

염류 스트레스에 대한 수도품종의 생리적 반응에 대한 연구

조동하, 김홍현, 윤병성, 김이훈
강원대학교 농업생명과학대학 식물응용과학부

Studies of Physiological Response to the Salt Tolerance of Rice Cultivars

Dong Ha Cho, Hong Hyun Kim, Byeong Sung Yoon, E Hun Kim
Division of Plant Sciences, College of Agriculture and life Sciences,
Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea

ABSTRACT

This study was to investigate the dry weight, the amount of Na⁺ and K⁺, water potential and leaf photosynthesis rate in plants for determining the salt tolerance mechanism in rice cultivars on soil and solution culture with NaCl. The results obtained in this study are summarized as follows: In general, rice cultivars, cv. Tetep and Jinbu, having high salt tolerance in ID(identified on dry matter production level) showed the higher salt tolerance in RGR(relative growth rate), compared with rice cultivars(cv. Nonglim 41ho, Dunraebyeo and Sobackbyeo) having low salt tolerance. The contents of Na in rice differed depending on cultivars and plant parts. Tetep contained 2.9 times higher amounts of Na⁺ and Obongbyeo contained 4.6 times more contents Na in shoot parts, compared with that of control. Among plants parts, leaf sheath contained much higher contents of Na⁺ than leaf blade and root part. High salt tolerance cultivar Obongbyeo showed a larger decrease in osmotic potential than low salt tolerance cultivar Dunraebyeo suggesting that osmotic adjustment was developed under salt stress conditions in a salt tolerant cultivar. In order to know the IY(identified on grain yield level) using rice cultivars having different salt tolerance the capacity of photosynthesis was investigated. The capacity of photosynthesis in cv. Tetep and Obongbyeo having high salt tolerance was much higher than that in cv. Dunraebyeo and Nonglim 41 having low salt tolerance.

Key words: rice, salt tolerance, NaCl, RGR, NAR, LAR

서 언

염류토양은 세계적으로 분포되어 있는 면적이 약 9억 5천만 ha정도이며, 이 면적은 지구상의 식량작물 재배면적의 약10%에 이르고, 우리나라 국토면적의 약 440배나 된다(김, 1992; 但野, 1983). 벼재배 중심지인 동남아시아권에서는 5천 6백만 ha가 분포되어 있으며(Ponnamperuma, 1984.), 현재 우리나라에서는 열매 및 아열대 지방과는 달리 강우량이 증발량보다

많으므로 토양 면적에 염류집적이 일어나지 않아 염해는 주로 간척지에 국한되어 있다.

우리나라 간척지는 2000년대까지 635千ha를 개발하여 이중 농경지는 우리나라 논면적의 1/3에 해당하는 401千 ha를 농경지로 조성할 계획이다(農林水産, 1979.). 現在 98千ha는 이미 干拓完了되었고, 또 40千ha의 새만금간척공사가 추진중에 있어 간척지에 대한 관심이 집중되고 있다. 간척지는 토양구조가 불량하고 염분이 집적되어 있으며 저하수위가 높아 담수상태로 재배할 수 있는 것은 벼가 대부분을 차지

하고 있어 벼는 토양 염분 농도에 따라 초기 근활력과 지상부 생육이 저조하여 생산성에 많은 제약을 받아 수확량이 떨어진다고 한다(Balasubramanian과 Rac 1977; Eaton, 1950; Gauch와 Wacleigh 1944; Im과 Chang, 1968; 劉, 1986.).

염해지를 작물재배가 가능한 토양으로 개량하기 위한 방법으로 담수관제가 필수적인데 염해지의 경계 여건상 불가능한 지역이 많고(Moore, 1984; Toenniessen, 1984.) 간척지의 경우에는 최소 10년 이상의 관개 제염이 이루어져야 정상적인 재배가 가능한 것으로 보고되고 있다(Croughan 등, 1978).

일반적으로 염해의 주된 원인은 흡수된 Na^+ 이온이 과잉되어 일어난다고 한다. 벼에서 엽신 Na^+ 함유량과 성장속도에 부의 상관성이 있는데, 특히 Na^+ 의 식물에게 영향을 미치는 직접적인 원인과 Na^+ 흡수로 인한 K^+ , Ca^{2+} 등의 식물의 생장에 필요한 무기이온의 흡수를 억제시키는 간접적인 원인도 있다(Matoh 등, 1986). 이러한 간척지에는 고농도의 염류가 함유되어 있기 때문에 간척 초기에는 작물의 재배는 거의 불가능하며, 제염을 한 후에도 벼와 같은 염류에 대한 저항성이 낮은 작물인 경우, 그 수량은 현저하게 낮다. 그러나 벼의 품종에서도 내염성이 비교적 높은 품종이 있어, 이를 선별하여 간척지 환경에 잘 적응하는 품종의 육성보급이 시급하다.

본 연구에서는 국내에서 재배되는 76개 품종을 선별하여 일차적으로 발아율에 대한 내염성 검정을 하였으며, 발아율이 높은 품종과 낮은 품종을 선별하여 유묘기에 생육재배상에 NaCl 을 첨가하여 건물증가 속도, K^+ , Na^+ 함량, 水分 포텐셜, 잎의 광합성속도변화를 측정하여 벼품종의 내염성 정도를 밝히고자 실시하였다.

재료 및 방법

NaCl 처리에 따른 벼 품종의 건물생산속도와 생장분석 발아율 실험에서 높은 발아율을 보인 9개 품종을 선정하여 30°C 로 유지되는 성장상에서 발아시킨 후 온실에서($30/25^\circ\text{C}$)플라스틱 포트에 파종하였다. 파종 20일 후에 유묘의 토양을 제거시키고 순수한 물에 2일간 담고 난 후 Kimura B액(표 1)이 담겨있는 1/5000 와그너 포트에 이식하여 재배하였다. 수정액

의 pH는 5.5 ± 0.3 으로 조절하고, 4일에 한 번씩 변경시켰다. NaCl 처리는 본잎이 4-5엽이 나왔을 때 75mM을, 14일 동안 처리하였다. 엽면적, 뿌리, 줄기의 생체중, 건물중을 측정하였으며, 측정치는 Hunt and Parsons (1974)에 의해서 program 된 생장분석법을 사용하였다. 생장분석은 NaCl 을 처리한 날로부터 14일째에 식물체의 각 처리구당 3개체씩 채취하여 상대생장률(Relative growth rate, RGR), 순동화률(Net assimilation rate, NAR), 엽면적비(Leaf area rate, LAR)를 산출하였으며, 건조기에서 48시간 건조시킨 후 각 부위별 건물중을 측정하였다.

NaCl 처리에 따른 벼 품종의 Na^+ , K^+ 함량

본 실험에 사용된 공시재료는 생장분석에 사용된 9개 품종을 사용하였으며 수분이 제거된 상태에서 K^+ , Na^+ 를 측정하였다. 수분은 건조기에서 완전히 제거되었다. 건조기에서 건조된 시료를 정량하여 취한 후 소형 도기그릇에 넣은 다음 고온건기로(약 500°C)에서 24시간 유지하여 시료를 완전 灰化된 시료로 만들었다. 진기로에서 꺼낸 시료를 4N-HCl 1ml를 가한 후 유리막대로 곱게 마쇄하고, 곱게 갈아진 시료를 환저플라스크에 넣고 증류수로 100ml로 정량한 다음 삼각플라스크에 깔대기를 이용하여 여과시킨 후 원자흡광기(Atomic Absorption Spectrophotometer)를 이용하여 K^+ , Na^+ 함량을 측정하였다.

NaCl 처리에 따른 삼투조건 능력에 있어서 품종간 차이

식물체는 유묘기까지 자라게 한 후 1/5000와그너 포트에 옮겨 심은 후 수경재배를 하였다. 잎이 4-6엽정도 자란 후 무처리구와 75mM 염처리구로 하여 24시간 동안 처리한 후에 osmotic, water potential(단위: bar)을 측정하였다. 무처리구와 염처리구의 식물체는 오전 10시경에 실험실로 옮겨졌으며, water potential 측정을 위해 잎은 상,중,하로 3부분의 지름이 5mm가 되도록 편치로 등갈게 자른 후 chamber에 넣고 25분 동안 안정화시킨 후 측정하였다. 측정에 사용된 standard solution은 증류수와 NaCl 을 0.05M에서부터 단계별로 나누어(0.1M, 0.2M, 0.3M 등) 만든 후 각 chamber의 표준 포텐셜을 설정하였다. osmotic potential은 측정된 잎을 갈아서 즙액을 만든 후 chamber에 $0.8\mu\text{l}$ 를 주입한 다음 수분포텐셜과 같은 방법으로 측정하였

다(model : HR-33T Dew Point Microvoltmeter, Wescor, INC. USA).

NaCl처리에 따른 벼 품종의 광합성 속도

발아실험에서 공시된 9개 품종을 30℃로 유지되는 생장상에서 발아시킨 후 온실에서(30/25℃)플라스틱 포트에 파종하였다. 파종 20일후에 유묘의 토양을 제거시키고 순수한 물에 2일간 담그고 난 후 Kimura B 液이 담겨있는 1/5000 와그너포트에 이식하여 재배하였다. 水耕液의 pH는 5.5±0.3으로 조절하고, 4일에 한 번씩 변경시켰다. NaCl처리는 본잎이 4-5엽이 나왔을 때 75mM을, 14일동안 처리하였다. 제 5엽전 개시기에 온실에서 인공광 식물생육상으로 옮겨, 강광도 1200μmol/m²s⁻¹ 조건에서 NaCl처리 개시일로부터 1일째에 광합성속도를 측정하였다 (model Li-6200, LI-COR, Inc, Lincoln, NE, USA).

결과 및 고찰

NaCl 처리에 따른 벼 품종의 건물생산속도와 생장해석

NaCl처리조건하에서 14일간 재배한 벼 유식물의 지상부 건물중을 표 1에 나타내었다. 처리구의 모든 품종에서 건물중 저하를 보였으며, 지상부의 건물중은 Tetep, 오봉벼, 진부벼, 도로로기와니, 삼강벼가 전체 평균보다도 높은저하율을 나타내었다. 수량 수준(IY)에서 내염성이 높은 품종과 낮은 품종은 지상부의 건물량과 거의 일치되었다(표1).

NaCl처리에 따른 벼품종의 생장분석을 표 2에 나타내었다. 건물생장속도의 수준에서(ID) 내염성이 높다고한 Tetep, 진부벼 품종은 상대상장율(RGR)에서도 무처리구에 비하여 저하율이 낮아 내염성이 높게 나타났으며, 농림4호, 둔내벼, 소백벼는 약하게 나타났으나, 오봉벼, 삼강벼, 인부지도는 약간 다른 결과를 보였다(표2).

종래의 많은 연구자들은 작물의 내염성을 품종간에 비교할 때에는 지상부 건물 생산속도의 대조구(무처리구)에 대한 NaCl처리구의 비를 사용하여 왔다(Hayward and 1958; Akaba 1972; Fageria 1985). 또한 동시에 생장해석법을 이용하여 내염성의 생리적인 면에서 염해를 해석한 예도 많다(Curtis, 1986;

Table 1. Leaf area dry weight of rice cultivars grown in 75mM NaCl for 14 days.

Cultivar	NaCl treatment		Leaf area (cm ² /plant)		Dry weight (mg/plant)			
	IT	ID	Root	Leaf	sheath	Shoot		
Tetep	0mM	T	t	52	80.0±0.01	120.0±0.04	70.0±0.02	95.0
	75mM			30	63.1±0.02	74.1±0.04	58.6±0.03	66.4 (70)
Obongy	0mM	T	t	38	86.7±0.04	93.3±0.04	70.0±0.03	81.7
	75mM			23	35.5±0.01	68.6±0.02	61.9±0.03	65.3 (80)
Jinbubyh	0mM	N	t	40	80.0±0.01	110.0±0.01	80.0±0.01	95.0
	75mM			26	60.0±0.00	77.8±0.00	77.5±0.01	77.7 (82)
Dororogi	0mM	N	t	43	73.3±0.01	100.0±0.01	96.7±0.01	98.3
	75mM			19	42.6±0.00	78.2±0.00	59.3±0.00	68.7 (70)
Samgang	0mM	S	t	39	70.2±0.01	97.5±0.00	70.2±0.01	83.9
	75mM			18	48.1±0.02	81.7±0.03	56.2±0.03	69.0 (82)
Inboogid	0mM	N	s	42	90.0±0.02	170.0±0.01	126.7±0.02	148.3
	75mM			20	56.7±0.01	113.5±0.02	80.6±0.02	97.1 (65)
Nonglim4	0mM	S	s	54	106.7±0.02	140.0±0.03	116.7±0.01	128.3
	75mM			20	42.5±0.01	92.3±0.02	67.6±0.01	79.9 (62)
Dunraeby	0mM	S	s	49	103.3±0.03	140.0±0.01	126.7±0.02	133.3
	75mM			22	54.0±0.02	73.3±0.02	62.4±0.01	67.8 (51)
Sobaegb	0mM	S	s	59	113.3±0.02	160.0±0.03	136.7±0.03	148.3
	75mM			26	47.2±0.01	69.2±0.01	67.9±0.02	68.6 (46)
Mean	0mM			46	72.9	125.7	102.9	107.9
	75mM			20	50.0	81.0	71.9	73.4 (68)

Figures in the parentheses are percentage ratio to the control.

IY:Identified on grain yeild level.

ID:Identified on dry matter production level.

L:Low vigor germination.

T:Tolerant cultivar.

N:Not indentified cultica.

H;High vigor germination.

S;Sensitive cultivar.

Table 2. Relative growth rate(RGR), leaf area ratio(LAR) and net assimilation rate(NAR) of rice cultivars grown in 75mM NaCl for 14days.

Cultivar	NaCl treatment	IY	ID	RGR[%day ⁻¹]	LAR[cm ² g ⁻¹]	NAR[gm ⁻² day ⁻¹]
Tetep	0mM	T	t	9.59	172	5.59
	75mM			6.39 (67)	163 (95)	3.91 (70)
Obongbyeo	0mM	T	t	6.96	144	4.85
	75mM			3.77 (54)	141 (98)	2.68 (55)
Jinbubyeo	0mM	N	t	6.57	138	4.75
	75mM			4.75 (72)	122 (88)	3.90 (82)
Dororokiwani	0mM	N	t	5.73	150	3.82
	75mM			2.90 (51)	120 (80)	2.41 (63)
Samgang	0mM	S	t	8.43	149	5.68
	75mM			5.47 (65)	121 (82)	4.51 (79)
Inboogido	0mM	N	s	10.05	121	8.31
	75mM			6.77 (67)	103 (85)	6.57 (79)
Nonglim41ho	0mM	S	s	9.38	142	6.59
	75mM			5.34 (57)	112 (79)	4.78 (72)
Dunraebyeo	0mM	S	s	8.38	128	6.54
	75mM			3.90 (47)	117 (91)	3.33 (51)
Sobaegbyeo	0mM	S	s	10.85	146	7.45
	75mM			4.72 (43)	145 (99)	3.16 (42)
Mean	0mM			7.59	143	5.95
	75mM			4.40 (61)	127 (89)	3.52 (59)

Figure in the parentheses are percentage ratio to the control.

IY: Identified on grain yeild level.

ID: Identified on dry matter production level

L: Low vigor germination.

T: Tolaerant cultivar.

N: Not identified cultivar.

H: High vigor germination

S: Sensitive cultivar.

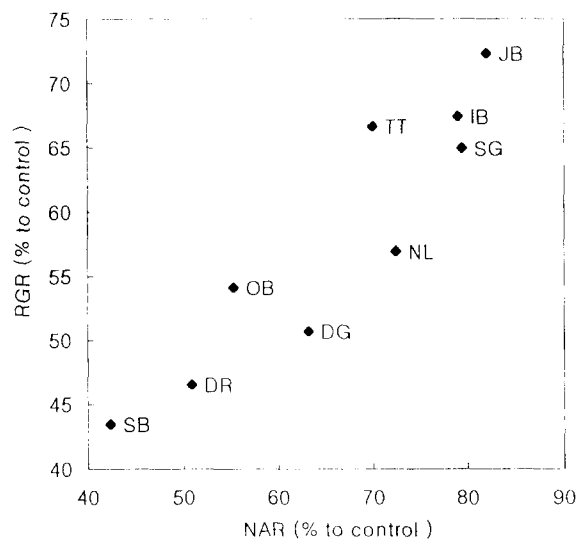


Fig 1. Relationship between relative growth rate(RGR) and net assismilation rate(NAR) of 9 rice cultivars in 75mM NaCl treatment.

TT: Tetep JB: Jinbubyeo NL: Nonglim41ho
 OB: Obongbyeo IB: Inboogido DR: Dunraebyeo
 DG: Dororogiwani SG: SAmgangbyeoo SB: Sobaegbyeoo

Schachtman, 1989; Shennan 1987; Wickens, 1988). 생장해석법은 RGR, NAR, LAR과의 관계를 해석하므로 어느 쪽의 지배를 많이 받는가를 알아보는 것인데 상대생장률(RGR)은 순동화율(NAR)과 엽면적비(LAR) 중 어느 한 쪽과 관련이 있다. 그림 1은 상대생장률과 순동화율의 상관 관계를 나타낸 것으로 높은 정의 상관관계를 보이고있다. NaCl처리에 의한 RGR의 저하는 주로 순동화율(NAR)의 저하에 기인하고 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 상대생장률과 엽면적당 광합성 속도가 내염성과 깊은 관계를 나타내고 있는 것으로 사료된다.

NaCl처리에 따른 벼 품종의 Na⁺, K⁺ 함량

NaCl처리한 후에 14일째의 각 품종의 뿌리, 엽초, 엽신의 건물중 및 함수량(건물중에 대한 비)을 표3에 나타내었다. 거의 모든 품종의 뿌리, 엽초, 엽신의 건물중은 NaCl의 처리에 의해 저하되었다. 이에 대하여 엽신의 함수량은 품종간의 차이는 크게나지 않았으나 농림41호가 극은 낮은 함수량을 나타내었다(표3).

Table 3. Dry weight per plant and water content(ratio to dry weight) in the root, leaf sheath and leaf blade of NaCl-treated rice plants.

Cultivar	NaCl treatment	IY	ID	Root		Leaf sheath		Leaf blade		Shoot	
				DW(mg)	W(mg)	DW(mg)	W(mg)	DW(mg)	W(mg)	DW(mg)	W(mg)
Tetep	0mM	T	t	136	0.68	70	0.45	147	0.53	217	0.49
	75mM			44	0.44	58	0.22	105	0.27	163	0.25(51)
Obongbyeo	0mM	T	t	68	0.50	73	0.33	95	0.51	168	0.42
	75mM			35	0.26	42	0.09	69	0.24	111	0.16(47)
Jinbubyheo	0mM	N	t	78	0.56	112	0.68	106	0.60	218	0.64
	75mM			55	0.33	78	0.41	78	0.41	156	0.41(68)
Dororogiwani	0mM	N	t	72	0.51	120	0.29	99	0.66	219	0.48
	75mM			43	0.28	59	0.11	77	0.33	136	0.22(50)
Samgang	0mM	S	s	58	0.55	62	0.31	88	0.51	150	0.41
	75mM			48	0.35	56	0.12	82	0.29	138	0.20(56)
Inboogido	0mM	S	t	91	0.82	104	0.55	145	0.49	249	0.52
	75mM			57	0.48	81	0.24	114	0.19	195	0.21(40)
Nonglim41ho	0mM	S	s	183	0.85	116	0.56	160	1.00	276	0.78
	75mM			36	0.32	68	0.10	92	0.28	160	0.19(28)
Sobaegbyeo	0mM	N	s	115	0.93	141	0.57	158	1.02	299	0.80
	75mM			67	0.43	109	0.19	117	0.60	226	0.40(59)
Dunraebyeo	0mM	S	s	102	0.65	128	0.46	139	0.89	267	0.67
	75mM			54	0.38	77	0.20	109	0.47	186	0.34(53)
Mean	0mM			100	0.67	103	0.46	126	0.69	229	0.58
	75mM			44	0.33	63	0.17	84	0.31	147	0.24(41)

Figure in the parentheses are percentage ratio to the control.

IY: Identified on grain yeild level.

ID: Identified on dry matter production level

L; Low vigor germination.

T; Tolaerant cultivar.

N; Not identified cultivar.

H; High vigor germination

S; Sensitive cultivar.

W; water content.

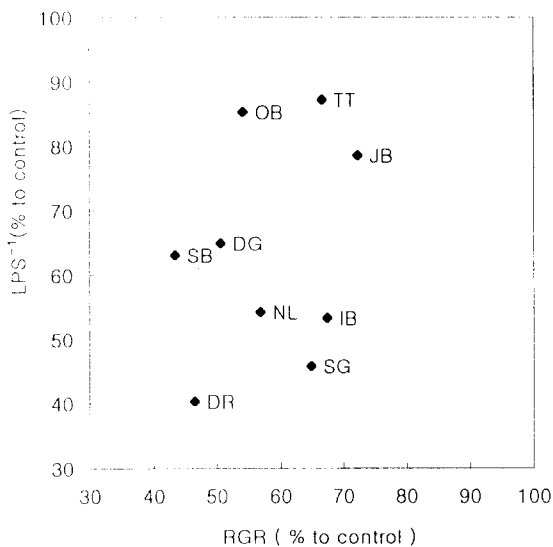


Fig 2. Relationship between leaf photosynthesis(LPS-1) and relative growth rate(RGR) of 9 rice cultivars in 75mM NaCl treatment. The LPS-1 was determined on 1 day after the initiation of 75mM MaCl treatment.

TT: Tetep JB: Jinbubyeo NL: Nonglim41ho
 OB: Obongbyeo IB: Inboogido DR: Dunraebyeo
 DG: Dororogiwani SG: Samgangbyeo SB: Sobaegbyeo

건물중당 Na⁺의 함유량은 전 기관, 품종에 있어서 증가하고 있다. 지상부의 품종간 Na⁺ 함유량의 차이는 Tetep은 무처리구에 비해 2.9배로 다른 처리구에 비해 낮은 함유율을 보인 반면, 오봉벼는 4.6배로 다른 처리구보다 높은 함유율을 보였다. 이에 대해 Frageria은 고농도 Na⁺를 함유한 배양액에 재배할 때 식물의 생장은 억제되며, 특히 내염성이 높은 식물은 식물체내의 Na 함유에도 불구하고 내염성이 낮은 식물에 비하여 높은 식물 성장속도를 보인다고 하였다 (Frageria 1985; Gorchann 1985).

NaCl처리가 K⁺농도에 미치는 영향을 보면 지상부의 함유량을 저하시키는 경향을 보이고 있다. 엽신에 있어서는 큰 영향을 미치지 않으나 엽초와 뿌리에 있어서는 K⁺의 흡수를 저해시켜 이온의 불균형을 초래하고 있다. 그러나 지상부의 K⁺의 저하율과 내염성과의 상관관계는 없었으며 Na⁺함유율과 K⁺ 함유율과는 정의 상관을 보여 Na⁺ 흡수에 따른 K⁺의 흡수 대비관계를 보였다(그림 2).

Table 4. Measurements of water and osmotic potential in the leaves of cultivars on 1 day after 75mM NaCl treatment.

Cultivar	NaCl treatment	IY	ID	Water potential(MPa)	Osmotic potential(MPa)
Obongbyeo	0mM	T	t	-0.42±0.66	-0.85±0.41
	75mM			-0.78±0.14 (187)	-1.16±0.01 (137)
Inboogido	0mM	S	t	-0.58±0.64	-0.92±0.03
	75mM			-0.75±0.75 (129)	-1.16±0.77 (126)
Sobaegbyeo	0mM	N	s	-0.63±0.45	-0.80±0.63
	75mM			-0.79±0.35 (125)	-0.95±0.13 (118)
Dunraebyeo	0mM	S	s	-0.60±0.10	-1.20±0.32
	75mM			-0.60±0.14 (100)	-1.28±0.49 (107)
Mean	0mM			-0.56	-0.94
	75mM			-0.73 (131)	-1.14 (121)

Figure in the parentheses are percentage ratio to the control.

IY: Identified on grain yield level.

L; Low vigor germination

H; High vigor germination.

ID: Identified on dry matter production level.

T; Tolerant cultivar.

S; Sensitive cultivar.

N; Not identified cultivar.

NaCl처리에 따른 삼투조절 능력에 있어서 품종간 차이 75mM NaCl처리 1일 후에 벼품종의 수분 포텐셜에 대하여 측정된 결과 품종간의 큰 유의차는 보이지 않았으나 오봉벼에서 낮은 수분 포텐셜과 삼투포텐셜을 보였으며 둔내벼는 무처리구에 비하여 큰

차이를 보이지 않았다. 일반적으로 삼투조절 능력은 내염성 품종에서 나타나는데 오봉벼는 무처리구에 비해 삼투조절을 하기 위하여 더 낮은 수치로 나타났다. 이에 비하여 내염성이 낮은 둔내벼는 삼투포텐셜의 변화를 보이지 않았다. 그러나 시간이 지남에 따라 어떠한 경향으로 변하는 지는 더욱 실험을 수

Table 5. Leaf photosynthesis(LPS), mesophyll conductance(gm) and stomatal conductance(gs) determined on 1 day after initiation of 75mM NaCl treatment.

Cultivar	NaCl treatment	IY	ID	LPS (mg CO ₂ dm ² hr)	gm (cm sec ⁻¹)	gs (cm sec ⁻¹)
Tetep	0mM	T	t	22.60	0.39	0.27
	75mM			19.70 (87)	0.38 (97)	0.22 (81)
Obongbyeo	0mM	T	t	39.77	0.40	0.20
	75mM			33.91 (85)	0.26 (65)	0.07 (35)
Jinbubyeo	0mM	N	t	26.14	0.57	0.22
	75mM			20.53 (79)	0.45 (79)	0.20 (91)
Dororokiwani	0mM	N	t	27.26	0.45	0.25
	75mM			17.70 (65)	0.29 (64)	0.18 (72)
Samgang	0mM	S	s	26.62	0.54	0.45
	75mM			12.20 (46)	0.26 (48)	0.25 (56)
Inboogido	0mM	S	s	25.30	0.53	0.16
	75mM			13.50 (53)	0.26 (49)	0.07 (44)
Nonglim41ho	0mM	S	s	25.06	0.42	0.19
	75mM			13.60 (54)	0.22 (52)	0.10 (53)
Dunraebyeo	0mM	S	s	26.30	0.59	0.27
	75mM			10.60 (40)	0.26 (44)	0.12 (44)
Sobaegbyeo	0mM	N	s	22.50	0.31	0.33
	75mM			14.20 (63)	0.21 (69)	0.15 (45)
Mean	0mM			26.84	0.47	0.26
	75mM			17.33 (64)	0.29 (63)	0.15 (58)

Figure in the parentheses are percentage ratio to the control.

IY: Identified on grain yield level

L; Low vigor germination.

H; High vigor germination.

ID: Identified on dry matter production level.

T; Tolerant cultivar.

N; Not identified cultivar.

행할 필요가 있다고 여겨진다(표 4).

NaCl처리에 따른 벼 품종의 광합성 속도

표 5를 보면 Tetep이나 인부지도의 경우 다소 차이는 있으나 엽광합성속도(LPS')가 엽육확산전도도와 같은 추세를 나타내는 것을 볼 수 있다. 이른 잎의 광합성이 기공전도력보다는 엽육전도력에 많은 영향을 받는 것으로 보인다. NaCl처리에 따른 엽광합성속도(LPS')의 변화는 처리후 1일째, 7일째, 14일째에 거의 같은 경향을 나타냈으며, 14일째는 처리구에서 급격한 광합성속도가 저하되었다. 본 실험에서는 처리후 1일째에 LPS는 전품종의 평균에서 64%까지 큰 차이로 저하되었다. 이러한 엽광합성속도(LPS')의 저하정도는 품종간에 비교하여 보면 수량 수준(IY)에서 내염성이 강한 Tetep과 오봉벼는 NaCl처리에 의한 엽광합성속도(LPS')의 저하가 적었다. IY에서 내염성이 낮은 둔내, 농립 41호는 9품종의 평균보다도 엽광합성속도(LPS')의 저하가 크게 나타났다.

여기에서 NaCl처리에 의한 LPS'의 저하기구를 기공CO₂확산 전도도(gs)와 엽육확산전도도(gm)로 나누어 검토하였다. 수량수준(IY)에서 저항성이 높았던 Tetep, 진부벼는 모두가 NaCl처리에 의한 기공 CO₂ 확산전도도의 저하가 다른 품종에 비하여 적었다. 이는 기공개도상에서도 이러한 품종은 내염성을 나타냈다고 사료된다. 또한 엽육확산전도도에 대해서도 기공 CO₂ 확산전도도와 같이 상기의 품종에 있어서 Tetep은 97%로 높게 나타난 반면, 내염성이 낮은 44%로 낮게 나타났다. 전체적으로 큰 차이는 보이지 않아 NaCl처리에 의한 엽광합성속도(LPS')의 저하는 기공의 CO₂ 확산전도도와 엽육확산전도도 양쪽의 저하로 인해 일어난다고 사료된다(표 5). NaCl처리 1일째에는 엽광합성속도(LPS')의 저하가 현저하다고 판단되며, 벼의 광합성은 엽내의 Na⁺ 함량의 증가에 민감하게 반응한다. 이러한 것은 다수의 연구자들이 보고하고 있으나(Flowers, 1977; Maegawa, 1987; Cho, 1995; Yeo, 1982) 이러한 현상에 대하여 기구를 연구한 것은 극히 적다. 아직까지 벼에 있어서 Na⁺와 광합성효소인 Rubisco에 관한 품종간의 차이에 대한 연구가 미흡하여 이에 대한 연구가 더욱 진행되어야 할 것으로 사료된다.

적 요

NaCl이 함유된 토양과 배지에서 벼 품종간의 내염성 정도를 조사하기 위하여 건물 증가속도, 식물체 내의 Na⁺와 K⁺의 과잉과 결핍, 수분포텐셜, 단위엽면적당 광합성속도의 변화를 조사하였다.

1. 건물생장속도의 수준(ID)에서 내염성이 높다고 한 Tetep, 진부벼 품종은 RGR에서도 무처리구에 비하여 저하율이 낮아 내염성이 높게 나타났다. 농립41호, 둔내벼, 소백벼는 약하게 나타났다.
2. 地上部の 품종간 Na⁺ 含有量の 차이는 Tetep은 無處理區에 비해 2.9배로 다른 처리구에 비해 낮은 함유율을 보인 반면, 오봉벼는 4.6배로 다른 처리구보다 높은 함유율을 보였다. 엽신에 있어서는 큰 영향을 미치지 않았으나 엽초와 뿌리에 있어서는 K⁺의 흡수를 저해시켜 이온의 불균형을 초래하였다.
3. 삼투조절능력의 품종간 차이에서 오봉벼는 무처리구에 비해 삼투포텐셜이 더 낮은 수치로 나타난 반면에 내염성이 낮은 둔내벼는 삼투포텐셜의 변화를 보이지 않았다.
4. LPS'의 저하정도를 품종간에 비교하여 보면 수량 수준(IY)에서 내염성이 강한 Tetep과 오봉벼는 NaCl처리에 의한 LPS'의 저하가 적었다. IY에서 내염성이 낮은 둔내, 농립 41호는 9 품종의 평균보다도 LPS'의 저하가 크게 나타났다.
5. 토양에서의 발아율도 높고 내염성이 강한 품종은 Tetep, 진부벼, 오봉벼였으며, 농립41호, 둔내, 소백벼는 내염성이 낮았다.

引用 文 獻

- Akbar, M., K. K. Jena, T. Yabuno and S. Nakao 1972. Breeding for saline-resistant varieties of rice. I. Variability for salt tolerance among some rice varieties. *Jpn. J. Breed.* 22:277-284.
- Balasubramanian, V. and S. Rac, 1977. Physiology basis of salt tolerance in Rice. *Plant, physiol. section, Tami Nagada Agr. Univ. India.* 26(4) : 291-294.
- Chandler, S. F. and T. A. Thorer. 1987. Proline accumulation

- and sodium sulfate tolerance in callus cultures of *Brassica napus* L. cv. Westar. *Plant Cell Reports*. 6:176-179.
- Cho, D. H., H. Sasaki and R. Ishii 1995. Studies on the salt tolerance in Korea rice cultivars. I. Mechanism of salt tolerance in dry matter production and leaf photosynthesis. *Jpn. J. Crop Sci.* 64(3): 475-482.
- Cho, D. H., Itoh and R. Ishii. 1996. Studies on the salt tolerance in Korea rice cultivars. II. Effects of NaCl treatment on sodium and potassium ions concentration in leaf blade, leaf sheath and root of rice plants. *Jpn. J. Crop Sci.* 65(1):1-7
- Croughan, T. P., S.J.Stabarek and D.W.Rains. 1978. Selection of a NaCl tolerant line of cultured Alfalfa cells. *Crop Sci.* 18:959-963.
- Eaton, F. M. 1950. Toxicity and accumulation of chloride and sulfate salts in plants. *Agro. Jour.* 64:357-399.
- Fageria, N.K. 1985. Salt tolerance of rice cultivars. *Plant Soil* 88: 237-243.
- Flowers, T.J., P.F. Troke and A.R.Yeo 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28:89-121.
- Gauch, H. G., and C. H., Wacleigh 1944. Effects of high salt concentrations on growth of vean plants. *Bot. Any.* 105:379-387.
- Gorhan, J., R.G.W. Jones and E. McDonnell 1985. Some mechanisms of salt tolerance in crop plants. *Plant Soil.* 89: 15-40.
- Hayward H. E and Bernstein L. 1958. Plant growth relationships on salt-affected soils. *Bot. Rev.* 24, 484-653.
- Hunt, R. 1982. *Plant Growth Curves. An Introduction to the Functional Approach to Plant Growth Analysis.* Edward Arnold, London, pp. 14-46. ISBN 0-7131-2844-5.
- Hunt, R. and I. A. Parsons. 1974. A computer program for derivin growth functions in plant growth-analysis. *J. Appl. Ecol.* 11:297-306.
- Im. H. B., and S. H. Chang 1968. ON the salt tolerance of the rice seeding grown under the land water condition in the reclaimed salt area, Study on the salt tolerance of rice and Other crops in reclaimed salt area. *Kor.Jour.Bot.* 8:113-117.
- 김정수. 1992. 鹽生植物의 生理的 特性. 農振廳 심포지엄. 17호, 100-123.
- 但野利秋. 1983. 作物の耐鹽性と其の機構. 化學と生物. 21(7) : 349-445.
- Klein, A. and C. Itai. 1989. Is proline involved in stomata regulation of *Commelina communis* plants recovering from salinity stress?. *Physiol. Plant.* 75:399-404.
- Maas E. V. and Hoffman G. J. 1977. Crop salt tolerance : Current Assessment. *J. Irrig. Drain. Div. ASCE*, 193, 115-134.
- Maegawa, H., E.Usui and N. Uchida. 1987. Studies on the mechanism of salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) *Jan. J. Trop. Agr.* 31(2):92-98.
- Moore, C. V. 1984. An economic analysis of plant improvement strategies for saline conditins. In *Salinity Tolerance in Plants; Strategies for Crop Improvement*, John Wiley & Sons, pp.381-397.
- 農林水産. 1979. 서남해안 간척농지개발사업보고서 : pp 145.
- Ponnamperuma, F.N. 1984. Role of cultivar tolerance in increasing rice production on saline lands. In *Salinity Tolerance in Plants: Strategies for Crop Improvement*, John Wiley & Sons, pp.255-271.
- Raman S. and N. D. Desai. 1986. The Na-K ratio as an index of salt stress in rice culture. *IRRN.* 11(1):30.
- Schachtman, D. P., A. Z. Bloom and J. Dvorak. 1989. Salt-tolerant *Triticum* × *Lophopyrum* derivatives limit the accumulation of sodium and chloride ions under saline-stress. *Plant, Cell and Environment.* 12:47-55.
- Shannon M. C. 1984. Breeding, selection and the genetics of salt tolerance. In *Salinity tolerance in plant.* pp.231-254.
- Termaat, A., J.B.Passioura and R.Munns 1985. Shoot turgor does not limit shoot growth of NaCl-affected wheat and barley. *Plant Physiol.* 77:869-872.
- Toenniessen, G. H. 1984. Review of the world food situation and the role of salt-tolerant plants. In *Salinity Tolerance in Plants; Strategies for Crop Improvement*, John Wiley & Sons, pp.399-413.
- Yeo, A.R. and T.J. Flowers 1982. Accumulation and localization of sodium ions within the shoots of rice varieties differing in salinity resistance. *Physiol. Plant* . 56:343-348.
- 劉肅鐘 1986. 干拓地の 鹽濃度에 따른 水稻의 生育 및 收量反應. 圓光大學校 大學院 碩士學位論文.