

## 천연 Zeolite를 이용한 시설재배지 토양의 염류제거 효과

위치도 · 리준시 · 김홍림<sup>1</sup> · 손보균\*

순천대학교 생물환경학과, <sup>1</sup>농촌진흥청 원예특작과학원 남해출장소

### Salts Reduction Effect of Natural Zeolite in Plastic Film House Soil

Chi-Do Wee, Jun-Xi Li, Hong-Lim Kim<sup>1</sup> and Bo-Kyoon Sohn\*

Department of Bio-Environmental Science, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Republic of Korea

<sup>1</sup>Namhae Sub-Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Namhae 668-812, Republic of Korea

This study was performed to investigate the effect of zeolite on the reduction of soil EC level in the plastic film house. The EC level of experimental soil was 5.0 dS m<sup>-1</sup> and the zeolite was applied to the soil at seven levels (0.5, 1, 2, 5, 10, 15, 20%) with three replications. The reduction degree of soil EC level showed positive tendency to the mixing ratio of zeolite. Especially, the EC level reduced rapidly from 5.01 to 2.8 dS m<sup>-1</sup> in the plot where zeolite was mixed by 20% 10 days after treatment. The pH level of soil was in positive relation to the mixing ratio of zeolite, contrary to the negative relation to the concentration level of water soluble Ca, Mg and phosphorus (P). The water contents of soil mixed with 15% and 20% zeolite were 14% and 17.3% respectively but it was 12.7% for control soil. Therefore, we expect natural zeolite to salts reduction agent for exchangeable cation and phosphate which is difficult to reduce by watering and other methods.

**Key words:** Salt accumulation, Natural zeolite, EC level

## 서 언

국내 시설원예는 1951년 김해지역에서 비닐하우스가 시작된 이래로 급속도로 성장하여 2005년 현재 약 100,000 ha가 넘는 것으로 알려져 있다 (Kim et al., 2002; Park et al., 2005). 시설 하우스의 집약재배는 화학비료와 퇴비의 사용량을 증가시켜 (Park et al., 1994), 염류농도의 증가로 인한 작물의 생육하락과 환경오염 문제를 야기하고 있다 (Bernstein, 1962; Garg and Gupta, 1997; Ramoliya and Pandey, 2002; Mer et al., 2000). 국내 시설재배지 토양의 전기전도도 (EC)는 1970년대부터 이미 농촌진흥청 추천수준 (2 dS m<sup>-1</sup>)을 초과하여, 현재까지 꾸준히 증가하는 추세이다(RDA, 1999). 시설재배지에 집적되는 염의 종류 중 전기전도도 (EC)와 상관이 높은 성분은 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup> 그리고 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>순으로 알려져 있으며 (Chung et al., 2008; Jung, 2004; Yuk et al., 1993), 개발된 대부분의 제염 기술이 역시 이와 관련되어 있다 (Hwang et al., 1993;

Kim et al., 1997; Kim et al., 2001; Kim, 2004; Kim et al., 2006). 그러나 이와 같은 음이온에 의한 염류집적 피해와 함께 산성토양 개량을 위한 석회, 작물의 품질 증대를 위한 칼리와 고토 등의 과다시비로 인하여 치환성 양이온 또한 집적과 불균형이 심화되고 있는 실정이다(Choi et al., 2010; Kim et al., 2003). 따라서 본 연구는 양이온의 과다 집적으로 인하여 문제가 되는 시설재배지 토양에 토양개량물질로서 염류성분의 흡착 및 고정화 능력을 보유하고 있는 천연 Zeolite를 수준별로 사용하고 경시적인 토양의 화학적 특성을 평가하는 실험을 수행하였다.

## 재료 및 방법

**공시토양** 본 연구에서 사용한 시험토양은 EC수준과 칼슘함량이 높고, 염류장해 피해사례가 보고된 바 있는 전남 여수시 울촌면 신기리에 소재하고 있는 안개꽃재배 시설하우스에서 표토를 채취하여 Pot 시험에 수행하였다. 토양은 염류성분의 과다축적으로 인해 건조한 경우 표토 층에 백색의 결정분말이 집적되는 현상을 육

접수 : 2010. 6. 18 수리 : 2010. 9. 13

\*연락처 : Phone: +82617503292

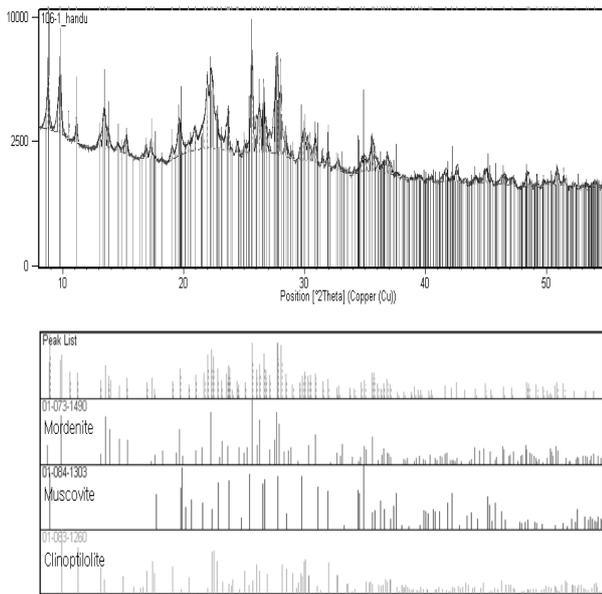
E-mail: bksohn@sunchon.ac.kr

**Table 1. Chemical characteristics of soil used in the experiment.**

Site	pH	EC	O.M	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ex. Cations			CEC
					K	Ca	Mg	
Yeosu Singi	1:5	dS m <sup>-1</sup>	%	mg kg <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>			
934-3	6.7	5.1	3.8	643	1.84	11.9	2.1	15.8

**Table 2. Chemical characteristics of natural zeolite used in the experiment.**

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Mosture	Specific gravity
----- % -----									
70.3	13.6	1.29	2.51	0.31	1.93	3.17	0.09	6.8	2.04

**Fig. 1. X-ray diffraction result of natural zeolite used in the experiment. (Mordenite : 33%, Muscovite : 37%, Clinoptilolite : 30%)**

안으로 관찰할 수가 있었으며, 토양의 화학적 특성은 Table 1과 같다.

**천연 Zeolite 처리** 시험에 사용한 Zeolite (Handu Co., Korea)는 분말형으로 입자크기는 60 mesh이고, 공시된 화학적 특성은 Table 2와 같다. 시험에 사용된 Zeolite의 종류를 확인하고자 고출력 X선 회절분석기 (XRD, D/Max-2500V/PC, PANalytical B.V.)를 이용하여 분석한 결과 약 30%의 Clinoptilolite를 함유하고 있었다 (Fig. 1).

천연 Zeolite 처리 후 토양 중 염류성분의 경감효과를 평가하기 위하여 염류집적 토양을 풍건하여 2 mm 체를 통과시킨 후 천연 Zeolite와 각각 0.5, 1, 2, 5, 10, 15, 20%의 중량비로 균일하게 혼합 (w/w)한 시료를 3반복으로 wagner pot에 충전 하였고, Pot당 지하수 500 ml을 주입하였으며 실험기간 중 증발되는 수분

을 보충하고자 저면관수를 실시하였다.

**토양특성 분석방법** Pot 내 토양시료를 core로 경시적으로 채취하여 음건한 후 2 mm 체를 통과한 시료를 분석에 이용하였으며, 수소이온농도 (pH)와 전기전도도 (EC)는 풍건토양 10 g에 증류수 50 ml을 가하여 30분간 진탕한 후 초자전극법 (Mettler Toledo 340 pH meter, USA and Istek Conductivity meter, Korea)으로 측정하였다. 풍건토양 5 g에 증류수 50 ml을 가하여 30분간 진탕하여 Whatman No.2로 여과시키고 ammonium paramolybdate로 발색시킨 후 파장 720 nm에서 UV/Vis Spectrophotometer (SHIMADZU UV-2550, Japan)를 이용하여 수용성인 (P)을 비색정량하였고, 여과액을 ICP-Spectrometer (SHIMADZU ICPE-9000, Japan)를 이용하여 수용성양이온 (K, Ca, Mg, Na)의 함량을 측정하였으며 (NIAST, 2000), 모든 항목은 3반복으로 수행되었다.

## 결과 및 고찰

**토양 중 pH 변화** 천연 Zeolite를 수준별로 처리한 후 토양 pH를 경시적으로 조사한 결과를 Fig. 2와 같이 처리 5일 까지는 하락하다 이후 시험 전 토양의 pH로 회복하여 중성에 가까운 토양반응을 나타냈으며, 변화폭은 매우 미미하였다. 이와 같은 반응은 초기 관수와 이후 시험토양의 유기물 분해로 인한 결과로 판단되며 (Kim et al., 2000; Yun et al., 2009), Zeolite 함량이 높을수록 pH의 변화폭이 낮은 이유는 Zeolite의 높은 완충능에 따른 결과로 판단된다. 한편 토양 중 pH가 높아지면 Zeolite 표면에 음전하가 증가하지만, 반대로 pH가 하락하면 양전하가 증가한다 (Choi, 1982). 따라서 처리토양의 전체적인 pH 증가는 Zeolite 표면의 음전하를 증대시켜 양이온 흡착을 촉진하는데 유리한 조건을 제공할 것으로 판단된다.

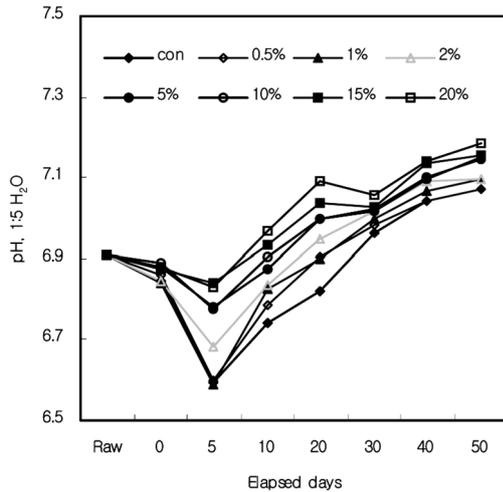


Fig. 2. Temporal changes in pH value of soil treated with Zeolite.

**토양 중 EC 변화** 천연 Zeolite 혼입에 따라서 EC 수준의 경시적 변화는 Fig. 2와 같다. 토양 EC 하락은 Zeolite 처리수준이 높을수록 경감 속도가 빠를 뿐만 아니라 경감효율 또한 크게 조사되었다 (Fig. 3). 초기에 충전한 원토의 경우 EC값이 5.01 dS m<sup>-1</sup>로 조사되어 상당히 높은 값을 보였으나 Zeolite를 20%를 혼입한 토양은 처리 10일 경과 후 EC값이 2.8 dS m<sup>-1</sup> 수준으로 급격히 감소되어 유지되었으며, 5%, 10% 및 15%의 Zeolite를 처리한 토양에서도 50일 경과 후 4 dS m<sup>-1</sup> 이하로 조사되어 원토에 비해 크게 감소된 것을 확인함으로써 천연 Zeolite 처리가 토양 중 염분을 흡착하여 염류장해를 저감할 수 있을 것으로 기대할 수 있었다. 한편 Zeolite 무처리와 0.5, 1% 및 2% 처리구들은 처리 후 20일 조사까지는 EC값이 감소하지 않고 오히려 상승하다가 그 이후는 감소되었는데, 이것은 시판 돈분퇴비를 처리하여 퇴비 중 함유되어 있는 비료성분에 기인하는 것으로 판단되었다.

**토양 중 수용성 인의 변화** 토양 중 물에 해리될 수 있는 수용성 인의 농도를 조사하여 Fig. 4에 도시하였다. Zeolite의 혼입수준이 높을수록 수용성 인의 농도는 감소하였고, 시간이 경과함에 따라서 점차적으로 농도가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 수용성 인의 변화 추이에서는 Zeolite 처리 후 20일까지는 처리수준이 두 그룹으로 나누어지는데 Zeolite 무처리, 0.5% 및 1% 처리구와 같이 Zeolite의 혼입량이 적은 처리구는 수용성 인이 Zeolite의 혼입량이 많은 2~20% 처리구에 비해 급격히 감소되는 경향을 보였고, Zeolite 2~20% 처리구는 용출되는 수용성 인은 완만하게 감소되는 경향을 보였으며, 처리 후 50일 조사시에 대조구는 11 mg

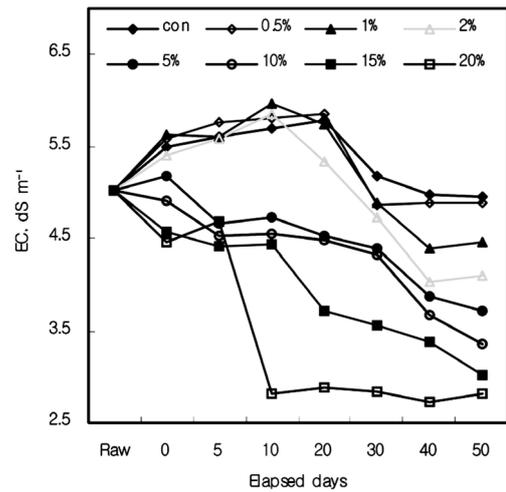


Fig. 3. Temporal changes in EC value of soil treated with Zeolite.

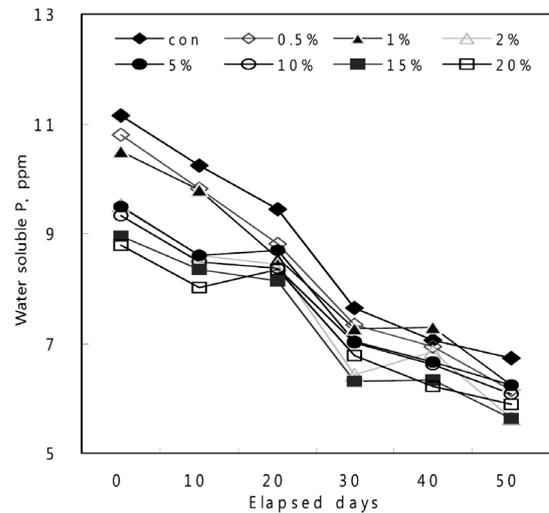


Fig. 4. Temporal changes in water soluble P value of soil treated with Zeolite.

kg<sup>-1</sup>에서 7 mg kg<sup>-1</sup> 수준으로 감소되었으나 Zeolite 처리구는 6 mg kg<sup>-1</sup> 수준으로 저감되어, zeolite가 인산과 같은 음이온에 대한 흡착능을 보유하고 있음을 확인하였다.

Choi (1997)는 농업용 소재 7종, 공업용 소재 2종 및 세제와 소취제 각 1종을 대상으로 하여 입자크기, 단위무게에 대한 표면적과 공극률 및 양이온과 음이온의 흡착력을 측정하여 비교한 바 있는데 시설재배지에 적용이 가능한 염류 흡착제로서 zeolite, peat (이탄), lignocell, 미강 및 vermiculite 등을 보고하였으며, zeolite의 경우 양이온에 대한 흡착력이 높으나 질산 및 인산과 같은 음이온에 대한 흡착력이 낮으며 인산염에 대해서는 섬유질 재료가 뛰어난 흡착력을 보임을 증명한 바 있다.

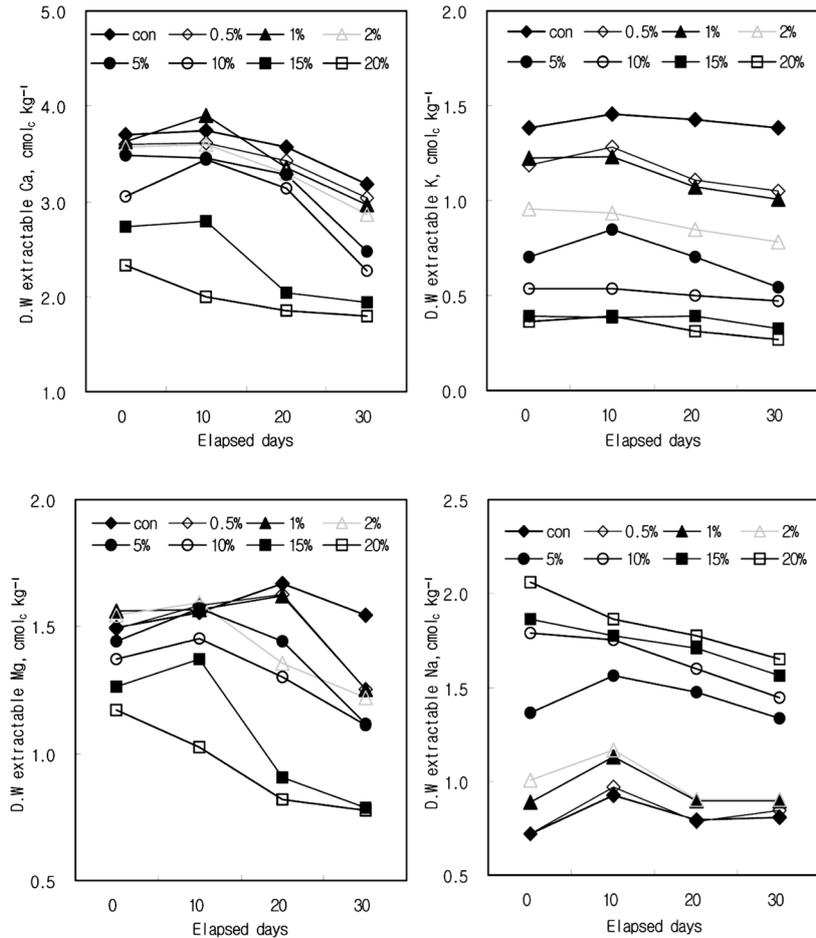


Fig. 5. Temporal changes in water soluble cations (K, Ca, Mg, Na) value of soil treated with Zeolite.

**토양 중 수용성 양이온의 변화** 토양과 증류수를 1:5비율로 혼합하여 진탕한 후 여과하여 침출된 수용성 양이온 (K, Ca, Mg, Na)의 농도를 조사한 결과를 Fig. 4에 나열하였다. 2가 양이온인 Ca의 농도는 혼입 직후 대조구는 3.8 cmolc kg<sup>-1</sup>을 보이는 것에 반해 zeolite를 15%와 20% 혼입한 처리구에서 2.8 cmolc kg<sup>-1</sup>과 2.3 cmolc kg<sup>-1</sup>로 조사되었고 이후 시간경과에 따라 저감되어 30일 후 대조구는 3.5 cmolc kg<sup>-1</sup>을 보였고 15%와 20%의 zeolite 처리구는 2.0 cmolc kg<sup>-1</sup> 수준으로 조사되었다. 수용성 Mg의 농도 또한 Ca와 유사한 양상으로 zeolite 처리구가 대조구에 비해 크게 감소되었으며, zeolite의 뛰어난 양이온흡착능으로 수용성 Ca와 Mg의 농도가 큰 폭으로 저감되는 것을 확인할 수 있었다. Clinoptilolite에 상대적으로 흡착 순서가 빠른 수용성 K의 농도는 1.4 cmolc kg<sup>-1</sup> 수준을 보인 대조구에 비해 15%와 20%의 Zeolite를 처리한 토양에서는 급격하게 저감된 0.4 cmolc kg<sup>-1</sup> 수준을 혼입 직후부터 나타내어 유지되는 경향이였다. 한편 Na의 경우에는 다른 3종류의 양이온과는 반대로 Zeolite의 수준이 높을수록 침출량이 증가되었고 시간이 경과함에 따라 완만히 감

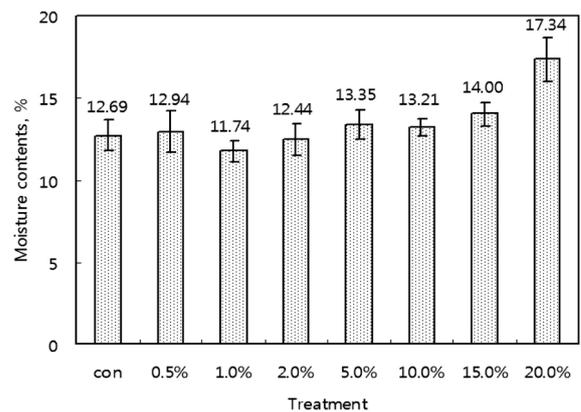


Fig. 6. Moisture contents of soil treated with Zeolite.

소하는 경향을 나타내었다.

Zeolite의 양이온에 대한 우수한 흡착능은 Ok et al. (2005a), Choi (1997) 및 Bernal and Lopez-Real (1993)에 의해 이미 알려진 바 있는데, 보고한 연구결과와 유사한 것으로 보이며, 대부분의 시설재배지의 경우 토양 중 질산태 질소, 인산 및 칼슘 혹은 마그네슘과 같은 양이온의 집적으로 인해 작물에 대한 염류장해가 문제시

되고 있는데, 집적염류 개량을 위한 양이온흡착제로서 zeolite의 적용이 가능할 것으로 판단된다.

**토양 중 수분 함량** Zeolite 처리 수준별 토양의 함수율을 분석한 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 대조구의 함수율이 12.69%를 나타낸 것에 비하여 Zeolite 15% 처리구와 20%처리구는 각각 14.00%와 17.34%를 나타내었다. 다공성의 특성을 가지는 Zeolite는 입자 내 공극을 통해 60% 이상의 수분을 흡착하여 높은 수분보유능을 가지는 것으로 알려져 있는데, 본 실험에서도 Zeolite 혼입농도가 높을수록 토양 함수율이 증가하는 경향을 확인할 수 있었고 집적염류의 개량뿐만 아니라 작물생육에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대된다.

## 요 약

본 연구는 천연 zeolite 처리가 시설하우스 토양의 염류집적 경감에 미치는 효과를 구명하고자 수행하였다. 시험토양의 EC수준은  $5.0 \text{ dS m}^{-1}$ 이었으며, 제올라이트 처리는 7수준 (0.5, 1, 2, 5, 10, 15, 20%) 3반복으로 수행하였다.

제올라이트 처리에 따른 토양 EC 하락은 혼합수준과 비슷한 경향이였다. 특히, 제올라이트가 20%를 혼합된 토양의 처리 10일 후 EC수준은  $5.01 \text{ dS m}^{-1}$ 에서  $2.8 \text{ dS m}^{-1}$  수준으로 급격히 감소되었다. 토양 pH에 대한 제올라이트 효과는 미미한 수준에서 혼합비율과 같은 경향을 나타냈으며, 수용성 칼슘과 마그네슘 그리고 유효인산 농도는 크게 감소하였다. 따라서 관수제염과 그 밖에 방법 등을 통하여 제염효과를 기대하기 어려웠던 치환성 양이온과 인산의 효과적인 제염제로서 천연 zeolite의 적용이 가능할 것으로 기대한다.

## 사 사

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것임.

## 인 용 문 헌

Bernal, M.P. and Lopez-Real. 1993. Natural zeolites and sepiolite as ammonium and ammonia adsorbent, *Bio-resource Technol.* 43:27-33.  
 Bernstein, L. 1962. Salt affected soils and plants. *Proceedings of the Paris Symposium, UNESCO May 1960.* *Arid Zone Res.* 18:139-174.  
 Choi, J. 1982.  $P^{32}$  Adsorption on Na-zeolite in Different

Ionic Strengths. *J. Korean Agricultural Chemical Society.* 25:99-104.  
 Choi, M.T., J.I. Lee, Y.U. Yun, J.E. Lee, B.C. Lee, E.S. Yang, and Y.H. Lee. 2010. Relationship between Fertilizer Application Level and Soil Chemical Properties for Strawberry Cultivation under Greenhouse in Chungnam Province. *Korean J. Soc. Soil Sci. Fert.* 43:153-159.  
 Choi, W.Y. 1997. Development of absorbent-microbe mixture for desalination of green house soils, MOA, Gwachcheon, Korea. 1-105.  
 Chung, B.Y., K.S. Lee, M.K. Kim, Y.H. Choi, M.K. Kim, and J.Y. Cho. 2008. Salt accumulation and desalinization of rainfall interception culture soils of Rubus sp. in Gochang-Gun, Jeollabuk-Do. *korean J. Soil Sci. Fert.* 41:310-317.  
 Garg, B.K. and I.C. Gupta. 1997. *Saline Wastelands Environment and Plant Growth*, Scientific Publishers, Jodhpur, India.  
 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.* 35:276-280.  
 Jung, K.H. 2004. Effects of application of bulked hull and water management on the decrease in soluble salts of plastic film house soil. M.S. Thesis. Hankyong National University. Ansong. Korea.  
 Kim, D.S. 2004. Effects of the perforated under drainage pipe installment on the salt removal in the plastic film house soil. MS Thesis, Kangwon National University, Chuncheon, Korea. 1-28.  
 Kim, D.S., J.E. Yang, Y.S. Ok, and K.Y. Yoo. 2006. Effect of perforated PVC underdrainage pipe on desalting of plastic film house soils. *Korean J. Soc. Soil Sci. Fert.* 39:65-72.  
 Kim, H.L., J.H. Lim, B.K. Sohn, and Y.J. Kim. 2003. Chemical Properties of Cut-flower Rose-growing Soils in Plastic Film Houses. *Korean J. Soc. Soil Sci. Fert.* 36:113-118.  
 Kim, J.G., K.B. Lee, S.B. Lee, D.B. Lee, and S.J. Kim. 2000. The Effect of Long-term Application of Different Organic Material Sources on Chemical Properties of Upland Soil. *Korean J. Soc. Soil Sci. Fert.* 33:416-431.  
 Kim, L.Y., H.J. Cho, B.K. Hyun, and W.P. Park. 2001. Effect of physical improvement practices at plastic film house soil. *Korean J. Soc. Soil Sci. Fert.* 34:92-97.  
 Kim, P.J., D.K. Lee, and D.Y. Chung. 1997. Vertical distribution of bulk density and salts in a plastic film house soil. *Korean J. Soc. Soil Sci. Fert.* 30:226-233.  
 Kim, J.H., W.I. Lee, G.B. Jung, S.G. Yun, Y.T. Jung, and S.K. Kwun. 2002. Ground water and soil environment of plastic film house fields around central part of Korea, *Korean J. Environ. Agric.* 21:109-116.

- Mer, R.K., P.K. Prajith, D.M. Pandya, and A.N. Pandey. 2000. Effect of salts on germination of seeds and growth of young plants of *Hordeum vulgare*, *Triticum aestivum*, and *Brassica juncea*. *J. Agro. Crop Sci.* 185:209-217.
- NIAST. 2000. Methods of soil chemical analysis, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Ok, Y.S., J.E. Yang, K.Y. Yoo, Y.B. Kim, D.Y. Chung, and Y.H. Park. 2005a. Screening of adsorbent to reduce salt concentration in the plastic Film house soil under continuous vegetable cultivation. *Korean J. Environ, Agric.* 24:253-260.
- Park, B.G., T.H. Jeon, Y.H. Kim, and Q.S. Ho. 1994. Status of farmers' application rates of chemical fertilizer and farm manure for major crops. *Korean J. Soc. Soil Sci. Fert.* 27:238-246.
- Park, C.J., J.E. Yang, K.H. Kim, K.Y. Yoo, and Y.S. Ok. 2005. Recycling of hydroponic waste solution for red pepper (*Cassium annuum* L.) growth. *Korean J. Environ, Agric.* 24:24-28.
- Ramoliya, P.J. and A.N. Pandey. 2002. Effect of increasing salt concentration on emergence, growth and survival of seedlings of *Salvadora oleoides* (Salvadoraceae). *J. Arid Environ.* 51:121-132.
- RDA. 1999. Fertilization Standard of Crop Plants. Rural Development Administration, Rural Development Authority, Suwon, Korea.
- Yuk, C.S., J.J. Kim, S.D. Hong, and B.G. Kang. 1993. Salt accumulation in horticultural soils of PE film house in Chungbuk area. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 26:172-180.
- Yun, H.B., W.K. Park, S.M. Lee, S.C. Kim, and Y.B. Lee. 2009. Nitrogen Uptake by Chinese Cabbage and Soil Chemical Properties as Affected by Successive Application of Chicken Manure Compost. *Korean J. Environ, Agric.* 28:9-14.