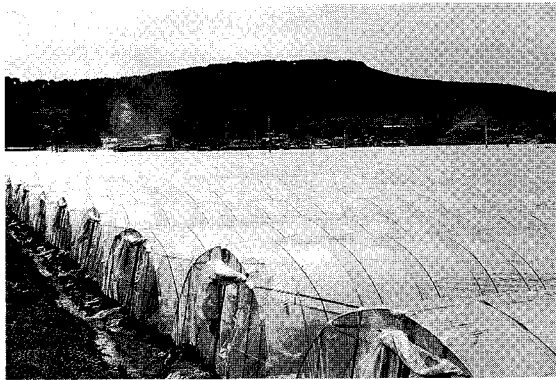


주원인은 염류집적과 병해발생...



최 주 성 원예시험장 부산지장(農博)

하우스재배에서 수량이나 품질을 낮추는 주요한 원인 가운데에는 시설내에서 발생하는 병해나 생리장해가 있다. 우리나라는 아직 선진국과 같이 시설이 대형화되고 중장비화(重裝備化)되지는 않았지만 현재에도 하우스 재배가 전업화되고 단지화됨에 따라 자연 연작하지 않을 수 없게되어 연작장해가 일어나고 있는 실정이다. 즉 하우스재배에서는 단위면적당 수량을 높이기 위해서 밀식하는 경향인데 비해 하우스내는 고온이고 노지보다 시비량이나 관수량도 많아 비료성분인 염류(鹽類)가 쌓이고 토양 병원균도 많아지고 토양물리성이 나빠져 토양병해나 생리장해가 많이 발생하고 있다. 이 글에서는 하우스 작물의 연작장해의 원인과 실태조사 결과를 분석해보고 다음호에서는 그 대책에 대해 알아본다.

1. 하우스토양의 특성과 연작장해의 원인

가. 염류의 집적

하우스재배에서는 밀식된 상태에서 단위수량을 높이려고 시비량이 많아지는데 비해 노지의 일반 토양만큼 강우의 영향을 받지 않으므로 비료성분의 유실이 적어 염류가 집적되기 쉽다. 시설내에서 지표면이 회계 되어 있는 것을 흔히 볼 수 있는데 이것은 염류가 과다하게 집적되기 때문이며 이때에는 작물이 생육장해를 받게 된다. 즉 하우스 내부온도의 상승으로 지표면으로 부터의 증발이 많아져 비료분을 함유한 수분은 모세관현상(毛細管現象)에 의해서 밑으로부터 위로 향하여 움직이는 일이 많아지기 때문이다.

이와같이 시설에서는 노지에 비해 사용된 비료의 용탈(溶脫)이 없을 뿐 아니라 물과 같이 토양용액중에 용존된 염류도 땅의 표면

으로 이동하고 쌓이게 된다.

물과 양분의 흡수가 어렵다

토양에 시용한 비료가 토양에 쌓이는 정도는 토성(土性), 비료의 종류, 시비량 및 시비방법 등에 따라 차이가 있다. 예를 들면 사양토에서 11월에 고추를 하우스에 정식하여 이듬해 7월까지 수확하는 작형으로 3년간 연작했을 때의 토양성분의 변화는 표1과 같이 변하고 많아졌다.

이와같이 토양용액중의 염류농도가 높아지면 수분과 물에 녹은 양분이 제대로 작물에 흡수되기 어렵다. 따라서 이런 토양에는 모를 심어도 뿌리의 활착이 불량하여 활착후에도 야간에는 정상생육과 같이 보이나 잎에서 수분이 많이 증산(蒸散)하는 주간에는 증산에 비례해서 수분을 흡수하지 못하여 시들게 된다. 이런 현상이 계속되면 잎색이 진한 녹색(綠色)으로 변하고 자람이 정지되면서 줄기도 가늘어지고 과실비대도 불량하다.

표1. 고추하우스재배 연작에 따른 토양성분 변화 (1989 : 경남농촌진흥원)

성분 \ 연수	토양산도 (pH) (1:5)	전기전도도 (EC) (1:5, ms/cm)	나트륨 (Na) (me/100g)	염소 (Cl) (ppm)	암모니아태질소 (NH ₄ -N) (ppm)	초산태질소 (NO ₃ -N) (ppm)
재배전	5.7	0.04	0.30	16	25	8
3년 연작	4.5	3.17	0.73	1,420	240	90



비료성분으로 볼 수 있는 염류(鹽類)가 토양표면에 집적되어 있다. 흰빛까지 띠고 있는 이런 토양에서는 작물이 제대로 자라지 못한다.

길항작용으로 양분결핍증상도

또 염류가 집적되면 토양중에 특정 양분이 존재하더라도 길항작용(拮抗作用)에 의해서 양분이 제대로 흡수되지 않아 결핍증상을 나타내는 수가 있다. 예를 들면 오이의 백변엽(白變葉)이나 수박의 잎마름증 등 박과식물의 마그네슘 결핍증은 토양중의 마그네슘이 부족해서 일어나기도 하지만 오히려 칼리와 석회질 성분의 과잉으로 인해 나타나는 경우가 많은데 이런 경우에는 마그네슘을 웃거름으로 주어도 회복되지 않는다.

나. 토양의 물리성

하우스내에서는 노지보다 수분의 증발산이 심하여 자연히 자주 관수하게 되므로 토양구조(土壤構造)가 파괴되기 쉽다. 또 빈번한

관리나 수확작업 때문에 지면이 견고해져 통기성(通氣性)과 투수성(透水性)이 불량해지기 쉽다. 유기물을 사용하지 않고 화학비료만으로 연작하는 경우에는 더욱 토양이 단립화(單粒化)되고 단단하게 되어 토양의 틈새인 공극(孔隙)이 감소해서 수량이 적어지기도 한다. 그러나 이러한 극단적인 경우보다 토양의 물리성이 나쁜 경우에는 다른 요인과 겹쳐져서 장애가 커지는 경우가 많다. 예를 들면 작토가 20cm 이하로 낮은데 밑에는 불투수층(不透水層)이 있어 강우시에 습해를 받기 쉬운 곳에서 뿌리혹선충의 피해가 겹쳐 피해가 커지는 경우 등이다.

다. 하우스토양의 미생물활동

하우스토양은 재배기간동안 기온과 지온이 낮고 광선이 부족한

연작으로 토양전염성 병균이 만연되어 있는 포장에서는 심은지 얼마되지 않는 묘를 뽑아내야 하는 경우가 있다.



불량한 환경에 놓이게 되면 작물의 양분흡수가 억제되고 미생물의 활동이 저하되어 비료흡수를 더욱 나쁘게 한다.

토양병해 방제가 어려운 이유

한편 하우스에는 보통, 매년 같은 토양에 같은 작물을 연작하는 경우가 많으므로 토양전염성병(土壤傳染性病)의 발생이 심하며 발생된 후에는 완전방제가 아주 곤란하다. 토양병해 방제가 어려운 것은 토양중에서 몇년이라도 살아남을 수 있는 상태로 변한 병원체가 작물의 뿌리나 토양동물, 물방울 등에 의하여 땅속 깊이 들어가 작물의 분비물(分泌物)을 먹이로 활동하여 발병에 관여하기 때문이다. 오이류의 만할병, 토마토의 위조병, 무·양배추·딸기 등의 위황병, 토마토·가지등 각종 채

소의 반신위조병(半身萎凋病), 가지과작물의 청고병(靑枯病)의 병원체가 작물체에 침입하면 수분과 함께 도관내를 상승하여 뿌리에서 지상부의 도관을 침해하여 작물을 고사시키는 등 전신병(全身病)이 많기 때문에 병징이 나타난 다음에는 벌써 늦은 상태여서 체내 침투력이 강한 약제가 아니면 방제하기 어려우나 실제 이런 약제는 아직 없는 실정이다. 그 외의 많은 토양병해도 지하부를 침해하기 때문에 병해방제의 기본이라고 할 수 있는 조기발견이 매우 어렵다. 또 토양중의 병원균에 대해서는 농약이 잘 듣지 않는데 그 이유로는 토양속에 있는 병원균의 내구체(耐久體)는 보통의 번식기관(繁殖器官)보다 약제에 대해서 건디는 힘이 크고, 작물찌꺼기 등을 파먹어 들어가 약제와 병원균과의 직

접적인 접촉을 방해하며, 더욱이 토양을 구성하는 점토나 부식은 농약을 흡수해서 직접적인 살균효과를 낮추게 하며, 한편으로 토양 중에 사는 토양미생물에는 농약을 분해하는 것이 있는데, 스트렙토마이신이나 다찌가렌 등은 미생물 분해를 받아 지속효과가 짧다고 한다.

2. 연작장해 실태조사

시설에서 재배되는 과채류중에서는 토마토·오이 등에서 연작장해가 심하고 수박, 고추, 딸기, 가지에서도 장해가 나타나고 있다. 일본에서 전국에 걸친 500여 건의 연작장해조사결과를 보면 표 2와 같이 병해에 의한 것이 가장 많았는데 병해는 주로 토양전염성

표2. 채소의 연작장해요인 조사

(1974 : 니시자와 등)

원 인	건수	비율
병 해	182	35
불 명	96	18
선 충	83	16
요소결핍	63	12
토양산성화	34	7
염류집적	25	5
토양의 물리성 악화	24	5
기 타	14	2
계	521	100

이었으며 병에 민감한 작물은 연작에 의한 장해를 많이 받고 있다.

가. 청취 및 피해분석 결과

1989년 3월 현재 하우스팍고추 주산지인 당진, 예산, 나주, 광주, 진주, 진양, 밀양, 창녕에서 재배 면적 비율에 의해 선정된 100농가를 대상으로 농가의 의견을 직접 들어보는 청취조사 결과에 의하면 ① 대다수 농가에서 이랑관개를 하고 있으며, ② 10a당 유기질비료 시용량은 2~5톤 수준이고, ③ 10a당 비료시용량(유기질 포함)은 질소 : 인산 : 칼리가 79kg : 73kg : 51kg 수준이고, 화학비료는 10a당 질소 30~40kg, 인산 및 칼리는 20~30kg 수준으로 사용하고 있었다. ④ 작부형태를 보면 매년 논과 밭형태로 바꾸어 돌려짓는 농가가 61%, 전작농가가 39%이며 ⑤ 토양조건은 대부분이 사양토(55%)이고 양토(27%), 식양토(13%)의 순위인데 ⑥ 연작 햇수는 3년에서 10년까지의 농가가 대부분이고 15년 이상의 농가도 7% 정도 되었다. ⑦ 농가에서 연작장해의 주원인으로 보고 있는 것은 염류집적>병해>이화학성분의 악변>선충>토양물리성의 악변>산

성화 등의 순이었다. ⑧ 연작으로 인한 피해를 받고있지 않다고 생각하는 농민이 23% 정도였으나 대부분의 농가에서는 5~10%의 피해를 받고 있다고 생각하며 40% 정도의 피해를 받고 있다고 생각하는 농민도 2% 정도 되었다. ⑨ 앞으로의 대책으로는 유기물사용 > 심경 > 석회사용 > 침수 > 윤작 등의 순이고 그 외에 태양열소독(14%), 품종선택(11%), 접목(4%) 등도 포함되어 있었다.

이 청취조사와는 별도로 실제 하우스에서 이상이 발생한 64농가의 시료를 수집하여 분석한 결과(경남농촌진흥원)에 의하면 병이 35%, 염류집적이 31%, 온도장해

가 14%, 선충피해가 7%, 가스피해가 2%, 기타가 11%였다.

연작장해가 일어나는 원인

또 연작에 의한 장해가 발생된 요인을 좀더 구체적으로 분석해보면, 병충해 관계로서는 첫째 토양소독의 불철저, 둘째 이병식물의 방치 또는 토양중으로의 갈아넣기에 의한 병충해의 증가, 셋째 병해발생 포장에서의 빗물의 유입, 기계의 공동이용, 관개수 등에 의한 토양전염성 병원균의 확산, 넷째, 종자소독의 불철저, 다섯째 토양소독제의 연용에 의한 유익균(有益菌) 등의 사멸, 여섯째 토양소독제 내성균(耐性菌)의 출현 등

표3. 연작장해 실태 및 농가대책

조사항목	내용별 비율(%)
연작년수	1(8), <3(28), 4~5(19), 6~10(32), 11~15(6), >15(7)
추정감수 비율	무감수(23), <5(29), 6~10(25), 11~20(16), 21~30(5), >31(2)
피해 주요인*	염류집적(55), 병해(52), 이화학성의 악변(32), 선충(19), 토양물리성의 악변(17), 산성화(16)
피해 분석 결과**	병(35), 염류집적(31), 온도장해(14), 선충(7), 가스장해(2), 기타(11)
개선 대책*	유기물 사용(57), 심경(39), 석회사용(36), 침수 및 배수(34), 윤작(16), 태양열소독(14), 품종개량(11), 접목(4), 이화학성 개량(3), 증기소독(1)

* 농민이 생각하는 피해원인과 개선대책(원인 및 대책 일부 중복)

** 64농가 조사

을 들 수 있는데 포장에서 여러 원인들에 의해서 병해가 발생하면 그 병해가 특히 들깨, 셋째의 조건에서 확대된다. 즉 발생병해는 이병식물체의 처리, 포장을 만들 때의 배수에 대한 시공, 기계사용에 있어서의 주의, 적당한 관수시설의 준비 등이 불충분하였기 때문에 소규모의 발생병해가 광범위로 확대된다고 볼 수 있다.

나. 하우스토양의 이화학적 조사

하우스고추 주산지인 밀양, 창녕, 진양에서 집중적으로 반복 실시한 포장조사결과에 의하면 토양 산도는 평균 5.6정도이고 유기물 함량은 1.9%로서 낮은데 비해 초산태질소, 유효인산 및 치환성칼리는 높은 편이었다. 특히 인산함량이 높았으므로 농가포장에 따라 차이는 있겠으나 과도시비가 되지

않도록 유의해야 하겠다. 한편 염류농도(ms/cm, 1:5)는 평균 0.76, 최고 3.82, 최소 0.06으로서 포장에 따라 차이가 심했다.

토양 및 비배관리 관련 요인

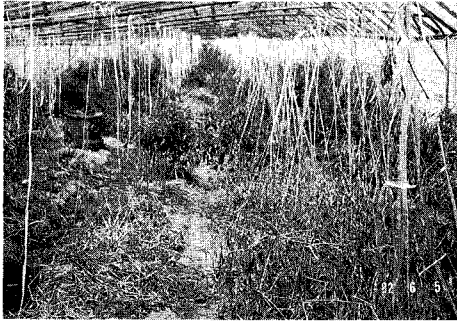
토양 및 비배관리에 관계되는 요인으로서 ① 토양유기물의 부족, ② 미숙퇴비의 시용과 퇴구비의 과다시용, ③ 배수불량에 의한 습해, ④ 로타리-경의 보급에 의한 천경(淺耕)과 뒤집기 불량, ⑤ 시비의 부적절, 특히 화학비료의 과잉시용과 특정성분의 과부족, ⑥ 미량요소의 결핍, ⑦ 화학비료의 연용 등에 의한 염류의 집적 등이다.

①의 토양유기물의 부족은 답작지대에서는 벧짚의 논에로의 환원이나 콤바인에 의한 수확 등으로 짧게 잘린 벧짚을 하우스포장으로

표4. 고추하우스 토양의 이화학적

(1988 : 박 등)

구 분	조사점수	기 준 치	평 균	범 위
토양산도(물, 1:5)	126	6.0~6.5	5.59	6.6~4.5
유기물(%)	76	3~4 _p	1.88	4.7~0.5
초산태질소(mg/100g)	94	10~25	83	241~9
가용태인산(ppm)	74	150~300	865	1.866~300
치환산칼리(me/100g)	125	0.32~0.53	0.91	2.65~0.21
치환산칼슘(me/100g)	125	3.60~6.40	5.63	14.08~1.80
치환산마그네슘(me/100g)	125	1.00~1.50	1.98	5.80~0.41
전기전도도(1:5, ms/cm)	72	0.5	0.76	3.82~0.66



연작으로 토양전염성 병균이 만연되면 생육 중·후기에 가서도 40~50%, 심하면 100%까지 이병되어 제대로 수입을 올리지 못하는 경우가 많다.

옮기기가 어렵기 때문이다. 또 남지(南旨)와 같은 전작지대에서는 인근에서 벧짚을 구하기 어려워 벧짚을 이용하는 대신 안정되고 질이 같은 톱밥, 왕겨 등 다른 유기물 자재의 활용에 관심이 높아지고 있으나 지역에 따라서는 이들 자재도 구입이 쉽지 않다. 이와 반대로 가축분뇨등 유기물의 구득이 용이한 농가에서는 유기물사용이 비교적 안전하다는 생각만으로 가축분뇨에 함유된 성분량은 별로 고려하지 않고 과다하게 사용하여 가스장해나 과다한 연용으로 염류집적의 피해까지 받는 수도 있다.

유기물, 비료 과다사용 말아야

③, ④의 토양의 통기와 배수의 불량 및 천경(淺耕)으로 인한 단단한 하층토양의 형성은 유기물사용과 관계되며 생력기계화(省力機

械化)의 영향도 있다. 나머지 ⑤⑥⑦의 시비에 관련되는 사항은 품종, 작형이 다양화되어 있는 하우스재배에서는 수도에 비해서 시비기술이 확립되지 않은 경우가 많고 비료를 과다하게 사용하는 경우가 많아 단독성분의 과부족이나 양분전체의 불균형이나 염류집적을 초래하게 된다. 이와같은 연작장해 발생에 있어 토양·비료관리에 관련되는 요인으로서서는 위에서 말한 것과 같은 유기물 사용의 부족, 토양 물리성의 악화 그리고 시비법의 미숙에 의한 나쁜 영향 등으로 구분할 수 있으며 일정작물이 연속 재배되지 않고 각종 작물이 합리적으로 작부되는 경우에도 이것들은 언제나 명심하여야 할 일들이다.

* 다음호에는 연작장해의 대책에 대해 알아보겠습니다.