

NaCl處理에 따른 벼 幼苗期の 葉綠素 및 遊離 Proline의 含量 變化

李康壽*1 · 李宗申*2 · 崔善英*2

Changes in Contents of Chlorophyll and Free Proline as Affected by NaCl in Rice Seedling

Kang Soo Lee*. Jong Sin Lee**. Sun Young Choi**

ABSTRACT : The changes in contents of chlorophyll and free proline in the seedling leaves of ten rice cultivars as affected by salt stress were checked in order to obtain the basic information on the judgement of the degrees of salt injury.

The difference in salt injury among the cultivars was clearly observed about 25 days after 6% salt treatment. Chlorophyll content was decreased in both Gayabyeo and Taebaegbyeo for 14 days after different salt treatment as salt concentration was increased and the decreased tendency was much higher in Taebaegbyeo than in Gayabyeo over 0.4% salt concentration. Chlorophyll content in Gayabyeo after 0.6% salt treatment was decreased slowly, while in Taebaegbyeo, deminished very rapidly as time progressed, therefore it decreased by about 16% in Gayabyeo and 67% in Taebaegbyeo compared to the control at 20 days, respectively. The relationship between chlorophyll content and the degrees of salt injury in ten rice cultivars showed significant negative correlation at 10 day after 0.6% salt treatment. Free proline content in Gayabyeo was increased gradually for 14 days after different salt treatment as salt became higher, while in Taebaegbyeo, it was increased rapidly under 0.6% but rather decreased under 0.8% salt concentration. Particularly, it was much higher Taebaegbyeo than in Gayabyeo under salt concentration from 0.4 to 0.6%. Free proline content in Gayabyeo after 0.6% salt treatment was increased from 15 days, on the other hand in Taebaegbyeo, it was increased from 5 days, but rather decreased from 20 days, and it was 6 times higher in Taebaegbyeo than in Gayabyeo at 10 days. There was significant positive correlation between free proline content and the degrees of salt injury in ten rice cultivars at 10 days after 0.6% salt treatment. From the above results, chlorophyll and free proline content may be used as an indicative character of intensity of salt stress as well as varietal difference in resistance to salt stress in the seedling stage.

* 湖南作物試驗場(Honam Crop Experiment Station, RDA, Iri, 570-080, Korea)

** 全北大學校 農科大學(Coll. of Agr., Chonbug Nat'l, Univ., Chonju, 560-756, Korea)

最近 우리나라는 先進型 經濟構造로의 轉換에 따라 土地의 需要가 急增하면서 農耕地 面積이 急速히 減少되고 있어 새로운 農耕地 造成이 時急한 실정에 있는데, 南西海岸 干拓地一帶에 分布한 干拓 可能 面積中 農耕地로 開發할수 있는 面積은 약 402千ha¹⁰⁾나 되고 있다. 이중 87千ha는 이미 干拓完了 되었고 또, 40千ha의 새萬金干拓工事が 推進中에 있어 干拓地에 대한 關心이 集中되고있다.

干拓地는 土壤構造가 不良하고 鹽分이 集積되어 있으며 地下水位가 높아 湛水狀態로 栽培할수 있는 것은 벼가 大部分을 차지하고 있지만 벼도 土壤 鹽分濃度에 따라 初期 根活力과 地上部 生育이 低調하여 生産性에 많은 制約을 받고 있다.⁸⁾

벼의 鹽害發生은 品種에 따라 다르고^{8,14)} 同一品種에서도 生育段階에 따라 다르게 나타나고 있어^{9, 13,15)} 干拓地 벼 栽培에서 收量의 安定性 確保를 위해서는 耐鹽性이 강한 品種의 選擇과 生育時期에 따른 適切한 栽培管理가 매우 重要하다.

현재까지 우리나라에서는 耐鹽性 벼 品種의 開發이 不進하므로 耐鹽性 形質轉換을 위한 中間母本의 育成 등 高度의 耐鹽性 品種育成事業이 時急한 실정에 있는데^{4,6)} 耐鹽性 벼 品種의 育成을 위해서는 幼苗 耐鹽性 檢定과 干拓地 本番檢定 등을 實施하여 耐鹽性 因子의 探索과 育成系統의 耐鹽性 程度에 대한 研究가 要求되고 있다.

벼 耐鹽性 品種育成을 위한 幼苗 耐鹽性 檢定은 大개 水耕栽培를 통하여 實施되는데 이는 水耕液을 隨時로 交換해야 하고 또 pH를 매일 調節해 주어야 하는 등 管理上 어려움이 따르게 되고 耐鹽性 程度의 判定이 達觀調査에 依存하게 되므로 客觀性이 없다는 指摘도 있다.

따라서 本 研究에서는 벼의 耐鹽性 檢定 方法을 改善하고자 于先 主要品種을 水耕栽培하여 鹽分處理하고 幼苗期에 葉의 葉綠素 및 遊離 Proline의 含量을 調査하여 지금까지 耐鹽性 程度를 判定해 온 達觀調査와의 關係를 檢査한 바 몇가지 結果를 얻었기에 報告하는 바이다.

材料 및 方法

供試材料는 벼 一般型(Japonica) 品種인 東津벼, 耽津벼, 花成벼 그리고 花晴벼와 統一型(Indica/Japonica) 品種인 伽倻벼, 中原벼, 新光벼, 太白벼, 漢江찰벼 그리고 서울大學校 農科大學에서 育成한 HP3319-2wx-6-20-1 등 10個 品

種을 利用하여 水耕栽培하였는데, 水耕液은 國際米作研究所의 벼 水耕液調製法(表1)⁵⁾을 參考하였다. 卽, 直徑 0.5cm의 구멍을 100個 뚫어 만든 31cm×24cm×1cm(가로×세로×두께)의 스티로폴판에 망사를 부착하고 각 구멍마다 催芽시킨 種子 1個體씩을 置床하여 水耕液을 채운 31cm×24cm×24cm(가로×세로×높이)의 plastic pot에 띄워 2週間 키운 後에 鹽濃度가 각 品種마다 0, 0.2, 0.4, 0.6, 그리고 0.8%의 水準이 되도록 調節하여 處理하였다. 處理液은 매일 電氣傳導度와 pH를 測定하여 處理 鹽濃度 및 pH 5.0을 維持하도록 하였으며 基本營養水準을 維持하기 위하여 5日 間隔으로 處理液을 交換하였다.

Table 1. Composition of water culture solution in rice plant.

Element	Reagent	Concentration (ppm)
N	NH ₄ NO ₃	40
P	NaH ₂ PO ₄ ·2H ₂ O	10
K	K ₂ SO ₄	40
Ca	CaCl ₂	40
Mg	MgSO ₄ ·7H ₂ O	40
Mn	MnCl ₂ ·4H ₂ O	0.5
Mo	(NH) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O	0.05
B	H ₃ BO ₃	0.2
Zn	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.01
Cu	CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.01
Fe	FeCl ₃ ·6H ₂ O	2.0
Si	SiO ₂ (Waterglass)	50

材料는 鹽分處理後 時期別, 鹽分濃度別 그리고 品種別로 區分하여 採取하였는데, 時期別 材料는 0.6%의 鹽分處理에서 伽倻벼와 太白벼를 鹽分處理後 5日, 10日, 15日, 20日에, 鹽分濃度別 材料는 각 處理鹽分濃度에서 鹽分處理 14日 後에 伽倻벼와 太白벼를, 그리고 品種別 材料는 0.6%의 鹽分處理 10日 後에 供試한 10個 品種을 無處理에서와 함께 葉身을 採取하여 急速凍結乾燥器로 乾燥한 다음 粉碎하여 分析 試料로 使用하였다.

葉綠素의 含量은 Arnon方法에 의하여 測定하였으며 遊離 proline의 含量은 Troll & Lindsley方法¹³⁾을 簡便하게 變形한 方法¹⁾에 의하여 測定하였다.

즉, 振湯管에 試料 200 mg을 넣은 後 MCW (Methanol:Chloroform: Water=12:5:3, v/v) 5ml를 넣고 室溫에서 振湯한 다음 均質液에 蒸溜水 8 ml를 添加하여 完全히 混合한 後 10分間 遠心分離(2000rpm) 하였다. 그 상등액을 沸騰管에 옮겨 水醋酸 5ml와 Fresh acidic ninhydrin reagent(125mg ninhydrin:3ml 水醋酸:2ml 6M Orthophosphoric acid) 5ml 를 넣고 水槽에서 45分間 끓여 室溫에서 冷却한 다음 toluene(proline 濃度에 따라 5-20ml)을 添加攪拌한 後 30分間 靜置하여 spectrophotometer로 520nm에서 測定하였고 標準溶液은 L-proline을 使用하였다.

結果 및 考察

1. 品種別 鹽害程度

벼 耐鹽性 幼苗檢定에 있어서 耐鹽性 程度를 判定하는데 어떤 形質을 어느 程度의 鹽濃度에서 어느 時期에 調査하는 것이 品種間에 있어서 그 程度 差異를 잘 나타내 줄 것인가 하는 것은 檢定方法을 究明하는데 있어 重要한 意味를 갖는다. 그런데 우리나라 干拓地 研究를 主業務의 하나로 擔當하고 있는 湖南作物試驗場 界火島出張所에서는 水耕栽培를 통하여 幼苗 耐鹽性檢定을 實施하고 있는데 많은 系統의 耐鹽性 程度의 判定을 達觀法으로 調査하고있다.

水耕栽培를 하여 達觀法에 의한 品種間 鹽害程度를 時期別로 보면 그림 1에서와 같이 鹽分處理後 日數가 經過할수록 鹽害程度가 모든 品種에서 增

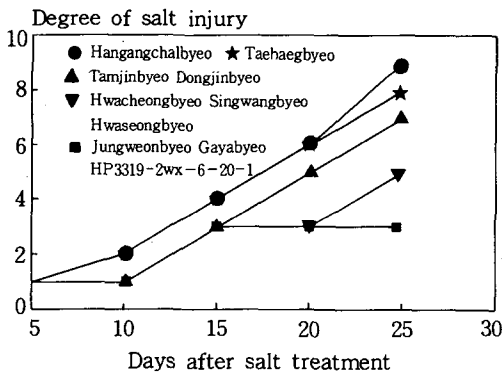


Fig. 1. Degrees of salt injury in ten rice cultivars as affected by salt stress from the 14th day after germination.

차 크게 나타나는 傾向이었는데 品種別 差異는 鹽分處理後 25日에 가서야 뚜렷하게 나타났다. 處理 5日 後에는 供試한 10개品種 모두 無處理에 비하여 草長에 약간의 差異가 있을 뿐 無處理에 비하여 鹽害를 받았다는 徵候는 거의 찾아 볼수가 없었고 處理 10日 後에는 漢江찰벼와 太白벼에서 第1葉이 枯死되었다. 處理 15日 後에는 漢江찰벼와 太白벼의 葉色이 열게 變하였는데 나머지 品種은 이들 品種보다 葉色의 變化가 적어 品種間 差異를 判定하기가 어려웠고 處理 20日 後에는 耽津벼와 東津벼가 花晴벼, 花成벼, 新光벼, 中原벼, 伽倻벼 그리고 HP3319-2wx-6-20-1들과 葉色의 差異를 보여 鹽害程度가 조금 크게 나타났다. 處理 25日 後에는 漢江찰벼가 枯死되어 耐鹽性程度 9로 判定되었으며 太白벼는 一部 葉에 綠色部位가 조금 남아있어 8, 耽津벼와 東津벼는 葉의 끝부분이 枯死되고 나머지 部分이 열게 變하여 7, 花晴벼, 新光벼 그리고 花成벼는 耽津벼와 東津벼보다 葉色이 짙어 5 그리고 中原벼, 伽倻벼 및 HP3319-2WX-20-1은 葉 枯死部位가 아주 적고 葉色이 짙어 3으로 判定되었다.

이와같이 耐鹽性程度의 判定은 葉의 枯死程度에 의한 達觀法에 따라 品種間 差異를 區分하게 되므로 鹽分處理 狀態에서 短期間內에 品種間의 差異를 뚜렷하게 區別하기가 어려워 客觀性이 缺如되며, 調査時期가 적어도 處理後 25日 程度가 經過되어야 하기때문에 매일 pH를 調節하고 水耕液을 隨時로 交換해야하는등 水耕栽培管理가 까다로워서 많은 系統을 檢定해야하는 品種育成에 있어서 어려움이 많다.

2. 葉綠素 含量

達觀調査에서의 耐鹽性程度가 8인 太白벼와 3인 伽倻벼에서 鹽處理濃度別 葉綠素의 含量 變化를 그림 2에서 보면 鹽處理後 14日에 處理濃度가 높아질수록 漸次 減少하는 傾向이었는데 太白벼가 伽倻벼보다 減少程度가 심하여 0.6%와 0.8%에서 品種間 差異가 뚜렷하였다. 0.6% 鹽處理後 時期에 따른 葉綠素의 含量을 보면(그림 3) 無處理에서는 太白벼나 伽倻벼 모두 별다른 增減이 없었으나 0.6%의 處理에서는 太白벼의 減少程度가 커서 處理 5日 後부터 伽倻벼와 差異를 보였으며 品種間 差異의 程度는 鹽分處理後의 期間이 經過할수록 뚜렷하였다.

위의 結果로 볼때 鹽處理後 葉綠素 含量이 達觀調査에서 耐鹽性程度가 큰 伽倻벼보다 耐鹽性程度

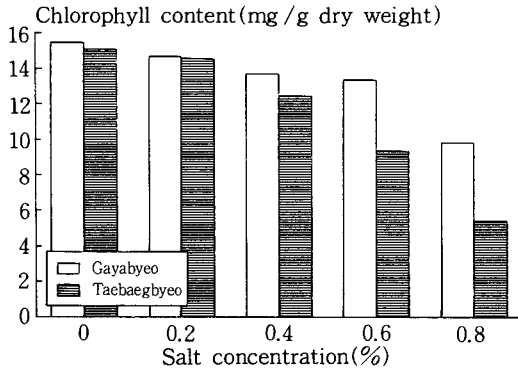


Fig. 2. Changes in chlorophyll content of the seedling rice leaf as affected by salt stress for 14 days from the 14th day after germination.

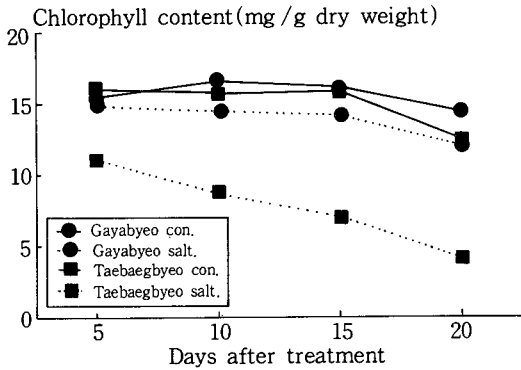


Fig. 3. Changes in chlorophyll content of seedling leaf as affected by salt stress from the 14th day after germination.

가 작은 太白벼에서 크게 減少하여 두 品種間에 差異를 區別할수 있으므로 鹽處理後에 葉綠素의 含量 調査로도 達觀 調査에서와 비슷한 耐鹽性程度의 品種間 差異를 區別할수있는 可能性이 있는것으로 생각된다. 이와 關聯하여 鹽處理後에 葉綠素의 含量 調査로 耐鹽性程度의 品種間 差異를 보다 短期間에 判定하기 위해서는 鹽處理 濃度가 0.6% 以上 이 되어야 할 것 같다.

한편, 葉綠素의 含量은 鹽分處理의 濃度가 높을 수록, 處理期間이 經過할수록 減少되어 보리^{10,11)}에서와 同一한 傾向을 보였는데, 이와 같은 結果등으로 볼때 葉綠素가 鹽分에 의하여 減少되는 것은 아마도 作物種類에 關係없이 나타나는 一般의인 現象이 아닌가 생각되고 葉綠素의 減少는 葉綠素의

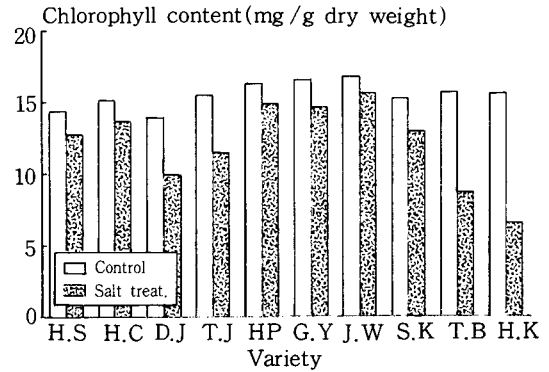


Fig. 4. Changes in chlorophyll content in the seedling leaves of ten rice cultivars as affected by salt stress for 10 days from the 14th day after germination. H.S: Hwaseongbyeo, H.C: Hwacheongbyeo, D.J: Dongjinbyeo, T.J: Tamjinbyeo, HP: HP3319-2wx-6-20-1, G.Y: Gayabyeo, J.W: Jungweonbyeo, S.K: Sinkwangbyeo, T.B: Taebaegbyeo, H.K: Hankangchalbyeo.

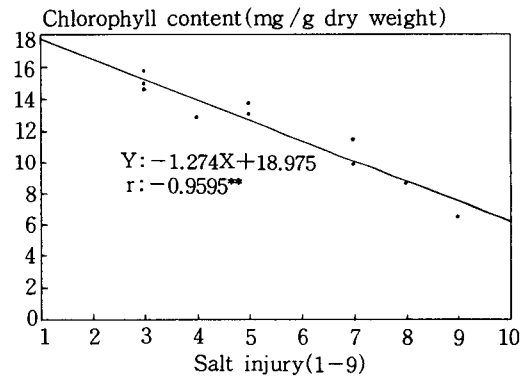


Fig. 5. The relationship between salt injury and chlorophyll content in seedling leaves of ten rice cultivars as affected by salt stress for 10 days from the 14th day after germination.

生成 및 分解酵素 活性과 密接한 關聯이 있을 것으로 생각된다.

鹽分濃度 0.6%의 處理에서 處理 10日 後에 品種

別葉綠素의 含量을 보면 그림4에서와 같이 品種에 따라 差異가 있었는데 無處理에서는 14mg~16mg으로 品種間 差異가 2.6mg의 範圍內에 있었으나 鹽分處理에서는 6.5mg~15.6mg의 範圍로 無處理에 비하여 全品種에서 葉綠素가 減少되었고 品種間 差異가 9.1mg의 範圍로 나타났으며 無處理에 대한 減少率은 7%~58.4%로 品種間 差異가 뚜렷하였다.

太白벼와 漢江찰벼는 각각 44.6%와 58.4%로 減少程度가 심하였고 HP3319-2wx-6-20-1, 伽倻벼, 中原벼, 花晴벼 그리고 花成벼에서는 약 10%內외의 減少를 보였는데, 이는 結局 無處理에 대한 葉綠素의 減少率이 클수록 耐鹽性 程度가 약한 것을 暗示하는 것으로 判斷된다.

0.6% 鹽處理에서 10日 後의 品種別 葉綠素含量과 鹽處理 25日 後에 達觀調査한 鹽害程度와의 關係를 그림 5에서 보면 葉綠素의 含量과 鹽害程度와의 相關係數가 -0.9595로 有意的인 負의 相關을 보였는데, 이는 벼에 있어서 品種間 耐鹽性 程度의 差異를 鹽處理後 葉綠素의 含量으로도 判斷할 수 있음을 나타낸 것이 아닌가 생각된다.

3. 遊離 Proline의 含量

鹽處理 14日 後에 遊離 proline의 含量을 鹽濃度에 따라 살펴보면 그림 6에서와 같이 伽倻벼는 處理鹽濃度가 높아짐에 따라 漸次 增加하는 傾向을 보였는데 太白벼는 0.6%까지는 伽倻벼보다 더 많은 增加를 보였으나 0.8%에서는 0.6%의 2.65mg보다 낮은 2.17mg으로 減少되어 0.6%에서 두 品種間의 差異가 뚜렷하였다.

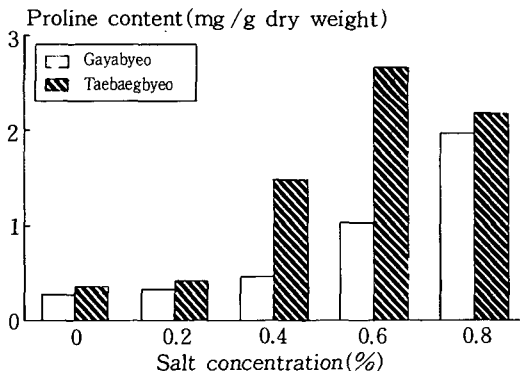


Fig. 6. The accumulation of free proline content in leaf of rice seedling as affected by salt stress for 14 days from the 14th day after germination.

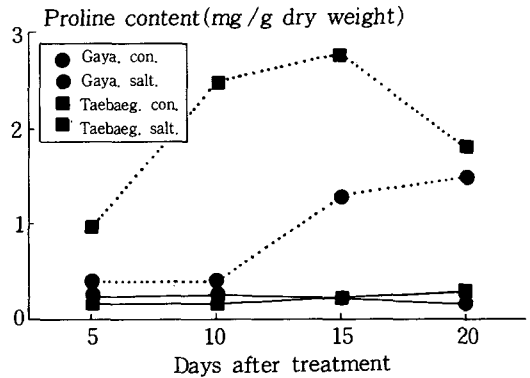


Fig. 7. The accumulation of free proline content in leaf of rice seedling as affected by salt stress from the 14th day after germination.

0.6%의 鹽分濃度에서 處理時間에 따른 遊離 proline의 含量을 그림 7에서 보면 伽倻벼는 處理後 10日 까지 0.39mg으로 별다른 變化를 보이지 않았으나 處理後 15日에서는 1.28mg으로 增加하였고 處理後 20日에는 더욱 增加되었다.

그런데 太白벼에서는 處理後 5日 부터 伽倻벼보다 높은 0.96mg을 보였고 處理後 10日에는 2.47mg으로 急增하였으며 處理後 15日에는 2.77mg으로 增加程度가 둔해지다가 處理後 20日에는 1.79mg으로 急減되었는데 處理後 10日에서 伽倻벼와의 品種間 差異가 뚜렷하였다.

遊離 proline은 體內에서 다른 部位로 電流되는 것으로 알려져 있는데, 一般的으로 旱害^{1,11)}나 鹽害^{1,14)} 寒害¹⁾에 의하여 그 含量이 增加되므로 耐災害性에 대한 品種間 檢定の 指標로 利用可能한 것^{1,11)}으로 알려져 있다. 그런데 品種間 差異를 檢定하는데 있어서는 proline의 蓄積이 適應性機作인지 被害의 徵候인지는 論難이 되고 있는데 Singh等¹²⁾과 朴¹¹⁾은 大麥의 耐鹽性이 강한 品種은 약한 品種보다 proline의 蓄積이 높은 傾向이었다고 報告한 反面 Hanson等^{2,3)}은 오히려 약한 品種의 proline 蓄積이 높은 傾向이었다고 報告하였다.

本 實驗에서는 鹽分處理에 의하여 遊離 proline이 增加되어 鹽處理 벼에서 얻은 劉¹⁴⁾의 結果와 一致하는 傾向을 보였는데 初期에는 耐鹽性이 약한 太白벼가 강한 伽倻벼보다 proline의 蓄積이 急增하였으나 後期에는 오히려 減少되었고 伽倻벼에서는 繼續 增加하였으며, 鹽分濃度에 따라서도 0.4%와 0.6%에서는 太白벼가 伽倻벼보다 越等히 높아 品種間 差異가 뚜렷하였으나 0.8%에서는 品種間

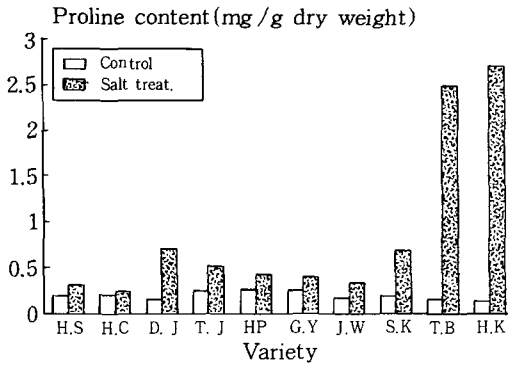


Fig. 8. Changes in free proline content in seedling leaves of ten rice cultivars as affected by salt stress for 10 days from the 14th day after germination. Symbols are the same as in Fig. 4.

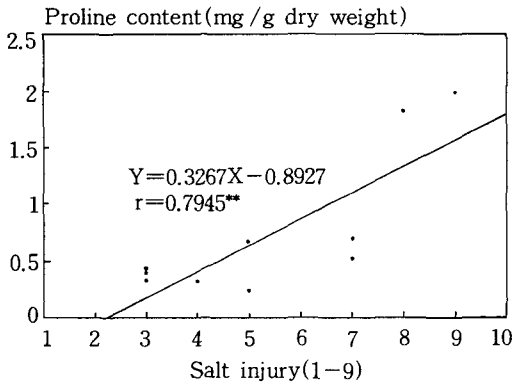


Fig. 9. The relationship between salt injury and free proline content of ten rice cultivars as affected by salt stress for 10 days from the 14th day after germination.

差異가 적은 것등을 보면 全體的으로는 耐鹽性이 약한 品種이 강한 品種보다 proline 含量水準이 높았으나 이 問題는 處理濃度 및 處理時期에 따라 變動의 餘地가 있을 것 같다.

鹽濃度 0.6%에서 處理 10日 後에 品種別 遊離 proline의 含量을 그림 8에서보면 無處理에서는 品種에 따라 0.12mg~0.26mg의 範圍인데 반하여 鹽處理에서는 0.24mg~2.69mg의 範圍를 나타내 鹽處理에 의하여 遊離 Proline의 含量이 蓄積되고 그 蓄積程度는 品種에 따라 크게 달라서 太白벼와 漢江찰벼에서는 無處理에 비하여 각각 2.47mg과

2.69mg으로 무려 14.6배와 20.9배까지 增加하여 다른 品種에 비하여 월등히 많은 量이 蓄積되었다.

0.6% 鹽處理에서 10日 後의 品種別 遊離 proline含量과 鹽分處理 25日 後에 達觀調查한 鹽害程度와의 關係를 그림 9에서 보면 高度의 有意的인 正의 相關($r=0.7945$)關係가 있어 鹽害程度가 클 수록 proline含量이 높았는데, 이와 같은 結果는 proline의 含量의 調査로도 甚 品種間 耐鹽性程度를 判斷할수 있는 可能性을 暗示한 것으로 생각되나 鹽處理 14日 後에 鹽濃度 0.4와 0.6%에서보다 0.8%에서 品種間差異가 적고 또, 0.6% 鹽處理에서 伽倻벼는 處理 20日 後까지 계속 增加하나 太白벼는 處理 15日 까지는 伽倻벼보다 높은 水準으로 急增加하다가 그후 減少하여 두 品種間에서 遊離 proline의 含量差異가 處理 10日 과 15日 後보다 處理 20日 에 더 적게 나타난 것으로 보아 達觀調查에 의한 耐鹽性程度와 遊離 proline含量과의 사이에 有意的인 相關關係가 어느 特定時期에만 認定될 수도 있어 次後 處理濃度와 處理後 時期에 다른 品種間 葉綠素의 含量變化等を 包含하여 綜合的인 檢討가 要請된다.

以上の 結果를 綜合하여 볼때 0.6%의 鹽分處理에서 鹽處理 10日 後에 葉綠素와 遊離 Proline의 含量은 品種間 耐鹽性程度를 判定할수 있는 指標로 利用이 可能한 것으로 생각이 되나 本 結果는 10個 品種에 대한 것이기 때문에 더 많은 系統이나 品種을 供試하여 더욱 綿密한 檢討가 있어야 할 것으로 생각되며 干拓地 本畚檢定에 있어서도 葉綠素 및 遊離 proline의 含量을 비롯한 品種間 收量性的 耐鹽性 反應이 綜合的으로 檢討되어야 하겠다.

摘 要

벼의 耐鹽性 檢定 方法을 改善하고자 主要 品種을 水耕栽培하여 鹽分處理하고 幼苗期에 葉의 葉綠素 및 遊離 proline의 含量을 調査하여 達觀調查에 의한 耐鹽性程度와의 關係를 檢査하였다.

1. 鹽害程度는 0.6%의 鹽分處理에서 약 25日이 經過되어야 品種間 差異가 뚜렷하였다.
2. 鹽處理濃度別 葉綠素의 含量은 處理後 14日에 伽倻벼와 太白벼에서 모두 處理濃度가 높아짐에 따라 漸次 減少하였는데 그 減少傾向은 0.4% 以上부터 伽倻벼보다 太白벼에서 크게 나타났다.

3. 0.6%의 염처리에서葉綠素의含量은時間이經過함에 따라 伽倻벼에서는減少程度가緩慢하였는데 太白벼에서는減少程度가 컸으며處理20日後에는無處理에 비하여 伽倻벼는 약 16%, 太白벼에서는 약 67%가 각각減少되었다.
4. 0.6% 염처리에서處理後 10日에品種別葉綠素含量과鹽害程度(1-9)와의 사이에는有意的인負의相關이認定되었다.
5. 염處理濃도에 따라遊離 proline의含量은處理後 14日에 伽倻벼에서는鹽濃도가 높아짐에 따라漸次增加하였고 太白벼에서는 0.6%까지急增하였다가 0.8%에서는減少되었는데 특히 0.4%와 0.6%에서는 太白벼가 伽倻벼보다 월등히 높았다.
6. 0.6%의 염處理에서時期別遊離 proline의含量은 伽倻벼에서는處理 15日後부터增加하였으나 太白벼에서는處理 5日後부터急增하다가處理 20日後에는 오히려減少되었으며處理 10日後에는 太白벼가 伽倻벼에 비하여 6倍以上이나 높았다.
7. 0.6% 염處理 10日後에遊離 proline의含量과鹽害程度와의 사이에는有意的인 正의相關이 있었다.
8. 以上の結果로 볼 때 벼 幼苗期의 염處理에 따른葉綠素 및遊離 proline含量은品種間耐鹽性程度를判定할 수 있는指標의 하나로活用할 수 있을 것으로 생각된다.

引用文獻

1. 崔元烈. 1984. 大麥의 幼苗期와 生殖生長期의 旱害 및 鹽害反應에 관한 研究. 서울大學校 大學院 博士學位論文.
2. Hanson, A. D., C. E. M. Nelsen and E. H. Everson. 1977. Evaluation of free proline accumulation as an index of drought resistance using two constasting barely cultivars. *Crop Science*. 17 : 720-726.
3. Hanson, A. D., C. E. M. Nelsen, A. R. Pedersen and E. H. Everson. 1979. Capacity for proline accumulation during water stress in barely and its implication for drought resistance. *Crop Science*. 19 : 489-493.
4. 許文會·高熙宗. 1991. 水稻 耐鹽性 系統 育成. 韓育誌. 23(1) : 59-63.
5. IRRI. 1976. Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice. pp. 61-66.
6. 鄭鎮一. 1988. 水稻 主要 耐鹽性 關聯 形質의 遺傳에 관한 研究. 圓光大學校 大學院. 博士學位論文.
7. 李成春. 1983. 鹽分濃도가 主要 水稻品種의 發芽 및 幼苗의 生育에 미치는 影響. 全北大學校 大學院. 碩士學位論文.
8. 李宗永. 1986. 干拓地에 있어서 除鹽方法이 土壤의 理化學性과 水稻生育 및 收量에 미치는 影響. 全南大學校 大學院. 博士學位論文.
9. 李榮祥. 1990. 水稻 營養生長期 鹽害에 있어서 鹽濃도와 鹽害期間 要因 影響間의 相互關係 - 鹽害單位(Salt Stress Unit)의 提唱-. 서울大學校 大學院. 碩士學位論文.
10. 農業振興公社. 1980. 南西海岸開發事業概略調查報告書.
11. 朴錦龍. 1982. 鹽分濃도가 大麥의 發芽와 幼苗期의 生育 및 生理의 特性에 미치는 影響. 全南大學校 大學院. 碩士學位論文.
12. Singh, T. N., D. Aspinall, S. G. Paleg, and S. E. Boggess. 1972. Changes in proline concentration excise plant tissues. *Stress metabolism. Biol. Sci.* 26 : 57-63.
13. Troll, W. and J. Lindsley. 1955. A photometric method for the determination of proline. *J. Biol. Chem.* 215 : 655-660.
14. 劉肅鐘. 1986. 干拓地의 鹽濃도에 따른 水稻의 生育 및 收量反應. 圓光大學校 大學院. 碩士學位論文.
15. 柳海榮·崔海椿·曹煥·李承宅. 1988. 水稻의 發芽期와 幼苗期에 있어서 鹽水種類 및 濃도에 따른 耐鹽性 反應의 品種間 差異. 農事試驗研究論文集. 30(30) : 1-15.