[韓作誌(Korean J. Crop Sci.) 42(5) : 534~538(1997)]

보리 幼苗期의 鹽處理가 生理的 反應에 미치는 影響

崔元烈* · 權容雄** · 朴鍾煥*

Physiological Response of Winter Barley to Salt Stress at Seedling Stage

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

ABSTRACT : Some physiological characteristics and cultivar differences of winter barley to salt stress were studied during seedling stage. Salt stress was caused by adding NaCl solution to the pot culture soil. Measurements of the responses to salt stress and of the responses after relief from stress were done in terms of leaf water potential, chlorophyll and free proline contents, seedling height and seedling dry weight, and survival rate of leaves.

Under salt stress ($\Psi\pi$ = −20bar) seedling height and seedling weight were decreased by 2~22% and by 25~39% respectively, showing some differences among cultivars. Chlorophyll contents was decreased by 33~49%, and free proline content was remarkably increased from control 0.2~0.3mg to salt stress 9.6~14.7mg. The leaf water potential of seedling grown under salt stress with NaCl solution($\Psi\pi$ = −10 or −20bar) was decreased from control −3.3bar to salt stress −9.0bar or −16.2bar respectively but there were no large differences among cultivars with time after relief from salt stress. Leaf survival rate was high in order of Baegdong, Milyang12, Olbori, Durubori and Hyangmaeg, and decrease rate of seedling dry weight was low in the order of Baegdong, Olbori, Hyangmaeg, Milyang12, Durubori. The increase in free proline contents was high in the order of Milyang12, Hyangmaeg, Baegdong, Durubori and Olbori.

Key words : Osmotic potential, Free proline, Salt stress.

작물은 생장과정에 있어서 정도의 차이는 있지만 끊임없이 온도, 수분, 염류 등의 부적당한 재해조건에 처하여 여러 가지 生理的 障害를 겪게 된다. 작물은 염분조건에서 발육억제, 생육저해, 효소활성 및 수분흡수저하, 비정상적 대사작용, 특히 아미노산 組成과 대사경로의 변화에 따른 단백질합성 감소, 엽록소합성 저하 그리고 T/R율의 변화 등으로 정상적인 생장과 발육이 되지 못한 경우가 많다고 하겠다[2,5,6,9,10].

Levitt은[8] stress조건에서 그 강도와 기간에 따라 災害를 견디어 낸 후 정상적인 생육을 재개할 수 있는 可逆的 障害와 災害과정에서 손상을 받은 機能器官, 또는 식물체가 그 정상상태를 회복할 수 없는 不可逆的 障害로 구분하여 염분조건에서 장해 정도 또는 회복율로 내염성 정도를 판별하였다.

* 전남대학교 농과대학 (College of Agric., Chonnam National Univ., Kwangju 500-757, Korea)
** 서울대학교 농업생명과학대학(College of Agric. and Life Sci., SNU, Suwon 441-744,Korea)
*** 이 논문은 1996년도 교육부 학술연구조성비(농업과학)에 의한 연구의 일부임. 〈'97. 5. 19 接受〉

이 외에도 외국에서는 간척지나 염해지에서 내염성 품종육성, 재배기술 개발 그리고 작물의 내염성 기작이 많이 밝혀져 간척지의 이용성을 제고하여 실제적으로 생산품질면에서 실효를 얻고 있으나 우리 나라에서는 이 분야의 연구가 상당히 미진한 상태라고 볼 수 있다.

보리는 비교적 다른 작물에 비하여 내염성이 강한 작물로 알려져 있기에 우선 몇 가지 보리품종을 공시하여, 유묘기의 내염성 정도와 염해반응의 생리적 특성 그리고 이에 수반된 대사물질 등의 변화, 엽생존율 및 생장반응을 조사하여 염분조건에서의 재배법 개선을 위한 기초자료를 얻고자 본 실험을 수행하였다.

材料 및 方法

보리 밀양12호, 올보리, 두루보리, 백동, 향맥의 5품종을 供試하여 비닐하우스내에서 4각 플라스틱 pot(50W×50L×20H)에서 표 1과 같은 흙에서 재배하였다. 발아후 10일간 생육시킨 幼苗에 삼투 potential($\Psi\pi$)이 −10 또는 −20bar인 NaCl이 함유된 호오글랜드용액을 10일간 매일 공급하여 草長, 乾物重, 엽록소 및 遊離 proline함량, 그리고 葉수분 potential을 조사하였다. 葉生存率은 鹽害誘發 처리후 다시 鹽分이 없는 물을 灌水하여 40시간 그리고 88시간에 제2葉長에 대한 枯死葉長의 비율로 계산하였다.

분석 및 측정방법을 보면 葉수분 potential은 Barrs방법[2]에 의하였고, 엽록소 함량은 Arnon방법[1]으로 측정하였다. 遊離 proline은 Troll & Lindsley방법[11]을 변형한 측정방법으로 진탕관에 시료 150~200mg과 permutit resin 1.5g 정도를 넣은 후 M.C.W.(methanol : chloroform : water = 12 : 5 : 3, v/v) 5ml를 넣고 실온에서 Duall conical glass homogenizer로 마쇄한 다음 균질액에 증류수 8ml를 추가하여 완전히 혼합한 다음 2,000rpm으로 10분간 원심분리하였다. 그 상징액을 비등관에 옮겨 빙초산 5ml와 fresh acidic ninhydrin reagent(ninhydrin 125mg : 빙초산 3ml : 6M orthophosphoric acid 2ml) 5ml를 넣고 水槽에서 정확히 45분간 끓여 실온에서 冷却한 다음 toluene 5~10ml를 添加 攪拌한 후 30분간 靜置하여 광학밀도 520nm에서 측정하였고 표준은 L-proline을 사용하였다.

結果 및 考察

1. 草長 · 幼苗乾物重의 변화

발아 10일된 幼苗에 10일동안 삼투 potential($\Psi\pi$)이 −10bar 또는 −20bar의 NaCl용액을 매일 灌水하여 생육시킨 草長과 乾物重의 변화를 보면 표 2에서 보는 바와 같다. 草長은 대조구가 7cm인데 반하여 −10bar와 −20bar에서는 각각 12.0cm와 11.7cm로서 鹽濃度別 그리고 품종간에 유의성이 인정되었다. 대조구에 대한 −20bar의 감소율을 보면 밀양12호가 2%로 가장 낮았으며 백동이 22%로 가장 높았다. 단편적인 생육반응이기는 하나 농도증가에 따라 초장이 상당히 감소되는 것은 NaCl이 생리적 저해를 誘發시킨다는 보고와 유사하였다[5].

또한 鹽害誘發에 따른 幼苗 乾物重의 변화를 표 2에서 보면 대조구는 67mg이었으나 −10bar 또는 −20bar에서는 각각 60mg과 39mg으로 매우 감소되었으며 대조구에 대한 −20bar에서의 감소율은 42%였는데 품종별로는 백동이 가장 높았고 두루보리가 가장 낮았다.

식물이 鹽分條件에서 乾物重이 감소되는 것은 암모니아 축적과 광화학적 및 생화학적 활성의 감

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

Soil texture	pH	O.M (%)	Total N. (%)	C.E.C. (ppm)	Available P_2O_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 plant height and seedling dry weight of 5 cultivars imposed to salt stress by adding NaCl solution(Ψ_π=−10 or −20bar) for 10 days from 10th day after emergence

Cultivars	Plant height(cm)				Seedling dry weight(mg/plant)			
	0bar (a)	−10bar	−20bar (b)	(a−b)/a* (%)	0bar (a)	−10bar	−20bar (b)	(a−b)/a* (%)
Milyang 12	13.0	12.3	12.7	2	79	71	52	29
Olbori	13.7	11.7	1.3	18	62	57	33	37
Durubori	13.7	12.4	11.3	18	67	60	43	25
Baegdong	15.3	12.4	12.0	22	59	55	30	39
Hyangmaeg	2.7	11.1	11.3	10	69	69	38	36
Mean	13.7	12.0	11.7	15	67	60	39	42
LSD 5% between concentrations		……0.659					……1.806	
cultivars		……0.649					……2.332	

*Decreased rate of salt stress to control

소 등에서 기인하는 것[4]으로 볼 수 있다.

2. 엽록소 · 遊離 proline의 변화

발아 10일후 10일 동안 NaCl처리를 한 幼苗의 엽록소함량을 표 3에서 보면 무처리인 대조구에 비하여 고농도에서 많이 감소하여 유의차가 인정되었다. 대조구에 대한 −20bar의 감소율은 42%였으며 품종별로는 백동과 향맥이 49~47%로서 비교적 감소가 심하였다. NaCl농도가 높을수록 엽록소 감소가 매우 심하였는데 이것은 엽록체의 구조변화, 엽록소 분해효소의 활성증가로 엽록소가 감소된다는 보고[7]와 유사한 경향이었다.

또한 遊離 proline함량을 보면 대조구에서는 0.3mg으로서 축적량이 매우 적었으나, −10bar 또는 −20bar에서는 각각 6.6mg과 11.8mg이나 축적되었다. 대조구에 대한 −20bar의 遊離 proline함량 증가비는 39배였으며 품종별로는 밀양12호와 두루보리가 74~53배로 가장 많고, 백동과 올보리가 36~32배로 비교적 축적율이 적었다. Strogonov[10]와 Chu et al.[3]은 遊離 아미노산 중 특히 proline은 염농도와 비례하여 축적되며 또한 遊離 proline 축적량이 많으면 耐鹽性을 증대시킨다는 보고[9]와 같이 밀양12호와 두루보리가 草長 감소율 및 幼苗 乾物重 감소가 비교적 적고

Table 3. The changes in chlorophyll and free proline content of 2nd leaf of 5 cultivars imposed to salt stress by adding NaCl solution(Ψ_π = −10 or −20bar) for 10days from 10th day after emergence

Cultivars	Chlorophyll (mg/g.dwt)				Free proline(mg/g.dwt)			
	0bar (a)	−10bar	−20bar (b)	(a−b)/a* (%)	0bar (a)	−10bar	−20bar (b)	b/a*
Milyang 12	10.7	8.7	6.3	41	0.2	12.5	14.7	74
Olbori	10.3	9.3	6.3	39	0.3	6.6	9.6	32
Durubori	10.0	9.7	6.7	33	0.2	3.4	10.6	53
Baegdong	10.3	8.7	5.3	49	0.3	4.3	10.8	36
Hyangmaeg	10.7	7.4	5.7	47	0.3	6.0	13.2	44
Mean	10.4	8.8	6.1	42	0.3	6.6	11.8	39
LSD 5% between concentrations		……0.170					……0.820	
cultivars		……ns					……0.948	

* Decreased or increased rate of salt stress to control

Table 4. The changes in water potential of 2nd leaf of 5 cultivars imposed to salt stress by adding NaCl solution(Ψ_π = −10 or −20bar) for 10 days from 10th day after emergence, and 2nd leaf survival rate(%) of 40 and 88 hours after relief from salt stress (Ψ_π = −20bar)

Cultivars	Water potential(bar)				Leaf survival(%) after	
	0bar(a)	−10bar	−20bar(b)	b/a	40hr	88hr
Milyang 12	3.0	8.1	16.2	5.4	56	31
Olbori	3.0	7.4	15.0	5.0	59	29
Durubori	4.1	10.3	16.3	4.0	54	27
Baegdong	3.0	7.9	15.8	5.3	63	33
Hyangmaeg	3.3	11.2	17.9	5.4	49	23
Mean	3.3	9.0	16.2	4.9	56	29
LSD 5% between concentrations			……0.295			……2.030
cultivars			……0.381			……3.209

遊離 poline축적량이 많아 耐鹽性이 클 것으로 추정된다. 그러나 Chu et al.[3]은 遊離 proline은 세포삼투조절에 기여도가 비교적 낮기 때문에 반드시 축적량이 많은 품종이 耐鹽性이 크다고 볼 수 없다는 부정적인 견해를 보고한 바 있어 면밀한 검토가 필요하다 하겠다.

3. 葉수분 potential · 葉生存率의 변화

발아 10일된 幼苗에 10일동안 NaCl處理를 한 후 葉수분 potential의 변화를 표 4에서 보면 대조구는 −3.3bar였으나 NaCl의 삼투포텐셜이 −10bar와 −20bar에서는 각각 −9.0과 −16.2 bar로서 삼투 potential이 낮을수록 葉수분 potential도 낮았다. 또한 NaCl처리를 끝낸 후 40과 88시간의 제2엽생존율은 각각 56%와 29%로서 시간 경과에 따라 감소되었으며 품종간 유의성도 인정되었다.

摘 要

보리 품종들의 鹽害反應의 생리적 특성과 품종간 차이를 이해하여 간척지에서의 재배법 개선을 위한 기초자료로 활용코자 NaCl용액으로 鹽害를 誘發하여 生長沮害程度, 엽록소 및 遊離 proline 함량, 그리고 葉수분 potential 등을 조사하였던 바 그 결과를 보면 다음과 같다.

1. 품종간 생육저해 정도는 상당히 큰 차이를 보였는데 대조구에 비해 NaCl용액(Ψ_π = −20 bar) 處理의 경우 草長은 2~22%, 幼苗乾物重은 25~39%가 감소되었다.
2. 엽록소함량은 대조구에 대하여 염분처리구에서 33~49% 감소되었고 葉乾物 g當 遊離 proline 함량은 대조구가 0.2~0.3mg이나 염분처리구는 9.6~14.7mg으로 32~74%나 증가되었다.
3. 葉수분 potential은 대조구가 −3.0 ~ −4.1 bar이나 염분처리구에서는 −7.4 ~ −11.2bar와 −15.0 ~ −17.9bar로 낮아졌으나 시간의 경과함에 따라 품종간 차이는 많지는 않았다.
4. 품종별로 葉生存率은 백동>밀양12호>올보리>두루보리>향맥의 순으로 높았으나 幼苗 乾物重 감소율은 백동>올보리>향맥>밀양12호>두루보리 순이었다.
5. 염처리구에서 제2엽의 遊離 proline 증가율은 밀양12호>향맥>백동>두루보리>올보리의 순이 었다.

LITERATURE CITED

1. Arnon D.L. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Veta vulgaris*. Plant Physiol. 24: 1-15.

2. Barrs H.D. 1968. Determination of water deficits in plant tissues. In "Water Deficits and Plant Growth" Vol. I. Kozlowski, T.T.(ed.), Academic Press, New York.
3. Chu T.M, Aspinall D and Paleg L.G. 1976. Stress metabolism. Ⅶ. Salinity and proline accumulation in barley. Aust. J. Plant Physiol. 3: 219-228.
4. Fry K.E. 1970. Some factors affecting the Hill reaction activity in cotton chloroplasts. Plant Physiol. 45: 465-469.
5. Greenway H. 1962. Plant response to saline substrates. I. Growth and ion uptake of several varieties of *Hordeum* during and after sodium chloride treatment. Aust. J. Bio. Sci. 15: 16-38.
6. Kozlowski T.T. 1972. "Water Deficits and Plant Growth." Vol. Ⅲ. Academic Press: New York.
7. Lapina L.P and Bikmukhametova S.A. 1969. Effect of NaCl on the photosynthetic apparatus of tomatoes. Soviet Plant Physiol. 17: 477-481.
8. Levitt J. 1956. The hardiness of plants. Academic Press, New York.
9. Savitskaya N.N. 1967. Problem of accumulation of free proline in barley plants under conditions of soil water deficiency. Soviet Plant Physiol. 14: 622-624.
10. Strogonov B.P. 1964. Physiological basis of salt tolerance of plants. Academic Sci. U.S.S.R., Davey and Co., New York.
11. Troll W and Lindsley J. 1955. A photometric method for the determination of proline. J. Biol. Chem. 215: 655-660.