

보리 生殖生長期의 鹽(NaCl)處理가 收量 및 몇 가지 生理的 反應에 미치는 影響

崔元烈* · 朴鍾煥* · 權容雄**

Physiological Response of Barley to Salt Stress at Reproductive Stage

Won Yul Choi*, Jong Hwan Park* and Yong Woong Kwon**

ABSTRACT : The barley grown in pot-soil was treated with the NaCl solution of -20 bar in osmotic potential for 10 days, varying the time of treatment: from 20th day before heading; from 10th day before heading and the time of heading. The greatest injury was observed in the case of salt stress at heading or at 10th day before heading: Culm length decreased by 87% : the number of spikes per plant by 82% : the number of grain per spike by 92% : 1,000-grain weight by 94% ; yield per pot by 75%. The results also greatly varied depending upon the cultivars and the time of salt stress. Salt stress at the time of heading or at 10th day before heading remarkably decreased yield and yield components. And in terms of grain yield the salt resistance was high in the order of Baegdong, Albori, Hyangmaeg, Olbori and Durubori.

Key words : Reproductive stage, Free proline, Yield component.

鹽害는 작물이 鹽을 흡수하여 생장 및 발육이 저하되고 결과적으로 생산성을 저해시키거나 고사하는 것으로 토양 및 기상 재해들과 마찬가지로 그 양상이 복잡하고 작물의 생육시기별로 반응이 다양하다^{11,13,16}.

일반적으로 작물생육은 유묘기때 鹽害에 가장 약하다고 알려져 있으며, 묘령이 증가함에 따라 耐鹽性이 강해지는 등 품종간에도 차이가 있다^{2,6,7}.⁹⁾ 耐鹽性에 대한 품종간 차이에 관한 보고는 상당히 많이 있다^{3,5,12,17}. 생리적으로 광합성 능력과 동화작용이 왕성한 품종일수록 耐鹽性이 강하며 또한 왕성한 발근력을 가진 품종이 유리하다고 한다.

유묘기에는 광합성의 시작으로 삼투압이 증대되므로 耐鹽性이 증대한다는 지적이¹⁰⁾ 있고, 생육의 경과에 따라 뿌리조직 세포의 변화 및 수분흡수 증대, 그리고 지상부 동화작용의 현저한 증가 등도 생육후반기의 耐鹽性 증대의 원인이 된다고 하는 보고¹⁾ 등 작물에 따라서는 생육이 진전되면서 耐鹽性이 강해지는 경우도 있는 것 같다.

따라서 보리의 주요 품종을 供試하여 환경 stress에 매우 민감하고 수량에 결정적으로 영향을 받는 생식생장기에 鹽처리를 하여 이들의 생육, 葉상대팽압도, 遊離 proline, 유효경비율 등을 조사하여 염분 조건에서의 작물의 환경스트레스에 대한 抵抗性 그리고 收量構成要素 및 收量性을

이 논문은 1997년도 교육부 학술연구조성비(농업과학)에 의한 연구의 일부임.

* 전남대학교 농학과 (Dept. of Agronomy, Chonnam National Univ., Kwangju 500-757, Korea)

** 서울대학교 농학과(Dept. of Agronomy, Seoul National Univ., Suweon 441-744, Korea)

〈'97. 7. 25 接受〉

과약하여 품종별 내염성 정도와 재배적 조치를 위한 기초자료를 얻고자 본 실험을 수행하였다.

葉상대팽압도는 Weatherly 방법¹⁵⁾으로 분석하였다.

材料 및 方法

보리 알보리, 올보리, 두루보리, 백동, 향맥의 5 품종을 추파하여 翌年 2월 하순에 4각플라스틱 포트(가로 50cm×세로 60cm×높이 20cm)에 표 1과 같은 흙을 담아서 포트당 20개체씩 이식하여 비닐하우스 내에서 재배하였다. 鹽處理는 출수 20일전, 10일전, 그리고 출수기의 3시기에 삼투 potential이 -20 bar인 NaCl용액을 10일 동안 일정량 灌水하여 鹽害를 誘發시켰다. 鹽害處理후에는 다시 灌水를 충분히 하면서 관리하였다. 시험구 배치는 엽분 처리시기를 주구로, 품종을 세구로 하여 3반복으로 하였다.

遊離 proline은 Troll & Lindsley 방법¹⁴⁾으로,

結果 및 考察

출수 20일전과 10일전 그리고 출수기의 3시기에 각각 10일간씩 NaCl용액($\Psi \pi = -20\text{bar}$)을 灌水하여 收量構成要素 등과 그리고 출수10일 전 처리에서 止葉의 遊離proline함량 및 相對膨壓度를 조사하였다.

1. 麥稈重 · 有效莖比率 · 稈長의 변화

麥稈重, 有效莖比率 그리고 稈長을 표 2에서 보면 대조구보다 鹽處理區에서 모두 감소되는 경향이였다. 鹽처리 시기별 그리고 품종간에서 모두 유의성이 인정되었다. 대조구에 대한 鹽처리구의 감소율을 품종별로 보면 麥稈重에서는 두루보리

Table 1. The general properties of soil used in pot experiment

Soil texture	pH	O.M. (%)	Total N (%)	C.E.C. (ppm)	Available P ₂ O ₅ (ppm)	Ex. cation (me /100g)		
						K	Ca	Mg
Sandy loam	6.2	2.5	0.05	11.58	157	0.15	2.65	3.00

Table 2. The changes in dry straw weight /pot, effective tiller rate and culm length of 5 cultivars imposed to salt stress by adding NaCl solution ($\Psi \pi = -20\text{bar}$) for 10 days from 20th, 10th and 0 day before heading, respectively

Cultivars	Dry straw weight (g)					Effective tiller rate (%)					Culm length(cm)				
	Control (a)	Salt stress before heading			b	Control (a)	Salt stress before heading			b	Control (a)	Salt stress before heading			b
		20th day (b)	10th day (b)	0 day (b)			20th day (b)	10th day (b)	0 day (b)			20th day (b)	10th day (b)	0 day (b)	
Albori	30.3	27.3	28.6	31.0	94	62	58	44	57	71	56	51	50	52	89
Olbori	19.0	19.7	18.0	21.3	95	76	77	74	55	97	47	50	45	48	96
Durubori	24.3	21.0	15.2	15.7	63	37	55	38	52	103	57	54	49	48	86
Baegdong	24.3	25.6	24.6	23.0	101	66	56	63	62	95	46	46	44	41	98
Hyangmaeg	31.0	32.0	31.7	25.0	102	41	36	31	39	76	64	62	48	53	75
mean	25.8	25.1	23.6	23.2	91	56	56	50	53	89	54	53	47	48	87
LSD 5%, salt stress.....	1.230					3.524					2.341				
cultivars.....	1.549					2.897					1.755				

가, 有效莖比率에서는 알보리와 향맥이, 그리고 稈長에서는 향맥이 각각 가장 많았다.

2. 一穗粒數 · 株當穗數의 변화

一穗粒數와 株當穗數를 표 3에서 보면 대조구보다 鹽處理區가 작았는데 鹽處理區에서는 출수기 > 출수 10일전 > 출수 20일전의 순으로 피해가 큰 경향이였다.

출수기경의 피해가 큰 것은 비록 영화수나 수수가 이미 결정된 시기이기는 하지만 과다한 염 흡수에 의한 대사 생리적 장애로 인하여 수정을 저해하고 약세 수수가 고사한 것으로 추정된다⁴⁾.

3. 千粒重 · 收量의 변화

千粒重과 收量の 변화를 표 4에서 보면 대조구보다 鹽處理區가 모두 낮은 경향이나 출수 20일전과 10일전보다 출수기의 피해가 가장 컸다. 대조구에 대한 출수 10일전 鹽處理區의 비율(%)을 보면 千粒重에서는 두루보리>알보리>백동>올보리·향맥 순으로 두루보리가 가장 낮아 피해가 컸다. 또한 收量에서도 두루보리>올보리>향맥>알보리>백동 순으로 두루보리(70%)가 가장 감소하였고 백동이 가장 감소율이 낮아서 耐鹽性에 대한 품종간 차이를 인정할 수 있었다.

Table 3. The changes in number of grain/spike and number of spike/plant of 5 cultivars imposed to salt stress by adding NaCl solution ($\Psi_r = -20$ bar) for 10 days from 20th, 10th and 0 day before heading, respectively

Cultivars	Number of grain/spike					Number of spike/plant				
	Control	Salt stress before heading			$\frac{b}{a}$ (%)	Control	Salt stress before heading			$\frac{b}{a}$ (%)
	(a)	20th day	10th day	(b) 0 day		(a)	20th day	10th day	(b) 0 day	
Albori	43	43	40	32	93	3.7	3.4	2.5	2.2	68
Olbori	40	36	34	32	85	3.8	3.3	3.7	3.0	99
Durubori	43	42	40	40	93	3.4	3.3	2.7	2.6	79
Baegdong	28	22	27	25	96	3.0	2.2	2.1	2.4	70
Hyangmaeg	27	24	23	23	85	3.8	3.4	2.8	2.8	74
mean	36	33	33	30	92	3.5	3.1	2.8	2.6	82
LSD 5% between salt stress cultivars						..... 1.297 1.470				
						..... 0.169 0.274				

Table 4. The changes in 1000-grain weight and grain yield/pot of 5 cultivars imposed to salt stress by adding NaCl solution ($\Psi_r = -20$ bar) for 10 days from 20th, 10th and 0 day before heading, respectively

Cultivars	Number of grain/spike					Number of spike/plant				
	Control	Salt stress before heading			$\frac{b}{a}$ (%)	Control	Salt stress before heading			$\frac{b}{a}$ (%)
	(a)	20th day	10th day	(b) 0 day		(a)	20th day	10th day	(b) 0 day	
Albori	40.8	34.4	34.9	39.0	86	35.0	31.3	30.0	25.3	86
Olbori	40.4	41.1	40.1	36.0	99	38.3	34.0	29.5	32.5	77
Durubori	33.2	33.2	27.1	30.2	83	39.0	41.0	27.4	31.5	70
Baegdong	32.7	33.1	31.3	32.3	96	24.7	22.7	24.0	19.2	97
Hyangmaeg	44.5	49.5	47.0	40.8	106	46.0	41.6	36.3	35.1	79
mean	38.3	38.3	36.1	35.7	94	36.6	34.1	29.4	28.6	75
LSD 5% between salt stress cultivars						..... 1.926 1.726				
						..... 1.430 2.067				

Table 5. The changes in the recovery rate of free proline and relative turgidity in flag leaf of 5 cultivars for 0, 24 and 48 hours after rewatering from an imposition to salt stress by adding NaCl solution ($\Psi_r = -20$ bar) for 10 days from 10th day before heading

Cultivars	Free proline(mg /g dwt)					Relative turgidity(%)			
	Control	After rewatering			(a-b) /a (%)	Control	After rewatering		
		0(a)	24	48 hr(b)			0(a)	24	48 hr(b)
Albori	0.4	6.2	1.3	0.6	90	90	77	80	89
Olbori	0.4	6.9	0.4	0.4	96	90	77	82	89
Durubori	0.3	7.4	1.1	0.2	97	88	79	84	84
Baegdong	0.2	2.6	0.3	0.2	92	88	77	84	87
Hyangmaeg	0.6	1.6	0.3	0.2	88	88	77	83	87
mean	0.4	5.0	0.7	0.3	93	89	77	83	87
LSD 5% between salt stress cultivars			.....	0.157				.....	2.868
			.....	0.249				.....	ns

Table 6. Correlation coefficients in the decreased rate of salt stress to control between the investigated characters of 5 cultivars imposed to salt stress by adding NaCl solution ($\Psi_r = -20$ bar) for 10 days from 20th, 10th and 0 day before heading, respectively

Characters		(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Grain yield	(1)	0.121	0.423	-0.381	-0.004	0.483	0.767**	-	-
		-0.244	0.643**	0.558*	0.197	0.118	-0.140	-0.154	-
		-0.059	0.197	0.093	0.185	0.040	0.604*	-	0.400
1000 grain weight	(2)		-0.239	0.099	0.633*	-0.004	-0.097	-	-0.119
			-0.509	0.500	0.188	-0.013	0.704**	-0.202	-
			0.304	0.219	0.126	0.147	0.128	-	-
Number of kernel /spike	(3)			0.103	-0.322	-0.076	0.285	-	0.233
				0.054	-0.283	-0.039	-0.136	0.218	-
				-0.633*	-0.563*	0.624*	0.551*	-	-
Dry straw weight	(4)				0.287	-0.492	-0.407	-	0.511
					0.543*	-0.211	0.556*	-0.539*	-
					0.713	-0.739**	-0.288	-	-
Culm length	(5)					0.025	-0.088	-	0.516*
						-0.180	0.357	-0.284	-
						-0.647**	-0.241	-	-
Effective tiller rate	(6)						0.432	-	-0.644**
							-0.416	0.094	-
							0.429	-	-
Number of spike /plant	(7)							-	0.202
								-0.198	-
									-
Free proline in flag leaf	(8)								-0.083
Relative turgidity in flag leaf	(9)								-

*, ** means significance at 5%, 1% level, respectively. upper number : 20th day before heading, middle number : 10th day before heading, lower number : heading. (8) increased rate of salt stress to control.

4. 止葉의 遊離 proline 함량 및 止葉의 相對膨壓度의 변화

출수 10일전 鹽處理에서 止葉의 遊離 proline 함량을 표 5에서 보면 대조구(0.4mg)에 비하여 鹽處理가 끝난 직후에는 5.0mg으로서 13배나 축적되었다. 鹽處理가 끝난 후 다시 灌水한 48시간 후의 小실율은 평균 93%이나, 두루보리가 97%로서 가장 높았으나 향맥은 88%로 가장 낮아 염처리 해제후 원상회복속도가 가장 낮은 경향이었다.

또한 止葉의 相對膨壓度を 표 5에서 보면 대조구(83%)보다 鹽處理區(77%)가 12% 낮아 잎 생존한계점에 근접하였다. 鹽處理가 끝난 후 다시 灌水하여 48시간 후에는 대조구의 수준에는 미달되지만 수분생리장해가 거의 없을 정도로 회복하였다.

5. 주요 형질간의 相關

대조구에 대한 鹽處理區의 감소율의 相關을 표 6에서 보면 收量은 출수 20일전과 출수기 處理의 株當穗數, 그리고 출수 10일전 처리의 一穗粒數 및 麥稈重과는 正의 相關을 보였으며 遊離 proline 함량과는 상관이 없었다. 千粒重은 출수 20일전 처리의 稈長과 출수 10일전 처리의 수수와 正의 상관이었다. 一穗粒數는 출수기의 有效莖率 및 株當穗數와는 正의 상관 그리고 麥稈重과는 負의 상관이었으며 또한 麥稈重은 출수 10일전 처리의 稈長과 株當穗數와는 正의 상관, 그리고 출수기의 有效莖率과는 負의 상관이며 출수 10일전의 止葉의 相對膨壓도와는 正의 상관이었다. 遊離 proline 함량은 麥稈重과 負의 상관을 보였다. Nieman⁹⁾은 NaCl이 광합성에 직접적인 영향이 적고 耐鹽性과 상관이 매우 적었다고 하였다. 그러나 Greenway⁴⁾는 耐鹽性이 강한 것이 總乾物重과 收量構成要素의 감소가 적었다고 지적한 바와 같이 품종간 耐鹽性 차이가 나타나는 등 본 시험에서도 상당히 일치한 경향을 보였다.

摘 要

보리 품종들의 생리적 반응과 품종간 내염성을 이해하여 鹽害에 대처할 재배법 개선과 耐鹽性 품종육성을 위한 기초자료로 활용하고자 본 시험을 遂行하였던 바 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 월동 후 포트에 이식하여 재배한 보리를 출수 20일전, 10일전 그리고 출수기로부터 각각 10일간씩 삼투 potential이 -20 bar인 NaCl용액을 매일 관수하여 鹽害를 誘發시킨 결과 출수기 처리에서 비교적 피해가 컸다.
2. 대조구에 대한 출수 10일전 鹽處理區의 비율은 평균 稈長 87%, 株當穗數 82%, 一穗粒數 92%, 千粒重 94%, 收量 75%에 불과하였다.
3. 품종별 鹽處理 時期에 따라 반응이 매우 상이하여 알보리, 백동, 향맥은 출수기 처리에서, 그리고 울보리와 두루보리는 출수 10일전 처리에서 각각 收量 및 收量構成要素의 감소율이 가장 컸다.
4. 종실수량의 관점에서 공시품종의 내염성은 백동>알보리>향맥>울보리>두루보리의 순으로 백동이 내염성이 가장 높았고 두루보리가 가장 낮은 경향이였다.

LITERATURE CITED

1. Bernstein L and Hayward H.E. 1958. Physiology of salt tolerance. Ann. Rev. Plant Physiol. 9:25-46.
2. Chun J.U, Lee E.S, Chung D.H and Chung T.Y. 1983. Barley varietal differences in germination and emergence capacity under different water and salt conditions. Korean J. Crop Sci. 28(1):121-127.
3. Ehlig G.F and Bernstein L. 1958. Salt tolerance of strox-berries. Pro. Amer. Soc. Hort. Sci. 76: 321-331.
4. Greenway H. 1962. Plant response to saline substrates. I. Growth and ion uptake of several varieties of *Hordeum* during and after sodium chloride treatment. Aus. J. Bio. Sci. 15:16-38.

5. Im H.B and Hwang C.S. 1968. On the salt tolerance of the rice seedling grown under the land water condition in the reclaimed salty areas. Study on the salt tolerance of rice and other crops in reclaimed salty areas. Korean J. of Botany 8: 47-68.
6. _____ and _____. 1970. On the historical differences between the roots of salt, land and water bed seedlings of rice and their rooting in saline soil. Study on the salt tolerance of rice and other crops in reclaimed salty areas. Kor. J. of Botany, 13: 170-178.
7. Kumar D.B, Singh T.N and Singh R.K. 1983. Salt tolerance in wheat varieties. SABRAO J. 15 (1): 71-76.
8. Nieman R.H. 1962. Some effects of sodium chloride on growth, photosynthesis and respiration of twelve crop plants. Bot. Gaz. 123: 279-285.
9. Park R.D. 1982. Changes in contents of some metabolites and ions and in some enzyme levels in rice plants grown under water salt stress condition. J. Kor. Agri. Chemical Soc. 25: 135-141.
10. Sarin M.N and Narayanan A. 1968. Effects of soil salinity and growth regulators on germination and seedling metabolism in wheat. *Physiol. Plant.* 21: 1201-1209.
11. Shannon M.C. 1989. Principles and strategies in breeding for higher salt tolerance. *Plant and Soil* 89: 227-241.
12. Strorey R and Jones R.G. 1978. II. Glycinebetaine and proline accumulation in two-salt-and water stressed barley cultivars. Salt stress and comparative physiology in the Gramineae. *Aust. J. Plant Physiol.* 5: 817-29.
13. Tal M. 1985. Genetics of salt tolerance in higher plants: Theoretical and practical considerations. *Plant and Soil* 89: 199-226.
14. Troll W and Lindsley J. 1955. A photometric method for the determination of proline. *J. Biol. Chem.* 215: 655-660.
15. Weatherley P.E. 1950. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. *New Phytol.* 49: 81-97.
16. Yeo A.R. 1983. Salinity resistance; Physiologies and prices. *Physiol. Plant.* 58: 214-222.
17. Young J.A and Evants R.A. 1981. Germination of great wild ryes seeds collected from native sands. *Agron. J.* 73: 917-920.