

20일간 담수로 염류농도 현저히 감소시켜

◇ 겨울철 시설재배를 위한 토양관리 요령 ◇

전남대학교 농과대학 교수

김

광

식

경제가 성장함에 따라 소득이 증가하여 식생활의 개선이 촉진되고 축산물이나 채소류의 수요가 급증하고 있다. 따라서 농업경영면에서도 소득이 높고 연중 재배가 가능한 시설재배가 증가하고 있다.

시설재배작물에는 비단 채소뿐 아니라 과수나 다른 작물도 있으나 채소류의 재배가 가장 많고 그 재배면적은 해마다 증가하여 70년 대비 80년 현재 시설면적은 10년 동안에 약 9배, 재배면적은 7배, 생산량은 4.5배 증가하였다. 이와 같은 시설재배의 증가추세는 수익성이 높고 재배가 쉬운 작물을 재배하게 됨에 따라 특정한 작물을 전문적으로 재배하게 되어 연작(連作)을 하게 된다. 또 시설도 대형화(大型化), 고정화(固定化)되어 한 지역내에서 재배지의 이동이나 교환이 어렵게 되어 단지화가 이루어지고 있다. 따라서 이와 같은 시설재배지 토양에는 여러가지 재배상 문제점이 생기므로 특히 토양비료학적인 문제점을 중심으로 토양관리에 대하여 살펴보기로 한다.

1. 시설재배지의 토양실태

1) 토양의 물리성(物理性)

토양의 물리성은 일반적으로 화학성(化學性)보다 경시하는 경향이 있으나 토성(土性)이나 투수성(透水

性), 지하수위(地下水位)의 높이 등 물리성을 무시하고 재배하여 문제가 된 사례가 많다. 우리나라 주요 시설재배단지(施設栽培團地)의 토성을 보면 70~80%가 사양토(砂壤土)이며 다음이 양토(壤土), 식양토(植壤土)의 순이다. 따라서 작물에 알맞는 토성을 갖춘 토양을 선택하여 재배해야 할 것이다.

배수등급(排水等級)을 보면 대부분의 토양이 양호한 등급이며 마늘만이 불량등급에서 재배되고 있다. 지형(地形)은 단지(團地)의 대부분(75~85%) 평탄한 하성충적지대(河成沖積地帶)이며 구릉지에 형성된 곳도 있으나 이와 같은 지역에서는 물관리에 특히 주의해야 한다. 투수성(透水性)은 물이 토양을 통과하는 속도를 나타내는 것으로 일반적으로 좋다고 생각되나 10^{-4}cm/sec 보다 적든가 山中式 경도계(硬度計)의 치밀도(緻密度) 22m 이상의 층이 상부(上部) 50cm 이내에 있을 경우 채소작물의 근부신장이 곤란하므로 그와 같은 균은 토층이 있으면 파쇄(破碎) 혹은 제거해야 할 것이다.

60cm 이하의 지하수가 좋아

지하수위의 높이는 근채류(根菜類)는 60~80cm, 엽채류(葉菜類)는 50cm를 한계로 잡고 있다. 따라서

지표(地表)에서 60cm 이하에 지하수위가 있는 것이 바람직하다. 눈에 채소류를 재배하는 경우는 지하수위가 높아 공극율(孔隙率)이 적어 뿌리의 호흡(呼吸)과 신장(伸張)에 지장을 주게 되는 경우가 많다.

2) 토양의 화학성(化學性)

시설내(施設內)의 토양환경은 폐쇄계(閉鎖界)로서 빗물이 차단되고 고온(高溫)이며 비배관리(肥培管理)면에서도 노지 재배(露地栽培)에서 볼 수 없는 다비(多肥)와 관수(灌水)를 하며 연작(連作)을 하게 된다. 그 결과 염류(鹽類)가 농축(濃縮)되어 집적(集積)되고 가스가 휘산(揮散)되며 식물양분(植物養分)의 과잉(過剩)과 부족(不足), 불균형(不均衡)이 생기고 토양중의 미생물(微生物)의 불균형이 나타나게 된다. 이와 같은 원인에 의하여 시설재배지 토양에는 여러가지 장애(障害)가 발생하기 쉽게 된다.

필자가 전남지방 오이, 딸기, 토마토, 고추 및 상치의 시설재배단지 토양의 화학성을 조사 분석한 결과(표 1, 2)에 따라 그 실태를 살펴보기로 한다.

대부분 산성 토양으로 판별돼

(PH) pH를 보면 오이토양 4.9,

◇ 겨울철 시설재배를 위한 토양관리 요령 ◇

〈표 1〉

전남지방 시설재배지 토양의 화학성

성분	재배작물	오이	토마토	딸기	고추	상치
pH(H ₂ O)		4.93	5.31	5.32	6.16	5.83
전기전도도(mmho/cm)		1.17	1.37	0.50	1.44	0.49
유기물(%)		4.46	1.90	3.51	2.37	2.69
NH ₄ -N(mg/100g)		3.28	4.19	5.09	3.29	1.81
NO ₃ -N(mg/100g)		21.05	21.35	6.73	16.67	7.35
NO ₃ -N+NH ₄ -N (mg/100g)		26.85	25.91	11.81	20.00	9.26
유효인산(ppm)		93.49	39.51	49.95	55.85	69.13
〈치환성〉						
Ca		1.41	3.28	1.64	3.11	2.18
Mg(me/100g)		0.41	0.92	0.46	1.09	0.48
K		0.43	0.63	0.36	0.57	0.42
Ca/Mg		3.79	3.65	3.60	2.91	4.61
Mg/K		0.95	1.50	1.35	2.09	1.21
NO ₃ -N/NH ₄ -N		15.61	10.96	22.78	5.17	11.50
퇴비시용량(ton/10a)		11.71	4.69	4.54	3.72	3.22

딸기토양 5.3, 토마토토양 5.3, 고추토양 6.2 및 상치토양 5.8로서 적정치라고 생각되는 6~6.5에 비해 낮은 편이며 pH6.0 이하의 토양이 오이 98%, 딸기 76%, 토마토 80% 고추 52% 및 상치 60%로서 대부분이 시설재배에 부적당한 pH였다.

염류 집적장애 발기 쉬운 상태

[전기전도도(電氣傳導度)] 전기전도도는 오이 1.17, 딸기 0.5, 토마토 1.37, 고추 1.44 및 상치 0.49mmho/cm로서 토성에 따라 다르나 적정치를 0.3~0.5mmho/cm로 보았을 때

0.3mmho/cm 이상인 토양은 딸기 60%, 상치 66%였으며 그의 오이, 고추, 토마토 재배토양은 대부분의 토양이 염류의 농도 장애를 입기 쉬운 토양이라고 생각된다.

적정비율 벗어나 장애원인대

[질소] 암모니아태 질소의 평균함량은 오이 3.28, 딸기 5.09, 토마토 4.19, 고추 3.24 및 상치 1.81mg/100g로서 함량이 높은 편이며 질산태질소 함량을 보면 오이 19.3, 딸기 6.7, 토마토 21.4, 고추 16.7 및 상치 7.4mg/100g로서 질산태 질소

〈표 2〉 전남지방 시설재배지 토양의 성분함량 분포

성분	범위	오이		딸기		토마토		고추		상치	
		시료수	%	시료수	%	시료수	%	시료수	%	시료수	%
pH (1:5H ₂ O)	6 이하	49	98	38	76	40	80	26	52	30	60
	6-6.5	1	2	9	18	6	12	9	18	11	22
	6이상	0	0	3	6	4	8	15	30	9	18
전기전도도 mmho/cm	0.3 이하	0	0	20	40	0	0	0	0	17	34
	0.3 이상	50	100	30	60	50	100	50	100	33	66
유기물 %	3 이하	2	4	12	24	45	90	40	80	39	78
	3 이상	48	96	38	76	5	10	10	20	11	22
유효인산 mg/100g	10 이하	31	62	46	98	49	98	50	100	48	96
	10 이상	19	38	1	2	1	2	0	0	2	4
치환성 Ca me/100g	8 이하	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100
	8 이상	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
치환성 Mg me/100g	1 이하	49	98	49	98	29	60	22	44	49	98
	1 이상	1	2	1	2	20	40	28	56	1	2
치환성 K me/100g	0.3 이하	5	10	16	32	2	4	3	6	4	8
	0.3-0.6	36	72	29	58	20	41	26	52	42	84
	0.3 이상	9	18	5	10	27	55	21	42	4	8
Ca/Mg	4 이하	33	66	39	78	36	73	46	92	18	36
	4-8	16	32	10	20	12	25	4	8	31	62
	8 이상	1	2	1	2	1	2	0	0	1	2
Mg/K	2 이하	49	98	46	92	44	90	27	54	48	96
	2 이상	1	2	4	8	5	10	23	46	2	4
NO ₃ -N/ NH ₄ -N	9 이하	28	56	32	64	20	40	46	92	33	66
	9 이상	22	44	18	36	30	60	4	8	17	34

역시 함량이 높으며 질산태질소 : 암모니아태 질소의 적정비를 9:1로 보았을 때 대부분의 토양이 적정비를 벗어나고 있다. 따라서 질소의

불균형에서 오는 작물의 장애와 과다한 질산태 질소의 집적은 염류농도 장애의 원인이 되기도 한다.

함량부족으로 산성화 원인

〔석회(石灰) 및 고토(苦土)〕 석회함량 평균은 오이 1.41, 딸기 1.64, 토마토 3.28, 고추 3.11 및 상치 2.18me/100g로서 모든 토양이 적정기준 8me/100g 이하로서 석회부족이 현저하다고 생각되며 pH가 저하하는 원인이 된다고 해석되며, 고토는 평균함량이 오이 0.41, 딸기 0.46, 토마토 0.92, 고추 1.09 및 상치 0.48me/100g으로서 적정기준 1me/100g으로 고추토양 44%, 토마토 59%가 적정기준 이하의 토양이나 그 외의 토양은 98%가 적정치 이하의 함량으로 고토를 시용해야 할 토양이다. 한편 석회/고토비는 평균이 오이 3.79, 딸기 83.60, 토마토 3.65, 고추 2.91 및 상치 4.61로서 적정치 4.0 이하인 토양은 오이 66%, 딸기 78%, 토마토 73%, 고추 92% 및 상치 36%로서 석회와 고토의 함량이 낮고 균형이 이루어지지 않음으로 석회와 고토를 증시(增施)해야 하며 균형을 이루는 시비를 해야 할 것이다.

가리질 줄이고 석회질 늘려야

〔가리〕 하우스 토양의 가리 함량은 오이 0.43, 딸기 0.36, 토마토

0.53, 고추 0.57 및 상치 0.42me/100g로서 적정치 0.3~0.6me/100g에서 0.3me/100g 이하의 토양은 딸기만이 32%이고 그 외는 4~10%로서 가리가 부족하다고 생각할 수 있으나 0.6me/100g 이상을 함유하는 토양은 오이 18%, 딸기 10%, 토마토 55%, 고추 42% 및 상치 8%로서 고추, 토마토 토양은 가리의 과다시비경향을 보이고 있다.

따라서 경영면에서도 생산비(生産費) 상승의 불이익 뿐만아니라 토양중의 염기성분간의 균형이 부적당하게 될 염려가 있다. 그 결과 고토/가리비가 평균 오이 0.95, 딸기 11.35, 토마토 1.5, 고추 2.09 및 상치 1.21로 적정치 2.0 이하의 토양이 오이 98%, 딸기 92%, 토마토 90%, 고추 54% 및 상치 96%로서 거의 모든 토양이 불합리한 시비를 하고 있다고 생각된다. 따라서 가리 비료의 사용량을 줄이고 석회 비료를 증시(增施)하여 석회/고토비와 고토/가리비의 균형을 유지시켜야 할 것이다.

질소위주 벗어나 인산증시토록

〔유효인산(有効磷酸)〕 하우스 토양중 유효인산의 평균함량은 오이 93.5, 딸기 50.0, 토마토 39.5, 고추 55.9 및 상치 69.1ppm으로서 적정치 100

ppm 이하의 토양은 오이만 62%일 뿐 나머지는 96~100%로 대부분이 인산부족 토양으로 이의 원인은 질소질비료 위주의 시비를 한 결과라 생각되며 인산질비료의 증시(增施)가 필요하다고 생각된다.

[유기물(有機物)] 유기물의 평균함량은 오이 4.5, 딸기 3.5, 토마토 1.9, 고추 2.4 및 상치 2.7%로서 비교적 함량이 높은 편이나 적정치를 3%로 볼 때 3% 이하인 토양은 오이 4%, 딸기 24%, 토마토 90%, 고추 80% 및 상치 78%로서 토마토 고추, 상치재배 토양은 더욱 많은 유기물을 사용해야 할 것이다.

2) 시설재배토양의 문제점

1) 염류농도장해

시설재배 토양은 앞에서도 언급한 바와 같이 강우(降雨)가 차단되어 비료성분이 유실되지 않고 관수도 보통의 경우 성분이 하층에 유실되는 정도는 아니고 온도가 높아 증발에 의하여 상층에 염류가 집적하게 된다. 또 집약재배(集約栽培)를 하므로 많은 비료를 사용하여 염류가 집적하게 되어 작물에 여러가지 장해를 일으키게 된다. 따라서 염류농도 장해를 제거하는 것은 시설채소재배

에 있어서 중요한 토양관리 중의 하나이다.

2) 염류농도 장해에 대한 대책

일정기간 담수 후 배수권장

(1) 담수처리(灌水處理)

염류농도가 높은 시설재배지 토양에 일정한 기간 담수하여 염류농도를 경감시키는 것은 좋은 방법일 뿐 아니라 토양 중에 있는 병원균을 줄이는 데도 많이 이용되는 방법이다.

필자의 실험결과에서 보면 7일과 20일간의 담수처리로 석회나 고토의 함량이 약간 감소하기는 했으나 염류농도가 현저히 감소하였으며 석회 고토비 또한 개선되었다. 이 방법은 권장할 만한 방법이라고 생각된다.

관수법과 함께 실시하면 좋아

(2) 심경(深耕)

50~70cm 정도 깊이로 심경을 하면 표층에 있는 염류가 하층에 혼합되어 농도가 저하하는 경우가 많으나 다비재배를 하면 경작층 전체에 염류가 증가할 가능성도 있다. 그러나 토양을 부드럽게 하고 통기성을 좋게 하여 뿌리의 신장을 좋게 하므로 관수와 같이 한다면 좋은 제염법이 될 수 있다.

(3) 관수(灌水)

1일 100mm 상당량의 물을 2회 정도 관수하면 담수한 효과를 거둘 수 있다.

(4) 유기물 사용

염류농도가 높은 시설재배지에 많은 유기물을 사용하면 염류를 경감할 수가 있다.

(5) 객 토

객토는 2~3년마다 한번씩 하면 염류도 감소되고 병해도 줄일 수 있다.

(6) 화분과 목초재배

여름철 시설재배를 하지 않은 기간에 옥수수, 수수 등 흡비력이 강한 작물을 재배하여 사료로 사용하든가 베어서 토양에 직접 갈아엎어 주면 유기물도 공급되고 염류도 감소한다.

(7) 전·답윤환재배(田畝輪換栽培)

토양의 조건에 따라 수도재배가 이뤄지는 작부체계(作付體系)로 시설재배를 하면 염류농도와 연작장애가 감소되어지는 매우 좋은 방법이다.

(8) 토양검정(土壤檢定)에 의한 적정시비(適正施肥)

비료성분의 용탈이 노지재배보다 적기 때문에 적은 시비량으로 충분하리라 생각되나 실제로 훨씬 많은 비료를 사용하므로 토양을 검정하여 적정량의 비료를 사용해야 할 것이

다. 특히 염류는 주로 질산염이 주성분이므로 질소비료 시용에 주의해야 할 것이며 구비는 가리성분이 많이 함유되어 있으므로 구비를 다량으로 사용하는 경우는 가리비료 시용량을 줄여서 염류의 농도가 높아지지 않도록 해야 할 것이다.

3) 가스장해

하우스나 터널재배에서 문제되는 것으로 가스에 의한 장애를 들 수 있다. 가스의 종류는 암모니아 가스와 아질산 가스이며 유류로 가온하는 경우는 아황산가스도 들 수 있다. 이들 가스에 의한 장애의 증상은 작물에 따라 다르나 심한 경우 전멸하는 경우도 있다.

(1) 가스장해의 예지법(豫知法)

겨울철에 밀폐해 둔 하우스는 야간보다는 이른 아침에 외기온도가 내려가며 습도가 과포화상태로 되어 비닐 내면에 이슬이 맺는다. 한편 토양에서 발생하는 가스는 그 이슬에 녹음으로 이 이슬의 pH를 검정하여 가스의 종류나 장애를 미리 막을 수 있다.

이슬의 pH로 가스종류 판별

즉, 이슬의 pH가 7 이상이면 암모니아가스이며 pH4.6~5.6까지는 아

질산가스의 발생이 우려되는 점이며 pH 4.6 이하에서는 아질산가스의 장애를 받고 있는 상태이다.

(2) 가스발생 방지법

적절한 가스발생 방지법은 없으나 암모니아가스는 일발적으로 요소를 사용하여 발생하는 경우가 많으므로 유안을 사용하는 것이 좋으며 아질산가스의 경우는 pH를 6 이상으로 높이기 위해 석회를 100~200kg/10a 사용하여 토양과 잘 섞고 통풍이 잘 되도록 환기해 준다.

3 토양병해의 종류와 대책

시설배배에 있어서 가장 문제가 되는 것이 연작장애(連作障害)이며, 연작장애를 일으키는 원인은 여러 가지가 있으나 그중에서도 가장 주된 것이 토양병해이다. 따라서 시설배배에 있어서는 토양병해를 제거하는 것이 가장 중요한 일이다.

1) 토양병해의 방제

토양병해를 경감하기 위한 방법으로는 다음과 같은 방법들이 쓰이고 있다.

(1) 약제에 의한 토양소독

시설재배 토양의 토양소독제로는 클로로피크린, 드린제, PCNB제, 다수진입제, 칼탄수화제·분제, 석회

유황합제 등이 있으며 이들 토양소독제는 모든 균의 전염원인 토양을 근본적으로 살균, 소독 처리함으로써 토양을 매개로 한 병해발생을 최대한 억제하기 위해 사용되어지고 있으나 적당량을 적소에 잘 사용하지 않을 경우 토양소독제에 의한 공해나 약해 혹은 토양잔류 등의 문제를 일으키거나 유용한 미생물이 살균되므로 토양의 생태계가 파괴되어 불균형을 이뤘 병원균이 더욱 왕성해질 우려도 있다. 이러한 점에 세심한 주의를 기울여 토양소독을 실시한다면 다른 문제는 없을 것이다.

병원균인 사상균수 경감돼

(2) 유기물 사용

유기물은 그 종류가 많으며 종류에 따라 방제효과가 다르고 사용시기에 따라서도 다르다. 필자의 실험에 의하면 일반적으로 유기물 사용에 의해 세균수가 증가하고 주로 병원균인 사상균수의 감소경향이 나타났다. 오이나 토마토의 병해에 좋은 유기물로서는 계분, 돈분, 우분, 잡분, 톱밥, 벧짚, 왕겨, 보릿짚, 해조류, 게껍질, 새우껍질, 폐각류와 소석회 및 퇴비와 소석회 등이다.

(3) 담수처리

전술한 바와 같이 담수처리를 하면 염류도 감소하고 병원균의 밀도

◇ 겨울철 시설재배를 위한 토양관리 요령 ◇

도 감소한다.

(4) 태양열을 이용한 토양소독

이 방법은 일본에서 개발한 것으로 여름에 고온을 이용하여 유기물을 사용하고 담수하여 토양속의 병원균을 감소시키는 방법이다. 시기는 7월 하순부터 8월 중순까지의 고온기라야 하며 시설내 토양을 심경하고 두둑을 만든 다음에 벚짳, 보릿짳 등을 10a에 2톤 정도 넣고 석회질소(10a당 100kg, 가축분뇨를 사용할 경우는 사용치 않음)를 넣은 다음에 두둑 표면을 피복하고 이랑 사이에 담수하여 둔다. 하우스는 비닐을 씌워 밀폐하고 14~20일 두면 소독이 끝나게 된다. 이와 같이 하면 지온이 약 50°C 이상이 되어 병원균이 살균된다.

(5) 노지비닐 피복소독법

7월 하순부터 8월 중순까지 사이에 비닐을 피복하여 지온을 높여 소독한다. 이 방법으로도 상당한 효과를 얻을 수 있다.

(6) 증기소독

시설토양을 증기로 소독하여 병원균을 제거한다. 이 방법은 좋은 방법이나 비용이 많이 든다.

(7) 심경 및 뒤집기, 객토, 윤작, 전담윤환, 소토

전술한 바와 같이 윤작, 전담, 윤환은 벼재배가 들어가는 작부체계가 바람직하다.

(8) 저항성 품종재배 및

저항성 대목 이용

소극적인 방법이지만 토양병해에 강한 작물을 재배하고 저항성 대목을 이용하여 접목하는 방법도 오이 등에서 쓰이고 있다.

(9) 길항 미생물 이용

토양병원균에 대하여 길항력이 강한 미생물을 선발하여 종자나 묘에 접종하여 과중하거나 이식하면 작물 근권에 길항균의 밀도가 높아져서 병원균은 불활성화하거나 작물에 침입할 수 없게 한다. 이와 같은 방법은 인삼에서 특정한 병에 대하여 실용화되고 있다.

