

## NaCl stress에 의한 몇가지 콩 품종들의 생육과 광합성 반응

조진웅\* · 김충수

충남대학교 농과대학 농학과

### Response of Growth and photosynthesis to NaCl stress in Soybean (*Glycine max* L.) Seedlings

Jin-Woong Cho and Choong-Soo Kim (College of Agr., Chungnam National Univ., Taejeon 305-764, Korea, E-mail : jucho@cnu.ac.kr)

**ABSTRACT** : This study was conducted in to elucidate the changes of growth characteristics and photosynthesis in three soybean (*Glycine max* L. cv. Danwonkong, Hwangkeumkong and Kwangankong) 30 day old seedlings to 100mM NaCl concentration containing 1/2 Hoagland's nutrient solution in sand culture. The main stem height and number of main stem node were decreased. thus, leaf area and dry matter were decreased with 100mM NaCl. Growth reduction was less little in Hwangkeumkong than other cultivars. The stem growth rate was affected less than other parts as root or leaf, by NaCl treatment. The specific leaf area (SLA), shoot : root ratio and leaf : root ratio decreased with NaCl solution except for those of Hwangkeumkong. There is no general tendency in leaf thickness by leaf position of three cultivars. The chlorophyll content (SPAD) of the primary and 2nd leaf slightly decreased under NaCl solution but rapidly increased in non-NaCl solution at 15 days after treatments. The photosynthesis, stomatal conductance and transpiration of 2nd leaf positions reduced by NaCl and there were a significant correlation between photosynthesis and stomatal conductance or transpiration.

**Key words** : soybean, NaCl, photosynthesis, chlorophyll content, sand culture.

## 서 론

염류로 인한 작물 생육 장애는 배지의 수분포텐셜 감소에 따른 수분흡수장애와  $\text{Na}^+$ · $\text{Cl}^-$  등 특정이온의 독성장애, 그리고 영양적 불균형에 의한 영양적 기아상태가 나타나 대사작용의 혼란으로 물질생산을 크게 저하시킨다<sup>1)</sup>.

Greenway<sup>2)</sup>는 염에 대한 식물의 성장 반응에 따라 4가지로 분류하였는데 이 중 콩(*Glycine max* L.)은 염에 매우 약한 감수성 식물로 분류하였지만 미국 염해 연구소에서 실시한 연구에 의하면 Lee라는 콩 품종은 내염성이 상당히 강한 작물이라고 하였다<sup>3)</sup>. 식물은 각 생육시기 별로 염해를 받는 크기는 여러 가지인데 벼의 경우 유식물기와 개화기에 약하며, 수수는 발아기나 성숙기보다 영양생장기에<sup>4)</sup>, 사탕무는 발아기, 토마토, 밀, 보리, 옥수수 등은 발아기 이후인 유묘기<sup>5)</sup>에 가장 심하다. 또한 내염성은 품종간에도 상당한 차이가 있다. 즉 생리적으로 광합성 능력과 동화작용이 왕성한 품종일수록 또 발근력이 왕성한 품종일수록 내염성이 크다고 하였으며<sup>6)</sup>, 종실의 크기에 따라서도 내염성 정도도 차이가 있어 밀<sup>7)</sup>과 수수<sup>8)</sup>의 경우는 소립종보다 대립

종이 내염성이 크다는 연구발표도 있다.

따라서 본 연구는 NaCl stress를 받은 콩 유묘의 형태적 변화와 광합성 능력 등을 품종간 차이를 밝히고자 실시하였으며, 이를 토대로 염해에 강한 콩 품종 육성 및 개발의 기초적 자료를 제시하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 공시재료 및 시험내용

본 연구는 충남대학교 농과대학 부속농장에서 실시하였으며 공시품종으로는 단원콩, 황금콩, 광안콩 등 3가지 품종을 이용하였다. NaCl의 농도는 1/2 Hoagland 용액에 100mM로 조절하여 처리하였다. 파종은 6월 5일에 하였으며, 6월 9일에 1/5,000 a 와그너 포트에 3개체 씩 이식하였다. 배지는 모래를 이용하였고 깨끗한 물로 깨끗하게 수세하여 이용하였으며 관수는 이식 후 10일까지는 2일 간격으로 pot 당 200 ml 씩 관수하였으며, 나머지 기간은 매일 관수하였다. 그리고 NaCl 처리는 이식 후 10일까지는 2일 간격으로 pot 당 200ml, 나머지 기간은 5일 간격으로 처리하였다.

조사는 이식 후 30일째인 7월 9일에 실시하였으며, 조사항목으로는 초장, 주경장, 잎 두께, 엽면적, 건물중, 엽록소 함량, 광합성, 기공전도도, 증산속도 등을 조사하였다.

조사방법

엽면적은 엽면적계 (Li Cor, Li-3100)를 이용하여 전수조사를 하였으며, 건물중은 80℃ 건조기에 5일간 건조시킨 후 1시간동안 실온에서 방치한 후 측정하였다. 광합성, 기공전도도 및 증산량은 휴대용 광합성 측정기(Li Cor, Li-6400)를 이용하여 이식 후 3주째인 6월 21일부터 5회에 걸쳐 제2엽을 측정하였으며, 잎 두께는 마이크로캘리퍼스를 이용하여 광합성측정을 한 후 잎 중앙을 측정하였다. 또한 엽록소 함량도 간이 엽록소 측정기 (Minolta, SPAD 502)를 이용하여 엽위별로 6월 21일부터 5회에 걸쳐 측정하였다.

결과 및 고찰

NaCl stress에 의한 생육특성

100mM NaCl를 처리 후 30일동안 생육한 세가지 콩 품종들의 생육특성은 표 1과 같다. 주경절수, 엽면적, 건물중, 주경장은 NaCl 처리로 크게 감소하였는데, 주경절수는 100mM NaCl 처리에서 단원콩은 2.0개, 황금콩 3.1개 그리고 광안콩이 1.8개로 무처리에 비하여 43.4~60.8% 감소하였는데 이 중 황금콩이 나머지 두 품종들보다 감소정도가 비교적 적게 나타났다. 주당 엽면적은 광안콩이 NaCl 처리로 60.3cm<sup>2</sup>으로 가장 감소 정도가 컸으며, 단원콩, 황금콩 순으로 엽면적 감소를 보였다. 건물중은 단원콩이 100mM NaCl 처리에서 0.70g으로 무처리의 2.65g의 26% 수준이었으며, 황금콩은 NaCl 처리로 약 34%의 무처리 수준을 보였다. 또한 광안콩은 NaCl 처리로 0.42g으로 건물중 감소가 가장 높게 나타났다. 식물체 부위별 건물중 감소 정도를 살펴보면 잎, 줄기, 뿌리 등이 NaCl 처리로 각각 비슷한 수준으로 감소함을 알 수 있었으며 이들 세가지 품종 중 황금콩이 비교적 감소 정도가 적은 것을 알 수 있다. Munns와 Termeat<sup>9)</sup>와 Läuchli와 Epstein<sup>10)</sup>

은 염해를 받은 식물들은 지하부보다는 일반적으로 지상부 생육에 더 많은 영향을 미친다고 한것과, 건물중 감소 정도는 보리의 경우 30일 유효가 지상부는 100mM NaCl 처리에서 무처리의 51% 수준과 지하부는 98% 수준이라는 결과를 살펴볼 때 콩은 지상부 지하부 모두 거의 같은 비율로 생육이 감퇴되는 결과를 얻었으며 또한 NaCl에 매우 감수적임을 알 수 있어 Greenway와 Munns<sup>2)</sup>의 식물을 내염성 정도를 분류한 바 콩은 염에 감수성이라는 결과와도 부합되는 결과를 얻었다.

주경장의 경우 엽면적이나 건물중 감소보다 비교적 적은 감소를 보였는데 황금콩이 NaCl 처리로 17.7cm를 보여 다른 두품종보다 감소정도가 비교적 적은 것을 알 수 있었다. 비엽면적 (specific leaf area ; SLA)은 잎의 두께나 잎 내용물의 충실도를 의미하는 것으로써 단원콩은 무처리가 352.9 (cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>)인 반면에 NaCl 처리는 302.8(cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>)로 감소하였으며, 광안콩 역시 NaCl 처리로 317.4(cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>)로 무처리에 비하여 약 14% 감소하였다. 그러나 황금콩의 경우는 이와 다른 경향을 보였는데 NaCl 처리로 385.7(cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>)로 무처리의 381.6(cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) 보다 비슷한 수준을 보였다. 또한 지상부와 지하부 비율을 살펴보면 황금콩이 단원콩이나 광안콩보다 지상부의 비율이 다소 높게 나타났으며 잎과 지하부의 비율 역시 다른 두 품종보다 높은 수치를 보였다.

한편, 엽위별 잎 두께를 무처리는 상위엽일수록 점차적으로 두꺼워지는 경향을 보였으나 100mM NaCl 처리는 엽위간 차이를 인정할 수 없었다 (그림 1). 품종간 잎 두께를 살펴보면 무처리는 품종간 큰 차이를 보이지 않았으나 100mM NaCl 처리는 제2엽에서 6엽까지 황금콩이 단원콩이나 광안콩보다 두꺼운 경향을 보였다.

엽록소 함량

그림 2는 단원콩, 황금콩 그리고 광안콩의 100mM NaCl 처리 후 30일까지의 제1엽과 2엽의 엽록소 함량 변화를 나타낸 것이다. 무처리의 경우 제 1엽은 출아 후 10일째는 3 품종 모두 34 SPAD 정도 였으나 15일째에 급격히 증가하여 단원콩이 42 SPAD, 황금콩 28 SPAD, 광안콩이 42 SPAD를 보였으나 그 이

Table 1. Growth characters of 30 day old seedling of three soybean under 100mM NaCl sand culture.

Cultivar	NaCl conc. (mM)	Main stem node (no. plant <sup>-1</sup> )	Leaf area (cm <sup>2</sup> plant <sup>-1</sup> )	Dry Weight (g plant <sup>-1</sup> )				Stem height (cm)	SLA* (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	Shoot/root (g g <sup>-1</sup> )	Leaf/Root (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )
				Leaf	Stem	Root	Total				
Danwonkong	0 (a)	4.6±0.5	374.1±63.8	1.06±0.39	0.97±0.29	0.62±0.39	2.65±0.36	23.1±1.9	352.9	3.3	1.71
	100 (b)	2.0±0.5	96.9±23.0	0.32±0.17	0.19±0.06	0.19±0.10	0.70±0.12	13.8±1.0	302.8	2.7	1.68
	b/a x 100(%)	43.5	25.9	30.2	19.1	30.7	26.4	59.7	85.8	82.0	98.3
Hwangkeumkong	0 (a)	5.1±0.3	511.3±34.1	1.34±0.28	1.15±0.22	0.64±0.16	3.13±0.22	27.7±2.5	381.6	3.9	2.09
	100 (b)	3.1±0.5	200.6±23.9	0.52±0.14	0.33±0.09	0.22±0.08	1.07±0.11	17.7±1.1	385.7	3.6	2.36
	b/a x 100	60.8	39.2	38.8	28.7	34.4	34.2	63.9	101.1	92.3	112.9
Kwangankong	0 (a)	3.6±0.5	340.5±49.2	0.93±0.10	0.84±0.12	0.46±0.09	2.23±0.10	21.0±1.8	366.1	3.9	2.02
	100 (b)	1.8±0.5	60.3±38.8	0.19±0.10	0.13±0.06	0.10±0.08	0.42±0.08	13.0±1.7	317.4	3.2	1.90
	b/a x 100	50.0	17.7	20.4	15.5	21.7	18.8	61.9	86.7	82.1	94.1

\* : SLA ; Specific leaf area.

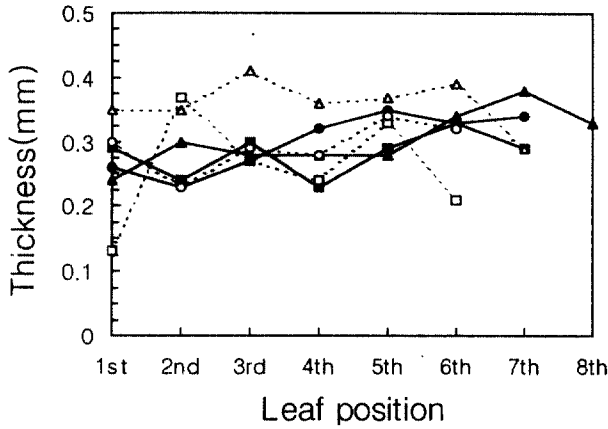


Fig. 1. Leaf thickness and green degree changes of 30 day old seedlings of three soybean cultivars leaf position in 100mM NaCl sand culture. ■ ; Danwonkong control, □ ; Danwonkong 100mM NaCl, ▲ ; Hwangkeumkong control, △ ; Hwangkeumkong 100mM NaCl, ● ; Kwangankong control, and ○ ; Kwangankong 100mM NaCl.

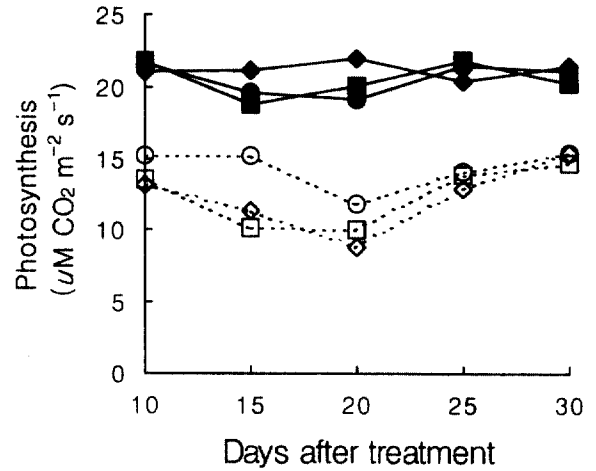


Fig. 3. Changes of photosynthesis of soybean seedling under 100mM NaCl concentration in sand culture. ■ ; Danwonkong control, □ ; Danwonkong 100mM NaCl, ◆ ; Hwangkeumkong control, ◇ ; Hwangkeumkong 100mM NaCl, ● ; Kwangankong control, and ○ ; Kwangankong 100mM NaCl.

후에는 엽록소 증가를 보이지 않았다. 그러나 100mM NaCl 처리에 의한 제1엽의 엽록소 함량은 처리 후 10일째는 무처리와 비슷하거나 약간 높았으나 생육이 진행되면서 점차적으로 감소하였다. 제 2엽도 제1엽과 비슷한 경향으로써 무처리는 생육이 진행하면서 점차적으로 증가하는 경향이었으나 100mM NaCl 처리는 생육이 진행되면서 점차적으로 감소하여 처리 후 30일째는 무처리와 현격한 엽록소 함량 차이를 보이고 있다. 이와 같이 NaCl 처리에 의한 엽록소 함량 감소는 보리<sup>11)</sup>, 벼<sup>12)</sup>, 시금치<sup>13)</sup> 등의 경우 배지의 NaCl 농도가 높을수록 엽록소함량이 감소한다는 결과와 같은 경향을 보였으나, 이<sup>14)</sup> 등의 이탈리아라이그래스는 배지의 NaCl 농도가 높아짐에 따라 엽록소 함량이 증가한다는 것과는 반대의 결과를 보였다.

광합성 속도

100mM NaCl를 처리한 후 30일 까지 콩 품종들의 광합성 변화는 그림 3와 같다. 무처리의 경우 10일째의 광합성 속도와 30일째의 광합성 속도 변화는 큰 차이를 보이지 않았으며 품종간에도 비슷한 경향을 보였다. 그러나 100mM NaCl 처리에서는 무처리에 비하여 광합성 속도가 크게 감소한 것을 알 수 있는데 처리 후 10일째의 광합성 속도는 13~16 ( $\mu\text{M CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )이었으며 처리 후 20일째는 광합성 속도가 가장 감소하여 9~13 ( $\mu\text{M CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) 정도였으며 그 후 점차 회복되는 경향을 보였다. 이

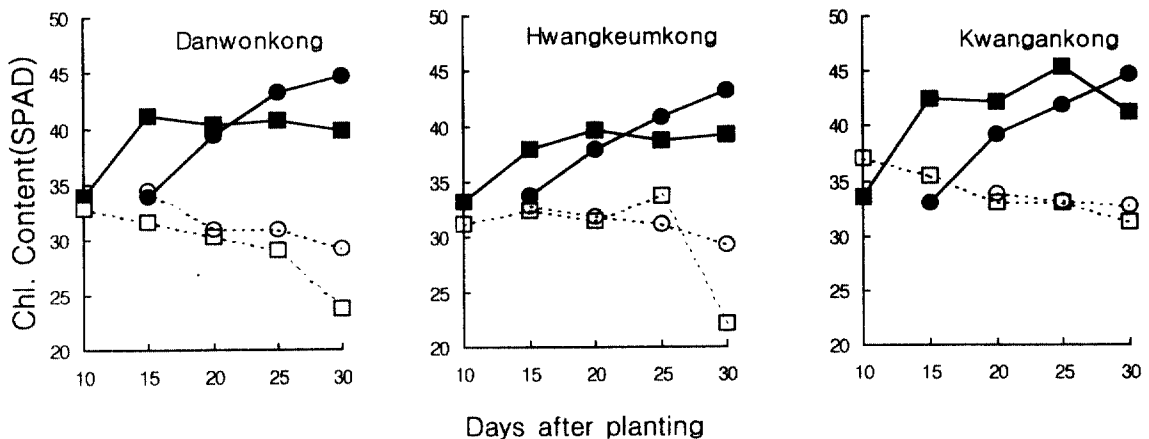


Fig. 2. Changes in chlorophyll content (SPAD) of 3 soybean cultivars. ■ ; 1st leaf to control, □ ; 1st leaf to 100mM NaCl, ● ; 2nd leaf to control, ○ ; 2nd leaf to 100mM NaCl.

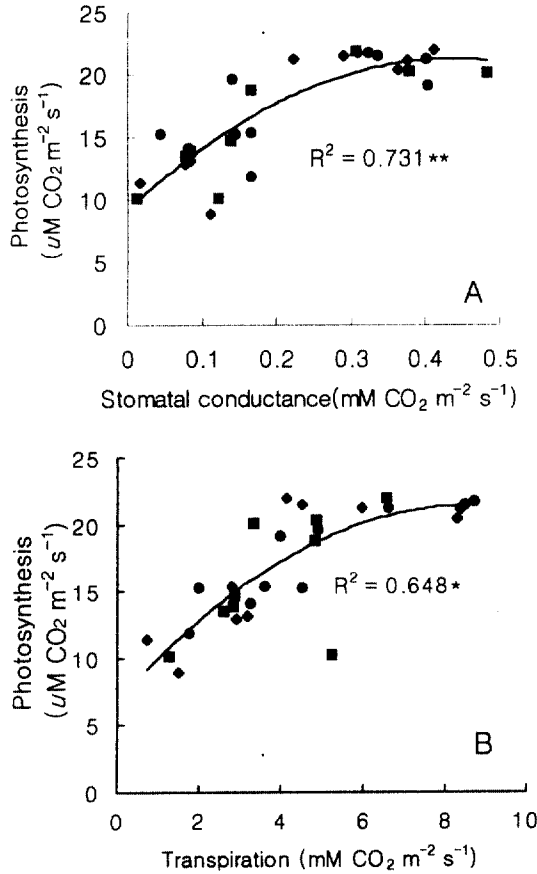


Fig. 4. Relationship of photosynthesis and stomatal conductance(A), transpiration(B) in 1st leaf of three soybean cultivars grown under control and 100mM NaCl in sand culture.

와 같이 NaCl 처리로 광합성 속도의 감소는 stress를 받는 기간에 따라 단기적 반응과 장기적 반응으로 구분하여 stress에 의한 식물이 반응할 때 광합성은 1주일 혹은 1달 이상의 지속적인 stress를 받을 때 반응한다는 Munns<sup>9)</sup>의 결과와 비교할 때 콩 유묘는 NaCl 처리로 적어도 처리 후 10일 전부터 광합성에 영향을 미친다고 할 수 있다. 한편 광합성과 기공전도도 (stomatal conductance), 증산속도와의 상관관계를 살펴보면 기공전도도가 높을수록 광합성이 높아지는 것을 알 수 있었으며, 증산속도와 관계에서도 유의한 결과를 보여 증산속도가 높을수록 광합성 속도는 증가하는 것을 알 수 있다 (그림 4).

이<sup>15)</sup> 등은 수분 stress를 받은 담배의 경우 처리 후 3일째부터 급격한 광합성 감소를 나타내며 기공전도도 역시 같은 경향으로 감소한다고 하였는데 이와 같이 현상은 호흡의 이상, 단백질 합성 저하를 초래하여 생육억제를 일으킨다고 하였다. 또한 조<sup>3)</sup> 등은 염해를 받은 보리 유묘는 잎내의 수분포텐셜의 감소로 인하여 기공이 폐쇄되고 Na<sup>+</sup>와 같은 무기이온의 다량 흡수는 엽록체의 탈라코이드를 파괴하여 광합성 능력이 떨어진다고 하였는데 NaCl 처리에 의한 콩 유묘의 광합성 감소는 수분부족에 의한 잎의 수분포텐셜 감소와 Na<sup>+</sup>의 과잉함유에 의한 기공전도도와 증산속도

의 감소를 초래하여 광합성 속도가 감퇴하는 것을 알 수 있었다.

### 요 약

본 연구는 우리나라 콩 장려품종인 단원콩, 황금콩, 광안콩 등 3가지 품종을 대상으로 100mM NaCl 처리에 따른 30일 묘의 생육특성 및 광합성 반응을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

주경장과 주경절수는 NaCl 처리로 감소하였으며, 엽면적 및 건물중 역시 크게 감소하였다. 품종간 차이는 그다지 크지 않았지만 황금콩이 다른 두품종보다 감소정도가 적은 것으로 나타났다. 잎, 줄기, 뿌리로 구분한 건물중 변화는 줄기의 건물중이 가장 크게 감소하였으며 다음이 잎, 뿌리 순으로 NaCl에 영향을 받았다. 비엽면적(SLA), 지상부와 지하부 비율(Shoot/Root), 잎과 지하부의 비율(Leaf/Root)은 황금콩이 처리간에 차이가 없었으나 나머지 두 품종은 NaCl 처리로 감소하였으며, 옆위별 잎 두께는 무처리는 옆위간에 큰 차이를 보이지 않았지만 100mM NaCl 처리는 일정한 경향을 보이지 않았다.

제 1엽과 2엽의 엽록소 함량의 경시적 변화는 무처리는 처리 후 15일째에 급격히 증가하였지만 NaCl 처리는 점차 감소하는 경향을 보였다. 제 2엽의 광합성 속도는 경시적으로 일정한 경향을 보였지만 NaCl 처리로 광합성 속도가 감소하였으며 처리 후 20일째에 가장 많이 감소하였다. 광합성 속도와 기공전도도 및 증산속도와의 관계는 유의한 상관성이 인정되었다.

### 참 고 문 헌

1. Kim, C. S. (1991). Physiological mechanisms of halophytes. RDA Symposium 17. 100-123.
2. Greenway, H. and R. Munns. (1980). Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Ann. Rev. Plant Physiol. 31:149-190.
3. Cho, J. W., C. S. Kim, S. Y. Lee and K. S. Park. (1998) Growth and histological characteristics of barley (*Hordeum vulgare* L.) seedling to NaCl stress. Korean J. Environ. Agri. 17:335-340.
4. Choi, W. Y. and K. Y. Park. (1991) Development and production of saline tolerant upland crops. RDA Symposium 17. 53-78.
5. Shannon, M. C. (1997). Adaptation of plants to salinity. Adv. in Agron. 58 : 75-120
6. Choi, W. Y., J. H. Park and Y. W. Kwon. (1997). Physiological response of barley to salt stress at reproductive stage. Kor. J. Crop Sci. 42 : 687-692.
7. Grieve, C. M., and Francois, L. E. (1992). The importance

- of initial seed size in wheat plant response to salinity. *Plant Soil*. 147 : 197-205.
8. Amthor, J. S. (1983). Sorghum seedling growth as a function of NaCl salinity and seed size. *Ann. Bot.* 52 : 915-917.
  9. Munns, R. and A. Termaat (1986). Whole-plant response to salinity. *Aust. J. Plant Physiol.* 13:143-160
  10. Läuchli, A., and E. Epstein. (1990). Plant responses to saline and sodic conditions. p. 113-137. In K. K. Tanji. *Agricultural salinity assessment and management*. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice. No. 71. Am. Soc. Civil Eng., New York.
  11. Cho, J. W. and C. S. Kim (1998). Effect of NaCl concentration on photosynthesis and mineral content of barley seedlings under solution culture. *Korean J. Crop Sci.* 43:152-156.
  12. Lee, K. S., J. S. Lee and S. Y. Choi. (1992). Changes in content of chlorophyll and free proline as affected by NaCl in rice seedling. *Kor. J. Crop Sci.* 37 : 178-184
  13. Robinson, S. P., W. J. Downton and J. A. Millhouse (1983) Photosynthesis and ion content of leaves and isolated chloroplast of salt-stressed spinacl. *Plant Physiol.* 73:238-242
  14. Lee, K. S., S. Y. Choi, C. W. Choi. (1995). Effect of NaCl concentration on germination and seedling growth of italian ryegrass. *Korean J. Crop Sci.* 40:340-350.
  15. Lee, S. G., Y. W. Seo, J. W. Johnson and B. H. Kang. (1997). Effects of water stress on leaf water potential, photosynthesis and root development in tobacco plant. *Kor. J. Crop Sci.* 42 : 146-152.