

殺菌剤の現状と問題点

誌名	日本農薬学会誌
ISSN	03851559
著者	小坂, 璋吾
巻/号	2巻3号
掲載ページ	p. 323-331
発行年月	1977年8月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



解 説

殺菌剤の現状と問題点

小坂 璋 吾

日本曹達株式会社生物科学研究所
(昭和52年5月16日受理)

The Current Tendencies and Topics of Agricultural Fungicides

Shogo KOSAKA

Nisso Institute for Life Science, Nippon Soda Co., Ltd.
Oiso-machi, Kanagawa-ken 255 Japan

はじめに

農薬は最近 10 年間にわたって、最も成長率の高い化学工業分野の一つであるといわれている。その中でも、農業用殺菌剤の世界市場は、1970 年代において、殺虫剤や除草剤等に比較して、その生長率が最も大きいと推測される資料もある。

この傾向は国内でも過去 5 年間を見ると同様な傾向が示されている。

もちろん、この期間内には世界各国における農薬の規制、社会と経済の変動、あるいは農業生産形態の進歩などによる薬剤の新旧交替も包含されているが、巨視的な動向としてこの傾向は今後も続くものと思われる。

1960 年後半から、米国、日本および西欧諸国では、農薬の人体および環境に対する安全性の評価規準が年々厳しくなり、その評価にたえないものは新規薬剤として認可されず、またすでに認可され、市販されている製品といえども、登録取消しとなるものが少なくない。さらに 1974 年以来設備費と製造コストの著しい上昇も企業リスクとして加わってきている。

新しい農薬の開発には、数億～数十億円の研究開発投資と数年間の歳月を費して、効力、作用特性と適用方法、安全性および工業化などの研究開発の蓄積が必須であり、また市販後においても、たえずこれらのすべての面のフォローが必要である。このような企業リスクにもかかわらず、将来もなお成長が続くと予測されるおもな要因は 1970 年代以降の食糧、飼料農産物の国際的な備蓄率の低下とそれによる価格の高騰、また発展途上国の農

業生産と食生活の向上意欲にあると考えられる。

とくに農業用殺菌剤は、殺虫剤や除草剤と異なり、対象となる植物病原菌が直接肉眼では見えないこと、その分類体系、生活史、宿主との関係などが十分に明らかでない場合もあることから、今後の植物病理学の進歩と世界の植物防疫体制の充実によって、最も成長度の高い農業分野であると考えられる。

以下に現在おもに使用されている殺菌剤を分類し、その問題点を整理して述べたい。なお薬剤別の分類については著者自身の考えに基づいたもので、必ずしも従来の分類にそぐわないこともあると思う。

殺菌剤各論と問題点

1. ジチオカルバメート系殺菌剤

エチレンビスジチオカルバメート剤は植物体上できわめて多くの分解産物を生成する。そのおもな分解産物としてエチレンジアミン、エチレンチオウレアおよびエチレンジイソシアネートなどがある。本剤の作用機構は SH 酵素阻害にあるとされている。本剤は優れた保護殺菌剤で急性毒性も低く、葉害も少ないが、魚介類に対する毒性の高いものがある。本剤の分解物であるエチレンジアミンは皮膚に炎傷をおこす欠点があり、またエチレンチオウレアの毒性が現在検討されている。

2. 有機リン化合物

一般にいもち病に対し、孢子発芽・菌糸伸長の各生育期間に阻害を示し、予防、治療両効果を有する。細胞壁のキチン質合成阻害が知られている。IBP は水面施用でも有効であるが、投下薬量を多く必要とする。EDDP は

表1 世界の農薬市場推計 (百万 US ドル)
(1974年ベースの末端価格で表示)

分類	年 1971	1974	1980
除草剤	1,131	2,190	3,422
(指数)	1.00	1.94	2.97
殺虫剤	842	1,822	2,413
(指数)	1.00	2.16	3.03
殺菌剤	343	961	1,382
(指数)	1.00	2.80	4.03
その他	73	163	249
(指数)	1.00	2.23	3.41
総計	2,389	5,138	7,466
(指数)	1.00	2.15	3.13

Farm Chemicals 1975年9月号より引用

表2 国内農薬生産状況

単位: 億円

分類	農業年度 1971	1975	1976
除草剤	269	632	690
(指数)	1.00	2.35	2.57
殺虫剤	438	925	804
(指数)	1.00	2.11	1.80
殺菌剤	237	665	650
(指数)	1.00	2.79	2.74
その他	25	53	41
(指数)	1.00	2.12	1.64
総計	969	2,275	2,185
(指数)	1.00	2.34	2.25

農薬要覧 1976年より引用, 輸出入を含まず

ごま葉枯病, 小粒菌核病にも有効であるが, 移行性は少ない。

3. 有機塩素系化合物

フサライドはいもち病専用剤でとくに予防効果に優れ, 残効性が長い。in vitro の抗菌性はなく, 菌糸の侵入阻止作用と付着器形成阻止作用がある。多量に施用するとワラに残留して, 二次薬害の生ずるおそれがある。土壌残留性も半減期 30 日程度で長いほうである。

TPN は広い適用範囲をもつ保護殺菌剤で, べと病, 疫病にも効果がある。CN 基が病原菌の原形質や SH 基部に作用するといわれている。残効性もすぐれているが, 散布時期によってはモモ, リンゴなどに薬害やサビ果を生ずることがある。魚毒性が高いので河川への流入にとくに注意を要する。

アニラジンは各種作物の灰色かび病その他比較的広い範囲の病害に保護殺菌剤として有効である。胞子発芽阻

止力が強く, アミノ基や SH 基と結合し, 酵素などを不活性化させる作用を示す。また植物の緑色保持作用があり, 薬害の発生は少ない。皮膚がかぶれることがあること, 魚毒性が高い点が問題である。現在のところ, 耐性菌の問題がないので, 他剤との交互施用が期待される。

4. N-ハロゲノチオアルキル化合物

キャプタンは, 広くそ菜, 果樹の病害とくに, 疫病, べと病, 炭そ病, 灰色かび病などに有効である。トリクロロメチルチオ基とアミノ基, SH 基が結合し, ヘキソキナーゼ, トリオーズリン酸脱水素酵素コエンチム A など多くの酵素を阻害する。薬害のおそれも少ないが, 魚毒性が強い。

ダイホルタンも同系の殺菌剤であるが, 残効性が長く散布間隔を長くすることができる。また適用病害もキャプタンより広く, 投下薬量も少なくよい。体質によって, カブレを生ずることがある点に問題がある。魚毒性も強い。

ジクロフルアニドも, 化学構造的にこのカテゴリーに加えたが, 灰色かび病に特効的でその他べと病, うどんこ病にも有効である。高濃度で連用すると生育抑制を起こすおそれがある。魚毒性は強い。

5. ベンツイミダゾール系化合物

ベノミルはイネ, 果樹, そ菜など広範囲の病害に対して予防および治療効果を有する浸透性殺菌剤である。菌核病, 灰色かび病, 土壌病害および種子消毒などに優れた効果が認められている。しかし藻菌類には効果がない。連用によってうどんこ病, 灰色かび病, リンゴ黒星病, ビート褐斑病などに耐性菌の出現が認められている。過度の連用を避けるとともに, 他の保護殺菌剤との交互施用が望ましい。

シベンダゾールも同様な効果を有する。有機溶媒にはベノミルに比してよく溶ける。種子処理剤として優れている。

チオベンダゾールは動物駆虫薬としても用いられるが, 浸透性殺菌剤として果実の貯蔵病害, ビート褐斑病にも有効である。同系化合物と交差耐性を示す。

6. チオファネート化合物

チオファネート, チオファネートメチルは, 広い適用範囲を有する浸透性殺菌剤で, 予防, 治療効果を有する。菌糸の伸長と付着器形成阻害があるが, 胞子の発芽阻止力は弱い。灰色かび病, うどんこ病, 炭そ病, 菌核病, リンゴ黒星病, 土壌病害, みかん貯蔵病害に有効である。バクテリア病害, 疫病, アルタナリア病害には無効である。過度の連用によって耐性菌が出現し, ベンツイミダゾール系化合物と交差耐性を示す。これは, チオフ

ァネートの代謝産物の一つ、2-アルコキシカーボニルアミノベンツイミダゾールが両系薬剤に共通であるためである。しかしチオァネートはリンゴに対するさび果のまったくない点、植物体への浸透が早いことなどベンツイミダゾール系化合物と挙動が異なっている。

7. ジニトロフェノール化合物

DPG、ピナパクリル両剤が代表的でうどんこ病、殺ダニ剤を兼ねている。ATP 生成阻害作用をもち、殺菌性が強いが、薬害も発生しやすく、魚毒性が強い。

8. 抗生物質

プラスチックジンはいもち病に 5~40 ppm の低濃度で優れた治療効果をもつ抗生物質であり、たん白合成阻害作用が作用機構の一つであると考えられている。持続性に欠けていること、葉斑が出やすいこと、また人体の粘膜を刺激することなどに若干問題がある。

カスガマイシンはいもち病に対し予防、治療の両効果をもち、また人体・動物に対しきわめて安全性が高い抗生物質である。たん白合成阻害作用をもつが、病原菌と他生物の間の選択性が優れている。薬害発生の例もなく、魚毒性も低い。耐性菌出現の例もあったが、実際圃場では作用機構の異なる殺菌剤とローテーションとして使うことによって、実害なく使うことができるようである。

ポリオキシンはアルタナリアによる病害、イネ紋枯病、うどんこ病などに強い活性をもつ抗生物質で、類似した 13 の成分 (A~M) が知られている。B および L はアルタナリア菌、うどんこ病菌に活性をもつが、紋枯病菌には D 成分のみが有効であるといわれている。本剤の作用機構はキチン合成酵素の阻害による細胞壁の変性であるといわれている。人畜毒性、魚毒性ともに低い。国内では過度の連用によりナシの黒斑病、リンゴ斑点落葉病などに耐性菌が出現しているケースもある。なおアルタナリアによる病害やうどんこ病には有効成分 B または L で力価を表示したポリオキシン AL が、紋枯病には、D 成分の力価を表示したポリオキシン Z が市販されている。

バリダマイシンも化学構造の類似した A~F から成っている抗生物質であるが、紋枯病に最も有効な A 成分のみが市販されている。紋枯病のほかにリゾクトニア菌による病害にも有効である。菌核の形成阻止が高く、また病原性を低下させるという特異な作用を示す。薬害もなく、人畜に対する安全性も高い。

ストレプトマイシン、オキシテトラサイクリン、ノボピオシンなど、人体病原細菌を対象とする抗生物質が農業用としても用いられているが、食品や環境中で耐性の病原菌を誘発させるおそれがあり、他の優れた抗バクテ

リア剤が開発されれば、これに代えるべきである。しかし、抗生物質の野外における残留性は短いため、実際に耐性の人体病原菌の誘発の懸念に関しては、実証的な検討が必要であろう。

9. その他の殺菌剤

ジチアノン剤はかんきつ黒点病、そうか病、ナシの黒斑病、黒星病、そ菜の炭そ病、疫病などに適用され、残効性が長い保護殺菌剤である。作用機構は TPN と同様に CN 基による SH 基を有する酵素阻害と考えられる。体質によってかぶれる例がある。

キノメチオネートはキノキサリン系化合物で殺ダニ活性を有するとともにうどんこ病に対し、強い予防および治療効果を示す。高温時薬害をおこすことがあり、また体質によってはかぶれるケースがある。

フエナジンオキシドは細菌病であるイネ白葉枯病専用薬剤で、予防と治療効果を有する合成化合物としては珍しい例である。散布量が多いと葉斑や薬害を生ずることがある。

ドジン剤はリンゴ、ナシの黒星病、ナシ黒斑病に対する予防、治療効果をもつ。本剤はカチオン性界面活性物質の一種とも見られ、原形質膜の透過性を破壊し、核酸やたん白の合成も阻害するといわれている。ナシの若葉やリンゴの幼果に薬害が出やすいこと、魚毒性が高いことがやや難点である。

オキシキノリン剤は果樹の胴枯性の病害に有効で、チオァネートメチルやベノミルとともにリンゴふらん病に使用されている。この Cu 塩は、無機銅剤とオキシキノリンの殺菌性を兼ねそなえているが、どちらかといえば、無機銅剤に近いようである。薬害の点で改善されていると考えられる。作用機構も無機銅剤に近いとされている。

PCNB はリゾクトニア属の土壌病害に卓効があるがピシウム、フザリウム属には効果がない。一般に土と混入して用いるが、多量の薬量 (0.5~6 kg a.i./10 a) を要する点に問題がある。液剤として土壌灌注、あるいは、種子処理して使用できる場合もある。

10. 最近開発された殺菌剤 (開発中も含む)

ヒドロキシイソキサゾール剤は新しい土壌殺菌剤で立枯病の防除薬として優れている。PCNB とは逆に、フザリウム属、ピシウム属の土壌病害に有効であるが、リゾクトニア属には効果が劣る。薬害はなく、むしろ苗の生育を促進するといわれている。

エクロメゾールも新しい土壌殺菌剤で蒸気効果があり、フィットトラ、ピシウム菌など、有効薬剤の少ないものに特効があり、立枯性疫病などに有効で施用適期

表 3-1 主要殺菌剤

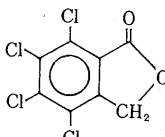
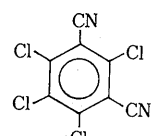
一般名, 商品名	開発会社	構造式
ジネブ ダイセン®	ローム & ハース	$\begin{array}{c} \text{S} \\ \parallel \\ \text{CH}_2 - \text{NH} - \text{C} - \text{S} \\ \qquad \qquad \qquad \diagup \\ \text{CH}_2 - \text{NH} - \text{C} - \text{S} \\ \parallel \\ \text{S} \end{array} \text{Zn}$
マンゼブ マンネブタイセンM®	ローム & ハース	$\begin{array}{c} \text{S} \\ \parallel \\ \text{CH}_2 - \text{NH} - \text{C} - \text{S} \\ \qquad \qquad \qquad \diagup \\ \text{CH}_2 - \text{NH} - \text{C} - \text{S} \\ \parallel \\ \text{S} \end{array} \text{Mn}$
マンゼブ ジマンダイセン®	ローム & ハース	$\begin{array}{c} \text{S} \\ \parallel \\ \text{CH}_2 - \text{NH} - \text{C} - \text{S} \\ \qquad \qquad \qquad \diagup \\ \text{CH}_2 - \text{NH} - \text{C} - \text{S} \\ \parallel \\ \text{S} \end{array} \begin{array}{l} \text{MnxZnyXny} \\ \text{Xiハロゲン} \end{array}$
ポリカーバメート ビスダイセン®	東京有機化学	$\begin{array}{c} \text{S} \qquad \qquad \qquad \text{S} \\ \parallel \qquad \qquad \qquad \parallel \\ \text{CH}_2 - \text{NH} - \text{C} - \text{S} - \text{Zn} - \text{SC} - \text{N}(\text{CH}_3)_2 \\ \qquad \qquad \qquad \diagup \qquad \qquad \qquad \parallel \\ \text{CH}_2 - \text{NH} - \text{C} - \text{S} - \text{Zn} - \text{SC} - \text{N}(\text{CH}_3)_2 \\ \parallel \qquad \qquad \qquad \parallel \\ \text{S} \qquad \qquad \qquad \text{S} \end{array}$
チラム T M T D	ローム & ハース	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \qquad \qquad \qquad \text{CH}_3 \\ \diagdown \qquad \qquad \qquad \diagup \\ \text{N} - \text{C} - \text{S} - \text{S} - \text{C} - \text{N} \\ \parallel \qquad \qquad \qquad \parallel \\ \text{S} \qquad \qquad \qquad \text{S} \end{array}$
I B P キタジnP®	クミアイ化学	$(i\text{-C}_3\text{H}_7\text{O})_2 - \text{P} - \text{S} - \text{CH}_2 - \text{C}_6\text{H}_5$
E D D P ヒノザン®	日本特殊農薬	$\left(\text{C}_6\text{H}_4\text{S} \right)_2 \text{P} - \text{OC}_2\text{H}_5$
フサライド ラブサイド®	呉羽化学	
T P N ダコニール®	ダイヤモンドアルカリ	

表 3-2

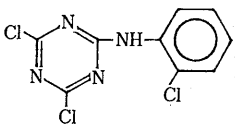
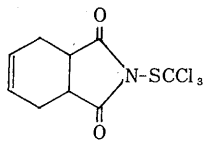
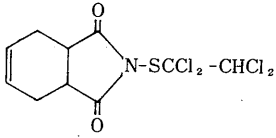
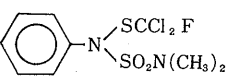
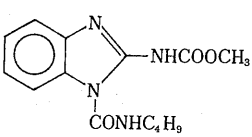
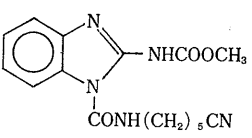
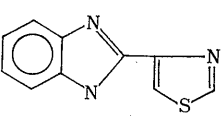
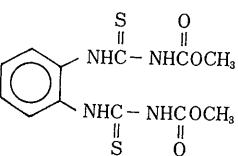
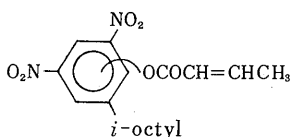
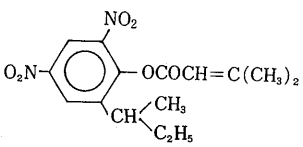
アニラジン ダイレン トリアジン®	エチルコーポレーション	
キャプタン オーソサイド®	シェブロン	
カプタホル ダイホルタン®	シェブロン	
ジクロロフルアニド ユーバレン®	バイエル	
ベノミル ベンレート®	デュポン	
シベンダゾール ホルサイジン®	バイエル	
チアベンダゾール ビオガード®	メルク	
チオファネートメチル トップジンM®	日本曹達	
D P G カラセン®	ローム & ハース	
ピナバクリル アクリシッド®	ヘキスト	

表 3-3

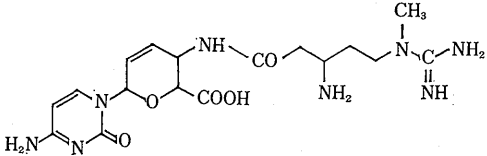
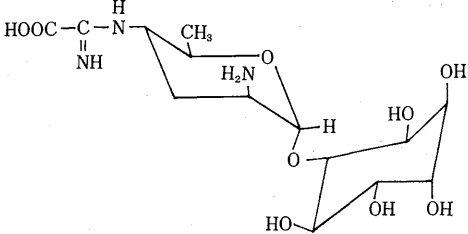
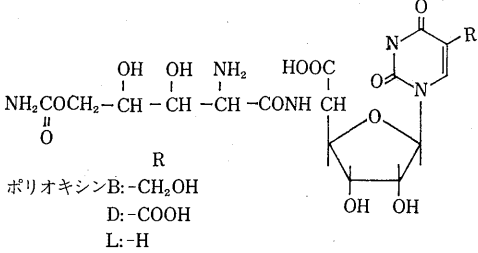
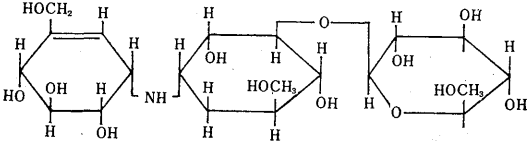
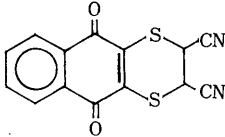
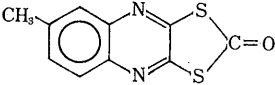
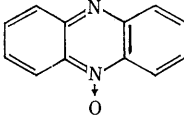
ブラストザインS	東京大学, 農技研	
ブエエス®	科研化学	
カスガマイシン	微生物化学研究所	
カスミン®	北興化学	
ポリオキシン	理化学研究所	 <p data-bbox="742 904 943 981"> ポリオキシンB: -CH₂OH D: -COOH L: -H </p>
バリダマイシン		バリダマイシンA
バリダシン®	武 田	
ジチアノン メルクデラン®	メ ル ク	
キノメチオネート モレスタン®	バ イ エ ル	
フェナジンオキシド フェナジン®	明 治 製 菓	

表 3-4

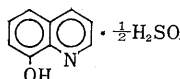
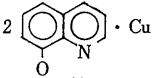
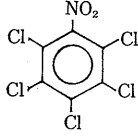
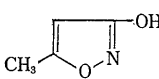
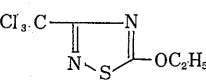
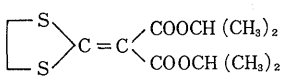
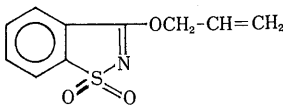
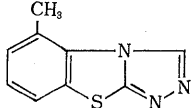
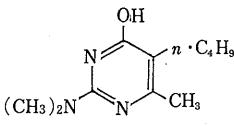
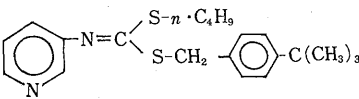
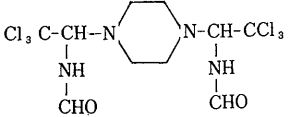
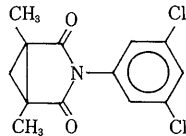
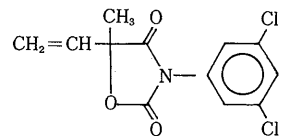
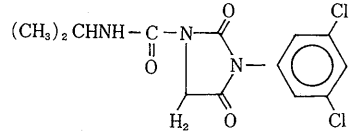
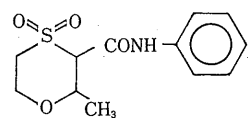
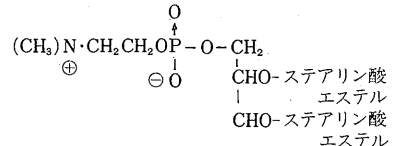
ト ジ ン サイプレックス®	A C C	$C_{12}H_{25}-NHC-NH_2 \cdot CH_3COOH$ NH
オキシキノリン パルコート® ユゴザイド® オキシシン銅	Ashland	 $\cdot \frac{1}{2} H_2SO_4$  $\cdot Cu$
P C N B	バイエル	
ヒドロキシイソキサゾール タチガレン®	三 共	
エクロメゾール パンソイル®	オ リ ン	
イソプロチオラン フジワン®	日 本 農 業	
プロベナゾール オリゼメート®	明 治 製 菓	
トリサイクラゾール	エーライリリー	
ジメチリモール ミルカーブ®	I C I	
デンマート	住 友 化 学	
トリホリン サプロール®	セラメルク	

表 3-5

スミレックス	住友化学	
ピンクロゾリン	B A S F	
グリコフェン ロブラール®	ローヌプーラン	
オキシカルボキシ プラントボックス®	ユニロイヤル	
フォスファチジルコリン レシチノン®	理化学研究所	

おもに、農薬ハンドブック 1976年版より引用

幅が広い。土壌混和，土壌灌注いずれにも使用できる。

インプロチオランはいもち病専用剤で水面施用によりいもち病の予防効果を示す新しい殺菌剤である。治療効果は顕著ではないが，施用適期幅が広いという特長がある。胞子発芽阻止力はほとんどないが，菌糸伸展を阻害することが知られている。またヒメトビウソカノ密度抑制という副次的作用も認められている。人畜毒性，魚毒性も低いので，今後の普及が期待されている。

プロベナゾールもいもち病専用薬で水面施用，土壌混入，土壌灌注のいずれの処理方法によっても防除効果が優れている。いもち病菌とイネ体を通じての接触によって活性物質が生成するものと考えられ，*in vitro* ではまったく効力が認められない。予防効果のみで治療効果はない。

トリサイクラゾールも浸透移行性のいもち病防除剤として開発されつつある。移行性が早く持続性が長いといわれている。

ジメチリモールはうどんこ病防除専用の浸透移行殺菌剤で，土壌処理または種子粉衣で高い効果を示す。葉

酸やリボフラビンと拮抗作用があるといわれている。

デンマート，トリホリンも新しいうどんこ病用浸透性殺菌剤で，後者はリンゴ黒星病，モモ灰星病にも有効で，赤星病などさび病菌に対して効果が優れ，他のすべての殺菌剤が無効なバラの黒星病にも有効である。

スミレックス，ピンクロゾリン，グリコフェンはいずれも 3,5-ジクロロアニリンを骨核とする殺菌剤で，菌核病，灰色かび病に優れた防除効果を示す。とくにピンクロゾリンは浸透移行性を有し，根部からの吸収移行による効果が認められている。

オキシカルボキシは各種さび病に優れた予防および治療効果を示す浸透性殺菌剤であるが，耐性菌の出現が認められることと薬害が発生しやすい傾向があるので，やや問題である。

フォスファチジルコリンはきわめて独特なうどんこ病抑制剤である。大豆に含まれるレシチンを利用したもので宿主葉面の菌糸の伸長を抑制する作用がある。元来，食品そのものであるため，安全性の問題はほとんどないといえる。42% EC の 300 倍で散布される。

以上殺菌剤について各論を述べたが、紙面の都合で省略した薬剤も少なくない。とくに無機銅剤やイオウ剤などは殺菌剤としての市場の中に占める比率は無視できない。たとえば 1974 年における世界の殺菌剤売上高の中で銅剤は約 16% を占めており、その比率は漸減すると思われるが、適用病害の幅が広いことから、その使用は将来も続くと考えられる。

望ましい殺菌剤の特性と適用分野

農業用殺菌剤を開発するに当たって、その望ましい特性を以下に述べる。農業一般として、人畜、自然環境に対する安全性が求められるのはもちろんであるが、効力、特性面について以下に列挙してみる。

1. 適用病害の幅が広いこと。とくに同一作物に同時に発生する病害に適用できることが望ましい。しかし、特殊な病害で、被害が多い場合には、適用幅は狭くても開発にあたいする場合もある。
2. 施用方法、施用適期の広いこと、すなわち保護殺菌剤よりも浸透移行性殺菌剤が望ましい。また持続性(残留性とは必ずしも一致しない)のあること。
3. 単位面積当たりの投下薬量の少ないこと。
4. 藻菌類に効力のあるもの、さらに細菌性病害にも効力のあるもの。

5. 木本類、種子に対し浸透性のあるもの。

6. 耐性菌出現のないこと。作用機構上作用点が単一ではなく、いくつかの生化学系を阻止すること、さらに防除体系の上からも耐性菌出現の防止を十分に検討する必要がある。また、たとえば、ファイトアレキシンの誘発など間接的な作用機構を有するものが期待される。

野外における耐性菌は、多くの場合、*in vitro* で人工的に作られる耐性菌とは、感染力や生活力が異なるので、事前に耐性菌の出現の難易を予見することは困難であるが、今後の殺菌剤の開発に当たっては、検討を加えられるべきであり、また、耐性菌対策を考慮に入れた施用方法、普及開発が必要である。

おわりに

農業の開発には莫大な研究投資と、数年間の時間を必要とする。現在使用されている薬剤を、急に他に代えることは容易ではない。安全性や耐性菌の問題を考慮して乱用を避ける防除体系の普及が急がれる。また、現在の殺菌剤の欠点や問題点を補う薬剤の開発も急がなければならない。農業人口の減少と食糧危機を解決するため、農業用殺菌剤の役割は大きい。その使用によるメリット、デメリットが適正に評価されるために、なおいっそうの研究努力と普及活動が必要であろう。