

## 바닷물 살포가 토양 화학성과 마늘 무기성분 함량에 미치는 영향

김명숙 · 이상범 · 김유학 · 강성수 · 현병근 · 공효영 · 하상건\*

국립농업과학원

### Influence of Sea Water Treatment on Soil Chemical Properties and Contents of Inorganic Elements in Garlic

Myung-Sook Kim, Sang-Bum Lee, Yoo-Hak Kim, Seong-Soo Kang, Byung-Keun Hyun, Hyo-Young Gong, and Sang-Keon Ha\*

National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, 441-707, Korea

This study was conducted at the organic farming fields which garlics were planted. The treatments were as follows; water of 3,850 L ha<sup>-1</sup> (Control), plots applied 1 time, 2 times and 3 times with sea water of 3,850 L ha<sup>-1</sup>. In 3 times sea water treatment plot, the level of EC, Exch. Na and Cl<sup>-</sup> were 1.1, 2.1, and 3.3 times higher than control plot, respectively. Due to seawater application, the contents of inorganic elements such as T-N, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, and Zn in garlic were generally lower than Control, but not significant.

**Key words:** Sea water, Soil chemical properties, Garlic, Organic farming

## 서 언

친환경농업 실천 농가에서는 작물 재배 시 병해충 방제와 작물 생육 촉진, 품질향상의 목적으로 바닷물을 토양에 뿌리거나 작물체에 3~4회 정도 살포한다 (Han et al., 2004; RDA, 2010b). 작물재배에 바닷물을 사용한 연구결과에 대하여 외국의 사례를 조사한 결과, 일본의 경우 벼, 고구마, 채소 재배 시 바닷물을 처리할 경우 품질이 향상된다고 하였으며 (RDA, 2010a), 러시아에서는 감자 및 옥수수 재배 시 바닷물을 처리하면 무기성분 공급으로 인한 시비효과가 나타난다고 하였다 (RDA, 2010b). 특히, 캐나다와 미국에서는 바닷물을 작물의 수분공급을 위해 관개수로 이용하고 있다 (Curtin, 1994; Shannon and Grieve, 1999; USDA, 1948). 국내에서는 수경재배 시 바닷물을 처리하면 토마토의 수량이 일부 감소되었으나 총당 및 산 함량을 증가시키고 품질 향상에 기여한다는 보고가 있다 (Kim et al., 1999). 그러나, 이와 같은 목적으로 바닷물을 지속적으로 토양에 투입할 경우 바닷물 중에 다량 포함된 NaCl 등으로 토양염류 집적의 원인이 될 수도 있다. 또한, 나트륨은 토양입자들을 분산시켜 토양의 투수성과 통기성이 불량하게 된다 (Ashworth, 2007; Ward and Carter, 2004; Yeo et al, 2010). 토양용액 중 NaCl 함

량이 높으면 식물 세포내 나트륨이 축적되고 이로 인해 원형질이나 엽록체내의 여러 가지 효소 활성이 저해됨으로서 대사계 전체의 활성이 감소되어 식물의 생육이 저하된다 (Greenway and Munns, 1980).

본 연구는 바닷물을 토양과 마늘에 살포한 경우 토양의 화학적 특성 변화 및 염류집적도 평가 그리고 작물체로의 무기성분 흡수이행에 대하여 평가하였다.

## 재료 및 방법

본 실험은 충남 서산시 음암면 신장 2리에 있는 농가 포장에서 수행하였다. 토양 특성은 송정토로 표토는 갈색내지 암갈색의 양토이고 심토는 황적색의 식양토로 구릉지에 분포한다. 토양 pH와 질산태질소 (NO<sub>3</sub>-N) 함량은 적정범위에 속하였고, 유효인산과 치환성 양이온은 적정범위보다 높았다 (Table 1).

처리별 면적은 7.8 m<sup>2</sup>이고, 시험구의 배치는 난괴법 3반복으로 시험하였다. 시비처리는 농가 관행의 시비법으로 아주까리유박 50%, 채종유박 30%, 미강 20%가 혼합된 유기질비료 (N-P-K = 4.5-1.5-1.0%)와 황산가리를 파종 10일전에 각각 360 kg ha<sup>-1</sup>, 200 kg ha<sup>-1</sup>을 사용하였다. 그리고 생선발효액 (생선 300 kg, 설탕 40 kg, 바닷물 40 L, EM 미생물제 4 L를 혼합하여 3개월 동안 발효하여 여과한 액)은 5,000 L ha<sup>-1</sup>로 파종 1일전에 관주하여 경운하였다. 마늘은

접수 : 2011. 11. 28 수리 : 2011. 12. 16

\*연락처 : Phone: +82312900311

E-mail: ha0sk@rda.go.kr

2009년 11월 29일에 파종하였다. 바닷물 원액은 2010년 3월 24일 (파종 후 115일)부터 10일 간격으로 1회, 2회, 3회 처리구에 원액 3,850 L ha<sup>-1</sup>로 농가 분무기를 이용하여 마늘잎과 토양 표면에 골고루 분무되도록 살포하였다. 토양은 바닷물 살포 후 10일과 69일 후에 깊이 (0~5 cm, 5~15 cm, 15~25 cm)별로 채취하였다. 본 시험에 사용된 바닷물의 성분함량은 Table 2와 같으며 바닷물을 처리한 이후 내린 자연강우량은 371 mm였다.

채취된 토양은 농촌진흥청 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법 (NIAST, 2000)에 준하여 pH와 전기전도도 (EC)는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 추출하여 측정하였다. 유기물은 Tyurin법으로, 유효인산은 Lancaster법으로, 질산태질소와 암모늄태 질소는 2M KCl로 추출하여 원소자동분석기 (QUAATRO, Bran+Luebbe)로 분석하였다. 치환성 칼륨, 치환성 칼슘, 치환성 마그네슘 등의 양이온은 1M NH<sub>4</sub>OAc로 추출하여 ICP-OES (XMP, GBC)로 측정하였다 (NIAST, 2000). 나트륨 흡착비 (Sodium adsorption ratio)는 토양을 포화추출방법 (Rhoades, 1996)으로 추출하여 칼슘, 마그네슘, 나트륨 성분을 ICP-OES로 측정한 후 다음의 식 (1)을 이용하여 계산하였다.

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

그리고 염소이온과 황산이온은 포화추출방법으로 추출하여 이온크로마토그래피 (US/DX-600, Dionex)로 측정하였다.

### 결과 및 고찰

**바닷물 살포 후 근권토양의 화학적 특성** 바닷물을 토양과 작물체에 3회까지 살포하였을 때의 근권토양의 화학성 변화는 Table 3과 같다. 토양 pH, 치환성 칼륨, 치환성 칼슘, 치환성 마그네슘, 황산이온은 바닷물 살포횟수가 증가하여도 처리간에 유의한 차이가 없었다. 그러나, 토양 전기전도도, 치환성 나트륨, 염소이온 함량은 바닷물 살포횟수가 늘어날수록 증가하는 경향이었고, 치환성 나트륨과 염소이온 함량은 처리횟수가 3회일 경우 유의성 있게 증가하였다 (p<0.05). 이것은 바닷물 (3,850 L ha<sup>-1</sup>) 중에 나트륨, 염소이온의 함량이 각각 39.2, 64.3 kg L<sup>-1</sup>로 가장 많이 함유되어 있기 때문이다. 바닷물을 3회 살포한 처리구의 토양의 전기전도도는 0.77 dS m<sup>-1</sup>였으며, 시설재배지에서 작물이 염해를 받지 않는 안전한 기준 (EC 2.00 dS m<sup>-1</sup> 미만)보다는 낮았다 (NIAST, 2006). 토양분산율은 바닷물 3회 처리구에서는 1.6으로 Ward and Carter (2004)가 제시한 한계기준인 4.4보다는 낮은 수준이었다.

**Table 1. Chemical properties of soils in the experimental field.**

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

<sup>†</sup>Fertilizer recommendation for garlic crop, RDA. 2006.

**Table 2. Chemical properties of sea water.**

pH	EC	T-N	NO <sub>3</sub> -N	T-P	K	Ca	Mg	Na	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
	dS m <sup>-1</sup>	----- mg L <sup>-1</sup> -----								
7.9	44.70	1.9	0.99	0.121	990	175	841	10,174	16,696	2,440

**Table 3. Chemical properties of soil by application numbers of sea water.**

Number of treatments	pH	EC	Exch. Cation				SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SAR
			K	Ca	Mg	Na			
		dS m <sup>-1</sup>	----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----				-----	mg L <sup>-1</sup>	-----
Control	7.2 ± 0.1a <sup>†</sup>	0.70 ± 0.06a	1.06 ± 0.18a	7.6 ± 0.5a	3.0 ± 0.2a	0.15 ± 0.03a	116 ± 31a	86 ± 44a	1.1 ± 0.3a
1 time	7.1 ± 0.1a	0.72 ± 0.16a	1.07 ± 0.19a	7.6 ± 0.7a	2.9 ± 0.4a	0.18 ± 0.051ab	104 ± 28a	112 ± 47a	1.4 ± 0.8a
2 times	7.1 ± 0.1a	0.69 ± 0.06a	1.07 ± 0.09a	7.3 ± 0.4a	2.9 ± 0.3a	0.22 ± 0.06ab	82 ± 17a	193 ± 63ab	1.5 ± 0.9a
3 times	7.2 ± 0.1a	0.77 ± 0.03a	1.06 ± 0.21a	7.5 ± 0.2a	3.0 ± 0.2a	0.32 ± 0.13b	107 ± 33a	285 ± 87b	1.6 ± 1.0a

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

**바닷물 살포 후 토양 층위별 화학적 특성 분포** 토양 깊이별 화학성 분포는 Fig. 1과 같다. 토양의 전기전도도, 치환성 나트륨, 염소이온 함량은 표토 (0~5 cm)에서 증가량이 가장 컸다. 토양의 전기전도도는 바닷물 3회 살포한 구에서는  $0.96 \text{ dS m}^{-1}$ 로 바닷물을 처리하지 않은 대조구 ( $0.86 \text{ dS m}^{-1}$ )에 비해 1.6배 정도 증가하였다. 치환성 나트륨과 염소이온도 바닷물 3회 처리구 ( $0.55 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ,  $597 \text{ mg L}^{-1}$ )에서는 대조구 ( $0.22 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ,  $62 \text{ mg L}^{-1}$ )에 비해 각각 2.5배, 9.6배까지 증가하였다. 그러나 황산이온은 다른 처리구보다 대조구에서 더 높게 나타났는데, 실험하기 이전에 처리한 황산가리 등의 농자재의 영향 때문으로 판단된다. 심토 (15~20 cm)에서는 바닷물을 살포 10일후에는 전기전도도, 치환성 나트륨, 염소이온 함량 변화가 크지 않았다.

마늘 수확기 (바닷물 살포 69일 후)에 바닷물 살포로 인한 토양 전기전도도, 치환성 나트륨, 염소이온 함량은 Fig.

2와 같다. 바닷물 3회 처리한 구에서 표토 (0~5 cm)의 전기전도도와 치환성 나트륨, 그리고 염소이온 함량은 바닷물 살포 10일 후 토양 함량에 비해 각각 41%, 71%, 88% 정도 감소하였다. 이 중에서도 염소이온의 함량이 가장 많이 감소하였다. 나트륨 흡착비는 바닷물 살포 10일 후의 표토 (0~5 cm)에서는 2.8이었으나, 수확기에는 1.2까지 낮아졌다. 이러한 원인은 자연강우 (371 mm)로 인해 나트륨, 염소이온이 표토에서 심토로 이동하였기 때문으로 판단된다. 일본의 경우 염류는 200 mm이상 비가 내리면 토양에서 용탈이 잘 되고 평균 강우량이 연간 1,500~1,800 mm이면 토양에 축적되는 염은 거의 없다고 보고하고 있다 (RDA, 2010a). 국내의 연평균 강우량은 1,200 mm로 강우량이 증발산량보다 많으며, 주로 수분이 하층으로 이동하고 양분도 심토층으로 이동한다고 보고하고 있다 (Song et al., 2005). 이처럼 노지에서 바닷물 살포로 축적된 염이 강우에 의해 용탈되지만 지속적인

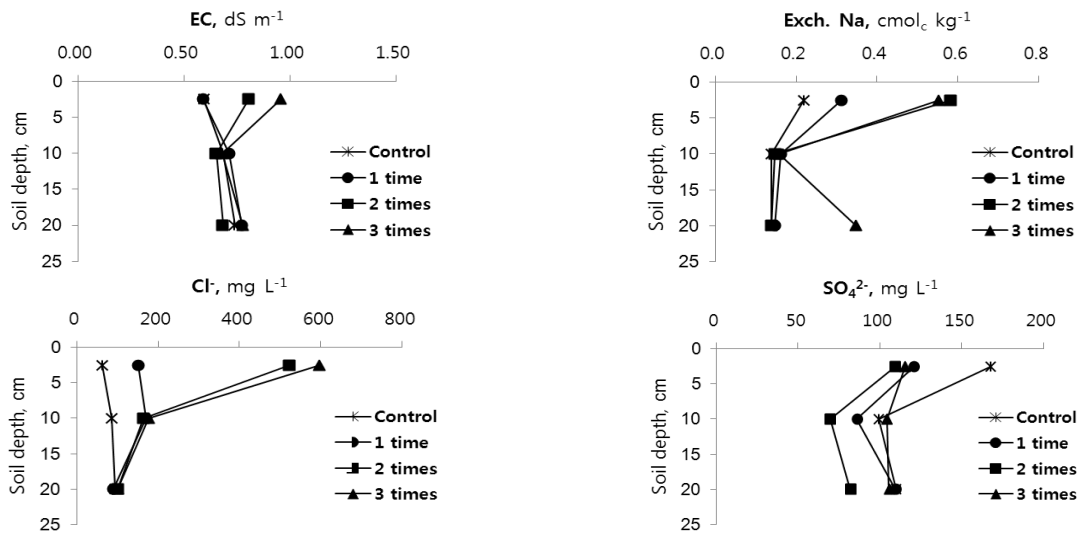


Fig. 1. Distribution of EC, Exch. Na, Cl and  $\text{SO}_4^{2-}$  in the soil profile.

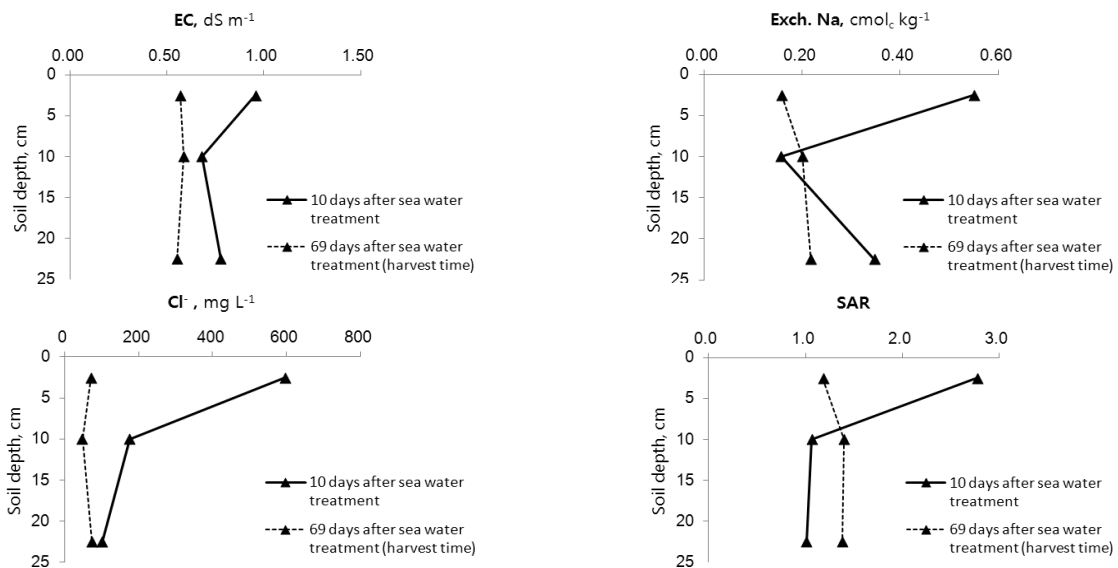


Fig. 2. Distribution of EC, Exch. Na, Cl and SAR in the soil profile at 10 days and 130 days (harvest time) after sea water treatment.

Table 4. Nutrient contents of garlic by treatment of sea water.

Number of applications	T-N	P	K	Ca	Mg	Na	S	Cl	Fe	Mn	Zn
	----- % ----- ----- mg L <sup>-1</sup> -----										
Control	2.4±0.4a <sup>†</sup>	0.21±0.05a	0.47±0.31a	0.25±0.04a	0.09±0.02a	0.015±0.005a	0.78±0.20a	0.17±0.02a	487±246a	18.1±7a	10.6±3.5a
1 time	2.3±0.5a	0.19±0.03a	0.44±0.25a	0.23±0.04a	0.08±0.02a	0.009±0.006ab	0.77±0.06a	0.27±0.14a	382±203a	14.7±8a	9.9±2.6a
2 times	2.0±0.2a	0.18±0.04a	0.23±0.04a	0.24±0.04a	0.07±0.01a	0.002±0.002b	0.71±0.13a	0.25±0.01a	271±16a	11.3±3a	7.8±0.2a
3 times	2.6±0.5a	0.14±0.01a	0.29±0.14a	0.25±0.01a	0.05±0.01a	0.005±0.003ab	0.81±0.18a	0.24±0.15a	340±82a	14.5±2a	8.7±0.2a

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

로 사용할 경우 일부가 토양에 남아 영향을 미칠 것으로 판단된다.

**마늘의 무기성분 흡수 변화** 마늘에 함유된 다량원소인 질소, 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 황 함량은 감소하는 경향이었고, 미량원소인 철, 망간, 아연 등의 함량도 비슷한 양상을 나타내었다 (Table 4). 또한, 바닷물 3회 처리할 경우 마늘에서 나트륨 함량은 유의적으로 감소하였고 염소 성분은 증가하는 경향을 보였다 ( $p<0.05$ ).

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

## 요 약

친환경농업에 많이 사용되고 있는 바닷물을 살포하여 토양의 화학성과 마늘의 무기성분 흡수량의 변화를 조사하였다. 바닷물 원액을 토양에 살포한 직후에는 전기전도도, 치환성 나트륨, 염소이온, 나트륨 흡착비 등이 높아졌다. 그리고, 바닷물의 살포횟수가 증가할수록 토양의 전기전도도, 치환성 나트륨, 염소이온 그리고 나트륨 흡착비가 증가하였다. 바닷물로 투입된 성분들은 표토에 대부분 분포하였으며 수확기에는 심토로의 용탈이 일어나 작물이 생육하는 근권에서는 감소하였다. 그리고 바닷물 원액을 작물체에 살포했을 때 마늘 중의 무기성분인 질소, 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 미량원소인 철, 망간, 아연 등의 함량은 줄어들었고 염소이온 함량은 처리횟수가 3회일 경우 유의성 있게 증가되었다 ( $p<0.05$ ).

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업 (과제번호: PJ007478)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## 인 용 문 헌

- Ashworth, J. 2007. The effect of chelating agents on soil sodicity. *Soil Sediment Contam.* 16:301-312.
- 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.
- Greenway, H. and R. Munns. 1980. Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 31:130-149.
- Han, S.G., Y.H. Kim, K.H. Moon, H.C. Lim, and Z.K. U. 2004. Salt Monitoring of Ground Water and Damage of Satsuma Mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) as Influenced by Salinity Stress Using Sea Water. *Kor. J. Hort. Sci.* 22(4): 453-457.
- Kim, Y.D., J.S. Moon, C.B. Lee, and Y.B. Park. Tomato quality improvement by adding seawater in nutriculture. Annual research report, Jeju Provice Agricultural Research and Extension Services.
- NIAST. 2000. Methods of soil and plant analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- NIAST. 2006. Fertilizer Recommendation for crops (revisoin). National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- RDA. 2010a. Manual for agricultural use seawater. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- RDA. 2010b. Field survey and case analysis using seawater for disease and insect pest and weed control. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- 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.

- Shanon, M.C. and G.M. Grieve. 1999. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Horticulturae* 78:5-38.
- Song, K.C., S.J. Jung, B.K. Hyunn, Y.G. Sonn, and H.K. Kwak. 2005. Effect and development strategies of soil survey project in Korea. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- USDA (United States Department of Agriculture). 1948. Quality of irrigation water. *Agriculture Handbook* 60, U.S.A.
- 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.
- Yeo, J.K., J.H. Park, Y.B. Koo, H.C. Kim, and H.N. Shin. 2010. Effects of NaCl concentration on the growth of native willow species collected in a coastal reclaimed Land. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(2):124-131.