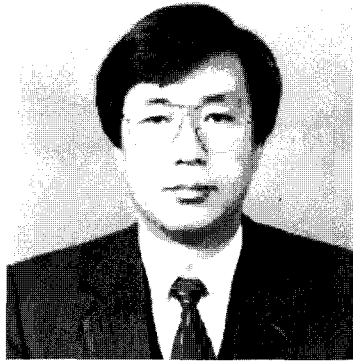


# 토양병의 발생생태와 그 특성 1

**최** 근들어 우리 농업은 여러 가지 면에서 크나큰 어려움을 겪고 있으며 이땅에 농업이 살아남을 수 있느냐 하는 위기상황에 처해 있다고 말하고 있다. 그러나 우리의 농민들은 옛부터 부지런하고 어려움을 때마다 지혜를 발휘했으며 새로운 기술을 개발하고 받아들이는 것을 주저하지 않았다. 그 결과로 다양하고 전문화된 기술을 개발하여 농가 소득을 올리고 일년 내내 신선한 채소와 과일을 공급할 수 있는 기반을 마련하였으며 그로 인하여 새로운 수요를 창조했던 것이다. 오늘날 우리 농업은 자연에 의존한 단순한 농산물 생산이 아니라 가능한 모든 자재와 시설을 동원하여 상품성이 높은 농산물을 최대한으로 생



**박 창 석**  
경상대학교 농생물학과 교수

**토양을 건강하게 관리하는 것은 농업의 근본이며 건강한 토양에서만 좋은 생산물을 얻을 수 있다.**

산하며 판매와 유통전략까지 염두에 두고 농사에 임하게 되었다.

그러나 농업은 근본적으로 땅을 바탕으로 모든 것을 생산하는 지속적인 산업이므로 한 두 해에 많은 것을 얻기 위하여 무리하게 많은 것을 투여하거나 땅의 성질을 바꿀 정도의 큰 변화를 주어서는 안될 것이다. 하지만 농사가 점점 경제성만을 강조하면서 보다 많은 것을 투여하고 한가지 작물만을 계속해서 재배하는 경우가 많이 생기고 있다. 이와같은 현실 때문에 생산의 근본이 되는 토양의 유지와 관리가 다른 무엇보다도 중요한 과제로 대두하게 되었다. 연작으로 생기는 문제점 중에서 가장 중요한 것이 토양병이라는 것은 많은 학자들의 연구결과에 의해서 증명되고 있다. 더욱이 공동생산과 공동판매, 또는 그 지역에서만 적용될 수 있는 독특한 재배기술 등으로 인하여 해마다 같은 방법으로 재배할 경우 한번 토양병이 발생하면 누적적으로 증가될 수밖에 없다.

이 글이, 이제 그 중요성이 점점 증대되고 있는 토양병을 조금 더 낮게 이해하고 이에 대한 관심을 돌우는데 도움이 되었으면 하는 바램이다.

표 1. 우리나라에서 경제작물에 발생하는 주요 토양병

작물	주요 토양병
감자	둘레썩음병, 무름병, 검은무늬썩음병(흑지병)
담배	세균성마름병, 역병, 잘록병, 균핵병
참깨	꽃마름병, 시들음병, 역병, 잘록병
인삼	무름병, 뿌리썩음병, 균핵병, 역병, 잘록병
배추	무름병, 뿌리마름병(뚝다병), 밑둥썩음병, 균핵병
오이, 수박	세균성시들음병, 덩굴썩짐병, 잘록병, 역병, 균핵병
토마토	무름병, 꽃마름병, 시들음병, 역병
고추	꽃마름병, 역병, 시들음병, 잘록병
마늘, 양파	무름병, 균핵병, 시들음병, 잘록병
딸기	시들음병(위황병), 눈마름병

## 지하부 생장의 중요성

식물뿌리는 지상부가 정상적인 형태로 성장할 수 있도록 지탱해주고 물과 양분을 흡수하여 공급해주며 식물생장에 필요한 호르몬이나 생리활성물질을 합성하는 기능을 수행하는 등 중요한 역할을 담당하고 있다. 뿌리는 끊임없이 새로 생겨나며 오래된 조직은 탈락되거나 목질화되어 물과 양분의 통로가 되고 흡수하는 기능과 그 밖에 활성적인 기능은 새롭게 만들어지는 어린뿌리, 잔뿌리에서 담당한다. 사실상 뿌리털을 포함하여 지하부의 표면적을 모두 합한 것은 지상부의 총표면적을 합한 것보다 훨씬 더 넓으며 합성되는 생물량도 더 많다. 우리는 작물을 재배해 오면서 관습적으로 지상부 생육에만 관심을 기울여 왔을 뿐 생장에 커다란 영향을 주는 뿌리에 대해서는 소홀히 해왔던 것이다. 지금까지 인류가 향상시켜 온 작물의 생산능력을 다시 한번 획기적으로 증가시키려 한다면 이제는 지하부의 생장에 대하여 적극적인 관심을 가져야 할 것이다. 토양을 훈증하거나 태양열 또는 증기소독을 하였을 때 작물 생육이 왕성해지고 수량이 현저히 증대된다는 것은 이미 잘 알려진 사실이다. 이것은 뿌리 발육을 저해하는 해로운 미생물을 제거함으로써 뿌리생장이 활발해졌기 때문이라는 것이 많은 연구자들의 일치된 결론이다. 결국 토양병을 방제한다는 것은 병에 의한 직접적인 피해를 막는 것 뿐만 아니라 작물의 성장을 왕성하게 하고 생



산량을 증대할 수 있는 부차적인 효과도 얻게 된다.

## 주요작물의 토양병

현재 우리나라에서 재배되는 작물중에서 경제성이 있다고 인정되며 재배면적이 비교적 큰 작물에 발생하는 중요한 토양병을 살펴보면 표1과 같다. 토양병은 노지에서조차 발생되지만 가장 문제가 되는 것은 역시 비닐 하우스나 온실과 같은 시설내에서 재배하는 각종 채소작물과 화훼류에서 피해가 심하다. 노지에서는 대규모로 단지화해서 재배되는 고추, 고냉지 채소, 참깨, 감자 등과 담배, 인삼 등에 토양병이 발생하여 해에 따라서 큰 피해를 주고 있다.

오늘날 시설원예는 점차 대형화되고 철재 구조물로 된 고정시설이 늘어나고 있으며 이 동식이라 할지라도 크게 자리를 변동하지 않는 것이 보통이다. 시설원예의 토양환경은 노지토양에 비하여 강우나 침수 등에 의한 토양성분의 변동이

적고 연중 최저 온도가 일정수준 이상으로 유지되므로 토양미생물이 활동하기에 적합하다. 더욱이 토양병균의 입장에서 보면 가장 알맞은 서식처인 작물이 연중 재배되고 있으므로 병균의 집단을 늘여가는 매우 좋은 환경이다. 이 때문에 정도의 차이는 있으나 거의 모든 시설원에 작물에서 토양병이 문제시 되고 있으며 일부 작물에서는 심각한 피해를 주고 있다. 노지에서 재배되는 작물은 시설내의 작물에 비하여 토양병의 발생 위험율이 훨씬 낮은 편이다. 하지만 앞에서 말한 것처럼 한가지 작물이 대규모로 해마다 재배되는 지역에서는 전염원이 해마다 누적되고 넓은 지역에 흩어져 있는 병균중 어느 한쪽이라도 좋은 조건을 만나 대량으로 증식하게 되면 주변에 같은 작물이 많이 재배되고 있기 때문에 넓게 퍼져서 큰 피해를 주는 경우가 많다. 특히 고추역병이나 배추의 무름병과 같이 증식이 빠르고 토양수분 이동과 함께

쉽게 이동하는 병은 짧은 기간 동안에 병이 확산된다.

### 토양병균의 특성

토양병은 병을 일으키는 병균들이 오랫동안 토양환경에 적응하며 진화되어 왔기 때문에 지상부의 병을 일으키는 병균들과는 여러가지 면에서 차이가 있다.

### 기주 없이도 살 수 있다.

토양병이라 하면 전염원이 토양으로 부터 시작하여 뿌리나 땅가 가까운 줄기를 침입하며 2차적으로 확산되는 병원균도 토양 속에서만 생기는 병들을 말한다. 토양병원균들은 식물체에 침입하여 증식하다가 조직을 파괴하고 줄기 밖으로 나오는 것을 제외하고는 일생의 대부분을 땅속에서 지낸다. 지상부에 병을 일으키는 식물병원균들은 생존하기 위하여 기주에 의존해야 하기 때문에 강한 병원성과 다양한 침입력을 가지고 있다. 이에 비하여 토양

갈 수 있는 것이 많다. 또한 지상부의 환경은 자외선이나 건조, 고온, 바람 등과 같은 생존에 불리한 환경 속에 직접 노출되지만 토양 환경은 이러한 불리한 조건들을 완화할 수 있는 토양이란 매체로 둘러싸여 있기 때문에 병균이 생존하기에 훨씬 유리하다. 토양병원균은 기주가 없거나 불리한 환경이 되면 쉽게 내구체(耐久體) 또는(休眠體)를 잘 형성한다. 지상부 병원체가 휴면포자나 균핵 같은 내구체를 형성하려면 일정한 생활사의 단계를 거쳐야 하며 병의 말기에 이르러서야 형성되지만 토양병원균은 영양이 결핍되거나 환경이 불리해지면 수시로 형성하여 악조건에서도 사멸되지 않고 상당히 오랫동안 살아남을 수 있다. 일반적으로 지상부에 발생하는 병은 아무리 엄청난 병이 발생하였다 하더라도 일단 작물을 수확하고 이듬해 새로 작물을 재배하게 되면 전년도 발병과는 거의 상관없이 없는 발병

다면 전년도 발병과 밀접한 상관을 가질 수 밖에 없다.

### 악한 부위를 침입한다.

토양병원균의 부생성이 크고 기주 없이도 장기간 생존할 수 있다 하더라도 살아있는 식물을 침입할 수 있는 능력을 갖고 있기 때문에 병원성이 없는 다른 토양 미생물과는 근본적으로 다르다. 오랜 세월동안 적응하고 진화해옴으로써 각각의 병원균마다 살아있는 식물세포를 침입할 수 있는 고유의 능력 즉, 병원성을 가지고 있다. 일반적으로 토양병원균은 지상부 병원균처럼 특정한 작물이나 품종에만 한정하여 병을 일으키지 않고 많은 작물을 두루 침입할 수 있는 다범성균들이 많다. 토양병원균의 개체 하나 하나는 침입력이 강하지 않기 때문에 기주표면에 상당히 많은 병원균의 세력이 형성되었을 때에야 비로소 기주 내부로 침입할 수 있으며, 식물의 뿌리나 땅가 줄기에 난 상처로 침입하거나 아주 연약한 부분인 잔뿌리, 뿌리털 또는 발아한지 얼마 안되는 어린줄기를 침입한다. 또한 기주식물이 성장하기에 부적당한 환경으로 말미암아 생육상태가 나빠지고 연약해졌을 때 침입하는 경우가 많다. 따라서 좋은 조건에서 왕성하게 생육하는 작물에는 토양병원균이 침입하기 어렵다.

표 2. 식생환경에 따른 식물군의 지상부와 지하부 구성비율 (Schulze 1983)

식물종류	구 성 비 율 (%)			
	광합성 기관	지상부 줄기	지하부 뿌리	지상부/지하부
열대수목	1-2	80-90	10-20	0.11
온대활엽수	1-2	80	20	0.25
한대침엽수	4-5	75	20	0.25
온대관목	10-20	20	60-70	1.86
화본과식물	30-50	20	50-70	5.67
고산식물	10-20	10-20	80-90	5.67

병원균들은 식물에 침입하지 않고도 토양중의 유기물을 분해하여 에너지를 얻거나 다른 미생물들과 공동으로 생태계를 형성하면서 오랫동안 생존해

양상을 나타낸다. 이에 비하여 토양병은 병원균의 상당수가 바로 그 토양에 생존하고 있기 때문에 일단 병원균의 밀도가 증가된 상태에서 출발한다고 본

### 기주에서 증식한다.

많은 종류의 토양미생물이 식물뿌리에서 주변 토양에 내놓는 다양한 물질에 의해서 자극을 받아 활성화되고 이 영양

분을 이용하여 증식하고 있다. 이렇게 미생물 성장에 영향을 미치는 뿌리주변 토양을 근권 토양(Rhizosphere soil)이라고 하며 실제로 그 거리는 뿌리표면에서 1mm 정도 이내의 토양이다. 그러나 모든 뿌리에 이에 해당하는 것이 아니고 뿌리털이 많이 달려있고 끊임없이 세포분열이 일어나는 잔뿌리에 밀착한 토양이 이에 해당한다. 근권토양에는 다른 주변 토양 보다 훨씬 더 많은 미생물이 생존하고 있으며 각 작물마다 고유의 균형잡힌 생태계를 이루고 있다. 건강한 식물의 근권에서는 미생물의 종류나 수가 일정하여 안정된 상태를 유지하지만 일단 식물이 병이 들면 병균을 비롯한 식물생장에 유해한 미생물의 밀도가 증가되며 미생물들에 의해서 병은 점점 더 빠르게 진전된다.

토양병균이 토양 중에서 부생생활을 한다고 하지만 완전한 부생균에 비하면 열세이기 때문에 대부분 내구체 또는 휴면상태로 존재하며 설혹 그 수가 늘어난다 하더라도 증가속도는 매우 느리다. 토양병균이 수를 증폭시키는 것은 기주식물에 침입하여 병을 일으키는 과정에서만 가능하다. 앞서 말한 뿌리의 분비물 이외에도 식물의 종자가 발아할 때에는 여러가지 영양물질이 주변토양으로 확산되며 뿌리나 땅가죽기에 상처가 났을 때도 여러가지 물질이 분비된다. 토양병균들은 이러한 분비물에 자극을 받아 휴면상태에서 깨어나 활발한 증식상태로 전환되어 기주



에 침입하고 병을 일으킨다. 따라서 병에 약한 작물을 반복해서 여러해 재배하게 되면 병원균의 밀도가 해마다 큰 폭으로 증가될 것이라는 것은 누구라도 예상할 수 있는 사실이다.

### 이동과 확산이 느리다.

토양병균의 이동은 극히 수동적이어서 운동성이 있는 유주자 또는 세균이라 하더라도 스스로 움직일 수 있는 거리는 수 cm 정도 밖에 안되고 대부분 토양수분, 곤충 또는 선충과 함께 이동하고, 그밖에 경운이나 제초작업시 전파된다. 지상부병에서 처럼 먼 곳에서 전염원이 날아오거나 비, 바람 등을 통해서 전혀 알 수 없는 곳으로 부터 병원균이 도입되는 경우는 없다. 특히 시설재배에서는 이러한 현상이 더욱 뚜렷하다. 따라서 토양병은 당년에 넓은 지역에 피해를 주는 경우가 거의 없으며 일시에 많은 병이 발생하는 경우가 드물다. 토양병균이 가장 넓게 멀리까지 전파되는 방법은 토양

표면 또는 내부에서 물의 이동과 함께 전파되는 것이다. 물과 함께 잘 이동하는 각종 작물의 역병, 세균성무름병 등은 비교적 빠르게 넓은 지역에 전파되기도 한다. 물에 의한 전파를 제외한다면 대부분의 토양병균들은 서로 얽혀져 잘 발달된 뿌리와 뿌리가 서로 접촉하여 새로운 감염이 일어남으로써 점차적으로 확산되어 간다.

그러나 토양병도 일시에 넓은 범위에 걸쳐 새로 도입되는 경우가 있는데 가장 중요한 경로는 병든 모종이나 종자를 심는 것이다. 특히 시설원예작물은 직접 종자를 파종하는 것보다는 모종을 이식하는 재배방법이 대부분인데 이 경우 이미 모종에 침입한 병균은 곧 바로 증식상태로 들어가게 되며 작물 뿌리의 활착과 함께 병균도 확산된다.

### 토양병 발생의 특성

토양병균들은 위에서 말한 특징을 가지고 있기 때문에 이

들에 의하여 발생되는 병도 지상부에 발생하는 병들과는 상당히 다른 양상을 나타내고 있다. 지상부의 병은 한가지 병균에 의해서 독특한 병징을 나타내기 때문에 병의 원인을 비교적 쉽게 진단할 수 있다. 그러나 토양병은 최초에는 한가지 병균에 의해 국부적으로 병이 시작되고 말기에 가서는 최초의 병균과는 전혀 다른 미생물에 의해서 병이 주도되는 경우도 있다. 더욱이 병원균이 뿌리를 통하여 침입·증식하므로 눈에 보이는 병징은 병원균의 종류와 크게 관계없이 시들거나 모썽음병, 모잘록병, 무름병 또는 줄기 전체가 말라죽는 등 몇가지 증상 뿐이다. 여기에 토양염류의 과다나 양분의 불균형에서 오는 장애도 이와 유사한 증상으로 나타난다. 특히 미량요소의 결핍이나 과다에 의한 증상이 병징과 혼동을 가져오며 각종 생리장애나 선충의 피해도 토양병과 복합적으로 나타난다. 따라서 토양병은 지상부에 나타나는 병징만 가지고는 잘못 진단하기가 쉽다. 실제로 고추역병이나 오이덩굴조김병 같이 오랜 경험을 통하여 병진전 과정이 잘 알려진 토양병을 제외하고는 병의 확실한 원인도 모른채 병이 만연되는 수가 허다하다.

지상부에 발생하는 병들은 곧바로 새로운 감염이 일어나서 짧은 기간에 엄청난 속도로 증가되지만 토양병은 새로운 감염이 일어나기 까지는 상당한 시간이 걸리며 병이 진전되는 속도가 완만하다. 가끔 토양병이 일시에 대발생 하였다

표 3. 채소재배 농가의 연작장애 피해와 그 원인 (1989 원시부산지장)

추정감수율 (%)		농민이 추정된 피해원인 구성비율 (%)		피해분석결과 구성비율 (%)	
무감수	8	염류집적	55	병 해	35
3%이하	28	병해	52	염류집적	31
4~5%	19	화학적악변	32	온도장애	14
6~10%	32	선충	19	선 충	7
11~15%	6	물리학적악변	17	가스장애	2
15%이상	7	산성화	16	기 타	1

\* 농민이 추정된 피해원인은 일부 중복되었음

는 보고를 접하는데 그것은 당년에 병균이 엄청나게 생긴 것이 아니라 몇해에 걸쳐서 이미 상당한 양의 병균이 누적되었고 당년에는 그 병이 발생하기에 아주 알맞은 환경이 되었기 때문인 것이다. 실제로 여러해를 연작하여도 토양병의 피해가 없다가 어느해 갑자기 대발생하여 큰 피해를 주는 경우가 종종 있다.

토양병은 병이 보이지 않는 땅속에서 진행되기 때문에 병이 상당히 진전되어 있거나 줄기에 어떤 증상이 나타나기까지는 전혀 알 수가 없다. 그러나 병징이 나타날 정도가 되면 이미 어떤 대책을 세울 수 없게 되는 경우가 많다. 사실상 뿌리도 병균에 감염되면 여러가지 변화가 생기지만 지하부에서 생긴 작은 변화가 곧바로 지상부에 나타나지 않는다. 그러나 이 작은 변화들이 쌓이게 되면 결국 작물의 생장이 억제되고 눈에 보이는 피해로 나타난다. 이러한 변화는 아주 서서히 진행되기 때문에 지나치기 쉽다. 토양병의 효과적인 방제를 위해서는 바로 초기에

나타나는 작은 변화에 대하여 민감하게 알아낼 수 있는 기술이 요구된다.

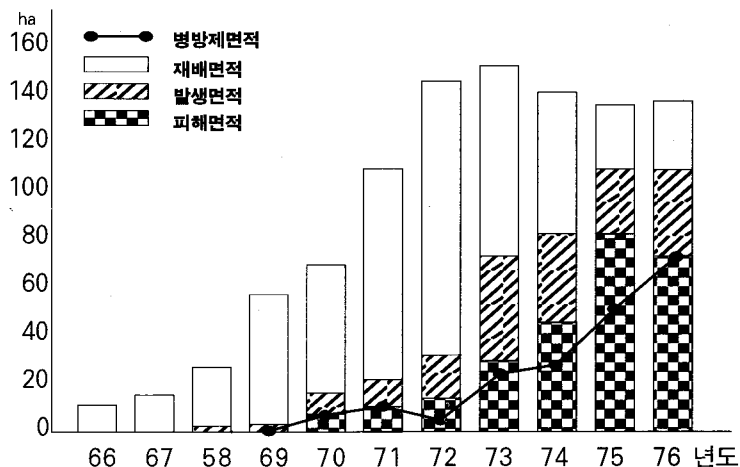
### 토양병 방제상의 문제점

토양병균이 다범성이라 할지라도 재배 농민의 입장에서 본다면 재배하는 작물에 피해를 줄만한 토양병은 한 두가지 뿐일 것이다. 그리고 대부분의 농민이 이러한 병이 무엇이며 어떻게 피해를 준다는 것도 대충은 알고 있는 경우가 많다. 일반적으로 토양병은 노지보다는 시설재배에서, 첫해 보다는 몇년간의 연작지에서 많이 발생하며 소득이 높은 작물을 재배하는 농가에서 문제되는 경우가 많다. 바꾸어 말하면 농사기술이 비교적 높은 수준에 있고 경험도 많은 농가에서 발생하는 경우가 많다는 것이다. 수량증대와 고품질 생산물을 위하여 비료, 농약, 성장조절제 등을 과다하게 또는 잘못 사용함으로써 작물의 생장이 오히려 나빠지고 병에 대한 저항성이 약화되어 병이 발생한다. 더욱이 작물생장에 불리한 환경들은 병균들에게는 오히려

좋은 조건이 되어 병균의 집단이 대폭적으로 증가하여 피해를 보게되는 수가 많다.

농약은 식물병을 방제하는데 크나큰 공헌을 하였고 단위 면적당 높은 생산성을 올리는데 주요한 기여를 했을 뿐만 아니라 오늘날과 같이 전천후 농업을 할 수 있는 기반을 마련하는데 한 몫을 단단히 하였다. 농약은 그 효과가 정확하고 신속하며 사용이 간편하고 병이 발생한 후에도 효과를 나타낸다는 탁월한 장점을 갖고 있지만 토양병균에 대해서는 이러한 장점들이 나타나지 않고 있다. 지상부병은 병균이 부착하는 부위에 농약을 직접 살포할 수 있지만 토양 속은 보이지 않으므로 정확하게 약이 전달되지 않고 토양입자에 흡착되는 양이 많다. 지금까지 개발된 토양살균제는 작물이 재배되고 있는 토양속의 병균에 대해서 골고루 영향을 미칠 수 있는 제형이 없다. 더욱이 기주에 부착하지 않은 병균들은 대부분이 내구체이므로 농약에

\* 무 재배면적의 증가에 따른 무위황병 발생의 년차적 증가(일본 技專지방)



대하여 저항성을 나타내거나 농약이 침투하기 어려운 특이한 구조를 가지고 있기 때문에 효과가 매우 낮을 수 밖에 없다. 또한 식물조직에 침투 이행하는 약제라 하더라도 식물에서는 주로 수분의 상승과 함께 위로 이행하는 것은 쉬워도 아래로 이행하는 흐름은 아주 적기 때문에 뿌리 끝까지 골고루 약효를 나누어 줄 수는 없다. 현재로서는 농약에 의해 토양병을 막으려면 작물이 심

기기 전에 토양 전면 살포하여 골고루 섞어 주거나 훈증제를 사용하는 방법 밖에는 없다. 그럼에도 불구하고 농약의 우수한 약효에 익숙해 있는 농민들은 토양병에 대해서도 같은 약효를 기대하고 비슷한 살균 범위를 갖는 살균제를 재배중에 관주하거나 심지어는 지상부에 살포하고 있다. 이러한 경우 규정농도 보다 진하게 살포하게 되고 양도 늘리는게 보통이다. 이러한 부적절한 사용은 농약에 대한 불신만 불러일으키고 원치않는 부작용을 낳고 있는 셈이다.

농업기술이 이미 선진국 수준에 와 있는 우리로서는 불합리한 비배관리 또는 농약의 잘못된 사용 등으로 토양병이 대발생 한다거나 토양조건이 악화되는 일은 없어야 할 것이다. 앞으로의 우리 농업은 눈에 띄이지 않는 병의 피해 까지도 막아서 질 좋은 농산물을 안정하게 생산할 수 있어야 할 것이다. **농약정보**

