

관개용수내 염분농도가 벼 생육 및 수량에 미치는 영향

최선화 · 김호일 · 안 열 · 장정렬 · 오종민^{1,*}

(농업기반공사 농어촌연구원 환경연구실, ¹경희대학교 환경응용화학부 · 환경연구센터)

Salinity Effects on Growth and Yield Components of Rice. Choi, Sun-Hwa, Ho-Il Kim, Yeul Ahn, Jeon-Ryeol Jang and Jong-Min Oh^{1,*} (Department of Environmental Research, Rural Research Institute of KARICO, Sadong, Ansan, Gyeonggi 425-170, Korea, ¹College of Environment & Applied Chemistry, Center for Environmental Studies, Kyung Hee University, Yongin, Gyeonggi 449-701, Korea)

This study was conducted to investigate the effects of salinity in irrigation water on the growth, yield components, yield and grain quality of rice plant by the pot experiments. Irrigation waters were supplied with control and amended with NaCl at 1,000, 2,000, 3,000, 5,000, and 7,000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ electrical conductivity. A randomized block design was used with four replicates for each treatment and control. As increasing salt concentration, plant height, tiller number, SPAD value, dry weight, content of N, P, and K, ripened grain ratio (%), 1,000 grain weight, and protein content (%) tended to decrease, especially, significant at 3,000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ of salt level. Grain yield decreased significantly at all treatments. The percentage of head rice slightly tended to increase as the salt concentration due to the decrease of green kernel. The percentage of green kernel was significantly lower at 3,000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ of salt level than the control.

Key words : water quality standards, irrigation water, salinity, electrical conductivity, rice growth, yield components, grain yield

서 론

염해는 전 세계적으로 벼를 재배하는 지역에서 수량감소의 주요한 원인중의 하나로서 관개수나 토양용액 중의 염류농도가 높아지면 작물은 농도장해(염해)를 받는다 (Munns *et al.*, 1986; Linghe Zeng *et al.*, 2000; 농촌진흥청, 2002). 염해의 단기적 영향은 수분결핍에 의한 뿌리 활력의 저하로 지상부 건물중의 감소를 가져오고, 장기적 영향은 완전 전개된 잎에 염이 축적됨으로써 백화현상(chlorosis)을 초래하고, 또한 광합성 활력이 감소하여 수량과 생육이 저하된다 (Munns *et al.*, 1986; Scardaci *et al.*, 1996; Shannon *et al.*, 1998).

et al., 1996; Shannon *et al.*, 1998).

우리나라에서 염해는 제염이 끝나지 않은 하구담수호를 관개용수로 이용하거나 간척지 농경지와 시설 재배지 등에서 주로 발생하고 있다 (정 등, 2002). 우리나라 간척 농지는 전체 농경지의 13.5%, 전체 논 면적의 22.1%에 해당하고 있으며 (이 등, 2003), 하구담수호 유효량은 전체 농업용수 유효량의 15.5%를 차지하고 있어 (농림부, 2003) 염해 발생 대책차원에서 관개용수의 염분에 대한 수질기준 마련이 필요하다.

외국에서는 각 국의 실정에 맞게 염도에 대한 수질기준을 설정하여 운영하고 있다. 중국에서는 알칼리성 간척지 토양에서 작물 재배시는 2,000 mg L⁻¹ 이하, 알칼리성

* Corresponding author: Tel: +82-31-201-2461, Fax: +82-31-203-4589, E-mail: jmoh@khu.ac.kr

Table 1. Physico-chemical properties of paddy soils used in the pot experiment.

Soil series	Particle size distribution (%)			pH	O.M (%)	Exch-cations (cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹)			CEC (cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹)	Ava.P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ava. SiO ₂ (mg kg ⁻¹)
	Clay	Silt	Sand			Ca	Mg	K			
SEOG-CHEON	16.5	47.0	36.5	5.4	1.9	5.3	1.4	0.17	11.3	40	110

*Av. P₂O₅ : Available P₂O₅, Av. SiO₂ : Available SiO₂, cmol⁽⁺⁾: centimoles of charge

Table 2. Water quality characteristics of ground water.

pH	EC (mS cm ⁻¹)	DO (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	T-N (mg L ⁻¹)	T-P (mg L ⁻¹)	Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	Pb (mg L ⁻¹)	Cd (mg L ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mg L ⁻¹)	Hardness
6.7	0.320	7.4	1.4	1.757	0.038	31.5	0.005	N.D	30.4	127

일반 농경지에서는 1,000 mg L⁻¹ 이하로 설정되어 있으며, 말레이시아에서는 염도 2% 이하, FAO와 미국에서는 3등급 (ECw² 0.7 mScm⁻¹ 이하 :해가 없음, 0.7~3.0 mS cm⁻¹: 약간 장애, 3.0 mScm⁻¹ 이상:심한 장애)으로 구분하여 운영하고 있다(김 등, 2002; 최, 2003).

우리나라에서는 이미 오래 전부터 작물과 염분에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔다(최 등, 1983; 유 등, 1987; 최 등, 1994; 정 등, 2002; 이 등, 2002 등 다수). 그러나 이러한 연구들은 주로 내염성이 강한 벼 품종 개발과 염분에 의한 생육시기별 피해정도 등을 규명하여 수확량 증가를 위한 목적으로 연구되었다.

이수목적의 관개용수 수질기준을 설정하기 위해서는 장기간의 작물 생육실험에 기초한 용량-반응평가와 수질항목별 각각에 대한 최대허용농도 (MAC; Maximum Acceptable Concentration) 산출이 선행되어야 한다(CCME, 1999). 그러나 우리나라에는 아직까지 이러한 작물 생육실험에 대한 기초자료가 많이 부족한 실정이다.

본 연구는 우리나라 관개용수 수질기준 설정시에 활용될 수 있는 기초자료 확보차원에서 수행되었다. 관개용수의 염류도 (Salinity)에 따른 벼의 생육 및 수량, 미질 등에 대하여 조사·분석하였다.

재료 및 방법

1. 실험설계 및 재배관리

서울대학교 농업생명과학대학 부속농장 (경기도 수원시 권선구 서둔동 소재) 내 비닐하우스에서 2003년 5월부터 10월까지 포트실험으로 수행하였다. 실험에는 와그

너포트(5,000⁻¹a)를 이용하였고, 포트 내 평균 용적밀도 (bulk density)는 실험 전에 1.35 g cm⁻³으로 맞추어 준비하였다.

실험에 사용된 공시품종은 화성벼(중생종, Japonica)이고 2003년 5월 20일에 포트당 1주 (3본)씩 이앙하였다. 토양은 부속농장 내 논토양을 이용하였고, 토성은 양토 (Loam)이고 토양통은 석천통이며, 기타 이화학적 특성은 Table 1과 같다. 시비량은 토양검정 후 시비처방에 따라 포트당 N, P₂O₅, K₂O를 각각 0.28, 0.6, 0.18 g씩 사용하였다.

실험을 위해서 5처리구와 대조구를 두었으며, 각 시험구당 4반복으로 실험하였다. 대조구 (원수)의 관개수는 지하수를 이용하였고, 처리구는 지하수에 염화나트륨 (NaCl)을 주입하여 염도를 조절하였다. 이앙 후부터 수확기까지 포트수심 약 2~3 cm 내외가 되도록 관개하였으며, 관개한 총 용수량은 포트당 37.8 L (1,890 mm)이었다. 대조구와 처리구에 대한 염도는 종합수질측정장비 (Quanta-G)를 이용하여 EC_w (Electrical Conductivity)를 측정하였으며, 대조구는 평균 320 μS cm⁻¹ (0.02%), 처리구는 각각 1,000 μS cm⁻¹ (0.06%), 2,050 μS cm⁻¹ (0.1%), 3,000 μS cm⁻¹ (0.2%), 5,000 μS cm⁻¹ (0.3%), 6,900 μS cm⁻¹ (0.5%) 이었다. 따라서 처리구를 각각 EC 1000, EC 2000, EC 3000, EC 5000, EC 7000으로 구분하였다. 대조구에 대해 2003년 5월부터 9월까지 총 6회 수질조사를 하였으며, 그 평균값은 Table 2와 같다. 기타 관개 및 물관리 방법은 농촌진흥청 작물 시험장의 표준재배법에 준하였다.

2. 조사항목 및 분석방법

생육조사는 초장, 분얼수, 엽색도 (SPAD value), 건물중 (dry weight)에 대해 조사하였다. 초장과 분얼수는 이앙

2. EC_w는 25°C에서 물의 염농도를 나타내는 지표임

후부터 2주 간격으로 조사하였고, 엽색도와 건물중은 이양시, 이양후 14일·28일·42일, 유수분화기, 출수기, 출수 후 20일·40일에 각각 조사하였다. 엽색도는 SPAD 502 (Minolta社)를 사용하여 최상위 완전전개엽(Y-leaf)을 측정하였고, 건물중은 경엽과 이삭으로 나눈 후 80°C에서 48시간 건조 후에 건물중을 칭량하였다.

식물체의 무기성분 분석은 건물중을 칭량한 시료를 40 mesh로 분쇄한 후에 N, P, K, Si에 대해서 분석하였다. 질소는 Kjeldahl 자동분석기계 (Kjeltec 2035, Foss社)를 사용하였고, 인산, 칼륨, 규산은 진한 황산과 분해촉매제 (Na₂SO₄+Se)를 사용하여 습식분해 (420°C) 시킨 후 전처리과정을 거쳐 ICP를 사용하여 정량 분석하였다.

수량구성요소 (이삭수, 이삭당 영화수, 등숙률, 천립중) 및 수량조사는 9월 28일 수확하여 조사하였고, 조사방법은 농촌진흥청의 표준조사방법에 준하였다. 자료분석은 시험구당 4반복 실험값에 대한 평균값을 구하여 SPSS 통계 프로그램 (11.2버전)을 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 벼 생육조사

관개용수의 염도 처리에 따른 초장, 분얼수, 엽색도, 건물중에 대한 조사결과는 Fig. 1~5와 같다. 초장은 관개수의 염도가 증가할수록 작아지는 경향으로 생육초기부터 EC 5000과 EC 7000 처리구에서는 눈에 띄게 초장이 감소하였으며, 유수형성기 이후부터는 EC 3000 처리구가 다른 시험구에 비해 초장이 유의하게 작았다 (Fig. 1). 유수형성기 이전인 이양 후 40일 정도 지난 7월 중순경에 EC 5000과 EC 7000 처리구에서는 식물체가 고사하였다 (Fig. 2).

또한 생육시기별 초장과 최종 수량과의 관계를 분석한 결과 분얼기 (r = 0.57)와 출수기 (r = 0.72)의 초장이 최종 수량과 가장 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다.

분얼수는 관개수중의 염도가 높을수록 크게 감소하는 경향이었으며, 유수형성기 이후부터는 EC 3000 처리구는 다른 시험구에 비해 유의하게 적었다 (Fig. 3).

엽색도 (SPAD value)는 유수형성기 이전에는 관개수의 염도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으나, 그 이후로는 시험구간 다소 불규칙한 변화를 보였다. 처리구간과 대조구 사이에 큰 차이가 없었다 (Fig. 4).

이러한 결과는 벼의 생육시기별 염해 반응은 현저한 차이가 있으며 (Kaddah, M.T., 1963), 내염성은 발아기와 수잉기에 강하고, 생육 초기인 이양기, 분얼기, 유수형성기

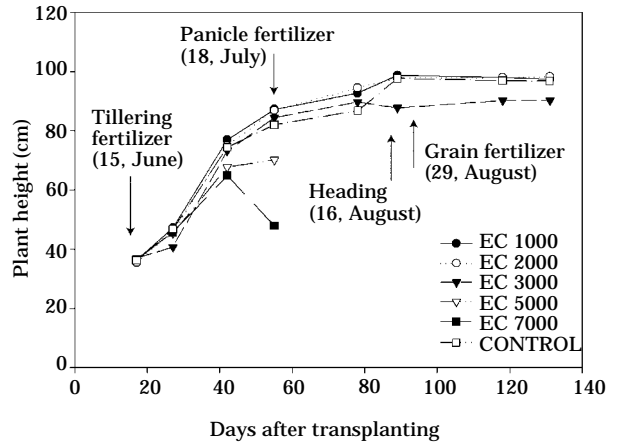


Fig. 1. Temporal changes of rice plant height under the different salt levels of the irrigated water.



Fig. 2. Comparison paddy growth in control and treatment of EC5000 and EC7000.

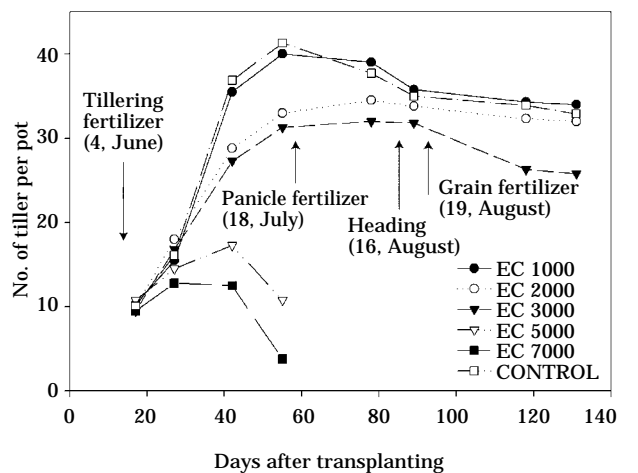


Fig. 3. Temporal changes of rice tiller number under the different salt levels of the irrigated water.

에는 염분에 의한 시기로써(이, 1989), 식물체가 $3,000 \mu\text{s cm}^{-1}$ 이상의 높은 염도에 의해 수분결핍을 가져오고 이는 곧 뿌리 활력의 저하로 벼의 초기 생육에 전반적으로 영향을 미친 것으로 판단된다.

건물중은 경엽(Straw)과 이삭(Spike) 모두에서 관개수의 염도가 높을수록 감소하는 경향을 보였다(Fig. 5). 경엽에서는 염도 $3,000 \mu\text{s cm}^{-1}$ 에서 $\text{LSD}(0.05) = 8.50 \text{ g}$ (F-value: 4.89, $p < 0.05$)으로 대조구에 비해 유의하게 감소하였고, 이삭(Spike)에서는 시험구간 유의한 수준(F-value: 61.489, $p < 0.001$)으로 EC 1000 ($p < 0.05$), EC 2000 ($p < 0.001$), EC 3000 ($p < 0.001$) 모두 대조구에 비해 큰 폭으로 감소하였다.

총 건물중 역시 관개수의 염도가 증가함에 따라 감소하는 경향으로 EC 2000과 EC 3000처리구에서 $\text{LSD}(0.05) = 24.42 \text{ g}$ (F-value : 38.72, $p < 0.001$) 유의하게 감소하였

다.

벼는 관개수의 염분에 민감한 작물로서 특히, 파종 직후인 생육초기에 민감하여 이 시기에 많은 피해를 보고 있으며, 관개수의 염분농도와 분얼수, 건물중, 이삭당 영화수는 높은 부(-)의 상관관계($r = -0.95 \sim -0.98$)를 가지고 있는 것으로 보고되고 있다(Stephen *et al.*, 2002). 본 연구에서도 건물중은 관개수의 염분농도와 높은 부(-)의 상관관계($r = -0.933$, $p < 0.001$)가 성립하였다.

2. 무기성분 조사

식물체의 무기성분(N, P, K, Si) 함량에 대한 조사결과는 Table 3, Fig. 6와 같다. 경엽에서의 질소함량은 $\text{EC } 3000 > \text{EC } 2000 > \text{대조구} > \text{EC } 1000$ 순으로 관개수의 염도가 높을수록 증가하였으나 시험구간 유의성은 없었다.

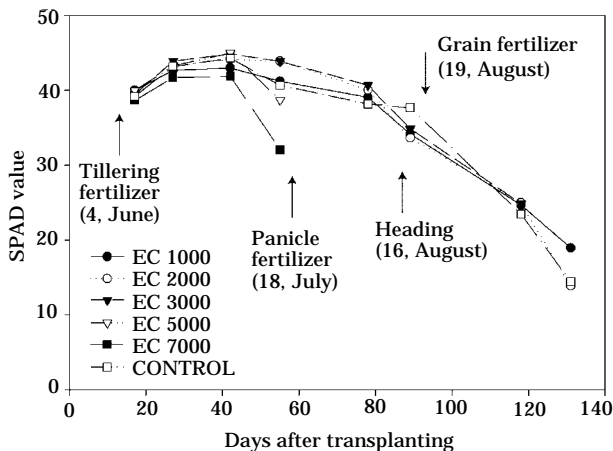


Fig. 4. Temporal changes of SAPAD vale under the different salt levels of the irrigated water.

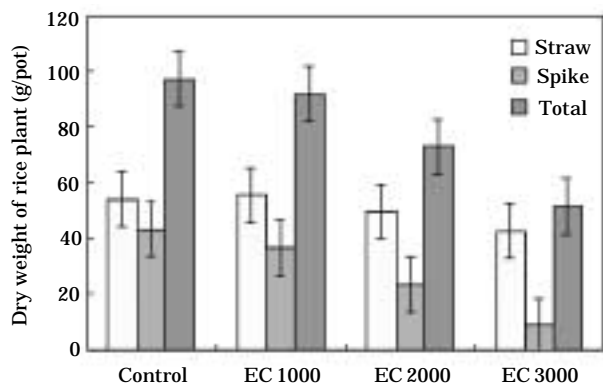


Fig. 5. Dry weight of rice plant at harvest of rice plant under the different salt levels of the irrigated water.

Table 3. Inorganic nutrients content (mg/pot) at harvest of rice plant cultured with irrigation water of different salt levels.

Salt levels ($\mu\text{s cm}^{-1}$)	N	P	K	Si
Control	954.0±84.9	29.7±2.7	175.1±16.4	1,409.8±135.2
EC 1000	856.0±102.9	17.4±2.3***	217.5±22.9**	1,237.3±127.4
EC 2000	758.2±33.7**	16.5±1.1***	151.4±14.0	1,330.0±143.4
EC 3000	557.9±23.8***	9.3±0.7***	111.3±8.1***	1,157.8±98.3
EC 5000	-	-	-	-
EC 7000	-	-	-	-
F-value	23.45***	80.04***	29.85***	N.S
LSD(0.05)	195.52	12.32	42.41	-

*, significant at 0.05 level, **, significant at 0.01 level, ***, significant at 0.001 level

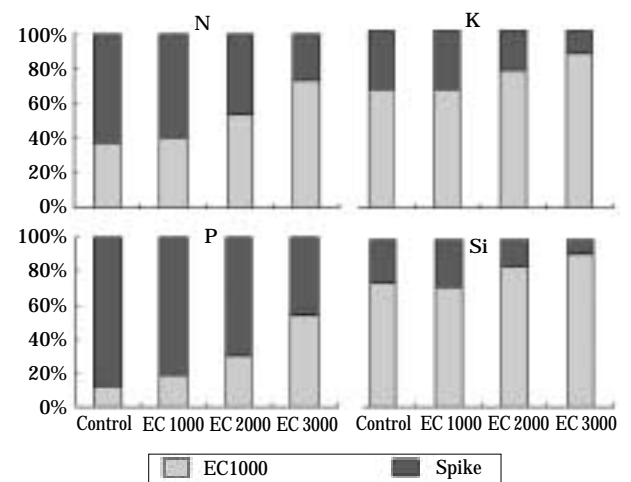


Fig. 6. Inorganic nutrients content at harvest of rice plant cultured with irrigation water of different salt levels.

Table 4. ANOVA analysis for yield component and yield.

Salt levels (ms cm ⁻¹)	No. of panicle (No./pot)	No. of spikelet per panicle	Ripened grain ratio (%)	1000 grain wt. (g)	Yield (g/pot)
Control	32.9±2.4	66.7±5.6	89.9±1.4	25.0±0.3	50.2±4.7
EC 1000	34.0±2.7	63.5±11.7	81.7±4.7	23.8±0.6**	42.3±6.1*
EC 2000	32.0±6.7	61.1±17.0	66.1±10.3***	21.9±0.5***	27.2±4.0***
EC 3000	25.7±2.2	40.9±5.6**	46.7±5.9***	20.4±0.1***	10.1±2.5***
EC 5000	—	—	—	—	—
EC 7000	—	—	—	—	—
F-value	N.S	4.449*	34.976***	85.248***	61.485***
LSD (0.05)	—	25.75	23.74	1.26	7.81

*: significant at 0.05 level, **: significant at 0.01 level, ***: significant at 0.001 level

이삭에서는 염도가 증가함에 따라 감소하는 경향으로 처리구 모두에서 대조구에 비해 유의하게 낮았다. 식물체 N 함량은 염도가 증가함에 따라 크게 감소하는 경향으로 EC2000과 EC3000 처리구에서 대조구에 비해 유의하게 낮았다.

P 함량은 경엽보다는 이삭에 많이 함유되어 있으며, 경엽에서는 처리농도가 증가할수록 증가하는 경향을 보였고, EC 2000과 EC 3000에서는 대조구에 비해 유의하게 높았다. 이삭에서와 전체 인산함량은 처리농도가 높을수록 감소하는 경향으로 모든 처리구에서 대조구에 비해 유의하게 낮았다.

K 함량은 이삭보다 경엽에 많이 함유되어 있으며, 식물체 전체함량은 EC 1000 처리구에서는 대조구에 비해 유의하게 높은 반면에 EC 3000 처리구에서는 대조구에 비해 유의하게 낮았다.

Si 함량은 경엽에 80% 이상 함유되어 있으며, 경엽에서는 염도가 높을수록 증가하였으나, 유의적인 차이는 없었고 이삭에서는 EC3000 처리구에서 대조구에 비해 유의하게 낮았다. 식물체 전체 Si 함량은 시험구간에 따른 유의적인 차이는 없었다.

높은 염분농도는 무기성분의 동화작용을 저해하고, 이삭에 탄수화물 집적을 감소시켜 결국 수량이 감소한다고 한다(호남작물시험장, 1982).

본 실험의 결과로 볼 때 관개용수중의 과도한 염분농도는 작물의 영양물질인 N, P, K 등의 흡수를 저해하여 궁극적으로 벼의 생육에 부정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다.

3. 수량구성요소 및 수량

수량구성요소와 수량에 대한 조사결과는 Table 4와 같다. 포트당 이삭수는 EC 3000 처리구에서 대조구에 비해 다소 감소하였으나 유의성은 없었다. 이삭당 영화수는 처

Table 5. Relationships between yield components.

Items	No. of panicle	No. of spikelet per panicle	Ripened grain ratio	1000 grain wt.	Yield
No. of panicle	1				
No. of spikelet per panicle	0.071	1			
Ripened grain ratio	0.726**	0.571*	1		
1000 grain wt.	0.587*	0.568*	0.933**	1	
Yield	0.633**	0.700**	0.971**	0.931*	1

*: significant at 0.05 level, **: significant at 0.01 level

리구 EC 3000에서, 등숙률은 EC 2000과 EC 3000에서, 천립중과 수량은 처리구 모두에서 대조구에 비해 유의하게 감소하였다.

특히, 수량은 관개수의 염분농도와 높은 부(-)의 상관관계($r = -0.966$, $p < 0.001$)와 성립하였으며, 염분농도 2,000 $\mu\text{s cm}^{-1}$ 에서는 대조구보다 약 50%, 3,000 $\mu\text{s cm}^{-1}$ 에서는 대조구보다 약 80% 정도의 수량 감소를 보였다.

이러한 결과는 과도한 염분은 경엽의 수분 감소를 가져오고, 또한 염분 특히 염소이온이 다량으로 흡수 축적되면 엽록소의 감퇴 또는 소실과 효소의 활력저하로 탄소동화작용이 저해되어 탄수화물의 생성이 감소되는 반면, 상대적으로 질소의 과잉 축적에 의한 생육 및 출수가 지연되어 수량감소를 가져온다는 보고(최 등, 1994; E. V. MAAS *et al.*, 1999; Linghe Zeng *et al.*, 2000)와 일치하였다.

수량구성요소와 수량과의 상관관계를 분석한 결과는 Table 5와 같다. 수량구성요소 모두는 수량과 정(+)의 상관관계를 보이고 있으며 특히, 등숙률과 천립중은 수량과 90% 이상의 높은 상관관계가 있었다. 따라서 수량을 확보하기 위해서는 등숙률, 천립중과 상관관계가 높은 이삭수의 확보가 가장 중요하며, 유수형성기와 감수분열기의 물관리가 중요할 것으로 판단된다.

Table 6. Grain appearance quality and protein quality of rice in pot experiments.

Salt levels ($\mu\text{s cm}^{-1}$)	Degree of grain quality (%)					
	Head	Green-kerneled	Cracked	Whit belly	Immature opaqued	Protein (%)
Control	91.8±0.5	1.5±0.6	2.3±0.5	2.8±0.5	1.8±0.5	6.79±0.07
EC1000	90.8±1.3	2.5±0.6*	1.8±0.5	2.3±0.5	2.8±1.0	6.75±0.05
EC2000	92.5±2.6	1.3±0.5	1.5±0.6	2.3±1.0	2.5±1.0	6.72±0.02
EC3000	93.8±1.0	0.3±0.5**	1.5±0.6	2.3±0.5	2.3±1.0	6.55±0.15**
EC5000	—	—	—	—	—	—
EC7000	—	—	—	—	—	—
F-value	N.S	13.67***	N.S	N.S	N.S	8.25*
LSD(0.05)	—	0.80	—	—	—	0.12

*: significant at 0.05 level, **: significant at 0.01 level, ***: significant at 0.001 level

4. 쌀의 품위 및 단백질 함량

쌀의 외관적 품위와 단백질함량에 대한 조사결과는 Table 6과 같다. 완전미율과 염분과의 상관관계는 $r = 0.529$ ($p < 0.05$)으로 관개수의 염도가 증가할수록 증가하는 경향이였다. 반면에 청미는 관개수의 염분농도와 $r = -0.603$ ($p < 0.05$)의 상관관계가 있었으며, EC 3000 처리구에서 대조구에 비해 유의하게 감소하였다. 그 밖의 동할미, 복백미, 사미 등은 시험구간에 따른 차이가 없었다.

미질 평가 요소인 단백질함량은 관개수의 염도와 높은 상관관계 ($r = -0.726$, $p < 0.01$)가 성립하여 염도가 증가할수록 감소하는 경향을 보였으며, 특히 EC3000 처리구에서는 대조구에 비해 유의하게 낮았다.

본 실험 결과로부터 관개수의 염도가 높을수록 쌀의 외관적 품위와 미질은 향상되는 것으로 보이나, 단백질함량이 6.55~6.79%로 대조구에 비해 최대 0.24% 정도 감소하여 실질적으로 미질과 밥맛에 영향을 줄 정도는 아니라고 판단된다.

적 요

관개용수의 염분농도가 벼 생육, 수량, 미질 등에 미치는 영향에 관한 과학적인 기초자료를 확보하기 위하여 관개용수의 평균 염분농도를 1,000, 2,000, 3,000, 5,000, 7,000 $\mu\text{s cm}^{-1}$ 의 처리하여 2003년 4월부터 9월까지 벼 재배 포트실험을 수행하였다. 실험에서 얻은 주요결과는 다음과 같다.

초장, 분얼수, 엽색도 (SPAD value), 건물중은 관개수의 염분농도가 높을수록 감소하는 경향을 보였으며, 염도 5,000 $\mu\text{s cm}^{-1}$ 와 7,000 $\mu\text{s cm}^{-1}$ 처리구의 식물체는 유수형

성기 이전에 고사하였다. 특히, 유수형성기 이후부터 3,000 $\mu\text{s cm}^{-1}$ 처리구에서는 초장, 분얼수, 식물체 건물중 모두가 대조구에 비해 유의하게 감소하였다.

식물체의 무기성분 (N, P, K) 함량은 관개수의 염도가 증가함에 따라 크게 감소하는 경향으로 질소는 2,000 $\mu\text{s cm}^{-1}$ 와 3,000 $\mu\text{s cm}^{-1}$ 처리구에서, 인 함량은 모든 처리구에서, 칼륨함량은 3,000 $\mu\text{s cm}^{-1}$ 처리구에서 대조구에 비해 유의하게 낮았다. 수량을 결정하는 이삭당 영화수, 등숙률 및 천립중은 염분농도가 증가함에 따라 감소하였고, 수량 역시 큰 폭으로 감소하여 처리구 모두에서 유의하게 감소하였다.

완전미율은 염도가 높아짐에 따라 증가하였고, 청미는 감소하였으며, 단백질 함량은 염분 농도가 증가할수록 감소하는 경향으로 3,000 $\mu\text{s cm}^{-1}$ 처리구에서 대조구에 비해 유의하게 낮았다.

우리나라는 1970년대를 전후하여 관개용수원 확보를 목적으로 서남해안 바다를 간척하여 하구담수호를 다수 조성하였으며, 이는 전체 농업용수원의 약 16% 정도를 차지하고 있다. 하지만 우리나라의 하구담수호는 조성 년도가 짧을 뿐만 아니라 바다와 인접한 지형, 지질학상으로 염분농도가 높아 농작물 염해에 대해 우려의 소지가 많다.

우리나라에서는 그동안 간척지인 토양을 대상으로 하여 수확량 확보를 목적으로 염분 농도와 벼 생육에 대한 연구가 지속되어 왔다. 그러나 염분 농도가 높은 물을 관개용수로 이용시 벼 생육과 수량, 미질 등에 미치는 영향 등에 대한 연구는 소수에 불과하여 기초자료 확보차원에서 본 연구가 시도되었다.

본 연구의 결과를 종합해 볼 때, 관개수의 염분농도가 1,000 $\mu\text{s cm}^{-1}$ 이상에서는 수량감소를 가져오고, 특히

3,000 $\mu\text{s cm}^{-1}$ 이상에서는 절대적인 벼 생육 피해뿐만 아니라 식물체 고사까지 초래하고 있다. 따라서 염도가 높은 물을 관개용수로 이용시 사용 전에 충분한 제염이 이루어져야 할 것으로 사료되며, 염분 농도에 대한 허용한계농도 수질기준이나 관개용수 수질기준 마련이 시급하다 하겠다.

본 연구는 단지 1년간의 포트실험의 결과이므로 자연 환경에서의 재배실험과는 상당히 다를 수가 있다. 따라서 자료에 대한 신뢰성 확보를 위해서는 포장실험을 비롯하여 향후 지속적인 생육실험으로 자료를 축적하는 것이 바람직하다고 판단된다.

사 사

본 연구는 농림부 국고지원으로 수행된 연구과제의 일부 내용입니다. 이에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- 농림부. 2003. 2003 농업생산기반통계연보. 농림부, 과천.
- 농촌진흥청 호남농업시험장. 2002. 한국의 간척지 농업 229-231, 농촌진흥청, 익산.
- 어임수, 한규홍, 이종영, 장효창. 1982. 남부간척지 수도생력 재배시험. 호남작물시험장, 익산.
- 이승택. 1989. 수도의 염해와 대책. 한국작물학회지 **34**: 66-80
- 이승현, 안열. 2003. 우리나라 간척현황과 향후과제. 간척지농업연구회 **1**(1): 20-31
- 이충근, 윤영환, 신진철, 이변우, 김정곤. 2002. 벼 생육시기별 염수처리 농도와 기간에 따른 생육 및 수량. 한국작물학회지 **47**(6): 402-408
- 정진일, 유숙종, 오명규, 백남현, 고재권, 이재길. 2002. 벼 생태별 염농도에 따른 생육 및 수량. 한국작물학회지 **47**(6): 422-426
- 최선영, 이강수, 여동수, 유점호. 1994. NaCl 처리가 벼 유묘기의 생장, 수분포텐셜 및 광합성에 미치는 영향. 전북대학교 농대논문집 **25**: 1-12
- 최선화. 2003. 아시아 몬순기후대에 속하는 국가들의 농업용수 수질기준소개. 농어촌과 환경 **79**: 67-76
- CCME. 1999. Canadian Environmental Quality Guidelines, Canadian Council of Ministers of the Environment, Environment Canada, Hull, Quebec; 8 Chapters
- C. M. Grieve and E. V. Maas. 1987. Differential Effects of Sodium/Calcium ratio on Sorghum Genotypes. *Crop science* **28**(4): 659-665.
- E. V. MAAS and S. R. GRATTAN. 1999. Crop yield as affected by salinity. *Agricultural Drainage, Agronomy Monograph* **38**: 55-108
- Kaddah, M.T. 1963. Salinity effects on growth of rice of the seeding and inflorescence stages of development. *Soil Science* **96**: 105-111
- Linghe Zeng and Michael C. Shannon. 2000. Effects of salinity on grain yield and yield components of rice at different seeding densities. *Agronomy Journal* **92**(3): 418-423
- Linghe Zeng and Michael C. Shannon. 2000. Salinity effects on seeding growth and yield components of rice. *Crop Science* **40**(4): 996-1003
- Linghe Zeng, Scott M. Lesch and Catherine M. Grieve. 2003. Rice growth and yield respond to changes in water depth and salinity stress. *Agricultural Water Management* **59**: 67-75.
- Munns, R. and A. Termaat. 1986. whole-plant responses to salinity. *Aust. J. Plant Physiol* **13**: 143-160
- Scardaci, S.C., A.U. Eke, J.E. Hill, M.C. Shannon and J.D. Rhoades. 1996. Water and soil salinity studies on California rice. Rice Publ.Coop. Et., Univ. of California, Colusa, CA, USA.
- Shannon M.C., J.D. Rhoades, J.H., S.C. Scardaci and M.D. Spyres. 1998. Assessment of salt tolerance in rice cultivars in response to salinity problems in California. *Crop Science* **38**(1): 394-398
- Stephen R. Grattan, Linghe Zeng, M. C. Shannon and Stacy R. Roberts. 2002. Rice is more sensitive to salinity than previously thought. *Research Article of UC*. 190-195
- Steven C. Scardaci, Austine U. Eke, James E. Hill, Michael C. Shannon and James D. Rhoades. Water and soil salinity studies on California rice. <http://agronomy.ucdavis.edu/uccerice/water/salinity.htm>.

(Manuscript received 11 April 2004,

Revision accepted 12 June 2004)