

토양병, 왜 방제가 어려운가



—難防除 토양전염성 병의 발생생태와 방제방안(上)—

토양병은 진단 및 조기발견이 어렵고 누적적인 증가로 농약에 의한 방제가 어렵다

박창석 경상대학교 농과대학 교수

최근들어 우리나라의 농업은 식량증산을 위한 총체적인 농업에서 점차 벗어나 개개 농가의 소득을 증가시키는데 주력하는 영농체제로 활발하게 전환되어 가고 있다. 이러한 추세에 따라 주년생산과 연작을 감행하면서 까지 토지이용이 극대화 돼가고 있고, 다비와 밀식이 보편화되고, 집약적인 관리가 농사기술의

기본이 되다시피 하였다.

농촌진흥청 조사에 의하면 1970년에 시설재배 면적은 불과 763ha 이었던 것이 1987년에 이르러서는 20,417ha로서 무려 3배정도 증가하였고 그 후에도 계속 늘어나고 있는 실정이다(표 1). 또한 시설자재나 규모도 초기에는 대나무나 각목등 목재를 이용한 간이시설이었으나 점차

표1. 년도별 비닐하우스 설치면적

(농촌진흥청 1987)

구분	70	75	80	85	87
시설면적(ha)	763	1,746	7,142	16,509	20,471
재배면적(ha)	1,289	3,349	9,228	18,835	22,339
이용률(%)	169	192	129	114	109

철재나 콘크리트의 영구 구조물이 많아졌으며 규모도 상당히 커졌다. 거기에 온도, 광, 관수 등을 조절할 수 있는 현대적 시설을 갖춘 시설물들이 늘어나고 있다.

그러나 이러한 시설원에 단지에서는 집약적인 비배관리와 함께 각종 토양병이 그 어느때 보다도 심각한 문제로 대두되고 있으며 곳에 따라서는 그 해의 농사를 포기할 정도로 큰 피해를 주고 있다. 농촌진흥청에서 조사한 비닐하우스의 주요 작물과 여기에 발생하는 주요병을 요약해 보면 노균병, 흰가루병, 탄저병과 같은 병을 제외한다면 시설재배에서 문제가 되는 병은 대부분이 토양전염성 병임을 알 수 있다. 토양전염성 병은 비단 시설재배에서만 문제가 되는 것이 아니라 고추나 참깨 같이 계속해서 같은 작물이 연속되고

있는 주산단지에서도 마찬가지로, 김장채소 재배단지에서도 해에 따라 심한피해를 주고있다.

1986년 농진청 조사에 의하면 고추의 주요 주산단지별 역병 발생율이 10% 이하로 발생한 포장은 전체의 37%인데 비하여 10% 이상 발생한 포장이 63%에 달하였고 특히 발생율이 60% 이상인 포장이 33%나 되었다(그림1). 이는 어느 특정한 한

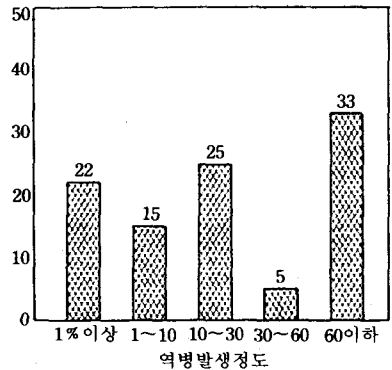


그림1. 고추 주산단지별 역병 발생 정도(1986 농기연).

표2. 시설재배에 있어 주요병해와 발병작물

(농촌진흥청 1987)

병 해	주 요 작 물
덩굴조깅병	오이, 수박, 참외, 멜론
역병	토마토, 오이, 고추, 수박, 가지
갯빛곰팡이병	토마토, 오이, 딸기, 고추, 가지
균핵병	토마토, 오이, 고추, 수박, 배추
노균병	오이, 배추, 수박, 호박
흰가루병	오이, 참외, 토마토, 고추, 수박
탄저병	토마토, 오이, 고추, 배추
모잘록병	가지, 토마토, 고추

해의 조사이지만 병의 대발생을 예시한 좋은 예로서 언제라도 발생될 가능성을 나타내고 있는 것이라 하겠다.

토양전염성 병은 지상부에 비하여 병방제를 위한 기본적인 실험결과가 많지 않을 뿐만 아니라 병에 대한 적극적인 대응 방안을 세우기 위한 연구자료가 극히 부족한 실정이다. 이 글에서 필자는 지금까지 수행되었던 토양병의 연구자료를 토대로 우리나라의 토양병 발생과 토양병이 난방제로 인식된 이유, 또 지금까지 적용해왔던 방제수단 등을 제시하며 난방제로 인식된 토양전염성 병을 방제가 가능한 긍정적인 방향으로 생각을 전환해 보고자 하였으며 이미 잘 알

려진 방법과 새로운 방제방법을 조화있게 활용해서 효과적인 방제방안을 도출해 보고자 하였다.

1. 토양병 방제가 어려운 이유

가. 토양병은 진단이 어렵다

토양전염성병은 병원균이 뿌리를 통하여 침입 증식하므로 지상부에 병징은 병원의 종류와 크게 관계없이 시들음, 모잘록, 무름, 또는 말라죽는 증상으로 나타난다. 따라서 지상부병과 같이 병징에 의한 병의 진단이 어렵다. 또한 뿌리의 병은 어느 한가지 병원균에 의해서 특징적으로 진단되는 수도 있지만 많은 토양병이 2가지 이상의 병원체가

복합적으로 감염되는 경우가 많으며 병징말기에 이르러서는 여러가지 부생균이 관여하여 정확하게 병원체를 가려내기가 어렵다. 여기다가 토양 양분 특히 미량요소의 결핍이나 과다에 의한 증상이 병징과 혼동을 가져오며, 선충의 피해 또한 병의 진단을 어렵게 한다. 고추역병이나 오이 덩굴쪼김병 같이 잘 알려진 토양병 이외에는 병의 원인을 규명하는데 상당한 어려움이 따르기 때문에 원인도 모른 채 병이 상당히 진전되는 수가 허다하다.

나. 조기 발견이 어렵다

앞서 언급한 바와 같이 토양 병은 뿌리에서 진행되기 때문에 지상부에 병징이 나타났을 때는 이미 식물체는 거의 구제할 수 없는 상태에 이르게 되는 것이 보통이다. 식물병의 방제는 무엇보다도 조기발견에 의한 예방 활동이 가장 중요한 것인데 병이 완전히 진전될 때까지 모르고 지나기 때문에 적절한 대책을 세울 수 없게 된다. 개체에 있어서 병의 진전과 함께 집단적인

병의 확산도 토양병에 있어서는 조기발견이 매우 어렵다. 전염 경로나 발병과정이 잘 알려진 병이라 할지라도 전염원으로 부터 확산되어 가는 과정을 미리 예측하기란 현재의 기술로는 쉽지 않다. 토양병의 방제를 좀더 쉽게 하려면 병원균의 정확한 진단기술과 함께 병원균의 월동, 증식, 전파 등을 추적할 수 있는 생태학적인 연구가 우선적으로 많이 행해져야 할 것이다.

다. 누적적으로 증가된다

토양전염성 병은 근본적인 대책방법을 강구하지 않는 한 동일한 토양에서 서식하는 병원균이 연작에 의해서 누적적으로 증가될 수 밖에 없다. 지상부에 발생하는 병은 비록 전년도에 대발생 하였다 하더라도 그 이듬해에는 산재된 월동 전염원으로 부터 다시 시작하여 증식 확산되지만 토양전염성 병은 바로 그 토양에서 이미 증식된 전염원으로 부터 출발하므로 해마다 누적되어 엄청난 속도로 증가된다. 특히 인삼과 같이 5~6년간 재배하는 작물에 있어서는 토양

표3. 인삼 년근에 따른 결주율 비교
(人煙研 1984)

년 근	결 주 율 (%)	
	최 저	최 고
2	2.7	24.4
3	4.5	17.8
4	5.3	25.0
5	13.1	32.0
6	16.4	37.0

병에 대한 별도의 대책을 강구하지 않는한 뿌리썩음병에 의한 심한 결주를 감수하지 않으면 안된다(표3).

라. 농약으로 방제가 어렵다

그동안 작물에 수없이 많이 발생하는 각종병을 극복할 수 있었던 것은 무엇보다도 병발생을 억제하고 치료할 수 있는 우수한 농약이 있었기 때문이라고 믿어진다. 그러나 이러한 우수한 농약들은 거의 대부분 지상부에 발생하는 병을 대상으로 연구 개발된 것으로 토양병 방제를 위한 농약은 극히 제한돼있다. 토양에 농약을 처리하고자 할때는 감염부위에 정확하게 약제를 처리하기가 힘들 뿐 아니라 처리한 농약이 대부분 토양입자에

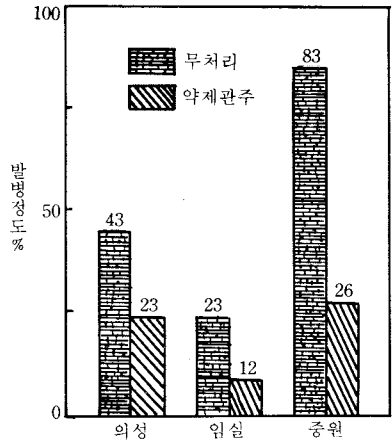


그림2. 고추 역병에 대한 약제 방제 효과 (농기연 1987)

흡착되거나 토양수분 이동과 함께 유실되는 것이 많기 때문에 적절한 약제 처리방법이 확립되어 있지 않다는 것이 문제점으로 지적되고 있다. 또한 조기발견이 어렵기 때문에 적절한 방제시기를 포착하지 못한다는 것도 농약처리의 효과를 감소시키는 원인이 되고 있다. 지상부에 발생하는 병을 농약으로 방제하고자 할때는 무처리에 비하여 80~90%의 방제효과를 기대하지만 토양병에 있어서는 이보다 훨씬 못 미치는 50~60%의 방제효과 밖에 얻지 못하는 경우가 많다(그림2).

2. 토양병 방제를 위한 기본적인 연구분야

현재 우리나라에는 식물병을 전문적으로 연구하고 교육하는 대학이나 연구기관이 많이 있고 수많은 전문인들이 쌓아놓은 연구업적이 있음에도 불구하고 실제 병방제를 다루게 될 때에는 즉각적이고 한시적인 대안에 그 치거나 그 테두리를 크게 벗어나지 못하는 경우가 많다. 병발생 과정은 전염원에서 출발하여 병원체가 확산 전파하여 기주에 도달하는 것, 기주로의 침입과 정착, 병의 확대, 그리고 쇠퇴한 병원균의 월동과 이듬해 전염원으로 되는 기본적인 이론에 대해서는 누구나가 잘 알고 있으면서도 막상 어떤 병을 방제한다고 할 때에는 이 발병과정 전체를 생각하기 보다는 이미 침입 감염된 식물만을 염두에 두게 되고 주변으로 병이 확대되는 것을 막는 데 모든 노력을 결집하게 된다. 이러한 경향은 그 병의 발생생태에 관한 연구자료가 미비된 것일수록 더 심하게 마련인데 고추 역병이나 담배

세균성 마름병, 인삼 뿌리썩음병 등 몇가지를 제외하고는 거의 대부분의 토양전염성 병이 여기에 해당한다. 이런 관점에서 볼 때 토양병의 방제를 위해서는 다음과 같은 분야의 연구가 기본적으로 수행되어야 할 것으로 생각된다.

가. 전염원 동태

각종 역병이나 *Fusarium oxysporum*에 의한 각종 작물의 시들음병, 균핵병 등에 대해서는 이미 다른 나라에서 연구된 수 많은 문헌을 통하여 알고 있는 지식을 그대로 활용하고 있으나 실제 우리나라에서 이러한 지식과 정보들이 얼마만큼 현실과 일치되고 있는가를 확인해 본 연구는 많지 않다. 전염원의 동태를 파악하려면 무엇보다도 토양에 존재하는 병원균의 밀도를 측정할 수 있는 선택배양기가 개발되어야 한다. 토양미생물의 선택배양기는 많은 학자들에 의해 보고되고 있으나(표4), 실질적으로 이들 선택배양기를 이용하여 병원균의 밀도를 측정하는데는 많은 문제점이 있어 손쉽게

표4. 주요 토양 병원균의 선택 배양기

병원균	선택 배양기
<i>Phytophthora</i> spp.	Tsao, Vaataza
<i>P. capsici</i>	Papavizas
<i>Fusarium</i> spp.	Nash & Snyder, Papavizas
<i>F. oxysporum</i>	Komada
<i>Rhizoctonia</i> sp.	Sneh, Baker, Elad
<i>Pythium</i> spp.	Takahashi, Hancock

활용되지 못하고 있는 형편이다. 따라서 적어도 우리나라에서 크게 문제가 되는 한두가지 병에 대해서는 병원균의 밀도를 측정할 수 있는 선택배양기가 개발되어야 할 것이다.

병원균이 기주를 침입하여 조직을 파괴하고 병적인 증상을 유발할 수 있는 힘을 일반적으로 전염원 능력(Inoculum Potential)이라고 하고 있다. 전염원 능력은 단지 병원균의 수적인 크기 뿐만 아니라 병원균의 활력을 증대시킬 수 있는 영양원이라든지 온도, 수분 등 외부 환경요인이 관여하며 기주의 저항성도 고려되어야 한다. 토양전염병의 전염원 동태연구는 휴지상태의 병원균이 어떠한 과정을 거쳐서 기주에 침입할 수 있는

단계에 까지 이르게 되느냐를 파악하는 것이다. 이러한 점에서 볼때 우리나라의 환경에서 발생되는 주요 토양전염성 병원균에 대한 전염원 동태는 아직까지 초보적인 단계도 이루어지지 않은 셈이다.

나. 전염 경로

토양전염성 병의 병원균은 작물이 재배되고 있는 바로 그 토양에 존재하기 때문에 전염원의 이동이나 경로에 대해서는 대체로 관심이 적은 편이다. 토양전염성 병균의 전파는 주로 토양수분의 이동에 따라 수동적으로 움직이고 공기전염하는 병원체에 비하여 이동하는 거리도 아주 짧다. 토양전염성 병이라 해도 모든 전염원이 토양으로 부터 시작되는 것은 아니다. 시설원에 있어서는 직파재배 보다는 대부분 묘를 이식하는 재배방법을 도입하고 있는데 이 경우 전염원이 재배토양 이전에 묘에서 오는 경우가 상당히 많다(표5). 표5에서와 같이 딸기묘는 모종을 무병 토양으로 부터 가져오느냐 병든 토양에서 가져오느냐에 따

표5. 딸기 위황병의 토양전염과 묘전염의 비교

(정봉구 1989)

모 주		가 식 상 의 조 건			
채취지	증 상	발 병 지		무 병 지	
		주당 묘수	병주율	주당 묘수	병주율
발병지	잎의 황화, 위축, 기형	12	100	35	34
	잎의 기형	15	100	39	15
	주의 위축	9	100	24	15
	건 전	36	89	77	4
무병지	건 전	37	89	81	0

라서 본포에서 딸기 시들음병의 발생정도가 크게 달라진다.

다. 기주침입 및 병원성

토양전염성 병을 병원균의 기주침입 능력에 따라 Kommedahl은 기주 지배적인 것과 병원균 지배적인 것으로 나누었다. 병원균 지배적인 것은 각종 역병, 균핵병, 모잘록병 등과 같이 기주침입 능력이 강하여 기주의 저항성과 관계없이 일정량 이상의 전염원만 확보되면 언제라도 기주를 침입하여 기주를 파괴하는 것을 말하고, 기주 지배적인 것은 채소 작물의 시들음병, 뿌리썩음병, 모 마름병과 같이 병 발생에 유리한 환경이 되거나 기주의 생육조건이 불량하여 저항력이 저하되었을 때만 발병되

는 것이다. 이러한 병원균의 특성을 미리 파악해 놓는 것은 병 발생을 예측하고 방제대책을 세워 나가는데 매우 중요하다.

토양전염성 병원균들은 대체로 많은 기주를 침입하는 다범성인 것이 많은 데 다범성이라 하더라도 기주에 따라서 침입력의 차이가 아주 크다. 계통에 따라서 기주 침입력이 극히 한정되는 경우도 있다. 가지과 작물에 시들음병을 일으키는 *Pseudomonas solanacearum*은 감자, 고추, 참깨, 땅콩, 담배에 큰 피해를 주는 세균으로 알려져 있지만 이들 각 기주를 침입하는 계통에 따라 병원성이 다양하게 나타난다(표6).

한편 토양전염성 병의 매개와 기주침입을 돕는 매개곤충이나 선충의 역할이 매우 중요한 것

표6. 풋마름병균(*Pseudomonas solanacearum*)의 병원성

(농기연 1984)

병원균	토마토		고추		참깨	
	상처접종	관주접종	상처접종	관주접종	상처접종	관주접종
토마토 분리균	++	++	+++	+++	+	+
고추 분리균	+++	+++	+++	+++	+++	+++
참깨 분리균	+++	+++	++	++	+++	+++

* 발병정도+ : 약, ++ : 중, +++ : 심

으로 추정되고 있으나 토양병과 선충 또는 곤충을 연결짓는 연구는 매우 드물다. 실제로 토마토의 시들음병을 일으키는 *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*의 기주침입과 근류선충 *Meloidogyne hapla*와의 관계를 보면 선충과 함께 곰팡이를 접종한 처리는 곰팡이 단독접종구 보다 2.5배나 많은 곰팡이가 침입하였다.

라. 발병 환경

토양병도 지상부병과 마찬가지로 재배환경에 따라 발생정도가 크게 달라진다. 토양병은 한가지 병원균이 한가지 병을 일으키는 경우 보다는 여러가지 병원균이 복합적으로 관여하는 경우가 더 많다. 여러가지 병원균이 공동으로 관여하는 병에 있어서도 환경조건에 따라서 어떤 한가지 병원균이 우점적으로 증식하는 경우가 많기 때문에 전

생육과정을 통하여 각각의 병원균에 대한 발병환경을 파악하는 것이 매우 중요하다.

인삼의 묘를 가해하는 병원균은 *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium* sp., *Phytophthora* 등 여러가지가 있는데 같은 포장에서도 토양온도와 재배조건에 따라서 이들의 관여도가 크게 달라지며 해에 따라 다소 차이는 있어도 봄부터 여름까지 각각의 병원균들이 활동하는 시기가 대체로 정해져 있다.

참깨에 있어서도 *Fusarium oxysporum*에 의한 시들음병과 *Phytophthora* sp.에 의한 역병이 토양환경이나 재배조건에 따라 발생양상이 크게 달라진다. 이들이 발생하는 환경요건을 미리 파악한다는 것은 실제적인 병발생을 줄여나가고 예방할 수 있는 중요한 기초연구라고 할 수 있을 것이다. <계속>