

토양소독후 예방위주로 방제해야

○ 施設園藝와 合理的 農藥使用

충남대학교 농과대학 농약학과 교수 이 규 승

소형의 「비닐터널」 재배로부터 시작하여 소위 「비닐하우스」를 거쳐 최근에는 철근 구조물에 의한 본격적인 시설원예가 크게 늘어나고 있다. 김해를 중심으로 하는 남부지방에는 PVC 파이프나 철근을 사용하는 시설원예의 면적이 전체 시설원에 재배면적의 10~25% 정도나 되며 이와같은 반영구적인 시설재배는 계속 확대될 전망이다. 그런데 이와같은 시설원예에는 노지작물 재배와는 달리 특별한 제한 환경내에서의 재배이므로, 시설원예재배의 문제점을 우선 알아보는 것이 합리적인 농약 사용의 방법이라고 본다.

1. 시설원예 내부환경의 특이성

시설원예에는 PVC 필름이나 PE 필름으로 단층 피복하는 것이 통상적이므로 공기유통이나 습도조절, 그리고 온도조절과 같은 내부환경의 조절이 첫번째 문제라고 볼 수 있다. 특히 공기중의 습도는 90~100%에 달하는 경우가 많으며, 이에 따라 토양중의 수분함량 역시 노지재배보다는 훨씬 높다고 볼 수 있으므로 작물재배의 조건으로는 노지재배 보다 불리한 것이 틀림없다.

露地栽培보다 불리한 조건

겨울철을 제외하고는 시설내부의

기온이 작물생육에 영향을 주는 35°C 이상으로 올라가기가 쉽고, 또 겨울철에는 야간의 기온이 2°C 이하로 까지 내려갈 수 있으므로 보온에 유의하여야 하는등의 온도조절이 매우 중요하다.

高温으로 養分소모 매우 커

온도가 높으면 고온장애라고 불리는 생리적 장애가 일어나 호흡이 왕성하여지고 양분소모가 급격히 늘어나므로, 과일의 비대(肥大)가 불량해 지거나 꽃가루의 생성이 불량해지고, 또 암술의 발육부진등에 따른 낙화나 낙과등이 발생하기도 하며, 줄기나 잎의 생육도 역시 불량해지는 등의 전반적인 생육저하를 나타내게 된다. 그리고 저온장애도 무시할 수 없는데 멧해를 받게되면 양분과 수분의 흡수가 줄고, 광합성 능력이 낮아지는 등의 생리적 장애를 받게된다.

공기습도 높아 웃자람 현상

또한 시설내부의 공기중 습도가 높을 때는 생육이 충실치 못하여 소위 도장현상이 일어난 뿐만 아니라 잿빛곰팡이병 등이 발생하는 요인이 되며, 토양수분의 과다를 불러 일으켜 통기를 불량하게 하므로 덩굴조

김병(만할병)과 같은 병해의 원인이 되는 것이다. 이와같이 고온·저온 등에서 연유되는 생리적 장애나 과습에 따른 생리적 이상 상태는 작물체의 건전한 생육을 방해하므로 병원균에 의한 감염이 더욱 쉽게 이루어질 수 있게 된다.

질소비료 過用으로 산성화

둘째로는 시설내부의 경작토양이 갖고 있는 문제이다. 우리나라의 남부지방에 있는 일부 시설원예재배지에서의 토양조사 결과 몇가지 문제점이 대두되었다. 우선 토양의 pH가 전반적으로 일반 밭토양에 비해 낮은 경향을 나타내고 있는데, 이는 질소질 비료의 다량시비에 따른 NO₃-N의 증가에서 기인되는 현상이라 볼 수 있다. 그런데 토양의 pH가 낮아지면 토양중의 Al이나 Mn 이온과 같이 작물생육에 지장을 줄 수 있는 성분들의 용출량이 늘어나며, 반대로 Ca, Mg 및 Mo과 같은 성분들은 용해도가 낮아져 작물체에 결핍증상까지 나타나므로 작물의 생육을 저하시킬 뿐만 아니라 병·충해를 받기 쉽게 되는 것이다. 또 이와같이 토양의 pH에 영향을 주는 질소질 비료의 다량시비는 보통 채소작물의 재배에 효과적이라고 알려진 토양중 무기태 질소의 함량인 20~40mg/

◇ 시설원예와 합리적 농약사용 ◇

100g을 훨씬 웃도는 결과를 가져와, 암모니아 가스나 NO₂가스에 의한 재배작물의 피해를 가져올 우려가 있는 것이다.

유실·용탈없어 염류장해 유발

특히 토양문제에서 중요한 것은 염류집적에 따른 장애이다. 염류집적 현상은 시설재배에 있어 아주 심각한 문제인데, 이는 재배의 특성이 시설내의 관수에 의해 수분을 공급하므로, 발토양과는 달리 작토내의 여러성분들이 유실되거나 용탈되지 못해 일어나게 된다. 우리나라의 남부 화훼재배지대에서도 일부에는 2.0m³/cm 이상이나 되는 높은 염류농도를 나타내는 곳이 있으므로 이런 지역에서는 상당한 피해가 있을 것으로 예상된다. 따라서 정기적인 토양조사를 실시하여 적정시비와 토양교정등을 통해 재배토양의 물리

화학적 성질을 양호하게 하므로서 생산성을 높여야 하겠다.

2. 토양·종자감염등서 병·충 발생

우리나라의 남부지방의 시설원에 단지인 김해, 남지, 진주 및 순천지방의 오이와 카네이션 재배지에서 한정되어 조사된 결과이긴 하지만, 6종의 병과 4종의 해충이 피해를 주는 것으로 알려져 있다.

이외에도 잎곰팡이병, 씨균병(균핵병), 풋마름병(청고병), 흰가루병, 탄저병 등도 토마토와 가지 및 기타 시설원예작물의 중요 병해라고 볼 수 있다.

한편 이들 중요 병해를 원인별로 살펴보면 다음과 같다.

버짐병(노균병) : 고온, 토양수분과 다.

덩굴쭈김병(만활병) : 종자감염, 토양감염

◇ 시설원예에서 발생하는 병해충 종류

지역	작물	병	해충
김해	오이	버짐병(노균병), 덩굴쭈김병(만활병) 젯빛곰팡이병	응애류, 진딧물류
	카네이션	둘림병(역병), 모잘록병, 바이러스성병	진딧물류, 이화명충
남지	오이	버짐병, 덩굴쭈김병, 젯빛곰팡이병, 바이러스성병	진딧물류
진주	오이	"	응애류, 진딧물류
순천	오이	버짐병, 모잘록병	진딧물류, 산누에나방

갯빛곰팡이병 : 과습
 잎곰팡이병 : 과습, 종자감염
 탄저병 : 종자감염, 토양감염
 돌립병(역병) : 토양감염
 모잘록병 : 토양감염
 꽃마름병(청고병) : 토양감염

씨균병(균핵병) : 토양감염, 다습,
 광선부족

흰가루병 : 통풍불량, 광선부족

바이러스성 병 : 종자감염, 토양감염,
 매개곤충(진딧물등), 접촉감염
 (작업자등)

위에서 살펴본 바와같이 시설원예에서 발생되는 병의 원인은 바이러스성 병과 같은 특별한 경우를 제외하고는, 고온·다습·광선부족등의 내부환경과 종자감염 및 토양감염등으로 크게 나누어 볼 수 있다

갯빛곰팡이병 환기로 감소돼

고온·다습에 의해 발생하는 병해를 방지하기 위해 환기를 원활히 하여야 함은 두말할 나위가 없다. 환기의 효과는 외기와 상대습도 등 여러가지 요인에 의해 달라질 수 있으나 일반적으로 온도는 5~10°C, 습도는 5~20%정도 내려간다고 한다. 따라서 오이의 갯빛곰팡이병이나 잎곰팡이병 등은 적절한 환기에 의해 발병정도를 감소시킬 수 있으나, 반

대로 환경의 급격한 변화 때문에 흰가루병이나 버짐병 등은 그 발병정도가 높아질 수도 있으므로 이런 점을 유의하여 환기를 시켜야 할 것이다.

無病種子로 건전 육묘해야

종자감염에 의한 병해를 낮추기 위해서는 무병종자를 선택하여 건전한 육묘를 하여야 함은 물론, 접촉재배를 하여 묘대기에 감염되는 병해를 막아야 할 것이다. 그러나 약제를 이용하여 철저한 종자소독을 하는 것이 가장 효과적인 방법이다. 단 바이러스성 병이 발생했을 때는 실제로 방제할 수 있는 약제가 마땅치 않으므로 무병종자에 의한 건전 육묘가 필수적이라고 본다.

토양소독을 철저히 하도록

또 병의 발생요인으로 가장 많은 경우를 나타낸 토양감염은, 앞에서 언급한 바와 같이 토양의 이화학적 성질이 특이한 때문에 나타나는 생리장애도 그 원인이 될 수 있지만, 이와같은 시설내부의 토양조건이 병균의 포자나 균사가 생활할 수 있는 좋은 환경을 만들기 때문에 병의 발생을 용이하게 할 수 있다고 본다. 특히 년중 3~4회의 집약적 영농을

◇ 시설원예와 합리적 농약사용 ◇

통해 동일 작물의 연작빈도가 높으며, 또 질소질 비료의 과다사용과 미숙퇴비(계분등)의 시용에 따른 토양의 과영양상태도 이와같은 요인을 만들게 된다. 따라서 연작을 피하고 윤작을 실시하거나 적정시비를 통한 토양의 성질개선을 하여 병발생을 줄이는 방법, 또 표토에 비닐멀칭을 하여 균사의 작물체침입을 막아 발병을 낮추는 방법등도 이용하고 있으나, 무엇보다 토양소독을 철저히 하여 토양내에 잔존하는 병균의 포자나 균사를 없애는 것이 최선의 방법이라고 할 수 있다.

표토, 비닐멀칭도 좋은 방법

아울러 시설내부의 썩은 나무지주등과 같은 병원균의 감염 우려가 있는 곳이나, 농기구 등도 철저히 소독하여야 하며, 보관이나 관리를 청결히 하여야만 발병을 억제하는데 더욱 효과적이라 본다. 특히 바이러스성 병해는 많은 경우가 작업자의 손과 농기구를 통해 전염되므로 이 점을 유의하여 소독과 세척을 철저히 하여야 한다.

방충망으로 해충 침입 방지

한편 해충의 방제는 노지재배 보다 훨씬 수월하며 그 피해정도도 병

해보다 낮다. 방충망을 이용하여 해충의 침입을 막는 방법이 가장 효과적이라 볼 수 있으나 소규모의 시설원예에서는 환기 등을 행할 때 해충이 들어와 번식할 수 있으므로 약제방제가 흔히 쓰이는 수단이다. 남부지방에서의 조사결과를 보면 진딧물류와 응애류가 중요한 해충으로 나타났는데 이는 시설재배가 아닌 보통의 채소에도 마찬가지로, 특히 유시(有翅) 진딧물의 발생기에는 바이러스병을 전파할 가능성이 높으므로 철저한 방제가 요구된다.

線虫의 피해도 무시못할 정도

또 한가지 시설원예에서 특히 문제가 되는 것은 아직까지 정확한 피해조사나 피해정도가 알려져 있지 않으나 피해가능성은 높다고 인정되어 있는 선충(線虫)이다. 이 선충의 피해는 작물별로 그 정도가 다르기는 하나 외국의 보고로는 2~50%라고 한다. 우리나라에서도 제주도의 배론, 수박과 남지 등지에서 피해가 큰 것으로 알려져 있다. 특히 선충은 병원균 매개에 크게 관여한다고 알려져 있으며, 실제로 뿌리썩음병, 무름병 및 세균성마름병 등의 세균성병과 시들음병, 돌림병 등의 원인이 되는 것이다. 이 선충의 기생은 대단히 광범위하여 국내에도 100여종이

◇ 시설원예에 피해를 주는 선충의 종류와 기주 식물

종 류	기 주 식 물	비 고
뿌리혹 선충	채소작물전반(오이, 가지, 고추, 감자, 토마토, 수박...), 땅콩, 곡류, 두류, 인삼 등	시설원예지역 및 전체 작물 재배지역
뿌리색이 선충	담배, 딸기, 고추 과수(사과, 감귤)	시설원예지역 및 채소, 과수원
딸기잎 선충	딸기	김해
국화잎 선충	국화	진주, 마산

있다고 한다. 또 노지보다는 시설원예에 더 피해가 클 수 있는데 이것은 시설내부의 토양온도가 높고, 습도가 충분하여 선충의 생육에 쾌적한 환경을 만들어 줄 뿐 아니라 계속적인 작물재배와 기주식물의 변화로 여러종의 선충이 기생할 가능성이 높기 때문이다. 선충방제는 토양소독을 철저히 하는 것이 가장 바람직 하며 그 방법은 후에 설명하기로 한다.

시설원예에 피해를 주는 중요한 선충의 종류와 기주식물을 살펴보면 위표와 같다.

3. 농약사용과 효과적인 방제법

앞에서 살펴본 바와 같이 시설원예에서 가장 중요한 것은 병해를 낮추는 일이며, 병해의 정도를 낮추는 방법은 병의 원인이 되는 토양의 철저한 소독과 선충 등 토양에 살고 있는 해충의 방제라고 본다. 토양의

소독은 약제소독과 약제를 사용하지 않는 소토법(燒土法), 태양열소독법 및 증기소독법 등으로 나눌 수 있다.

태양열 소독법이 가장 경제적

소토법은 손쉬운 방법이지만 재배면적이 넓은 경우에는 시행하기 어려우며, 증기소독법은 日本에서는 많이 이용한다고 알려져 있으나 스티파이프를 가설하여야 하고, 보일러를 설치하는 등의 시설비 때문에 쉽게 이용할 수 있는 방법은 아니라고 본다. 따라서 비교적 이용하기가 쉬운 태양열로 시설내의 토양온도를 상승시켜 토양내의 병균포자와 균사는 물론 일부의 선충까지도 사멸시킬 수 있는 태양열 소독법이 日本에서도 보편화되고 있으며, 우리나라에서도 연구가 진행되고 있다.

일본의 실험결과에 따르면 이 방법을 이용하여 토마토의 뿌리색음병, 풋마름병, 균핵병 및 오갈병 등 오이의 모잘룩병, 가지의 갈색색음병,

◇ 시설원예와 합리적 농약사용 ◇

◇ 주요병해별 적용농약

(사용시 약제별 대상작물을 확인하십시오)

병명	농약명(품목명)	비고
버짐병 (노균병)	지네브수화제, 만코지수화제, 타로닐수화제, 캡타폴액상수화제, 홀벳수화제, 프로피수화제, 메타실수화제, 쿠피수화제	오이, 배추
탄저병	타로닐수화제, 지오관수화제, 베노밀, 스팩트수화제, 켈탄수화제	고추, 수박 오이, 인삼
겹동근무늬병	타로닐수화제, 쿠피수화제	토마토
돌립병 (역병)	만코지수화제, 타로닐수화제, 메타실수화제, 농용신수화제	감자
갯빛곰팡이병	켈탄분제, 가벤다수화제, 홀벳수화제, 지오관수화제, 디크론수화제, 빈줄수화제, 프로파수화제	딸기, 인삼
잎곰팡이병	프로피수화제	토마토
흰가루병	피라조유제, 사프롤유제, 웨나리유제, 터디폰수화제	오이, 장미
모잘록병	피시엔분제, 켈탄분제	오이, 인삼
백늑병	옥사보수화제	국화
균핵병	프로파수화제	유채

배추의 뿌리썩음병 및 딸기와 무우의 오갈병을 방제할 수 있으며, 오이나 토마토에 가해하는 선충류도 방제할 수 있다고 한다. 또한 이 방법을 토양에 석회질소를 혼합사용한 후에 실시하면 토양온도의 상승에 의해 발생하는 시아나미드 화합물에 의해 제초효과가 좋고 아울러 살균작용의 상승작용을 인정할 수 있다고 한다

토양소독 후 발병은 약제방제

약제에 의한 토양소독법은 메칠브로마이드와 클로로피크린의 혼합혼중제인 싸이론혼중제와 켈탄분제 등

이 이용되며, 선충방제를 위해서는 카보입제, 아조포유제 및 에토프입제 등을 사용하여야 한다.

토양소독을 충분히 하였는데도 재배중인 작물에 병이 발생한다면 농약을 사용하여 방제하는 방법외에는 다른 방법이 없다. 따라서 현재 우리나라에서 유통중인 살균제의 적용병해를 알아보기로 한다.

한편 살충제로는 진딧물약, 응애약, 나비목의 유충방제제 및 토양해충방제제로 나누어 생각할 수 있다. 이중 응애약은 살란력이 높은 것, 살유충 및 살성충력이 높은 것과 생육단계와 무관한 것 등으로 특징이 있으므로 선택에 유의하여야 한다.

◇ 주요해충별 적용농약

(사용시 적용대상작물 확인)

해충	농약명(품목명)	비고
진딧물	피리모수화제, 모노포액제, 마라톤유제, 아시트수화제, 디설펜입제, 지오메유제, 바미드액제, 헵테노유제, 디크로훈연제, 디메트유제, 가보치수화제, 프로펜유제	배추, 담배, 감자, 토마토, 오이
나비(나방) 유충	디디브이피유제, 그로포수화제, 피리포유제, 피레스유제, 아시트수화제, 테라빈분제, 그로빈분제, 포스트분제, 프로싱유제, 감배유제, 다수진분제, 그로메유제, 나크분제	배추
토양해충	지오릭스분제, 폭심분제, 아시트분제, 그로포분제, 다이포입제, 그로빈분제	벼룩 잎벌레, 굼벵이, 게세미

또 토양해충약중 굼벵이 방제제의 사용이 절대적인데 이는 굼벵이가 퇴비의 시용에서 오는 해충이기 때문이다. 물론 퇴비를 소도법등에 의해 열처리하면 굼벵이의 번데기가 죽게되어 문제가 없으나 퇴비를 소독하는 것은 쉽지가 않은 일이므로 특별히 유념하여야 할 것이다.

4. 합리적 농약사용과 안전사용

시설원예는 노지와는 달리 특수한 재배환경이므로 시설내에서 농약을 직접 사용하는 경우에는 몇가지 유의하여야 할 사항들이 있으며, 이들을 잘 준수하여야만 농약사용의 효과를 높일 수 있다고 본다.

완전필폐조건서 훈증소독

첫째, 토양의 훈증소독을 할때 시설의

밀폐도가 완전하여야 한다.

클로르피크린과 같이 토양관주를 하는 훈증제는 토양온도가 높고, 내부의 기온이 높을수록 효과의 발현이 빨라지며 약효도 증진되는 것이다. 또 이와같은 조건에서는 시설물 자체의 소독도 충분히 이루어질 수 있으며, 토양에 시용할 퇴비의 소독도 동일한 조건을 유지시켜주면 병해충의 발생을 막아줄 수 있는 것이다.

유기물 공급과 통기성 개량

둘째, 시설원예의 내부환경은 앞에서 언급한 것과 같이 병원균이 생활하기에 좋은 조건이며, 기타 토양미생물의 생육 환경으로서도 매우 적합하다.

이 토양미생물들은 유기물의 분해 등을 통한 비효증진과 농약의 분해 등에 작용하므로 그 효과가 크다.

그러나 노지재배와는 달리 다양한 살균제의 계속 사용과 살충제의 병용은 특정한 토양미생물을 사멸시킬 가능성이 높으며, 이런 경우에는 유기물의 분해가 어려워 작물의 영양분 공급에 차질을 줄 수 있을 뿐 아니라 농약의 분해가 어려워져 그렇지 않아도 토양중에서의 용탈이나 공기중으로의 휘산이 어려워 시설내부로부터 소실되기 어려운 환경적 특성으로 농약의 토양중 집적이 늘어날 가능성이 높은 것이다. 따라서 토양미생물군의 활발한 번식을 위해 토양유기물의 충분한 공급과 토양의 통기성과 투수성 등의 물리성을 개량하며 주기적인 미생물군락의 변화 등을 조사하여 약제의 종류를 조절하거나 방제횟수를 줄이거나 하므로써 잔류농약의 분해를 촉진시켜야 할 것이다.

가능하면 예방살포 위주로

셋째, 방제대상 병·해충의 발생, 방제시기 및 방제농도 등에 관한 충분한 지식을 갖추어야 한다.

우선 재배작물별로 피해를 주는 병·해충의 생리와 생태를 확실히 이해하고, 예방적 조치가 필요한지 직접 농약을 살포하는 것이 효과적인지 등에 관해 충분히 알고 있어야 한다. 시설내에서 자라는 작물들은 대체로 노지작물 보다 연약한 상태

이므로 병에 대한 저항성이 낮아 발병초기부터 높은 이병률을 나타내어 큰 피해를 줄 가능성이 높으며, 따라서 가능한한 예방적인 약제살포가 필요하다. 살균제의 경우 발병전에는 7~10일 간격으로, 발병 후에는 4~5일 간격으로 약제를 살포하기 좋다고 본다. 또 농약의 살포시기는 기온이나 습도 등을 고려하여야 하며, 고온기의 살포는 약해를 유발할 가능성이 높고, 우기(雨期)의 농약 살포는 시설내의 과습현상을 가져와 재배작물에 피해를 끼칠 우려가 많으므로 살포제가 아닌 타제제(製劑)를 사용하거나 살포시기를 늦춰야 한다. 또 개화기의 살포는 꽃가루와 암술 등 수정(受精) 조직의 파괴를 가져와 생산력의 저하나 기형과가 발생할 수 있다.

그리고 농약의 사용농도는 어느 경우라도 추천 농도를 준수해야 하며 특히 식물생장조절제는 살포시기, 살포농도도 중요하지만 살포부위를 확실히 알아야 하며, 여러가지 식물생장조절제의 혼합 살포는 오히려 부작용을 가져올 수 있으므로 피하는 것이 좋다.

이상에서 몇가지 농약사용방법에 관해 살펴보았다. 물론 더욱 여러가지 합리적인 사용을 위한 견해가 있겠으나 우선은 앞의 세가지로 줄여 보고, 어떻게 하여야만 시설내의 농약사용시 피해를 받지 않을까 하는 안전사용방법에 관해 검토해 보고

자 한다.

농약사용시 주의할 점은 이미 잘 알려져 있으므로 재론할 여지가 없겠으나 시설원예의 특수성 때문에 중요한 몇 가지를 거론해 보기로 한다.

약제독성 정확히 파악해야

첫째, 농약의 특성을 확실히 파악하고 독성의 정도를 확인한다.

가능한한 급성경구독성(LD₅₀ · mg/kg)이 얼마인지, 약제의 독작용이 속효성인지, 또 침투성인지 등을 알아야만 살포시의 피해를 경감할 수 있다.

복장완비로 농약접촉 피해야

둘째, 살포시의 복장완비를 하여야 한다.

시설내부는 공기유통이 없고 고온·다습하므로 마스크, 안경, 가능한 방독면까지 착용하여 약제의 호흡과 접촉을 피하여야 한다. 대체로 시설원예 작업자중 농약에 의한

만성중독증을 갖고 있다는 경우가 있는데 이는 약제살포시의 호흡이나 접촉이 계속되므로 나타나는 결과라고 본다.

온·습도 조절로 약해방제

셋째, 약해를 막기 위해 온도·습도의 조절을 원활히 하여야 한다.

또 약제의 특성을 검토하여, 방제 효과가 충분히 인정되는 시간이 경과하면 약제살포 후 일정시간 후에 환기 등을 통해 공기중의 약제를 제거하는 것도 중요하다.

5. 더욱 세밀한 조사·연구 필요

이상에서 시설원예와 농약사용에 관한 문제점들을 간략하게 기술해 보았다. 앞으로 시설원예의 농약사용실태와 토양중 농약의 잔류, 분해 대사 등이 연구되고 아울러 선충의 피해 및 방제 등에 관한 종합적인 연구가 이루어져야 더욱 확실한 자료를 가지고 시설원예의 병·해충방제를 기할 수 있다고 본다. ㉔