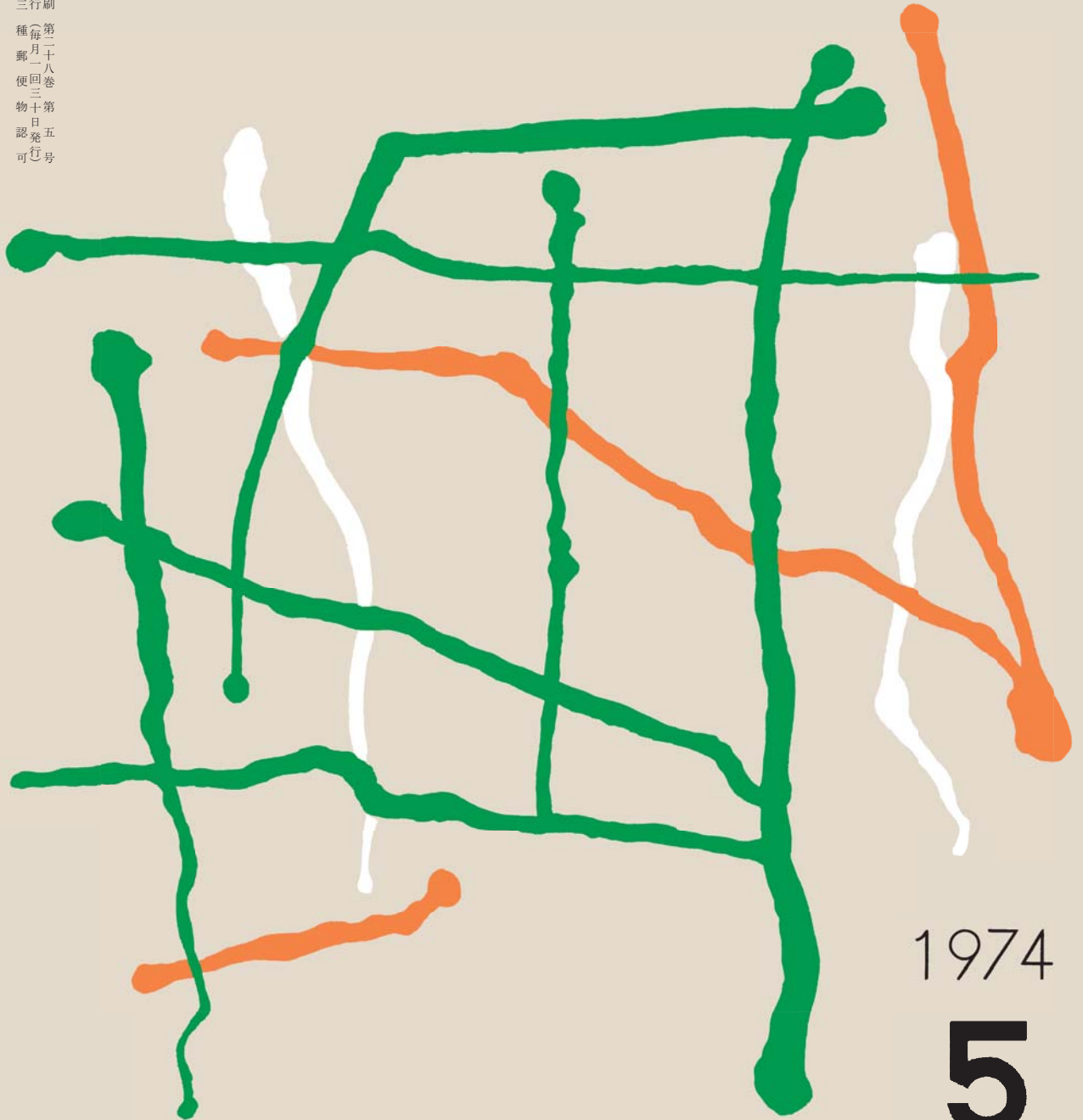


植物防疫

昭和四十九年
五月二十九日
第九五五号
印刷
第三行
第一卷
第十八号
每月一回
第三十号
第五号
（發行認可）



特集 微生物源農薬

1974

5

VOL 28

DM-9は小形の大農機 共立背負動力散布機DM-9

うまい米づくりの近道はDMによる適期・
適確な本田管理です。

DM-9は、

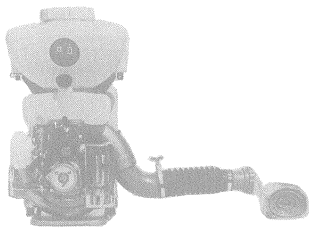
防除はもちろんおまかせください。

防除用マスクがついています。

除草剤が散布できます。

施肥——粒状肥料が散布できます。

散布作業がラクラクできるDM-9は、その他
驚くほど幅広く効率的に利用できる安心と信
頼の散布機です。



株式
会社

共立



共立エコー物産株式会社

〒160 東京都新宿区西新宿1-11-3(新宿Kビル) TEL 03-343-3231(代表)



果樹農薬

■有機硫黄水和剤

モリックス

りんご………うどんこ病・黒点病・斑点落葉病の同時防除に

■有機硫黄・DPC水和剤

モリックス-K

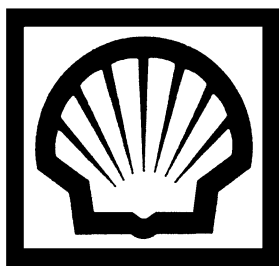
■ピナパクリル

有機硫黄水和剤

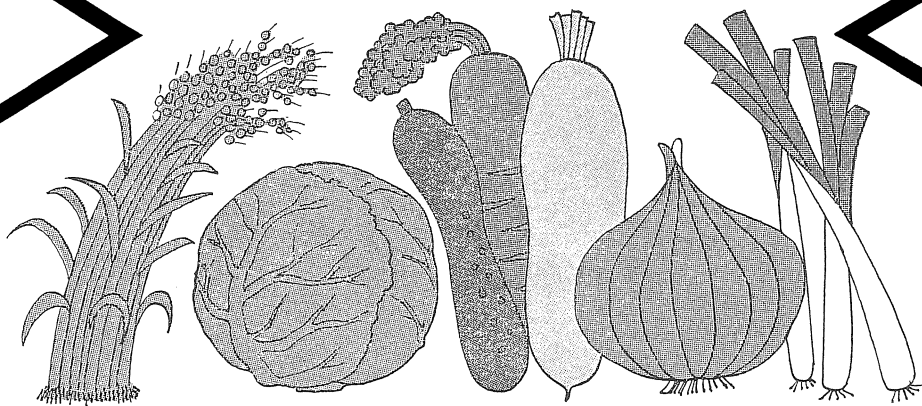
アプルサン 水和剤

大内新興化学工業株式会社

〔〒103〕 東京都中央区日本橋小船町1の3の7



前進する
シェルの農薬



そ菜害虫に

土壤害虫に

畑の除草に

ランネット **ビニフェート** **プラナビアン**

シェル化学株式会社

東京都千代田区霞が関3-2-5(霞が関ビル)

札幌・名古屋・大阪・福岡

農業開発センター(静岡県掛川市)

種子から収穫まで護るホクコー農薬



水銀に代る新しい種もみ消毒剤

★ばかなえ病・いもち病・ごまはがれ病に卓効

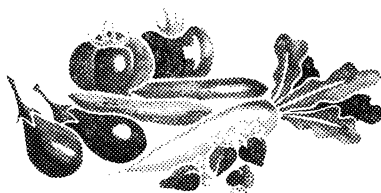
デュボン **ベンレート**® 水和剤20

新発売

★アブラムシからヨトウムシまで、これ一発でOK

安全・卓効・省力《新型浸透性殺虫剤》

ホクコー **オルトラン** 粒剤 水和剤



いもち病に

カスラサイド® 粉剤・水和剤

果樹・野菜の各種病害に

ホクコー **トップジンM** 水和剤

《新発売》キャベツ・さつまいも畑の除草に

ホクコー **プラナビアン**® 水和剤

MOとの体系除草に(ウリカワにも)

グラキール 粒剤 $\frac{1.5}{2.5}$



北興化学工業株式会社
東京都中央区日本橋本石町4-2 ㊟103
支店:札幌・東京・名古屋・大阪・福岡

農家のマスコットサンケイ農薬

お宅のブドウ園、あなたの桑園は私がガッチリ守ります。

私の名前は **トラサイド乳剤**
御存知

私の特長は

- 穿孔性害虫に卓効があります。
- 滲透力が強く燻蒸作用もあります。
- 残留毒性の心配がありません。
- 低毒性で安心して使用できます。



サンケイ化学株式会社

本社 〒890 鹿児島市郡元町 8 8 0 (0992)54-1161(代)
 東京事業所 〒101 東京都千代田区神田司町 2-1 神田中央ビル (03)294-6981(代)
 大阪営業所 〒555 大阪市西淀区柏里 2丁目 4-33 中島ビル (06)473-2010
 福岡出張所 〒810 福岡市中央区西中洲 2-20 (092)771-8988(代)

特集：微生物源農薬

微生物源農薬への期待と問題点	見里 朝正	1
植物病害防除剤としての抗生物質の利用	黄 耿堂	3
植物ウイルス病防除手段としての弱毒ウイルスの利用	大島 信行	12
植物病害防除手段としての拮抗微生物の利用	藤井 溥	19
害虫防除剤としての病原性細菌・糸状菌の利用	佐野 利男	23
害虫防除剤としての病原性ウイルス	林 幸之	30
害虫防除剤としての微生物代謝産物	高橋 信孝	34
除草剤としての微生物代謝産物	石田 秀弐	39
新しく登録された農薬 (49.3.1~3.31)		43
中央だより		44
人事消息		45
短 信		29

豊かな稔りにバイエル農薬



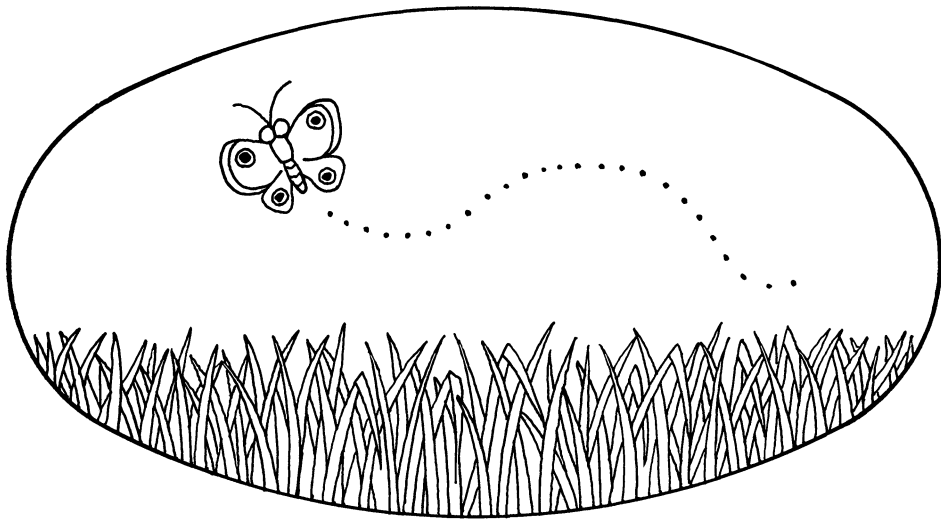
説明書進呈



日本特殊農薬製造株式会社
東京都中央区日本橋室町2-8 ☎ 103



自然環境を守り、
もんがれ病を防ぐ安全農薬!



バリダシン[®] 粉剤 液剤

- もんがれ病菌の病原性をなくさせる
- 稲に薬害がなく増収効果が高い
- 稔実障害・減収・穂発芽助長など悪影響はありません
- 人・畜・蚕・魚・天敵に極めて安全
- 米にも土にも残らない

●いもち病・もんがれ病の同時防除剤

ラフサイド[®]バリダシン[®] 粉剤

●水田害虫の総合防除に

パダン[®] 粒剤 4

パダン[®] ミフシン[®] 粒剤

武田パダン[®] バツサ[®] 粒剤

●そ菜の害虫に

パダン[®] 水溶剤

武田 オルトラン[®] 水和剤 粒剤

●園芸作物の基幹防除に

武田 ダコニール[®]

●そ菜・果樹病害に

デュボン ベンレート[®] 水和剤

●あらゆる雑草を速かに枯す

武田 グラモキソン[®]

●畑の雑草防除に

トリアリサイド[®] 乳剤

微生物源農薬への期待と問題点

理化学研究所 **見 里 朝 正**

I 微生物源農薬への期待

牛乳・母乳中への BHC の生物濃縮，ドリ剤による土壤汚染などにより，安定で残効性の高いほど良い農薬であるという従来の常識は崩れて，効果を発揮した後は速やかに分解して，環境を汚染しないような農薬が望まれるようになってきた。科学技術庁が 1970 年に 30 年先の 2000 年までに開発される技術について，予測調査を実施した結果でも，食糧・農業部門の材料関係の開発課題 31 課題中で，速分解・非残留性農薬の開発重要度が第 1 位であった。このような国民的なニーズに答えて，科学技術庁では，1971 年に農薬のテクノロジー・アセスメント，1972 年に安全な農薬開発の体系化，1973 年には安全な農薬開発の計画化を行ったが，これらの結果に基づいて，1974 年にはその予算化，1975 年以降にその実行化を計画している。

DDT, BHC, ドリ剤などの有機合成化合物は，自然界にないような化学構造を持っていたため，微生物も分解しにくかったのである。自然界に存在している生理活性物質及びこれに類似した化学構造を有する化合物であれば，微生物により分解されやすいと考えられる。したがって，これからの速分解・非残留性農薬の開発資源としては，天然源生理活性物質が最有力候補として浮かび上がってくる。天然源生理活性物質としては微生物源，植物源（ピレトリン，ニコチンなど），昆虫源（性フェロモン，変態ホルモンなど），動物源（イソメ毒など）などがあるが，これらのなかでも工場における大量生産という点では，微生物源が最も有利である。微生物及び微生物の代謝産物の農薬としての利用と研究開発の現状をまとめると下表のようになる。

また最近，資源的な面からも微生物源農薬への期待が

高まりつつある。昨年来の石油危機により，石油を原料としている多くの有機合成農薬は，その原料確保に大童であったが，その点，石油などの化石原料でなく，太陽エネルギーを利用した農産物を原料として製造する微生物源農薬は，資源的にも無限であるし，分解しやすく環境汚染の心配が少ないことと相まって，これからの農薬として期待されている。

II 利用の現状と研究・開発状況

表に示すように，微生物及び微生物の代謝産物は殺菌剤，殺虫剤，除草剤，植物成長調整剤として，広くその開発研究が行われており，特に殺菌剤の分野では農薬用抗生物質として既に大量に実用化されている。以下，簡単にその概況を説明する。

1 微生物の代謝産物の利用

(1) 病害防除：1960 年プラストサイジン S の実用化成功に刺激されて，抗生物質の農薬としての利用研究が活発化し，以後，セロサイジン，カスガマイシン，ポリオキシン，バリダマイシンなどの抗生物質が次々と開発された。農薬用抗生物質の面では世界でも我が国が最も進歩しており，その製品は海外にも広く輸出されている。また，テニアゾニック酸の例にみられるように，植物病原菌の出す毒素で，その菌自身の生育を抑制しようという試みも行われ始めている。

(2) 害虫防除：生物農薬として登場してきたパチルス・チューリンゲンシス（略して B・T）も，その効き方は B・T 菌の生産する毒素，すなわち化学物質にあることが判明し，その毒素を抗生物質の製造と同じタンク培養により大量生産しようと試みられている。こうなれば生物農薬というよりは，殺虫性抗生物質と呼んだほうが適当と思われる。また最近，リンゴやチャのハダニに

微生物源農薬

	病 害 防 除	害 虫 防 除	雑 草 防 除	植物成長調整
微生物の代謝産物	◎抗生物質 プラストサイジン S など ○植物病原菌生産物質 テニアゾニック酸	○パチルス・チューリンゲンシス ◎殺ダニ性抗生物質 テトラナクチン	○抗生物質 アミノマイシン誘導体	◎ジベレリン
微生物	◎トリコデルマ菌 ○弱毒ウイルス	○パチルス・チューリンゲンシス ○核多角体病ウイルス		

◎印は実用化，○印は研究・開発中

効果のある殺ダニ性抗生物質ポリナクチンの登録が許可された。

(3) 雑草防除：抗生物質アニソマイシンの示す除草作用活性に注目しての合成研究の過程から、NK-049(3,3'-dimethyl-4-methoxybenzophenone)が開発された。このものは合成化合物であるが、従来の除草剤に比較すると、土壤微生物により分解されやすい。

(4) 植物成長調整：タネなしブドウで有名なジベレリンも微生物の代謝物質である。微生物の生産する植物成長調整物質は、ジベレリン以外にも探せばまだまだあると思われる。

2 微生物の利用

(1) 病害防除：微生物相互の拮抗現象を利用して植物病害を防除しようとする研究は、ペニシリンの発見以前から世界各国の植物病理学者の間で活発に行われていたが、有機水銀剤など強力な農業用殺菌剤が出現してから、微生物の拮抗作用を利用した植物病害防除の研究は下火になっていた。しかし、近年、農業による環境汚染が問題になってから再び、微生物の拮抗現象の利用が試みられるようになってきた。我が国では1953年に、タバコの重要な土壤病害である白絹病の防除に、トリコデルマ菌が実用化されたのが生物農薬の最初である。また最近、植物ウイルス病の防除に弱毒ウイルスの前処理が有効なことが判明し、その農薬としての利用の可能性も検討され始めてきた。

(2) 害虫防除：昆虫の病原菌すなわち自然界にある昆虫の天敵微生物(かび, 細菌, ウイルス)により、害虫の発生を抑えようとする研究も昔から行われており、西ヨーロッパ諸国, アメリカ, ソ連などではB.Tなどの細菌製剤及び核多角体病ウイルスなどのウイルス製剤がすでに実用化されている。我が国でもB.T剤の利用面における実用化試験はほぼ完了したが、我が国は養蚕国なのでカイコに対する毒性の点から、その安全性に関して慎重な検討が行われている。ウイルスによる害虫防除に関しては、森林害虫として重要なマツカレハの細胞質多角体病ウイルスの空中散布による防除試験が行われており、その農薬として製剤化が進められている。

III 今後の問題点

微生物源農薬には上述のように、易分解性で環境汚染の心配が少ない、石油のように資源が有限でなくて無限であるなど多くの利点を有するが、実用化に際して解決しなければならない幾つかの問題点も存在する。

開発上の最も大きな問題点は安全性の確認試験が合成農薬に比べてやりにくいことである。ポリオキシンの例で見られるように、微生物の代謝産物は単一成分ではなく各種成分の混合物であることが多く、また、ガスクロマトグラフなどを使用する化学分析が困難なため、微量分析方法の確立が難しいため、毒性試験や残留性試験の遂行に非常に苦勞をさせられる。その上、現行の毒性試験の方法そのものに問題があり、それが障害となっている。現行の慢性毒性試験では、毒性の強い薬剤ならば無作用量も低いので、飼料に添加する薬剤濃度も低いが、毒性の弱い安全な薬剤ほど無作用量が高く、したがって飼料に添加する薬剤濃度も高くなる。例えばジベレリンでは5%含有飼料で行われている。このように極端に多量の薬剤を含んだ飼料で一生涯に近い期間を育てられた動物は、栄養障害を起こすかもしれないので、急性毒性の低い薬剤ほど慢性毒性の試験には不利になるという矛盾が生じる。まして、分解が容易であり明らかに食品中に残留しないか、あってもごく微量だと判明しているにもかかわらず、無作用量に相当する多量の薬剤での2か年の試験を行うのは科学的とは思えない。微生物源農薬はもちろんとし、安全な農薬開発のためには、特に適正な安全性確認試験方法の確立が望まれる。また、微生物そのものを利用する生物農薬の場合には、微生物の繁殖や変異による毒性の増強という問題もあり、化学物質とは違った角度からの検討が必要となる。

使用上の問題点としては、抗生物質など選択的な作用を示す場合には耐性菌や抵抗性が発現しやすいので、作用機作の異なる薬剤と交互に使用したり、混用するなどしてその出現を防止する必要がある。同一薬剤の連続使用は結果的にはその薬剤の寿命を縮めることになるので、薬剤の性質を理解した上での、適正な使用技術の確立が望まれる。

植物病害防除剤としての抗生物質の利用

理化学研究所 ^{こう}黄 ^{けい}耿 ^{どう}堂

はじめに

自然界において微生物が相互に影響し合い、均衡のとれた生態系を織り成していることは周知の事実である。この相互作用の中で、拮抗現象は古く 19 世紀後半ころにはすでに実験的に認められていた。今世紀へ入って、微生物の拮抗現象を植物病害の防除に利用する研究が世界各国で盛んに行われるようになってきた。微生物の拮抗現象は多くの要因によって支配されるが、その主なものの一つとして他の微生物の発育や代謝を抑制する微生物の生産物、すなわち、抗生物質が関与していることは当然考えられる。しかしながら、抗生物質の概念が一般的に認識されるようになったのは 1929 年 FLEMING によるペニシリンの発見からである。第二次世界大戦後、食糧増産の緊迫感から農薬の研究が盛んになり、種々の化合物について検討が試みられてきた。既知の抗生物質についても医薬の進歩に伴って研究者の興味をひきつけたが、当時、高価な抗生物質を実用化し、大量には場散布をすることは到底考えられなかった。しかしながら、欧米諸国の開発研究でストレプトマイシン、テトラサイクリン系抗生物質、シクロヘキシミド、グリゼオフルビンなど多くの医薬用抗生物質について、小規模ながら植物病害防除への応用が試みられ、その可能性が認められた。わが国でもこれらの実例から農業用抗生物質の研究が活発になり、1950 年ころに東大住木教授を中心に抗生物質研究班が発足し、農業用抗生物質は主として農技研の福永・見里らが担当し、研究が進められた。その成果として、1958 年に世界でも初めての農業用抗生物質プラストサイジン S が開発され、実用された。その間、鈴木らのアンチプラスチンや原田らのアンチピリキュリン（後にアンチマイシン A と同定された）などが開発されたが、前者は紫外線に不安定で、後者は魚毒が高く、いずれも実用に至らなかった。プラストサイジン S の実用化以来農業用抗生物質の研究は一段と盛んになり、抗かび性、抗細菌性物質が数多く開発され、我が国は一躍農業用抗生物質の最先進国となった。更に近年公害問題で食品への農薬の残留毒性、環境汚染などが社会問題化し、低毒性でかつ残留性のない農薬の開発の必要性が強調されるにつれて、農業用抗生物質が一層注目されるようになった。さて、農薬の中で抗生物質が比較的安全であるとい

う根拠については、まず、その特徴を考えてみる必要がある。既存の農業用抗生物質を有機合成殺菌剤と比べた場合、長所及び短所を含んだ次の幾つの特徴が考えられる。①選択性が高いこと。すなわち、ある菌に対して特異的に抑制効果を示し、他の生物に対して影響がない。この性質は一般に適用病害の範囲が狭い欠点はあるが、現状では低毒性に関連するもので、望ましいものとされている。②有機合成剤に比べて使用濃度が低くてすむこと。当然ながら環境汚染も少なくなる。③土壌微生物によって分解されやすい。以上は環境汚染、毒性の少ない理由としての特徴で、その他、④特異性が高いことによって耐性菌が出現しやすい傾向を有する。⑤土壌微生物や紫外線によって分解されやすいことから、残効性が短く、ほとんどの抗生物質は予防効果よりむしろ治療効果を有している。⑥作用機構から見れば、現在、使用されている抗生物質のほとんどは病原菌の合成系に作用し、特に菌体のタンパク合成系に作用しているものが多い。などが挙げられる。

近年、毒性の高い殺菌剤の禁止によって、重要な作物病害の防除に抗生物質は主要な役割を果たしている。これらの抗生物質の対象病害と使用量を挙げると次ページの表に示すとおり、そのほとんどは抗かび性物質である。抗細菌性物質については、かつて使用されたが、次第に使用量が減少している傾向にある。

農業用抗生物質についてはすでに多くの詳細な総説が紹介されている。本文はこの点を考慮し、できる限り新しく開発された抗生物質について重点的に述べてみたいと思う。

I 稲作病害防除における抗生物質

稲作病害防除における今までの研究対象のほとんどは、3 大病害であるいもち病、紋枯病及び白葉枯病を主対象として行われてきた。殊に、我が国はかつて数回にわたって、いもち病の大被害を被り、その防除剤の使用量は殺菌剤の大半を占めている。紋枯病、白葉枯病はその次であるが、東南アジア諸国では時にはいもち病以上に重要な病害とみなされている。

1970 年有機水銀剤の使用禁止以来、抗生物質に対する期待はますます高まり、現在、実用されているのはいもち病に対してプラストサイジン S 及びカスガマイシン、

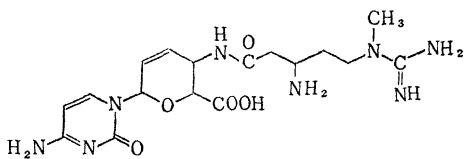
植物病害防除用抗生物質の対象病害及び 47 年度の出荷量

抗生物質	主な対象病害	出荷量 (t)
ブラストサイジンS 単剤混合剤	イネいもち病	1,382 2,826
カスガマイシン 単剤混合剤	イネいもち病	12,224 27,364
ポリオキシン 単剤混合剤	イネ紋枯病, ナシ黒斑病及びリンゴ斑落病など	1,087 1,324
バリダマイシン 単剤	イネ紋枯病	2,567
グリゼオフルピン 単剤	ウリ類のつる枯病・つる割病など	1
シクロヘキシミド 単剤	タマネギべと病及びカラマツ先枯病	3
エゾマイシン	マメ類の菌核病	0
ストレプトマイシン 単剤混合剤	果樹・野菜の細菌病	319 13
クロラムフェニコール 単剤混合剤	イネ白葉枯病及びトマトのかいよう病	1 11
ノボピオシン	トマトのかいよう病	0
セロサイジン	イネ白葉枯病	0

開発中のものにテスアズン酸がある。紋枯病に対してはポリオキシン、バリダマイシンなどがある。これらの抗生物質を項目別に紹介する。

1 ブラストサイジンS (blasticidin S)

本物質は医薬用抗生物質のペニシリンやストレプトマイシンと同様、農業用抗生物質ではパイオニヤ的存在である。また、培地上での直接的抗菌力の探知によって発見された代表的な抗生物質である。見里ら (1955) によってその抗いもち病効果が見つけられ、米原ら (1958) によって単離されたもので、和歌山県雑賀崎の土壌から分離した放線菌 *Streptomyces griseochromogenes* の生産する弱塩基性抗生物質である。広い抗菌スペクトルを有



第1図 ブラストサイジンSの構造

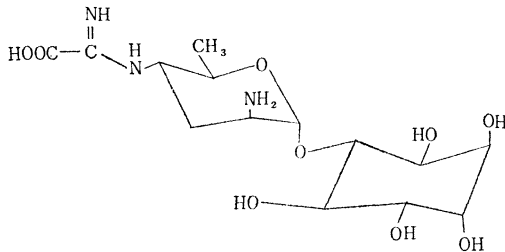
し、イネいもち病に対して卓効があり、20ppm の低濃度で使用されている。乳剤、水和剤、粉剤などがあり、1973 年から市販されている改良ブラエス剤は酢酸カルシウムを混入したもので、従来問題にされてきた眼障害が解消され、一層安全に使用されることができると思わ

れる。乳剤は眼障害がなく、安価で効果が優れていることから、諸外国にも多量輸出し好評を博している。実用化以来 10 年余になるが、ほ場から耐性菌は検出されていないが、中村ら (1961) は培地上で 2,000~5,000ppm 耐性菌を馴致しうることを報告している。このような耐性菌は孢子形成が著しく低下し、病原性も極めて低いようである。他の抗生物質に比べて選択性が低いことから、自然界での耐性菌、殊に自然淘汰耐性菌出現の可能性は少ないように思われる。イネいもち病に対して予防効果より治療効果が優れていて、いもち病菌のタンパク合成を著しく阻害する。前述の獲得耐性株の耐性機構はブラストサイジンSの耐性菌への透過性の低下によるものと考えられる。高濃度使用の場合、稲葉に葉斑を生じるが、印度種 (Indica type) は日本種 (Japonica type) に比べて葉斑はでにくいようである。したがって、印度種を主として栽培している東南アジアでの使用は、よりこの薬剤の効果を十分に発揮させることができると思われる。本抗生物質は稲体内への浸透性はかなり悪く、山口ら (1972) の ¹⁴C-ブラストサイジンSを用いた実験では、病原菌の侵入口や傷口からは浸透するが、無傷の部位からはほとんど浸透しないし、稲体上に付着したブラストサイジンSは容易に日光で分解される。また、水田に落下した薬剤は土壌表面に吸着され、土壌深部へ流亡することがないので地下水の汚染の心配がない。更に、

土壌表面に吸着された薬剤は容易に土壌微生物、例えば *Pseudomonas marginalis*, *Ps. ovalis*, *Fusarium* 属の1種などによって分解されることなどから、環境汚染、残留毒性の心配はないものと思われる。

2 カスガマイシン (kasugamycin)

梅沢ら (1965) によって奈良市春日神社境内の土壌から分離された放線菌 *Streptomyces kasugaensis* の生産する水溶性塩基性抗生物質で、一般の培地上では、はっき



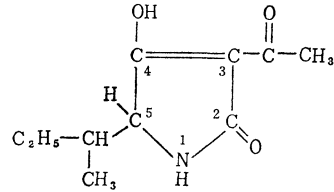
第2図 カスガマイシンの構造

りした抗菌性を示さないが、pH 5 の条件下で初めて顕著な抗菌性を示す。イネいもち病に対して卓効があり、人畜毒性は極めて低く、作物にも全く薬害がないことから、安全な農薬として年々使用量が増えている。本抗生物質はアミノ配糖体に属する物質で、この種の抗生物質は一般にタンパク合成を抑制し、コードの誤読 (codon missreading) を起こすと言われている。ところが、本抗生物質は大腸菌のタンパク合成系に作用し、70S リボゾームの30S部分と結合して、アミノアシル-t-RNAとmRNA-リボゾーム複合体の結合を阻害するが、前述のコードの誤読は起こらないと報告されている。更に、いもち病菌の無細胞系でも著しくタンパク合成が阻害される。本物質は選択性が高く、室内実験では容易に抵抗性のいもち病菌株を得ることができる。大森(1966)によればこのような抵抗性菌株は培地上での孢子形成能や菌糸の伸長などは感受性菌とほとんど同じであるが、カスガマイシン 100ppm を含む培地上では菌糸の伸長は抑制されないが、孢子形成が低下するという。また、上杉ら (1966) は大森 (1966) の方法で得た 500ppm 耐性菌の性状を調べた結果、イネ体上で薬剤感受性以外の病原性を含む諸性質は感受性菌と変わらないことを指摘している。この菌株を用い無細胞系で耐性機構を調べた結果、耐性菌株の細胞内のリボゾームはカスガマイシンに対して非感受的であることが判明した。その後、1971年に山形県など東北地方のカスガマイシン連用地区で、何回散布してもいもち病に効果がないという事例が生じた。これはカスガマイシンの連用によって感受性菌が抑

制され、耐性菌の一方的増加によって生じたものと考えられている。この耐性株と室内で得た抵抗性株とで、耐性機構が同じかどうかは不明である。

3 テヌアゾン酸 (tenuazonic acids) 及びその類縁化合物

本物質は目下開発中の抗生物質で、従来の抗生物質とは異なったもので、いわゆる、俗に言う“毒をもって毒を制する”ものであり、斬新なタイプの抗菌性物質である。佐藤ら(1969, 1972)がイネいもち病菌の生産する毒



第3図 テヌアゾン酸の構造

素を研究していた際、病原性のない N-1 レースに属する1菌株 (N-373-61) から、イネ幼葉の伸長阻害物質としてテヌアゾン酸を分離した。この物質は既に 1957 年ころから *Alternaria tenuis* を初め、多くの *Alternaria spp.* によって生産することが報告されている。佐藤ら (1972) は、数種の類縁化合物とともにいもち病に対し畑苗代試験を行った結果、ほとんどの化合物に防除効果が認められ、特に 3-アセチル-5-iso-ブチル-テトラム酸は対象薬剤のキタジンやヒノザンにやや劣る結果が得られ、その実用化の可能性が示された。その他の病害については、イネ白葉枯病、ごま葉枯病及びトウモロコシのごま葉枯病などに対しても防除効果を示している。残効性は短く、生物濃縮による環境汚染や残留毒性の心配はないと思われるが、直接的な証明が望まれる。また、多くの動物ウイルス及び腫瘍を抑制すること、作用機構としてはマウスの肝臓細胞や Erlich ascites tumor のタンパク合成を阻害し、広い範囲の生物活性を有していることが報告されている。前述の植物病害に対する活性は、従来の殺菌剤に比して効力の鋭利性がないが、剤型と施用法を工夫することによって、その生物活性を十分に発揮できる可能性もあると考えられる。このように、植物病原菌の代謝産物を用いてその病原菌を抑制することは、考え方として興味あることで、例え、テヌアゾン酸が実用にならなくとも、その化合物を母核にし、より活性の高い類縁化合物を合成することが期待される。

4 ポリオキシン (polyoxins)

イネ紋枯病の防除は、従来、有機ヒ素剤に頼ってきたが、環境汚染や残留毒性に対する懸念から、鈴木ら(1965)

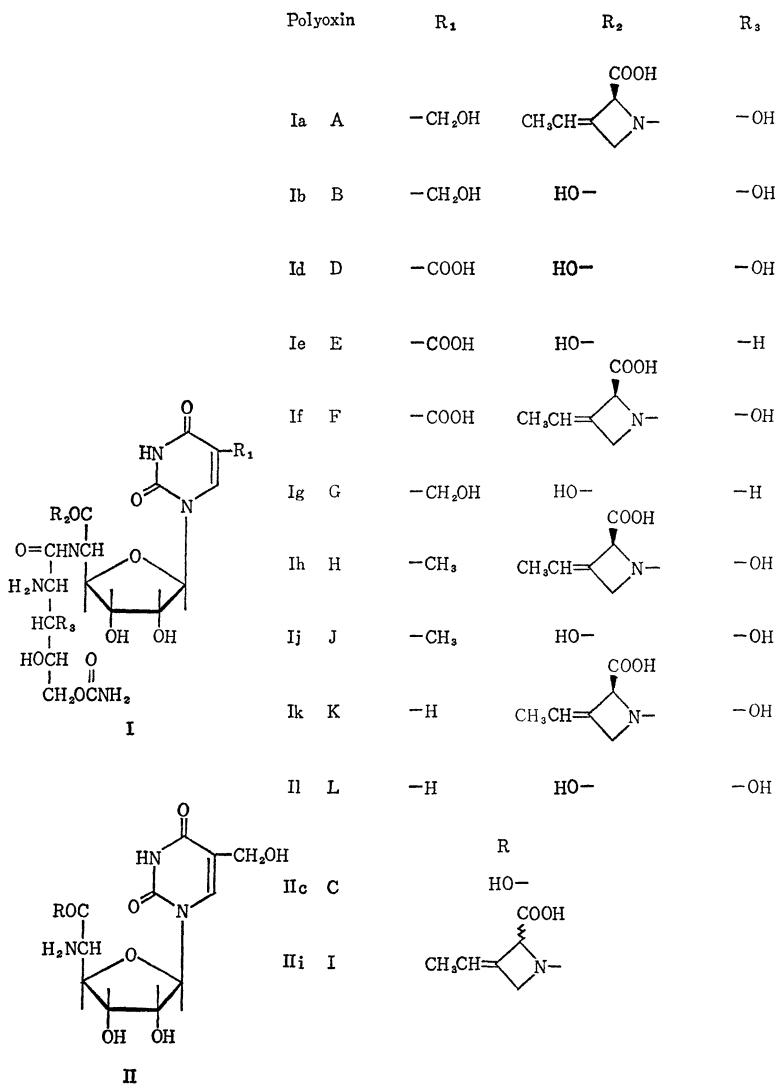
は有機ヒ素剤に代わりうる抗生物質を探索した結果、熊本県の阿蘇地方の土壌から分離した放線菌 *Streptomyces cacaoi* var. *asoensis* の生産物から、数種の抗菌性物質を分離した。これらの物質は構造的に類似して、抗菌性のない成分である C, I を除いて A~O まで 13 の有効成分が明らかにされた。磯野ら (1968) によれば、これらは多くの植物病原糸状菌の生育を抑制し、D, E, F 成分は紋枯病菌を初め、いもち病菌、ごま葉枯病菌の生育を抑制するが、A, B, G, H は特異的にナシ黒斑病菌、カラマツ先枯病菌、トマト葉かび病菌の生育を著しく抑制する。L 成分はリンゴの斑点落葉病の防除効果を示している。紫外線安定性は、有機ヒ素剤とほぼ同程

度で、6~9 日後でも 50~85% の効果を保持する。また、佐々木ら (1968) によれば、イネ体及びインゲン幼苗における浸透移行性は極めて良好である。孢子発芽に対する抑制力は極めて低いが、特異的に菌糸の伸長を抑制し、発芽管の先端が 1ppm 以上の薬液と接触すると球形に膨化し、孢子の長径の 2~3 倍にも達する。この現象は菌糸の先端においても認められた。更に、佐々木ら (1968) はこの現象からヒントを得て *Alternaria kikuchiana* の孢子発芽直後の菌糸の細胞壁への ¹⁴C-グルコサミンの取りこみを阻害することを認め、更に、ポリオキシン処理の菌体に UDP-N-acetyl glucosamine の蓄積といもち病菌から得たキチン合成酵素の活性を 0.1

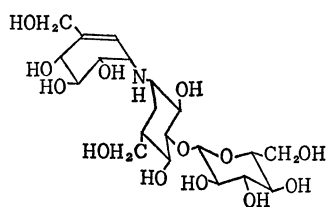
ppm の低濃度で著しく阻害することを明らかにした。また、遠藤ら (1969) によれば、*Neurospora crassa* のキチン合成を著しく阻害する。本物質は室内実験で容易に耐性の馴致と抵抗性菌 (淘汰耐性菌) を得ることができる。ナシ黒斑病菌については、抵抗性菌の病原性は感受性菌に比べて強い傾向を示している。イネ紋枯病菌の耐性菌は、ナシ黒斑病菌に比べて人工的に馴致しにくく、ほ場においてもまだ検出されていない。1971 年、鳥取県で、ポリオキシン耐性のナシ黒斑病菌の発生が報告されている。人畜毒性は極めて低く、15 g / kg をマウスに投与しても全く毒性が認められず、植物に対しても薬害が認められない優れた抗生物質である。

5 バリダマイシン (validamycin)

前述のポリオキシンと同様、イネ紋枯病に対して卓効を示している。その他、野菜苗立枯病、白絹病にも優れた効果を有し、各種作物に対して全く薬害を示さない。本抗生物質は、岩佐ら (1970) によって兵庫県明石市の土壌から分離した放線菌 *Streptomyces hygroscopicus* var. *limonens* の生産物から単離された抗



第4図 ポリオキシンの構造



第5図 パリドマイシンの構造

生物質で、現在、A 及び B の主な 2 成分が明らかにされている。植物病害防除効果は、A 成分がはるかに優れている。その他、活性の極めて低い微量成分で C, D, E, F が分離された。若江ら (1970) によればパリドマイシンは菌糸の伸長を特異的に抑制し、菌糸の異常分岐が認められた。これらの異常菌糸をパリドマイシンを含有しない培地へ移すと 2~3 代で正常の菌糸に戻ることから、作用は静菌的であることが判明した。安全性の面では、急性毒性が極めて低く、ラットの腸内細菌によって容易にグルコースとバリドキシルアミンに分解され、後者は腸管から吸収されることなく排泄される。静脈注射の場合、体内で分解されることなく、未変化のまま速やかに尿中に排泄される。更に、各地の農事試験場で調べた結果、玄米中や稲わらの中には検出される程度の残留は認められなかった。植物に対しては 88 科 125 属 135 種の植物に 1,000ppm 液を散布したが、わずかにヤマモモ、エビスグサ及びハブソウの葉縁部に褐変が認められたのみである。イネ体では根部や茎葉からの浸透移行性は低く、土壤中では容易に土壤微生物によって極めて速やかに分解されるようである。本抗生物質は 1972 年に登録されたもので、最も新しい抗生物質剤で今後の発展が期待される。

6 イネ白葉枯病防除剤としての抗生物質

白葉枯病防除にはかつて、streptomycin, chloramphenicol, cellocidin などの抗生物質が使用されたが、現在はほとんど姿を消している。これらの薬剤の防除効果は 70~80% 程度のもので、薬害を示すものもある (Ⅲ 参照)。その他、実用にならなかった抗生物質もかなり多く、例えば、抗植物ウイルスの項で述べる laurusin (formycin B) の場合、室内での抗菌力、ポット試験での効果とも優れていたが、薬害がひどく実用に至らなかった。したがって、現在幾つかの有機合成剤を用いているが、防除対策としてはかなり深刻な状態であり、抗白葉枯病防除用抗生物質の開発は大いに望まれている。

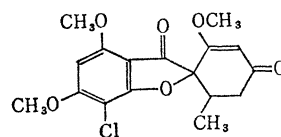
II その他の病害防除における抗かび性抗生物質

すでに述べたように、我が国で開発された抗生物質の

ほとんどはイネの病害を対象にしたもので、その他の病害に対しては医薬用あるいはイネ病害用からの適用拡大によるものが多い。

1 グリゼオフルビン

抗かび性抗生物質の中で、最も古いもので、*Streptomyces griseofulvum* の生産物である。BRIAN ら (1946) によってカーリング因子として報告され、菌糸を 1 ppm の低濃度で特有のらせん状にカールし、10ppm 以上では菌糸の異常分岐や奇形を生じることが特徴とされている。我が国では、ウリ類のつる枯病とリンゴのモニリア病に効果のあることが認められている。植物体への浸透移行性は認められる。また、多くの微生物によって容易に分解される。本物質はキチンを細胞壁の主成分とする糸状菌の生育を特異的に抑制し、セルロースを主成分とする糸状菌には効果がないことから、キチン合成阻害作用を有するものと推定されている。最近、FLOYED ら (1968) によればグリゼオフルビンを処理した *Botrytis cinerea* の DNA 合成が異常に促進されることが認められている。価格が高い上に、医療にも用いられ、人体病原菌の耐性問題の懸念から、使用範囲がかなり限定されていると思われる。



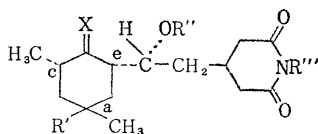
第6図 グリゼオフルビンの構造

2 シクロヘキシミド (cycloheximide)

LEACH ら (1947) によって *Streptomyces griseus* の生産物から、医薬用抗生物質ストレプトマイシンの副産物として、分離されたものである。酵母、原虫、植物病原菌など広い抗菌スペクトルを有し、人畜毒性や植物に対する薬害が激しい。現在、わずかにカラムツの先枯病の防除剤ならびにネズミの忌避剤として使用されている。我が国でも奈良県橿原神宮の土壌から分離された放線菌 *Streptomyces naraensis* より高単位に生産されている。

3 エゾマイシン (ezomycin)

高岡ら (1968) により放線菌 *Streptomyces kitazawaensis* から得られた抗生物質で、構造のよく似た A 及び B の 2 成分が明らかにされている。活性物質としては A が主体である。豆類の菌核病に対して特異的に優れた防除効果を有し、灰色かび病やリンゴのモニリア病などにも有効である。人畜毒性や魚毒性が低く優れた抗生物質と思われる。しかしながら、適用範囲が狭く、同じ時期に、同じような生物活性をもった有機合成化合物スクレ



Cycloheximide ($X=O$, R' , R'' , $R'''=H$)

Cycloheximide oxime ($X=NOH$, R' , R'' , $R'''=H$)

Cycloheximide semicarbazone ($X=N-NH\overset{O}{\parallel}C-NH_2$, R' , R'' , $R'''=H$)

ϕ cycloheximide-I-acetate ($X=O-\overset{O}{\parallel}C-CH_3$, R' , R'' , $R'''=H$)

α dihydrocycloheximide ($X=OH-e$, R' , R'' , $R'''=H$)

β dihydrocycloheximide ($X=OH-a$, R' , R'' , $R'''=H$)

Acetoxycycloheximide ($X=O$, $R'=O-\overset{O}{\parallel}C-CH_3$, R'' , $R'''=H$)

Streptovitacin-A ($X=O$, $R'=OH$, R'' , $R'''=H$)

Cycloheximide acetate ($X=O$, $R''=-\overset{O}{\parallel}C-CH_3$, R' , $R'''=H$)

N-methylcycloheximide ($X=O$, R' , $R''=H$, $R'''=CH_3$)

N-methylcycloheximide acetate ($X=O$, $R'=H$, $R''=-\overset{O}{\parallel}C-CH_3$, $R'''=CH_3$)

第7図 シクロヘキシミド群の構造

ックスの出現もあり、その後の開発研究が中断されているようである。

4 その他

ポリオキシン群の13活性物質のうち、前述のイネ紋枯病にはD, E, F, ナシの黒斑病にはA, B, G, リングの斑落病にはLなどが、それぞれ特異的に防除効果を示している。これらの詳細についてはポリオキシンの項を参照されたい。

イの主要病害の *Rizoctonia* sp. による紋枯病に対して、バリダマイシンは卓効を示すことが認められている。

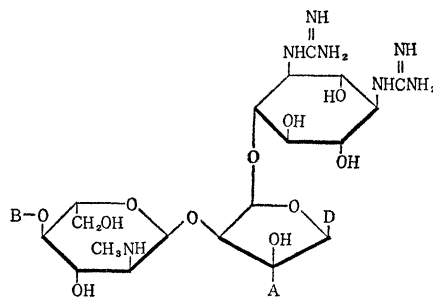
III 植物細菌病防除における抗生物質

植物細菌病の防除に対する研究は、植物病害の感染発病における病理学的基礎知見に不明点が多く、防除薬剤選抜試験法も完全に確立されたものがなく、殺菌剤研究者からやや敬遠されている傾向がある。そのうえ、医薬用抗生物質のほとんどが抗菌性であることから、安易に適用すればよいと思われた傾向があり、優れた抗生物質は開発されていない。現在では植物細菌病はむしろ糸状菌による病害よりも問題が深刻であり、植物細菌病防除薬剤の開発が切実に望まれている。現在使用されて

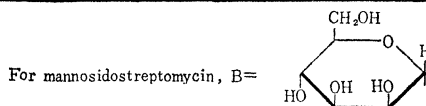
いる抗生物質は、ストレプトマイシン、クロラムフェニコールの2種類である。その他、セロサイジン、テトラサイクリン系抗生物質、ノボピオシンなどはかつて使用されたが、現在ではほとんど使用されていないようである。

1 ストレプトマイシン (streptomycin)

本物質は WAKSMAN ら (1944) によって *Streptomyces griseus* の生産物より、分離されたアミノ配糖体抗生物質である。グラム陽性及び陰性菌に対して広い抗菌スペクトルを有している。多くの植物細菌病に対して防除効果を示しているが、使用濃度をやや高めると植物に対して著しい薬害を生じる。医薬用抗生物質からの適用であり、多量用いることによって生物濃縮や耐性菌、あるいは食物を経て人体への常時取りこみによる人畜の病原菌のストレプトマイシン耐性菌の増加の原因になる心配がある。作用機構に関しては多くの作用点が報告されているが、主としてタンパク合成を阻害し、コードの誤読によるものとされている。我が国ではタバコ野火病、モモ穿孔細菌病、カンキツかいよう病、野菜軟腐病、コンニャク腐敗病などの防除に使用されている。



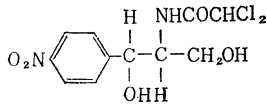
	A	B	D
Streptomycin	CHO	H	CH ₃
Dihydrostreptomycin	CH ₂ OH	H	CH ₃
Mannosidostreptomycin	CHO	See below	CH ₂
Hydroxystreptomycin	CHO	H	CH ₂ OH



第8図 ストレプトマイシン群の構造

2 クロラムフェニコール

EHRlich ら (1947) により *Streptomyces venezuelae* の生産物より分離された抗生物質である。細菌、リケッチャなどに対して広い抗菌スペクトルを有している。一時、イネ白葉枯病防除に使用されたが、現在では塩基性塩化銅との混合剤として果樹、野菜類の細菌病防除に使用されている。作用機構については多くの作用点が報告され

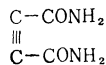


第9図 クロラムフェニコールの構造

ているが、主体は 70S リボゾームの 50S 部分と結合し、タンパク合成を阻害することによるものである。ストレプトマイシンと同様、人畜毒性は低い、人畜病原に対する耐性菌問題などの注意が肝要である。

3 セロサイジン (cellocidin)

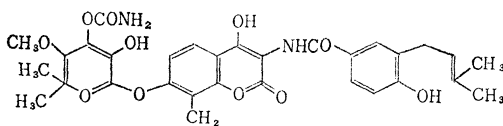
鈴木ら (1958) によって、千葉県から分離された放線菌 *Streptomyces chibaensis* の生産する抗生物質で、イネ白葉枯病に防除効果を有するが、薬害を生じることがあり、現在はほとんど使用されていない。構造が簡単で化学合成によって安価に製造される。沖本ら (1963) により、セロサイジンはイネ白葉枯病菌の TCA サイクルの α -ケトグルタル酸 \rightarrow サクシニル Co A \rightarrow コハク酸に至る経路を強く阻害することが明らかにされた。その後、 14 C-thymidine の DNA への取りこみを著しく抑制することが判明した。



第10図 セロサイジンの構造

4 ノボピオシン (novobiocin)

別名, streptonivcin, cathomycin, albamycin, cardelmicin などとも呼ばれ、*Streptomyces spheroides* などの放線菌によって生産される抗生物質である。人畜毒性は極めて低い。脇本ら (1967) は移植前のトマト苗を 1 夜 100ppm の薬液に根部浸漬することによって、かいよう病に対して著しい防除効果を示すことを見出し、一時、トマトかいよう病の防除に使用されていたが、最近、使われなくなった。本物質は医薬、動物薬として広く使用されている。作用機構としては細菌の Mg^{++} 必須の酵素系に特異的に作用する。



第11図 ノボピオシンの構造

IV 抗植物ウイルス性物質としての抗生物質

植物病害防除で、現在、残されている重大問題の一つ

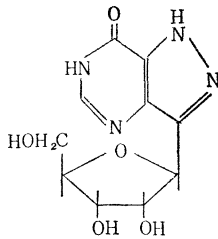
は植物ウイルス病の防除である。過去 20 数年、多くの研究者によって断片的ではあるが、多くの既知化合物について、種々のウイルス病の防除効果が調べられたが、現在までに実用された化合物はまだ認められていない。しかしながら、直接的あるいは間接的にウイルスの増殖あるいは感染に影響する化合物は数多く発見された。その中には一般の代謝拮抗物質、アミノ酸、色素、植物ホルモン、生体抽出液、抗生物質などがあるが、多くの場合、宿主に対しても薬害を生じる。これらの化合物を総覧すると、ある程度の分子量をもった抗生物質の抗ウイルス性が最も高く、将来、実用性のある抗ウイルス性物質は微生物の代謝産物や植物の生体成分から見出される可能性が最も高いと思われる。現在、抗植物ウイルス活性を有する抗生物質は幾つか報告されている。それらを各項目に分けて説明したい。

1 プラストサイジン S (blasticidin S)

前記のとおり、イネいもち病防除薬剤として使用されている抗生物質で、木曾ら (1963)、平井ら (1965) によってその抗ウイルス活性が明らかにされた。更に平井ら (1968) によればプラストサイジン S は宿主の RNA 合成にほとんど影響しないが TMV-RNA 合成を著しく阻害することが明らかにされた。しかしながら、本抗生物質のタバコ葉、クロレラ細胞に対する非特異的なタンパク合成阻害から考えると、タバコ葉の TMV 感染に伴って、タバコ葉細胞内に生じたウイルス増殖関連酵素の生成をも阻害すると思われる。したがって、タバコ葉に対する薬害は宿主のタンパク合成の阻害によるもので、ウイルス RNA の合成阻害は二次的作用と思われる。その後、米原ら (1967) は *Streptomyces* 属の生産するデトキシシン (detoxin) という物質がプラストサイジン S の効果を減少させずに、眼障害や植物に対する薬害を軽減することを報告した。この物質は特異的に、*B. cereus*, *C. albicans* などに対するプラストサイジン S の抗菌力に拮抗するが、*P. oryzae* や *M. phlei* に対しては拮抗作用を示さない。また、タバコに対する薬害を著しく軽減するとともに、TMV 感染発病に対するプラストサイジン S の作用も拮抗するが、宿主に対する薬害と TMV に対する最低抑制濃度のひらきがやや大きくなる傾向を示した。

2 ラウルシン (laurusin)

本物質はホルマイシン B あるいはオーヤマイシンとも呼ばれ、イネ白葉枯病菌に対して著しい抑制効果を示すものである。相沢ら (1965) により、*Streptomyces lavendulae* No. 6600 Gc-1 の生産物より分離されたものである。タバコ葉内の TMV 増殖を著しく抑制し、イ



第12図 ラウルシンの構造

ンゲン葉上の TMV による局部病斑形成も阻止する。平井ら (1969) によれば、この作用はアデニン、アデノシンの添加によって拮抗される。本物質はイネ、タバコ、インゲンなどに対して高い濃度の散布で著しい葉害を示した。作用機構についてはまだ明らかにされていないが、核酸の合成が阻害されることは間違いないと思われる。

3 ビホロマイシン (bihoromycin)

見里ら (1967) によって、*Streptomyces filipiensis* var. *bihoroensis* の生産物から分離された抗生物質で、TMV 感染によるインゲン葉上の局部病斑形成を著しく防止するが、タバコ葉内での TMV 増殖抑制力は低い。その上、宿主に対して著しい葉害を生じる。作用機構についてはイネいもち病菌の核酸を著しく抑制し、枯草菌の DNA を著しく抑制することが判明したが、DNA 合成経路の中の作用点及び TMV 増殖との関連については不明である。

4 アーボマイシンA (aabomycin A)

相沢ら (1969) により、*Streptomyces hygroscopicus* var. *aabomyceticus* の生産物より分離した抗生物質である。イネいもち病菌に対して著しい抗菌力を有する。抗ウイルス活性については、葉片浸漬法でタバコ葉内の TMV 増殖を 1 ppm で約 80% 阻害し、生体上では 10 ppm 以上で活性が認められるが、実際の散布濃度は 100 ppm 以上が望ましい。散布濃度を高めることによって、効果も増加するが、濃度と防除価の関係はやや緩かな直線を示している傾向がある。これはアーボマイシンの水不溶性によるものと思われる。TMV のほかに、CMV、AMV など数種の植物ウイルスの感染増殖及び発病を抑制する。人畜毒性は極めて低く、植物に対する葉害も 2,000 ppm の散布では認められなかった。作用機構については不明であるが、イネいもち病菌などのタンパク合成に強く作用するようである。動物ウイルスに対しても、ニワトリのニューカッスル病やマウスの白血病に活性を有すると言われていて、抗ウイルス剤として、かなり有望と思われる、現在開発中である。

5 ミハラマイシンA (miharamycin A)

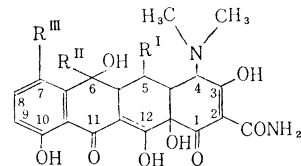
本物質は、野口ら (1968) によって、*Streptomyces miharaensis* の生産物より分離された水溶性塩基性抗生物質である。TMV, CMV (Y strain), PVX, RSV などに対して防除効果を示した。ミハラマイシンは 10 ppm 以上の濃度では、タバコ、グルチノーザ及びびネに対して葉害を生じるが、処理後の新生葉には影響がなかった。

6 シトリニン (citrinin)

本物質は黄変米の毒素として知られていて、*Penicillium citrinum* の生産物から分離して得られたものである。安田ら (1970) によれば、TMV 感染によるグルチノーザ葉での局部病斑形成を著しく抑制するが、TMV の増殖に対する影響は少ない。その原因は、シトリニンがキレート剤としてグルチノーザ葉のポリフェノール・オキシダーゼやペル・オキシダーゼの活性を阻害することによって、局部病斑形成を特異的に抑制するものと考えられ、一般の抗ウイルス性物質の概念から外れているように思われる。

7 テトラサイクリン系抗生物質 (tetracyclines)

本物質は広い範囲の生物活性を有するもので、前述のストレプトマイシンと混ぜて耐性菌出現の防止に使われている。TMV に対する増殖阻害効果は若干認められるが、宿主のタンパク合成阻害による間接的影響と思われる。テトラサイクリン系抗生物質は、一般に細菌、PLT 群微生物などによる疾患の治療に使用されている。石家ら (1967) によりマイコプラズマ様微生物によるクワ萎縮病など、従来、ウイルス病と思われた病害は、テトラサイクリン系抗生物質の根部浸漬によって、著しく発病を抑制されることが分かった。しかしながら、この抑制効果の持続期間は短く、施用を中止すると再び発病する傾向がある。テトラサイクリン系抗生物質は紫外線に対



R ^I	R ^{II}	R ^{III}	
H	CH ₃	H	Tetracycline
OH	CH ₃	H	Oxytetracycline
H	CH ₃	Cl	Chlortetracycline
H	H	Cl	Demethylchlortetracycline

第13図 テトラサイクリン系抗生物質の構造

して極めて不安定であることから、ほ場では日光によって容易に分解され、植物体内でも容易に消失するものと思われる。

以上の抗ウイルス性、抗マイコプラズマ性抗生物質は、現在、その実用化について検討中であるが、多くの場合、宿主にも作用するか、あるいは宿主に作用して感染したウイルスに対して二次的に作用するものと思われる。更に、多くの抗生物質は植物体に対する浸透移行性が悪く、効果を十分発揮できない嫌いがある。したがって、今後の開発研究には宿主の代謝に影響がなく、特異的にウイルスの増殖を阻害するもの、あるいはウイルスの外皮タンパクや核酸と特異的に結合するもの、ウイルスの脱外皮(uncoating)を阻止するものなどで、更に植物体への浸透移行性の高いものが、実用面では有望と思われる。

おわりに

近年、公害問題がクローズアップされ、農業についても急性毒性、慢性毒性、催奇形性、自然界における分解、分解物の毒性、生物濃縮による食品の汚染など、種々な角度から安全性に関する検討が行われている。しかしながら、現在、使用中の殺菌剤について、全面的に検討が完了するには10数年の歳月が費やされるであろう。完全に安全保証を受けてから使用することになると、その間の農業生産に重大な問題を生じることになる。したがって、現在の科学知識で判断し、疑わしきものは禁止することで、水銀剤と塩素系殺虫剤の大部分などが姿を消し、比較的毒性が低く、自然界で容易に分解されられると思われるものが残った。一般に、分解が速くて残効性の高い殺菌剤を求めることは不可能であり、当然、優れた予防効果をもった殺菌剤を得ることは極めて困難である。したがって、今後の殺菌剤として、抗生物質のように治療効果の高い殺菌剤が望ましい。更に、見里(1972, 1973)の提案するいわゆる無公害農薬として、生物源由来の生理活性物質は非常に興味深いものである。このようなものとしては、微生物源として抗生物質、植物源としてファイトアレキシン、タチガレン、生物体の素材としてアミノ酸、脂肪酸化合物、レシチン、アルギン酸な

どの例が挙げられている。これらの多くは従来の殺菌剤の感覚から判断すると、効力の面で鋭利性に欠けていて、効力を十分に発揮できる薬剤の施用法と剤型を考案する必要がある。しかしながら、その中で、微生物の代謝産物である抗生物質は開発研究を始めてから20年足らずで農業殺菌剤の中で主要なものの一つとなった。このような発展は、発酵技術の進歩に負うところも大きい。第1の理由はその優れた防除効果によるものと思われる。今後の問題として、果樹、野菜の病害にも広く使用できるような抗生物質の開発に重点をおき、生産価格など多方面からの検討が望まれる。

もう一つの課題として耐性菌の問題が残っている。一般に、抗生物質に限らず選択性の高い殺菌剤ほど、耐性菌の出現率が高いと言われている。したがって、当面の対策として同一抗生物質の連用や単剤の使用を避けることが望ましい。また、この問題に関連して、できるだけ医薬用抗生物質の兼用を避け、農業専用の抗生物質を開発すべきである。

安全性の問題について作用機構の観点から考えると、既知の農業用抗生物質の多くはタンパク合成を阻害し、特に70Sリボゾームの30S部分と結合するものは選択性が高く、毒性や薬害が低いように思われる。更に、ポリオキシンのように特異的に糸状菌の細胞壁のキチン合成を阻害するものは特に望ましい。

最後に、抗生物質に限らず、優れた殺菌剤を開発研究をする際に、種々な点について検討を加える必要があるが、その最も基本になることはある程度以上の効力をもった化合物を、まず、探さなくてはならないことである。多くの優れた薬剤のほとんどは、独特な選抜試験法の下で誕生した過去の経験から、今後の植物病害防除の最大の課題である細菌病、ウイルス病、マイコプラズマ病などの防除薬剤の開発研究については、より一層病理学的基本知見を深めることによって、より自然に近い病原の感染法で薬剤選抜法を組み立てることが、成功への近道と信じ、一層の発展を期待したい。

なお、誌面の関係で文献は省略させていただいた。

植物ウイルス病防除手段としての弱毒ウイルスの利用

農林省植物ウイルス研究所 ^{おお}大 ^{しま}島 ^{のぶ}信 ^{ゆき}行

はじめに

1933年 SALAMAN はジャガイモ X ウイルスの弱毒系統 (G タイプ) に感染しているタバコにこれより毒性の強い L タイプや壊疽を生ずる X ウイルスの系統を接種しても病徴に変化を生ずることなく、後者に対して完全に免疫であることを報告した。その後の報告でジャガイモに壊疽を表わすような重い X ウイルスによる病害が少ないのは弱毒 X ウイルスの保護作用があるからで、恐らくこのような作用はジャガイモの耕作が始められた当初から働いていたのだらうと述べている (SALAMAN, 1938)。

こんにちでは芽先培養の技術が開発されて X ウイルス・フリーのジャガイモが栽培されるようになっており、X ウイルスによる被害を問題にする必要はないかもしれないが、この技術が開発される以前ごく最近までは弱毒 X ウイルスが強毒 X ウイルスによる被害からジャガイモを救っていたことは否定できないであろう。このような現象は現在干渉作用として広く知られているものである。

ジャガイモに限らずカンキツ、リングなどの果樹においても自然状態で同様な現象が認められており、積極的に自然に発生している弱毒ウイルス系統を選出して接種することによりウイルス病の防除を計ろうとした幾つかの試験例がある。筆者は他の研究者と協力して人工的に作り出した弱毒系統を用い、タバコ・モザイク・ウイルス (TMV) によるトマトのモザイク病の防除を試み、実際のほ場でも試験した (大島ら, 1965; 小餅ら, 1966)。上記のいずれの場合においても防除効果は確認されたが、まだ実用化のために確立した方法がなく、また、弱毒ウイルスそのものの安全性にも危惧の念が抱かれている。これは活性のあるウイルスを使用する限り当然であって、実用化の段階では人間に用いるウイルス生ワクチンのように厳しいチェックが必要となるであろう。最近植物ウイルスが人体に対して影響がないだらうかという質問を受けることがあるが、植物ウイルスは食物とする多くの野菜、果物の中に何十年も前から入っていたし、また、現在も同様であるからこれらのウイルスが直接我々の健康を害するとは考えられない。したがって弱毒ウイルスの使用法が確立され、よくこれを制御して利用す

ることができるようになれば極めて有効なウイルス病の防除法となり、この意味で弱毒ウイルスは無公害農業の一つに数えられることになるだらう。

人間や動物の病気の防除には天然痘、小児まひなどの生ワクチンがあるのは周知のことで、このほかにも多くの生きた弱毒ウイルスが使用されているが、植物ウイルスの分野ではこのような例が知られていない。しかし、ほとんどの植物ウイルスがいろいろな系統をもっており、これらの間には干渉作用が認められるのであるから今後は大いに弱毒ウイルスの利用が考えられてもよいであろう。

以下に弱毒ウイルスがウイルス病の防除のために試験されている例を紹介し、弱毒ウイルスの実用化に伴ういろいろな問題点を考察する。

I TMV によるトマト・モザイク病の防除

トマトのモザイク病はいろいろな病原ウイルスによって起こるが、最近トマトの施設栽培が盛んとなり、ハウス内で TMV によるモザイク病が激発している。弱毒ウイルス株の干渉による TMV の防除は大島ら (1965) によって始められ、現在その実用化試験が進められているが、本誌 (1968) には既に紹介したことがあるので、その要点と諸外国で行われている試験について述べることにする。

1 弱毒ウイルスの作り方

大島ら (1965) は親ウイルスとしてモザイク病のトマトから分離したトマト系 TMV (TMV-L) をトマトの茎に接種し、35°C、2週間増殖させ、ニコチアナ・グルチノサに接種し、その局所病斑を通して弱毒ウイルス (L 11) を分離して使用した。RAST (1972) はオランダで普通系 TMV を亜硝酸処理して弱毒ウイルス (M 1-6) を作り使用している。諸外国でもトマトに発生する TMV はトマト系が多いと考えられるのに親ウイルスとして普通系 (タバコに多く発生する TMV の系統) を使用した理由は分からないが、干渉効果の点からトマトに最も多く発生するウイルス系統を親ウイルスとするほうがよいであろう。この点については後述する。

2 接種原と接種法

筆者らは最初カーボラシムを用いて L 11 感染トマト葉 (時にサムスン・タバコ葉) の生体重の 10 倍液を

塗抹接種していたが、現在大量接種する方法について検討中である。RAST (1972) は弱毒株 (M11-16) を VENKAMP ら (1964) の方法でセルロース・カラムを用いて純化して使用している。4 kg の罹病トマト葉から約 1 l のウイルス液に純化し、これを 5 ml ずつ小びんに入れておく。使用時にはこれを 5 l の水に薄め、100 g のカーボランダムを加え、スプレー・ガンによって 20~30 cm の距離から 1.5~2 気圧で噴霧すると約 10,000 本のトマト苗を 100% 感染させることができるということである。

3 弱毒ウイルスの接種時期

大島ら (1965)、小餅ら (1966) はトマトの播種後約 20 日~1 か月後、萩原ら (1973) は本葉 4~5 枚時に接種を行ってよい成績を収めた。MARROU ら (1972) はトマトが 1~6 葉時に病原性のないウイルス株 (RM) を接種するとよいと報告し、VLASOV (1972) は苗が 3~5% くらいまでの軽い感染を起こしたときに用いるべきだとしている。

4 効果

弱毒ウイルスは一般に植物体内で十分増殖した時点で強毒ウイルスに対する干渉効果が大きくなる。したがって上記のように苗令が若いうちに接種すると効果が大きいと考えられる。弱毒ウイルスが接種葉から移動する時期を見るために播種後 13~18 日後のトマト野生種 (West Virginia Accession 700) の子葉の一方に弱毒ウイルス L11 を接種し、5 区に分け各区の接種葉を 1~5 日後に切除し、5 日目に全区のトマトの残った 1 枚の子葉に親ウイルス L を接種すると、4 日後に切った株は 100%、3 日後のものは 80~100% が発病しない (第 1 表参照)。したがって L11 を接種して 3~4 日後に大部分が L に対して免疫になる (後藤ら, 1966)。弱毒ウイルスは自身ではほとんど病徴を示さないで強毒ウイルスによるモザイク病徴の発生を抑え、草丈などの萎縮を防ぎ、収量に対しても効果を表わす。しかし、TMV によるモザイク病の被害は主にウイルス感染のショックによって起こる着果率の低下が原因であって、弱毒ウイルスはこのショックの防止にも役立つ (小餅ら, 1966)。

第 1 表 トマト子葉からの L11 の移動に要する時間 (後藤ら, 1966)

	L11 接種から接種子葉切除までの日数				
	1	2	3	4	5
Exp. 1					
病徴を表わした株数	21	21	5	0	0
病徴を出さなかった株数	0	0	16	21	21
Exp. 2					
病徴を表わした株数	—	13	0	—	—
病徴を出さなかった株数	—	8	21	—	—

強毒ウイルス系統 L を最後の子葉切除日に接種した。

TMV 感染によって病徴が出現するときに開花中かその直後に開花した花房がこのために著しい着果率の低下を起こし、着果能力はウイルス感染から約 30 日後に回復する。L 単独接種区と L + L11 区の花数と着果率を表に示した (第 2, 3 表参照)。第 1 図は病徴発現と花房分化及び開花時期の関係を示したもので、各花房の開花時期はそれぞれの第 1 花開花時期をもって代表し、花房間の開花の間隔は 9 日前後でほぼ一定とし、花房の分化間隔は 12 日と推定して (小餅, 1963) 作図したものである。これと第 3 表によって病徴発現とそれによって着果率に影響を受けた花房の関係を明らかにみることができる。早期に病徴が発現した区 (L1 区) では他の L 単独接種区に見られるように着果率の著しい低下は起こっていないが、葉のひどい病徴による生育や同化力の低下で対照区より各花房とも着果が劣る傾向を示した。なお、対照区は十分の注意を払ったにもかかわらず発病をみ、収量に影響したので L11 単独接種区を基準とすると L1, L2, L3 区はそれぞれ 27, 16, 24% の減収率となった。

萩原ら (1973) は千葉農試で L11A (L11 を接種したトマトから更に選抜して得た安定弱毒株; 後藤ら, 1971) をいろいろなトマト品種に接種して試験しているが (第 4 表参照)、これによると品種や作型が異なると弱毒ウイルスの効果も幾分異なってくるように思われる。VLASOV (1972) はガラス室内の弱毒ウイルス接種で強毒 TMV によるモザイク病徴、条斑壞疽、しだ葉

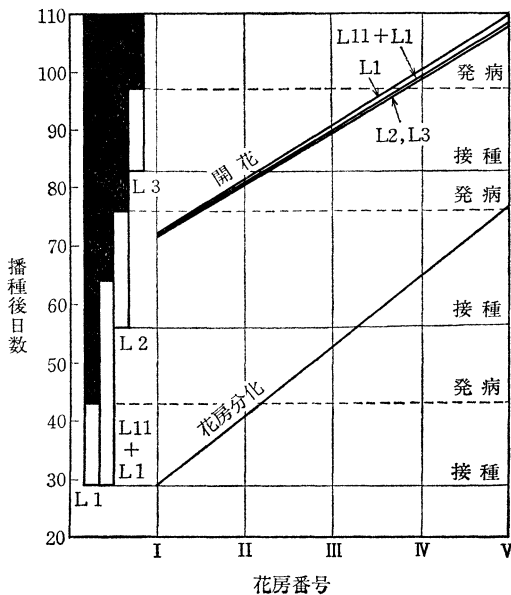
第 2 表 弱毒系統 (L11) と強毒系統 (L) の接種月日 (小餅ら, 1966)

接 種 原	処 理							
	L1	L2	L3	L11+L1	L11+L2	L11+L3	L11	Control
弱 毒 系 統	—	—	—	Apr. 23	Apr. 23	Apr. 23	Apr. 23	—
強 毒 系 統	Apr. 30	May 27	June 23	Apr. 30	May 27	June 23	—	—

1965 年 4 月 1 日播種, 5 月 30 日定植.

第3表 第1~5花房の花数と着果率 (小餅ら, 1966)

花房番号	処 理								L.S.D. (5% level)
	L1	L2	L3	L11+L1	L11+L2	L11+L3	L11	Control	
	花 数								
1 st	9.6	9.6	11.4	10.0	9.9	9.2	8.7	10.2	1.4
2 nd	8.1	10.5	10.0	11.2	10.7	9.8	10.0	10.0	1.4
3 rd	9.0	10.1	10.5	10.8	10.3	9.7	10.2	10.5	n.s.
4 th	8.6	10.5	9.3	10.5	10.1	8.8	10.6	9.4	n.s.
5 th	7.8	8.0	8.1	7.3	7.3	7.5	7.6	7.3	n.s.
Total	43.1	48.7	49.3	49.8	48.3	45.0	47.1	47.4	n.s.
	着 果 率 (%)								
1 st	44.4	25.4	51.2	48.3	57.9	63.2	63.3	51.1	
2 nd	55.3	47.7	54.6	51.1	63.6	66.5	65.1	63.9	
3 rd	63.5	64.3	39.9	58.5	60.4	65.1	63.6	63.8	
4 th	61.0	62.6	35.4	53.9	58.0	68.6	62.1	65.5	
5 th	35.6	31.6	37.3	34.6	28.7	45.2	31.4	41.6	
Total	52.0	46.3	43.7	49.3	53.7	61.7	57.1	57.2	



第1図 花房分化と L 接種時期と発病の関係 (小餅ら, 1966)

を防止し、20~30%の増収があったと報告し、また、EVANS (1972) は“Dutch mild strain”を接種し、無接種区(50%強毒系統に感染した)より果実数、重量ともに5%増収し、弱毒系統接種植物は最初生育が阻害されたが、あとでは10%ばかり強毒系統感染株より草丈が高くなったと報告している。

このほか BOYLE ら (1969) は弱毒 TMV を接種することで“Blotchy ripening”や“Internal browning”を防ぐことができたと報告している。

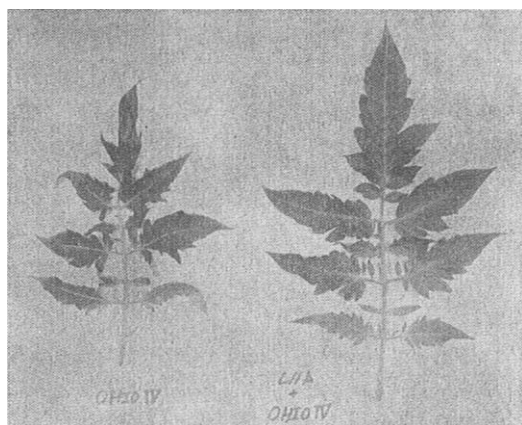
第4表 汚染ほ場における弱毒ウイルスの接種効果 (収量比数) (千葉農試)

作 型	品 種	弱毒ウイルス (L11A) 接種区(標準比)	年度
抑 制 栽 培	ハウスほまれ	132	1970
半促成栽培	ハウスほまれ	129	1971
越 冬 栽 培	高知ファースト	196	1971
	東 光 K 号	465	
	ハウスほまれ 強力五光	155 179	

(荻原ら, 1973 より)

5 TMV トマト系以外の系統に対する効果

TMV にはいろいろな系統があってアメリカオハイオ州の ALEXANDER らはトマトから五つの TMV の系統 (Ohio I, II, III, IV, V) を分離している (ALEXANDER, 1971)。我が国では小室 (1966) がトマトから TMV を分離してその約 90% がトマト系で、他は普通系であったと報告している。しかし、将来我が国でもこれ以外の系統が発生しないとは言えない。それで L11A が五つの Ohio 系統に対しどのような干渉作用を示すかを調べてみた (大島, 1973)。その結果、Ohio IV に対しては干渉効果が完全であったが、他の系統に対しては部分的にしか効果がなかった。Ohio IV はいろいろな植物の病徴や理化学的性質がいちばん L 系統に似ている系統である。他の系統 (Ohio I 及び II は普通系、III 及び V は我が国では未確認) を接種した株ではそれらの Ohio 系統を単独に接種した株より葉面積が大きくなったが、モザイク斑紋はかえって明瞭に認められた (第2図参照)。以上のことから弱毒ウイルスを作るための



第2図 L11A(右)の Ohio IV 系統(左)に対する干渉(両系統接種時期の間隔は 10 日)

親ウイルスは弱毒ウイルスを使用しようとするほ場やハウス内で流行しているウイルス系統を選ぶのが最もよいだろう。これら TMV のいろいろな系統に対処する仕方は今後検討しなければならない問題である。

6 他の作物に対する影響

弱毒ウイルスが他の作物に被害を及ぼすのではないかという心配は当然であるが、これについて北海道農試の後藤ら(1971)が 20 科 94 種の植物に L11A を接種してその反応を観察している。それによると L11A が 16 科 54 種、L が 16 科 66 種に感染して、L11A のほうは多くの植物において不顕性保毒植物となる場合が多かった。L11A に全身感染した植物は 20 種で、パチュニヤとフィザリス・フロリダナだけが強い症状を表わした。また、全身感染はナス科に多く、トウガラシ、ナス類が不顕性保毒、タバコは軽微な斑紋を表わした。ナス科以外ではケイトウ、シソ、センニチコウなどが不顕性保毒、ヒャクニチソウは退緑した。雑草ではイヌホオズキが保毒植物となるくらいで接種葉で増殖がみられたものもあるが、我が国で普通にみられるほ場雑草はあまり

関係がないようである。

II その他のウイルス病

I タバコ・モザイク病

久保ら(1973)はタバコの TMV によるモザイク病を OM 株(普通型 TMV)の高温処理で作った弱毒ウイルス株(3Ⅲ)やこれを更に亜硝酸処理して作った M₃ 株を用いて防除した試験を報告している。温室実験では 3Ⅲ を接種して 7 日後に OM を接種すると完全な干渉効果があったが、M₃ の場合には 10 日後に OM を接種しても干渉効果は不完全で日がたつにつれて OM の病徴を表わす株が増加した。使用したタバコ品種は松川、ヒックス、水戸 3 号であった。

ほ場試験は 1967 年から 4 年間にわたって専売公社のたばこ試験場や東北の農家で自然発病区、弱毒ウイルス区、健全対照区、人工的に OM を接種する区などを設けて行われた。そしてほ場試験では M₃ もかなり高い干渉効果をもつことが分かった。山形県東根において行われた試験で輪作畑と連作畑が使用されたが、3Ⅲ 接種区は顕著なモザイク病防除効果を示した。この試験で土壌の TMV 活性を検定した結果、連作畑では高濃度の TMV が検出され、罹病株の大部分は移植時に感染したものと考えられる。したがって、弱毒ウイルスの接種が移植時の感染防止に役立つことが証明されたということである(第 5 表参照)。

また、弱毒 TMV 株とキュウリ・モザイク・ウイルス(CMV)の重複感染の症状について検討されたが、CMV に感染しても弱毒ウイルス接種タバコの症状が激しくなることはなく、むしろ野外では弱毒 TMV が CMV 感染に対しても部分的な干渉を示すことがあるという興味ある観察も報告されている。

このほか、収量、品質においても弱毒ウイルス感染区が重症・中症株が 1.3~3% の無接種対照区と同等かそれを上回った。また、タバコの物性、官能検査の結果も

第 5 表 弱毒ウイルスのモザイク病防除効果^{a)} (久保ら, 1973)

試験場所	調査月日	区 別	調査本数	TMV 罹病本数 (罹病率, %)			
				重 症	中 症	軽 症	合 計
山形県東根 (1970)	6.12 (土寄期)	健全対照区	870	4 (0.5)	0 (0)	11 (1.3)	15 (1.7)
		自然発病区	877	88 (7.8)	14 (1.6)	124 (14.1)	206 (23.5)
		3Ⅲ 接種区	882	4 (0.5)	0 (0)	877 (99.4)	881 (99.9)
	8.4 (収穫中期)	健全対照区	870	31 (3.6)	48 (5.5)	20 (2.3)	99 (11.4)
		自然発病区	877	539 (61.5)	173 (19.7)	125 (14.3)	837 (95.4)
		3Ⅲ 接種区	882	16 (1.8)	19 (2.2)	846 (95.9)	881 (99.9)

a) タバコ品種：松川

無接種区と弱毒株接種区との間に有意差が認められなかった。

また、弱毒ウイルスが導入された畑では翌年も自然感染によって強毒ウイルス防除の可能性が考えられるということである。

2 カンキツのウイルス病

FRASER ら (1968) はグレープ・フルーツのステム・ピッチングをその弱毒ウイルス系統を用いて防除する試験を報告している。弱毒ウイルスに感染しているスイート・オレンジを用い、アブラムシで強毒ウイルスの感染が起こるかどうかをみた試験で、感染には健全苗よりも多数のアブラムシが必要であり、その感染率も10%以下となった。また、グレープ・フルーツでも同様の結果が得られた。しかし、ほ場試験では弱毒系統の入っている木が強毒系統に対して保護効果を表わし、また、このようにして使用した弱毒系統は長期間毒性の変化を示さなかったということである。

また、GRANT ら (1951)、その他によりトリステザ・ウイルス (CTV) についても弱毒系統が強毒系統に対して保護作用のあることが報告されているが、我が国でも佐々木 (1973) が CTV の弱毒系統による防除を試験し、CTV の弱毒系統に感染したハッサク苗や川野ナツカン挿木苗が強毒系統のミカンクロアブラムシによる接種に対して保護作用を表わすことを報告している。弱毒系統感染ハッサク苗 (HM-55) の CTV 接種時期を萌芽時、萌芽 10 日後、20 日後とすると 20 日後の接種では発病率は 0、それ以外は 50% であり、無毒苗では上記の接種時にそれぞれ 75、100、50% であった。川野ナツカンの弱毒系統感染苗はアブラムシ接種による発病率 12.5%、無毒苗は 71.4% であった。また、CTV の弱毒系統は発見されてから 20 年以上経過しているが、突然変異の事例は報告されていないということである。

3 リンゴのウイルス病

POSNETTE ら (1956) はリンゴのモザイク・ウイルスの弱毒系統が強毒系統に干渉効果があることを示した。弱毒系統はリンゴで完全に全身的にゆきわたらなくても効果があるという。その後 CHAMBERLAIN ら (1964) はこのウイルス病の流行地では弱毒系統によってリンゴを保護することを勧めている。

最近 MAURICE ら (1973) は McIntosh や Spartan リンゴのクロンが “Leaf pucker disease” (LPD) の病徴を抑えることを発見し、このようなクロンの芽を取って感受性の McIntosh に接木しておくことと果実や木の病徴が抑えられ、Spartan リンゴでも同様に病徴が出ないことを報告している。この病徴を抑える因子がウイルスか

どうかはまだ分かっていないが接木でうつり、接木して長くたった木ほど LPD の病徴を抑えるのに効果がある。また、LPD の分離ウイルス株と病徴を抑える因子の株の組み合わせで抑制効果があったりなかったりする。LPD は Okanagan valley や Similkameen valley においては少数の McIntosh リンゴにしか発生しないが、調査してみると病徴抑制因子、恐らくウイルスが高率に存在していることが分かったということである。この報告からこの抑制因子が LPD の発生防止に役立つことが想像される。

4 カカオの Swollen shoot (SWS) 病

POSNETTE ら (1955) は SWS の弱毒ウイルスを接木接種して行った本病の防除試験を報告している。1A は SWS を起こすカカオの最も重要な病原ウイルスで、多くの系統がある。POSNETTE ら (1951) は 1A の弱毒系統が強毒系統からカカオを保護すること及びこの病気で荒廃した地方に生き残っている外観的に抵抗性に見える木はいつも弱毒ウイルスに感染していることを発見した。ほ場の防除試験ではこのような弱毒ウイルスを接種したカカオをコナカイガラムシによる自然感染にさらし、その保護効果や収量に対する影響を 6 年間にわたって調べている。その結果、弱毒ウイルス接種株は 14%、無接種株は 76% が強い症状を表わしたが、収量においては健全株の収量を上回った。LEGG ら (1970) によると最近でもカカオの SWS は重要な病害で抵抗性品種を作る育種を行ったり、病樹の伐採を行ったりしているが本病の発生は一向におさまらないようである。ガーナでは伐採が 20 年以上続いており、東部では 100 ミリオン以上の木が切られたと言われている。残念ながら POSNETTE らの弱毒系統の干渉による防除試験も実用化はされなかったようである。

5 クダモノトケイソウの Queensland woodiness virus

SIMMONDS (1959) は本病を弱毒ウイルスを用いて防除する試験を行っている。このウイルスは汁液、アブラムシで染り、果皮がでこぼこになり、できものができたようになる。試験の結果、弱毒ウイルス系統による強毒系統防除の可能なことが分かり、使用した弱毒ウイルスは 5 年間何回も植え継いだが、汚染されることがなかった。この試験で強毒系統に感染した株が弱毒系統の感染している株の中に散在させてあり株間も狭かったのでお互いのつるがまじり合っていて感染の機会があったのだが、強毒系統が染った徴候はみられなかった。収量においても弱毒ウイルス接種によって果実が減少し、果数、果重において明らかに増収がみられた。

考 察

以上、各種のウイルス病について弱毒ウイルスを利用した防除試験について述べたが、いずれの場合にも相当に防除効果のあったことが報告されている。しかし、弱毒ウイルスの使用はトマトの TMV によるモザイク病の防除が多少広く実用化されて行く傾向にあり、日本、オランダを初め、イギリス、フランス、ソ連などの国々で試験が行われている。しかし、他のウイルス病についてはあまり実用化が進んでいないようである。

この理由として果樹のようなものでは試験をするために長い歳月を要し、あるものでは温度処理などによって治療が可能であるためかもしれない。これに対してトマトは一年生の作物であり、試験もしやすく、現在のところモザイク病の主原因が TMV であり、このウイルスの性質については研究が圧倒的に他のウイルスより進んでいる。また、こんにちのようにビニールハウスの中でほとんど休みなくトマトが栽培されるようになると自然にハウス内の土壌には罹病植物の残滓なども蓄積され、それからの伝染の機会も多くなる。そして一度感染植物ができると摘心などの農作業によって次々と伝染し、適当な治療法が皆無であるとなると弱毒ウイルスによる防除法は極めて有効なものとならざるを得ないだろう。果樹の場合でも、治療が可能とはいえ、アブラムシなどで簡単に伝染するようなウイルス病の場合は方法さえ確立されるならば、せっかく治療した木が再び病気になる前に干涉作用のある弱毒ウイルスを感染させておくほうが得策と考えられる。広い野外のどこから運ばれてくるかも分らないウイルスに対して無防備のまま放置しておくのは危険であろう。カカオの Swollen shoot のウイルスは野生の大木で不顕性保毒植物になっている *Ceiba pentandra* や *C. cordifolia* があり、これらを伐採してなくすることは極めて困難だということである (POSNETTE ら, 1950)。ウイルス病の防除方法として一方では抵抗性の育種が行われており、日本人の嗜好に適した多収のウイルス病抵抗性の品種ができればそれに越したことはないが、この仕事は非常に困難な仕事であり、長年月を要するから、少なくともそのような品種が誕生するまでは弱毒ウイルスによる防除法が考えられてもよいであろう。

トマトなどの場合には栽培農家も弱毒ウイルスが接種してあれば安心して摘心などの作業を行うことができるし、アブラムシで染るようなウイルス病の場合であればこれによって薬剤散布などの作業も軽減され経費においても著しい節減ができるだろう。しかし、この方法が実

用化されるまでにはなお、克伏すべき多くの問題点がある。

POSNETTE ら (1955) は弱毒ウイルスによるウイルス病の防除は次のような条件が満たされるときにだけ実用が可能だと述べている。①その病害が風土病的なものであって、根絶が経済的か行政上の理由のために不可能である、②植え替えを行っても、またすぐ感染する、③その病害による損失が、長期間にわたる弱毒ウイルスの感染によって起こる損失よりも大きい、④弱毒ウイルスが大きな被害を与えることなく、保護作用が効果的であること。そしてこれらを満たすような病害が少ないということから弱毒ウイルスの実用化がされなかったのだろうと述べている。また、このほかに弱毒ウイルスが強毒化する危険、寄主に対する長期間の影響、弱毒とはいえ病原を広げるのを嫌悪する気持などからも反対されるとしている。MATTHEWS (1970) もその著書“Plant Virology”の中で弱毒ウイルスの利用はやむを得ない状況のときに限り使用すべきで一般的な方法としては勧められないとして、①弱毒ウイルスでも 5~10% の減収がある、②弱毒ウイルス感染作物が他の種類や品種の感染源となる、③弱毒から強毒への変化、④他のウイルスと一緒に激しい病気を起こすなどを理由として挙げている。

上記のような反対や疑問に対し、少なくともトマトは栽培が比較的隔離された状態で行われ、特に施設栽培ではそうであること、弱毒ウイルスの接種によって明らかに増収になる、筆者らの使用している L11A が安定、無病徴な弱毒ウイルスであり、ほ場では生育後期にモザイクを発生することがあるが、ガラス室内では数か月間観察しても発病が全くみられないなどの点からトマトと L11A の組み合わせではあまり問題があるようには思われない。しかし、全く発病のないハウスなどではもちろん弱毒ウイルスを使用する必要がないので、使用するかどうかをきめる前に、久保ら (1973) が連作タバコほ場で行っているような方法で土壌の汚染度の調査を試みるのも一法かもしれない。このことも含めてトマト苗の接種方法、接種時期、品種、作型に合わせた使用方法を検討し、標準的な使用方法を確立したいと思っている。このほか、農家に配布するときの弱毒ウイルスのかたち(粉剤か液剤かなど)、強毒ウイルス汚染のチェック法、残留弱毒ウイルスの追跡調査と衛生措置、弱毒ウイルスの改良 (L11A でもごく幼苗には一時的にわずかに退緑を起こす)、他作物への弱毒ウイルスの影響、他ウイルスの混合感染などの問題についても協力研究者と検討し、実験を進めている。

トマト以外のウイルス病については深く知る機会がな

いが、トマトの場合と共通した問題も多く、方法さえ確立されれば実用化されるものと思っている。

最後に、干渉のメカニズムについてはいまだにほとんど解明されていない。今まで BENNETT (1953) によると ①Antibody theory, ②Precursor-exhaustion theory, ③Theory of limited sites for virus increase, ④Adsorption theory (最初に植物に入ったウイルスによってできた“Primary aggregates”によって第2のウイルス粒子が吸着される) などがあるが、いずれも推量によるもので実証がない。筆者が今まで実験した結果によると、弱毒ウイルスを作った親ウイルスが最もよく干渉され、また、外被タンパクの似たウイルスは共通の弱毒ウイルスに干渉される。しかし、外被タンパクが直接干渉現象に関係がないことはジャガイモやせいも病 (Potato spindle tuber) のウイルスは外被タンパクのない裸のウイルス (viroid) なのに系統間に干渉作用がある (FERNOW, 1967)。また、外被タンパクの ts (Temperature sensitive) 変異株 (Ni 118) は高温で変性したタンパクを蓄積し、ウイルス粒子はできないが、普通の TMV に干渉作用をもつ、しかし、もう一つの ts 変異株 (Ni 2519) は高温で干渉作用がなく、この系統が高温に感受性なのは増殖の段階と考えられている (JOCKUSCH, 1968)。また、JOCKUSCH は完全なウイルス粒子の存在は干渉に必要がないと述べている。以上のことから干渉現象はウイルスの増殖の段階で起こる現象のように思われる。

引用文献

- 1) ALEXANDER, L. J. (1971) : *Phytopathology* 61: 611~617.
- 2) BENNETT, C. W. (1953) : *Advances in Virus Res.* 1: 39~67.
- 3) BOYLE et al. (1969) : *Phytopathology* 59: 397.
- 4) CHAMBERLAIN, E. E. et al. (1964) : *N. Z. J. agric. Res.* 7(4) : 480~490. (R.A.M. 44: 212)
- 5) EVANS, S. G. (1972) : *Forward* 56: 13~14. (R. Pl. Pathol. 52: 174)
- 6) FERNOW, K. H. (1967) : *Phytopathology* 57: 1347~1352.
- 7) FRASER, L. R. et al. (1968) : *Proc. 4th Conf. IOCV*, 27~31.
- 8) GRANT, T. J. et al. (1951) : *Phytopathology* 41: 114~122.
- 9) 後藤忠則ら (1971) : *北農試彙報* 99: 67~76.
- 10) ———ら (1966) : *日植病報* 32(4) : 221~226.
- 11) 荻原佐太郎ら (1973) : *農及園* 48(5) : 677~682.
- 12) JOCKUSCH, H. (1968) : *Virology* 35: 94~101.
- 13) 小餅昭二ら (1966) : *園芸学雑誌* 35(3) : 269~276.
- 14) 久保 進ら (1973) : *秦野たばこ試報告* 73: 303~326.
- 15) LEGG, J. T. et al. (1970) : *Ann. appl. Biol.* 65: 425~434.
- 16) MARROU, J. et al. (1972) : *Pépinieristes, Horticulteurs, Maraichers* 124: 27~31. (R. Pl. Pathol. 52: 467)
- 17) MATTHEWS, R. E. F. (1970) : *Plant Virology Academic Press, New York and London.*
- 18) MAURICE, F. W. et al. (1973) : *Can. J. Plant Sci.* 53: 137~145.
- 19) 大島信行ら (1965) : *北農試彙報* 85: 23~33.
- 20) ——— (1973) : *Tottori Mycol. Inst. (Japan)* 10: 771~778.
- 21) POSNETTE, A. F. et al. (1950) : *Ann. appl. Biol.* 37: 229~240.
- 22) ——— et al. (1951) : *ibid.* 38: 785~800.
- 23) ——— et al. (1955) : *ibid.* 43: 433~453.
- 24) ——— et al. (1956) : *J. hort. Sci.* 31(2) : 119~133.
- 25) RAST, A. TH. B. (1972) : *Neth. J. Pl. Path.* 78: 110~112.
- 26) SALAMAN, R. N. (1933) : *Nature* 131: 468. (R.A.M. 12: 581~582.)
- 27) ——— (1938) : *Phil. Trans. Roy. Soc. London, Ser. B* 229: 137~217.
- 28) 佐々木 篤 (1973) : *農及園* 48(12) : 1583~1587.
- 29) SIMMONDS, J. H. (1959) : *Queensland J. Agr. Sci.* 16: 371~380.
- 30) VLASOV, YU. I. (1972) : *Zashchita Rastenii* 10: 23. (R. Pl. Pathol. 52: 345)

次号予告

次 6 月号は下記原稿を掲載する予定です。
 人工飼料によるウンカ・ヨコバイ類の飼育と
 問題点 小山 健二
 ハウスにおけるアブラムシ類の発生とその
 問題点 松崎 征美
 ジャガイモ疫病に関する研究の現状と問題点
 山本 昌木

ナラタケモドキによるモモの衰弱枯死

藤井新太郎・畑本 求
 土壤中における病原糸状菌の菌量と病原性及び
 発病との関係 渡辺 恒雄
 植物防疫基礎講座

不完全菌類の見分け方 (1) 椿 啓介

定期購読者以外の申込みは至急前金で本会へ

頒価改訂 1部 260円 送料 16円

植物病害防除手段としての拮抗微生物の利用

—細菌を中心として—

農林省農業技術研究所 ^{ふじ}藤 ^い井 ^{ひろし}溥

まえがき

植物細菌病の防除に、いわゆる微生物源農薬の生かされる部分がありはしないか考えてみたい。この問題については大ざっぱに分けて、ある微生物が植物病原細菌を捕食したり、細菌に寄生したりする直接的な部分と、その微生物自体、または微生物の作用によって寄主植物体になんらかの有害物質を生産したり、栄養の競争を起こしたりして病原細菌の発育増殖を阻害する間接的な部分との二つが考えられる。特に病害防除の実際面では、病原細菌と拮抗微生物間の単純な関係ばかりでなく、その間に寄主植物体が加わって複雑な関係が生ずることを忘れてはならない。

上記の直接的な部分として考えられるものに、バクテリオファージ、デロビブリオ、ミキソバクテリア、プロトゾアなどが挙げられ、間接的な部分としてはバクテリアによるバクテリオシンの産生、寄主植物の反応としてのファイトアレキシンの産生や過敏反応の問題、寄主体内における病原細菌と他の微生物の栄養の競争問題などがある。このうち主なものについて概説し、その後現在問題とされている 2, 3 の事例に目を向けてみたいと思う。

I 考えられる防除のための素材

1 バクテリオファージ

細菌ウイルスとも呼ばれるバクテリオファージは、すでに有名のように多くの植物病原細菌についても発見され、細菌の分類、生態面の研究に数多くの成果が示されている。ファージは直接細菌を攻撃して溶菌現象を起こすことから、これが病害防除の手段として利用できないかと考えるのは当然であるが、現在までのところ、この方面の試みに成功した例が見当たらない。青枯病菌 (*Pseudomonas solanacearum*) とそのファージについて、岡部・後藤 (1953)⁹⁾ の試験例で見られたようにその原因は次のようなものである。

① 細菌の側にファージに対する耐性が容易にできてくる。この場合耐性はかなり幅広いもので、何種類かのファージに共通する場合が多く、しかも 1 度獲得した耐性は失われることが少なかった。

② 植物体に細菌が侵入した後、植物体内ではファージの細菌を捕捉する能力が低いので、ファージが十分存在し菌がそのファージに感受性の場合でも、依然として菌の増殖、発病がみられることが多い。

このような理由から細菌病防除という意味でのファージの実用性には大きな困難性があるようにみえる。

2 デロビブリオ

細菌病防除という実用面を考えれば、ファージよりもデロビブリオのほうが可能性が高いといえる。デロビブリオとは非常に小型の細菌 (普通細菌の 1/3~1/6) で、桿状、コンマ型をなし太い鞭毛をもつ。日本では 1967 年以降植松・脇本によって発見され、その基礎的諸性質が明らかにされた¹⁴⁾。この菌は他の多くの細菌に吸着、侵入し、その菌体を完全に溶解しながらそれを栄養として増殖する。調査によればデロビブリオは日本各地の水田、畑土壌から年間を通じて採集され、イネ白葉枯病菌、カンキツかいよう病菌その他多くの細菌に寄生することが認められている (第 1 表)。この寄生性はデロビブリオ

第 1 表 *Bdellovibrio bacteriovorus* の植物病原細菌などに対する寄生性

菌の種類	デロビブリオの系統	BdN 6801	BdN 6802	BdN 6804	BdN 6805	BdN 6806
<i>Xanthomonas</i>						
<i>oryzae</i>		+	+	+	+	+
<i>citri</i>		+	+	+	+	+
<i>hyacinthi</i>		+	+	+	+	-
<i>phaseoli</i>		+	+	+	+	+
<i>translucens</i>		+	-	+	+	+
<i>pruni</i>		+	-	+	+	-
<i>Pseudomonas</i>						
<i>mori</i>		+	-	+	+	+
<i>rugosa</i> P1-15-1		+	+	+	+	+
<i>solanacearum</i>		+	-	+	+	-
<i>marginalis</i>		+	-	+	+	-
<i>erobotryae</i>		+	-	+	+	-
<i>aptata</i> P1-3-1		+	-	+	+	-
<i>oryzicola</i>		-	-	-	-	+
<i>Erwinia</i>						
<i>aroideae</i>		+	-	+	+	-
<i>herbicola</i>		+	-	+	+	-
<i>Escherichia</i>						
<i>coli</i>		+	-	-	-	-
<i>Aerobacter</i>						
<i>aerogenes</i>		+	-	+	+	-
<i>cloacae</i>		+	-	+	+	-

の菌系によって多少差がある。

実際に白葉枯病菌や水棲細菌とデロビブリオを混合して培養してみると明らかにそれら細菌の濃度が低下することが分かっている。デロビブリオのある系統は、白葉枯病菌の死菌の上でも増殖できるので、死菌を用いて大量培養したものをそのまま植物や土に施用することもでき、生きた菌を使用する場合のように、残存菌が植物に影響するのを心配する必要がない。

実際にデロビブリオを防除に使用するという点については、植物体内や土壌中での細菌捕捉能力、寄主植物への影響、耐性菌問題その他研究を必要とする部面が数多く残されているが、生物的防除のための新しい素材として注目されるべきものの一つであろう。

3 バクテリオシン

バクテリオシンというのは細菌の生産する一種の抗菌物質であるが、普通の抗生物質と異なり高分子のタンパク性物質で、殺菌性タンパクとも呼ばれる。2種類のものがあるといわれ、一つは耐熱性で比較的低分子のもの、他は熱不安定のファージ形状をもつタンパク質である。現在まで知られたものに *Escherichia coli* の生産する Colicin (1925), *Pseudomonas pyocyanea* の Pyocin (1946), *Pseudomonas solanacearum* のバクテリオシン (1954), *Erwinia carotovora* の Carotovorocin (1961), *Erwinia aroideae* のバクテリオシン (1969, 1971) などがある^{10,12)}。

このタンパク粒子は相手の細菌の内部に侵入するのではなく、菌体表面(受容部位)に吸着し、代謝に影響を与えるのではないかとされている。そのためその殺菌または拮抗作用はかなり特異的であり、特定の感受性菌に対してのみしか働かない。バクテリオシン産生菌と感受性菌とは、同一種内の系統である場合が多く、その意味ではこれを大量に生産させて防除に使用するという点についてはかなり大きな困難性がある。

4 ファイトアレキシン

ファイトアレキシンというのは植物体が菌の侵入に際し、体内に生成する化学物質のことで MÜLLER (1956)⁷⁾ の発見以来、糸状菌病関係では大いに研究の進んだ部面である。細菌についての研究はあまり見られないが、植原 (1958)¹³⁾ は白葉枯病菌によってイネの体内に一種のファイトアレキシンが生成され、この物質は白葉枯病菌の増殖といもち病菌分生子発芽の両方を阻害したと発表している。更に研究が進めば、糸状菌病の場合のように細菌病についてもこのような物質の発見、化学構造の決定、合成という域まで発展する可能性は十分考えられる。

5 過敏反応

植物が侵入者に対して示す防御反応には、ファイトアレキシンのような化学的な面のほかに、侵入を受けた細胞の生理活性の変化、壊死など、生理的な抵抗現象も数多く観察され、一般に寄主植物の過敏反応とよばれる。糸状菌に対する過敏反応についてはかなり以前から研究が進んでいるが⁹⁾、この概念を細菌病にも取り入れタバコ立枯病について興味ある研究結果が見られる。すなわちタバコ葉の過敏反応(壊死反応)の有無で植物病原細菌と腐生細菌を区別する例⁹⁾、更に強弱2種の立枯病菌を混合接種すると、この中の弱菌株のためタバコが過敏反応(防御反応)を示し、そのため発病の低下を見るという²⁾。このように弱菌株あるいは非病原菌を用いてあらかじめ植物に防御反応を起こさせておき、後から侵入してくる病原菌に対しての防除効果をねらうことは十分可能性がある。

II 最近における拮抗微生物利用の実例

最近論議の対象となったこの方面の研究 2, 3 の内容を紹介してみたい。

1 カンキツかいよう病と拮抗細菌

1969年長崎県小浜町のナツダイダイに、普通のかいよう病病斑と異なり病斑周囲に黄色のハローを示しているものが見られた。県果樹試の太田¹⁴⁾がこれを採集し、この病斑部からかいよう病菌(*Xanthomonas citri*)と同時に一種の螢光性白色細菌を分離した。この細菌についていろいろ実験を進めた結果興味ある事実が判明した。すなわち、

① この細菌はかいよう病病斑内に寄生して増殖し *X. citri* によって生じた油浸状のかいよう病初期病斑を赤褐色の陥没した斑点にかえてゆく。その結果この部分の *X. citri* 菌量は減少してゆく。このような赤褐色の病斑からは、放出されるかいよう病菌が少なく、伝染源としての力が弱められている。

② この細菌を *X. citri* と同量混合してカンキツに接種すると強く発病を阻止する。

そこで実際に圃場でこの菌の濃厚液(10⁸/cc)をナツダイダイに散布(2 l / 5 本)したところ、ストレプトマイシン 200ppm には劣るが、かなり高い発病阻止効果が認められた(第2表)。

その後長崎県内の他地区から、更に島根県の標本からもこの細菌と同一種と思われるものが採集され、この菌はかなり一般的に分布しているものようである。

この菌の作用機作について検討が進められたが、この菌の培養ろ液や死菌は効果なく、培地上で *X. citri* の

第2表 拮抗菌がかいよう病の発生に及ぼす影響 (秋葉)

散 布 液	総調査葉数	発病葉数	発病率	総病斑数	10葉当たり病斑数
拮抗菌 10 ⁸ /ml	1,055枚	133枚	12.6%	609個	5.8個
培養ろ液 10倍	1,211	358	29.6	2,515	20.8
ストレプトマイシン 200ppm	1,264	43	3.4	139	1.1
無散布	1,172	371	31.7	3,069	26.2

注 供試樹・区制：5年生ナツダイダイ，1区1樹5反復。

散布時期・量：9月11日と9月24日に小型手動ポンプで(2l/5樹)散布。

調査時期：10月12日。

発育をおさえることもない。ファイトアレキシンの生成も否定的で作用機作については不明な点が多かった。野外で散布すると、この菌の密度は徐々に下り、何年も天敵としての有効性を保持するようなことはない。更に最近の発見ではこの菌がサトウダイコンに若干病原性をもつことも知られるようになった。

いずれにせよ、拮抗菌を実際に作物に散布して細菌病防除の効果が認められたのは大変興味深い事実であり、今後この細菌の中から拮抗作用の特に大きく、しかも他作物に病原性の少ない系統を選び出したり、菌液散布の方法を研究したりすることによって、さらに実用の可能性を高めることができよう。

2 イネ白葉枯病と葉上細菌

福井農試伊阪⁴⁾は1967年以降、白葉枯病発生田のイネ葉上から、いろいろな細菌を分離しそれらが白葉枯病菌に及ぼす影響について調査をすすめた。1967年には罹病葉表面から22菌株を、1971年には外観健全葉から50菌株を分離しその各々を白葉枯病菌と等量に混合してイネ葉に接種した。これらのうち罹病葉からの分離菌4種は、非常に強く白葉枯病菌のイネ組織内での増殖をおさえた。しかしながら白葉枯病菌をイネ葉に針接種し、その接種前または接種後にこれら葉上細菌の濃厚液を塗布してみてもほとんど効果はない。

1969, 1971の2か年、野外で実際にポット栽培のイネを用いて防除試験を試みた。これは病原菌を噴霧接種

第3表 イネ葉上細菌の散布とイネ白葉枯病発病との関係 (1971)

イネ葉上細菌	発病葉数			
	I	II	平均	同比率
No. 1	143	85	114	59
10	118	96	107	55
11	102	103	103	53
14	47	39	43	22
無散布	172	215	194	100

注 B・E検定イネ：十石，分けつ盛期。
接種：H5809菌，10⁸/ml，7月5日。
調査：7月16日。

した後、30分あるいは24時間経って葉上細菌の濃厚液を散布する方法をとった。その結果は第3表のとおりで、4種の葉上菌のうち1種(No. 14菌)がかなり発病葉を減少させる効果を示した。

その他イネ苗を白葉枯病菌液による冠水接種をし、その30分後菌液に葉上細菌を注加する方法でも明らかに発病苗率の低下が認められ、無処理19.1%に対しNo. 1菌で5.5%，No. 11菌5.8%，No. 14菌5.8%であった。

しかしながらこの効果は必ずしも安定したものとはいえず、実際の発病田での試験では対照区のサンケル粉剤散布区に比べかなり劣った成績しか得られなかった。これは菌の感染侵入後、処理までの期間が長すぎて散布の適期を失ったのが原因であると見ている。

これら葉上細菌は培地上では白葉枯病菌に拮抗作用を示さず、また、葉上菌を含む培養液の中で白葉枯病菌の生存を見た例でも、No. 10菌以外では90日後も生存していたことから、これら葉上菌の作用がすべてその細菌に由来する抗菌性物質によるものとは思えない。

一方、これら葉上菌の栄養要求を調べた結果では、No. 14菌は有機窒素源の要求度が高く、また、無機窒素源もよく摂取して増殖することから、これら葉上菌の拮抗作用は白葉枯病菌との寄主体上での栄養の競合に由来するものではなからうかと推定されている。

3 イネ白葉枯病菌菌株間の相互作用

イネ白葉枯病菌には病原性によってI～IIIの菌群に分けられ、イネ品種群に対して第4表のようにそれぞれ異なる反応を示すことが知られている⁶⁾。

ところが、これらの菌型を混合して接種した場合、相互に影響を与え、イネの反応に変化の現われることが北陸農試の堀野・安藤らによって見出されている^{1,3)}。例えば黄玉群のイネ品種にI, II型菌を混合して接種すると、もともと黄玉に病斑を作らないI型菌がかなりの程度まで増殖し、しかもII型菌による病斑の形成をおさえるという。この場合I型菌の代わりに、病原性を失った変異菌(I型菌に由来するもの)を混合してもその病斑抑制

第 4 表 イネ白葉枯病の菌型群と品種反応 (高坂, 1969)

品 種 群	代 表 的 品 種	菌 型		
		第 I 群	第 II 群	第 III 群
金 南 風 群 黄 玉 群 Rantay-emas 群 早 稲 愛 国 3 号 群	金南風, 十石, 農林 37 号 黄玉, 全勝 17 号, 大葉子 Rantay-emas 2, Tadukan, Te-tep 早稲愛国 3 号, TKM-6, 中新 120 号	S R R R	S S R R	S S S R

注 R : 抵抗性, S : 罹病性を示す。

第 5 表 第 I, II 群菌の混合噴霧接種による病斑面積率

試 験 区	供 試 品 種		黄 玉 群 品 種	
	金 南 風 群 品 種	兼 六 早 生	ふ 系 も ち 76	奥 羽 244
A 区 H7113菌 (II 群菌) + 等量殺菌水	18%	9%	17%	10%
B 区 H7113菌 + 等量H7118菌 (I)	17	8	9	5
C 区 H7113菌 + 等量X-18菌 (I)	15	11	16	8

注 1 区 20 枚の止葉, 2 区平均, X-18 菌は I 型菌に由来する非病原性変異株。

作用は見られない。この現象は I 型菌をまず針接種し、次に II 型菌を 2 次接種しても同様に観察された。この I 型菌による II 型菌の発病抑制作用は 1~2 次接種の間隔が 2 日間のとき最も大きい。また、後者のような接種法をすれば、軟腐病菌, カンキツかいよう病菌などを 1 次接種してもかなりの抑制効果を認めることができる (第 5, 6 表)。

このような発病抑制作用はかなり特異的な現象で、II - III 型菌の組み合わせ、または非病原性変異株と他の菌株の組み合わせでは、I - II 型, I - III 型菌の組み合わせほど明らかな傾向はみられない。また、この抑制作用の大小はイネ品種によってもかなり差が見られ、一般に抵抗性品種での抑制が大きい。

この事例は、直ちに生態的防除の実際面と結びつけて考えるには無理があるが、弱菌株による寄主植物への抵抗性付与という考えからすれば大変興味深い問題を含んでいるといえよう。

結 び

植物病原細菌が他の微生物に捕食されたり、発育増殖を阻害されたりする事例はかなり以前から知られていた。また、植物体がある微生物に対して防御反応を表わし、それが病原細菌の侵入増殖を阻止する事例も確認されている。しかし、これらの素材をふまえて防除の実際面まで発展させたという例は極めて少ない。本稿で紹介した 2, 3 の事例はその機作の本質が完全に解明されたものとはいえず、また、実際の応用面にも残された問題がかずかずあるのは事実であるが、拮抗微生物利用による細菌病防除実用化の糸口として興味深いものであろう。

第 6 表 黄玉群品種に対する I 群菌の前接種による II 群菌の病斑拡大抑制 (針接種)

1 次接種菌系 (第 I 群菌)	2 次接種(第 II 群菌系)による発病指数					
	黄玉 (T7147菌)			はがれしらず (T7157菌)		
	2cm 間隔	3cm 間隔	5cm 間隔	2cm 間隔	3cm 間隔	5cm 間隔
T7123	1.7	3.6	3.0	2.0	2.8	2.8
T7177	1.4	1.8	2.3	1.8	1.8	2.6
T7101	1.6	3.6	3.1	2.2	2.5	3.0
Q6808	1.8	3.4	5.8	2.5	2.3	2.6
技研44号菌	1.7	4.2	5.2	2.6	3.2	4.2
X-18	2.0	3.8	4.7	2.8	2.1	3.6
6 菌系平均	1.7	3.4	4.0	2.3	2.5	3.1
対 照 (針孔だけ)	6.3	6.6	6.1	6.0	5.4	5.7

注 X-18 菌は第 5 表注参照。

引 用 文 献

- 1) 安藤隆夫 (1973) : 第 7 回植物細菌病談話会講演要旨。
- 2) AVERRE et al. (1964) : Phytopathology 54 : 779~783.
- 3) 堀野 修 (1973) : 第 7 回植物細菌病談話会講演要旨。
- 4) 伊阪実人 (1973) : 同上。
- 5) KLEMENT et al. (1964) : Phytopathology 54 : 474~477.
- 6) 高坂淳爾 (1969) : 農及園 44 : 208~212.
- 7) MÜLLER (1956) : Phytopath. Z. 27 : 238~254.
- 8) ——— (1959) : Plant Pathology I : 469~519.
- 9) 岡部徳夫ら (1953) : 静岡大農研報 3 : 101~127.
- 10) ——— (1954) 同上 4 : 37~40.
- 11) 太田孝彦 (1973) : 第 7 回植物細菌病談話会講演要旨。
- 12) 津山博之 (1971) : 第 6 回同上。
- 13) 植原一雄 (1960) : 日植病報 25 : 149~155.
- 14) 植松 勉ら (1970) : 植物防疫 24 : 1.

害虫防除剤としての病原性細菌・糸状菌の利用

静岡県農業試験場 佐 野 とし お 男

戦後急速に発達した有機合成殺虫剤の無差別無制限の使用に対する反省から近年、新しい視点に立つ安全防除技術を確認しようとする努力が払われるようになってきた。また、一方においては自然界に存在し、人畜に無害なしかも公害源とならない物質を探索し、それを利用した新しい防除剤を開発しようとする研究も行われるようになった。そこで現在研究が進み、実用化されようとしているものに *Bacillus thuringiensis* (以下 *B. t.* と略し、その製剤を BT 剤という) 製剤があるので、それを中心に述べ、併せて糸状菌の利用についてもその考え方を述べる。

I *B. t.* の害虫防除への利用

1 殺虫剤に利用しようとする背景

昆虫にはウイルス、マイコプラズマ、リケッチャ、細菌、糸状菌、原虫など多種類の微生物病がある。人間がこれらの病原微生物を害虫防除に利用しようとするためには、人畜に対する安全性の確認が第一義であろうと考える。

ここに述べる *B. t.* 菌は古くからカイコに軟化病を起こす病原細菌として記録されていたが、長年にわたる養蚕の歴史の中で、この細菌によって飼育者が感染を受け、発病した事例は全くない。1959 年には FISHER らにより BT 剤 (Thuricide) に関する人体実験の結果が報告されている。それによると志願者 18 人はカプセル入りの BT 剤を毎日 1g ずつ 5 日間摂取し、更に 5 人の有志が 5 日間毎日 100mg の粉末を Abbott の吸入装置により吸入して健康度調査を行ったところ、志願者の全員は良好な健康状態を続け異常を起した者は 1 人もなかったという。これらの事例からも BT 剤の人畜に対する危害性については、一応否定して考えても差し支えないものと思われる。

また、この *B. t.* 菌は自然界において、りん翅目の昆虫のうちでも、後述の限られた種類の死体からのみ発見されることからみて、各種の害虫に対する作用性は選択的であり、天敵類に作用する危険性もほとんどないと思われることから、農業生態系の保全にも活用できそうである。有機合成殺虫剤にみられる害虫の抵抗性発達などについても *B. t.* 菌については先進諸外国における報告例がないことからみて、BT 剤にはその必配はまずない

であろうと考える。

2 *B. t.* 菌の分類

B. t. 菌はバクテリアに属し、我が国では古くからカイコに卒倒性軟化病を起こす病原細菌として知られている。この菌の最初の発見者は石渡博士であって、1901 年にカイコの軟化病死体から病原細菌を分離して、これに *B. sotto* と命名し発表した。こえて 1915 年にはドイツの BERLINER がスジコナマダラメイガの幼虫死体から細菌を分離し、これに *B. t.* BERLINER と命名し、さらに 1951 年フランスでは TOUMANOFF & VAGO はカイコの軟化病死体から病原細菌を分離して、これに *B. cereus* var. *alesti* と命名した。しかし、その後 HEIMPEL & ANGUS は *B. cereus* と *B. thuringiensis* とは全く別種であると結論し、芽胞形成時に芽胞のうち菱形の結晶物を産生するこの種の結晶体産生菌のすべてが、*B. t.* に属することを確かめ、上記の細菌のそれぞれに対し、*B. t.* var. *Sotto* ISIWATA, *B. t.* var. *thuringiensis* BERLINER, *B. t.* var. *alesti* TOMANOFF & VAGO に分類した。その後更に幾つかの系統が分離されて、酵素学的分類と血清学的分類のほぼ一致することによって、これらの分類法が広く用いられるようになり、現在 *B. t.* 菌は 11 型に分けられている。

3 BT 剤の開発と我が国の現状

昆虫に寄生する細菌を利用して、害虫を防除しようとする研究が始められたのは 1920 年以降のことと思われるが、結晶毒素産生菌についての本格的な研究が始まったのは、STEINHAUS ら(1949) が行った *B. t.* 菌の利用研究であろうと思われる。その後 *B. t.* 菌はフランス、アメリカ、カナダ、チェコスロバキヤ、西ドイツ、ソ連などでも害虫防除に応用され、欧米では既にその製剤が市販されている (第 1 表)。

我が国においては、養蚕そのほか気候、風土などの違いによって検討すべき事項が多いため、その実用化へふみきることはできなかった。しかし、人畜に対する無害な防除剤の開発意欲が高まっている現状において、しかも植物に危被害を及ぼさないことなどから、1971 年農林省は BT 剤の我が国への輸入の制限を解除した。これを契機に 1972 年日本植物防疫協会は、BT 剤に関する諸問題を解決するための基本部会、蚕部会、ミツバチ部会、効果判定部会、人畜毒性部会などの 5 種専門部会からな

第1表 欧米における市販製剤の一覧表

商 品 名	国 名	備 考
Thuricide	アメリカ	Thuricide は 1973年製造権がスイスに移る.
Biotrol	〃	
Bakthane	〃	
Dipel	〃	
Biospor	西ドイツ	
Bactospeine	フランス	
Bathurin	チェコスロバキヤ	
Entobakterin	ソ 連	

る BT 研究会を発足させ、その実用化に向っての第1歩をふみだしたのである。

1973年現在、我が国においてメーカーより日本植物防疫協会に対し、効果判定に関する委託試験として提出された BT 剤は第2表のとおりであった。

第2表 我が国において検討中の BT 剤

商品名と剤型	商品名と剤型
Thuricide-A 水和剤	アロー B T 101 水和剤
〃 B 〃	〃 601 〃
〃 C 乳 剤	ダイポール 〃
セルスタート A 水和剤	CI-712-M-W 〃
〃 B 〃	パシレックス-0721 〃
NR-970 〃	〃 -0722 〃
OK-205 〃	KWI-731 〃

4 B. t. 菌の毒素と作用機作

HANNAY (1953) は菌体内に産生した菱形粒子を電子顕微鏡で観察し、この粒子は正方両錐体の結晶でアミノ酸からなる普通のタンパク質であって、これが殺虫活性の主体であることを示唆した。更にその翌年 ANGUS (1954) は、このタンパク質が希アルカリに溶解することを利用して菌体内に産生した結晶タンパクを溶解分離し、りん翅目幼虫に対する反応を確かめたところ、これが殺虫活性の原因物質であることを確認するとともに芽胞や栄養細胞には活性のないことを明らかにした。この活性物質は HEIMPEL (1967) によって δ -endotoxin と命名されている。また、*B. t.* のある種には、このほか水溶性の菌体外毒素 α -, β -, γ -exotoxin を生成するものもあることを報告している。代表的な菌体外毒素は β -exotoxin であって、これはハエに作用することから別名を flytoxin とよばれている。YOUNG ら (1972) はこの β -exotoxin はイラクサギンウワバ幼虫の口器に奇形を起こしたことを報告し、また、北垣 (1972) はアゲハチョウの成虫に口器欠損奇形のでたことを報告している。この β -exotoxin は SEBESTA ら (1968, 1969) により、特に高濃度の場合にはマウス肝臓の RNA 合成を阻害するという報告がだされ、催奇形性についての警告もある。これらの点を配慮して現在製剤化されている BT

剤は、 δ -endotoxin の産生菌が主体となっているようである。しかしながら δ -endotoxin を産生する *B. t.* 菌の安全性が確認されていても、この菌が将来突然変異を起こし、人畜に有害な毒素産生菌に変異する可能性も考えてみなければならない。この点については STEINHAUS (1959) は無毒株から毒性株に変異するためには1個の突然変異では起こらず、幾つかの遺伝子の突然変異が生起しなければならぬため、まずその可能性はないだろうとっており、これを支持する研究者も多い。欧米では既に10年以上も前から BT 剤の研究を行っているが、この問題に関連した報告は何もないことからみて、その心配はまずないものと思われる。

こうして δ -endotoxin の昆虫類に対する作用性は、りん翅目の昆虫を主体に強く作用し、そのほかに膜翅目、鞘翅目、直翅目、双翅目などにも作用するといわれるが、りん翅目の昆虫に対する効果発現の様相を、小島は次のようにわけて説明している。

- (1) 毒素を食下すると体液の pH が上昇し、全身まひを起こして死亡するタイプ (例えばカイコ)
- (2) 体液の pH は上昇しないで、全体まひが起こらず、消食管まひを起こして死亡するタイプ (例えばアオムシ、コナガ)
- (3) 毒素と胞子を同時に食下しなければ死亡しないタイプ (例えばコナマダラメイガ)
- (4) 毒素では死亡しないタイプで、この中には消食管内で毒素を溶解できる種とヨトウムシのようにできない種とがある。

このように BT 剤の殺虫作用も昆虫の種類によって異なるが、(1)~(2) のタイプにおける作用機作は ANGUS & HEIMPEL (1959) によって確かめられている。すなわちカイコやアオムシ、コナガなどが δ -endotoxin を食下すると 5~20 分で消食管にまひを起こすことを認めた。これは消食管の前部が毒素によって損傷を受けるため、タイプ (1) では更に消化液で溶解した毒素が体液中に漏出して神経を侵すとともに体液の pH が上昇して、全身まひを起こし、死に至らしめるものと考えられている。

5 BT 剤の実用性

1972年日本植物防疫協会に BT 研究会が発足して以来、現在までに全国の研究機関において BT 剤の効果に関する検討が行われてきたが、そのうち実験例の多いのはアブラナ科野菜のりん翅目害虫を対象にしたほ場における防除効果試験である。そのほかイネ、チャ、果樹、牧草、樹木などのりん翅目害虫についても実用性の有無を検討しているが、筆者らの行った一連の実験結果を主

体にその概要を述べてみることにする。

(1) 野菜害虫に対する BT 剤の効果

キャベツ、ダイコン、ハクサイなどアブラナ科野菜の食葉性害虫に対する BT 剤の防除効果は、500~1,000 倍希釈液の 10 a 当たり 150~200 l 散布で、従来から使用されている DDVP 乳剤、PAP 乳剤、サリチオン乳剤、ダイアジノン乳剤及びパダン水溶剤などに比較してコナガ、アオムシ、タマナギンウワバには同等の防除効果が認められ、薬害もなく、実用性は十分にあると思われる。ハスモンヨトウ及びヨトウムシに対しては防除効果が劣り、特に中老幼幼虫に対する効果は期待がもてないように思われる (第3表)。

第3表 BT 剤のキャベツ害虫に対する防除効果

供試薬剤	希釈 倍数	散布6日後の 補正密度指数			
		コナ ガ	アオ ムシ	タマナ ギンウ ワバ	ハス モン ヨトウ
Thuricide A	500倍	0	0	7	68
〃	1,000	0	11	0	3
T社BT剤	500	0	0	0	22
〃	1,000	0	0	4	10
サリチオン乳剤(対照)	1,000	16	0	0	1
無散布	—	100	100	100	100

注 補正密度指数

$$= \frac{\text{無処理区散布前密度} \times \text{処理区散布後密度}}{\text{無処理区散布後密度} \times \text{処理区散布前密度}} \times 100$$

そこでこれら BT 剤のハスモンヨトウに対する実用性を再検討するため、Thuricide-A の 500 倍を用い、幼虫の令別感受性について試験を行った結果、BT 剤の 1 令幼虫に対する感受性は非常に高く、処理 7 日後において 97% の死虫率を認めた。しかし、2 令幼虫では 69% とさがり、3 令幼虫では 29% と令が進むにつれて急激に殺虫効果は劣ることが分かった (第4表)。

次に BT 剤の希釈倍数と殺虫効果との関係を見るため、ハスモンヨトウの 2 令幼虫を用いて 250 倍から 4,000 倍までの範囲において、濃度別の殺虫効果を検討した結果、250 倍では 95~100% と高い殺虫効果を認めたが、1,000 倍では T 社の BT 剤は 40% であったのに対し、Thuricide-A は 70% の殺虫効果があり、効果にかなり

第4表 Thuricide-A のハスモンヨトウに対する令別の効果

供試 BT 剤	希釈 倍数	処理7日後の死虫率 (%) 3区平均					平均 温度 °C
		I	II	III	IV	V~VI	
Thuricide-A	500 倍	97	69	29	6	0	28.9
Control	—	3	6	0	0	0	

の違いを生じた。また、1,500 倍では Thuricide-A は 55% であった。T 社の BT 剤には殺虫効果は全く認められなかった。しかし、両 BT 剤ともに 1,500 倍まで忌避的反応のあることが認められた (第5表)。

以上の結果から、ハスモンヨトウの 2 令虫に対する BT 剤の 500 倍液における死虫率は第4表と第5表とで違いはあるが、忌避的効果もあるので、BT 剤はハスモンヨトウに対して 1~2 令幼虫までは 500 倍の希釈倍数で実用的に使えるようである。

次に今まで各所で行われた BT 剤の試験結果では、化学合成殺虫剤に比較して遅効的であるという例が多く、また、同一 BT 剤間にも効果にかなりの違いを生ずる場合もあるので、これらの点を明らかにするため、環境、特に温度との関係について試験を行ってみた。その結果によると BT 剤の効果発現の遅速は温度と最も密接な関係があって、30°C の高温では速効的に効果が現われ、その殺虫率も 100% に達するが、15°C の低温では遅効的となって、効果の発現が遅れ、殺虫率も低下することが分かった (第6表)。

したがって低温時の防除効果を高めるためには、散布濃度を濃くして用いることが必要と考える。しかし、濃度を濃くすれば防除経費が高くなるので、その対策として化学合成殺虫剤との混合を考えた。各種の化学合成殺虫剤の中から、ごく微量の混合によって BT 剤の殺虫効果を高めるものを見いだすための検討を行った結果、サリチオン乳剤を 10ppm 程度、BT 剤の希釈液中に含まれるよう混合することによって、BT 単剤より殺虫効果が強まることが分かった (第7表)。

しかし、BT 剤は微生物農薬であり、単剤としてハスモンヨトウに対し安定した防除効果が期待できるなら

第5表 ハスモンヨトウ 2 令虫に対する BT 剤の濃度別殺虫効果

供試 BT 剤	処理7日後の死虫率 (%) 3区平均								平均 温度
	無処理	250	500	1,000	1,500	2,000	3,000	4,000倍	
Thuricide-A	15	100*	95*	70*	55*	15	5	0	28°C
T社BT剤	0	95	80	40	0	0	0	0	

注 *印は忌避的反応を示す。

第6表 BT 剤のコナガに対する温度の影響

供試BT剤	希釈倍数	温度	供試虫数	処理後の死虫率(%) 3区平均					
				1日	2日	3日	4日	5日	6日後
Thuricide-A	1,000倍	30°C	30	70	90	100	100	100	100
		15	30	0	0	20	40	80	80
		8	30	0	0	0	3	27	27
Thuricide-B	2,000	30	30	13	70	70	90	100	100
		15	30	0	0	0	0	10	53
		8	30	0	0	0	0	3	7

第7表 キャベツほ場におけるBT剤とサリチオンの混合による防除効果

供試薬剤	散布9日後の補正密度指数(3区平均)				
	コナガ	アオムシ	タマナギンウワバ	ヨトウムシ	ハスモンヨトウ
Thuricide-A 500倍	18	74	31	4	35
Thuricide-A 500倍+サリチオン 10ppm	0	16	0	5	19
ダイアジノン乳剤(対照)	10	12	13	2	36
無散布	100	100	100	100	100

注 補正密度指数は第3表の注に同じ。

ば、その価値は一層高まるであろうと考える。この点、1972年に var. *aizawai* がハスモンヨトウに対して、var. *alesti* より優れる殺虫効果のあることが分かり、その製剤化が進められて、1973年には *aizawai* BT 剤の実用化試験が実施されるに至ったのは注目される。筆者がこれら BT 剤のほ場における防除効果について検討を行った結果では、サリチオン乳剤 1,000 倍に比較して、ハスモンヨトウの 1~3 令虫に対しては 500 倍でやや優れる効果があり、1,000 倍でもほぼ同等の効果があって被害もなく、1,000 倍で若令幼虫には期待が持てそうである(第8表)。

以上述べたように BT 剤によりアブラナ科野菜の食葉性害虫を防除するためには、ハスモンヨトウの若令幼虫の発生時期をねらって散布すれば、ハスモンヨトウ及びコナガ、アオムシ、タマナギンウワバなどの同時防除ができ、ヨトウムシに対してもハスモンヨトウと同様の防除効果が期待できるものと思われる。

(2) イネ害虫に対する BT 剤の効果

イネのツトムシはイチモンジセサリの幼虫で、イネを暴食して大害を与えることがしばしばある。本種の老熟幼虫はイネの葉をまるめて巣を作り、化学合成殺虫剤での防除は困難となるが、BT 剤は 1,000 倍希釈液の 10a 当たり 200 l 前後の散布で各令の幼虫に対して優れた防除効果があり、実用性のあることが奈良農試や愛知総合農試作研での試験で明らかにされている。

(3) チャの害虫に対する BT 剤の効果

チャのりん翅目害虫に対する BT 剤の効果は、コカクモンハマキに対しては 500~1,000 倍で実用性があるが、チャハマキ、チャノホソガ及びチャドクガに対しては化学合成殺虫剤に比較して劣るようで、今後それらの害虫に対する BT 剤の使い方については、更に検討してみる必要があると思われる。

(4) 果樹害虫に対する BT 剤の効果

果樹を加害する害虫の種類は多いが、BT 剤による防

第8表 var. *aizawai* BT 剤のほ場における防除効果

供試薬剤	希釈倍数	7日後の補正密度指数(3区平均)		
		ハスモンヨトウ(1~3令)	コナガ(3~5令)	アオムシ(1~5令)
N社BT剤	500倍	10	14	2
〃	1,000	23	23	14
K社BT剤	500	4	16	23
〃	1,000	10	33	39
サリチオン乳剤(対照)	1,000	28	43	5
無散布	—	100	100	100

注 補正密度指数は第3表の注に同じ。

除の対象となる害虫の種類は比較的少ない。1973年に試験した対象害虫はトビハマキ及びミダレカクモンハマキの幼虫、コカクモンハマキ及びリンゴモンハマキの幼虫などハマキ類が主体であったが、これらの害虫に対するBT剤の効果は有効な例数も多いが、効果不十分の場合もあって今後更に検討が必要である。そのほかにオビカレハやヒメシロモンドクガなどに対する試験もあるが、これらの害虫に対しては若令虫には有効でも3令より令が進むと効果は不安定となる。しかし、摂食忌避効果がみられるので、使い方によっては期待がもてるものもあると思われる。ただし、カキミガには有効で実用可能と思われる。

(5) 樹木害虫に対するBT剤の効果

1972年及び1973年の2か年にわたって検討された樹木害虫は、モンクロシャチホコ、アメリカシロヒトリ、イラガ及びマツカレハなどである。これらの害虫に対しては1,000倍前後の希釈倍数で実用的に使えることが分かった。また、ミノムシに対しても効果が高く、PAP乳剤と同等の効果があり使えそうであるが、実験例が少ないので、さらに検討が必要であろう。

6 BT剤のカイコへの影響

B. t. 菌はカイコの卒倒性軟化病の病原体として分離されている背景もあって、BT剤のカイコに及ぼす影響が懸念されるため、BT研究会は蚕部会を設け1972年以来関係機関の協力のもとに検討を行ってきた。その結果の概要は次のようである。

(1) BT剤液のドリフトとカイコとの関係

1973年、日本植物防疫協会主催によるBT剤液のドリフトに関する試験が行われた。このときの東京都蚕糸指導所のデータによれば最大風速2.9m/secの条件下において、5mの高さからBT剤を散布した場合に培地によって調査された*B. t.* 菌の飛散距離は100~150mに及んだという。更に、その桑葉を用いてカイコの飼育試験を行った結果では、散布当日で50mまで死亡蚕が認められ、生育遅延を起こした距離も60mにとどまった。また、散布14日後の調査結果では死亡蚕はいずれにもみられなかったという。

一方、同年の晩秋蚕期にキャベツほ場においてBT剤を散布した静岡農試のデータによれば、最大風速が0.8m/sec程度の条件下でも風下50mの位置にまで*B. t.* 菌が検出された。しかし、死亡蚕の現われた距離は5mまでであって、簇中における死亡蚕までを含めて考察すれば10m付近にまで影響があったように思われる。

以上のようなことからBT剤散布に伴うドリフトは一般化学合成殺虫剤とほぼ同様であるが、菌のドリフトは

かなり遠方にまで及ぶものと思われる。また、死亡蚕の現われる距離は風速によって異なるが、一般に3m/sec以上の風速のある場合には散布をとりやめるのが普通であるから、これらの点を考慮に入れて推定すれば、カイコへの影響は100m以内であろう。

(2) 桑葉に付着した場合の残毒日数

桑園付近でBT剤の散布によって、桑葉が汚染した場合の残毒日数について石川は、BT剤によって多少の差はあるが、16~20日経過すれば無毒化すると述べている。また、筆者(1972)が鉢植の桑樹にBT剤(Thuricide)を散布して、風雨にさらされない状態でガラス室に置いた場合の残毒日数について調査した結果では35日で無毒化した。このように環境によって無毒化されるまでの日数に差異を生ずるが、この程度の残毒日数は化学合成農業にもあるため、BT剤が特にカイコに対して毒性が強いとはいえない。しかし、BT剤がクワに付着すれば、その影響のあることは論ずるまでもないことであるから、桑園付近での近接散布は慎重な注意が必要であろう。

(3) 貯桑中における*B. t.* 菌の消長

桑葉にBT剤の生きた芽胞が付着し、貯桑室に運ばれた場合、貯桑中において、*B. t.* 菌が増殖するか否かについて1972年石川・富田・関島・小野らによって試験が行われた。その結果によると、*B. t.* 菌の付着した桑葉を5°C及び25°Cで48時間貯桑しても菌の消長はほとんどみられなかった。また、BT剤を散布して48時間後の桑葉を5令起蚕から2日間給与した後、普通桑にきりかえて上簇まで観察した結果でも全く異常は起こらず、BT剤による影響がみられなかった。しかし、関島(1973)は貯桑中の温度が27°Cで桑葉が腐敗した場合には、5日後において増殖がみられると述べているので、この点については更に検討し、その増殖の量的な問題を確認したうえで、その対策をたてる必要があると思われる。

(4) *B. t.* 菌の土壌中での消長

BT剤の繰り返し散布によって、*B. t.* 菌が土壌中で増殖したり、あるいは蓄積したりして、これが原因となってカイコに悪影響がある場合蚕業上問題である。この点についてSALEHら(1970)は土壌中における*B. t.* 菌の消長について報告している。それによれば有機物質が存在する土壌において、微生物の繁殖が促進されやすいpH5程度の酸性土壌では、土壌中の微生物の競合によって*B. t.* 菌は死滅するが、pH6.3~7.3程度の中性土壌の場合には、増殖して芽胞を形成する。しかし、有機物質の少ない土壌では芽胞はそのまま生存するとい

う。また、松本・鮎沢ら (1971) は滅菌土壌 (特に水田土壌) では増殖するが、一般に無処理土壌では漸次減少して行くと報告している。そのほか、関島ら (1973) は *B. t.* 菌の種類や土壌の種類によって、多少異なるが、土壌中での芽胞数は経時的に減少することを認めている。青木ら (1973) は *B. t.* 菌を土壌に混合した場合に普通の土壌では3か月間に徐々に減少するが、蚕糞の混合土壌では減少せず、また、蚕蛹の混合土壌では増減の波があったと報告している。このように *B. t.* 菌は土壌の条件によって増殖したり、あるいは一定の密度で長期間生存するが、自然の条件では徐々に減少して行くものと思われ、土壌への定着は一般的には考えられない。

(5) 蚕室蚕具の消毒と *B. t.* 菌の死滅

B. t. 菌はホルマリン消毒によって死滅し、結晶毒素は容易に失活することが鮎沢ら (1961) によって確かめられ、現在ではカイコを飼育する前に蚕室蚕具のホルマリン消毒が行われており、有効な予防処置がとられている。したがって BT 剤が桑葉に付着して蚕座内に持ちこまれない限り、カイコに対する直接の影響はほとんどないものとする。

II 糸状菌の害虫防除への利用

糸状菌を利用して害虫を防除しようとする試みは、かなり古くから行われており、防除実験に用いられた主な糸状菌は *Beauveria* 属、*Oospra* 属、*Isaria* 属、*Spicaria* 属などであるが、これらの糸状菌のうちで製剤化まで研究の進んだものは *Beauveria* 属の白きょう病菌のみであろう。白きょう病菌は各種糸状菌のうちで最も多種類の昆虫を侵し、しかも潜伏日数の比較的短いことから実用化への期待は大きかった。ソ連ではコドリガ及びコロラドハムシを対象に防除効果に対する実験が繰り返されて、ついに *Beauverin* という商品名で市販されるに至った。

我が国では古く日高 (1933) によってマツケムシの防除を目的として、この白きょう病菌を利用した研究が行われ、有効であることが報告されている。

また、長谷川・小山ら (1941) によって、*Isaria kogane* と *Oospora* sp. を土壌害虫であるドウガネブイブイの幼虫防除に利用しようとする研究が進められ、蚕蛹を用いて培養増殖の能率的な方法が開発された。その後片桐らによってその実用的効果の検討が行われている。そのほか、クロカメムシに対する黒きょう菌 (森本, 1954)、ミカンコナジラミに対する *Aschersonia aleyrodidis* 菌 (於保, 1968)、クワコナカイガラムシに対する紫赤きょう菌 (森本, 1961)、モモシクイガに対する赤きょう菌

(関口, 1959) の利用の研究で効果を挙げた報告がある。

こうして糸状菌を用いて害虫を防除しようとするためには、利用しようとする糸状菌の特性を十分に知っておかなければならない。すなわち昆虫が糸状菌によって感染し発病するためには、糸状菌の質と量が問題であり、更に宿主昆虫の皮膚構造と体液の性質や発病を促す環境的条件、特に温・湿度などの点に関しても十分な検討が行われなければならない。糸状菌のりん翅目昆虫に対する感染経路については、経口的にも感染するという報告もあるが、一般的には経皮感染が主体である。分生胞子が皮膚に付着して発芽し、体内に菌糸が浸入したと思われる部位の体皮表面には糸状菌特有の病斑が形成される。病斑の性状は糸状菌の種類によって異なり、分生胞子の量は多いほど発病率は高まるが、この発病率を支配する条件は温・湿度であって、高温多湿の条件下でないと高率に発病しない。糸状菌の発育に必要な温度範囲は種類によって異なり、おおむね 5~35°C くらいの間であるとみられているが、適温の範囲は 20~30°C であって、その幅はかなり広い。湿度との関係については、青木は乾燥状態下においては分生胞子の発芽が著しく抑制されるため発病率は低下し、湿度が高くなるに従って発病率は高まると報告している (第9表)。

第9表 白きょう菌のカイコに対する病原性と湿度との関係 (青木)

湿度	発病率	発病までの時間	湿度	発病率	発病までの時間
100	95~100	4 10	80	53~78	5 5
90	90~88	4 9	75	0~12	5 4
85	62~86	5 3	70	±	5 7

このように糸状菌を害虫防除に利用しようとする場合の効果は、空気中の湿度によって支配されるために効果にふれを生じやすく、いかにしてこれを利用するかは今後の研究に待たなければならない。片桐らが行っているドウガネブイブイ幼虫の防除のように、土壌中での利用方法は糸状菌の発育に必要な湿度条件を具備しているので成功する確率は高いと思われる。

しかし、糸状菌は一般にカイコに対して、強い病原性を示すのが普通であるから、これらの点を十分に考慮してその利用方法を考えなければならない。できることならばカイコに対する病原性が弱く、しかも対象害虫に対しては強い病原性を示す糸状菌を探索することも必要であろう。

主な参考文献

- 1) 石渡繁胤 (1901): 大日本蚕糸界報 114: 1~5.

- 2) BERLINER E. et al. (1911) : Getreidew 3 : 63.
- 3) TOUMANOFF C. et al. (1951) : Compt. Rend. 233 : 1504.
- 4) HEMPEL A. M. et al. (1959) : J. Insect. P. athol. 1 : 152.
- 5) 青木 清 (1959) : 昆虫病理学.
- 6) 鮎沢啓夫ら (1961) : 蚕糸研究 39 : 253~257.
- 7) HEMPEL A. M. (1967) : Ann. Rev. Ent. 12 : 287.
- 8) SALEH S. M. et al. (1971) : Can T. Microbiol 16 : 677.
- 9) 松本奎吾ら (1971) : 九州蚕糸 2 : 68.
- 10) 鮎沢啓夫 (1972) : 化学の領域 26 : 47.
- 11) 北垣忠温 (1972) : 農薬通信 83 : 11~19.
- 12) 鮎沢啓夫ら (1972) : 農薬 19(3) : 114.
- 13) 佐野利男ら (1972) : 静岡県農試報告 18.
- 14) 鮎沢啓夫ら (1973) : 醸酵工学雑誌 51 : 5.
- 15) 日本植物防疫協会 (1972~73) : BT 剤に関する試験成績書.
- 16) 有賀久雄 (1973) : 昆虫病理汎論.
- 17) 東亜合成 (1973) : BT 剤の蚕への影響.
- 18) 静岡県農業試験場 (1971~73) : 農作物害虫ならび予察に関する試験成績書.



○河田 薫氏ら叙勲さる

春の叙勲により植物防疫関係者のうち河田 薫氏 (元

農林省農業技術研究所所長・本会顧問) が勲二等瑞宝章を、秋浜浩三氏 (元農林省北海道農業試験場場長), 梶浦 実氏 (元農林省園芸試験場場長) および河村貞之助氏 (千葉大学名誉教授) が勲三等旭日中綬章をそれぞれ受章された。

新刊本会発行図書

病虫害発生調査の基準

農林省農蚕園芸局植物防疫課 監修

A 5判 56 ページ 500 円 送料 70 円

農作物有害動植物発生予察事業における調査は、実施要領の調査実施基準によって実施されているが、この調査実施基準を具体的に図示したものを中心に発生予察事業における調査の際に参考となる事項を 1 冊にまとめた書

内 容 目 次

イネの成分分析法、葉いもちの発病面積率の基準、ニカメイガと類似種およびその見分け方、ウンカ類の見分け方、ウンカ・ヨコバイ類の発生型と発生回数数の数え方、ムギ赤さび病・小さび病・黒さび病の発生程度別基準、ムギ黄さび病・うどんこ病の発病面積率の基準、カンキツそうか病・黒点病の発病程度別基準、カンキツかいよう病の採取葉多針付傷接種における発病孔率と細菌数との関係、ヤノネカイガラムシの各発育態の見分け方、ヤノネカイガラムシの卵の発育程度別基準、ミカンハダニの被害程度別基準、ルビーロウムシ・ツノロウムシの各発育態の見分け方、コカクモンハマキのリング型とチャ型の見分け方、ナシ赤星病菌の冬孢子堆膨潤程度別基準、ブドウさび病・カキ円星落葉病・カキ角斑落葉病の発病程度別基準、予察燈の構造

お申込みは前金 (現金・振替・小為替) で本会へ

害虫防除剤としての病原性ウイルス

塩野義製薬株式会社 はやし よし ゆき
林 幸 之

はじめに

生物防除という範疇でウイルスが最初に利用されたのはヨーロッパ及びオーストラリアで Myxomatosis virus を用いてウサギを防除したことに端を発している。昆虫のウイルスを利用して害虫を駆除する試みはすでに1917年ころからチェコスロバキヤで行われていたが、ウイルス学的な基礎に立って昆虫ウイルスを害虫駆除に利用したのはカナダの BIRD (1949) であろう。BIRD はマツノキハバチの核型多角体病ウイルスを松林に散布し、当時甚大な被害を与えていたマツノキハバチの防除に成功した。

その後、カナダ、アメリカ及びヨーロッパにおいて害虫防除にウイルスを利用する試みが盛んになり、現在では1, 2のウイルス製剤が市場にみられるようになった。我が国では諸外国よりかなり遅れていたが、最近多くの試験研究機関で意欲的に研究が進められている。

細菌及びウイルスを利用する微生物防除の意義については説明するまでもなく、また、ウイルス利用による害虫防除についても数多くの詳細な紹介がなされている。したがって、本稿においては昆虫のウイルスの種類及び現在までに判明している病原性発現に至る過程、更に害虫防除のためのウイルス利用における1, 2の問題点についてふれてみたい。

I 昆虫ウイルス (Borrelinaceae)

現在までに知られている昆虫に病原性を有するウイルスの数は、300種近くに達している。昆虫のウイルスも形態学的には哺乳動物のウイルスと相似点が多く、遺伝子型にもDNA及びRNAの2種がある(第1図)。これらの遺伝子はタンパク質(または脂質タンパク質)に覆われ棒状、球状、多角形など、種々のウイルス粒子(Virion)を形成する。昆虫ウイルスで特異的なことは一部のウイルスを除いて、ウイルス粒子が結晶様タンパク質中に封入され、顕微鏡で観察可能な封入体(多角体)に成長することである。このように種々の過程を経る昆虫のウイルスも大別すると次に記す5属に分類される。

1 核多角体病ウイルス(Borrelinavirus, Nuclear-polyhedrosis virus, 以後 NPV と略す)

昆虫のウイルスの中では最も早く発見されたウイルス

である。このウイルス群はDNAを遺伝子とし、 $20\sim 70 \times 200\sim 700\text{m}\mu$ の棒状のウイルス粒子が、 $0.5\sim 15\mu$ の3, 4, 6, 不規則角形などの封入体の中に包埋されている(第2図)。ウイルス粒子は第2図に示すようにコア(DNAがタンパク質で包まれたもの)が内膜と外膜によって覆われている。更にウイルス粒子は束または1本というように数多く封入体の中に取り込まれている。感染組織及び増殖部位は、血球、脂肪組織、真皮、気管、皮膚細胞、中腸細胞(ハバチの一種のみ)の核内において増殖する。宿主はりん翅目、膜翅目、双翅目、脈翅目にわたり宿主範囲が広い。感染より致死に至る期間が短く、害虫防除剤として期待がよせられているウイルス群である。

2 細胞質多角体病ウイルス(Smithiavirus, Cytoplasmic-polyhedrosis virus, 以後 CPV と略す)

CPVは1934年、カイコで石森博士によって発見された昆虫ウイルスであり、最も研究が進んでいるウイルスである。第3図に示したようにこのウイルスも最終的には $1\sim 15\mu$ の3, 4, 6, 多角形の封入体を形成する。封入されたウイルス粒子は昆虫の種類によって異なるが大體、 $25\sim 80\text{m}\mu$ の球状を呈し、この中に二重鎖のRNA遺伝子(第1図)を含んでいる。このウイルスは正20面体の粒子で12の頂点にそれぞれ突起を有し(第3図)、一見人工衛星のような景観を示している。感染組織はNPVと異なり中腸の主として円筒状細胞の細胞質のみで増殖する。宿主はりん翅目及び等翅目に限られている。害虫防除剤としてはNPVに次いで可能性の高いウイルスであり、事実小山らはマツカレハの防除に本ウイルスを利用し、高い防除効果をあげている。

3 楕円小体病ウイルス(Bergoldiavirus, Granulosis virus, 以後 GV と略す)

NPVに次いで、1924年にPAILLOTによって発見された昆虫ウイルスである。DNAを遺伝子とし、2層の膜に包まれた棒状のウイルス粒子($30\sim 100 \times 200\sim 400\text{m}\mu$)を生成する。この棒状粒子は格子状に配列される封入体タンパクによって、徐々に包埋されていく(第4図)。NPVまたはCPVと著しく異なる点はウイルス粒子1個(まれに2個)で封入体を形成することであり、通常長径 1μ 以下の小さな楕円形、まれに立方形として検出される。感染組織は真皮、脂肪組織、気管、中腸皮膚細胞と

多く、感染増殖部位も核または細胞質、更に核及び細胞質の両者と特定部位がない。一方、宿主についてはりん翅目昆虫のみに限定されている。このウイルスは自然条件に対して抵抗性が極めて強く、生物防除の標的ウイルスとして期待される。

4 Spheroidosis (Vagoivirus, Ovoids, Invertebrate poxvirus, Entomopoxvirus, 以後 EPV と略す)

フランスの VAGO (1963) によってコガネムシの一種 (*Melolontha melolontha*) から発見された新しい昆虫ウイルスである。遺伝子は DNA でウイルス粒子は $250 \times 350 \text{ m}\mu$ で紡錘形 (12μ) または卵形 (20μ) の封入体の中に埋蔵されている。最近ではオビハマキなどのりん翅目昆虫にも発見され、封入体の大きさは $3.1 \times 4.6 \mu$ からそれ以上 $5.0 \times 7.0 \mu$ のものが報告されている(第5図)。ウイルス粒子の表面はじゅず状を呈し、中に2層の膜に囲まれた $110 \times 210 \text{ m}\mu$ のれんが状のコアが観察されている。このウイルス粒子は脊椎動物のワクチニアウイルスに構造が似ているので *Insectpoxvirus* とも呼ばれたが、最近では *Entomopoxvirus* と呼称されるようになった。感染組織は脂肪組織及び中腸(りん翅目)細胞であり、ウイルスの封入体は細胞質において形成される。宿主は鞘翅目、りん翅目及び双翅目昆虫で比較的宿主範囲が広い。我が国においては片桐(1973)によってコスジオビハマキから発見されている。また、春日(1973, 未発表)はコガネムシ幼虫から本ウイルスを同定するに至った。

感染増殖の期間は GV と同様長期間にわたり 6~20 日間、致死には実に 12~72 日間を要する。しかし、カナダの BIRD によれば感染性が非常に高いので当代の害虫を防除することより次世代の防除において期待できると言っている(私信)。

5 封入体非形成ウイルス (*Moratovirus*, Non-inclusion virus)

多くの昆虫ウイルスが封入体を形成し、その性状によって種々分類されているが、次に述べる 1, 2 のウイルスは封入体を作らないウイルス群である。

(1) Iridescent virus

1954 年, XEROS によってガガンボの一種 (*Tipula paludosa*) から発見されたウイルスで名前のように虹彩色を呈している。ウイルス粒子の大きさは $130 \text{ m}\mu$ の正 20 面体であり、DNA を遺伝子とする DNA ウイルスである。このウイルスには比較的多量の脂質 (5.2%) が含まれており、この脂質の存在は放射性同位元素の実験でも認められている(林, 未発表)。このウイルスはほとんどの組織に感染するが、顕著な病変を受けるのは脂肪組織で細胞質がウイルス粒子で充満する。感染宿主によって

SIV (*Sericesthis pruinosa*), MIV (*Aedes toeniorynchus*), CIV (ニカメイチュウ, *Chilo suppressalis*) に分けられている。このウイルスの宿主は非常に広汎にわたっており、双翅目、りん翅目、鞘翅目があげられる。

(2) カイコの軟化病 (伝染性) ウイルス

カイコの軟化病の中にウイルスによって感染するものがあることを指摘したのは、フランスの PAILLOT (1929) であると言われ、我が国では山崎ら (1960) によって感染実体が明らかにされた。その後、鮎沢によってウイルス学的研究が行われ、RNA 遺伝子を有する球形 ($20 \sim 30 \text{ m}\mu$) の粒子であり、中腸細胞において増殖することが追求された。

(3) ミツバチの Sacbrood ウイルス

最初、TIV であろうと推定されていたが LEE ら (1965) によってこのウイルスは正 20 面体で $28 \text{ m}\mu$ の大きさであり、RNA 遺伝子—ウイルスであることが報告された(第6図)。

(4) Densonucleosis ウイルス

ハチミツガから MEYNADER ら (1964) によって発見されたウイルスで、約 $20 \text{ m}\mu$ の粒子の DNA ウイルスである。感染性は非常に急速で宿主は感染後 4~6 日目には死亡すると言われている。

そのほか、ショウジョウバエのシグマウイルス ($42 \text{ m}\mu$) が報告されている。害虫防除に関して TIV が試みられているが、他の封入体ウイルス群にみられたような防除効果は認められていないようである。しかし、そのほかの封入体非形成ウイルス群の害虫防除への利用は、今後の開発研究課題と言えよう。

II ウイルスによる害虫の病原性発現

昆虫ウイルスの侵入、感染、増殖に関して、最近病理組織学的、生化学的(分子生物学的)研究が多く行われ、徐々にウイルスの増殖の機作が解明されつつある。害虫防除剤としてウイルスを利用する場合、野外に散布されたウイルスがどのような経路を経て病原性を発現し、生態系の中でウイルス世代を繰り返しているかについて、害虫防除に最も利用されている封入体ウイルスを例として、概略を述べてみたい。

封入体ウイルスが昆虫に接触する場としては、昆虫がウイルスを摂食することのみによって開始される。封入体を形成するタンパク質は消化液のアルカリ性及びタンパク分解酵素によって消化され、ウイルス粒子を消化管内に放出する。放出されたウイルス粒子は中腸の皮膜細胞に吸着する。この吸着はウイルス粒子の突起によって起こることが CPV において観察されている。この吸着

については NPV 及びそのほかのウイルスでは CPV ほど判然とした観察結果は報告されていないが、突起状の像があるらしい。ウイルスの吸着後、細胞への侵入感染については大同小異と考えられるので第7図に示した CPV の感染増殖経路に従って説明を進める。

細胞に吸着したウイルス粒子は突起を通じて、核タンパクを細胞内に放出する。核タンパクは核内または細胞質(CPV, EPV はウイルス粒子に RNA ポリメラーゼを含んでいるのでウイルス RNA または DNA の情報を読み取り RNA を合成することができる)内でウイルス核酸を合成する。一方、ウイルスタンパクはウイルス情報(m-RNA)を得たリボゾーム上で合成される。ウイルス核酸とタンパク質はウイルス製造工場(Virogenetic stroma)におくり込まれ、ウイルス粒子の組み立てが行われる(CPV の場合は細胞質で、NPV では核内)。生成されたウイルス粒子はウイルス工場から徐々に放出され、待ち受けている多角体タンパク(リボゾームで合成されたものか、あるいはウイルス感染で変性した構造タンパク質)の中へ吸着されるように包埋されていく。このとき、すべてのウイルス粒子が多角体タンパクに封入されていくのではなくて一部のみは遊離の状態で存在する。CPV では多角体形成に関与するウイルス粒子は全粒子の30%である。一部の遊離した粒子はリボゾーム中に包まれ消化され、ウイルス核タンパクとして再び細胞質内に放出されウイルス増殖を繰り返す。

細胞はやがて多角体及びウイルス粒子によって充満し、ついに細胞膜が破れ、昆虫は死に至るとともにウイルスは自然界へばらまかれ、再び昆虫によって摂食、感染、増殖の世代を繰り返していく。

III 病原性の伝達

すでに何億年を経過している生態系の中でウイルスの伝播を記すのは笑止かもしれない。しかし、たゆまざる科学の進歩は神秘的ヴェールを1枚また1枚とはぎとっていく。人為的に散布されたウイルスは前述の過程を経て病原性を発現し、その個体は野生動物(鳥類を含めて)によって、ある時は餌として、またある時は動物体に付着して、更に自然のもつ他の掟によって場から場へと伝えられていくといえる。

最近の研究によれば、長年月にわたり宿主がウイルスにさらされた結果、ウイルスが宿主細胞の遺伝子の中へすでにその形質を埋めこんでいること、及び宿主細胞の中へ潜在ウイルスの状態で存在することが追求されている。これらの状態のウイルスは母体から卵へ伝えられることも可能である。一見、健全にみえる昆虫も自然条件

下における種々のストレス、例えば低温、高温、異常湿度、食害する植物成分、その他計り知れない環境条件によって潜在ウイルス、あるいは宿主遺伝子に転写されているウイルス形質が目覚め、ウイルスの自然誘発が起こることが実験的に肯定されている。

IV 宿主とウイルスの増殖

ウイルスの種類によっては同一宿主に2種または3種類のウイルスが増殖する場合がある。また、同時に同一宿主に2種及び3種類のウイルスが仲良く同居することも知られている。通常、昆虫のウイルスは宿主選択性が高いと言われているが、最近、数種類の宿主に対して攻撃可能なウイルスも発見されてきている。

一方、同一宿主内に2種類のウイルスを感染させると、いずれか一方のウイルスが干渉を受け増殖が抑制されることも報告されている。この典型的な例として NPV と CPV の場合があり、CPV の感染によって NPV の増殖が抑えられる。これと全く逆に2種のウイルス感染で病原性が助長される NPV と GV の例もある。したがって、ウイルスを害虫防除に利用しようとする際には、単に多くの種類のウイルスを混合するだけでは負の効果を生ずることがあるので、ウイルスの種類、性状を良く認識する必要がある。これらの性状把握によって害虫防除効果の倍加が期待できる。

V ウイルスの量産

1 宿主による量産

野外で宿主を飼育し、ウイルスを感染させ増殖させる方法であるが、労力、場所などの制限もあり、特殊な昆虫に限定される。最も成功した例は群落をなして生息するマツノキハバチとか第8図に示したマツカレハ(現在では人工飼育)などがある。

近年、昆虫の人工飼育技術が発達し、多くの昆虫が大量飼育できるようになった。第9図に示したのはオビハマキの人工飼育の様子であるが、我が国においてもコカクモンハマキ、アメリカシロヒトリ、ヨトウガ、ハスモンヨトウなどについては優れた人工飼料、技術が開発されており、ウイルス量産に多大の成果をあげている。

2 代替宿主による量産

宿主昆虫が小さい場合あるいは飼育が困難な場合に用いられる方法であるが、成功例は少ないようである。理由として A の宿主ウイルスが B 宿主で増殖可能であっても B 宿主で増殖した A ウイルスは A 宿主に感染困難か不可能である例が多い。原因はウイルス粒子の感染力にあるのではなくて、形成された封入体タンパク

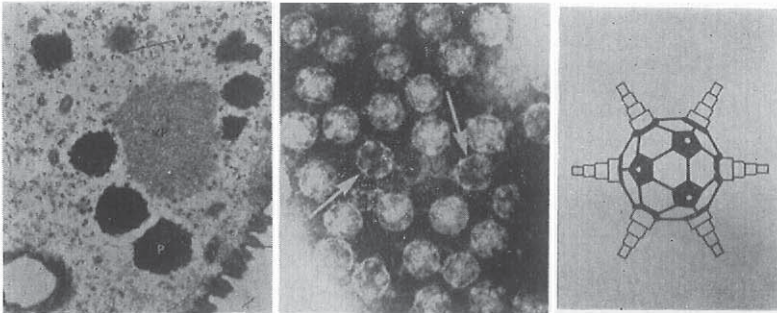
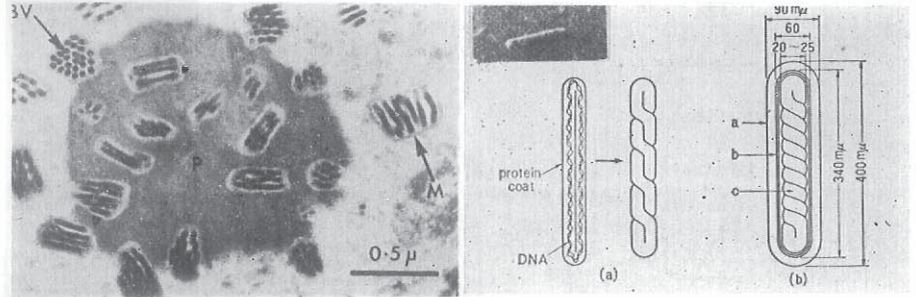


◀第1図 細胞質多角体病ウイルスの二重鎖 RNA
(アルコール中で毛糸状を呈する)

第2図 核型多角体病ウイルス▶

左: オビハマキの一種の多角体とウイルス粒子 (CUNNINGHAM)

右: カイコのウイルス粒子の模式図 (KOZLOU ら)

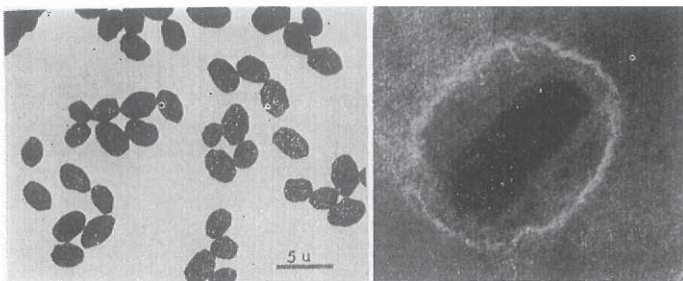
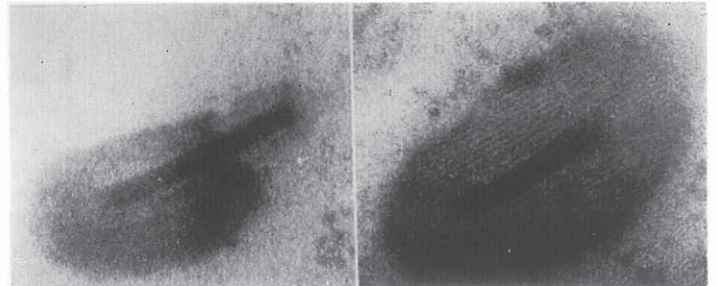


◀第3図 オビカレハの細胞質多角体病ウイルス

左: カイコの培養気管細胞に感染した多角体
中: ウイルス粒子
右: カイコのウイルス粒子の模式図 (保坂ら)

第4図 楕円小体病ウイルス (オビハマキの一種, BIRD) ▶

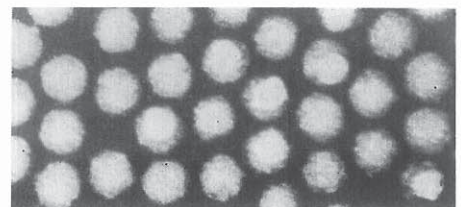
左: ウイルス粒子の封入
右: 封入体

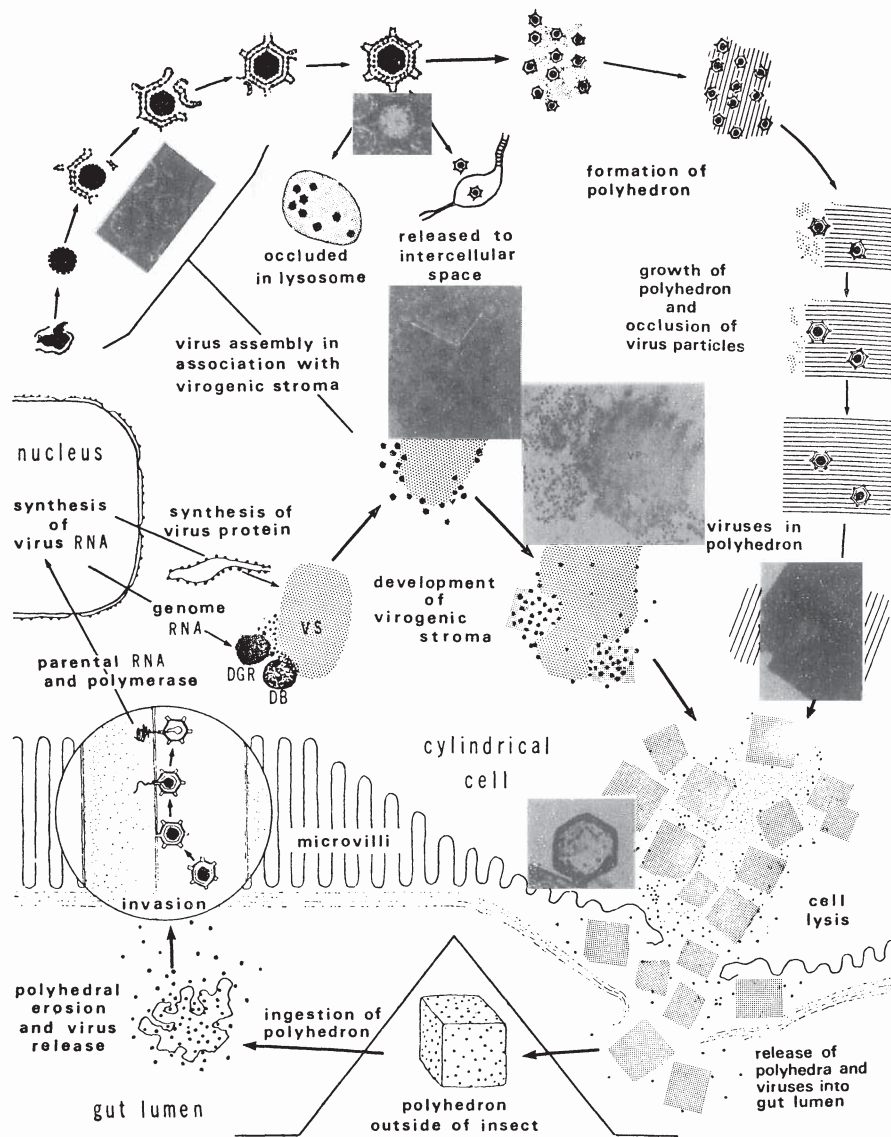


◀第5図 Entomopoxvirus (オビハマキの一種, BIRD)

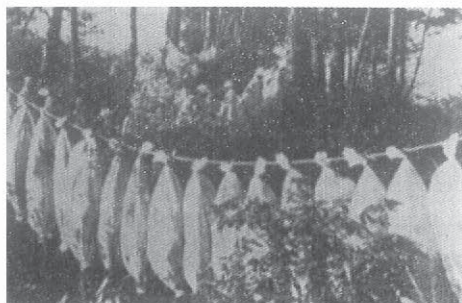
左: 封入体
右: ウイルス粒子

第6図 封入体非形成ウイルス (ミツバチの Sacbrood ウイルス, LEE ら) ▶

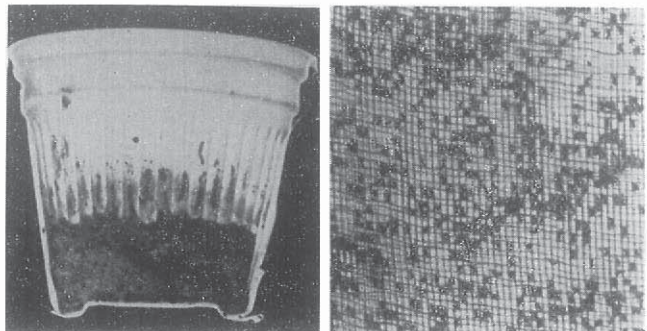




▲第7図 細胞質多角体病ウイルスの感染と増殖 (小林)



▲第8図 マツカレハの細胞質多角体病ウイルスの野外での量産 (片桐)



▲第9図 オビハマキの一種、幼虫の人工飼育によるウイルスの量産 (GRISDAL)
左: 容器 右: 幼虫

が宿主タンパクに依存するため、他の宿主にウイルス(封入体)を接種した場合、消化液による封入体タンパクの消化が困難でウイルス粒子が完全に遊離できないためであるらしい。

3 組織培養による量産

オーストラリアの GRACE, カナダの SOHI, 日本の三橋らの研究によって昆虫の組織培養も著しい進歩をみせている。ウイルス感染の方法もウイルス粒子または遺伝子核酸では困難であることが分かり、最近ではウイルスの核タンパク(コア)の利用でほとんど100%の感染を起こさせることが実験的に証明されている。現在の時点では、技術上ウイルスの量産に直接結びつけることは難しいが、遠くない将来において期待できる手法と言えよう。

おわりに

主として昆虫ウイルスの感染増殖について述べたが、実際ウイルスを害虫防除剤として利用するにあたっての問題点、すなわち昆虫ウイルスの安全性、ウイルスによる防除効果の評価、ウイルスの国内外における開発状況にふれ得なかったこと、また、本拙文を稿するにあたり

種々資料を提供された諸兄の貴重な成績を紙面の都合上割愛せざるを得なかったことについて深くお詫びするとともに謝意を表したい。

この機会が当社植物薬品部長平田 保博士によって心よく与えられたことを付記する。

参 考 文 献

昆虫ウイルスによる害虫防除に必要な一部の文献を下記する。

- 1) 有賀久雄(1969~): 昆虫と天敵シリーズ, 農業及び園芸 44(1)~.
- 2) 阿久津喜作(1972): 植物防疫 26: 19.
- 3) 鮎沢啓夫(1973): 防虫科学 38: 114.
- 4) 福原敏彦ら(1966): 植物防疫 20: 21.
- 5) 片桐一正(1973): 醸酵 51: 370.
- 6) 於保信彦(1971): 今月の農業 15: 49.
- 7) 農林省中国農試虫害研究室(1972~1973): 中国害虫資料 74: 77.

「植物防疫」専用合本ファイルについての お知らせとお願い

本誌を保存するのに便利な合本ファイルをご購入された方々からご好評をいただいておりますが、一時品切れでご迷惑をおかけしました。品物ができ上りました。この機会にご注文(現金・振替・小為替による前金で)願います。

なお、ご存知のように材料、手間賃などすべてが値上がりとなり、作製費が高騰してしまいました。まことに申しにくいこととございますが、1部**400円**に頒価を改訂せざるをえなくなりました。事情ご了承下さいませよう願いたします。

本会発行図書

農薬取締法関係法令集

A 5判 56 ページ **100円 送料 55 円**

農薬取締法, 同法施行令, 同法施行規則などの法令と農薬取締法の一部改正などの通達を1冊にまとめた書

委 託 図 書

北 陸 病 害 虫 研 究 会 報

〔新刊〕

第 21 号	定価 950円	送料 110円	1部 1,060円
第 3 号	定価 270円	送料 70円	1部 340円
第 4 号	〃 270円	〃 80円	〃 350円
第 5 号	〃 270円	〃 80円	〃 350円
第 7 号	〃 270円	〃 80円	〃 350円
第 8 号	〃 270円	〃 110円	〃 380円
第 9 号	〃 270円	〃 80円	〃 350円
第 10 号	〃 270円	〃 80円	〃 350円
第 11 号	〃 270円	〃 80円	〃 350円
第 12 号	〃 270円	〃 80円	〃 350円
第 13 号	〃 350円	〃 80円	〃 430円
第 14 号	〃 350円	〃 80円	〃 430円
第 15 号	〃 350円	〃 80円	〃 430円
第 16 号	〃 350円	〃 80円	〃 430円
第 17 号	〃 400円	〃 110円	〃 510円
第 18 号	〃 400円	〃 80円	〃 480円
第 19 号	〃 600円	〃 80円	〃 680円
第 20 号	〃 600円	〃 80円	〃 680円

第 1, 2, 6 号は品切れ

ご希望の向きは直接本会へ前金(現金・振替・小為替・切手でも可)でお申込み下さい。
本書は書店には出ませんのでご了承下さい。

害虫防除剤としての微生物代謝産物

東京大学農学部農芸化学科 たか はし のぶ たか
高 橋 信 孝

微生物の代謝産物の中に、様々な生理活性を有する物質が多数存在することはよく知られるところである。特に FLEMING によるペニシリンの発見以来、多数の抗菌性物質が見出され、臨床面で大いに役立つてきた。農業生産の面で微生物の代謝産物を利用する試みは、殺菌剤の開発の面で最もすぐれた成果をもたらしたと言えよう。

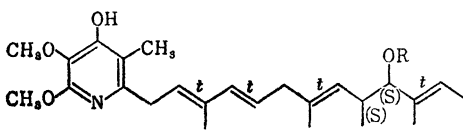
一方、害虫防除の面からすると、必ずしも大きな実用的成果がもたらされたとは言えないが、最近昆虫に対して生理活性を有する幾つかの物質が微生物から単離されるに至り、今後この方面での研究の進展が大いに期待されるものがある。本稿においては、現在までに微生物から単離され、殺虫（あるいは殺ダニ）活性を有する物質について解説することにする。

微生物の代謝産物の中に殺虫成分を求めるアプローチは、次の二つに大別できよう。一つは抗生物質の検索においてなされたように、微生物の培養液について、殺虫活性を指標として、ランダムスクリーニングを行う方法であり、他は昆虫病原菌の代謝産物の中に、病原性の原因物質を求める方法である。

I ランダムスクリーニングによって 見出された殺虫性物質

1 piericidin 類

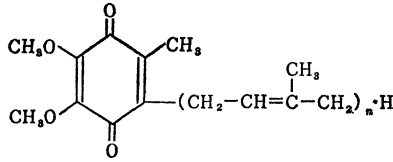
TAMURA ら¹⁾は、放線菌の代謝産物のなかに殺虫性物質を検索する過程で、*Streptomyces mobaraensis* と命名された 1 菌株の菌体抽出物が、カイコに対して強力な接触毒性を示すことを見出し、その活性物質の本体 2 種を単離し、それらを piericidin A 及び B (以下 PA, PB と略記) と命名した。それらの構造式は、TAKAHASHI ら^{2,3)}により、立体構造を含めて、I, II のように決定された。



I piericidin A, R=H
 II piericidin B, R=CH₃

第1表 piericidin 類の殺虫、殺ダニ活性

イエバエ：局所施用，48時間後の死亡率 %								
	4	2	1	0.5	0.25	μg/fly 0.125		
PA	100.0	82.5	58.0	17.1	2.5	0		
PB	87.5	66.7	46.3	2.5	2.5	0		
antimycin A	97.5	92.5	81.5	75.0	2.5	2.5		
チャバネゴキブリ：局所施用，48時間後の死亡率 %								
	8	4	2 μg/roach					
PA	80.0	40.0	10.0					
PB	30.0	10.0	0					
antimycin	50.0	40.0	20.0					
ニカメイチュウ：局所施用，48時間後の死亡率 %								
	60	20	12	6	μg/larva 2.4			
PA	100.0	56.7	43.3	13.3	0			
PB	93.3	60.0	36.7	10.3	0			
Me-parathion								
	0.6	0.24	0.12	0.16	μg/larva 0.024			
	100.0	90.0	33.3	6.7	0			
カイコ：局所施用，24時間後の死亡率 %								
	4.8	2.4	1.2	0.48	μg/larva 0.24 0.12			
PA	100.0	90.0	32.0	2.0	0			
PB	100.0	88.8	26.0	0	0			
Me-parathion	—	—	100.0	66.0	18.0	0		
モンシロチョウ幼虫：局所施用，24時間後の死亡率 %								
	96	48	24	9.6	4.8	2.4	0.96	0.48
PA	100.0	75.0	56.7	40.0	8.3	0	—	—
PB	100.0	73.3	48.3	36.7	5.0	0	—	—
Me-parathion	—	—	—	98.3	75.0	53.3	6.7	0
モモアカアブラムシ：噴霧，24時間後の死亡率 %								
	160	80	40	20	10 ppm			
PA	96.9	97.2	92.2	75.8	83.6			
PB	98.4	97.3	74.8	74.9	57.7			
antimycin A	88.0	75.3	3.3	0	0			
rotenone	100.0	100.0	100.0	98.8	96.1			
ニセナミハダニ：浸漬，24時間後の死亡率 %								
	20	10	5	2.5	1.25ppm			
PA	100.0	100.0	90.2	65.7	62.5			
PB	69.3	54.2	26.0	9.3	5.7			
antimycin A	100.0	100.0	95.9	85.1	85.7			

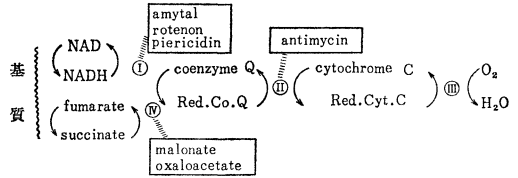


III coenzyme Q

PA 及び PB の殺虫、殺ダニ効果³⁾をまとめたものが第1表である。

一般的にいて、piericidin 類は、イエバエ、モンシロチョウ幼虫、ハダニ、アブラムシ類に対しては強力な殺虫効果を示すが、ニカメイチュウ、ゴキブリなどに対する殺虫効果は必ずしも高くない。また、PA, PB のマウスに対する急性毒性(経口)はそれぞれ 3.3 mg/kg, 55.0 mg/kg と相当高く、その特異な殺虫効果にもかかわらず現在のところ実用的殺虫剤として利用されるに至っていない。

piericidin の構造と呼吸における電子伝達系の中で重要な機能を果たしている coenzyme Q (Co. Q) (III) の構造との間には、多くの類似点が認められる。例えば、piericidin の母核はピリジンであるが、その置換パターンは、Co. Q のキノン母核のそれと全く同一であり、両者とも長い鎖状の側鎖を有している。ただし Co. Q においては、メチル基、二重結合が規則的に配列したイソプレニル鎖であるのに対し、piericidin のそれは、メチル基、二重結合が不規則に配列している点が異なっている。この事実は pionicidin が、電子伝達系における Co. Q の作用点に対して阻害活性を示すことを示唆する。JENG ら⁴⁾は、ウシの心臓のミトコンドリアを用いて PA が $3.6 \times 10^{-5} \mu \text{ moles/mg protein}$ の濃度で NADH 酸化酵素の活性を不可逆的に完全に阻害し、また、コハク酸脱水素酵素活性を、高濃度 ($1 \mu \text{ moles/mg protein}$) で可逆的に阻害することを明らかにし、上述の推定の正しいことを立証した。MITSUI らもラットの肝臓及びゴキブリの筋肉ミトコンドリアを用いた実験で同様の結論を得ている。更に HORGAN ら⁵⁾はミトコンドリアあるいは、電子伝達性顆粒に対して、piericidin は不可逆的に結合すること、同様の結合は rotenone, amytal でも起こるが、piericidin はすでに結合した rotenone, amytal を遊離させておきかわることから pionicidin, rotenone, amytal は、電子伝達系の同一部位に作用し、その部位に対する結合性は pionicidin, rotenone, amytal の順に弱まることを示した。電子伝達系の模式図と重要な阻害物質の作用点を示したものが第1図である。代表的な植物性殺虫物質である rotenone と構造的にはあま



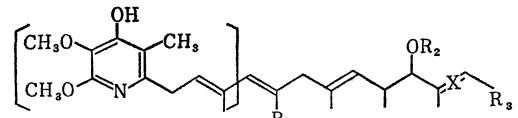
- I NADH-coenzyme Q reductase
- II Red. Co. Q-cytochrome C reductase
- III Cytochrome C oxidase
- IV Succinate-Co. Q reductase

□ 阻害物質, …… 阻害部位

第1図 電子伝達系模式図及び阻害物質の作用部位

り類似性が認められない pionicidin が、同一の作用機作によって、殺虫性を発揮することは、大変興味深いことである。

TAMURA らによる pionicidin の発見後も、放線菌の代謝産物について殺虫性物質の検索が行われたが、相当の頻度で pionicidin 類の生産菌が見出され、それら菌株間にあまり近縁関係が認められないものが多いことも判明している。最近農技研、理研、東大応微研と東大農学部筆者の研究室の間で共同で行った研究において、未同定の放線菌が、多種類の pionicidin 類縁体を生産することが判明しており、すでに PA, PB のほかに 10 種もが単離され構造が確定している。その一般的構造式は IV で表わされる。



R₁: H あるいは CH₃

R₂: H あるいは CH₃

R₃: CH₃ あるいは CH(CH₃)₂

X: = あるいは $\underline{\text{O}}$

IV

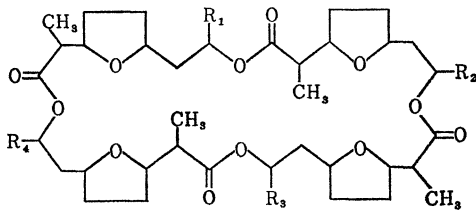
これら pionicidin 類縁体, PA, PB の誘導体, また、合成同族体の生理活性を検討した結果、強力な電子伝達系阻害活性を表わすに必要な最小構造単位は、IV の [] と考えられている。

2 tetranactin

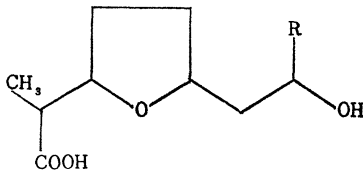
ANDO ら⁶⁾は、放線菌 *Streptomyces aureus* (S-3466 株) の菌体から、アズキゾウムシに対して殺虫性を示す物質を単離した。この物質は、抗菌性、抗原虫活性を有する

nonactin (V) とその化学的性質が類似しており, tetranactin と命名され, その構造も ANDO ら⁶⁾により VI と決定された。これらの物質は, VII のような構造単位が環状エステル結合した物質群で, macrotetrolide と総称されている。

tetranactin の殺虫, 殺ダニ活性⁷⁾ をまとめたものが第2表である。アズキゾウムシやハダニに対して活性が強いことが特徴的である。特にハダニの成虫に対する殺ダニ活性は強力であり, しかも温血動物に対する急性毒性が極めて低い (LD₅₀ (マウス, 経口) 25,000 mg/kg) こととあまって, 殺ダニ剤としてすでに実用化されている。



V nonactin, R₁=R₂=R₃=R₄=CH₃
VI tetranactin, R₁=R₂=R₃=R₄=CH₂CH₃



VII

第2表 tetranactin の殺虫, 殺ダニ活性

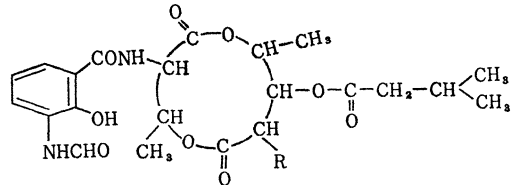
昆虫あるいはダニ類	処理法	LC ₅₀ あるいは LD ₅₀
ニセナミハダニ (<i>Tetranychus cinnabarinus</i>)	噴霧	4.8 μg/ml
アズキゾウムシ (<i>Callosobruchus chinensis</i>)	局所施用	0.8 μg/成虫
イエバエ (<i>Musca domestica</i>)	〃	>4.0 μg/成虫
ニカメイチュウ (<i>Chilo suppressalis</i>)	〃	>4.0 μg/幼虫
モモアアブラムシ (<i>Myzus persica</i>)	噴霧	340 μg/ml
ツマグロヨコバイ (<i>Nephotettix cincticeps</i>)	ドライフィルム	>400 μg/ml

3 その他の殺虫性物質

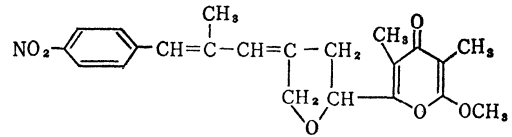
放線菌の生産する antimycin (VIII) も, 第1表に示すように殺虫作用を示すことが知られている。この物質の作用点は, 第1図に示す電子伝達系の red. coenzyme

Q-cytochrome C reductase の部位であることが明らかにされている。

また, *Streptomyces thioluteus* の生産する抗生物質 aureothin (IX) も強い殺ダニ活性, 殺虫作用を有することが OISHI らによって示されている。



VIII antimycin A₁ R = n-C₆H₁₁
antimycin A₃ R = n-C₄H₉
(blastmycin)



IX aureothin

II 昆虫病原菌から単離された毒素

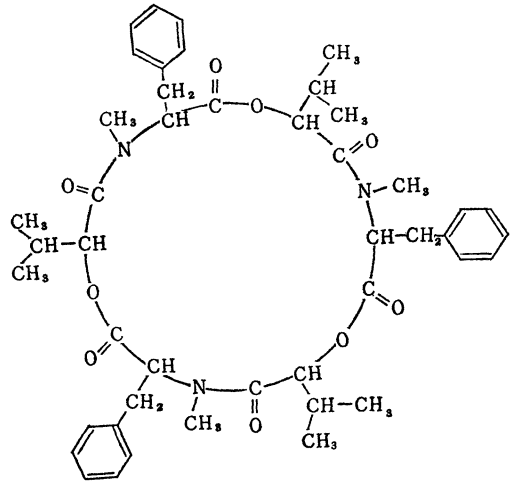
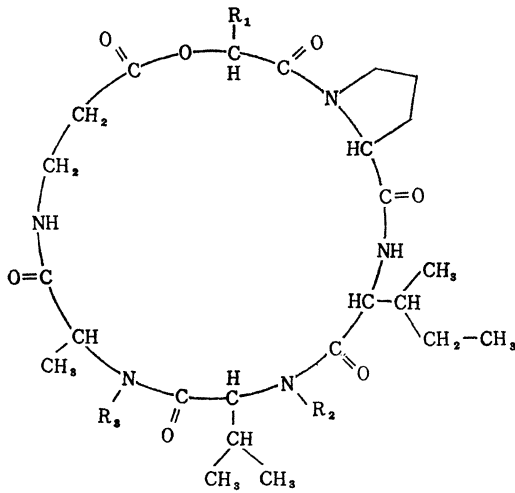
1 昆虫硬化病菌の生産する毒素

糸状菌によってひきおこされる昆虫の病気には硬化病菌 (muscardine) と呼ばれているものがあり, カイコの硬化病には, *Metarrhizium anisopliae* による黒きょう病, *Beauveria bassiana* による白きょう病, *Aspergillus oryzae* あるいは *flavus*, *A. ochraceus*, *Sterigmatocystis japonica*, *S. fulva* によるこうじかび病, *Isaria farinosa* による黄きょう病, *Spicaria pracina* による緑きょう病が知られている。

KODAIRA⁸⁾ は, 1962年 *M. anisopliae* の培養液から2種の毒素を単離し, destruxin A, B と命名し, その構造は TAMURA ら⁹⁾, SUZUKI ら¹⁰⁾により第2図のように決定された。SUZUKI ら¹¹⁾は引き続き同菌の培養液から, destruxin C, D, demethyl destruxin B, protodestruxin を単離, 第2図に示すようにその構造を決定した。5令のカイコに 5~15 μg/g の destruxin を注射すると, 直ちにまひを起し死亡する。

また, SUZUKI らは *M. anisopliae* に感染し死亡したカイコに, 0.02 μ mole/幼虫 の destruxin B, demethyl destruxin B が含まれていることを証明した。

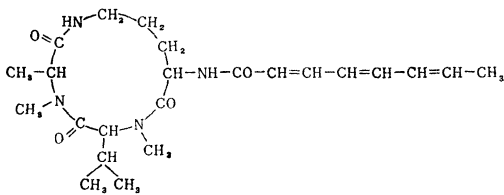
MYOKEI ら¹²⁾は, こうじかび病の病原菌である *A. ochraceus* の培養液から aspochracin と命名した1毒素を単離し, その構造を X のように決定した。5令のカ



XI beauvericin

	R ₁	R ₂	R ₃
destruxin A	CH ₂ =CH—CH ₂	CH ₃	CH ₃
destruxin B	CH ₃ —CH—CH ₂	CH ₃	CH ₃
destruxin C	HOCH ₂ —CH—CH ₂	CH ₃	CH ₃
destruxin D	HOOC—CH—CH ₂	CH ₃	CH ₃
demethyl-destruxin B	CH ₃ —CH—CH ₂	H	CH ₃
protodestruxin	CH ₃ —CH—CH ₂	H	H

第2図 destruxin 類の構造



X aspochracin

イコに 22 $\mu\text{g/g}$ の aspochracin を注射すると死亡する。一般に destruxin 類, aspochracin は, 注射によっては強い毒性を示すが, 接触毒性はほとんど認められない点特徴的である。

HAMILL ら¹³⁾は *B. bassiana* の培養液に含まれる毒素を *Aretemia salina* (brine shrimp) を試験生物として追跡した結果, beauvericin と命名された毒素を単離し, そ

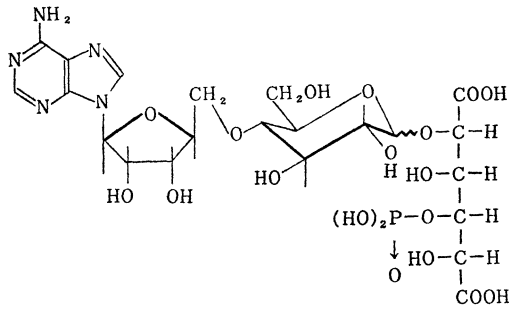
の構造を XI のように決定した。この物質は *A. Sarina* に対するばかりでなく, ボーフラに対しても毒性を示す。

これら昆虫硬化病菌によって生産される毒素類は, いずれも N-CH₃ パリン, N-CH₃ アラニン, N-CH₃ フェニルアラニンのような特殊な N-CH₃ アミノ酸を含む環状ペプチドであることは注目に値する。また, destruxin 類や beauvericin のように, オキシ酸が環状構造の中に含まれているいわゆるデプシペプチドが多く単離されていることは, 構造と毒性の関係あるいは生成の見地からして, 極めて興味深いことと言えよう。

2 *Bacillus thuringiensis* の毒素

昆虫の病原細菌の中で, *Bacillus thuringiensis* は, 広く昆虫に分布し, その研究が最も進んでいるものである。本細菌を培養し, 胞子が形成される段階になると細胞中に微細なタンパク質の結晶が現われ, 細胞の融解とともに培地中に放出される。このタンパク結晶を昆虫に与えると, 昆虫の摂食停止, 全身のまひが起る。現在では, この結晶性タンパクが, *B. thuringiensis* の示す毒性の原因物質の一つと考えられていて, δ -toxin と呼ばれる。この培養液の中には δ -toxin のほかに β -exotoxin と呼ばれるほかの毒素が生産されていることが明らかになりその単離が成功している。FARKAS ら¹⁴⁾は, *B. thuringiensis* var. *glechae* から単離された β -exotoxin の構造を XII のように決定している。

B. thuringiensis の胞子と δ -toxin の混合物の製剤は, 微生物農薬の一つとして実用化されつつあることは周知の事実である。また, 上述の研究結果から *B. thuringiensis* の示す毒性は, β -exotoxin や δ -toxin を初め他の幾つかの毒素の複合作用であろうと推定される。

XII β -Exotoxin

ここに述べた微生物性の天然殺虫性物質は、それ自体の実用化への期待ばかりでなく、新しい殺虫剤の開発につながるモデル化合物の発見という重要な意義を有するものと考えられる。また、これら物質の殺虫機構の解明は、新しいタイプの農薬の開発に資するところが大きいものと期待される。微生物の代謝産物の構造と生理活性の多様性から考えて、今後もこの分野での研究の発展が強く望まれるところである。

引用文献

- 1) S. TAMURA et al. (1963) : Agr. Biol. Chem. 27 : 576.
- 2) N. TAKAHASHI et al. (1965) : J. Am. Chem. Soc. 87 : 2006, (1966) : Agr. Biol. Chem. 30 : 1.
- 3) ——— et al. (1968) : Agr. Biol. Chem. 32 : 1115.
- 4) M. JENG et al. (1966) : Biochem. Biophys. Res. Comm. 25 : 373.
- 5) D. J. HORGAN et al. (1968) : J. Biol. Chem. 243 : 834.
- 6) K. ANDO et al. (1971) : J. Antibiotics 24 : 347 ; ——— et al. (1971) : ibid. 24 : 418.
- 7) T. SAGAWA et al. (1972) : J. Econ. Entomol. 65 : 372.
- 8) Y. KODAIRA (1962) : Agr. Biol. Chem. 26 : 36.
- 9) S. TAMURA et al. (1964) : ibid. 28 : 137.
- 10) A. SUZUKI et al. (1966) : ibid. 30 : 517.
- 11) ——— et al. (1970) : ibid. 34 : 813.
- 12) R. MYOKEI et al. (1969) : ibid. 33 : 1491.
- 13) R. L. HAMILL et al. (1969) : Tetrahedron Lett. 4255.
- 14) J. FARKAS et al. (1963) : Collect. Czoch. Chem. Commun. 34 : 1118.

本会発行図書

果樹ハダニ類の薬剤抵抗性に関する研究

B 5 判 112 ページ 1,000 円 送料 115 円

1963～72 年にわたる研究組織の成果を要約したもので、

第 1 部は総説・基礎研究として

研究組織の経過および成果の概要、果樹ハダニ類の種類および寄主植物、殺ダニ剤の効果検定法（室内検定法、ほ場における簡易検定法、ほ場試験の効果評価法）、ハダニ類における薬剤抵抗性機作および遺伝、殺ダニ剤の交代使用

第 2 部は応用研究としてダニ類の薬剤抵抗性について

リング寄生ハダニ類（青森県、秋田県、岩手県、宮城県、長野県）、ミカンハダニ（和歌山県、広島県、愛媛県、長崎県）、ミカンハダニおよびミカンサビダニ（佐賀県）、ナシ寄生ハダニ類（福島県、千葉県）
チャ寄生カンザワハダニ

付表：とう汰実験による薬剤抵抗性増大事例、効果減退薬剤とその代替薬剤、主要殺ダニ剤の種類名・商品名対照表 他に英文摘要を併録

お申込みは前金（現金・振替・小為替）で本会へ

除草剤としての微生物代謝産物

日本化薬株式会社 いし だ しゅう いち
石田秀式

はじめに

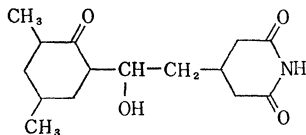
農業用抗生物質はこれまで、もっぱら植物病害防除剤として開発されてきたが、最近になって害虫防除にも適用されるようになった。抗生物質、あるいは植物病原菌が生産する植物毒素の高等植物に対する害作用については多くの報告があるが、微生物代謝産物を雑草防除剤として開発することはまだ成功していないし、近い将来実現するかどうかを予測することも難しい現状である。

現在使用されている除草剤は、除草効力、毒性、価格の点では特に大きな問題はなく、今後とも需要は増加するとみられているが、一方、除草剤の連用などが原因で増加してきている特殊雑草に効く除草剤、薬害による経済的損失を少なくするために、作物に対して今以上に安全性の高い選択性除草剤、環境汚染や生産物汚染の点で安心して使用できる除草剤、が現場の新たな要望としてあがってきているのも事実である¹⁾。

このように難しい課題が与えられている今後の新除草剤をどのようにして開発していったらよいか、ということについては既に提案²⁾があるが、微生物代謝産物を素材にして新合成除草剤を開発していくこともまた有効な手段の一つであろう。このような観点から、本稿では、抗生物質と植物病原菌が生産する植物毒素の高等植物に対する作用について述べたあとで、anisomycin から NK-049 が開発された過程を具体例として紹介したい。

I 抗生物質

1 actidione^{3,4)} (I)

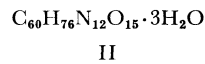


I

100 µg/ml の濃度でルーサンの幼苗は子葉が完全に白化し、生育はほとんど停止する。子葉の白化はクロロフィルの生合成が阻害されるためである。5 ppm 以上でウキクサ (*Lemna minor*) は枯死する。I は高等植物においてもタンパク合成阻害剤として働いており、葉緑体の

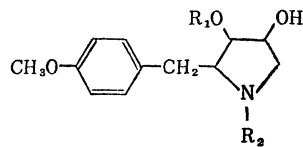
生成、植物の生長に影響を与えていると考えられるが、一方、タンパク合成阻害よりも、細胞代謝に影響を与えてイオンのとり込みを阻害し、エネルギーの供給を絶つという見方⁵⁾もある。なお、*Neurospora crassa* におけるカロチノイド合成が I によって完全に阻害されることは、I のクロロシス誘導作用と関連して注目される。

2 actinomycin D⁶⁾ (II)



etiolate したトウモロコシやインゲンの葉が緑化する過程を阻害する。この機構は明らかでないが、m-RNA の生成阻害によるのかもしれない。また、ダイズの胚軸組織においても II は RNA 合成を阻害する。

3 anisomycin^{4,7)} (III)



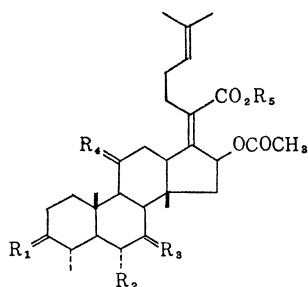
III (R₁: CH₃CO, R₂: H)

IV (R₁, R₂: H)

V (R₁, R₂: CH₃CO)

トリコモナス症の治療に使用される抗生物質であるが、ウキクサ (*Lemna minor*) を 20 ppm で殺草する。サトウキビを合成培地を用いて cell suspension 培養をすると、III の 5~20 µmol で細胞タンパクへのロイシンのとり込みが一部阻害され、20 ppm では生育が阻害される。III の高等植物に対する阻害作用は宗像らによって明らかにされたが、12.5 ppm 以上で、イネ、ヒエ、メヒシバ、ルーサンなどの幼苗の生育、とりわけ幼根の伸長を強く阻害する。例えば、ヒエの幼根の伸長は 12.5 ppm で 40~60% 阻害されるが、幼芽のほうは 100 ppm でも 40% 以下の阻害である。III を加水分解して得られる IV は、イネ、ヒエに対して III よりむしろ強い活性を示すが、III でみられるような幼芽/幼根間の選択性はない。III と無水酢酸の反応で得られる V は 100 ppm で全く活性を示さない。

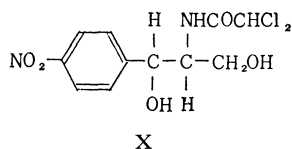
4 cephalospolin P₁ (VI), viridomycin acid A (VII), B (VIII), C (IX)



- VI (R₁: α-OH, β-H, R₂: OCOCH₃,
R₃: β-OH, α-H, R₄: H₂, R₅: H)
IX (R₁: α-OH, β-H, R₂: OCOCH₃,
R₃, R₄: β-OH, α-H, R₅: H)

これらは未同定糸状菌が生産するクロロシス誘導物質である⁸⁾が、このうち VI は既知の抗生物質である。ハクサイ、ヒエの幼苗に 1~100 ppm でクロロシスを起こすが、あとの生育には影響を与えない。クロロシス誘導活性は VII>VIII>VI>IX の順番である。このクロロシスは Fe⁺⁺⁺, Mg⁺⁺, ジベレリン, カイネチンによって緩和しない。

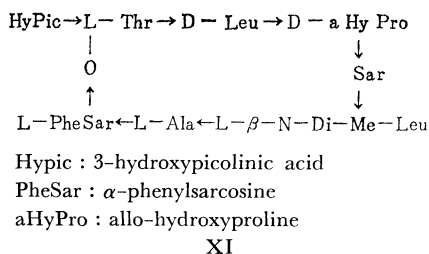
5 chloramphenicol^{3,6)} (X)



発芽前処理では、レタス、ライグラスの幼芽の伸長を阻害し、発芽後処理ではタガラシを枯すなど、かなりの除草活性を示す。X の高等植物及び藻類の葉緑体に対する阻害作用は特に注目される。葉緑体タンパク合成がほかの細胞タンパク合成よりも強く阻害される。一般にアミノ酸を活発にとり込む系を持っているタバコ、ホウレンソウのような植物の葉緑体は X に対して感受性が高いが、これは X がこのような植物の葉緑体リボソームには作用するが、ほかの細胞リボソームには作用しないからである⁹⁾。このほか X は、クロロフィルの生合成、光合成時の酸素発生、あるいは電子伝達や光リン酸化に関与するタンパクの合成など、植物の光反応に関与している重要な過程を阻害することが知られている。X の作用は細菌においてはリボソームで t-RNA のアミノ酸がタンパクにくみ込まれるところを阻害するものとされているが、同じことが葉緑体でも起こっているかは分かっ

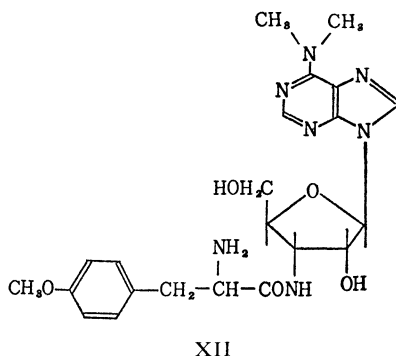
ていない。

6 etamycin¹⁰⁾ (XI)



グラム陽性菌に有効な環状ポリペプチドである。トマト、インゲン、レンズマメ、キャベツなどの双子葉植物より、ムギなどの単子葉植物の幼苗に強く作用する。植物の若幼部あるいは分裂組織における葉緑体の形成をおさえるが、できあがった葉緑体には作用しない。いったん起きたクロロシスは Mn⁺⁺, Ca⁺⁺ によっては回復しないが、Cu⁺⁺ によって少し回復する。

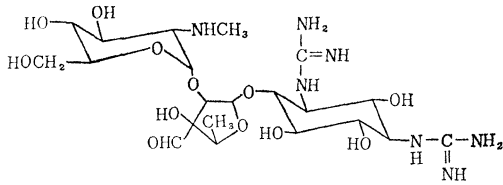
7 puromycin⁶⁾ (XII)



t-RNA と構造が類似しているタンパク合成阻害剤であるが、植物ではホウレンソウ、タバコの葉緑体へアミノ酸がとり込まれる過程、あるいはダイズの胚軸部のタンパクに ¹⁴C-ロイシンがとり込まれる過程が XII によって阻害される。

8 streptomycin⁹⁾ (XIII)

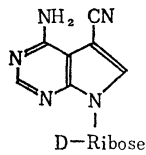
幼苗の生長を著しく阻害する。このとき、植物のミトコンドリアは非常に不規則な形になる。XIII の作用を受けた植物の葉や子葉鞘の有色体ではクロロフィル微小板の発達が遅れている。XIII の作用の中で最も注目されるのは、強いクロロシス誘導活性であり、多くの植物が XIII によって葉緑体が破壊されクロロシスとなる。XIII 存在下で発芽させたハダカムギの幼芽は一部ないし完全にクロロフィルとカロチノイドを欠いているが、インゲン幼苗でも XIII によってカロチノイドの生合成が阻害される。高等植物ではないが、ミドリムシ (*Eu-*



XIII

glena gracillis) は低濃度の XIII によって葉緑体の生成能力を永久に失ってしまう。これは葉緑体細胞から DNA が削除されてしまうからかもしれない。XIII による植物の生育阻害は Mn^{++} によって回復する。

9 toyokamycin⁷⁾ (XIV)

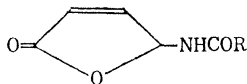


XIV

25 ppm で、イネ、ヒエ、メヒシバ、ルーサン、トマト、カブの幼苗の生長を阻害する。

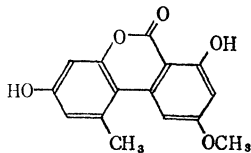
II 植物病原菌が生産する植物毒素

1 4-acetamido-4-hydroxy-2-butenic acid- γ -lactone¹¹⁾ (XV)

XV (R : CH₃)XVI (R : C₂H₅)XVII (R : C₃H₇)

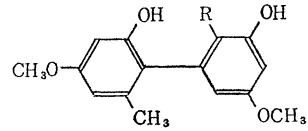
Fusarium nivale が生産する物質で、乾草によるウシの中毒因子として発見された¹²⁾。XV 及び同族体の XVI, XVII は禾本科植物の発芽、生長を抑制しないが、ほかの科の植物の発芽、生長を抑制する。

2 alternariol monomethylether^{13,14)} (XVIII)



XVIII

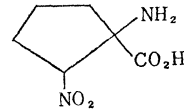
Alternaria tenuis 及び *A. kikuchiana* の代謝物で、タバコの葉脈に注射するとクロロシスが起きる。ナシでは、XVIII 及びその誘導体、XIX, XX は葉脈にそって

XIX (R : CO₂H)

XX (R : H)

necrosis を起こす。

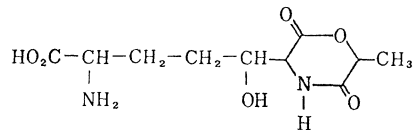
3 1-amino-2-nitrocyclopentane-carboxylic acid¹⁵⁾



XXI

Aspergillus wentii の代謝物で、インゲンの葉に強い葉害を起こすだけでなく、頂芽優先の破壊、腋芽の分枝、クロロフィル合成阻害、葉や花の形態的变化などをひき起こす。

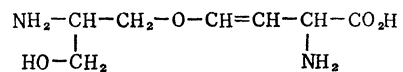
4 α -lactylamino- β -hydroxy- ϵ -aminopimelic acid lactone¹⁶⁾ (XXII)



XXII

タバコの野火病菌, *Pseudomonas tabaci* の生産する不安定な植物毒素で、タバコの葉にクロロシスを起こす。メチオニンが特異的に拮抗する。

5 rhizobiotoxine¹⁷⁾

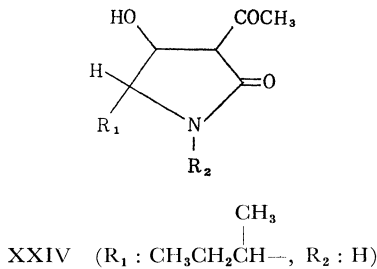


XXIII

ダイズのクロロシスの原因となる *Rhizobium japonicum* の代謝物である。不安定でわずかの土で失活するが、界面活性剤を添加することによって、かなり高い除草活性が認められるようになった。発芽前処理によってカラシナの根伸長及びクロロフィル合成を阻害するが、活性は ATA と同程度である。発芽後処理では同じくカラシナに対して ATA より強い活性を示し、まずクロロシスと根伸長阻害が起こり、続いて生長が抑制され、ついに枯

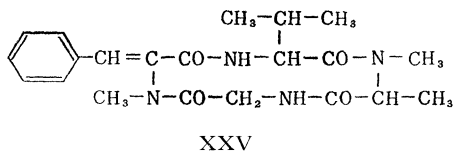
死する。選択殺草性が認められ、ソルガム、メヒシバには大へ中の効力を示すが、コムギやケンタッキーブルーグラスにはあまり作用しない。2葉期のソルガムに処理すると、第3葉は出葉がおくれ、形は正常であるが、完全に白化している。その後に出葉する第4、5葉は奇形である。これはおそらく、XXIIIがエチレンの生成を阻害して、植物ホルモンのバランスをくずすためではないかと考えられている。

6 tenuazonic acid¹⁸⁾



Alternaria longipes, *A. tenuis* が生産する黄色暈生成毒素である。タバコ、タイサイ、ダイコンに毒性を示すが、イネ、ススキには無害である。R₁が枝分かれしたり、R₂がフェニル基である合成誘導体は、XXIVよりも植物毒性が大きくなる。

7 tentoxine^{19,20)} (XXV)



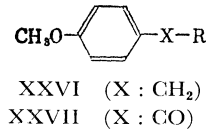
Alternaria tenuis が生産する植物毒素である。ワタ、キュウリなどの双子葉植物の子葉にまだらなクロロシスを起こすが、トウモロコシ、トマトには起こさない。この作用はクロロフィルの破壊ではなく、色素の生合成阻害であるらしい。

III NK-049 の開発

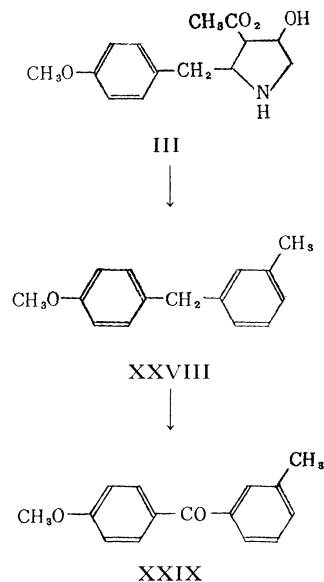
最近の除草剤は、天然の植物生育調節物質とはかかわりなく系統的に化合物を合成し、スクリーニングして発見したものが圧倒的に多い。しかし、植物ホルモン IAA からフェノキシ系除草剤が開発されたことを思えば、高等植物に作用性のある微生物代謝産物をもとにして、構造類似の化合物を合成し、生物学的評価を進めれば、新しい除草剤が見つかる可能性があるはずである。さらに、微生物代謝産物の化学構造は実にさまざまであるので、

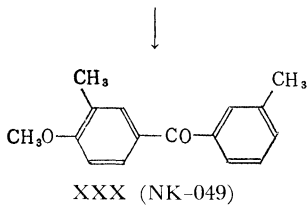
ユニークな原型が得られることも期待される。

1967年に宗像らは *Strep. sp. No. 638* 株から二つの植物生長阻害物質を分離したが、それらは **anisomycin** (III) と **toyokamycin** (XIV) であった。このうち、III は先に述べたように、作用性に特徴があるだけでなく、合成化合物への誘導が容易であると考えられたので、III を素材にして誘導体の合成を行うことになった。



p-methoxyphenyl 基を分子内に有する植調剤が幾つか知られているが、III はそのグループの塩基性基を持った一員であるという考えから、XXVI 及び XXVII がまず検討された。生物試験の結果、R がフラン、ピロール、チオフェン、ベンゼン、ピリジンの化合物に雑草の生長を阻害する活性が認められた。置換ベンゼン誘導体では、3'-メチル誘導体 (XXVIII, XXIX) が高度の選択除草活性を示した。次に、XXIX を母化合物とする誘導体について構造-活性相関の検討及びほ場試験による選抜を行って、NK-049 (XXX) が開発されるに至った。NK-049 は目下、水田と畑で実用性が認められつつあるが、極めて低毒性で、残留性も短いという特性があり、天然物 IAA から誘導された 2,4-D や MCP の特性と相通ずるものがあるのは興味あることである。





引用文献

- 1) 松中昭一 (1972) : 雑草研究 10 : 8.
- 2) ——— (1974) : 今月の農薬 18 : 82.
- 3) J. T. O. KIRK (1966) : Biochem. J. 101 : 3P.
- 4) L. G. NICKELL et al. (1970) : Hawaiian Planters' Record 58 : 71.
- 5) R. J. ELLIS et al. (1970) : Plant Physiol. 46 : 227.
- 6) C. C. BLACK et al. (1966) : Weeds 14 : 331.
- 7) O. YAMADA et al. (1972) : Agr. Biol. Chem. 36 : 2013.
- 8) H. KAISE et al. (1972) : ibid. 36 : 120.
- 9) R. J. ELLIS (1969) : Sci. 163 : 477.
- 10) A. D. CERCO (1964) : Phytopath. 54 : 741.
- 11) 辰野 高ら (1972) : 特公昭 47-34 132.
- 12) S. G. YATES et al. (1968) : Phytochem 7 : 139.
- 13) P. W. PERO et al. (1970) : Phytopath. 60 : 1570.
- 14) 鳥潟博高ら (1969) : 日植病報 35 : 62.
- 15) B. F. BURROW et al. (1966) : J. Chem. Soc.(C) 1966 : 255.
- 16) D. W. WOOLEY et al. (1955) : J. Biol. Chem. 215 : 485.
- 17) L. D. OWENS (1973) : Weed Sci. 21 : 63.
- 18) 三上洋一ら (1970) : 日本農芸化学会 45 年大会講演
- 19) N. D. FULTON et al. (1965) : Phytopath. 55 : 49.
- 20) G. E. TEMPLETONE et al. (1967) : ibid. 57 : 833.

新しく登録された農薬 (49.3.1~3.31)

掲載は登録番号, 農薬名, 登録業者(社)名, 有効成分の種類および含有量の順.

『殺虫剤』

DDVP エアゾル

13240 エアゾル VP 大阪エヤゾール工業 DDVP
20.0%

『植物成長調整剤』

13239 シオノックス水和剤〔シオノックス〕

塩野義製薬 二酸化ケイ素 75.0%

新刊本会発行図書

登録農薬適正使用総覧

農林省農蚕園芸局植物防疫課 監修

8,000 円 (昭和 48 年 1~12 月の 1 年間分) 送料サービス

現在 昭和 48 年 1~6 月分発行済, 7 月以降整版中

B 5 判 加除式カード形式 表紙カバー付

昭和 48 年 1 月 14 日以降に再登録され, 毒性および残留性に関する試験成績に基づき, その安全性が評価された農薬の再登録年月日, 種類名, 名称, 有効成分の種類及び含有量, 適用病害虫の範囲及び使用方法(作物名, 適用病害虫名, 10 アール当り使用量, 希釈倍数, 使用時期, 使用回数, 使用方法)などを詳細にとりまとめた資料

お申込みは前金(現金・振替・小為替)で本会へ

中央だより

— 農 林 省 —

○昭和 48 農薬年度農薬の生産、出荷数量まとまる

48 年度 (47.10~48.9) の農薬生産額は、1,230 億円 で前年に比べて 15.4% 増加し、一方、出荷額は、1,178 億円 で前年に比べて 17.1% 増加し、生産、出荷額の伸びは 40 年代前半のそれに匹敵するまでに至った。

農薬生産額の内訳をみると、殺虫剤 457 億円、対前年比 10.2% 増、殺菌剤 298 億円、17.0% 増、殺虫殺菌剤 75 億円、6.9% 増、除草剤 364 億円、22.3% 増などとなっており、出荷額についてもほぼ同じような傾向がみられる。殺菌剤が大幅に伸びたのは昨年に引き続き園芸用殺菌剤が伸びているためであり、また、除草剤は農家兼業の深刻化を背景に毎年 20% に及ぶ高い伸びを示している。

出荷額を水稲用と園芸その他用に分けてみると、水稲用出荷額は 521 億円、構成比 44.2%、園芸その他用の出荷額は 657 億円、55.8% と推定され、全農薬出荷額に占める水稲用農薬の割合は依然として漸減している。しかし、その低下傾向は本年に至って鈍化している。

農薬の低毒性化の傾向は、農薬による危被害及び農産物中における残留毒性の社会問題化に伴い急速に進展しており、48 年度においては特定毒物が全体の 0.2%、毒物 1.8%、劇物 35.2%、普通薬 62.8% となっており、前年に比べてとくに毒物の割合が減少し、劇物の割合が高まった。

48 年度の農薬輸出額は、国交回復を契機として中国向けが倍増したことなどにより前年に比べて 28.0% 増の 144 億円に達した。仕向地別にみると、中国が 25 億円、順調に伸びた韓国が 19 億円、やや減少したソ連が 10 億円、以下、フランス、アメリカ、台湾、北朝鮮と続いている。

輸出の内訳は、原体、中間体が 92 億円に達し前年の 55% から 64% に伸び、かつてなかった原体輸出への傾斜を示した。一方、製剤の輸出は殺虫剤 22 億円、殺菌剤 14 億円、除草剤 13 億円などとなっており、前年に比べて殺菌剤の輸出が大幅に増加した。

品目の主な動向をみると、原体、中間体では MEP (中国、カナダなど)、ダイアジノン (韓国など)、PAP (韓国など)、DDVP (インドなど)、チオファネートメチル (フランスなど)、チオファネートエチル (イタリアなど)、TPN (アメリカなど)、ベンチオカーブ (台湾な

ど)、製剤ではダイアジノン乳剤 (中国など)、ダイアジノン粒剤 (バングラディッシュなど)、MIPC 水和剤 (フィリピンなど)、CPAS・BCPE 水和剤 (ソ連など)、チオファネートエチル水和剤 (中国など) などが前年を上回った。また、本年度新たに輸出された品目としてはクロメトキシニルなどであった。

次に輸入は、前年に比べて 26.4% 増の 163 億円であった。輸入の内訳は原体が 98 億円 で前年に比べて 39.8% 増、製剤は 64 億円 で 10.2% 増であった。品目別では、原体で MPP、ランネート、シメトリン、モリネート、製剤ではベンレート、マンネブ、DPA、ジクワット、プロマシルなどの増加が目立った。

○広域防除組織活動促進対策中央検討会開催さる

4 月 26 日、農蚕園芸局会議室において地方農政局、沖縄総合事務局、農林省関係部局及び農業団体の参集のもとに開催された。

まず、植物防疫課大塚課長補佐の挨拶ののち、病虫害防除の現状ならびに全国農業協同組合連合会、全国共済協会からそれぞれの防除組織対策、事業の推進などについて説明があり、質疑応答が行われた。

次いで、指導推進体制の整備ならびに広域防除実施組織育成整備の基本的考え方、広域防除組織の構成と運営及び事業の実施要領 (案) などについて説明があり、質疑応答が行われた。

○病虫害発生予報第 1 号発表さる

農林省は 49 年 4 月 27 日付け 49 農蚕第 2548 号昭和 49 年度病虫害発生予報第 1 号でもって、主な病虫害の向こう約 1 か月間の発生動向の予想を発表した。その概要は、①発生時期は全般的に並ないしやや遅い。②5 月中旬に大発生して問題となるような病虫害はない。といったものである。なお、今回の予報にとりあげられた病虫害は下記のとおりである。

〔イネ〕 苗立枯病、ニカメイチュウ、ヒメトビウシカ、ツマグロヨコバイ、〔ムギ〕 さび病類、うどんこ病、赤かび病、〔カンキツ〕 そうか病、黒点病、かいよう病、ヤノネカイガラムシ、ミカンハダニ、〔リンゴ〕 モニリア病、うどんこ病、キンモンホソガ、リンゴハダニ、クワコナカイガラムシ、〔ナシ〕 黒斑病、黒星病、シンクイムシ類、コカクモンハマキ、ハダニ類、クワコナカイガラムシ、〔モモ〕 黒星病、モモハモグリガ、クワシロカイガラムシ、〔カキ〕 フジコナカイガラムシ、〔チャ〕 炭そ病、ハマキムシ類、チャノミドリヒメヨコバイ、カ

ンザワハダニ

○野そ発生予察実験事業成績検討及び計画打ち合わせ会開催さる

5月8～9日の2日間にわたり、農林省農業技術研究所に事業担当県、農林省などの関係者が参集して標記会議が開催された。

1日目は担当県からの成績の発表とそれについての検討が行われ、また、特に東北地方における豪雪に伴う被害の発生状況などの説明がなされた。2日目は今後の事業計画についての打ち合わせが行われた。

一環境庁一

○5農薬の登録保留基準追加告示さる

環境庁は、農薬取締法第3条第1項第4号に規定する農薬登録保留要件に該当するかどうかの基準（登録保留基準）を4月24日に以下のように追加告示した。これにより全部で26農薬の登録保留基準が告示されたことになる。

次の表の第1欄に掲げる農薬の成分は、同表第2欄に掲げる農作物などにそれぞれ同表第3欄に定める量をこえて含有されるものである。

第1欄	第2欄	第3欄
3,3'-エチレンビス(テトラヒドロ-4,6-ジメチル-2H-1,3,5-チアジアジン-2-チオン) (別名チアジアジン又はミルネブ)	果実	0.6ppm

2-インプロボキシフェニル N-メチルカーバメート (別名 PHC 又はアプロカブ)	米	1.0ppm
O, O-ジメチル S-フタルイミドメチルジチオホスフェート (別名 PMP)	米	0.1ppm 0.1ppm
	果実 (なつみかんの外皮を除く。) なつみかんの外皮 茶	2.0ppm 0.5ppm
インプロビル 4,4'-ジクロルベンジレート (別名クロルプロビレート)	果実	3.0ppm
2-クロル-1-(2,4-ジクロルフェニル) ビニルジエチル ホスフェート (別名 CVP 又はクロルフェンビンホス)	米	Z体及びE体の和として 0.01ppm
	果実	Z体及びE体の和として 0.2ppm
	野菜	Z体及びE体の和として 0.2ppm
	いも類	Z体及びE体の和として 0.1ppm
	豆類	Z体及びE体の和として 0.02ppm
茶	Z体及びE体の和として 0.2ppm	

(分析法は省略)

人事消息

津田保昭氏(東海農政局農政部構造改善課長)は農蚕園芸局植物防疫課課長補佐(防除班担当)に
川嶋良一氏(青森県農試場長)は農林水産技術会議事務局研究管理官に
愛甲一郎氏(近畿農政局生産流通部農産普及課課長補佐)は同上局副研究管理官に
浅田幸生氏(農蚕園芸局植物防疫課農薬班安全指導係長)は東北農政局生産流通部農産普及課課長補佐(土壌)に
稲村 宏氏(農技研生理遺伝部長)は北海道農業試験場長に
久木田睦夫氏(北海道農試場長)は退職
松実成忠氏(農事試畑作部長)は東北農業試験場次長に
木根淵旨光氏(東北農試次長)は退職
尾崎 薫氏(農事試企画連絡室長)は農事試験場畑作部長に
新田一彦氏(草地試験場草地部長)は同上試企画連絡室長に
千野知長氏(果樹試興津支場長)は果樹試験場長に
奥代重敬氏(同上場虫害研究室長)は同上場興津支場長に

是永龍二氏(果樹試興津支場主任研究官)は果樹試験場興津支場虫害研究室長に
佐藤公一氏(果樹試場長)は退職
腹原達雄氏(東北農試栽培第1部虫害研究室長)は野菜試験場環境部虫害研究室長に
藤田謙三氏(青森県農試環境部研究管理員)は青森県農林部農務課主任専門技術員(病虫害)兼農農業試験場勤務に
津川 力氏(同上県りんご試病虫部長)は同上県畑作園芸試験場長に
工藤祐基氏(同上部研究管理員)は同上県りんご試験場病虫科長に
平尾陸郎氏(同上県畑作園芸試場長)は退職
佐藤 隆氏(山形県農林部農業技術課長)は山形県立農業試験場長に
安部義一氏(同上県農試置賜分場長)は同上場作物保護部長に
伊藤 弘氏(同上試本場作物保護部長)は同上県園芸試験場副場長に
小笠原 璋氏(同上場場長)は退職

高久恒夫氏 (栃木県農務部蚕糸農産課植物防疫係主査) は栃木県農務部蚕糸農産課植物防疫係長に
 豊田文雄氏 (同上課植物防疫係長) は同上県芳賀農業指導所長に
 小久保辰蔵氏 (千葉県農林部農産課防疫機械係長) は千葉県北総農業青年研修所主査に
 栗原徳二氏 (同上課副主査) は同上県庁環境部大気保全課特殊公害係長に
 町田 暢氏 (長野県農試研究技監桔梗ヶ原分場長) は長野県農業試験場長に
 中村秀夫氏 (同上試下伊那分場長) は同上場研究技監農芸化学部長に
 神谷十郎氏 (同上試本場作物部長) は同上場研究技監桔梗ヶ原分場長に
 飯田一郎氏 (同上試本場農芸化学部長) は同上場下伊那分場長に
 佐々木一郎氏 (静岡県副出納長) は静岡県農林水産部長に
 松永貞一氏 (同上県東京事務所長) は同上部次長に
 大石良彦氏 (同上県農林水産部長) は同上県企業局長に
 石川博司氏 (同上部次長) は同上県監査委員事務局長に
 林 杷翠氏 (福井県農試場長) は福井県農林部付に
 石墨慶一郎氏 (同上場作物部長) は同上県農業試験場長に
 上野一馬氏 (岐阜県農試場長) は岐阜県農政部農業技術課長に
 各務 守氏 (同上県県庁農政部農業技術課長) は同上部流通特産課長に
 子安重男氏 (同上県南県事務所農業調整官) は同上県農業試験場長に
 森下恭七 (愛知県農林部経済流通課長) は愛知県農林部農業技術課長に
 早川 浩氏 (同上部農業技術課長) は同上県農業総合試験場副場長に
 小林 裕氏 (三重県農技センター環境部長) は三重県農業技術センター営農部長に
 川中萬治氏 (奈良県農業大学校長) は奈良県農林部園芸農産課長に
 箕輪九三氏 (同上県農林部園芸農産課長) は退職
 美濃地忠敬氏 (島根県農林水産部次長) は島根県農林水産部長に
 杉谷貞夫氏 (同上部農政課長) は同上部次長に
 波多長寿氏 (同上部長) は退職

光田達雄氏 (岡山県和気農林事務所長) は岡山県農林部農産園芸課長に
 三宅 茂氏 (同上県農林部農産園芸課長) は同上部農政課長に
 中村恒易氏 (山口県総務部次長) は山口県農林水産部長に
 松永常一氏 (同上県農林水産部長) は同上県出納長に
 前田道義氏 (同上部普及教育課農業専門技術員) は同上県大島柑きつ試験場長に
 中柴憲一氏 (山口県大島柑きつ試験場長) は退職
 近藤通弘氏 (徳島県農林水産部農林企画課主幹) は徳島県農林水産部農業改良課長に
 三沢義晴氏 (同上部農業改良課長) は同上県農業大学校副校長に
 吉田茂政氏 (本省普及部普及教育課課長補佐) は香川県農林部農業改良課長に
 薬師寺清司氏 (愛媛県立果樹試験場長) は愛媛県参与 (技術開発担当) に
 斎藤哲夫氏 (本省農蚕園芸局農産課課長補佐 (計画班担当)) は同上県農林水産部次長に
 三好實成氏 (愛媛県立果樹試験技術部長) は同上県立果樹試験場長に
 山口勝市氏 (同上部柑橘第1科長) は同上場技術部長に
 立川忠夫氏 (静岡県柑橘試三ヶ日母樹園長) は大分県柑橘試験場長に
 下山守人氏 (長野県農試場長) は明治大学農学部教授に
 中村昭二氏 (大分県柑橘試験場長) は大分県実践大学校教授に
 正井保之氏 (北海道糖業株式会社専務取締役) は農林水産航空協会理事・副会長に
 仲田次男氏 (兵庫県農林部参事) は兵庫県経済農業協同組合連合会農産園芸部付・兵庫県青果物価格安定資金協会事務局次長に
 島根県の機構改革に伴い、農事試験場と蚕業試験場を統合し、島根県農業試験場として新発足。組織は総務課、病虫・作物・育種・園芸・土壌肥料・経営調査・農業機械・養蚕技術・飼育・栽桑・蚕桑化学の10科、荒島・赤名・浜田の3分場。場長 尾添 茂氏、病虫科長 一石井卓爾氏
 愛知県農業総合試験場基礎研究部にウイルス病研究室が新設。室長 一田辺仁志氏

植物防疫

第28巻 昭和49年5月25日印刷
 第5号 昭和49年5月30日発行

実費320円 送料16円 1カ年3,360円
 (送料共概算)

昭和49年

5月号

(毎月1回30日発行)

—禁 転 載—

編 集 人 植物防疫編集委員会

発 行 人 遠 藤 武 雄

印 刷 所 株式会社 双文社
 東京都板橋区熊野町13-11

— 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)944-1561~4番

振替 東京 177867番

増収を約束する

日曹の農薬

稲の一生の スタートを守る！ 新発売！

水銀を含まない種子消毒剤

ホーマイ

- 種もみのばかなえ病、いもち病、ごまはがれ病防除にすぐれた効果があります。
- 箱育苗に浸種前処理ができます。また、高濃度短時間処理、低濃度長時間処理が可能です。
- 毒性やかぶれの心配がない安全な薬剤です。



日本曹達株式会社

本社 東京都千代田区大手町2-2-1 〒100
支店 大阪市東区北浜2-90 〒541



農薬要覧

農林省農蚕園芸局植物防疫課監修

農薬要覧編集委員会編集

好評発売中！ ご注文はお早目に！

— 1973年版 —

B6判 542 ページ タイプオフセット印刷

実費 1,400 円 送料 110 円

—おもな目次—

- I 農薬の生産、出荷
品目別生産、出荷数量、金額 製剤形態別生産数量、金額
主要農薬原体生産数量 47年度会社別農薬出荷数量 など
- II 農薬の輸入、輸出
品目別輸入数量 品目別輸出数量 仕向地別輸出金額など
- III 農薬の流通
県別農薬出荷金額 47年度農薬品目別、県別出荷数量 など
- IV 登録農薬
47年9月末現在の登録農薬一覧
- V 新農薬解説
- VI 関連資料
水稻主要病害虫の発生・防除面積 空中散布実施状況 防
除機械設置台数 法定森林病害虫の被害・数量 など
- VII 付録
法律 名簿 年表

—1964年版—

実費 340 円 送料 110 円

—1965年版—

実費 400 円 送料 110 円

—1966年版—

実費 480 円 送料 110 円

—1970年版—

実費 850 円 送料 110 円

—1971年版—

実費 1,100 円 送料 110 円

—1972年版—

実費 1,300 円 送料 110 円

—1963, 1967, 1968, 1969年版—

品切絶版

お申込みは前金（現金・振替・小為替）で本会へ

茶の新芽に薬害のない新抗生物質殺ダニ剤!!

遂に登場

マイトサイジンB乳剤

- 中外が研究開発した新抗生物質ポリナクチンを主成分とした全く新しい型の殺ダニ剤で、茶、りんご、花のハダニ類にすぐれた効果を発揮します。
- 特異な有効成分による殺ダニ剤ですから、各種ハダニ類に対して薬剤抵抗性がつきにくく、また従来の殺ダニ剤との交叉抵抗も認められておりません。
- 茶に対して残臭期間が短かく(7日)、しかも新芽に対して薬害がないので摘採前にも使用することができます。使用時期は収穫14日前までです。

茶のハマキムシ・ホソガ防除に

ホシユアVP乳剤

- 茶のハマキムシ、ホソガなど茶の重要害虫に的確なききめがあります。
- 茶の新芽に薬害の心配がなく、しかも茶葉を汚しません。
- 茶に対する残臭は7日で最も短い薬剤で、摘採前に使えます。



吉永小百合



中外製薬株式会社

東京都千代田区岩本町1-10-6
TMMビル TEL 03(862)8251

近畿大学教授・平井篤造 神戸大学教授・鈴木直治共編

—第2版出来—

感染の生化学 —植物—

A5判 474頁
2800円 円140円

前編—糸状菌および細菌病

* 感染 (神戸大学農学部教授・鈴木直治) * 細胞壁と細胞膜 (香川大学農学部教授・谷 利一) * 呼吸 (北海道農業試験場病理昆虫部技官・富山宏平) * 光合成 (農業技術研究所病理昆虫部技官・稲葉忠興) * 蛋白質代謝 (近畿大学農学部教授・平井篤造) * 核酸代謝 (京都大学農学部助教授・獅山慈孝) * フェノール物質の代謝 (東北大学農学部教授・玉利勤治郎) * ファイトアレキシン (島根大学農学部教授・山本昌木) * ホルモン (農業技術研究所生理遺伝部技官・松中昭一) * 毒素 (鳥取大学農学部教授・西村正暘)

後編—ウイルス病

* 感染 (近畿大学農学部教授・平井篤造) * 呼吸 (岩手大学農学部教授・高橋 壮) * 葉緑体 (名古屋大学農学部助手・平井篤志) * 蛋白質代謝 (植物ウイルス研究所研究第1部技官・児玉忠士) * 核酸代謝 (岡山大学農学部助教授・大内成志) * 感染阻害物質 (九州大学農学部助手・佐古宣道)

農業技術協会刊

東京都北区西ヶ原1-26-3 (〒114)
振替 東京 176531 TEL (910) 3787 (代)

使う人・食べる人

の安全を考える 兼商の農薬

■果樹・そさい病害防除の基本薬剤

キンゾー®

■安全性が確認された塩素系殺虫剤

マリックス

■新しい殺虫殺ダニ剤

トーラック

■果樹園・桑園・牧草地の除草剤

カソロン 粒剤



- 適正摘果で安定高収益を!
- 使い易いみかんの摘果剤

ヒオモン

- 最も信頼されているダニ剤

スマイト®

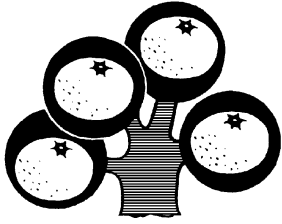
- 水田のヒルムシロ・ウキクサ
アオミドロ・ウリカワ防除に

モゲトン®



兼商株式会社

東京都千代田区丸の内2-4-1



豊かなみかんづくりに
定評ある三共の農薬

*天然物誘導型みかん害虫同時防除剤

カルホス®乳剤

- 三共が研究開発した全く新しい型の殺虫剤です。
- 強力な持続効果と接触効果、食毒効果があります。
- ヤノネ、サンホーゼカイガラ、ツノロウ、コナカイガラなどのカイガラムシ類に卓効があり、その他の害虫にも適用拡大申請中です。
- 臭いや刺激性が少なく使いやすい薬剤です。

*キュウリ立枯性えき病
コンニャク根ぐされ病に

パンソイル®乳剤 粉剤



三共株式会社

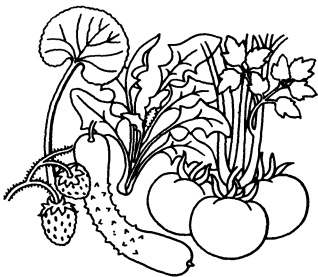
農薬部 東京都中央区銀座3-10-17
支店 仙台・名古屋・大阪・広島・高松

北海三共株式会社
九州三共株式会社

■資料進呈■

昭和四十九年
五月二十五日
印刷
（植物防疫
種月一
郵便回三十日発行）
第二十八卷第五号
認可

ゆたかな実り＝明治の農薬



野菜、かんきつ、もも、こんにゃくの細菌性病害防除に
タバコの立枯病に

アグレプト水和剤

テラウェアの種なしと熟期促進に 野菜の成長促進・早出しに

ジベレリン明治

トマトのかいよう病特效薬

農業用ノボビオシン明治

イネしらはがれ病防除に

フェナジン明治粉剤・水和剤



明治製菓・薬品部
東京都中央区京橋2-8

実費三三〇円（送料一六円）