

# 혼합제로 단제 결점 보완

적용 병해, 시용 적기 폭 확대

〈植物防疫 VOL 47. 1993. 8〉

인 축과 유익한 생물에 해가 적고 대상작물에 효과가 큰 약제의 개발은 1960년대 이후 뚜렷해졌다. 환경문제에 대한 의식이 고조되면서 이러한 약제의 보급은 매년 증가되고 있다. 그 결과 1950년대에 사용되었던 살균제는 일부를 제외하고 1960년 이후에 개발된 선택성 살균제로 바뀌어졌다고도 과언은 아니다.

선택적 작용을 나타내는 이러한 약제가 한편으로는 약간의 문제점을 야기시키기 때문에 이 문제를 해결하기 위해 혼합제화 함으로써 선택성을 확대하는 움직임이 1970년 이후에 보여지게 되었다. 이러한 혼합제의 증가 경향은 그림1에 나타낸바와 같이 통계상으로도 뚜렷하여 단제의 살균제는 1980년 이후 오히려 감소 경향이다. 약제 작용의 선택성을 재차 확대해 오고 있지만 이것은 인축독성을 높이는 것이 아니고 이상적인 선택성의 부여가 목적이 되는 것은 말할 필요도 없다.

이제부터 선택성 살균제(단제)의 문제점과 그 문제의 해결방법인 혼합제 개발에 대하여 하나하나 설명하기로 한다.

## 1. 복수병해의 동시방제용 혼합제

일찍기 사용되어온 살균제는 정도의 차이는 있지만 비교적 광범위한 병해에 효과를 나타내는 것들이다. 또한 적용대상 이외의 병해에 대해서도 여러가지 효과를 나타내는 예가

많다. 한편 최근의 살충제는 일반적으로 유효범위가 한정되어 있다. 그중에는 비교적 광범위한 병해에 효과를 보이는 약제도 있지만 이 경우에도 비교적 유효범위 외의 병해에 대해서는 전혀 효과가 없는 것이 많다. 이러한 사정 때문에 동시에 발생하는 두가지 이상의 복수병해 방제시 혼합제를 필요로 하는 것이다. 또한 노동력의 부족과 노동경비의 상승으로 2회 혹은 3회의 약제살포를 1회로 끝내는 경향이 혼합제의 사용을 조장하고 있다는 것도 빼놓을 수 없다.

복수병해 방제를 위한 살균혼합제로서 일본에서 가장 많이 사용되고 있는 것은 벼도열병과 잎집무늬마름병 동시방제제일 것이다. 혼합제로서 실용화되어 있는 벼도열병 방제제와 잎집무늬마름병 방제제의 주요 조합을 표시하면 그림2와 같다. 여기에 나타낸 조합들은 기술적 검토는 물론 상품인 이상 경제적 영리적

요소도 검토된 결과이다.

이외의 조합도 기술적으로 부적당한 것은 아니다. 또한 앞으로 설명하겠지만 벼도열병 방제에는 우수한 약효와 사용적기 확대를 위해 혼합제화 하는 것이 많지만 여기에 잎집무늬마름병 방제제를 가미한 3중 혼합제(예 :kasugamycin · validamycin · fthalide제 및 fthalide · pencycuron · EDDP제)도 사용되고있다.

농업근대화 과정에서 과거에는 문제되지 않았지만 작물 병원으로서 큰 영향을 주는 미생물이 종종 나타나고 있다. 이러한 예로 일본의 수도작의 경우, 기계이앙에 의한 재배법의 변화에 따라 육묘상에서 벼 입고병이 많이 발생하는 것으로 알려졌다.

병원균은 경우에 따라 달라지며 *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Trichoderma* 등의 균이 원인이 되는 경우가 많다. *Fusarium*에 대해서는 hydroxyisoxa-

그림1. 일본의 살균제 단제 및 혼합제의 출하액 추이

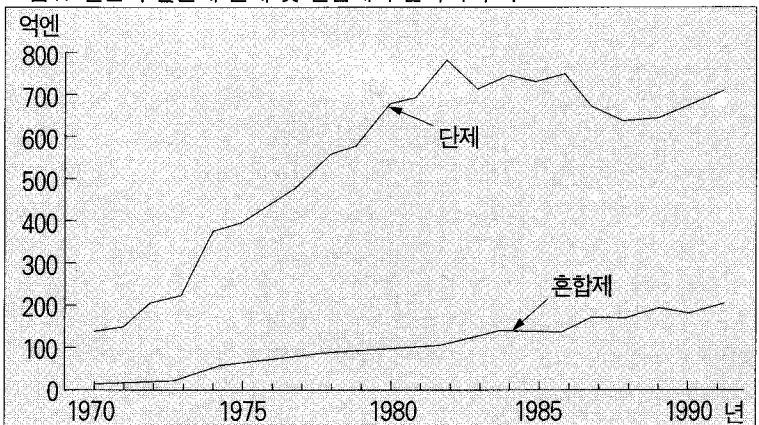


그림2. 벼 도열병·잎집무늬마름병 동시방제용 혼합제의 조합

벼도열병 방제제	벼잎집무늬마름병 방제제
isoprothiolan	flutolanil
fthalide	diclomezine
kasugamycin	validamycin
tricyclazole	mepronil
EDDP	pencycuron

zol제, benomyl제, *Pythium*에는 metalaxyl제, hydroxyisoxazol제, *Rhizoctonia*에는 TPN제, *Trichoderma*에는 benomyl제 등이 유효하지만, 복수병원의 동시방제 및 우수한 약효를 목표로한 혼합제가 필요하여 hydroxyisoxazol·metalaxyl제 및 benomyl·TPN제가 개발되고 있다.

수도작에서 복수병해의 동시방제가 필요하게 된 또 하나의 배경은 종자소독이다. 과거에는 유기수은제로 모든 종자전염성 병해를 거의 완전히 방제하여 왔지만 대체 사용하게 된 benzimidazole계 제제는 벼 키다리병 및 도열병에는 효과가 있지만 깨씨무늬병에 대한 약효가 부족하기 때문에 thiuram을 첨가하여 thiuram·benomyl제 및 thiuram·thiophanate methyl제 로해서 사용되고 있다.

맥류에는 雪腐를 일으키는 홍색설부병과 설부대립균핵병에 효과가 있는 iminoctadin 착산염제와 설부소립균핵병에 효과가 있는 tolchlofos-methyl과 mepronil을 배합한 혼합제가 사용되고 있다.

과수, 채소에서도 동시방제를 위한

혼합제의 필요성이 커지고 있어 각종 병해에 여러 조합의 혼합제가 사용되고 있다. 단순히 동시방제 목적외에 우수한 약효와 내성균 대책을 겸한 혼합제도 있는데 이것은 뒤에 설명하겠다. 단순히 동시방제를 목적으로 한 혼합제로는 사상균에 의한 병과 균핵병의 동시방제에 streptomycin·thiophanatemethyl제가 있고 사과와 여러병해에 효과가 있는 maneb에 흰가루병의 동시방제를 겨냥한 DPC를 배합한 혼합제 등이 알려져 있다.

잔디에도 여러가지 병원균에 효과가 있는 살균제의 혼합제제에 의한 동시방제가 이루어지고 있다. propiconazol·mepronil제, flutolanil·propiconazol제, flutolanil·propiconazol·metalaxyl제 등을 그예로 들 수 있지만 이들 대상병해 중에는 다른 약제의 효과가 중첩되어 방제가 완전하게 이루어지는 경우도 있을 것이다.

## 2. 우수한 약효와 사용적기 확대를 위한 혼합제

선택성 살균제는 약효범위가 한정되

어 있는 외에 한가지 작용점에 대해 특이적으로 작용하기 때문에 사용적기도 한정되어 있는 것이 많다. 이것은 선택성 살균제가 선보인 이래 살균제를 예방제와 치료제로 구분하여 생각하게 된 것으로도 분명해진다. 그러나 사용적기를 제외한 경우에는 근대적인 선택성 살균제 일수록 비참한 결과를 가져왔다고 할 수 있다. 또한 실제포장에는 감염 단계가 다른 여러 균이 혼재하고 있다. 예방제와 치료제를 혼합하여 사용하면 사용적기를 확대하여 감염단계가 다른 병원균이 혼재하는 포장에서도 효과를 발휘할 것이다.

벼도열병 방제에는 균의 수도체내 침입저해제(예방제)와 단백질, 인지질 등 균체 구성성분 생합성 저해제(치료제)를 합친 혼합제의 조합(그림3)이 사용되고 있어 사용적기의 확대에 도움이 되고 있지만 다른 작용기작용의 조합에서도 우수한 방제 효과가 관찰되고 있다. 또한 단백질 및 인지질의 생합성 저해에 대해서는 내성균이 관찰되는 경우가 있지만 작용기작용이 다른 약제와의 혼합제는 내성균 대책도 되고 있다.

채소 및 과수에 사용되는 혼합살균제로 침투성약제와 보호제의 조합인 kasugamycin·동제 및 Captan·fosetyl제가 있다. 이것들은 동시방제용 혼합제로서의 기능을 갖고 있지만 성격이 서로 다른 약제의 조합이라는 점에서 약효도 우수하다고 생각되어 널리 사용되고 있다. 그외에 captan·유기동제 및 im-

그림3. 사용적기 확대와 우수한 약효를 위한 벼 도열병 방제용 혼합제의 조합

균 침입저해제	생합성저해제
fthalide	kasugamycin
	EDDP
tricyclazole	IBP
pyroquilon	isoprothiolane

그림4. 약제 내성균 대책으로 유용한 살균혼합제의 조합

선택성 살균제	비선택성 살균제 등
(Benzimidazole제) thiophanate-methyl	maneb
benomyl	captan
(Phenylamide제) metalaxyl	manzeb
oxadixyl	TPN
(Dicarboximide제) procymidone	동
iproditione	유기동
(항생물질제) polyoxin	iminocadin 醋酸鹽

inoctadin 착산염·동제도 약효의 보완적 효과가 추정된다.

### 3. 약제 내성균 대책으로서의 혼합제

선택성 살균제의 문제점으로 약제 내성균의 출현이 지적된다. 특정 작용점을 갖게하여 균체내 생리작용을 저해하여 약제대사를 받은 후에도 어느정도의 작용을 나타내도록한 종전의 살균제에 대해서는 병원균은 단일 유전자의 변이로 내성균이 되는것은 아니지만 특정 작용점에 작용하여 약제대사에 의한 작용이 격

변(대부분의 경우 활성을 잃는다)하도록 한 선택성 살균제에 대해서는 병원균의 단일 유전자의 변이에 의해 약제내성균이 되는 것은 자주 관찰된다.

약제 내성균 예방대책으로 같은 작용기작의 약제를 연용하지 않는 것이 중요하다. 여러가지 작물 병해에 대한 살균제가 모두 선택성 살균제는 아니므로 비선택성 살균제와 혼용 또는 교대로 사용하는 것이 좋다. 비선택성 약제와의 혼용시에는 이미 설명한 바와 같이 우수한 약효, 사용적기의 확대, 다른 병해와의 동시방제 등의 장점이 기대된다.

이와같이 단순하게 내성균 대책만을 목적으로 하기 보다는 다목적 혼합제로 되어있는 것이 많이 있지만 내성균 대책에 도움이 되고 있다고 생각되는 혼합제 조합을 그림4에 나타냈다. 이제까지의 약제 내성균 대책은 같은 종류 약제의 연용 회피 등 수동적, 소극적 대책이 주류를 이루어왔지만 보는 시각에 따라서는 약제 내성균을 새로운 병원균으로 고려해 볼 수도 있다. 이런 새로운 병원균이 상당히 넓게 출현하고 있다면 이에 대하여 적극적으로 새로운 약제를 탐색할 가치가 있는 것이다.

프랑스의 Leroux씨는 포장에서 채집한 benzimidazole 내성의 잿빛곰팡이 병균에 대하여 제초제인 barban 등 N-phenylcarbamate가 특이적으로 항균력이 크며, N-phenylcarbamate는 benzimidazole에 감수성인 야생형 잿빛곰팡이 병균에는 항균력이 낮다는 것을 보고하고 있다. 이와같이 내성균에만 활성이 높은 약제는 포장에서의 내성균 비율을 낮추어 본래대로 복귀시키는 효과가 기대되어 이주 흥미롭다. 그러나 Leroux씨가 보고한 약제는 제초제이기 때문에 살균제로 사용하면 작물에 해를 발생시킨다.

따라서 日本曹達(株)과 住友化學(株)에서는 내성균에 특이적 항균력을 갖고 약해가 없는 약제를 탐색하여 새로운 약제를 찾아냈다. 그중에 diethofencarb이 등록되어 주목된다. 이 약제는 benzimida-

사진1. 약제간의 살균 연합작용의 예(左:독립적, 中:상가적, 右:협력적)

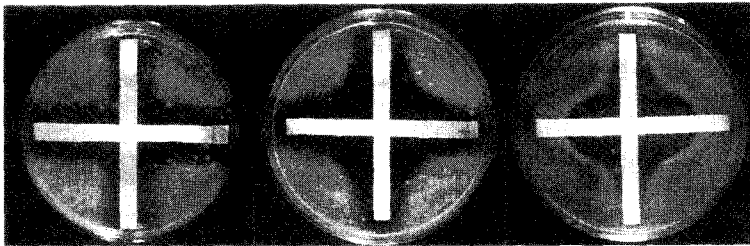
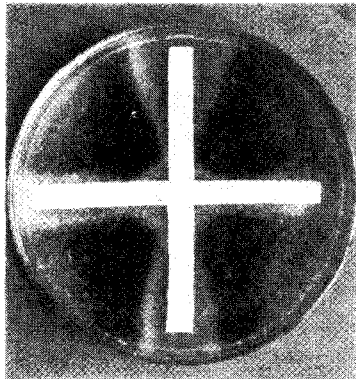


그림2. 길항적 살균 연합작용의 예



zole제에 감수성인 균에는 효과가 없기 때문에 감수성 내성균이 혼재하는 포장에서는 benzimidazole제와 혼합하여 사용하는 것이 좋으므로 thiophanate-methyl과의 혼합제가 시판되고 있다. 또한 대부분의 dicarboximide제에 내성균인 잿빛곰팡이 병균은 동시에 benzimidazole제에도 내성을 갖는다(이것은 교차내성은 아니며 실제방제과정에서 우선 benzimidazole제를 사용하고 내성균이 확대된 단계에서 dicarboximide제로 바꾸기 때문으로 생각된다). 그래서 diethofencarb·procymidone제

도 준비되고 있다.

#### 4. 약제간의 연합작용

혼합제를 구성하는 약제 상호간에 서로 특이한 영향을 미치는 경우는 많지 않지만 있을 수 있다. 이것은 살균혼합제에 한하며 살충·살균혼합제에도 알려져 있다. 예를들면 carboxylic ester구조를 갖는 유기인 살충제인 malason 및 PAP를 유기인 살균제와 혼합제로하면 약제 저항성 해충에도 효과가 뛰어난 살충제로서 이용할 수 있지만 살균력은 반대로 저하하여 살균제로서는 사용할 수 없게 된다.

살균 효력에 미치는 약제간의 영향을 간단히 조사하는 방법으로 여지교차법이 고안되고 있다.

공시균의 포자를 전면에서 균등히 점종한 한천평판 위에 2종의 공시약제를 각각 함유시킨 여지細片을 직각으로 교차되게 놓고 균의 생육적온에 맞춰 여지片 주변에 균의 생육 저지대가 관찰되도록 한다. 두 약제가 서로 영향을 미치지 않는 독립작용의 경우에는 사진1의 좌측과 같이 두 약제에 의한 저지대가 교차하는

것을 볼 수 있다. 그림의 예에서는 세로방향의 여지편에 IBP, 가로방향의 여지편에 착산 phenyl수은을 함유시켜 시험하고 있다.

만약 두 공시약제가 같은 작용기구를 갖고 있을 때는 사진1의 중앙에 나타난 것과 같이 두 여지편의 교차점 주변에는 살균효력이 相加的으로 되어 두 저지대의 작은 둥글게 되어 간다. 그림의 예에서는 가로, 세로로 IBP를 공시했다. 특수한 예로지는 사진1에 나타난 바와같이 세로방향의 약제와 가로방향의 약제간에 협력작용을 보이는 것도 있다. 여기에서는 세로로 IBP, 가로로 phosphoramidate계의 시험약제가 공시되어 있다. 한편 살균효력이 길항되는 현상도 있는데 그다지 많지는 않지만 그 예를 사진2에 나타냈다. 세로방향 약제(IBP를 사진2 공시)의 살균효력이 가로방향 약제(amiprofos를 공시)에 의해 길항되고 있다.

이상의 시험법은 비살균성 병해방제제의 효과에 대응하는 것은 할 수 없지만 일반의 살균제에 대한 다른 약제의 영향을 간단히 시험할 수 있는 것으로 살균혼합제일 경우 검토할 수 있을 것이다. 살균제간에 보이는 특이한 연합작용으로서는 잿빛곰팡이 병균에서 dicarboximide제의 효력에 대한 sterol demethylation 저해제(DMI제)의 길항 및 베타열병원균에서의 유기인 살균제와 DMI제의 상호 길항작용 등이 보고되어 있다. **농약정보**