



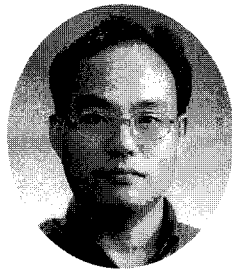
기술강좌

농약혼합제의 역병류 방제효과 어떠하나?

침투이행성 · 보호제농약 혼합 저항성균 출현 예방 · 난균병 방제효과 커

역병 · 노균병 · 잘록병균, 다발생 및 피해 큰 중요한 병원균
'농약혼용' 사용량 줄이고 효과 커, 사용자 직접 혼용 말아야

식물 병원성 곰팡이 중 난균강(Oomycetes)에 속하는 역병균과 노균병균 및 잘록병균은 생리유전적 특성이 서로 비슷한 병원균들로 거의 모든 작물에 발생하여 심각한 피해를 입히는 가장 중요한 병원균 그룹이다. 이들이 일으키는 병해의 발생생태나 농약에 대한 반응은 서로 비슷한 반면, 다른 그룹의 곰팡이들과는 매우 다르다. 따라서, 이들 병해를 효과적으로 예방하고 방제하기 위해서는 병원균의 특성과 병 발생생태를 잘 이해해야 하며, 전문약제로 등록된



지영진

농업과학기술원 식물병리과

농약들의 작용 특성을 파악함으로써 농약의 남용을 줄이고 방제효율을 높일 수 있다. 이들 병원균이 일으키는 병해를 '난균병해' 혹은 '역병류'라 부르기도 하는데, 역병류는 일단 발생되면 급속히 넓은 지역으로 피해가

확산되며 치료가 어렵기 때문에 병 발생을 미연에 방지하는 예방대책이 무엇보다 중요하며, 일단 병이 발생된 이후에는 더 이상 번지지 않도록 하는 방법을 강구해야 한다.

국내에는 약 40여종의 역병류 방제 농약이 등록되어 있다. 이들은 대개 metalaxyl, cymoxanil, dimethomorph, ethaboxam, oxadixyl, propamocarb, phosphonates 계통으로 단제이거나 보호제와 혼합제이다. 일반적으로 혼합제 농

약은 단제에 비해 방제대상 병해의 범위가 넓고, 사용 약량을 줄이면서도 방제효과를 높이거나 유지시키면서, 저항성균 출현을 지연시킨다. 국내에서도 각종 혼합제 농약들이 역병류 방제에 많이 사용되고 있으나, 이들의 조합별로 병 방제 상승효과, 약효지속기간, 적용범위 및 방제대상병해 등의 규명 과 기작연구가 미흡한 것이 사실이다. 농약혼합제의 역병류 방제 상승효과에 대한 이해를 위해 외국의 연구결과들을 토대로 알아본다.

보호제(Protectants)

구리(Cu)를 함유한 모든 동제(銅製; 쿠퍼, 쿠퍼하이드록사이드, 코퍼설페이트, 코사이드, 후려니, 우람, 신기동, 보르젯, 네오보르도)들은 역병류 예방에 매우 효과적이다. 살균력이 있을 뿐만 아니라 물을 흡수하는 (hydrophilic; water loving) 특성이 있기 때문에 물을 매우 좋아하는 역병류 방제에 더욱 효과적인 것으로 추측된다. 하지만, 병원균이 일단 기주체내로 침입한 후에는 치료효과가 상대적으로 낮다.

1882년 프랑스에서

Millardet가 개발한 석회보르도액 (Bordeaux mixture)은 최초의 농약으로 대표적인 동제로 역병뿐만 아니라 많은 병해를 매우 효과적으로 예방한다. 광범위 살균제로 역병류 뿐만 아니라 여러 가지 오염균을 소독할 수 있지만, 식물체의 뿌리에 직접 맞닿으면 약해를 유발할 수 있으므로 전문 약제로 등록되지 않은 경우에는 식물체에 직접 살포하는 등의 적용은 곤란하다.

Mancozeb(만코지, 신기원, 다이센엠-45, 펜코젯)와 같은 dithiocarbamate계 농약들은 광범위 살균제로 역병 예방효과가 있으며, 매우 안정적인 농약으로 동제보다 작물에 약해를 덜 나타내기 때문에 활용도가 높다. Chlorothalonil(다코닐, 금비라, 타로닐, 다코닐에이스, 다모아) 역시 광범위 살균제로 역병류 예방 효과가 우수하며, 다른 농약에 비해 비가 온 후에도 약효 지속기간이 상당히 긴 장점이 있어 감자 역병 방제에 많이 사용되기도 한다.

Dithianon(텔란, 디치)과 folpet(홀펫)도 역병류 예방 효과가 높으며 식물체내 이행은 되지 않는다.

침투이행성 농약

(Systemic Fungicides).

침투이행성 농약이란 식물체에 처리된 농약이 능동적이거나 수동적인 방법으로 식물체내를 이동하여 다른 부위로 성분이 이행되는 농약을 말한다. 침투이행성 농약은 보호제 보다 처리 후 비가 오더라도 효과지속이 길며 예방과 치료 효과도 기대할 수 있다. 또한, 이들은 역병류에 대한 선택성이 매우 높아 방제효과가 우수하지만, 단제로 사용할 경우 저항성 균이 쉽게 출현되는 큰 단점이 있다. Propamocarb (프리엔, 신세대, 수호신)은 침투이행성으로 분류되기도 하지만, 식물체내를 용이하게 이동하지는 못한다. Cymoxanil (커지-엠, 센다닐, 참보배, 이코션, 이카초)은 잎 조직으로 침투성이 있으며 감자 역병과 포도노균병 예방 및 치료 효과가 있는데, 만코지나 홀펫과 같은 보호제와 혼용시 병 방제 상승효과를 나타내는 것으로 알려져 있다.

Phenylamide계 농약 (메타실, 리도밀, 리도참, 메타실·가벤다, 리도밀동, 팔파래, 리도밀엠지, 메타실엠, 리도밀큐)은 모든 역병류 병



기술강좌

해 방 제에 탁월한 효과가 있으며 다른 그룹의 식물병원성 곰팡이에는 효과가 없다. 이들은 침투이행성이 높아 뿌리에 흡수되면 지상부로 이동되므로 발병 후 치료효과도 기대할 수 있으며 토양관주 처리가 가장 효과적이다. 하지만, 저항성 균계의 출현이 가장 심각한 문제로 이를 방지하기 위해서 만코지나 동제 등의 보호제와 혼합제가 주로 이용되고 있다.

Dimethomorph (디메쏘모르프, 포룸, 에이스, 포름디, 푸룸씨, 포룸만, 산뜨탄, 대상왕, 균자비) 역시 식물체내로 이행되는 치료제로 역병균류의 포자 발아를 강력히 억제한다. 이 농약은 특이하게 역병균은 강력히 억제하면서 잘록병균은 억제하지 않아, hymexaxol (다찌가렌)과 반대되는 특성을 가지고 있다. Phosphonates (알리에테, 미칼, 로닥스)는 보호 및 치료효과가 높은 농약으로 침투이행성이 가장 우수하다.

농약중 유일하게 지상부와

지하부로 이동되는데, 식물체내에서는 아인산 (H_3PO_3)과 에탄올로 분해된다.

농약 저항성 균계의 출현

대부분의 침투이행성 농약은 단일 작용점을 가지고 있어 이를 극복하는 저항성 균 출현의 선발압이 높다. 초기에는 극소수의 저항성 개체들이 선발되지만, 이들은 포장 적응력이 높아 밀도가 급격히 늘어나게 되고 곧 우점

집단이 되어 약효를 전혀 기대할 수 없게된다. 메타락실을 단독으로 3~4회 사용할 경우 정량과 반량 처리구에서 저항성균의 집단이 100%로 나타났으며, 메타락실과 만코지를 교호로 사용한 경우에는 저항성균 집단의 증가가 초기에는 현저히 억제되었지만 8회 이상 계속 처리한 경우에는 저항성균이 역시 100%로 나타났다. 하지만, 메타락실과

표 1. Oxadixyl, mancozeb, cymoxanil의 단독 혹은 혼합처리시 phenylamide 저항성 *Phytophthora infestans*에 의한 포장에서의 감지역병 방제효과 지속기간

농약 조합별 및 혼합비율	효과지속기간 (일 수)	
	>50% 방제	>90% 방제
Mancozeb	9	5
Cymoxanil	7	4
Oxad:manc=1:7*	10	5
Manc:cymo=7:1.75	14	8
Oxad:Manc:Cymo=1:7:1.75	16	11

* Oxad=oxadixyl; Manc=mancozeb; Cymo=cymoxanil의 혼합비율.

표 2. Oxadixyl, mancozeb, cymoxanil의 단독 혹은 혼합처리시 phenylamide-저항성 *Phytophthora infestans*에 의한 토마토역병 방제 상승효과 (Grabski & Gisi, 1987)

농약 조합별 및 혼합비율	EC 90 (mg/l)		상승효과율	
	감수성균	저항성균	감수성균	저항성균
Oxadixyl	34	>5000	-	-
Mancozeb	776	495	-	-
Cymoxanil	48	23	-	-
Oxad:Manc=1:7*	69(9+60)*	406(51+355)	3.0	1.4
Manc:Cymo=7:0.4	134(127+7)	51(48+3)	3.2	4.6
Oxad:Cymo=1:0.4	22(16+6)	41(29+12)	1.7	2.0
Oxad:Manc:Cymo=1:7:0.4	74(9+62+4)	63(8+53+3)	2.4	4.2

* Oxad=oxadixyl; Manc=mancozeb; Cymo=cymoxanil의 혼합비율

만코지를 반량씩 혼합 처리한 경우에는 저항성균 집단이 8회 처리한 경우에도 10%정도에 머물렀다.

농약 혼합제의 효과

농약을 혼합제로 사용하는 주된 이유는 ①방제대상 병해의 범위를 넓히고, ②사용 약량을 줄이면서도 방제효과를 높이거나 유지시키면서, ③저항성균 출현을 지연시키고, ④노동력을 줄이는데 있다.

표 1과 표 2에 나타난 바와 같이 혼합제의 경우에도 두 계통의 농약혼합제 보다 3종의 혼합제가 병 방제 효과를 더 높이면서 효과지속 기간을 늘릴 수 있는 것으로 보고되고 있다.

또한, 총 120종의 농약을 조합별로 혼합해 감자역병 방제효과를 검정한 결과, 약 30%의 혼합제가 단제에 비해 병 방제효과가 훨씬 높게 나타났으며, 농약별 혼합조합과 비율이 병 방제 상승효과와 저항성균계 출현 억제에 영향을 미치는 것으로 보고되었다.

농약혼합처리에 의한 상승

작용이란 각각의 농약을 단용으로 처리했을 때의 방제효과를 합한 값보다, 두 농약의 혼합처리 효과가 더 클 때 이를 상승효과라 한다. 상승효과를 나타내는 농약 혼용은 각각의 농약을 번갈아 사용하는 것보다 병 방제 효과가 훨씬 안정적이며, 낮은 농도로도 충분히 병 방제 효과를 거둘 수 있기 때문에 농약사용량을 줄일 수 있다 (표 1, 2). 또한, 단독 사용보

계에 작용하므로 병원력을 저하시키기 때문이다.

지금까지의 내용을 요약하면, 침투이행성과 보호제 농약의 혼합제는 단제 연용이나 교호살포와 비교할 때 저항성균의 출현빈도를 낮추고, 난균병해 뿐만 아니라 타 병해의 방제효과도 기대할 수 있으며, 가장 안정적이고 효과적으로 난균병해 발생을 미연에 예방하거나 병 진전을 막을 수 있는 방

표 3. 침투이행성 농약의 단제연용, 보호제의 교호살포 및 혼합제 살포의 비교

비 교	단제	혼합제	단제교호살포
저항성균 선발압	높음	낮음	낮음
대상병해 및 타 병해 방제 효과	낮음	높음	보통
저항성균에 의한 작물 피해	높음	낮음	보통
사용상의 편의성	높음	높음	보통
경제성	낮음	높음	보통

다 효과지속기간이 긴 장점이 있다. 혼합제 농약이 상승효과를 나타내는 이유는 ① 농약이 식물체내 흡수(침투)율이 높아져 기주세포내 작용부위에서 높은 농도를 유지하며, ② 농약이 병원균과 식물 세포내에서 천천히 분해되므로 효과지속기간이 길어지고, ③ 농약이 병원균의 세포내에서 작용하거나 생활환 중의 여러 단

안이 되고 있다(표 3). 하지만, 사전 연구결과 없이 농가에서 직접 농약을 혼합하여 사용할 경우 심각한 약해를 유발할 수도 있으므로, 사용자가 직접 혼합제를 제조하는 것은 피하고, 재배작물에 등록된 혼합제 농약을 잘 선택하여 사용안전 기준에 따라 사용할 때 역병류를 가장 효과적으로 예방하고 방제할 수 있다. **농약정보**