

과제 구분	Code : ES0101	수행시기	전후반기	연구기간	1999(1년차 완결)
연구과제명	농산물 안전생산을 위한 농업환경 연구				
세부과제명	시설재배지 염류장해 경감효과 구명				
색인 용어	염류집적, 시설재배, 제염				
연구원별임무					
구분	소속	성명	전화번호	담당임무	
연구책임자	고원농업시험연구팀	조수현	(0395)582-9994	연구계획, 수행, 총괄	
공동연구자	경영환경연구과	안문섭	(0361)258-5725	시료채취	
	"	임수정	"	시료분석	

ABSTRACT

This study was conducted to survey the salt accumulation and chemical components of soils cultivated with horticulture crops in plastic film houses. Soil samples were collected from 169 sampling sites in Chuncheon, Wonju, Hongcheon and Hoengseong.

A field experiment was conducted to investigate the effect of several treatments on salt reduction at the soil which can't culture any more.

The results are summerized as follow :

1. The chemical properties of surface soils in plastic film houses were pH 6.2, EC(1:5) 0.445 dS m⁻¹, O.M. 31 mg kg⁻¹, Av. P₂O₅ 1261mg kg⁻¹, Ex. Ca 7.56, Mg 2.16, K 1.57 cmol(+) kg⁻¹, respectively. The salts were accumulated very high.
2. The Maize culture was the most effective method on reducing salts concentration. the other crop culture was also reduced salts comcentration but the variation of the salts-reducing effect was not significient.
3. As for the amount of total nutrient uptake, Chinese cabbage was the highest, 71.8 kg/10a. the order of total nutrient uptake was cabbage> radish> maize.
4. Maize culture was more effective on reducing salts concentration in high salts-accumulated soil than chinese cabbage but on agricultural income, the culture of chinese cabbage was the three times higher than that of maise. therefore, the culture of chinese cabbage was recommendable both reduction of salts concentration and agricultural income.

연구 배경

우리나라의 시설재배는 1950년대 남부지방에 보급되기 시작하였고, 60년대에 이르러 폴리에틸렌 필름이 대량 보급되면서 도시근교를 중심으로 확대되었으며, 70년대는 국민 식생활 변화로 신선한 채소에 대한 수요가 증가되면서 연중 재배 가능한 시설재배 단지가 전국적으로 확대 보급되었다. 시설재배는 밀폐된 상태의 시설내에서 자연강우가 차단되고 연중 집약적 밀식 재배로 연작하는 경우가 많고, 또한 대부분이 단기성 작물인 과채류가 재배되어 다량의 비료가 투입되고 있으며, 고온과 작물의 증산에 의하여 토양성분이 상향 이동하기 때문에 비료로 사용한 염류성분이 표토에 집적하게 된다.^(1, 2, 3)

시설재배지 토양에서 발생하기 쉬운 작물의 생육장해로는 염류장해, 양분의 불균형으로 인한 생리장해, 가스장해 및 토양병해 등이 있다.⁽⁴⁾ 시설재배지에서는 비료의 요구도가 높은 채소류가 재배되고 있고 재배밀도가 높고 수량이 높으며, 노지에 비하여 생육속도가 빠르기 때문에 일반적으로 다비하는 경향이 있다. 밀폐된 공간에서 다비할 경우 암모니아가 집적되거나 질소, 인산 및 염류 등의 집적으로 염류농도가 증가된다. 이와같이 염류의 집적은 연작하였을 경우 심하게 되며, 고온에 의한 수분증발로 염류가 상층으로 이동하여 표토층에 집적하게 된다. 이로 인하여 작물은 삼투압의 영향을 받아 뿌리로부터 양분흡수에 장해를 일으킬 뿐만 아니라 토양의 물리적 성질을 악화시켜 생산력을 저하시킨다는 것이 시설원예의 문제점으로 되고 있다. 염류집적의 피해를 경감시키는 방법으로는 토양의 염류농도를 측정하여 시비량을 조절하거나 관수량을 조절하여 토양 수분 장력을 낮추는 방법 또는 완효성비료를 사용하는 방법 등이 있다. 표토에 집적된 염류를 제거하는 방법으로는 침수함으로써 집적된 염을 근권 이하로 용탈시키는 방법 또는 염의 최대 집적지인 표토를 신선한 외부토양으로 대체하는 방법 등을 들 수 있다. 관수에 의한 용탈 방법은 하층부로 용탈된 염이 물의 모관 상승을 따라서 표면으로 올라와 재집적할 우려가 없는 조건에서 효과가 크며, 표토를 신선한 외부 토양으로 대체하는 방법은 제염효과는 좋으나 실제 포장에 적용하기는 많은 노동력과 기술이 필요하다.⁽⁵⁾

본 연구에서는 시설원예지에서 염류집적 등 토양의 문제점과 토양관리의 개선점을 찾기 위하여 도내 주요 시설원예 농가 토양의 염농도 및 화학성분의 실태를 조사하였고, 염류집적이 심한 농가포장을 선정하여 작부체계별 염류집적 경감효과 및 경제성 분석을 실시하였다.

재료 및 방법

도내 주요시설원에 농가 토양의 염류집적 및 토양화학성 실태는 춘천지역 72농가, 횡성지역 37농가, 홍천지역 30농가, 원주지역 30농가를 대상으로 조사되었다. 토양시료는 표토 10cm의 깊이로 채취한후 음건하여 2mm sieve로 체를친후 분석 시료로 사용하였다.

토양분석은 토양화학분석법⁽⁶⁾에 준하여 산도(pH)와 염농도(EC)는 시료와 증류수를 1:5로 혼합하여 초자전극법으로 측정하였으며, 유기물(OM)은 Tyurin법, 유효인산(AV-P₂O₅)은 Lancaster법, 석회요구량(Lime requirement)은 ORD법, 치환성양이온은 1M Ammonium acetate(pH7.0)으로 침출하여 Inductive Coupled Plasma(ICP/OES)로 분석하였다.

염류장해 경감 효과 시험은 염류집적이 심한 횡성관내 농가포장을 선정하여 수행되었으며, 시험포장의 토성은 미사질양토 이었고, 시험전 토양의 화학성은 표. 1과 같으며 시험구 처리내용은 표. 2에 나타내었다.

표 1. 시험전 토양의 화학성

구 분	PH (1 : 5)	O.M (%)	AV.P ₂ O ₅ (mg/kg)	K —————	Ca cmol+/kg	Mg —————	EC (dS/m)
표 토	6.6	6.2	469	0.86	22.3	1.94	4.410

표 2. 시험포장 처리내용

처리구 번호	처 리 내 용
처리 1	무처리 (나지)
처리 2	휴립 + 옥수수 → 무
처리 3	옥수수 → 무
처리 4	무우 → 무
처리 5	배추 → 배추
처리 6	양배추 → 양배추
처리 7	톱밥 + 옥수수 → 무
처리 8	벗집 + 옥수수 → 무

결과 및 고찰

가. 시설재배지 토양 실태조사

표 3. 시설재배지 토양의 화학성

구 분	pH (1 : 5)	EC (1:5,ds/m)	O.M (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cation (cmol/kg)		
					K	Ca	Mg
춘천시(72)	6.3 (4.1-7.9)	0.355 (0.038-1.855)	34 (16-75)	1662 (457-3689)	1.95 (0.4-6.9)	6.95 (0.7-14.1)	1.71 (0.2-5.0)
홍천군(37)	6.1 (5.0-7.2)	0.548 (0.076-2.166)	36 (6-63)	1055 (302-2040)	1.65 (0.2-10.5)	7.72 (2.4-25.7)	2.28 (0.4-5.1)
횡성군(30)	6.3 (5.5-7.3)	0.430 (0.039-1.616)	24 (1-51)	1197 (136-4111)	1.20 (0.1-2.7)	7.80 (2.6-16.9)	2.28 (0.7-6.1)
원주시(30)	6.1 (4.9-7.4)	0.441 (0.058-1.295)	30 (9-60)	1131 (139-1864)	1.49 (0.4-3.0)	7.75 (3.4-12.4)	2.37 (0.7-6.1)
평 균	6.2	0.444	31	1261	1.57	7.56	2.16

* ()는 농가수

오이, 토마토, 고추, 화훼류 등이 재배되고 있는 강원도 4개 시군 169농가를 대상으로 시설하우스 내부 표토(0~15cm)의 화학성을 조사한 결과는 표 3과 같다. 토양의 pH는 6.1~6.3의 범위를 보였으며, EC 1:5는 0.355~0.548dS m⁻¹, 유기물함량은 24~36mg kg⁻¹, 유효인산 함량은 1055~1662mg kg⁻¹, 치환성 양이온중 Ca 함량은 6.95~7.80, Mg 함량은 1.71~2.37, K는 1.20~1.95 cmol(+) kg⁻¹이었다. 평균값은 pH 6.2, EC(1:5) 0.444dS m⁻¹, 유기물함량은 31 mg kg⁻¹, 유효인산 함량 1261mg kg⁻¹, 치환성 양이온은 Ca 7.56, Mg 2.16, K 1.57 cmol(+) kg⁻¹이었다. 시설재배지 토양화학성 개량 목표인 pH 6.0~6.5 유기물 20~30 mg kg⁻¹ 유효인산 300~500 mg kg⁻¹, 치환성 양이온 Ca 2.5~3.0, Mg 0.8~1.0, K 0.50~0.75 cmol(+) kg⁻¹을 기준⁽⁷⁾으로 보면 본 연구에서 조사된 시설재배지 토양의 화학성은 pH와 유기물을 제외한 유효인산과 치환성 양이온은 모든 지역이 개량목표 수준을 초과하였다. 특히 유효인산의 함량은 개량목표 최대치 500 mg kg⁻¹을 기준으로 춘천은 3.3배, 원주 2.3배, 횡성 2.4배, 홍천 2.1배로 적정 수준을 초과하였다. 토양의 인산함량은 인산질 비료의 종류, 토양의 이화학성, 경종방법 등에 의하여 그 함량이 매우 달라지며 시비한 인산에 대하여 작물의 반응도 토양유기물의 함량

뿐만 아니라 토양의 물리화학적 성질과 재배작물의 종류, 기상, 다른 양분과의 상호작용⁽⁸⁾ 등에 크게 영향을 받는다. 또한, 인산은 토양 중에서 대부분 불용화 되어 식물이 흡수할 수 없는 상태로 되므로 이를 재활용하기 위한 여러 연구들이 진행되고 있으나 효율적으로 영농에 활용하기는 미흡한 실정이다. 조사된 시설재배지 토양의 유효인산 함량이 1,000mg kg⁻¹ 이상인 토양은 춘천 83%, 원주 53%, 횡성 54%, 홍천 48%로 이는 남서 지역 유효인산 함량이 1,000 mg kg⁻¹ 이상인 토양 63%와 비슷한 경향을 나타냈다.⁽⁹⁾

나. 염류장애 경감효과 구명 시험

토양중의 염류농도는 전기전도도(Electrical conductivity EC)로 나타내는데 이는 저항(resistance)의 단위인 ohmos 또는 mhos의 역수로 단위는 ds/m 또는 mmhos/cm로 표시된다.⁽¹⁰⁾

염류(Salts)란 산(acids)의 수소이온(H⁺)이 금속 또는 금속성 이온으로 치환된 화합물 즉 HCl, H₂SO₄, HNO₃, H₂CO₃의 수소이온이 Na⁺, K⁺, Ca⁺, Mg²⁺, NH₄²⁺ 등과 치환되어 생성되는 NaH, K₂SO₄, CaSO₄, MgCl₂, (NH₄)₂SO₄ 등의 화합물을 말한다. 따라서 이들 화합물들은 비료의 일종인 식물영양원이지만 과다할 경우 토양이나 작물에 악영향을 미칠 수 있으므로 문제가 되는 경우가 있다. 특히 시설재배와 같이 밀폐된 공간에서는 고온에 의한 수분증발로 염류가 상층으로 이동하여 표토층에 집적하게 된다. 표 4는 염류장애로 경종이 불가능한 농가 포장에서 수행한 시험의 각 처리별 염농도 변화를 경시적으로 측정된 결과를 나타낸 것으로 휴립후 옥수수 처리구가 0.214dS/m로 가장 낮아 제염효과가 컸으며 처리별 대차는 없었다. 표. 5는 처리별 양분흡수 총량을 봄작형 기준으로 나타낸 것으로 양분 흡수 총량은 배추구가 71.8kg/10a로 가장 높았으며 양배추 > 무 > 옥수수 순으로 나타났다.

표 4. 처리별 토양내 염농도 변화 (단위 : dS/m)

구	분	6월 9일	7월 16일	9월 4일	9월 28일	10월 22일
양	배 추	5.125	1.870	0.410	0.500	0.400
배	추	6.675	1.550	0.400	0.565	0.290
	무	6.700	0.505	0.335	0.500	0.290
옥	수 수	5.675	0.600	0.270	0.305	0.310
휴립 + 옥수수		4.850	2.250	0.435	0.480	0.214
툽밥 + 옥수수		4.950	0.675	0.420	0.740	0.355
벗짚 + 옥수수		8.250	0.855	0.345	0.405	0.310

표 5. 처리별 식물체중 양분흡수량

(단위 : kg/10a)

구 분	수량 (kg/10a)	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
양 배 추	6,677	12.4	3.8	15.5	21.0	2.8
배 추	11,824	22.0	7.3	27.1	15.3	0.05
무	6,069	15.8	4.8	22.1	10.2	0.67
옥 수 수	384	17.8	5.6	21.6	4.3	2.2

표 6. 수확후 토양의 화학성

구 분	pH (1:5)	O.M (%)	AV.P ₂ O ₅ (mg/kg)	cmol+/kg			EC (dS/m)
				K	Ca	Mg	
양 배 추	6.9	6.0	574	0.66	13.94	1.12	0.400
배 추	6.9	5.7	428	0.41	13.5	0.92	0.290
무	6.8	5.9	505	0.50	11.82	0.78	0.290
옥 수 수	6.8	5.6	448	0.53	12.11	0.82	0.210
휴립+옥수수	6.6	5.9	408	0.51	12.67	0.75	0.225
톱 밭	6.7	6.6	412	0.30	11.50	0.87	0.355
벗 짚	6.6	6.5	477	0.48	11.77	0.73	0.310
무 처 리(나지)	6.6	6.9	452	0.44	15.72	0.63	0.710

수확 후 토양의 화학성 변화(표. 6)는 하우스를 벗기고 휴경한 대조구(무처리)는 토양 염류농도가 4.410에서 0.710 dS/m로 경감되었으며, 토양산도 유기물 함량 가용성인산 함량의 변화는 거의 없었으며, 치환성 양이온류의 함량은 시험전 토양보다 다소 낮아지는 경향으로 이는 강우로 인한 염류의 지하수로의 유출의 결과로 사료된다. 반면 각 처리별 수확후 토양 화학성 변화를 보면 토양산도에는 큰 변화가 없었으나 토양유기물, 가용성 인산, 치환성 양이온 농도 등이 시험전 토양에 비하여 현저히 낮아지는 경향을 보였으며 이는 상당 부분 작물체 성장을 위한 영양원으로 이용되었기 때문이라 생각된다.

염농도의 경우 휴경의 경우 0.710dS/m로 현저히 낮아졌지만 모든 처리구에서 대조구보다 제염 효과가 컸으며, 특히 제염 작물로 알려진 옥수수 재배구가 0.210 dS/m로 가장 제염 효과가 있었으나 봄작형을 기준으로 토양의 제염 효과와 농가소득을 비교해보면

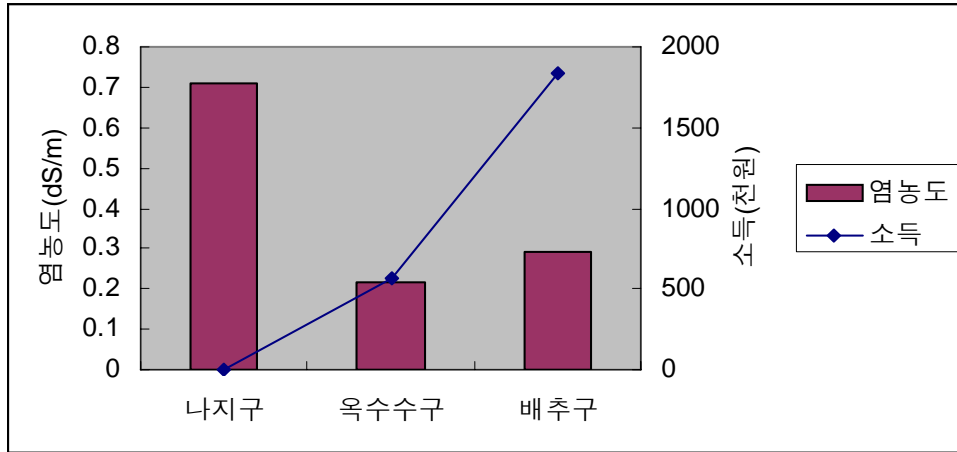


그림1. 처리별 토양의 염농도 및 소득비교

(그림1) 옥수수 처리구가 제염효과는 다소 높은 반면 농가 소득은 배추구가 단보당 1,837천원으로 옥수수 처리구 561천원 보다 약 3배 높았다. 따라서, 염류장해로 경종이 불가능한 시설재배지인 경우 하우스를 벗기고 휴경하기 보다는 제염효과와 농가소득이 보장되는 배추 2기작이 가장 효율적인 영농 방법이라 사료된다.

요 약

시설재배지 토양의 염류집적 등 토양의 문제점과 토양관리의 개선점을 찾기 위하여 주요 시설원예지 춘천 72농가, 원주 30농가, 홍천 37농가, 횡성 30농가 등 총167농가 토양화학성 실태를 조사하였고, 염류집적이 심한 농가 포장에서 염류장해 경감효과 시험을 실시한 결과는 다음과 같다.

1. 도내 4개 시군 169 시설원에 농가의 토양화학성 실태를 조사한 결과 pH 6.2, EC(1:5) 0.444dS m⁻¹, 유기물함량은 31 mg kg⁻¹, 유효인산 함량 1261mg kg⁻¹, 치환성 양이온은 Ca 7.56, Mg 2.16, K 1.57 cmol(+) kg⁻¹으로 염류집적이 심한 것으로 나타났으며, 모든 지역에서 pH와 유기물을 제외한 모든 성분이 시설재배지 토양화학성 개량목표를 초과하였고, 특히 유효인산의 함량은 개량목표 최대치 500 mg kg⁻¹ 보다 춘천3.3배, 원주 2.3배, 횡성 2.4배, 홍천 2.1배 초과하였다.
2. 작부체계별 염류집적 경감효과에서 처리별 토양의 염류농도 변화는 휴립후 옥수수 재배구가 0.214 dS/m로 가장 낮아 제염효과가 컸으며 처리별 대차는 없었다.

3. 처리 작물별 식물체의 양분흡수 총량은 배추가 단보당 71.8kg으로 가장 높았으며 양배추 > 무 > 옥수수 순으로 나타났다.
4. 토양의 제염효과와 농가 소득면을 비교해보면 옥수수 처리구가 제염효과는 다소 높은 반면 농가 소득은 배추구가 단보당 1,837천원으로 약 3배 높았다.

인용문헌

- 정구복, 유인수, 김복영. 1994. 중북부지역 시설재배지 토양의 토성, 염농도 및 화학성분의 조성. 한국토양비료학회지. 27 (1) : pp33 ~ 40.
- 최병주, 이종호. 1991. 시설원예작물의 생리장애 발생 토양 원인구명. 한국토양비료학회지. 24 (2) : pp152 ~ 157
- 유순호, 정영상. 1974. 비닐하우스내 토양의 이화학적 성질에 관하여. 한국토양비료학회지. 7 (4) : pp227 ~ 234
- Berstein, L. 1976. Effects of salinity and solicity on plant growth. Ann. Rev. of phytopathology. 13 : 295 ~ 312
- 정영상, 유순호. 1975. 관수에 의한 비닐하우스내 토양의 제염. 한국토양비료학회지. 8 (2) : pp53 ~ 60
- 농촌진흥청 농업기술연구소. 1988. 토양화학분석법.
- 농촌진흥청 농업기술연구소. 1990. 농토배양사업 성과와 금후 발전전략 심포지엄. p 120
- Munson, R. D., and L. S. Murphy. 1986. Factors affecting crop response to phosphorous. Phosphorous for agriculture. A situation analysis. 9 ~ 24
- 서장선, 송요성, 김광식. 1995. 한국 남서지역 시설재배지 토양중 인산염 형태별 함량. 한국토양비료학회지. 28 (3) : pp270 ~ 277
- Hinrich, L. B., Mcneal, B. L. 1979. Soil Chemistry. pp. 222 ~ 224.