

연

재

1. 發病과 환경조건

식물체에서 發病은 寄主植物體와 病原菌이 있어도 환경조건이 발병에 적합하여야만 비로서 발생된다. 따라서 이들 세가지 要因들이 어떠한 관계를 가지고 있는가를 밝히면 病發生의 방제에 도움이 된다. 우선 뿌리 病을 일으키는 土壤微生物과 植物 뿌리와의 관계를 알아본다. 식물체는 뿌리가 진전하여야만 잘크고 結實도 풍성하다. 반면에 뿌리가 病 들고 썩으면 아무리 좋은 肥料를 주어도 좋은 結實은 기대하기 힘들다.

뿌리病은 잎이나 줄기에 생기는 病과는 달리 그 발생과 피해가 쉽게 눈에 띄지 않기 때문에 대부분 그 중요성이 인식되지 못하고 있으나 實際的으로 수량감소에 중요한 원인이 되고 있다. 더우기 뿌리에 病이 생기면 地上部의 發病 경우와는 달리 농약을 처리하거나 剪枝作業과 같은 것을 할 수 없어 식물체 전체를 뽑아 버려야만 된다. 뿌리의 先端 측, 養分과 水分의 흡수등의 중요한 역할을 하는 부분이 썩어서 이의 작용이 원활치 못하며, 흡수된 양분도 地上部로 이동이 잘되지 않아 전체적으로 水分 및 양분결핍증상이 나타나게 된다. 즉, 잘크지 못하며 잎이 綠黃色을 띄우고 햇빛이 강한 오후에는 식물체 전체가 시드

교수 박 원 목
고려대학교 농과대학

◇ 식물의 생리생태와 병충해관계 ◇

는 症狀을 나타낼 뿐 아니라 심한 경우에는 전체가 말라 죽는다. 식물체를 뽑아 뿌리를 관찰하면 잔뿌리의 발달이 미약하며 뿌리가 갈색 또는 흑색으로 변색되어 있고 地下 또는 地面과 接하는 줄기가 썩어 있다. 이는 뿌리병의 일반적인 병징이다. 발병에 있어서는 병원균이외의 토양미생물과 뿌리와의 관계가 중요하다. 뿌리도 물질대사등 생리적인 활동을 일, 즐기 못지 않게 하고 있다. 따라서 뿌리에서도 호흡작용을 하므로 주위의 酸素를 빨아 들이고 炭酸가스를 내뿜어 뿌리 주위의 토양공극의 산소양을 줄이고 탄산가스양을 증대시킨다. 또한 物質代謝의 부산물로서 可溶性物質을 뿌리 밖으로 분비한다. 이 분비물에는 주로 유기산, 당류, 아미노산, 핵산등이 포함되어 있다. 이 물질들은 土壤微生物의 생장에 필요한 양분이며 이의 많고 적음은 미생물 활동에 직접적인 영향을 준다. 뿌리는 분비물 이외에 식물 종류에 따라 독특한 종류의 휘발성물질을 발산한다. 이 휘발성물질은 미생물의 활동을 촉진시키기도 하고 어떤 미생물에는 아무 작용을 하지 않는 반면 경우에 따라서는 미생물 활동을 억제시키기도 한다.

식물체에 기생하는 대부분의 토양미생물은 토양중에서는 菌絲로 존재해 있지 않고 불리한 환경에서도 생

存할 수 있는 休眠體의 상태 즉, 分生孢子, 厚膜孢子, 菌核 및 卵孢子로 존재한다.

植物體의 뿌리가 자람에 따라 뿌리가 休眠상태로 있는 病原菌에 가까와져 可溶性물질이나 휘발성물질을 分泌하면 休眠體가 이 分泌物에 자극을 받아 곧 發芽하여 菌絲로 되고 이 菌絲가 寄主植物의 뿌리로 침입하게 되는 것이다. 따라서 뿌리에서 물질분비가 많으면 병원균의 활동도 커져서 발병율이 증가된다. 뿌리의 物質分泌는 자연적 生理 현상인기는 하나 동일 식물이라도 주위 환경에 영향을 받는다. 콩, 보리, 밀, 수수 및 토마토에서 보는 바와 같이 乾燥와 過濕이 번갈아 反復되면 많은 量의 아미노산이 分泌되어 나온다. 이런 條件(장마철과 같은 때)에서는 뿌리병의 피해가 큰 것을 종종 볼 수 있다. 그러므로 水分 관리를 적절히 함으로서 작물뿐 아니라 花卉植物의 피해도 예방할 수 있다.

土性도 뿌리병 발생에 중요한 작용을 한다. 一般적으로 砂質土에서 아미노酸의 分泌가 粘質土보다 높으며 소나무의 경우는 磷酸缺乏土壤에서 아미노酸 분비가 높다.

또한 地上部가 발병되면 뿌리도 影響을 받아 分泌量이 증가되는 경우도 있다. 즉, 담배에 壞疽바이러스가 感染되면 뿌리에서 많은 물질

이 分泌되며 이로 인하여 2차적으로 뿌리의 병이 발생하여 피해가 더 커진다. 주요 토양미생물과 식물 뿌리의 분비물과의 관계를 예를 들어 보면 *Fusarium*屬에 속하는 菌들은 뿌리썩음 및 덩굴썩병을 일으키는 病菌인데 이 菌은 토양중에서 分生孢子 혹은 厚膜孢子 형태로 休眠하고 있다. 寄主植物體 뿌리에서 나온 分泌物에 의하여 자극을 받아 곧 發芽하여 寄主뿌리를 침입한다. 바나나에 있어서는 抵抗性 品種의 뿌리 分泌物는 厚膜孢子 發芽를 억제하나 罹病性 品種의 뿌리 分泌物는 病原菌의 發芽를 돕는다는 보고가 있다. 그러나 콩의 경우는 저항성 品種이나 罹病性 品種 모두 뿌리에서 分泌한 물질이 病原菌의 厚膜孢子 發芽를 촉진시키나 發芽된 菌絲가 저항성 品種의 뿌리 조직을 깊숙이 침입하지 못한다. 따라서 병원균에 대한 저항성은 分泌物 하나만으로는 결정되지 않는 것 같다.

과의 菌核病을 일으키는 *Sclerotium cepivorum*의 休眠體인 菌核은 寄主가 없는 토양중에서는 3년이상의 發芽하지 않고 生存하지만 寄主 식물인 파가 재배되면 그 뿌리로부터 분비된 물질에 의하여 菌核의 發芽가 촉진된다. 즉, 寄主가 없을 때는 菌核의 발아율이 0~15%이나 寄主식물이 재식된 토양중에서는 47~

97%로 증가되며 뿌리가 상처를 받으면 100%가 발아된다. 즉, 뿌리가 상처를 입게 되면 식물체내의 물질이 더 많이 분비되었지 혹은 특수한 물질이 분비되어 病原菌의 활동을 촉진시키는 것으로 생각된다. 따라서 토양중의 해충이나 선충류에 의하여 뿌리가 상처를 입으면 菌核病의 피해가 심하게 되므로 해충이나 선충의 구제는 이 病의 방제에 도움이 된다.

흔히 育苗床에서 모잘록병을 일으키는 *Pythium* 菌은 卵孢子 형태로 토양중에서 休眠하고 있다가 씨앗이나 어린 유묘에서 분비되는 물질에 자극을 받아 곧 발아하여 식물체에 침입하는 菌絲형태로 된다. 더우기 土壤수분이 많은 곳에 종자를 뿌리면 종자에서 많은 量의 분비물이 나오게 되고 수분의 유동에 따라 주위도 확산이 잘되어 주위에 있는 卵孢子的 발아를 촉진한다. 특히 종자가 저온에서 발아하면 종자의 양분이 토양으로 쉽게 유출된다는 것은 잘 알려진 사실이다. 따라서 육묘시 묘상이 저온과 습하면 모잘록병의 피해가 커지므로 보온과 관수에 조심하여야 한다.

뿌리썩음병과 모잘록병을 일으키는 또다른 病菌으로는 *Rhizoctonia solani*가 있다. 이 病菌도 균핵 형태로 휴면월동하고 기주가 없으면 균

핵으로 존재하나 기주의 뿌리가 가까이와 분비물을 내면 곧 발아하여 균사로 된다. 내병성 품종의 뿌리抽出物이 저항성 품종의 뿌리抽出物보다 더욱 菌核의 發芽를 촉진시킨다고 한다. 이와 같은 현상이 다른 土壤病菌 Verticillium菌에서도 관찰되었다. 이와 같이 土壤病菌의 活性은 기주식물 뿌리에서 분비되는 물질에 영향을 크게 받는다. 따라서 작작물의 뿌리에서 가장 분비물이 적게 나오는 환경을 규명함으로써 토양중 병원균에 의한 피해를 輕減시킬 수 있다고 생각된다.

2. 파이토에라신과 저항성

공기중이나 토양중에는 우리 눈에 보이지 않는 수많은 微生物이 존재하고 있으며 온도, 습도, 영양분 및 주위의 生物體들의 영향에 따라 그들의 生態가 달라진다. 이들 微生物中多數가 식물에 발병시킬 수 있는 菌體이며 菌體는 환경이 菌絲가 자라 발병할 수 없는 상태일 때는 胞子の 형태로 존재하며 때가 오기를 기다리고 공기 중에 飛散한다. 비산하던 胞子中 어느 것은 기주식물의 잎에도 떨어지게 된다. 기상환경, 식물체의 건강상태, 병원균, 이 세가지 조건이 꼭 맞으면 발병하게 된다. 그러나 대부분의 식물체는 병

들지 않고 一生을 마치고 같은 식물이라도 환경조건이 같을 때 耐病性 품종의 羅病性 품종보다 발병율이 낮아 무엇인가 특별한 보호방법이 있는 것으로 생각된다. 특히 식물체의 지하부분은 수많은 微生物에 둘러 싸여 있고 수분, 온도등이 미생물 발육에 적합한 조건에 놓여 있어 발병하기에 이상적인 환경에 놓여 있으나 살아 있는 뿌리는 약할지라도 쉽게 썩지 않는 반면 죽은 나무의 경우는 여름철에 쉽게 썩어 없어진다. 또한 파종한 종자도 썩이 더 나오는 경우에는 곰팡이가 피지 않으나 썩이 트지 못한 종자는 곰팡이가 피고 썩어 버리고 만다. 즉 살아 있는 植物體는 상처를 받든지 病原菌이 侵入하면 植物體는 이에 대응하는 보호방법이 있다.

病菌에 대응하여 식물체는 물리적인 방법이나 화학적인 방법으로 자체보호를 한다. 물리적으로는 식물체 잎의 표피세포는 큐틴質이라는 비교적 굳은 層으로되어 있어 發芽한 菌絲의 침입을 막는다. 화학적인 보호방법으로는 식물체가 病에 걸리면 특수한 化合物의 함량이 증가됨으로 자체보호를 한다. 페놀類, 사포닌, 탄닌, 후다비노이드등이 그러한 物質에 屬하나 이들은 식물체의 발병 여부와는 관계없이 늘 식물체에 존재한다. 그러나 이들과 달리

파이토에렉신(Phytoalexin)이라는 화학물질은 건전식물에서는 발견되지 않다가 식물체에 병원균이 침입하면 나타나기 시작하므로 근세에 들어서 파이토에렉신이 중요한 抗菌自體保護物質이라 생각되어 많은 관심을 모아왔다. 파이토에렉신에 관한 연구는 아직도 계속되고 펙 이론적이며 논란의 대상이 되어 왔지만 식물 생리학적인 면에서 식물이 어떻게 병원균에 대하여 자체보호를 하는가를 이해하기 위하여 이물질에 대하여 생각해 보기로 한다.

가. 파이토에렉신이란 ?

파이토에렉신이란 말은 그리스語에서 由來하는 單語로 Phyton(植物—plant)와 alexin(退治物質—warding off compound)의 두 단어가 합하여 만들어진 단어이다. 파이토에렉신이란 물질에 대한 개념은 1950년대에 많이 대두되었으나 이단어를 처음 사용한 사람은 Müller group에서 시작하였으며 1956年 Müller는 “파이토에렉신은 병원균이 식물체에 침입하였을 때 병원균과 기주식물의 상호작용에서 생긴 항생물질이다”라고 정의하였다.

Müller의 말과 같이 파이토에렉신은 살아있는 기주식물에 병원균이 침입하였을 때 생성하는 물질로 抗菌物質(fungal toxicity)이다. 抗菌

性物質은 곰팡이에 따라 이에 반응하는 민감도가 다르기는 하나 어느 곰팡이에는 작용하고 어느 곰팡이에는 효력이 없는 선택성이 있는 것이 아니다. 菌이 침입하면 이 抗菌物質이 생성되어 菌에 對해 毒性을 나타내므로 곰팡이 菌絲가 더 이상 자라지 못하게되어 病에 대하여 내병성을 나타내게 된다. 이와 같은 현상은 여러 식물에서 관찰되었다.

파이토에렉신의 생성은 植物의 종류에 따라 그 생성되는 물질과 양이 달랐다. 파이토에렉신을 분비하는 식물로는 大豆, 蘭類, 豌豆, 강남콩, 당근, 면화 등이 알려졌다며 이들이 分泌한 파이토에렉신은 植物의 이름 일부를 따서 命名하였다. 예를 들면 豌豆가 생성하는 파이토에렉신은 피사틴(Pisatin)이라 알려졌는데 완두의 學名은 *Pisum sativum*이며, 강남콩이 分泌하는 것은 phaseollin인데 강남콩의 학명은 *Phaseolus*이다. 파이토에렉신의 종류는 여러가지로 전문적이고 학문적인 냄새가 나기는 하나 이제 몇 가지 예를 들어 설명하고자한다. 豌豆에서 分泌되는 Pisatin은 최초로 수확한 완두 꼬투리 內果皮에 病原性이 없는 균 *Monilia fructicola*를 접종한 후에 생성된 것을 분리해낸 것인데 이 콩에서 생성되는 Pisatin은 地上部뿐만 아니라 뿌리에서도 발견된다.

◇ 식물의 생리생태와 병충해관계 ◇

피사틴은 광범위한 菌類에 抗菌作用이 있고 병균에 침입받은 부분은 그 농도가 매우 높아 저항성을 결정하는데 중요한 역할을 하는 것 같다. 그러나 완두에 발병하는 일부의 병균은 피사틴을 분해하는 힘이 있다는 것이 알려졌다.

蘭類(Orchids)가 抗菌物質을 생성하여 자체보호한다는 사실은 1910년경에 알려졌다. 蘭의 뿌리는 병원성이 미약한 토양균이 기생하면 蘭은 Hircinol(히르시놀)과 오키놀(Orchinol)이라는 일종의 파이토애택신을 만들어서 그 菌이 더 번지는 것을 막는데 그후에 비록 이보다 병원성이 매우 높은 병원균이 침입하여도 이 항균물질에 의하여 발병치 못한다. 반면 토양균이 전연 기생치 않았던 개체는 병원성이 높은 병원균이 침입하면 쉽게 병들어 시든다. 大豆는 6- α -hydroxy-phaseollin이라는 파이토애택신을 만든다. 콩의 떡잎에 *Phytophthora megasperma* var. *sojae*라는 菌의 菌絲를 접종시키면 10시간 후부터 떡잎에서 파이토애택신을 생산하기 시작한다.

병원성이 높은 계통(race)은 접종 후 2일이면 떡잎을 완전히 썩히는 반면 병원성이 낮은(親和力이 없는)系統을 접종한 떡잎에는 작은 반점만이 생길 뿐이다. 파이토애택신의 생성량은 병원성이 높은 계통을 접

종한 떡잎에서 보다 병원성이 낮은 계통이 접종된 곳에서 10~100배정도 높았다. 즉 병원성이 낮은 병원균은 식물을 어떻게 자극하여 파이토애택신이 많이 분비되게하여 그 결과로 병원균이 떡잎속에서 생존하지 못하여 發病케 못하고 병원성이 높은 것은 그 반대 경향이다. 콩에 병원성이 전연없는 *Helminthosporium carbonum* 外 3種의 菌을 접종시킨 결과 非接種 大豆보다 파이토애택신 양이 4~5배이상 되었다. 이와 같이 大豆는 6- α -hydroxyphaseollin이라는 파이토애택신을 만들어 體內에 침범하는 병원균의 생육을 抵害한다. 그러나 發病初期에 이 파이토애택신을 씻어버리거나 加溫處理를 하여 파이토애택신의 생성을 억제시키면 저항성 품종도 쉽게 병에 걸린다. 또한 저항성이 낮은 품종에 이 파이토애택신을 처리하게 되면 강한 저항성을 나타내게 된다는 報告도 있다. 강남콩은 phaseollin 外 3種類의 파이토애택신을 생성하는데 특히 파제올린은 많은 種類의 곰팡이류에 강력한 抗菌作用이 있다고 하나 박테리아에게는 영향을 미치지 않는다. 강남콩의 病에 對한 抵抗性의 결정은 phaseollin생산량과 깊은 관계가 있는 것으로 알려졌다. 고구마는 Iqomeamarone을 만든다. 건전한 뿌리에서는 이것을 檢出할 수 없으나 일

◇ 식물의 생리생태와 병충해관계 ◇

단 病菌이 침입하면 뿌리 1g當 40mg 정도의 Igomeamarone을 추출해 낼 수 있다. 특히 저항성 품종은 이 병성 품종보다 월등히 많은 양을 생산한다.

棉花(Gossypium spp)의 뿌리는 고시폴(gossypol)을 생성하여 뿌리로 부터 침입되는 병균을 막는다. 病菌이 침입하면 급속히 고시폴을 많이 만들어 병의 진전을 억제하여 자신을 보호한다. 또한 病原性이 약한 病菌을 미리 인공적으로 접종하였던 바 棉花體內에 다량의 고시폴이 축적되어 뿌리썩음병 방제가 가능한 시험결과도 보고되었다. 이와

같이 여러식물에서 파이토에렉신을 분비하고 분비된 파이토에렉신과 품종의 耐病性과는 관계가 있는 것으로 내병성 품종은 罹病性 품종보다 파이토에렉신이 더 많이 생성된다.

그 예로서 <표 1>에서 보는 바와 같이 완두 갈색무늬병에 저항성 품종과 이병성 품종에 갈색무늬병균, *Ascochyta pisi*를 접종한 후 각 품종별로 완두가 분비하는 파이토에렉신인 피사틴 생성량을 보면 저항성 품종일수록 피사틴의 양이 많은 반면 罹病性 品種은 그 양이 매우 적어서 病菌의 침입을 저지치 못한 것으로 나타났다.

<표 1> 갈색무늬병균(*Ascochyta pisi*) 접종후 완두품종별 pisatin 濃度 比較

豌 豆 品 種	抵 抗 程 度	pisatin 濃度(μg/g생체중)
M.U. gex Tibet	高度罹病性	309
Little Gem	"	549
Collegian	"	625
Greenfeast	罹病性	686
Veritable st. Laurent	"	826
Sans Par Chemin de 40 Jours	"	821
O.A.C. 181	中程度抵抗性	1049
Early Blue	"	1172
A-100	"	1197

(Cruckshank and Perrin 1965, Aust. J. Biol sci 18 : 829—835)

또한 동일한 식물에서는 병원성이 약한 병균을 접종하였을 때는 병원성이 높은 菌을 접종하였을 때보다

파이토에렉신생 성량이 많은 것이 알려졌다. <계속>