

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。

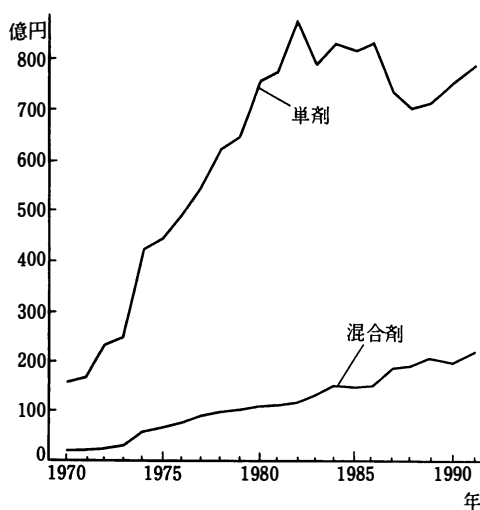


図-1 殺菌剤単剤及び混合剤の国内出荷額の推移

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	└───┐	メブロンル
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
ピロクロン	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、チオフア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

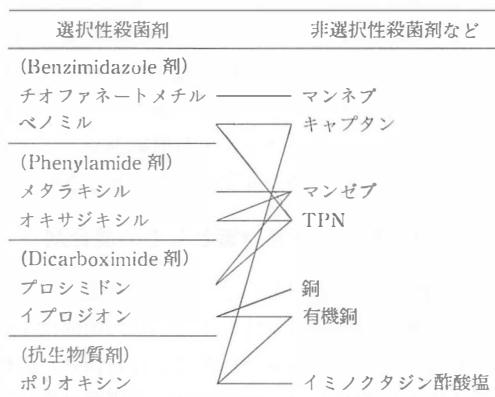


図-4 薬剤耐性菌対策として役立つ殺菌混合剤の組み合わせ

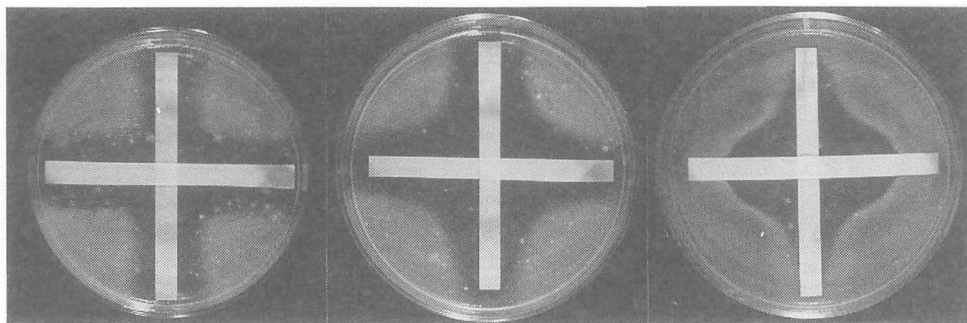


図-5 薬剤間の殺菌連合作用の例(左, 独立的; 中, 相加的; 右, 協力的)

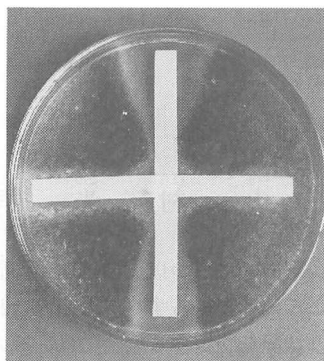


図-6 拮抗的殺菌連合作用の例

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