연작으로 인한 토양전염성 병해의 대책으로 오이류뿐 아니라 토마토, 가지, 고추에도 접목재배가 시도되고 있다.
일본에서는 하우스 재배시 토마토는 20%정도, 가지는 90% 이상 접목재배가 실용화되고 있다.

시설원예와 연작장해 **리포트** ② 병충해와 염류집적 예방대책

연작으로도 다수확할 수 있다

합리적 대책 바탕위에 적극적 실천따라야

결론적으로 하우스의 연작장해 대책은 유기물 증시를 포함한 합리적인 비배관리를 바탕으로 논밭 돌려짓기등 윤작과 심경, 침수 등으로 염류 집적을 예방하는 동시에 적절한 수분관리와 석회시용, 접목재배 그리고 태양열소독, 약제소독등 보다 적극적인 토양소독 등의 근본적이고도 복합적인 병충해 방제대책을 수립, 실천하는 것이다.

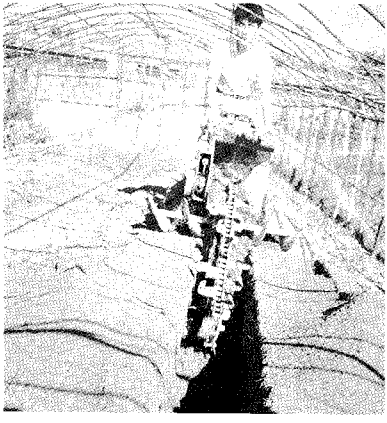
최 주 성 원예시험장 부산지장(農博)

3. 연작장해 대책

시험장에서 실시한 시험결과 과채류를 2~3년 연작했을 때 장해가 발생하고 있다. 이에 비하여 일본에서 실시한 전국 조사 결과에 의하면 접수된 사례중 10년 가까이 연작해도 장해가 발생하지 않은 경우가 토마토(12예), 오이(7), 수박(5)의 순으로 많았다. 우리나라에서도 고추재배농가의 설문조사에서 24% 정도의 농가는 연작으로 인하여 별다른 피해를 받고 있지 않다고 하며, 실제로 연작하고 있으면서도 다수확하는 농가를 흔히 볼 수 있다.

과채류는 시설에서 재배되는 경우가 많고, 이동식 간이시설을 제외하고는 같은 장소에서 연작하지 않을 수 없다. 그 때문에 처음부터 장해가 일어날 것을 예측하여 이것을 회피하기 위한 여러가지 조치를 취함으로써 연작을 가능하게 할 수 있다. 즉, 토양을 심경하고 배수를 좋게 하며 유기물을 충분히 시용하는 동시에 시비를 알맞게 하고 이랑을 높이며 토양소독, 침수제염(浸水除塩)이나 작물 찌꺼기를 제거하는등 토양환경을 개선하는 것이다. 또 경우에 따라서는 내병성 품종이나 대목을 이용함으로써 연작을 가능하게 하고 있다.

그리고 이와같은 개별적인 방제대책에 병행하여 근본적으로는 토양을 발효합성형(醱酵合成型)으로 건전하게 만드는 것이 중요하다. 즉 토양이 나빠지고 노후화되는 것은 토양이 극단적으로 부패형이 되어 토양중에 많은 해로운 부패균이 존재하고 있기 때문이다. 이런 토양에는 유기물을 시용하더라도 그 유기물이 가스로 변하며 이것이 공중에 방출될때 작물의 뿌리를 해칠뿐 아니라 효소억제물질이 생성되어 생육이 현저히 억제된다. 더욱이 환원상태(還元狀態)에서는 무기양분(無機養分)을 이용할 수 없게 되어 토양이 단단해지고 미량요소의 결핍이 일어나기 쉽다.



토양중의 염류는 지표에 가까울수록 많이 집적되어 작물뿌리에 장해를 일으키므로 '트랜차'나 관리기로 심경하여 표토를 심층토와 섞어준다.

생볏짚의 시용은 토양공극등 토양 물리성을 개선하는데 효과적이지만 염류집적이 염려될때 시용하면 더욱 효과적이다.

토양을 발효합성형으로 하기 위해서는 인공적으로 배양한 미생물을 시용하는 것도 한가지 방법이 될 수 있다. 이때는 이들 미생물이 정착할 수 있도록 토양산도, 충분한 유기물의 시용, 수분관리등 알맞는 토양관리가 뒤따라야 한다.

가. 병충해 방제

병충해는 현재 우리나라의 하우스 작물 주산지가 당면하고 있는 가장 심각한 문제중의 하나이다. 경우에 따라서는 산지이동을 불가피하게 하고 있는 것이 토양전염성 병해이다. 토양병해는 토양중에서 몇년이라도 살아남을 수 있는 상태로 존재할 수 있기 때문이다. 예를 들면 오이류의 만할병이나 토마토의 위조병, 무·양배추·딸기등의 위황병등은 수분과 더불어 작물체의 도관(導管)내를 타고 올라감으로써 뿌리에서 지상부의 도관을 침해하여 작물을 고사시키는 등 전신병(全身病)이 많다.

이런 경우 병징이 나타난 다음에는 손을 쓸수 없으므로 체내 침투력이 강한 약제가 아니면 방제할 수 없으나 현재 그와같은 약제는 개발되어 있지 않다. 따라서 예방대책이나 생태적(生態的) 방제를 적극 도입해야 한다. 예를 들면 소석회를 다량 시용하여 토양반응을 미산성에서 중성으로 조절하면 토양중의 세균이나 방선균(放線菌)이 현저히 증가하여 오이 만할병균을 줄여준다. 또 게껍질이나 해초(라미나린)를 첨가하면 토양중의 세균 특히 방선균이 증식하여 오이·토마토·무·수박 등에 기생하는 후사륨균의 밀도를 낮추어 발병을 가볍게 한다.

또 윤작이나 퇴비의 다량시용에 의한 지력증진과 약제방제를 결부시키면 방제효과가 높아져 약제의 사용량을 1/3 또는 1/2로 절약할 수 있다는 것이 배추의 뿌리혹병 등에서도 밝혀졌다. 즉 생태적 방제수단인 윤작, 유기물 시용, 논밭돌려짓기등으로 지력을 높일 수 있고 병충해 방제에도 잇점을 갖게 된다는 것이다.

작물은 스스로를 방어하는 힘을 갖고 있다. 병원균이 작물체의 세포 안에 들어오면 "파이토알렉신"이라는 병원균의 활동을 억제하는 물질이 건전 세포에서 만들어져 병반부로 보내진다. 이 물질은 건전한 작물체에서 더 많이 만들어진다. 예를들면 돈분을 다량 시용하여 오이의 생육을 좋게 하면 토양병해인 만할병 뿐만 아니라 공기전염성 병해인 노균병의 발생도 표준재배보다 1/2~1/3로 줄었다는 보고도 있다.

단일작물에 의한 대규모 주산지에서의 병충해 방제는 흔히 약제에 의존하려는 경향이 많은데 약제방제는 한계성이 있으므로 생태방제에 보다 중점을 두어야 한다.

(1) 윤작 : 뿌리의 활동에 의해 병원균의 활동이 왕성해지거나 토양의 나쁜 균을 없애는 정균작용(淨菌作用)이 약해지면 토양병해충이 많이 발생한다. 그 위에 토양의 이화학적 성질의 악화가 겹쳐지면 작물에 따라 차이는 있으나 연작장해가 일어나게 된다. 그러나 장기간에 걸쳐 휴작을 필요로 하는 수박도 접목재배로, 토마토나 가지등은 저항성 품종이나 접목으로 연작이 가능하거나 휴작년수가 짧아지고 있다.

후사륨균에 의한 오이·수박의 만할병, 토마토의 위조병, 딸기의 위황병등은 토양중에서 잘 소멸되지 않으므로 적어도 5년이상 휴작해야 한다. 토마토·가지·피망의 청고병이나 배추·당근의 연부병등은 뿌리에서의 증식이 매우 왕성하여 조금만 토양중에 남아 있어도 증식이 왕성해져 발병하므로 장기간 휴작이 필요하다. 오이·피망등은 1년이상으로 비교적 휴작년수가 짧은 편이지만 일단 병해가 발생하면 휴작년수를 길게 하는 것을 원칙으로 하고 있다. 윤작은 지력유지나 심경효과, 토양중의 양분조절, 잡초억제등 여러가지 효과가 있으나 현재의 주산지 형성과 전업농에서는 자연히 소극적인 방법이 되고 있다.

(2) 침수 : 일반적으로 토양병원균은 산소가 풍부한 조건에서 활동하기 쉬운 성질을 갖고 있으므로 침수등 산소가 부족한 환원상태에서는 사멸하기 쉽다.

오이류의 만할병은 1년간 논상태로 하면 발병이 매우 적어진다는 보고가 있는 반면 4년간 침수해도 논, 밭 공히 20% 이상 발병하고 5년째에 들어서야 발병하지 않았다는 보고도 있다. 즉 만할병균은 토양중에서 장기간 생존할 수 있는

후막포자를 만들기 때문에 단기간에 사멸시키기 어렵다. 일반적으로 논상태라 하더라도 1년내내 침수상태로 두는 것이 아니라 년간 4개월 정도만 침수상태이기 때문에 오이류의 만할병이나 토마토의 위조병은 이 동안의 침수만으로 토양 중의 병원균 수를 크게 줄일 수는 없다. 또 토마토의 청고병균은 밭상태보다 오히려 침수상태에서 잘 살아남은 시험결과도 있다.

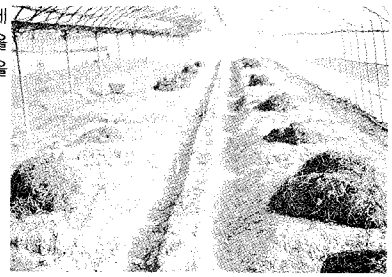
이와같이 토양병원균은 침수라는 산소부족의 악조건하에서도 장기간 생존할 수 있는 내구체를 만들기 때문에 일단 병원균이 논에 들어오면 사멸시키기가 어렵고 또 병원균의 종류에 따라 그 생존기간도 차이가 있고 복잡하다.

(3) 석회시용 : 채소가 잘 자라게 하려면 각 채소에 알맞는 토양반응이 필요하다. 최적 토양반응에서 작물은 각종 양분을 제대로 흡수하여 잘 자라지만 산성이 강해지면 활성 알루미나에 의한 뿌리의 장해나 각종 양분의 흡수장해가 일어나 생육이 나빠진다. 토양반응의 변화는 병원균의 생육에 직접적으로 관련될뿐 아니라 토양의 물리·화학적 성질 및 토양미생물상(土壤微生物相)의 변화에도 영향을 준다. 토양이 산성화되면 세균이나 방선균이 적어지고 곰팡이가 많아지며, 반대로 알칼리화되면 미생물상은 세균형이 되고 방선균수도 많아진다.

석회시용으로 많이 발생하는 병으로는 가지과 채소의 청고병과 같은 세균병이 있고, 라이족토니아균에 의한 묘입고병은 산성토양보다 미산성~중성토양에서 발생하기 쉽다. 이런 병원균들은 소석회나 탄산석회를 시용하면 증식이 쉬워져 각종 채소에 발아저해를 일으키고 묘입고병을 다발시킨다. 반면 석회시용으로 감소하는 병해로는 오이만할병이 있다. 이 병은 토양산도를 알칼리화하는 소석회나 탄산석회의 시용에 의하여 증식이 적어지는데 그 시용량이 많을수록 방제효과가 높아진다. 이와같은 현상은 수박만할병이나 토마토위조병에서도 밝혀지고 있다.

작물의 생육에 가장 적합한 토양반응으로 시정하여 건전하게 키우는 것은 토양병해의 발생을 줄이는 면에서도 중요한 일이다.

(4) 유기물 시용 : 다수확을 올리고 있는 밭일수록 생육후기에 작물에 공급되는 토양질소의 양이 많다. 토양질소량은 유효부식과 밀접한 관계가 있고, 유기물시용은 이 부식의 근원이 되기 때문이



퇴구비등 유기물을 충분히 시용하면 토양의 성질을 좋게 하고 유용미생물의 번식을 왕성하게 한다. 또한 양분을 꾸준하게 공급하므로 작물을 튼튼하게 키워 병해발생을 줄여주고 염류집적에 의한 피해도 줄일 수 있다.

다. 유효부식은 작물에 필요한 화학성분을 공급하고 토양 공극(孔隙)을 크게 하여 수분의 보지나 투수성을 좋게 할뿐 아니라 미생물이나 소동물의 번식을 활발하게 함으로써 유기물 분해를 촉진하고 토양 구조를 단립화(團粒化)하는 등 토양 물리성 개선에도 도움이 된다.

언제나 안정적으로 높은 수량을 올리고 있는 농가는 거의 모두가 퇴구비 다시용의 효과를 역설하고 있다. 다년간 유기물을 다량으로 시용하고 있는 밭에서는 작물의 병해발생이 적고 품질이 좋은 채소를 다량 생산하기 쉽다. 수년동안 해마다 10a당 3~5톤씩 퇴구비를 시용하고 있는 농가의 포장과 이에 인접한 퇴구비를 시용하지 않는 밭의 토양미생물상을 조사한 결과, 퇴구비를 연용하고 있는 토양에서는 미생물의 먹이가 풍부하기 때문에 세균, 방선균, 곰팡이가 모두 많아지고 있었다. 특히 세균과 방선균 수의 증가가 현저했고 일종의 곰팡이인 오이만할병균(후사륨균)을 억제하는 방선균이나 세균의 수도 많았다.

또 하우스토양에서 화학비료만 다량 연용하면 토양 미생물의 종류나 수가 적어진다. 특히 세균의 감소는 현저하며 아질산 산화균(亞窒酸酸化菌)의 감소도 뚜렷하다. 그 때문에 토양중의 아질산 농도가 높아져 농도장해의 원인이 되고 오이의 생육억제나 만할병 발생을 조장하며 토마토의 착과불량이나 배꼽썩음병 발생을 많게 한다. 그러나 생짚을 10a당 500~1,000kg 시용하면 이를 회피할 수 있다는 것이 시험결과 확인되었다. 10a당 돈분을 2~10톤 다량 시용할수록 오이만할병의 발생은 매우 적어지고 발육초기에 발생하기 쉬운 입고성 역병을 어느 정도 억제하며 토마토위조병등 다른 토양병해 억제에도 좋다. 그러나 돈분을 다량 시용한 후에는 30~40일간 방치한 다음에 파종하거나 정식하지 않으면 발아 또는 생육장해를 받으므로 조심해야 한다.

건강한 작물일수록 병에 잘 걸리지 않으나 시용유기물이 많을수록 건강하다고만할 수 없다. 예를 들면 구비를 많이 시용할수록 작물체의 칼리성분은 점차 증가하나 석회, 고토의 함량은 점차 감소한다. 특히 10a당 10톤 정도로 다량 시용하면 이 경향은 현저하게 되며 수량도 유기물 시용량과 비례해서 오르지 않는다.

한편 유기물 시용직후에는 토양의 정균작용이 약해져 병원균의 활동을 조장하고 발병을 많게할 위험성이 있다. 특히 탄질(C/N)비가 낮은 유기물은 이 경향이 강하므로 유기물 시용후 15~20일이 경과하여 정균작용이 끝난 다음에 파종 또는 정식하는 것이 좋다.

(5) 접목재배 : 저항성 품종을 이용하여 병해발생을 완전히 막을 수 있다면 이보다 생력적이고 경제적인 방법은 없을 것이다. 그러나 각종 병해에 대하여 완벽하게 저항성이 있는 품종을 육성하기는 어려우므로 특정 토양전염성 병해에 저항성이 있는 대목에 접목하여 병해대책을 강구하는 예가 많다.

접목재배는 약제에 의존하지 않는 토양 병해 대책 가운데 가장 안정된 기술이다. 수박, 오이, 메론, 가지, 토마토, 고추 등에 이용될 수 있어 각종 채소의 주산단지 형성과 하우스재배의 생산안정에 크게 공헌하고 있다. 그러나 접목재배에서도 연작년수가 길어지면 수박의 경우 대목인 박을 침해하는 후사륨균이 나타나 박대목 수박을 고사시키거나 원인불명의 급성위조증이 발생한다. 즉, 연작하면 대목뿌리에 해로운 미생물이 집적되거나 증식하는등 장기간 연작은 접목재배만으로 해결할 수 없다.

(6) 토양소독 : 지금까지 주로 생태적 방제대책에 대해 설명했으나 보다 적극적인 방법으로는 토양소독이 있다. 토양소독은 증기소독(蒸氣消毒)하거나 싸이론훈증제 또는 클로로피크린훈증제등 약제를 사용하는 방법이 있다.

증기소독은 증기소독기를 확보

약제를 이용한 토양소독은 전문방제업자에게 의뢰하는 것이 좋다. 토양소독은 토양중의 유해병원균뿐 아니라 유용미생물에도 영향을 미치므로 소독후에는 유기물시용 등으로 토양관리를 잘해야 한다.

하여야 하는 어려운 점이 있다. 약제소독도 개인적으로 처리하기가 어려워 소독기를 보유하고 있는 전문소독인에게 의뢰하여야 하고 약값이 비싸다는 문제점이 있다. 이에 비해 태양열을 이용한 토양소독은 처리기간중의 기후조건에 따라 차이가 있고, 지중심도가 20~30cm로 깊을수록 효과가 떨어지는 문제점은 있으나 약제소독보다 염가이고, 열에 견디는 미생물을 토양중에 남기며, 유기물 투입에 의해 지력을 높이고, 시설내의 집적된 염류를 낮출 수 있다. 또 태양열소독은 선충밀도를 낮추는 방법이 되기도 한다.

태양열소독방법은 장마가 끝난 7월 초순부터의 한더위때에 하우스 10a당 석회질소 100kg(또는 질소 20kg이나 생석회 40kg)과 볏짚 1,500kg을 5~6cm정도로 잘라 30cm정도로 고루 깊게 갈아넣는다. 그런 다음 햇빛을 많이 받을 수 있도록 작은 이랑을 많이 만든후 충분히 침수하고 이랑위에 헌 비닐을 깔아 20~30일 경과시킨다. 이 때에는 반드시 하우스를 밀폐하여 지온을 최대한 높여주어야 한다.

나. 염류집적 방제대책

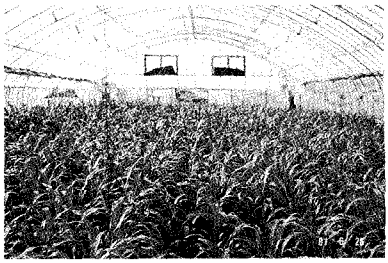
하우스재배에서는 밀식, 다수확을 위하여 자연히 시비량이 많아진다. 또 노지에서처럼 시용된 비료의 용탈이 없고, 물과함께 토양용액중에 녹아있는 염류가 지표면으로 이동 집적하게 된다.

보통 토양에 비료를 시용하기 전에 토양의 전기전도도(電氣傳導度)를 측정한다. 그 값(ms/cm)이 0.3 이하이면 기비를 기준시비량대로 시용하고, 0.5전후이면 1/2로 줄이며, 1.0이면 1/3로 줄이거나 무시비로 한다. 즉, 미리 염류

표1. 고추하우스에서의 태양열소독에 의한 뿌리혹선충 방제효과

(1985 : 원시 부산지장)

토심(cm)	흙 300g당 선충수			
	처리전 (7월 14일)	처리 10일 (7월 24일)	처리 20일 (8월 3일)	처리 30일 (8월 12일)
10		582	54	2
20		660	210	0
30		180	281	47
평균	1,584	474	182	16



염류집적 토양에 청예옥수수나 청예수수를 휴경시에 재배하여 투입하면 토양물리성의 개량, 토양미생물의 증가, 병해충 감소 등의 효과를 볼 수 있다. 뿐만 아니라 토양중의 질소, 칼리등이 옥수수나 수수에 흡수되어 잔존비료가 완효화 됨으로써 토양양분이 균일화되는 효과도 있다.

집적이 일어나지 않도록 비료종류와 시비량, 시비방법을 합리적으로 선택한다. 염류집적이 우려되면 단옥수수등 흡비작물을 재배하며, 침수와 배수, 심경토록 한다. 또 논밭상태로 돌려짓는 것도 근본적이고 효과적인 대책이며 퇴비를 증시하는 것도 중요하다.

(1) 유기물 시용 : 정상토양에서는 보통 탄·질소비(C/N율)가 낮은 유기물을 시용하고 있으나 염류집적이 염려되는 토양에서는 볏짚등 탄·질소비가 높은 유기물을 시용하는 것이 좋다. 볏짚을 500kg이상 많이 시용할 때에는 3~5cm정도로 잘라 충분히 물을 흡수시켜 정식 1개월전에 흙과 혼합하도록 한다.

(2) 침수와 배수 : 토양중에집적되어 작물에 장해를 일으키는 염류는 수용성이다. 따라서 하우스에서는 암거배수시설을 갖추면 제염시의 물을 하우스 외부로 배수할 수 있다. 답리작일 경우에는 수년에 1회씩은 벼와 같은 흡비작물을 재배함으로써 염류농도를 낮출 수 있다.

(3) 심경 : 토양중의 염류는 지표에 가까울수록 많이 집적되어 작물의 뿌리에 장해를 유발한다. 때문에 휴한기에 심경하여 표토를 심층토와 혼합함으로써 표토의 염류농도를 낮출 수 있다. 이 방법은 하우스내로부터 염류를 완전히 제거하는 것은 아니지만 경토층의 염류농도를 낮출 수 있고 하층토까지 물의 이동을 쉽게 하여 작물생육에 좋은 영향을 주게 된다. 관리기나 트렌챠(Trencher)로 심경하는 것이 효과적이다.

(4) 윤작 : 하우스재배에서 연작은 토양의 염류집적과 토양전염성 병해의 원인이 된다. 따라서 가급적 다른 과의 채소와 돌려짓거나 단옥수수등 화본과 작물을 재배하도록 한다. 전, 후작 사이의 기간에 청예옥수수와 같이 흡비력이 강한 화본과작물을 무비재배하여 잔여 비료성분을 흡수시키는 것도 좋은 방법이다. 〈끝〉