

섬진강 하구 관개용수 염화에 의한 시설재배단지 토양의 염류집적 심화

이슬비¹⁾ · 홍창오¹⁾ · 오주환¹⁾ · Jessie Gutierrez²⁾ · 김필주^{1,3)*}

¹⁾경상대학교 응용생명과학부 (BK 21 program), ²⁾City Soil Testing Laboratory, Malaybalay City, Bukidnon, Philippines,

³⁾경상대학교 농업생명과학연구원

(2008년 12월 4일 접수, 2008년 12월 22일 수리)

Effect of Irrigation Water Salinization on Salt Accumulation of Plastic Film House Soil around *Sumjin* River Estuary

Seul-Bi Lee¹⁾, Chang-Oh Hong¹⁾, Ju-Hwan Oh¹⁾, Jessie Gutierrez²⁾, and Pil Joo Kim^{1,3)*} (¹⁾Division of Applied Life Science (BK 21 program), Graduate School, Gyeongsang National University; ²⁾City Soil Testing Laboratory, Malaybalay City, Bukidnon, Philippines, ³⁾Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University)

ABSTRACT: The causes of salt accumulation in soils of plastic film houses nearby *Sumjin* river estuary in *Mokdo-ri*(127°46' E 35°1' N), Hadong, Gyeongnam, Korea were investigated in 2006. With chemical properties soils and water analyzed and fertilization status monitored, the study showed that mean salt concentration of soil was much higher at EC 4.3 dS m⁻¹ than the Korean average (EC 2.9 dS m⁻¹) in 2000s for plastic film house's soil with exchangeable Na 0.8 cmol⁺ kg⁻¹ and water-soluble Cl 232 mg kg⁻¹, and then might result to salt damage in sensitive crop plants. Salt concentration of ground water used as main irrigation water source contained very high EC with corresponding value of 2.6 dS m⁻¹. Particularly, increase of EC value was directly proportional with the increased pumping of ground water used as a water-covering system in order to protect the temperature inside plastic film houses from the early winter season. High Na and Cl portion of ions in water might had contributed to the specific ion damage in the crops. Secondly, heavy inputs of chemicals and composts significantly increased the accumulated salts in soil. Conclusively, salt accumulation might had been accelerated by use of salted-groundwater irrigation and heavy fertilization rate. To minimize this problem, ensuring good quality of irrigation water is essential as well as reducing fertilization level.

Key Words: *Sumjin* river, salinization, salt accumulation, salted water irrigation, plastic film house

서 론

남부지역은 기후와 물류유통 등의 장점으로 인해 일찍부터 시설재배농업이 발달되어 왔으며, 2006년 전국 시설재배지 98,857 ha 중 약 28 %인 27,839 ha(전남: 9,054 ha, 경남: 18,754 ha)가 이 지역에 밀집되어 있다¹⁾. 특히 대규모의 시설재배단지는 수자원의 확보가 용이한 강과 하천 주변에 발달하고 있으며, 관개용수의 양과 질에 의해 시설농업의 성공여부가 결정될 수 있다. 우리나라 시설재배 토양의 상당부분은 과량의 염류가 집적되어 있으며, 특히 시설재배지가 발

달되어 있는 경남지역에서는 조사대상지의 약 90%가량이 EC 2.0 dS m⁻¹ 이상의 염류집적지로 조사된바 있다²⁾. 우리나라에서 시설재배지의 염류집적원인은 대부분 과량의 화학비료 및 축분의 시용, 오염된 관개용수의 지속적인 사용에 기인하는 것으로 알려져 있으나, 전 세계적으로는 해안지대나 건조지대를 중심으로 염수침입(seawater intrusion)과 같은 자연적인 배경에 의해 많은 농경지 토양이 염류집적으로 어려움을 겪고 있다³⁾.

우리나라의 5대 강 중 하나인 섬진강은 수질과 생태계가 비교적 잘 보전된 곳으로, 전라남·북도와 경상남도의 주요한 수자원에서 중요한 사회적 산업적 문화적 기능을 담당하고 있다. 최근 섬진강 유역에 대형 공업단지(광양제철소, 여천공단 등)가 설치되고 주변의 도시(순천, 여수, 광양 등)가 팽창하면서 양질의 용수소비량이 급격하게 증가하면서 섬진강 유

*연락처:

Tel: +82-55-751-5466 Fax: +82-55-757-0178

E-mail: pjkim@gnu.ac.kr

역에 대형 다목적댐(섬진강댐, 주암댐, 동북댐)이 새롭게 건설되었다. 이에 따라 섬진강 하류로 유입되는 수량이 크게 감소되고 있어 섬진강 하류에서 만조시 해수유입의 거리가 상류 쪽으로 크게 확대되고 있는 실정이다. 최근 보고에 따르면 만조시 바닷물이 해안으로부터 약 40 km 이상 떨어져 있는 하동군 읍내 지역까지 역류하는 것으로 알려져 있다⁴⁾. 최근 주변 지하수의 염화가 심화되어 생활용수 및 농업용수로서의 가치가 상실되고 있다는 민원이 끊임없이 발생하고 있어 이에 대한 정확한 조사가 필요한 실정이다.

전통적으로 섬진강 하구지역의 하동군 목도리와 광양시 진월면 지역은 오랜 시설재배지 역사를 가지고 있으며, 양상추가 이 지역의 소득 작목으로 재배되고 있다. 이 지역에서는 겨울철 시설재배지 보온을 위해 수막시설을 운영해오고 있으며, 날씨가 추워지기 시작하는 11월 이후 많은 양의 지하수를 이용하여 시설재배내를 보온하고 있다. 그러나 최근 섬진강 하구에 위치한 광양시 진월면과 하동군 고전면의 시설재배단지에서 염류피해로 추정되는 작물의 발아율 저하, 생육 및 수량감소, 그리고 품질저하 등의 사례가 지속적으로 발생되고 있어 이에 대한 정확한 원인구명과 대책수립이 요구되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 섬진강 하구 유역에 분포하고 있는 시설재배 단지를 중심으로 토양의 염류집적정도를 평가하였으며, 염류집적원인을 구명하기 위해 관개용수의 염류농도변화와 해당지역 농민의 시비실태 등을 조사하였다.

재료 및 방법

조사지역 선정 및 시료채취

섬진강 하류지역의 바닷물 역류구간 확대에 따른 시설재배지 관개용수 염화에 따른 시설재배지 토양 내 염류집적에 미치는 영향을 조사하기 위해 염화피해가 가장 심각한 것으로 보고되고 있는 경남 하동군 고전면의 목도리(127°46'E, 35°1'N)를 공시지역으로 선발하였다. 목도리는 약 40년 이상

의 시설재배 역사를 가지고 있으며, 주로 겨울철을 중심으로 양상추를 주작목으로 재배하고 있었다. 시설재배지 토양 내 염류집적특성을 조사하기 위해 이 지역 대표 40개소의 시설재배지(Fig. 1)를 선발하여 휴경기인 2006년 6월말-7월초 사이 표층토(0-15 cm) 시료를 채취하여 화학분석에 이용하였다. 이미 주작목인 양상추의 재배가 종료되어 전체 시설재배지의 약 40-50% 정도는 아무런 작물을 재배하지 않고 있었으며, 나머지 시설재배지에서 수박 배추 양배추 무 등을 재배하고 있었다. 2006년 11월에 조사지점 40개소 중 염류집적도가 높은 8곳을 선발하여 추가적으로 토양 층위별(0-15, 15-30, 30-45, 45-60 cm) 염류집적 분포특성을 조사하여 염류집적 원인을 평가하는데 활용코자 하였다.

해당 지역의 염류피해 주원인인 섬진강 하구의 바닷물 역류구간 확대에 의한 관개용수인 지하수의 염류농도를 평가하기 위해 조사지역내 16개 지점에서 지하수 관정을 선발하여 분석용 시료를 채취하였다. 이때 모터를 10분 이상 운전하여 가급적 순수 지하수를 채취하려 노력하였으며, 현장에서 온도 pH 및 전기전도도(EC)를 측정 후 화학성 분석을 위해 냉장 보관하였다. 조사지역 시설재배단지에서는 동절기 시설보온을 위해 수막을 운영하고 있어 수막시설이 본격적으로 운영되기 시작하는 이후에 염의 농도가 크게 증가할 것으로 예상되어 2006년 6월부터 2006년 12월까지 일정간격으로 매달 지하수의 수질특성을 조사하였다.

해당 농가의 시비실태를 조사하기 위해 해당지역 주요 농가를 직접 방문하여 재배작목별 시비실태를 조사하였다. 이때 조사항목은 각 작목별 작기 중 화학비료와 축산퇴비의 사용실태를 평가하였다.

토양 및 지하수의 이화학성 분석

채취된 토양을 풍건 후 2 mm 이하로 사분 후 농촌진흥청의 토양 화학분석법에 의해 이화학적 특성을 분석하였다⁵⁾. 이때 토양 pH와 전기전도도(Electrical conductivity, EC)는 토양과 물의 비율을 1:5로 하여 측정하였다. 유기물은 Tyurin

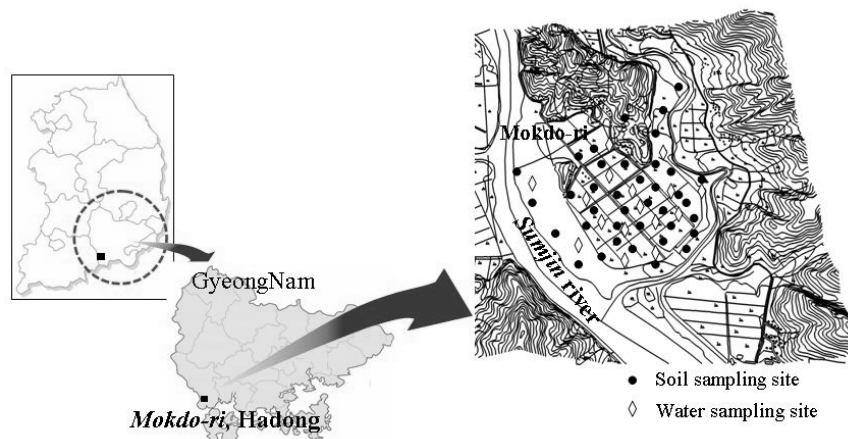


Fig. 1. Soil and irrigation water sampling sites in Mokdo-ri, Hadong-gun, Korea.

법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성 양이온(Ca, Mg, K, Na)은 1N NH₄OAc (pH 7.0)로 침출하여 ICP (Inducible coupled plasma, Perkin Elmer OPTIMA 4300DV)로 정량하였다. 토양 용액 중의 Ca²⁺와 Mg²⁺에 대한 Na⁺의 농도 비를 이용하여 SAR(Sodium adsorption ratio)을 다음과 같이 계산하였다⁶⁾.

$$SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}}$$

, 이때 용액 중 이온 농도는 mmol L⁻¹로 계산되었다.

토양 내 음이온(Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻) 함량은 수용성 함량으로 조사되었으며, 이때 토양과 물을 1:5 비율로 30분 동안 침출하여 0.45 μm cellulose acetate membrane filter로 여과 후 IC(Ion chromatography, Ionpac AS14 column, Dionex 3000, Camberley, UK)로 정량하였다. 관개용수의 pH와 EC는 이동식 pH-EC Meter(AZ 8601, Taiwan)를 이용하여 측정하였으며, 시료를 0.45 μm cellulose acetate membrane filter를 이용 여과 후 양이온(Ca, Mg, K, Na)과 음이온(Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻)함량을 각각 ICP와 IC로 정량하였다.

결과 및 고찰

토양의 염류집적 특성

조사지역 시설재배지 토양의 평균 pH는 전국 시설재배지 토양의 평균값과 유사한 6.4 이었으며, 염류의 농도를 나타내는 EC값은 평균 4.3 dS m⁻¹로 2000년대 우리나라 시설재배지 평균 EC 2.9 dS m⁻¹ 보다 훨씬 높은 것으로 평가되었다⁷⁾. 이는 U.S. Soil Salinity Laboratory Staff⁸⁾의 염류집적지

기준인 EC 4.0 dS m⁻¹의 기준을 초과하는 것으로 상당량의 염류가 집적되어 있음을 알 수 있었다. 특히 특정 시설재배지에서는 최고 EC 10.4 dS m⁻¹까지 확인되어 염에 대해 민감한 작물, 즉 상추 등은 밭아 혹은 정식초기 충분히 염해를 입을 수 있을 것으로 판단되었다.

일반적으로 전기전도도(EC)는 수용액 내에서 전기가 전달되는 데 걸리는 저항 값의 역수로서 토양 용액 중에서는 주요 양이온(K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺)과 음이온(Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻)의 농도에 의해 크기가 결정되는 것으로 알려져 있다⁹⁻¹²⁾. 본 조사토양 내에서 유효 인산은 각각 1458 mg kg⁻¹로 우리나라 시설재배지 평균 함량인 966 mg kg⁻¹에 비해 다소 높게 조사되었다. 이 지역의 관개용수의 대부분을 차지하고 있는 지하수의 염화가 심화됨에 따라 농도가 크게 증가할 것으로 예상되는 토양 내 치환성 나트륨과 수용성 염소이온의 함량은 각각 0.8 cmol⁺ kg⁻¹과 232 mg kg⁻¹으로 일반 지역의 시설재배지 토양에 비해 높은 것으로 평가되었다. 현재까지 우리나라 시설재배지 토양을 대상으로 신뢰할 만한 치환성 나트륨과 수용성 염소 함량에 대한 조사자료가 충분치 않아 정확한 비교는 불가능하나 높은 나트륨과 염소의 농도가 민감한 작목인 양상추의 생육에 다소 영향을 주었을 것으로 판단된다. 일반적으로 채소작물 잎에 과량의 나트륨 축적은 잎의 백화현상을 유발하고, 농도가 높을 경우에는 잎 끝이 타들어가는 피해를 유발하여 전체적인 생육과 수량을 저하시키게 된다. 그리고 과량의 염소는 토양 내에서 이동성이 높아 쉽게 작물에 의해 흡수될 수 있어 잎의 황화현상을 유발하고 생육과 수량을 저감시키는 것으로 알려져 있다¹³⁾.

토양 내 SAR 값은 관개용수에 의한 토양 나트륨 장해를 평가하는 중요한 지표로 이용되며, SAR 값이 13이상인 나트륨성 토양(sodic soil)과 염류나트륨성 토양(saline-sodic soil)은 나트륨이 토양교질을 분산시켜 토양의 물리성을 불량

Table 1. Chemical properties of soils collected in the target plastic film house complex (n=40)

Parameters	Soil sample		Korean mean value in 2000s ²⁾
	AM±SD ¹⁾	Range	
pH (1:5 with H ₂ O)	6.4±0.7	5.2-7.6	6.3
EC (dS m ⁻¹)	4.3±2.4	0.8-10.4	2.9
Available P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	1458±575	571-3226	966
Exchangeable cation (cmol ⁺ kg ⁻¹)			
K	1.2±0.7	0.5-2.1	1.68
Ca	6.2±1.8	4.0-8.7	8.3
Mg	2.0±0.8	1.1-3.2	3.5
Na	0.8±0.5	0.3-1.6	-
Sodium adsorption ratio (SAR)	0.8±0.2	0.4-1.5	-
Water soluble Cl ⁻ (mg kg ⁻¹)	232±150	35-656	-

¹⁾AM±SD means arithmetic mean±standard deviation

²⁾Mean chemical properties of Korean plastic film house soils in 2000s (RDA, 2006).

하게 만드는 것으로 알려져 있다¹⁴⁾. 조사 토양 내 평균 SAR 값은 0.8로 비교적 낮아 나트륨 자체에 의한 작물생육의 장애나 토양의 물리성을 불량하게 만들 가능성은 그리 높지 않을 것으로 판단되었다. 단지 현재와 같이 관개용수인 지하수의 염, 특히 나트륨 등의 농도가 지속적으로 증가될 경우 본 토양에서도 SAR 값은 크게 증가할 것으로 예상되며, 그에 따른 피해가 나타날 가능성이 있어 이에 대한 장기적인 조사와 합리적 관리가 필요할 것으로 판단된다.

조사지역 시설재배지 중 염류가 심하게 집적된 8곳의 토양 내 깊이별 염류집적 분포특성을 조사하여 Fig. 2와 같은 결과를 얻었다. 토양의 EC값은 표층토 30cm에서는 평균 5.5-6.3 dS m⁻¹로 과량의 염류가 집적되어 있었으며 이후 토양 깊이가 발달함에 따라 큰 폭으로 감소하는 경향을 보였다. 본 EC 값으로부터 상당량이 염이 표층토에 집적되고 있으며, 이에 대한 원인으로는 과량의 시비 시설재배지내 고온유지 오염된 관개용수 사용 등에 기인한 것으로 해석할 수 있다. 특이하게 본 토양 내에서 나트륨은 전 토층에서 함량이 고르게 분포하고 있으며, 평균 130 mg kg⁻¹ 이상의 고농도의 염소가 심층토까지 분포하고 있어 우리나라 일반 시설재배지와는 크게 다른 양상을 보이고 있었다. 이를 통해 바닷물의 역류로 인해 염의 농도가 크게 증가한 지하수를 오랫동안 관개용수로 사용함에 따라 토양 내 전층에 걸쳐 나트륨과 염소가 과량으로 집적된 것으로 평가되었다. 나트륨과 염소의 토양

내 분포양상과는 달리 표층토의 높은 EC는 본 지역의 높은 시비량 때문으로 판단된다.

관개용수 지하수의 염류농도

해당지역 시설재배지에서는 작물의 수분관리 그리고 겨울철 수막운영을 위해 오랫동안 지하수를 관개용수로 사용하고 있으며, 대부분의 경우 10 m 깊이 이내의 천층 지하수를 개발하여 이용하고 있다. 지하수 내 염류농도 특성을 일시에 조사하기 위해 2006년 여름철 비슷한 시기에 조사된 관개용 지하수의 이화학적 특성은 Table 2와 같다. 지하수의 평균 EC값은 2.6 dS m⁻¹로 비교적 높은 염을 함유하고 있었으며, 30분 이상 관정을 Pumping 후에도 육안적으로 검은색의 탁수가 지속되었으며 물 자체에서 짠 맛을 강하게 느낄 수 있었다. 일반적으로 관개수의 EC가 2.0 dS m⁻¹ 이상인 경우 양호한 배수시설의 설치가 필요하며 염류에 대해 민감한 작물은 생육과 수량의 감소가 발생하는 것으로 알려져 있다. 관개용수의 나트륨 농도는 평균 112 mg L⁻¹로 타 양이온(칼륨, 칼슘, 마그네슘)에 비해 훨씬 높았으며 SAR 값도 평균 2.0으로 나트륨의 함량이 상대적으로 크게 높은 것으로 평가되었다. 외국의 관개용수 기준으로 볼 때 SAR값이 1-9일 때 나트륨에 의한 위험도는 낮은편이나 나트륨에 민감한 작물에 관개시 주의를 요하는 수준으로 평가되었다¹⁵⁾. 본 조사대상 지하수의 평균 염소농도는 407 mg L⁻¹로 우리나라 농업용수

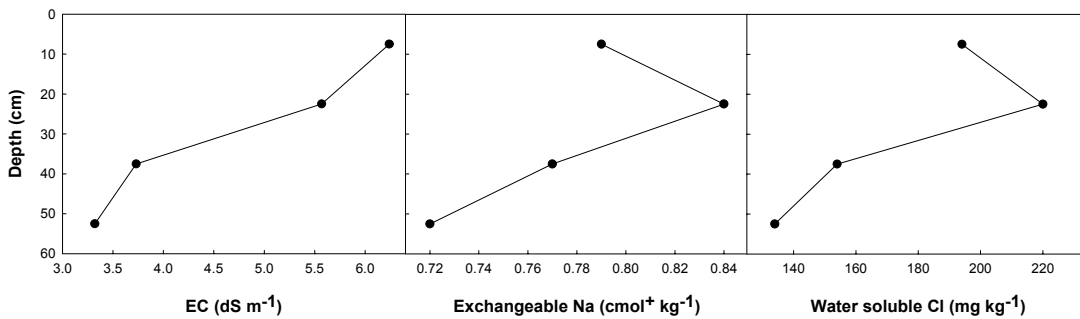


Fig. 2. Salt distribution patterns inner the profiles of soils selected in the target plastic film house complex (n=8)

Table 2. Chemical properties of irrigation groundwater in the target plastic film house complex in Mokdo-ri, Hadong-gun, Korea (n=16)

Parameters	AM±SD ¹⁾	Range
pH	6.8±0.9	6.0-9.4
EC (dS m ⁻¹)	2.6±2.0	0.4-7.8
Cations (mg L ⁻¹)		
K	6.3±3.0	2.2-13.3
Ca	53.3±32.1	2.2-103
Mg	31.2±20.4	2.31-80.4
Na	112±107	15-367
SAR ²⁾	2.0±1.4	0.5-4.9
Cl (mg L ⁻¹)	407±343	11-1251

¹⁾AM±SD means arithmetic mean±standard deviation

²⁾SAR means sodium adsorption ratio.

수질기준인 250 mg L⁻¹을 크게 초과하고 있었다¹⁶⁾. 이에 따른 토양의 특정염류의 집적발생 토양 물리성 악화 등의 이차적인 문제가 발생할 수 있을 것으로 예측되며 이에 대한 합리적 관리대책수립이 필요 할 것으로 판단된다.

관개용수 염화에 의한 토양 내 염류집적은 관개수의 수질 사용량 시설재배지내 온도 및 토양의 관리방법 등에 의해 영향을 받을 수 있다¹⁷⁾. 특히 해당지역과 같이 수막을 운영하는 지역에서는 동절기 물 사용량이 급증하기 때문에 이시기 염화가 심화된 강물이 지하수대로 유입되어 지하수 중 염의 농도가 크게 높아질 것으로 예상된다. 이를 확인하기 위해 2006년 6월부터 매월 일정간격으로 지하수 중 염의 농도를 조사한 결과 Fig. 3과 같은 결과를 얻었다. 관개용수 용 지하수의 EC값 나트륨과 염소함량은 지하수의 사용량이 적었던

6월부터 9월까지의 일정하게 낮은 수준을 유지하였으나 11월 이후 관개수 중 염 농도가 급격하게 증가하는 양상을 확인할 수 있었다. 해안지역의 대수층에서 민물은 수리학적적으로 염수와 연결되어 있으며, 자연조건에서 민물과 염수간의 수리학적 구배(Hydraulic gradient)는 물을 전체적으로 민물에서 염수방향으로 흐르게 한다. 그러나 지하수 사용량 급증에 의해 수리학적 균형이 깨지게 되며 염수가 민물 쪽으로 지하 이동하는 염수침입(Salt water intrusion)이 발생하여^{18,19)} 지하수 내 염 농도를 크게 높게 된다.

본 조사에서 섬진강으로부터 조사 대상 시설재배지와의 거리(m)와 토양 및 관개수 내 나트륨의 함량 간에 다음과 같은 관계를 얻을 수 있었다.

$$\text{치환성 나트륨 농도 (cmol}^+ \text{ kg}^{-1}\text{)} = 1.422 - 1.387 \times 10^{-3} \times \text{거리(m)} \\ (\text{model } r = 0.446^*)$$

$$\text{관개수 내 나트륨 농도 (mg L}^{-1}\text{)} = 233 - 0.333 \times \text{거리(m)} \\ (\text{model } r = 0.702^{**})$$

즉, 토양과 지하수의 이격거리가 섬진강으로부터 멀어질수록 토양과 지하수 내 나트륨 농도는 현저하게 감소되는 경향을 확인할 수 있었다. 따라서 해당지역에서 주요 관개용수원이 되고 있는 섬진강물이 바닷물의 역류구간 확대로 염류농도가 크게 상승하여 지하수를 오염시키고 토양 내 염류농도를 크게 높이는 데 중요한 역할을 담당한 것으로 평가되었다.

시비관리 실태

Fig. 2에서와 같이 본 조사대상지 토양이 표층토에는 심층토와 달리 과량의 염류가 집적되어 있었으며, 이는 단순히 관개용수의 염화에 의한 영향으로 단정 짓기는 곤란할 것으로 판단된다. 일반적으로 우리나라와 같은 시설재배지에서는 추천량 이상의 화학비료와 축산분뇨퇴비를 사용이²⁰⁾ 염류집적의 주요원인이 되고 있다. 따라서 본 연구에서는 조사기간 중 주요 작물에 대한 시비실태를 조사하여 Table 3과 같은 결과를 얻었다.

조사지역에서 하절기에 재배되고 있는 배추와 양배추를 제외한 대부분의 작물에서 농가의 화학비료 및 축분퇴비의 사용량은 농촌진흥청의 추천시비량을 초과하고 있었으며, 과다한 시비가 토양 내 염류의 농도를 가중시키고 있는 것으로 평가되었다. 특히 해당지역 주요 경제 작물인 양상추는 하동군의 경우 추천시비량에 비해 N-P₂O₅-K₂O-퇴비가 126-107-132-8,530 kg ha⁻¹ 과다하게 시비되고 있었다. 조사지역 내 염해발생을 줄이기 위해서는 적극적인 시비량 저감노력이 필요할 것으로 판단되었다.

요 약

섬진강 하구 시설재배지의 염류집적심화의 원인을 구명하기 위해 경남 하동군 목도리 시설재배단지 토양의 염류집적

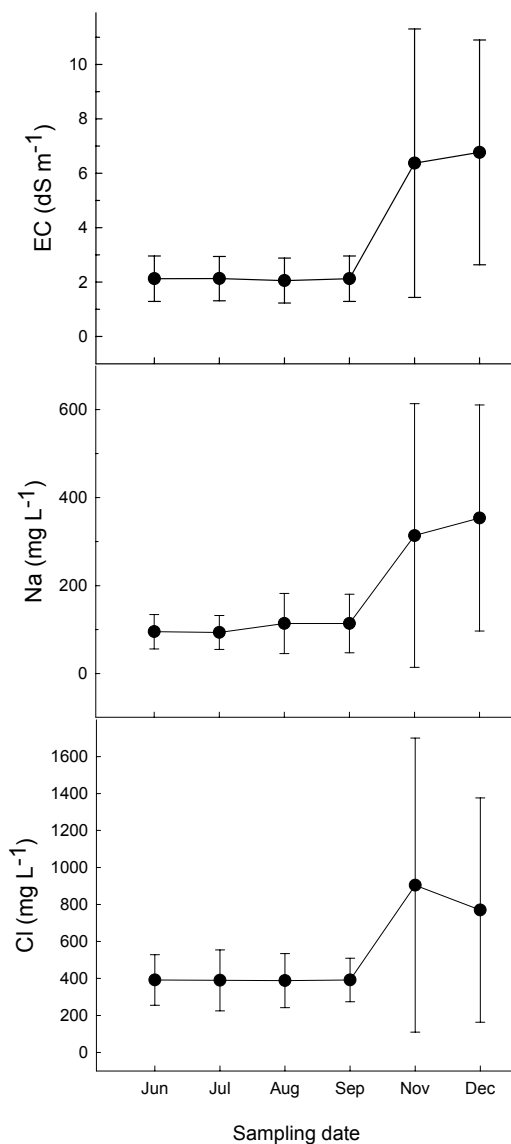


Fig. 3. Seasonal changes of chemical properties of irrigation water.

Table 3. Fertilizer utilization of cultivated main crop plants in the selected plastic film house complex in 2006

	Species of cultivated crops				
	Chinese cabbage	Cabbage	Head lettuce	Lettuce	Water melon
Number of farm	2	4	41	7	7
Recommendation (kg ha ⁻¹) (A)					
N	320	320	75	102	200
P ₂ O ₅	78	90	61	49	59
K ₂ O	198	218	56	87	218
Compost	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
Application (kg ha ⁻¹) (B)					
N	228	285	201	173	210
P ₂ O ₅	93	149	167	97	113
K ₂ O	118	169	188	112	162
Compost	13,130	6,750	23,530	45,660	37,910
Balance (kg ha ⁻¹) (A-B)					
N	92	35	-126	-71	-10
P ₂ O ₅	15	-59	-107	-48	-54
K ₂ O	80	49	-132	-25	34
Compost	1,870	8,250	-8,530	-30,660	-22,910

특성과 주요 관개용수인 지하수의 수질특성, 그리고 시비실태를 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 토양 내 염류농도가 우리나라 시설재배지 평균에 비해 높았으며, 특히 나트륨과 염소의 함량이 높게 검출되어 염에 대해 민감한 작물에 대해서는 유효기에 염해발생가능성이 있을 것으로 판단되었다. 지역에서 주로 사용되고 있는 천층 지하수는 높은 농도의 염(평균 EC 2.6 dS m⁻¹)과 나트륨과 염소를 포함하고 있었다. 특히 수막시설 운영으로 관개용수의 사용량이 급격하게 증가하는 동절기 관개용수 중 염 농도는 급격하게 증가되어 있어 이시기 토양 내 염농도의 상승과 작물에 대한 염해유발 가능성을 가지고 있었다. 이외에도 지역에서 재배되고 있는 모든 작물에 대해 추천시비량 이상의 과량의 화학비료와 축산분뇨퇴비가 시용되고 있어 표층토의 염류집적을 가속화시키는 것에 기여하였다. 해당 지역의 염류피해를 경감하기 위해서는 일차적으로 양질의 관개용수의 확보와 시비량 저감을 위한 노력이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 경남지역환경기술개발센터에서 시행한 환경기술연구개발사업(과제번호: 06-2-30-33)의 지원을 받아 수행되었으며, 참여연구원인 이슬비(Seul-Bi Lee)는 교육인적자원부 BK 21 Program에 의해 지원 받았습니다. 연구수행을 위해 제정지원을 해주신 것에 대해 감사드립니다.

참고문헌

1. 농림부. 2007. 농림통계연보, 경지이용, pp 42-43.
2. 하호성, 이용복, 강위금. 1997. 남부지역 시설재배지 토양의 염류도 특성. 30(4): 345-350.
3. Kumar, A. N., Carsten, S., Keith, L.B. 2007. Modelling seawater intrusion in the Burdekin Delta Irrigation Area, North Queensland, Australia. Agricultural water management. 89: 217-228.
4. 초당대학교 환경기술연구소. 2005. 광양(III) 공업용수도 사업에 따른 섬진강 환경 영향 조사 보고서.
5. 농업과학기술원. 2000. 토양 및 식물체 분석법.
6. Sposito, G., and Mattigod, S.V. 1977. On the chemical foundation of the sodium adsorption ratio. Soil Sci.Soc.Am.J. 41, 323-329.
7. 농업과학기술원. 2006. 작물별 시비처방기준. pp 250.
8. U.S. Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soil. U.S. Government Printing Office. Washington. D.C. USDA Handbook 60. pp 160.
9. Bohn, L. Hinrich, Brian L. McNeal, George A. O'Connor. 1979. Soil Chemistry. A Wiley-Interscience Publication. pp 149-151, 172-181, 223-225, 284-286.
10. Follett. Roy Hunter, Larry S. Murphy and Roy L. Donahue. 1981. Fertilizers and soil amendments.

- Prentice-Hall. Inc. pp 45-48.
11. 이상은, 박준규, 윤정희, 김만수. 1987. 비닐하우스 토양 화학적 특성에 관한 연구 농사논문집. 29(1):166-171.
 12. 정구복, 유인수, 김복영. 1994. 중북지역 시설원예지 토양의 토성, 염농도 및 화학성분의 조성. 한국토양비료학회지 27(1):33-40.
 13. Bennett, W.F. 1993. Nutrient deficiencies & Toxicities in Crop Plants. The American Phytopatological Society, Minesota. pp 202.
 14. 김계훈 외 13명 공저. 2006. 제4장 토양화학. 알칼리토양과 염류토양. 토양학. pp 216-217.
 15. Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality. 2000.
 16. 이상훈. 2000. 농업용수수질기준 개선 방안에 관한 연구. 사업기술연구소논문집. 15: 379-385.
 17. Bharat R. Sharma, P.S. Minhas. 2005. Strategies for managing saline/alkali waters for sustainable agricultural production in South Asia. Agricultural Water Management 78: 136-151.
 18. Hiroshiro, Y., Jinno, K., Berndtsson, R. 2006. Hydrochemical properties of a salinity affected coastal aquifer in western Japan. Hydrologic Process. 20(6): 1425-1435.
 19. Sethi, L.N., Panda, S.N., Nayak, M.K. 2006. Optimal crop planning and water resources allocation in a coastal groundwater basin, Orissa, India. Agricultural Water Management. 83: 221-232.
-