

리포트

化学物質에 의한 병원성 제어작용

□ 살균제의 작용기구와 사용시 주의점 ④

서울시립대학교

교수

이

두

형

식물 병원사상균, 병원세균은 일반적으로 부생균(腐生菌)과는 달리 고등식물에 기생하기 위해서 필요로 하는 여러가지 성질을 가지고 있다. 따라서 만일 이들의 병원미생물의 병원성에 필수적인 대사과정이나 대사산물의 어느 부분을 저해하거나, 불활성화할 수 있다면 병원미생물은 고등식물에 감염을 일으킬 수 없게 된다. 이와같은 작용을 특이하게 가지고 있는 화합물은 비병원성 미생물은 물론, 고등동물식물에도 해작용이 없으므로 이상적인 무공해 농약이 된다.

寄主에 대한 침입력 저해작용

식물병원균이 기주(寄主)를 침해하는 경우 침입균사의 기계적 압력, 균사가 만드는 다당류 분해효소와 관련하여 되는데 이와같은 병원균의 침해력을 저지시켜 방제효과를 나타내는 화합물이 있다.

P C B A

Pentachlorobenzylalcohol (PCBA)는 도열병 방제약로서 토양중의 미생물에 의해서 pentachlorobenzoic acid로 산화되어 오랫동안 잔류하며 뒷작물의 채소류에 약해를 일으키어 현재는 사용이 금지되고 있으나 도열병에 대한 방제기구는 흥미가 있다. PCBA는 도열병균에 대한 직접

적인 항균력이 거의 없다. 그러나 PCBA 40ppm 용액을 벼에 살포하고 나중에 도열병균을 접종하면, 그의 감염을 완전히 막을 수가 있다. 균이 벼에 침입한 후에 살포한 것에서는 1,000ppm의 높은 농도에서도 효과가 없다. 또 PCBA는 *Pyricularia* 속 이외의 병원에 의한 병에는 효과가 없다. 이와 같은 사실로 보아, PCBA의 방제기작은 다음 두가지 점을 생각할 수 있게 된다.

㉔ 항균력은 없으나, 도열병균의 병원성을 상실시킨다. ㉕ 도열병균의 침입에 대한 벼의 저저항성을 증강시킨다는 것등이다.

Isoprothiolane

Isoprothiolane(Diisopropyl-1, 3-dithiolane-2-ylidenemalonate 이소란후치왕)은 도열병에 대한 침투성의 방제약제이며; *in vitro*에서 2ppm일 때 분생포자의 발아, 부착기(附着器)의 형성은 아무런 영향을 받지 않으나 기주의 침입은 거의 저지된다.

Oryzamate

oryzamate(3-allyloxy-1, 2-benzothiazole-1, 1-dioxide 베나솔: 오리자)는 항균력은 별로 강하지 않으나 (도열병균의 분생포자 발아에 대한 ED₅₀=33ppm) 포자현탁액에 10ppm

의 오리자메이트를 가하여 엽초에 접종하면 도열병균의 침입이 저지된다. 엽면살포에서는 400ppm을 감염 전에 살포하면 현저한 예방효과를 나타내나, 감염후에 살포한 것은 효과가 현저히 떨어진다. 따라서 토양 혼합(200g/10a), 벼의 근부침지등으로 도열병의 감염을 막을 수 있다.

Validamycin A

Validamycin A는 *Streptomyces hygroscopicus var. limoneus*가 생산하는 항생물질이며, 벼잎집무늬마름병의 방제용으로 쓰인다. 많은 사상균, 세균에 대해서 Validamycin A는 보통의 방법으로는 전혀 항균력을 나타내지 않으나 낮은 영양조건하에서는 균사의 성장을 저해한다. Validamycin A는 다른 항생물질과는 달리 벼에 대한 침투 이행성이 없고 다만 잎집무늬마름병균 균사속만 잘 이행한다.

잎집무늬마름병에 대한 기작을 보면, 바리다마이신 A로 문고병균의 균체의 일부를 처리하면 직접 이 물질의 작용을 받지 않은 균사 선단부의 감염력이 상실된다. 이것은 침입시에 필요로하는 균사 선단의 영양조건이 바리다마이신 A에 의해서 침입력을 잃었기 때문이다. 또 잎집무늬마름병균은 벼에 침입하는 전 단계로

◎ 살균제의 작용기구와 사용시 주의점 ◎

서 균사괴(菌絲塊)를 형성하는데 바리다마이신 A의 작용을 받으면 균사괴가 형성되지 않는데, 이것도 병원성의 상실에 관여하는 것으로 생각된다. 또 잎집무늬마름병균이 벼 체내에 침입한 후에 바리다마이신 A로 처리하면, 균사의 신장이 억압되어 벼 조직의 붕괴가 일어나지 않는다.

Azauracyl

6-Azauracyl을 식물의 뿌리에 주거나, 열면살포하면 전신적으로 이행하여 여러 종류의 흰가루병균의 감염을 막을 수 있다. 이 물질은 흰가루병균의 포자의 발아, 침입을 저해치 못하며 흡기(吸器)의 형성을 저해한다. 6-Azauridine, 6-Azaudine-5'-phosphate도 마찬가지로 효과적이다.

6-Azauracyl의 효력은 Uracyl에 의해서 없어지나, 6-Azauridine 및 그의 nucleotide의 작용은 없어지지 않는다. 이런 점으로 보아 그의 작용기구는 6-Azauracyl이 식물체 안에서 riboside로 변화한 다음 orotidylic decarboxylase를 저해하고 Pyridine의 생합성에 간섭하는 것으로 생각된다.

Rufianic acid

Rufianic acid(1,4-Dihydroxyant-

hsaquinone sulforic acid)는 실용적으로 쓰이는 병방제 약제는 아니지만 병원균의 침해력이나 병원력에 중요한 작용을 하는 펙틴분해효소를 저해한다는데 의의가 있다. *Fusarium* 속균에 의한 도관(導管) 기생성 위조병에는 병원균이 생산하는 펙틴분해효소가 중요한 작용을 한다. 토마토 시들음병균(*F. oxysporum f. sp. lycopersici*)이 생산하는 Pectin 분해효소에 대해서는 일반적으로 저해제로서 알려져 있는 글리신, 요소 아질산소다, 안식향산소다, 폼알데히드 등은 저해효과가 나타나지 않고, Tannin의 group, 퀴논, acridine의 유도체가 이 균의 효소를 저해한다. 그의 여러가지 식물의 압착즙액의 산화물도 시들음병균의 pectin 분해효소를 저해하며, 특히 사과와 아세톤 추출물의 저해효과가 컸다. 이들의 저해물질을 토마토의 절지의 절구로 흡수시켜 시들음병균을 접종시키고 시들음병에 대한 방제효과를 조사하여 보면, 사과와 아세톤 추출물, tannin산, rufianic acid가 효과적이었는데, 사경재배(砂耕栽培)한 토마토에는 루회안산만이 효과가 있었고 앞의 2종은 무효이었다. 이것은 tannin산, 사과와 추출물은 고분자로서 절구(切口)로 흡수시켰을때는 도관에 도달하였으나 뿌리를 통해서 식물체 안으로는 침투하지 못

했기 때문이라고 생각된다.

루취안산은 절구로 흡수시켰을때나 뿌리로 흡수시켰을때나 시들음병을 현저히 방제할 수 있었다. 병원균을 집중하기 전이나 후에도 모두 효과적이었으며 접종후 2회 처리했을때 가장 효과적이었다. 이것은 병원균의 Pectin분해효소를 저해시키기 때문에 토마토 시들음병의 발병을 제어시킬 수 있는 것이다.

植物바이러스의 감염저해

여러가지 식물의 성분을 바이러스와 혼합하여 접종하면 감염이 저해된다. 이 경우, 혼합액을 희석하던가, 혹은 바이러스의 불활성화 온도 이하로 가열하면 저해로부터 회복하는 것으로 이 작용은 바이러스 입자에 대한 직접의 불활성화는 아니고 감염저해작용이라고 생각된다.

또, 손가락에 부착된 담배 모자이크 바이러스(TMV)가 작업에 의해서 생긴 상처를 통해서 묘에 감염된다는 것은 「smokerinfections」로서 잘 알려진 것인데 이때 손을 아무리 잘 씻어도 효과가 없으나 이식전의 묘에 우유라던가 스킴밀크(脫脂牛乳)를 살포하여 두면 묘에 해를 주지 않고 TMV의 감염에서 묘를 보호할 수 있다.

그밖에도 효모즙도 바이러스의 감

염저해작용을 가지고 있으며, 그의 유효성분은 단백질인 경우가 많다. 그런데 상처에 대한 상처 모자이크 바이러스의 진딧물에 의한 전파는 우유로서는 경감시킬 수 있으나 스킴밀크로서는 무효이다. 또 옥수수 기름, 광물성기름의 3~5%유화물로도 유효하다고 하며 3% 옥수수 기름은 셀러리 모자이크 바이러스의 전파 경감에도 유효하다. 위에 든 감염저해물질은 기주의 바이러스와 결합하는 수용체를 파괴하던가 혹은 바이러스와의 결합에 앞서서 수용체에 결합해버리는 것이 저해작용의 원인이라고 생각된다.

병원체 생성 독소의 불활성화

병원체가 생식하거나, 기주·기생균간의 상호관계의 결과 만들어진 물질로서 낮은 농도에서 식물에 유해한 작용을 나타내는 물질을 독소라고 부른다. 병원체가 생산하고 식물병의 발병에 중요한 역할을 하는 것은 병원성의 큰 부분을 독소가 차지하는 것으로서 그의 생산을 저해하거나 혹은 독소의 작용을 불활성화시킬 수 있다면 이론적으로 병의 방제는 용이한 것이다.

① 毒素의 生合成 沮害

미생물의 독소생산 능력은 유전학

◎ 살균제의 작용기구와 사용시 주의점 ◎

적으로 결정되어 있는 것이나, 그의 유전자의 작용을 조절할 수 있는 화합물은 병을 경감시킬 수가 있게 된다. *Fusarium*속균이 생산하는 *Fusaric acid*는 *in Vitro*에서 균을 배양할 때 배지(培地)에 첨가하는 아연의 농도나 질소원에 의해서 조절된다고 한다. 따라서 어떤 종류의 물질에 의해서 병원균의 독소생산을 억압시키므로써 병해를 방제할 수 있다는 가능성도 생각할 수 있게 된 것으로 이에 관한 연구가 이루어져야 하겠다.

② 독소의 작용 제거

어떤 종의 독소는 기생식물체내에서 대사된다는 보고가 있는데, 이때에는 기생의 대사분해능력을 촉진시키므로써 병을 경감시킬 수가 있는 것이다.

후사린산(*fusaric acid*)은 토마토의 조직내에서 *N-methylfusaric amide*와 *5-methylpicolinic acid*로 대사되어 무독화 되는데 *indole*작산의 회석용액을 토마토에 시어하면 *Fusarium*시들음병에 대한 저항성이 커지는 것은 그의 독소인 후사린산의 분해능력이 촉진되는 결과 때문인 것이다.

어떤 종의 화합물에 의해서 독소를 직접 불활성화시킬 수도 있다. 후사린산의 고엽식물(高葉植物)에 대한 해작용은 철효소를 저해하여 호

흡저해를 일으킨다는 것이 알려져 있으나, 이 작용은 Fe^{+++} 의 첨가에 의해서 해결된다.

식물 병원균이 생산하는 독소 중에서 이병성의 식물 혹은 품종에만 해작용을 나타내고, 비기주나 저항성이 강한 품종에는 무해인 경우에 병원균에 의해서 일어나는 기주의 대사변화나 병징이 독소에 의해서 재현되는때도 있다. 이와같은 독소를 기주특이적독소(*host specific toxin*)이라고 하는데, 이들 독소가 이병성의 기주에만 해로운 이유는 이병성 기주의 세포막에는 독소와 결합하는 독소수용체가 있기때문이다. 이들의 독소를 병원독소(*pathotoxin*)이라고도 부르며, 병원균의 병원성과 같은 개념을 갖게 된다. 현재까지 독소의 생산작용을 저해시키므로써 시들음병 *Alternaria*에 의한 병을 방제하는 약제는 아직 없다. 앞으로의 연구분야로서 흥미 깊은 문제를 내포하고 있다할 수 있다.

寄生, 병해저항성의 화학적 조절과 반응

寄主成分의 약제에 의한 변형

기생체내에 함유되어있는 식물성분은 병해에 대한 저항성에 영향을

미친다. 따라서 약제에 의해서 식물 성분을 병원균측에 불리하게 조절할 수 있다면 그의 약제는 병 방제에 효과적이라 할 수 있다.

식물의 폴리페놀 성분이 살균제, 특히 벼도열병 방제약제의 살포에 의해서 양적으로 변동이 있는가 조사된바 있다. 페닐작산수은이나 도열병약유제 1호(아이비유제: 키타진)를 벼에 살포하면 벼 체내의 후라보노이드 함량에는 큰 영향을 나타내지 않으나 총 페놀량은 증가한다. 특히 페닐작산수은을 살포했을때는 살포 1일후에는 총 페놀량이 20~100% 증가한다. 이와같은 사실로 보아 약제의 효과는 그의 살균력뿐만 아니라 페놀함량의 증가를 통해서 간접적으로 벼의 저항성을 높여 주기도 한다.

축초의 과민반응과 병해제어

과민성반응의 메카니즘, 또 그의 병 저항성에 대한 역할에 관해서는 불명한 점이 많으나 저항성의 한 지표로서 연구에 이용되고 있다. 옛부터 어떤 종의 無機, 유기화합물을 시여하면 식물이 병원균의 침입을 받았을때 과민성반응이 현저히 나타나 병해를 경감시킨다는 것이 알려져 있다. 이때 시용할 약제가 기주측에 작용하여 병원균에 대한 저항

성을 증진시켰기 때문이라고 생각할 수 있다.

L-메티오닌을 $10^{-2}M$ 정도로 하여 보리의 절구(切口)로부터 흡수시키면 흰가루병의 발병이 억제된다. 보리잎 위에 형성된 흰가루병균의 colony에 L-메티오닌을 살포하여도 균의 생육은 억제되지 않으므로 발병 억제효과는 항균성에 의한 것이 아니다. 메티오닌 처리 잎위에 있어서 흰가루병균의 포자발아, 부착기형성 및 흡기형성은 정상적으로 이루어지나, 흡기의 형태분화에 이상이 일어나고 지상돌기(指狀突起)의 수가 감소하여 이상하게 신장하고 양분의 흡수력이 현저히 저하한다. 이것은 저항성 품종 위에 형성된 흡기의 형태에 유사하다.

한편 이와같은 숙주의 피감염 표피세포에서는 세포질의 붕괴가 일어나고, 침입균의 흡기초막(吸器鞘膜)에 전자밀도가 높은 물질이 부착하여 과민성 반응과 같은 像이 전자현미경을 통해서 관찰되므로 L-메티오닌의 효과는 기주에 저항성을 부여했기 때문에 일어난 것이라고 생각된다. L-메티오닌은 흰가루병, 녹병 및 *Aphanomyces*속에 의한 병과 같이 기생성이 강한 병에 대해서는 발병억제효과가 인정되나, *Botrytis* 속균과 같이 부생성이 강한 균에 의한 병에 대해서는 효력이 인정되지 않

◎ 살균제의 작용기구와 사용시 주의점 ◎

는다.

Streptomycin은 감자역병균에 대해서 항균력을 나타내지 않으나 역병의 방제에는 효과적이다. 감자 괴경의 절편을 Streptomycin으로 처리한 다음, 친화성의 역병균을 접종하면, 접종조직내에는 *o*-diphenyl이 축적하고, polyphenol산화효소의 활성이 높아서 비친화성의 race를 접종했을때와 같은 과민성 반응 유사 현상이 보인다. 그러나 Chloramphenicol로 처리한 괴경에는 이와 같은 현상이 나타나지 않는다.

Phytoalexin생산의 유도

식물이 병원미생물의 공격에 대해서 방어반응의 하나로서 생산하는 phytoalexin은 미생물뿐만 아니라 균류포자의 발아액, 각종 대사저해제, 금속이온, 에틸렌, 항생물질, 혹은 자외선의 조사 등에 의해서도 생성된다. 한편 온실 안에서 생육하고 있는 토마토에 고추의 phytoalexin인 capsidiol을 $2.5 \times 10^{-8}M$ 이상의 농도로 살포하면 phytophthora infestans에 의한 역병의 발생을 거의 완전히 방제할 수가 있으며, 그의 효력은 8일간이나 지속된다. 이런 사실은 phytoalexin이 직접 병 방제물질로서 이용될 수 있다는 가능성을 나타내는 동시에 phytoalexin생산을 유도하는 물질이 방제약제로

서 이용될 가능성도 있음을 나타내는 것이다.

농업용 살균제 중에는 식물의 phytoalexin생성을 유도하는 것이 있다. 유기수은제, 트리아진, 디크론, 키타진P, 유기석제, 켈탄, 다지카펜, 사이크로헥시마이드, 아스코키친 및 오피오보린 등이 완두의 꼬투리에 피사틴(Pisatin)생성을 유도하며, 콩에 글리세오린을 유도한다.

페닐조산수은은 자외선에 대단히 불안정하여 $4.2 \times 10^6 \text{erg} \cdot \text{mm}^{-2}$ 정도의 조사에 의해서 그의 살균력이 약 1/70로 떨어진다. 따라서 포장에 살포되었을때 강한 태양광선중의 자외선에 의해서 분해되어 속히 항균력을 상실한다고 할 수 있음에도 불구하고 벼도열병뿐만 아니라 여러 병의 방제에 탁월한 효과를 나타내는 원인의 하나로는 수은제 및 그의 자외선분해물이 phytoalexin생산의 유도물로서 중요한 작용을 하고 있다는 것이다. 또 키타진P를 벼에 살포하면 벼잎이 항균성분을 생성하며 이 물질은 벼가 도열병의 감염을 받았을때 생성하는 phytoalexin과 같은 성질의 것이란 것이 밝혀졌다. 따라서 강력한 phytoalexin 유도물질이 병방제에 이용될 가능성이 높아지고 있으므로 이 방향의 연구도 새로운 농약개발의 일환으로 시도해 볼 필요가 있다고 생각한다.