

염스트레스가 담배식물의 광합성, proline 및 이온함량에 미치는 영향

이상각 · 신주식 · 석영선¹⁾ · 배길관¹⁾
고려대학교 자연자원대학 · 충북대학교 농과대학¹⁾

Effects of Salt Stress on Photosynthesis, Free Proline Content and Ion Content in Tobacco.

Sang-Gak Lee · Ju-Sik Shin · Yeong-Seon Seok¹⁾ · Gill-Kwan Bae¹⁾ (College of Natural Resources, Korea university, Seoul, 136-701, Korea, ¹⁾College of Agriculture, Chungbuk National University, Cheongju, 361-763, Korea)

Abstract : This experiment was conducted to investigate effects of NaCl concentration on photosynthetic rate, free proline content and ion content in tobacco. As NaCl concentration was increased growth was retarded. The decrease growth characteristics (shoot/root ratio was 2.0) at 90mM NaCl indicated that this concentration could be a limiting level. As NaCl concentration was increased photosynthetic rate, transpiration rate, and water use efficiency were decreased. Photosynthetic rate was highly decreased at 60mM NaCl. There was no significant difference between transpiration rate and water use efficiency. Leaf water potential was decreased as NaCl concentration was increased, in that twice lower at 30mM than that of control and drop largely at 120mM NaCl. Free proline content was increased as NaCl increased until 120mM NaCl and drop at 150mM NaCl. The Ca²⁺, Mg²⁺, and K⁺ contents were increased until NaCl concentration was 120mM. The Na⁺ content was slowly increased as NaCl concentration increased until 120mM NaCl, and largely increased at 150mM NaCl. There was no significant difference between Cl⁻ and NaCl treatments except 30 mM NaCl in which Cl⁻ content was higher than that of control. As NaCl concentration was increased K⁺/Na⁺ ratio was decreased. The negative correlation between K⁺ and Na⁺, and positive correlation between K⁺/Na⁺ and protein content were found.

Key words : Nicotiana tabacum, NaCl concentration, Photosynthesis, Free proline, Ion content.

서 론

식물의 염해에 대한 연구는 건조지역이나 반건조지역에서의 작물재배와 관련해 진행되어 왔다. 그러나 최근에 염해는 건조지역뿐만 아니라 시설지, 간척지 등 매우 다양한 양상을 나타내고 있다. 토양내 과도한 염류집적이 일어나면 특정이온에 의한 독성 또는 토양의 수분 포텐셜 감소에 따른 수분흡수의 장애^{9,17)}가 나타나 물질생산을 크게 저하시킨다.

식물은 염해에 의해 많은 생리적 장애현상을 보이는데 특히 줄기나 뿌리의 신장감소, 건물중의 감소, 엽면적의 감소, 개화율의 감소, 개화기의 지연 등^{2,6,10,15,16,17)}이 관찰되었다.

염해에 의해 식물은 노화현상⁹⁾을 가속화시키고, 특히 광합성능은 세포내 이온의 균형과 구획화가 크게 영향하는

데, 염스트레스하에서는 Na⁺과 K⁺ 적정농도의 파괴로 광합성이 저하되는 것으로 보고^{10,17)}되었다. 식물체내의 과도한 염류축적은 염록체의 그라나 수는 감소되지만 염록체수 감소는 없고 모양만이 변화하는 것으로 관찰되었다^{10,17)}. 흡수된 Na⁺와 Cl⁻은 액포에 저장되어 세포내의 수분포텐셜을 낮추게 되고 이 때문에 식물은 수분흡수가 증가되어 팽압이 증가하는 생리적기능을 수행하지만, 과도한 염류축적은 양·수분의 흡수억제에 따른 생육장애를 일으키는 것으로 연구^{8,12,13)}되었다. 식물이 수분부족이나 염해를 받게 되면 체내의 방어기작으로 proline합성을 증가하여 수분포텐셜을 조절하는 osmoticum으로 작용하는 것으로 보고^{3,17)}되었다.

그러나 지금까지 염스트레스에 관한 연구는 몇몇의 작물을 중심으로 특정현상이나 내염성비교결과만 보고되어 있는 실정으로 염장해에 대한 구체적인 생리·생화학적인 기

작은 명확히 밝혀져 있지않다. 특히 담배에서는 염장해에 대한 생장특성 및 염해기작이 전혀 밝혀지지 않은 상태이다.

본 실험은 염스트레스에 따른 담배의 생리적인 반응(제1보) 및 생화학적인 변화(제2보)를 구명하여 담배의 재배, 육종 및 품질향상을 위한 기초자료로 제공하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 실험은 고려대학교 자연자원대학 부속온실에서 1998년 4월부터 5월까지 황색종담배 NC82를 시험재료로 하여 수경재배하였다. 파종 후 8매의 잎이 전개된 균일한 묘를 선발하여 9 l의 영양액을 채운 포트에 이식하였다. 영양액은 5일간격으로 교체하였고 용존산소량은 air compressor로 공급하였다. 실험에 이용된 양액은 Hoagland용액의 조성을 변형하여 다음과 같이 1mM KH_2PO_4 , 2mM K_2SO_4 , 5mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 2mM MgSO_4 , 5mM KCl , 25 μM H_3BO_3 , 4 μM $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.5 μM $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0.05 μM $\text{H}_2\text{M}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 2 μM $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 15 μM Fe-EDTA 로 조제하였다. 염스트레스는 처리 3일전부터 10mM NaCl로 경화처리하여, 이식 후 20일에 control, 30mM, 60mM, 90mM, 120mM, 150mM, 180mM NaCl로 3주간 처리 후 수확하였다. 생육특성은 수확시 간장, 지상부생중, 지하부생중을 조사하였고, 광합성과 증산량은 Photosynthesis system(Licor, LI6200)으로, 잎수분포텐셜은 Plant moisture stress measurement(KFX, No. 600, US)를 이용하여 측정하였다. 분석시료를 위한 시료는 각 처리별 중위엽 9매째를 표본으로 하여 실시하였다. 총단백질함량은 1N NaOH로 추출하여 Bradford법⁴⁾에 의해 정량하였고 표준물질은 BSA를 사용하였다. Proline함량은 Bates의 방법⁵⁾을 변형하여 생체 1g에 3% sulfosalicylic acid 10ml로 추출하여 acid-ninhydrin solution으로 발색하여 toluene을 첨가해 정치시킨 후 520nm에서 흡광도를 측정하였고 표준물질은 L-proline을 사용하였다. 무기이온은 Rodriguez et al의 방법¹⁰⁾에 따라 건조시료 1g를 삼각후라스크에 넣고 conc. HNO_3 2.5ml을 가하여 180~200 $^{\circ}\text{C}$ 로 가열한 후 ternary solution(HNO_3 : H_2SO_4 : HClO_4 = 10 : 1 : 4) 10ml를 넣고 분해하여 원자흡광광도계(Hewlett Packard, Model AA3280)를 사용하여 Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ 을 분석하였고, Cl^- 은 Canelli의 방법⁹⁾에 따라 $\text{Hg}(\text{SCN})_3$ 에 반응시킨 후 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 로 발색시켜 460nm에서 흡광도를 측정하였고 표준물질은 NaCl을 사용하였다.

결과 및 고찰

염스트레스에 따른 간장, 지상부생중과 지하부생중의 생장결과는 표 1과 같다. 생장특성은 NaCl농도가 높아질수록

생육이 크게 억제되었다. 간장은 염농도의 증가에도 30mM, 60mM의 생장감소는 완만하였고, 90mM에서는 대조구의 85%수준으로 감소되었다. 그러나 120mM에서는 염해에 의한 생장감소가 일어나 생육이 극히 불량하였다. 지상부생중도 간장의 변화와 비슷한 경향으로 30mM, 60mM까지는 대조구의 약 70%로 염에 의한 피해가 적어 완만한 생장을 유지하였으나, 90mM이상에서는 생장이 크게 감소하였다. 지하부생중도 NaCl의 농도가 높아질수록 뿌리의 발달은 불량하였지만, 90mM까지 대조구의 약 70%으로 생장감소는 완만하였다. 이는 식물체의 지하부는 염분이온과 직접적인 접촉에 의해 지상부의 생육보다 피해가 클것으로 예상되었으나, 본 실험의 지상부와 지하부의 생장량 분석결과 지하부생장이 약 10%의 감소가 작은 것으로 나타났다.

Table 1. Mean(\pm Se) stem height, shoot fresh weight and root fresh weight of tobacco grown for 3 weeks under different application of NaCl concentrations.

NaCl Concentration	Stem height (cm)	Shoot weight (g/plant)	Root weight (g/plant)	Shoot/Root
Control	40.8 \pm 0.6*	738.1 \pm 96.6*	268.4 \pm 32.2*	2.75 \pm 0.04*
30mM	37.0 \pm 1.8*	549.9 \pm 88.6*	221.7 \pm 30.2*	2.48 \pm 0.16*
60mM	35.7 \pm 1.4*	527.2 \pm 27.6*	217.0 \pm 9.50*	2.43 \pm 0.05*
90mM	34.7 \pm 1.4*	380.0 \pm 24.8*	190.8 \pm 18.0*	1.99 \pm 0.06*
120mM	27.0 \pm 1.8*	275.4 \pm 6.90*	169.0 \pm 5.50*	1.63 \pm 0.10*
150mM	19.7 \pm 4.6*	151.2 \pm 36.7*	102.3 \pm 28.2*	1.48 \pm 0.07*
180mM	15.2 \pm 2.1*	57.7 \pm 14.1*	43.0 \pm 9.1*	1.33 \pm 0.05*

*The same letters in a column are not significantly different with Duncan's multiple range test(p=0.05).

지상부/지하부생중의 비율은 염농도가 높아질수록 작아졌으며, 90mM의 약 2의 비율이하에서는 제반 생육형질이 크게 감소하는 것으로 나타났다. 수량적인 측면에서의 염해피해정도는 90mM에서 약 50%의 감소율로 나타났다.

염스트레스에 따른 광합성량, 증산량, 수분이용효율 및 잎수분포텐셜의 결과는 표 2와 같다. 광합성량의 변화는 염농도가 높아짐에 따라 크게 감소되었다. 염스트레스결과 30mM은 대조구의 20%, 60mM은 50%로 낮아져 광합성능이 크게 떨어졌으며, 150mM이상에서는 광합성은 미미하고, 180mM에서는 암호흡 상태로 물질생산을 하지 못하여 생장은 거의 이루어지지 않았다. 염해에 따라 세포소기관 증에서 가장 크게 영향하는 것은 엽록체로써 염농도가 높아질수록 Na^+ 와 K^+ 변화(표3)가 큰 것이 세포내 적정이온 농도와 이온구획화의 파괴에 의해 광합성능의 저하에 크게 영향하는 것으로 보고^{10,17)}되었다. 증산량은 식물생장에 필요한 양·수분흡수력을 결정하는 요인으로서 대조구와 비교하여 처리농도가 높을수록 증산량은 작았다. 수분이용효율 측면에서 물질생산력은 대조구와 30mM간의 생육적차이가 큰 것은 수분이용효율차이로 사료된다. 또한 60mM에서

120mM까지의 증산량은 염농도가 높아짐에도 감소의 폭은 작았다. 따라서 염농도가 높아짐에 따라 증산량이 작아지는 것은 지상부 이온유속율의 감소^{10,17)}에 기인하며 더불어 성장감소도 일어난다.

잎수분포텐셜은 염농도가 높을수록 낮아졌다. 30mM,

Table 2. Effects of different NaCl concentrations on photosynthetic rate, transpiration rate, water use efficiency and leaf water potential in tobacco.

NaCl Concentration	Photosynth etic rate ($\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)	Transpiration rate ($\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}$)	Water use efficiency ($\mu\text{mol CO}_2/\text{mol H}_2\text{O}$)	Leaf water potential (MPa)
Control	11.80±1.16*	16.73±0.40*	0.71±0.05*	-0.27±0.04*
30mM	9.26±1.53*	14.42±0.31*	0.64±0.11*	-0.49±0.05*
60mM	5.90±1.66*	13.65±0.36**	0.43±0.11*	-0.51±0.03*
90mM	5.56±1.00*	13.55±0.93**	0.41±0.09*	-0.60±0.06**
120mM	5.16±0.24*	12.80±0.73**	0.40±0.02*	-0.72±0.09**
150mM	3.99±1.03*	11.61±1.01*	0.34±0.04*	-0.80±0.05**
180mM	-2.03±0.50*	9.76±1.01*	-**	-1.23±0.12*

*The same letters in a column are not significantly different with Duncan's multiple range test(p=0.05).

**Because of the high dark respiration, there was no net photosynthesis. Therefore, the water use efficiency is not available.

60mM에서 감소폭은 작았고 90mM이상에서 감소폭이 컸다. 염농도에 따라 잎수분포텐셜은 30mM에서 대조구의 약 2배로 낮아져 낮은 염농도에서도 염해에 의한 생리·생화학적변화는 크게 영향하였다. 염농도가 증가된 120mM에서는 -0.72 MPa로써 처리농도간 감소가 커 체내의 대사가 크게 변화하였다.

잎수분포텐셜이 염스트레스에 영향하여 크게 낮아지는 것은 세포내에 유기용질이나 무기용질의 축적에 의한 염이온의 증가가 삼투압을 높여 수분흡수를 저해하고, 또한 특정이온의 비정상적인 과다흡수가 잎수분포텐셜을 낮추는 원인^{9,10)}이라 하였다.

염스트레스하에서 proline의 함량변화는 그림 1과 같다. 염스트레스나 수분스트레스를 받았을때 proline의 전구체인 glutamic acid가 carboxyl group이 aldehyde group으로 환원되어 proline함성량이 증가한다. 본 실험결과 염농도가 높아 질수록 proline함량은 증가하였다. 염스트레스에 따른 proline함량은 대조구에 비해 30mM~120mM까지는 일정하게 증가하여 proline이 수분포텐셜을 조절하는 osmoticum으로 작용하는 것으로 사료되며, 염농도가 150mM에서는 proline함량이 감소하기 시작하여 180mM에서는 proline함량이 대조구수준까지 감소하였다. 이는 일정 염농도까지는 proline의 증가에 의한 수분포텐셜을 조절하는 osmoticum으로 작용하지만, 고농도의 염스트레스하에서는 proline이 염해에 의한 직접적인 생성물질이 아니라 2차적 생성물질⁹⁾

이기 때문에 염스트레스에 따른 방어기작으로 osmoticum으로서 기능을 수행하지 못하는 것으로 사료된다.

염스트레스에 따른 이온함량의 변화는 표 3과 같다. 처

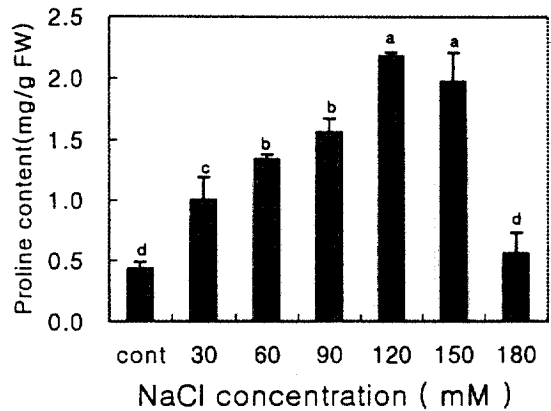


Fig. 1. Free proline content of tobacco grown for 3 weeks under different NaCl concentrations. The ranges of standard deviation were marked on top of each bar. The same letters in on each bar are not significantly different with Duncan's multiple range test(p=0.05).

리농도차이에 따른 Ca²⁺의 변화는 염농도가 높아짐에 따라 증가하는 경향이지만 90mM이상에서는 감소하였다. Mg²⁺도 Ca²⁺과 같은 경향으로서 염농도가 높아짐에 따라 증가하지만 30mM의 일시적인 차이외에는 60mM~150mM까지에 큰 변화는 없었다. K⁺은 염농도가 높아짐에 따라 증가하였으나 90mM이상에서는 다시 감소하는 경향이였다. Na⁺의 변화는 염농도가 높을수록 함량은 증가하였다. 특히 30mM에서 90mM까지는 염농도와는 관계없이 처리간의 차이는 크지 않았고, 120mM이상에서는 크게 증가하였다. 이는 90mM이하의 염농도에서는 Na⁺의 배출 및 액포로의 격리가 원활하게 이루어 지는 것으로 사료된다. Cl⁻은 염농도가 높으면 Na⁺과 더불어 Cl⁻도 증가하는 것으로 보고^{2,5,8,14,18)} 되었는데 낮은농도의 30mM에서는 Cl⁻이 증가하였지만, 그러나 염농도가 높아질수록 감소하는 경향으로 좀 더 구체적인 기작을 밝혀야 될것 같다. 또한 염농도에 따른 Cl⁻ 함량변화는 크지 않아 염해에 따른 생장저하는 Cl⁻보다

Table 3. Ion content of tobacco grown for 3 weeks under different NaCl concentration.

NaCl Concentration	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl	K ⁺	Na ⁺	K ⁺ /Na ⁺
	$\mu\text{g/g}$					
Control	19508.5	7291.5	59.9	35888.8	30403.1	1.18
30mM	18982.9	6671.9	62.6	37016.5	32714.8	1.13
60mM	22329.1	8116.0	52.9	37748.7	33465.3	1.12
90mM	23739.3	8220.0	53.8	37256.5	33902.7	1.09
120mM	21859.0	8408.3	52.9	35390.3	40464.6	0.87
150mM	20683.8	8342.6	52.0	27788.9	69117.9	0.40
180mM	29145.3	10386.0	42.9	24050.5	113957.0	0.21

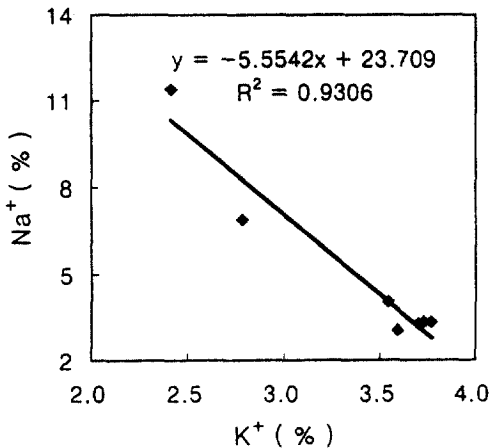


Fig. 2. Relationship between K⁺ and Na⁺ of tobacco grown for 3 weeks under different NaCl concentrations.

는 Na⁺가 크게 영향하는 것으로 사료된다.

이상의 결과로 염농도에 따른 엽내의 이온함량의 변화는 90mM을 기준으로 변화의 폭이 컸고, 고농도에서는 대부분의 이온함량이 감소하여 매질의 이온량이 흡수기작에 크게 영향하는 것으로 사료된다. 150mM이상에서 하위엽의 황화 현상은 Ca²⁺, K⁺, Mg²⁺의 흡수감소가 엽록소의 합성기작에 영향하고, Na⁺의 과다흡수에 따른 양분의 흡수저해가 양분 결핍현상에 크게 영향한 것으로 사료된다. K⁺/Na⁺울의 변화는 대조구의 1.2에서 180mM의 0.21까지 감소하였다. 30mM, 60mM, 90mM에서는 K⁺/Na⁺울의 감소폭이 작았으며 120mM이상에서 감소폭이 컸다. 즉, K⁺/Na⁺울이 1.0 이하에서는 세포내의 이온균형의 항상성이 이루어 지지않고, 조직내의 Na⁺의 증가와 K⁺의 상대적감소가 현저하기 때문에 생육이 저하된다고 추정할 수가 있다. 본 실험결과 K⁺/Na⁺울이 90mM의 1.0이 염해에 의해 성장제한이 크게 일어나는 범위로 사료된다.

염스트레스에 따른 K⁺과 Na⁺, K⁺/Na⁺과 단백질의 상관 관계는 그림 2, 그림 3과 같다.

K⁺/Na⁺울은 단백질대사의 중요한 지표로 사용되며, 또한 K⁺/Na⁺울이 클수록 염해에 견디는 힘이 큰 것으로 연구^{10,18)}되어왔다. 그림 2와 같이 K⁺와 Na⁺는 엽내의 함량변화는 부의 상관을 나타냈다. 즉 염분농도가 높아질수록 K⁺/Na⁺울(표3)의 감소는 생체내의 Na⁺함량의 증가에 의한것으로 사료된다.

K⁺/Na⁺과 단백질과의 관계는 정의 상관을 나타내고있다. K⁺은 광합성과 호흡에 관여하는 여러 효소의 보조인자이고 단백질합성에 필요한 효소들을 활성화시킨다. 또한 K⁺은 세포내에서 osmoticum으로서 사용돼 세포내 팽압을 유지시키는 역할을 하기 때문에 K⁺의 절대적양과 함께 조직내 다른 무기이온과 균형정도가 팽압유지 및 대사과정에 절대 중요하다.

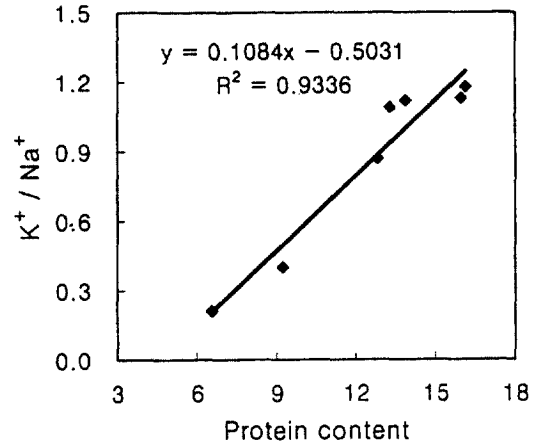


Fig. 3. Relationship between protein content and K⁺/Na⁺ of tobacco grown for 3 weeks under different NaCl concentrations.

특히 K⁺은 Na⁺과 경쟁적 흡수기작을 가지므로 K⁺과 Na⁺의 균형정도는 단백질대사에 중요한 역할을 하는 것으로 연구^{7,10,11,17)}되어 왔다. K⁺/Na⁺울은 염농도가 증가하므로 감소하여 그림 3의 결과와 같이 90mM을 기준으로 K⁺/Na⁺울이 1.0과 단백질의 약 13mg/g범위까지는 염해에 따라 성장감소는 이루어지더라도 염에 적응하여 생체내의 활성은 유지되는 것으로 사료된다.

요 약

본 실험은 담배의 염스트레스에 대한 성장특성 및 생리적반응을 구명하기 위하여 NaCl을 농도별로 처리하여 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다. NaCl농도가 높아질수록 생장은 크게 억제되었으며, 90mM의 지상부/지하부울이 약 2.0이하에서 생육형질이 크게 감소하여 생리적인 제한 농도로 나타났다. 광합성량, 증산량 및 수분이용효율은 NaCl농도가 높아질수록 감소하였으며, 광합성량은 60mM에서 대조구의 50%의 감소로 염해에 민감하게 반응하였으며, 증산량과 수분이용효율은 처리농도간에 큰 차이는 없었다. 잎수분포텐셜은 염농도의 증가에 따라 낮아졌으며 30mM에서 대조구의 2배로 낮아졌으며 처리농도간에는 120mM에서 크게 감소하였다. Proline함량은 NaCl농도가 높아짐에 따라 120mM까지는 일정하게 증가하다가 150mM에서 감소하였다. NaCl농도에 따라 Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺의 함량은 90mM까지는 증가하였고, 120mM이상에서는 감소하였다. Na⁺은 염농도의 증가에 따라 완만히 증가하다가 150mM이상에서 급격히 증가하였다. Cl⁻은 염농도의 증가에 따라 30mM의 일시적 증가외는 처리간의 차이는 없이 감소하는 경향이였다. K⁺/Na⁺울은 염농도가 높아질수록 감소하였으며 90mM의 1.0이하에서 세포내의 항상성이 유지

되는 농도로 나타났다. K^+ 와 Na^+ 함량과는 부의 상관율, K^+/Na^+ 율과 단백질함량과는 정의 상관율을 나타냈다.

참 고 문 헌

1. Bates, L. S. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and soil*, 39 : 205-207.
2. Benes, S. E., R. Aragus, S. R. Grattan and R. B. Austin. 1996. Foliar and root absorption of Na^+ and Cl^- in maize and barley : Implications for salt tolerance screening and the use of saline sprinkler irrigation. *Plant and Soil*, 180 : 75-86.
3. Binzel, M. L., P. M. Hasegawa, A. K. Handa, and R. A. Bressan. 1985. Adaptation of tobacco cells to NaCl. *Plant Physiol*, 79 : 118-125.
4. Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem*, 72 : 248-254.
5. Canelli, E. 1976. Simultaneous automated determination of chloride, nitrite, and ammonia in water and waste water. *Water Air Soil Pollut*, 5 : 339-348.
6. Evers, D., C. Schmit, Y. Mailliet, and F. Hausman. 1997. Growth characteristics and biochemical changes of poplar shoot in vitro under sodium chloride stress. *J. Plant Physiol*, 151 : 748-753.
7. Helal, H. M. and K. Mengel. 1979. Nitrogen metabolism of young barley plants as affected by NaCl-salinity and potassium. *Plant and Soil*, 51 : 457-462.
8. Leidi, E. O. and J. F. Saiz. 1997. Is salinity tolerance related to Na accumulation in upland cotton(*Gossypium hirsutum*) seedlings? *Plant and Soil*, 190 : 67-75.
9. Lutts, S., J. M. Kinet, and J. Bouharmont. 1995. Changes in plant response to NaCl during development of rice(*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. *J. Exper. Bot*, 46(293) : 1843-1852.
10. Michael, C. S., M. G. Catherine, and E. F. Leland. 1994. Whole-plant response to salinity. In R. E. Wilkison(ed.) *Plant-environment interactions*. Marcel Dekker, Inc. New York. 199-244.
11. Niu, X., R. A. Bressan, P. M. Hasegawa, and J. M. Pardo. 1995. Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant Physiol*, 109 : 735-742.
12. Noble C. L. and M. E. Rogers. 1992. Arguments for the use of physiological criteria for improving the salt tolerance in crops. *Plant and Soil*, 146: 99-107.
13. Olmos, M. and E. Hellin. 1996. Cellular adaptation from a salt-tolerant cell line of *pisum sativum*. *J. Plant Physiol*, 148 : 27-734.
14. Rodriguez, G. H., J. K. M. Roberts, W. R. Jordan, and M. C. Drew. 1997. Growth, water relations, and accumulation of organic and inorganic solutes in root of maize seedling during salt stress. *Plant Physiol*, 113 : 881-893.
15. Rodriguez, P., J. Dell'amico, D. Morales, M. J. Sanchez branco, and J. J. Alarcon. 1997. Effects of salinity on growth, shoot water relations and root hydraulic conductivity in tomato plants. *J. Agri. Sci*, 128 : 430-444.
16. Shalhevet, J., M. G. Huck, and B. P. Schroeder. 1995. Root and shoot growth responses to salinity in maize and soybean. *Agron. J*, 87 : 512-516.
17. Volkmar, K. M. Y. Hu, and H. Steppuhn. 1998. Physiological responses of plants to salinity : A review. *Can. J. Plant Sci*, 78 : 19-27.
18. Wang, L. W., A. M. Showalter, and I. A. Ungar. 1997. Effect salinity on growth, ion content, and cell wall chemistry in *Atriplex prostrata*(Chenopodiaceae). *Amer. J. Bot*, 84(9) : 1247-1255.