

NaCl 처리가 벼의 무기성분 흡수 및 생육에 미치는 영향

정진일*[†] · 고종철* · 이승엽** · 권태오** · 이동진***

*호남농업시험장, **원광대학교 생명자원과학대학, ***단국대학교 생명자원과학대학

Effects of NaCl Treatment on Absorption of Inorganic Nutrients and Growth in Rice

Jin-Il Choung*[†], Jong-choul Ko*, Seung-Yeob Lee**, Tae-Ou Kwon** and Dong-Jin Lee***

*National Honam Agri. Exp. Sta., RDA, Iksan 570-080, Korea

**Coll. of Life Science & Natural Resources Wonkwang Univ., Iksan, 570-749, Korea

***Coll. of Life Science & Natural Resources Dankuk Univ., Chounan, 330-714, Korea

ABSTRACT : In order to find out the basic information for salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.), effects of NaCl treatment on absorption of inorganic components and growth were investigated in 6 japonica and 5 tongil varieties and compared to the salt tolerance variety, Annapurna. The absorption of N and P₂O₅ was less repressed than that of K₂O, MgO, CaO, and SiO₂ which were a little affected by NaCl treatment. K₂O was the most highly repressed component in the absorption of inorganic components, followed by MgO, CaO, total-N, P₂O₅ and SiO₂. Na₂O content was increased about twenty times to the control at 30 days after NaCl treatment, and tongil varieties more than absorbed japonica ones. Dry weight of japonica varieties by NaCl treatment was less reduced than that of tongil varieties, followed by Seomjinbyeo, Sinseonchalbyeo, Nakdongbyeo, Daechoungbyeo, Dongjinbyeo and Chuchoungbyeo in japonica group, and Milyang30, Gayeabyeo, Jangseongbyeo, Chilseongbyeo and Taebackbyeo in tongil group. The relationship between dry weight reduction and Na/K ratio showed positively significant correlation in rice.

Keywords : inorganic components, growth, NaCl, rice, salt tolerance

작물의 염해는 과잉 염류에 의한 높은 삼투압으로 작물의 수분 흡수가 저해되거나(Eaton, 1950), 과잉 흡수된 이온의 특이적 작용 때문에 영양적 불균형이 일어나 필수 원소의 흡수를 억제하기 때문에(Tagawa & Ishizaca, 1963) 나타난다. 간척지나 염해지에서는 염분의 지표면 상승집적을 막기 위하여 담수상태로 담수적용성이 높은 벼를 재배하여 염피해를 줄이는 동시에 제염을 통하여 숙답화하는 방안이 이상적이다. 그러나 우

리 나라의 경우 대부분의 간척지 적응품종들도 한발시에는 염피해를 입고 있으며, 아직까지 Annapurna, Pokkari, Nona Bokra 등과 같은 인디카 품종 정도의 내염성을 가진 자포니카 품종은 육성되지 않고 있다.

벼에서 내염성의 품종간 차이는 많은 연구자들에 의하여 보고되었는데, Choi *et al.*(1983)은 수도 품종의 발아기 내염성은 염농도가 증가함에 따라 발아율 및 발아세가 감소하며, 자포니카 품종보다는 통일형 품종에서 더 심하다고 하였으며, Janad Han(1971)은 내염성이 강한 Getu, Dasal, Damolar, Taichung 품종들은 내염성이 낮은 품종들보다 적은 염분을 흡수하고 있으며, NaCl 흡수량이 내염성의 지표라고 하였다. 한편 염류피해 중 Tagawa & Ishizaca(1963)는 Na⁺과 Cl⁻간의 염해 작용은 Cl⁻이 위에 피해를 많이 주며 짧은 잎이 고엽보다 많고 활엽이 강한 잎에 많으며, 증산작용과는 무관하게 집적한다고 하였고, Ehlig & Bernstein(1958)도 고엽이 되는 피해 증상은 Na⁺보다 Cl⁻의 피해가 더 빠르고 크며, Na⁺에 대한 길항관계는 식물체내 흡수량은 토양 중 Na⁺에 의한 K⁺의 흡수억제 작용으로 생육저해를 일으킨다고 하였다.

우리나라의 경우 간척면적이 많고, 최근 조성된 간척지에서는 아직도 매년 많은 지역에서 염피해가 나타나고 있으나, 염해에 대한 생리기작 연구와 Annapurna, Pokkari, Nona Bokra 등과 같은 인디카 품종으로부터 내염성 형질을 가진 중간모본 육성 등이 미흡한 실정이다. 특히 간척지에 적응하는 내염성 벼 품종이 희소하므로 염피해를 최소화 할 수 있는 내염성 품종육성이 시급한 실정이다.

따라서 본 연구는 내염성 신품종 육성의 기초자료를 얻기 위하여, 염수처리에 따른 자포니카와 통일형 벼 품종간 무기양분 흡수 및 성장반응에 대한 차이를 조사하기 위하여 실시하였다.

[†]Corresponding author: (Phone) 063-840-2164 (E-mail) choungji@rda.go.kr

<Received August 5, 2003>

재료 및 방법

공시품종 및 염처리

Annapurna를 내염성 대비품종으로 하여 추청벼, 낙동벼, 신선찰벼, 대청벼, 섬진벼, 동진벼 등 자포니카 6품종과 태백벼, 가야벼, 칠성벼, 장성벼, 밀양30호 등 통일형 5품종을 5월 1일에 파종하였다. 6월 12일에 42일된 성묘를 깨끗한 강모래를 담은 플라스틱 상자에 주당 3본으로 10 cm 간격으로 8주를 이양하여 사경재배하였다. 수경액은 N-40 ppm, P-20 ppm, K-30 ppm, Mg-20 ppm, Ca-20 ppm으로 제조하였으며, pH는 4.8-5.0수준으로 조절하였다. 염수처리는 이양 6일후 6월 18일에 수경액에 NaCl을 1당 60me씩 넣어 1회 처리하였고, 재배관리는 NaCl을 첨가하지 않은 수경액을 주당 3-4회 공급하였다. 시험구 배치는 완전임의배치 4반복으로 하였으며, 염수처리후 10일 간격으로 초장, 건물중 및 식물체내 무기성분 함량의 경시적 변화를 농촌진흥청 조사기준에 따라 조사하였다.

무기성분 분석

염수처리 후 10일 간격으로 채취하여 70°C 건조기에서 5일간 건조시켜 40 mesh로 분쇄하여 습식분해시킨 다음, N은 Kjeldahl법, P₂O₅는 Molybden산 비색법, SiO₂는 중량법, Na₂O, CaO, K₂O, MgO 등은 원자흡광분광법(Atomic Absorption Spectrophotometer, Hitachi Co.)으로 분석하였다.

결과 및 고찰

초장 및 건물중의 경시적 변화

염수처리에 따른 벼 생육의 경시적 변화를 보면, 초장은 염수처리를 하여도 약간씩 증가하는 경향을 보였으나, 처리일수가 경과함에 따라 대조구보다 작았다(Table 1). 자포니카 및 통일형 품종 모두에서, 처리 30일 이후에는 대조구에 비하여 초장이 현저한 차이를 보였으며, 신장은 거의 정지되었다. 초장신장은 자포니카 품종들이 통일형 품종들보다 비교적 양호하였고, 무처리 대비 초장 단축율도 적었다. 염수처리에 따른 건물중의 변화는 염수처리후 시일이 경과함에 따라 엽고사가 심하게 나타났다. 처리후 15일경까지는 자포니카 품종과 통일형 품종간 건물중에 큰 차이를 보이지 않았으나, 시일이 지날수록 급격히 감소하여 35일 후에는 무처리 대비 35%와 38% 정도였다. 이와 같이 건물중의 감소율은 내염성 달관치와도 밀접한 상관을 보이기 때문에 내염성 판정의 중요한 지표중의 하나이다(Akita & Cabuslay, 1990; Gregorio & Senadhira, 1993; Lee, 1995). 본 실험에서 염수처리에 따른 건물중 감소 정도는 품종간의 차이도 크게 나타났고 자포니카 품종들보다는 통일형 품종들의 건물중 감소가 큰 것으로 보아 염해조건에서는 통일형 벼들의 생육량이 적음을 알 수 있었다.

Table 1. Changes of plant height and dry weight by NaCl treatment in rice.

Days after NaCl treatment	Variety	Plant height (cm)			Dry weight (mg/hill)		
		Control	NaCl	%	Control	NaCl	%
0	Japonica	26.4	-	-	322	-	-
	Tongil	19.2	-	-	313	-	-
10	Japonica	38.1	33.6	88.2	374	333	89.0
	Tongil	27.8	24.3	87.4	353	322	91.2
20	Japonica	43.1	36.0	83.5	411	281	68.4
	Tongil	34.0	28.2	82.9	423	262	61.9
30	Japonica	49.8	37.1	74.5	501	192	38.3
	Tongil	43.1	28.3	65.7	492	171	34.8

*Plants were treated with hydroponic water containing 60 me/l NaCl on 12, June, and then added hydroponic water in application 3-4 times a week. % : percentage to the control.

무기성분 함량의 경시적 변화

염수처리에 따른 무기성분 함량의 경시적 변화를 조사한 결과(Table 2), 무처리 대비 총 질소함량은 자포니카 품종들은 처리일수가 진행될수록 96-93% 수준으로 큰 차이를 보이지 않았으나, 통일형 품종들은 처리 20일 이후에는 급격히 감소하여 92-88% 수준을 보여 질소 흡수를 원활히 하지 못함을 알 수 있었다. P₂O₅함량은 염처리 초기에는 함유량이 증가하였으나 시일이 경과될수록 낮아지는 경향이였으며, 품종간 차이도 크지 않았다. K₂O는 처리후 시일이 경과될수록 낮은 함유량을 보여, 낮은 염조건하에서도 K₂O의 흡수가 낮음을 알 수 있었다. 자포니카 품종들보다 통일형 벼 품종들의 K₂O 흡수율이 낮게 나타났으며, 이러한 경향은 MgO에서도 비슷하였다. MgO는 처리 초기부터 낮게(74-67%)나타났으나 시일이 경과되어도 함유량에 큰 변이가 없었으며 품종간 차이도 크지 않았다. SiO₂는 일정한 경향을 보이지 않았으나, Na₂O함량은 염처리 초기에는 함유량은 적지만 무처리 대비 흡수율이 급증하여 처리 10일에는 10배, 처리 20일에는 16배 그리고 30일에는 20배 정도 증가하였고, 자포니카 품종들보다는 통일형 품종에서 흡수율이 높았다. 이와 같이 과잉의 Na⁺ 흡수는 식물의 염해를 일으키는 주요한 원인이며(Clarkson & Hanson, 1980; Munns, 1993), 이로 인한 삼투압의 불균형이 생육장을 일으키게 된다(Akbar, 1975; Tarczynski *et al.*, 1993; Gosta *et al.*, 1996). 또한 과잉의 Na⁺에 의한 양분흡수 억제 작용은 Tagawa & Ishizaca(1963) 등이 보고한 바와 같이 Na⁺과 K⁺의 길항작용에 의한 결과로 보였으며, 품종간 양분흡수 저해정도는 자포니카 품종에서보다 통일계 품종에서 더 심하였다.

이상의 결과에서 염수를 처리함으로써 식물체내에 K₂O, CaO, MgO함량이 대조구보다 CaO>MgO>K₂O 순으로 현저히 적었는데, 이는 Na⁺의 흡수 증가에 따른 이들 이온과의 길항

Table 2. Changes in content of inorganic components by NaCl (60 me/l) treatment in rice.

Inorganic components	NaCl	10 days		20 days		30 days	
		Jap.	Tongil	Jap.	Tongil	Jap.	Tongil
T-N	Control	2.28	2.16	2.26	2.25	2.22	2.33
	NaCl	2.18	2.17	2.12	2.08	2.06	2.05
	%	95.6	100.5	93.8	92.4	92.8	88.0
P ₂ O ₅	Control	0.82	0.83	0.86	0.81	0.84	0.82
	NaCl	0.87	0.86	0.82	0.80	0.79	0.76
	%	106.1	103.6	95.3	98.8	94.1	92.7
K ₂ O	Control	3.15	3.20	3.15	3.20	3.12	3.19
	NaCl	2.34	2.22	1.84	1.79	1.38	1.30
	%	74.3	69.4	58.4	55.9	44.2	40.8
CaO	Control	0.34	0.34	0.31	0.32	0.30	0.34
	NaCl	0.32	0.33	0.28	0.27	0.25	0.24
	%	94.1	97.1	90.3	84.4	83.3	70.6
MgO	Control	0.34	0.36	0.32	0.36	0.28	0.27
	NaCl	0.25	0.24	0.23	0.20	0.19	0.18
	%	73.5	66.7	71.9	55.6	67.9	66.7
SiO ₂	Control	5.57	5.00	5.53	5.49	5.14	5.30
	NaCl	5.27	5.30	5.10	5.00	5.30	5.23
	%	94.6	106.0	92.2	91.1	103.1	98.7
Na ₂ O	Control	0.06	0.04	0.10	0.11	0.12	0.12
	NaCl	0.61	0.64	1.62	1.66	2.35	2.57
	%	1016.7	1600.0	1620.0	1509.1	1958.3	2141.7

Plants were treated with hydroponic water containing 60 me/l NaCl on 12, June, and then added hydroponic water in application 3-4 times a week. % : percentage to the control.

작용때문으로 생각되며, SiO₂는 일정한 경향은 없었으나 흡수가 억제되는 경향을 보였고, 품종간 차이는 크지 않았다.

Hegde와 Josh(1974)는 내염성이 강한 Kalarata가 염토양에서도 K⁺이온을 많이 흡수하고 Na⁺를 적게 흡수하는 특성을 보였다. 고 하여 본 시험과 유사하였는데, 자포니카보다는 통일계가 Na⁺를 많이 흡수하고, K⁺을 적게 흡수하는 것으로 나타나, 자포니카 품종들이 통일형 품종들보다 내염성이 강한 것으로 나타났다.

건물중 감소율과 Na/K 비의 품종간 차이

염수처리에 따른 품종간 건물중 감소율과 K/Na 비를 대비 품종인 Annapurna와 비교해 보면 Table 3과 같다. 건물중 감소율은 염처리 20일에서 Annapurna보다 공시품종 모두 감소율이 높았고, 그 정도는 통일형 품종들이 자포니카형 품종들보다 높았다. 품종별로 보면 자포니카 품종에서는 섬진벼 감소정도가 가장 낮았고, 신선찰벼<낙동벼<대청벼<동진벼<추청벼 순으로 나타났으며, 통일형 품종에서는 밀양30호의 감소정도가 가장 낮았으며, 가야벼<장성벼<칠성벼<태백벼 순으로 품종간 차이가 있음을 알 수 있었다. 또한 처리시기별 K/Na 비의 변화를 보면 건물중과 비슷한 경향을 보였는데, 염수처리 후 시일이 경과함에 따라 급격한 감소를 보였다. K/Na 비의 감소정도는 자포니카 품종에서 보다 통일형 품종에서 컸다. Harmer & Benec(1971)는 K/Na 비에 의한 식물의 내염성 반응에 있어서 K/Na 비가 높을수록 내염성이 강하다고 하였는데, 본 시험에서도 K/Na비와 건물중 감소율은 부의 상관을 보여 K/Na비가 낮을수록 건물중 감소율이 크게 증가하였다. 건물중 감소율로 비교해보면 통일형 품종들이 자포니카 품종들보다 염해에 약한 것으로 보였으며, 자포니카에서는 섬진벼, 신선찰벼의 내염성이 양호하였고, 통일형 품종에서는 밀양30

Table 3. Varietal differences of dry weight and Na/K ratio after NaCl treatment in rice.

Variety	Reduction of dry weight (%) ¹⁾	K/Na ratio			
		10 Days	20 Days	30 Days	
Japonica	Seomjinbyeo	27	4.2	1.5	0.8
	Sinseonchalbyeo	27	4.1	1.3	0.7
	Nakdongbyeo	35	4.0	1.3	0.7
	Daechoungbyeo	41	3.3	1.0	0.6
	Dongjinbyeo	40	3.2	1.2	0.5
	Chuchoungbyeo	45	3.1	0.9	0.6
	Mean	35.8(137.7)	3.7(84.9)	1.2(75.0)	0.7(87.5)
	Tongil	Milyang30	30	4.1	1.2
Gayeabyeo		32	3.9	1.0	0.6
Jangseongbyeo		39	3.2	1.0	0.6
Chilseongbyeo		45	3.2	0.8	0.4
Taebackbyeo		42	3.0	0.8	0.3
Mean		37.6(144.6)	3.5(80.9)	1.0(62.5)	0.5(62.5)
Indica	Annapurna	26(100)	4.3(100)	1.6(100)	0.8(100)

¹⁾ Data were compared to the control at 20 days after NaCl treatment. (%) : Compared to var. Annapurna

호가 양호하였다. 최근 벼에서 K/Na 비는 고염율에 의한 내염성 달관 조사치와 높은 상관관계가 인정되어 내염성 지표로 많이 이용된다(Gregorio & Senadhira, 1993; Lee *et al.*, 1996).

이상의 결과에서 자포니카보다는 통일형 품종들이 K/Na 비가 적고 건물중 감소율이 높게 나타나 통일형 품종들의 내염성이 낮았다. 따라서 K/Na 비와 건물중과는 고도의 정의 상관관계가 인정되므로 측정치로서의 건물중과 분석치로서의 K/Na 비는 벼 품종의 내염성 지표로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

적 요

벼 내염성 품종육성의 기초자료를 얻기 위하여, 자포니카와 통일형 품종간에 염처리에 따른 초장, 건물중 및 무기성분 흡수의 경시적 변화를 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 수경액에 NaCl을 첨가하여 시용한 결과 N과 P₂O₅는 흡수저해는 적었으나, 다른 무기염류의 흡수억제는 K₂O > MgO > CaO > Total-N > P₂O₅ > SiO₂ 순으로 컷으며, SiO₂는 염수조건에서도 흡수에 큰 영향이 없었다.

2. Na₂O함량은 염처리 초기에는 함유량은 적지만 무처리 대비 흡수율이 급증하여 처리 10일에는 10배, 20일에는 16배 그리고 처리30일에는 20배 정도로 증가하고 자포니카 품종보다는 통일형 품종에서 흡수율이 높았다.

3. 염수처리에 따른 건물중 감소율은 자포니카 품종들이 통일형 품종들 보다 적었고, 자포니카 품종에서는 섬진벼>신선찰벼>낙동벼>대청벼>동진벼>추청벼 순으로, 통일형 품종에서는 밀양30호>가야벼>장성벼>칠성벼>태백벼 순이었다

4. 염처리에 의한 품종간 K/Na 비와 건물중 감소율과는 부의 상관을 보였다.

인용문헌

- Akbar, M. 1975. Water and chloride absorption in rice seedlings. *J. Agric. Res.* 13 : 341-343.
- Akita, S. and G.S. Cabsulay. 1990. Physiological basis of differential response to salinity in rice cultivars. *Plant Soil* 123 : 277-295.
- Choi, Gyeong-Gu, Sheong-choon Lee and Young-nam Chang. 1983. Study on the salt tolerance of rice plant - effects of salt concentration on germination and rooting activity of seedling of some varieties rice. Research Institute of Agricultural Development. *Chonbuk Univ.* 14 : 17-30.
- Clarkson, D.T. and J.B. Hanson. 1980. The material nutrition of higher plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 31 : 239.
- Eaton, F.M. 1950. Toxicity and accumulation of chloride and sulfate salts in plants. *Agronomy.* 64 : 357-399.
- Ehlig, G.F. and L. Bernstein. 1958. Salt tolerance of straw-berris. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 76 : 321-331.
- Gosta, L., H. Niklas and L. Bulow. 1996. Enhanced NaCl stress tolerance in transgenic tobacco expressing bacterial chorine dehydrogenase. *Bio. Technology* 14 : 177-180.
- Gregorio, G.B. and D. Senadhira. 1993. Genetic analysis of salinity tolerance in rice (*Oriza sativa* L.). *Theor. Appl. Genet.* 86 : 333-338.
- Harmer, P.M. and E.S. Bener. 1971. Sodium as a crop nutrient. *Published by Michigan Agr. Exp. Station* : 137-147.
- Hegde, B.A. and G.V. Josh. 1974. Mineral salt absorption in saline rice variety kalarata. *Plant and soil.* 41 : 421-424.
- Janard Han, K.V. 1971. Note on modified method of screening rice varieties for tolerance to saline conditions. *Ind. J. Agr. Sci.* 41(5) : 504-507.
- Lee, K.S., D. Senadhira and S.Y. Cho. 1996. Correlation between visual assesment and measurement of physiological criteria for salinity tolerance at seedling stage in japonica rice. *Kor. J. Breed.* 28(4) : 409-414.
- Munns, R. 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. *Plant Cell Environ.* 16 : 15-24.
- Tagwa, T. and N. Ishizaka. 1963. Physiological studies on the tolerance of rice plants to salinity. II effects of salinity on the absorption of water and chloride ion. *Jap. J. Crop. Sci.* 31(4) : 337-341.
- Tarczynski, M.C., R.G. Jensen and H.J. Bohnert. 1993. Stress protection of transgenic tobacco by production of the osmolyte mannitol. *Science* 259 : 508-510.