

사업구분 : 기본연구	Code 구분 : LS0902	농산물안전성(전반기)
연구과제 및 세부과제명	연구기간	연구책임자 및 참여연구원(☎)
유기농업 토양 및 작물영양관리 연구	'03~'07	경기도원 환경농업연구과 원태진(229-5823)
유기상추 재배를 위한 염류집적 시설토양 관리기술 개발	'03~'05	경기도원 환경농업연구과 강창성(229-5821) (참여연구원) 노안성, 원태진, 임재욱
색인용어	유기농업, 유박, 고칼슘, 천연액비, 시설상추	

ABSTRACT

To develop the scheme of plant nutrition and soil management for organic cultivation of lettuce in the salt-accumulated greenhouse soil, the effects of deep plowing(50~60cm depth), the application of zeolite(2 Mg ha⁻¹) and soybean oil cake(recommended amount by soil test) were studied at 2 sandy loam soils with soil EC of 1.3 dS m⁻¹(Experiment I, Ex. I) and 3.1 dS m⁻¹(Experiment II, Ex. II). The results were as follows;

The lettuce yield was increased by deep plowing and showed the most in the combined treatment(CT) with the application of deep plowing, zeolite and soybean oil cake which showed increase in lettuce yield by 34%(Ex. I) and 41%(Ex. II) compared with the yield in control. Soil OM, Av. P₂O₅, Ex. K and EC were in the tendency of decrease by deep plowing, but as for the EC in the CT plot it was increased at Ex. I, while decreased at Ex. II because of the different application rate of soybean oil cake according to the soil EC before experiment. Deep plowing had effects on soil physical properties of increasing the porosity and decreasing the hardness, and application of soybean oil cake enhanced the aggregate percentage. The combined treatment applying deep plowing, zeolite and soybean oil cake resulted in raising the income level by about 21,643 thousands Won per ha when lettuce was cultivated 2 times as a consequence of improvement of soil physico-chemical properties.

Key words : Lettuce, Deep plowing, Zeolite, Soybean oil cake, Organic farming

1. 연구목표

경기도 유기농산물 생산농가의 토양 염농도는 '05년 3.7 dS m^{-1} 로서 정상기준인 2.0 dS m^{-1} 에 비해 1.9배 높은 수준이며(원 등, 2005), 동일한 유기재배 농가 조사결과 '02년 3.1 dS m^{-1} 에서(강 등, 2002) '05년 3.5 dS m^{-1} 로 증가 추세에 있어 염류가 집적된 시설재배지에서 채소를 유기재배하기 위한 토양과 양분관리 기술개발이 필요하다.

염류집적 경감에 관한 연구로는 관수(Jung and Yoo, 1975), 담수(Hwang et al., 1993), 심토반전(Kim et al., 1996), 심토파쇄와 암거배수(Kim et al., 2001), Zeolite 사용(Park et al., 1987), 탄질비가 높은 벚짚, 왕겨, 팽화왕겨 사용(조 등, 2003) 등이 보고되어 있으며, 시설상추 유기재배시 양분공급을 위한 기준으로 벚짚, 쌀겨, 깻묵 등에 대한 사용기준이 설정되어 있다(원 등, 2006).

따라서 본 연구는 시설상추 유기재배를 위한 종합적인 토양 및 양분관리기술을 개발하기 위하여 현장에 쉽게 적용할 수 있는 염류경감 방법인 제오라이트 사용 및 심경처리와 작물양분 및 토양 이화학적 개량을 위한 대두박 사용기술을 정립하여 시설상추 유기농업 재배기술 매뉴얼 작성에 활용하고자 실시하였다.

2. 재료 및 방법

본 시험은 2006년 이천시 호법면의 시설재배지(비가림 하우스) 유기상추 재배농가의 토양 EC가 서로 다른 2개 포장에서 독점적측면 품종을 시험작물로 하여 실시하였다. 1차시험은 토양 EC가 비교적 낮은(1.3 dS m^{-1}) 매곡리에 위치한 함창통의 사양토에서 7월29일 정식후 9월5일 수확한 여름작기 시험을 하였고, 2차시험은 매곡리 인근의 단천리에 위치한 토양 EC가 비교적 높은(3.1 dS m^{-1}) 은곡통의 사양토에서 9월3일 정식후 10월11일 수확하는 가을작기 시험을 실시하였으며, 시험전 토양의 화학성은 표 1과 같다.

표 1. 시험전 토양의 화학성

구 분	pH (1 : 5)	EC (dS m^{-1})	OM (g kg^{-1})	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg kg^{-1})	Av. P_2O_5 (mg kg^{-1})	Ex. Cations(cmol kg^{-1})			SO_4 (mg kg^{-1})	Cl (mg kg^{-1})
						K	Ca	Mg		
1차시험	6.2	1.34	18.2	53	1,007	0.50	4.0	2.70	286	64
2차시험	8.0	3.10	29.4	12	1,101	2.39	11.0	3.39	295	798

시험처리는 무처리를 대조구로 하여 토양 완충능 향상을 위한 제오라이트 2 Mg ha^{-1} 사용구, 토양물리성 개량을 위하여 트랙터에 심경기를 부착하여 토양 50~60cm 깊이로 심경한 심경처리구, 제오라이트 사용과 심경 혼합처리구, 혼합처리구에 양분 적정공급을 위한 대두박 토양검정시비량을 사용한 종합개량구의 5개 처리를 두어 시험하였다. 대두박 토양

검정시비량(kg 10a⁻¹)은 원 등(2005)이 유기농업 시설상추 재배를 위한 깻묵시용기준으로 제시한 질소 토양검정시비량(kg 10a⁻¹)÷0.221÷대두박 N함량(%)×100의 계산식을 이용하여 산출하였으며, 대두박 시용량은 1차시험 1,098, 2차시험 370 kg 10a⁻¹이었다. 시험재료의 화학성은 표 2와 같다.

표 2. 시험재료의 화학성

구 분	T-N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	OM (%)	C/N	CEC (cmlo kg ⁻¹)	수 분 (%)
대 두 박	5.45	0.46	1.41	0.31	0.25	67.3	6.9	25.9	25.9
제오라이트	0.01	0.03	0.52	0.44	0.51	4.1	238	67	-

토양 및 식물체 분석은 농촌진흥청 토양화학분석법(농촌진흥청, 1988)과 토양 및 식물체 분석법(농촌진흥청, 2000)에 준하여 실시하였으며, 토양은 음건하여 2mm 체를 통과시킨 것을 분석시료로 하였다. pH는 시료와 증류수를 1 : 5(w/v) 비율로 하여 pH meter법(ATI orion 370)으로 측정하였고, EC도 건토와 증류수를 1 : 5(w/v) 비율로 혼합하여 30분간 진탕한 후 여액을 EC meter(ATI orion 170)로 측정하였으며, OM은 Walkley-Black 법, NO₃-N는 2M KCl 용액으로 침출하여 Kjeldahl법으로, Av.P₂O₅ 함량은 Lancaster법에 따라 분광분석기(GBC Cintra 40)로 비색 정량하였고, Exchangeable Cations는 1N-NH₄OAC(pH 7.0) 완충용액으로 침출하여 ICP(GBC Integra XMP)로 정량하였다. Cl은 0.01N-AgNO₃ 적정법, Av.SO₄는 비탁법으로 정량하였다. 상추와 유기물의 전질소는 시료를 습식분해하여 Kjeldahl법으로 분석하였고, 기타는 농촌진흥청 토양화학분석법에 준하였다.

3. 결과 및 고찰

시험처리별 상추수량은 무처리구에 비해 제오라이트 2 Mg kg⁻¹ 단용처리구는 대등한 수준이었으나, 제오라이트+심경(혼합 I) 처리구와 제오라이트+심경+대두박(혼합 II) 처리구는 무처리구 대비 각각 1차시험 22, 34%, 2차시험 28, 41%의 증수효과를 보였다. 또한 심경 단용처리구도 각각 13, 19% 증수되었으나 1차시험에서는 통계적 유의차를 보이지 않았다. 전체적인 수량은 1차시험에 비해 2차시험에서 2배 이상 높았는데 이는 1차시험 기간이 하절기에 수행되어 고온에 의한 생육저하 현상이 있었으나, 2차시험은 상추생육에 적당한 가을 작기에 수행되었기 때문으로 판단된다.

한편 양분흡수량은 1차시험에서는 질소성분만 혼합 II 처리구에서 무처리구 대비 흡수량이 유의적으로 증가한 결과를 보였으나, 전체적으로 수량과 건물중이 높았던 심경구와 혼합 I, 혼합 II 처리구에서 높은 경향이였다. 이와같은 경향은 생육량이 많았던 2차시험에서

더욱 뚜렷하게 나타나 대부분 통계적 유의차를 보였고 따라서 심경과 혼합처리의 상추수량 증대효과를 확인할 수 있었다(표 3).

표 3. 상추수량 및 양분흡수량

구 분	수 량 (kg 10a ⁻¹)	건물중 (kg 10a ⁻¹)	상추 양분흡수량(kg/10a)				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1) 무처리	1,525(100)	79.6 ^c	2.75 ^b	1.29	5.90	1.17	0.67
2) 제오라이트 2 Mg kg ⁻¹	1,467(96)	76.6 ^c	2.55 ^b	1.08	5.41	1.22	0.64
1차 3) 심경(50~60cm)	1,725(113)	90.0 ^b	2.94 ^{ab}	1.23	6.35	1.56	0.77
4) 2)+3)(혼합 I)	1,858(122)	97.0 ^b	3.20 ^{ab}	1.39	7.03	1.46	0.76
5) 4)+대두박 검정시비(혼합 II)	2,050(134)	107.0 ^a	3.51 ^a	1.46	7.55	1.72	0.89
LSD(0.05)	188.1						
CV(%)	5.8						
2차 1) 무처리	3,325(100)	173.6 ^c	5.79 ^c	2.86 ^c	12.32 ^c	1.83 ^c	0.75 ^c
2) 제오라이트 2 Mg kg ⁻¹	3,667(110)	191.4 ^{bc}	6.81 ^{bc}	2.93 ^{bc}	13.36 ^{bc}	1.95 ^{bc}	0.84 ^{bc}
3) 심경(50~60cm)	3,942(119)	205.8 ^{bc}	7.41 ^b	3.33 ^{bc}	16.39 ^{ab}	2.17 ^{abc}	0.87 ^{bc}
4) 2)+3)(혼합 I)	4,242(128)	221.4 ^{ab}	7.86 ^{ab}	3.50 ^{ab}	14.23 ^{bc}	2.25 ^{ab}	0.93 ^b
5) 4)+대두박 검정시비(혼합 II)	4,679(141)	244.3 ^a	8.80 ^a	3.99 ^a	19.52 ^a	2.50 ^a	1.07 ^a
LSD(0.05)	638.1						
CV(%)	8.5						

시험처리별 전기전도도 변화는 시험전토양의 전기전도도가 1.3 dS m⁻¹로 낮았던 1차시험에서는 처리후 48일에 혼합 II 처리구에서 무처리구 1.5 dS m⁻¹에 비해 전기전도도가 2.5로 증가하여 염농도가 다소 높아졌고, 심경처리에서 다소 감소하는 경향을 보였다. 반면에 시험전토양의 전기전도도가 3.1 dS m⁻¹로 높았던 2차시험에서는 전체적으로 통계적 유의차는 나타나지 않았으나, 처리후 43일에 혼합 II 처리구에서 무처리구 4.2 dS m⁻¹에 비해 전기전도도가 3.9로 감소하여 염농도가 다소 낮아졌다. 이는 대두박 토양검정 시용량이 1차시험시 1,098 kg 10a⁻¹이었으나 2차시험시 370 kg 10a⁻¹으로 차이가 있었고, 1차 여름재배시 전체적인 생육저하에 의한 낮은 양분흡수량과, 2차 가을재배시 대두박시용구의 양분흡수 증가량이 많았던 것이 종합적으로 작용한 결과로 생각된다. 결과적으로 대두박 토양검정시비가 토양 양분상태를 적정수준으로 조절해주고 있는 것으로 판단된다(표 4).

표 4. 토양 전기전도도(EC) 변화

(단위 : dS m⁻¹)

구 분	1차시험				2차시험			
	시험전	처리후 15일	처리후 30일	처리후 48일	시험전	처리후 7일	처리후 22일	처리후 43일
1) 무처리	1.34	1.01 ^{ab}	1.38	1.53 ^b	3.10	3.88	4.10	4.23
2) 제오라이트 2 Mg kg ⁻¹	1.34	1.21 ^a	1.32	1.47 ^b	3.10	4.41	4.75	4.79
3) 심경(50~60cm)	1.34	0.75 ^b	0.96	1.22 ^b	3.10	3.52	4.52	4.06
4) 2)+3)(혼합 I)	1.34	0.73 ^b	0.89	1.30 ^b	3.10	3.81	4.11	3.89
5) 4)+대두박 검정시비(혼합II)	1.34	1.32 ^a	1.55	2.45 ^a	3.10	3.48	3.92	3.90

시험후 토양화학적성은 무처리구에 비해 제오라이트 2 Mg kg⁻¹ 처리구에서 CEC가 높아지는 경향을 보였고 심경구는 OM, Av. P₂O₅, Ex. K 함량이 낮아지는 경향이였으며, NO₃-N 함량을 높이는 결과를 보였다. 따라서 제오라이트는 CEC를 높여 토양완충능을 증가시키고 심경은 토양표면에 집적된 양분을 작토 전체로 희석시키고, 대두박 토양검정시비는 토양양분 상태를 적절히 유지해주는 효과가 있는 것으로 판단된다(표 5).

표 5. 시험후 토양화학적 변화

구 분	OM (%)	NO ₃ -N (mg kg ⁻¹)	Av.P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. K (cmol kg ⁻¹)	SO ₄ (mg kg ⁻¹)	Cl (mg kg ⁻¹)	CEC (cmol kg ⁻¹)
시 험 전	18.2	53	1,007	0.50	286	64	7.17
1 차 시험 후							
1) 무처리	14.0	72 ^b	823 ^{ab}	0.56	225	60	6.08
2) 제오라이트 2 Mg kg ⁻¹	12.8	50 ^b	838 ^a	0.54	289	50	6.72
3) 심경(50~60cm)	13.4	52 ^b	645 ^c	0.41	247	48	6.09
4) 2)+3)(혼합 I)	13.5	48 ^b	665 ^{bc}	0.45	223	49	6.47
5) 4)+대두박 검정시비(혼합II)	14.5	121 ^a	662 ^{bc}	0.52	295	54	6.60
2 차 시험 후							
시 험 전	29.4	12	1,101	2.39	798	295	9.05
1) 무처리	27.2 ^a	20	974 ^a	2.68 ^a	1,065	442	8.88
2) 제오라이트 2 Mg kg ⁻¹	26.2 ^{ab}	28	940 ^{ab}	2.65 ^a	1,186	494	9.30
3) 심경(50~60cm)	24.4 ^b	22	945 ^{ab}	2.37 ^{ab}	1,051	417	8.97
4) 2)+3)(혼합 I)	25.1 ^{ab}	19	910 ^{ab}	2.10 ^b	1,046	396	9.00
5) 4)+대두박 검정시비(혼합II)	24.7 ^{ab}	27	845 ^b	2.15 ^b	1,084	357	8.96

토양물리성은 제오라이트 시용구는 무처리구와 차이가 없었으나 심경처리구는 공극률을 증가시키고 경도를 낮추는 효과가 있었으며, 대두박을 시용한 혼합II 처리구는 공극률과

입단율을 높이고 경도가 낮아지는 종합적인 물리성 개량효과가 나타났다. 따라서 대두박이 토양 양분공급과 물리성 개량효과가 높은 것으로 나타났으며, 이와같은 효과는 심토보다 표토에서 뚜렷하였다(표 6).

표 6. 시험후 토양물리성 변화

구 분	1차시험				2차시험					
	공극률(%)		입단율(%)		공극률(%)		입단율(%)		경도(kg cm ²)	
	표토	심토	표토	심토	표토	심토	표토	심토	표토	심토
1) 무처리	53.3 ^b	50.8	23.0	20.9	55.7	48.3	29.3 ^{bc}	29.2	1.62 ^{ab}	3.49
2) 제오라이트 2 Mg kg ⁻¹	54.6 ^{ab}	52.5	23.0	18.5	56.1	49.0	30.0 ^b	29.2	1.67 ^a	3.16
3) 심경(50~60cm)	56.5 ^a	52.7	30.0	22.7	56.8	49.2	29.6 ^{bc}	28.8	1.24 ^c	2.49
4) 2)+3)(혼합 I)	55.0 ^{ab}	52.7	31.8	22.7	57.8	49.6	27.8 ^c	28.3	1.30 ^{bc}	2.31
5) 4)+대두박 검정시비(혼합 II)	55.7 ^a	52.6	33.8	30.2	57.3	49.5	32.9 ^a	27.3	1.16 ^c	2.46

※ 토심구분 : 표토 0~20cm, 심토 20~40cm

심경, 제오라이트, 대두박 등 토양개량 기술투입에 따른 경제적 효과를 표 7과 같이 시산법으로 분석한 결과, 10a당 상추 2작기 재배를 기준으로 약 2,164천원의 소득증대 효과가 있는 것으로 밝혀졌다. 이익증가의 주요인은 상추수량 증대에 따른 이익적 요소 증가액이 큰 것으로 나타나 염류집적지 시설상추 유기재배시 증수폭이 가장 컸던 심경, 제오라이트, 대두박 종합투입이 유리한 것으로 분석되었다.

표 7. 심경, 제오라이트, 대두박 이용 토양개량에 의한 경제적 효과

손실적 요소(A)	이익적 요소(B)
○ 대두박 300원×1,468kg = 440,400원	○ 수량증가분 1,538원×1,879kg = 2,889,902원
○ 제오라이트 60,000원×4톤 = 240,000원	○ 요소비료절약 425원×38kg = 16,150원
○ 심경날 80,000원×1조×10/40a = 20,000원	
○ 심경임금 58,955원×3/8시간 = 22,109원	
○ 유류대(경유) 642원×30ℓ = 19,260원	
소 계 741,769원	소 계 2,906,052원
추정수익액(B-A) = 2,164,283원(10a당 상추 2작기 기준)	

4. 적 요

염류집적 시설재배지에서 유기상추 재배를 위한 토양 및 양분관리기술을 개발하고자 2006년 이천시 호법면의 토양 염농도가 다른 2개 사양질 토양에서 시험한 결과는 다음과 같다.

- 가. 상추 수량은 심경처리구들에서 증가하였고 심경+대두박 검정시비구에서 가장 많은 수량을 보여 무처리구 대비 34~41% 증수됨
- 나. 토양전기전도도는 제오라이트 처리에 의한 변화는 없었으나 심경처리에 의해 감소하였고, 제오라이트 2 Mg kg⁻¹+심경(50~60cm)+대두박 토양검정시비의 종합투입구는 EC 1.3 dS m⁻¹ 토양에서는 양분공급으로 EC를 증가시킨 반면, EC 3.1 dS m⁻¹ 토양에서는 무처리구보다 다소 낮은 경향이었음
- 다. 토양화학적 성분은 심경으로 OM, Av, P₂O₅, Ex, K 등이 감소되는 경향이었고, 대두박시용은 1차시험에서만 NO₃-N 함량이 증가하였는데, 1차시험시 2차시험에 비해 대두박시용량이 많은 반면 상추흡수량은 상대적으로 적었던 것이 원인으로 판단됨
- 라. 토양물리성은 심경으로 공극률이 증가되고 경도가 낮아졌으며, 대두박 시용구는 공극률과 입단율을 높이고 경도가 낮아지는 물리성 종합개량효과가 나타남
- 마. 심경, 제오라이트, 대두박 종합기술투입에 따른 경제적 효과는 상추수량 증수에 따른 소득증가로 10a당 상추 2작기 재배기준 약 2,164천원의 소득증대 효과가 있음

5. 인용문헌

- 조광래, 강창성, 노안성, 심재만, 박경열. 2003. 유기물 종류별 시설재배지 염류경감 효과 구명 시험. 경기도농업기술원 시험연구보고서. pp.463-482.
- Hwang S. W., Y. S. Kim, B. Y. Yeon, Y. J. Lee and Y. D. Park. 1993. The Effect of Several Desalting Methods Applied to Vinyl House Soils. Rural Development Administration J. Agri. Sci.(Soil & Fert.) 35(1) : 276-280.
- Jung Y. S. and S. H. Yoo. 1975. Effect of Watering on Eluviation of Soluble Salts in the Vinyl House Soils. Korean J. Soil Sci. and Fert. 8(2) : 53-60.
- 강창성, 조광래, 노안성, 박경열. 2002. 유기농업 실천 시설채소농가 영농기술 및 토양환경 조사. 경기도농업기술원 시험연구보고서. 607-616
- Kim, J. G., C. H. Lee, H. S. Lee, J. G. Jo and Y. H. Lee. 1996. Subsoil Inverting Depth and Fertilizer Needs in Salt Accumulated Soils of Plastic Film House. Rural Development Administration J. Agri. Sci.(Soil & Fert.) 38(1) : 370-375.
- Kim, L. Y., H. J. Cho, B. K. Hyun and W. P. Park. 2001. Effects of Physical Improvement Practices at Plastic Film House Soil. Korean J. Soil Sci. and Fert.

34(2) : 92-97.

농촌진흥청. 1988. 토양화학분석법.

농촌진흥청. 2000. 토양 및 식물체 분석법.

Park E. H., Y. P. No and Y. T. Jung. 1987. Effect of Soil Amendment Application on Green Pepper Continuously Grown Soil in Vinyl House. Rural Development Administration J. Agri. Sci.(P · M & U.) 29(1) : 160-165.

원태진, 강창성, 조광래, 노안성. 2005. 유기농업 토양관리자재의 토양 이화학성 영향평가 시험. 경기도농업기술원 시험연구보고서. pp.514-527.

원태진, 강창성, 조광래, 노안성. 2005. 유기농산물 재배지 토양관리 실태조사. 경기도농업기술원 시험연구보고서. pp.528-537.

6. 연구결과 활용제목

- 염류집적지 유기상추 재배시 심경, 제오라이트 대두박 혼합사용 효과(2006, 영농활용)