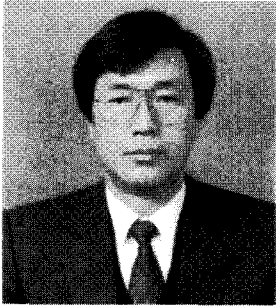


## 시들음병과 뿌리썩음병을 일으키는 후자리움(Fusarium)균



**박 창 석**  
경상대학교  
농생물학과 교수

후 자리움도 앞서 연재한 피시움이나 라이족토니아에 비하여 그 피해 정도나 병징의 다양성면에서 조금도 뒤지지 않는 중요한 토양 병균이다. 앞서 기술한 병균들보다 오히려 더욱 강력한 병원성을 나타내고 누적적으로 증가되어 넓은 면적에 병을 발생시킴으로써 작물생산에 결정적인 제한 요인이 되기도 한다. 또한 약제처리나 일회적인 간단한 처리로서는 도저히 방제가 안되기 때문에 세계 각국에서 가장 큰 관심을 갖고 있는 토양병균이다.

후자리움균 중에 어떤 종(種)들은 줄기, 잎, 열매 등에 다양한 병을 일으켜 큰 피해를 주고 있지만 본연재에서는 토양에서 전염되고 뿌리나 땅가에 가까운 부위를 침입하는 것들에 대해서만 기술하고자 한다. 토양으로 부터 전염되는 병원성 후자리움균을 병징과 주로 침입하는 부위에 따라 나누어 보면, 먼저 뿌리털이나 뿌리의 맨 끝 부위로 침입하

여 속 껍질층을 통과하여 물관에서 증식하며 시들음병을 일으키는 것과 뿌리의 상처나 뿌리털로 침입하여 뿌리의 속껍질(피층)부위에서 증식하며 조직을 부패시켜 뿌리썩음병을 일으키는 것, 그리고 이보다는 좀더 윗부분을 침입하여 땅가 줄기의 바깥 부위를 가해하는 것이 있다.

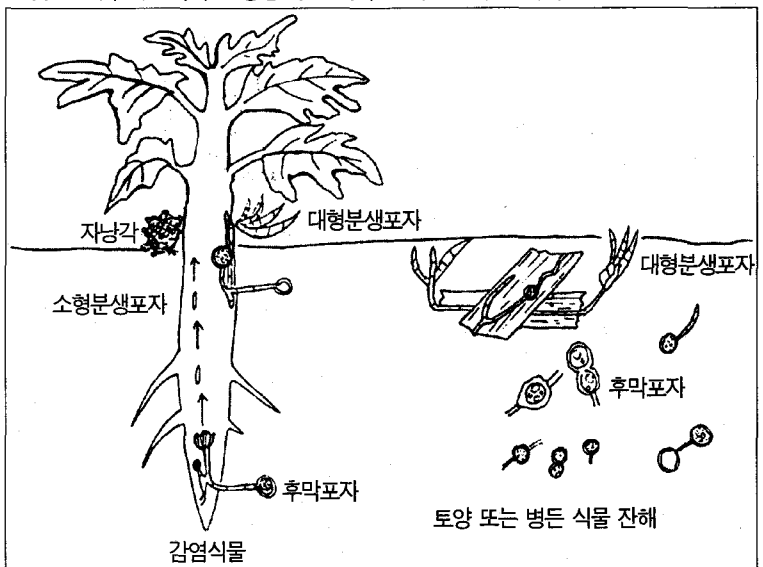
### 1. 후자리움균의 특징

후자리움은 균사나 포자가 다양한 환경에 적응할 수 있도록 여러가지 형태로 잘 발달되어 있으며 이에 따라 생활사도 매우 다양하다(그림1). 후자리움의 균사는 거의 무색이지만 여러 가닥이 모이면 흰색으로 보인다. 영양물질이 충분하면 균사가 왕성하게 자라는데 균사의 생장은 토

양중에서 영역을 확대하거나 기주에 침입하여 세포나 조직 사이를 이동하는데 아주 중요한 역할을 한다. 또한 병든 조직 속에 남아있는 균사나 토양중의 균사는 후자리움균이 월동하는 중요한 수단이다.

이 균은 왕성한 균사생장과 함께 여러가지 포자를 형성하는데, 첫째로 영양상태나 환경에 크게 영향을 받지않고 어떤 조건에서나 잘 만들어내는 소형 분생포자가 있다. 이 포자의 모양은 달걀모양이거나 긴 타원형으로 어린 뿌리를 침입하기도 하지만 식물의 조직 내부에 형성되어 물관을 따라 자유롭게 이동함으로써 뿌리에서 지상부의 줄기에까지 식물체 전체에 병원균을 전파하는 중요한 역할을 담당한다. 소형 분생포자 보다는 훨씬 크고 초생달 모양

그림1. 기주식물이나 토양중에 존재하는 여러가지 형태의 후자리움균



이거나 긴 자루모양의 대형 분생포자를 만든다. 대형 분생포자는 충분한 영양물질과 에너지를 저장하고 있기 때문에 기주에 침입하거나 서식처를 옮겼을 때 새로운 집단을 형성하는 번식체로서 아주 유용하다.

이 두가지 포자들과 약간 성격이 다르지만 무성적으로 형성되는 포자 중에는 후막포자라는 것이 있다. 주로 공모양의 둥근 포자로서 막이 두껍고 저장양분이 농축되어 있어서 불리한 환경에 잘 견디어냄으로써 휴면과 월동에 매우 유리하다. 후막포자는 왕성하게 증식하던 균사나 대형 분생포자가 노쇠화되면서 균사나 대형 분생포자 내부에 하나 또는 연쇄상으로 형성된다.

토양 전염성 후자리움 중에는 짝짓기를 하여 자낭포자를 형성하는 것도 있다. 공모양의 자낭각 안에 수많은 자낭을 만들고 자낭 안에 8개의 자낭포자를 만드는데 자낭포자는 2개의 포자로 긴 타원형이다. 자낭포자는 두꺼운 자낭각 안에 있기 때문에 월동과 휴면에 유리할 뿐만 아니라 자낭이 완전히 성숙되면 자낭포자를 공기중에 비산시켜 멀리까지 병균을 확산시킬 수 있다.

## 2. 후자리움균의 발병생태

토양 중에 있는 많은 종류의 후자리움들은 주로 썩은 식물체의 부스러기나 토양유기물로 부터 영양분을 얻어 생활해 나간다. 이들 중에 일부는 식물에 강력한 병원성을 낼 뿐

만 아니라 기주에서만 효과적으로 증식하는 등 살아있는 식물에 크게 의존적인 것과 주로 부생생활을 하다가 기주식물이 약해지거나 상처가 났을 때 상처를 통해서만 침입할 수 있는 약한 병원성을 가진 것, 그리고 살아있는 식물에는 전혀 침입하지 않고 부생적으로만 증식하는 것들이 있다. 일단 작물이 없어지고 환경이 불리하게 되면 이들은 토양 중에 후막포자로 또는 병든 식물의 잔재에 균사로 휴면하다가 기주식물이 다시 심겨지면 그 식물의 뿌리에서 분비되는 영양물질에 자극을 받아서 발아하고 활성화되어 기주를 침입하거나 마땅한 유기물을 만나면 부생생활을 지속시켜서 집단을 증식시킨다. 토양중에서 부생을 하는 동안 여러가지 불리한 환경을 맞게 되는데 부적당한 온도나 습도 또는 영양물질 같은 환경은 대개 극복하지

만 길항미생물과의 경합에 의해서 집단이 크게 줄어든다.

토양에서의 전파는 토양수분의 이동과 함께 짧은 거리를 이동하고 주로 병든 토양이 모종에 붙어서 퍼진다. 병든 토양에 식물을 심게되면 포자가 발아하여 발아관이 직접 뿌리의 표피를 뚫고 침입하거나 상처난 곳으로 침입한다. 침입한 균사는 피층을 지나서 도관에 이르고 계속해서 중심부에 이르며 소형 분생포자를 형성하여 수액상승과 함께 위로 올라간다. 소형 분생포자는 계속해서 이웃 물관으로 이동 침입하여 병을 확산시킨다. 도관에서 증식하는 균사의 포자는 이들이 분비하는 점성물질 그리고 파괴된 도관벽등이 뒤섞여서 도관을 막아 수액의 상승이 차단되어 시들게 된다. 줄기의 조직이 수분부족으로 죽게 되면 조직을 파괴하고 밖으로 나와서 다량

사진1. 후자리움 시들음병에 걸린 오이 줄기(줄기에서 진액이 나오며 쪼개진다)





사진2. 후자리움에 의한 딸기 위황병(새로 나오는 잎이 노랗게 되고 잎 하나가 작다)

의 대형 분생포자를 형성하여 이 포자가 바람과 물에 의하여 이웃 식물에 전파된다.

이 균은 산성토양에서 비교적 생장이 왕성한데, 일반적으로 미생물의 생장이 현저하게 억제되는 산성토양에는 경쟁미생물이 없고 작물의 생장은 상대적으로 약해지기 때문에 산성토양에서는 병이 많이 발생한다. 또 후자리움균과 토양선충은 밀접한 관계가 있는데 선충은 기주에 침입하기 위하여 성체를 내어 병원균의 침입을 도울 뿐만 아니라 뿌리의 생육을 저해하고 선충과 복합적으로 병을 일으켜 더욱 피해를 크게 한다. 후자리움균은 온도가 낮을 때 보다는 높을 때, 습한 토양 보다는 오히려 약간 건조한 토양에서 더 피해가 심하다. 특히 시들음병을 일으키는 균은 건조한 사질토양에서 왕

성하게 성장한다. 다른 나라에서는 여러해 동안 감수성인 작물을 같은 땅에 재배하여도 후자리움에 의한 시들음병이 전혀 발생하지 않거나 아주 적게 발생하는 억제형 토양이 확인되고 있는데 우리나라에서는 아직 발견되지 않고 있다.

### 3. 주요 병징

후자리움균은 거의 모든 토양에 분포되어 있으며 연구자들이 토양에서 가장 흔하게 분리해 낼수 있는 곰팡이 중에 하나이다. 그러나 이들은 대부분 부생적으로 토양의 썩은 유기물을 먹고 자랄 뿐 식물에 병을 일으키는 것은 극히 제한되어 있다. 그러나 일단 식물에 침입하면 다른 어떤 토양병원균 보다는 집요하게 작물을 파괴하는 특징을 가지고 있다.

### 가. 모잘록병

피시움이나 라이족토니아에 의한 병징과 유사하나 앞에 것들은 저온 다습한 환경에서 많이 발생하는데 비하여 후자리움은 약간 건조하고 온도가 높을 때 피해가 많다. 후자리움에 의한 모잘록병은 떡잎이 시들면서 땅가 줄기가 연한 갈색으로 변하며 건조한 상태로 썩어 잘록해진다. 거의 모든 채소작물에 모잘록병이 발생되지만 박과작물에서 주로 많이 발견되며 참깨와 목화외의 입모을 확보에 가장 심각한 영향을 주는 것이 후자리움에 의한 모잘록병이다.

### 나. 시들음병

후자리움에 의한 병중에서 가장 큰 피해를 주는 것이 시들음병인데 우리나라에서는 오이, 수박, 참외, 멜론 등에 큰 피해를 주고 있다. 박과작물 중에서 박이나 호박은 이 병에 거의 걸리지 않기 때문에 저항성 대목으로 사용하고 있다. 오이, 수박, 참외 같은 작물에서는 병이 진전됨에 따라 덩굴이 쪼개지고 갈색으로 변하면서 줄기가 죽기 때문에 덩굴쪼김병이라는 이름으로 더 잘 알려져 있다. 이 병은 만성형으로 유포기부터 나타나는 수도 있지만 대부분 생장이 활발하고 과일이 한참 성장하는 시기에 발병하기 때문에 피해가 심하다. 병에 걸린 식물은 전반적으로 힘이 없고 날씨가 맑은 날에는 아래잎 부터 시들다가 아침 저녁이나 흐린날에는 회복되는 증상이 몇일간 반복된다. 이어서 아래 줄기

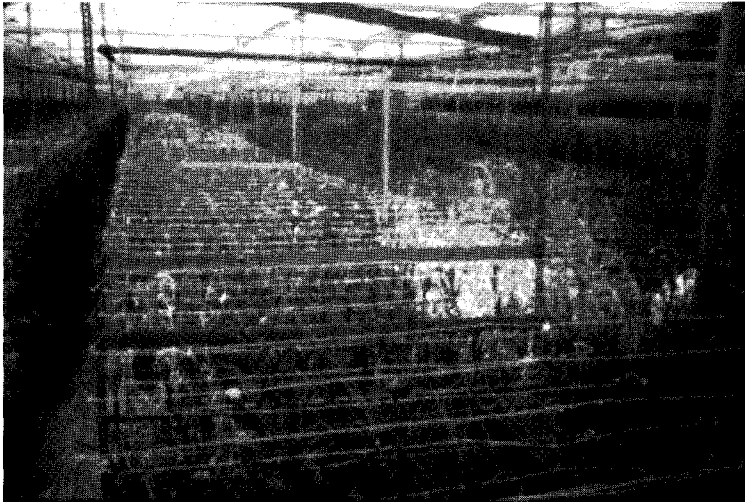


사진3. 후자리움 시들음병에 심하게 걸린 카네이션

가 갈라지면서 진액이 나오고 결국 덩굴이 길게 꼬개지면서 포기 전체가 시들어 죽는다(사진1).

박과작물 이외에 참깨, 목화, 고구마 같은 발작물과 카네이션, 딸기, 토마토 같은 시설원에 작물에도 시들음병이 많이 발생한다. 딸기는 새로 생기는 잎이 황색으로 변하고 흔히 세개의 잎 중에서 하나가 작아지는 짝잎 현상이 나타나고 전체적으로 생육이 위축되기 때문에 위황병으로 불린다(사진 2).

병든 식물은 개화 결실이 아주 부진하며 나중에는 포기 전체가 시든다. 카네이션에 있어서 가장 무서운 토양병이 후자리움에 의한 시들음병인데 모종을 이식한 당년에는 별로 발생이 없다가 다음해 한창 꽃이 필 무렵 부터 증상이 나타나기 시작한다. 병든 식물은 전반적으로 녹색

이 퇴색되면서 생장이 둔화되어 다른 식물보다 키가 작고 힘이 없이 늘어지다가 점차 누런 갈색으로 변한다. 병이 심하게 발생한 포장에서는 줄기의 아래 부분이 갈색으로 부패하면서 이랑 전체가 내려앉는다(사진 3).

가지, 토마토, 시들음병은 처음 몇일동안은 시들고 회복되는 현상이 반복되다가 잎이 황화되면서 식물이 자라지 않고 마침내 포기 전체가 시들어 버린다. 경우에 따라서는 줄기의 반쪽만 시드는 경우도 있다. 가지에 나타나는 병징을 보면 줄기의 반쪽만 시들 뿐만아니라 잎도 반쪽만 황색으로 변하고 엽맥이 선명하게 드러나면서 시든다. 병든 줄기나 결가지를 잘라보면 물관부나 속이 갈색으로 변화되어 있기 때문에 쉽게 진단할 수 있다.

### 다. 뿌리썩음병

후자리움의 종에 따라서는 물관을 폐쇄하여 시들음병을 일으키는 것과 전혀 상관없이 잔뿌리를 썩히거나 원뿌리의 피층이 썩는 뿌리썩음병을 일으키는 종들이 있다. 이러한 균들은 시들음병을 일으키는 종들과는 여러가지 면에서 다른데 특히 침입하는 기주와 침입부위가 다르다. 강낭콩, 잠두, 녹두, 땅콩 같은 콩과작물에는 뿌리썩음병이 주로 발생한다. 어린묘에 발생하는 뿌리썩음병은 종자가 발아한지 1주일 전후 부터 배축과 지하경에 붉은색의 작은 반점이 나타난다. 이 병반이 점점 커지면서 뿌리 전체가 점차 갈색으로 변하고 뿌리털과 결뿌리가 생기지 않으며 땅위의 줄기에까지 붉은색 반점이 확산된다. 다자란 식물에서는 일찍 병든 식물은 줄기가 붕괴되어 넘어지는 경우가 많다. 유묘기를 제외하고는 지상부의 병징에 나타나는 뚜렷한 병징은 없으나 뿌리썩음병이 계속 진전되어 개화기에 이르면 생장이 현저하게 둔화되고 잎은 녹색이 옅어져 황색으로 변하며 결실이 부실하여 10~20%의 감수를 가져오는 일이 흔히 있다.

뿌리썩음병이 고구마나 감자 같은 작물에도 발생하는데 지상부로 나타나는 증상이 없기 때문에 진단이 매우 어렵다. 다만 병에 걸린 식물은 생장이 둔화되고 수확한 감자나 고구마가 건조한 상태로 썩는 것은 후자리움균에 의한 뿌리썩음병이다. 후자리움에 의한 뿌리썩음병은 툴

립, 글라디올러스, 백합, 다알리아 같은 구근류에도 많이 발생하는데 지상부에는 별로 증상이 없다가 재배말기에 이르면 황백색 또는 갈색으로 변하고 심하면 땅가 줄기가 썩는다. 수확한 구근은 붉은색 또는 갈색 반점이 생기며 병반 부위가 움푹들어가며 부패한다.

인삼의 뿌리썩음병은 인삼재배에 있어서 가장 중요한 병으로 후자리움 뿐만 아니라 다른 곰팡이와 세균이 함께 가세하여 최종 수확물인 인삼의 뿌리를 썩게 함으로써 큰 피해를 주고 있다. 후자리움에 의한 뿌리썩음병은 대체로 3년근이후에 발생하기 시작하는데 여름철 온도가 높을 때, 과습과 건조가 교차되어 수분장해를 많이 받은 토양에서 발생이 심하다. 지상부에 병징이 나타날 때는 이미 병이 상당히 진전되었을 때인데 잎이 시들고 점차 잎전체가 적갈색으로 변하며 얼마 안가서 줄기 전체가 시든다. 뿌리에는 처음 수침상의 작은 무색 병반이 생겨나서 갈색으로 변하였다가 점차 검은색으로 썩어버리고 나중에는 표면에 백색 균사가 피어난다.

#### 라. 줄기썩음병

줄기썩음병은 특별히 균의 종류가 구분되어 있기 보다는 주로 뿌리썩음병균이 심해져서 지상부 줄기까지 병증이 확산된 경우가 많고 일부 땅가 줄기만을 가해하는 종류가 있을 뿐이다. 국화나 카네이션 같은 화훼 작물에는 줄기의 아래 부위에 연한

갈색의 병반이 생겨나는데 그 주위가 분홍색 또는 붉은색으로 변한다. 병반이 점점 커지며 식물체는 누렇게 마르고 줄기의 목질부 까지 확대되어 죽어버린다.

#### 4. 방제법

후자리움에 의해서 발생하는 병은 작물이 재배되고 있는 동안에 농약을 처리하거나 그밖에 간단한 일회적인 방법으로 방제할 수는 없다. 대부분의 토양병이 그리하듯이 병발생이 예상되는 작물을 재배할 경우에는 미리 대책을 강구해야 한다.

첫째로 이 병은 전염원이 토양으로부터 오는 것이 대부분이므로 재배할 토양의 전염원을 제거해야 할 것이다. 같은 작물을 계속해서 심는 토양은 토양훈증을 하거나 논으로 윤작하여 전염원 밀도를 낮추어야 하며 특히 상토는 철저히 병원균이 없는 토양을 사용해야 한다. 후자리움균은 열에 비교적 약하므로 토양의 태양열 소독이 효과적인 방제 방법으로 대두되고 있다. 여름철 비닐 하우스를 밀폐하여 물을 댄 다음 투명한 비닐로 토양 표면을 멀칭하여 태양열을 쪼이면 토양 표면의 온도가 55℃ 이상 상승하여 후자리움균을 효과적으로 방제할 수 있다. 토양 훈증제 이외에는 약제로 이 병균을 막기가 매우 어려운데 초기의 유묘에 발생하는 모잘록병을 막기 위해 토양소독제를 관주하거나 분제를 토양에 섞는 것은 효과를 볼 수 있다.

두번째로, 후자리움균의 전염원으로 종자나 모종이 있는데 철저히 무병지에서 재배한 모종을 선택해야 하며 종자는 종자소독을 하는 것이 안전하다.

토양중의 후자리움은 기주작물의 근분비물에 의하여 유인되고 활성화되므로 기주의 감수성과 유전적인 특성은 병발생을 좌우한다. 따라서 완전한 저항성은 아니라 하더라도 병이 덜 걸리는 품종을 선택하는 것이 병방제에 크게 도움이 된다. 유럽이나 미주지역에서는 멜론이나 수박을 침해하는 후자리움균은 많아도 우리나라에서 가장 피해가 큰 오이를 침해하는 균은 아주 적다고 한다. 이렇듯 균의 병원성 분화와 기주저항성을 잘 이용한다면 효과적인 방제 방법을 찾을 수 있을 것이다.

박과작물을 앞서 말한바와 같이 저항성 대목인 참박이나 신토좌 호박 등에 접목하여 거의 완벽할 만큼 이 병을 방제하고 있다. 다만 생산물의 품질을 저하시키는 점과 저온기에 재배할 경우 뿌리의 신장성을 향상시키는 문제가 남아있다.

후자리움을 생물학적으로 방제하려는 연구는 많이 시도되고 있다. 그중에 비병원성 후자리움균을 이용하거나 길항미생물을 이용하여 병을 억제하는 연구는 상당한 효과를 거두고 있다. 길항미생물의 이용은 작물의 근권에 효과적으로 도입하고 오랫동안 정착시키는 문제가 아직 미해결로 남아 있다. **농약정보**