

과제구분	기본 Code : ES 0101	수행시기	전반기	연구기간	2003~2004
연구과제명	시설재배지 토양염류 경감 연구			과제책임자	강창성
세부과제명	유공관 매설에 의한 시설재배지 염류경감효과 구명시험				
책임용어	시설재배지, 토양염류, 유공관, EC				
연구원별 임무					
구분	소속	성명	전화번호	담당업무	
세부과제책임자	경기도원, 환경농업연구과	노안성	031)229-5826	시료채취, 연구총괄	
공동연구자	"	강창성	031)229-5821	수량조사	
	"	조광래	031)229-5822	관개량조사	
	"	심재만	031)229-5824	식물체 분석	
	"	박경열	031)229-5820	연구자문	

ABSTRACT

To investigate the effects of burying the subsurface drainage materials on the reduction of soil salt concentration, the experiment was conducted on soils with high electrical conductivity(EC), approximately 6.0dS/m, in plastic film house, cultivating the lettuce. The rate of soil EC reduction by the PVC pipes with water collecting holes and PVC pipes+gravel · sand treatment was more than control plot especially in earlier stage of cultivation. However, all of the treatments of electrical conductivity(EC) were decreased below 2.0 dS/m after harvest of crops. EC has positive relationships with other chemical compounds in soil after crop harvest and in the order of Cl>NO₃-N>Ex.Na. There was no significant difference in lettuce yields among treatments.

Key words : Soil salt, subsurface drainage, lettuce

1. 연구목표

시설채소재배지 토양은 다수확을 위하여 화학비료와 축분퇴비가 다량 투입되면서 양분 축적이 심화되고 있는 실정이며 이는 토양 염류집적 문제뿐만 아니라 작물생산성에도 크게 영향을 미치고 있다(정 등, 1998). 특히 연중 재배가 이루어지는 시설재배 양식에도 불구하고 1년 1작을 위한 표준시비량을 매 작기마다 적용하거나 검정시비량을 초과하는 질소원을 관행적으로 사용하고 있어 토양의 화학성과 물리성을 악화시킬 뿐만 아니라 과다 축적된 염류로 인하여 연작장해와 지하수 오염을 야기시키고 있어 심각한 실정이다(이 등, 1993).

실제로 경기도의 시설재배지 표토의 전기전도도 분포비율은 2dS m^{-1} 이하가 43%, $2\sim 4\text{dS m}^{-1}$ 32%, 4dS m^{-1} 이상이 25% 로써 장해발생 기준인 2dS m^{-1} 를 초과하는 비율이 57%나 되어 (농촌진흥청, 2000) 시설재배토양의 염류집적문제를 해결하는 것이 매우 시급한 과제이다.

염류집적 경감에 관한 연구로는 담수(황 등, 1993), 심토파쇄와 심토반전(김 등, 1996; 김 등, 2001), Zeolite 사용(박 등, 1987), 제염작물의 재배 등이 보고되어 있으며, 농가에서는 대부분 담수에 의한 방법이나 휴경기에 비닐을 제거하여 강우에 의해 염류를 제거하는 것이 일반적이다. 그러나 이러한 방법은 경기도의 시설재배지가 대부분 밭에 위치하고 있고 임차농이 많아 현장에서 이용하기는 쉽지 않다. 따라서 토양염류 집적을 효과적으로 예방하고 경감시키는 실용적인 방법을 찾고자 염류가 집적된 시설재배지에 PVC 유공관, 자갈, 모래 매설 등의 암거배수 기술을 이용하여 염류집적 예방 및 집적염류 경감 가능성을 검토코자 본 시험을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

본 시험은 2003년도 부터 2004년 까지 경기도농업기술원의 시설재배지(비가림 하우스)에서 적축면상추를 시험작물로 봄과 가을에 재배하여 총 4회 포장시험을 수행하였다. 시험포장의 EC는 표 1에서와 같이 평균 6.3 dS m^{-1} 로서 전국 평균 2.84 dS m^{-1} (농촌진흥청, 2000)와 비교할 때 염류농도가 상당히 높은 토양이었다.

표 1. 시험전 토양 화학성

구 분	pH (1:5)	OM (g kg^{-1})	Av. P_2O_5 (mg kg^{-1})	Ex. Cations (cmol kg^{-1})				EC (dS m^{-1})	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg kg^{-1})	Cl (mg kg^{-1})	Av. SO_4 (mg kg^{-1})
				K	Ca	Mg	Na				
2003년	7.5	9	1,859	2.85	3.91	1.3	0.36	6.0	534	935	254
2004년	5.2	23	1,117	1.82	7.91	1.9	0.45	6.5	1,935	570	225
평 균	6.4	16	1,488	2.34	5.91	1.6	0.41	6.3	1,235	753	240

시험작물은 적축면상추로서 20일간 육묘 후 재식거리 $18\times 25\text{ cm}$ 로 정식하였으며 봄재배는 4월 중순부터 6월 중순까지, 가을재배는 8월 하순부터 10월 중순까지 재배하였다. 관개방법은 시험구의 중앙에 Tensiometer(Daiki-3161)를 토심 15 cm 지점에 묻고 시험구 모두 -33 kPa 시 관개를 시작하여 -10 kPa 시 까지 관수하였다.

시험처리는 무처리, 유공관, 유공관+자갈·모래, 자갈매설 등 5처리를 두었으며, 시험작물 정식 1개월 전에 유공관+자갈·모래처리구는 토심 40 ~ 50cm, 폭 50cm로 매설부위를 파고 바닥에 이중비닐을 깔 후, 부직포로 감싼 유공관(구경 100mm PVC 암거배수관)을 넣고 자갈을 15cm 깊이로 채운 다음 모래와 흙을 덮었고, 유공관처리구는 자갈과 모래를 넣지 않고 부직포로 감싼 유공관만 같은 방법으로 매설하였으며, 자갈처리구는 유공관 없이 매설부위에 자갈을 채운 후 흙을 덮었다. 각 처리구 마다 별도의 집수조를 설치하여 유공관이나 자갈처리구에서 배출되는 유거수가 수집될 수 있도록 연결하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다. 시험전 하우스의 토양의 염농도는 2003년 6.0 dS/m, 2004년은 6.5 dS/m로 조절하여 시험을 실시하였으므로 시험기간에는 무비재배하였다.

토양분석은 음건하여 2 mm 체를 통과시킨 것을 시료로 하였다. EC는 건토와 증류수를 1:5 비율로 혼합하여 30분간 진탕한 후 여액을 EC meter(ATI orion 170)로 측정하였으며, NO₃-N는 2 M KCl 용액으로 침출하여 Kjeldahl법으로 분석하였다. Cl은 EC를 조사한 후 0.01 N-AgNO₃로 적정하였으며, Av.P₂O₅ 함량은 Lancaster법에 따라 분광분석기(GBC Cintra 40)로 비색 정량하였다. 토양의 치환성 양이온 성분은 ICP spectrometer(GBC Integra XMP)로 측정하였으며 기타 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법(2000)에 준하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 처리별 토양 EC 변화

2003년도 처리별 토양 EC 변화를 조사한 결과는 표 2와 같이 모든 처리구에서 봄재배 시험전에 비해 정식후 30일까지 토양 염농도가 증가한 후 점차 낮아져 가을재배 정식후 50일에는 시험전에 비해 염농도가 17~28% 수준으로 낮아졌으며 유공관매설구에서 염농도가 17% 수준으로 가장 많이 감소되어 효과적이었다. 그러나 가을재배 정식후 30일에 모든 처리구에서 염농도가 2.0 dS/m 까지 감소하기 시작하여 가을재배후 모든 처리구에서 염농도 2.0 dS/m 이하로 유지하였다. 2004년도 처리별 토양 EC 변화는 표 3과 같으며 봄재배 정식후 30일까지는 염농도가 상승하였으며 정식후 60일 부터 감소하여 가을재배 정식후 70일에는 시험전에 비해 염농도가 16~28% 수준으로 감소하였다. 또한 처리구별 감소된 염농도 수준을 보면 무처리나 자갈매설구 보다 유공관 매설구와 유공관+자갈·모래매설구에서 16% 수준으로 염농도 감소되어 효과적이었지만 모든 처리구에서 염농도가 2.0 dS/m 이하 수준이었다. 이와 같은 경향은 봄재배가 시작되면서 30일까지는 적절한 토양수분 관리와 지온상승 등의 효과가 나타나 토양 염류성분들의 무기화가 진행되면서 염농도가 높아지다가 작물 생육이 진전됨에 따라 양분 흡수량이 증가되면서 차차 낮아진 것으로 생각된다. 또한 암거배수 처리로 봄재배 정식후 30일까지의 초기 생육기간에 염류농도 상승 억제효과가 뚜렷하였으나 이후 염류농도가 5 dS/m 미만으로 낮아진 이후에는 무처리를 포함하여 시험 연차간과 조사시기에 따라 일정한 경향을 나타내지 않았으며 가을재배 후 모든 처리에서 염농도가 염류피해 발생기준인 2.0 dS/m 이하로 감소하였다. 따라서 암거배수 처리보다는 무비재배에 의한 염농도 감소효과가 주로 나타났으며 다만 전체적인 경향성으로 볼 때 유공관매설구와 유공관+자갈·모래 매설구 효과가 있는 것으로 보인다. 또한 각 처리구당 매설된 별도의 집수조에 수집된 유거수의 화학성과 수량을 조사하였으나 토양중에 설치된 배수자재의 효과에 의한 차이를 발견하지 못하였다.

표 2. 토양 EC 변화(2003)

(단위 : dS m⁻¹)

처리내용	봄재배				가을재배		
	시험전	정식후 30일	정식후 50일	정식후 80일	시험전	정식후 30일	정식후 50일
무처리	6.50 (100)	10.19 (157)	6.75 (104)	5.90 (91)	4.83 (74)	2.01 (31)	1.80 (28)
유공관 매설	5.90 (100)	8.96 (152)	4.35 (74)	5.26 (89)	2.62 (44)	1.24 (21)	1.02 (17)
유공관 + 자갈·모래	5.61 (100)	7.95 (142)	4.58 (82)	3.98 (71)	2.92 (52)	1.05 (19)	1.70 (30)
자갈	5.89 (100)	6.81 (116)	5.14 (87)	4.25 (72)	3.29 (56)	1.58 (27)	1.33 (23)

표 3. 토양 EC 변화(2004)

(단위 : dS m⁻¹)

처리내용	봄재배				가을재배		
	시험전	정식후 30일	정식후 60일	정식후 80일	시험전	정식후 30일	정식후 70일
무처리	6.90 (100)	9.08 (132)	4.54 (66)	3.13 (45)	3.34 (48)	3.97 (58)	1.37 (20)
유공관 매설	6.39 (100)	7.15 (112)	3.46 (54)	3.33 (52)	2.84 (44)	3.23 (51)	1.03 (16)
유공관 + 자갈·모래	6.53 (100)	6.78 (104)	4.77 (73)	3.72 (57)	3.13 (48)	3.93 (60)	1.03 (16)
자갈	6.01 (100)	7.75 (129)	3.64 (61)	3.70 (62)	4.51 (75)	4.36 (73)	1.67 (28)

나. 시험후 토양 EC와 화학성분과의 상관

시험후 토양 EC와 화학성분의 상관은(표 4) Av.P₂O₅을 제외한 NO₃-N, Cl, Ex.Na 등의 성분과 고도의 정의상관이 있었으며 Cl>NO₃-N>Ex.Na 순으로 상관이 높았다. 이는 이 등(1987)의 Cl, NO₃-N 성분이 EC와 상관이 있다고 밝힌 결과와 유사하였다.

표 4. 시험후 토양 EC와 화학성분과의 상관계수(r)

(n=15)

	NO ₃ -N	Cl	SO ₄	Av. P ₂ O ₅	Ex.K	Ex.Ca	Ex.Mg	Ex.Na
EC	0.9755**	0.9857**	0.8267**	0.1140	0.8888**	0.8854**	0.7449**	0.9148**

다. 토양 질산태질소 변화(2003)

토양중 질산태질소 함량은 표 5, 6와 같다. 질산태질소는 표 4에서와 같이 EC와 고도

의 상관관계가 있는 염류성분으로서, 재배초기 상승후 점차 감소된 EC농도 변화와 경시적으로 유사한 경향을 나타내어 EC 변화에 영향이 컸음을 알 수 있었으며, 지력질소의 질산화 과정과 작물흡수의 요인이 관여한 것으로 생각된다. 질산태질소의 시험전 함량에 대한 2기작 재배후 토양잔류량은 2003년 무처리는50.5%이었으나 유공관 매설구는 26.7%로 매우 낮았으며 2004년에는 무처리 8.8%이었으나 유공관 매설구와 유공관+자갈·모래 매설구는 4.5~4.8%로 질산염이 낮아지는 경향을 보였다.

표 5. 토양 질산태질소 변화(2003) (단위 : mg/kg)

처리내용	봄재배			가을재배			
	시험전	정식후 30일	정식후 50일	정식후 80일	시험전	정식후 30일	정식후 50일
무처리	554 (100)	1,137	1,013	1,495	940	377	280 (50.5)
유공관 매설	591 (100)	1,007	787	1,490	446	196	158 (26.7)
유공관 + 자갈·모래	476 (100)	805	1,023	1,220	576	287	285 (59.9)
자갈	549 (100)	1,000	983	1,240	577	243	243 (44.3)

표 6. 토양 질산태질소 변화(2004) (단위 : mg/kg)

처리내용	봄재배			가을재배			
	시험전	정식후 30일	정식후 60일	정식후 80일	시험전	정식후 30일	정식후 70일
무처리	1,858 (100)	2,599	1,445	1,449	656	965	163 (8.8)
유공관 매설	1,873 (100)	1,924	1,044	851	557	579	90 (4.8)
유공관 + 자갈·모래	2,073 (100)	1,777	1,577	1,028	644	884	93 (4.5)
자갈	1,990 (100)	2,095	1,064	1,150	984	1,063	151 (7.6)

라. 상추 수량

상추 수량을 조사한 결과는(표 7) 4회 시험 모두 처리간 유의성 있는 차이가 없었다. 암거배수 처리에 의한 초기 생육기간의 EC가 낮아지는 효과에도 불구하고 상추의 생육차이는 없었으며 또한 정식후 30일 부터 토양 염농도가 4.0~6.0 dS/m로 높게 유지되어도, 염류 장애를 크게 받지 않고 생육할 수 있어 수량 차이가 없었던 것으로 보인다.

표 7. 상추 수량

(kg/10a)

처리내용	2003		2004	
	봄재배	가을재배	봄재배	가을재배
무처리	634	1,920	2,418	1,960
유공관 매설	756	2,250	2,493	1,934
유공관 + 자갈·모래	591	2,380	2,249	1,979
자갈	804	2,290	2,535	1,892
LSD(0.05)	NS	NS	NS	NS
CV(%)	26.3	10.3	6.33	7.42

마. 시험후 토양 화학성

토양의 염농도 감소에 따른 성분 변화를 보면 Cl, Na, Mg, NO₃-N, Av. P₂O₅, SO₄ 등의 모든 화학성분이 감소하는 경향이었으나 Av. P₂O₅ 는 시험전에 비해 감소폭이 비교적 적었다. 이같은 결과는 토양중에서 유거수에 의한 용탈량이 이동성과 용해도가 큰 음이온 SO₄ > NO₃-N > Cl > Av. P₂O₅ 순으로 많다는 연구결과와 일치하였다(강 등, 2001). 양이온중에서는 Ca을 제외한 Na, K, Mg가 감소량이 크게 나타났다. 처리간에는 유공관 매설처리들에서 치환성 양이온류와 질산염, 염소성분들의 감소 경향이 뚜렷하였으나, 유효인산 함량은 암거배수 처리효과가 나타나지 않았다.

표 8. 시험후 토양 화학성

구 분	pH (1:5)	OM (g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex.Cations (cmol kg ⁻¹)				EC (dS m ⁻¹)	NO ₃ -N (mg kg ⁻¹)	Cl (mg kg ⁻¹)	Av.SO ₄ (mg kg ⁻¹)
				K	Ca	Mg	Na				
무처리	5.6	23	966	1.01	6.52	1.53	0.31	1.37	163	190	202
유공관	5.7	23	1,010	0.90	5.81	1.31	0.21	1.03	90	79	205
유공관+자갈·모래	5.6	24	1,000	0.96	5.50	1.22	0.20	1.03	93	96	216
자갈	5.4	24	985	1.02	5.77	1.30	0.22	1.67	151	143	183

4. 적 요

염류집적 시설재배지의 염류를 경감하기 위하여 암거배수 재료를 매설하고 매년 염농도를 6.0 dS/m 이상으로 조절한 후 상추를 무비재배하여 토양염농도 변화를 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 2003년와 2004년도 재배 기간중 무처리구에 비하여 유공관처리, 유공관+자갈·모래처리에서 염농도가 더 낮은 수준으로 감소되어 효과적이었지만 가을재배 후 모든 처리구에서 염농도가 2.0 dS/m 이하로 감소하였음.

나. 시험후 토양 EC에 대하여 화학성과의 상관관계를 보면 Cl, NO₃-N, Ex.Na, SO₄ K, Ca 등은 고도의 정상관이었고 P₂O₅는 상관이 없었음.

다. 질산태질소 함량은 시험전에 비하여 가을정식 후 50~70일에 2003년 무처리는50.5%이었으나 유공관 매설구는 26.7%로 낮았고 2004년에는 무처리 8.8%이었으나 유공관 매설구와 유공관+자갈·모래 매설구는 4.5~4.8%로 질산염이 낮아지는 경향을 보였음.

라. 상추 수량의 처리별 효과에 의한 통계적 차이는 없었음.

5. 인용문헌

- 정병간, 최정원, 윤을수, 윤정희, 김유학, 정구복. 1998. 우리나라 시설원에 재배지 토양화학성 특성. 한토비지 31(1) : 9~15
- 이용환, 신용광, 황광남, 이경수. 1993. 비닐하우스 토양의 화학적 특성에 관한 연구. 한토비지 26(4) : 236~240
- 황선웅, 김유섭, 연병열, 이용재, 박영대. 1993. 몇가지 제염방법에 의한 비닐하우스내 토양의 염류제거 효과. 농업논문집 35(1) : 276~280
- 김종균, 이춘희, 이한생, 조재규, 이영한. 1996. 시설 염류장해지의 심토반전 깊이와 시비량 구명 . 농시연보 38(1) : 370~375
- 김이열, 조현준, 현병근, 박우풍. 2001. 시설재배 토양의 물리성 개선을 위한 처리방법별 효과 비교. 한토비지 34(2) : 92~97
- 박은호, 노영팔, 정연태. 1987. 비닐하우스의 풋고추 연작토양에 대한 토양개량제 처리효과. 농사시험연구논문집 29(1) : 160~165
- 농촌진흥청. 2000. 농업환경변동 조사사업 보고서 9~17
- 이상은, 박준규, 윤정희, 김만수. 1987. 비닐하우스 토양의 화학적 특성에 관한 연구. 농시논문집. 29(1) : 166~171
- 강보구, 김현주, 이경자, 김재정. 2001. 시설재배지 토양 유거수에 의한 염류의 이동. 한국환경농학회지 20(2) : 112~115.