

平成
和成
一五
四年
年五
九八
七
日七
月二
九一
日五
日
第
三
行
刷
種
種
每
月
一
回
便
物
日
認
發
行
可
號

植物防疫



1993
8

特集 土壤微生物と農薬

VOL 47

畑のチャンピオン、 ガゼットくん。

野菜・畑作害虫をノックアウト

特 長

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



ガゼット® 粒剤

カルボスルファン…3.0%

®は米国FMC社の登録商標です。



日産化学



原体供給元
FMCコーポレーション

★ 日産化学



ふり向けばもう……



殺ダニ・殺虫剤

**サンマイト[®]水和剤
フロアブル**

®は日産化学工業(株)の登録商標

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



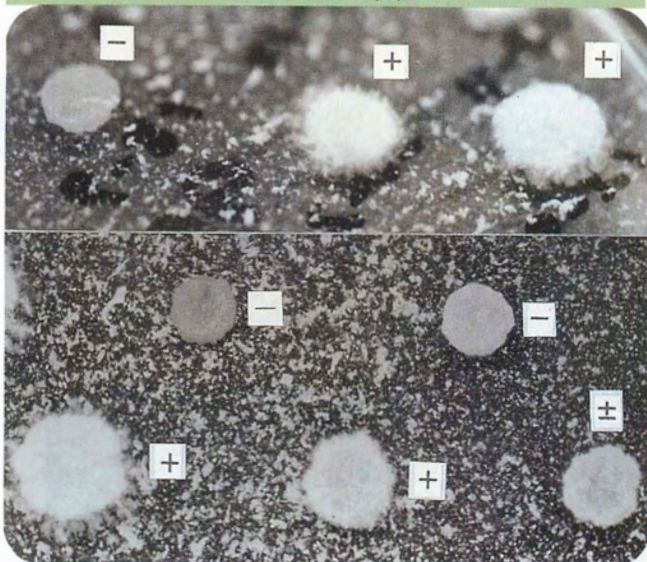
①トルコギキョウ(品種：あずまの紫) ②ウイルスによる花卉のモザイク症状 ③菌核病(*Sclerotinia sclerotiorum*)による立枯れ ④茎腐病(*Fusarium roseum*)の発生圃場 ⑤茎腐病(左)と灰色かび病(右)による病徴のちがい ⑥根腐病(*Pythium spinosum*) (仮称)の発生状況 ⑦根腐病(仮称)の根の病徴 ⑧炭そ病(*Colletotrichum acutatum*) (仮称)の病徴 ⑨斑点病(*Alternaria* sp.) (仮称)の病斑 ⑩スリップスによる花卉の被害 ⑪ホコリダニの一種による被害状況

(関連記事44ページに、写真提供：吉松英明氏)

植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル(3)

ーイネばか苗病菌ー

イネ褐条病の発生生態



検定培地における菌糸の発育状態と判定基準

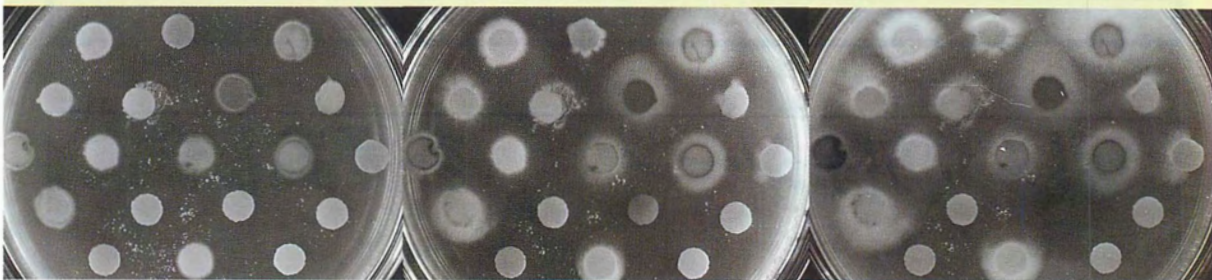
α：培地の表面斜め上から見た図 β：培地の表面真上から見た図
+：発育が旺盛 ±：極めてわずかに発育が認められる -：全く発育が認められない

①幼苗期の病徴

②幼穂形成期の病徴(冠水後に発生した株腐症状)

門田育生氏原図

(本文20ページ参照)



(2日培養, 10µg/ml)

(5日培養, 10µg/ml)

(8日培養, 10µg/ml)

培養日数と菌糸の発育程度(ベノミル10µg/ml添加培地上)

培養2日では菌株による菌糸の発育程度は明らかではないが、5日では+と-の判定は容易となる。さらに、8日ではその差は大きくなるが、5日と結果は変わらない。



(100µg/ml, 2日培養)

(10µg/ml, 2日培養)

(2.5µg/ml, 2日培養)

検定濃度と菌糸の発育程度(培養2日)

菌株による菌糸の発育の差は100µg/mlではほとんど認められないが、10µg/ml及び2.5µg/mlでは大きく、明瞭である。

入江和己氏原図(本文34ページ参照)

新しい防除シーン：を提案します。

サンケイ化学のフェロモン製剤

【交信攪乱用製剤】

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

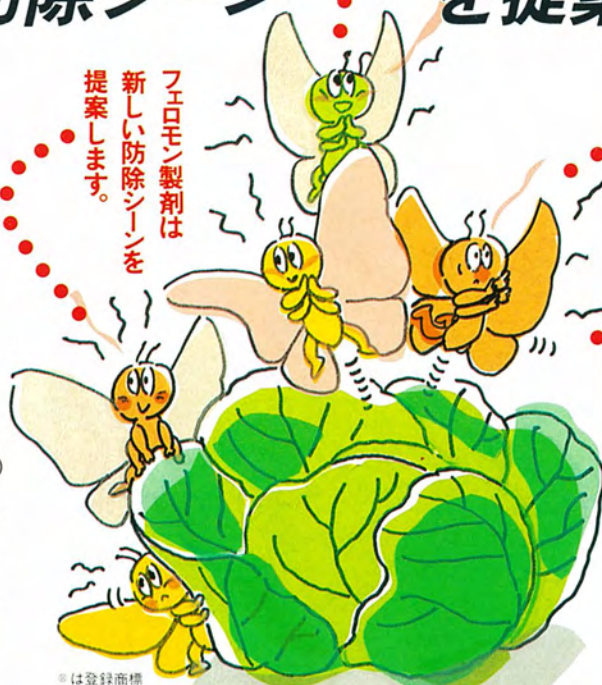
【大量誘殺用製剤】

- アリモドキコール®
(アリモドキゾウムシ用)
- オキメラノコール®
(オキナワカンジャクシコメツキ用)

【発生予防用製剤】

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

フェロモン製剤は
新しい防除シーンを
提案します。



※は登録商標

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

害虫の抵抗性を
発達させることがなく、
また殺虫剤の
散布回数を軽減する。



サンケイ化学株式会社

本社：〒890 鹿児島市唐湊4-17-6

東京本社：〒101 東京都千代田区神田司町2-1(神田中央ビル)

☎(0992)54-1161

☎(03)3294-6981

『地球』 異星人の つらやむ星



この美しい大地と大気を汚すことなく永遠に愛する人類を守りぬくこと。そのためにいつも新しい技術にチャレンジし続けること。
私たちは農業を通して、明日の地球と社会とを会話する企業です。



北興化学工業株式会社

〒103 東京都中央区日本橋本石町4-4-20

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

植物防疫

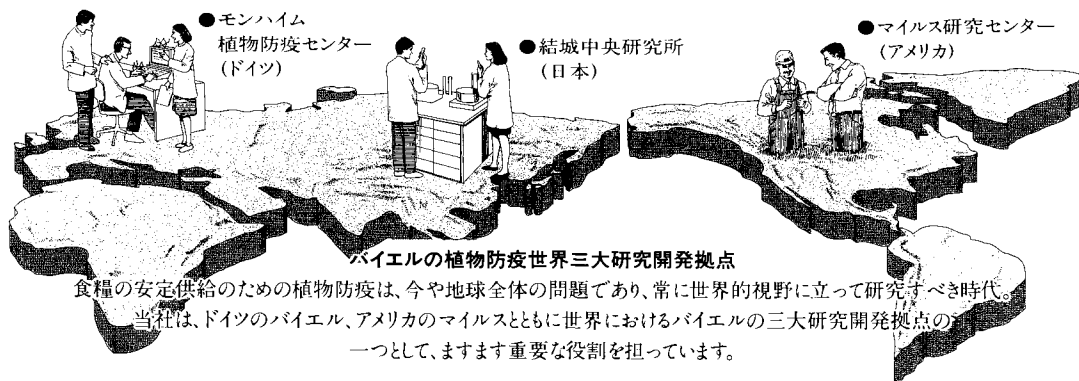
Shokubutsu bōeki
(Plant Protection)

第 47 卷 第 7 号 目 次
平成 5 年 7 月 号

鳥獣類による農作物被害調査概要	農林水産省農蚕園芸局植物防疫課	1
鹿児島県の野猿による被害の現状と対策	萬田 正治	3
野猿による農作物被害の現状と対策——福井県——	松田 勇二	8
わが国の牧野草及び輸入芝草におけるエンドファイト	古賀 博則	13
石川県能登地方におけるクリシギゾウムシの生態と防除	岡部伸孝・高枝正成	17
施設栽培における生物的害虫防除(2)	J. C. ファン・レンテレン	21
発生増加のえられるイナゴをめぐって——水田での直翅目の種類と生態——	安藤 喜一	27
コバネイナゴの発生と水稻の被害	石黒 清秀	31
千葉県におけるコバネイナゴの発生と被害の解析	清水 喜一	36
植物防疫基礎講座		
植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル(2)/イネいもち病菌	深谷 富夫	40
<i>Fusarium</i> 属の分離と同定	一戸 正勝	45
紹介 新登録農薬		53
新しく登録された農薬 (5.5.1~5.31)		50
中央だより	学界だより	39
協会だより	新刊紹介	52
主な次号予告		52

自然の恵みをより豊かにするために。

「確かさ」を追求…バイエルの農薬



新しい時代のニーズに合った 夢の新殺虫剤

アドマイヤー®

Bayer 

日本バイエルアグロケム株式会社
東京都中央区日本橋本町2-7-1 ☎103



いもち防除の 決め手を生かす

ブラシン®

●農業は正しく使いましょう！

アメダスの恋人
BLASIN

- いもち病・こま葉枯病・
穂枯れ・変色米防除に

ブラシン® 粉剤DL・水和剤

- いもち病・もん枯病・こま葉枯病防除に

ブラシンバリタ® 粉剤DL

- いもち病と稲害虫防除に

ブラシントレボン® 粉剤DL・水和剤

ブラシントレール・バン 粉剤DL

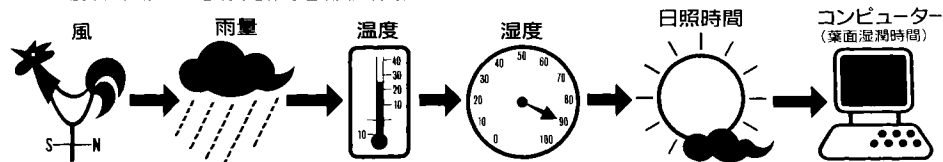
- いもち病・もん枯病と稲害虫防除に

ブラシントレバリタ® 粉剤DL・水和剤

ブラシフル・バンバリタ® 粉剤DL

- コンピューター発生予察システムを活用した初めてのいもち防除剤です。
- 稲自身もつ防御反応を刺激していもち病菌の広がりをストップさせます。
- 速やかに稲体内にゆきわたり、散布後の雨による影響を受けにくい。
- こま葉枯病、穂枯れ、変色米など他の病害にも有効で、稲の仕上げ防除剤として最適です。

アメダスを利用した発生予察は全国840ヵ所(日本全土直径18km地点に1ヵ所あり)から送られたデータをもとに、農業試験場がいもち病の感染好適葉面湿潤時間を算出し、いもち病の発生予察・防除に活用しています。



特集：土壌微生物と農薬〔1〕

土壌の微生物と農薬との関係をめぐる最近の研究動向

——国際シンポジウム（スウェーデン，1992）から——

東北大学遺伝生態研究センター ^さ佐 ^{とう}藤 ^{きょう}匡

I 土壌中の農薬と微生物の関係

農耕地で施用される農薬の大部分は直接的、間接的に土壌に入っていく。土壌中には様々な微生物が生育しており、それらの中には土壌の肥よく度に重要なかわりを持っているものが少なからず存在している。また、直接土壌の肥よく度と関係しない微生物についても、土壌生態系の構成員として系のバランスを保つ上で軽視できないものとされている。そのために、土壌に入った農薬がこれら微生物に対してどのような影響を及ぼすかは、農薬の使用以来これまで関心事の一つになっている。

一方、土壌に入った農薬がその役割を果たしたあとは、環境中に長く残らず分解・消失することが望まれる。土壌中での農薬は物理的・化学的及び生物的作用により分解・消失するが、生物、特に微生物によるところが大きい。そのために、環境中の残留を避けるべく、農薬の微生物による分解に関する研究の発展が期待されている。

農薬の微生物に対する影響や、微生物による農薬の分解の問題は、実験室レベルでの農薬と微生物とが一对一の関係にある場合には、多くの現象が明確にとらえられる。そして、それらの関係に対して一定の判定を下すことが可能である。ところが、それら関係する場面を土壌に移すと、ことはそれ程容易ではなくなる。例えば、微生物に対する影響に関する側面については、影響を測る方法をどうするか、どんな影響を採用すべきか、といったことがいまだ解決されていない。そして、これらのことが土壌の多様な条件とからみ合って、問題を一層複雑にしている。さらに、農薬の微生物分解に関しても、農薬の種類と土壌の条件の違い、それに多種類の分解微生物の存在がからみ合うために、多くの要因を考慮に入れながら解析したり、現象を解明する必要がある。

このように、土壌中での両者の関係には解明すべき問題がまだまだ多い。特に、微生物に対する影響の問題は農薬の環境中での安全性の評価ともかかわっており、

様々な場面で問題の討議、整理、評価の規準の提案が繰り返行われている現状である。ここでは、それらの一つとして1992年8月にスウェーデンで開催された国際シンポジウム—Environmental Aspects of Pesticide Microbiology—の概略を紹介することにする。

II シンポジウムの背景と構成

すでに触れたように、土壌環境、特に微生物に対する農薬の安全評価の問題は、多くの人の関心事であった。そのために、1973年から1977年にかけてドイツ（当時、西ドイツ）で、このテーマでのシンポジウムが4回にわたって開かれた。これらのシンポジウムを通して、参加者ならびに周辺の関係機関から、さらに組織だった会議の必要性が叫ばれるようになった。これを受けて、第1回の国際ワークショップが1978年にBraunschweigで持たれた。その後、第2回を1979年にJealott's Hillで、第3回を1985年にCambridgeで、第4回を1989年にBaselで開いてきている。これらの会議で討議された問題や、一定の結論に至った事柄の一部は、直接的ないし間接的な形でOECDのガイドラインに反映されていると聞いている（ed. SOMMERVILLE et al., 1987）。

1992年8月のスウェーデンのシンポジウムは、地下での農薬の影響を主要なテーマの一つとして取り上げた。それは、過去4回にわたる会議の中で欠けていた問題であり、また、世界的にもほとんど手が付けられていない分野であること、そして、何よりも地下水の汚染問題を扱う場合不可欠の課題であるからであった。しかし、後で具体例を挙げるように、もちろん、研究の現状を反映して、このトピックでの演題数は全体の中で多くはなかった。

シンポジウムは、StockholmとUppsalaの中間にある入江に添ったスウェーデンで最も古い町の一つであるSigtunaで、8月17日から21日までの5日間開かれた。口頭発表33題、ポスター発表27題をこの会期でこなしたので、論議の時間が比較的十分とれたように思われた。参加者（登録名簿に掲載分のみ）の国別の状況を表-1に示した。未登録の旧知のスウェーデン人の顔もみられたので、現地の参加者を入れると少し多くなろう。開

表-1 国(地域)別参加者

国(地域)
(北欧-49)
スウェーデン (31), デンマーク (8), フィンランド (6), ノルウェー (3), アイスランド (1)
(その他の西欧-53)
イギリス (16), ドイツ (11), スイス (10), フランス (6), オランダ (5), イタリア (4), ベルギー (1)
(東欧-8)
スロバニア (2), チェコ, エストニア, ラトビア, リトアニア, ロシア, ポーランド (各1)
(その他-3)
アメリカ, ポルトガル, 日本 (各1)

催地を反映して北欧圏からの出席者の多いことがうかがわれる。次いで、イギリス、ドイツ、スイスが多いのはおそらく組織委員会の主要メンバーがこれらの国から出ていること、さらに、このことと関係するが、ICI、バイエル、チバガイギーなどの関連有力企業が在ることによるものと思われる。また、過去4回の会議が行われていることも関係しているのかもしれない。個別的にみると少ない数ではあるが、東欧(ラトビア、エストニアなどを含めて)からの参加者があったのも注目される。いわゆる西ヨーロッパ圏の国からの参加者は各国1~2名と少ないものの、すべての参加国数は22、登録参加者は113名と広範囲に及んでいることがわかる。

演題の全部を掲示することが、シンポジウムの内容を客観的に示すことになると思われるが、ここでは誌面の関係上それができないので、それぞれのトピックと演題数を示すにとどめる(ed. ANDERSON et al., 1992)。

Topic I : Surface soils

Session 1 : Side-effects of Pesticides on Microflora. oral (O) 9, poster (P) 14,

Session 2 : Microbial Degradation of Pesticides. (O) 9, (P) 8,

Session 3 : Interactions Between Pesticides, Microorganisms and Soil Animals. (O) 4,

Topic II : Sub-surface Soils

Session 4 : Unsaturated Zone. (O) 5, (P) 2,

Session 5 : Saturated Zone. (O) 4, (P) 2,

Special Topic : Environmental Aspect of Microbial Pesticides. (O) 1, (P) 1,

III シンポジウムの内容

それぞれの Session について口頭発表を中心に、代表的な演題をピックアップしてそれぞれの概略について紹介する。

1 Session 1 について

基調講演 "Side-effect testing: Common rules and critical reflection" —K. H. DOMSCH & J. P. E. ANDERSON—では、この面のテストを行う場合に注意すべきこと、すなわち土壌の条件とテストしようとする項目との関係をよく吟味すること、また、項目について得られた結果を評価する場合の留意点などについて、前者についてはいくつかの具体例を挙げながら、後者については概念的ではあるが项目的に整理して提起された。

一般講演は、大別すると微生物作用を示標とした場合、バイオマスや微生物細胞の特定化学成分の変化を示標とした場合の影響の現れ方を示したものであった。

FOURNIERら(フランス)は、aldicarb methiocarb, DNOCの土壌中の微生物に対する影響をバイオマスを示標として検討した。この際、くん蒸一抽出法、基質誘導呼吸法、菌体に¹⁴Cラベルした場合の¹⁴CO₂放出でみた炭素ターンオーバーの三つの方法を比較した。その結果、方法によって影響の現れ方が異なること、また、それは農薬の種類によっても違うことなどを報告した。また、JONESら(イギリス)も、くん蒸一抽出法と微生物数の直接計測法を比較しながら、圃場レベルでの農薬の影響を農薬の混合施用などの試験を入れて追跡した。その結果、両方法の変化の様相は類似しており、短期の試験では影響が観察されたが長期試験ではそれがみられなくなった。さらに、ROSSELら(スイス)は、農薬の影響とは直接関係がないが、土壌中の微生物量や活動の示標として簡便なデヒドロゲナーゼ活性の変化を、ATP量や基質誘導呼吸量の変化と比較した。また、この際、アルファルファを加えたときの微生物数(間接法)とも関連させながら追跡し、デヒドロゲナーゼ活性は、外界の変化に対応して変化する活動性のあるバイオマスの示標として有効であることを示した。

その他、活性に関しては硝化作用についてアセチレンによるブロッキング法(TORSTENSSONら, SVENSSONら、いずれもスウェーデン)を用いると再現性がよいことや、迅速であることなどが報告された。従来、VA菌根菌に対する農薬等の影響は、植物根に侵入した菌糸の形態的变化を顕微鏡で観察する方法によって追跡していたがこの方法は時間と手間がかかる。これに代わる方法として、THINGSTRUPら(デンマーク)はリンゴ酸デヒドロゲナーゼ

活性の変化を採用し、benomyl 施用により、この活性が低下することを見いだしている。

微生物フロラを対象としたものに、重金属による影響を、土壌中に存在する菌体に特有な脂肪酸を抽出し、そのパターンと量の変化からうかがおうとの試みがあった (FROSTEGÅRDら, スウェーデン)。筆者はこのセッションで、PCP の影響を PCP 耐性度の異なる細菌細胞数の変化を示標とすることで追跡できること、この方法を分画採取した土層に適用し、影響が明確にとらえられる層位とそうでない層位のあることを報告した。

ポスター発表では、イオン電極により無機態窒素の形態変化を追跡する方法、森林土壌への長期的影響をカルボキシメチルセルラーゼ活性の変化を通して観察するなどが報告された。ここの発表で興味深かったのは、微粒状あるいは結晶状の農薬 atrazine, tetrachlorvinphos, aphthiriaなどをスライドガラス上に載せ、それを土中に挿入し、粒状農薬の周囲のマイクロフロラを経時的に顕微鏡観察するという KRUGLOV (ロシア) の報告があった。ここでは、さらにそれら微生物を分離しそれらの微生物学的性格と農薬分解能のちがいなどから、農薬とマイクロフロラの生態的関係を解明しようとした。

2 Session 2 について

農薬を処理した土壌の農薬分解能と、そこから分離した微生物の農薬分解能とそれにかかわる種々の条件の解析や、モデル土壌での農薬分解のパターンから農薬分解微生物の内容や性格を扱った報告、さらに、数学モデルを仮定的に提唱しいくつかの農薬分解の実測値を当てはめて分解を考察するといった報告が主要なものであった。

J. P. E. ANDERSON (ドイツ) による基調報告的発表は、まず、土壌中での農薬分解の速さを支配するいくつかの要因を指摘した。すなわち、農薬自身の性質、農薬の微生物による利用性、土壌中の分解酵素や微生物の存在などである。そして、農薬自身の性質を除いたその他の要因は、さらに土壌の条件 (水分、酸素など) によってその活性が支配されることが挙げられ、これら諸関係について解説的報告がなされた。

活性汚泥を用いて、あらかじめ 2-ニトロ安息香酸で馴致した混合培養系 (分離していない) は、acifluorfen を co-metabolic に代謝したが、acifluorfen や酢酸ソーダを唯一の炭素源にして培養したときには代謝できなかった (GENNARIら, イタリア)。acifluorfen は混合培養系には有毒で生育が不可能で、他の物質によって農薬分解微生物が集積されるという例である。

metamitron, linuron, carbofuran を圃場に繰り返し

施用するとこれら農薬の分解能が高まった。一方、実験室条件で精査すると分解能の持続は農薬のタイプによって異なり、carbofuran 分解能の持続が最もよかった。さらに、これら農薬分解微生物を分離してその性格付けをするとそれぞれ種がことになっていた。また、種によって農薬分解能の安定性も違うことなども見いだされた (PAREKH, イギリス)。

KUNC (チェコ) は、連続培養系を農薬分解に応用し、種々の分解条件での分解パターンの変化とそれらの動力学的解析から、分解微生物の集積、それら微生物の性格、土壌での分解微生物の分布、分解にかかわる遺伝子の転移の問題など様々なことが解明できることを示した。その他、農薬分解の際の微生物側のパラメータとして、微生物の増殖速度と分解能を組み込んだ分解数式モデルを作り、種々の農薬の分解の実測値からどちらのパラメータがそれぞれの分解にかかわるか (JOHN, スウェーデン)、土壌のマトリックス中での農薬の存在状態 (吸着、結合など) と分解の難易の関係 (SIMS, アメリカ) などの報告があった。

また、現在の分子生物学の流れを反映して、*Alcaligenes* のある種から 2,4-D 分解遺伝子を分離し、それを土壌中の 2,4-D 分解微生物の検出や挙動の追跡のプロープとする試みも示された (VALLAËYS, フランス)。

ポスター発表の中で興味を引かれたものの一つに、2,4-D 分解微生物を土壌から分離し、それを土壌に再接種して 2,4-D を分解させる試みがあった。その過程で接種菌のポピュレーションと分解能の維持の関連、それらにかかわる栄養物の影響についての検討がなされた (GUNALANら, フランス)。

3 Session 3 について

土壌動物と農薬の関係を扱った研究はさきわめて少ないというのが、この Session の司会者の第一声であった (VAN WENSEM, オランダ)。そのような状況の中で生態系での土壌動物の役割としては、物質循環のあるステップの重要な担い手として位置付けられるであろうこと、そして、それには落葉の分解と腐植生成、動物自身の排泄物中の窒素の無機化への寄与といったことが、農薬の影響を考える場合の差し当たりの検討対象となろうといったことであった。

土壌動物は微生物と密接な関連を持ちながら生存しているので、農薬の影響をみる場合は biocenosis, つまりファウナーマイクロフロラの共同生活体としてとらえる必要がある (MALKOMES, ドイツ)。例えば、殺菌剤の投与で微生物数が低下すると、微生物を捕食する土壌動物も減

少するだろう。また、ネマトーダを溶解する糸状菌が殺菌剤で殺されれば、ネマトーダのポピュレーションに影響する。

具体的な研究例として、森林土壌で 2,4,5-T を 2 年間にわたって投与 (5g/m², 2 か月おき) すると、リターバッグの中のミミズが消失し、微生物バイオマスも 40% 減少した。しかし、投与を停止すると両者共に回復し、もとの数量より多くなった (FÖRSTER, ドイツ)。

4 Session 4 について

まず、ここでの問題提起は飲料水での農薬の規制値の設定の過程で、開発された (使用されている) 農薬の種類数と検出されたそれとの間に国によって大きなばらつきがある。もちろん、それらには検出法とか実際に使用されている種類に違いがあることが原因になっているが、分解に差があることも大きく効いている。その中には、作土層に比べて下層土で分解が弱くなる例、その逆の場合と土壌の層位によって分解にふれが出てくる。これまでの多くの研究は上層の土壌でのものであったが、地下水汚染を考えると下層土での研究が重要である (J. P. E. ANDERSON)。イギリス、ドイツ、フランスの 3 チームによるかなりの深さ (例えばドイツチームの 8m) までのいくつかの地点での土壌学的、微生物学的、及び農薬分解に関する問題の調査的報告がなされた。

5 Session 5 について

湛水土壌での農薬と微生物の問題について、技法をどうするか嫌気的条件の操作を含めて一といったことを中心に報告が行われた。PCP の微生物に対する影響を、pH による解離度の違いを考慮に入れ水系での問題を扱った報告 (VAN BEELLENら, オランダ), aldicarb などの好氣的、及び嫌氣的分解の相互関係と微生物の関与を扱った (VONKら, オランダ) ものなどがあった。

6 Special Topic について

このトピックでは、欧米における微生物農薬の開発の現状と問題点がいくつかの具体例を示しながら報告された。また、環境保護グループ、アメリカ、ヨーロッパ、及び企業のこれら微生物農薬の使用規制に対する考え方がそれぞれ紹介された。ここでの主要な問題は遺伝子改変微生物開発の有用性と、それが自然界に放出された場合の biological hazard との対立ないしは協調とうけられた (POWELL, イギリス)。

IV 今後の問題に関連して

誌面の都合で後半のトピックの紹介がだいぶ粗になってしまった。ここでも、シンポジウムでの論議の中心になった二、三の問題を箇条書き的に記すことにする。

(1) 非標的微生物に対する農薬の影響に関する問題について：微生物の生態それ自身の研究が不足している。したがってこの面の方法論的なことが十分に吟味される必要がまだまだある。

(2) 農薬の微生物分解に関する問題について：系統的な取り扱いが不足している。農薬の種類 (性質、構造など) と土壌条件、そして、そこで働く微生物の内容との相互関係を整理する必要がある。

(3) 地下部での問題について：微生物の生態が地上部と同じなのかどうか。取り扱いの方法を考慮しながら検討する必要がある。

引 用 文 献

- 1) Anderson, J. P. E. et al. (ed.) (1992): Proceedings of International Symposium on Environmental Aspects of Pesticide Microbiology. Swed. Univ. Agric. Sci., pp. 7~12.
- 2) Sommerville, L. and M. P. Greaves (ed.) (1987): Pesticide Effects on Soil Microflora. Taylor & Francis, London, pp. 1~4.

人 事 消 息

(3 月 31 日付)

仲盛広明氏 (農環研環境生物部昆虫管理科昆虫行動研主研) は退職 (沖縄農試病虫部サトウキビ害虫研究室長)
守屋成一氏 (果樹試保護部虫害研主研) は退職 (沖縄農試病虫部ミバエ研究室長)
安藤幸夫氏 (中国農試生産環境部虫害研主研) は退職 (鹿児島農試大隅支場畑作病虫研究室長)
河又 仁氏 (農生研分子育種部遺伝子構造研) は退職 (茨城県生物工学生物防除研主任)
加藤昭輔氏 (農研センター病害虫防除部マイコプラズマ病防除研主研) は退職
久保村安衛氏 (農生研企画調整部業務科長) は退職
奥 俊夫氏 (果樹試盛岡支場虫害研究室長) は退職
本間健平氏 (野菜・茶試茶栽培部虫害研究室長) は退職

佐藤倫造氏 (北農試飼料資源部耐病性研主研) は退職
里見緯生氏 (北陸農試水田利用部虫害研究室長) は退職
川北 弘氏 (蚕糸・昆虫研生体情報部媒介機能研主研) は退職

(3 月 20 日付)

鬼木正臣氏 (派遣復帰・野菜・茶試茶栽培部病害研主研)
○農林水産技術会議事務局 (4 月 1 日付)
牛谷勝則氏 (大臣官房調査課調査専門官) は連絡調整課課長補佐 (育種・遺伝資源班担当) に
宇井勝昭氏 (バイオテクノロジー課長) は構造改善局計画部資源課長に
大倉登美夫氏 (国際研究課国際研究推進班技術協力係長) は農薬検査所検査第一部企画調整課取締企画係長に
山本真也氏 (連絡調整課総務班連絡係長) は科技庁科学技術振興局研究振興課基礎研究係長に

特集：土壌微生物と農薬〔2〕

農薬の環境影響指標生物としての土壌微生物

島根大学農学部環境生物学講座 やま 山 もと 本 ひろ 広 き 基

はじめに

耕地生態系は人間が食糧を確保するために自然を切り開いて作った人為生態系であり、これを維持していくためには相当の補助エネルギーの投入が必要である。そのうちの一つに農薬や肥料などの化学物質があげられるが、これらの化学物質の開発によって農業生産の向上と安定化、さらには著しい省力化が可能となった。しかしその反面、近年になり、これらの化学物質への過大な依存によって、耕地環境の劣悪化や農業生産現場以外の環境への影響が懸念されるに至っている。このような背景の中で、今日、補助エネルギーの投入量をできるだけ少なくし、自然の力を最大限に利用した伝統農法の精神に近代的技術を組み入れて、耕地生態系を永続的なものにしていこうとする方向、すなわち低投入持続型農業(LISA)の方向が世界的な流れとなっている。一方、最近の環境問題に対する意識の高まりの中では、環境に及ぼす影響の具体的内容を抜きにして、農薬による環境汚染が漠然と口にされ、きわめて微量の農薬が検出されただけで重大な危険が差し迫っているかの印象が持たれる傾向にある。これは農薬についての不十分な理解とともに、環境に対する影響評価方法が十分に確立していないことによるものと思われる。

ここでは、農薬の環境影響をどのように調査し、評価したらよいのか、土壌生態系を中心に、欧米あるいは最近我が国で検討されていることについて紹介したい。

I 農薬の安全性評価

過去には、取扱者の中毒事故、魚介類などの有用動植物の被害、食品や環境の汚染などの農薬問題が起きたことは事実であるが、これらに対しては、急性毒性の低い農薬への切り替え、環境中での残留性の著しい農薬の使用禁止、毒性試験、あるいは残留性試験の充実とそれに基づく残留基準などの設定や適正な使用方法の推進など数々の対策が講じられ、成果をあげてきた。前二者の中毒事故と有用動植物の被害は原因から経過、被害の程度が比較的速やかにわかるので、その対策もたてやすく、

年間の事故件数も急減している。一方、後者の環境汚染の場合は、結果が現れるのに長い時間がかかり、また結果がわかってからというのでは大変なことになるので、科学的な評価方法に基づいた影響の予測(リスクアセスメント)とともに、これに基づいた合理的な対策(リスクマネジメント)が欠かせない。

食品残留の問題については、最大18項目にわたる毒性に関する試験のデータを基に安全性の評価が行われ、食品衛生法に基づく残留農薬基準あるいは農薬取締法に基づく農薬登録保留基準値が定められている。さらに、農作物中の残留量が必ずこの基準値以下になるという使用法が定められており、食品としての安全性は確保されているといえよう。

次に、環境に対する安全性の問題であるが、現在、土壌残留性試験、田面水中での残留試験が登録に際して義務づけられている。さらに、コイ、ミジンコなどの水生生物に対する毒性試験が原則としてすべての農薬について義務づけられており、水系に飛散または流入するおそれのある場所ではその使用が禁止されている農薬もある。このように農薬の環境影響について、科学的判断が可能なものについては一定の試験が行われ、それに基づいた規制あるいは適正な使用方法が推進されているものと考えられる。ところが、農薬は農作物を害する生物を防除する目的で意図して環境に放出される生理活性を持つ物質であり、環境中に放出された農薬は、生物相とそれを取り巻く環境の間で移行と分配を繰り返して分布する。これらの化合物が特定の場所に滞留すると環境汚染につながり、標的としない生物相に過度に分布すると生態系に悪影響がもたらされることになる。もちろん、それぞれの農薬は選択性を持つようにデザインされているから、その農薬に接触した生物すべてが重大な影響を受けるわけではないが、環境中には多種多様の生物が複雑に相互作用を及ぼしながら生息しているので、標的としない生物への直接的あるいは二次的影響は避けられない。このような観点からの、非標的生物に対する農薬の影響に関する研究は枚挙にいとまがないが、それらから得られた結果を統一して農薬の生態系影響を結論づける状態にはまだ至っていない。このことは、農薬が最も頻繁に投入される環境である耕地の土壌生態系にとっても

例外ではない。

II 土壤微生物に対する影響

前述のように、直接土壤に施用される場合はもちろん、茎葉に散布される農薬も二次的に土壤に移行することになる。土壤中には多種多様な微生物が複雑な相互作用を及ぼしながら生息しており、主に分解者として生態系の中で重要な位置を占めている。しかしながら、対象が多様であり、また微小であるために、その研究はいくつかの間接的な方法論に従わざるを得ない。また、これらの方法論はそれぞれ生態学的に困難な問題を内包しており、農薬の負荷による統一的な知見を引き出すには系統的な研究の蓄積がいまだ少ないといえる。土壤微生物の農薬に対する作用、すなわち農薬の微生物分解といった面についての研究は比較的良好に行われ、貴重な成果が得られてきている。一方、農薬の土壤生態系に及ぼす影響は、近年になってその重要性が意識され、多くの人々によって取り上げられるようになったが、統一的な知見を引き出すには至っていない。土壤中の微生物の認識の仕方としては、土壤中の物質変化の担い手として捉える場合と、土壤生態系の構成員としてとらえる場合の二通りがある。前者の側面については、土壤の肥よく度とも関連するため、また物質変化の内容が比較的良好であるために古くから多くの研究がある。一方、土壤生態系の構成員としての側面については、微生物社会の構造そのものの意義付けが難しく、すべての微生物種を取り上げるのは不可能であるから、非標的微生物として、どのような微生物をどのくらい対象にすればよいのかわからないのが現状であろう。

先にも述べたが、農薬の副次的影響に関する研究例は多いが、十分なリスクアセスメントができる状況にはない。というのは、先にも述べた土壤微生物を扱う方法論に由来することであるが、個々の研究者は個別の項目について個別の方法で研究を行っていて、これらを総合することが困難であるために個々のデータは多いものの統一した知見が得られないからである。土壤環境は巨視的にも微視的にもきわめて不均一であり、そこに生息する微生物相にも大差がある。また、環境条件の少しの変化が微生物相を変化させるので、農薬のインパクトだけを抽出することは非常に困難である。したがって、①どのような微生物相あるいは活性を対象に、②どの程度変化すれば、そして③その影響がどれだけの時間持続すれば、農業上、あるいは環境問題として重大な影響とするのかという点の合意を形成した上で、それぞれの研究者が一定の基準にのっとり試験計画を立てて実施するこ

と、すなわち影響評価方法の確立とそれにのっとったデータの集積が急がれる。さらに、これらのデータを基にして、土壤環境を永続的なものにするための合理的な対策が講ぜられる必要があろう。このような観点から現在提案されている、欧州と日本の、土壤微生物に及ぼす農薬の影響評価試験方法を次に紹介する。

III 土壤微生物に及ぼす農薬の影響評価試験

1 ヨーロッパにおける検討の状況

1973～77 年に開かれた非標的土壤微生物に対する農薬の副次的影響を扱った四つのシンポジウムを組織して 1978 年に第 1 回の国際ワークショップが西ドイツで開催された。翌 1979、1985 年に第 2、第 3 回がイギリスで開催されたときのプロシーディングに「Recommended Laboratory Tests for Assessing the Side Effects of Pesticides on Soil Microflora」が提案された。続いて 1989 年に第 4 回のワークショップがスイスのバーゼルで開催され、改訂された同じタイトルの試験方法が提案されているので、この概要について述べる。

2 土壤微生物に及ぼす農薬の副次的影響評価のための推奨室内試験（第 4 回欧州国際ワークショップから）

直接土壤に施用されるか、あるいは容易に土壤に達すると予測される農薬については次に述べる室内試験をすることが望ましい。

（1）実験条件など

1) 土壤の選択

少なくとも 2 種類以上の土壤、すなわち微生物が農薬のストレスを比較的良好に受けやすい砂質の土壤と受けにくい粘土質の土壤で、通常の作物栽培が行われているものを選び、理化学的性質を明らかにしておく。また、微生物バイオマスなどの微生物学的に基本的な項目についての測定をしておくこと。

2) 土壤の採取と保存

表層 20 cm の、ふるいを通すことのできる程度の水分状態の土壤を採取し、植物残渣、礫などを取り除いて 2 mm のふるいを通す。湿りすぎている場合には、バイオマスに影響を与えるので乾きすぎないように注意し、適度に風乾する。可能な限り、すぐに使用することが望ましいが、やむを得ない場合には好気的条件、2～4℃で 10 週間以内に限り保存してもよい。使用前に 20℃で 2～14 日間置く。保存中には、乾燥、湛水、凍結は避ける。

3) 農薬の処理

無処理区、常用量区、10 倍量区を設ける。常用量の計算に当たっては、乾土当たりの重量で換算するが、土壤

の仮比重を1.5とし、表層10 cmに薬剤が均一に分布するものとして計算する。原体を使用することが望ましいが、特別の場合には製剤を用いることも構わない。

(2) 炭素代謝

農薬を処理した後、一定温度で暗条件下に静置する。土壤の水分含量はpF2.0~2.5に調整する。0, 14, 28日後にグルコースを添加して発生する炭酸ガスを測定し基質誘導呼吸量とする。積算炭酸ガス発生量やバイオマス-Cもこの項目の評価にとって有効である。28日後の常用量区のこれらの値が無処理区のそれに比べて15%以上離れている場合には有意差がなくなるか、あるいは100日後まで試験を続行する。

(3) 窒素代謝

有機物を最も多く含む土壤でのみ行えばよい。有機物を100 mg/kg dry soil程度添加してもよい。培養開始0, 7, 14, 21, 28日後に土壤中のアンモニア態、亜硝酸態、硝酸態窒素を定量し、28日後に常用量区の値が無処理区のそれに比べて15%以上離れている場合には硝化活性を測定する。炭素代謝の場合と同じようにさらに試験を続行する。

(4) その他の参考試験

1) デヒドロゲナーゼ活性

この酵素活性は生きた微生物細胞による酸化活性を広く反映するので、農薬の副次的影響のよい指標となる。

2) 有機物の資化性

前述の炭素代謝試験の代わりに行うか、その試験で不可逆的影響があったときに行う。農薬の添加時にルーサン粉末を添加して炭酸ガス発生量を測定する。

3) リターバッグ試験

データの解釈は難しいが、興味ある項目である。麦ワラなどの植物試料をナイロン製のメッシュに包み、土壤中に埋め、経時的に取り出して重量の減少から分解率を求める。

4) 硝化活性

硝化作用は少数の種の土壤微生物によって行われる反応であり、窒素代謝のかく乱を詳細に検討する場合に重要である。硫酸アンモニウムを添加して好氣的に培養し、生成してくる硝酸態窒素、残存のアンモニア態窒素を定量し、硝化率を算出する。

5) 共生的窒素固定活性

豆科植物が栽培される農地に農薬が散布される場合には重要であるが、結果の評価に対する標準的な手順が定まっていない。試験はポットを用い、宿主植物と根粒菌両方の農薬に対する反応をみる。収量、窒素固定量の両方を測定することになる。

(5) 影響評価試験にとって不適当な試験

1) 純粋培養試験：平板法による微生物数の計数および純粋分離菌株を用いた培養試験

2) 土壤酵素

3) 非共生的窒素固定

3 我が国における検討の状況

我が国においても土壤生態系に及ぼす農薬の影響に関する問題に対する関心は深く、多くの研究がなされてきているが、研究組織として系統だった論議が行われたのは、1970年代半ばからの文部省科学研究補助金の研究グループによるものであろう。これらの成果は、「有機合成薬剤に対する土壤生物相の応答とその分解能、鉦塚昭三代表、1982」、「土壤中の微小生物に及ぼす化学物質の影響、特にその影響評価方法に関する研究、達山和紀代表、1988」などに報告されている。筆者らは、これらの研究の成果をふまえ、1992年度の科学研究補助金を受けて「土壤生態系に及ぼす農薬の影響評価方法に関する研究」を組織し、数回のワークショップを持つことによって「農薬の土壤生態系影響評価のための推奨試験」を提案した。特に、この中にはヨーロッパの推奨試験には含まれていない、水田土壤に関する試験が盛り込まれている。これらは日本の誇る水田土壤の微生物生態学に関する膨大な研究の蓄積を基礎に十分な議論を尽くした上で提案された、世界をリードし得るものである。前述のように、土壤微生物に及ぼす農薬の影響に関する研究例はきわめて多いが、対象や方法が異なるために研究相互の比較が困難であった。今後、このような統一試験方法によるデータが蓄積されることを期待したい。

次にその推奨試験の検討の経緯と概要について記す。なお、この提案を行った研究組織の構成メンバーは筆者のほかに、佐藤匡（東北大、土壤微生物学）、渡辺巖（三重大、土壤肥科学）、片山新太（名古屋大、土壤学）、犬伏和之（三重大、微生物生態学）、妹尾啓史（東京大、土壤微生物学）、鉦塚昭三（名古屋大名誉教授、農薬環境科学）、古坂澄石（東北大名誉教授、土壤微生物学）の各氏である。

4 農薬の土壤生態系影響評価のための推奨試験（文部省科学研究補助金研究成果報告書から）

(1) 影響評価にあたって何を対象とするかについての基本的考え方

1) すべての微生物、活性、微生物間の相互関係を対象とすることは不可能（我々が知っているのはごく一部にすぎないし、これだけでも試験することは不可能に近い）である。

2) 土壤微生物に対する知識、経験の比較的浅い研究

者でも精度の高い結果が得られるような対象項目，方法である必要がある。

3) 単に微生物数を計ることは意味がない。むしろバイオマスをみたほうがよい。

4) 生産現場である耕地の保全を考えるなら，肥よく度を中心とする生産性に関連する微生物を重要とみなさざるを得ない。土壌中での微生物社会（種構成など）に対するインパクトも重要であろうが，現時点では取扱い方（手法，評価を含めて）が困難である。

5) 欧米の類似の評価方法に水田は取り上げられていないが，我が国の水田微生物研究はこれに貢献できるだけの蓄積があるので，今回，畑地，水田の両方について取り上げる。

6) VAM，根圏微生物，土壌酵素については保留する。

以上の基本的考え方に基づいて選ばれた評価対象項目は次のとおりである。

- ・畑地 バイオマス，硝化，有機物の無機化
- ・水田 窒素の無機化，メタン・炭酸ガス発生，田面水・土壌表層のクロロフィル量，バイオマス，非共生的窒素固定

2 試験方法

まず，土壌の取り扱いの項で土壌の選定，保存と調製，前培養について，農薬の取り扱いの項で薬量，施用方法について述べた上で，前述の対象項目のそれぞれについて試験方法が述べられている。紙面の関係で詳細は割愛するが，前述のヨーロッパのものに比べて特徴的な点は，

- 1) 原体ではなく，製剤を用いる。
- 2) 前培養後，農薬を施用して一定期間経過後にそれぞれの項目についてのインキュベーションを始める。したがって，農薬の影響がどのくらいの期間持続するかについてのデータが得られる。

3) 水田の微生物相に関する項目が付加されている。

3 その他

1) 微生物数計数の問題点

生物個体数をとらえることの一般的な意味，計測法，農薬によるこれらの変化の意味など，それぞれの問題点を指摘している。

2) 今後の要検討項目

デヒドロゲナーゼ活性試験，微量熱量計による微生物活性測定，特定機能微生物の純粋培養試験，根圏微生物に関する試験などが今後検討されるべき課題であろう。

3) データの解釈

ここで述べられている試験方法に従って得られるデータを蓄積する中で，それぞれの項目についての変動の範囲，持続期間などを明らかにし，それを基に影響の評価基準についての一定の見解を出す。

以上，現在提案されている，欧州と日本の，土壌微生物に及ぼす農薬の影響評価試験方法の概要について述べたが，筆者らが提案しているものについては近いうちに出版を予定しているので詳細はそれを参考にされたい。

なお，EPA は徹底的な議論の末，1982 年に土壌微生物と農薬の関係についての試験を土壌中での分解に限定して行うようにしたが，これは非標的微生物に対する影響を無視したわけではなく，適当な評価手順の条件が整った段階でガイドラインの独立した 1 項目に取り上げるものと考えられる。

参 考 文 献

- 1) GERBER, H. R. et al. (1989) : Proceedings of the 4th International Workshop in Basel, Switzerland, 19 pp.
- 2) SOMMERVILLE, L. and M. P. GREAVES ed. (1987) : Pesticide effects on soil microflora, Taylor & Francis, London, 240 pp.
- 3) 山本広基ら (1993) : 平成 4 年度科学研究補助金 (総合研究 B) 研究成果報告書, 62 pp.

人 事 消 息

(7 月 5 日付)

西尾 健氏 (近畿農政局生産流通部農産普及課長) は植物防疫課課長補佐 (総括及び防除班担当) に

(7 月 6 日付)

武政邦夫氏 (大臣官房技術総括審議官) は農林水産技術会議事務局局長に

小林 仁氏 (熱帯農業研究センター所長) は農業研究センター所長に

見沼圭二氏 (農林水産技術会議事務局局長) は熱帯農業研究センター所長に

三輪睿太郎氏 (農林水産技術会議事務局首席研究管理官) は農林水産技術会議事務局研究総務官に

咲花茂樹氏 (農蚕園芸局植物防疫課農薬対策室長) は大

臣官房参事官に

吉村正機氏 (大臣官房参事官) は農蚕園芸局植物防疫課長に

大川義清氏 (農蚕園芸局植物防疫課長) は横浜植物防疫所長に

岩元睦夫氏 (農林水産技術会議事務局研究管理官) は農林水産技術会議事務局首席研究管理官に

千坂英雄氏 (農業研究センター所長) は退職

杉本忠利氏 (農林水産技術会議事務局研究総務官) は退職

柿本靖信氏 (食品流通局企業振興課技術室長) は農蚕園芸局植物防疫課農薬対策室長に

上垣隆夫氏 (横浜植物防疫所長) は退職

特集：土壌微生物と農薬〔3〕

農薬連用土壌における微生物相の変動

名古屋大学農学部土壌生物化学講座 片 山 新 太

はじめに

土壌は食糧生産の場であると同時に物質循環を完結させる場でもある。すなわち、土壌中ではあらゆる物質が長い年月の間に分解され、環境が安定に保たれている。農耕地で作物保護のために散布される殺虫剤・殺菌剤・除草剤などの農薬も、その大部分は最終的に土壌に入り分解される。農薬は主に土壌微生物の働きによって分解を受けるが、その一方で土壌微生物相は農薬によって影響を受け変化している。農薬、特に土壌に混和して病害虫や雑草から作物をまもるために用いられる農薬は、その薬効のために、土壌中にある一定期間残留することが必要である。しかし、土壌生態系に対する影響を最小限にするためには、できるだけ早く分解してくれたほうが都合がよい。したがって、薬効に必要な期間が過ぎた後には速やかに分解されるような化合物が最も都合がよいことになる。農薬は、作物生産量の維持のために、毎年または毎作同じ薬剤が使われる場合も多くみられる。農薬を連用すると、農薬の土壌中での分解速度が変化したり、分解菌や耐性菌が集積する場合が観察され問題となっている場合もある。ここでは農薬の連用が土壌中の微生物相に及ぼす影響に関し、農薬分解速度の変化、農薬分解菌及び耐性菌数の変化とその機構、菌数変化に影響する主な因子を中心に概説する。

I 土壌微生物相に及ぼす農薬の影響

過去、農薬の土壌微生物に及ぼす影響（非標的微生物への影響）に関する数多くの研究が行われてきており、その中には微生物相に対する影響を調べた研究も多く含まれている。一般微生物及び線虫などの微生物相、あるいは土壌呼吸、有機物（セルロース）分解、アンモニア化成、硝酸化成、脱窒及び窒素固定等の活性が対象とされた（ANDERSON, 1978；SOMMERVILLE and GREAVES, 1987；佐藤, 1990）。微生物相に関する研究は、微生物数を追跡したものがほとんどである。土壌中の細菌数、放線菌数、糸状菌数の変化を調べた研究はかなり多いが、その多くは微生物数の一例として測定されたものである。ま

た農薬の影響は土壌条件をはじめとする様々な因子によって変化し、同じ薬剤でも一定の結果が得られていない。そのため、薬剤の種類と影響の現れ方の統一的な関連性を引き出すには至っていない（佐藤, 1978）。しかし、殺菌剤は、その性質から土壌微生物相に対し影響が出やすいことは間違いない。殺菌性のある農薬を土壌に添加すると、まず感受性微生物群が死滅し、耐性微生物群が主要となる。その中で農薬を資化できる微生物群がその菌数を増すと考えられている（GUENZI, 1974）。一方、殺虫剤及び除草剤ではかなりの高濃度のときのみ影響が現れ、通常の施用濃度では影響は出ないか、出ても非常に小さいのが普通である（WAINWRIGHT, 1978）。

一般微生物数の変化だけでなく、微生物相の内容まで調べた研究は少ない。SATO（1983, 85, 87）は、グリシン還流土壌にPCPを添加した際の細菌相を分類学的性質及びPCP耐性度でグループ分けし、PCP添加によって細菌相が単純化し、耐性菌が増加すること、その菌相がかなり長い間維持されることを明らかにした。TORSTESSON（1984）は、ペノミルとカルベンダジムを秋から冬にかけ繰り返し施用したところ、葉（わら）分解に関与する糸状菌相が変化したと報告した。グリホサートを連続施用すると細菌数が増加し、糸状菌数や放線菌数は変わらなかったが、糸状菌の種類は変化した（WARDLE and PARKINSON, 1990）という報告もある。しかしながら、農薬、特に連用した場合の一般微生物相の内容に及ぼす影響に関する知見はまだまだ少なく、今後の研究が待たれるところである。

II 農薬連用による農薬分解速度の変化

農薬を土壌に連用した際の分解速度の変化は、大きく三つのパターンに分けられ、それには分解菌数の変化が深く関連していることが知られている。第一のタイプは、農薬を連用することによって土壌の農薬分解速度が高まる場合である。2,4-ジクロロフェノキシ酢酸（2,4-D）の分解を還流土壌を用いて調べたところ、2,4-Dの施用歴がない処女土壌では分解が起こるまでに長い時間がかかった（誘導期間または馴致期間）が、一たび分解が始まった後は新しく2,4-Dを加えても馴致期間なく速やかに分解が進んだ（AUDUS, 1950）。同様に連用によって

分解速度が高まる農薬として、MCPA, PCP, dalapon, ベンチオカーブ等が報告されている (鉄塚, 1988)。PCP 及びベンチオカーブでは畑水分条件 (好気性)、湛水条件 (嫌気性) 両方の土壤中で分解速度の高まりが観察されている (渡辺・林, 1970; MIKESSELL and BOYD, 1986; DUAH-YENTUMI and KUWATSUKA, 1980, 82; MOON and KUWATSUKA, 1985 a, b, c)。多くの場合、分解微生物はこれらの農薬を炭素源またはエネルギー源として利用・増殖することが可能である。分解菌数の増加の結果、分解速度が高まるものと考えられている (ALEXANDER, 1981)。農薬の繰り返し施用により分解活性が高まりすぎて、当初は有効であった農薬が効かなくなるという問題も生じている。2,4-D などのフェノキシ系除草剤、EPTC 等のチオカーバメート系除草剤、また殺虫剤カルボフランなどの例が報告されている (KEARNEY and KELLOG, 1985; 山田, 1990)。

第二のタイプでは、農薬を連用しても土壤の農薬分解速度は変化しない。この場合、処女土壤でも馴致期間なく速やかに分解が起こる場合が多い (ただし分解速度は速いものから非常に遅いものまで存在する)。モリネートの分解はこのタイプである (IMAI and KUWATSUKA, 1986a, b)。分解微生物はこれらの農薬を炭素源・エネルギー源として利用できない場合が多い。土壤中に存在する炭素源・エネルギー源を徐々に (定常的に) 利用して生存しているため、分解菌数の増加はみられない。

第三のタイプでは、農薬を連用すると分解速度が遅くなるものである。クロロタロニルがその例に挙げられる (KATAYAMA et al., 1991a, b)。この場合、分解菌数は変化しないか増加する傾向にあるので、土壤中の分解菌の分解活性が低下したのは、連用による土壤環境の変化によると考えられる。

III 農薬連用による分解菌数変化に関連する諸因子

多くの因子があるが、ここでは重要と考えられる三つを紹介する。

1 土壤微生物によるエネルギー源としての農薬の利用

農薬が微生物によって分解される際に、農薬が微生物にとってエネルギー源になる場合とならない場合で代謝パターン、すなわち微生物数の増殖パターンを二つのタイプに分けることができる (表-1)。

第一のタイプでは、微生物は農薬をエネルギー源として用いる。例えば 2,4-D は *Alcaligenes* sp. 等の分解菌によってまず 2,4-dichlorophenol と glyoxylic acid に分解され、さらに、2,4-dichlorophenol は芳香環裂解反応

表-1 農薬の微生物による代謝の一般的分類*

A. 酵素的	
1. 微生物が分解によってエネルギーを得るもの	好気性条件における無機化 嫌気性条件における脱塩素反応
2. 微生物が分解によってエネルギーを得ないもの	基質特異性が低い酵素による分解 モノオキシゲナーゼ、加水分解酵素等 農薬類似化合物を代謝する酵素による分解 合成反応 ラッカーゼ等による重縮合反応 メチル化反応等による無毒化反応
B. 非酵素的	
微生物の働きにより pH, 温度等の環境が変化し、その結果間接的に農薬が分解される場合	
* 分解菌の増殖との関係は本文を参照のこと。	

によってコハク酸へ変換され TCA サイクルに入り炭酸ガスにまで分解される (ROCHKIND-DUBINSKY et al., 1987)。分解菌は 2,4-D を唯一の炭素源及びエネルギー源として増殖できる。土壤中でも 2,4-D の連用により分解菌数が増加し分解速度が高まった (FOURNIER, 1981)。ただし、土壤中では微生物は農薬だけを利用するのではなく、通常 (農薬のないとき) は土壤中に存在する農薬以外の栄養源 (糖など) を利用していると考えられる。

第二のタイプは、農薬がエネルギー源にならない場合である。この場合、分解にはエネルギー源として他の有機物が必要となる。“co-metabolism” (ALEXANDER, 1981) または “incidental metabolism” (MATSUMURA and KRISHNA, 1982) と呼ばれるタイプである。一般に存在する基質特異性の低い酵素群 (例えば monooxygenase やエステル加水分解酵素) により変換される場合や、農薬に構造的に似た化合物によって特異的な酵素が誘導される場合がこのタイプに含まれる。また、農薬自身をまたは他の化合物とともに重縮合する場合もある。この第二のタイプの菌の純粋培養系では中間代謝物が蓄積する場合が多いが、土壤中では、他の微生物がその代謝産物を分解するため、実際に代謝産物が蓄積することはほとんどない (BOLLAG, 1990)。土壤中に存在する他の微生物よりも、このタイプの菌に対して農薬の連用が有利に働くということはないので、一般にこのような菌は集積しない。しかし、構造類似のエネルギーとして利用できる化合物を連用してやると、その化合物を分解する微生物を集積することが可能である。diphenylmethane を用いて DDT 分解菌を土壤中で誘導・集積をさせた例がある (ROCHKIND-DUBINSKY et al., 1987)。また、グルコースのような基質を用いても、基質特異性の低い分解酵素を持つ

分解菌であれば増やすことができる (MATSUMURA and KRISHNA, 1982)。

2 土壌中での農薬の微生物への有効性

農薬をエネルギーとして利用・分解する微生物は、農薬濃度がある程度高くないと分解できないし増殖もできないことが知られている (SCHMIT et al., 1985a, b)。2,4-dichlorophenol の場合、濃度が 1 mg/l のときはエネルギーを得るタイプの分解菌が分解し増殖するが、濃度が 0.01mg/l のときは、エネルギーを得ないタイプの分解菌が分解し、増殖は認められなかった (山崎・瀬戸, 1992)。

土壌中では、農薬の大部分は土壌に吸着して存在する (鉄塚, 1981) ので、微生物にとって利用可能な農薬濃度はかなり低いと考えられる。したがって、吸着の強い農薬では微生物相も変化しにくいと思われる。パラコートは土壌に強く吸着する農薬の典型的な例であるが、13 年間パラコートを連用した土壌と隣接する無施用土壌の間で、耐性菌数、分解菌数に差がなかった (KATAYAMA and KUWATSUMA, 1992)。

3 殺菌性のある農薬による感受性微生物の死滅

殺菌剤や抗生物質が土壌に添加されると耐性微生物が土壌中に優先してくる (佐藤, 1990)。耐性微生物の耐性メカニズムには、合成反応による殺菌性の低下 (例えば PCP や水銀のメチル化, SUZUKI, 1983; 外村ら, 1978) を始めとし、様々なものが含まれるが、いずれの場合も耐性微生物にとってエネルギー源とはならない。しかし、土壌中に存在する合成反応系を持たない感受性微生物が死ぬために、その死骸を養分として耐性微生物の増殖が起こると考えられる。

IV 長期連用による土壌微生物の適応

天然に存在しない人工有機化合物である農薬を分解する微生物は、突然変異や自然界で起こっている遺伝子組み替え (形質転換, 接合, 形質導入, WELLINGTON and VAN ELSAS, 1992) により、新しく分解酵素系を獲得し、農薬の存在する環境に適応したものと考えられている (KEARNEY and KELLOG, 1985; CHAUDHRY and CHAPALAMADUGU, 1991)。したがって、農薬の長期連用は、もともと土壌微生物にはなかった分解酵素系や耐性機構が出現してくる可能性を高めるものと考えられる。現に、GOLOVLEVA ら (1982) は、これまでは微生物による分解には他の有機物を必要としていた DDT を、唯一の炭素源・エネルギー源として分解できる *Pseudomonas aeruginosa* を、高濃度 DDT で長期間汚染された土壌から単離した。ストレプトマイシン、クロラムフェニコール、テトラサイクリン

等の多種類の抗生物質に対する耐性菌の環境中からの単離 (三橋, 1980) も、抗生物質の存在する環境に適応した新微生物が出現したことを示している。これらの分解系や耐性は、しばしばプラスミドにコードされている (CHAUDHRY and CHAPALAMADUGU, 1991; GOLOVLEVA, 1982; 三橋, 1980)。農薬長期連用土壌では、プラスミドの微生物間での伝播の可能性が高くなるものと想像される。

おわりに

以上、農薬連用土壌中の微生物相の変動について、農薬の分解菌及び耐性菌数の変化を中心に紹介した。土壌中の微生物相に及ぼす農薬の影響、特に連用した際の影響については、まだまだ研究が十分に進んでいないのが現状である。この原因は、通常用いられている寒天平板培養法では全微生物数・全微生物相を計測できない点にあると思われる (山本ら, 1993)。農薬連用土壌における微生物相の変動を明らかにすることは、農薬の薬効を効果的に発揮させるとともに、土壌肥沃度及び生態系への影響を最小限にとどめるために、非常に重要な研究である。この分野の今後の発展を期待したい。

引用文献

- 1) ALEXANDER, M. (1981) : Science 211 : 132~138.
- 2) ANDERSON, J. P. (1978) : Pesticide Microbiology : Microbiological Aspects of Pesticide Behavior in the Environment. ed. by I. R. HILL and S. J. L. WRIGHT, Academic press, London, p. 313~533.
- 3) Audus, L. J. (1950) : Nature 166 : 365~367.
- 4) BOLLAG, J.-M. and S.-Y. LIU (1990) : Pesticide in the soil environment, SSSA book series No. 2, ed. by H. H. CHENG, SSSA Inc., Madison, Wisconsin USA, p. 169~211.
- 5) CHAUDHRY, G. R. and S. CHAPALAMADUGU (1991) : Microbiological Reviews 55 : 59~79.
- 6) DUAH-YENTUMI, S. and S. KUWATSUMA (1980) : Soil Sci. Plant Nutr. 26 : 541~549.
- 7) ——— (1982) : ibid. 28 : 19~26.
- 8) FOURNIER, J. C. et al. (1981) : Chemosphere 10 : 977~984.
- 9) GOLOVLEVA, L. A. et al. (1982) : Mikrobiologia 51 : 973~978.
- 10) GUENZI, W. D. et al. (1974) : Pesticides in soil and water, SSSA Inc., Madison, Wisconsin, USA, 562pp.
- 11) IMAI, Y. and S. KUWATSUMA (1986a) : J. Pesticide Sci. 11 : 57~63.
- 12) ——— (1986b) : ibid. 11 : 111~117.
- 13) KATAYAMA, A. et al. (1991a) : ibid. 16 : 233~238.
- 14) ——— et al. (1991b) : ibid. 16 : 239~245.
- 15) KATAYAMA, A. and S. KUWATSUMA (1992) : ibid. 17 : 137~139.
- 16) KEARNEY, P. C. and S. T. KELLOG (1985) : Pure & Appl. Chem. 57 : 389~403.
- 17) 鉄塚昭三 (1981) : 土壌の吸着現象—基礎と応用—, 日本土壌肥料学会編, 博友社, 東京, p. 129~160.
- 18) ——— (1988) : 第 6 回農薬環境科学研究会講演要旨集, p. 63~70.
- 19) MATSUMURA, F. and M. KRISHNA (1982) : Biodegradation of pesticides, Plenum Press, New York/

- London, 312pp.
- 20) MIKESSELL, M. D. and S. A. BOYD (1986): Appl. Environ. Microbiol. 52: 861~865.
 - 21) 三橋進 (1980): 微生物の生態 8 極限環境の微生物, 微生物生態研究会編, 学会出版センター, 東京, p. 89~120.
 - 22) MOON, Y.-H. and S. KUWATSKA (1985a): J. Pesticide Sci. 10: 513~521.
 - 23) ——— and ——— (1985b): ibid. 10: 523~528.
 - 24) ——— and ——— (1985c): ibid. 10: 541~547.
 - 25) ROCHKIND-DUBINSKY, M. L. et al. (1987): Microbiological decomposition of chlorinated aromatic compounds, Marcel Dekker, Inc., New York/Basel, 315pp.
 - 26) 佐藤 匡 (1978): 微生物の生態 5 環境汚染をめぐる, 微生物生態研究会編, 学会出版センター, 東京, p. 39~64.
 - 27) ——— (1989): 植物防疫 44: 27~31.
 - 28) Sato, K. (1983): Plant and Soil 75: 417~426.
 - 29) ——— (1985): J. Gen. Appl. Microbiol. 31: 197~200.
 - 30) ——— (1987): Plant and Soil 100: 333~343.
 - 31) SCHMITT, S. K. et al. (1985a): J. Theor. Microbiol. 114: 1~8.
 - 32) ——— et al. (1985b): Appl. Environ. Microbiol. 50: 323~331.
 - 33) SOMMERVILLE, L. and M. P. GREAVES (1987): Pesticide Effects on Soil Microflora, Taylor & Francis, London, 240pp.
 - 34) SUZUKI, T. (1983): J. Pesticide Sci. 8: 419~428.
 - 35) 外村健三ら (1978): 微生物の生態 5 環境汚染をめぐる, 微生物生態研究会編, 学会出版センター, 東京, p. 23~38.
 - 36) WAINWRIGHT, M. (1978): J. Soil Sci. 29: 287~298.
 - 37) 渡辺巖, 林周二 (1970): 日本土壤肥科学雑誌 43: 119~122.
 - 38) Wellington, E. M. H. and J. D. van Elsas (1992): Genetic interactions among microorganisms in the natural environment, Pergamon Press, Oxford/New York/Seoul/Tokyo, 303pp.
 - 39) 山田忠男 (1990): 植物防疫 44: 62~66.
 - 40) 山本広基ら (1993): 土壤生態系に及ぼす農薬の影響評価方法に関する研究, 平成4年度化学研究補助金研究成果報告書, p. 39~47.
 - 41) 山崎彰子, 瀬戸昌之 (1992): 第8回日本微生物生態学会講演要旨集, p. 27.

人事消息

○横浜植物防疫所

(3月25日付)

潮新一郎氏 (門司植物防疫所鹿児島支所防疫管理官) は成田支所業務第三課長に 伊藤久也氏 (成田支所業務第三課長) は成田支所業務第二課長に

(3月31日付)

若本紀代史氏 (総務部会計課課長補佐) は (生物系特定産業技術研究推進機構総務部経理課長) に

(4月1日付)

小林栄作氏 (農蚕園芸局植物防疫課課長補佐 (庶務班担当) は総務部長に 藤松男氏 (成田支所業務第二課長) は東京支所次長に 田中健市氏 (成田支所業務第二課防疫管理官) は成田支所業務第二課長に 鶴田賢治氏 (調査研究部害虫課害虫第1係長) は業務部国内課防疫管理官業務部国内課付派遣職員 (スリランカ国農業省へ) に 直江康博氏 (業務部国内第一課第1係長) は新潟支所秋田出張所防疫管理官に 小島雅春氏 (東京支所国際第1係長) は成田支所業務第二課防疫管理官に 村垣茂氏 (成田支所業務第一課調査係長) は成田支所業務第三課防疫管理官に 渡邊秋雄氏 (成田支所業務第三課携帯品第3係長) は成田支所羽田出張所防疫管理官に 和田光雄氏 (東京支所大井出張所防疫管理官) は札幌支所釧路出張所長に 新國忠氏 (札幌支所防疫管理官) は札幌支所小樽出張所長に 佐藤輝男氏 (札幌支所小樽出張所長) は札幌支所苫小牧出張所長に 石谷義明氏 (名古屋植防西部出張所防疫管理官) は塩釜支所釜石出張所長) に 黒澤正夫氏 (成田支所業務第二課防疫管理官) は塩釜支所小名浜出張所長に 竹知孝典氏 (業務部国内課防疫管理官) は業務部国際第一課防疫管理官に 福沢系司氏 (成田支所業務第二課防疫管理官) は業務部国際第一課防疫管理官に 村岡力氏 (業務部国際第一課防疫管理官) は調査研究部企画調整課防疫管理官に 時広五朗氏 (東京支所防疫管理官) は調査研究部企画調整課防疫管理官に 早瀬猛氏 (札幌支所苫小牧出張所長) は札幌支所防疫管理官に 山辺順孝氏 (札幌支所釧路出張所長) は塩釜支所防疫管理官に 小林進氏 (成田支所業務第一課防

疫管理官) は新潟支所防疫管理官に 鎌倉正好氏 (東京支所晴海出張所防疫管理官) は成田支所業務第一課防疫管理官に 元島俊治氏 (業務部国際第二課防疫管理官) は成田支所業務第二課防疫管理官に 中島三康氏 (塩釜支所小名浜出張所長) は成田支所業務第二課防疫管理官に 伊藤喜美男氏 (塩釜支所防疫管理官) は東京支所防疫管理官に 坂浦昭男氏 (業務部国際第一課防疫管理官) は東京支所晴海出張所防疫管理官に 戸上隆氏 (成田支所業務第三課防疫管理官) は東京支所大井出張所防疫管理官に 森田利夫氏 (業務部長) は門司植物防疫所長に 井尻美智子氏 (調査研究部企画調整課統計資料係長) は農業検査所検査第一部企画調整課検査管理官に 中山宏基氏 (成田支所業務第二課貨物第4係長) は新潟支所防疫管理官に 鈴木光男氏 (本牧出張所長) は業務部国際第三課長に 染谷均氏 (横須賀出張所長) は業務部国際第二課防疫管理官に 堀内義久氏 (新潟支所防疫管理官) は業務部国際第三課防疫管理官に 濱砂武久氏 (業務部国際第一課防疫管理官) は業務部国際第三課防疫管理官に 村木寛志氏 (本牧出張所防疫管理官) は業務部国際第三課防疫管理官に 中野満夫氏 (塩釜支所釜石出張所長) は名古屋植物防疫所四日市出張所長に

○名古屋植物防疫所

(3月25日付)

橋本満成氏 (清水支所御前崎出張所長) は清水支所田子の浦出張所長に 藤原史郎氏 (清水支所防疫管理官) は清水支所御前崎出張所長に 宮本岩夫氏 (清水支所田子の浦出張所長) は清水支所防疫管理官に

(3月31日付)

村上良治氏 (小牧出張所長) は退職 新名輝彦氏 (伏木支所金沢出張所) は退職

(4月1日付)

宮井尚彦氏 (国際課輸入第1係長) は蒲郡出張所長に 島田正博氏 (国内課輸出係長) は南部出張所長に 木戸悦昌氏 (伏木支所国内係長) は衣浦出張所防疫管理官に 小倉明弘氏 (伏木支所国際係長) は小牧出

(33ページへ続く)

特集：土壌微生物と農薬〔4〕

ピレスロイド光学異性体の微生物分解

住友化学工業株式会社生物環境科学研究所 ^さ坂 ^た田 ^し信 ^い以

はじめに

ピレスロイドとは、除虫菊の殺虫成分であるエステル化合物の総称であるが、分子内に不斉炭素有し、殺虫効力が異性体により異なることはよく知られている。また、天然品の化学構造が解明されるとともに、分子全体の安定性を増強した安価な合成品が見いだされ、家庭用防疫剤としてだけでなく、農業用としての用途も開発されている。このため、環境中での安全性評価にあたり、土壌中での分解性について多くの研究がなされ、また、土壌微生物が分解に大きく関与することが明らかにされている。本稿では、ピレスロイド光学異性体の土壌における分解や、土壌微生物による分解に関する事例を中心に紹介する。また、ピレスロイド以外の農薬の異性体の土壌及び土壌微生物による分解性についても簡単に述べる。

I ピレスロイド異性体の土壌中での分解

^{14}C 標識したピレスロイドを使用した土壌中での多くの分解研究より、ピレスロイドは土壌中でエステル加水分解、フェニル環の水酸化、ジフェニルエーテル結合の開裂、シアノ基の加水分解などを経て、二酸化炭素まで分解されることがわかっている。各異性体とも土壌中で同様の分解経路を示すが、分解速度及び分解物の生成量

は異性体間で異なることが報告されている。図-1 に本稿で取り上げる合成ピレスロイドとエステル加水分解物の構造を示す。

まず、幾何異性体については、例えばエステルの酸側に菊酸のジクロルビニル誘導体 (DCVA) 構造を有するサイパーメスリン (ROBERTS and STANDEN, 1977; SAKATA et al., 1986) は、畑土壌中ではトランス異性体がシス異性体よりも速く分解する。分解物の生成量については、分解の速いトランス異性体からはエステル加水分解物と二酸化炭素が多く生成し、分解の遅いシス異性体ではエステル結合を保持した分解物の割合が多く、異性体間で差が認められる。土壌中でのサイパーメスリンのトランス/シス異性化は認められない。パーメスリンについても、畑土壌及び湛水土壤中ではトランス異性体はシス異性体より速く分解する (KAUFMAN et al., 1977; JORDAN and KAUFMAN, 1986)。

光学異性体について土壌中での分解性を比較検討した報告は少ない。(2*RS*, α *RS*)-フェンバレレートには4種類の光学異性体が存在するが、ラセミ体を畑土壌に添加すると、(2*R*, α *S*)異性体が一番速く分解する。また、4異性体のうち殺虫活性の高い(2*S*, α *S*)異性体を畑土壌に添加すると、ラセミ体で添加した場合よりも分解は速く、また、異性化は認められない。これより LEE et al.

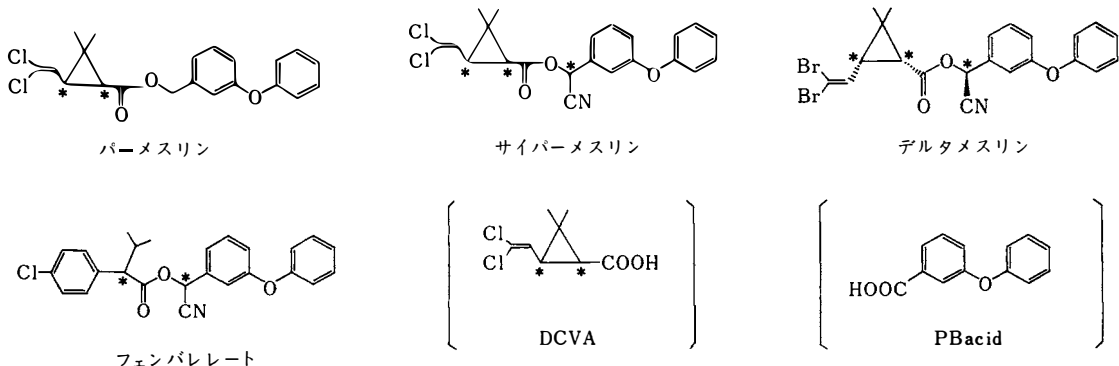


図-1 合成ピレスロイドの化学構造
[] : エステル加水分解物
* : 不斉炭素原子

(1987) は、ラセミ体を散布するよりも殺虫活性の高い異性体だけを散布するほうが、散布量を減らせるだけでなく、環境への影響が少ないと考察している。また、SAKATA et al. (1992a) の報告によると、フェンバレーレート及び(1RS, トランス・シス)-パーメスリンの4種類の光学異性体、(1RS, トランス・シス, α RS)-サイパーメスリン及び(1R, シス, α S)-デルタメスリンの8種類の光学異性体の畑土壌での分解速度は異性体間で差がみられ、トランス異性体はシス異性体より、また α S 異性体は α R 異性体より速く分解する。図-2 にサイパーメスリンの8種類の光学異性体の土壌中での減衰を示す。土壌中ではシス/トランス, α S/ α R の異性化は認められていない。また、いずれの異性体についても、土壌中での主分解経路は二酸化炭素にいたるエステル加水分解であることが示唆されているが、分解物の生成量には異性体間で差が認められている。分解の速いトランスあるいは α S 異性体を添加した土壌では二酸化炭素とエステル加水分解物が多く生成し、分解の遅いシスあるいは α R 異性体を添加した土壌ではエステル結合を保持した分解物が多

く検出されている。

また、土壌中に検出されるエステル加水分解物、DCVA (SAKATA et al., 1992a) 及び PBacid (TOPP and AKHTAR, 1990) は土壌中で二酸化炭素まで無機化することが確認されており、微生物による分解が示唆されている。DCVA についてはトランス/シス, 1R/1S の異性化は土壌中では認められていない。

II ピレスロイド異性体の土壌微生物による分解

ピレスロイドの土壌中での分解に土壌微生物が関与していることは、滅菌土壌ではほとんど分解しないこと、また、土壌培養液中での分解研究などからも明らかである。しかし、土壌より単離した微生物による分解の報告は少ない。最近では、KHAN et al. (1988) が、土壌より単離した *Bacillus* 属細菌がデルタメスリンを単一炭素源として生育し、培養液中にはエステル加水分解物が主分解物として生成することを報告している。また、サイパーメスリン添加土壌及びフェンバレーレート添加土壌から単離した *Bacillus* 属細菌はサイパーメスリン、フェンバレーレート (40 ppm) を14日間の培養で分解する (RANGASWAMY et al., 1992)。これまでの知見によると土壌微生物による分解では、土壌中での分解をよく反映した結果が得られている。しかし、土壌中で検出される分解物の中には、土壌より単離した微生物による分解では検出されないものもある。このことは、生成した分解物が速やかにさらに分解を受けるため、検出されない可能性のあることを示唆している。

幾何異性体の微生物分解については、土壌中での分解と同様にトランス異性体がシス異性体よりも速く分解することが報告されている。MALONEY et al. (1988) のパーメスリンを中心とした報告によると、パーメスリン (Tween 80 添加) で集積培養した土壌懸濁培養液では、トランス異性体がシス異性体よりも速く分解し、培養液中にはエステル加水分解物が検出される。この土壌懸濁培養液は他のピレスロイド (フェンバレーレート, フルバリネート, ファスタック, デルタメスリン) にも分解活性を示すものの、分解速度はパーメスリンが半減期5日以内と最も速い。この集積培養液から単離した3株の細菌 (*Bacillus cereus*, *Pseudomonas fluorescens*,

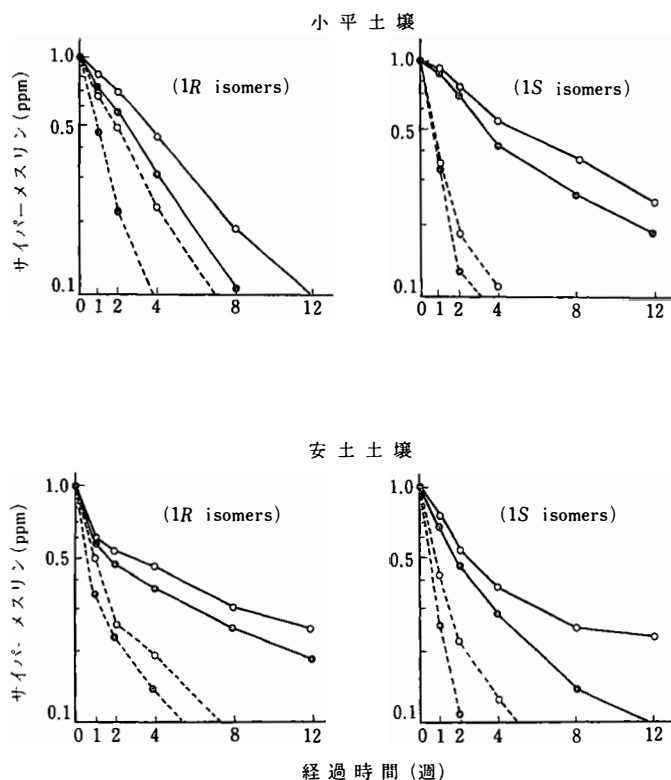


図-2 サイパーメスリン光学異性体の土壌中での減衰
 ●●●, trans, α S; ○●●, trans, α R; ●—●, cis, α S;
 ○—○, cis, α R.

Achromo-bacter 属細菌) は、トランス異性体をシス異性体よりも速く分解するが、パーメスリンを単一炭素源として利用することはできず、分解は Tween 80 をエネルギー源とするコメタボリズムである。また、培養液中に検出されるエステル加水分解物 PBacid は微生物の作用によりさらに 4' 位の水酸化物に変換する。TOPP and AKHTAR (1990) は土壌より単離した *Pseudomonas* 属細菌が、PBacid をフェノールを経て二酸化炭素まで分解することを報告している。エステル結合を保持した分解物はパーメスリンの微生物分解では検出されていない。*Bacillus* 属の好熱性細菌についても同様の結果が得られており (MALONEY et al., 1992), 比較的高温でピレスロイドが環境に放出される可能性のある場面での分解処理への利用が期待されている。

光学異性体については微生物及び微生物より抽出した粗酵素による分解に関する報告がある (SAKATA et al., 1992b)。2 種類の日本の土壌から単離した 103 株の細菌を、サイパーメスリンとフェンバレーートの各光学異性体を基質として栄養液体培地で培養すると、101 菌株が加水分解活性を示し、このうち 96 菌株は程度の差はあるが、いずれもサイパーメスリンの (1R, シス, α S), (1R, トランス, α S), (1S, トランス, α S) の 3 異性体を他の 5 異性体より速く分解し、また、フェンバレーートの (2R, α S) の異性体を他の 3 異性体より速く分解する。しかし、エステル結合を保持した分解物は培養液中には検出されていない。*Bacillus* 属の細菌 3 菌株及び *Pseudomonas* 属の細菌 1 菌株については、粗酵素による分解も検討されている。菌体を超音波破碎した粗酵素抽出液のゲル濾過フラクションについて加水分解活性を調べると、サイパーメスリンについては (1R, トランス, α S) と (1R, トランス, α R) 異性体を速く加水分解するピーク、 α S 異性体を選択的に分解し、特に (トランス, α S) 異性体を速く加水分解するピークが主活性ピークとして認められている。フェンバレーートについては、2S 異性体を加水分解するピーク、(2R, α S) 異性体を選択的に加水分解するピークが主活性ピークとして認められている。また、各ピークの相対的な酵素活性は菌により異なっている。図-3 に *Bacillus* 属細菌のゲル濾過フラクションの光学異性体加水分解活性を示す。この報告より土壌中にはピレスロイド加水分解活性を有する微生物が多数存在し、各菌には光学異性体について基質特異性の異なる複数のピレスロイド加水分解酵素が存在することが示唆される。また、土壌中での化合物や異性体間の分解速度の差は、これらの酵素活性及び基質特異性に支配されると考えられる。

III ピレスロイド以外の農薬 (異性体) の分解性

微生物による異性体の分解性に関する報告は、ピレスロイド以外の農薬についても少なく、ここでは土壌中での異性体の分解性に関する研究も含めて紹介する。図-4 に不斉原子を有する各化合物の構造を示す。

まず、フェノキシ系除草剤については、土壌中での分解過程で分解物の異性化が起こることが報告されている。除草剤 (RS)-Fluazifop-butyl は土壌中で分解し、主分解物として脱ブチル体 (RS)-Fluazifop を生じる。(R)-Fluazifop-butyl を添加した土壌では (R)-Fluazifop が検出され、(S)-Fluazifop-butyl を添加した土壌では (RS)-Fluazifop が検出される。(RS)-Fluazifop の生成量は、(S)-Fluazifop-butyl 添加 6 時間後で添加量の約 80 % (S 異性体：約 70 %, R 異性体：約 10 %), 7 日後で約 45 % (S 異性体：約 5 %, R 異性体：約 40 %) である。(S)-Fluazifop の減少に伴い (R)-Fluazifop が増加すること、また、Fluazifop-butyl は土壌中で異性化しないことから、土壌中で Fluazifop の S $\rightarrow$ R 異性化が起こると考えられている。滅菌土壌では Fluazifop の異性化は認められないことから、土壌微生物の異性化への関与が示唆されている (BEWICK, 1986)。同様に除草剤 Diclofop-methyl と Fenoxaprop-ethyl についても、親化合物の異性化は土壌中では認められないが、分解物の S $\rightarrow$ R 異性化が起こることが報告されている (WINK and LULEY, 1988)。

有機リン系殺虫剤サリチオンの R 光学異性体と S 光学異性体についても、土壌中では異性化は起こらない。分解速度は S 異性体のほうが R 異性体より 1.5~1.7 倍速い。滅菌土壌にラセミ体を添加しても R/S 異性体比は変化しないことから、光学異性体による分解速度の差に土壌微生物が関与することが示唆されている (ITO, 1991a)。また、土壌より単離した *Agrobacterium* 属及び *Acinetobacter* 属の細菌 4 菌株による光学異性体の分解性に関する報告 (ITO, 1991b) では、2 菌株は土壌中での分解と同様に S 異性体を R 異性体より速く分解するが、他の 2 菌株では異性体間で分解速度に顕著な差は認められない。分解様式も菌株により異なり、光学異性体により代謝様式が異なる菌株 (P-O-アリアル及び P-O-アラールキル結合の開裂反応と脱メチル化反応) と差のない菌株が報告されている。

有機塩素系殺虫剤リンデン (ヘキサクロロシクロヘキサンの γ 異性体： γ -HCH) は弱い好気的条件下で *Pseudomonas aeruginosa* により強力な発癌性物質である α

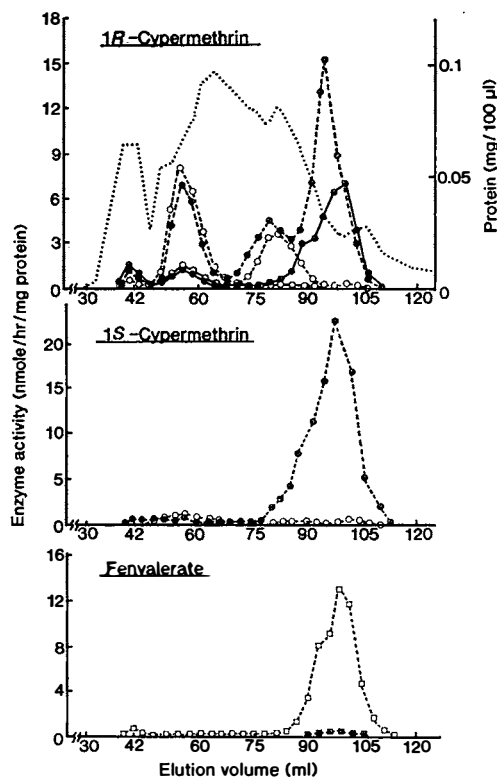


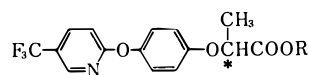
図-3 無細胞抽出液ゲル透過画分のピレスロイド加水分解活性 (Bacillus 属細菌)

●—●, trans, α S; ○—○, trans, α R; ●—●, cis, α S;
○—○, cis, α R; ■—■, 2S, α S; ■—■, 2S, α R;
□—□, 2R, α S; □—□, 2R, α R; …… Protein.

異性体に変換されることが報告されている (ENGST et al., 1979). NAGASAWA et al. (1993) の *Pseudomonas paucimobilis* UT26 による分解では α 異性体への異性化は報告されていない。また, γ -HCH からはペンタクロロシクロヘキサンの γ 異性体 (γ -PCCH), α -HCH からは α -PCCH が分解物として生成するが, β -HCH は分解せず, 異性体により分解様式は異なることが報告されている。

おわりに

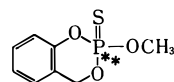
土壤微生物が土壤中での農薬の分解に大きく関与することから, 近年多くの研究がなされ, 土壤懸濁培養液, 単離菌, 分解酵素, 分解系プラスミドなどへと研究は展開している。土壤微生物による農薬の分解研究は, 生分解性や土壤中での分解メカニズムを明らかにするだけでなく, 有害な分解物の生成の有無などに関する情報を得るためにも重要である。土壤中で検出される分解物が微生物分解では検出されない例も報告されており, 土壤より単離した微生物による分解がどの程度実際の土壤中で



R=n-butyl : fluazifop-butyl

R=H : fluazifop

* : 不斉炭素原子



サリチオン

** : 不斉リン原子

図-4 Fluazifop-butyl とサリチオンの化学構造

の分解を反映しているかを明らかにするためには, 今後多くの基礎研究が必要と思われる。ピレスロイドを含め, 異性体の微生物分解に関する研究はまだ少ない。分子内に不斉原子を有し, 光学異性体が存在する化合物については, 各異性体の土壤中での挙動や土壤微生物による分解を比較検討することが必要である。特に, 異性体により効力が異なる薬剤については, 活性成分の異性化, ラセミ体と活性異性体の分解様式の差などを明らかにすることも重要である。

引用文献

- 1) BEWICK, D. W. (1986) : Pestic. Sci. 17: 349~356.
- 2) ENGST, R. et al. (1979) : Bull. Environ. Contam. Toxicol. 22: 699~707.
- 3) ITOH, K. (1991a) : J. Pesticide Sci. 16: 35~40.
- 4) ——— (1991b) : ibid. 16: 85~91.
- 5) JORDAN, E. G. and D. D. KAUFMAN (1986) : J. Agric. Food Chem. 34: 880~884.
- 6) KAUFMAN, D. D. et al. (1977) : ACS Symp. Ser. 42: 147~161.
- 7) KHAN, S. U. et al. (1988) : J. Agric. Food Chem. 36: 636~638.
- 8) LEE, P. W. et al. (1987) : ibid. 35: 384~387.
- 9) MALONEY, S. E. et al. (1988) : Appl. Environ. Microbiol. 54(11): 2874~2876.
- 10) ——— et al. (1992) : Arch. Microbiol. 158: 282~286.
- 11) NAGASAWA, S. et al. (1993) : Chemosphere 26: 1187~1201.
- 12) ROBERTS, T. R. and M. E. STANDEN (1977) : Pestic. Sci. 8: 305~319.
- 13) RANGASWAMY, V. and K. VENKATESWARLU (1992) : Bull. Environ. Contam. Toxicol. 49: 797~804.
- 14) SAKATA, S. et al. (1986) : J. Pesticide Sci. 11: 71~79.
- 15) ——— et al. (1992a) : ibid. 17: 169~180.
- 16) ——— et al. (1992b) : ibid. 17: 181~189.
- 17) TOPP, E. and M. H. AKHTAR (1990) : Can. J. Microbiol. 36: 495~499.
- 18) WINK, O. and U. LULEY (1988) : Pestic. Sci. 22: 31~40.

感染生理研究の展望

岡山大学農学部植物病理学研究室 おく 奥

はち 八 ろう 郎

はじめに

感染生理とは植物の感染の過程に関与する、植物病原の病原性、植物の抵抗性、病原と宿主の相互反応につき、生理、生化学、分子生物学的に研究する分野で、最近目まぐるしく発達しつつある。これらのうち、病原性、植物の病害抵抗性については、筆者の総説（奥，1991，92）があるので、誌面の関係上病原と宿主の相互反応とその機構について、筆者らの研究を含め、糸状菌病における研究の現状と未来を展望する。

I 植物における防御反応誘発の機構

植物の病害抵抗性の本質は、微生物、ウイルスの侵入に対して積極的に反応して引き起こされる、一連の動的抵抗性（防御反応）にある。動的抵抗性によって生きた植物組織はほとんどの微生物、ウイルスの侵入を排除する。この防御反応の誘発機構が、現在、世界の感染生理学者の興味の中心となっている。

1 防御反応を誘発する物質、エリシター

ファイトアレキシン発見の当初より、その誘導蓄積は、病原菌の孢子発芽液、金属イオン、病原菌の毒素、代謝阻害剤、紫外線などにより誘導されることが知られていた。病原菌からファイトアレキシン誘導物質として部分純化したポリペプチドを分離したのは CRUICKSHANK と PERRIN (1968) であり、Monilicolin A と命名された。後になって多くの糸状菌の細胞壁成分である糖タンパクや種々の多糖類がファイトアレキシン生合成を誘導することが明らかにされた。

KEEN (1975) は、最初これらのファイトアレキシン蓄積を誘導する物質のことをエリシターと呼んだが、現在ではエリシターの定義はさらに広く、植物に過敏反応などの防御反応を引き起こす物質にも用いられている。ファイトアレキシンとエリシターについては DERVILL と ALBERSHEIM (1984) の総説がある。

エリシターは、大きく内的 (endogenous)、及び外的エリシター (exogenous elicitor) に分けられる。

内的エリシターは宿主植物由来のもので、例えば ASADA (1988) は、べと病に罹病したダイコンの細胞壁に木化を誘導する糖ペプチドを分離したが、これは健全なダイコンの細胞壁に不活性な形で存在するものが菌の感

染の刺激によって活性型となり、遊離してくるものであることを明らかにしている。

外的エリシターは、主として病原菌由来のもので、多くの病原菌から、ポリペプチド、多糖類、糖タンパク、タンパク-脂質-糖複合体、キトサン、さらにエイコサペンタノイン酸、アラキドン酸などの不飽和脂肪酸が分離されている。

ほかに、KEEN と YOSHIKAWA (1983) は、ダイズと疫病菌の系において、ダイズの β -1,3-endoglucanase の作用によって疫病菌の細胞壁からエリシターが遊離してくることを報告している。

さらに、エリシターは特異的エリシターと非特異的エリシターに分けられる。

特異的エリシターは、病原菌のあるレースによって生産され、宿主の非親和性品種には抵抗反応を誘導するが、親和性品種には誘導しないか、しても弱い。インゲン炭そ病菌のレースは多糖類からなる特異的エリシターを生産する (ANDERSON, 1980; TEPPER and ANDERSON, 1986)。ダイズの β -1,3-endoglucanase によって、疫病菌の細胞壁から遊離されるグルカンエリシターも品種特異的であるという (KEEN and YOSHIKAWA, 1983)。

非特異的エリシターは、宿主植物のすべての品種、ときには非宿主植物にも抵抗反応を誘導する。AYERS ら (1976) がダイズ疫病菌の三つのレースから分離したグルカンエリシターには品種特異性はない。エンドウ褐紋病菌の孢子発芽液から分離した多糖類エリシターにも特異性はなく、また、キク花腐病菌、メロンつる枯病菌の生産する多糖類エリシターによってもエンドウにピサチンが誘導される (YAMAMOTO et al., 1986)。

2 宿主細胞によるエリシターの認識機構

宿主細胞によるエリシターの認識機構については、二つの仮説がある。その一つは、エリシターが直接宿主細胞核内の DNA に結合してファイトアレキシン生合成をつかさどる遺伝子の転写を活性化するという説である (HADWIGER and SCHWOCHAW, 1969)。この説は、DNA に結合することが知られているアクチノマイシン D や DNA に pyridine dimer を形成する紫外線がファイトアレキシンを誘導するという事実に基づいている (BRIDGE and KLARMANN, 1973)。しかしながら、多くの菌の生産する高分子エリシターが植物細胞内の核の中まで浸透していくとは考え難い。

もう一つの説は、植物の原形質膜にエリシターと結合

ウのATPaseのみを阻害することが、電顕を用いた鉛沈殿法により確かめられた (SHIRAIISHI et al., 1991a)。エンドウには病原性のないキク花腐病菌もサプレスチン B とともに接種するとエンドウに感染する。

サプレスチン A にはピサチン生合成阻害作用はあるが、原形質膜 ATPase を阻害しない。ただし、エリシターと共存すると ATPase を阻害する。

化学合成したサプレスチン B のペプチド部分も ATPase を阻害するが、その活性は B に比較して弱い。その理由は、サプレスチン B はペプチドと糖の結合部を底に V 字型をしていて、その底の部位が強い+チャージを帯び、-にチャージした原形質膜と電気的に結合しやすいためと考えられる (OKU et al., 1992)。

宿主特異的毒素にも毒素として働く前に、サプレッサーと同様、宿主の抵抗反応発現を抑制する時期がある (甲元, 1990)。筆者の考えでは、一つの分子でサプレッサーと毒素の二つの機能を備えたものが宿主特異的毒素であろう。

III 今後の課題

まず、エリシターが真性抵抗性遺伝子を活性化するまでの情報伝達の詳細な機構が、今後も世界の学者の興味を中心であろう。また、真性抵抗性の遺伝子の本体を明らかにすることが重要である。そのためには、transposon tagging 法も一つの有効な手段であろう。古典的な遺伝学的手法によって染色体上の位置まで決定されているこれらの遺伝子の正体が、いまだに明らかにされていないことを奇異に感ずる。

次に、抵抗性の機構に関する研究が多いのに比べ、病原性の機構に関する研究例が少ない。サプレッサーは他の多くの病原菌の戦略として役立っていると思われる。感染生理学の究極の目的も病害防除にあるので、病原菌の正体をさらによく知ることが重要である。さらに、全身誘導抵抗性の機構を明らかにし、それに関与する物質を同定すれば、無公害農薬が開発される可能性が高い。病害抵抗性品種の作出に、遺伝子工学の手法が役立つであろうことはいうまでもない。

現今は、一人の秀才の力で学問を大きく発展させる時代ではない。感染生理学の進歩も他の分野の専門家といかにうまく共同研究の体制を組むかによるであろう。

引用文献

- 1) ANDERSON, A. J. (1980) : Can. J. Microbiol. 26: 1473~1479.
- 2) ASADA, Y. (1988) : Abstr. 5th ICPP, Kyoto, pp. 216.
- 3) AYARS, A. R. et al (1976) : Plant Physiol. 57: 766~774.
- 4) BRIDGE, M. A. and W. L. KLARMANN (1973) : Phytopathology 63: 606~608.
- 5) CRUICKSHANK, I. A. M. and D. R. PERRIN (1968) : Life

- Sci. 7: 449~458.
- 6) DERVILL, A. G. and P. ALBERSHEIM (1984) : Ann. Rev. Plant Physiol. 35: 243~275.
- 7) DOKE, N. et al. (1980) : Phytopathology 70: 35~39.
- 8) ECKER, J. R. and R. W. DAVIS (1987) : Proc. Natl. Acad. Sci. USA 84: 5202~5206.
- 9) GARAS, N. A. et al. (1979) : Physiol. Plant Path. 15: 117~126.
- 10) GENTILE, A. and A. MATTA (1975) : Physiol. Plant Path. 5: 27~35.
- 11) HADWIGER, L. A. and M. E. SCHWOCHAW (1969) : Phytopathology 59: 223~227.
- 12) KEEN, N. T. (1975) : Science 187: 74~75.
- 13) ——— and M. YOSHIKAWA (1983) : Plant Physiol. 71: 460~465.
- 14) KENDRA, D. F. and L. A. HADWIGER (1987) : Physiol. Plant Path. 31: 337~348.
- 15) KESSMANN, H. and W. BARZ (1986) : J. Phytopath. 117: 321~335.
- 16) 甲元啓介 (1990) : 植物感染生理学, 西村正陽, 大内成志編, 文永堂, 東京, 172 pp.
- 17) KUNOH, H. et al. (1988) : Physiol. Mol. Plant Path. 33: 81~93.
- 18) 奥 八郎 (1991) : 農薬誌 16: 109~114.
- 19) ——— (1993) : 岡山大農学報 81: 51~59.
- 20) OKU, H. and S. OUCHI (1976) : Rev. Plant Prot. Res. 9: 58~71.
- 21) ——— et al. (1987) : Molecular Determinants of Plant Diseases (Nishimura, S. et al. eds.), pp. 145, Japan Sci. Press, Tokyo/Springer Verlag, Berlin.
- 22) ——— et al. (1980) : Naturwissenschaften 67: 310~311.
- 23) ——— et al. (1992) : Abstr. 2nd EFPP Conference, Strasbourg, p. 12.
- 24) OUCHI, S. et al. (1974a) : Phytopath. Z. 79: 24~34.
- 25) ——— et al. (1974b) : Phytopath. Z. 79: 142~154.
- 26) SCHEEL, D. and J. E. PARKER (1990) : Z. Naturforsch. 45c: 569~578.
- 27) SCHMIDT, W. E. and J. EBEL (1987) : Proc. Natl. Acad. Sci. USA 84: 4117~4121.
- 28) SHIRAIISHI, T. et al. (1991a) : Plant Cell Physiol. 31: 1139~1146.
- 29) ——— et al. (1990) : Ann. Phytopath. Soc. Japan 56: 261~264.
- 30) ——— et al. (1992) : Plant Cell Physiol. 33: 663~667.
- 31) ——— et al. (1991b) : Molecular Strategies of Pathogen and Host Plants (PATIL, S. et al. eds.) pp. 151, Springer-Verlag, New York.
- 32) STAB, A. R. and J. EBEL (1987) : Arch. Biochem. Biophys. 257: 416~423.
- 33) TEPPER, C. S. and A. J. ANDERSON (1986) : Physiol. Mol. Plant Path. 24: 411~420.
- 34) TOYODA, K. et al. (1992) : Plant Cell Physiol. 33: 445~452.
- 35) TSUCHIYA, K. and K. HIRATA (1973) : Ann. Phytopath. Soc. Japan 39: 396~403.
- 36) VERNIS, J. L. and J. KUĆ (1971) : Phytopathology 61: 178~181.
- 37) YAMAGUCHI, I. et al. (1982) : J. Pestic. Sci. 7: 523~529.
- 38) YAMAMOTO, Y. et al. (1986) : J. Phytopath. 117: 136~143.
- 39) YOSHIKAWA, M. et al. (1983) : Plant Physiol. 73: 497~506.
- 40) ——— et al. (1988) : Abstr. 5th ICPP, Kyoto, pp. 216.
- 41) ZIEGLER, E. and R. PONTZEN (1982) : Physiol. Plant Path. 20: 321~331.

イネ褐条病の発生生態と防除

農林水産省農業環境技術研究所 ^{かど}門 ^た田 ^{いく}育 ^お生

はじめに

イネ褐条病は、後藤・大畑 (1956) によって最初に発見された病害であり、イネ苗に葉鞘から葉身にかけて褐色の条斑が生じるのが典型的な病徴である。苗代育苗時代には、本病は局部的に発生するだけで被害はほとんどなかった。そのため、本病に関する発生生態や防除法についての研究は全く取り残されていた。ところが、苗代育苗から箱育苗法の普及に呼応して、各地の育苗箱に細菌性病害が発生し、年々増加して甚大な被害を及ぼすようになった。それらのうち褐条病による障害苗は北陸地域を中心に多発し (門田・大内, 1983; 富永ら, 1983), 本病が改めて注目されるようになった。

1976年新潟県北魚沼郡広神村の育苗センターにおいて、育苗箱内で褐条病の発生が本格的に確認され (富永ら, 1983), その後も、同地域では毎年その被害が続出して大きな問題となっている。ところが、本病の伝染経路やイネ体上での病原細菌の挙動については明らかにされていないことから、的確な防除対策を確立することができなかった。そこで、育苗箱での本病の病徴や発生状況を把握するとともに、イネ体上での病原の挙動及び籾の汚染状況を明らかにする研究を行った。ここにその概要を述べる。

I 病徴と被害

本病の病徴は、まず葉に幅 1 mm 以下の暗緑色水浸状病斑が現れ、しだいに第 1~2 葉の葉鞘から葉身へと褐色の条斑が進展する。病斑は第 2~3 葉期までの苗に現れ、第 4 葉期以降のイネ体に病斑が新たに現れることはない。病斑の出現した苗は枯死することが多い。

本病に罹病した苗の中には、葉鞘の基部あるいは苗全体が湾曲したり、中胚軸が異常に伸長して種子から数 mm 離れた部位の葉節に冠根が発達するものが観察される。これは本細菌の生産する毒性物質によるものであることが明らかにされている (佐藤ら, 1983)。また、種子の発芽時に激しく侵されると発芽障害を起こし、1 cm 前後に伸長した葉が淡黄褐色の水浸状となって生育が停止し、その後枯死する場合が多い。

本病は育苗箱内に比較的均一に分散して発生することが多く、籾枯細菌病菌による苗腐敗症 (植松ら, 1976) や苗立枯細菌病 (AZEGAMI et al., 1987) のように坪枯れ状とはならない。これは発病苗から健全苗への二次伝染が比較的少ないためであると推定される。

これらの被害苗の多くは移植後に枯死するが、発病程度の軽い苗や感染しても発病に至らない苗はそのまま生育する (矢尾板ら, 1988; 門田・金, 1991)。これらのイネは分けつ期になると病徴は完全に消失し、生育も健全株と同等になる。また、籾にも病徴を現さず、稈実程度も健全籾と差異がない (門田・大内, 1983b)。

ところで、本田での発病の特殊な事例として、イネ体が冠水することにより、本病原細菌が葉鞘内部にまで侵入し、その結果株腐症状を示すことが、1986年新潟県上越地域の幼穂形成期のイネで初めて観察された (門田・大内, 1988)。罹病イネは新しく抽出する葉の多くが枯死するため、株全体の生育が停止し、出穂しても籾は奇形を呈して不稔となるため大幅な減収となった。

II 病原細菌

本病の病原細菌 (*Pseudomonas avenae*) はグラム陰性の桿菌で、1本の極毛を持つ好気性の細菌である。普通寒天培地上に白色の集落を形成し、蛍光色素や水溶性色素は産生しない。また、本細菌には大別して四つの血清型が存在する (門田ら, 1991) が、血清型の違いは病原力や地理的分布に関係しない。

本病原細菌と同種に分類される病原細菌がアワ、キビ (後藤・岡部, 1952)、トウモロコシ (富永, 1968)、シコクビエ (西山ら, 1979) など多くのイネ科植物から分離されていることから、本病原細菌は宿主範囲の広い多犯性の細菌と考えられる。

III 病原細菌の伝染環及び挙動

1 第一次伝染源

本病の発生においては、同一資材を使って育苗しても、種籾の採種場所の違いによって発病程度が大きく異なる例が多いことから、種籾が第一次伝染源として重要であると考えられた。そこで、北陸地域から採集した 1982 年及び 1984 年産籾を別々に育苗箱に播種し、褐条病の発病の有無を調査したところ、採集した計 102 標本

のうち、半数に近い48標本で褐条病の発生が認められた(図-1)。よって、イネ褐条病細菌は北陸地方に広く分布し、病原を保菌した粳が育苗時に第一次伝染源となっていると推察される。

次に、本病原が粳に侵入する時期を明らかにするために、病原細菌の懸濁液を出穂期前後のイネに噴霧接種し、粳の保菌程度を調査した。その結果、出穂開花当日に接種した個体で最も発病苗率が高く、出穂3日前及び6日前の順に次第に低くなった(図-2)。また、出穂12日以降の接種期では発病苗率が著しく低いことから、本病原細菌が粳に侵入する時期は、出穂開花日前後の6日間と推定される。さらに、病原細菌の接種濃度と苗の発病程度との間に密接な相関が認められ、苗が発病するには 10^4 cfu/ml以上の接種濃度が必要と判断される。これらのことから、本病原は開花時に穎内に侵入し、一定量以上の病原細菌を保菌した粳が発病すると推察される。

2 浸種期間中の病原細菌の増殖

粳に保菌された病原細菌が育苗過程でどのように増殖しているかを明らかにするために、イネ褐条病細菌H8301株に対する抗血清を一次抗体、アルカリフォスファターゼ標識ヤギ抗ウサギ免疫グロブリンGを二次抗体とする間接ELISAを用いて、保菌粳の浸漬液から本細菌を検出した。その結果、浸種数日後には浸漬液から病原が検出され、浸漬温度が高くなるほど病原細菌の増殖程度が速いことが明らかとなった(図-3)。したがって、粳に保菌された病原細菌は浸種直後から急速に増殖を開始して浸漬液へと逸出し、これが健全粳へと伝染し

て本病が多発生すると考えられる。

3 出芽時の加温と発病

箱育苗法では、種粳を均一に発芽させるために、播種後に育苗箱を 30°C 前後の高湿度の施設(出芽器)内に2～3日間静置することが多い。そこで、この出芽時の加温が発病にどのように関係しているかを調査した。その結果、全く加温せずに育苗したものでは、ほとんど発病を認めなかったのに対し、加温時間が長くなるにつれて発病苗率が急速に増加した(図-4)。よって、出芽時の加温は本病の発生を著しく助長すると考えられる。

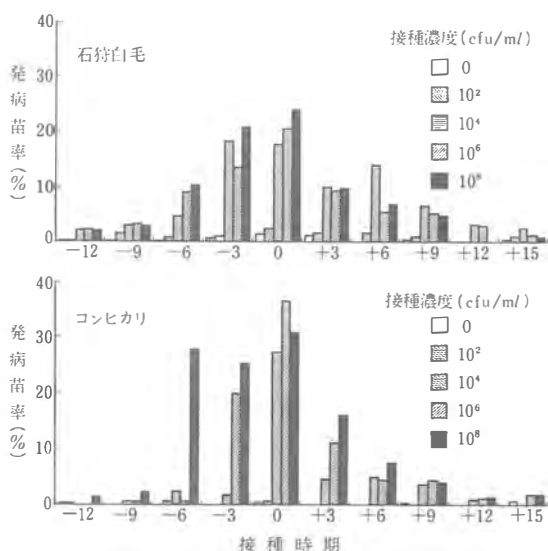


図-2 イネ褐条病細菌の接種時期及び接種濃度と発病苗率との関係

接種時期は、出穂開花当日に接種した粳を0とし、接種日と出穂開花日との差(日)を現している。

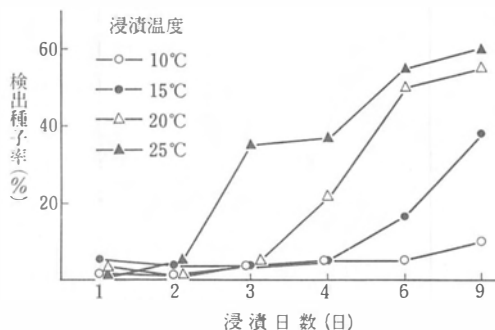


図-3 イネ褐条病細菌保菌種子の浸漬温度と病原細菌の増殖程度

検出種子率(%) = (病原の検出された種子数) ÷ (総調査種子数) × 100

図-1 イネ褐条病細菌保菌粳の分布状況

△, ▲は1982年産粳, ○, ●は1984年産粳採種地点で, ▲, ●が保菌粳であることを示す。

表-1 宿主におけるイネ褐条病細菌の経時的変動

分離月日 (1988 年)	葉鞘の病原細菌濃度 (cfu/g)			葉身の病原細菌濃度 (cfu/g)			イネの生育段階
	採集地点			採集地点			
	1	2	3	1	2	3	
5 月 12 日	5.65×10 ⁹	3.08×10 ⁹	2.40×10 ⁹	4.23×10 ⁹	2.05×10 ⁹	4.19×10 ⁹	2.5 葉期 (本田移植：5 月 13 日)
5 月 20 日	1.02×10 ⁶	3.94×10 ⁷	4.26×10 ⁷	1.00×10 ⁷	2.25×10 ⁷	4.97×10 ⁶	
5 月 27 日	1.51×10 ⁵	2.47×10 ⁵	4.29×10 ⁶	2.03×10 ⁵	3.11×10 ⁵	1.78×10 ⁶	
6 月 1 日	4.85×10 ⁴	2.42×10 ⁵	2.40×10 ⁵	1.76×10 ⁴	1.68×10 ⁶	5.85×10 ⁴	第 6 葉期 (褐色条斑の消失)
6 月 14 日	6.44×10 ⁵	7.30×10 ⁴	2.30×10 ⁴	—	—	—	
6 月 21 日	1.42×10 ⁴	5.49×10 ⁴	5.66×10 ⁴	—	—	—	
6 月 28 日	—	1.74×10 ⁴	—	—	—	—	最高分げつ期 幼穂形成期
7 月 5 日	—	1.00×10 ³	1.22×10 ³	1.14×10 ³	—	—	
7 月 13 日	4.28×10 ³	—	—	—	1.42×10 ³	—	
7 月 19 日	—	1.25×10 ³	—	—	—	—	出穂期
7 月 26 日	—	—	—	—	—	—	

— はイネ褐条病細菌を検出できなかったことを示す。

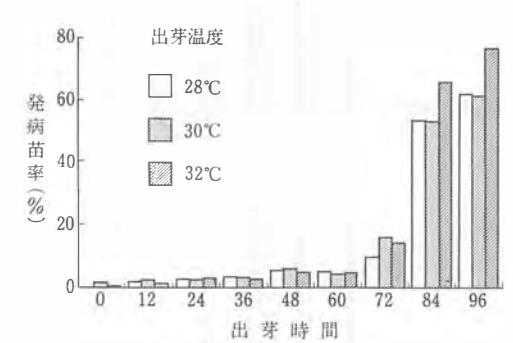


図-4 出芽温度及び出芽処理時間とイネ褐条病発病苗率との関係

4 イネ体上での病原細菌の挙動

本細菌のイネ体上での挙動を明らかにするため、本細菌を特異的に分離するための選択的培養法 (門田・大内, 1987a) を開発して、各生育段階のイネ体から病原細菌を検出・定量した。なお、発病イネは催芽した粃を病原細菌懸濁液中に約 12 時間浸漬して接種することにより作出した。その結果、育苗箱で葉身や葉鞘に明りような褐色条斑が認められる苗からは、移植直前まで約 10^9 cfu/g の病原細菌が分離された。一方、無発病苗からも発病苗に比べると病原細菌の濃度は低いながらも、 $10^4 \sim 10^5$ cfu/g 程度の病原細菌が分離される場合があった。

発病苗を水田に移植して、慣行に従って栽培し、一定期間ごとに所定の 3 地点から標本を採集し、それを葉身と葉鞘に分けて病原細菌を定量した。その結果、移植前日の葉身では約 10^9 cfu/g の濃度を示す病原細菌が分離されたが、移植後は徐々に濃度が低下し、褐色条斑が完全に隠ぺいした 6 月 1 日 (第 6 葉期) 以後は葉身からは

ほとんど病原細菌を分離できなかった。一方、葉鞘においても移植前日には約 10^9 cfu/g の濃度を示す病原細菌が分離されたが、移植後の病原細菌の濃度は急激に減少していった。しかしながら、褐色条斑が隠ぺいした後も病原は検出され、出穂期近くまで $10^3 \sim 10^4$ cfu/g の病原が検出された (表-1)。

以上のことから、発病苗には葉鞘や葉身において 10^9 cfu/g の高濃度の菌が移植直前まで存在しており、また、病徴が現れていない苗にも低濃度ながら病原が潜在していることが明らかになった。本田に移植後は病徴の消失とともに急激に低下するものの、病徴が完全に隠ぺいする分げつ期以降も低濃度ながら葉鞘部分に潜伏して、穎花への伝染源になることが示唆された。

IV 防 除 対 策

育苗箱での苗の病害の発生には、イネ褐条病を含めた細菌病以外に、糸条菌による病害も多数関与している。したがって、本病を防除するにあたり種子の塩水選、薬剤による種子や育苗資材の消毒及び適切な育苗管理などは当然行わなければならない。しかしながら、高温・多湿条件で種粃を発芽させる現行の育苗方法は、本病原細菌にとって増殖・感染に最も好適な環境となっており、必然的に本病の多発要因を包含している。そこで本病を防除するには、その発生生態に基づいた防除方法を追加する必要がある。

本病に関して得られた知見に基づけば、育苗期での発生の後、病原細菌はイネ体上に病徴を形成することなく潜伏し、出穂開花期に粃内に侵入して保菌される。この保菌粃の混入した粃を翌年の種粃とすると、浸種、催芽時に保菌粃から健全粃へと病原細菌が伝染して本病が発

生すると考えられる。したがって、本病の防除には病原細菌を保菌していない健全な粃を用いることが最も重要であるが、残念ながら粃の外観だけでは病原細菌の保菌の有無は判断できない。そこで、育苗期に本病が発生しなかったイネから採種し、育苗作業に入る前にあらかじめ小規模に育苗して、本病の発生の有無を確認することにより、保菌粃の使用を回避することが必要である。これは褐条病細菌以外の病原細菌の保菌状態も同時に判別でき、使用する薬剤を最小限にとどめることができる。また、育苗時の加温が発病を助長することから、苗の管理に加温が必要な場合でも、最小限にとどめるように留意する。

本病の発病が懸念される場合は薬剤による防除が必要で、カスガイシン剤を所定量床土に混和あるいは灌注することにより、また催芽作業にハトムネ自動催芽機を使用する場合は、その催芽液中に本剤を添加することにより、きわめて高い防除効果が得られる（矢尾板，1985）。

おわりに

本研究により、本病に関する発生生態や伝染環につい

ての基礎的な知見は得られたが、本病の制御をより効果的に行うには、病原細菌のイネ体への侵入機構や発病機構などのさらに詳細な研究が必要と考えられる。

本研究を行うにあたり、大内 昭博士（現 中国農業試験場）をはじめ多くの方々にご指導とご助言、ご協力をいただいた。この場を借りて深謝の意を表する。

引用文献

- 1) AZEGAMI, K. et al. (1987) : Int. J. Syst. Bacteriol. 37 (2) : 144~152.
- 2) 後藤利夫・大畑貫一(1956) : 日植病報 21(1) : 46~47.
- 3) 後藤正夫・岡部徳夫(1952) : 静岡大農研報 2 : 15~24.
- 4) 門田育生・大内 昭(1983) : 日植病報 49(4) : 561~564.
- 5) ———・———— (1987a) : 同上 53(3) : 401~402.
- 6) ———・———— (1987b) : 北陸病虫研報 35 : 17~20.
- 7) ———・———— (1988) : 同上 36 : 8~13.
- 8) ———・金 忠男(1991) : 同上 39 : 1~5.
- 9) ———ら(1991) : 日植病報 57(2) : 268~273.
- 10) 西山幸司ら(1979) : 同上 45(1) : 25~31.
- 11) 佐藤善司ら(1983) : 同上 49(3) : 408.
- 12) 富永時任ら(1983) : 同上 49(4) : 463~466.
- 13) ———(1968) : 同上 34(5) : 350~351.
- 14) 植松 勉ら(1976) : 同上 42(3) : 464~471.
- 15) 矢尾板恒雄(1985) : 植物防疫 39(6) : 239~243.
- 16) ———ら(1988) : 新潟県農試報告 36 : 35~44.

本会発行図書

農薬適用一覧表（平成4農薬年度）

農林水産省農薬検査所 監修

定価 2,800 円（本体 2,719 円）送料 380 円

A 5 判 462 ページ

平成4年9月30日現在、当該病虫害（除草剤は主要作物）に適用のある登録農薬をすべて網羅した一覧表で、殺菌剤、殺虫剤、除草剤、植物成長調整剤に分け、各作物ごとに適用のある農薬名とその使用時期、使用回数を分かりやすく一覧表としてまとめ、付録として、毒性及び魚毒性一覧表及び農薬一般名（商品名）一覧表、農薬商品名・一般名対比表を付した。農薬取扱業者の方はもちろんのこと病虫害防除に関係する方の必携書として好評です。

新しい「植物防疫」専用合本ファイル

本誌名金文字入・美麗装幀

本誌 B5 判 12 冊 1 年分が簡単にご自分で製本できる。

- ①貴方の書棚を飾る美しい外観。
- ②穴もあけず糊も使わず合本できる。
- ③冊誌を傷めず保存できる。
- ④中のいずれでも取外しが簡単にできる。
- ⑤製本費がはぶける。
- ⑥表紙がビニールクロスになり丈夫になった。

改訂定価 1 部 720 円 送料 360 円

ご希望の方は現金・振替で直接本会へお申込み下さい。



近年の農業における殺菌混合剤の利用

宇部興産株式会社宇部研究所 うえ すぎ やす ひこ
上 杉 康 彦

はじめに

人畜や有益生物に対しては害が低く、対象作物病害に対しては効果の高い薬剤の開発は1960年代以降にその傾向が顕著となったが、その後の環境問題に対する意識の高まりとも相まって、そのような薬剤の普及は年ごとに進んでいる。その結果、1950年代に使用されていた殺菌剤は、一部を除き、1960年代以降に開発された選択性殺菌剤に置き換えられたといっても過言ではない。選択的作用を示すような薬剤は、一方では、いくつかの問題点を生み出したのであるが、その問題解決のために、混合剤として再び選択性を拡大する動きが1970年代以降にみられるようになった。このような混合剤の増加傾向は、図-1に示すように統計の上でも明らかであり、単剤の殺菌剤は1980年代以降むしろ減少傾向にある。薬剤作用の選択性を再び拡大するといっても、人畜毒性を高めることではなく、理想的な選択性の付与が目的であることはもちろんである。

以下に、選択的殺菌剤（単剤）の問題点とともに、問題解決のための混合剤開発について順次述べていく。

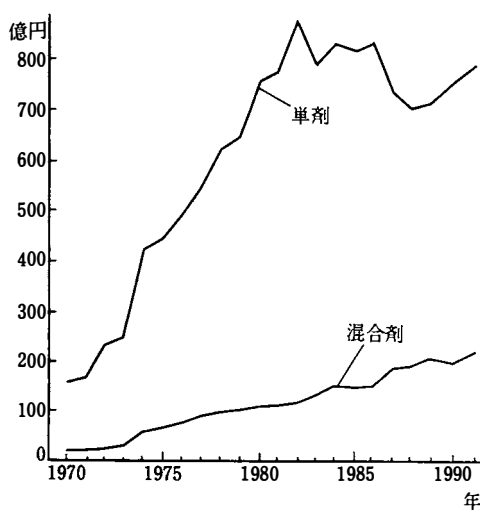


図-1 殺菌剤単剤及び混合剤の国内出荷額の推移

I 複数病害の同時防除のための混合剤

かつて使われていた殺菌剤は、程度の差こそあれ比較的広範囲の病害に効果を示していたものである。また、たとえ適用対象外の病害に対してもそこそこの効果を示す例が多かった。一方、最近の殺菌剤は一般に有効範囲が限られている。なかには比較的広範囲の病害に有効な薬剤もあるが、その場合でも有効範囲外の病害に対しては全く無効ということが多い。このような事情から、同時に発生する複数病害の防除に際して混合剤を必要とすることとなる。さらに、労働力の不足や労働経費の高騰から2回あるいは3回の薬剤施用を1回にまとめる傾向が混合剤の使用を助長していることも見逃せない。

複数病害防除のための殺菌混合剤として我が国で最も多く使用されているのは、イネいもち病・紋枯病同時防除剤であろう。混合剤として実用されているイネいもち病防除剤とイネ紋枯病防除剤の主な組み合わせを図示する図-2のようになる。ここで示された組み合わせには技術的な検討がなされているのは当然であるが、商品である以上、経済的営業的要素も検討された結果であって、これ以外の組み合わせが技術的に不適当であるというわけではない。また、後述するように、イネいもち病防除では薬効充実と施用適期拡大のために混合剤とすることが多いが、これにさらに紋枯病防除剤を加えた3剤の混合剤、カスガマイシン・バリダマイシン・フサライド剤や、フサライド・ペンシクロン・EDDP剤も使われている。

農業の近代化の過程において、過去には問題とはならなかった微生物が作物の病原として大きな影響を与えることがしばしばみられる。我が国の稲作の例では、機械移植に伴う栽培法の変化による育苗箱でのイネ苗立枯症状の多発が挙げられる。病原菌は場合によって異なり、

イネいもち病防除剤		イネ紋枯病防除剤
イソプロチオラン	└───┐	フルトラニル
フサライド	└───┐	ジクロメジン
カスガマイシン	└───┐	バリダマイシン
トリシクラゾール	└───┐	メブロニル
EDDP	└───┐	ペンシクロン

図-2 イネいもち病・紋枯病同時防除用混合剤の組み合わせ

フザリウム、ビシウム、リゾクトニア、トリコデルマなどの菌が原因となることが多い。フザリウムに対してはヒドロキシイソキサゾール剤、ベノミル剤、ビシウムにはメトラキシル剤、ヒドロキシイソキサゾール剤、リゾクトニアには TPN 剤、トリコデルマにはベノミル剤などが有効であるが、当然、複数病原の同時防除及び薬効の充実をねらった混合剤が必要であって、ヒドロキシイソキサゾール・メトラキシル剤及びベノミル・TPN 剤が開発されている。

稲作で複数病害の同時防除が必要となるもう一つの場面は、種粒消毒である。かつては有機水銀剤で種子伝染性の諸病害をほぼ完全に防除していたが、代わって使われるようになった benzimidazole 系剤ではイネばか苗病やいもち病には有効であったが、ごま葉枯病に対する薬効が不足するためチウラムを加え、チウラム・ベノミル剤やチウラム・チオファネートメチル剤として使われている。

麦作において同時防除が必要となるのは、いわゆる雪腐れを起こす諸病害で、紅色雪腐病と雪腐大粒菌核病に有効なイミノクタジン酢酸塩剤と雪腐小粒菌核病に有効なトルクロホスメチルやメプロニルとを配合した混合剤が使われている。

果樹、野菜の分野においても、同時防除のための混合剤の必要性は高まっていて、実際に各種病害に各種組み合わせの混合剤が使われる。単に同時防除を目的とするだけではなく、薬効の充実や耐性菌対策をも兼ねて混合剤とすることもあり、それらは後述する。比較的単純に同時防除を主目的とする混合剤として、糸状菌病と細菌病の同時防除にストレプトマイシン・チオファネートメチル剤があり、リング諸病害に有効なマンゼブにさらにうどんこ病の同時防除をねらって DPC を配合した混合剤などが挙げられる。

芝草にも各種の病原菌による諸病害が発生するので、それぞれの病原菌に有効な殺菌剤の混合製剤による同時防除が实际的となることがある。プロピコナゾール・メプロニル剤、フルトラニル・プロピコナゾール剤、フルトラニル・プロピコナゾール・メトラキシル剤などがその例として挙げられるが、それらの対象病害の中には異なった薬剤の効果が重なって防除が完全にされる場合もあるだろう。

II 薬効充実と施用適期拡大のための混合剤

選択性殺菌剤は薬効範囲が限定されているほか、一つの作用点に対して特異的に作用することから施用適期も限定されることが多い。このことは、選択性殺菌剤が出

現以来、予防剤と治療剤とが区別されて意識されるようになったことでも明らかであろう。したがって、施用適期を外した場合には、近代的な選択性殺菌剤ほど無残な結果になるといえる。また、実際の圃場では、病原菌が一斉にやって来て、一斉に作物に感染するとは限らず、感染段階の異なる菌が混在するのがむしろ普通と思われる。予防剤と治療剤とを混合して用いれば、施用適期を拡大し、感染段階の異なる病原菌の混在圃場でも効果を発揮しうる。

イネいもち病防除では、菌のイネ体内侵入阻害剤（予防剤）とタンパク質、リン脂質など菌体構成成分生合成阻害剤（治療剤）との混合剤が、図-3 のような組み合わせで使われていて、施用適期の拡大に役立っているが、異なった作用機構の組み合わせによる防除効果の充実も観察されている。また、タンパク質やリン脂質の生合成阻害剤に対しては耐性菌の観察されることがあるが、作用機構の異なった薬剤との混合剤は耐性菌対策ともなる。

野菜や果樹に使われる殺菌混合剤で、浸透性薬剤と保護剤との組み合わせのカスガマイシン・銅剤やキャプタン・ホセチル剤がある。これらは同時防除用混合剤としての機能を持っているが、性格の異なる薬剤の組み合わせという点で薬効も充実していると思われ、広く使われている。そのほか、キャプタン・有機銅剤やイミノクタジン酢酸塩・銅剤も薬効の補完的効果が推定される。

III 薬剤耐性菌対策としての混合剤

選択性殺菌剤の問題点として、薬剤耐性菌の出現が挙げられる。特定の作用点を持たずに諸種の菌体内生理作用を阻害し、薬剤代謝を受けた後でもなお何らかの作用を示すような旧型殺菌剤に対しては、病原菌は単一遺伝子の変異で耐性菌となることはないが、特定の作用点に作用し、薬剤代謝によって作用が激変する（多くの場合失活する）ような選択性殺菌剤に対しては、病原菌の単一遺伝子の変異によって薬剤耐性菌となることがしばしば観察される。薬剤耐性菌予防対策として、作用機構の上で同一種類に類別される薬剤のみを連用しないことが

菌侵入阻害剤	生合成阻害剤
フサライド	カスガマイシン
	EDDP
トリシクラゾール	IBP
ピロキロン	イソプロチオラン

図-3 施用適期拡大と薬効充実のためのイネいもち病防除用混合剤の組み合わせ

いわれる。しかし、それぞれの作物病害に対して、異なった複数種類の選択性殺菌剤がない場合が多いので、非選択性の殺菌剤と混用または交互施用することとなる。非選択性薬剤との混用の場合には、既に述べたように、薬効の充実及び施用適期の拡大の効果や、他病害との同時防除のメリットなども望める。このように、単純に耐性菌対策だけを目的とするよりも、多目的混合剤となっていることが多いのではあるが、耐性菌対策として役立っていると思われる混合剤の組み合わせを図-4に示す。

これまでの薬剤耐性菌対策は、同一種類の薬剤の連用回避など受動的、消極的対策が主流をなしていたのであるが、見方によっては薬剤耐性菌を新規病原菌と考えることもできる。この新規病原菌がかなり広く出現しているのであれば、これに対して積極的に新規薬剤を探索する価値があることになる。フランスの LEROUX らは、圃場で採集した benzimidazole 耐性の灰色かび病菌に対して除草剤の barban など *N*-phenylcarbamate が特異的

に抗菌力が高く、これら *N*-phenylcarbamate は benzimidazole 感受性の野生型灰色かび病菌には抗菌力が低いことを報告している。このように、耐性菌にのみ活性の高い薬剤は圃場における耐性菌比率を低めて元に戻す効果が期待されて興味深い。しかし、LEROUX らが報告した薬剤は除草剤類であるため、殺菌剤として使うと作物に薬害を生ずる。そこで、日本曹達(株)や住友化学(株)では耐性菌への特異的抗菌力を持ちながら薬害のない薬剤を探索して新規薬剤を見いだした。それらのうち、ジエトフェンカルブが登録され注目される(久田・藤村, 1989)。この薬剤は benzimidazole 感受性菌には無効であるので、感受性菌耐性菌の混在する一般圃場では、benzimidazole 剤と混合して使われるのが適当で、チオファネートメチルとの混合剤が市販されている。また、灰色かび病菌では、ほとんどの dicarboximide 耐性菌は同時に benzimidazole 耐性である(これは交差耐性ということではなく、実際の防除の過程で、まず benzimidazole 剤を使い、耐性菌が広がった段階で dicarboximide 剤に切り替えたためと思われる)。そこで、ジエトフェンカルブ・プロシミドン剤も用意されている。

IV 薬剤間の連合作用

混合剤を構成する薬剤相互の間に特異な影響を与え合う場合はむしろ少ないのではあるが、ありうることである。これは殺菌混合剤に限らず、殺虫殺菌混合剤においても知られており、例えば、carboxylic ester 構造を有する有機リン殺虫剤のマラソンや PAP を有機リン殺菌剤との混合剤とすると、薬剤抵抗性害虫にも有効なすぐれた殺虫剤として利用できるが、殺菌効力は逆に低下して殺菌剤としては使えなくなる。

殺菌効力に及ぼす薬剤間の影響を簡単に調べる方法と

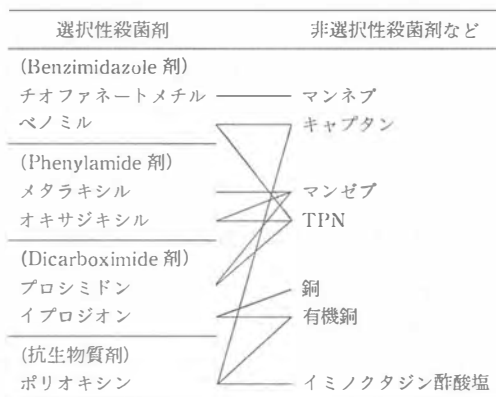


図-4 薬剤耐性菌対策として役立つ殺菌混合剤の組み合わせ

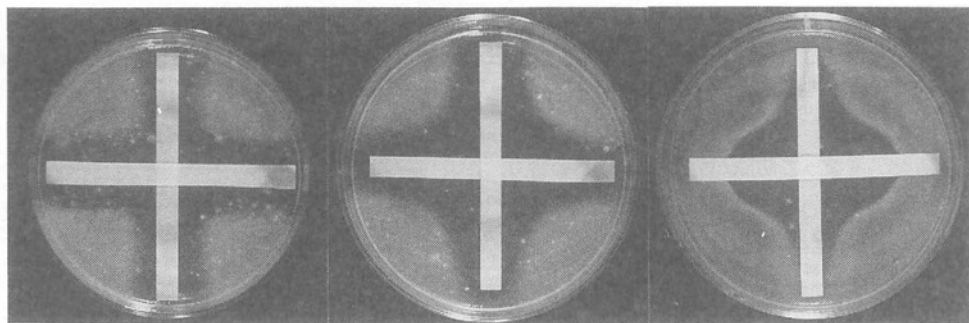


図-5 薬剤間の殺菌連合作用の例(左, 独立的; 中, 相加的; 右, 協力的)

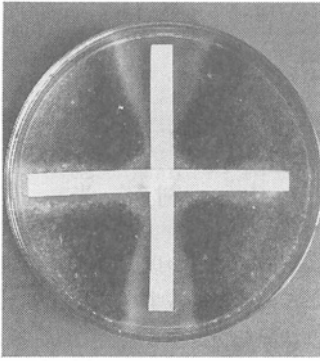


図-6 拮抗的殺菌連合作用の例

して、汙紙交差法が考案されている(上杉ら, 1974)。供試菌の孢子を全面に均等に接種した寒天平板の上に2種の供試薬剤をそれぞれ含ませた汙紙細片を直角に交差させて置き、菌の生育適温に保つと汙紙片周辺に菌の生育阻止帯が観察されるようになる。両薬剤が相互に影響を及ぼさない独立作用の場合には、図-5左のように両薬剤による阻止帯が直交するのみである。図の例では縦方向汙紙片にIBP、横方向汙紙片に酢酸フェニル水銀を含ませて試験している。もし、供試両薬剤が同じ作用機構であるときは、図-5中に示すように両汙紙片の交点周辺では殺菌効力は相加的となって両阻止帯の角が丸みを帯びてくる。図の例では、縦も横もIBPを供試した。特殊な例では、図-5右に示すように、縦方向の薬剤と横方向の薬剤の間に協力作用がみられることもある。ここでは、縦にIBP、横に phosphoramidate 系の試験薬剤が供試

されている。一方、殺菌効力が拮抗される現象もあり、さほど多くはないが、その例を図-6に示した。縦方向の薬剤(IBPを供試)の殺菌効力が横方向の薬剤(アミプロホスを供試)によって拮抗されている。

以上の試験法は非殺菌性病害防除剤の効果に応用することはできないが、一般の殺菌剤に対する他剤の影響を簡単に試験できるので、殺菌混合剤調製の際に検討すべきであろう。殺菌剤間で現れる特異な連合作用としては、灰色かび病菌における dicarboximide 剤の効力への sterol demethylation 阻害剤(DMI 剤)による拮抗や、イネいもち病菌における有機リン殺菌剤と DMI 剤の相互の拮抗作用などが報告されている。

おわりに

1960年代以降に導入された選択性殺菌剤は、人畜毒性や環境に対する悪影響なしに対象作物病害に高い防除効果を示した。しかし、有効病害範囲や施用適期幅の狭小化と範囲外、適期外での防除効果の失活が旧型殺菌剤に比較して著しいために、単剤としては実用上問題となることもあった。この解決策のため、混合剤とすることによって適用病害範囲や施用適期幅を広げた。このことは同時に、病害防除力の充実ともなり、一方では、防除の回数を減らす利点ともなった。また、選択性殺菌剤の一つの問題点である薬剤耐性菌対策としても、混合剤が役立っている。

引用文献

- 1) 久田芳夫・藤村真(1989): 植物防疫 43: 590~594.
- 2) 上杉康彦ら(1974): 日植病報 40: 252~260.

主な次号予告

次9月号は、下記原稿を掲載する予定です。
ツマグロコバイが西南日本より北日本で多発する要因 里見 紳生
タイワンツマグロコバイとツマグロコバイの個体群動態の比較 ウィディアルタ・イ・ニョーマン
イネ縞葉枯ウイルス抵抗性イネの分子育種 河又 仁・美濃部侑三
薬剤と袋掛けの組み合わせによるナシ胴枯病及びセイヨウナシ尻腐病の防除 那須 英夫

Oligota 属ハネカクシの生態とハダニに対する捕食効果 下田 武志
植物防疫基礎講座
天敵出芽細菌を利用したネコブセンチュウの同定 奈良部 孝
多重比較法とその選び方(2)
多重比較法の主な種類 山村 光司
植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル(4)
コムギうどんこ病菌・ムギ赤かび病菌 中澤靖彦・宮島邦之
定期購読者以外のお申込みは至急前金にて本会へ
定価1部700円 送料51円

植物防疫基礎講座

多重比較法とその選び方(1)

多 重 比 較 否 定 論

農林水産省農業環境技術研究所 ^{やま}山 ^{むら}村 ^{こう}光 ^じ司

は じ め に

ここ数年の間にパソコンやワークステーションが著しく普及し、それに伴い、これら計算機上で動く様々な優秀な統計ソフトウェアも普及してきた。実際に統計計算を行う際に自分でプログラムを組んだり手計算を行う人は、現在ではかなり少ないのではないと思われる。市販のソフトウェアで検定を行うときに問題となるのは、「どのように計算したらよいのか」ではなく、むしろ「どの検定法を使えばよいのか」という問題であろう。多重比較法の計算法に関しては、本誌でも何度か解説記事が載せられているが、多重比較法を選ぶ際の基準についてはあまり強調されてこなかったようである(松本, 1979; 高木, 1985; 佐々木, 1987; 大竹, 1987; 三輪ら, 1988)。本連載では、多重比較法の選び方についての一つの考え方を3回に分けて述べてみたい。なお、ここでは、世界的に広く使われており信頼性の高いことから、統計パッケージ SAS (Statistical Analysis System) を念頭におき、SAS 利用者の便宜も図りたいと思う。

I 多重比較法とは

分散分析によって三つ以上の処理平均に差があるか否かを検定し、その結果、そこに有意差が検出されたでしょう。次には、これらの処理平均のどれとどれの間に有意差があるのかを調べたい。このとき、実験の後に事後的に大きな処理平均値と小さな処理平均値を恣意的に取り上げて検定を行うと、「実際には差がないにもかかわらず、たまたま有意差が出てしまう確率」が大きくなる。しかし、たとえ恣意的に選んだとしても、その二つの処理平均値の差の大きさが「その二つの処理間に真に差がないという条件を含むあらゆる帰無仮説のもとで、あらゆる組み合わせで検定を行ったときに、このような差が一つ以上出る確率が、これらのどの帰無仮説のもとでも α 以下である」ぐらいの大きな差であるならば、「その二つの差は α 水準で有意である」ということができ

る。すなわち、事後的に三つ以上の処理平均値を比較する場合、このように考え得るすべての組み合わせで比較を行ったという状況を想定する場合には、その操作は論理的に正当化されるわけである。通常の分散分析 F 検定では、一つの処理平均値あるいは処理群平均値は、ただ一度だけ比較に使われるだけである。これに対し、今のように考え得るすべての組み合わせで比較を行うときには、同じ一つの処理平均値を複数回比較に用いなければならない。このとき、それぞれの検定を有意水準 α で行くと、複数回の検定のいずれかで有意差を出してしまう確率は α よりも大きくなる。すなわち誤って有意差を出してしまう確率が高まる。このような問題を多重性 (multiplicity) の問題と呼ぶ。本稿では HOCHBERG and TAMHANE (1987) の用語法を簡略化し、多重性の問題の生じる比較を多重比較 (multiple comparison) と呼ぶことにする。この検定のためには多重性を考慮した特別な検定方法——多重比較法 (multiple comparison procedures) と呼ぶ——を使わなければならない。

検定を1回しか行わない場合にも、多重性の問題が生じうるという点には特に留意しておくべきかもしれない。例えば、処理実験全体の分散分析・有意性検定を行わずに、処理平均値をみながら恣意的に一つの組み合わせを取り上げて一回だけ検定を行う場合を考えてみよう。この場合、比較の回数は1回だけではあるが、やはり「多重」比較である。繰り返しになるが、平均値をみながら事後的に比較を行う場合には、すべての帰無仮説ですべての組み合わせで比較を行った場面を想定しなければ、その操作は論理的に正当化されないのである。そういう点で、事後比較 (unplanned comparison) では必ず多重比較法を用いなければならない(図-1参照)。SOKAL and ROHLF (1981) は、多重比較と事後比較を同義語として扱っているくらいである。ただし、本稿では取り扱わないが、例えば「実験を始める前から、すべての組み合わせごとに検定を行うことに決めていた」というような場面では、すべての組み合わせごとの比較は事前比較 (planned comparison) ではあるが、やはり多重比較法を用いなければならない。なぜなら、一つの平均値を複数回比較するという点ではさきほど同じ状況だからであ

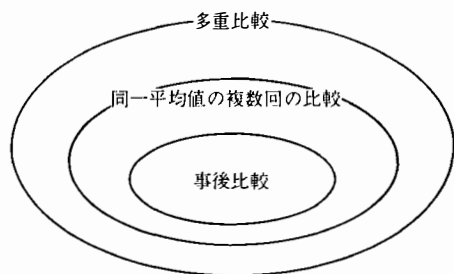


図-1 多重比較と事後比較の包含関係

る。多重比較法を使わなくてもよいのは、実験の前に平方和の分割方式が決まってい、平方和が相互に独立な部分に分割される場合に限られる。この場合に限り、平均値の参照回数はそれぞれ1回で済み、多重性の問題が生じないための必要条件（十分条件ではない）が満たされる。本稿では事前比較で多重比較となるケースについては扱わないことにする。

多重比較法はしばしば誤った使われ方をしているように見受けられる。その誤用には2種類あるようである。まず第一番目は、多重比較法を使うべきでない場面で多重比較法を使うという誤用である。そして第二番目は、多重比較法を使うべき場面で、不適切な検定法（その代表的なものとしてはLSD法、Duncanの多重範囲検定法などがある）を使用するという誤用である。筆者は、第一番目の誤用を避けるために、データ分析にあたっては、まず最初は「多重比較法を使わない分析」を試みるべきだと考えている。というのは、実験計画の段階できちんと問題整理がなされているかぎり、多重比較法を使用すべき場面は意外と少ないように思われるからである。多重比較法の乱用については、PERRY (1986) などが厳しく批判している。今回は、多重比較法を適用すべきでない場面について、具体的な例で考えてみたい。

II 処理が「構造化」されている場合

表-1のデータは、四国農試で行われたハスモンヨトウのフェロモントラップ誘殺実験結果の一部である。地域A, Bが選ばれ、A地域には二つのトラップ、B地域には一つのトラップが設置された。いまトラップを順にA1, A2, B3と名づけておく。表には5月から8月まで、各月ごとに誘殺された総個体数が示してある。このデータにおいて、トラップの誘殺数に差があるか否かを解析したい。まず手始めに、月をブロックと見なして分析を行うことにする。

データ解析にあたって、まず最初に行わなければならないのは「変数変換」である。これは意外と見逃されて

表-1 ハスモンヨトウのフェロモントラップ誘殺実験結果

地域	トラップ名	各月の総誘殺数			
		5月	6月	7月	8月
A	A1	10	26	45	356
	A2	8	16	55	341
B	B3	16	48	112	874

いることが多いかもしれないが、きわめて重要な操作である。分散分析においては、誤差分散が等しく、かつ正規分布に従うと仮定されている。しかし、平均値が大きくなると、その分散も大きくなるのが普通である。例えば、個体数を問題にする場合、個体数平均が5程度のときには、個体数は0から10程度の範囲を変動すると考えてもおかしくないが、個体数平均が1,005のときに、個体数が1,000から1,010の範囲しか変動しないと考えると、これは明らかにおかしい。平均が大きくなると、個体数のばらつきも大きくなるというのが実態である。つまり分散分析の仮定は満たされていない。統計パッケージは、分散分析や多重比較は簡単に計算してくれるが、それ以前に問題となる「変数変換」方法についてはあまり教えてくれないようである。

変数変換法として、よく用いられるものに「Box-Cox変換」というものがある。これは「べき乗の形」で最適な変換法を探そうとする方法である。具体的には、「変換を行った結果、誤差が等分散正規分布になってしまった」と仮定して最尤推定法により変換式を決定する。佐和(1979)などに紹介されているように、分散分析モデルの誤差項が1種類しかない場合には、分散分析の計算を繰り返し行うことにより比較的容易に変換式を見つけることができる。とはいえ、変換式を見つける際には試行錯誤的に繰り返し計算を行わなければならないので、いずれにせよ面倒である。しかし、事前に予備データがある場合には、Box-Cox変換とは全く異なるやり方で、変換式を見つけることができる。まず予備データからあらかじめ平均と分散の間の関数関係を求めておき、Taylor展開に基づいて近似的に変換式を求めるという方法である。この方法は、PERRY (1987) や久野(1987)などに紹介されている。

上のデータの場合Box-Cox変換を適用すると、「変換べき係数 λ 」の最尤推定値は-0.048であり、これは対数変換に近い。このため、対数変換後の値に分散分析を適用した。その結果を表-2に示してある。三つのフェロモントラップでの誘殺数には有意な差がみられる。ちなみに、変数変換を行わずに分散分析を適用すると有意差

表-2 データ構造を無視した分散分析表 (対数変換後)

変動要因	平方和	自由度	平均平方	F	確率
モデル全体	25.095	5	5.019	177.96	<0.0001
ブロック(月)	23.384	3	7.795	276.37	<0.0001
トラップ	1.711	2	0.856	30.34	0.0007
誤差	0.169	6	0.0282		
全体	25.264	11			

は出ない。また、平方根変換でも有意差は出ない。このことから、変換式を的確に決めることがいかに重要かがわかる。

さて、これからが問題である。分散分析で3トラップの間に有意差が出たので、次に多重比較法によって、三つのトラップの間のどれとどれに有意差があるかを検定したくなる。統計パッケージによっては、分散分析と同時に多重比較法による検定結果まで瞬時に計算してくれるものもある。しかし、これは無批判に多重比較法を用いることを促しているように筆者には思われる。

表-2の分散分析は次のような分散分析モデルに基づいている。

$$y_{ij} = M_i + T_j + e_{ij} \quad (1)$$

この式の中で、 y_{ij} は第*i*月の第*j*トラップで得られたデータ値、 M_i は第*i*月の持つ影響成分 (Month), T_j は第*j*トラップの持つ影響成分 (Trap), e_{ij} は誤差 (Error)を表している。このモデルではトラップの効果を一まとめにして T_j と扱っている。ところが、今のデータの場合、三つのトラップはこのような並列の関係ではない。二つは、同じ地域 A に置かれたものであり、残りの一つは別の地域 B に置かれたものである。このようなデータは「構造化された (structured) データ」と呼ばれる。このような構造化されたデータの場合、その構造を無視して分析を行うと大事な情報をロスし、有意な結果を引き出せなくなることがある。そこで、構造を取り込んだ分散分析を行ってみよう。

今の場合、処理平方和を地域 A, B 間の平方和と地域 A 内の2トラップ間の平方和に分ける。まず、地域 A, B 間の平方和 (SS_{area}) については

$$SS_{area} = 8 \times (\text{A 地域での平均値} - \text{全体の平均値})^2 + 4 \times (\text{B 地域での平均値} - \text{全体の平均値})^2$$

これは二つの値の間の分散であるから自由度は $2-1=1$ である。A 地域内の2トラップ間の平方和 (SS_{trapA}) については

表-3 処理のデータ構造を考慮した分散分析表 (対数変換後)

変動要因	平方和	自由度	平均平方	F	確率
モデル全体	25.095	5	5.019	177.96	<0.0001
ブロック(月)	23.384	3	7.795	276.37	<0.0001
トラップ	1.711	2	0.856	30.34	0.0007
地域 AB 間	1.673	1	1.673	59.33	0.0003
地域 A 内	0.038	1	0.038	1.35	0.2901
誤差	0.169	6	0.0282		
全体	25.264	11			

$$SS_{trapA} = 4 \times (\text{A1 トラップの平均値} - \text{A 地域での平均値})^2 + 4 \times (\text{A2 トラップの平均値} - \text{A 地域での平均値})^2$$

これも自由度は $2-1=1$ である。全トラップ間の全体の平方和 SS_{all_trap} は

$$SS_{all_trap} = 4 \times (\text{A1 トラップの平均値} - \text{全体の平均値})^2 + 4 \times (\text{A2 トラップの平均値} - \text{全体の平均値})^2 + 4 \times (\text{B3 トラップの平均値} - \text{全体の平均値})^2$$

この値 1.711 は既に表-2 に与えられている。この平方和は三つの間の分散なので自由度は $3-1=2$ である。 SS_{trapA} の計算で、A 地域の平均値を用いているため、ここに次の関係が成り立っている。

$$SS_{all_trap} = SS_{area} + SS_{trapA}$$

平方和がより細かく分割されたわけである。同時に自由度もうまく分割されており、したがって、Cochran の定理により、この二つの平方和は互いに「独立」となる。このため、それぞれ所定の有意水準 α で検定を行うことができる。このようにして求めた分散分析表が表-3 である。この表より得られる結論を列挙すると、次のとおりである。

- ① 使用したモデルは有意である ($Pr < 0.0001$)
- ② 月 (ブロック) は有意な影響を持っている ($Pr < 0.0001$)
- ③ トラップ間に有意な差がある ($Pr = 0.0007$)
- ④ 地域 A, B 間で有意な差がある ($Pr = 0.0003$)
- ⑤ A 地域内の2トラップ間では有意な差はない ($Pr = 0.2901$)

ここで用いた分散分析モデルを式で書き表すと次のとおりである。

$$y_{ijk} = M_i + A_j + T_{jk} + e_{ijk} \quad (2)$$

この式の中で、 y_{ijk} は第*i*月の第*j*地域の第*k*トラップで得られたデータ値、 M_i は第*i*月の持つ影響成分(Month)、 A_j は第*j*地域の持つ影響成分(Area)、 T_{jk} は第*j*地域の第*k*トラップの持つ影響成分(Trap)、 e_{ijk} は誤差(Error)を表している。上の(1)のモデルでは T_j として一括して取り扱われていた効果が、今度はさらに A_j と T_{jk} に細分化され、詳細な分析が加えられたわけである。

ただし、ここで結果の表現に関して注意すべきことが一つある。今のデータでは、地域A内の2トラップ間に有意差がなかったので問題はないのだが、場合によっては、地域A内の2トラップ間で有意差が生じ、逆に地域Aと地域Bの間に有意差が生じないことも理屈上は起こり得る。この場合、「地域Aと地域Bの間に有意差がなく、地域A内のトラップで有意差がある」と述べてもあまり意味がないかもしれない。なぜなら、地域A内に異質なトラップが存在しているのであるから、その平均値を問題にしても通常あまり意味がないと考えられるからである。このような場合には、「三つのトラップ間で有意差がある」という結論でストップし、それ以上は何もいわないのが妥当であろう。あるいは、この場合、データ構造の設定が間違っていた可能性があるので、後述の多重比較法で事後的に検定しなおすのも一つの方法である。

残念なことに、統計パッケージの多くのものは、このような「構造化」されたデータの分散分析を自動的には行ってくれないようである。しかし、SASでは、このような計算もごく簡単に実行してくれる。上のデータの場合、次のようなプログラムとなる。

```
data ;
  input m a $ t y @@ ;
  y=log(y) ;
cards ;
  5 A 1 10 5 A 2 8 5 B 3 16
  6 A 1 26 6 A 2 16 6 B 3 48
  7 A 1 45 7 A 2 55 7 B 3 112
  8 A 1 356 8 A 2 341 8 B 3 874
;
proc glm ;
  class m a t ;
```

```
model y=m a t(a)/ssl ;
run ;
```

input 文では順番に月(m)、地域(a)、トラップ(t)、個体数(y)を読み込んでいる。地域はA、Bという文字で読み込みたいため、「a」のあとに「\$」という印をつけている。「input」文の最後の「@@」はデータを同じ行から複数続けて読み込むように命令している。「input」文の次の「y=log(y)」は対数変換を指定している。「cards」から「;」まではデータを記入してある。SASには分散分析を行うためのいくつかのサブルーチン(プロシジャと呼ばれる)があるが、ここではプロシジャglmを用いている。まず、「proc glm」でその使用を宣言した後、分類変数を「class」ステートメントで指定する。その後に、分散分析のモデルを指定する。ここでは、m, a, tの三つを指定するが、地域(a)とトラップ(t)は包含関係にあることに注意して「t(a)」と記述する。model ステートメントの最後にオプションとして「ssl」と記載しているのは、「タイプ1の平方和」を使えという指定である。今の例では、この指定はあってもなくても結果は同一である。詳しくはSAS/STATのマニュアルや高橋ら(1989)を参照していただきたいと思う。

SASなどを使うことのできない状況にある人は、自分で独自のプログラムを組んで(あるいは手計算で)計算しなければならないが、その場合の具体的な計算方式については、ソーカル・ロルフ著「生物統計学」も参考になる。

III 処理が「定量化」されている場合

今、データが構造化され包含構造を持つ場合を取り扱った。実験処理が定量的な情報を含んでいる場合も、その情報を生かした分析を行うべきことが多い。例えば、三つの温度条件で生物の反応を調べたような実験では、これら三つの実験処理は並列な関係ではない。先のフェロモントラップのデータの場合も、「月」の四つの水準(5月、6月、7月、8月)は並列な関係ではなく、「時間順序」という重要な情報を持っている。このような定量的な情報を持つ場合、定量的な情報を取り込んだ分析(=回帰分析)を考慮してみることが薦められる。そもそも、回帰分析において独立変数(x と記する方の変数)が位置の情報を失っている特殊なケースがいわゆる「分散分析」である。いまの場合、はじめからわざわざ分散分析まで分析レベルを落とす必要もなからう、というわけである。分散分析の場合は一つの独立変数 x の値に対し必ず複数の測定値が存在するので、以降はこのような

ケースに絞って考えてみよう。説明のために先ほどの例を再び取り上げ、「月」を単なるブロックとして取り扱わずに、これも一つの処理因子として詳細な分析を加える。

回帰分析においては、データのばらつきを説明するために、ある関係式をデータにあてはめる。この操作は、データのばらつきを、その関係式によって説明される部分と、説明されない部分に分けるということである。このために、まずどのような関係式の形を用いるかを決めなければならない。「真の関係式の形がはじめから判明している」という特殊な場合にはそれを使えばよいが、よほどの根拠のない限り、まずこれらの処理平均値をすべて通るモデル（飽和モデル saturated model, maximal model）を当てはめて、この飽和モデルで説明できない部分を誤差変動とみるべきであろう。これは普通の分散分析を行うことと同じである。例えば今のフェロモントラップデータの場合、四つの点があるので、3 次式 ($y = a + bx + cx^2 + dx^3$) を使えばすべての 4 点を通すことができる。次に、「月」の持つ情報をより詳しく分析するために、1 次式と 2 次式を当てはめてみよう。1 次式は 2 次式の特例なケースであり、2 次式は 3 次式の特例なケースである。つまりこれら三つの式は包含関係にある。まず 1 次式を当てはめ、説明される平方和の増加分を計算する。次に 2 次式を当てはめ、1 次式の場合と比べて平方和がどれだけ増加したかを計算する。さらに 3 次式を当てはめ、2 次式の場合と比べて平方和がどれだけ増加したかを計算する。この操作により、「月」の平方和が、「1 次の項をつけ加えることによって説明される部分」「2 次の項をつけ加えることによって説明される部分」「3 次の項をつけ加えることによって説明される部分」の三つの排他的な部分に分割される。また、各段階で線型パラメータ数一つずつ増している（射影行列の rank が一つずつ増している）ので、これらはそれぞれ自由度 1 の平方和となっている。したがって、Cochran の定理により、これらの平方和は相互に独立であり、それぞれの項の有意性を所定の有意水準 α で検定することができる。1 次式、2 次式、3 次式といった多項式を順番に当てはめると、そのようなメリットがある。もっとも、このような条件を満たすモデル系列はほかにいくらかでも考えられる。しかし、これら逐次的な多項式は、未知の真の関係関数を Taylor 展開により近似的に表す方式として一般性があるため、モデルの選択があまり恣意的でなく、そういう点で最も具合がよいであろう。

この回帰分析の結果は表 4 に示されている。また、図 -2 は月の効果をグラフに表したものである。この表とグ

表-4 処理のデータ構造、ブロックの量的位置を考慮した分散分析表（対数変換後）

変動要因	平方和	自由度	平均平方	F	確率
モデル全体	25.095	5	5.019	177.96	<0.0001
ブロック(月)	23.384	3	7.795	276.37	<0.0001
1 次成分	22.335	1	22.334	791.89	<0.0001
2 次成分	0.853	1	0.853	30.26	0.0015
3 次成分	0.196	1	0.196	6.97	0.0386
トラップ	1.711	2	0.856	30.34	0.0007
地域 AB 間	1.673	1	1.673	59.33	0.0003
地域 A 内	0.038	1	0.038	1.35	0.2901
誤差	0.169	6	0.0282		
全体	25.264	11			

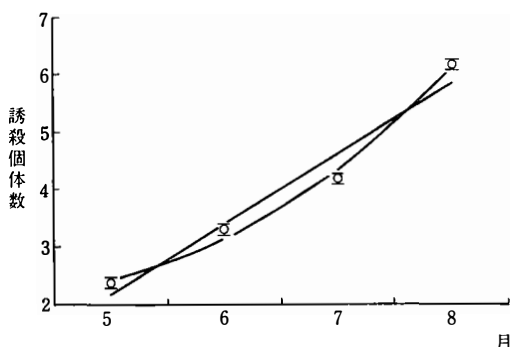


図-2 月とトラップ誘殺数（自然対数）の関係。1 次と 2 次の多項式を当てはめてある。各プロットは各月の誘殺数平均値であり、上下の横線はその標準誤差を示す。

ラフを用いれば、表 3 で得られた五つの結論のほかに、次のような結論をつけ加えることができる。

- ⑥ 月が経過するにつれて、誘殺数（対数）は有意に上昇してゆく ($Pr < 0.0001$)。
- ⑦ 5 月から 8 月にかけての誘殺数が上昇する際の形は有意に下に凸形である。つまり、上昇は対数レベルで加速的な傾向がある ($Pr = 0.0015$)。
- ⑧ 月の効果は、1 次項、2 次項で説明できない成分も持っている ($Pr = 0.0386$)。

SAS では、これらの計算は先ほどのプログラムの一部を次のように変更することによって計算できる。

```
proc glm ;
  class a t ;
  model y=a a(t) m m*m m*m*m/ssl ;
run ;
```


「月」を分類変数でなく量的変数として扱うために、さきほどのプログラムの「class」ステートメントから「m」を外した。そして、月の1次項「m」、2次項「m*m」、3次項「m*m*m」を分散分析の「model」ステートメントの中に加えたわけである。今の場合、「model」ステートメントのオプションの「ss1」は必須である。

実験の目的によっては、このような回帰分析を用いることが妥当でない場合もある。例えば、5月と6月の違いの有意性や、5月と8月の違いの有意性などを問題にしなければならない場合もあるであろう。その場合には次回に述べる多重比較法を用いることになる。しかし、上のような回帰分析はまず試みる価値があると思われる。

なお、回帰分析の際には、よほどの理由のない限り基本的にまず飽和モデルを当てはめ、その残差（すなわち一般の分散分析の残差；純誤差 pure error と呼ばれる）により誤差分散を推定すべきであることを繰り返し強調しておきたい。例えば安易に直線回帰を行ったりすると、勝手な直線モデルを仮定して誤差分散を評価して

いることになり、具合が悪いことが生じられると思われる。

引用文献

- 1) HOCHBERG, Y. and A. C. TAMHANE (1987): Multiple Comparison Procedures, Wiley.
- 2) 久野英二 (1986): 動物の個体群動態研究法 I—個体数推定法一, 共立出版.
- 3) 松本和夫 (1979): 植物防疫 33: 170~175.
- 4) 三輪哲久・佐々木昭博・大塚雅雄 (1988): 同上 42: 351~356.
- 5) 大竹昭郎 (1987): 同上 41: 18~23.
- 6) PERRY, J. N. (1986): J. Econ. Entomol. 79: 1149~1155.
- 7) ——— (1987): Appl. Statist. 36: 15~21.
- 8) SAS Institute (1990): SAS/STAT ユーザーズガイド Release 6.03 Edition. SAS 出版局.
- 9) 佐々木昭博 (1987): 植物防疫 41: 289~294.
- 10) 佐和隆光 (1979): 回帰分析, 朝倉書店.
- 11) SOKAL, R. R. and E. J. ROHLF (1973): Introduction to Biostatistics (藤井宏一訳「生物統計学」, 1983, 共立出版)
- 12) ——— (1981): Biometry, 2nd edition, Freeman.
- 13) 高木正見 (1985): 植物防疫 39: 487~491.
- 14) 高橋行雄, 大橋靖雄, 芳賀敏郎 (竹内啓監修) (1989): SAS による実験データの解析, 東京大学出版会.

(12 ページより続く)

張所防疫管理官に 田邊精三氏 (国際課防疫管理官) は小牧出張所長に 松田勝氏 (四日市出張所長) は国際課防疫管理官に 勅使川原伸氏 (南部出張所長) は国際課防疫管理官に 竹尾和喜雄氏 (蒲郡出張所長) は国内課防疫管理官に 久米勝美氏 (国内課防疫管理官) は西部出張所防疫管理官に 鴻池佳文氏 (国際課防疫管理官) は四日市出張所防疫管理官に 國政健一氏 (小牧出張所防疫管理官) は神戸植物防疫所広島支所尾道出張所防疫管理官に

○神戸植物防疫所

(4月1日付)

近藤巨夫氏 (門司植物防疫所長) は神戸植物防疫所長に 渡辺直氏 (業務部国際第二課長) は調整指導官に 清水憲治氏 (調整指導官) は業務部国際第二課長に 渡辺義明氏 (国内課防疫管理官) は舞鶴出張所長に 合田俊彦氏 (坂出支所防疫管理官) は松山出張所長に 須々木孝雄氏 (坂出支所松山出張所) は業務部国際第一課防疫管理官に 佐伯聡氏 (那覇・国内課防疫管理官) は業務部国際第一課防疫管理官に 牧口寛氏 (那覇・国内課防疫管理官) は業務部国内課防疫管理官に 平松正氏 (大阪支所防疫管理官) は業務部国内課防疫管理官に 松村文浩氏 (業務部国際第一課防疫管理官) は伊丹支所防疫管理官に 藤本弘光氏 (伊丹支所防疫管理官) は大阪支所防疫管理官に 森章氏 (尼崎出張所長) は広島支所防疫管理官に 國政健一氏 (名古屋・小牧出張所防疫管理官) は広島支所尾道出張所防疫管理官に 東山西晴氏 (業務部国際第一課防疫管理官) は坂出支所防疫管理官に 大石修三氏 (広島支所防疫管理官) は坂出支所松山出張所防疫管理官に

(3月25日付)

天島徹也氏 (広島支所平生出張所長) は広島支所尾道出張所長に 青木文人氏 (伊丹支所防疫管理官) は広島支所平生出張所長に 砂川雅美氏 (広島支所尾道

出張所長) は伊丹支所防疫管理官に

(4月1日付)

弘田祐一氏 (大阪隊支所舞鶴出張所長) は広島支所次長に 稻生正行氏 (業務部国際第二課調査第2係長) は大阪支所岸和田出張所防疫管理官に 阪口忠史氏 (業務部国内課防疫係長) は那覇国内課防疫管理官に

(4月1日付)

前田篤實氏 (神戸植物防疫所長) は退職

○門司植物防疫所

(3月31日付)

阿南浩氏 (調整指導官) は退職 三宅宣弘氏 (福岡支所板付出張所長) は退職

(4月1日付)

田中東明氏 (福岡支所伊万里出張所長) は調整指導官に 坂本富氏 (国際課輸入第3係長) は鹿児島支所細島出張所長に 羽生道則氏 (国際課輸入第2係長) は鹿児島支所防疫管理官に 武原清二氏 (名瀬支所国内係長) は福岡支所防疫管理官に 馬場興市氏 (福岡支所長崎出張所長) は福岡支所板付出張所長に 帶田則義氏 (国際課防疫管理官) は福岡支所長崎出張所長に 徳田洋輔氏 (福岡支所三池出張所長) は鹿児島支所防疫管理官に 橋本孝幸氏 (福岡支所板付出張所防疫管理官) は福岡支所防疫管理官に 保木利昭氏 (福岡支所防疫管理官) は福岡支所板付出張所防疫管理官に 大平隆満氏 (福岡支所防疫管理官) は福岡支所板付出張所防疫管理官に 大久保邦彦氏 (横浜・調査研究部企画調整課防疫管理官) は福岡支所佐世保出張所長に 田代好氏 (福岡支所佐世保出張所長) は長崎出張所防疫管理官に 太田正穂氏 (鹿児島支所細島出張所長) は福岡支所伊万里出張所長に 中原松美氏 (経済局国際部国際協力課海外技術協力官) は国際課防疫管理官に

植物防疫基礎講座

植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル (3)

イ ネ バ カ 苗 病 菌

兵庫県立中央農業技術センター

いり
入
いの
井え
江
うえ
上かず
和
こう
幸み
己
じ
次

岡山県立農業試験場

——ベンゾイミダゾール剤——

は じ め に

イネの種子伝染性病害を対象にチウラム・ベノミルが1973年に農薬として登録され、ベンゾイミダゾール剤が全国的に使用されて以降、ばか苗病の発生は鎮静化した。しかし、1980年にベノミル耐性菌が小川・諏訪(1981)や北村ら(1982)によって発見されて間もなく、1984年にばか苗病が突如全国的に多発生した。その後、ベノミル耐性菌の発現がばか苗病の多発生の一因であることが明らかとなったが、1987年にはベノミル耐性菌が既に37道府県において認められ(吉野, 1988)、種子の流通が広域化、活発化した現在では、ベノミル耐性菌は普遍的に分布しているとみられる。

ベンゾイミダゾール剤にはベノミルのほかにチオファネートメチルやチアベンダゾールもあるが、いずれもベノミルと交差耐性が認められるので、ここではベノミルに対する感受性検定法について記載する。

1 検定材料の調製

ばか苗病菌の分離材料としては種子、苗、本田罹病株があるが、分離材料は目的や状況に応じて選択する。各分離材料ともエタノール70%液に数秒、アンチホルミン10倍液に2, 3分浸漬して表面消毒し、滅菌水で洗った後次の処理に移る。

高率に保菌していることがあらかじめわかっている種子であれば、種子を選択培地(駒田培地)に置いて直接分離する。しかし、保菌率が不明か低い種子を供試した場合、大型の容器に水を含ませた沱紙を敷いて種子を播き、種子の周囲に発育した菌を分離する。

苗からの分離は根や種子にばか苗病菌に特有の赤紫色の菌叢が認められる徒長苗を選び、葉鞘基部を供する。また、本田罹病株も同様に葉鞘基部を供するが、泥が付着しているのでよく水洗する。いずれも、表面消毒した

後、選択培地に置床するか湿室に置いて組織上に形成させた菌を分離する。

組織分離あるいは孢子塊によって分離して得られた菌を検定に用いても実用上差つかえないと思われるが、これらの場合には感受性の違う菌株が混在している可能性があるため、できれば単孢子分離菌を使用する。単孢子分離は、顕微鏡下で直接釣り菌するか、常法に基づいて培地上の単孢子コロニーを移植する。

2 検定方法

検定は、分離菌の前培養→検定培地への移植→培養→調査の手順で行い、寒天希釈法によってMIC(最小生育阻止濃度)を求める。前培養及び検定の培地は、培地の成分による誤差を抑え、再現性を高めるために、市販のPDA培地(DIFCOかNissui)を使用し、pHを7に調整する。

① 分離菌の前培養: 28℃前後で7~10日間培養する。長期間培養したものは活性が低下するおそれがあるので、使用は避ける。検定培地への移植は菌叢の周縁部分を炎熱滅菌し、冷却したコルクボーラーで打ち抜き、菌叢面を下にして検定培地と接するように置く。

② 検定培地の調製: 市販のベノミル50%水和剤を蒸留水に懸濁させ、所定の検定濃度よりも10倍高い濃度の薬液を調製し、容量比で薬液の9倍量の培地に添加する。例えば、100 µg/mlの検定培地を作るには、1,000 µg/ml(水和剤500倍液)の薬液10 mlを培地90 mlに添加する。ベノミル水和剤は水への懸垂性がよくないので、薬液はスターラーでかくはんしながら、均一に拡散させる必要がある。薬液を添加した培地はよく混和し、120℃で15分間殺菌する。また、シャーレへ培地を流し込むときも十分にかくはんしながら行う。

③ 検定濃度: MICの頻度分布曲線を求める場合は、1,600 µg/mlを最高に2倍段階希釈で800, 400, 200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25, 3.13, 1.56, 0.78 (各 µg/ml)を設定する。検定作業の能率を高める目的であれば、10 µg/mlの1濃度だけ設定し、この濃度で菌糸が発育すれば耐性、発育しなければ感受性と判定する。なお、100 µg/mlと1,000 µg/mlを加えると耐性程度の判

Methods for Monitoring Fungicide Resistance—Rice “Bakanae” disease (*Gibberella fujikuroi*).

By Kazumi IRIE and Kouji INOUE

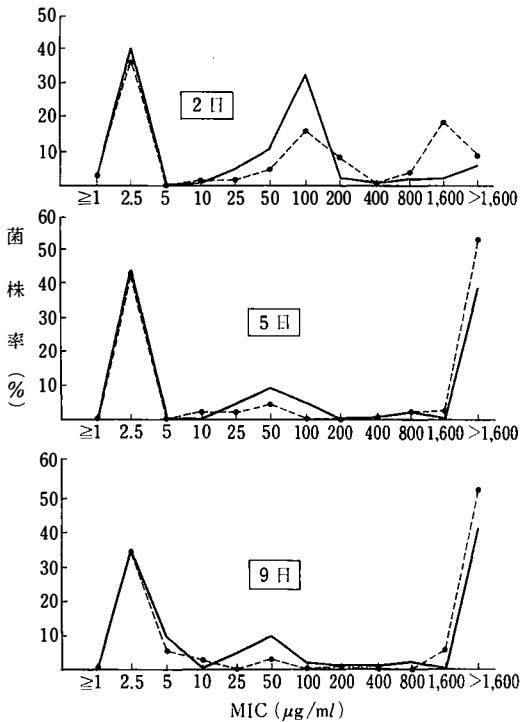


図-1 培養日数とMICの頻度分布の変化

——: 菌糸の発育がきわめてわずかな状態(±)と判定したMIC,: ±を+と判定したMIC

別に利用でき、精度も向上する。

④ 検定培地での培養日数: 培養は28°Cで行う。MICは培養日数によって大きく変動し、培養2日後と5日後では大きな差が認められる(図-1)。したがって、感受性と判定されるMIC・2.5 μg/mlのピークが変動しないで、頻度分布のパターンが安定した時期、すなわち培養5日後にMICを判定するのが適当である。また、培養期間が短いと菌糸の発育がきわめてわずかで+か-か判定に迷うような微妙な状態(±: 口絵写真A)がみられるが、5日間培養すると発育の有無は明りょうとなって誤差が少なくなる(口絵写真B)。特に、ベノミル100 μg/ml以上の培地では、培養2日後に判定すると、耐性菌であっても菌糸の発育が不明りょう(口絵写真C)で感受性菌と見誤るおそれがあるので、判定は培養5日後に行う。なお、薬液の濃度や培養日数による菌糸の発育程度の詳細については入江(1988b)を参照されたい。

⑤ 判定基準: MICと種子消毒効果との関係から、感受性菌と耐性菌の判別境界濃度はMIC 2.5 μg/mlと25 μg/mlの間にあると考えられ、2.5 μg/ml以下を感受性、25 μg/ml以上を耐性と判定する。しかし、一般に

MICの頻度分布曲線のピークは2.5 μg/ml以下か1,600 μg/ml以上に局在化することが多く、耐性が感受性かの判別は比較的容易にできる。また、25 μg/ml～1,600 μg/mlの中間値を示す菌株についてはMICの高低と消毒効果との間で一定の傾向が認められず、実際に耐性程度の異なる菌株が存在するか否かは明らかではない。

3 その他の留意点

(1) 分離菌の病原性

分離した菌株が形態的に *Gibberella fujikuroi* の特徴を備えていたとしても、病原性を示さない菌株がみられる。耐性菌の分布調査などの結果を防除対策上さらに有意義なものとするには、できるだけ病原性の確認を行う必要がある。調査方法の一例を示すと、まずPDA培地などで平板培養したものに滅菌水を注いで筆で菌体をかき混ぜて懸濁状とする。そこにばか苗病菌を保菌していない種子を20～30粒浸漬して25°C前後で1～2日間放置する。種子を引き上げてパーミキュライトを床土とした小型の容器に播き、2～3週間育苗して徒長の有無を調査する。

(2) チウラム・ベノミルの種子消毒効果

いもち病やごま葉枯病の同時防除剤として多く使用されているチウラム・ベノミルについて、薬剤感受性と実用面での種子消毒効果の関係について要約する。

耐性菌を保菌した種子に対する防除効果は、接種種子を使用した場合は低濃度液・長時間浸漬消毒及び湿粉衣消毒とも劣るが、自然感染種子には高い防除効果を示す。特に、湿粉衣、吹き付けあるいは高濃度液・短時間浸漬の各消毒処理は、一般に流通しているような保菌率の低い種子に対して、実用的には支障のない程度に発病を抑制する。一方、感受性菌保菌種子に対しては接種によって高率に保菌した種子であっても消毒方法や消毒条件(薬液温度など)に関係なくきわめて高い防除効果を発揮する(入江・二井, 1987; 入江・前川, 1989)。

また、育苗センターなどでは種子消毒、浸漬に続いて催芽機処理や脱水機による水切りが行われていることが多い。低濃度液・長時間浸漬消毒あるいは湿粉衣消毒した後にこれらの処理を行うと、感受性菌保菌種子であれば防除効果への影響はほとんどみられないが、耐性菌保菌種子では薬剤の防除効果がかかなり低下する(入江, 1988a; 入江ら, 1990)。

引用文献

- 1) 入江和己・二井清友(1987): 関西病虫研報 29: 65.
- 2) ——— (1988a): 同上 30: 82.
- 3) ——— (1988b): 植物防疫 42: 326～330.

- 4) ———・前川和正 (1989): 日植病報 55: 106 (講要)。
- 5) ———ら (1990): 同上 56: 134 (講要)。
- 6) 北村義男ら (1982): 同上 48: 380 (講要)。
- 7) 小川勝美・諏訪正義 (1981): 北日本病虫研報 32: 160 (講要)。
- 8) 吉野嶺一 (1988): 植物防疫 42: 321~325。

(入江和己)

——DMI 剤——

はじめに

近年、イネの種子消毒剤として数種の DMI 剤が開発され、これらはベンゾイミダゾール系耐性のばか苗病菌にも効果が高いことから、現在では全国的に広く普及している。

DMI 剤のうち、トリフルミゾールでは、MIC (最小生育阻止濃度) が $1,000 \mu\text{g/ml}$ を超えるばか苗病菌の存在が知られているが、これらの低感受性菌はイネに対する病原性がきわめて低いと報告されている (HAMAMURA, 1989)。一方、MIC $3.12 \sim 100 \mu\text{g/ml}$ の菌ではトリフルミゾールの効果がやや劣ることが筆者ら (井上ら, 1991, 92) によって明らかとなり、鳥取県ではトリフルミゾール消毒種子でばか苗病の多発した圃場から、同様の菌が高率に検出されている (長谷川・吉田, 1992)。ペフラゼート、プロクロラズでは現在まで、防除効果の劣るような感受性低下菌の報告はみられない。しかし、今後当面は DMI 剤の使用が続くと思われるので、年 1 回の使用といえども、薬剤感受性の低下が懸念される。ここでは、トリフルミゾールを中心に感受性の検定方法を説明して参考に供したい。

1 菌の分離方法

ばか苗病菌の採集には、罹病籾、罹病苗、本田の罹病株から分離する方法と駒田培地を用いて水田に飛散する菌をトラップする方法とがある。これらは試験の目的に応じて使い分ければよいが、薬剤感受性のモニタリングには一般に前者が適しており、罹病苗、罹病株から分離するのがよい。種籾の保菌状況をあらかじめ知るために、種籾からばか苗病菌を分離することもあるが、この場合、ばか苗病菌以外の *Fusarium* 属菌が混入しやすいので注意する。罹病苗や罹病株のサンプリングは育苗箱や圃場の広範囲から行う。菌の分離は、苗の場合は鞘葉や不完全葉を取り除いた茎の基部、移植後の株では外側の葉鞘を剥いだ稈の基部から行うとよい。これらを 2% アンチホルミンで表面殺菌後、殺菌水で洗浄して、PSA 平板培地に置床し、 $20 \sim 25^\circ\text{C}$ で培養する。約 1 週間後に伸長したばか苗病菌を PSA 斜面培地に移植して保存す

る。なお、分離用の培地には、PCNB 水和剤 $1,000 \mu\text{g/ml}$ 、ストレプトマイシン硫酸塩 $1,000 \mu\text{g/ml}$ を添加しておく、ばか苗病菌の生育はやや緩慢になるものの、*Trichoderma* 属菌や細菌などの雑菌がよく抑えられて分離率が高まる。枯死茎からの分離も可能だが、他の *Fusarium* 属菌が混入しやすいので注意する。

1 本の罹病茎から薬剤感受性の異なる菌が分離されることもあるので、厳密な試験には単孢子分離が必要である。なお、PSA 斜面培地の器壁内に伸長した菌叢を試験管の外側から直接 $100 \sim 150$ 倍で検鏡すると、小型分生子の連鎖の有無が容易に観察できるので、ばか苗病菌かどうかの目安になる。

2 検定方法

MIC を求める方法: 検定に用いる薬剤は、市販品でよい。薬剤の有効成分濃度が $1,600 \sim 0.39 \mu\text{g/ml}$ になるように 2 倍段階希釈 (場合によっては 4 倍段階希釈) して PSA 培地に加用する。この際、薬剤の希釈は殺菌蒸留水で行い、PSA 培地はオートクレープで滅菌後、やや冷めたものに薬剤の希釈液を無菌的に加え、よく混ぜながらシャーレに 15 ml あて分注する。

分離菌の前培養は、菌叢片を PSA 平板培地に接種後、 25°C 、暗黒下で、7~10 日行う。菌叢の周辺部分からコルクボーラー (直径 4 mm) でディスクを打ち抜き、菌叢面が検定用培地と接するように各濃度の検定用培地に置床する。実際には直径 9 cm のシャーレに $20 \sim 30$ 個の菌叢片を置床すると実用的で判定しやすい。

検定用培地へ移植後、 25°C 、暗黒下で 5 日間培養し、検定用培地への菌糸の生育の有無を調査して、MIC を求める。菌株と薬剤の濃度によっては、ごくわずか (約 1 mm 以下) ながら伸長しているものがしばしばみられるが、筆者はこれらを (±) と記録しておき、結果の集計には (—: 生育なし) として処理している。

検定条件と MIC の変動については、トリフルミゾールでいくつか検討されている。入江 (1992) は、①長期間 (29 日間) 前培養すると MIC がやや高くなる、②水和剤と乳剤の剤型による MIC の差はほとんど認められない、③検定用培地に移植して (25°C)、4~5 日後までは、MIC $0.78 \mu\text{g/ml}$ 以下の菌株の明瞭なピークはほとんど変化しない。しかし、 $6.25 \mu\text{g/ml}$ 以上でピークを示す MIC は培養期間が長くなるにつれて連続的に上昇し、4~5 日後には全体の頻度分布曲線が、 3.12 か $6.25 \mu\text{g/ml}$ を境界にした 2 山型に落ち着く、④検定用培地移植後 (5 日間培養) の培養温度については、 23°C で $12.5 \mu\text{g/ml}$ 以上の菌株を、 27°C で検定すると 1~2 段階高い MIC を示す、などの点を明らかにしている。

EC₅₀, EC₉₀ を求める方法: 薬剤添加検定用培地の調製方法, 前培養の方法は MIC 法に準じるが, 薬剤の有効成分濃度は 50~0.1 µg/ml の 2 倍段階希釈濃度 (10 段階) でよい。同時に, 薬剤無添加 PSA 培地も必ず用意する。菌叢ディスクの菌叢面を下にして, 検定用培地の中央に置床する。使用するシャーレは無分画のものでもよいが, 市販の 4 分画の滅菌済みプラスチックシャーレも利用できる。検定は 1 濃度につき 3 反覆以上が望ましい。

検定用培地への移植後は, 25°C, 暗黒下で, 無分画シャーレでは 5~6 日間, 4 分画シャーレでは 2~3 日間培養し, 菌叢直径を測定して, 接種源の直径 (4 mm) を差し引いた値を菌糸生育量とする。各菌株の薬剤無添加培地の菌糸生育量に対する薬剤の 50%, 及び 90% 生育阻止濃度 (EC₅₀, EC₉₀: µg/ml) をパソコン用ソフトなどによって求める。

DMI 剤感受性検定用の全国的な標準菌株はないが, 検定のたびに, それまでの検定で感受性が明らかになっている代表的な菌株を供試菌株に加えておいて, 実験上のエラーがなかったか否かを確認することが必要である。手持ちの菌株がなければ, 他の研究機関に分譲を依頼するとよい。

菌株の保存は, PSA 斜面培地にシリコン栓をして 10~15°C におくと, 半年~年 1 回の植継ぎで長期間保存できる。保存時の DMI 剤感受性の変動については詳しい報告はないが, これまでの経験からほとんど変動しないと思われる。

3 検定結果と薬剤の防除効果との関連

鳥取県, 兵庫県, 岡山県などの中国地域でトリフルミゾール感受性を検定した結果では, MIC の頻度分布は, MIC 1.56 µg/ml 以下の感受性の高い菌株 (S 菌), 6.25~100 µg/ml の感受性のやや低い菌株 (WR 菌), 400 µg/ml 以上の低感受性菌の 3 山型かこれに類似している (井上ら, 1991; 長谷川・吉田, 1992; 兵庫県立中央農業技術センター, 1993) (図-2)。そして, トリフルミゾールの防除効果は, S 菌には非常に高いが, WR 菌には効果が劣ることが明らかになっている (井上ら, 1991, 1992; 長谷川・吉田, 1992) ので, MIC 検定による感受性の差は防除効果とよく符合している。しかし, EC₅₀ では S 菌と WR 菌の感受性の差が MIC より小さくなり, それらの区別は容易ではない。また, MIC 検定のほうが多数の菌株を扱うことができるので, 両者のモニタリング調査を目的とする場合には, EC₅₀ より MIC を求める方法が適している。

WADA, et al (1990) は, ペフラゾエートの MIC (24°C, 3 日間培養) は 1.56 µg/ml をピークとする 1 山型の頻度

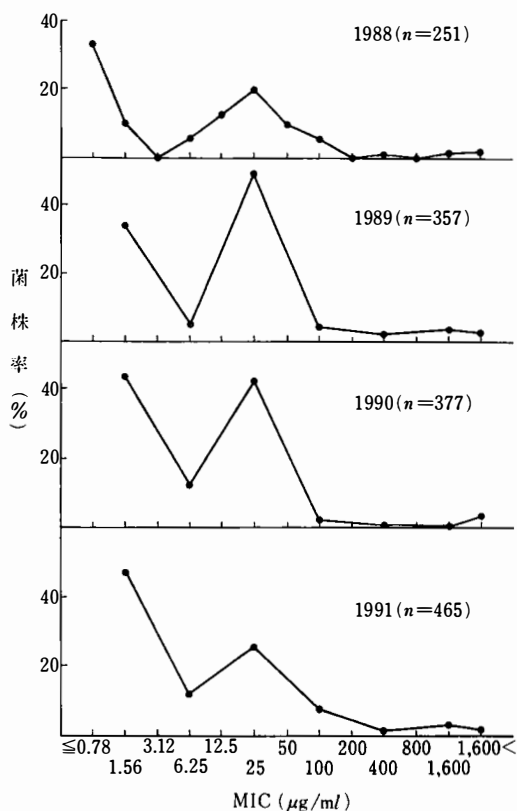


図-2 岡山県におけるイネばか苗病菌のトリフルミゾールに対する感受性の頻度分布 (MIC)

分布で, 0.78~12.5 µg/ml の範囲にあり, ペフラゾエートの種子消毒効果は, MIC 検定による感受性差と相関がなく, いずれの菌株でも効果が高いとしている。プロクロラズ MIC の頻度分布は 1.0 µg/ml をピークとし, いずれも 10 µg/ml 以下であり (全農農業技術センター農業研究部, 1985), これまで, 防除効果の劣るような感受性を示す菌の存在は報告されていない。

DMI 剤は, 一般に培地上での菌糸生育抑制作用があまり強くなく, 薬剤含有培地上でも緩やかに生育する場合があることや, 調査方法の客観性 (MIC では検定培地上での菌糸生育の有無の判定に個人差が生じやすい) を考慮すると, 感受性検定の指標に MIC は適当でないと考えられる。しかし, トリフルミゾールに対する検定のような事例もあるので, 現時点では目的に応じて使い分けると, 両者を併用するのがよいと思われる。

4 今後の課題点

ばか苗病菌を採集していると, 罹病苗や罹病株から分離したにもかかわらず, 病原性がきわめて低く, 形態的には小型分生子を連鎖状に形成して *F. moniliforme* と

みられる菌がしばしば分離される。そして、これらの菌は DMI 剤感受性が低いことが多いだけに、ばか苗病菌として取り扱うか否かは大きな問題である。今後、簡易で確実なばか苗病菌の同定法の確立が強く望まれる。

ある病原菌が薬剤耐性菌か否かは、野生型の集団が示す感受性のベースラインを基準にして論じるのが妥当であるとの指摘がなされている(石井, 1993)。イネばか苗病菌の DMI 剤に対する感受性のベースラインデータは、まだ不十分なので、今後明らかにしていく必要がある。

引 用 文 献

- 1) HAMAMURA, H. (1989): 日植病報 55(3): 275~280.

- 2) 井上幸次ら (1991): 日植病報 57(3): 432 (講要).
 3) ——— (1992): 日植病報 58(4): 581 (講要).
 4) 長谷川優・吉田浩之 (1992): 日植病報 58(1): 133 (講要).
 5) 入江和己 (1992): 第 2 回殺菌剤耐性菌研究会講要.
 6) 兵庫県立中央農業技術センター (1993): 平成 4 年度近畿中国農業試験研究成績・計画概要集一病害一(謄写).
 7) WADA, T. et al. (1990): 日植病報 56(4): 449~456.
 8) 全農農業技術センター農薬研究部 (1985): 昭和 60 年度農薬試験成績: 37~48 (謄写).
 9) 石井英夫 (1993): 第 3 回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講要.

(井上幸次)

新 刊 紹 介

『熱帯の雑草』(熱帯農業要覧 No. 19)

A5 版, 318 ページ, 1993 年 5 月

(社)国際農林業協力協会編集・刊行

国際農林業協力協会が、途上国で活躍する農業協力専門家の要望に応えるための文献、資料として、熱帯農業要覧が刊行されている。この中でこれまでに熱帯野菜作の病害、熱帯野菜作の害虫が刊行されたが、いずれもカラー写真を主体として、専門外の人でも容易に病害虫の診断・同定が可能のように工夫され、関係者の好評を博した。本書はそのシリーズとして熱帯の雑草について解説されたものである。

雑草の防除は、病害虫の防除とともに作物保護の重要な柱である。とくに東南アジアのような湿潤熱帯では、雑草の生育も早く、作物に対する影響も極めて大きい。除草は、以前は手作業で農家に重労働を強いる最大の要因になっていたが、除草剤が開発され、有力かつ効果的に防除ができるようになり、生産の向上に貢献したことは周知のとおりである。

途上国においても、近年労働力を軽減するため除草剤が使用され、年々その使用量は増加している。とくに最近、特定の雑草にのみ有効な薬剤が主流を占めるようになってきた。このようになると、先づ各国、各地域に分布する雑草の種類を明らかにするとともに、その生態を熟知することが、的確に除草剤を使用するための前提

条件となる。わ国では、このよう目的のために関係の機関からカラー写真を主体とした解説書が刊行されているが、国内の雑草に限られ、東南アジアなどの湿潤熱帯を対象にしたものは、未だ見当たらない。

これに応えるため、本書は長年雑草の研究に従事し、東南アジア諸国に長期滞在された農業環境技術研究所衛生管理科長原田二郎氏を主査に、同様の経験をもつ芝山秀次郎、森田弘彦両氏が協力して執筆されたものである。

内容は、I. 雑草の種類と防除、II. 主要草種の解説の 2 部から成っている。I では、水田雑草、畑地雑草、非農耕地雑草、水生雑草、高地雑草について、東南アジアにおける生態的な特長および防除法について概説してある。

II は本書の主体をなすもので、主要な草種 63 科約 300 種について、右側ページカラー写真(約 400 枚)、左側ページにそれぞれの草種の学名、和名、各国名、形態が記載されている。配列は名草種の科名(ラテン名)のアルファベット順、とくに各国での一般名を丹念に調べ記載しており、現地では大変に役立つと思われる。写真も 1 ページ 2~4 枚にまとめられているので鮮明で迫力があり、草種の同定には大いに参考になる。

東南アジア各国で技術協力に従事する専門家もちろん、国内の関係者にも手許に置いておけば大変役立つと思われるので、是非購入することをおすすめしたい。

(社)国際農林業協力協会(〒102 東京都千代田区一番町 19, 全国農業共済会館, Tel 03-3263-7377)に申し込めば実費(5,000 円)で入手できる。

(梶原敏宏)

平成4年度に注目された病害虫試験薬剤(2)

シバ

殺虫剤

平成4年度には28薬剤がシバの害虫類に対して試験がなされた。この中で実用性があると判定されたものを下記の表にまとめて記す。本年度の傾向としては難防除害虫であるシバオサゾウムシに対する試験が多かったことと、シバツトガやスジキリヨトウを対象としたBT剤の試験が増加している。

薬剤名・剤型	有効成分，含有量	対象害虫	使用量，備考
ダイアジノン固型剤	ダイアジノン 10%	コガネムシ類 シバツトガ スジキリヨトウ	20 g/m ² ，灌注器を要する
バイオセーフ	昆虫寄生性線虫	シバオサゾウムシ幼虫 シバツトガ	25 万頭/m ² ，50 万頭/m ²
オルトラン水和剤	アセフェート 50%	シバオサゾウムシ成虫 アカフツツリガ	1000 倍，2 l/m ² 1000 倍
オフナック粒剤	ピリダフェンチオン 5%	シバオサゾウムシ成虫，スジキリヨトウ，シバツトガ	10 g/m ²
ダイボスチン乳剤	ダイアジノン 25% DDVP 5% MEP 15%	シバオサゾウムシ成虫	1000 倍，1 l/m ²
サニーフィールド乳剤 (NC-182)	エトフェンプロックス 30%	シバオサゾウムシ成虫	1000 倍，2000 倍，1 l/m ²
NC-186 乳剤	エトフェンプロックス 10% ピリダフェンチオン 15%	シバオサゾウムシ成虫	500 倍，1 l/m ²
ダイアジノン粒剤 5	ダイアジノン 5%	シバオサゾウムシ成虫	6 g/m ² ，9 g/m ²
Hoe-498 S 乳剤	シラフルオフェン 38%	シバオサゾウムシ成虫	2,000 倍，1 l/m ²
NF-143 水和剤	エトフェンプロックス 10% チオファネートメチル 50%	スジキリヨトウ シバツトガ	1,000 倍，1 l/m ²
オフナック乳剤	ピリダフェンチオン 45%	スジキリヨトウ	1,000 倍，0.3 l/m ²
セビフロアブル	NAC 42%	スジキリヨトウ シバツトガ	500 倍，0.3 l/m ²
オルトラン水和剤	アセフェート 50%	アカフツツツガ	1,000 ⁴ ，0.5 l/m ²

(静岡大学農学部生物生産科学科 廿日出正美)

殺菌剤

平成4年は39薬剤，芝草10病害に253件が試験された。このうち，実用性ありと判定された薬剤の内容は，以下の表のとおりである。

作物名 薬剤名・剤型	有効成分，含有量	対象病害	使用量，備考
ポリオキシシンZ水和剤 日本シバ	ポリオキシシンD亜鉛塩2.25% (ポリオキシシンDとして2.0%)	フェアリーリング病(コムラサキシメジ)	250 倍，10 l/m ² 施用時，滲透剤 オスマック 300 倍を少量混合

KUF-90001 粒剤 日本シバ	プロピコナゾール 0.5%, メプロニル 10.0%	葉腐病 (ラージパッチ)	30 g/m ²
シャルマツト水和剤 洋シバ (ベントグラス) 日本シバ (ノシバ, コウライ)	ベノミル 15%, メプロニル 60%	葉腐病 (ブラウンパッチ) 葉腐病 (ラージパッチ)	1,000 倍, 1 l 600 倍, 1,000 倍, 1 l/m ²
バシパッチ水和剤 洋シバ (ベントグラス), 日本シバ 日本シバ (ノシバ, コウライ) 〃 洋シバ (ベントグラス, ブルーグラス) 〃	プロピコナゾール 4.0%, メプロニル 50.0%	葉枯病 (ヘルミント) 葉腐病 (ラージパッチ) 疑似葉腐病 (春はげ症) 雪腐小粒菌核病 ガラスポット病	1,500 倍, 1 l/m ² 1,000 倍, 1 l/m ² 500 倍, 1 l/m ² 500 倍, 1 l/m ² 1,000 倍, 1 l/m ²
ラリー水和剤 洋シバ (ベント, ブルーグラス)	ミクロブタニル 10%	ガラスポット病	1,500 倍, 1 l/m ²
S-658 ドライフロアブル剤 洋シバ (ベントグラス)	新規化合物 50.0%	葉腐病 (ブラウンパッチ)	3,000, 1 l/m ²
DF-101 フロアブル 洋シバ (ベント, ベレニアルグラス)	イミノクタジン酢酸塩 5%, メプロニル 40%	雪腐小粒菌核病	300 倍, 1 l/m ²
ディンクroppフロアブル 日本シバ (ノシバ, コウライ) 洋シバ (ベント, ベレニアル, ブルーグラス) 〃	イミノクタジン酢酸塩 5%, イプロジオン 30%	葉腐病 (ラージパッチ) 雪腐小粒菌核病 ガラスポット病	500 倍, 0.5 l/m ² 300 倍, 1 l/m ² 1,000 倍, 1 l/m ²
NF-116 水和剤 洋シバ (ベントグラス)	チオファネートメチル 20%, ホセチル 60%	ガラスポット病	600 倍, 1 l/m ²
NF-143 水和剤 洋シバ (ベントグラス)	エトフェンブロックス 10%, チオファネートメチル 50%	葉腐病 (ブラウンパッチ)	1,000 倍, 1 l/m ²
トップジン M 水和剤 洋シバ (ベントグラス)	チオファネートメチル 70%	ガラスポット病	1,500 倍, 1 l/m ²
トップジン M ドライフロアブル 洋シバ (ベントグラス)	チオファネートメチル 70%	ガラスポット病	1,500 倍, 1 l/m ²
ルミライト水和剤 日本シバ (コウライ) 洋シバ (ベントグラス)	チオファネートメチル 45%, トリフルミゾール 15%	葉枯病 (ヘルミント) 葉腐病 (ブラウンパッチ)	500 倍, 1 l/m ² 500 倍, 1 l/m ²
HSF-9101 水和剤 洋シバ (ベントグラス)	既知化合物 20%, チオジアジン 40%	葉枯病 (ヘルミント) 葉腐病 (ブラウンパッチ)	133 倍, 0.2 l/m ² 133 倍, 0.2 l/m ²
アリエッティWG 洋シバ (ベントグラス)	ホセチル 80%	赤焼病	200 倍, 400 倍, 0.4 l/m ²
ブルーデンス水和剤 洋シバ (ベント, ブルーグラス)	イプロジオン 17%, ホセチル 40%	ガラスポット病	500 倍, 1 l/m ²
ロブラールフロアブル 日本シバ (ノシバ, コウライ)	イプロジオン 23%	疑似葉腐病 (春はげ症)	600 倍, 800 倍, 1 l/m ²

グランサー粒剤 日本シバ(コウライ)	トルクロホスメチル 5%	疑似葉腐病(春はげ症)	20 g/m ²
パッチガード水和剤 洋シバ(ベントグラス)	8-ヒドロキシキノリン銅 80%	雪腐小粒菌核病	40 倍, 0.1 l/m ²
フロンサイド水和剤 洋シバ(ベント, ペレニアル)	フルアジナム 50%	雪腐小粒菌核病	1,000 倍, 1 l/m ²
キノンドー水和剤 80 洋シバ(ベント, ペレニアル)	8-ヒドロキシキノリン銅 80%	雪腐小粒菌核病	40 倍, 0.1 l/m ²
テンホープ水和剤 洋シバ(ベントグラス)	フルトラニル 25%, プロピコナ ゾール 2%	ガラスポット病	500 倍, 1 l/m ²

(日植防研究所 荒木隆男)

茶 樹

殺 虫 剤

平成4年度の茶農薬連絡試験では、47品目の殺虫剤が供試された。薬剤の内容としては、IGRと既存の殺虫剤との混合剤、すでに効果の確認された薬剤の使用濃度の変更や他の害虫に対する適用の拡大、BT剤、成分未公開の薬剤などさまざまであった。以下、実用性ありと認められた薬剤を表にして紹介したい。

作物名 薬剤名・剤型	有効成分, 含有量	対象害虫	使用量, 備考
RH-5992 フロアブル	新規化合物 20%	ヨモギエダシャク	2000 倍
AKD-2025 乳剤	新規化合物 8.5% 既知化合物 6.5%	カンザワハダニ	1000 倍
デミリン水和剤	ジフルベンズロン 23.5%	ヨモギエダシャク	2000 倍
SB-707 水和顆粒	BT 剤	チャノコカクモンハマキ	1000 倍
シラトップ水和剤	シラフルオフェン 20.0%	ヨモギエダシャク	2000 倍
KM-301 水和剤	BT 製剤	チャノコカクモンハマキ	1000 倍
インセガー水和剤	フェノキシカルブ 25%	クワシロカイガラムシ	3000 倍
トレ・トレ乳剤	フルシトリネート 3% ホサロン 20%	ヨモギエダシャク	1000 倍
アグロスリン水和剤	シベルルトリン 6%	チャノミドリヒメヨコバイ チャノキイロアザミウマ	2000 倍 2000 倍
ダーズバン剤	クロルピリホス 40%	チャノコカクモンハマキ チャハマキ	1000 倍, 1500 倍 1500 倍

TI-304 水溶剤	ニテンピラム 10%	チャノミドリリメヨコバイ チャノキイロアザミウマ	1000 倍 1000 倍
ボルテージ乳剤	ピラクロホス 50%	チャノコカクモンハマキ チャノホソガ カンザワハダニ	1000 倍 1000 倍 1000 倍
NC-190 フロアブル	ピフェントリン 1.5% ピリダベン 15%	チャノミドリヒメヨコバイ チャノキイロアザミウマ カンザワハダニ	1000 倍 1000 倍 1000 倍
サンマイト フロアブル	ピリダベン 20%	チャノナガサビダニ	2000 倍
CG-167 水和剤	ジアフェンチウロン 50%	チャノキイロアザミウマ	1000 倍, 1500 倍
マブリック水和剤	フルバリネート 20%	ウスミドリメクラガメ	2000 倍
MTI-732 乳剤	プロフェンブロックス 10%	チャノキイロアザミウマ	1000 倍
XRD-473 フロアブル	ヘキサフルムロン 7%	チャノホソガ	3000 倍
チューリサイド水和剤	BT 剤	チャノコカクモンハマキ	1000 倍

(野菜・茶業試験場 本間健平)

殺 菌 剤

平成 4 年度の茶農業連絡試験においては、7 病害に対する 14 薬剤の防除効果ならびに薬害発生の有無について検討された。その結果、マネーシ水和剤の 1000, 2000 倍は炭そ病ならびにもち病に対する防除効果が高く、今後中山間地における病害防除に効果を発揮するものとみなされる。このほかにスコア水和剤 10 2000 倍の防除効果が高く、注目された。

作物名 薬剤名・剤型	有効成分, 含有量	対象病害	使用量, 備考
RPJ-364 フロアブル	ブロムコナゾール 100 g/l	炭そ病	1500, 2000 倍
FT-911 SC	フルアジナム 15.0%	炭そ病	750 倍
(フロアブル)	チオファネートメチル 25.0%		
コサイド DF	水酸化第 2 銅	炭そ病	500, 1000 倍
(ドライフロアブル)	55.3%		
スコア水和剤 10	ジフェノコナゾール 10%	炭そ病	2000 倍
マネーシ水和剤	イミベンコナゾール 15.0%	炭そ病	2000 倍
MBF-50 ドラフロアブル	塩基性塩化銅 50%	炭そ病	500 倍
マネーシ水和剤	イミベンコナゾール 15.0%	もち病	1000, 2000 倍
FT-911 SC	フルアジナム 15.0%	輪斑病	750 倍
(フロアブル)	チオファネートメチル 25.0%		

(野菜・茶業試験場 成澤信吉)

ク　ワ

蚕毒試験

15 薬剤について蚕に対する残毒性が調べられ、下記の 11 剤について安全基準日数が示された。これらのうち 2 剤は昆虫の生長調節に影響する性質を持ち、いずれも長期の残毒性が認められた。

作物名 薬剤名・剤形	有効成分，含有量	対象害虫	使用量，備考
KM 202 水和剤	BT 死菌剤	カイコ	BT，1,000 倍，100～120 l/10 a 安全基準日数 15 日
KM 301 水和剤	BT 生菌剤	カイコ	BT，1,000 倍，100～120 l/10 a 安全基準日数 50 日
KUF-6201 フロアブル	メバニピリム 40%	カイコ	殺菌剤，2,000 倍，100 l/10 a 安全基準日数 2 日
JT 201 液剤	オレイン酸カリウム 30%	カイコ	殺虫・殺ダニ剤，50 倍，300 l/10 a 安全基準日数 0 日
MON-240 0.85 粉剤 DL	新規化合物 0.85%	カイコ	殺菌剤，4 kg/10 a 安全基準日数 0 日
MON-240 20% フロアブル	新規化合物 20%	カイコ	殺菌剤，1,500 倍，120 l/10 a 安全基準日数 0 日
PP-682 EW	フルフェンブロックス 15%	カイコ	殺虫剤，1,000 倍，100～120 l/10 a 安全基準日数 60 日以上
RH-5992 フロアブル	新規化合物 20%	カイコ	IGR，1,000 倍，100 l/10 a 安全基準日数 80 日以上 脱皮阻害作用を持つ
RPJ-364 フロアブル	ブロムコナゾール 100 g/l	カイコ	殺菌剤，2,500 倍，100～120 l/10 a 安全基準日数 3 日
シルバキュア EW	テブコナゾール	カイコ	殺菌剤，2,000 倍，100～120 l/10 a 安全基準日数 5 日
ラノー乳剤	ビリプロキシフェン 10%	カイコ	IGR，1,000 倍，100～120 l/10 a 安全基準日数 60 日以上 蛹若ホルモンの作用を持つ

(蚕糸・昆虫農業技術研究所 宮崎昌久)

殺菌剤

平成4年度は，胴枯病を対象に1薬剤について3県で試験が行われ（未了），3年度未了分の胴枯病に対する1薬剤について検討された。

1 胴枯病

3年度未了分：TF-164 ゾルの200倍液散布で「実用性なし」と判定された。

4年度分：RF-931 フロアブルの50倍液散布の試験が行われ，効果の調査は平成5年5～6月に行う予定。

(蚕糸・昆虫農業技術研究所 白田 昭)

(口絵解説)

花の病害虫(7)——トルコギキョウ——

トルコギキョウの生産状況

我が国におけるトルコギキョウの生産は、花き類の洋花志向とあいまって、近年急激に伸び、1991年産の作付面積276ha、生産額62.6億円で花き生産の中でも重要な位置を占めるようになってきた。栽培体系は、高冷地の夏秋出荷を中心とした作型から、温暖地の冬春出荷を中心とした作型と様々であるが、全国的な作付面積の増加による産地間競争の中、各地でいろいろな技術による周年出荷体制を組み立てる努力がなされている。しかし、無理な作型導入により、これまでみられなかった病害も発生するようになってきた。

現在、販売品種は145品種ほどあるが、出荷割合は大きく分けると、紫・桃の覆輪色が50%、紫色が25%、その他が25%となっている。最近の市場人気は、冬春出荷では桃覆輪や桃の暖色系統が強く、夏秋出荷では紫覆輪や紫の寒色系統が強い傾向にある。白色系統は婚礼、葬儀ともに使えるため、季節を選ばず強い人気がある。また、一重咲きに比べ八重咲きの品種は作りにくいため、生産量が少なく、市場では高値がつく傾向にある。

トルコギキョウの病害虫の発生状況

発生する病害のうちウイルスによるものは、モザイク病(BBWV, BYMV)、えそモザイク病(CMV)、えそ病(LNV)がある。症状はモザイク、退緑斑点、輪紋、えそ斑点等いろいろな症状を示し、症状でウイルスを識別するのは困難である。モザイク病とえそモザイク病はアブラムシによる伝搬が主体であるが、管理作業中の汁液伝搬も行ふ。そのため、アブラムシの防除の徹底が必要となる。えそモザイク病は土壌伝染性のウイルスのため、土壌消毒が必要となる。

糸状菌による病害は菌核病、灰色かび病が以前から知られていたが、近年多くの病害について発生の報告がなされている。*Fusarium roseum*による茎腐病、*Pythium spinosum*、*P. irregulare*による根腐病、*Rhizoctonia solani*による株腐病、*Colletotrichum acutatum*による炭そ病、*Alternaria* sp.による斑点病がある。これらの病害の中で特に発生の多いものは、灰色かび病で、葉、茎、花

とあらゆる部位に発生する。また立枯症状を示す病害も多いが、それぞれ症状で診断が可能であるので、その特徴を以下に紹介する。

灰色かび病は茎、特に地際の茎が灰白色に変色腐敗し、その腐敗が上下に進展していく。また腐敗部分に灰色の胞子を形成する。菌核病も茎が灰白色に腐敗するが、湿度が高いと白色の菌糸を形成し、やがて菌核を形成する。茎腐病は茎の片側等一部が変色腐敗し、腐敗側の導管部にそって腐敗が進展していく特徴がある。また腐敗部分に桃色の胞子塊を形成する。根腐病は地上部に萎れが生じるが、茎などには病徴が現れず、根の先端部が褐変腐敗し、根量が少なくなっている。炭そ病は茎の途中、特に節の部分から腐敗が始まり、腐敗が茎の周囲を取り囲むとそれより上位が枯死する。腐敗部分に鮭肉色の分生子塊を形成する。このように立枯症状を示す病害は多いが、注意深く観察すれば、その病害の原因が何であるか診断可能である。

細菌病については、現在のところ、発生報告がないようである。

害虫については、アブラムシ類、スリップス類、ハダニ類、ヨトウムシ類、ハモグリバエ類等の発生がみられるが、ウイルスを媒介するアブラムシ類、花卉に対する被害の大きいスリップス類、葉、蕾、花卉を食害するヨトウムシ類が重要害虫である。これらの害虫は春先から秋にかけ発生がみられ、冬期はあまり発生がみられない。これら害虫に対する登録された防除薬剤はないため、薬害の発生の有無が不明である。そのため、生産者は散布経験があり薬害のなかった薬剤を連用する傾向がある。また、開花期に害虫が発生した場合、茎葉部に薬害のない薬剤でも花卉に薬害を生じることがあるため、徹底した防除がされにくい傾向にある。

トルコギキョウの病害虫については、現在、病原菌や害虫の種類の同定が整理されている段階であり、今後、病害虫の発生生態、発生時期、防除対策の検討がすすむものと期待する。また、早急に薬剤の登録が望まれるが、それよりも早く、現在各生産地で把握している薬害データの交換、整理が生産現場から強く要望されている。

(大分県高田農業改良普及所 吉松英明)

紹介

新登録農薬

「殺虫剤」

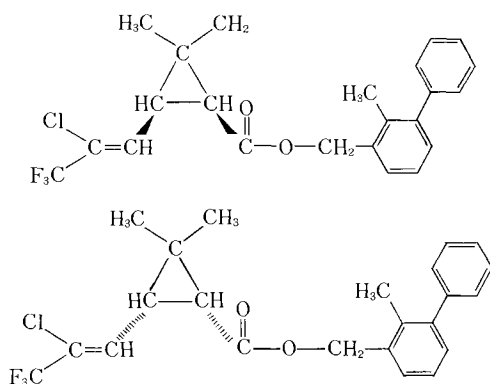
ビフェントリン水和剤 (4.4.1 登録)

本剤は、米国 FMC 社が開発した、ピレスロイド系殺虫剤である。作用機構は、他のピレスロイド系殺虫剤と同じく、昆虫の神経軸索の神経膜に作用し、ナトリウムチャンネルの働きを乱し、神経刺激の軸索伝導を阻害し、殺虫効果を示すものと考えられている。

商品名：テルスター水和剤

成分・性状：製剤は 2-メチルピフェニル-3-イルメチル= (Z)- (1RS, 3RS)-3- (2-クロロ-3, 3, 3-トリフルオロプロパ-1-エニル)-2, 2-ジメチルシクロプロパンカルボキシラートを 2.0% 含む類白色水和性粉末である。純品は類白色固体で、比重 1.26、融点 68~70.6℃、蒸気圧 1.81×10^{-7} mmHg (25℃)、溶解度：水 < 0.1 μg/l、クロロホルム 1770g/l、アセトン 1250g/l、トルエン 1230g/l である。熱、酸・アルカリ性に比較的安定、光に安定である。

(構造式) ビフェントリン



適用作物・使用目的及び使用方法：表-1 参照
使用上の注意事項：

① 蚕に対して長期間毒性があるので、散布された薬剤が飛散し、桑に付着する恐れのある場所では使用を避けること。

② 本剤の使用に当たっては、使用量、使用時期、使用方法などを誤らないように注意し、とくに初めて使用する場合には、病虫害防除所等関係機関の指導を受けることが望ましい。

毒性：(急性毒性) 医薬外用劇物(但し、2% 以下を含有する製剤は劇物より指定除外)

① 取り扱いには十分注意すること。誤って飲み込んだ場合には吐き出させ、直ちに医師の手当を受けさせること。本剤使用中に身体に異常を感じた場合には、直ちに医師の手当を受けること。

② 本剤は眼に対して刺激性があるので、眼に入らないよう注意すること。眼に入った場合には直ちに水洗いし、眼科医の手当を受けること。

③ 散布の際は防護マスク、手袋、不浸透性防除衣などを着用すること。また散布液を吸い込んだり浴びたりしないよう注意し、作業後は手足、顔などを石けんでよく洗い、洗眼・うがいをするとともに衣服を交換すること。

④ 作業時に着用していた衣服等は他のものとは分けて洗濯すること。

⑤ 本剤による中毒の治療法としては、動物実験で筋弛緩薬(メトカルバモール製剤等)の投与が有効であると報告されている。

魚毒性：C 類

① 本剤はごく低濃度でも魚介類に強い影響を及ぼすので、特に注意すること。

② 河川、湖沼、海域及び養魚池等に本剤が飛散・流入する恐れのある場所では使用しないこと。

③ 散布器具、容器の洗浄水(及び残りの薬液)は河川等に流さず、容器、空袋等は焼却等により魚介類に影響を与えないよう安全に処理すること。

本 会 発 行 図 書

新 刊 !

『性フェロモン剤等使用の手引』

同書編集委員会 編集 B5 判 86 ページ (カラー 4 ページ)

定価 1,800 円 (本体 1,748 円) 送料 310 円

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

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

表-1 ビフェントリン水和剤 (テルスター水和剤)

作物名	適用害虫名	希釈倍数	散布液量 (l/10 アール)	使用時期	本剤およびビ フェントリン を含む農薬の 総使用回数	使用 方法
りんご	モモシクイガ キンモンホソ ハマキムシ類 アブラムシ類	1,000 倍	200 ～ 700	収穫 30 日前 まで	3 回以内	散
なし	シンクイムシ類 ハマキムシ類 ナシチビガ アブラムシ類 ハダニ類	1,000 倍		収穫 30 日前 まで	3 回以内	
もも	モモハモグリガ アブラムシ類	1,000 倍		収穫 14 日前 まで	2 回以内	
かき	カメムシ類 チャノキイロアザミウマ カキグアザミウマ	1,000 倍		収穫 14 日前 まで	2 回以内	
かんきつ	ミカンハモグリガ チャノキイロアザミウマ カメムシ類 アブラムシ類	1,000～ 2,000 倍 1,000 倍		収穫 30 日前 まで	3 回以内	
すいか	アブラムシ類 ハダニ類	1,000 倍	150 ～ 300	収穫 前日まで	4 回以内	布
きゅうり	アブラムシ類 オンシツコナジラミ	1,000 倍		収穫 前日まで	3 回以内	
なす	アブラムシ類 オンシツコナジラミ ハダニ類	1,000 倍		収穫 前日まで	3 回以内	
キャベツ	コナガシ アオムシ ヨトウムシ アブラムシ類	1,000～ 1,500 倍		収穫 21 日前 まで	4 回以内	
はくさい	コナガシ アオムシ ヨトウムシ アブラムシ類	1,000～ 1,500 倍		収穫 21 日前 まで	4 回以内	
ばれいしょ	アブラムシ類	1,000 倍	100 ～ 300	収穫 3 日前 まで	4 回以内	
てんさい	ヨトウムシ	1,000 倍		収穫 14 日前 まで	4 回以内	
茶 (覆下栽 培を除 く)	チャノコカクモンハマキ チャハマキ チャノホソガ チャノミドリヒメヨコバイ チャノキイロアザミウマ カンザワハダニ	1,000 倍	200 ～ 400	摘採 7 日前 まで	2 回以内	
たばこ	ヨトウムシ アブラムシ類 オンシツコナジラミ	1,500 倍	25 ～ 180	収穫 10 日前 まで	2 回以内	
芝	スジカリヨトウ シバツトガ	1,500 倍	0.3 l/m ²	発生初期	3 回以内	

人 事 消 息

○農薬検査所（4月1日付）

正垣 優氏（近畿農政局生産流通部農産普及課課長補佐）は農薬審査官に

井尻美智子氏（横浜植防調査研究部企画調整課統計調査係長）は検査第一部企画調整課検査管理官に

田中 稔氏（関東農政局生産流通部農産普及課植防疫係長）は検査第二部生物課検査管理官兼植物防疫課に

曾根一人氏（農蚕園芸局植物防疫課農薬第二班取締係長）は検査第二部有用生物安全検査課検査管理官に

大倉登美夫氏（農林水産技術会議事務局国際研究課技術協力係長）は検査第一部企画調整課取締企画係長に

永吉秀光氏（検査第二部有用生物安全検査課検査管理官）は近畿農政局生産流通部農産普及課課長補佐に

小倉一雄氏（同上部農薬残留検査課検査管理官）は植物防疫課付に

坂 治己氏（検査第一部企画調整課取締企画係長）は関東農政局生産流通部農産普及及課植物防疫係長に

土井茂幸氏（検査第二部生物課殺虫剤係長）は植物防疫課農薬第二班生産係長に

廣瀬欣也氏（同上部生物課兼農蚕園芸局植物防疫課）は植物防疫課農薬第一班へ

木下光明氏（同上部農薬残留検査課）は同上課農薬第一班へ

平山利隆氏（同上部有用生物安全検査課）は横浜植防疫業務部国内課へ

渡辺 信氏（農薬審査官）は調整指導官に

内藤 久氏（検査第一部企画調整課検査管理官）は検査第二部農薬残留検査課検査管理官に

石嶋直之氏（同上部同上課連絡調整係長）は同課登録調査係長に

北村恭朗氏（同上部農薬環境検査課）は同課水質検査係長に

土井幸代氏（同上部企画調整課登録調査係長）は検査第二部有用生物安全検査課水産植物係長に

山崎尚人氏（同上部農薬環境検査課）は同上部生物課へ

池田淳一氏（同上部企画調整課）は同上部農薬残留検査課へ

佐々木佳代氏（採用）は検査第二部生物課兼農蚕園芸局

植物防疫課へ

佐藤勝也氏（〃）は検査第一部企画調整課へ

山口吉久氏（〃）は同上部農薬環境検査課へ

横山武彦氏（〃）は検査第二部有用生物安全検査課へ

渡辺考宏氏（調整指導官）は退職

（5月1日付）

刈屋 明氏（農薬検査所検査第一部長）は農薬検査所長に

小田雅庸氏（同上検査第二部長）は同検査第一部長に

櫻井 壽氏（農薬検査所長）は退職

（6月1日付）

佐分利重隆氏（農産課付）は農薬検査所検査第二部長に

○農蚕園芸局（4月23日付）

古茶武男氏（植物防疫課付）は植物防疫課国際検疫調整官に

秋山博志氏（横浜植防調査研究部害虫課長）は同上課長補佐（農業航空班担当）に

土谷三之助氏（植物防疫課国際検疫調整官）は横浜植防疫業務部長に

小野 仁氏（同上課課長補佐（農業航空班担当））は横浜植防調査研究部害虫課長に

（5月1日付）

岩元明久氏（農林水産技術会議事務局振興課課長補佐（民間研究振興班担当））は畑作振興課課長補佐（総括及び総務班担当）に

（5月1日付）

萩原 廣氏（農研センター企画調整部交流第一科主研）

は農研センター病虫害防除部畑病害研究長に

鬼木正臣氏（野菜・茶試茶栽培部病害研主研）は農業生物資源研遺伝資源第二部遺伝資源管理情報科主研に

渡邊朋也氏（九州農試地域基盤研究部情報処理研主研）

は九州農成企画連絡室研究技術情報科主研併任に

（6月1日付）

岡田斎夫氏（農環研環境生物部長）は農環研環境研究官に

吉野嶺一氏（東北農試地域基盤研究部長）は農環研環境生物部長に

眞弓洋一氏（農環研企画調整部企画科長）は東北農試地域基盤研究部長に

安田 環氏（農環研環境研究官）は退職

本 会 発 行 図 書

『農薬の散布と付着』

日本農薬学会 農薬製剤・施用法研究会 編 B5判 本文 170 ページ

定価 3,400 円（本体 3,301 円） 送料 310 円

施用された農薬製剤の挙動について、施用法、防除機、散布法・剤型、植物表面と付着の関係・葉面からの取り込み、今後の散布技術の展望を詳述した農薬関係の技術書。

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

新しく登録された農薬 (5.6.1~5.6.31)

掲載は、種類名、有効成分及び含有量、商品名(登録年月日)、登録番号(製造業者または輸入業者名)、対象作物:対象病害虫:使用時期及び回数など。(…日…回は、収穫何日前何回以内散布の略)(登録番号 18380~18405 までの 26 件、有効登録件数は 5986 件)

『殺虫剤』

テフルベンズロン水和剤

テフルベンズロン 50%

ノーモルトフロアブル (5.6.21)

18387 (三菱化成), 18388 (クミアイ化学), 18389 (日本農薬), 18390 (北興化学), 18391 (三笠化学), 18392 (大日本除蟲菊), 18393 (シエルジャパン)

りんご: キンモンホソガ・ギンモンハモグリガ: 21 日 3 回

ピラクロホス・ピリダフェンチオン粒剤

ピラクロホス 3.0%, ピリダフェンチオン 3.0%

ネマコロン (5.6.21)

18394 (サンケイ化学), 18395 (武田薬品)

きゅうり・トマト: ネコブセンチュウ: 定植前: 1 回:
全面土壌混和

チオジカルブ水和剤

チオジカルブ 32.0%

ラービンフロアブル (5.6.28)

18400 (ローヌ・プーラン), 18401 (塩野義), 18402 (トモノ農薬), 18403 (日産化学)

キャベツ: アオムシ・ヨトウムシ・ハスモンヨトウ・タマナギンウワバ: 7 日 4 回, はくさい: アオムシ・ヨトウムシ・ハスモンヨトウ・タマナギムウワバ: 7 日 2 回, りんご: ハマキムシ類: 21 日 3 回, なし: ハマキムシ類: 14 日 3 回, かき: カキノヘタムシガ: 14 日 3 回, 茶: チャノホソガ・チャノコカクモンハマキ: チャハマキ・ヨモギエダシヤク: 14 日 2 回

『殺菌剤』

銅水和剤

水酸化第二銅 55.3% (銅として 36.0%)

コサイド DF (5.6.11)

18380 (長瀬産業), 18381 (塩野義製薬), 18382 (三共), 18383 (北海三共), 18384 (九州三共), 18385 (クミアイ化学)

かんきつ: かいよう病: 発芽前, ばれいしょ: 疫病

ペンシクロン粒剤

ペンシクロン 1.5%

セレントーフ粒剤 (5.6.21)

18396 (日本バイエル)

芝: 日本芝: リゾクトニアラージパッチ: 発病初期: 6 回以内

オキシテトラサイクリン・ストレプトマイシン・銅水和剤

オキシテトラサイクリン 1.0%, ストレプトマイシン硫酸塩 12.5% (ストレプトマイシンとして 10.0%), 水酸化第二銅 38.4% (銅として 25.0%)

バクテハイド水和剤 (5.6.21)

18398 (北海三共), 18399 (ファイザー製薬)

ばれいしょ: 軟腐病: 30 日 5 回, たまねぎ: 軟腐病: 7 日 5 回

『殺虫殺菌剤』

BPMC・EDDP 乳剤

BPMC40.0%, EDDP30.0%

ヒノバツサ乳剤 (5.6.11)

18386 (日本バイエル)

稲: いもち病・ツマグロヨコバイ・ウンカ類: 21 日 4 回, 稲: いもち病・ツマグロヨコバイ・ウンカ類: 収穫 21 日前まで: 4 回以内: 空中散布

エトフェンプロックス・MPP・EDDP 粉剤

エトフェンプロックス 0.5%, MPP2.0%, EDDP2.5%
ヒノバイトレボン粉剤 DL (5.6.21)

18397 (日本バイエル)

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

エトフェンプロックス・トリシクラゾール水和剤

エトフェンプロックス 6.2%, トリシクラゾール 8.0%
ビームエイトトレボンゾル (5.6.28)

18404 (クミアイ化学), 18405 (武田薬品)

稲: いもち病・ウンカ類・ツマグロヨコバイ・カメムシ類: 収穫 21 日前まで: 3 回以内: 空中散布, 稲: いもち病, ウンカ類: 収穫 21 日前まで: 3 回以内: 無人ヘリコプターによる散布

植 物 防 疫

平成 5 年

8 月 号

(毎月 1 回 1 日発行)

— 禁 転 載 —

第 47 卷

第 8 号

平成 5 年 7 月 25 日印刷

平成 5 年 8 月 1 日発行

編 集 人 植物防疫編集委員会

発 行 人 岩 本 毅

印 刷 所 三 美 印 刷 (株)

東京都荒川区西日暮里 5-9-8

定価 700 円 送料 51 円

(本体 680 円)

平成 5 年分

前金購読料 7,800 円

後払購読料 8,400 円

(共に千サービス, 消費税込み)

— 発 行 所 —

東京都豊島区駒込 1 丁目 43 番 11 号 郵便番号 170

社 団 日 本 植 物 防 疫 協 会

法 人

電 話・東京 (03) 3944-1561~6 番

振 替 東京 1 - 1 7 7 8 6 7 番

広範囲の作物の病虫害防除に… 農作物を守る! 日曹の農業

新発売!

- 落葉果樹の病虫害防除に
ブルーウ®
- ハダニ類の防除に
日曹ピラニカ®
- 灰色かび病などに卓効/
日曹ゲッター®
- ハダニ・スリップス防除に
日曹ノンマイト®
- ★巨峰の着粒増加に
日曹フラスター®
—植物成長調整剤—
- ★かんきつ園・桑園・家まわり・駐車場等の除草に
クサカットソル®
—莖葉兼土壌処理除草剤—

好評発売中!

- 広範囲の病虫害防除に
日曹フロンサイド®
- 果樹・野菜の病虫害防除に
種もみ消毒に
トリフミン®
- 病害防除の基幹薬剤
トップジンM®
- 果樹の休眠期防除に
ホマイコト®
- 桃・おうとう・すももの灰星病、
野菜・豆類の菌核病・灰色かび病の防除に
日曹ロニラン®
- 落葉果樹の病虫害総合防除に
ルミライト®
- べと病・疫病・細菌病の防除に
日曹アリエッティボルドー®
- べと病・疫病の専門薬/
日曹アリエッティ®
- きゅうりのべと病防除に、
ふどう・りんご・なしの病虫害防除に
日曹アリエッティC®
- ※ハウスの省力防除に
日曹のくん煙剤
—殺菌剤—
トリフミンジェット
日曹ロニランジェット
—殺虫剤—
フブリックジェット
日曹ニッソランVジェット
- 芝・たばこ・花の病虫害防除に
日曹プレビクルN®
- ★イネ科雑草の除草に
生長期処理
除草剤
ナブ®
- ★広葉雑草の除草に
日曹アクチノール®
- 果樹・野菜のハダニ防除に
ニッソラン®
- 茶・メロン・すいか・さといも・花の
ハダニ・アブラムシ類防除に
ニッソランV®
- ハダニ・アブラムシ防除に
日曹プロカーブ®
- 広範囲の害虫防除に
—合成ピレスロイド剤—
日曹スカウト®



日本曹達株式会社

農業は、適期・適量・安全使用

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

“箱でたたこう! イネミズゾウムシ”

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

〈育苗箱専用〉

オンコル® 粒剤 5

特長

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

こころを
かき
ぬく



大塚化学株式会社

大阪市中央区大手通3-2-27
農薬部 / Tel.06(946)6241

Hoechst

**速くて、
しっかり**
ダブル
W効果の除草剤

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

バスタ 液剤

® ドイツ ヘキスト社の登録商標

バスタ普及会 石原産業／日本農薬／日産化学

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

資料請求券
 補助

**正確・迅速をモットーに
時代のニーズにお応えします。**

業 務 内 容

●依頼分析

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

●土壌調査および植生テスト

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

バリノ・サーヴェイ株式会社

地質調査業者
計量証明事業

質 80-982
群馬県 環 第17号

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

植物病害診断キット アラート

アラート[®]は、色素標識抗原体反応を用いた新しいタイプの診断キットです。
 特別の施設、資材、技術は必要でなく、事務室、温室、圃場等で、簡単に操作できます。
 疫病菌、ピシウム病菌、リゾクトニア病菌によって起こる各種病害を、発病初期の段階で
 簡単に診断ができるようになることから、発生予想事業や合理的な防除に役立ちます。



輸入元 株式会社 トーメン 生物産業部
 東京都港区赤坂二丁目14番27号

* ご注文・お問い合わせは
 社団法人 日本植物防疫協会 出版部
 東京都豊島区駒込一丁目43番11号
 TEL: (03)3944-1561~6(内線27~28) FAX: (03)3944-2103

ラウンドアップ専用ノズルなら、

散布量は

$\frac{1}{4}$

ラウンドアップ™

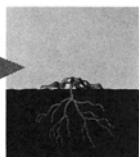
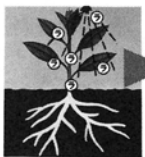
出方が
ちがう

泡状で出るので
飛散が少ない。

つき方が
ちがう

かけ跡が
白く見えて楽。

ラウンドアップは、
雑草の一部につくと根まで
移行して全体を枯らします。



だからちょっとつくだけで充分なのです。
この性質を利用したのが
少量散布法です。



®米国モンサント社登録商標

ラウンドアップ普及会 事務局 日本モンサント株式会社 〒100 東京都千代田区丸の内3-1-1(国際ビル) Tel.(03)3287-1254

●詳しい資料をご希望の方は、ハガキに資料請求券を貼って上記までご請求ください。

資料請求券
1-1補助

★ 日産化学

奏でるのは、
実りの前奏曲。
プレリュード



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

適用病害と使用方法

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

実りのプレリュード・種子消毒剤



スポルタック® 乳剤

●ブクロラズ-25% SPOR TAK®

R はシェーリングアングロモカリスリネデット(英国)の登録商標

ダニ専科。



ダニ専用
殺虫剤
「ダニロン」
の効果を
高める
殺菌剤

 **ダニロンフルアブル**

Ⓔ:「ダニロン」は日本農薬㈱の登録商標です。



日本農薬株式会社
東京都中央区日本橋1丁目2番5号



おいしい笑顔の応援団
 人と畑と安心農薬。アグロ・カネショウがお手伝い。



連作障害を

シャット・アウト!!

刺激が少なく、安心して使用できる
 土壌消毒剤



® バスアミド 微粒剤

®ドイツ国BASF社の登録商標で、
 本剤は同社で製造されたものです。

バスアミドはオゾン層にやさしい土壌消毒剤です。



アグロ・カネショウ株式会社
 東京都千代田区丸の内3-1-1

長い効きめ、高い効果

クミアイ

アドマイヤー®

箱 粒剤 水和剤

① 粒剤 粉剤DL



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



JAグループ

農協

全農®

経済連

®は登録商標です



自然に学び 自然を守る

クミアイ化学工業株式会社

本社：東京都台東区池之端1-4-26 電話110-91 TEL03-3822-5130

ニコッ。ハハッ。ウフフツの明日へ。



(除草剤) MO粒剤・9・ショウロンM粒剤・シンザン粒剤

(殺虫剤) トレボン粒剤・トレボン粉剤DL・トレボン乳剤・トレボン水和剤・トレボンエアートレボンサーフ・オフナックM粉剤DL

(殺菌剤) ネビジン粉剤 (殺虫・殺菌剤) ドロクロール・クロールピクリン

地球サイズで考えて



三井東圧化学

東京都千代田区霞が関3-2-5
 TEL03(3592)4616

定価七〇〇円(本体六八〇円)(送料五一円)