

## 천일염 살포가 토양 화학성과 마늘(*Allium sativum* L.)의 무기성분 함량에 미치는 영향\*

김명숙\*\* · 김유학\*\* · 강성수\*\* · 윤홍배\*\* · 공효영\*\* · 이상범\*\*\*

### Influence of Natural Salt Treatments on Soil Chemical Properties and Inorganic Contents of Garlic

Kim, Myung-Sook · Kim, Yoo-Hak · Kang, Seong-Soo ·  
Yun, Hong-Bae · Gong, Hyo-Young · Lee, Sang-Beom

Farming using natural salts for supply of nutrients to crops is increasing recently. It is necessary to evaluate the salt accumulation in soil and the effects on crop growth by treatment of natural salt. This study was conducted at the organic cultivation fields which garlies were planted. The treatments were no natural salts (control) and plots applied 100~600 kg ha<sup>-1</sup> with natural salts. Soil samples were taken from the 0 to 25 cm depth at 12 and 107 day (harvest time) after natural salts application. The results showed that electrical conductivity (EC), exchangeable Na (Exch.-Na<sup>+</sup>) and Cl<sup>-</sup> were increased by application of natural salts. But, pH and exchangeable cations (K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup>) had not significantly differences among treatments. In 300 kg ha<sup>-1</sup> plots of natural salt, the level of EC, Exch.-Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> in top soil (0-5 cm) was were increased more 0.3, 3.7, and 12.7 times than control plot, respectively. EC, Exch.-Na<sup>+</sup>, and Cl<sup>-</sup> were highest in the top 5 cm of soil and decreased with depth at 12 days after natural salts application, but were decreased in the plower layer (0-15cm) at the harvest time because they were leached with natural rain. An increasing the application level of natural salt resulted in increasing of sodium adsorption ratio, exchangeable sodium percentage, and percentage of soil dispersion. The concentration of nutrient uptake such as total nitrogen (T-N), chloride (Cl) in garlic had significant difference between control and plots applied with natural salts. The content of T-N of garlic in plots with natural salt application was lower than control plot, but Cl is higher than control plot.

Key words : *natural salt, soil chemical properties, inorganic nutrient, garlic*

\* 본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ007478)의 지원에 의해 수행되었습니다.

\*\* 농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과

\*\*\* 교신저자, 농촌진흥청 국립농업과학원 유기농업과(sangblee@korea.kr)

## I. 서 론

천일염은 친환경 농업인들 사이에서는 작물 재배 시 양분공급, 병해충 예방, 품질향상을 위해 토양에 뿌리거나 물로 희석하여 작물체에 살포하고 있다(농촌진흥청, 2010b). 일본에서 벼, 고구마, 채소 재배 시 소금을 처리할 경우 품질이 향상된다고 하여 이용하였고(農文協, 2007), 러시아에서는 감자, 옥수수 재배 시 바닷물을 처리하면 바닷물 속의 무기성분으로 시비효과가 나타난다고 하였다(농촌진흥청, 2010b). 수경재배 시 바닷물을 처리하면 토마토 수량이 일부 감소되었으나 총당 및 산 함량을 증가시키고 pH를 감소시켜 품질이 향상된다는 보고도 있다(김용덕 등, 1999). 이러한 목적으로 천일염을 지속적으로 토양에 투입할 경우 바닷물 중에 많이 포함된 NaCl 등과 같은 무기성분이 토양에 염류로 집적될 소지가 크다고 여겨진다. 또한  $\text{Na}^+$ 는 토양입자들을 분산시켜 토양의 투수성과 통기성을 불량하게 만든다(Ward et al., 2004; Ashworth, 2007; 여진기, 2010). 토양용액 중 NaCl 함량이 높으면 식물 세포내  $\text{Na}^+$ 이 축적되고 이로 인해 원형질이나 엽록체내의 여러 가지 효소 활성이 저해됨으로서 대사계 전체의 활성이 감소되어 식물의 생육이 저하된다고 하였다(Greenway and Munns, 1980). 일본에서는 토양용액 중의 Na와 Cl에 관한 주의 농도를 제시하고 있다(농촌진흥청, 2010a). 토양 중에  $\text{Na}^+$ 이  $\text{Ca}^{2+}$ 와  $\text{Mg}^{2+}$ 에 비해 상대적 양이 많으므로 토양의 투수성과 통기성이 불량하게 되는데, 이들을 나타내는 기준으로 나트륨 흡착비(sodium adsorption ratio)와 토양 분산율(soil dispersion ratio)이 있고(Curtin et al., 1994; Ward et al., 2004) 치환성 나트륨 백분율(exchangeable sodium percentage)도 있으며(Northcote and Skene, 1972), 이에 대한 한계 기준도 제시되어 사용되고 있다(Northcote and Skene, 1972; Ward et al., 2004). 이처럼 천일염의 토양 투입은 작물의 무기성분 공급과 품질 향상에 도움을 줄 수 있다고 하지만, 부차적으로 토양의 염류 집적을 일으킬 수 있다. 유기농업 실천농가에서의 천일염 살포에 따른 토양의 염류 집적과 이동은 기후, 작물, 토양 등 다양한 인자에 의해 변화를 가져온다고 생각되는 바, 이에 본 연구에서는 천일염 살포가 토양의 이화학적 특성변화와 마늘의 무기성분 및 생육량에 미치는 영향을 구명하고자 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시험포장의 조건

본 실험은 충남 서산시 음암면 신장 2리 유기재배 농가 포장에서 수행하였다. 공시토양은 송정토종으로 표토는 갈색내지 암갈색의 양토이고 심토는 황적색의 식양토이다. 토양 pH

와 질산태질소(NO<sub>3</sub>-N) 함량, 양이온 치환용량은 농촌진흥청 작물별 시비처방기준에서 추천하는 토양화학성 비옥도 적정범위에 속하였고, 유효인산과 치환성 양이온은 적정범위보다 높았다(Table 1). 천일염 처리구의 면적은 각각 5.2m<sup>2</sup>로 난괴법 3반복으로 시험하였다. 양분 관리는 친환경 유기농가에서 많이 사용하고 있는 아주까리유박 50%, 채종유박 30%, 미강 20%인 유기질비료(N-P-K=4.5-1.5-1.0%)와 황산가리를 파종 10일전에 각각 360kg ha<sup>-1</sup>, 200kg ha<sup>-1</sup> 사용하였다. 생선발효액(생선 300kg, 설탕 40kg, 바닷물 40L, EM 미생물제 4L를 혼합하여 3개월 동안 발효하여 여과한 액) 5,000L ha<sup>-1</sup>를 파종 1일전에 관주하여 경운하였다. 그리고 마늘은 한지형 재래종으로 2009년 11월 29일에 파종하였다. 천일염은 2010년 3월 14일에 0, 100, 200, 300, 400, 500, 600kg ha<sup>-1</sup>의 양을 토양표면에 골고루 뿌렸고, 토양은 천일염 살포 후 12일과 107일후에 채취하였다. 본 시험에 사용된 천일염의 성분함량은 Table 2와 같다. 마늘 재배기간 중에 일평균 기온은 -8.2~24.2°C, 상대습도는 40~98%, 강수량은 552.5 mm로 마늘을 파종한 날로부터 천일염을 처리하기 전까지의 자연강수량은 190.6mm, 천일염을 처리하기 한 날로부터 12일까지의 자연강수량은 23.3mm, 천일염을 처리한 날로부터 마늘 수확기까지의 자연강수량은 361.9mm이었다.

Table 1. Soil chemical properties before natural salt treatment

Chemical properties	pH (1:5 H <sub>2</sub> O)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	OM (g kg <sup>-1</sup> )	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	CEC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )
					----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----				--- mg kg <sup>-1</sup> ---		
Soil	7.0	0.56	21	1,287	0.94	7.7	2.7	0.15	50	7	13.6
Optimum level <sup>†</sup>	6.5~7.0	-	25~35	300~400	0.70~0.80	6.0~7.0	2.0~2.5	-	50~150	-	10.0~15.0

<sup>†</sup> Fertilizer recommendation for crops (revised), RDA. 2006.

Table 2. Chemical properties of natural salt used this study

Materials	T-N	T-P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Fe	Cu
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----									
Natural salt	10	0.67	4,100	52,833	5,400	455,667	533,100	12,733	3.3	3.0

## 2. 토양 및 식물체 분석

토양시료는 천일염 살포 후 12일과 107일후(수확기)에 0~5cm, 5~10cm, 10~15cm, 15~20 cm, 20~25cm, 25~30cm 깊이별로 채취하였다. 채취된 토양은 토양 및 식물체 분석법(농촌진

홍정, 2000)에 준하여 분석하였다. pH와 전기전도도(EC)는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 추출하여 각각 pH와 전기전도도 meter로 측정하였고, 유기물은 Tyurin법으로, 유효인산은 Lancaster법으로, 질산태질소와 암모늄태 질소는 2M KCl로 추출하여 원소자동분석기(QUA-ATRO, Bran+Luebbe)로 분석하였다. 치환성 칼륨(Exch.-K<sup>+</sup>), 치환성 칼슘(Exch.-Ca<sup>2+</sup>), 치환성 마그네슘(Exch.-Mg<sup>2+</sup>) 등의 양이온은 1M NH<sub>4</sub>OAc로 추출하여 ICP-OES(XMP, GBC)로 측정하였으며, 양이온 치환용량은 1M NH<sub>4</sub>OAc로 감압추출하여 킬달증류장치로 측정하였다. 그리고 토양분산율(Soil dispersion percentage)은 4mm와 2mm체 사이에 있는 토양 50g을 분산제와 증류수로 토양을 분산시켜 hydrometer로 측정한 후 증류수값에 대한 분산제값의 비율에 100을 곱하여 계산하였다(NIAST, 2000). 나트륨 흡착비(Sodium adsorption ratio)는 토양을 포화추출방법(Rhoades, 1996)으로 추출하여 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> 성분을 ICP-OES로 측정 한 후 농도는 mmol L<sup>-1</sup>로 환산하여 다음의 식 (1)을 이용하여 계산하였다.

$$(1) \quad \text{나트륨 흡착비} = \frac{[Na^+]}{\sqrt{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}}$$

그리고 치환성 나트륨 퍼센트(Exchangeable sodium percent)는 다음의 식 (2)를 이용하여 계산하였다.

$$(2) \quad \text{치환성 나트륨 백분율} = \frac{Exch. - Na^+}{CEC} \times 100$$

염소이온(Cl<sup>-</sup>)과 황산이온(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)은 포화추출방법으로 추출하여 이온크로마토그래피(US/DX-600, Dionex)로 측정하였다.

마늘은 수확기에 구당 3주씩 채취하였다. 마늘의 무기성분 함량은 건조 후 분쇄한 시료 0.5g에 conc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1mL와 50%의 HClO<sub>4</sub> 10mL를 가하여 분해한 후 여과하여 T-N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn을 ICP로 측정하였다. 그리고 황은 분쇄한 시료를 약 1,150°C의 고온으로 산화분해하여 황화합물의 형태를 기체분자상태로 전환하여 기체분자를 열전도도검출기를 이용하여 분석하였다. Cl은 분쇄한 시료를 crucible에 칭량하고 calcium oxide를 넣은 후 450~550°C 전기로에서 60분간 회화시키고 이것을 메스플라스크에 넣고 진탕한 후 여과하여 이온크로마토그래피로 측정하였다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 천일염 처리구별 토양 이화학적 특성 변화

천일염을 살포하고 12일이 지난 후 채취한 표토(0~15cm)의 전기전도도, 치환성 나트륨, 염소이온, 황산이온 함량은 천일염 살포량이 증가할수록 높아졌다(Table 3). 천일염의 토양 투입량이 100kg ha<sup>-1</sup>씩 증가함에 따라 토양의 전기전도도는 평균적으로 0.12dS m<sup>-1</sup> 만큼 증가하였고, 치환성 나트륨은 0.11cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, 염소이온은 166mg L<sup>-1</sup>, 그리고 황산이온은 6mg L<sup>-1</sup> 만큼 상승하였다.

Table 3. Chemical properties according to application level at 12 day after natural salt treatment

Chemical properties	pH (1:5 H <sub>2</sub> O)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	Exch.-K <sup>+</sup>	Exch.-Ca <sup>2+</sup>	Exch.-Mg <sup>2+</sup>	Exch.-Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>
			----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----				----- mg L <sup>-1</sup> -----	
Control	7.1±0.15 <sup>†</sup> abc	0.51±0.12a	0.85±0.11a	7.2±0.5a	2.6±0.16a	0.16±0.01a	80±8a	42±16a
Natural salt 100kg ha <sup>-1</sup>	7.2±0.17ab	0.49±0.29a	0.81±0.09a	6.0±0.1a	2.3±0.03a	0.22±0.03a	97±11ab	145±18a
Natural salt 200kg ha <sup>-1</sup>	7.2±0.15a	0.58±0.20a	0.84±0.10a	6.0±0.7a	2.3±0.24a	0.34±0.06b	101±9abc	370±153b
Natural salt 300kg ha <sup>-1</sup>	7.1±0.15abc	0.72±0.20ab	0.91±0.04a	6.5±0.5a	2.5±0.12a	0.42±0.05b	120±23bcd	496±10b
Natural salt 400kg ha <sup>-1</sup>	7.1±0.02abc	0.80±0.25ab	0.89±0.09a	6.8±0.9a	2.5±0.27a	0.65±0.07c	125±4cd	850±143c
Natural salt 500kg ha <sup>-1</sup>	7.0±0.10bc	1.15±0.15ab	0.90±0.10a	7.3±0.9a	2.6±0.35a	0.72±0.07bc	132±21d	1,010±173cd
Natural salt 600kg ha <sup>-1</sup>	6.9±0.03c	1.07±0.34ab	0.93±0.14a	6.7±1.1a	2.6±0.22a	0.83±0.11d	120±9bcd	1,076±119d

<sup>†</sup> Menas with the same letter within a column are not significantly different at 5% level of DMRT.

일본에서는 토양에 천일염을 250kg ha<sup>-1</sup> 이하로 살포할 것을 추천했고(農文協, 2007), 본 연구를 수행하면서 조사한 결과 국내의 유기재배 농업인들은 토양에 천일염을 200~300kg ha<sup>-1</sup>을 살포하고 있었다. 식량농업기구(Food and Agriculture Organization)에서 제시한 마늘생육을 위한 전기전도도 기준을(Ayers and Westcot, 1994) 국내 분석법 기준의 전환식(Jung et al., 2000)으로 환산한 결과 양토의 전기전도도는 2.50dS m<sup>-1</sup>로, 천일염을 300kg ha<sup>-1</sup>를 1회 처리했을 때의 전기전도도인 0.36dS m<sup>-1</sup>보다 훨씬 높았다. 그리고 천일염을 300kg ha<sup>-1</sup>를 1회 처리하였을 경우 치환성 나트륨 함량은 0.42cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>인데, 우리나라 농경지 중 노지 밭

토양의 평균 함량인  $0.26\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (농촌진흥청, 2009)에 2배에 해당하는 양이다. 그러나, 천일염의 토양 투입량이 증가하여도 표토의 치환성 칼륨, 치환성 칼슘, 치환성 마그네슘 함량은 증가하지 않았고 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 3). 이것은 천일염 중의 칼륨, 칼슘, 마그네슘 함량은 각각 0.4, 5.0, 0.5%로 함량이 낮기 때문이다. 토양의 pH는 대조구에 비해 천일염  $500\text{kg ha}^{-1}$ 와  $600\text{kg ha}^{-1}$  처리구에서는 유의하게 낮았으나, 처리간 차이는 크지 않았다.

천일염 살포한 지 12일 후에 토양의 깊이별로 전기전도도, 치환성 나트륨, 염소이온 함량의 분포를 조사하였다(Figure 1). 그 결과 전기전도도, 치환성 나트륨, 염소이온, 황산이온의 함량이 표토(0~5cm)에서 가장 높았고, 천일염  $300\text{kg ha}^{-1}$ 구에서는 대조구에 비해 각각 0.3배, 3.7배, 12.7배, 0.5배 증가하였으며, 천일염  $600\text{kg ha}^{-1}$ 처리구에서는 염소이온 함량이 대조구보다 최대 24배까지 증가하였다. 천일염 살포로 토양 중 염소이온 함량의 증가량이 가장 컸고, 그 다음으로는 치환성 나트륨 함량의 증가량이 컸다. 천일염을 살포한 12일 후의 심토(15~25cm)의 전기전도도, 치환성 나트륨, 염소이온, 황산이온의 함량은 대조구와 차이가 없었다. 이것은 천일염 살포 후 12일까지의 강수량이  $23.3\text{mm}$ 로 양이 적었기 때문에 표토에 투입된 천일염 성분이 충분히 심토까지 도달하지 못하였다고 판단된다.

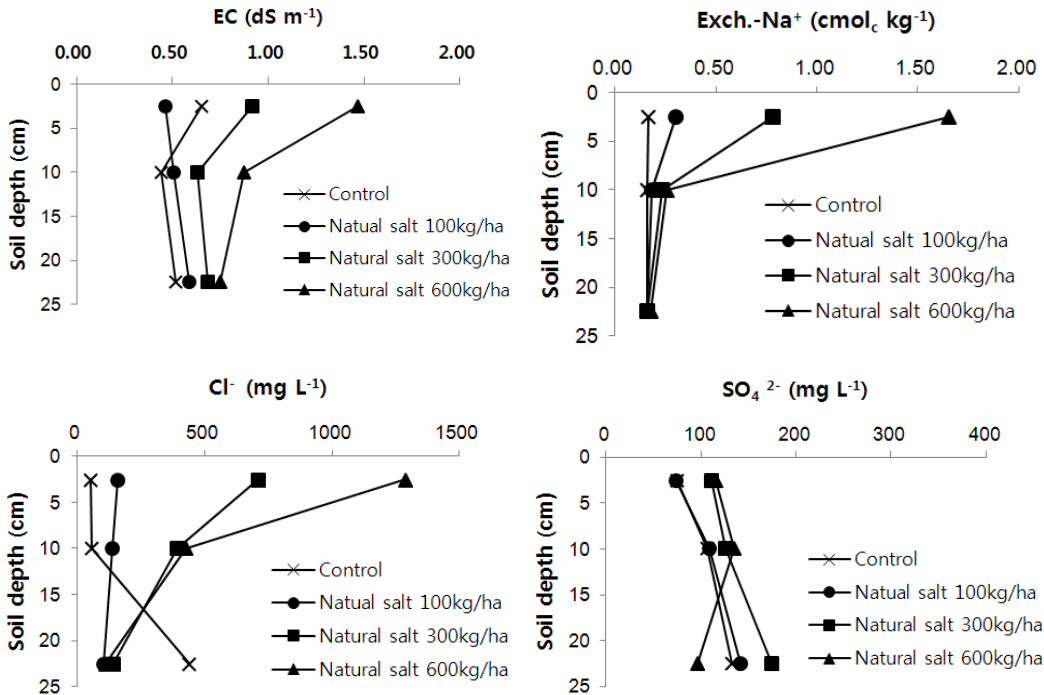


Figure 1. Distribution of EC, Exch.- $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  and  $\text{SO}_4^{2-}$  in the soil profile at 12 days after natural salt treatment.

마늘 수확 시기(천일염을 토양에 살포한지 107일 후)에 천일염을  $300\text{kg ha}^{-1}$  살포한 구에서의 토양 층위별 전기전도도, 치환성 나트륨, 염소이온, 황산이온 등의 함량은 천일염 살포한 지 12일 후의 수치보다 많이 감소하였다(Figure 2). 수확기 때 근권(0~15cm)의 전기전도도는 천일염 처리한 12일 후 값보다 37% 정도 감소하였다. 이것은 전기전도도에 영향을 미치는 인자인 염소이온과 황산이온, 그리고 치환성 나트륨 등(이상은, 1986)이 각각 77%, 13%, 53%가 감소하였으며, 이러한 성분 중에 1가 음이온인 염소성분이 가장 많이 감소하였다. 토양은 배수가 양호한 특성(송정통)으로, 강수량이  $361.9\text{mm}$ 로 많이 내렸기 때문에 표토에서 심토로 충분히 이동하였다고 생각된다. 이와 같이 토양의 염 축적 또는 토양내 이동은 강우 등 기후인자와 밀접하게 관련이 있으며, 금후 기후인자를 포함하여 작물 종류 및 관리요인 등 다른 인자와의 상관성, 그리고 천일염 사용량에 대하여 장기적인 관점에서 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

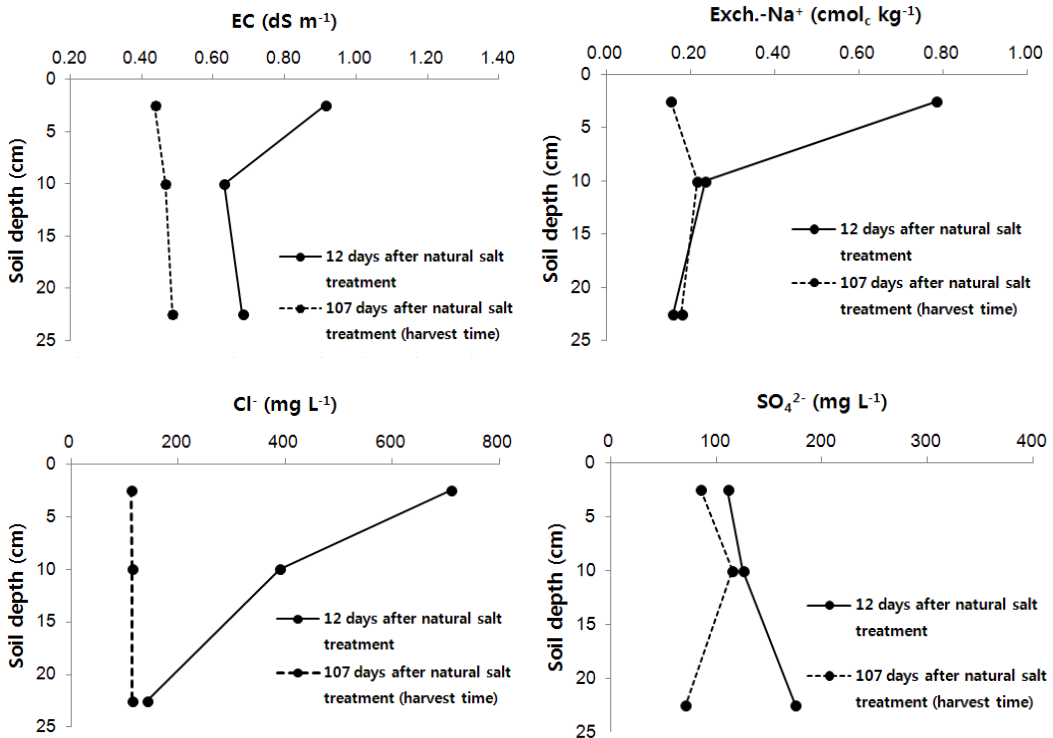


Figure 2. Distribution of EC, Exch.-Na, Cl<sup>-</sup> and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> in the soil profile at 12 days and 107 days(harvest time) after natural salt  $300\text{kg ha}^{-1}$  treatment.

토양에 염 집적을 나타내는 지표인자인 전기전도도, 나트륨흡착비, 치환성 나트륨 백분율, 토양 분산율의 변화를 마늘을 수확하는 시기(천일염 살포한 지 107일 후)에 처리구별로

살펴보았다. 천일염 살포량이 증가함에 따라 전기전도도는 처리구간에 차이가 없었으나, 나트륨흡착비, 치환성 나트륨 백분율, 토양 분산율은 높아지는 경향이었다(Table 4). 나트륨 흡착비는 대조구에서는 1.1이었지만, 천일염 600kg ha<sup>-1</sup>구에서 1.8로 대조구보다 0.7이 상승하였다. 이것은 천일염 100kg ha<sup>-1</sup>이 증가할수록 나트륨흡착비는 평균적으로 0.25가 상승하는 것과 같다. 이러한 값은 Ward et al.(2004)이 제시한 나트륨흡착비의 한계 기준인 4.4보다 훨씬 낮은 수준이었다. 치환성 나트륨 백분율은 대조구에서는 0.9%, 천일염 600kg ha<sup>-1</sup>구에서는 2.1%로 대조구보다 1.2%가 높았고, 나트륨성 토양(sodic soil)을 분류하는 기준인 6%보다는 낮았다. 그리고 토양 분산율은 천일염 600kg ha<sup>-1</sup>구에서 16%로 대조구보다 3%가 증가한 수치이며, 이것은 Ward et al.(2004)의 분산율 한계기준인 30%보다는 훨씬 낮은 수준이었다.

Table 4. Saline factors (pH, EC, Sodium adsorption ratio, exchangeable sodium percent, and dispersion percent) according to the level of natural salt at 107 day (harvest time)

Treatments	EC (dS m <sup>-1</sup> )	Sodium adsorption ratio	Exchangeable sodium percent	Dispersion
			----- % -----	
Control	0.46±0.05a	1.1 ± 0.1a	0.9 ± 0.4a	13 ± 3.0ab
Natural salt 100kg ha <sup>-1</sup>	0.48±0.03a	1.2 ± 0.2a	1.0 ± 0.3a	14 ± 0.9b
Natural salt 300kg ha <sup>-1</sup>	0.46±0.06a	1.7 ± 0.1a	1.4 ± 0.2a	8 ± 1.7a
Natural salt 600kg ha <sup>-1</sup>	0.49±0.02a	2.6 ± 0.6b	2.1 ± 0.4b	16 ± 0.6b

## 2. 천일염 처리구별 마늘의 무기성분 함량과 수량

천일염의 처리수준별 마늘의 양분의 흡수농도는 질소와 염소 성분만이 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다(Table 5). 질소는 대조구보다 천일염 처리구에서는 낮았으며, 염소성분은 대조구보다 천일염 처리구에서 높았다. 염소성분의 작물체 중 적정범위가 0.2~2.0%로 제시(Bennett, 1993)되어 있으며, 마늘의 경우 천일염 살포로 마늘의 염소성분 공급은 적당한 것으로 나타났다. 그러나 인산, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 황 그리고 철 등 미량원소는 처리구간에 차이가 없는 것으로 나타났고, 천일염 중 칼륨, 칼슘, 나트륨, 마그네슘, 황, 미량원소 성분은 토양에 투입되어도 작물의 양분공급에 큰 영향을 미치지 못하였다고 판단된다.



Table 5. Nutrient contents of garlic by treatment of natural salt

Treatments	T-N	P	K	Ca	Mg	Na	S	Cl	Fe	Mn	Zn
	----- % -----								----- mg kg <sup>-1</sup> -----		
Control	2.8± 0.2a <sup>†</sup>	0.18± 0.02a	0.61± 0.22a	0.24± 0.03a	0.08± 0.01a	0.008± 0.002a	0.79± 0.09a	0.15± 0.03a	504.3± 246.6a	1.9± 0.9a	11.0± 3.2a
Natural salt 100kg ha <sup>-1</sup>	2.2± 0.3b	0.14± 0.02a	0.39± 0.16a	0.22± 0.01b	0.07± 0.00a	0.007± 0.001a	0.72± 0.07a	0.27± 0.05b	233.3± 46.0a	1.0± 0.3a	8.3± 1.8a
Natural salt 300kg ha <sup>-1</sup>	2.1± 0.2b	0.18± 0.01a	0.51± 0.12a	0.22± 0.01b	0.08± 0.01a	0.008± 0.005a	0.68± 0.10a	0.27± 0.04b	302.9± 83.8a	1.1± 0.0a	9.0± 0.5a
Natural salt 600kg ha <sup>-1</sup>	2.2± 0.2b	0.19± 0.06a	0.64± 0.33a	0.19± 0.02b	0.07± 0.01a	0.013± 0.004a	0.72± 0.03a	0.23± 0.02b	399.2± 231.4a	1.6± 1.1a	10.3± 3.1a

<sup>†</sup> Menas with the same letter within a column are not significantly different at 5% level of DMRT.

마늘의 수량은 처리구간에 통계적으로 유의한 차이가 없었고, 처리구 중에는 천일염 300 kg ha<sup>-1</sup> 구에서 2,401kg ha<sup>-1</sup>로 제일 높았으며,, 천일염 400kg ha<sup>-1</sup> 이상 처리구에서는 대조구 보다 마늘의 수량이 낮아졌다(Table 6). 천일염 살포로 인한 무기양분의 공급 효과가 크지 않음으로 인해 수량의 증대에도 기여하지 못한 것으로 판단된다.

Table 6. Yield of garlic according to treatment of natural salt

Treatments	Control	Natural salt 100kg ha <sup>-1</sup>	Natural salt 200kg ha <sup>-1</sup>	Natural salt 300kg ha <sup>-1</sup>	Natural salt 400kg ha <sup>-1</sup>	Natural salt 500kg ha <sup>-1</sup>	Natural salt 600kg ha <sup>-1</sup>
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----						
Mean±S.D.	2,327±91a <sup>†</sup>	2,343±348a	2,401±277a	2,413±175a	2,373±50a	2,315±48a	2,327±63a

<sup>†</sup> Means with the same letter within a column are not significantly different at 5% level of DMRT.

지금까지의 결과를 종합하여 볼 때 천일염을 토양에 살포한 직후에는 표토에 염류성분이 축적되었지만, 자연강우로 인해 유실 또는 용탈되어 근권에서는 감소하였다. 그러나, 장기간 천일염을 살포하면 근권에 염이 집적되어 염해가 일어날 소지가 있으므로 천일염을 이용하는 농가에서는 토양검정을 주기적으로 실시하여 토양염류의 집적을 항상 조사할 필요가 있다고 판단된다.

#### IV. 적 요

천일염의 농업적 활용은 관행농업에서 뿐만 아니라 친환경농산물 생산을 위해 농업인들

사이에서 증가하는 추세이다. 그러나 다량의 천일염을 지속적으로 살포할 경우 토양에 염류가 집적될 소지가 크고, 이로 인해 작물의 생육장해가 초래될 수 있다. 따라서 본 연구는 천일염을 토양에 살포하였을 때의 토양 이화학적성과 마늘의 무기성분 함량과 수량에 미치는 영향을 조사하고자 수행하였다. 천일염을 살포하는 양이 증가할수록 토양의 전기전도도, 치환성 나트륨, 염소이온, 황산이온은 표토에서 높아졌다. 그러나, 수확기에는 천일염의 성분이 강우에 의해 심토로 용탈되어 작물이 생육하는 근권에서는 전기전도도, 치환성 나트륨, 염소이온, 황산이온은 감소하였고, 염소이온은 다른 성분보다 더욱 빠르게 심토로 용탈되었다. 토양의 나트륨 흡착비, 치환성 나트륨 백분율, 토양 분산율은 천일염이 투입량이 증가할수록 높아지는 경향이였다. 천일염을 토양에 살포하였을 때 마늘의 무기성분 중에 질소, 칼슘, 마그네슘, 미량원소인 철, 망간, 아연 등의 함량은 줄어들었고, 바닷물에 많은 성분인 염소 성분의 흡수는 증가하였으나, 마늘의 수량에는 큰 영향을 미치지 못하였다.

[논문접수일 : 2012. 4. 3. 논문수정일 : 2012. 6. 12. 최종논문접수일 : 2012. 6. 25.]

## 참 고 문 헌

1. 김용덕·문정수·이춘보·박용봉. 1999. 양액재배 시 바닷물 첨가에 의한 토마토 품질향상. 시험연구사업보고서, 제주도농업기술원.
2. 농촌진흥청. 2000. 토양 및 식물체 분석법.
3. 농촌진흥청, 2009. 농업환경변동조사사업.
4. 농촌진흥청. 2010a. 바닷물의 농업적 활용 매뉴얼.
5. 농촌진흥청. 2010b. 바닷물 이용 병해충 및 잡초 방제 실태조사 및 사례분석
6. 여진기·박정현·구영본·김현철·신한나. 2010. 간척지 자생 버드나무의 NaCl 농도별 생육반응. 한국토양비료학회지 43(2): 124-131.
7. 이상은·박준규. 1986. 밭토양 개량에 관한 연구. 시험연구보고서 화학부편, 농촌진흥청 농업기술연구소.
8. 農文協. 2007. 現代農業 8.
9. Ashworth, J. 2007. The effect of chelating agents on soil sodicity. *Soil & Sediment Contamination*, 16: 301-312.
10. Ayers, R. S. and D. W. Westcot. 1994. Water quality for agriculture. FAO irrigation and drainage paper, 29 rev. 1.
11. Curtin, D., H. Steppuhn, and F. Selles. 1994. Clay dispersion in relation to sodicity,

- electrolyte concentration, and mechanical effects. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 955-962.
12. Greenway, H. and R. Munns. 1980. Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 31: 130-149.
  13. Jung, Y. S., J. H. Joo, S. D. Hong, I. B. Lee, and H. M. Ro. 2001. Discussion on dilution factor for electrical conductivity measured by saturation-paste extract and 1:5 soil to water extract, and CEC of Korean soils. *Korean J. Soil Sci. & Fert.* 34(1): 71-75.
  14. Northcote, K. H. and Skene, J. K. M. 1972. Australian soils with saline and sodic properties, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) Australia Soil Publication No. 27.
  15. Ward, P. A. III and B. J. Carter. 2004. Dispersion of saline and non-saline natric Mollisols and Alfisols. *Soil Science* 169(8): 554-566.
  16. Rural Development Administration (RDA). 2006. Fertilizer recommendation for crops (revised). Rural Development Administration, Suwon, Korea.
  17. Rhoades, J. D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In *Methods of soil analysis*. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, USA.
  18. Bennett, W. F. 1993. Nutrient deficiencies & toxicities in crop plants. The American Phytopathological Society Press. St. Paul, MN.