

연작지

토양전염성 병해, 선충류 등  
병원균 누적으로 피해 급증

## 시설채소재배 무엇이 문제인가

시설병해충 발생양상과 방제대책을 알아본다

경상대학교 농과대학  
교수 박 중 춘

### 1 시설재배 병해충의 특징

시설재배에서와 같이 작물이 연속적으로 재배될 경우에는, 토양전염성 병원균을 비롯한 여러가지 병해충이 시설내에 축적될 뿐 아니라, 곰팡이 등 속의 병원균은 하우스의 골격이나 필름에 붙어남아서 재배가 연속되면 발병이 늘어나게 된다. 또한 시설의 환경은 노지에 비하여 병원균이 살아남기에 적당하므로 병원균의 수명이 길어지게 된다. 더우기 시설내 병해의 경우, 한번 발생되면 그 피해가 극심하여 때때로 치명적일 수도 있다. 이것은 시설내부가 고온 다습한 조건이 되기 쉽고 또한 작물체가 광선의 부족으로 말미

암아 연약하게 자라기 쉬우므로 병원균의 증식에는 가장 좋은 환경이 되는 까닭이다.

### 연작지 병원균누적 피해급증

또한 시설재배에서는, 봄부터 가을까지 증식된 병원균의 밀도가 높은 조건에서 겨울철 재배가 계속되므로 이로인해 병원균의 증식이 되풀이 되기 때문에 시설내에서는 일찍부터 발생이 많아지게 되고 또한 지역 전체의 병원균의 밀도도 높아진다. 이동식 하우스는 답리작 또는 윤작형태로서 토양병원균과 선충 따위의 밀도를 낮추는데 유효한 방법중의 하나이다. 그러나 점점 대형화, 고정화 되어가는 시설원에 연작지에서는 자

연히 병원균의 누적으로 인한 피해가 급증하게 되며 심각한 문제점으로 지적되고 있다.

이러한 시설원예재배에서 병 발생이 많아지는 것과 적어지는 병해의 종류와 시설원예에 한하여 발생하여 크게 피해를 주고 있는 병해를 살펴보면 표6,7과 같다.

### 토양소독, 발생원제거가 급선무

집약적 재배체제를 갖고 있는 시설원예에서는 일단 토양전염성 병해와 선충류가 발생하면 그 특이한 환경으로 말미암아 방제의 어려움이 많다. 따라서 내병성 대목을 포함한 저항성품종의 이용 등 재배적인 방법과, 미생물을 직접 이용하여 병을

〈표 6〉 시설재배로 인하여 발생이 많아지는 병해와 적어지는 병해

채소명	많아지는 병해	적어지는 병해
오 이	균핵병, 회색곰팡이병, 흰가루병, 만고병, 만할병, 역병(뿌리터 부위)	탄저병, 모자이크병, 역병(지상부)
토마토	잎곰팡이병, 회색곰팡이병, 줄썩음병, 위근병, 근부위조병	역병, 모자이크병
가 지	회색곰팡이병, 균핵병, 흑고병, 흰가루병	
피 망	회색곰팡이병, 균핵병, 흰가루병, 모자이크병(TMV)	모자이크병(CMV)
딸 기	흰가루병, 썩마름병	근부병, 회색곰팡이병

〈표 7〉 시설원예에서 특이하게 발생하는 병해

작물명	병해명	병 원 균
오 이	둥근잎마름병	<i>Helminthosporium cucumerinum</i>
오 이	갈색줄썩음병	<i>Mycosphaerella melonis</i> (PASSERING) CHIQUET WALKER
토마토	줄 썩 음 병	Virus (TMV)
가 지	흑 고 병	<i>Corynespora melongenae</i> TAKIMOTO
딸 기	반신위조병	<i>Verticillium albo-atrum</i> REINKE et BERTHOLD
딸 기	썩 마 림 병	<i>Rhizoctonia solani</i> KUHN
고 추	흰 가 루 병	<i>Oidiopsis taurica</i> (LEV.) SALM

방제하는 생물학적 방제 등의 생태적 방제법이 있을 수 있다. 그러나 연작의 경우에는 우선 토양소독을 행하여 그 발생원을 제거하여야 한다.

## 2) 토양소독

토양병해는 사상균·세균·바이러스 등의 병원체가 토양중에 서식하여 식물의 뿌리나 뿌리털을 통해 작물에 침입하여 일으키는 병해이다. 이러한 병원체는 부생영양적으로 혹은 휴면상태로도 장기간 활력을 유지할 수 있으므로 일단 발병된 토양에서는 토양소독을 행하지 않으면 방제할 수 없다. 따라서 여기서는 여러가지 토양소독 방법중에서 화학적방제(약제소독)과 태양열소독에 대하여 설명해 보기로 한다.

### 가. 약제소독

토양소독에 사용되는 약제는 토양살균제, 살선충제 및 살충제로 나눈다. 이들 약제는 단일효과만을 지니는 것이 있는 반면에 살균, 살선충 및 살충제에 대하여 부분적으로 효과를 지니는 것도 있으며, 약제에 따라서는 제초효과까지 겸하여지는 것도 있다.

토양소독에 사용되는 대표적인 약제와 주요약제의 사용방법을 보면 표8과 같다.

### 1) 클로로피크리진

이 약제는 직접 식물에 닿으면 피해를 입게 되므로, 상토나 휴한기의 시설토양에 사용한다.

하우스의 경우 30cm 간격마다 주입기를 써서 깊이 10~15cm 정도의 구멍을 뚫고, 약제를 3~5ml씩 주입한 다음, 곧 구멍을 막으며, 폴리에틸렌(비닐)등으로 표면을 피복한다. 피복기간은 여름은 7일, 겨울은 10일 정도를 기준으로 하되, 피복 제거후 여름은 10일, 겨울은 1개월만에 사용한다. 처리시의 흙의 용수량은 51~60%정도, 토양온도는 15~30℃일 때에 효과가 크다.

선충이나 병균의 살균력이 높고, 시들음병, 오이류의 덩굴쪼김병, 세균에 의한 카네이션의 위조세균병 따위에 효과가 좋으며, 대부분의 토양 병해충에도 유효하나, 토마토의 풋마름병에는 충분한 효과를 기대할 수 없다. 약제량은 10a당 22.7kg(13.4ℓ)가 소요된다.

### 2) 메틸브로마이드제

인축에 유독 가스이며, 오이

〈표 8〉 토양 소독에 사용하는 주요약제

종 류	처리방법	작용 형태	효과	제제(성분농도)	약 제 예
1. 살균을 목적으로 하는 약제					
• 크로르피크린제	원액주입훈증	가 스	살균 살선충	액화(80%, 99%)	농업용크로르피크린
• 취화메틸제	가 스 훈 증		"	액화가스(99%)	메틸브로마이드
• PCNB 제	살포, 토양혼합, 관주	접 촉 (가스)	살 균	유(乳)제(20%) 수화제(50, 75%) 분제(1.5~20%)	
2. 살선충을 목적으로 하는 약제					
• DD제	원액주입훈증	가 스	살 충	액제(55%)	DD
• EDB제	" , 회석액관주	"	"	유(油)제(30, 97%) 유(乳)제(40, 48%)	EDB유(油)제 네마톡
• DCIP제	" , 토양혼합	"	"	유(油)제(95%) 유(乳)제(80%)	
• DBCP제	" , 토양혼합	"	"	유(油)제(20, 40%) 유(乳)제(80%)	네마곤
• DSP제	토 양 혼 합	접 촉	"	입제(20, 40%) 분제(10%)	

역병에는 특효가 있다. 잡초 종자, 선충의 사멸력은 높으나 살균력은 클로로피크린제보다 약간 떨어진다. 이 약제는 증발이 빠르므로 흙을 갈아서 수평으로 고른 뒤에 처리하지 않으면 표면의 움푹한 부분에 가스가 집중되기 쉽다. 약량은 15~45g / cm<sup>2</sup>을 사용한다. 처리후의 피복물은 겨울은 7일 정도, 기타에서는 3일 정도 지난뒤에 덮개

를 제거하고 가볍게 갈아서 하루 이상 방치하였다가 파종 또는 정식한다. 처리시의 토양수분은 클로로피크린을 처리할 때와 같은 정도이면 되고, 처리전에 갈아서 미리 거름을 넣고 두둑을 지은 다음 훈증하도록 한다.

### 3) 싸이론 훈증제

메틸브로마이드와 클로로피

크린의 장점만을 가진 혼합제로서 주로 채소류의 *Fusarium*에 의한 시들음병이나 덩굴쪼김병, 역병 등을 방제하는데 쓸 수 있다. 본포소독법으로는 작물파종 또는 이식 2~3주 전에 흙덩이를 잘 분쇄하여 땅고르기를 한 다음 흙 표면 가로, 세로 각각 30cm간격, 땅 속 15~20cm 깊이에 약제의 원액을 구멍당 3~4ml씩 토양관주기로 주입한다. 5일 이상 훈증처리후 비닐을 벗기고 7일 이상 그대로 두어서 흙 속의 가스를 완전히 빼내야 하며 소독한 토양을 갈아엎어서 가스빼기 작업을 철저히 한 다음 파종하거나 이식한다.

#### 마스크쓰고 바람등지고 사용토록

주의할 사항은 이 농약은 독가스이므로 반드시 가스마스크를 쓰고 바람을 등진 상태에서 사용해야 하며 눈, 피부, 의복 등에 묻지 않도록 하며 사용 후에는 비눗물로 몸을 깨끗이 씻는다. 하우스나 온실 등 밀폐된 장소에서 사용할 경우에는 환기가 잘 되도록 하여 가스가 차이지 않도록 한다. 이 농약은 토양온도가 10℃이하인 경우 가스의 확산 및 휘발이 늦어지는 경향이 있다. 농용석회 등 알칼리성 비료의 사용은 소독 1개월

이전에 또는 소독후 가스가 완전히 빠진 다음에 사용해야 한다.

#### 4) PCNB제

이 약제의 주성분은 펜타클로로 니트로벤젠(PCNB)이다. 각종 모잘록병에 특효이며, 배추무사귀병균에도 효과가 있다. 토양처리 후의 약효지속기간이 길고 작물에 대한 약해도 적어 파종할때나 이식할 때에 쓸 수도 있다.

제제로서는 주성분이 20% 함유된 분제가 있으며 토양의 전면처리 및 골처리로 쓰인다. 10a당 10~20kg을 밭에 고루뿌린 다음 갈아섞어 흙과 잘 혼합한다. 적용법으로는 각종 채소류의 모잘록병, 밀동썩음병, 밀동마름병(상치), 배추무사마귀병 등이다.

#### 5) 카아밤제

주입에 의한 소독방법은 클로로피크린에 준하여 행하되, 사용량을 약간 많게 한다. 베팜(vapam)제로서 상토를 소독하는 경우에는 1㎡당 45~90ml를 60~120배 묽게하여 주입후 그대로 1주일정도 두었다가 뒤집어서 충분히 가스를 발산시킨 다음, 다시 15일 이상 지난 뒤에 사용한다.

## 6) 다조메 분제

살균·살선충 및 제초작용을 지닌 훈증효과를 나타내며 *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Verticillium*, *Colletotrichum* 및 *Hycogone* 등의 병원균에 효과가 있다.

제제로는 주성분이 85% 함유된 분제와 98% 함유된 미립제 등이 있다. 사용량은 20~30kg/10a이며, 밭갈이 후 소정량을 밭에 골고루 뿌리고 깊이 15~20cm의 흙과 섞은 다음 비닐로 덮거나 물을 뿌리고 밟아주어 가스의 휘발을 막는다. 7~14일 후에 피복물을 벗기고 2회 이상 갈아엎어 가스를 발산시킨다. 주의할 사항은, 이 농약은 생육 중의 모든 작물을 고사시키므로 생육기의 사용을 금한다.

## 7) 에트리디아졸제 (에크로메졸)

이 약제는 *Pythium*에 의한 모잘록병이나 *Phytophthora*에 의한 역병 등의 방제에 매우 우수한 효과를 나타낸다. 특히 낮은 농도로 균사의 생육을 완전히 억제시킬 수 있어서 예방효과가 더 높은 약제이다.

제제로는 주성분이 25% 함유된 유제와 4%분제가 있다. 유

제는 1,000~2,000배로 희석하여 이식후 1m<sup>2</sup>당 3l의 비율로 토양관주한다. 분제는 파종 또는 이식전에 10kg/10a의 비율로 토양혼화처리 한다. 적용병으로는 오이류 입고성역병, 고추역병, 생강부패병 등에 효과적이다.

## 8) 디크론제 (디크로후루아니드)

제제로는 주성분이 50% 함유된 수화제가 있으며 400~800배로 희석하여 3l/m<sup>2</sup> 토양 관주한다. 적용병으로는 오이입고성역병, 오이 모잘록병, 가지 모잘록병, 수박 모잘록병, 튜울립 알뿌리썩음병 등이다.

## 9) 토로스제 (톨코퍼스-메틸)

제제로는 주성분이 50% 함유된 수화제가 있으며 500~1,000배로 희석하여 3l/m<sup>2</sup> 토양 관주한다. 채소류의 *Rhizoctonia solani*에 의한 모잘록병, 밀등썩음병, 밀등마름병, 잎썩음병, 채소류의 흰비단병 등에 효과적이다.

## 10) NET제

이 약제는 클로로피크린제에 준하여 사용하되, 시용량은 약

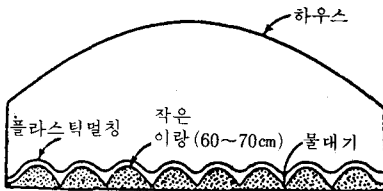
간 많게, 간격은 20cm로 한다. 특히, 토양중에서의 확산범위가 좁은 약제이므로, 저온의 경우는 토양중의 잔류기간이 길어져서 약해를 일으키는 일이 있으므로, 10°C 이상일 때에 처리하고, 충분히 가스를 방산(放散)시킨 다음 사용하도록 한다.

### 11) 포름알데히드제

농업용 포르말린을 최근에는 그다지 사용하지 않고 있으나, 토양소독의 경우는 50배액으로 하여 갈아서 깨뜨린 흙에 관주하며, 2~3일 폴리에틸렌이나 축축한 거적 따위로 덮어두었다가 충분히 가스를 방산시킨 다음 냄새가 없어진 뒤에 파종 또는 정식을 행한다.

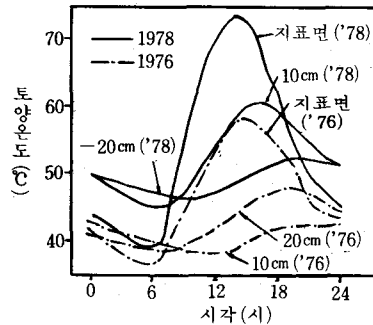
### 나. 태양열 소독

고온기인 휴한기를 이용하여



〈그림 4〉 태양열을 이용한 토양소독 방법 (석회를 100kg/10a 넣고 짚을 충분히 넣는다)

시설내에 태양열을 투입시키는 방법으로 그림4에서와 같이 시설내 토양을 잘 갈아서 작은 이랑을 만들어 물을 충분히 맨 다음 플라스틱 멀칭을 하여 하우스 전체를 주야간 밀폐시킴으로써 토양온도를 상승시켜 토양내에 생존하고 있는 유해미생물을



〈그림 5〉 하우스 밀폐처리에 따른 지온의 상승과 일변화 (1976년 7월 31일, 1978년 7월 31일)

사멸시키는 방법이다. 실외의 기상조건에 따라 지온의 상승정도가 다르다(그림5).

고온기의 맑은날일 경우에는 지표의 지온이 최고 72.2°C 이상까지 상승하고 지하 10cm 깊이에서도 50.5°C까지, 20cm 깊이에서는 53.2°C까지 상승하였다. 이러한 처리에서 얻어진 시설내 토양전염성 병해의 방 결과는 표9와 같다.

(표 9) 하우스 밀폐처리 후 토양중에 매몰된 병원균(체)의 검출율

공시병원균(체)	매몰 심도 (cm)	병원균(체)의 검출율(%)			
		처 리 구			무처리
		3일	6일	9일	9일
토마토 흰비단병 균 핵	5	0	0	0	100
	10	0	0	0	100
	15	0	0	5	95
딸기 위 황 병 병 주	0	0	0	0	100
	10	20	0	0	100
	15	100	0	0	100
가지 반신위조병 병 주	5	0	0	0	100
	10	50	0	0	100
	15	45	0	0	100
토마토 모자이크 바이러스 병 주	5	100	100	100	100
	10	100	100	100	100
	15	100	100	100	100

토마토 흰비단병의 경우에는 처리후 3일에 지표면은 물론, 지하 10cm 깊이에 있는 균핵까지 완전히 사멸되었다. 딸기의 위 황병균 역시, 6일 처리에 의해 완전히 방제되는 효과를 보이고 있었다. 그외에도 이러한 밀폐 처리를 한 하우스에 가지를 정식하고 반신위조병의 발병율을 조사하였던바, 처리한 하우스에서는 전혀 발병이 없었으며 처리하지 않은 하우스에서는 정식후 80일 경에 이미 30%의 발병율을 보였다.

또한 토양에 기생하는 각종

선충류도 하우스 밀폐에 의한 태양열소독으로 방제가 가능한 보고가 있다.

태양열 소독을 행할 경우 흐린날이 계속되면 지온의 상승이 크지 않아 소독효과가 낮으나, 처리기간을 일정기간 유지시키면 무처리에 비하여 병원균 사멸효과가 높아진다. 또한 처리에 들어가기 전에, 석회질소와 함께 자른 볏짚을 충분히 넣고 갈아엎어 처리하게 되면 소독효과가 커질뿐 아니라 지력의 증진에도 도움이 된다.