

## 보리 幼苗期의 旱害와 鹽害反應

崔元烈\*·朴鍾煥\*

### Physiological Response of Barley to Water Stress and Salt Stress at Seedling Stage

Won Yul Choi\* and Jong Hwan Park\*

**ABSTRACT** : Drought resistance and salt resistance of seedlings were compared with the polyethylene glycol(P.E.G.) and NaCl solutions of the same osmotic potential( $\psi\pi = -10$  bar). Plant height, seedling dry weight, chlorophyll content and leaf water potential decreased while the free proline content increased more in the P.E.G. than in the NaCl solution. Free amino acids increased 2.6 times in the P.E.G. solution and 3.6 times in the NaCl solution more than in the untreated(Hoagland's solution). Free proline occupied 66% and 61% of the content of total amino acids under water stress and salt stress, respectively. Besides free proline, phenylalanine in the P.E.G. solution and phenylalanine, alanine and asparagine in the NaCl solution increased distinctly. In short, it was shown that water and salt stress responses in seedling stage were relatively similar.

**Key words** : Polyethylene glycol(P.E.G.), Water potential, Free proline, Amino acids.

수분은 작물의 생산을 제한하는 가장 중요한 요인이며 作物 生體重의 85~90%를 점유하는데 이 수준 이하가 되면 生理活性이 크게 阻害되므로 지속적으로 수분이 공급되어야 한다. 수분부족은 뿌리에 흡수할 물이 부족하거나 鹽分에 의한 滲透調節의 不均衡, 저온에 의한 물의 粘性 增加 그리고 고온에 의한 증산작용의 증가 등 그 원인이 매우 다양하나 결국 水分의 吸收와 체내이동을, 그리고 蒸發散率에 따라 수분의 불균형을 誘發하게 된다.  
2,3,4)

또한 鹽分도 수분 potential 저하나 ion의 불균형 흡수에 의한 해독작용 등으로 수분부족과 같이 作物의 生理作用을 阻害하는데<sup>10,11,12,13)</sup> 특히 干拓地에서는 한해와 염해가 동시에 일어나 그 피해가 크고 그 반응도 복잡하지만 그 피해 양상이나 또

는 피해 결과는 類似하므로 並行하여 연구하는 것이 합리적이라고 생각된다.

대체로 旱害와 鹽害에 대한 반응은 작물의 종류 및 품종에 따라 큰 차이를 보이는 바<sup>5,6,7,8,9)</sup> 수분부족처리 또는 鹽分處理를 하여 보리의 生育狀況, 엽록소, 식물체 含水量, 아미노산 조성 등을 조사 분석하고 동일 항목간 양자를 비교 검토하여 두 재해조건에서 유묘기에 반응이 동질적인지 또는 이질적인지를 알아서 내재해성의 척도로 이용하고자 시험하여 몇가지 結果를 얻었기에 보고하는 바이다.

### 材料 및 方法

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

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

6조보리인 Excelsior 품종을 供試하여 栽培箱 丙에서 시험하였다. 栽培箱 조건을 보면 光源은 32/80 watt이고 냉백형광등(Philip TLF 80/33)과 8개의 백열등(75W)으로 光度는  $4.1\text{mW cm}^{-2}\text{h}^{-1}$ , 日長 16시간, 온도  $20\pm 1^\circ\text{C}$ 로 유지하였다.

부해시험은 직경 10cm 포트에 perlite 栽培로 하였고, 鹽害시험은 水耕栽培로 하였다. 발아 후 10일간 호그랜드 용액( $\Psi\pi = -0.7\text{ bar}$ )으로 재배한 후 부해시험에는 P.E.G. 용액( $\Psi\pi = -10\text{ bar}$ )으로, 그리고 鹽害시험은 NaCl 용액( $\Psi\pi = -10\text{ bar}$ )으로 교체한 후 매 12시간 간격으로 72시간 후까지 6회에 걸쳐 草長, 乾物重, 第2葉의 葉綠素, 遊離 proline, 葉水分 potential 그리고 아미노산 含量을 調査하였다.

한편 부해와 鹽害 誘發條件이 相異한 滲透 potential인  $-0.7, -5.7, -10.7, -15.7$  그리고  $-20.7\text{ bar}$ 에서 葉水分 potential 및 遊離 proline의 含量을 調査하였다.

葉水分 poteencial은 Barrs방법<sup>3)</sup>, 相對膨壓度는 Weatherley방법<sup>15)</sup>, 그리고 葉綠素含量은 Arnon 방법<sup>1)</sup>에 의해 測定하였으며, 遊離 proline은 Troll & Lindsley방법<sup>14)</sup>을 이용하였고 표준은 L-proline을 사용하였다.

遊離 아미노산 측정은 TLC분리방법으로 하였는데, 아미노산 정량은 既知 아미노산과 Rf를 比較하여 同定하였으며 各 아미노산의 基準曲線으로부터 計算하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 草長 · 乾物重

草長과 乾物重의 變化를 그림 1과 2에서 보면 草長은 부해(P.E.G.)와 鹽害(NaCl) 處理에서는 거의 신장이 없었으나 대조구(호그랜드 용액)에서는 處理 후 72시간에 8cm나 신장하였다. 또한 幼苗乾物重은 대조구에서 직선적으로 증가하여 부해와 鹽害處理와는 유의성이 인정되었으나 부해와 鹽害處理間에는 유의성이 인정되지 않았다. 또한 鹽害處理 後 48시간에 다소 증가하는 경향은

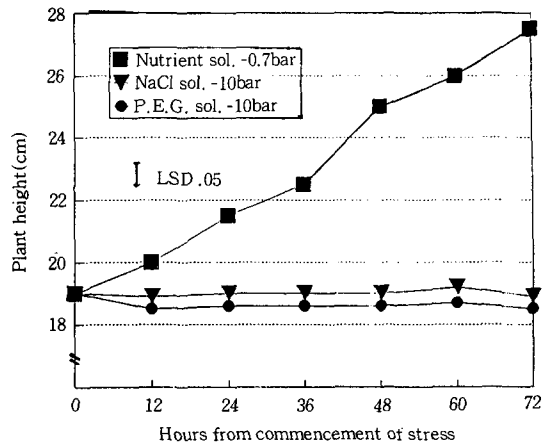


Fig. 1. The height of barley seedlings imposed to different osmotic stresses at  $20^\circ\text{C}$ .

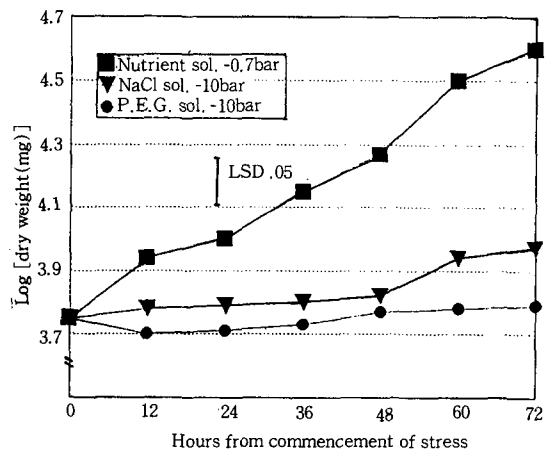


Fig. 2. The changes in the dry weight of barley seedlings imposed to different osmotic stress at  $20^\circ\text{C}$ .

염적응성 후 재생장을 할 수 있기 때문이라고 생각된다.

草長과 乾物重은 鹽害보다 부해處理에서 피해를 더 많이 주었으며 또한 草長은 乾物重보다 더욱 敏感하였는데 이와 같은 현상은 비록 단기간 이기는 하나 災害處理는 생육을 크게 억제하였다는 Husain & Aspinall의 보고<sup>9)</sup>와 거의 일치하였다.

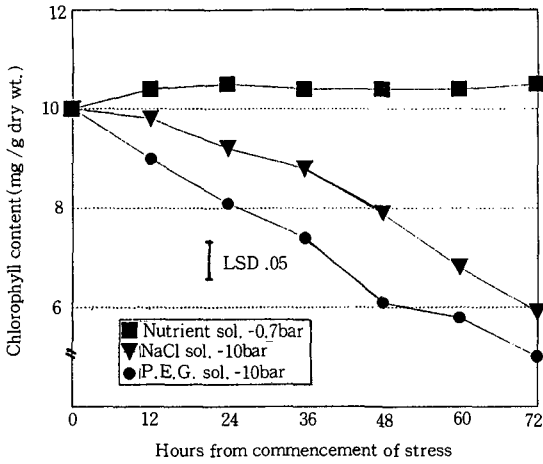


Fig. 3. The changes in chlorophyll content in barley seedlings imposed to different osmotic stresses at 20°C.

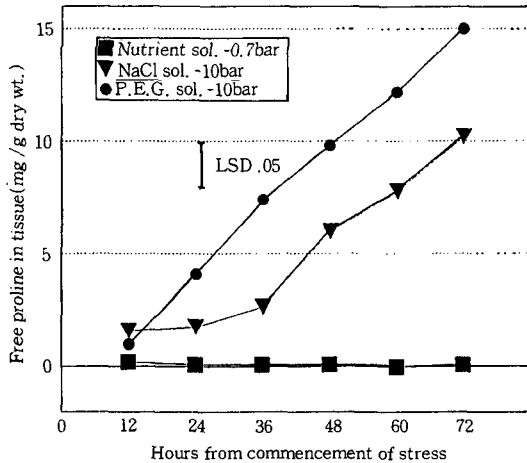


Fig. 4. The accumulation of free proline in the 2nd leaf of barley seedlings imposed to different osmotic stresses at 20°C.

## 2. 엽록소 함량

그림 3에서 엽록소 함량을 보면 대조구는 10mg 정도였으나, 투해와 염해처리에서는 거의 같은 경향으로 감소되어 처리 72시간에는 약 5mg으로서 대조구의 50% 정도로 감소하였는데 투해처리에서 감소가 더욱 심하였다.

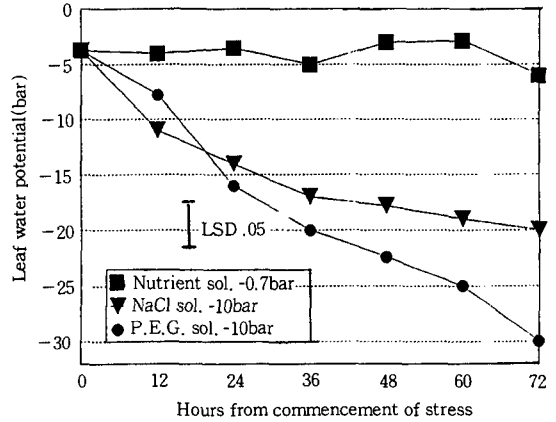


Fig. 5. The water potential of the 2nd leaf of barley seedlings imposed to different osmotic stress at 20°C.

## 3. 遊離 proline 함량

그림 4에서 遊離 proline 함량을 보면 대조구에 비하여 투해와 염해처리에서 모두 높았는데 처리 72시간에 투해처리에서 15.8mg 그리고 염해처리에서는 11.0mg으로서, 축적율을 보면 각각 219 $\mu$ g과 153 $\mu$ g/g dwt/h를 보여 염해보다 투해처리에서 영향이 컸다.

## 4. 葉水分 potential

第2葉의 수분 potential을 그림 5에서 보면 대조구는 -3 ~ -5 bar이었다. 투해와 염해처리에서는 모두 급감하여 처리 72시간에 염해처리에서는 -19 bar였으나 투해처리에서는 -30 bar까지 내려가서 염해보다는 투해처리에서 葉水分 potential의 감소에 더욱 영향이 컸다.

## 5) 遊離 아미노산의 함량

발아 10일된 묘에 72시간 투해와 염해처리를 한 第2本葉의 遊離아미노산 함량의 변화를 보면 표 1과 같다. 전 아미노산 함량에 대한 遊離 proline 함량을 보면 대조구 내에서는 9%인데 반하여 투해에서는 66%, 그리고 염해에서는 61%를 차지하여 遊離 아미노산 함량의 증가는 주로 遊離 proline의 축적에 기인한다고 볼 수 있다. 대조구의 전 아미노산 함량에 비하여 투해에서는

Table 1. The changes in the free amino acid content( $\mu\text{g/g}$  dry wt.) of the 2nd leaf of barley seedling imposed to water and salt stress for 72 hrs at 10 days after emergence

Amino acids	Control	Water stress	Salt stress	Accumulated degree	
	(A)	(B)	(C)	B/A	C/A
Alanine	185	151	670	-( 0.8)	+( 3.6)
Arginine	78	115	105	+( 1.5)	+( 1.3)
Aspartic acid	335	164	184	-( 0.5)	-( 0.5)
Asparagine	208	280	480	+( 1.4)	+( 2.3)
Glutamic acid	580	254	441	-( 0.4)	-( 0.8)
Glycine	273	428	414	+( 1.6)	+( 1.5)
Glutamine	201	274	298	+( 1.4)	+( 1.5)
Histidine	48	62	50	+( 1.3)	-( 1.0)
Lysine	46	53	48	+( 1.2)	+( 1.0)
Methionine	34	38	36	+( 1.1)	+( 1.1)
Phenylalanine	29	85	118	+( 2.9)	+( 4.1)
Serine	300	178	480	-( 0.6)	+( 1.6)
Threonine	128	188	286	+( 1.5)	+( 2.2)
Tyrosine	53	63	65	+( 1.2)	+( 1.2)
Valine	152	221	327	+( 1.5)	+( 2.2)
Proline	254	5014	6350	+(19.7)	+(25.0)
Total	2904	7568	10352	+( 2.6)	+( 3.6)
$\frac{\text{Proline}}{\text{Total amino acids}} \times 100(\%)$	9	66	61		

2.6배, 그리고 鹽害에서는 3.6배이었는데 이것은 遊離 proline 함량이 전 아미노산 축적량에 큰 차이를 주었다. 이처럼 旱害와 鹽害조건에서 遊離 아미노산이 증가하는 것은 단백질의 분해, 아미노산의 단백질합성 억제, 광합성 억제에 따른 대사과정의 복합적 요인 때문으로 볼 수 있으며 遊離 아미노산 함량의 대사적인 측면에서 볼 때 부적환경에 대한 適應性으로 볼 수 있다고 하겠다. 旱害에서 alanine, aspartic acid, glutamic acid, 그리고 serine 등 4가지가 대조구보다 감소하였으나 鹽害에서는 aspartic acid, glutamic acid만이 대조보다 감소하였으며 기타는 정도는 다르지만 모두 증가한 경향이였다. 두 재해조건에서 遊離 proline은 똑같이 증가하나 aspartic acid와 glutamic acid는 감소된 것으로 보아서 이들 아미노산과 遊離 proline간에 상호전환 가능성을 보여주고 있다. 결과적으로 삼투 potential이 동일한 旱害와 鹽害 誘發조건에서는 피해 정도가 類似하다는 Bernstein의 보고와도 같은

경향을 보여주고 있다.<sup>4)</sup>

#### 6. 삼투 potential에 따른 葉水分 potential 및 遊離 proline의 변화

P.E.G와 NaCl의 두 삼투제를 사용하여 삼투 potential이 -0.7(호그랜드 용액), -5.7, -10.7, -15.7 그리고 -20 bar인 용액에 발아 10일된 幼苗를 20시간 동안 處理하여 第2葉의 水分 potential의 변화를 그림 6에서 보면 葉水分 potential은 根培地의 삼투 potential과 정비례로 감소하였다. 즉 葉水分 potential은 根培地의 삼투 potential과 고도의 正相關을 보였으며 삼투 potential이 -0.7~-20.7 bar의 범위 내에서의 관계는 직선적이었으며 P.E.G와 NaCl간에는 유의한 차이를 보이지 않았다.

한편 遊離 proline의 함량을 그림 7에서 보면 삼투제에 관계없이 根培地의 삼투 potential이 증가함에 따라 축적을 많이 하나, 삼투제에 따라 축적능력은 상당히 차이가 있었다. 삼투 potential

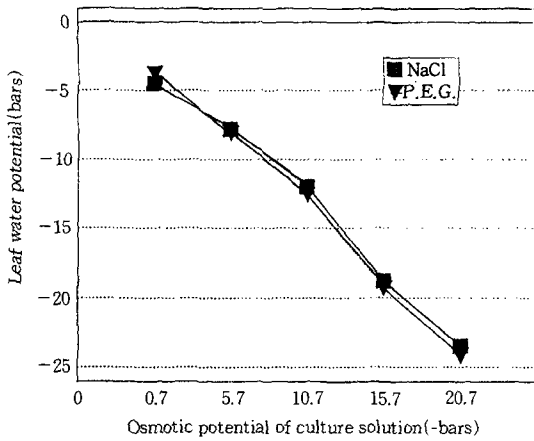


Fig. 6. The water potential of the 2nd leaf of 10 days-old-barley seedlings imposed to different osmotic stresses for 20 hours.

NaCl :  $Y = -3.23 + 1.004X$   
 $r = -0.9975$

P.E.G. :  $Y = -3.16 + 1.024X$   
 $r = -0.9969$

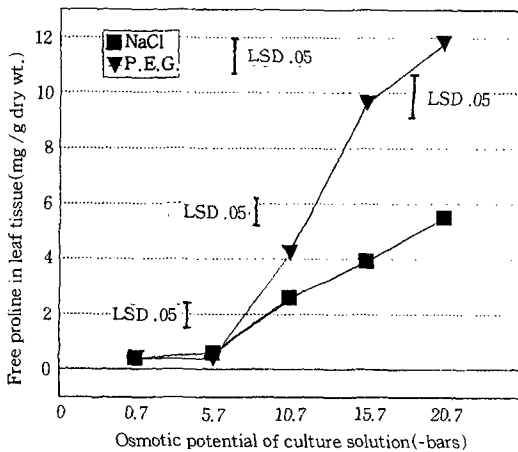


Fig. 7. The free proline accumulation in the 2nd leaf of 10 days-old-barley seedlings imposed to different osmotic stresses for 20 hours.

이 낮은 -5.7 bar에서는 유의한 축적을 하지 않았으나 -10.7 bar부터는 유의한 차이를 보여 -20.7 bar에서는 P.E.G와 NaCl 모두 축적을 많이 하였으나 동일한 삼투 potential에서는 Na-

Cl(鹽害)보다 P.E.G(旱害)에 의한 축적이 훨씬 많았다.

한편 표 1, 그림 4와 7에서 유리 proline의 함량이 차이가 나는 것은 처리시간(정도) 또는 식물체의 상태(영양상태)의 차이에서 기인된 것으로 사료된다.

보리 幼苗期의 旱害와 鹽害의 연관해석을 하기 위하여 10일된 幼苗에 10일간 斷水에 의한 旱害誘發과 NaCl( $\Psi\pi = -20$  bar)에 의한 鹽害誘發에서 대조구에 대한 旱害와 鹽害誘發處理의 감소율간의 상관관계를 보면 草長, 葉록소 그리고 遊離 proline 함량에서는 상관관계가 없었으나, 乾物重( $r = 0.756$ )과 災害解除 후 88시간에 第2葉의 生存率( $r = 0.731$ )에서는 正의 상관관계, 그리고 葉 수분 potential은 상관관계가  $r = -0.887$ 로서 고도의 유의성이 인정되었다.

斷水에 의한 旱害誘發處理에서 幼苗의 遊離 proline과 幼苗의 葉生存率간의 상관을 그림 8에서 보면 고도의 正의 상관( $r = 0.810^{**}$ )을 보인 반면, NaCl에 의한 鹽害誘發處理에서는 상관이 인정되지 않아서 매우 대조적이었다.

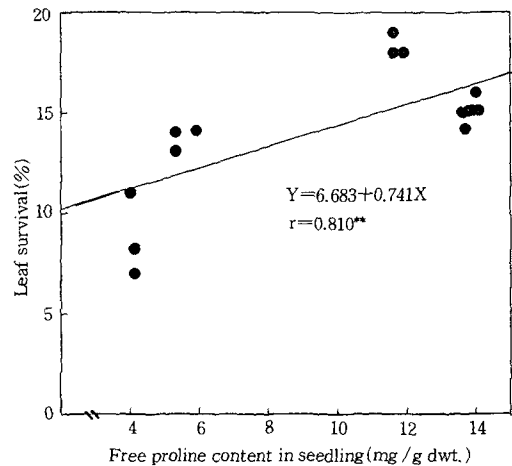


Fig. 8. The relationship between free proline content and leaf survival rate of 5 cultivar-seedling imposed to water stress by withholding watering.

## 摘要

1. 삼투 potential( $\Psi\pi = -10$  bar)이 같은 P.E. G.와 NaCl 용액을 사용하여 幼苗의 旱害와 鹽害를 비교한 결과 草長, 幼苗乾物重, 엽록소 함량 그리고 葉水分 potential의 감소와 遊離 proline 함량의 증가는 NaCl 處理보다는 P.E. G. 處理區에서 더 심하였다.
2. 遊離 아미노산은 無處理(호그랜드 용액)보다 旱害유발처리(P.E.G.)에서 2.6배 그리고 鹽害유발처리(NaCl)에서 3.6배 증가하였으나 遊離 proline은 전 아미노산 함량 중 旱害과 鹽害에서 각각 66%와 61%를 차지하였다.
3. P.E.G. 處理區에서는 phenylalanine이 그리고 NaCl 處理에서는 phenylalanine, alanine 및 asparagine이 현저히 증가한 경향이 있었다.
4. 보리 유묘기의 旱害와 鹽害反應은 전반적으로 볼 때 비교적 동질적이고 유사한 경향이였다.
6. Brix H. 1962. The effect of water stress on the rates of photosynthesis and respiration in tomato plants and loblolly pine seedling. *Physiol. Plant* 15: 10-20.
7. 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.
8. 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.
9. Husain I and Aspinall D. 1970. Water stress and apical morphogeneses in barley. *Ann. Bot.* 34: 393-408.
10. Kozlowski T.T. 1972. Water deficits and plant growth. Vol. III. Academic Press: New York.
11. Nieman R.H. 1962. Some effects of sodium chloride on growth, photosynthesis and respiration of twelve crop plants. *Bot. Gaz.* 123: 279-285.
12. Paleg L.G, Douglas T.J, Dal A.V and Keech D.B. 1981. Proline and betaine protect enzymes against heat activation. *Aust. J. Plant Physiol.* 8: 107-114.
13. Parker J. 1968. In "Water deficit and plant growth," Vol. I. (T. T. Kozlowski, ed.), 195-235. New York: Academic Press.
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.

## LITERATURE CITED

1. Arnon D.L. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.* 24: 1-15.
2. Barnett N.M and Naylor A.W. 1966. Amino acid and protein metabolism in bermuda-grass during water stress. *Plant Physiol.* 41: 1222-1230.
3. 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.
4. Bernstein L. 1961. Osmotic adjustment of plants to saline media. I. Steady state. *Amer. J. Bot.* 48: 909-918.
5. Bialeski R.L and Turner N.A. 1966. Separation and estimation of amino acids electrophoreses and chromatography. *Analyt. Chem.* 17: 278-293.