-8 菌処理区では、防除効果がかなり失われた。以上の結果、効果を示すには非病原フザリウム菌は生きて増殖することが必要

第5表 熱処理などの非病原フザリウム菌によるイチゴ萎黄病の防除

非病原フザリウム菌	調査株数 (株)	発病株率 (%)	防除価	発病度
① C-8 菌 (当年)	23.5	26.6 c	55.7	21.0
② C-8 菌 熱処理	23.5	55.4 ab	7.7	38.3
③ C-8 菌 (2年前)	18	45.7 abc	23.8	32.9
④ イチゴ菌 1	15.5	32.1 bc	46.5	23.1
⑤ イチゴ菌 5	22.5	37.5 abc	37.5	23.4
⑥ イチゴ菌 6	19.5	22.7 c	62.2	14.1
⑦ イチゴ菌 14	17.5	19.8 c	67.0	12.3
⑧ トマト菌 6	26	28.5 bc	52.5	17.1
⑨ 無処理	30	60.0 a	—	39.4

1 年前に萎黄病菌のフスマ培養菌を接種し、イチゴを栽培した汚染圃場に定植した。

同一英小文字間は DUNCAN's multiple range test による 5% 有意差がないことを示す。

であることを示した。

さらに、C-8 菌以外のイチゴ及びトマトから分離した非病原フザリウム菌のうち、本病に対して効果が認められる菌株があった。本病の防除を行う非病原フザリウム菌は、イチゴのほかにはトマトからも分離され、多種の植物にかなり普遍的に存在することが示唆された。

### Ⅲ 他作物に対する病原性

C-8 菌は健全イチゴのクラウンから分離されたフザリウム菌であるので、イチゴに対して病原性がないのは当然であるが、他の作物に対して病原性の有無を検討した。9月11日、C-8 菌のフスマ培養菌 (50 g/m<sup>2</sup>) を圃場に土壌混和して接種した。翌日、2 m<sup>2</sup> 当たり 1 作物の種子を直播した。レタスのみ苗を定植した。11月17日まで葉、茎の観察を続け、根元を切断して導管の褐変、根の褐変などの異常の有無を調査した。その結果、イチゴを含め 10 科 19 種の作物に対して異常は認められず、病原性は認められなかった (第6表)。C-8 菌はイチゴのみならずほかの作物に対しても非病原性のフザリウム菌であると考えられた。

### Ⅳ 非病原フザリウム菌のイチゴ中での増殖

イチゴ苗にフスマ培養した C-8 菌を前述と同様に浸根接種し、殺菌パーミキュライトに植え付けた。2か月

第6表 C-8 菌の接種により病原性の認められなかった作物

作物品種		
イネ科	イネ	晴々
	トウモロコシ	ハニーバンタム
ナス科	トマト	強力東光
	ピーマン	西洋早生大甘
ウリ科	メロン	金依甜瓜
	キュウリ	北進
	スイカ	金輝
アブラナ科	ダイコン	耐病総太り
	キャベツ	富士早生甘藍
	ハクサイ	耐病六十日
マメ科	インゲン	トップクローブ
	ソラマメ	早生ソラマメ
	エンドウ	久留米緑
ユリ科	ネギ	越津葱
アカザ科	ハウレンソウ	アトラス
キク科	レタス	オリンピア
	シュンギク	
セリ科	ニンジン	向陽五寸
バラ科	イチゴ	宝交早生

フスマ培養した C-8 菌 (50g/m<sup>2</sup>) を土壌混和して接種した。

第7表 非病原フザリウム菌接種の前後におけるフザリウム菌の分離率

C-8 菌	PDA 培地			駒田培地		
	調査個数	分離数	分離率 (%)	調査個数	分離数	分離率 (%)
接種前	70	2	2.9	70	0	0
接種後	90	63	70	86	54	62.8

後、クラウンの導管部から PDA 培地及び駒田培地を用いてフザリウム菌を分離した。C-8 菌を接種する前と接種後のフザリウム菌の分離率を調べた結果、接種後には接種前に比べて同菌の分離率が顕著に高くなった (第7表)。この結果、C-8 菌はイチゴのクラウンの導管内で増殖していることを示した。

### おわりに

非病原フザリウム菌は健全なイチゴ、トマトなどの導管部から分離されることがあるが、これらの菌株がイチゴのフザリウム病である萎黄病に対して抑制効果があることが明らかになった。非病原フザリウム菌も *Fusarium oxysporum* であり、イチゴ萎黄病菌と対峙培養すると、両菌の間に拮抗は認められず、菌糸は互いに融合した。非病原フザリウム菌の萎黄病発病抑制効果は生菌体によってのみ生じ、熱処理した死滅菌では生じなかった。また、生菌でも長期間保存した菌では本病抑制程度が低下した。前接種の方法を変えて本病の防除効果を検討した結果、仮植時に浸根接種だけでなく、本圃にも土壌混和して接種した場合、本病の防除効果が高かった。また、イチゴに接種して2か月後にクラウンからフザリウム菌を分離すると、接種前に比べてフザリウム菌の分離率が顕著に高くなった。これらの結果、非病原フザリウム菌はイチゴに侵入し、クラウンの導管で増殖することにより、本病に対して抵抗性が誘導されるものと考えられた。本病に対する防除効果を高めるためには、イチゴ内で非病原フザリウム菌をいかに速く、多く増殖させるかにかかっていると思われる。

### 引用文献

- 1) 岡本康博ら (1970): 植物防疫 24: 231~235.
- 2) 小川 奎・駒田 且 (1984): 日植病報 50: 1~9.
- 3) ——— (1986): 同上 52: 15~21.
- 4) 駒田 且 (1976): 東近研報 29: 132~269.
- 5) 手塚信夫ら (1986): 日植病報 52: 541~542.
- 6) ———・牧野孝宏 (1987): 同上 53: 416.

## 食菌性土壌動物による病害防除

—*Rhizoctonia* 菌核を摂食するキノコバエを例として—

ない           とう           しげ           お  
内           藤           繁           男

農林水産省北海道農業試験場

## はじめに

土壌中には原生動物、線虫、節足動物など無数の小・中動物が生息し、海のプランクトンに対して“陸のプランクトン”ともたとえられている。これら土壌動物は植物残渣の分解過程で土壌微生物と共に重要な生態的地位を占めており、両者は相互依存関係にあることが多い(青木, 1973)。土壌伝染性植物病原菌といえども、土壌動物のなんらかの影響を受けているとみられ、摂食行動は粉碎や穿孔による菌組織構造の物理的破壊、病原の伝搬あるいは虫体内での不活化・死滅など、病原菌の密度変動にさまざまな影響を与えている(BUETE and BENSON, 1979; WIGGINS and CURL, 1979; 本間, 1985)。土壌動物を植物病原菌の天敵として利用する研究は浅いが、線虫類、アメーバ類を中心に行われ、節足動物ではトビムシ類による食菌と発病抑止が知られている。それら内容は本誌第 39 巻第 12 号で本間(1985)が総説しているのので、参照されたい。

筆者は、テンサイ根腐病の衰退現象を究明する過程で、たまたま双翅目昆虫のジャガイモクロバネキノコバエ(*Pnyxia scabiei* (HOPKINS)) 幼虫が発病株に選択的に集し、病原菌 *Rhizoctonia solani* AG-2-2 の菌核を摂食、破壊しているのを見いだした。本稿では、ジャガイモクロバネキノコバエ幼虫の *R. solani* 菌核に対する摂食行動、テンサイ根圏での動態ならびに発病抑止性についての知見を紹介する。

## I ジャガイモクロバネキノコバエの生態

1 幼虫による *R. solani* 菌核の摂食

幼虫は体長 1.0~5.0mm, 幅 0.2~0.5mm, 頭部は光沢のある黒色, 体は無色透明で終齢(4 齢)になると黄白色を呈し, 発達したそしゃく型口器によって菌核を摂食する(第 1 図)。顕微鏡下, 褐色菌核細胞の断片が



第 1 図 ジャガイモクロバネキノコバエの幼虫

消化管内を移動するのが容易に観察できる。摂取後体内から取り出したそれら断片または排せつ後の糞を寒天培地上に置き, 数日間培養しても, *R. solani* 菌糸は生育しなかった。このことから, 摂食により菌核は崩壊, 死滅すると考えられる。

摂食はおう盛であり, 径 6cm シャーレ内に *R. solani* AG-2-2 菌核 15 個と幼虫 30 頭を入れると, 菌核は 24 時間以内にほとんど食い尽くされ, 消失する。また幼虫密度が高まるに伴って, 菌核の崩壊も増す傾向がある(第 1 表)。土壌中でも摂食行動は見られ, テンサイ育苗用紙筒(径 2cm, 高さ 13cm)1 本当たり菌核 10 個, 幼虫 30 頭を加えた場合, 9 日後には菌核は全く回収されなかった。

菌核に対する摂食温度は 10~30°C で, 最適 25°C である。幼虫は 5°C でも生存できるが, 35°C では死亡する。

*R. solani* には性質の異なる菌糸融合群が数種あるが, 菌核に対する幼虫の摂食量は融合群の間で差が見られる。すなわち菌核の崩壊は AG-2-2, AG-3, AG-5 で激しく, AG-1(培養型 IA, IB), AG-2-1 及び AG-4 で少なかった。この原因は, 各融合群間で菌糸に対する摂食に大差がなかったことから, 融合群の種類や化学成分よりも, むしろ菌核の堅さや水分含量などの差が関与しているものと見られる。

## 2 幼虫のい集性

幼虫と *R. solani* AG-2-2 菌核を径 5cm, 長さ 30

Control of Soil-Born Plant Pathogens by Mycophagous Soil Animals — A Case of the Fungal Gnat, *Pnyxia scabiei* (HOPKINS), Feeding Sclerotia of *Rhizoctonia solani* Kühn —. By Shigeo NAITO

第1表 ジャガイモクロバネキノコバエ幼虫密度と根腐病菌菌核崩壊との関係

幼虫数	菌核数	菌核崩壊割合				
		1日後	2日後	3日後	4日後	6日後
0	15	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5	15	3.3	33.3	66.7	66.7	100.0
10	15	13.3	26.7	60.0	73.3	100.0
20	15	46.7	76.7	100.0	100.0	100.0
30	15	96.7	100.0	100.0	100.0	100.0
50	15	70.0	100.0	100.0	100.0	100.0

菌核崩壊割合：菌核組織の  $\frac{1}{2}$  以上摂食された個体割合

cm のステンレス円筒内の沓紙上に 20.5 cm 離して置き、両端にふたをしておくと、3日後、幼虫は菌核とその周囲に集中した。菌核がない場合、幼虫は沓紙上に広く分布した。さらに大型シャーレを用いた実験では、菌培養のオオムギ粒は同一容器内に対置した加圧殺菌のオオムギ粒よりも付着する幼虫が明らかに多かった。テンサイ根腐病罹病根と健全根の細片を比較したときも、前者で幼虫が多かった。このことから、本種幼虫は *R. solani* の菌核や菌糸、ならびに発病根に好んで集まる傾向があるものと考えられる。

### 3 テンサイ根腐病発病株根圏での菌核の崩壊

本病発病株周囲土壌には *R. solani* AG-2-2 の菌核が多数形成され、連作畑では翌年の重要な感染源となる(百町・宇井, 1982; NAIKI and Ui, 1977)。本種昆

虫によって根圏で菌核が実際に摂食されるのかを検討した。すなわち秋に AG-2-2 菌核を 10 及び 20  $\mu\text{m}$  ナイロンメッシュのフィルター付きの菌核生存検定容器に入れ、激発株根圏に3週間埋めた。250  $\mu\text{m}$  フィルター区の菌核は総数の 23~70% が半壊~全壊し、容器内にはジャガイモクロバネキノコバエもみられた(第2表)。一方、幼虫のフィルター通過不可能な 10  $\mu\text{m}$  区では菌核はいずれも崩壊がなく、健全であった。なお健全株根圏に埋めた菌核は 10 及び 250  $\mu\text{m}$  両区とも摂食されなかった。このことから、発病株根圏では本種幼虫によって菌核が摂食され、崩壊すると考えられる。発病株周囲にはトビムシ類も多数みられるが、それらは *R. solani* 菌糸を摂食することはあっても、菌核を摂食し、崩壊させることはない(CURL, 1979)。

### 4 根腐病の発病・まん延と幼虫の発生消長

前述の室内実験結果から、ジャガイモクロバネキノコバエの本病との関連性が推定される。そこで *R. solani* 接種圃場で、発病と幼虫密度の推移を調べた(第2図)。幼虫は菌を接種してから3週間後の7月21日より認められ、以後8月下旬にかけて発病の進展とともに株当たり頭数が急激に増え、収穫期まで高密度であった。一方、健全株ではいずれの時期においても本種昆虫はほとんど検出されなかった。

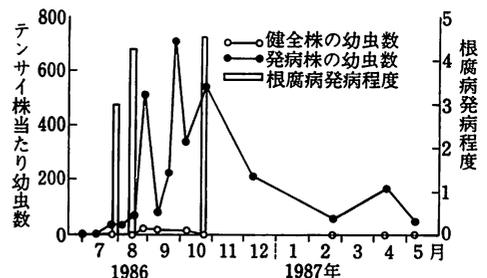
発病指数(0~5)と幼虫数との関係を収穫期にみた

第2表 テンサイ根腐病激発株根圏における *R. solani* 菌核の崩壊

圃場	供試テンサイ	検定容器の網目	供試株数	埋没菌核 <sup>a)</sup> 数	崩壊菌核 <sup>b)</sup> の割合
A	発病株	10 $\mu\text{m}$ 250	2 5	40 100	0.0% 70.0
	健全株	10 250	2 3	40 60	0.0 0.0
B	発病株	10 250	3 4	60 80	0.0 22.5
	健全株	10 250	3 3	60 60	0.0 0.0
C	発病株	10 250	3 3	60 60	0.0 46.7
平均	発病株	10 250	8 12	160 240	0.0 46.4
	健全株	10 250	5 6	100 120	0.0 0.0

a) 菌核の埋没期間：1986年9月25日~10月17日

b) 菌核組織の  $\frac{1}{2}$  以上が崩壊したもの



第2図 テンサイ根腐病発病圃場におけるジャガイモクロバネキノコバエの年間発生消長

第3表 根腐病発病指数とジャガイモクロバネキノコバエ幼虫数との関係

発病指数	調査株数	株当たり平均幼虫数(範囲)
0	4	1.5(0-4)
1	6	20.8(1-75)
2	5	8.4(3-14)
3	3	371.0(141-586)
4	3	996.3(155-2,482)
5	5	2,344.8(268-5,752)

発病指数 0:健全, 5:枯死

き、幼虫は指数の増加に伴って増え、激発株(指数5)の場合で最高5,000頭以上となった(第3表)。このように、本種昆虫の発生は根腐病に強く依存している。

5 根腐病株周囲における幼虫と *R. solani* 菌核の分布

幼虫の大半は地下0~15cmの発病株根面に集中し、2cm以上離れた土壌中では頭数が著しく減った。一方、*R. solani* AG-2-2菌核は地下0~5cm、また発病株に近いほど多く形成され、根面から2cm以内の土中では乾土100g当たり500個以上となることもあった。すなわち発病株周囲には菌核が多数形成されるが、一方ではそれを摂食し、崩壊させる本種昆虫も増えることが明らかである。

6 幼虫と作物の種類、前作との関係

本種昆虫は、北海道内のテンサイ根腐病発生圃場の多くでみられ、個体数も多い。他の作物圃場では、幼虫の捕そく手段としてジャガイモ塊茎の細片を用い、それを7月下旬~8月上旬各種作物株元の土壌に埋め、3週間後に回収し調査した。幼虫は、9種類の作物のうちコムギを除く8種の、デントコーン、アルファルファ、オオムギ、エンバク、ジャガイモ、ダイズ、アズキ、インゲン及びダイコン圃場などで検出されたが、頭数は少なかった。春耕前に土壌を採取し、前作との関係を調べた結果では、幼虫はテンサイ及びデントコーン跡地などで少数みられた。このように本種昆虫は、普通には、各種作物圃場で腐食性を持ち、低密度で遍在していると考えら

れる。

7 本種昆虫の生育所要日数

幼虫は4齢を経て、完全変態する。産卵から羽化までの日数は、*R. solani* 培養オオムギ粒を餌にし、飼育した場合、温度10, 15, 20, 25°Cの各区でそれぞれ39, 29, 19及び14日であった。雌成虫は産卵後10日以内で死亡するが、1頭当たりの産卵数は46~97個であった。本種は幼虫で越冬し、年間少なくとも5~6世代経過できると考えられる。このことから、幼虫の発生に好適なテンサイ根腐病発病圃場では、頭数が急増すると思われる。

II ジャガイモクロバネキノコバエによる防除

1 テンサイ苗立枯病の抑止

本種昆虫は *R. solani* 菌核を摂食し、崩壊させることから、土壌中の菌密度の低下に役立つものと考えられる。そこで幼虫による苗立枯の抑止性を検討するため、殺菌土壌または無殺菌土壌を詰めたテンサイ用紙筒に1本当たり *R. solani* AG-2-2菌核5~10個、幼虫10~30頭を加えて播種し、1か月後に苗立枯病を調査した。殺菌土壌に菌核を接種すると、ほとんどの苗が立枯れを起こしたが、幼虫を加えると著しく減少した(第4

第5表 ジャガイモクロバネキノコバエによるテンサイ苗立枯病の抑止(殺菌土壌に接種)

試験区	播種数	発芽率	苗立枯率
SS	90	94.4%	1.2%
SS+PL	90	93.3	2.4
SS+RS	90	70.0	42.9
SS+RS+PL	90	87.6	6.3
SS+RS+DPL-1	90	64.4	56.9
SS+RS+DPL-2	90	77.8	44.3

SS:殺菌土, PL:*P. scabiei* (15頭/pot)

RS:*R. solani* (菌核5個/pot)

DPL-1:死虫(殺虫剤)

DPL-2:死虫(プロピレンオキサイド)

調査:25日後

第4表 ジャガイモクロバネキノコバエによるテンサイ苗立枯病の抑止(自然土に接種)

試験区	実験 I			実験 II		
	播種数	出芽率	苗立枯率	播種数	出芽率	苗立枯率
NSS	45	4.4%	100.0%	60	10.0%	100.0%
NSS+PL	45	53.3	37.5	48	41.7	45.0
NSS+RS	45	42.2	73.6	60	43.3	84.6
NSS+RS+PL	45	40.2	38.9	60	56.7	44.1

a) NSS:無殺菌土, PL:ジャガイモクロバネキノコバエ幼虫, RS:根腐病菌菌核

b) 実験I:幼虫30頭, 菌核10個/筒, 実験II:幼虫20頭, 菌核10個/筒

c) 無殺菌土の出芽前, 出芽後立枯れは *Pythium* spp. による。

表)。無殺菌土壌を用いたときにも、同様の結果が得られた(第5表)。しかし、抑止作用は生きた虫でのみ認められ、殺虫剤のイソキサチオンあるいは殺虫・殺菌効果のあるプロピレンオキサイドによる死虫では、全くなかった。すなわちイソキサチオン処理区の死虫では虫体に着生した微生物は生存し、一方、プロピレンオキサイド処理区は幼虫及び微生物の両方とも死滅するとみられる。この両区で苗立枯病が多発したことから、生きた幼虫による発病抑止作用の主因は虫体についた拮抗微生物よりも、むしろ摂食による菌核の破壊であると考えられる(第5表)。

幼虫の苗立枯病に対する抑止作用は、接種した *R. solani* の菌系融合群の違いによって異なる。すなわち発病は AG-2-2 で少なく、AG-1 及び AG-4 で多かった。これは前述のシャーレ内における各融合群の菌核に対する幼虫の摂食差とも一致した。

以上のように、本種幼虫は *R. solani* AG-2-2 による苗立枯病を抑止する。また *Pythium* spp. による苗立枯病に対しても効果がみられるようである。すなわち無殺菌土壌で、たまたま、*Pythium* spp. による出芽前及び出芽後の苗立枯れが多発したが、幼虫を加えることによって発芽率が高まり、また発病も著しく減った(第5表)。

## 2 作物の発芽と生育に及ぼす幼虫の影響

『幼虫を作物の播種時に加えると、インゲン、アズキ、ダイズ、キュウリは生育が劣り、また根に食痕が観察された。コムギは発芽が著しく劣った。テンサイ、ホウレンソウはやや発芽不良、デントコーンはやや生育不良であった。これらは多量の幼虫を加えた場合であり、圃場においても同様であるかは検討を要する。テンサイ苗立枯病は紙筒1本当たり幼虫10~30頭で抑えられるが、その頭数は発芽及び生育にほとんど影響しなかった。

## おわりに

以上のように、ジャガイモクロバネキノコバエはテンサイ根腐病の発病、まん延に伴って多発生し、また根圏

で、感染源として重要な *R. solani* AG-2-2 の菌核を摂食し、崩壊・死滅させる。このため苗立枯病では発病が抑止された。根腐病との関係では、本種昆虫が本病激発後の発病衰退現象にどの程度関与するかは、今後の研究が待たれるが、発病株周囲での病原菌生態に及ぼす影響は無視できないであろう。

本種昆虫は広義に解釈すると、病原菌に対する一種の天敵とみなすことが可能であるが、反面、作物への食性が危惧される。ジャガイモでは、そうか病の一症状である deep-pitted scab に本種昆虫が関与するとされてきたが (GUI, 1933), 最近、幼虫は健全塊茎に対する食性を持たず、病斑部に集し、病原菌を摂食するだけであるとされた (TAMAKI and FOX ら, 1976)。このように、食菌性土壌動物では、食性は作物あるいは微生物のいずれに対してなのか、慎重に検討する必要がある。一方、本種昆虫は家屋内の不fast昆虫としての側面を持つことを忘れてはならない (TANAKA, 1984)。

ジャガイモクロバネキノコバエは圃場生態系の中で、作物生産にとって、利点と欠点の両面を持つことが考えられる。今後、この点を十分に念頭に置き、自然界の作り出す病原菌浄化作用をうまく引き出し、管理する技術が必要である。

## 引用文献

- 1) 青木淳一 (1973): 土壌動物学, 北隆館, 東京, pp. 184.
- 2) BEUTE, M. K. and D. M. BENSON (1979): Ann. Rev. Phytopathol. 17: 485~502.
- 3) CURL, E. A. (1979): Soil-Born Plant Pathogens (SCHIPPERS, B. and W. GAMS eds.) Academic Press, London. pp. 253~269.
- 4) GUI, H. L. (1933): Ohio Agric. Exp. Stn. Bulletin 524: 1~12.
- 5) 本間善久 (1985): 植物防疫 39: 553~559.
- 6) 百町満朗・宇井格生 (1982): 日植病報 48: 628~633.
- 7) NAIKI, T. and T. UI (1977): Soil Biol. Biochem. 7: 301~304.
- 8) TAMAKI, G. et al. (1976): Environ. Entomol. 5: 59~62.
- 9) TANAKA, K. (1984): Makunagi 12: 1~10.
- 10) WIGGINS, E. A. and E. A. CURL (1979): Phytopathology 69: 244~249.

# VA 菌根菌と病害防除への利用

農林水産省野菜・茶業試験場久留米支場 こ ばやし のり ひこ  
小 林 紀 彦

## はじめに

VA 菌根菌はリンや微量元素を土壌から吸収して宿主植物に供給することから、生物肥料としての役割が注目され、主に土壌肥料の分野で研究が行われてきた。欧米では植物病理学分野で古くから土壌病害への効果について研究が続けられているが、日本で本菌を扱った研究は大島氏のタバコの VA 菌根菌の仕事ぐらいである。

それが最近、産官学でこの菌が注目されるようになった。私が本菌を扱ってまだ2年余りであるが、始めたときは“研究者が少なく”と林業試験場の小川真氏が嘆いておられた。何がどう変わったのかわからないが、従来の感覚でいえば全然農業に関係のない会社の方々もこの菌に注目されている。いずれにしてもブームの様相である。これもまた不思議である。ではお前は どうしてこの菌をやろうと思ったのかと問われるにちがいない。先に少し弁解がましくその発端を述べておきたい。土壌病害に対する生物防除の先駆者ともいふべきある会社の先達がしみじみと、“拮抗微生物を根の中で増殖させればもっと効果が持続するのになあ”と呟いたのがヒントとなり、① VA 菌根菌なら宿主範囲が広いし、拮抗微生物のキャリアーにならないか？ ② VA 菌根菌の先住によって植物に病害抵抗性を賦与すること、あるいは植物の生育を促進することにより土壌病原菌の感染回避はできないか？ ③農業生態系の有用微生物として生態系を崩さず、クリーンで、安全かつ省エネルギーの栽培体系の一要因とならないか、といった自問であった。

余分なことはこのくらいにして、まず VA 菌根菌の概略について述べる。

## I VA 菌根菌の種類とその特徴

菌根菌は植物と共生生活をしている菌で、植物への侵入形態で分けられており、①マツタケのような外生菌根菌、②ここで述べる VA 菌根菌 (Vesicular-Arbuscular, 内生)、③両方の特徴を持つ内外生菌根菌、④擬菌根菌、の四つになる。外生菌根を形成する植物はマツ

Utilization of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi to Control Plant Pathogen Diseases.  
By Norihiko KOBAYASHI

科、ブナ科などの木本植物が多く、菌は子囊菌の一部と担子菌のヒダナツタケ目とマツタケ目の約半分の種である。一方、VA 菌根菌は植物細胞内に Vesicle (嚢状体) と Arbuscular (樹枝状体, 吸器) を作り、リンをリン脂質の形で貯蔵し、吸器で植物細胞の物質と交換を行う。VA 菌根を形成する植物はコケ、シダから草本、木本植物と宿主範囲が広い。菌は接合菌の特定のグループのみである。

VA 菌根菌は菌学的には接合菌目のアツギケカビ科 (*Endogone*) に属し、従来 9 属に分けられていた。しかし最近、SCHENCK ら (1988) は 7 属とし、*Endogone* spp. は菌の形態、生物的性質が VA 菌根菌と異なることから外生菌根菌としており、結局 *Glomus* spp., *Gigaspora* spp., *Sclerocystis* spp., *Scutellospora* spp., *Enterophospora* spp., *Acaulospora* spp. の 6 属が植物と共生して VA 菌根を作ると、述べている。本菌は温帯から熱帯地域と生態的分布は広く、アブラナ科、アカザ科、ナデシコ科、タデ科などの数種の植物以外、ほとんどの植物と共生する。しかし、宿主特異性はなく、現在のところ培養はできない。この菌の機能としては、リンをはじめ Cu, Zn の吸収、吸水力の増加、ホルモンの産生による発根の促進、根面の保護、ならびに先住による病害抵抗性の賦与などがいわれている。

本菌は厚膜胞子、偽接合胞子や胞子嚢果の形で土壌中に存在する。共生植物が芽を吹き始めると発芽して、植物根に侵入し、吸器を細胞内に形成する。これで初めて感染の成立ということになる。共生植物が衰退してくると子孫である胞子を増殖するようである。VA 菌根菌の概説はこれぐらいにして、植物病害との関係について述べる。

## II 植物病害に及ぼす影響

第 1 表に、現在までに報告された主な成績をまとめた。

### 1 病害発生や病害程度が激しくなる例

Ross ら (1972) は、地下部病害であるダイズ疫病への VA 菌根菌の影響を検討し、抵抗性品種では差はなかったが、感受性品種では VA 菌根菌を接種すると枯死株率が増加すると報告している。また、ワタの *Verticillium* 病の場合は第 2 表に示すように、接種菌核数

第1表 VA 菌根菌が及ぼす植物病害への影響

植物	病原菌	VA 菌根菌	著者	年
[糸状菌病害][助長]				
ダイズ	<i>Phytophthora megasperma</i> var. <i>sojae</i>	<i>Endogone</i>	ROSS, J. P.	1972
ワタ	<i>Verticillium dahliae</i>	<i>Glomus fasciculatum</i>	DAVIS, R. M. et al.	1979
アボカド	<i>Phytophthora cinamomi</i>	<i>Glomus fasciculatum</i>	"	1978
アルファルファ	<i>Phytophthora megasperma</i> var. <i>sojae</i>	<i>Glomus fasciculatum</i>	"	1978
カンキツ	<i>Phytophthora parasitica</i>	<i>Glomus fasciculatum</i>	"	1978
トマト	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	<i>Glomus etunicatus</i> <i>Glomus mosseae</i>	MACGRAW, A. C. et al.	1981
[糸状菌病害][軽減]				
タバコ	<i>Thielaviopsis basicola</i>	<i>Glomus mosseae</i>	BALTRUSCHAT, H. et al.	1972
"	"	"	"	1975
"	<i>Olpidium brassicae</i>	<i>Glomus mosseae</i>	SCHÖNBECK, F. et al.	1979
レタス	"	"	"	1981
ダイズ	<i>Phytophthora megasperma</i> var. <i>sojae</i>	<i>Glomus mosseae</i>	CHOU, L. G. et al.	1974
"	<i>Pythium ultimum</i>	"	"	1974
"	<i>Pythium ultimum</i>	<i>Glomus mosseae</i>	WOODHEAD, S. H.	1977
"	<i>Phytophthora megasperma</i> var. <i>sojae</i>	"	"	"
"	<i>Macrophomina phaseolina</i>	<i>Glomus mosseae</i>	ZAMBOLIM, L. et al.	1983
"	<i>Rhizoctonia solani</i>	"	"	"
"	<i>Fusarium solani</i>	"	"	"
トマト	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	<i>Glomus mosseae</i>	DEHNE, H. W. et al.	1975
"	"	"	"	1977
"	"	"	"	1978
"	"	"	"	1979
"	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopersici</i>	<i>Glomus intraradices</i>	CARON, M. et al.	1985
"	"	"	"	1986
キュウリ	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cucumerinum</i>		DEHNE, H. W.	1977
エンドウ	<i>Aphanomyces eutiches</i>	<i>Glomus fasciculatum</i>	ROSENDAHL, S.	1985
タマネギ	<i>Pyrenochaeta terrestris</i>		SAIFAR, G.	1968
"	"		BECKER, W. N. et al.	1977
"	<i>Phoma terrestris</i>		"	"
イチゴ	<i>Cylindrocarpon destructance</i>		PAGET, D. K.	1975
ルタバガ	<i>Rhizoctonia soani</i>		IQBAL, S. H. et al.	1977
ワタ	<i>Thielaviopsis basicola</i>	<i>Glomus mosseae</i>	SCHÖNBECK, F. et al.	1977
ラッカセイ	<i>Sclerotium rolfsii</i>	<i>Glomus fasciculatum</i>	KRISHNA, K. R. et al.	1983
コムギ	<i>Gaeumanomyces graminis</i>	<i>Glomus fasciculatum</i>	GRAHAM, J. H. et al.	1982
アルファルファ	<i>Tielaviopsis basicola</i>		BALTRUSCHAT, H. et al.	1975
クローバ	<i>Codinella fertilis</i>		COOPER, K. M.	1981
トウモロコシ	<i>Phytophthora cinamomi</i>		MEYER, J. R. et al.	1986
キク	"		"	"
ボインセチア	<i>Pythium ultimum</i>		STEWART, E. L. et al.	1977
"	<i>Rhizoctonia solani</i>		"	"
カンキツ	<i>Phytophthora parasitica</i>	<i>Gigaspora margarita</i>	SCHENCK, N. C. et al.	1977
"	<i>Phytophthora parasitica</i>	<i>Glomus macrocarpum</i>	"	"
"	<i>Phytophthora parasitica</i>	<i>Glomus fasciculatum</i>	DAVIS, R. M. et al.	1980
"	<i>Phytophthora parasitica</i>	<i>Glomus mosseae</i>	DAVIS, R. M. et al.	1981
"	"	<i>Glomus constrictus</i>		
"	"	<i>Glomus fasciculatum</i>		
"	"	<i>Gigaspora margarita</i>		
ユリノキ	<i>Clythrocladium scoparium</i>		BARNARD, E. L.	1975
ヒノキ	<i>Phytophthora cinamomi</i>	<i>Glomus mosseae</i> +	BARTSCHI, H. et al.	1981
		土着孢子		
イヌツゲ	<i>Thielaviopsis basicola</i>		WICK, R. L. et al.	1984
[細菌病害][減少]				
トマト	<i>Pseudomonas solanacearum</i>		HALOS, P. M. et al.	1979
[糸状菌病害][関係なし]				

	植物	病原菌	VA 菌根菌	著者	
地下部病害	カンキツ	<i>Thielaviopsis basicola</i>	<i>Glomus fasciculatum</i>	DAVIS, R. M.	1980
	"	<i>Phytophthora parasitica</i>		MENGE, J. A. et al.	1979
	コムギ	<i>Gaeumanomyces graminis</i>		WINTER, A. G.	1951
	パパイヤ	<i>Phytophthora palmivora</i>		RAMIREZ, B. N.	1974
	アボカド	<i>Phytophthora cinamomi</i>		HALL, J. B. et al.	1974
地上部病害	〔葉上病原菌〕				
	〔糸状菌病害〕〔増加〕				
	オオムギ	<i>Helminthosporium sativum</i>	<i>Glomus mosseae</i>	SCHONBECK, F. et al.	1979
	"	<i>Erysiphe graminis</i>	"	"	"
	インゲン	<i>Colletotrichum linderuthianum</i>	<i>Glomus mosseae</i>	"	"
	"	<i>Uromyces phaseoli</i>	"	"	"
	キュウリ	<i>Erysiphe cichoracearum</i>	<i>Glomus mosseae</i>	"	"
	レタス	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Glomus mosseae</i>	"	"
	〔ウイルス〕〔増加〕				
	タバコ	TMV	<i>Glomus mosseae</i>	SCHÖNBECK, F. et al.	1972
	"	TMV	"	"	1979
	トマト	TMV	<i>Glomus mosseae</i>	"	1979
	"	TAMV	<i>Glomus macrocarpa</i>	DAFT, M. J. et al.	1973
	"	patato-virus X	"	"	"
	イチゴ	AMV (Arabis Mosaic virus)	<i>Glomus macrocarpa</i>	"	"
ペチュニア	AMV	<i>Glomus macrocarpa</i>	"	"	

第2表 ワタ立枯病の発病度に及ぼす *Glomus fasciculatum* と土壌リン濃度の影響<sup>a)</sup> (DANIS ら, 1979)

処 理 <sup>b)</sup>	g 土壌当たりのリン <sup>c)</sup>			
	20 μg		300 μg	
	導管褐変度 <sup>d)</sup>	g 葉柄当たりの菌密度 <sup>e)</sup>	導管褐変度 <sup>d)</sup>	g 葉柄当たりの菌密度 <sup>e)</sup>
非感染	0z	0z	0z	0z
<i>V. dahliae</i> (100 菌核/g 土壌) 単独	18.5y	791z	79.3vw	23.575wx
<i>G. fasciculatum</i> 単独	0z	0z	0z	0z
<i>V. dahliae</i> (100 菌核/g 土壌) + <i>G. fasciculatum</i>	53.6wx	11.010y	86.6v	21.444wx
<i>V. dahliae</i> (300 菌核/g 土壌)	46.4x	17.037xy	.....	.....
<i>V. dahliae</i> (300 菌核/g 土壌) + <i>G. fasciculatum</i>	69.8vwx	26.731w	.....	.....

a) 10 反復の平均値。同一文字は DUNCAN'S 多重検定法により有意差なし (P=0.05)

b) MS=土壌添加への菌核数

c) Ca (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) · H<sub>2</sub>O のリンを施用

d) 導管褐変度 =  $\frac{\text{導管褐変度 (0-3) の合計}}{\text{各植物の節数} \times 3} \times 100$

導管褐変係数 0=導管褐変なし, 3=各節での導管の横断切片が 100% 褐変している。

e) 葉柄を摩砕し、希釈してペクチン-Na 培地においた。

と土壌へのリンの添加濃度によって発病が異なるが、20 μg/g 土壌のリンを添加した土壌では、病原菌のみの接種区 (100 菌核/g 土壌) の発病度に比べ、VA 菌根菌混合接種区のほうが発病度が増加した。また、病原菌菌核数を増して 300 個接種すると発病度の差は少なくなり、さらにリンの添加量を 300 μg にすると両者に全く差がみられなくなった (DAVIS ら, 1979, 第2表)。これらの結果は、VA 菌根菌によるリンの吸収増加が発病度を助長していることを示唆している。

一方、地上部病害への影響をみると、SCHÖNBECK ら (1979) は、オオムギの斑点病、うどんこ病、インゲンの

炭そ病、さび病、キュウリのうどんこ病、レタスの灰色かび病で VA 菌根菌感染植物の病斑数が、非感染植物より増加することを報告している (第3表)。また、ウイルス病では、DAFT ら (1973) は、タバコとトマト TMV モザイク病やトマト PVX モザイク病、イチゴやペチュニアの Arabis mosaic virus 病が VA 菌根菌感染植物で発病が激しくなることをみている (第4表)。

## 2 病害発生や発病度が軽減する例

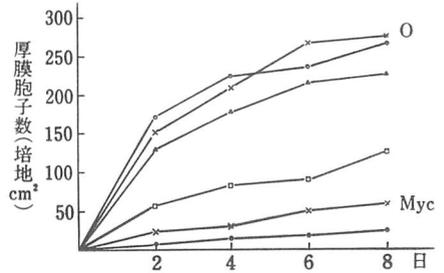
(1) タバコの黒根腐病 (*Thielaviopsis basicola*) 病原菌内生孢子の濃度を変えて接種すると、病原菌の

第3表 インゲンの *Colletotrichum lindemuthianum*, オオムギの *Helminthosporium sativum* や *Erysiphe graminis*, キュウリの *Erysiphe cichoracearum*, レタスの *Botrytis cinerea* の行動に及ぼす VA 菌根の影響 (接種後 10日, レタス接種後 14日) (SCHÖNBECK ら, 1979)

菌根	<i>C. lindemuthianum</i> (病斑数/葉)	<i>H. sativum</i> (病斑数/葉)	<i>E. graminis</i> (病斑数/葉)	<i>E. cichoracearum</i> (病斑数/葉)	<i>B. cinerea</i> 激発植物 (%)
無	3.0	1.6	2.8	5.7	16
有	7.1	7.8	4.1	8.2	56
GD <sub>0.05</sub>	3.4	3.2	0.7	1.5	—

第4表 タバコ “Samsun” における葉, VA 菌根菌感染根, 非感染根での TMV の増殖 (汁液接種によるタバコ “Xanthi” での病斑数/葉) (SCHÖNBECK ら, 1979)

磨碎液	タバコ “Samsun” での接種後日数 (磨碎液の希釈濃度)	
	8日 (1:10)	12日 (1:100)
菌根菌非感染根	77	16
菌根菌感染根	169	54
葉	254	106
GD <sub>0.05</sub>	49	17



第2図 VA 非感染タバコ根の遊離アミノ酸分画の添加による酵母培地での *T. basicola* 厚膜胞子数 (BALTRUSCHAT ら, 1975)

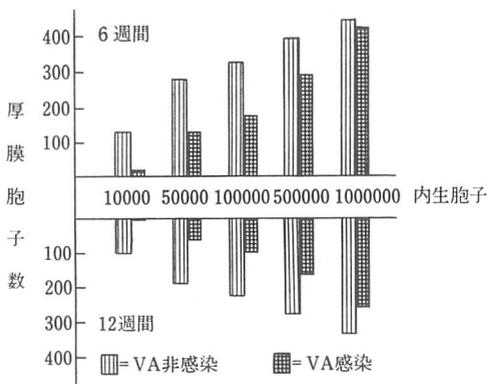
アルギニン (µg/ml) 添加濃度

○—○: 11 µg, △—△: 22 µg, □—□: 44 µg, ●—●: 110 µg, 0=VA 非感染タバコ根の遊離アミノ酸分画, Myc=VA 感染タバコ根の遊離アミノ酸分画5反復の平均

厚膜胞子の形成はどの濃度でも VA 感染根で抑制された (第1図)。この VA 感染根にはアルギニンが増加しており, それが厚膜胞子形成阻害として働いていることが明らかとなった (BALTRUSCHAT ら, 1972, 1975, 第2図)。

(2) カンキツ根腐病 (*Phytophthora parasitica*)

DAVIS ら (1978, 1980, 1982) によると, 病原菌を接種する 8 週間前に *Glomus fasciculatum* を前接種した場合, 定植土壌の病原菌密度が高い (遊走子 1,000 個/ml) と, VA 菌根菌の発病抑制効果は小さいが, 病原



第1図 濃度の異なる内生胞子を接種した後の VA 感染, 非感染根の *T. basicola* 厚膜胞子数 (各 10 植物の 5 反復の平均) (BALTRUSCHAT ら, 1975)

菌密度が半分になると感染や発病程度は相当軽減する。しかしながら, 病原菌と VA 菌根菌を同時接種すると, 菌根菌の効果は全くみられない。一方, 土壌に g 当たり 56µg の化成のリンのみを添加した区と, VA 菌根菌+6 µg リン添加区で病害の発生を比較したところ, 病害抑制程度は変わらなかった。このことから, VA 菌根菌による病害抑制効果は, リンなどの養分吸収が増加したことによって植物生育が促進され, 病害の軽減につながったものと解釈された。さらに, 彼らは病原菌の接種源として, より自然に近い厚膜胞子を使用しても, 上述の実験結果と同様な傾向を示し, 病原菌による障害も少なく健全根が多くなったと報告している。

すなわち, VA 菌根菌接種による病害の軽減効果は, 植物の発根促進や生育促進を誘起し, その結果, 病原菌によるダメージを軽減しているためと考えられる。

(3) トマト萎ちょう病 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*)

*Glomus mosseae* を数週間前に接種したトマトを汚染土壌に植えると, 病原菌による萎ちょう症状, 病原菌の導管侵入や胞子形成は減少した (DEHNE ら, 1975)。MCGRAW ら (1983) は, 非感染植物に病徴が出る 8~

10 日前に、VA 菌根菌感染植物に軽い病徴が出るが、2 か月後の発病程度は非感染植物より相当少なくなることをみている。これは一種の交差防御の標徴とも考えられる。その他、VA 菌根菌がトマトの萎ちょう病を抑制するという報告は多い (CARON ら, 1985, 1986)。

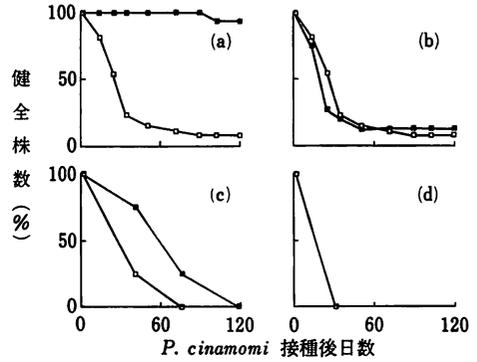
(4) コムギの立枯病 (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*)

カンキツ根腐病でみられたと同様、コムギ立枯病の場合も土壌中のリンが少なく、病原菌密度が低いときに VA 菌根菌による発病抑制効果がみられる (GRAHAM ら, 1982, 第 5 表)。

(5) ヒノキの根腐病 (*Phytophthora cinamomi*)

VA 菌根菌を 1 種類ではなく、数種類の胞子を用いて混合接種すると効果は大きくなり、病原菌接種 6 か月前の接種は同時接種より優れていた。しかし *Glomus mosseae* 胞子の単独接種では、病原菌接種 8 か月前及び 2 か月前の前接種では、ほとんど発病抑制効果はみられないことが報告されている (第 3 図, BARTSCHI ら, 1981)。

以上、病害発生に及ぼす VA 菌根菌の影響について述べたが、この病害発生の軽減が病原菌の侵入や定着が抑制される結果であるという報告がある。VA 菌根菌接種による病原菌の侵入、感染抑制については、タバコ黒根腐病菌 (SCHÖNBECK ら, 1979, 1981)、トマト萎ちょう病菌 (DEHNE ら, 1975)、キュウリつる割病菌 (DEHNE, 1977)、タマネギ紅色根腐病菌 (SAFAR, 1968; BECKER ら, 1977)、*Phoma* (BECKER ら, 1977)、コムギ立枯病菌 (GRAHAM ら, 1982)、カンキツ根腐病菌 (DAVIS ら, 1980)、ユリノキ *Cylindrocladium* (BARNARD ら, 1975) などで観察されている。また、病原



第 3 図 ヒノキにおける VA 感染根 (■—■) と非感染根 (□—□) における根腐病の進展 (BARTSCHI ら, 1981)

- (a) 病原菌 *Phytophthora cinamomi* 接種前 6 か月 VA 菌根菌混合接種
- (b) 病原菌 *Phytophthora cinamomi* と混合 VA 菌根菌の同時接種
- (c) 病原菌 *Phytophthora cinamomi* 接種前 8 か月 *Glomus mosseae* 単独接種
- (d) 病原菌 *Phytophthora cinamomi* 接種前 2 か月 *Glomus mosseae* 単独接種

菌の定着や菌密度の減少については、タバコ黒根腐病菌 (BALTRUSCHAT ら, 1972, 1975)、ダイズ炭腐病菌 (ZAMBOLIN ら, 1983)、コムギ立枯病菌 (GRAHAM ら, 1982)、カンキツ根腐病菌 (DAVIS ら, 1980)、トウモロコシヤキク根腐病菌 (MEYER ら, 1986)、エンドウ根腐病菌 (ROHSENDAHL ら, 1985) などで見られている。

上述したように、VA 菌根菌の接種はそんなにドラスチックな効果ではなく、土壌中のリン濃度や病原濃度によって大きく左右される。発病抑制効果はマイルドで、

第 5 表 *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* によるコムギ立枯病の発病度に及ぼすリンと VA 菌根の影響 (GRAHAM ら, 1982)

処 理	VA 菌根形成率 (%) <sup>u)</sup>		根 の 褐 変 (%) <sup>v)</sup>		発 病 度 (0~4) <sup>v)</sup>	
	非 菌 根 <sup>w)</sup>	菌 根 <sup>w)</sup>	非 菌 根 <sup>w)</sup>	菌 根 <sup>w)</sup>	非 菌 根 <sup>w)</sup>	菌 根 <sup>w)</sup>
0 P <sup>x)</sup> —0 <sup>y)</sup>	.....	92 <sup>a</sup> z	0 <sup>a</sup> z	0 <sup>a</sup> z	0 <sup>a</sup> z	0 <sup>a</sup> z
0 P —0.1	.....	94 <sup>a</sup>	46 <sup>b</sup>	33 <sup>b</sup> *	3.2 <sup>b</sup>	2.3 <sup>b</sup> *
0 P —0.5	.....	94 <sup>a</sup>	53 <sup>c</sup>	44 <sup>c</sup>	3.4 <sup>b</sup>	3.0 <sup>c</sup>
50 P —0	.....	14 <sup>b</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
50 P —0.1	.....	11 <sup>b</sup>	30 <sup>d</sup>	31 <sup>b</sup>	2.2 <sup>c</sup>	2.2 <sup>b</sup>
50 P —0.5	.....	12 <sup>b</sup>	33 <sup>d</sup>	30 <sup>b</sup>	2.4 <sup>c</sup>	2.3 <sup>b</sup>

<sup>u)</sup> 菌根構造をもつ根長の %。  
<sup>v)</sup> 肉眼による発病度を 0~4 とし、全乾燥重当たりの褐変した根の乾燥重の %。  
<sup>w)</sup> VA 菌根菌処理による効果。\* は非菌根と有意差あり (P=0.05)。  
<sup>x)</sup> superphosphate (Ca [H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>]<sub>2</sub> · H<sub>2</sub>O) の添加濃度。  
<sup>y)</sup> *G. graminis* var. *tritici* の接種量 (量 g/g 乾重)。  
<sup>z)</sup> 10 反復の平均値、同文字は DUNCAN's 多重検定法により有意差なし。

農薬のようなシャープさはない。また、これが3億7千年前から現在に至るまでこの菌が生き延びてきた大きな理由と考えられる。

### III VA 菌根菌による病害抵抗性の機構

VA 菌根菌感染による病害抵抗性は、完全な免疫性ではなく、植物の生育促進に伴う形態的、生理的作用による抵抗性である。

#### 1 病原菌の形態形成ならびに定着への阻害

タバコ黒根腐病菌の厚膜胞子形成が、VA 菌根菌感染根で少なくなることは既に述べた。この感染根の抽出液を培地に添加しても同様な現象が見られることから、感染根でのアミノ酸含量を調べたところ、シトルリンとアルギニンが3~7倍多いことがわかった。非感染根の抽出液を培地に添加し、その上に11, 22, 44, 110  $\mu\text{g/ml}$  のアルギニンを加えると、44  $\mu\text{g/ml}$  以上の濃度区では厚膜胞子の形成が極端に阻害された。VA 菌根菌の感染根でみられたアルギニンの増加は、オルニチンサイクルの阻害によるものとされている (BLATSHUT, 1972, 1975) (第1, 2図)。

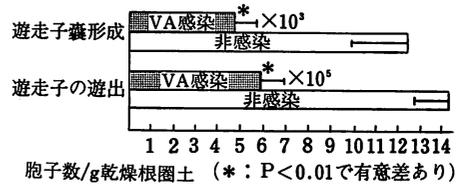
ラッカセイ白絹病菌は、*Glomus fasciculatum* の感染根で菌核や厚膜胞子形成が減少する (KRISHNA ら, 1983)。彼らは既に VA 菌根菌感染根には ortho-dihydroxyphenol が多いことを確認しており、このフェノールの一種であるカテコールを培地に添加し、病原菌の生育を調べた。その結果、90~150  $\mu\text{g/ml}$  添加で病原菌の菌叢乾重が急に減少することから、この物質が病原菌の生育を阻害していると報告している。

MEYER ら (1986)は、*Glomus fasciculatum* 感染トウモロコシやキクの根の抽出液を培地に添加すると、*Phytophthora cinamomi* の遊走子囊形成や遊走子の遊出を抑制することをみている (第4図)。

ROSENDAHL ら (1985) は、1本のエンドウの根を二つに分けて、病原菌汚染土壌を詰めた別々のポットで栽培した。1本は VA 菌根菌接種区、もう1本は病原菌汚染のみ区として両土壌での卵胞子の形成を調査した。その結果、病原菌の卵胞子形成は VA 感染植物の VA 感染根、VA 非感染根でともに抑制されたことから、彼らは VA 菌根菌は全身的な誘導効果を持っているのではないかと推測した (第6表)。

#### 2 形態変化による病害抵抗性

VA 菌根菌を作物根に接種すると、フェノール合成が活性化され、トマト細胞壁ではリグニン化が進行して *Fusarium* 菌の侵入を阻害する (DEHNE ら, 1979)。またタマネギ根でも同様な現象が見られており、多糖類



第4図 トウモロコシやキクの VA 感染根、非感染根における根圏土壌抽出液中における *Phytophthora cinamomi* による遊走子囊や遊走子の生産 (MEYER ら, 1986)

第6表 *Aphanomyces eutiches* を接種したエンドウ VA 菌根菌感染、非感染植物根における病原菌卵胞子数 ( $\text{mm}^3$  当たり) (播種4週間後) (ROSENDAHL, 1985)

	VA 非感染植物	VA 感染植物	
	VA 非感染根	VA 非感染根	VA 感染根
分割根	698 a <sup>1)</sup>	430 b <sup>2)</sup>	479 b <sup>3)</sup>
非分割根	748 x	557 xy	479 y

同一文字は有意差なし (P<0.05, F-検定)。

- 1) VA 菌根菌を持たない根系。
- 2) VA 菌根菌を半分持つ根系。
- 3) VA 菌根菌を両方持つ根系。

生産によって細胞壁が肥厚化する (*Pyrenochaeta*, BECKER, 1977)。その結果、それが病原菌の侵入に対する物理的 barrier となると考えられている。

#### 3 生理的变化による病害抵抗性

既に述べてきたように、VA 菌根菌の接種効果は、病原菌による土壌の汚染程度や土壌中のリンの濃度に大きく規制される。さらに、本菌の接種効果を高めるためには VA 菌根菌を前接種する時期が重要となる。

カンキツ類で見られる *Glomus fasciculatum* の根腐病に対する病害抵抗性は、VA 菌根菌が多量のリンを宿主に供給し、その植物が健全に育つことにより発病程度が軽減されるという、一般的な病害抵抗性賦与である (DAVIS ら, 1978, 1980, 1982)。コムギの立枯病の場合も同様の機構のようである (GRAHAM ら, 1982)。

この2例は、化成のリンの添加によって発病度が減少することから、VA 菌根菌の効果はリンの添加効果に相当するという説が成り立つ例である。

反対に、VA 菌根菌感染により、宿主へのリンの吸収増加が病害の程度を助長する例として、ワタの *Verticillium* 病やいわゆる葉上の病害、ウイルス病などがあることは既に述べた。これらの宿主では、リン吸収によって栄養状態が良くなり、病原菌である糸状菌やウイルスはこれらの養分をみずからの増殖に利用するため、病

原菌密度が増加して病害が進展すると考えられている (SCHÖNBECK ら, 1972, 1979; DAFT ら, 1973)。

RATNAYAKE ら (1978) や GRAHAM ら (1982) は、宿主内にリン脂質が多くなることにより根の原形質膜の透過性が減少し、抽出物が少なくなる。その結果として、根圏、根面の微生物相に質的、量的変化がみられると報告している。

VA 菌根菌と生育を促進する根圏細菌 (PGPR) とを組み合わせると相加効果を狙った、植物生育促進による病害回避の試みもある (MEYER ら, 1986)。

また最近、*Glomus fasciculatum* 接種のダイズ根で高い抗菌性を持つ phytoalexin, glyceollin が微量ながら蓄積されていると報告されている (MORANDI ら, 1984)。また、その他の phytoalexin として coumestrol と diadzein が生産されていることも認められている。しかも、これらの生産は glyceollin よりもやや多い。しかしながら、前者は糸状菌に拮抗性がなく、細菌や線虫には拮抗性があることが明らかであるが、後者は glyceollin や coumestrol 合成系の中間体で、糸状菌や線虫に拮抗的であるかどうかは明らかではない。このような phytoalexin の生合成が高められると、病害抵抗性をもっと確実なものになる。

さらに最近、VA 菌根菌の接種効果を裏付ける報告がある。BAREA ら (1982) は、VA 菌根菌が2種類の植物ホルモン、ジベレリン、サイトカイニンを孢子発芽時に分泌していることを明らかにした。これは、VA 菌根菌を接種すると一般に初期生育が促進される事実を証明する、強力な裏付けである。また VA 菌根菌接種による土壌病害の回避が、発根促進による生育の増加であり、根量の増加は病原菌の感染によるダメージを補償作用によって軽減する主要な要因と思われる。

#### IV 利用法の開発

VA 菌根菌は、菌としてもユニークな生態的 niche を持っている。すなわち、植物の体内で共生しているために栄養に事欠かないし、また他の微生物の強烈な攻撃も受けない。さらに、植物体外にいる長い菌糸は他の微生物と共存し、自己の生存をうまくカムフラージュしている。

文献を調べていると、一つの論文に friend という言葉を見つけた。やや感情的で申し訳ないが、VA 菌根菌こそまさに植物の friend である。この菌が現在までなんとか生存してきたけなげな姿を大事に生かし、利用したいものである。

VA 菌根菌の研究が遅れている大きな理由として、接

種源である孢子が人工培養できず、土壌から直接孢子を拾わなければならない煩雑さと、その効果が農薬などのようにシャープでないからであろう。この孢子も土壌中にそんなに数が多くはなく、1回の実験に使用する量を集めようとすればまさに泥まみれである。孢子を大量に増やす方法として、現在はポット栽培や養液栽培などで行われているが、人工培養をはじめ、孢子の大量培養法の開発には世界中がしのぎを削っている。養液栽培による大量培養法 (NFT, nutrient film technique) は、ELMES ら (1983) や MOSSE ら (1984) によって開発されつつある。菌の種類や宿主植物の品種によって孢子形成率は異なり、養液の組成も植物によって違うようである。彼らは、NFT 法で培養した VA 菌根菌感染マットを圃場に埋没し、クローバを栽培してその効果を検討している。その結果は、ダイズ NFT マットを 42 g/m<sup>2</sup> 施用した区のほうが、土壌で育てた同量のダイズ VA 菌根菌感染根のマット施用区よりも、栽培 45 週間後の平均乾物重が多くなると報告している (ELMES ら, 1983)。

いままで VA 菌根菌は農業生態系を崩さない有用な微生物で、本菌の利活用は安全、クリーンかつ省エネルギー栽培体系がとれると強調してきたが、最近 MODJOU ら (1986) は、*Glomus macrocarpum* がケンタッキー地域で栽培されている burley タバコに発生した新病害、タバコ stunt 病の原因となるのではないかと報告している。VA 菌根菌孢子の表面殺菌法などや疑問が残り、今後の研究の推移を見守る必要がある。また、KIERNAN ら (1983) によると、露天採鉱をしている鉱山に生育していた植物から分離した *Glomus clarus*, *Glomus etunicatus*, *Glomus caledonium* は貧栄養の土壌ではモミジバフウの生育を促進するが、養分が多くなるとかえって生育を阻害するという。

以上述べてきたように、VA 菌根菌は自分の置かれた環境に敏感に反応し、病害や植物生育を促進したり、阻害したりすることが明らかとなってきた。自然界での VA 菌根菌の生態をよく把握して、この菌の能力の範囲内での利活用が重要と考えられる。結局、農作物の栽培体系に合う優秀な菌の系統を発見し、最良の宿主と組み合わせることによって、育苗中の幼苗への病害抵抗性を賦与することや植物の生育を促進するために利用することとなろう。このようにして、健全な、活力ある育苗ができれば、少なくとも農薬や肥料の使用量の減少となり、一歩前進といえるであろう。

また発展途上国のように、満足に肥料や農薬が手に入らない地域での利活用も、今後の課題である。

最後に、筆者の生物防除に対する考え方をあげると、①植物の加齢による病害抵抗性の利用、②VA菌根菌やPGPRによる育苗期間中での幼苗への病害抵抗性の賦与、③拮抗微生物の定着や増殖を安定させる受け皿作り、の3点が重要と考えている。この哲学に基づいた実験系を組み、キュウリ苗立枯病の発病への影響を検討し

た。その結果、VA菌根菌とコンポストを併用すると、*Pythium* 菌によるキュウリ苗立枯病はほぼ完全に防除することができた。その発病抑制機構については目下検討中である。

VA菌根菌と線虫との関係や参考文献については、紙面の都合により割愛したことをおわびしたい。

(18ページより続く)

日3回、はくさい：アオムシ・コナガ・アブラムシ類・ヨトウムシ・タマナギンウワバ：14日3回、だいこん：アオムシ・コナガ・アブラムシ類・ヨトウムシ：21日3回、きゅうり：アブラムシ類・オンシツコナジラミ：前日3回、なす：アブラムシ類：前日3回、ばれいしょ：アブラムシ類：7日4回、てんさい：ヨトウムシ：7日4回、茶：チャノコカクモンハマキ・チャノホソガ・チャノキイロアザミウマ・コミカンアブラムシ・チャノミドリヒメヨコバイ：7日4回、たばこ：タバコガ・ヨトウムシ

シハロトリン乳剤 [TT 563]

シハロトリン 5.0%

サイハロン乳剤 (63.3.24)

17013 (アイ・シー・アイ・ジャパン)、17014 (日本農業)、17015 (武田薬品工業)、17016 (石原産業)

キャベツ：アオムシ・コナガ・アブラムシ類：7日3回、はくさい：アオムシ・コナガ・アブラムシ類：14日3回、だいこん：アオムシ・コナガ・アブラムシ類：21日3回、きゅうり：アブラムシ類・オンシツコナジラミ：前日3回、なす：アブラムシ類：前日3回

#### 『殺菌剤』

トリアジメホン粉剤

トリアジメホン 0.80%

バイレト粉剤 (63.3.8)

16971 (日本特殊農薬製造)

麦類：うどんこ病・さび病・雲形病：21日3回、麦類：雪腐小粒菌核病：根雪前

オキサジキシル・スルフェン酸系水和剤

オキサジキシル 8.0%，スルフェン酸系 35.0%

テクトジン水和剤 (63.3.8)

16972 (日本特殊農薬製造)、16973 (エス・ディー・エスパイオテック)

きゅうり：べと病：前日3回、トマト：葉かび病・疫病：前日4回

イソプロチオラン・フルトラニル粉剤

イソプロチオラン 4.0%，フルトラニル 5.0%

グラステン粒剤 (63.3.18)

17008 (日本農薬)

芝・ベントグラス・ブルーグラス：雪腐小粒菌核病・紅色雪腐病：根雪前

#### 『殺虫殺菌剤』

エトフェンプロックス・ベンスルタップ・トリシクラゾ

ール粉剤

エトフェンプロックス 0.50%，ベンスルタップ 2.0%，トリシクラゾール 1.0%

ルーバントレビーム粉剤 DL (63.3.8)

16962 (武田薬品工業)

稲：ニカメイチュウ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類・コブノメイガ・イネツトムシ・フタオビコヤガ・いもち病：21日3回

エトフェンプロックス・ジメチルビンホス・メプロニル粉剤

エトフェンプロックス 0.50%，ジメチルビンホス 2.0%，メプロニル 3.0%

バシラントレボン粉剤 DL (63.3.8)

16963 (クミアイ化学工業)、16964 (シュル化学)

稲：紋枯病・ニカメイチュウ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類・コブノメイガ・イネツトムシ・カメムシ類：14日3回

エトフェンプロックス・トリシクラゾール・メプロニル粉剤

エトフェンプロックス 0.50%，トリシクラゾール 1.0%，メプロニル 3.0%

ビームバシボン粉剤 DL (63.3.8)

16965 (クミアイ化学工業)

稲：いもち病・紋枯病・ツマグロヨコバイ・ウンカ類・カメムシ類：21日3回

クロルピリホスメチル・BPMP・ペンシクロン粉剤

クロルピリホスメチル 2.0%，BPMP 3.0%，ペンシクロン 1.5%

レルダンモンバッサ粉剤 DL (63.3.8)

16968 (日本特殊農薬製造)、16969 (日産化学工業)、16970 (クミアイ化学工業)

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

エトフェンプロックス・ベンスルタップ・フサライド粉剤

エトフェンプロックス 0.50%，ベンスルタップ 2.0%，フサライド 2.5%

ラプトレルーバン粉剤 DL (63.3.8)

16974 (北興化学工業)、16975 (武田薬品工業)

稲：いもち病・ニカメイチュウ・ツマグロヨコバイ・ウンカ類・イネツトムシ・コブノメイガ・フタオビコヤガ・カメムシ類：21日3回

エトフェンプロックス・ベンスルタップ・バリダマイシン粉剤

エトフェンプロックス 0.50%，ベンスルタップ 2.0%，バリダマイシン 0.30%

ルーバントレバリダ粉剤 DL (63.3.8)

16976 (北興化学工業), 16977 (武田薬品工業)

稲: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・コブノメイガ・フタオビコヤガ・カメムシ類:14日3回

**エトフェンプロックス・ピリダフェンチオン・フサライド粉剤**

エトフェンプロックス 0.50%, ピリダフェンチオン 2.0%, フサライド 2.5%

ラブサイドオフトレボン粉剤 DL (63.3.8)

16978 (北興化学工業), 16979 (日産化学工業), 16980 (三笠化学工業), 16981 (八洲化学工業)

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

**エトフェンプロックス・プロベナゾール粒剤**

エトフェンプロックス 1.5%, プロベナゾール 8.0%  
オリゼメートトレボン粒剤 (63.3.8)

16982 (明治製菓)

稲:いもち病・イネミズゾウムシ:出穂 3~4 週間前 2 回

**クロルピリホスメチル・XMC・ペンシクロン粉剤**

クロルピリホスメチル 2.0%, XMC 3.0%, ペンシクロン 1.5%

レルダンモンセレンマク粉剤 DL (63.3.8)

16988 (三笠化学工業), 16989 (日本特殊農業製造)

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

**アレスリン・チオファネートメチルエアゾル**

アレスリン 0.20%, チオファネートメチル 0.14%  
リピート A (63.3.18)

16992 (大正製菓)

ばら:アブラムシ類・うどんこ病, きく:アブラムシ類  
**ベンスルタップ・トリシクラゾール・バリダマイシン粉剤**

ベンスルタップ 2.0%, トリシクラゾール 1.0%, バリダマイシン 0.30%

ルーバンバリダビーム粉剤 DL (63.3.18)

16995 (武田薬品工業)

稲:紋枯病・いもち病・ニカメイチュウ・コブノメイガ・イネツトムシ・フタオビコヤガ:21日4回

**エトフェンプロックス・ピリダフェンチオン・カスガマイシン・フサライド粉剤**

エトフェンプロックス 0.50%, ピリダフェンチオン 2.0%, カスガマイシン 0.11%, フサライド 1.5%

カスラプトレボン粉剤 DL (63.3.18)

16997 (北興化学工業)

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

**エトフェンプロックス・EDDP 粉剤**

エトフェンプロックス 0.50%, EDDP 2.5%

ヒントレボン粉剤 DL (63.3.18)

16998 (日本特殊農業製造), 16999 (八洲化学工業),

17000 (三笠化学工業), 17001 (大日本除虫菊), 17002

(北海三共)

稲:いもち病・穂がれ(ごま葉枯病菌)・ツマグロヨコバイ・ウンカ類・カメムシ類:21日3回

**エトフェンプロックス・ピリダフェンチオン・トリシクラゾール粉剤**

エトフェンプロックス 0.50%, ピリダフェンチオン 2.0%, トリシクラゾール 1.0%

ビームオフトレボン粉剤 DL (63.3.18)

17003 (クミアイ化学工業)

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

**エトフェンプロックス・PAP・フルトラニル粉剤**

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

モンカットイネメイト粉剤 DL (63.3.18)

17004 (日産化学工業), 17005 (日本農業)

稲: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:14日3回

**エトフェンプロックス・ジクロメジン粉剤**

エトフェンプロックス 0.50%, ジクロメジン 1.2%  
モンガードトレボン粉剤 DL (63.3.18)

17006 (九州三共)

稲:紋枯病・ツマグロヨコバイ・ウンカ類:14日3回  
**イソキサチオン・エトフェンプロックス・ジクロメジン粉剤**

イソキサチオン 2.0%, エトフェンプロックス 0.50%, ジクロメジン 1.2%

モンガードカルトレボン粉剤 DL (63.3.18)

17007 (三共)

稲:紋枯病・ツマグロヨコバイ・ウンカ類・コブノメイガ・イネツトムシ・カメムシ類:14日3回

### 『除草剤』

**フェノキサプロップエチル乳剤 [Hoe 171]**

フェノキサプロップエチル 9.0%

フロレ乳剤 (63.3.24)

17017 (ヘキストジャパン), 17018 (三共), 17017 (北海三共), 17020 (九州三共)

てんさい:畑地一年生イネ科雑草(スズメノカタビラを除く):雑草生育期(イネ科雑草 3~5 葉期)但し, 定植後 2 カ月まで:1 回:雑草茎葉散布:北海道, 大豆・枝豆・小豆・さやいんげん:畑地一年生イネ科雑草(スズメノカタビラを除く):雑草生育期(イネ科雑草 3~5 葉期)但し, 播種後 1 カ月まで:1 回:雑草茎葉散布:全域, にんじん:畑地一年生イネ科雑草(スズメノカタビラを除く):雑草生育期(イネ科雑草 3~5 葉期)但し, 播種後 1 カ月まで:1 回:雑草茎葉散布:全域, かんしょ:畑地一年生イネ科雑草(スズメノカタビラを除く):雑草生育期(イネ科雑草 3~5 葉期)但し, 挿苗後 1 カ月まで:1 回:雑草茎葉散布:全域, キャベツ:畑地一年生イネ科雑草(スズメノカタビラを除く):雑草生育期(イネ科雑草 3~5 葉期)但し, 定植後 1 カ月まで:1 回雑草茎葉散布:全域, いちご(親株床):畑地一年生イネ科雑

草 (スズメノカタビラを除く): 雑草生育期 (イネ科雑草 3~5 葉期): 1 回: 雑草茎葉散布: 全域, たまねぎ: 畑地一年生イネ科雑草 (スズメノカタビラを除く) 雑草生育期 (イネ科雑草 3~5 葉期) 但し, 定植後 2 カ月まで: 1 回: 雑草茎葉散布: 全域

エスプロカルブ・ベンスルフロンメチル粒剤 [NH 723] エスプロカルブ 7.0%, ベンスルフロンメチル 0.25% フジグラス粒剤 25 (63.3.24)

17021 (アイ・シー・アイ・ジャパン), 17022 (日本農業), 17023 (デュボンジャパン)

移植水稻: 水田一年生雑草及びマツバイ・ホタルイ・ウリカワ・ミズガヤツリ・クログワイ・オモダカ・ヘラオモダカ・ヒルムシロ・アオミドロ・藻類による表層はく離: 移植後 5~15 日 (ノビエ 2.5 葉期まで): 1 回: 湛水散布: 全域の普通期及び早期栽培地帯

エスプロカルブ・ベンスルフロンメチル粒剤 [NH 723D]

エスプロカルブ 7.0%, ベンスルフロンメチル 0.17%

フジグラス粒剤 17 (63.3.24)

17024 (アイ・シー・アイ・ジャパン), 17025 (日本農業), 17026 (デュボンジャパン)

移植水稻: 水田一年生雑草及びマツバイ・ホタルイ・ウリカワ・ミズガヤツリ・クログワイ・オモダカ・ヒルムシロ・アオミドロ・藻類による表層はく離: 移植後 5~15 日 (ノビエ 2.5 葉期まで): 1 回: 湛水散布: 北陸・関東以西の普通期及び早期栽培地帯

クロメプロップ・プレチラクロール粒剤 [CGM-15]

クロメプロップ 1.5%, プレチラクロール 1.5% センテ粒剤 (63.3.24)

17027 (三菱油化), 17028 (日本チバガイギー), 17029 (日本農業)

移植水稻: 水田一年生雑草及びマツバイ・ホタルイ・ヘラオモダカ・ミズガヤツリ: 移植後 3~10 日 (ノビエ 1.5 葉期まで): 1 回: 湛水散布: 全域の普通期栽培地帯

人事消息

(研究職OBニュース)

(昭和 62 年 1 月~ 12 月, 追補)

渡辺文吉郎氏 (農業研究センター総合研究官) は JICA [ブラジル, 農業研究計画リーダー] に

能勢和夫氏 (農業環境技術研究所資材動態部農薬動態科殺菌剤動態研究室主任研究官) は JICA [タイ, 雑草研究] に

那須社兆氏 (農業環境技術研究所資材動態部派遣職員)

は JICA [インドネシア, 作物保護強化計画] に (研究職OBニュース 昭和 63 年 1 月~ 4 月)

木村 悟氏 (農業研究センター次長) は土壤肥料協会土壤部長に

江塚昭典氏 (農業環境技術研究所環境研究官) は島津製作所技術研究本部付常勤嘱託参事に

五十嵐孝典氏 (農業環境技術研究所環境資源部長) は JICA [インドネシア農業研究強化計画リーダー] に

次号予告

次 6 月号は下記原稿を掲載する予定です。

特集: 寄生昆虫の生物学

捕食寄生昆虫——最近の研究——

北野日出男・八木 繁実

カイコノウジバエ由来物質による寄主脂質輸送の

阻害 早川 洋一

カリヤコマユバチの寄主制御 田中 利治

カリヤコマユバチの寄主制御にかかわる因子

松本 正吾・磯貝 彰・鈴木 昭憲

ハマキコウラコマユバチの寄主体液カイロモン

戒能 洋一

卵寄生蜂の性比調節 野田 隆志

施設園芸における液剤少量散布——常温煙霧法——

守谷 茂雄

ジャガイモ青枯病の発生生態と防除 片山 克己

ダイズ紫斑病の発生生態と薬剤防除の適期

酒井 泰文

台湾におけるフェロモン研究の現状 北村 実彬

定期購読者以外のお申込みは至急前金で本会へ

定価 1 部 500 円 送料 50 円

植物防疫

第 42 巻 昭和 63 年 4 月 25 日印刷

第 5 号 昭和 63 年 5 月 1 日発行

定価 550 円 送料 50 円

1 か年 6,100 円 (送料共概算)

昭和 63 年

5 月号

(毎月 1 回 1 日発行)

編集人 植物防疫編集委員会

発行人 遠藤 武雄

印刷所 (株) 廣 濟 堂

東京都港区芝 3-24-5

——発行所——

東京都豊島区駒込 1 丁目 43 番 11 号 郵便番号 170

社団法人 日本植物防疫協会

電話 東京 (03) 944-1561-6 番

振替 東京 1-177867 番

== 禁 転 載 ==

果樹・野菜・茶などの広範囲の害虫防除に  
—新合成ピレスロイド剤—

新発売!

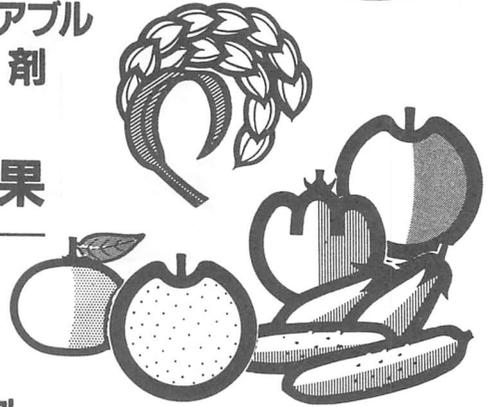
増収を約束する

日曹の農薬

# 日曹 スカウト フロアブル乳剤

少薬量で (フロアブル…1.4%)  
(乳剤…1.6%)

大きな効果



- 稲の種子消毒に、  
果樹の黒星病・赤星病・うどんこ病防除に

## トリフミン® 水和剤

- 果樹・いちごのハダニ防除に

## ニッソラン® 水和剤

- 畑作のイネ科雑草除草に

## ナブ® 乳剤



日本曹達株式会社

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

# 豊かな収穫が見えてくる。



使って安心・三共の農薬

三 共 の 農 薬



- ムレ苗、苗立枯病を防いで健苗をつくる

## タチガレエース® 粉剤液剤

- 灰色かび病、菌核病防除に

## 三共 ロニラン® 水和剤



三共株式会社 北海三共株式会社  
九州三共株式会社



おかげさまで60年

紋枯病に効きめが長く、使いやすい

# モンカット®粒剤



特長

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

● 使用量：10アール当り4kg ● 使用適期：出穂20日前中心に使用

いもち・紋枯病が同時に防げる粒剤

姉妹品＝

## フジワンモンカット®粒剤

®：「モンカット」「フジワン」は日本農薬㈱の登録商標

「新発売」

粒剤 防げる 紋枯病が 手まに登場



日本農薬株式会社

東京都中央区日本橋1丁目2番5号

## “殺虫剤の革命”

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

●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<sup>®</sup> 乳剤

●速効的に効くりんご・梨の落果防止剤。伊予柑のへた落ち防止剤。

## マデック<sup>®</sup> 乳剤

●澄んだ水が太陽の光をまねく。水田の中期除草剤。

## モゲブロン<sup>®</sup> 粒剤

新発売

害虫の脱皮阻害剤

## デミリン<sup>®</sup> 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<sup>®</sup> 微粒剤

●ボルドー液の幅広い効果に安全性がプラスされた果樹・野菜の殺菌剤。

## キノンドー<sup>®</sup> 水和剤 80・40

●ヨモギ・ギンギシ・スギナ等にもよく効く。手まきのできる果樹園・桑園の除草剤。

## カソロン<sup>®</sup> 粒剤 6.7 4.5



アグロ・カネショウ株式会社

東京都千代田区丸の内2-4-1

## 農業技術

B5判 定価400円(〒45円)  
(1年千共4,800円)

昭和21年創刊 農業技術についての月刊総合雑誌

## 農業技術研究の課題と展望

第I巻 農業技術研究の原点を求めて 第II巻 21世紀の農業技術をめざして 川嶋良一著 A5判 各約300頁 定価各1700円 千各250円(2冊で300円)

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

## 農林水産研究とコンピュータ

斎尾乾二郎他編著 A5判上製 定価3,800円 千300円

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

## 【新刊】野菜種類・品種名考

西 貞夫監修 22氏執筆 B6判 406頁 定価2,200円

第一部として野菜とは何か、野菜の種類、品種の分化等を、第二部として主要34野菜の起源と伝播、栽培の歩み、品種改良の経過、代表的品種の来歴・名の由来等を解説。

## 最新 作物生理実験法

北條良夫・石塚潤爾編 大学・試験研究機関

新進気鋭の研究者24氏執筆

A5判(上製) 416頁 定価3,500円 千300円

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

## 実験以前のこゝろ—農学研究序論

小野小三郎著 B6判 定価1,600円 千250円

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

## 作物品種名雑考

農業技術協会編 B6判 定価1,800円 千250円

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

## 果樹品種名雑考

農業技術協会編 B6判 定価1,800円 千250円

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

# チカラのウルコ

頑固な雑草に必殺一発パンチ!  
今年本格販売

62年の結果は、  
大好評!!

話題の低コスト除草  
一発処理除草剤



農協・経済連・全農

**クミアイ化学工業株式会社**



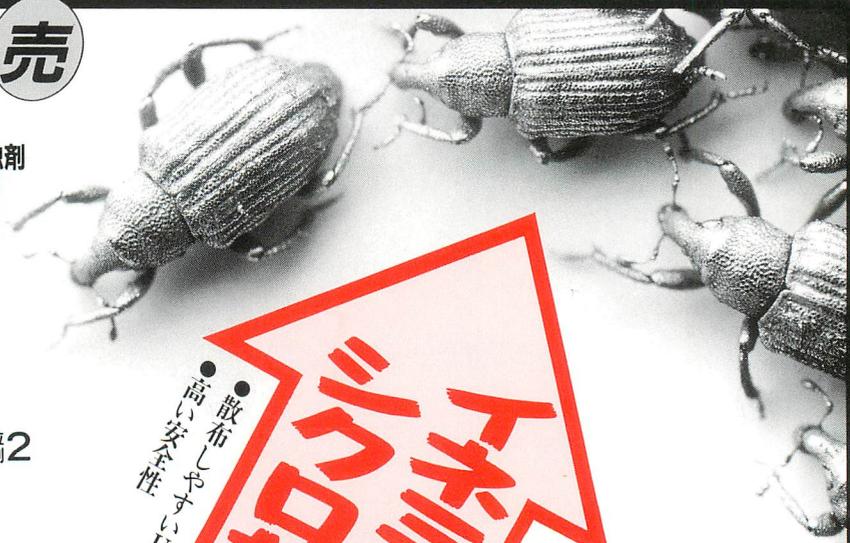
## 新 発 売

イネミスソウムシ用殺虫剤

水稲用本田防除剤



シクロサルU<sup>U</sup> 粒剤<sup>2</sup>



● 散布しても安全  
● 高い安全性  
● 粒剤

ミグロサル見たら  
イネミスソウムシ

● 強力な殺虫作用  
● 成虫・幼虫に高い効果

シクロサルU粒剤<sup>2</sup>普及会

三共株・塩野義製薬株  
日本農薬株・北興化学工業株  
三笠化学工業株・全農・長瀬産業株

資料請求先

事務局：日本化薬株

東京都千代田区丸の内1-2-1 ☎03-212-4360

昭和二十三年  
九月  
九日  
第...  
種...  
郵...  
便...  
物...  
認...  
可