

벼 細胞週期에 미치는 鹽分 濃度の 影響

金裁喆*, 權晟煥*, 李鎮再*, 李榮日**

Effect of Salt on Mitotic Cycle in Root Meristem Cells of Rice

Jae Cheol Kim*, Sung Whan Kwon*, Jin Jae Lee*, and Young Il Lee**

ABSTRACT : The mitotic cycle duration(MCD) and component phase periods of rice(*Oryza sativa* L.) root meristem cells on the different salt concentrations were investigated by using of tritiated thymidine. The time interval between the maxima of sequential mitotic appearances of marked cells was used as criteria in measuring the MCD of rice. The MCD of rice cultivars 'Seomjinbyeo and Chilseongbyeo' at 0.0%, 0.3%, and 0.6% of salt concentrations appeared the same period as 12hr. The durations of component phase of rice cultivar 'Seomjinbyeo' were the almost same periods at 0.1%, 0.3%, and 0.6% of salt, but in 'Chilseongbyeo' cultivar the G1 and G2 periods were shorter while the S period was longer at 0.3% and 0.6% of salt.

Deoxyribonucleic acid(DNA) and protein synthesis were increased while ribonucleic acid(RNA) synthesis was decreased with increasing salt concentrations at Chilseongbyeo roots. In Seomjinbyeo roots, DNA and RNA synthesis were decreased while protein synthesis was increased with increasing salt concentrations. These results suggest that DNA, RNA, and protein synthesis may not affect the MCD in rice, but the increase of protein synthesis may be related to the salt tolerance of rice.

이제까지 벼의 品種改良은 交雜育種法이 주종을 이루었으며, 이 方法에 의한 優良 品種育成은 어느정도 限界點에 到達한 것으로 認識되고 있다. 따라서 最近에는 遺傳工學과 같은 새로운 育種開發의 方法에 많은 勞力이 경주되고 있는 實情이다.¹⁰⁾ 一部에서는 藥培養이나 遺傳子操作 等の 方法으로 新品種 育成에 關한 研究가 活潑하게 進行되고 있으며, 이의 成果를 위해서는 細胞學的 基

礎 研究의 도움이 必須的으로 要求된다. 특히 細胞週期에 發現되는 遺傳子 一連의 變異는 細胞週期에 일어나는 生化學的 研究가 그 機作을 解明하는데 도움에 될 것이라 생각된다.

벼에 대한 細胞學的 研究는 밀이나 옥수수에 비해 初步段階에 있으며, 벼의 細胞週期에 關한 研究도 本 研究者가 報告한 것⁸⁾ 外에는, 거의 찾아볼 수가 없었다. 植物은 細胞分裂과 細胞伸長에

* 이 論文은 1991年 文敎部 地方大 育成 學術 研究助成費에 依하여 研究되었음

** 全北大學校 農科大學 園藝學科(College of Agriculture, Chonbuk National University, Chonju 560-756, Korea.)

** 韓國 原子力 研究所 (K. A. E. R. I.) <접수일자 '92. 6. 17>

의해서 生長한다.⁵⁾ 이러한 細胞分裂은 分裂組織에 있는 細胞에서만 일어나며, 한개의 細胞가 두개의 낭세포로 分裂되는 期間을 細胞週期라고 한다. Howard와 Pelc⁵⁾이 1953년에 처음으로 細胞週기를 G1, S, G2 및 M phase의 4段階로 區分하여 命名하였다. G1, S, 그리고 G2 phase를 合하여 間期(interphase)라고 하며, 이 時期가 細胞分裂을 準備하는 期間으로 생각된다.²⁴⁾ 이 期間은 외관상으로 별다른 變化를 觀察할 수 없어서 한 때는 休止期(resting stage)로 불리기도 했다. 그러나 이 期間 동안에 細胞는 細胞分裂을 위한 生化學的 物質代謝 作用을 活潑하게 進行시키는 期間이다. 이 時期에는 遺傳情報의 運搬體인 DNA 量이 倍가 된다.

G1 phase는 DNA 複製 前期라고도 하며, 이 時期에 DNA 複製에 필요한 酵素, 즉 DNA polymerase가 合成 蓄積되며, 또한 auxin은 이 時期에 酵素 合成을 調節하는 hormone으로 알려졌다.²³⁾ S phase는 DNA 複製되는 時期로 DNA 分子量이 倍가 된다. G2 phase는 mitosis 準備期로, 특히 cytokinin이 많은 植物에서 關與되는 것으로 알려져 있으나, 아직 그 作用이 一般的으로 받아 들이지 않고 있다.¹²⁾ M phase는 顯微鏡으로 染色 變化過程을 觀察할 수 있는 時期로 한 개의 細胞가 두 개의 細胞로 分裂되는 時期이다. 이 네 段階는 물론, 前段階가 完成되지 않으면 다음 段階로 進行되지 않는다.^{16,22)} 네 段階中 대부분 M phase가 가장 짧으며, 植物의 種類에 따라 細胞週期 및 phase의 期間이 각기 다르다.¹⁷⁾ 植物이 外部로부터 stress를 받게 되면 G1 phase와 G2 phase가 stress에 敏感하게 作用하여, cell cycle이 G1 phase와 G2 phase에서 arrest되며, S phase와 M phase는 stress 下에서도 대부분이 그들의 代謝 作用을 完遂할 때 까지 進行된다.^{10, 22)} 干拓地에서 벼는 生育中에 高溫과 旱魃로 因하여 자주 鹽害를 입게 된다. 이러한 環境의인 stress에 강한 品種을 開發하는데는 여러가지 災害要素가 벼의 生育에 어떻게 作用하여, 벼가 被害를 입게되는가를 多角的으로 研究하여 解決해야 된다고 思料된다. 이러한 理由에서 生長과 分化의 根本要素인 細胞分裂에 關한 基礎的 研究가

必須 不可缺하다고 生覺된다.

따라서 本 研究에서는 鹽分에 강한 稈진벼와 鹽分에 弱한 稈성벼가 鹽分濃도에 따라 달라지는 細胞週기와 이에 相應하는 DNA, RNA, 그리고 protein 合成을 測定하고 RNA 및 蛋白質合成 變化가 耐鹽性에 關與이 있는지를 調査하였다.

材料 및 方法

1. 試料의 調製

耐鹽性이 比較的 강한 Japonica型 品種인 稈진벼와 耐鹽性이 比較的 弱한 통일型 品種인 稈성벼의 根端 分裂組織을 材料로 하여 鹽分濃도에 따른 細胞週기를 測定하였다.²⁵⁾ 種子를 發芽시키기 위해 24時間 물에 沈積한 後, 30±1℃의 種子 發芽床에서 暗狀態로 催芽시켰다. 約 2-3mm 자란 뿌리를 選別하여 鹽分濃도가 各各 0%, 0.3% 및 0.6%가 含有된 Hogland 溶液이 添加된 Petri-dish에 옮겨, 20±1℃ 溫度가 維持된 暗狀態의 生長床에서 各各 培養시켰다. 一定 鹽分濃度에서 최소한 24時間 정도 培養시킨 幼苗들은 細胞週기를 測定하기 위하여 ³H-thymidine(1.0 uCi/ml, sp. Act. 5mCi/mM, Amersham)이 含有된 溶液에 옮겨서 30分間 pulsing시킨 後에 다시 Hogland 溶液에서 각기 정해진 濃도로 培養시켰다.^{8,14,20,21)} 細胞週期中에 合成되는 DNA, RNA 그리고 protein을 測定하기 위하여 DNA 前驅物質은 ³H-thymidine, RNA 前驅物質은 ³H-uridine(1.0 uCi/ml, sp. Act. 30mCi/mM, Amersham), 그리고 protein 前驅物質인 ¹⁴C-leucine(50 uCi/ml, sp. Act. 5mCi/mM, Amersham)을 각각 용액에 添加한 後, 벼의 幼苗를 옮겨 各各의 濃度에서 8時間 동안 培養하여 試料로 使用하였다.⁶⁾

2. 細胞週期 測定

培養中인 材料는 한 시간 間隔으로 26時間까지 各各 6個의 뿌리를 採取하였다. 採取된 모든 試料는 Carnoy 固定液 (gracial acetic acid:ethanol=1:3)으로 한시간동안 常溫에서 固定한 後에

試料를 蒸溜水에 水洗하여 1 N HCl로 加水分解시킨 다음, Schiff's reagent로 染色하였다.¹⁵⁾ 染色된 試料는 6% pectinase로 軟化시킨 後에 gelatin으로 塗布된 slide glass위에 squash하여 染色정도 및 染色體 狀態를 검경하였다. 검경된 slide는 dry ice 위에 올려놓아 얼게한 뒤, cover glass를 떼어내고 ethanol series를 거쳤다.

Autoradiography는 Kodak NTB liquid emulsion을 使用하여 遂行하였다. Emulsion으로 coating하는 作業은 暗室의 安全燈下에서 行하였다. Ethanol series를 거친 slide는 蒸溜水가 들어 있는 coplin jar에서 各 slide를 4-5秒間 coating 시켰다. Coating된 slide는 test tube rack에서 乾燥시킨 다음, 光이 遮斷된 상자에서 24시간 保管하였다. 乾燥된 slide는 검정 프라스틱 상자에 넣어 알루미늄 호일로 포장한 다음, 4°C 冷藏庫에서 10일간 保存하여 露出(expose)시켰다. 露出된 slide를 現像하기 위하여 Dektol developer (D-72)에 담근 다음, 蒸溜水로 씻어 30% sodium thiosulfate 溶液에 8분간 담근 後, 15분간 수돗물로 水洗하였다. 水洗된 slide는 ethanol series(30%-50%-70%-95%-100%)를 거친 後, euparol로 mounting하여 검경하였다.^{15,22)} ³H-thymidine을 사용한 Mitotic Cycle Duration(MCD) 測定은 Quastler와 Sherman,¹⁴⁾ 그리고 Gould⁴⁾ 方法에 따랐다. MCD는 ³H-thymidine이 S期에서 複製時에 label되어 mitosis時에 染色體上에 나타나는데, label된 細胞가 週期的으로 나타나는 樣相을 利用하여 測定한다. 一般的으로 MCD는 曲線上의 連續으로 上昇하는 부분 사이의 時間 間隔이나 曲線上의 2個의 最高點을 連結한 時間 間隔으로 定한다.²¹⁾ 各 phase의 時間 測定은 ³H-thymidine을 pulsing 시켰을 때 G2期에 있는 細胞들은 label되지 않은 채 分裂되지만, S期과 一部 G1期에 있는 細胞들은 label되어 分裂하게 된다. Label된 metaphase 細胞들은 percent mitotic figure의 50% intercepts에 해당하는 上昇하는 부분과 下降하는 부분을 連結한 時間 間隔이 S 및 M期の 期間 測定에 利用되었고, G1期은 MCD에서 S期과 G1+M 期間의 sum을 뺀 것으로써 求하였다.

3. DNA, RNA 및 Protein 測定

60個의 뿌리를 採取하여 20個씩 3 group으로 나누어 2mm의 길이로 根端을 끊어서 모았다. 試料를 10ml 磨碎器에 넣고 5ml cold 80% ethanol을 添加한 다음, 粉碎한 後에 millipore filter에 濾過하여, 80% ethanol로 水洗하였다.

DNA와 RNA를 測定하기 위하여 millipore filter를 3회 5 ml cold 95% ethanol과 ethanol-diethyl ether(1:1), 그리고 diethyl ether로 각각 2회씩 수세하였다. DNA 혹은 RNA가 含有된 filter는 大氣中에 乾燥시켜서 liquid scintillation 병에 넣은 다음, 10ml liquifluor을 채워서 liquid scintillation counter(Packard tri-cabi 300C)로 測定하였다.^{1,15)} 蛋白質 測定은 millipore filter에 磨碎한 試料와 5ml 10% TCA, 5% TCA, 95% ethanol, ethanol-diethyl ether(1:1), 그리고 diethyl ether로 各各 2회씩 水洗하였다. 蛋白質이 含有된 filter는 大氣中에 乾燥시켜 DNA와 同一한 方法으로 測定하였다.^{1,15)}

結果 및 考察

1. 細胞週期 測定

耐鹽性 정도가 比較的 強한 Japonica型 品種인 섬진벼와 比較的 弱한 統一型 品種인 칠성벼²⁵⁾를 鹽分 濃度 0%, 0.3% 및 0.6%의 條件으로 生長시켜, 벼의 根端 分裂組織을 材料로 DNA 前驅物質인 ³H-thymidine을 標識하여, Mitotic Cycle Duration(MCD)을 各各 測定하였으며, 各 MCD를 다시 phase 別로 測定하였다.

無處理區에서 培養한 벼의 根端 分裂組織들은 ³H-thymidine 溶液에 pulsing시킨 後 label된 metaphase 細胞가 처음 나타나기 始作한 것은 섬진벼와 칠성벼에서 共히 1時間째부터 나타나기 始作하여 時間이 經過함에 따라 增加하였다. 두 品種에서 모두 label된 metaphase 細胞數는 그 數가 pulsing한 後, 6時間째에 最高點을 이룬 뒤에 減少하여 12時間째에 最低點을 이루었고, 다시 增加하여 18時間째에 第二의 最高點을 나타낸 뒤, 다시 減少하였다(Fig. 1, 2). 0.3%와 0.6% 處

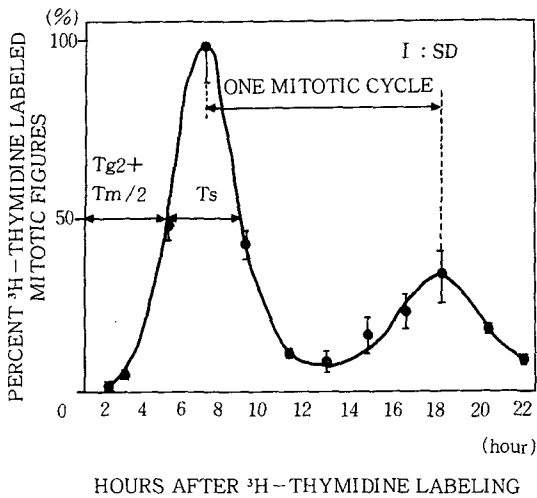


Fig. 1. The mitotic cycle duration of rice Seomjinbyeo root meristem as measures with ^3H -thymidine.

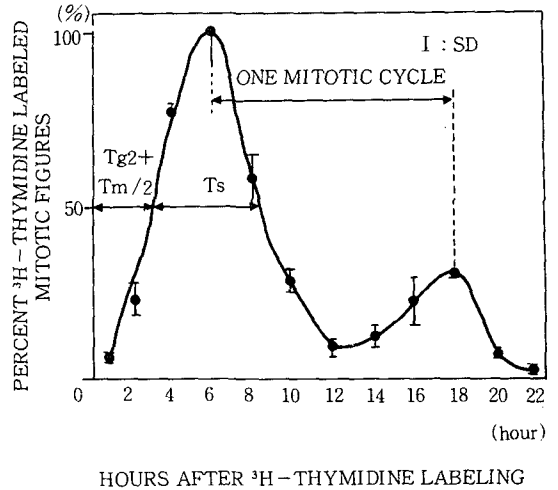


Fig. 2. The mitotic cycle duration of rice Chiseongbyeo root meristem as measures with ^3H -thymidine.

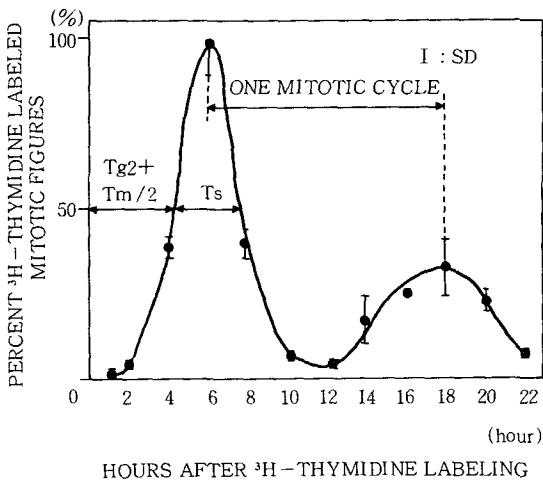


Fig. 3. The mitotic cycle duration of rice Seomjinbyeo root meristem as measures with ^3H -thymidine at 0.3% NaCl.

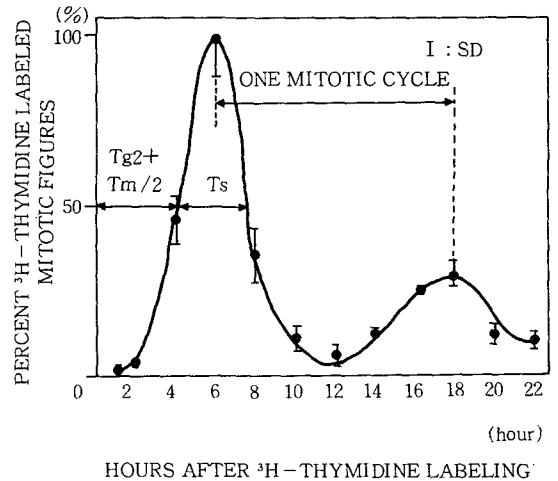


Fig. 4. The mitotic cycle duration of rice Chiseongbyeo root meristem as measures with ^3H -thymidine at 0.3% NaCl.

理區에서 ^3H -thymidine으로 label된 metaphase 細胞가 두 품종 모두 無處理區와 같이 1時間째부터 나타나기 始作하여, 2時間 지난 후에는 그 細胞數가 急激히 增加하여 6時間째에 最高點에 到達하였으며, 그後 減少하여 12時間째에 最低點을 이루었고, 다시 增加하여 18時間째에 第二의 最高點을 이룬 후에 점차 減少하였다(Fig. 3, 4, 5, 6).

以上の 結果를 label된 metaphase 細胞가 pulsing한 後 時間이 經過함에 따라 나타난 數로 그려진 曲線上의 2個의 peak를 連結한 것을 MCD로 定하는 Quastler 와 Sherman¹⁴⁾ 方法으로 測定한 結果, 두 品種 모두 無處理區와 處理區에 12時間으로 나타났다. 이는 Kim等⁸⁾의 報告에서 莘진벼를 20℃로 培養할 때 細胞週期가 12時間

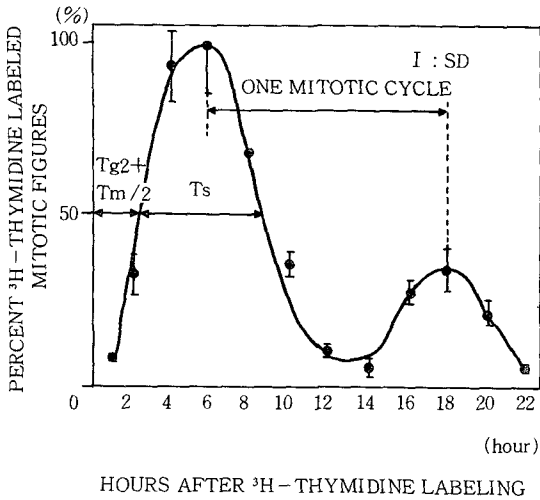


Fig. 5. The mitotic cycle duration of rice Seomjinbyeo root meristem as measures with ^3H -thymidine at 0.6% NaCl.

으로 나타난 것과 同一하였다. 一般적으로 低温이나 水分 缺乏과 같은 環境의인 stress를 받게되면 細胞週期가 變化되는 것으로 報告되었으며,^{9,16)} Kim等⁸⁾은 20℃에서 벼의 細胞週期가 12時間이었는데, 15℃에서는 18時間으로 길어진다고 報告하였다. 本 研究에서도 實驗 結果가 나오기 前에는 耐鹽性이 弱한 稈성벼에서는 鹽分濃度가 增加함에 따라 細胞週期가 길어질 것으로 期待했으나 細胞週期에 變化가 없는 것으로 보아서 0.6% 鹽分濃度가 細胞週期에 stress를 주지 못한 結果로 生覺된다. 그러나 鹽分濃度의 變化에 細胞週期는 同一하였지만 細胞週期를 構成하고 있는 各各 phase의 期間은 다르게 나타났다. Mitotic Index(MI)의 增加 趨勢는 無處理區에서 稈성벼는 2時間째 6.1%, 4時間째 46.2%, 6時間째 100%를 이룬 反面, 稈성벼는 2時間째 25.5%, 4時間째 79.3%, 6時間째 100%에 到達하였다(Fig. 1,2). MI의 減少 趨勢도 稈성벼가 稈성벼에 比하여 緩慢하였다. 處理區에서도 MI의 增加 趨勢가 無處理區와 비슷하게 나타났다(Fig. 3, 4, 5, 6). 測定된 稈성벼와 稈성벼의 MCD를 다시 Gould⁴⁾의 方法으로 各各의 phase別 期間을 定한 結果는 Table 1과 2에서 나타난 바와 같다. 稈성벼에서 處理區가 無處理區에 比較하여 G1 phase의 期間은 若干 길

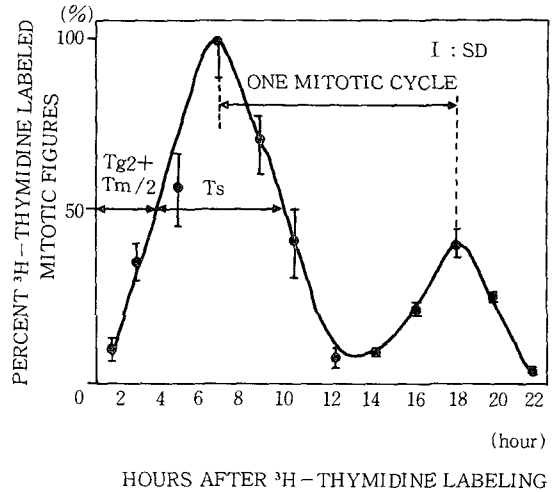


Fig. 6. The mitotic cycle duration of rice Chilseongbyeo root meristem as measures with ^3H -thymidine at 0.6% NaCl.

어 졌으나 S phase의 期間은 相對적으로 조금 짧아졌으며, G2와 M phase의 期間은 同一하게 나

Table 1. Duration of mitotic cycle and component phases in Seomjinbyeo root tips at various salt concentrations.

Phase	NaCl concentration(%)		
	0	0.3	0.6
	Hour		
G ₁	3.3	3.5	3.5
S	3.8	3.6	3.6
G ₂	2.8	2.8	2.8
M	2.1	2.1	2.1
T(cycle)	12	12	12

Table 2. Duration of mitotic cycle and component phases in Chilseong-byeo root tips at various salt concentrations.

Phase	NaCl concentration(%)		
	0	0.3	0.6
	Hour		
G ₁	2.6	2.5	2.1
S	5.2	6.2	6.0
G ₂	2.3	1.6	2.0
M	1.9	1.7	1.9
T(cycle)	12	12	12

타났다. 그러나 耐鹽性이 比較的 弱한 品種인 칠성벼에서는 處理區와 無處理區를 比較해 보면 處理區에서 G1과 G2 phase 期間은 짧아진 反面, S phase의 期間은 增加됨을 보여 주었다. Burbolt와 Van't Hof²⁾는 해바라기 細胞週期の 各 phase가 溫度의 變化에 따라 달라진다고 報告하였으며, Olson等¹³⁾은 窒素 缺乏時에는 G1 phase가 길어진다고 報告하였다. 水分 stress에는 S phase 期間의 變化가 銳敏하며, chemical stress에는 S phase期間이 길어진다.¹⁶⁾ Lopez-Saez等¹⁰⁾과 Gonzales-Fernandez等³⁾은 양과 뿌리의 細胞週期를 溫度 變化에 따라 測定한 結果, 各 phase期間이 一率으로 變化하였다고 報告하였다. 細胞週期에 미치는 鹽分濃度の 影響에 關한 報告는 없지만, 以上の 結果와 報告를 根據하여 생각해 볼 때, 環境 stress 種類와 變化에 따른 各 phase의 反應은 植物의 種類 및 品種에 따라 差異가 있다고 思料되며, 섬진벼와 칠성벼의 鹽分濃도에 따른 各 phase의 變化도 品種間의 差異에 따른 變化로 생각되는데, 이 點에 대해서는 더욱더 研究되어야 할 것이다.

2. DNA, RNA 와 蛋白質 測定.

細胞가 分裂하기 위해서는 一聯의 要求條件들이 先決되어야 한다. 즉 細胞의 遺傳情報가 正確히 複製됨과 아울러 다른 構成 要素들도 複製되어야 한다. DNA, RNA, 그리고 protein 合成은 細胞分裂의 先行 條件들이다. 이들 合成 途中에 外部 要因에 의하여 干涉 받게 되면 細胞週期는 影

響을 받게 된다.¹³⁾ 鹽分이 耐鹽性이 比較的 強한 섬진벼와 比較的 弱한 칠성벼의 細胞週期에 어떻게 影響을 미치는가를 究明하기 위하여, 그 主要原因의 하나로 生覺되는 DNA, RNA 및 蛋白質 合成을 調査한 結果는 Table 3에서 보는 바와 같다. 칠성벼에서 DNA 合成量은 處理區가 無處理區에 比하여 各各 57%와 72%가 增加한 反面, 섬진벼에서는 14%와 30%가 各各 減少하여 反對의 傾向을 보이고 있다. 一般의으로 DNA, RNA 및 蛋白質 合成이 抑制되면 細胞分裂도 抑制되는 것으로 알려져 있으나 DNA 및 蛋白質 合成 增加가 細胞週期에 어떠한 影響을 주는지는 報告되지 않았다. RNA 合成量은 칠성벼에서 處理區가 無處理區에 比하여 各各 37%와 39%, 섬진벼에서는 4%와 29% 減少를 보였으며, 두 品種 모두 合成量이 減少되는 率은 差異가 있지만 비슷하였다. 減少된 RNA가 t-RNA, r-RNA 또는 m-RNA인지에 대해서는 더욱더 研究가 必要하겠지만, m-RNA의 關聯 可能性이 큰 것으로 思料된다. Katterman⁷⁾에 의하면 耐鹽性이 弱한 보리 뿌리에 蓄積된 蛋白質이 줄기로 부터 m-RNA의 移動을 抑制하며, 다른 植物體의 뿌리에서도 m-RNA의 合成이 抑制되는 것으로 報告되었다. 또한 RNA 合成量의 變化에도 細胞週期에 影響이 없었던 것은 RNA 合成이 抑制된다 할 지라도 細胞內에 合成된 RNA가 完全히 消耗될 때까지는 細胞分裂이 正常的으로 進行되기 때문에 思料된다.¹⁶⁾

植物體가 salt stress를 받게 되면 stress에 適應하기 위하여 蛋白質 合成이 增加되고, 새로운

Table 3. ³H-thymidine incorporation into DNA, ³H-uridine into RNA, and ¹⁴C-leucine into protein as DPM per 20 rice root tips to various salt concentrations for 8 hour incubation.

Varieties	NaCl(%)	DPM / 20 root tips		
		DNA	RNA	Protein
Chilseong-byeo	0	21,441 (100)	1,402 (100)	151,038 (100)
	0.3	33,759 (157)	876 (63)	202,707 (134)
	0.6	36,985 (172)	857 (61)	233,577 (155)
Seomjin-byeo	0	10,903 (100)	1,137 (100)	175,642 (100)
	0.3	9,351 (86)	1,092 (96)	237,676 (135)
	0.6	7,593 (70)	806 (71)	233,167 (133)

Note, () indicate percent of control.

蛋白質도 合成하는 것으로 알려졌으며,^{6,7,18)} 水分과 低溫의 stress에서도 아미노산과 蛋白質 含量도 增加되는 것으로 알려졌다.^{7,9,11)} 칠성벼에서 處理區인 0.3%와 0.6%가 無處理區에 比하여 各 各 34%와 54%가 增加하였으며, 섬진벼에서도 處理區가 無處理區에 比하여 各 各 35%와 33%의 增加되는 現象을 보였다. 칠성벼에서는 鹽分濃度가 增加 함에 따라 蛋白質 合成量이 增加되었지만, 섬진벼에서는 鹽分濃度 0.3%와 0.6%에서 蛋白質 合成量이 비슷하였다. 이러한 結果는 耐鹽性이 比較的 弱한 칠성벼가 耐鹽性이 比較的 強한 섬진벼²⁵⁾보다 蛋白質 合成을 增加시킨 것은 耐鹽性 機作과 關聯이 있는 것으로 思料된다. 또한 增加된 蛋白質이 新種의 蛋白質인지에 대해서는 研究가 계속되어야 하겠지만 보리에서 鹽分 stress를 받게 되면 20 및 30 kD의 蛋白質은 增加되고, 26 kD의 蛋白質이 새롭게 合成되는 것으로 알려졌다.⁷⁾

摘 要

本 研究는 耐鹽性이 比較的 強한 Japonica型 品種인 섬진벼와 耐鹽性이 比較的 弱한 統一型 品種인 칠성벼를 鹽分濃度에 따른 細胞週期를 測定하고 各 phase의 期間 變化도 調査하였으며, 또한 DNA, RNA 및 蛋白質 合成量을 測定하여 細胞週期和 어떠한 關聯性이 있는지를 調査한 結果 다음과 같다.

1. 섬진벼와 칠성벼의 細胞週期는 鹽分濃度 0%, 0.3% 및 0.6%에서 12時間으로 同一하였다.

2. 細胞週期로부터 測定된 各 phase 別 期間은 無處理區와 處理區에서 差異를 보였다. 섬진벼가 無處理區에서 $G_1=3.3$, $S=3.8$, $G_2=2.8$, 그리고 $M=2.1$ 時間이었고, 0.3%에서 $G_1=3.5$, $S=3.6$, $G_2=2.8$, 그리고 $M=2.1$ 時間이었으며, 0.6%에서 $G_1=3.5$, $S=3.6$, $G_2=2.8$, 그리고 $M=2.1$ 時間으로 無處理區에 比하여 G_1 期間은 길어졌고, S 期間은 若干 짧아졌다. 칠성벼에서는 無處理區에서 $G_1=2.6$, $S=5.2$, $G_2=2.3$, 그리고 $M=1.9$ 時間이었고, 0.3%에서 $G_1=2.5$, $S=6.2$, $G_2=1.6$

그리고 $M=1.7$ 時間이었으며, 0.6%에서 $G_1=2.1$, $S=6.0$, $G_2=2.0$ 그리고 $M=1.9$ 時間으로 無處理區에 比하여 處理區의 G_1 과 G_2 期間은 짧아졌고 S 期間은 길어졌으며, 이는 섬진벼의 變化와 反對 性向을 보여 주었다.

3. 섬진벼에서 處理區가 無處理區에 比하여 DNA와 RNA 合成은 減少한 反面, 蛋白質 合成은 增加하였으며, 칠성벼에서는 處理區가 無處理區에 比하여 DNA 와 蛋白質 合成은 增加하였으나, RNA 合成은 섬진벼와 같이 減少하였다.

引用文獻

1. Albright, E. B., T. S. Nowak, Jr. and M. N. Munro. 1978. Assessment of counting efficiencies of labeled protein and macromolecules in filter disk assays. *Anal. Biochem.* 91:258-263.
2. Burhort, D. R. and J. Van't Hof. 1971. Quantitive thermal-induced changes in growth and cell population kinetics of *Helianthus* roots. *Amer. J. Bot.* 58:386-393.
3. González-Fernández, A., G. Giménez-Martin and C. de Torre. 1971-a. The duration of the interphase periods at different temperatures in root tip cells. *Cytobiologie.* 3:367-371.
4. Gould, A. R. 1984. Cell cycle analysis by conventional methods, in cell cultured. Vasil, I. K. Academic Press, New York. 753-764.
5. Howard, A. and S. R. Pelc. 1953. Synthetic of deoxyribonucleic acid in normal and irradiated cell and its relation to chromosome breakage. *Herdity Suppl.* 6:261-273.
6. Hurkman, W. J., and C. K. Tanaka. 1987. The effects of salt on the pattern of protein synthesis in the barley roots. *Plant Physiol.* 83:517-524.

7. Katerman, F. 1990. Environmental injury to plants. Academic Press, Inc.
8. Kim, J. C., S. J. Lee, S. W. Kwon, S. H. Guak. 1990. Effect of temperature on mitotic cycle of rice root meristem cells. Korean Crip Sci. Soc. 35(1):65-72.
9. Levitt, J. 1980. Responses of plants Enviromental stresses. Academic Press, New York. 23-53.
10. López-Saez, J. F., G. Giménez-Martin, and A. González-Fernández. 1966. Duration of the cell division cycle and its dependence on temperature. Z. Zellforschung and Mikroskopische Anatomic. 75:591-600.
11. Moon, B. Y., Y. N. Hong, and Y. M. Kwon. 1989. Changes in the compositions of amino acids in the rice seedling under low temperature. Korean Crop Sci. Soc. 32(4):235-245.
12. Nishinari, N. and K. Syono. 1980. Identification of cytokinins associated with mitosis in synchronously cultured tobacco cells. Plant & Cell Physiol. 80:918-925.
13. Olson, R. J., D. Vaultot, and S. W. Chisholm. 1986. Effect of environmental stresses on the cell cycle of two marine phytoplankton species. Plant Physiol. 80:918-925.
14. Quastler, H. and F. G. Sherman. 1959. Cell population kinetics in the intestinal epithelium of mouse. Exp. Cell Research 17:420.
15. Rogers, A. W. 1979. Techinques of autoradiography. Elsevier / North Holland Biochemical Press.
16. Rost, T. L. and D. E. Bayer. 1976. Cell cycle population kinetics of pea root tip meristems treated with propham. Weed Sci. 24(1):81-87.
17. Rost, T. L. and E. M. Gifford, Jr. 1977. Mechanisms and control of cell division. Doden, Hutchingon & Ross Inc. Pennsylvania
18. Singh, N. K., A. K. Handa, P. M. Hasegawa, and R. A. Bressan. 1985. Proteins associated with adaptation of cultured tobacco cell to NaCl. Plant Physiol. 79:126-137.
19. Tsunoda, S. and N. Takahashi. 1984. Biology of rice. Japan Sci. Soc. Press. Tokyo.
20. Vant' Hof, J. and H. K. Ying. 1964. Simultaneous marking of cells in two different segments of the mitotic cycle. Nature 202:981.
21. Vant' Hof, J. 1968. Experimental procedures for measuring cell population kinetic parameters in plant root meristems, in methods in cell physiology. Presscott D. ed. V3:95-117.
22. Vant' Hof, J. and C. J. Kovacs. 1972. Mitotic cycle regulation in the meristem of cultured roots: The principle control point hypothesis. Ad. Exp. Medi. & Biology 18:15-32.
23. Wareing, P. F. and I. D. J. Phillips. 1981. Growth & differentiation in plants. Pergamon Press, New York.
24. Yeoman, M. M. 1976. Cell division in higher plants. Academic Press, New York.
25. 農村振興廳 湖南作物 試験場. 1988. 試験 研究 報告書. 486-487.