리포트

대부분 生合性저해로 살균발휘

살균제의 작용기구와 사용시 주의점 ①

서울시립대학교 교수 이 두 형

최근 농약사용에 관하여 많은 논의가 있으나 병충해방제를 전적으로 농약에 의존하는 것이나 또는 농약의 사용을 전적으로 부정하는 것 등 극한적인 평가자세는 농약에 대한 올바른 평가가 될 수 없다. 대부분의 농약은 원래 독성이 있는 것이며 또 독성이 있기 때문에 효과를 나타내는 것이다. 지금까지 경험적으로 밖에는 알지 못하였던 살균제의 작용기구 분야에도 많은 연구가 있어 점차 그 내용이 밝혀지고 있으며 이 내용을 다소나마 이해한다는 것은 살균제의 올바른 사용을 위해서도 필요하다.

本誌에서는 농약 안전사용에 관련하여 살충제에이어 살균제의 사용기구와 사용시 주의점에 관해 앞으로 몇회에 걸쳐 연재할 계획이다. 관심있는 독자에게 많은 참고자료가 되기를 바란다. 〈편집자註〉

살균제는 ① 식물체에 대한 약제의 부착 및 피복(被覆), 식물체 위의 잔류(殘留) 및 식물체 안으로의 침투 등, 살균제 시용 후 병원균에 접촉할 때까지의 과정 ② 병원균체 안으로의 약제의 투과, 균체내에서의 활성화 및 불활성화 등 병원균체 내의 작용점에 도착하기 까지의 과정, ③ 병원균체내의 작용점에 대한 약제의 반응, ④ 병원균의 대사의 저해 및 독성의 발현 등 긴 일련의 물리화학적 및 생물학적 반응을 거쳐서 비로소 효과가 나타나는 것이다. 따라서 그 작용은 극히 복잡

하나 여기서는 살균작용의 표형, 살균제의 투과 및 침투이행 등에 관해서 설명하기로 한다.

살균작용의 표형과 사용시기

살균제는 식물병의 방제 효과를 나타내는 방법에 따라 보호살균제(保護殺菌劑)와 직접살균제(直接殺菌劑)로 크게 나뉜다.

보호 살균제는 식물체에 살포해서 그 표면에 엷은 피막(被膜)을 만들고 외부에서 모여드는 병원균 포자의 발아를 저지하거나 그를 살멸(殺滅)시켜 식물체내로의 침해를 예방하는 것이다. 즉 **보호살균제**는 병이 발생하기 전에 언제나 식물체에 뿌려 놓아야 한다. 따라서 보호 살균제는 포자의 발아저지 작용이 커야 하며, 이것을 뿌렸을 때는 부착성 및 고착성이 강하고 효력의 지속성이 커야 하는 것으로 보르도액, 구리제제와 같은 것들이 이에 속한다.

직접살균제, 살균력 강하고 보호살균제, 효력이 오래가

직접살균제는 병원균이 식물체에 접촉, 침입할 때는 물론 식물체내의 균사 또는 포자에 직접 접촉해서 이를 살멸시키는 것이다. 따라서 직접 살균제는 병반, 기타 병원균이 잠복하고 있는 장소에서 포자의 형성을 저지하여 그의 전염원을 없애기도 하고 병반 안의 균사를 죽여 병반이 확대되는 것을 막기도 한다. 그러기 때문에 살균력이 강해야 하며 나아가 침투성이 있는 것이 요구되나 지속성이 꼭 필요하지는 않다. 이것은 어디까지나 외부적으로 나타난 현상을 본 것으로서, 살균 기구에 본질적인 차이가 있는 것은 아니다. 직접 살균제로서는 아이엠분제와 같은 침투성 살균제 등이 있다,

이 밖에 살균력이 약해서 균을 죽일 수는 없으나 그의 발육 및 번식을 저해하는 소극적인 효과를 나타내는 것도 있다. 이것을 **防菌劑**(fungistat)라 하는데 감귤의 방부에 쓰는 diphenyl, 식품의 防黴劑로 쓰는 DHA, 목재의 방부제로 쓰는 tar 등이 이에 속한다.

放菌劑, 균발육 및 번식저해 침투성, 체내로 침투해 살균

한편 식물체내에 침투해서 어떤 균에 대한 살균력 또는 면역성을 나타내게 하는 것이 있는데 이를 **침투성살균제**라 한다. 최근 주목되고 있는 항생 물질의 대부분은 침투성 살균제라 볼 수 있다. 이와 같이 현상적으로 본 효과를 나타내는 방식에는 여러 가지 차이가 있으나 이것을 식물체측에서 보면 병으로부터 의

보호이며 균의 측에서 보면 그의 박멸이라 볼 수 있다.

보호 살균제는 비나 이슬에 잘 씻겨 내리지 않고 그들에 의해서 가수분해가 일어나기 어려우며 햇볕에서 잘 산화되지 않아야 한다. 따라서 이들 효과를 나타내기 위해서는 발동과 투과가 중요한 전제 조건이된다. 직접 살균제는 이와는 좀 달리 약해가 일어나지 않는 한 투과성이 커야 하고, 세포 단백에 대한 독성 및 대사작용에 대한 장해가 커야 한다.

이러한 특성을 잘 알고 사용한다는것은 살균제의 약효를 정확히 얻을수 있는 지름길 이기도 하다.

입자간약효 수분통해 확산돼

노균병균 등 몇 가지를 제외하고는 대부분의 병원균은 好水性이므로 포자가 발아해서 식물체에 침입하는데는 수분이 필요하다. 따라서 살균제는 수용성이어야 하나, 수용성인 약제는 약해를 일으키기 쉬우므로 살균제의 대부분은 물에 대하여 불용성이다. 그러나 살균 작용을 나타내기 위해서는 불용성의 살균제가 수용성으로 변해야 한다. 이 경로는 공기중의 이산화탄소를 함유하는 비이슬 또는 병원균이나 식물체의 분비물에 의해서 약제가 서서히 용해되어 병원균에 접촉함으로써 비로소 살균 효과를 나타낸다.

병원균 활동엔 대개 물필요
살균제 CO_2 접촉으로 水溶

보호 살균제는 포자에 직접 접촉해 있을 때는 불용성 화합물이라도 균세포 내에 들어갈 수 있다. 그러나 입자로서 살포된 것은 기주 식물의 표면을 완전히 덮을 수 없고 다소의 간격을 두고 있게 마련이다. 이 약제 입자간의 간격을 메우는 데는 균 주위의 수분 작용을 받아 고루 접촉하여 발동하게 되며 다시 확산되어 포자에 접촉해서 보호 살균제의 기능을 완전히 다하게 되는 것이다.

물의 拡散圧差의해 체내이동

살균제의 식물체내 이행에 관한 보고는 살충제, 제초제 보다 적다. 1960년대까지는 식물체 내의 물질의 이동 목적을 약효 증진에 두어, 병방제 시험에서 추리하였으나 1970년대 이후에는 유효 물질을 표식 화합물을 사용하므로써 약제의 흡수, 이행, 대사를 검토하기에 이르렀다.

항생물질의 대부분은 아포푸라스트(Apoplast) 이동을 하는 것으로 알려졌다. 예컨데, 그리세오푸루빈(griseofluvin), 스트랩토마이신(streptomycin), 싸이크로헥시마이드(cycloheximide) 블라스티사이딘(bl-

asticidin) 폴리옥신(polyoxin)류, 가스가마이신(kasugamycin). 세로사이딘(cellocidin)등은 뿌리를 통해서 흡수시키면 아포푸라스트系를 거쳐서 식물 전체에 분포한다.

에너지 필요없는 약제이동

아포푸라스트 이동은 뿌리털이 세포벽으로부터 시작하여 표피, 피층, 내피, 내초 그 밖의 유조직을 거쳐 목부의 물관에 이르고 뿌리털에 의해서 흡수된 화학 물질은 내피세포를 통과하여 물관까지 옮겨지고 앞으로 향하는 증산류(蒸散流)에 합류한다. 아포푸라스트 이동은 수동적이며 대사 에너지가 필요치 않다. 이 원동력은 뿌리로부터 잎까지의 물의 확산압낙차에 의하는 것이다.

증산수 발산따라 體內 축적달라

Apoplast 이동에 의해서 분배되는 살균제가 식물조직에 쌓이는 정도는 그 조직으로부터의 증산수의 발산에 관계된다. 이 발산은 기공의 다소와 관계가 있다. 엽면시용에 의해서 흡수된 화학 물질도 이와같은 방법으로 잎의 선단이나 주변부로 옮겨져 가는 것으로 생각된다.

베노밀(Benomyl)이나 티오파내이트메틸(Phiophanate methyl)은 MBC로 활성화하여 아포푸라스트 이동하는 것으로 알려졌다. 옥사틴(Oxathiin) 유도체의 칼복신(Carboxin)이나 옥시칼복신(Oxycarboxin)도 벼과작물이나 콩과작물에서 전형적인 아포푸라스트 이동을 한다. 칼복신(Carboxin)은 햇빛이 있을 때 불안정하나 옥시칼복신(Oxycarboxin)은 햇빛에 안정성이 있으며 엽면살포도 가능한 것으로 알려졌다. 또 유기린계 화합물인 아이비(키타진 ; Kitazin), 키타진 피(Kitazin P) 등은 뿌리로 흡수된 후 蒸散流에 의해서 감염부에 속히 옮겨진다. 이 성질에 의해서 도열병 방제용으로서 입제의 개발이 가능했던 것이다.

유연화합물 이네진(inezin)은 뿌리에 처리했을 때 식물 전체에 이행하나, 도포 등에 의한 줄기 처리에 있어서는 같은 마디 사이만 이행하고 절간이행(節間移行)이 되지 않는다.

에너지가 필요한 약제이동

아포푸라스트 이동의 화학 물질은 식물체 내에서 재 분배되지 않는다. 앞에서 식물체 내부로의 이행은 생세포(生細胞)가 관여하는 이행(심푸라스트 이행 ; Symplast 移行)이며, 대사에너지를 필요로 하는 것이다. 아포푸라스트系에서 심푸라스트系로

의 물질의 이행에는 특수한 구조를 가진 전이세포(轉移細胞, transfer cell)가 관계한다.

심푸라스트系는 유관속 조직의 篩部에서 이루워지고 있다. 篩部도 보통 체관, 반세포, 체부섬유, 체부유세포 등으로 되어 있으나, 실제로 관계하고 있는 것은 체관이다. 체부의 주요기능은 영양분이 풍부히 있는 기관으로써, 영양분을 필요로 하는 기관에 영양물질을 운반하는 것이다.

살균성 화학 물질이 심푸라스트 이동을 나타내는 것은 드물다. 화학물질이 심푸라스트系를 이행하면 엽면 처리로 도관병(導管病)이나 뿌리병(根部病)을 방제할 수 있게 된다. α-methoxy phenylacetic acid와 같이 잎에서 뿌리로 이행하여 주위의 토양 속으로 방출하면 뿌리의 병을 방제할 수가 있는 것이다. 또 심푸라스트계를 이동하는 물질은 처리된 잎에서 새로 자라는 조직에 이행하여 가므로 반복 처리의 필요성도 없는 것이다.

침투성 제제는 生合性저해

살균제의 식물체 내 이동은 침투성 살균제의 특징으로써 작용기구면에서도 많은 해명이 요구된다. 침투성 살균제는 기주 식물의 생조직 속에서 병원 세포와 함께 접촉하여야 하므로 식물과 병원균의 생조직을 구별할 수 있는 고도의 선택성이 요구된다.

침투성 살균제에는 에너지 생산계를 저해하는 것은 비교적 적고, 대부분은 생합성계의 저해제로서 작용하는 것이다. 에너지 생산계에 관계하는 저해제, 예컨대 호흡저해제라든가 비공역제(uncoupler)가 가령 침투성이라고 한다면 병균 조직이나 식물 조직에도 함께 독성을 나타내게 되며, 살균 작용과 약해 사이에서의 안전성의 확보가 어려울 것이다. 대조적으로 생합성 저해제의 경우에는 식물 세포 속에서 이루워지고 있는 속도가 늦은 생합성 과정보다도 급속히 생장하는 병원균 쪽에 보다 효과적으로 작용하는 일이 많을 것으로 생각된다.

항균 스펙트럼의 선택성으로 보아도 에너지 생산 저해제의 선택성은 좁은 것 같으며, 또 의약용 항균제도 에너지 생산의 저해로 효과를 나타내는 것은 아니다. 이와같이 침투성 살균제의 선택성은 작용기작 레벨에서도 고려하여 볼 필요가 있다.

保留와 移動균형의 어려움

침투성 살균제는 식물에 대한 침투 능력에 따라서도 선별되어야 한

다. 아포푸라스트 속을 이동하는 화학 물질은 잎가나 잎끝으로 옮기는데, 잎의 대부분은 약제가 계속적으로 공급되지 않으면 짧은 시간 밖에는 보호할 수가 없게 된다. 또 엽면 시용에서는 표면에서의 보류와 내부로의 침입을 균형있게 잡아 줄 필요가 있는데, 간혹 보류에 요구되는 성질은 침입을 방해하게 되며 여기서 알 맞는 균형을 얻기가 어렵게 된다.

電荷·이온화와 투과성관계

살균제가 활력을 나타내기 위해서는 약제가 균의 세포막을 투과해서 세포 내에 들어가는 것이 중요하며, 직접 살균에 있어서는 특히 이 과정이 중요하다. 대부분의 살균제는 그의 투과성과 약제 고유의 독성이 종합적인 작용을 나타내는 일이 많다. 투과를 지배하는 요인은 여러가지 있으나 주로 다음과 같은 것을 들 수 있다.

□형 성 전 하

탄소연쇄 길면 투과성 강해

유기 화합물은 보통 지방(脂肪) 부위에 極性化를 이르켜 電荷를 띤 것과 같은 반응을 나타내는 일이 있는데, 이를 形成電荷라 한다. 형성 전하를 가지는 화합물은 균 세포벽의 중간층에 있는 지방층과 큰 친화력을 가져 잘 투과한다. 긴 쇄상 탄화수소는 이런 성질을 가지는데 탄소 연쇄가 긴 것일수록 투과성이 강하다. 그러나 탄소 측쇄는 투과를 방해하므로 측쇄의 수가 많을수록 투과성은 떨어진다.

□이 온 화

非解離性分子, 투과성 높아

이온화제의 電荷를 가지는 물질은 세포벽의 각종 이온에 방해되어 투과성이 나빠진다. 특히, 음 이온은 식물체 표면의 음 이온에 의해서 반발되는 일이 많다. 이와 반대로 해리되지 않은 분자는 투과가 쉽다. 예를 들면 유리산은 그의 나트륨염보다 투과가 좋기 때문에 독성이 강하다. 이온화는 지방과 물과의 분배율에도 관계하여 유리산은 그의 나트륨염보다 脂溶性이다.

□첨가제의 영향

계면활성제 첨가로 크게향상

살균제에 여러가지 첨가제를 가해서 그의 투과성을 높여 살균력을 증대시키는 방법이 크게 발달되었다. 특히 계면활성제의 발전과 더불어 투과성의 증대는 더욱 가능하게 되었다. <계속>