

사업구분 : 지역특화기술개발	Code 구분 : LS0209	화훼 (전반기)
연구과제 및 세부과제명	연구기간	연구책임자 및 참여연구원(☎)
수출용 접목선인장 연작장해 경감대책 기술개발	'01 ~ '04	경기도원 선인장연구소 김순재(923-8338)
선인장 연작지 토양의 상토소독효과 구명	'03 ~ '04	경기도원 선인장연구소 김순재(923-8338)
색인용어	비모란, 연작장해, 관비재배, 상토소독, 암거배수, 연작피해원인	

## ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect of chemical and steam disinfection of bed soils on decrease incidence of successive cropping grafted cactus farm. In the first test, density of *Fusarium oxysporum* decreased by 63.0~64.0% after sodium dichloroisocyanurate disinfection treatment, while *Fusarium oxysporum* density at peroxyacetic acid disinfection treatment did not decrease, compared with untreated control. In the second test, the scion diameter of grafted cactus *Gymnocalycium mihanovichii* var. *friedrichii* Werd. was highest in steam disinfection treatment as 3.06cm, and increased by 10.8%, compared with untreated control. The number of offshoots was also highest in the steam disinfection treatment as 5.03 offshoots per plant. Injury by disease of plants was remarkably reduced by steam disinfection treatment as 1.1% of incidence, which was 38.6% ilower than 39.7% of untreated control. 0.2% sodium dichloroisocyanurate disinfection(pre-planting and 30, 50days after planting) treatment was also effective for the reduction of disease incidence, reducing 9.7% of disease incidence, compared with untreated control. Yield of grafted cactus per 10a increased by 67% in the steam disinfection treatment and increased by 18% in 0.2% sodium dichloroisocyanurate disinfection(pre-planting and 30, 50days after planting) treatment, compared with 85,707 plant per 10a of untreated control.

**Key words :** grafted cactus, *Fusarium oxysporum*, successive cropping, steam disinfection of bed soils, 0.2% sodium dichloroisocyanurate disinfection

### 1. 연구목표

선인장의 영명인 cactus는 그리스어의 'kaktos'에서 유래된 것으로 '가시투성이

식물'을 뜻한다. 선인장과에 속하는 식물은 양치류 식물처럼 수천만년전부터 자라는 것과는 달리 가장 그 출현이 새롭고 근대적인 고급식물이다. 원래 선인장의 자생

지는 멕시코를 중심으로 하는 남북 아메리카의 북과 남회귀선 사이가 주된 분포 지역으로 되어 있는데 거의가 황량한 사막 지대이다. 따라서 선인장은 보통 건조지에서 자생하고 고온건조한 환경을 좋아한다.

우리나라에서 접목선인장에 발생하여 피해를 주는 진균병으로는 *Rhizoctonia solani*에 의한 밑둥썩음병(식물병리학회, 1998), *Glomerella cingulata*에 의한 탄저병(Kim 등, 2000), *Bipolaris cactivora*에 의한 줄기썩음병(장 등, 1998), *Fusarium oxysporum*에 의한 지하부줄기썩음병(식물병리학회, 1998) 등이 있다. 이들 병원균은 경기도 주재배 지역에서 연작횟수에 따라 종류별로 발병원균이 달랐는데, 접목선인장에 주로 발생하는 병원균은 6종, 일반 선인장에서는 3종류로 연작재배 농가에서 피해가 큰 것으로 보고되었다(조창희 등, 2002). 지하부줄기썩음병은 연작에 의하여 그 피해가 심하여지는데 현 등(2001)은 3년 동안 연작할 경우 지하부줄기썩음병이 포장의 42%가 이병에 의하여 물러 썩으며 5년 이상이 되면 82%로 증가하였다고 하였다.

연작장해를 회피하기 위해서는 재배지를 옮기는 것이 가장 이상적이지만 한정된 시설 내에서는 어렵기 때문에 차선책으로 토양소독을 하고 있다. 토양전염성 병해충의 방제를 위해서는 클로로피클린, 취화메칠, 포름알데하이드, 다조메 등 화학약품을 이용한 소독방법과 태양열 소독방법 등을 사용하고 있다(박 등, 2002). 연작장해를 경감하기 위해 유럽에서는 여름에 멀칭을 사용한 태양열 소독시 톱밥 등의

유기물과 질소비료로 널리 쓰이고 있는 calcium cyanamide를 사용하여 토양병해를 효과적으로 방제하고 있다(Bourbos 등, 1997). 천 등(2002)도 태양열 소독과 calcium cyanamide를 같이 행한 경우 방제가가 81%였고, 태양열과 calcium cyanamide, 유기물을 모두 처리한 경우 77%의 방제가가 있었다고 한다. 또 송 등에 따르면 제주지방에서 가을 감자의 더덩이병 방제 및 수량증대를 위해 투명 필름으로 멀칭한 후 터널설치, 태양열 토양소독을 실시 재배한 결과 병해가 감소하였다고 하였다.

비모란은 유기질인 돈분, 계분 등에 모래를 섞어 상토로 사용하고 있으나 1년 이상 연작시 지하부 썩음병 등 연작장해 발생이 심하여 생산성 및 상품성 하락으로 농가소득 저하의 원인이 되고 있다. 선인장 재배농가에서는 병해를 경감시키기 위해 1-2년에 1회씩 상토를 교체하고 있으나 노동력과 경영비 부담이 큰 실정이다. 또한 연작장해를 경감시키기 위해 양액재배를 시도하고 있지만 적절한 양액농도와 관리방법 등 체계가 확립되어 있지 않고, 시설비 등 비용도 많이 들어 아직 실용화하기는 힘든 실정이다.

따라서 본시험은 상토를 교체하지 않고 소독하여 재활용하기 위하여 상토 증기소독과 화학약제 처리 등 상토소독 방법 및 그 효과를 구명하기 위하여 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

본 시험은 2003년과 2004년 2년에 걸쳐 선인장연구소 1-2W 표준하우스에서

수행하였다. 1년차 시험에서는 관행상토로 1년간 선인장을 재배한 연작토양을 사용하였고, 유기염소수 0.2%, 0.4%, 과초산 0.4%, 0.6%를 정식전과 발근시에 토양에 관주하고 대조구는 무처리하여 난괴법 3반복으로 실시하였다. 비모란은 5×5cm 밀도로 구당 345주씩 2003년 4월 3일에 정식하였다.

2년차 시험에서는 1년차 시험에서 성적이 좋았던 유기염소수 0.2%를 선발하여 유기염소수 처리횟수와 증기소독효과를 구명하였다. 상토로는 모래, 둔분, 황토를 3:3:1 비율로 섞은 후 1년간 연작한 토양을 섞어 사용하였고, 증기소독, 유기염소수는 정식 전 1회, 정식 후 1회, 정식 전 1회(정식후 30일경), 정식 후 2회(정식후 30, 50일경), 정식 전 1회, 정식 후 10일 간격으로 처리하였고, 대조구는 무처리하여 난괴법 3반복으로 실시하였다. 상토 증기소독은 상토소독기를 이용하여 상토 1톤을 75℃에서 2시간가량 소독한 다음 처리하였다. 비모란은 재식밀도는 5×5cm 밀도로 구당 589주씩 2004년 4월 20일에 정식하였다.

정식 후 발근시까지 2~3주간 단수하였으며, 발근 후 일주일 1-2회 관수하였다. 정식 후 삼각주 측아는 발생하는 대로 제거하여 주었으며, 식물체에 응애나 나방류 방제를 위해 살충제와 진균병 발병 예방을 위해 살균제를 주기적으로 살포하였다. 잡초는 발생 즉시 제초하였으며 기타 재배관리는 표준재배법에 준하여 실시하였다.

접목활착율은 정식 후 3개월 뒤에 이병주와 구별하여 육안으로 조사하였으며, 줄기썩음병은 생육조사시에 손으로 건드리거나 밀등을 파보아 계수하였다. 생육조사는 발근 후 30일 간격으로 처리구당 30개체씩 행하였으며, 구직경, 구고 및 수확시 생체중과 건물중, 자구수, 경도, 구색 등을 조사하였다. 자구수는 수확 후 직경 13mm 이상인 것을 계수하였고, 경도는 과육경도계로 조사하였으며, 구색은 색도색차계(CR200, Minolta)로 같은 개체의 3군데를 측정하여 평균한 값을 1반복으로 하였다. 생육조사하여 나온 성적을 평균하여 하나의 블록반복으로 SAS(Ver. 8.0)를 이용하여 ANOVA 검정하였다.

1년차 시험에서는 *Fusarium* 밀도와 pH, EC, OM, CEC, NO<sub>3</sub>-N 등 토양화학성을 조사하였다. *Fusarium* 밀도는 Nashsyder 법으로 조사하였으며 토양화학성은 토양화학분석법(농촌진흥청, 2001)에 준하여 조사하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 1년차 시험(2003년)

상토소독 전후의 토양 중 *Fusarium* 밀도를 조사 한 결과 전반적으로 감소하였으나 과초산처리에서는 3.0~12.9%로 무처리구보다 감소율이 낮았으며 유기염소수 처리에서는 63.0~64.0%로 높은 감소율을 보였다(표 1).

표 1. 상토소독 전후 *Fusarium* 밀도 변화

(단위 : cfu · ml<sup>-1</sup>)

처 리	처 리 전	처 리 후	감소율(%)
무 처 리	34.2	28.3	17.3 b <sup>↓</sup>
유기염소수 0.1%	29.7	10.7	64.0 a
유기염소수 0.2%	31.8	11.8	63.0 a
과 초 산 0.4%	33.3	32.3	3.0 d
과 초 산 0.6%	31.0	27.0	12.9 c

↓ DMRT at 5% level.

시기별 모구의 직경과 수확시 모구직경은 처리간 큰 차이가 없었으며 생체중도 동일한 경향이었다(표 2, 표 3). 이러한

결과로 미루어 보아 과초산이나 유기염소수가 구의 생육에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다.

표 2. 시기별 모구 직경 변화

(단위 : cm)

처 리	정식후 120일	정식후 150일	수확시
무 처 리	2.27	2.36	2.74
유기염소수 0.1%	2.28	2.37	2.72
유기염소수 0.2%	2.43	2.43	2.71
과 초 산 0.4%	2.24	2.31	2.72
과 초 산 0.6%	2.26	2.38	2.70

표 3. 수확시 모구와 삼각주의 생육

처 리	구직경 (cm)	구고 (cm)	생 체 중 (g/분)		
			모 구	삼각주	계
무 처 리	2.74NS <sup>↓</sup>	2.06	7.57	17.57	25.14
유기염소수 0.1%	2.72	1.82	6.17	19.16	25.33
유기염소수 0.2%	2.71	1.79	5.95	17.57	23.52
과 초 산 0.4%	2.72	1.82	6.21	18.89	25.10
과 초 산 0.6%	2.70	1.81	6.06	19.21	25.27

↓ DMRT at 5% level

병해는 무처리에서 15.7%가 발생하였으며 과초산 처리에서도 13.7 ~14.8%가 발생하였다. 유기염소수 처리에서는 10.0~

10.7%가 발생하여 다른 처리에 비해 발병율이 낮은 경향이었다(표 4). 상토소독 전후의 토양 중 *Fusarium* 밀도 감소와

연관하여 생각해 볼 때 무처리보다 과초산의 경우 *Fusarium* 수의 감소는 적었지만(표 1), 병해가 1-2% 감소 한 것은 과초산을 처리한 직후보다는 그 후에 약효가 나타났기 때문인 것 같다. 0.2% 유

기염소수 처리는 *Fusarium* 밀도 감소에 영향을 주었으며 이로 인해 병해가 감소하여 10a당 수량은 무처리 103,220본에 비해 유기염소수 처리에서 6~11%가 증수되었다.

표 4. 병해 및 수량

처	리	줄기썩음병(%)			접수 고사 (%)	계	10a당 환산수량 (본)	지수
		접목부위	지하부	소계				
무	처	0.3	15.4	15.7	19.3	35.0	103,220	100
유기염소수	0.1%	0.0	10.7	10.7	20.4	31.1	109,413	106
유기염소수	0.2%	0.0	10.0	10.0	17.9	27.9	114,495	111
과 초 산	0.4%	0.1	14.7	14.8	18.4	33.2	106,079	103
과 초 산	0.6%	0.0	13.7	13.7	19.2	32.9	106,555	103

#### 나. 2년차 시험(2004년)

2년차 시험에서는 1년차 시험의 처리 중 병해 발생이 가장 적었던 유기염소수 0.2%를 기준으로 하여 0.2% 유기염소수의 처리 횟수에 관한 시험과 더불어 상토증기소독 처리효과를 구명하였다. 모구의 생육은 상토를 증기소독한 처리구에서 직경이 3.06cm으로 관행의 2.76cm보다 10.8% 증가하였으며, 자구수도 본당 1.8개 많았다(표 5, 6). Wilson(1988)은 펄라이트 배지를 증기소독하여 토마토를 재배한 결과 대조구는 물론 신규배지보다 증기소독한 처리구에서는 수량이 증가되었다고 보고하였고, 이 등(2002)은 재활용 배지의 수세후 증기소독 처리에서 배지내의 무기성분중 NO<sub>3</sub>-N, K, Ca, Mg, Na의 함량이나 페놀과 같은 뿌리

분비물이 감소되어 토마토 수량 및 품질을 향상시킬 가능성이 있다고 하였다. 또한 변 등(1999)도 개식된 사과원의 토양을 증기소독할 경우 무처리구보다 실생묘의 지상부 및 지하부의 생육이 월등히 좋았다고 하였다. 이러한 시험의 결과들은 본 시험결과와 일치하였다. 그 이유는 상토를 증기소독하는 과정에서 미숙한 유기물이 분해되어 무기성분의 함량이 증가하여 상토의 영양상태가 좋아져서 상토증기소독구의 모구 생육이 좋아진 것으로 사료된다. 그러나 수확기가 가까워지면서 상토증기소독구의 모구 직경이 다른 처리에 비해 증가폭이 감소하였는데, 이는 생육 후기로 갈수록 상토 내의 영양분이 부족해졌기 때문일 것으로 추측된다.

표 5. 시기별 모구 직경 변화

(단위 : cm)

처 리	정식후 120일	정식후 150일	수확시
무 처 리	2.29b <sup>↓</sup>	2.56b	2.76c
상토증기소독	2.79a	2.89a	3.06a
유기염소수 관주			
-정식전1회 + 정식후1회	2.29b	2.61b	2.89b
-정식전1회 + 정식후2회	2.27b	2.61b	2.94b
-정식전1회 + 정식후10일 간격	2.17c	2.46c	2.76c

↓ DMRT at 5% level.

표 6. 수확시 생육 및 삼각주 경도

처 리	구직경 (cm)	구 고 (cm)	자구수 (개/본)	자구무게 (g/본)	경 도 (kg·Φ5mm <sup>-1</sup> )
무 처 리	2.76c	2.05d	3.26c	0.57	3.79b
상토증기소독	3.06a	2.29a	5.03a	1.08	3.82b
유기염소수 관주					
-정식전1회 + 정식후1회	2.89b	2.15c	3.30c	0.97	4.15a
-정식전1회 + 정식후2회	2.94b	2.22b	4.04b	1.19	3.82b
-정식전1회 + 정식후10일 간격	2.76c	2.06d	3.01c	0.79	4.04a

↓ DMRT at 5% level

유기염소수 처리구 중에서는 정식전 1회와 정식후 30일 경에 1회 처리와 정식전 1회와 정식 후 30일, 50일경 2회 처리에서는 생육의 차이가 거의 없었으나 유기염소수를 10일 간격으로 토양에 관주한 처리구에서는 생육이 오히려 저하되었는데(표 5, 6, 7), 이는 염소의 과잉 장해가 일어난 것으로

보인다.

처리별 색도를 비교한 결과 유기염소수 처리에서 명도, 적색, 황색정도가 높은 것으로 나타났는데(표 8), 이는 유기염소수의 주성분인 Cl이 구의 색소형성에 영향을 미쳤기 때문일 것으로 추측된다.

표 7. 생체중 및 건물중

처 리	생 체 중 (g/본)			건 물 중 (g/본)			건물 비율 (%)
	모 구	삼각주	계	모 구	삼각주	계	
무 처 리	5.24	18.03	23.26	0.45	1.67	2.12	9.1
상토증기소독	6.84	17.69	24.54	0.49	1.32	1.81	7.4
유기염소수 관주							
-정식전1회 + 정식후1회	5.83	19.79	25.62	0.47	1.67	2.14	8.4
-정식전1회 + 정식후2회	6.28	20.28	26.56	0.46	1.57	2.03	7.7
-정식전1회 + 정식후10일 간격	5.17	18.26	23.42	0.43	1.66	2.09	8.9

표 8. 처리별 색도

처 리	구색(L*a*b* color chart) <sup>♪</sup>		
	L*	a*	b*
무 처 리	46.59b <sup>↓</sup>	25.39d	21.74b
상토증기소독	44.34c	28.96a	21.60b
유기염소수 관주			
-정식전1회 + 정식후1회	47.91a	26.92c	23.58a
-정식전1회 + 정식후2회	47.52a	28.63ab	23.44a
-정식전1회 + 정식후10일 간격	48.15a	27.62bc	23.65a

♪ L\*: 명도, a\*:적색방향색도, b\*:황색방향색도

↓ DMRT at 5% level

표 9에서 보면 줄기썩음병은 대조구에서 39.7%가 발생하였으며 유기염소수 처리에서는 30.0~39.2%가 발생하였으나 상토증기소독 처리에서는 1.1%로 다른 처리에 비해 발병율이 월등히 낮았다. 유기염소수를 정식 후 10일 간격으로 수확시까지 관주한 처리에서는 병해가 오히려 무처리구보다 증가하였는데, 이는 유기염소수를 다량 관주함으로써 길항균과 같은

다른 유익균이 *Fusarium*균보다 더 감소하였거나 유기염소수가 *Fusarium*균보다는 다른 유익균에 대한 소독효과가 더 컸기 때문일 것으로 생각된다. 병해에 의한 수량 감소로 무처리구에서는 10a당 85,707분을 수확하였고, 상토증기소독 처리에서는 143,548분으로 무처리보다 67% 더 증수되었으며, 정식 후 2회 유기염소수 처리에서는 100,863분으로 18% 증수되었다.

표 9. 병해 및 수량

처 리	병 해(%)			10a당 환산수량 (분)	지수
	줄기썩음병	접수고사	계		
무 처 리	39.7	3.1	42.8	85,707	100
상토증기소독	1.1	3.2	4.3	143,548	167
유기염소수 관주					
-정식전1회 + 정식후1회	37.8	3.3	41.1	88,314	103
-정식전1회 + 정식후2회	30.0	2.8	32.8	100,863	118
-정식전1회 + 정식후10일 간격	39.2	4.4	43.6	84,561	99

## 4. 적 요

수출선인장 비모란 재배시 상토를 교체하지 않고 소독하여 재활용하기 위하여 상토증기소독과 화학약제 처리 등 상토소독 방법 및 그 효과를 구명하기 위하여 수행한 결과는 다음과 같다.

### 가. 1년차 시험(2003년)

상토소독 전후의 토양중 *Fusarium* 밀도는 무처리에서는 감소율이 17.3%이었으며 과초산 처리에서는 3.0~12.9%로 무처리구보다도 감소율이 낮았으며, 유기염소수 처리에서는 *Fusarium* 밀도가 63.0~64.0%로 현저히 감소하였다. 모구의 생육은 처리간에 유의성이 없었으나, 병해는 무처리구에서 15.7%가 발생한 데 비해 과초산 처리에서는 무처리구보다 0.9~2.0%가 감소하였고, 유기염소수 처리에서는 5~5.7%가 감소하여 다른 처리에 비해 발병율이 낮았다. 이로 인해 10a당 수량은 무처리 103,220본에 비해 유기염소수 처리에서 6~11% 증수되었다.

### 나. 2년차 시험(2004년)

상토증기소독 처리에서 모구의 직경이 3.06cm로 관행의 2.76cm보다 10.8% 증대하였으며 자구수도 본당 1.8개 증가하여 다른 처리구에 비해 생육이 가장 우수하였고, 0.2% 유기염소수를 정식 전 1회와 정식 후 30일, 50일경에 2회 처리한 시험구에서 다른 유기염소수 처리에 비해 생육이 좋았다. 색도를 비교한 결과 유기염소수 처리구에서 무처리나 상토증기소독처리보다 명도, 적색, 황색정도가

높았으며, 병해는 무처리에서는 39.7%가 발생하였으나 유기염소수 처리에서는 30.0~39.2%가 발생하였고 상토증기소독 처리에서는 1.1%로 다른 처리에 비해 발병율이 상당히 낮은 경향이였다. 이로 인해 10a당 수량은 무처리 85,707본에 비해 상토증기소독 처리에서는 143,548본으로 67%, 정식 후 2회 유기염소수 처리에서는 100,863본으로 18% 증수되었다.

본 시험결과로 판단해 볼 때 접목선인장 비모란 연작재배시 연작장해를 경감시키기 위한 가장 효과적인 방법은 상토를 증기소독하는 방법이었다. 그러나 상토증기소독은 상토소독기 구입비용과 소독 작업이 불편할 수 있으므로 작목반별 공동으로 구입, 이용하는 경제적인 활용이 필요하며 간편한, 방법으로는 0.2% 유기염소수를 정식전 1회와 정식후 30일, 50일 경에 2회 토양에 관주하는 것이 병해 발생 억제에 효과적일 것으로 판단된다.

## 5. 인용문헌

- 농촌진흥청. 2001. 선인장과 다육식물의 재배기술 표준영농교본 p. 108.
- Bourbos, V. A., Skoudridakis, M. T., Darakis, G. A. and Koulizakis, M. 1996. Calcium cyanamide and soil solarization for the control of *Fusarium solari* f. sp. *cucurbitae* in greenhouse cucumber. Crop Protection 16(4):383~386.
- 변재균, 이동훈, 권혜정, 이창은. 1999. 환엽단계 실생 검정법을 이용한 사과원 토양의 개식장해 발생가능성 진단. 한

국원예학회지 40(3):349-351.

천세철. 2002. 접목선인장 재배용 상토의 재활용 기술개발 p. 13~14.

조창희, 이상덕, 현익화, 홍순성. 2002. 수출용 접목선인장 병해발생 실태조사. 경기도농업기술원 시험연구보고서 p.957-961.

현익화, 천세철, 허노열, 허종영. 2001. 수출용 접목선인장 병 발생조사 및 방제 대책 연구. 2001년도 국립식물검역소 조사연구사업보고서

장미, 현익화, 이영희. 1998. *Bipolaris cactivora* (Petrak) Alcom에 의한 접목 선인장 줄기썩음병. 한국식물병리학회지 14:661-663.

정지호, 소재돈, 박석홍, 이갑상. 1991. 참깨 연작지 토양의 살균처리가 생육 및 토양미생물상에 미치는 영향. Res. Rept. RDA(S & F). 33(1):72-76.

한국식물병리학회. 1998. 한국식물병명목 록 제3판 p. 436.

이상우, 이수연, 심상연, 이성재, 이용환, 서명훈. 2002. 토마토 순환식 양액재배에서 펄라이트 배지의 수세와 증기소독 효과. 원예과학기술지 20(2):85-90.

박경열, 한영희, 소호섭, 홍순성, 김진영. 2000. 토양소독에 의한 나리 연작장해 경감연구. 경기도농업기술원 시험연구보고서 p. 707-713.

Wilson G.C.S. 1988. The effect of various treatments on the yield of tomatoes in re-used perlite. *Acta horticulturae* 221:379-382.

## 6. 연구결과 활용제목

- 선인장연작지 토양의 상토소독 방법 및 상토교체깊이(2004, 영농활용)