

Research Article

Open Access

## 신간척지에서 토양 염농도가 청보리 생육, 수량 및 양분 흡수에 미치는 영향

이상복,<sup>1</sup> 조광민,<sup>1\*</sup> 신 평,<sup>1</sup> 양창휴,<sup>1</sup> 백남현,<sup>1</sup> 이경보,<sup>1</sup> 백승화,<sup>2</sup> 정덕영<sup>3</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 벼맥류부, <sup>2</sup>충북도립대학 바이오식품공학과, <sup>3</sup>충남대학교 생물환경화학과

### Effect of Soil Salinity on Growth, Yield and Nutrients Uptake of Whole Crop Barley in Newly Reclaimed Land

Sang-Bok Lee,<sup>1</sup> Kwang-Min Cho,<sup>1\*</sup> Pyung Shin,<sup>1</sup> Chang-Hyu Yang,<sup>1</sup> Nam-Hyun Back,<sup>1</sup> Kyeong-Bo Lee,<sup>1</sup> Seung-Hwa Baek<sup>2</sup> and Doug-Young Chung<sup>3</sup> (<sup>1</sup>Department of Rice and winter cereal crop, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea, <sup>2</sup>Department of Biofood Science and Biotechnology, Chungbuk Probocial University of Science & Technology, Okcheon 373-806, Korea, <sup>3</sup>Department of Bio Environmental Chemistry, Chungnam University, Daejeon 305-764, Korea)

Received: 20 October 2013 / Revised: 22 November 2013 / Accepted: 12 December 2013

© 2013 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

#### Abstract

**BACKGROUND:** Newly reclaimed land has poor soil environment for crop growth since it is high in salt concentration but low in organic content compared with ordinary soil. It is known that whole-crop-barley can grow better in the soil of relatively high salt concentration than other crops but, the growth is poor at the concentration if higher than certain amount and it is a difficulty to secure productivity. Hence, the level of soil salt concentration suitable for the production of bulky feed in newly reclaimed land has been investigated.

**METHODS AND RESULTS:** At Saemanguem reclaimed land, the land for the soil salt concentration electrical conductivity (EC) 0.8, 3.1, 6.5, 11.0 dS/m was selected; and chemical fertilizer N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O (150-100-100kg/ha) was tested; and forage barley 220kg/ha were sown. The soil salt concentration during the cultivation period decreased in the order of harvest season>earring season>sowing season>wintering season, and the salt concentration in harvest season is

1.4-4.2 times higher than that of the sowing season. The higher the salt concentration, the poorer the over ground growth due to poor rooting; especially at EC 11.0 ds/m there was emergence but, it blighted after wintering. The Yield from the soil salt concentration 3.1dS/m and 6.5 dS/m was 68% and 35% from that of the soil salt concentration 0.8 dS/m (8.8 MT/ha) respectively. The proline content in early life stage was more than that of the harvest season, and it increased with salt concentration. The higher salt concentration, the more Na<sub>2</sub>O and MgO content in harvest season; but the higher the salt concentration, the less the content of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O and CaO.

**CONCLUSION(S):** When the soil salt concentration becomes higher than 3.1 dS/m, the yield becomes poor because there is serious growth inhibition of forage barley both in root part and above aerial part that results in unbalanced absorption of nutrients. Therefore, it is recommended that the salt concentration should be lowered below 3.1 dS/m by underground drainage facilities or irrigating water for the stable production of whole-crop-barley.

**Key words:** Soil salinity, reclaimed land, whole-crop-barley

\*교신저자(Corresponding author),

Phone: +82-63-840-2143; Fax: +82-63-840-2118;

E-mail: k.cho@korea.kr

## 서 언

정부는 조사료 증산정책의 일환으로 간척지를 이용한 사료작물 재배면적을 2012년 1,355ha에서 2014년까지 2,000ha로 확대할 계획을 추진하고 있다(농식품부, 2013). 그러나 간척지 토양은 일반토양보다 염분농도가 높고 유기물 함량은 낮아 작물이 생육하기에는 열악한 토양환경을 지니고 있다. 특히 간척지 토양의 염분농도는 생물의 생육장애를 일으키는 주요한 요소이며 간척지의 제염정도를 나타내는 지표로 이용되고 있다.

간척지는 지금까지 벼 위주로 재배하여 간척농경지에서 염농도에 따른 작물 수량과 미질향상, 적정 질소시비량과 파종량 등 연구결과가 다수 수행되어 왔으나(Choi *et al.*, 2004, 2005; Back *et al.*, 2006, 2007), 최근 들어 간척지에 밭작물을 재배하도록 권장하기 때문에 이에 대한 연구가 수행 중에 있다. 토양 염농도별 밭작물의 적응성 시험결과를 보면 새만금간척지에서 두과작물인 콩, 팥, 녹두, 강낭콩과 참깨, 율무, 조 등은 0.1%이내에서, 땅콩, 옥수수, 수수는 0.2%이내, 그리고 기장은 0.3%이내에서 생산이 가능하다(Lee, *et al.*, 2012). 한편, 토양 염농도별 청보리, 밀, 호밀, 트리티케일, 귀리 등 사료작물의 건물수량은 염분농도가 거의 없는 토양조건에 비해 0.3%이상 조건에서는 30~61%로 급격히 감소된다(Back *et al.*, 2011). 이와 같이 토양 염농도가 높을수록 생산성이 저조한 요인은 염류집적에 의해 토양내 삼투압이 증가로 염이 물 분자를 끌어 당겨 식물의 수분흡수가 저해되어 수분결핍 현상(Lee *et al.*, 1996)은 물론 특이이온의 비정상적 과다흡수에 의해 이온 특이적 효과(Lutts *et al.*, 1996), 그리고 이들 두 가지 원인이 복합적 작용의 현상으로 설명되고 있다(Allison *et al.*, 1969). 과다  $\text{Na}^+$ 의 흡수는 다른 양분의 흡수를 저해함으로써 양분 결핍을 야기하기도 하는데 저염도 조건하에서  $\text{Na}^+$ 와  $\text{K}^+$ 간에 상호작용을 하여 생육이 촉진되거나 고염도에서는 길항작용으로 생육저해를 받기도 한다(Heimann and Ratner, 1961). 또한 식물체의 수분이 부족하여 식물조직의 수분 포텐셜이 저하되면 아미노산인 Proline이 축적되는 경향이 있다(McMichael and Eleore, 1977). 국내에서도

염농도에 따른 보리의 생리작용에 대하여 유묘세포의 형태반응(Lee *et al.*, 1995), 생식생장기 염처리에 의한 보리 품종별 내염성 정도, 수량 변화(Choi *et al.*, 1997), 한해와 염해를 통한 식물체 생육, 엽록소와 아미노산 함량 등(Choi and Park, 1997)을 검토하였으나 이들은 주로 일시적인 시기에 별도의 염을 처리하여 풋트시험을 통해 이루어졌거나 식물체 지상부 위주로 검토를 하였다. 일반적으로 새롭게 조성되는 간척지 토양은 작물 재배에 용이하도록 증장비를 사용하여 포장을 조성하기 때문에 동일한 포장내에서도 토양 염농도가 상이하고 염농도가 높은 곳의 토양은 온도 상승시에 재염화로 정밀한 연구결과 도출이 어려운 실정에 있다.

따라서 본 연구는 새롭게 조성된 새만금간척지 포장에서 토양 염농도에 따른 청보리에 대한 염에 대한 안전한 재배조건을 제시하고자 염농도 피해가 전혀 없는 토양조건에서부터 재배가 불가능한 농도에 이르기까지 몇몇 염농도에 파종한 후 지하와 지상부 생육, 양분함량 및 수량 등을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 시험 방법

본 연구는 토양 염농도에 따른 청보리의 염해 평가를 위하여 새만금간척지 광활지구에 2008년도에 조성된 농촌진흥청 국립식량과학원 벼맥류부 포장에서 수행하였다. 시험포장은 문포통인 세사양토로서 다양한 염 농도로 분포하고 있어서 2000m<sup>2</sup>면적을 대상으로 시험구당 25m<sup>2</sup>(5m×5m)씩 작조하여 80지점의 토양 염농도(EC)를 조사한 후 이들 중에서 0.8±0.2 dS/m(이하 표준편차 생략), 3.1±0.6 dS/m(이하 표준편차 생략), 6.5±1.3 dS/m(이하 표준편차 생략), 11.0±2.2 dS/m(이하 표준편차 생략)에 해당하는 지점을 각각 P1, P2, P3, P4로 구분하여 3반복으로 실험을 수행하였다. 이들 토양의 토양화학성의 평균값은 EC 5.4 dS/m, pH 8.1, OM 0.14 g/kg, Av.P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 32 mg/kg 으로 일반농경지에 비하여 pH, EC 및 치환성나트륨 등은 높은 편이나 그 외 성분이 낮은 토양이었다. 시험작물로 사료용 보리인 청보리로서 품종은 영양보리를 사용하였다.

Table 1. Physicochemical properties of soil used for field experiment

Soil <sup>1)</sup>	EC (dS/m)	pH (1:5)	OM (g/kg)	Avail P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	T-N (g/kg)	Exch. Cations(cmol <sup>+1</sup> /kg)				Soil Texture
						K	Ca	Mg	Na	
P1	0.8±0.2	8.0	0.15	35	0.25	0.60	1.7	2.3	1.9	SL
P2	3.1±0.6	8.0	0.15	32	0.27	0.63	1.5	2.6	2.3	SL
P3	6.5±1.3	8.1	0.14	33	0.29	0.66	1.3	2.7	2.5	SL
P4	11.0±2.2	8.2	0.12	28	0.26	0.71	1.3	2.5	3.0	SL

<sup>1)</sup>P1(Position 1,0.8±0.2 dS/m), P2(Position 2,3.1±0.6 dS/m), P3(Position 3,6.5±1.3 dS/m), P4(Position 4,11.0±2.2 dS/m)

청보리 재배에 사용된 화학비료 시비량은 ha당 질소 150kg에 해당하는 유안을 사용하여 기비와 추비로 40:60으로 분시하여 이듬해 2월 26일에 사용하였다. 인산, 칼리의 시비량은 성분량으로 ha당 각각 100kg의 동일량을 용과린과 황산가리를 사용하여 전량 기비로 사용하였다. 파종은 2011년 10월 26일에 파종량은 220kg/ha에 해당하는 양을 시험구 면적에 준하여 파종하였다.

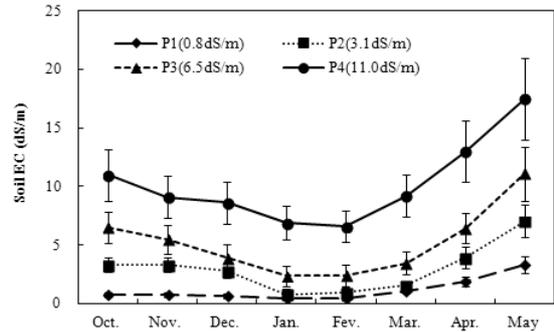
**토양 및 식물체 분석**

서로 다른 염농도별 4 지점을 대상으로 청보리 전 생육기간에 걸쳐서 매달 25일 전 후에 토양 염농도 변화를 조사하였고, 파종 후 30일째에 청보리 지상부의 초장, 엽수 및 생체무게를 조사하였으며, 지하부의 뿌리길이, 뿌리수 및 생체무게를 조사하였다. 또한 청보리 수확기에 있어서 토양 염농도별로 지상부는 개체당 경장, 경수, 1수립수를 그리고 곡실중, 총 생체중 및 총 건물중을 ha로 환산하여 제시하였다. 한편 청보리 수확기 지하부의 뿌리길이, 직근수 및 뿌리 생체중을 조사하였다. 청보리의 생육 및 수량조사는 농업과학기술연구 조사기준 (RDA, 2003)에 준하였다.

시험전 토양은 실내에서 풍건하여 2 mm체를 통과된 것을 농촌진흥청 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법 (NIAS, 2000)에 적용하여 분석하였다. 즉, pH와 EC는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 하여 초자전극법 (Orion 520A, Boston, USA)으로 측정하였고, 유기물은 Tyurin법으로 측정하였으며, 유효인산함량은 NH<sub>4</sub>F이 함유한 침출액을 사용하여 Lancaster법에 의한 비색계 (UV-1650PC, Shimadzu Co., Japan)로 측정하였다. 또한 치환성양이온인 칼슘, 마그네슘, 칼륨 및 나트륨은 1M NH<sub>4</sub>OAC로 추출하여 ICP-OES (Varian Vistar-MPX, USA)로 분석하였다. 청보리의 염농도별 Proline 함량은 Troll과 Lindsley(1955) 방법으로 파종 후 30일째와 수확기에 지상부 생체시료를 진탕관에 150~200mg과 permutit resin 1.5g을 넣은 후 M.C.W. (metanol:chloroform : 증류수 = 12:5:3, v/v)을 넣고 Homogenizer로 마쇄한 다음 균질액에 증류수 8ml를 추가하여 혼합한 다음 2,000rpm으로 10분간 원심분리하였다. 그 상등액을 빙초산 5ml와 산성 ninhydrin 시약 5ml를 넣고 수조에서 정확히 45분간 끓여 실온에서 냉각한 다음 Toluene 5~10ml를 첨가 교반 후 30분간 정치하여 520nm에서 표준품 L-proline과 함께 측정하였다. 염농도별 청보리 양분함량은 수확기에 식물체 시료를 채취하여 70℃에서 건조 후 분쇄하여 습식분해한 후 질소는 Kjeldahl법, 인산은 Ammonium vanadate 법으로 비색계 (UV/VIS spectrophotometer, Cintra 6 GBC, Australia) 그리고 양이온은 ICP-OES (Varian Vistar-MPX, USA)로 분석하였다. 통계분석은 R(3.0.0)을 이용하여 염농도별 식물체 생육, 양분함량 및 수량 등의 비교는 Duncan's Multiple range test로 검정하였다.

**결과 및 고찰**

**토양 염농도 변화**



**Fig. 1. Change of soil salinity during the whole-crop-barley growth period(2012-2013).**

청보리 재배기간 중 토양 염농도 변화는 Fig.1과 같다. 청보리 파종 당시 선정된 0.8 ds/m, 3.1 dS/m, 6.5 dS/m, 11.0 dS/m의 4개 지점에 대하여 수확시까지 변화 과정을 보면 월동기인 1~2월에 각각 평균 0.5 ds/m, 0.9 ds/m, 2.4 ds/m, 6.8 ds/m로 가장 낮아졌다가 생육기중 온도가 가장 높았던 5월말 경인 수확시기에 3.3 ds/m, 7.0 ds/m, 11.0 ds/m, 17.5 ds/m까지 다시 상승하였다. 즉, 파종당시에 비하여 5월말 수확기에 염농도 0.8 ds/m에서 2.5 ds/m, 3.1 ds/m에서 3.7 ds/m, 6.5 ds/m에서 4.6 ds/m, 11.0 ds/m에서 6.4 ds/m로 상승하여 초기 염농도에 비해 농도가 높을수록 상승폭은 크게 나타났다. 이는 Kang 등(2010)이 청보리 등 사료맥류 5종으로 서로 다른 염농도 에서 파종기와 온도가 점점 상승하는 3월경에 검토한 결과 파종기에 높은 염농도 일수록 3월조사시 상승폭은 크다고 하여 본 연구와 일치하는 경향이었고, 이때 이랑너비 2m보다 1m에서 더 큰 상승폭을 보였으며, 보리 파종 후 콩을 재배할 경우 비닐 피복이 비닐 무피복보다 염농도 상승이 적어 온도상승에 따른 수분 증발시 재염화가 이루어짐을 짐작할 수 있다.

**식물체 초기 생육**

Fig. 2는 청보리 파종 후 30일째에 토양 염농도별 지상부와 지하부의 식물체 생장을 나타낸 것이다. 토양 염농도가 높아질수록 현저하게 초장, 엽수, 생체중이 감소하였고, EC 0.8 dS/m대비 6.5 dS/m에서 초장은 1/3.1, 엽수는 1/4, 생체중은 1/5로 감소되었으며 EC 11.0 dS/m에서는 엽이 전개되지 못하였다. 한편, 뿌리 길이, 뿌리수 및 뿌리 생체중은 EC 0.8 dS/m에 비하여 6.5 dS/m에서 각각 1/3.7, 1/1.3, 1/1.1로 감소하였다. 즉 청보리의 초기 생육은 염농도가 높아짐에 따라 지상부보다 지하부에서 더 큰 영향을 받을 수 있다. 특히 EC 11.0 dS/m에서는 청보리의 발근은 하였으나 별도로 조사한 바에 의하면 EC 14.1 dS/m에서는 발근하지 못하였다. 월동기를 지나 3월로 접어들면서 EC 11.0 dS/m수준에서 출현된 식물체는 대부분이 고사하였으며, EC

6.5 dS/m에서도 정상적인 생육을 보이지 못했다. 일반적으로 보리는 타 작물에 비하여 염해에 강하다고 알려져 있어 생리적으로 광합성 능력과 동화작용이 왕성한 품종일수록 내염성이 강하며 또한 왕성한 발근력을 가진다(Choi et al.,1997)고 하나 본 시험에 사용된 품종인 영양보리는 이상의 결과로 미루어 토양 염농도 0.2%에 해당하는 EC 3.1 dS/m에서는 비교적 안전함을 엿 볼 수 있다.

### 수확기 생육 및 수량

토양 염농도별 청보리 수확기 지하부 생육은 Table 3와 같이 뿌리길이는 염농도 0.8 dS/m에서 35cm일 때 3.1 dS/m와 6.5 dS/m에서는 각각 27cm, 18cm이었고, 개체당 직근수는 염농도 0.8 dS/m에서 12개 일 때 3.1 dS/m와 6.5 dS/m에서 각각 10개, 8개씩이었으며, 개체당 뿌리생체

중은 염농도 0.8 dS/m에서 0.20g 일 때 3.1 dS/m와 6.5 dS/m에서 각각 0.08g, 0.05g으로 그리고 11.0 dS/m에서는 수확기까지 살아있는 개체수가 거의 없었다.

Table 4는 토양 염농도별 청보리 수확기 지상부 생육을 비교한 것으로 염농도가 높아질수록 현저하게 감소하게 되어 염농도 0.8 dS/m 대비 6.5 dS/m에서 경장은 1/2.1, 경수는 1/4.6, 수당립수는 1/1.4, 곡실중 1/3.3, 총 생체중 1/3.0의 수준에 머물렀다. 그 결과 건물 수량은 염농도 0.8 dS/m에서 8.8 MT/ha에 비하여 3.1 dS/m, 6.5 dS/m에서 각각 6.0 MT/ha, 3.1 MT/ha로 68 %와 35 %수준에 그쳤다. Back 등(2011)은 청보리 등 5개 사료맥류의 건물수량을 비교한 결과 염농도가 거의 없는 토양조건에 비해 염농도 0.2 % 이하이어야 66 %이상 수량을 얻을 수 있다고 하여 본 결과와 유사한 양상을 보였다.

**Table 2. The effect of soil salinity to growth of whole-crop-barley root part and above aerial part at initial growth stage**

Soil <sup>1)</sup>	Above aerial part			Root part		
	Plant length(cm)	No. of leaf (ea/plant)	Fresh Wt. (g/plant)	Root length(cm)	No. of root (ea/plant)	Fresh Wt. (g/plant)
P1	13.5a <sup>2)</sup>	4a	0.25a	8.5a	4a	0.011a
P2	9.3b	3a	0.17b	6.4a	4a	0.009a
P3	4.3c	1b	0.05c	2.3b	3a	0.003b
P4	2.1c	-	0.02c	0.1b	1b	0.001b

<sup>1)</sup> Refer to Table 1.

<sup>2)</sup> Means within columns followed by the same letter were not significantly different at P=0.05.

**Table 3. Growth of root part at harvest stage by soil salinity**

Soil <sup>1)</sup>	Root length (cm)	No. of tap root (ea/m <sup>2</sup> )	Fresh wt. of root (kg/10a)
P1	35a <sup>2)</sup>	12a	0.20a
P2	27b	10a	0.08b
P3	18c	8b	0.05b
P4 <sup>3)</sup>	-	-	-

<sup>1)</sup> Refer to Table 1.

<sup>2)</sup> Means within columns followed by the same letter were not significantly different at P=0.05.

<sup>3)</sup> All plants in P4 are dead. Data on P4 will be omitted afterwards

**Table 4. Growth of above-aerial part at harvest stage by soil salinity**

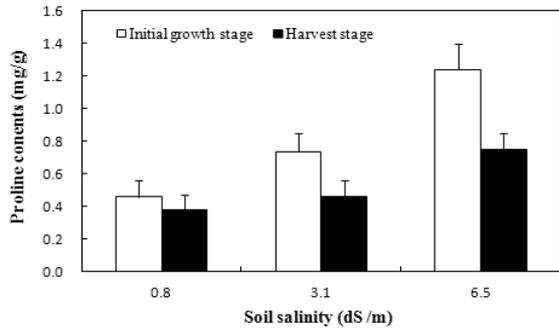
Soil <sup>1)</sup>	Plant length (cm)	No. of tiller (ea/m <sup>2</sup> )	No. of Grain (ea/plant)	Wt. of grain (MT/ha)	Fresh yield (MT/ha)	Dry yield (MT/ha)	Yield index
P1	94a <sup>2)</sup>	602a	48a	3.3a	22.7a	8.8a	100
P2	81b	503b	42ab	2.4b	16.3b	6.0b	68
P3	43c	132c	34b	1.0c	7.7c	3.1c	35

<sup>1)</sup> Refer to Table 3.

<sup>2)</sup> Means within columns followed by the same letter were not significantly different at P=0.05.

**Proline 함량 비교**

Fig. 2는 토양 염농도별 청보리 생육초기인 30일째와 수확기에 있어서 Proline 함량을 비교한 것으로 생육초기에는 EC 0.8 ds/m에서 0.45 mg/g이었으나 EC 6.1 dS/m에서 1.24 mg/g으로 염농도가 높을수록 크게 상승하였으나 수확기에는 생육 초기보다 상승폭이 낮게 나타났다. Proline은 높은 염 농도에서 자라는 식물이 낮은 수분 포텐셜을 나타내는 토양에서 수분을 흡수하기 위해서는 토양보다 더 낮은 수분 포텐셜을 유지해야 할 때 체내에 축적된다고 하였으나(Choi and Park, 1997) 본 연구와 같이 초기부터 염농도가 높은 곳에서도 낮은 곳보다 높게 나타난 현상은 초기에 축적된 Proline 자체의 감소가 억제되거나 Proline을 이용하는 대사과정의 감소 등의 결과에서 비롯되었을 것으로 판단된다(Charest and Phan, 1990).



**Fig. 2. Proline contents of whole-crop-barley at initial growth and harvest stage by soil salinity.**

**식물체 양분 흡수**

토양 염농도별 수확기 식물체 화학성분의 함량은  $K_2O > N > Na_2O > P_2O_5 > CaO > MgO$  순으로, 염농도가 높을수록  $Na_2O$ 과  $MgO$ 함량은 높았으나  $N, P_2O_5, K_2O$  및  $CaO$ 함량은 낮은 경향이였으며, 이들 성분 중  $Na_2O$ 를 제외하고 대부분의 화학성분이 토양 염농도 0.8 dS/m과 3.5 dS/m은 큰 차이가 없었으나 6.1dS/m에서는 뚜렷한 차이를 보였다. 또한  $K_2O/Na_2O$ 비는 염농도 0.8, 3.5, 6.1 ds/m에서 각각 7.8, 5.6, 3.9로 나타나 염농도가 높을수록 낮은 값을 보였다. 이는 내염성과 관련이 있어 이들 값이 클수록 내성이 강하여

**Table 5. Chemical constituents of whole-crop-barley at harvest stage by soil salinity**

Soil <sup>1)</sup>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O/ Na <sub>2</sub> O
	----- ( % ) -----						
P1	1.86a <sup>2)</sup>	0.28a	2.95a	0.21a	0.12b	0.38c	7.8
P2	1.75a	0.23ab	2.97a	0.21a	0.13b	0.53b	5.6
P3	1.46b	0.18b	2.59b	0.16b	0.18a	0.66a	3.9

<sup>1)</sup> Refer to Table 1.

<sup>2)</sup> Means within columns followed by the same letter were not significantly different at P=0.05.

생육을 양호하게 할 수 있고(Heimann et. al., 1959), 염농도가 높은 토양에 칼슘과 마그네슘의 첨가는 작물의 이들 양분의 흡수량을 높일 수 있다(Bower and Turk,1946).

이상과 같이 토양 염농도가 높아 과다한  $Na^+$ 의 흡수는 다른 양분의 흡수를 저해하여 때로는 양분 결핍을 초래하여 식물체 생육을 억제할 수가 있다. 즉, 토양 염농도가 높아질수록 청보리의 지하부와 지상부의 생장은 현저한 영향을 끼쳐 토양 염농도 0.8 dS/m 비하여 3.5 dS/m에서는 약간의 양분 흡수 영향을 받으나 6.1 dS/m에서는 현저한 영향을 받아 뿌리의 신장이 정상적이지 못하여 그 결과 지상부 생육에도 영향을 주게 된다. 따라서 새만금간척지와 같은 신간척지에서 안정적인 청보리 생육유지를 위해서는 토양 염농도를 3.5 dS/m이하로 조절할 필요가 있다고 판단된다.

**요약**

신간척지에서 청보리의 안정재배를 위한 토양 염농도를 제시하기 위하여 새로 조성된 새만금간척지에서 토양염농도 (EC) 0.8, 3.1, 6.5, 11.0 dS/m에 해당하는 지점을 선정하고, 화학비료로  $N-P_2O_5-K_2O=150-100-100$  kg/ha를 사용한 후 2011년 10월 26일에 영양보리를 220kg/ha 파종하였다. 재배기간중 토양 염농도는 수확기>출수기>파종기>월동기 순으로 파종기에 비해 수확기에 1.4~4.2배 상승하였다. 염농도가 높을수록 발근에 지장을 초래하여 지상부 생육도 저조하였고 특히 EC 11.0 ds/m에서 출현은 하였으나 겨울철이 지난 후 고사하였다. 수량은 토양염농도 0.8 dS/m(8.8 MT/ha)에 비해 3.1 dS/m과 6.5 dS/m에서 각각 68 %, 35 % 수준이었다. Proline함량은 생육초기가 수확기보다, 그리고 염농도가 높을수록 많았다. 수확기의  $Na_2O$ 와  $MgO$  함량은 염농도가 높을수록 많았고  $N, P_2O_5, K_2O$  및  $CaO$  함량은 염농도가 높을수록 적었다. 따라서 토양 염농도가 3.1 dS/m이상으로 높아짐에 따라 청보리의 지하부와 지상부에 심각한 생육저해로 양분의 불균형 흡수를 초래하여 수량이 저조하기 때문에 안전한 청보리 생산을 위해서는 지하 배수시설 또는 관개수를 이용하여 3.1 dS/m이하로 염농도를 떨어뜨린 후 재배하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

**Acknowledgment**

This work was carried out with the support of “Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No.PJ00851603)” Rural Development Administration, Republic of Korea.

**References**

Allison, L.E., Bernstein, L., Bower,C.A., Brown, J.W., Fireman, M.J., Hatcher, T., Hayward, H.E. Pearson, G.A., Reeve, R.C. Richard, L.A., Wilcox, L.A., 1969, *Diagnosis and improvement of saline and alkali*

- soil, U.S. Government Printing Office, Washit, Agriculture handbook No.60, pp. 55-68.
- Back, N.H., Choi, W.Y., Ko, J.C., Park, H.K., Nam, J.K., Park, K.G., Kim, S.S., Kim, B.K., Kim, C.K., 2006. Optimum seeding rate in different to soil salinity for broadcasting on the rice flooded paddy surface at south-western reclaimed saline land of korea, *Korean J. Crop Sci.* 51(S), 47-51.
- Back, N.H., Kim, T.K., Yang, C.H., Kim, S., Nam, J.K., Lee, S.B., Choi, W.Y., Kim, S.J., Lee, K.B., 2011. The growth and yield of winter fodder crops by soil salinities at saemangeum reclaimed land in Korea, *Korean J. Intl. Agri.* 23(4), 410-414.
- Back, N.H., Ko, J.C., Nam, J.K., Park, H.K., Kim, S.S., Kim, C.K., 2007. Optimum water management practice direct seeding on paddy surface of saline in soil reclaimed tidelands, *Korean J. Crop Sci.* 51(2), 204-207.
- Bower, C.A., Turk, L.M., 1946. Calcium and magnesium deficiencies in alkali soils, *Amer. soc. Agron. Jour.* 38, 723-727.
- Charest, C., Phan C.T., 1990. Cold acclimation of wheat (*Triticum aestivum*): Properties of enzymes involved in proline metabolism, *Physiol. Plant* 80, 159-168.
- Choi, W.Y., Lee, K.S., Ko, J.C., Moon, S.H., Kim, C.K., 2005. Optimum drainage time for rice quality in tidal reclaimed area, *Korean J. Crop Sci.* 50(S), 85-87.
- Choi, W.Y., Lee, K.S., Ko, J.C., Park, H.K., Kim, S.S., Kim, B.K., Kim, C.K., 2004. Nitrogen fertilizer management for improving rice quality under different salinity conditions in tidal reclaimed area, *Korean J. Crop Sci.* 49(3), 194-198.
- Choi, Y.C., Kim, Y.M., Park, J.H., 2002. Effect of salt treatment on yield physiological characteristics of flag leaf at heading stage in winter barley, *Korean J. Crop Sci.* 47(6), 409-412.
- Choi, Y.C., Park, J.H., 1997. Physiological response of barley to water stress and salt stress at seedling stage, *Korean J. Crop Sci.* 42(6), 693-698.
- Choi, Y.C., Park, J.H., Kwon, Y.W., 1997. Physiological response of barley to salt stress at reproductive stage, *Korean J. Crop Sci.* 42(6), 687-692.
- Heimaan, H., Ratner, R. 1961. The influence of potassium on the uptake of sodium by plants under saline conditions. *Bull. Res. Counc. of Israel.* 10A, pp. 55-62.
- Kang, J.G., Lee, K.D., Lee, J.H., Jeong, J.H., Gil, G.H., Ryu, J.H., Lim, S.H., Hwang, S.W., Kim, S.J., 2010. Resalinization Control of Saline Soil in Reclaimed Upland, *J. Soil Sci. Fert.* 5, 208-209.
- Lee, G.B., Hwang, S.U., Lee, S.H., 2012. Research and development plan for multifactorial utilization of reclaimed land, *Soci. Agri. Res. Rec. Lands* 10, 18-28.
- Lee, S.Y., Kim, C.S., 1995. Cellular structural change of barley seedlings on different salt concentration under Hydroponic culture, *Korean J. Crop Sci.* 40(4), 481-486.
- Lee, S. Y. Kim, C. S. Cho, J. W. and Kang, Y. G., 1996. Physiological response of barley seedlings to salt stress, *Korean J. Crop Sci.* 41, 665-671.
- Lutts, S. Kinet J.M., Bouharmont, J., 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativar* L.) cultivars differing in salinity resistance, *Annal. Bot.* 78, 389-398.
- McMichael, B.L. and Eleore, G.D., 1997. Proline accumulation in water stressed cotten leaves. *Crop science* 17, 905-908.
- NIAS(TNational Institute of Agricultural Science and Technology)., 2000. *Analytical methods of soil and plant*. NIAS(T, Rural Development Administration (RDA), Suwon, Korea.
- RDA, 2003. *Standard of research and analysis for agriculture science and technology*, pp. 271-290, Rural Development Administration (RDA), Suwon, Korea.
- Troll, W., Lindsley, J., 1955. A photometric method for the determination of proline, *J. Biol. Chem.* 215, 655-660.