

海水 濃度에 따른 水稻의 몇가지 生理的 反應

송연상* · 崔元烈*

Physiological Responses of Rice Plant as Influenced by Salinity Stress Using Sea Water

Yeon Sang Song* · Won Yul Choi*

ABSTRACT : This study was conducted to obtain the basic information for easily judgement to level of salinity stress of the reclaimed land. Rice varieties used were Nakdongbyeon and Chilsungbyeon.

In seedling stage, 13 day-old seedlings were subjected to salt solution(0, 30, 60, 90mM) for 8 days.

In reproductive stage, 30 day-old seedlings were transplanted 3 hills(3 seedlings /hill) per plastic pot (diameter 28×depth 30cm). Salinity stress was given by immersing pot in the salt solution(sea water) with 4 concentrations(0, 30, 60, 90mM)for 8 days at booting stage. The stomatal resistance was increased with salinity concentrations. Salinity stress appeared to be more sensitive in seedling stage than in reproductive stage in each concentrations. The photosynthesis was decreased in salinity treatment. Salt-treated periods influenced unfavorably stomatal resistance in each stages. The leaf chlorophyll content was remarkably decreased by increasing salt concentrations. The absorption of Na^+ and Cl^- were increased as salt concentration in the culturing medium became higher, but there was no apparent difference in the absorption of K^+ , Mg^{++} , and Ca^{++} . The plant height and root length were decreased in salinity treatment. The inhibitory effect of salinity stress on root growth was more severe than in shoot growth. The stomatal resistance could have been used as bio-information.

Key word : Salinity stress, Stomatal resistance, Photosynthesis, Chlorophyll content, Rice.

擴大되어가는 干拓地 그리고 島嶼地方과 海岸地方的 農耕地는 直接的으로나 間接的으로 鹽害를 받기 때문에 農業 生産性的 制限 要因으로 作用하고 있어 그 對策이 時急한 바 이에 따른 實質的이고 體系的인 研究가 切實히 要請되고 있다.

鹽害는 NaCl , MgCl_2 , MgSO_4 그리고 CaSO_4

等の 過多로 因하여 鹽 存在下에서는 發芽 抑制 또는 遲延, 여러가지 酵素活性的 低下, 高滲透壓으로 因한 水分吸收의 沮害, 이온의 特異的 影響⁹⁾, 體內代謝物質의 變化¹⁰⁾ 등으로 正常的인 生育이 沮害된다.

水稻의 生育에 있어서 어떤 鹽分 濃度에 栽培했

* 全南大學校 農科大學(College of Agriculture, Chonnam Nat' Uni', Kwangju 500-757)

〈'93. 11. 25 接受〉

을때 그 鹽分 處理期間에 比例하여 生育을 不良하게 하지만 鹽害에 따른 減收程度는 生育 期間中 어느 時期에 어떤 濃度에 處하였는가가 生育을 支配하는 가장 重要な 要因이라고 알려져 있으며 一般的으로 作物 生育에 있어서 幼苗期에 鹽害가 가장 甚하다고 하였으나⁸⁾ 苗齡이 增加함에 따라 耐鹽性이 強해지는等 品種間에도 差異가 있다고 하였다^{3,4)}.

한편, 鹽分下에서는 葉綠素의 含量이 減少하여⁴⁾ 結果적으로 나타나는 葉綠素의 含量은 代謝 作用과 生育에 相關이 있다고 하였다³⁾.

Lauter & Munns⁶⁾에 依하면 鹽害에 感受性인 品種은 Na^+ 含量이 增加하고 抵抗性인 品種은 減少하는 傾向이어서 줄기에서의 Na^+ 蓄積程度는 鹽害의 좋은 指標로 삼을 수 있을 것이라 하였다. Hajarasulina¹⁾는 Bean에서 Cl^- 이온의 毒性 때문에 植物體가 枯死한다고 하였으며 鹽分은 陽이온에 비해 陰이온의 被害가 크다고 하였다. Dettori⁵⁾는 植物의 水分 狀態를 알 수 있는 重要な 尺度는 氣孔傳導度, 葉水分포텐셜, 蒸散率이라고 하였으며 氣孔抵抗은 水分 Stress의 境遇 氣孔을 閉鎖하여 光合成 活動을 減少시킴으로서 特히 重要하다고 하여서 本 研究에서는 鹽分の 作物에 對한 被害 또는 被害 過程을 구명함으로서 鹽分 含量이 높은 干拓地에서의 鹽害에 對한 被害程度를 용이하게 判斷 하기 爲한 基礎資料를 얻고자 試驗을 實施한 바 그 結果를 여기에 報告하고자 한다.

材料 및 方法

낙동벼와 칠성벼 두 品種을 供試하여 全南 大學 校 農科大學 附屬農場 溫室에서 試驗을 遂行하였다. 幼苗期와 生殖生長期로 나누어서 鹽害를 誘發시켰는데 幼苗期는 四角 플라스틱 포트(가로 50×세로 60×높이 20cm)에 發芽後 13일된 幼苗를 넣고 海水를 濃度 別(0, 30, 60, 90mM)로 處理하여 8日間 生育 시키면서 鹽害를 誘發시켰다. 處理 海水의 電氣傳導度는 表1과 같다.

生殖生長期 處理를 爲하여 發芽後 30日된 中苗를 株當 3本 씩으로 하여 3포기 씩 移植된 圓形 플라스틱 포트(직경 28×높이 30cm)를 四角 플라스

틱 포트(가로50×세로 60×높이 20cm)에 담아 泥土壤에서와 같이 담수를 調節하여 栽培하였다. 處理 時期는 穗孕期였다. 處理는 濃度 別로 四角 플라스틱 포트에 各各 25ℓ 씩 溶液을 교체하여 8日間 生育 시키면서 鹽害를 誘發시켰다.

氣孔抵抗性의 測定은 幼苗期의 境遇, 最上位葉을 調査하였고 生殖生長期에는 上位 3葉의 葉身基部 約 5cm에서 表面과 裏面을 Automatic Porometer(MK3, DELTA-T DEVICES LTD)를 使用하여 測定하였으며, 아침 07:00부터 2時間 間隔으로 午後 17:00까지 測定하였다. 測定期間은 處理 當日로부터 8일간이었다. Automatic porometer의 센서를 Calibration하여 直線回歸式을 算出하였다. 葉綠素 含量은 Mackinney法에 依하여 測定하였으며, 無機이온 含量 測定은 Instrumentation Laboratory aa/ae Spectrophotometer 257을 使用하여 Na^+ 은 588.9nm, K^+ 은 766.5nm, Mg^{++} 은 285.2nm 그리고 Ca^{++} 은 422.7nm에서 測定하였고 Cl^- 은 Ion meter(Model 407A)로 測定하였다. 草長과 根長은 鹽害處理 8日 後에 測定하였으며 無處理에 對한 鹽分處理의 百分率로 減少率을 算出하였다.

Table 1. The electrical conductivity of sea water used.

Salt treatment (mM)	%	Elect. conduct. (mmhos/cm, 25°C)
0	0.00	0.20
30	0.17	2.54
60	0.35	4.74
90	0.53	7.02

結果 및 考察

1. 氣孔抵抗性

幼苗期와 生殖生長期에 鹽害 誘發處理를 한 後 晝間의 葉 氣孔抵抗性 變化를 그림 1에서 보면 無處理의 境遇 7時 경부터 開孔을 始作하여 時間의 經過와 함께 開度는 增大되어 13時 경에는 日中 最小值를 나타내었고 15時 경부터는 조금씩 閉孔하여 17時 경에는 상당히 閉孔하는 日中 變化를 보인 反面 處理區에서는 開孔이 느리게 進行 되었고 日

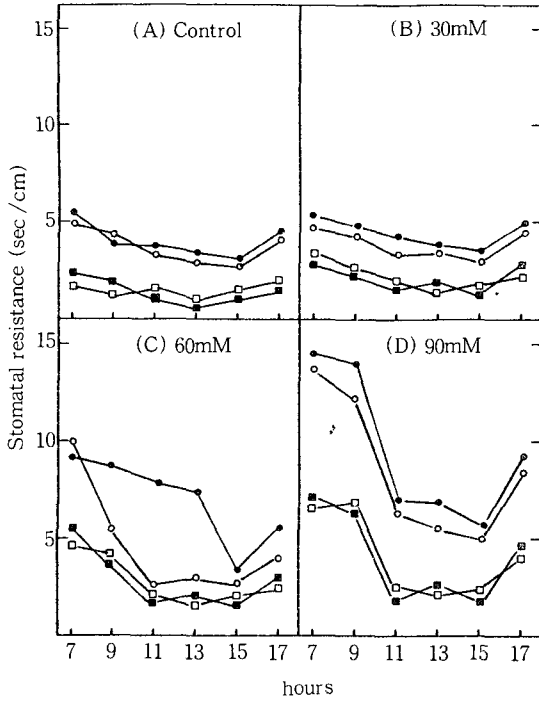


Fig. 1. Changes in stomatal resistance of rice imposed to salinity stress for 8 days at seedling stage and reproductive stage. Nakdongbyeo ○-○ Seedling stage □-□ Reproductive stage Chilsungbyeo ●-● Seedling stage ■-■ Reproductive stage

中 最少値를 나타내야 할 11時와 13時 경에 높은 傾向을 보였으며 海水 濃度가 높아짐에 따라 그 樣相이 淸하여져서 90mM에서는 그 程度가 뚜렷하였다. 7時와 11時的 境遇를 볼 때 開孔이 活潑하게 이루어져서 光合成이 旺盛할 時間이지만 無處理에 比하여 閉孔에 가까울 程度로 높아서 光合成이 顯著하게 低下, 그 結果로 作物의 生育과 여러 代謝機能의 阻害를 가져온 것을 알 수 있었다. 幼苗期가 生殖生長期보다 氣孔低抗性이 높게 나타나서 幼苗期가 鹽害에 弱하다는 一般의인 報告들과 一致하는 傾向을 보였다. 이는 幼苗期에는 氣孔發達이 微微하여 光合成 活動이 活潑하지 못하지만 生育이 進展됨에 따라 氣孔數, 氣孔開度 등이 增加하는 것으로 생각된다. 品種間에는 多收性 品種에서 氣孔低抗性이 더 낮다고 하는 報告가 있으나 本 試驗에서는 큰 差異를 認定할 수 없었다.

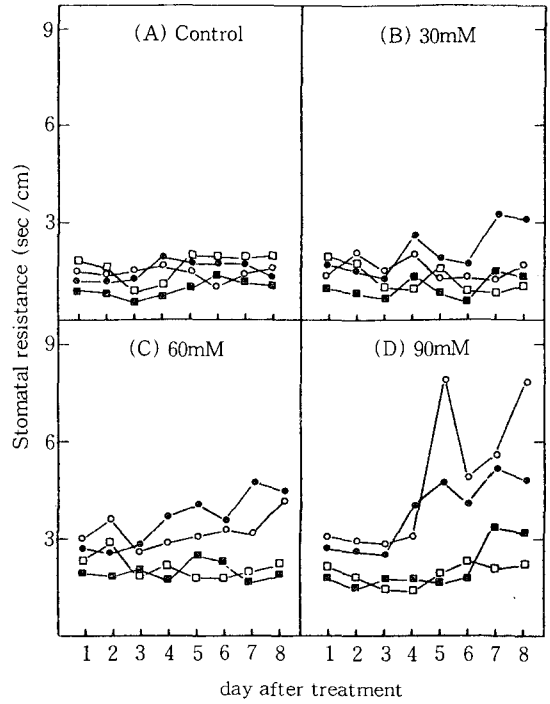


Fig. 2. Changes in stomatal resistance of rice imposed to salinity stress during treatment period(11 o'clock) at seedling stage and reproductive stage. Nakdongbyeo ○-○ Seedling stage □-□ Reproductive stage Chilsungbyeo ●-● Seedling stage ■-■ Reproductive stage

全 處理期間에 걸친 11時的 氣孔低抗性 變化를 그림 2에서 보면, 두 品種 모두 두 時期에서 處理期間이 길어짐에 따라서 氣孔低抗性이 增加하였고 時期別로는 幼苗期에서 程度가 淸하여 幼苗期가 鹽害에 弱한 時期라는 것을 알 수 있었다.

2. 葉綠素

發芽 13日 된 幼苗에 8日間 海水處理를 하여 얻은 葉綠素 含量 變化는 그림 3과 같다.

水稻 幼苗의 葉綠素 含量은 濃度間 有意差가 認定되어 濃度가 增加함에 따라 比例的으로 減少하는 傾向이었다. 供試 品種間에는 큰 差異가 없었으나 90mM에서는 約 40%의 減少率을 보였다. 葉綠素 含量은 體內代謝와 生育에 크게 影響을 주며 氣孔低抗性과의 關係는 高度의 負의 相關

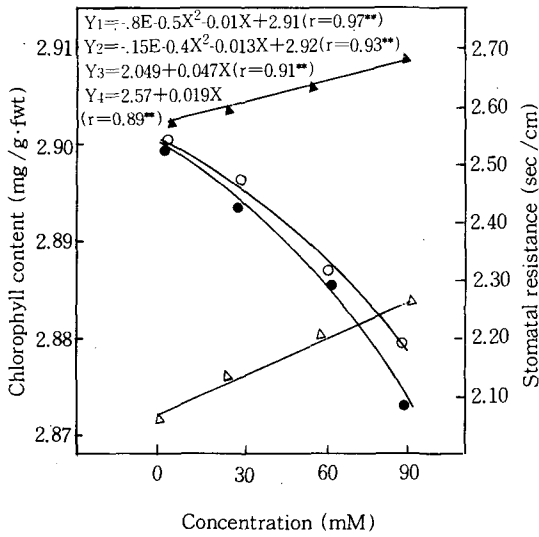


Fig 3. Changes in chlorophyll content of 2nd leaf in rice seedling imposed to salinity stress for 8 days at 13 day after emergence.

○-○ Chlorophyll content(N)
 ●-● Chlorophyll content(C)
 △-△ Stomatal resistance(N)
 ▲-▲ Stomatal resistance(C)
 N: Nakdongbyeo C: Chilsungbyeo

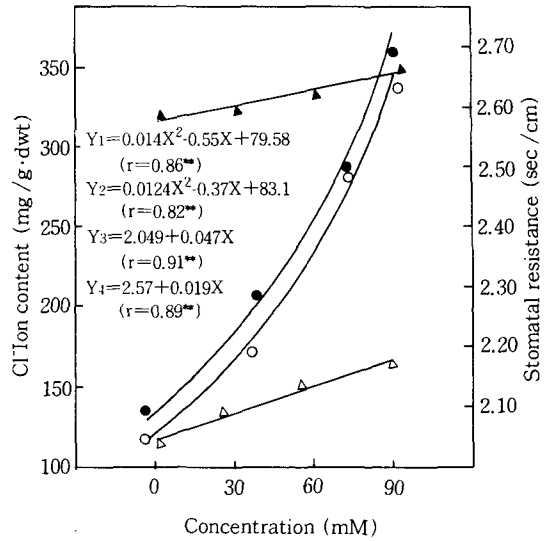


Fig 4. Changes in Cl⁻ ion content in rice seedlings imposed to salinity stress for 8 days at 13 day after emergence.

○-○ Cl⁻ content(N)
 ●-● Cl⁻ content(C)
 △-△ Stomatal resistance(N)
 ▲-▲ Stomatal resistance(C)
 N: Nakdongbyeo
 C: Chilsungbyeo

(-0.71^{**})을 나타내 기공저항성이 생체 정보를 알려주는 중요한 요인임을 알 수 있었다.

3. 無機이온

그림 4는 海水處理에 따른 葉乾物의 Cl⁻ 含量變化를 나타낸 것이다.

鹽害는 陽이온에 比하여 陰이온의 被害가 크고 Cl⁻의 毒性때문에 植物體가 枯死한다는 報告에 注目하여 氣孔抵抗성과 Cl⁻과의 相關을 求하여 본 結果 高度의 正의 相關(0.75^{**})을 보여 鹽害에 있어 氣孔이 重要한 影響 因子임을 알 수 있었다.

한편, 發芽 13日 된 幼苗에 8日間 海水處理한 後 葉乾物의 各種 이온 中에서 特히 鹽害를 일으키는데 主된 役割을 하는 Na⁺와 Cl⁻은 勿論 K⁺, Mg⁺⁺, 그리고 Ca⁺⁺에 對한 濃度別 含量變化를 綜合的으로 묶어 보면 表 2와 같다.

K⁺, Mg⁺⁺, 그리고 Ca⁺⁺는 無處理에 比하여 含量이 낮은 傾向이었으나 濃度가 增加함에 따라 植

Table 2. Changes in some mineral elements of rice seedlings imposed to salinity stress for 8 days at 13 day after emergence.

Cultivars	Concentrations (mM)	Contents of mineral elements				
		Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Cl ⁻
Nakdongbyeo	0	119c	1,901	191	283	77c
	30	196c	1,805	202	282	84c
	60	273b	1,955	193	289	88b
	90	671a	1,732	189	279	146a
Chilsungbyeo	0	95c	2,047	195	284	84c
	30	129c	1,740	177	267	79c
	60	234b	1,744	183	280	109b
	90	536a	1,824	186	286	149a

Means separation within rows by Duncan's Multiple Range Test at 5% level.

物體 蓄積이 比例的으로 減少하는 現象은 볼 수 없었다. 그러나 鹽分下에서의 K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺의 吸收 阻害와 Na⁺, Cl⁻의 過剩 吸收에 對한 一般의

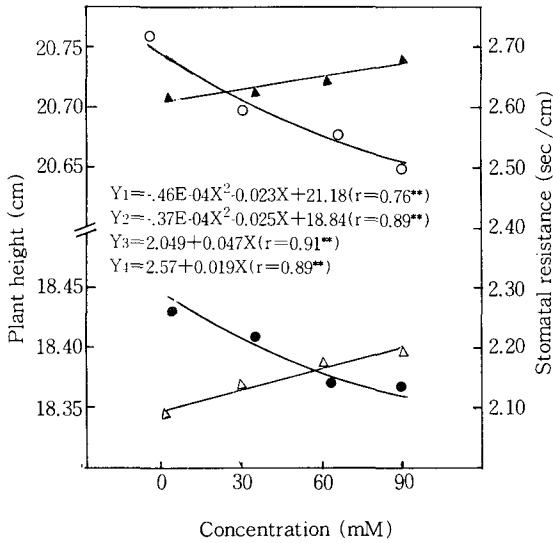


Fig 5. Changes in plant height in rice seedlings imposed to salinity stress for 8 days at 13 day after emergence.

○-○ Plant height (N)
●-● Plant height (C)
△-△ Stomatal resistance (N)
▲-▲ Stomatal resistance (C)
N: Nakdongbyeo C: Chilsungbyeo

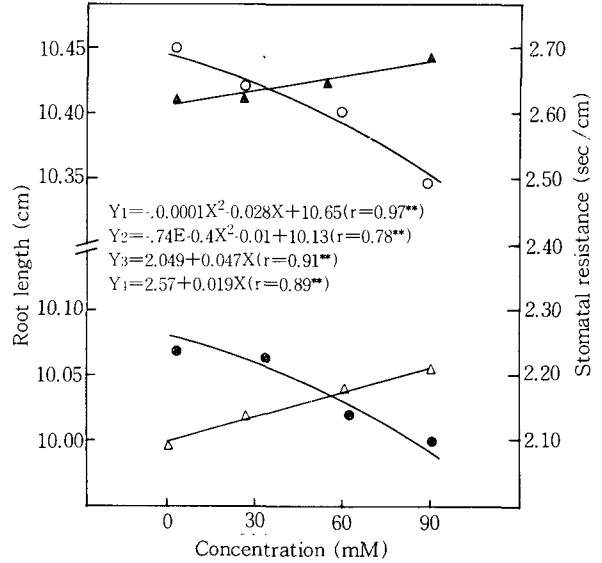


Fig 6. Changes in root length in rice seedlings imposed to salinity stress for 8 days at 13 day after emergence.

○-○ Root length (N)
●-● Root length (C)
△-△ Stomatal resistance (N)
▲-▲ Stomatal resistance (C)
N: Nakdongbyeo C: Chilsungbyeo

報告¹¹⁾와 一様性を 보였다.

4. 草長 과 根長

發芽後 13日 된 幼苗에 8日間 海水處理를 한 後 品種 및 海水濃度에 따른 草長과 根長의 變化를 보면 그림 5와 6과 같다.

두 品種 共히 濃度の 增加에 따라 草長이 減少하고 있는데 鹽害條件下에서 代謝機能이 低下하여 草長의 生育이 阻害됨을 알 수 있었다. 90mM에서는 약 12%의 減少率을 보였으며 品種間에는 5%水準에서 有意差가 認定되었으며 낙동벼보다 칠성벼의 被害程度가 더 컸음을 알 수 있었다. 氣孔抵抗性과는 高度의 負의 相關(-0.75**)을 보여 氣孔抵抗만을 測定하여 봄으로서 草長의 生育狀을 豫測할 수 있을 것이라 생각되었다. 根長의 경우 역시 濃度間에 有意성이 認定되며 90mM에서는 약 23%의 減少率을 나타내 草長보다 顯著히 높았다. 이는 一般的으로 鹽分 條件下에서 地上部 보다 地下部の 被害가 더 크다는 報告⁷⁾와 一致하고 있는

데, 任과 沈²⁾은 뿌리부위가 直接的으로 高濃度の 鹽類와의 接觸에 의한 것이라고 指摘함으로써 干拓地의 水稻 栽培에 있어서 가장 重要한 問題의 하나는 移植直後의 根 活着에 있음을 示唆하였다. 氣孔抵抗性과는 高度의 負의 相關(-0.68**)을 보여서 鹽分에 뿌리가 露出되어서 水分 吸收가 阻害되고 그로 因한 氣孔抵抗性의 增加로 光合成 能力이 低下되어 根長의 減少를 가져왔으리라 생각된다.

摘 要

鹽分의 作物에 對한 被害 또는 被害過程을 구명함으로써 鹽分含量이 높은 干拓地에서 鹽害에 對한 被害程度를 容이하게 判斷하기 위한 基礎資料를 얻기 위하여 水稻에 海水를 濃度別로 處理하여 얻은 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 氣孔抵抗性은 海水濃度の 增加에 따라서 뚜렷한 增加를 나타냈는데 그 程度가 生殖生長期로

다는 幼苗期에 더 큰 傾向을 보여 幼苗期에 被害가 더 甚하였다. 그리고 光合成이 活潑하게 이루어지는 時刻인 11時경의 氣孔抵抗性 變化를 볼 때 無處理에 比하여 處理區에서 比例的으로 높아지는 傾向이어서 鹽下에서는 光合成이 沮害됨을 알 수 있었다. 處理 期間에 따른 變化도 繼續 增加하는 傾向으로 處理期間이 增加할 수록 被害가 더 커졌다.

2. 葉綠素는 海水濃度の 增加에 따라 뚜렷한 減少를 나타냈다.
3. 植物體의 Na^+ 와 Cl^- 은 海水濃度の 增加에 따라 吸收가 많았으나 K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} 의 吸收는 若干 減少하긴 하였으나 그 差異가 大同小異하여 뚜렷한 差異가 없었다.
4. 草長과 根長은 海水濃度の 增加에 따라서 뚜렷한 減少를 나타냈는데 草長보다 根長의 減少率이 顯著히 높았다.
5. 氣孔抵抗性과 기타 여러 項目들間에 相關이 高度로 認定되는 바 특히 氣孔抵抗性은 bio-information으로서 活用價値가 있음을 보여주고 있다.

引用文獻

1. Hajarasulina, S. 1980. Accumulation and toxicity of chloride in bean plants. *Plant and Soil*. 55 : 133-138
2. 任銅彬, 沈載昱. 1970. 干拓地에서 水稻 및 기타 作物의 耐鹽性에 關한 研究. 1. 水稻 品種의 耐鹽性에 關하여. *韓植誌* 8 : 47-68
3. 任銅彬, 林雄主. 1970. 干拓地에서 水稻 및 기타 作物의 耐鹽性에 關한 研究. 6. 鹽分 干拓地에서 直播法에 依한 水稻 生育의 比較. *韓植誌* 8 : 47-68
4. 任銅彬, 黃鍾瑞. 1970. 干拓地에서 水稻 및 기타 作物의 耐鹽性에 關한 研究. 12. 水稻 品種의 耐鹽性에 關하여. *韓植誌* 8 : 47-68
5. Dettori, L. 1985. Leaf water potential, stomatal resistance and transpiration response to different watering in ALMOND, peach and "PIXY" plum. *Acta Horticultural*. 171
6. Lautre, D. J, and D. N. Munns. 1986. Salt resistance of chickpea genotypes in solutions salinized with NaCl or Na_2SO_4 . *Plant and Soil*. 95 : 271-279
7. Mozafer, A. and J. R. Goodin. 1986. Salt tolerance of two differently drought-tolerant wheat genotypes during germination and early seedling growth. *Plant and Soil*. 96 : 303-316
8. 朴魯東. 1982. 水分障礙 및 鹽障礙下에서 水稻體中 酵素 水準 및 有機代謝 產物과 無機 이온 含量的 變化. *農化學誌*. 25 : 135-141
9. Takashi, T. and N. Ishizaka. 1964. Physiological studies on the tolerance of rice plants to salinity. Part 2. Effects of salinity on the absorption of water and of chloride ion. *日作誌*. 31 : 337-341
10. Torrello, W. A. and I. A. Rice. 1986. Effects of NaCl stress on proline and cation accumulation in salt sensitive and tolerant turfgrasses. *Plant and Soil*. 23 : 241-247
11. Wilcox, D. A. 1984. The effects of NaCl Deicing salts on *Sphagnum recurvum* P. Beauv. *Environmental and Experimental Botany*. 24(4) : 295-304