

## 水稻의 幼苗期 冷害에 관한 研究

### III. 幼苗의 低溫硬化 可能性 檢討

權容雄<sup>1</sup>·安萬奉<sup>2</sup>·吳潤鎮<sup>3</sup>

서울대학교 農科大學<sup>1</sup>, 忠南대학교 農科大學<sup>2</sup>, 作物試驗場<sup>3</sup>

## Studies on the Chilling Injury of Rice Seedlings

### III. Possibility of Low-Temperature Hardening

Kwon, Y. W.<sup>1</sup>, M. B. Ahn<sup>2</sup> and Y. J. Oh<sup>3</sup>

College of Agriculture, Seoul National University<sup>1</sup>, Choongnam National University<sup>2</sup>,  
and Crop Experiment Station<sup>3</sup> Suweon, Korea

#### ABSTRACT

To evaluate the possibility of hardening of rice seedlings to chilling injury by low temperature conditioning for improvement of nursery temperature management a chilling sensitive new variety Tongil from *Indica* × *Japonica* cross and a chilling tolerant *Japonica* variety Jinheung were reared by the 3rd leaf-stage in a day 30°C/night 20°C growth chamber, and were subjected to temperature conditioning for hardening against chilling injury for 6 days. Then the seedlings conditioned and unconditioned were chilled in a day and night 8°C chamber for 2, 4, 6, or 8 days long and returned to the day and night 30°C/20°C condition for development of chilling injuries. Survival rate after chilling injury development of the variety Tongil showed distinct effect of hardening, i. e. the unhardened-25% survival, the hardened by a gradual drop of temperature regime (30°C/20°C → 24°C/14°C → 18°C/12°C → 8°C)-59% survival and the hardened by repeated brief exposure (4 hrs. to 6 hrs.) to 8°C shock-89% survival against chilling of 8°C for 4 days long.

The variety Jinheung survived even against 8 days chilling at 8°C, but the discoloration rate

of leaves due to chilling showed noticeably the hardening effect as repeated shock was much better than the gradually lowering temperatures.

#### 緒 言

水稻苗의 正常生長에 必要한 限界溫度는 대체로 *Japonica* 15°C 이상, *Indica* 18°C 이상으로 알려져 있다. *Indica* × *Japonica* 의 遠緣交雜에 의해 育成된 品種 統一의 普及 以來 新品種들의 耐冷性 向上은 重要한 課題가 되고 있다.

安·李·尹(1973)<sup>2)</sup>은 水原地方의 경우 *Japonica* 品種은 早期播種時에만 保溫育苗의 效果가 있지만 統一은 5月上旬에 播種할 경우에도 保溫效果가 크며 이들은 保溫育苗을 해야 한다고 하였다. 筆者들은 本研究의 第1,2報<sup>8,9)</sup>에서 水原地方에서 4月10日에 播種하면 P. E. film 保溫苗壟라고 할지라도 夜間溫度 3~8°C에서 6~12°C範圍까지의 條件에서 育苗의 初期 10日間을 경과하게 되고, 4月20日에 播種하면 育苗初期 10日間이 夜間溫度 6~12°C에서 9~14°C範圍에 처하게 될 確率이 68%에 달하며, 新品種들은 晝夜間 11/5°C의 低溫이 계속된다면 1.5日間 정도로써도 苗生存率이 90%로 떨어지고 乾物重이 80%程度인 不良苗를 얻게 될 것이라고 推定하였다. 즉, *Indica* 形質이 導入된 新品種들의 育苗에 있어서는 溫度管理가 極히 重要하며 때로는 심한 低溫으로 成苗率에 위협을 주는 冷害가 發生하기도 하였다.(例: 1975年)

한편 菜蔬栽培에 있어서는 育苗末期에 모종의 低溫硬化를 實施하여 本圃에 定植하는 것이 一般이며, 一般作物에 있어서도 밀, 보리 등 越冬作物들에 대해서는 耐寒성과 關聯하여 低溫硬化에 關해 많이 研究되어 왔다. 그리고, 熱帶地方이 原產地인 作物들의 耐寒性은 耐凍性 또는 耐寒性 보다는 研究가 덜 되었지만 近來에 많은 研究가 이루어지고 있으며, Wheaton·Morris (1967)<sup>17)</sup>는 토마토와 고구마, Solovév·Nezgovorov (1968)<sup>15)</sup>는 오이, Al'tergot·Bukhol'tsev (1967)<sup>11)</sup>는 옥수수, 그리고 Codaccioni (1968)<sup>4)</sup>는 박하를 材料로 低溫處理 또는 化學藥品 處理에 의한 低溫硬化를 試圖하였다. 그러나 水稻는 熱帶~亞熱帶地方에는 Indica 品種들이 栽培되고, 溫帶地方에서는 耐寒性이 큰 Japonica 品種들이 주로 栽培되어 왔으므로 水稻 幼苗의 耐寒性 增大을 위한 低溫硬化 可能性에 關한 研究檢討는 이루어지지 않았다.

따라서 耐寒性이 현저히 弱하여 充分한 保溫이 要求되지만 早植栽培에 의한 收量反應이 크므로 播種期를 P. E. film에 의한 保溫效果보다 더 앞당겨 栽培하게 되는 新品種들의 育苗溫度管理技術의 改善을 위하여 水稻 幼苗의 低溫硬化 可能性과 그 限界를 檢討하고자 試圖하였다.

## 材料 및 方法

水稻 品種 統一과 振興을 供試하였으며, 農村振興 廳 人工氣象室에서 晝夜間 30°C/20°C의 溫度條件에서 生長한 第3葉期の 幼苗를 低溫硬化 處理를 6日間 實施하고 硬化處理幼苗의 冷害를 誘發하기 위하여 晝夜間 8°C 恒溫의 低溫에 0, 2, 4, 6, 또는 8日 處理한 후 晝夜間 30°C/20°C 條件에서 冷害를 發現시키고 葉位別로 葉身의 變色枯死 程度와 苗生存率을 調查하였다.

低溫硬化處理는 그림 1에서와 같이 ①硬化 期間 6日동안에 硬化를 하지 않고 晝夜 30°C/20°C에서 계속 生長시킨 對照區, ②처음 3日間은 晝夜間 24°C/14°C에서 生長시키고, 다음 3日間은 晝夜間 18°C/12°C 低溫에서의 漸進的 硬化苗, ③ 硬化 期間 6日동안에 晝夜間 30°C/20°C에서 生長시킨후 처음 2日間은 1日 4時間씩만 8°C에 硬化하고, 다음 2日間은 1日 6時間씩 8°C에 硬化한 후 第5日次 午後부터 第6日次 午前까지 16時間동안 8°C에 硬化한 反復的 一時低溫 硬化苗의 3個 硬化處理를 두었다.

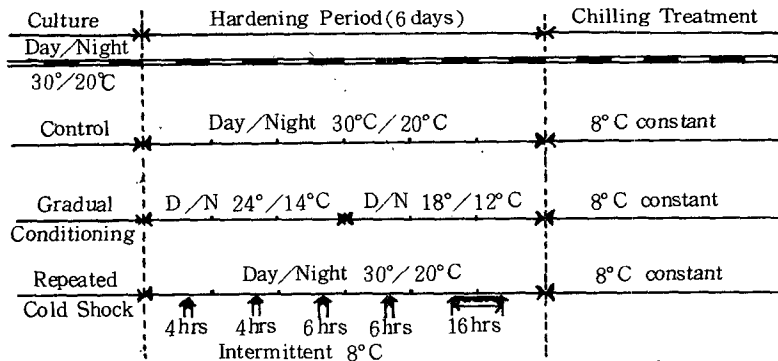


Fig. 1. Methods of Temperature Conditioning for Hardening of Rice Seedlings Against Chilling Injuries. ( — Diurnal Cycle 12hrs/12hrs )

## 試驗結果

그림 2는 品種 統一과 振興의 非硬化苗, 漸進的 硬化苗 및 反復的 一時 硬化苗가 8°C 低溫處理期間을 달리했을 경우 冷害 發現後 나타내는 生存率이다.

品種 統一의 경우 8°C 期間이 4日間이었을 때 非硬化苗는 生存率이 25%程度이었으나 漸進的 硬化

苗는 59% 生存하였고 反復的 一時硬化苗는 89% 生存하여 뚜렷하게 低溫硬化의 效果를 보였다. 그러나 低溫處理期間이 2日間이었을 때는 低溫強度가 弱하여 低溫硬化 方法들간에 뚜렷한 差異가 나타나지 않고 低溫處理期間이 6日間 以上일 경우에는 硬化苗들도 거의 모두 枯死하여 低溫硬化 方法들간의 差異를 나타내지 못하였다. 그리고 品種 振興은 耐寒性이 強하여 8日間の 8°C 低溫處理 후에도 非硬化苗와 硬化苗 모두 生存率이 90% 以上으로 處理間 差異를 보이지 않았다.

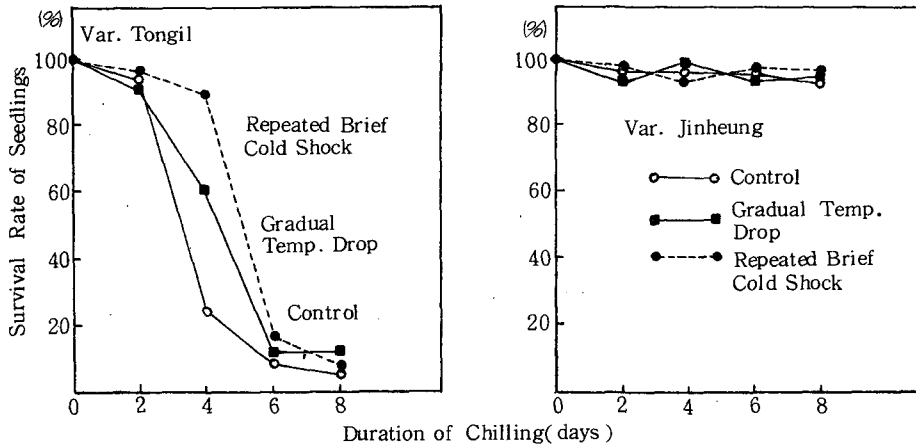


Fig. 2. Survival Rate of Rice Seedlings after Chilling at 8°C as Affected by Low-temperature Hardening.

한편 低温硬化는 幼苗의 第3葉期에 始作하였는데 6日間 硬化하고 2~8日間 冷害誘發 低温處理를 하며 그後 3日間 冷害를 發現시키는 過程에서도 幼苗의 生育은 어느 程度 進前되어 冷害發現 終了 때에는 幼苗는 第5葉期에 達하였으며 그림 3은 冷

害發現 後 生存幼苗의 葉位別 正常綠葉面積率을 達觀調査한 結果이다. 品種 統一은 冷害誘發을 위한 8°C 處理期間이 6日, 8日間の 경우에는 生存率이 10%内外이어서 葉身變色率을 調査할 必要가 없었

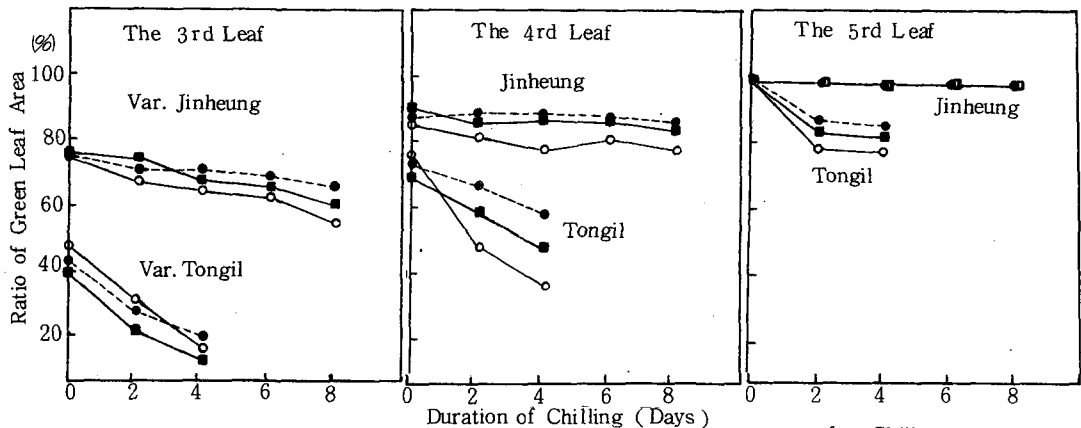


Fig. 3. Ratio of Normal Undicolored Green Leaf Area of the Rice Seedlings after Chilling at 8°C as Affected by Low-temperature Hardening.

●—● control ; ■—■ Gradual Temperature Drop ; ▲—▲ Repeated Brief Cold Shock.

그림에서 보면 老葉일수록 葉身被害가 컸으며 第4葉의 경우 統一과 振興 모두 非硬化苗에 비하여 硬化苗는 正常葉面積比率이 높고 漸進的 硬化보다는 反復的 一時硬化의 效果가 컸다.

種들의 苗床溫度管理에 重要한 意味를 갖는다고 할 것이다. 그리고 品種 振興은 耐冷性이 커서 8°C 低温處理 8日間에서 苗枯死現象을 보이지 않았지만 葉位別 葉身變色率이 低温硬化苗에서 작았음은 低温硬化效果가 있음을 立證하는 것으로 생각된다.

### 考 察

本 研究 結果 耐冷性이 Japonica 品種들보다 顯著히 弱한 Indica × Japonica 品種 統一을 低温硬化에 의하여 苗生存率이 90%보다 떨어지지 않는 耐冷期間을 2日에서 4日程度로 倍加시킬 수 있었음은 新品

種, 苗床溫度管理에 있어서 溫度와 光合成 및 呼吸, 그리고 光合成 및 呼吸과 苗의 生長關係를 고려한다면, 日中 低温硬化時間은 夜間이 바람직하겠지만 保溫苗床의 P. E. film을 夜間에 短時間 벗기는 것은 農作業上 不可하고, 午後에 벗긴다면 苗床內 溫度가 夜間에 너무 낮아지게 되므로 日中에 P. E.

film을 一時的으로 벗겨 苗木을 硬化하는 것은 午前中이 좋을 것이다. 그리고 苗木期間中 硬化時期는 水原地方을 例로써<sup>8)</sup> 播種期가 4月 20日頃이라면 播種後 10日間은 溫度가 너무 낮은 期間이므로 硬化를 하지 않고 可能한 限 漸進的으로 硬化時間을 길게 하면서 午前에 保溫을 하여야 할 時期이고 晚霜日以後부터 5月中旬까지 低溫硬化를 實施하고 5月中旬以後에 P. E. film을 完全히 벗기는 것이 바람직한 것이다. 그러나, 實際로 農民들은 5月 5日에서 10日 사이에 年次에 따라 晝夜氣溫이 20°C以上이 되는 和暢한 날씨가 2~3日 계속되면 P. E. film을 完全히 벗기는 경우가 종종 있는데 그럴 경우 5月中旬에도 夜間溫度는 5~6°C로 떨어지는 경우가 많으므로 冷害의 危險이 크다고 할 것이다<sup>9)</sup>

低溫硬化에 관한 研究는 越冬作物의 耐冷性에 대해서는 많이 이루어졌고<sup>3, 5, 10, 11, 14)</sup> 硬化의 方法으로써 양배추, 밀 등은 徐徐히 漸進的으로 溫度를 낮게 하여 硬化하고, 低溫期間이 끝난 후에도 徐徐히 漸進的인 高溫으로의 還元이 低溫障害를 最少化하는 것으로 알려져(Leopold 1975)<sup>10)</sup>, 高溫作物의 耐冷性を 增大시키기 위한 研究는 많지 않지만 Kuschmrenko·Morozova (1963)<sup>7)</sup>는 오이묘를 22°C에 18時間씩만 硬化하는 處理를 4日間하므로써 3~12°C의 低溫에 의한 冷害에 抵抗性이 있음을 보고하였고 Al'tergot·Bukhol'tsev(1967)<sup>1)</sup>는 옥수수묘를 生長適溫에서 漸進的으로 溫度範圍를 낮추면서 高溫和 低溫을 交互로 處理하여 0°C까지 處理하고 다시 漸進的으로 高溫에 이를 경우 耐冷함을 보고하였으며, Lyons et. al. (1973)<sup>12)</sup>은 토마토묘를 12.5°C에 3時間 硬化한 경우에도 硬化의 效果가 있음을 報告하였다. 本 研究에서는 漸進的 硬化와 冷害誘發溫度에 每日 數時間씩만 處理하는(Chilling shock) 方法을 比較한 結果 短時間의 低溫處理를 反復하는 方法이 그 效果가 뚜렷히 컸다. Lyons (1973)<sup>12)</sup>는 冷害의 機作의 하나로써 Mitochondria membrane의 破壞를 主張했고 Stewart·Guinn (1969)<sup>16)</sup>은 ATP의 減少, Kuraishi (1968)<sup>8)</sup>는 NADPH/NADP의 減少, Levitt (1972)<sup>11)</sup>은 蛋白質의 分解 및 有害物質의 蓄積을 報告하였는데 本 研究에서 越冬作物에서와는 달리 漸進的 低溫보다는 反復的 短時間 低溫이 硬化를 크게 시켰음은 18°C/12°C의 漸進的 硬化에서 條件은 硬化期間이라기보다는 生長을 抑制하고 長期間 계속될 경우 冷害를 誘發할 수 있는 溫度範圍로써 低溫和 高溫 交互 硬化期間의 高

溫期間中 發生하는 硬化作用을 抑制했기 때문일지도 모른다.

## 摘 要

水稻 幼苗의 耐冷性を 增大시키는 方法으로써 低溫硬化의 可能性과 限界를 究明하고자 品種統一과 振興을 供試하여 晝夜間 30°/20°에서 生長한 第3葉期묘를 6日間 低溫硬化를 한후 晝夜間 8°C 恒溫의 低溫에 0, 2, 4, 6, 또는 8日間 處理하고 30°/20°C 條件에서 冷害를 發現시키므로써 低溫硬化를 評價하였다. 低溫硬化方法은 晝夜間 30°/20°C 生長묘→24°/14°C (3日間)→18°/12°C (3日間)→8°C 冷害誘發處理의 順序를 갖는 漸進的 硬化와 30°/20°C 生長묘→30°/20°C, 但 1日 4時間 8°C (2日間)→30°/20°C, 但 1日 6時間 8°C (2日間)→30°/20°C, 但 8°C 16時間 1回→8°C 冷害誘發處理의 短時間 低溫의 反復的 硬化 2가지 方法이었으며 그 結果는 다음과 같다.

1. 耐冷性이 弱한 品種 統一은 8°C 低溫을 4日間 處理하면 硬化를 하지 않은 幼苗는 苗木生存率이 25%에 지나지 않았으나 漸進的 硬化率은 苗木生存率이 59%, 反復的 短時間 硬化묘는 苗木生存率이 89% 程度로써 低溫硬化의 效果가 뚜렷하였으나 8°C 低溫이 6日間 以上이 되면 硬化묘들도 苗木生存率이 모두 20%以下로 떨어졌다.

2. 耐冷性이 強한 品種 振興은 非硬化묘도 8°C 低溫處理 8日間에서도 苗木生存率은 90%以上이어서 苗木生存率面에서는 低溫硬化 效果를 分化시키지 못하였다.

3. 8°C 低溫處理 및 冷害發現後 葉身의 變色枯死現象은 品種 統一과 振興 모두 非硬化묘보다는 漸進的 硬化묘, 그보다는 反復的 短時間 硬化묘가 뚜렷하게 正常葉面積比率이 높고 低溫硬化의 效果가 뚜렷하였다.

## 引用文獻

1. Al'tergot, V. F. and A. N. Bukhol'tsev 1967 Induced resistance to cold in corn shoots. Izv. sib. otd. Akad. Nauk. SSSR ser. Biol. Nauk. 2 : 49 - 56.
2. 안수봉·이석순·윤성호 1973 벼의 종자발아 및 묘생육에 대한 온도 반응의 품종간 차이와 보은

- 육모 및 최아파종의 효과에 관한 연구. 농사시험 연구보고 15 (작문편) 15 ~ 24.
3. Burke, M. J., L. V. Gusta, H. A. Quamme, C. J. Weiser and P. H. Li 1976 Freezing and Injury in Plants. *Ann. Rev. Pl. Ph.* 27 : 507-28.
  4. Codaccioni, M. 1968 Reactions aux brusques abaissements thermiques des plantes du *Mentha viridis* cultives in vitro. *C. R. Acad. Sci. (Paris)* 276 : 1499-1502.
  5. Dexter, S. T. 1964 The evaluation of crop plants for winter hardiness. *Adv. in Agron.* 8 : 203-239.
  6. Kuraishi, S., N. Arai, T. Ushijima and T. Tazaki 1968 Oxidized and reduced nicotinamide adenine dinucleotide phosphate levels of plants hardened and unhardened against chilling injury. *Plant Physiol.* 43 : 238-242.
  7. Kushmrenko, S. V. and R. S. Morozova 1963 The effect of positive low temperatures on the structure of plastids in cucumbers hardened to cold. *Bot. Zh. (Leningrad)* 48 : 720-724.
  8. 權容雄・金柱憲・安壽奉 1979 水稻의 幼苗期 冷害에 관한 研究 第1報. 韓作誌 24(1)11~23.
  9. 權容雄・金柱憲・吳潤鎭・李文熙 1979 水稻의 幼苗期 冷害에 관한 研究 第2報. 韓作誌 24(2)
  10. Leopold, A. C. and P. E. Kriedemann 1975 *Plant Growth and Development*. 2nd. ed. Mc Graw-Hill. p. 391~397.
  11. Levitt, J. 1972 Responses of Plants to Environmental Stresses. *Acad. Press* p. 27-43, 75-167.
  12. Lyons, J. M. 1973 Chilling Injury in Plants. *Ann. Rev. Pl.* 24 : 245-66.
  13. Morton, W. 1969 Effect of freezing and hardening on the sulfhydryl groups of protein fractions from cabbage leaves. *Plant Physiol.* 44 : 168-172.
  14. Olien, C. R. 1967 Freezing Stresses and Survival. *Ann. Rev. Pl.* 18 : 387-407.
  15. Solov'ev, A. K. and L. A. Nezgovorov 1968 Differences in the response of shade plants to injuring and hardening temperatures as judged by extraction of cellular sap from leaves. *Fiziol. Rast.* 15 : 1045-1054.
  16. Stewart, J. McD. and G. Guinn 1969 Chilling Injury and changes in adenosine triphosphate of cotton seedlings. *Plant Physiol.* 44 : 605-608.
  17. Wheaton, T. A. and L. L. Morris 1967 Modification of chilling sensitivity by temperature condition. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 91 : 529-533.