

水稻의 低温障害에 관한 生理 生態學的 研究

吳 潤 鎮*

Physiological and Ecological Studies on the Low Temperature Damages of Rice (*Oryza sativa* L.)

Oh, Ynn Jin*

ABSTRACT

Experiments were conducted to investigate rice varietal response to low water and air temperatures at different growth stages from 1975 to 1980 in a phytotron in Suweon and in a cold water nursery in Chooncheon.

Germination ability, seedling growth, sterility of laspiketelets, panicle exertion, discoloration of leaves, and delay of heading of recently developed indica/japonica cross(I/J), japonica, and indica varieties at low air temperature or cold water were compared to those at normal temperature or natural conditions. The results are summarized as follows:

1. Practically acceptable germination rate of 70% was obtained in 10 days after initiation of germination test at 15°C for japonica varieties, but 15 days for IxJ varieties. Varietal differences in germination ability at suboptimal temperature was greatest at 16°C for 6 days.
2. Cold injury of rice seedlings was most severe at the 3.0-and 3.5-leaf stage and it was reduced as growth stage advanced. A significant positive correlation was observed between cold injury at 3-leaf stage and 6-leaf stage.
3. At day/night temperatures of 15/10°C seedlings of both japonica and I/J varieties were dead in 42 days. At 20/15°C japonica varieties produced tillers actively, but tillering of I/J varieties was retarded a little. At 25/15°C, both japonica and I/J varieties produced tillers most actively. Increase in plant height was proportional to the increase in all varieties.
4. In I/J varieties the number of differentiated panicle rachis branches and spikelets was reduced at a day-night temperature of 20-15°C compared to 25-20 or 30-25°C, but not in japonica varieties although panicle exertion was retarded at 20-15°C. The number of spikelets was not correlated with the number of primary rachis branches, but positively correlated with that of secondary rachis branches.
5. Heading of rice varieties treated with 15°C air temperature at meiotic stage was delayed compared to that at tillering stage by 1-3 days and heading was delayed as duration of low temperature treatment

* 作物試驗場

* Crop Experiment Station, Suweon Korea 170

increased.

6. At cold water treatment of 17°C from tillering to heading stage, heading of japonica, I/J, and cold tolerant indica varieties was delayed 2-6, 3-9, and 4-5 days, respectively, Growth stage sensitive to delay of heading delay at water treatment were tillering stage, meiotic stage, and booting stage in that order, delay of heading was greater in indica crossed japonica(Suweon 264), japonica(Suweon 235), and cold tolerant indica(Lengkwang) varieties in that order. Delay of heading due to cold water treatment was positively correlated with culm length reduction and spikelet sterility.
7. Elongation of culms and exertion of panicles of rice varieties treated with low air temperature 17°C. Culm length reduction rate of tall varieties was lower than that of short statured varieties at low temperature. Panicle exertion was most severely retarded with low temperature treatment at heading stage. Generally, retardation of panicle exertion of I/J varieties was more severe than that of japonica varieties at low temperature. There was a positive correlation between panicle exertion and culm length at low temperature.
8. The number of panicles was increased with cold water treatment at tillering stage, but reduced at meiotic stage. As time of cold water treatment was conducted at earlier growth stage, culm length was shorter and panicle exertion poorer.
9. Sterility of all rice varieties was negligible at 17°C for three days but 30.3-85.2% of strility was observed for nine-day treatment at 17°C. Among the tested varieties, sterility of Suweon 264 and Milyang 42 was highest and that of Suweon 290 and Suweon 287 was lowest. The most sensitive growth stage to low temperature induced sterility was from 15 to 5 days before heading. There was positive correlation between sterility of rice plants treated with low temperature at meiotic and heading stage.
10. Percentage of spikelet sterility was greatest at cold water treatment at meiotic stage (auricle distance -15~10cm) and it was higher in I/J (Suweon 264, Joseng tongil), japonica (Nongbaek, Towada), and cold tolerance indica(Lengkwang) varieties in the order. Level of cold water and position of young-ear affected on the sterility of varieties at meiotic stage; percentage of spikelet sterility of variety, Lengkwang, of which young-ear was located above the cold water level was high, but that of short statured variety, Suweon 264, of which young-ear was located in the cold water was lower.
11. Percentage of ripened grains was not reduced at 15°C air temperature for three days at full heading stage in all varieties. However, at six-day low temperature treatment Suweon 287, Suweon 264 showed percentage of ripended grains lower than 60%, but at nine-day low temperature treatment all varieties showed percentage of ripened grains lower than 60%.
Low temperature treatment of 17°C from 10 days after heading for 20 days did not affect on the ripening of all varieties.
12. Uptake of nitrogen, phosphorous, potassium, calcium, and magnesium in whole plants was higher at average air temperature of 25°C, but concentration of the elements was lower compared to those at 19°C. However, both total uptake and concentration of manganese were higher at 19°C compared to 25°C.
13. Higher application of nitrogen, phosphorus, silicate, and compost increased yield of rice due to increased number of panicles and spikelet fertility in cold water irrigated paddy.

緒 言

種은 遺傳的으로 보아 溫度反應에 敏感하며 특히 低溫障害를 받기 쉬운 特性을 지니고 있으므로 保溫育 苗가 必須的인 要件인 同時에 早熟品種의 育成이 要 請되었으며 故로 하여 早生統一, 嶺南早生 및 湖南早 1972年 以來 普及擴大의 轉機를 이룩한 統一品

生 등을 선택하게 되었다. 또한 그후에育成開發된 大部分의 統一型品種 역시 耐冷性이 比較的 弱하여 冷害의 危險性을 크게 內包하고 있으며 따라서 그의 普及擴大 地域 역시 制約을 받게 되어 水稻의 安全多收와 多收性 品種의 普及地域의 擴大를 위한 耐冷性 品種의 育成과 冷害防止를 위한 耕種法의 開發이 매우 重要な 課題로 浮刻되었다. 특히 1980年은 異常 氣潮으로 우리나라를 비롯하여 日本 그리고 유럽 各地域에서 冷夏를 격게 되어 이로 인한 冷害는 比 單 統一型品種 뿐만 아니라 一般的으로 耐冷性이 強한 것으로 알려진 日本型品種에서도 큰 被害를 입었으며, 그 冷害의 樣相을 살펴보면 水稻의 全生育期間 中 즉 4月부터 9월까지 平均氣溫이 平年에 比하여 1.5~3.0℃ 程度가 恒常 낮았으며 또한 日照時數와 日射量이 매우 적었고 降雨의 빈도가 매우 높아 大氣의 濕度도 높은 現象을 보여 所謂 遲延型 冷害는 勿論이며 障害型 및 病害型 冷害 등이 複合的으로 作用하여 極甚한 冷害를 誘發한 것이라 볼 수 있으며, 그 被害程度는 30% 以上の 減收를 豫想하게 하였다.

이에 그간 耐冷性 品種의 育成 및 冷害防止를 위한 耕種法의 改善을 圖模하기 위한 試驗研究을 遂行하여 온 바 그 結果를 報告하는 바이다.

研究史

水稻種子의 低溫發芽性에 關하여 많은 研究報告가 있다.^{5, 12, 28, 29, 30, 39)} 種子 發芽의 最適溫度範圍에 對하여 李 等²⁸⁾(1969)은 溫度가 30℃ 範圍까지는 높을수록 發芽速度가 빠르다고 하였으며^{5, 12, 29, 30, 39)}, Vergra 等⁷³⁾(1971)은 發芽 適溫範圍는 19~33℃인데 置床期間에 따라 適溫範圍의 幅이 決定되며 發芽 最高溫度는 43℃, 最低溫度는 16~19℃라고 하였다. 水稻品種群으로 發芽溫度에 對하여 調査한 崔 等⁵⁾(1977)은 晝夜 25~20℃에서는 發芽率과 平均發芽日數가 統一型品種과 日本型品種間에 差異가 없었고 晝-夜 12~12℃에서는 品種間 差異가 顯著하여 低溫下에서 大體로 統一型品種들의 發芽率이 떨어짐을 報告하였다. 李 等³²⁾(1978)은 高中緯度地域에서 生産된 水稻 品種들이 低溫發芽性이 높고 低緯度地域에서 生産되는 水稻 品種은 低溫發芽性이 낮다고 報告하므로써 亦是 印度型品種이 日本型品種보다 低溫에서 發芽가 不良하다는 것을 示唆하였다. 이와 반대로 佐佐木⁴⁶⁾(1964)는 低溫發芽와 適溫發芽와는 극히 높은 正의 相關關係가 있어 適溫에 있어

서도 低溫發芽性을 檢定할 수 있다는 것을 示唆하였고 低溫發芽性이 큰 品種을 發見하자면 30℃에서 1日째의 發芽勢에 依하여도 充分하나 低溫發芽性이 弱하거나 中程度인 것은 20℃에서 7日間の 發芽에 의하여 檢定이 可能하다고 하였다.

水稻 品種의 低溫發芽性과 다른 特性과의 關係에 對하여는 低溫發芽性과 初期 草長 伸長 및 苗生育과는 正의 關係가 있으나⁴⁷⁾ 播種後 日數가 經過하면 그 關係가 弱해지는 傾向이 있다는 것이다⁴⁸⁾.

幼苗의 低溫抵抗性과 關聯하여 幼苗의 出葉速度와 葉身伸長 및 根의 活着도 高溫에서 進展이 빠르고^{12, 15)} 苗의 草長 乾物重은 31℃의 氣溫과 水溫에서 最大值를 보였다.

低溫에 의한 幼苗의 生育障害는 品種間 差異가 큰데 대체로 統一型品種이 日本型品種보다도 低溫에 의한 生育障害가 크게 나타난다⁴⁾. 低溫에서 根의 活着性은 오히려 統一型品種이 日本型品種보다 높은 傾向을 보여 生育時期나 조사형질에 따라 耐冷性 程度가 달랐다. 또 耐冷性이 弱한 統一型品種도 反復的인 短期間의 低溫硬化를 거치는 境遇에는 相當한 程度의 苗의 耐冷性을 誘導할 수 있었으나 日本型에서는 硬化의 效果가 輕微하였다^{3, 25, 45)}. 統一型品種인 統一은 低溫下에서 苗葉身에 赤枯現象이 나타나는데 그 主된 原因은 15℃ 氣溫에서 葉身內 窒素含量이 不足하여 나타난 現象이라고 하였다^{3, 45)}.

移秧活着後 分蘖期間의 溫度가 分蘖 및 草長伸長에 미치는 影響에 對하여도 많은 報告가 있다^{21, 40)}. 楠淵²³⁾(1967)과 本庄 等¹¹⁾(1968)에 의하면 分蘖의 發生은 平均氣溫 17~18℃에서 가장 많았고 같은 平均氣溫일때는 晝夜溫度較差가 큰 것이 分蘖發生에 有利하였으며 出葉速度는 平均水溫이 높을수록 또 晝間水溫이 높을수록 빨랐다고 하였다. 또 溫度範圍가 15~30℃範圍에서는 冷溫쪽이 有利하다는 報告가 있어^{9, 58)} 分蘖의 發生은 平均溫度 뿐 아니라 溫度較差程度나 기타 다른 栽培環境의 影響을 많이 받는 듯 하다.

低溫에 依하여 1穗穎花數가 減少하기 쉬운 벼의 生育時期는 幼穗分化期 내지 枝梗分化期和 幼穗의 急激한 伸長期로서 幼穗形成期 以後의 低溫處理는 穗當 穎花數를 減少시킨다.

水稻에 있어서 低溫에 의한 生育 및 出穗遲延은 遲延型冷害를 유발하는 要因이 되는데 活着期, 分蘖期, 幼穗形成期 및 穗孕期 등 어느 時期에서나 溫度가 낮으면 各 生育段階의 遲延이 있기 때문에 出穗가 遲延된다. 어느 段階에서나 氣溫이 30℃보다 낮은 範圍

에서는 溫度가 낮아짐에 따라 一般의 出穗가 遲延되지만 生育時期에 따라 그 遲延되는 程度는 다르다⁶²⁾. 低溫에 의하여 出穗遲延이 가장 甚한 生育時期은 幼穗分化 直後이고 그 다음은 花粉外殼 形成期이며 幼穗形成 以前은 冷溫에 比較的 強하다고 報告하였고⁴³⁾, 松島 等³⁶⁾(1964)도 穗首分化期에서 減數分裂期の 低溫에 依하여 가장 遲延된다고 하였으며 分蘖盛期에 16~17℃의 低溫處理는 出葉速度를 減少시키는 傾向이나 出穗遲延에는 別로 影響이 없거나 오히려 促進시키는 傾向이었다고 하였다. 崔²⁾(1966)는 早期栽培에서 出穗日數가 延長되고 晚期栽培에서는 短縮된다고 하였으며 李²⁷⁾(1971)는 出穗生態에 對한 氣象環境 要因 分析에서 出穗 前後의 氣象要因과 收量性을 關聯시켜서 各 品種의 量大收量生産 出穗期를 設定하였다.

水稻 生殖生長期の 低溫處理는 花粉發達을 抑制하여 異常花粉을 生成하므로써 그것이 不稔의 主因이 된다고 하였는데^{19, 20, 57, 59, 67)} 島崎 等⁵⁾(1960)은 低溫에 의한 不稔粒의 發生은 葉身, 葉鞘에서 그리고 稈, 穗에서 同化物質의 轉流가 抑制되어 不稔이 일어나는 것 같다고 하였다. 角田⁷²⁾ 等(1967)은 幼穗發育期の 低溫障害는 品種間에 顯著한 差異가 있고 不稔의 發生程度는 品種間에 恒常 平行의 이 아니고 低溫處理時에 各 品種의 幼穗發育段階에 따라서 冷害程度가 다르며 또한 低溫에 의한 稔實粒數의 低下에는 穎花數의 減少와 稔實比率 低下의 두가지가 있다고 하였다. 그러나 晝間의 氣溫이 正常的일 때 夜間의 低溫處理는(15℃ 11時間 6日) 不稔을 誘發하지 않았다¹⁸⁾.

幼穗形成期부터 開花까지의 各 生育時期에 低溫處理에 의한 收量 減少가 가장 甚한 時期는 早瀬⁹⁾ 等(1969)에 의하면 花粉母細胞의 減數分裂期라고 하였으나 佐竹 等^{51, 52)}(1970)은 그 時期는 減數分裂盛期가 아니고 四分子期부터 第1收縮期까지의 小孢子形成期까지라고 하였다. 또 伊藤¹⁵⁾ 等(1970)은 減數分裂期の 低溫處理에 의해서 不稔이 發生하는 原因은 葯의 發育不完全, 花粉의 不充實, 花糸 伸長의 異常, 葯의 不裂開, 花粉의 不飛散, 受粉不能, 柱頭上 花粉發芽 異常 等이라 하고 그중에서도 葯의 不裂開 및 不完全裂開가 主要因이라고 하였다⁴²⁾. 또한 西山^{41, 42)}(1979, 1980)는 冷溫에 處理되면 小孢子 혹은 Tapet 細胞에 異常이 생겨서 Tapet cell에서 小孢子에로의 物質轉流가 阻害되어 小孢子的 發育이 抑制되고 Tapet 細胞가 高濃度로 되거나 혹은 膨脹이

增大되어 結果的으로 Tapet 細胞의 肥大가 招來되며 花粉形成 및 發育이 阻害되므로써 葯이 터지지 않아 不稔이 생긴다고 하였다. 李 等³¹⁾(1974)은 減數分裂期 低溫障害는 品種에 따라서 差異가 큰 데 統一이 振興이나 農白보다 低溫에 의한 不稔이 높았다고 하였으며 稔實率은 出穗遲延日數, 籼抽出度, 葉耳間長 等과 密接한 關係가 있다.

水稻登熟期에 低溫이 오면 炭水化物的 蓄積이 적어 登熟率의 低下를 招來하는데^{34, 71)} 松島 等³⁴⁾(1957)은 減數分裂期, 開花期, 乳熟期の 平均 氣溫 및 氣溫較差는 登熟에 影響을 미치며 晝夜溫度較差는 10℃나 15℃가 良好하고 最適夜溫은 晝間溫度를 不問하고 減數分裂期 21℃, 그후는 20℃, 登熟盛期는 16℃, 糊熟期는 14℃로 보았다. 角田 等⁷⁰⁾(1966)은 低溫下의 登熟速度에는 明確히 品種間 差異가 認定되고 一般的으로 登熟이 빠른 品種일수록 最終의 登熟比率도 높은 경향임을 報告하였으며 出穗前에 蓄積된 澱粉 및 炭水化物量이 많은 品種일수록 低溫下에서 登熟이 빨랐다고 하였다. 一般的으로 穎花數의 多少와 登熟比率과의 사이에는 負의 相關關係가 있는데 穎花數가 비슷한 品種에서는 品種間 差異가 없다고 하였다⁷¹⁾. 그러나 安¹⁾(1973)은 日本型品種에서는 着生穎花數와 登熟率 間에는 負의 相關이 있으나 統一에서는 穎花數가 많아도 登熟率 低下가 크게 認定되지 않았으며 穎花數 增加와 收量은 比例한다고 報告하였다. 또 冷害를 받으면 胴割米가 增加한다고 하였다^{65, 66)}. 鳥山⁶⁵⁾ 等(1962)은 冷水灌溉畝에서의 水溫과 水稻生育 및 收量과의 關係에서 水溫이 낮은 冷水流入口에서는 出穗遲延이 크고 따라서 冷水流入口에 가까울수록 出穗遲延이 크다고 報告하였다. 角田 等⁶⁶⁾(1962)에 의하면 水深에 關係 없이 草長은 中溫>高溫>低溫 順으로 伸長하고 莖數는 高水溫일수록 增大되며 幼穗發育과 節間伸長은 幼穗形成期の 水深과 關係가 없으나 水溫이 높을수록 生育이 促進되었다고 하며 收量은 過度한 高水溫 및 低水溫에서 減收하였다. 그러나 低溫期の 深水 灌溉는 障害型 冷害를 防止하는데 크게 效果가 있음을 認定하였다.

松島 等³⁵⁾(1964)은 氣溫과 水溫은 벼의 生育時期에 따라 그 影響이 다른데 벼의 收量 및 收量構成要素에 미치는 影響은 生育前期 즉 穗首分化期까지는 生長點이 稈의 基部에 存在하므로 氣溫보다 水溫에 支配됨이 크고 生育中期 즉 穗首分化期부터 減數分裂終期까지는 氣溫과 水溫이 같은 程度로 影響을 미

치며 生育後期 即 減數分裂終期 以後의 生育은 水温보다 氣温의 影響을 크게 받는다고 하였다.

水稻營養生長期에 있어서 低温에 의한 無機物의 吸收低下에 對하여 高橋⁶¹⁾(1955)와 佐藤⁶⁴⁾(1972)는 溫度가 다른 條件에서 水稻 水耕栽培를 하여 各成分의 吸收量을 調査한 結果 低温에서는 N, P, K, Si, Ca, Mg, Fe 等の 吸收量은 低下하였으나 體內含有率은 低温에서 오히려 높았다고 하였으며^{6, 63, 64)} Mn은 低温에서 吸收量이 增大하였다고 報告하였다¹³⁾.

또 低温일 때는 磷酸, 珪酸, 堆肥의 施用이 效果의인데 佐竹 等⁴³⁾(1966)은 障害型 冷害에 對한 磷酸施用 效果에 對하여 過石은 그 效果를 認定할 수 없으나 熔燐을 使用하여 磷酸施肥量을 增加할 경우에는 明確히 稔實障害를 輕減하였고 熔燐 中の Mg 및 Si의 效果가 있다고 하였다.

材料 및 方法

本試驗은 1975년부터 1980년까지 6個年에 걸쳐 作物試驗場 人工氣象室(溫度 5°C~30°C, 濕度 60~90% 自動調節)과 春川 出場所의(春川 東經 127°3' 北緯 37°52' 海拔 74m) 冷水處理에 依한 耐冷性 檢定圃場에서 遂行하였으며 各項目別 試驗材料와 方法은 다음과 같다.

1. 低温發芽 및 幼苗低温抵抗性

種子の 低温發芽試驗은 1979年 12月에 作物試驗場 人工氣象室에서 實施하였다. 供試品種은 統一型 7品種, 日本型 3品種 合計 10品種이었다. 供試種子是 1979年産을 使用하였으며 발아의 均一을 위하여 50°C에서 5日間을 處理하여 休眠打破를 하였고 鹽水選(比重 1.06)을 하여 부산 30乳劑 1000倍液으로 12時間 消毒한 後 完全水洗하였다.

이와 같이 前處理된 種子是 페트리디시에 東洋瀝紙(No. 6)를 깔고 50粒씩 配列한 다음 蒸溜水 10m³씩을 供給하고 10°C, 15°C, 27°C의 恒溫器에 넣고 每日 午後 10時에 發芽調査를 하였다. 發芽調査 基準은 種子에서 白體가 顯外로 0.5mm 程度 나온 것을 發芽로 하고 發芽率, 平均發芽日數 및 發芽係數等을 算出하였다.

또 한편 統一型品種들은 低温發芽性이 特異하기 때문에 統一型品種 20品種과 1個의 日本型品種을 供試하여 12°C, 16°C, 20°C, 28°C의 溫度條件에서 前述함과 같은 方法으로 發芽試驗을 實施하였다.

幼苗低温抵抗性試驗은 1979~1980兩年에 걸쳐 作物試驗場 人工氣象室에서 實施하였다. 1979年에는 水原 284號外 8個品種을 供試하여 이들 種子を 3日間 29~21°C의 精密 유리室에서 浸種催芽시켜 機械移秧育苗箱子(60cm×30cm×3cm)에 이미 調製된 床土(1/3 퇴비가루 + 2/3 植壤土, pH 5, 箱子當 尿素 2.2g, 熔燐 20g, 鹽加 6.7g)를 넣고 品種當 20粒씩 2cm 넓이로 條播한 後 晝夜 溫度를 29~21°C로 調節한 精密 유리室에서 育苗하였다. 그리하여 本葉 3葉期와 6葉期에 晝夜 15~5°C 溫度條件下에서 10日間 低温處理한 後 다시 29~21°C의 精密 유리室에 옮기고 5日後에 低温障害程度를 調査하였다. 赤枯 및 萎凋程度는 0~9까지 10等分하여 遠觀 調査하고 枯死率은 計數調査하였다. 1980年度에는 水原 287號外 6品種을 1979年度와 같이 育苗箱子에 播種하여 晝夜溫度 25~15°C의 精密 유리室에서 育苗하여 本葉 3.5葉期와 6葉期에 8°C에서 6日間 處理한 後에 다시 25~15°C의 精密 유리室에 옮기고 萎凋率을 調査하였다.

2. 草長 및 分蘖

1975年 10月 17日 프라스틱 罫트(45cm×30cm×9cm)에 床土를 넣고 統一과 振興의 催芽種子を 5cm 넓이로 條播한 後 晝夜 25~20°C에서 30日間 育苗하여 11月 16日에 1/5000 a의 프라스틱 罫트에 株當 2本植으로 移秧하였다. 그리고 罫트에는 4.5kg의 風乾土를 채우고 尿素 1.7g, 重過石 0.7g, 鹽化加里 0.5g 施用한 다음 灌水를 하고 移秧後 10日間 晝夜 溫度 25~20°C의 精密 유리室에서 活着시킨 後 晝夜 溫度 15~10°C, 20~15°C, 25~15°C, 25~20°C, 30~25°C에서 各各 49日間 溫度處理를 하여 生育狀況을 調査하였다.

3. 이삭의 枝梗 및 顯化分化

1975年 7月 20日 1/5000 a 플라스틱 罫트에 統一, 早生統一 및 振興의 15日苗를 한 罫트에 2株씩 1苗植을 하여 晝夜 溫度 25~20°C의 精密 유리室에서 栽培하다가 各品種의 幼穗分化期에(振興은 8月 14日, 早生統一은 8月 24日, 統一은 8月 30日) 晝夜 溫度 30~25°C, 25~20°C, 20~15°C, 15~10°C에서 各各 30日間 溫度處理하여 이삭에 대하여 調査를 하였다.

4. 出穗遲延 稈長短縮과 抽出度 稔實 및 登熟率

低温處理는 人工氣象室에서 1977~1980年 4個年에 걸쳐서 實施하였다. 供試品種의 出穗遲延 調査는 振興外 14個 品種, 稈長短縮은 水原 235號外 5品種, 抽出度 低下는 統一外 5品種, 稔實障害는 水原 264號外 12品種, 登熟率 低下는 水原 264號外 6品種을 供試하여 1/5000a의 프라스틱 罫트에 風乾한 床土 4.5kg을 넣고 罫트當 尿素 1g, 熔過磷 1g, 鹽加 1g씩을 基肥로 施用한 다음 이들 肥料를 畝가락으로 表層흙과 고르게 섞고 飽和水分으로 調節한 다음 各 品種의 催芽種子를 20粒씩 環狀으로 0.5cm 깊이로 直播하여 銀薄紙로 遮光시킨 다음 晝夜 29~21°C에 置床하고 第1本葉이 나오면 銀薄紙를 除去하고 灌水하여 生育시켰다. 尿素의 追肥는 生育狀況을 觀察하며 尿素 1g씩을 3회에 分施하였다. 分蘖이 旺盛하면 1株씩 가위로 切除하고 分蘖이 나오면 除去하여 罫트當 生育이 均一한 10個體를 자라게 하였다. 低温處理는 分蘖最盛期, 減數分裂期, 出穗期, 登熟期에 17°C 溫度에서 10日間 處理한 後 다시 自然狀態에 두어 出穗遲延度, 稈長 短縮率, 抽出度, 稔實率 및 登熟比率 等を 調査하였다.

한편 冷水處理下에서 出穗遲延, 稈長短縮, 抽出度 및 稔實狀態를 알기 위한 試驗은 作物試驗場 春川出場所에서 實施하였다. 冷水源은 昭陽湖에서 排出하는 水溫이 約 6°C가 되는데 春川出場所 後便 3個의 溫水池 入口까지 約 3.5km의 水路를 通過하는 동안 水溫이 높아져 溫水池에는 約 12°C의 물이 들어온다. 이 12°C의 冷水를 試驗地로 끌어들이기 위하여 溫水池의 冷水 入口로부터 低面 1m 깊이에 直徑 50cm의 洩水管을 約 300m 埋設하였으며 試驗圃까지 들어온 12°C의 물과 溫水池에서 더워진 25°C ± 3°C 물을 各 圃場 畦畔에 設置된 계수변에서 서로 섞어 17°C가 된 冷水를 各 各 3m 間隙으로 埋設된 直徑 1.5cm 파이프를 通하여 圃場에 灌溉되도록 하였다. 물의 量은 180×30×3cm의 松板으로 된 分散板을 利用하여 各 試驗區에 同一한 水溫과 一定한 水量을 灌溉할 수 있도록 施設되었다.

品種은 1978年~1980年 3個年에 걸쳐서 日本型 品種인 農白, 水原 235號, Towada와 統一型 品種인 早生統一, 水原 264號, 印度型 品種인 Lengkwang, Kn-1b-361을 供試하여 4月 21日 保溫折衷 罫트자리에 播種하고 5月 25日에 25×15cm 1株 3 苗植으로 移秧하였다.

施肥量은 10a當 窒素 12kg, 磷酸 8kg, 加里 8kg을 施用하여 精密栽培하고 最高分蘖期, 減數分裂

期, 穗孕期에 冷水를 10日間 處理하여 冷害現狀에 關係되는 諸形質을 調査하였다.

또 葉耳間長別, 水深別, 稔實障害試驗은 水原 235號, Towada, 水原 264號, Lengkwang 等を 供試하여 長 8m, 幅 2m, 深 80cm의 貯水 콘크리트 탱크를 만들어 1/5000a 프라스틱 罫트에 均一하게 자란 個體를 選拔하여 標札을 달고 葉耳間長이 -15, -10, -5, 0, +5, +10cm인 때에 17°C의 물을 깊이 5, 10, 20, 40cm가 되게 10日間씩 處理하여 稈長短縮, 抽出度 및 稔實率을 調査하였다.

5. 養分吸收 및 施肥效果

相異한 氣溫下에서 養分吸收 樣相을 알기 위하여 1975年 1月 6日 人工氣象室 精密유리室에서 育苗한 統一과 振興의 22日 苗를 뿌리를 잘 水洗하고 苗齡이 3.5葉인 個體를 選別하여 黑色 페인트로 塗色한 500ml의 三角 프라스크에 IRR I式 水耕液⁷⁹을 넣고 한 個의 프라스크에 2 苗씩 스펀지로 固定하여 옮겨심고 晝夜 30~20°C와 24~14°C의 精密 유리室에서 50日間 水耕栽培를 하였으며 水耕液은 每 3日마다 交換하였다.

試料는 葉鞘, 葉身 및 根으로 分離하여 80°C 乾燥器에서 48時間 乾燥 後 窒素는 Micro-Kjeldhal法, 磷酸은 Vando-Yellow法, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn은 Atomic absorption spectrophotometric法으로 化學分析하였다.

한편 冷水畚에서 窒素, 磷酸, 珪酸, 堆肥施用效果를 알기 위하여 1979年과 1980年의 2個年에 걸쳐 春川出場所에서 水原 264號를 供試하여 4月 25日에 播種하고 5月 25日에 移秧하여 試驗을 實施하였다. 施肥量은 10a當 窒素는 5, 10, 15, 20kg의 4水準으로 하고 磷酸은 0, 12kg의 2水準('79) 및 8, 16kg('80)의 2水準, 珪灰石은 0, 300kg의 2水準 및 堆肥를 0, 1500kg의 2水準으로 하고 試驗區配置는 冷水畚의 制約으로 完全任意配置法으로 하였으며 窒素는 50:20:20:10으로 分施를 하고 其他 肥料는 全量基肥로 주었으며 加里는 8kg을 基肥로 同一하게 施用하였다. 冷水는 分蘖盛期, 減數分裂期에 10日間씩 處理하여 生育特性和 收量을 調査하였다.

試驗 結果

1. 發芽 및 幼苗 低温抵抗性

溫度에 따른 發芽率의 品種間 差異를 表 1 에서 보면 溫度가 높아짐에 따라 發芽率이 增加하는 傾向은 品種間에 큰 差異가 없었다. 그러나 10℃의 低溫에서 置床 15 日 後의 發芽率을 보면 大部分의 統一型 品種들은 發芽가 전혀 되지 않았거나 16% 以下의 낮은 發芽率을 나타내었다.

그러나 日本型品種인 鐵原 21 號, 鐵原 27 號, 裡里 345 號 등은 25~75%의 높은 發芽率을 나타내어 統一型品種들이 日本型品種보다 一般的으로 低溫下에서 發芽率이 낮았다. 置床 20 日 後에도 亦是 統一型品種中에서는 裡里 342 號만이 47%의 發芽率을 나타내고 外 品種들은 20%未滿의 낮은 發芽率을 나타내었다. 그러나 15℃에서는 置床 10 日 後에 發芽率은 大部分의 統一型이 50%에 미치지 못한다.

하여 日本型品種들은 68~85%의 높은 發芽率을 보였고 置床 15 日 後에는 統一型品種이라 하더라도 70% 以上の 實用的인 發芽率에 到達하였다.

水稻品種의 發芽率은 發芽溫도와 發芽期間에 따라 顯著하게 다른데 一般的인 發芽 最低 限界溫度에 가까운 10℃에서 15 日 後의 發芽率을 보면(表 1) 日本型品種인 鐵原 27 號(75%), 裡里 345 號(35%), 鐵原 21 號(25%)가 모든 統一型品種(0~16%)보다 低溫에서 發芽率이 높았는데 이런 傾向은 崔 等⁵⁾이 發表한 것과 같은 傾向이다.

統一型品種의 低溫發芽性 檢定方法을 確立하기爲 하여 發芽溫도를 12℃, 16℃, 20℃, 28℃로 달리 하여 置床後日數에 따른 發芽率의 分布를 본 結果는 그림 1 과 같다. 發芽率의 品種間 分散은 12℃ 10

Table 1. Germination of rice seeds at different temperatures, 1980.

Variety	Germination rate								Average days of germination			Germination coefficient		
	10℃		15℃		27℃									
	15 days	20 days	10 days	15 days	20 days	5 days	7 days	10℃	15℃	27℃	10℃	15℃	27℃	
Suweon 264 (I × J)	0	6	45	81	83	88	96	17.8	10.2	4.4	0.3	8.1	21.8	
Suweon 287 (")	0	7	58	91	92	91	96	18.4	9.9	4.3	0.4	9.2	22.3	
Suweon 290 (")	3	19	39	78	83	76	86	16.7	11.4	5.3	1.2	7.3	16.2	
Iri 342 (")	16	47	40	93	96	90	100	16.5	10.8	4.5	2.8	8.9	22.2	
Iri 346 (")	3	7	53	92	99	88	95	17.0	11.0	4.5	0.4	9.1	21.1	
Milyang 46 (")	0	7	42	80	83	80	91	15.7	10.5	4.4	0.4	7.9	20.7	
Milyang 52 (")	2	10	31	70	72	48	94	16.9	11.2	5.1	0.6	6.4	18.4	
Chulweon 21 (J)	25	57	68	91	91	93	94	15.6	9.2	3.8	3.7	9.9	24.7	
Chulweon 27 (")	75	93	85	98	99	97	98	13.9	8.9	4.0	6.7	11.1	24.5	
Iri 345 (")	35	81	80	89	96	84	93	15.8	8.5	4.1	5.1	10.5	22.7	

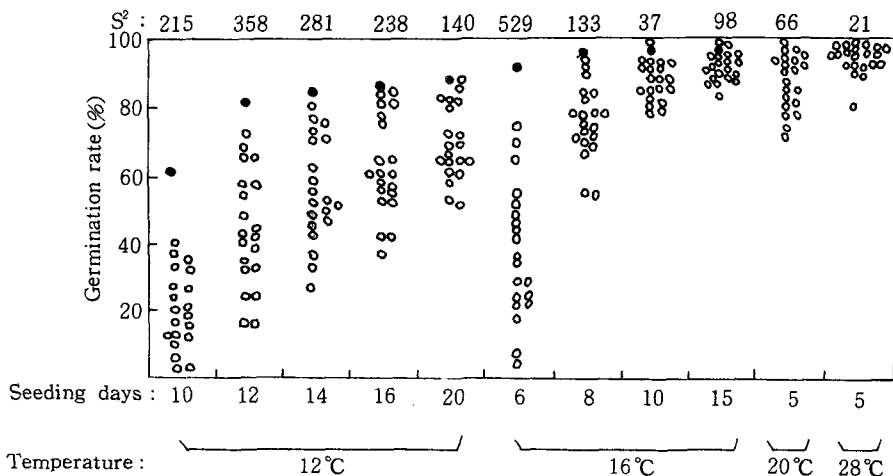


Fig. 1. Distribution of seed germination rate depend on seeding days under different temperatures, 1980.

日 置床에서는 發芽率이 낮은 쪽으로 많이 分布되었고 16°C에서 置床日數 8日 以上 置床에서는 發芽率이 높은 쪽으로 너무 分布하여 低溫發芽性의 品種間 差異를 檢定하기에는 不合理한 듯하다. 그러나 12°C 12日 置床이나 16°C 6日 置床에서는 品種間的 發芽率 分散이 가장 크게 나타났고, 그중에서도 12°C 12日 置床보다는 16°C 6日 置床이 品種間 分散이 더욱 크게 나타났다.

最近 育成된 21個 品種들의 低溫發芽性을 보면(그림 1) 12°C에서 12日間 혹은 16°C에서 6日間 置床하는 경우에 品種間 發芽率의 分散이 어느 發芽溫度나 發芽期間에서보다 커서 이들 發芽條件이 統一型 品種의 低溫發芽性을 檢定하는 妥當한 方法이라고 생

각되며 實用的으로는 16°C 6日 程度에서 低溫發芽性을 檢定하는 것이 좋을 것으로 보인다. 그러나 위 實驗에서 日本型인 振興은 發芽率이 어느 發芽條件에서나 가장 높아 日本型品種의 低溫發芽性은 보다 낮은 溫度에서의 檢定이 必要하다고 보며 崔等⁹⁾은 10°C, 9日, 13°C에서 3~6日, 16°C에서 3日間 置床하는 것이 가장 適當하다고 하여 日本型과 統一型 品種의 低溫發芽性은 같은 溫度條件에서 檢定하면 品種間에 差異는 적고 두 品種群間的 發芽率만 크게 差異가 나타나 品種群마다 각기 다른 條件에서 檢定해야 할 것으로 보인다.

日本型品種과 統一型品種들을 3.5葉期와 6葉期에 8°C에서 6日間 低溫處理한 結果를 그림 2에서

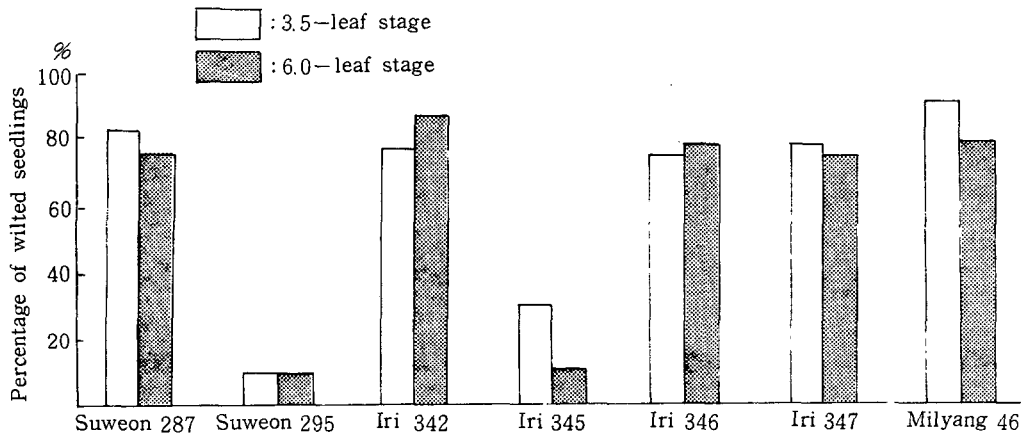


Fig. 2. Percentage of wilted seedlings of 7 rice varieties at the 3.5 and 6 leaf stages at 8°C for 6 days, 1980.

보면 日本型品種인 水原 295 號와 裡里 345 號는 統一型品種인 水原 287 號, 裡里 342 號, 346 號, 348 號, 密陽 46 號보다 어느 葉齡에서나 幼苗 萎凋率이 顯著하게 낮은 反面 統一型品種들은 어느 品種을 莫論하고 大部分의 苗가 8°C 6日間 處理에서 萎凋枯死하고 早期 育苗時 最低氣溫이 8°C 以下로 내려가는 境遇가 있으므로 保温이 必須의임을 알 수 있다. 葉齡別로는 水原 287 號, 裡里 345 號, 密陽 46 號는 3.5 葉期에서 6 葉期보다 苗枯死率이 多少 높으나 裡里 342 號는 오히려 6 葉期에서 3.5 葉期보다 苗枯死率이 높았다. 그러나 葉期에 따른 低溫抵抗性보다는 日本型品種과 統一型品種群間에 差異가 더 컸다. 또 晝夜溫度的 較差를 크게 한 晝夜溫度 15~5°C에서 10日間 處理한 後 水稻品種들의 赤枯程度, 萎凋率, 苗枯死率 등을 表 2에서 보면 日本型인 密陽 15 號는 전혀 低溫障害을 받지 않았고 統一型品

種들은 SR 821-24를 除外하고는 모두 赤枯가 甚하고 萎凋率과 苗枯死率이 높았다. 또 苗齡別로 보면 赤枯는 어느 品種이나 苗齡間에 差異가 極히 작았고 모든 水原系統 및 品種들은 萎凋의 苗齡間 差異가 적었으나 裡里 338 號, 密陽 42 號 등은 3 葉期에서 6 葉期보다 萎凋가 極히 甚하여 品種間的 低溫 反應이 달랐다.

苗齡別 赤枯程度, 萎凋率, 苗枯死率間的 相關關係를 表 3에서 보면 1%나 5%水準에서 모두 調査形質間에 有意한 高度의 正的 相關關係를 보였다. 相關係數를 보면 6 葉期の 萎凋率과 枯死率이 다른 特性과 相關係數가 多少 낮은 것은 裡里 338 號, SR-821-24, 密陽 42 號 등은 6 葉期の 萎凋와 苗枯死率이 極히 낮았기 때문이다.

低溫處理時 幼苗의 赤枯程度는 統一型品種이 日本型品種인 振興이나 密陽 15 號보다 더 甚하였으나 育成

Table 2. Leaf discoloration, leaf wilting, and death rate of rice seedlings at different leaf stages at day-night temperatures of 15-5°C for 10 days, 1979.

Variety	Discoloration (0-9)		Wilting (0-9)		Dead (%)	
	3-leaf	6-leaf	3-leaf	6-leaf	3-leaf	6-leaf
Suweon 284	8	8	9	9	95	93
Suweon 286	7	8	9	7	82	65
Suweon 287	8	8	9	6	88	60
Suweon 288	8	8	9	8	85	75
Suweon 289	7	7	9	7	88	70
Suweon 290	8	7	9	8	90	75
Iri 338	6	5	9	1	80	10
Milyang 42	8	6	8	1	77	18
SR 821-24	3	2	2	1	30	15
Milyang 15	0	0	0	0	0	0

Table 3. Correlation coefficients between leaf discoloration, wilting, and percentage of dead seedlings treated with low temperature at three and six leaf stages.

Item	Leaf stage	Discoloration		Wilting		Dead seedlings	
		Three	Six	Three	Six	Three	Six
Discoloration	Three	1	.954**	.951**	.693*	.972**	.718*
	Six		1	.944**	.826**	.956**	.836**
Wilting	Three			1	.677*	.987**	.683*
	Six				1	.727*	.994**
Dead seedlings	Three					1	.744**
	Six						1

系統中 SR 821-24는 統一型系統이지만 다른 統一型品種보다 赤枯程度가 적게 發生하여 統一型系統中에서도 低溫抵抗性이 比較的 큰 品種의 育成이 可能할 것임을 示唆하였다(表 2).

低溫에 依한 葉期別 苗枯死率과 萎凋程度는 어느 時期에서나 比較的 低溫被害가 없었던 密陽 15號를 除外하면 3葉期の 低溫處理가 6葉期の 低溫處理에 서보다 萎凋가 甚하고 苗枯死率이 커서 離乳期인 3葉期에서보다 完全히 獨立營養生活을 하는 6葉期에서 低溫에 對한 抵抗力이 큰 듯 한데 特히 裡里 338號, 密陽 42號, SR 821-24는 3葉期에 比하여 6葉期에서는 低溫抵抗性이 커서 品種間에 生育時期別 低溫抵抗性의 差異가 컸으며 이와 같은 事實은 許¹²⁾ 權²⁴⁾의 報告와도 一致하였다.

2. 草長 및 分蘖

溫度處理가 移秧後 苗의 初期生育 即 分蘖과 草長伸長에 미치는 影響을 알기 위하여 試驗한 結果를 表 4에서 보면 晝夜氣溫이 15~10°C(平均氣溫 12.5

°C)에서는 統一이나 振興은 處理後 49日頃에 全植物體가 枯死하였고 20~15°C(平均氣溫 17.5°C)에서는 植物體가 枯死하지는 않았으나 營養生長은 아주 느린 速度로 進展되었다. 그리고 高溫處理쪽으로 갈수록 草長伸長速度는 越等히 進展되었으나 分蘖速度는 오히려 高溫쪽으로 갈수록 減少하는 傾向을 보였다.

晝夜溫度較差가 10°C가 되는 25-15°C(平均氣溫 20°C)條件에서 分蘖이 가장 잘되므로 分蘖速度가 顯著하게 빠르며 이 傾向은 統一이나 振興에서 꼭 같은 反應을 보이고 있으며 氣溫較差가 5°C 밖에 되지 않는 25~20°C(平均氣溫 22.5°C)와 30~25°C(平均氣溫 27.5°C)에서는 草長伸長이 빠른 反面에 分蘖速度는 顯著하게 減少되어 分蘖에 미치는 適溫範圍는 氣溫較差가 다소 크고 平均氣溫이 20°C 內外에서 가장 旺盛함을 보여주고 있다.

晝夜溫度 20~15°C와 25~15°C에서 夜間溫度가 같은 때 晝間溫度가 높아짐에 따라 統一은 分蘖數가 急激히 增加하나 振興은 分蘖數에 큰 差異가 없었고

Table 4. Effect of temperatures on plant height, and number of tillers at tillering stage, 1975.

Variety	Temperature (°C)		Initiation of temp. treatment (A)		49 days after treatment (B)		Growing speed ^{a)}	
			Height	No. of tillers	Height	No. of tillers	Height	No. of tillers
	day	night	cm		cm		cm/day	no./day
Tongil	15	— 10	21.1	2.0	32.7 ^{b)}	5.3 ^{b)}	0.2	0.08
	20	— 15	19.5	2.0	49.2	15.3	0.6	0.25
	25	— 15	21.7	2.0	66.0	21.0	0.9	0.39
	25	— 20	21.7	2.0	78.0	15.3	1.1	0.25
	30	— 25	21.7	2.0	87.0	17.0	1.3	0.31
Jin-heung	15	— 10	37.8	2.0	44.6 ^{b)}	6.0 ^{b)}	0.1	0.10
	20	— 15	38.2	2.0	62.2	17.3	0.5	0.31
	25	— 15	38.2	2.0	87.7	18.0	1.0	0.33
	25	— 20	38.4	2.0	101.7	12.0	1.3	0.20
	30	— 25	38.4	2.0	110.0	12.0	1.5	0.20

^{a)} Growing speed = B - A / No. of days treated

^{b)} Observed 42 days after initiation of temperature treatment

그 이상의 高温에서는 兩品種 共히 分蘖數가 오히려 減少하였지만 減少率은 振興이 統一에서보다 커서 高温條件에서 統一이 振興보다 生長率이 컸다. 이것은 崔等³⁾, 安¹⁾, 許¹²⁾가 報告한 바와 같이 統一型品種의 生育適溫이 日本型品種보다 높은 것을 말하며 또 分蘖數에 미치는 溫度의 影響도 15~30°C 高温範圍에서는 低温일수록 分蘖이 많다는 報告^{7, 11, 23)}와 一致한다. 또 分蘖期에서 出穗期까지 17°C 冷水處理를 하였을 때는 21°C 水溫에서보다 大體로 分蘖發生이

많으나 品種에 따라 差異가 컸다(表 20). 이것은 梅淵²³⁾가 報告한 바와 같이 分蘖의 適溫은 平均氣溫 17~18°C이고 溫度較差가 큰 것이 有利하다는 것과의 一致한다.

3. 이삭의 枝梗 및 穎花分化

出穗前 30日間의 溫度處理가 水稻品種의 이삭 枝梗 및 穎花分化에 미치는 影響을 보면 表 5와 같다. 어느 品種이나 穗當 1次枝梗 分化는 8~10 個이고

Table 5. Generation and degeneration of panicle rachis branches and spikelets in a panicle at different temperatures for 30 days before heading, 1975.

Temperature (day - night)	Variety	No. of 1st rachis branches			No. of 2nd rachis branches			No. of spikelets			
		Gen-eration	Degen-eration	Re-main	Gen-eration (A)	Degen-eration (B)	Re-main	B/A ratio (%)	Gen-eration	Degen-eration	Re-main
30 - 25	Tongil	8.8	0.2	8.6	21.7	8.5	13.2	39	85.1	1.1	84.0
	Josengtongil	9.1	0.1	9.0	18.3	7.0	11.3	38	80.9	1.6	79.3
	Jinheung	8.0	0	8.0	19.1	1.0	18.1	5	93.9	0.8	93.1
25 - 20	Tongil	9.3	0.8	8.5	23.6	9.9	13.7	42	84.0	0.5	83.5
	Josengtongil	8.9	0.1	8.8	16.6	6.2	10.4	37	76.8	0.4	76.4
	Jinheung	8.1	0	8.1	16.0	2.0	14.0	13	83.6	0.6	83.0
20 - 15	Tongil	8.4	3.3	5.1	12.2	7.4	4.9	61	41.9	3.2	38.7
	Josengtongil	9.3	0.5	8.8	19.8	10.7	9.1	54	73.2	2.0	71.2
	Jinheung	8.4	0.1	8.3	17.8	1.8	16.0	10	87.9	0.4	87.5
15 - 10	Tongil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Josengtongil	9.6	1.9	7.7	16.2	9.6	6.6	59	61.4	2.9	58.6
	Jinheung	8.3	0.1	8.2	19.0	2.7	16.3	14	90.5	1.9	88.6

그중 晝夜溫度가 30~25℃, 25~20℃의 溫度條件에서는 退化가 거의 없으나 20~15℃에서는 各品種 共히 籼의 抽出이 되지 않고 葉鞘內에 머물러 있는 것을 調査한 結果 統一은 1次枝梗 退化가 3.3個로서 早生統一이나 振興보다 훨씬 많았다.

二次枝梗數는 晝夜溫度 30~25℃와 25~20℃에서 統一이 穗當 22~24個, 早生統一과 振興은 16~19個가 分化되었는데 그중 統一은 39~42%가 退化되었고, 早生統一은 37~38%, 振興이 5~13%의 二次枝梗退化率을 보였다. 그러나 20~15℃ 以下の 溫度에서는 統一은 二次枝梗分化도 적었고 二次枝梗退化가 61%나 되었으며 早生統一은 分化는 많이 되었으나 54%가 退化되었다. 그러나 日本型인 振興은 비록 籼抽出이 되지 않아 籼葉鞘內에 머물러 있었지만 二次枝梗分化는 正常的이었고, 退化도 適溫에서와 비슷하였다.

穗當 穎花分化도 30~25℃, 20~25℃에서 各品種 共히 77~94개로 比較的 많았고 退化는 穗當 2개 以下로 적었으나 20~15℃ 以下の 溫度에서는 統一型品種들은 30~25℃나 25~20℃에서 보다 分化가 적었으며 日本型인 振興은 分化가 高温條件과 큰 差異가 없어 各品種의 枝梗分化 및 退化와 穎花分化는 溫度에 따라 差異가 뚜렷하게 나타났다. 穗當 一次枝梗數와 穎花數와의 關係를 그림 3에서 보

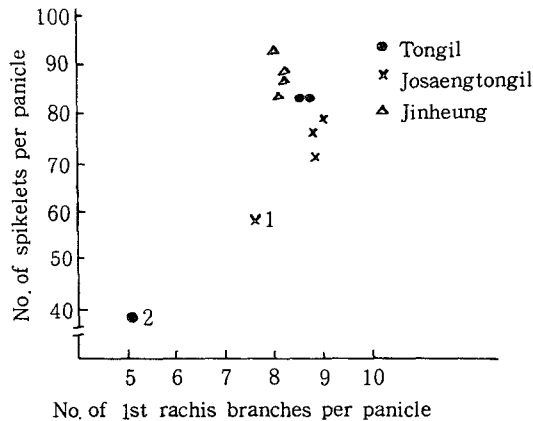


Fig. 3. Relationship between the number of 1st rachis branches and number of spikelets per panicle of three rice varieties. Day-night temperature of 30-25, 25-20, 20-15, and 15-10℃ were treated for 30 days before heading, 1975.

- 1) : day - night temperature of 15-10℃
 2) : " " 20-15℃

면 一次枝梗數와 穎花數가 極히 떨어진 晝夜溫度 20~15℃의 統一과 15~10℃의 早生統一을 除外하면 一次枝梗數와 穎花數와는 相關關係가 없었다. 그러나 그림 4에서 보는 바와 같이 二次枝梗數와 一穗穎花數와는 아주 높은 正의 相關關係가 認定되었다.

出穗後 30日間 溫度處理에 依한 枝梗 및 穎花의 分化와 退化는 品種에 따라 顯著히 다른데(表 5) 日

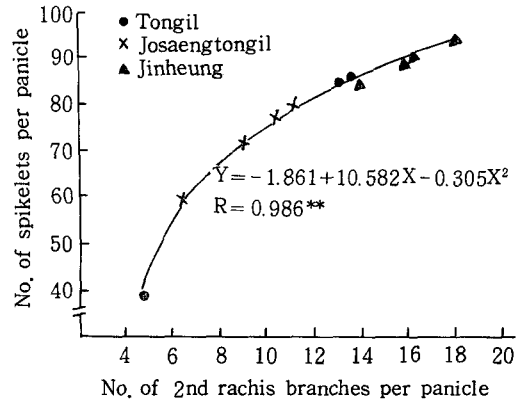


Fig. 4. Relationship between the number of 2nd rachis branches and number of spikelets per panicle of three rice varieties. Day-night temperature of 30-25, 25-20, 20-15, and 15-10℃ were treated for 30 days before heading, 1975.

本型인 振興은 晝夜 15~10℃ 혹은 20~15℃의 低溫에서도 枝梗 및 穎花의 分化와 退化는 抑制되지 않고 數值的으로는 二次枝梗數와 一穗穎花數가 오히려 晝夜 25~20℃에서 보다 많았는데 이것은 西澤⁴⁴⁾의 報告와도 一致하였다. 그러나 統一은 晝夜 20~15℃ 以下の 溫度에서 또 早生統一은 15~10℃의 경우에 二次枝梗數 및 一穗穎花數의 分化가 적고 退化는 多少 많으므로 二次枝梗數나 一穗穎花數가 減少하여 大體的으로 統一型品種이 日本型品種보다 障害를 받는 限界溫度가 높음을 알 수 있다. 그러나 어느 品種에서나 低溫에 依한 一次枝梗數의 減少는 없어서 一穗穎花數는 一次枝梗數보다 二次枝梗數와 密接한 關係가 있었다(그림 3, 그림 4).

4. 出穗遲延

低溫處理에 依한 出穗遲延의 品種間 差異를 表 6에서 보면 分蘖期에서는 低溫處理時期에 따른 出穗遲延度가 分蘖初期에 處理한 것보다 分蘖盛期에 處理한 것이 10日 程度 遲延된 早生種인 裡里 326號를 除

Table 6. Delay of heading treated by a day-night air temperature of 18-10°C for 10 days at tillering stage of 8 rice varieties, 1977.

Variety	Early tillering stage	Valid tillering stage	Control
	days	days	days
Jinheung	117(3)	117(3)	114
Tongil	131(13)	130(12)	118
Suweon 251	123(11)	118(6)	112
Suweon 264	118(7)	117(6)	111
Iri 326	125(16)	135(26)	109
Iri 327	111(6)	109(4)	105
Milyang 29	122(12)	119(9)	110
Milyang 30	122(7)	123(8)	115

※(): number of days in heading delay

外하면 그밖의 中晩生種 品種들은 低温處理時期에 따른 差異는 0~3일로 出穗遲延度는 크지 않았다. 品種에 따라서는 日本型인 振興이 處理時期에 關係없이 3日間 遲延되었고 統一型品種들은 大體로 出穗遲延이 振興보다 큰 便이며 그중에서도 裡里 326號나 密陽 29號 等은 遲延程度가 크고 裡里 327號나 水原 264號 等은 遲延程度가 적은 便이었다.

또 統一型品種들 中에서도 分蘖盛期와 減數分裂期에 15°C 常溫에서 處理日數를 달리하여 調査한 出穗遲延程度를 보면 表 7에서와 같이 어느 品種을 莫論하고 分蘖盛期 低温處理가 減數分裂期 處理보다는 出穗遲延程度가 같거나 多少 적은 傾向이었다. 또 表 6에서 보는 바와 같이 低温을 晝夜 18~10°C (平均 14°C) 條件에서 10日間 處理하므로써 15°C 常溫에서 9日間 處理한 것보다 出穗遲延程度가 大體로 크게 나타났는데 이것은 낮 18°C에서 生育進展이 크게 이루어지지 않았는데 반하여 夜間 10°C에서는 生育停滯로 因하여 晝夜常溫 15°C 處理보다 出穗遲延이 多少 큰 것으로 생각된다.

低温處理에 依한 出穗遲延은 水稻生育段階別 低温에 依한 出穗遲延과 低水温 即 冷水에 依한 出穗遲延의 두가지 側面에서 考慮할 수 있다. 生育時期別 低氣溫에 依한 出穗遲延은 分蘖初期보다는 分蘖盛期の 低温處理에서 出穗가 多少 遲延되며(表 6) 有效分蘖期보다는 減數分裂期の 低温處理에서 出穗遲延이 더 컸는데(表 7), 松島³⁶⁾, 島崎⁵⁶⁾, 竹島⁶²⁾ 等은 穗首分化期부터 幼穗形成期 사이의 低温處理에 依한 出穗遲延度가 가장 크다고 報告하였다. 이것은 벼의 生

Table 7. Delay of heading treated with low air temperature (15°C) for 3, 6 and 9 days at different growing stages of 7 indica/japonica rice varieties, 1979.

Variety	Valid tillering stage			Meiotic stage			Control
	3	6	9	3	6	9	
	days	days	days	days	days	days	
Suweon264	2	7	8	5	8	9	81
Suweon284	0	1	9	3	3	11	86
Suweon287	1	3	7	1	4	8	89
Suweon288	2	6	7	3	5	7	83
Suweon290	5	5	7	5	8	10	92
Milyang 42	1	4	6	0	3	7	93
Iri 338	1	2	7	2	5	7	101

理, 生態的 現象으로 봐서 可消營養生長期에 該當되는 分蘖期에 低温處理하여 生育이 多少 遲延되더라도 그후 正常的인 環境에서 生殖生長으로의 轉換이 이루어지는 듯하다. 그러나 生殖生長期 특히 節間伸長期에 低温이 오면 低温處理期間만큼 出穗가 遲延되는데 그 遲延程度는 品種에 따라 多少 다른 듯하다 벼의 生育時期別로 17°C의 冷水를 10日間 處理하여 移秧에서 出穗까지의 日數를 보면 表 8과 같다. 水稻生育時期別 冷水處理에 依한 出穗遲延程度는 品種間에 큰데 差異가 日本型品種인 農白과 To-wada, 統一型品種인 早生統一과 水原 246號는 分蘖期에 10日間 冷水處理한 것은 無處理區보다 6~7日 程度 出穗가 遲延되었고 出穗 15日前 處理는

Table 8. Number of days from transplanting to heading treated with cold water (17°C, 10 days) at different growth stages of 7 rice varieties, 1978.

Variety	Initiation of cold water treatment			Control
	Tiller-ing stage	15 days before heading	10 days before heading	
Nongbaek	107(6)	104(3)	103(2)	101
Towada	108(7)	104(3)	101(0)	101
Josaengtongil	110(7)	107(4)	105(2)	103
Suweon 264	119(6)	117(4)	115(2)	113
Kn-1b-361	120(4)	116(0)	116(0)	116
Suweon 235	125(1)	125(1)	125(1)	124
Lengkwang	117(1)	116(0)	116(0)	116

water depth : 5cm

3~4日, 出穂 10日前 冷水處理는 約 2日間 出穂가 遲延되어 冷水處理時期가 빠를수록 出穂遲延도가 컸다. 그러나 低溫에 強한 것으로 알려진 印度型 品種인 Kn-lb-361은 分蘗期의 冷水處理에서 4日間 出穂가 遲延되었고 Lengkwang은 1日間 遲延되었으나 두 品種 모두 出穂前 15日과 10부터 10日間 冷水處理를 하였을 때는 出穂는 전혀 遲延되지 않았다. 그리고 低溫에 極히 強한 水原 235號는 어느 時期에서 1日間씩 出穂가 遲延되어 品種마다 冷水에 對한 反應이 달랐다.

冷水處理에 가장 敏感한 時期인 減數分裂期 前後의 水深이 出穂遲延에 미치는 影響을 보면 그림 5와 같다. 즉 Lengkwang은 水深 10~40cm 사이에서는 어느 水深에서나 또 어느 時期에서나 出穂遲延이 없었는데 이것은 葉耳間長이 -15cm 일 때에는 幼穗가 이미 地面에서 48.4cm 位置에 存在하여 冷水面 위에 露出되므로서 冷水의 影響을 별로 받지 않았기 때문에 出穂遲延이 전혀 없는 듯 하며 短稈種인 水原 264號는 葉耳間長이 -15cm에서 -5cm까지는 幼穗의 位置가 13.0~19.4cm 였으며 +5cm에서는 29.4cm 였는데 이삭이 水面 위에 나와 있는 10cm 水深에서도 出穂가 最高 7日까지 遲延되었으며 葉耳

間長 0cm 以後에는 冷水處理時期가 늦어질수록 出穂遲延率이 적어졌다. 그러나 幼穗가 冷水 속에 잠기는 水深 20cm 및 40cm 處理에서도 幼水가 水面 위에 나와 있는 10cm 冷水處理에 比하여 出穂가 2~3日 밖에 더 遲延되지 않았으며 水原 235號는 幼穗의 位置가 葉耳間長 -15cm에서 -10cm 까지는 水原 264號보다 約 5cm 程度 낮았으나 그 以後에는 水原 264號와 같아서 出穂遲延은 水原 264號보다 2~3日 程度 늦었다.

冷水處理에서 分蘗期 處理는 減數分裂期 處理보다 出穂를 더욱 遲延시켰는데(表 8) 이것은 角田⁵⁹, 松島等³⁹, 柴田⁶⁰ 등도 이미 報告한 바 있다. 冷水處理時에 分蘗期 處理에서 減數分裂期보다 出穂遲延이 더 큰 것은 分蘗期에는 生長點이 水中에 있어 直接 冷水溫의 影響을 받아 生育이 遲延되었기 때문이며 減數分裂期에는 生長點이 水面 위에 나와 있어 生長에 큰 影響을 미치지 않았기 때문이라 생각한다. 그런데 實際로 長稈種인 Lengkwang이 40cm 冷水深에서도 出穂遲延이 없었지만 短稈種인 水原 264號는 10cm의 冷水深에서도 出穂가 遲延된 것은 品種間의 低溫抵抗性이 다른 點도 있지만 幼穗의 位置에 따르는 影響이 더욱 큰 것으로 생각된다(그림 5).

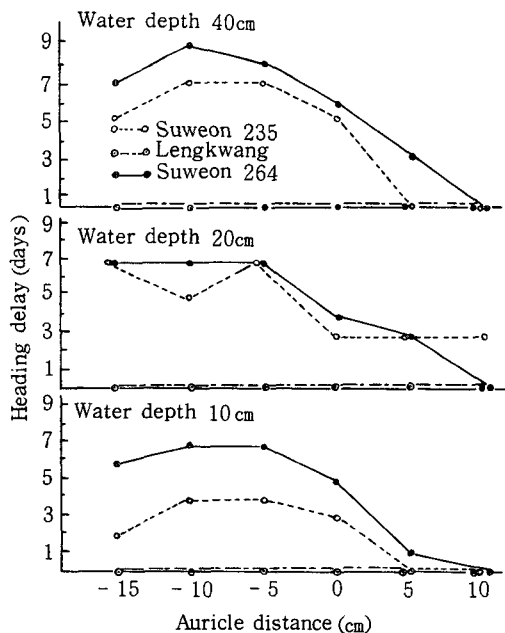


Fig. 5. Delay of heading affected by cold water treatment (17°C for 10days) at different water depths and different growth stages indicated as auricle distance, 1979.

5. 稈長短縮과 抽出度低下

氣溫과 水溫을 달리한 條件下에서 草長 및 稈長伸長과 이삭抽出度의 品種間 反應을 보면 表 9에서와 같이 氣溫과 水溫의 差異에 따라 結果가 顯著히 다르게 나타났는데 高氣溫과 低水溫 條件에서 低氣溫과 高水溫 條件에서보다 草長 및 稈長伸長이 매우 빨랐고 이삭의 抽出度도 컸다.

低氣溫에 있어서 生長速度의 品種間 差異를 比較하여 보면 日本型 中稈品種인 水原 235號 및 Towada와 印度型 長稈品種인 Lengkwang 및 Kn-lb-361은 草長伸長減少率이 적은 傾向이었고 短稈品種인 統一型 品種은 一定한 傾向이 없어서 早生統一은 減少率이 큰데 反하여 水原 264號는 극히 적었다. 그리고 減數分裂期의 低氣溫 處理에 의한 稈長短縮率과 이삭抽出度는 短稈種인 統一型 品種이 가장 낮게 나타났고 減數分裂期의 低溫處理는 節間伸長을 抑制하여 稈長短縮을 誘發하였는데 稈長短縮程度와 이삭의 抽出度間에는 그림 6에서 보는 바와 같이 高度의 負의 相關을 나타내었다.

氣溫과 水溫이 稈長 및 이삭抽出度에 미치는 影響은 서로 다른데(表 9) 大體로 氣溫이 稈長이나 이

Table 9. Plant height, culm length, and panicle exertion treated with different water and air temperatures for 10 days at different growth stages, 1979.

Variety	Tillering stage			Meiotic stage			Panicle exertion (cm)	
	Plant height (cm)			Culm length (cm)			Temp. A	Temp. B
	Temp. ^{a)} A	Temp. ^{b)} B	B/A ratio (%)	Temp. A	Temp. B	B/A ratio (%)		
Suweon 235 (J)	67.2	64.6	96	63.1	52.4	83	6.6	1.0
Towada (J)	71.0	70.1	99	60.5	54.6	90	7.7	4.3
Josengtongil (I × J)	94.4	53.5	57	40.9	26.7	65	1.2	-0.1
Suweon 264 (")	59.6	57.9	97	40.6	31.4	77	1.5	-1.3
Lengkwang (I)	107.0	97.8	91	106.3	102.3	96	10.9	8.0
Kn-1b-361 (I)	82.8	77.8	94	83.7	74.7	89	5.3	2.0

^{a)} Day/night air temperatures of 29 / 21°C and constant water temperature of 17°C

^{b)} Day/night air temperatures of 20 / 10°C and constant water temperature of 25°C

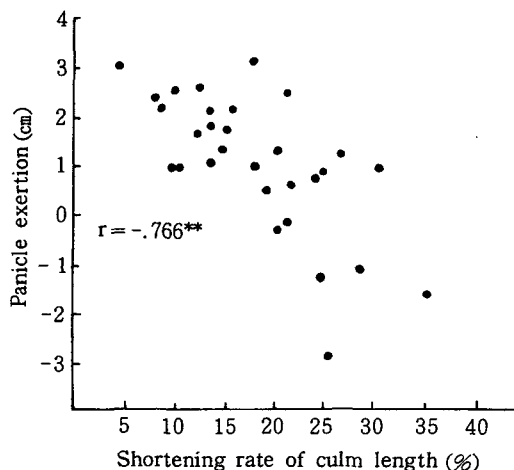


Fig. 6. Relationship between shortening rate of culm length and panicle exertion treated with low temperature (15°C, 3, 6, 9 days) at meiotic stage of 10 ind./jap. varieties, 1979.

삭抽出度에 미치는影響이 더욱 크다. 벼의生育時期에 따르는低溫의影響을 살펴보면品種에 따라多少의差異는 있지만分蘖期보다는節間이伸長되는減數分裂期의低溫處理에서稈長이 더 짧아졌는데 이것은節間 특히上位節間的伸長이 이루어지는出穗期의低溫處理에서節間伸長이 가장抑制되며 이때의低溫은出穗遲延 혹은出穗停止를誘發하여穎花의受精障害도 일으킬 수 있다고 생각된다.

冷水處理에 의한稈長短縮程度를 알기爲하여冷水處理時期를 달리하고水深 5 cm 깊이의冷水處理로 한結果는表 10에서 보는 바와 같다. 最高分蘖

Table 10. Relative culm length of seven rice varieties treated with 17°C cold water for 10 days at three growth stages, 1978.

Variety	Initiation of cold water treatment			Control
	Maxi- mum tiller- ing stage	15 days before head- ing	10 days before head- ing	
Nongbaek	90	93	100	100 (82 cm)
Suweon 235	99	99	99	100 (71 cm)
Towada	93	93	99	100 (72 cm)
Josengtongil	81	85	88	100 (59 cm)
Suweon 264	84	95	97	100 (58 cm)
Lengkwang	95	100	99	100 (152 cm)
Kn-1b-361	96	100	100	100 (107 cm)

Water depth : 5 cm

期에 10日間의 17°C 冷水處理에서稈長은無處理에比하여品種에 따라 10~20% 短縮되었는데統一型品種인早生統一과水原264號가 다른日本型品種이나耐冷性이 큰印度型品種인Lengkwang 및 Kn-1b-361보다稈長短縮率이 큰傾向이었다. 그러나出穗前 15日과 10日에各各 10日間冷水處理를하였을 때는 12~15%의稈長短縮率을보인早生統一을除外하면稈長短縮에는크게影響을하지 아니하였다. 그러나水深에 따른冷水處理의影響을보기 위하여減數分裂始期인葉耳間長 -10 cm에서減數分裂이完了되는葉耳間長 +10 cm 사이에冷水處理가稈長에 미치는影響을보면表 11과 같다.

Table 11. Relative culm length of three rice varieties treated with 17°C cold water for 10 days at two water depths and five growth stages indicated as auricle distance, 1980.

Variety	Water depth (cm)	Auricle distance (cm)					Control
		-15	-10	-5	0	+5	
Suweon264	20	59	67	67	67	72	100
	40	62	62	59	64	64	(57cm)
Suweon235	20	73	76	81	81	81	100
	40	78	78	83	83	80	(69cm)
Lengkwang	20	100	91	100	100	100	100
	40	81	73	77	73	76	(144cm)

稈長이 짧은 水原 264 號와 水原 235 號는 水深 20cm 와 40 cm 處理間에 稈長의 短縮率에는 差異가 없었으나 品種別로는 水原 264 號가 水原 235 號보다 稈長短縮이 컸다. 즉 이들 品種은 葉耳間長이 -10cm 程度인 때는 幼穗가 地面에서 8~12cm 에 位置하였으나 +5 cm 인 때는 幼穗의 높이는 30 cm 程度로서 生長點이나 節間伸長部分이 冷水에 담겨 있어 稈長短縮率은 20~30% 程度이었다. 그러나 長稈인 Lengkwang 은 幼穗의 높이는 50~60cm 에 이르고 있어 水深이 20 cm 인 處理에서는 稈長이 短縮되지 않았으나 水深이 40 cm 인 處理에서는 生長點 部分이 水面內에 있어 19~27% 의 稈長短縮率을 보였다.

冷水處理에서는 處理時期가 빠를수록 오히려 稈長이 더욱 短縮되었는데(表 10, 表 11) 이것은 生育時期가 빠를수록 生長點이 水中에 있거나 水面 가까이 있어 冷水의 影響을 많이 받아 生育이 抑制되었기 때문이며 減數分裂期에는 生長點의 位置가 地面에서 多少 높아지므로 冷水에 의한 稈長短縮程度는 品種別 生長點의 位置와 水位에 따라 稈長短縮率이 달라진다. 即 水原 264 號 같은 短稈種은 Lengkwang 같은 長稈種보다 冷水에 의한 稈長短縮이 甚했으며 長稈인 Lengkwang 도 40 cm 水深에서 20 cm 水深에서 보다 稈長短縮이 약간 甚하게 나타난 것을 보면 幼穗의 位置와 冷水面과의 距離에 따라 稈長短縮이 크게 左右되는 듯하다.

出穗前 15 日부터 5 日間隔으로 17°C 氣溫을 10 日間씩 處理하여 籼抽出度에 미치는 影響을 調査한 結果 그림 7 에서와 같이 全 供試品種에서 모두 出穗期에 處理한 것이 籼抽出度가 가장 낮았으며 出穗期에서 處理時期가 멀어질수록 抽出程度는 增大되었다. 品種別로 보면 振興은 出穗期 處理에서만 籼

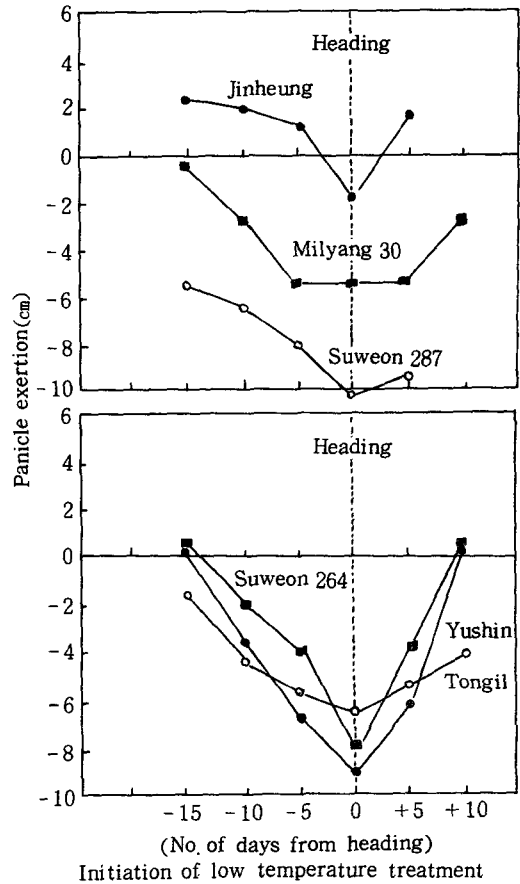


Fig. 7. Panicle exertion of 6 rice varieties treated with 17°C air temperature for 10 days at different growth stages, 1977.

抽出이 止葉의 葉鞘 속에 있었고 그의 時期에 處理한 것은 籼抽出이 모두 止葉鞘 밖으로 抽出되었다. 그러나 水原 264 號나 維新은 出穗前 15 日 處理와 出穗後 10 日 處理에서만 止葉 밖으로 穗首節이 抽出되었고 統一과 水原 287 號는 出穗 15 日以前에서 出穗 10 日 後까지는 어느 時期에 低温處理하여도 穗首節이 抽出되지 않았다.

冷水處理에 의한 籼抽出度도 稈長短縮率과 비슷한 傾向이었는데 短稈인 早生統一과 水原 264 號는 抽出度가 낮으나 키가 큰 日本型 및 印度型 品種들은 大體로 冷水에 의한 籼抽出이 거의 障害를 받지 않는 傾向이었다. 冷水處理時期別로 籼抽出度를 보면 表 12 와 같이 統一型 品種인 水原 264 號나 早生統一은 最高分蘗期 및 減數分裂期의 冷水處理에 의한 籼抽出은 매우 抑制되나 印度型이면서 長稈種인 Lengkwang 이나, Kn-1b-361 은 어느 時期의 冷水

Table 12. Panicle exertion of seven rice varieties treated with 17°C cold water for 10 days at three growth stages, 1978.

Variety	Initiation of cold water treatment			Control
	Maximum tillering stage	15 days before heading	10 days before heading	
	cm	cm	cm	cm
Nongbaek	4.9	7.1	8.8	9.6
Suweon 235	2.6	3.7	3.0	2.4
Towada	5.5	6.3	8.4	8.1
Josengtongil	-1.7	1.6	3.3	4.9
Suweon 264	-0.3	1.6	2.5	1.0
Lengkwang	9.9	9.5	11.1	8.9
Kn-1b-301	3.9	5.9	3.9	5.9

處理에서도 이삭의 抽出이 잘되어서 品種間 差異는 顯著하였다.

冷水處理로 인한 稈長短縮과 出穗遲延의 關係를 알아 보기 爲하여 16個 品種을 供試하여 分蘗期에서 出穗期까지 冷水處理를 하였을 때 水温이 17°C인 冷水流入口와 25±5°C인 排水口에서 얻어진 出穗遲延도와 稈長短縮率의 關係를 보면 그림 8에서 보는 바와 같이 高度의 有意의인 正의 相關關係를 보였다.

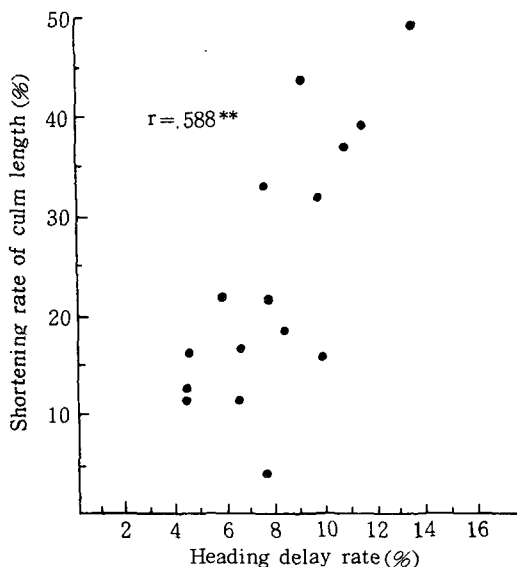


Fig. 8. Relationship between heading delay rate and shortening rate of culm length in cold water inlet (17°C) compared to outlet (25+5°C) from tillering to heading stage, 1979.

6. 稔實 및 登熟

減數分裂期에 15°C의 低溫處理를 3, 6 및 9日間 實施하여 處理日數에 따른 水稻品種의 不稔率을 調査한 結果는 表 13과 같다. 즉 統一型 品種들은 3日

Table 13. Spikelet fertility of 10 rice varieties treated with 15°C temperature for different periods at meiotic stage, 1977.

Variety	Cold treatment (days)			Control ratio	
	3 days	6 days	9 days (A)	(B)	(%)
Suweon 264	85.9	43.8	38.9	93.0	42
Suweon 284	89.7	83.6	77.1	95.0	81
Suweon 285	92.0	78.3	63.6	94.3	67
Suweon 286	88.0	60.8	57.4	94.6	61
Suweon 287	89.7	79.6	73.0	96.2	76
Suweon 288	91.7	64.1	50.0	94.5	53
Suweon 290	87.0	85.1	85.2	93.4	91
Milyang 42	91.0	65.1	30.3	96.0	32
Iri 338	70.4	73.6	67.3	95.3	71
SR-821-234	78.0	64.4	40.6	94.2	43

間 處理에서는 自然區에 比하여 稔實率이 10%内外로 輕減하였으나 6日間 處理하였을 때는 水原 264號는 稔實率이 43.8%로서 어느 品種보다 稔實障害를 크게 받았으며 其他 品種들은 自然區에 比하여 20~30%의 稔實減少率을 보였다. 한편 9日間 處理區에서는 水原 264號, SR-821-234, 密陽 42號 등은 自然區에 比하여 60~70%의 稔實減少率을 보였고 其他 品種들은 10~35%의 減少率을 보였다.

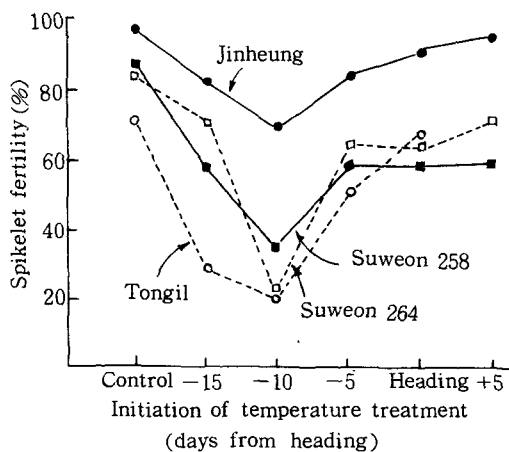


Fig. 9. Spikelet sterility of 4 rice varieties treated with 17°C air temperature for 4 days at different growth stages, 1977.

또 出穗期를 前後한 生育時期別로 振興을 包含하여 統一型 品種에 低溫處理를 하여 稔實障害程度를 比較하여 보면 그림 9에서 보는 바와 같이 全品種이 出穗前 10日의 低溫處理가 가장 稔實障害를 크게 나타내었으며 이 時期보다 빠르거나 늦으면 低溫에 의한 不稔率은 오히려 減少되는 傾向이었다(그림 9). 減數分裂期과 出穗期의 低溫處理에 의하여 誘發되는 不稔率間에는 그림 10에서와 같이 高度의 正의 相關이 있어 花粉이 發達하는 過程이나 受精할 때까지 어느 時期를 莫論하고 低溫障害가 甚하게 나타남을 알 수 있다.

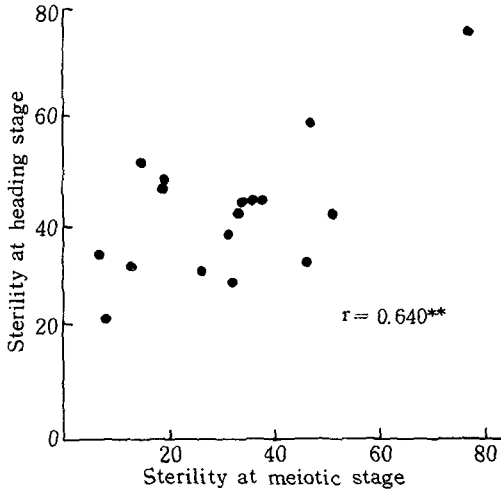


Fig. 10. Relationship between spikelet sterility of 17 rice varieties treated with 17°C for 10 days at meiotic stage and heading stages, 1980.

減數分裂期에 17°C로 低溫處理를 한 區와 自然區의 이삭抽出度와 稔實率과의 關係를 그림 11에서 보

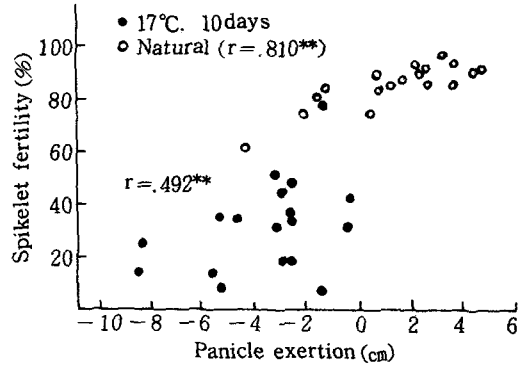


Fig. 11. Relationship between panicle exertion and spikelet fertility treated with 17°C air temperature and natural condition at meiotic stage of 18°C rice varieties, 1980.

면 이삭抽出이 큰 品種일수록 稔實率이 높아 低溫인 境遇는 이삭이 抽出되지 아니하여 不稔이 되는 率이 큰 듯하다.

水稻의 生育段階別 低溫處理에 의한 生育障害는 分蘖期의 冷水處理와 減數分裂期의 低溫處理에 의한 出穗遲延, 이삭抽出度 低下, 稈長短縮 등의 障害에 의한 收量減數도 클 것이지만 갑작스런 低溫으로 不稔이 誘發되므로서 減收는 가장 크게 나타난다.^{8, 16, 31, 41, 51, 72} 이러한 大部分의 結果는 日本型 品種에 局限되었기 때문에 本實驗에서는 統一型 品種을 中心으로 하여 日本型 및 印度型 品種과 比較하였다.

出穗 15日前부터 17°C의 低溫을 4日間 處理한 結果 全供試品種이 出穗前 10日에 4日間 低溫處理한 것이 不稔이 가장 甚하였다(그림 9). 이런 結果는 佐竹 等⁵¹, 伊藤 等¹⁶, 西山⁴²의 報告와도 一致하며 이 時期가 減數分裂期로서 低溫에 의하여 花粉發達

Table 14. Percent fertility of spikelets of seven rice varieties treated with 17°C cold water for 10 days at three growth stages, 1978.

Variety	Fertility (%)			
	Initiation of cold water treatment			Control
	Maximum tillering stage	15 days before heading	10 days before heading	
Nongbaek	70.1(82)	43.6(51)	84.5(99)	85.3(100)
Suweon 235	90.5(97)	87.7(94)	93.1(100)	93.2(100)
Towada	60.4(69)	38.9(44)	86.8(99)	87.6(100)
Josengtongil	65.8(76)	30.1(35)	81.5(94)	86.3(100)
Suweon 264	72.8(104)	41.2(59)	66.7(95)	70.3(100)
Lengkwang	71.3(85)	77.6(93)	70.5(84)	83.5(100)
Kn-1b-361	64.3(88)	59.7(82)	69.8(96)	73.0(100)

*() : Comparing fertility rate to control.

이 不充實하고 Tapet 細胞의 異常肥大로 出穗前後 藥裂開가 제대로 되지 않는 것이 主要原因이라고 하였다.

生育時期別로 17°C의 冷水를 處理하였을 때 發生하는 不稔誘發程度를 表 14에서 보면 不稔은 最高分蘖期와 穗孕期の 冷水處理에 의하여도 誘發되었지만 減數分裂期の 冷水處理에서 가장 크게 나타났으

며 品種別로 보면 出穗前 15日 處理의 경우에 長稈種인 Lengkwang 이나 Kn-1b-361 과 日本型인 水原 235 號는 對照區에 比하여 稔實率이 各各 7, 18 및 6%가 낮아 障害가 적었지만 統一型 品種과 農白, Towada는 減數分裂期の 冷水處理에 依한 稔實 障害가 컸다.

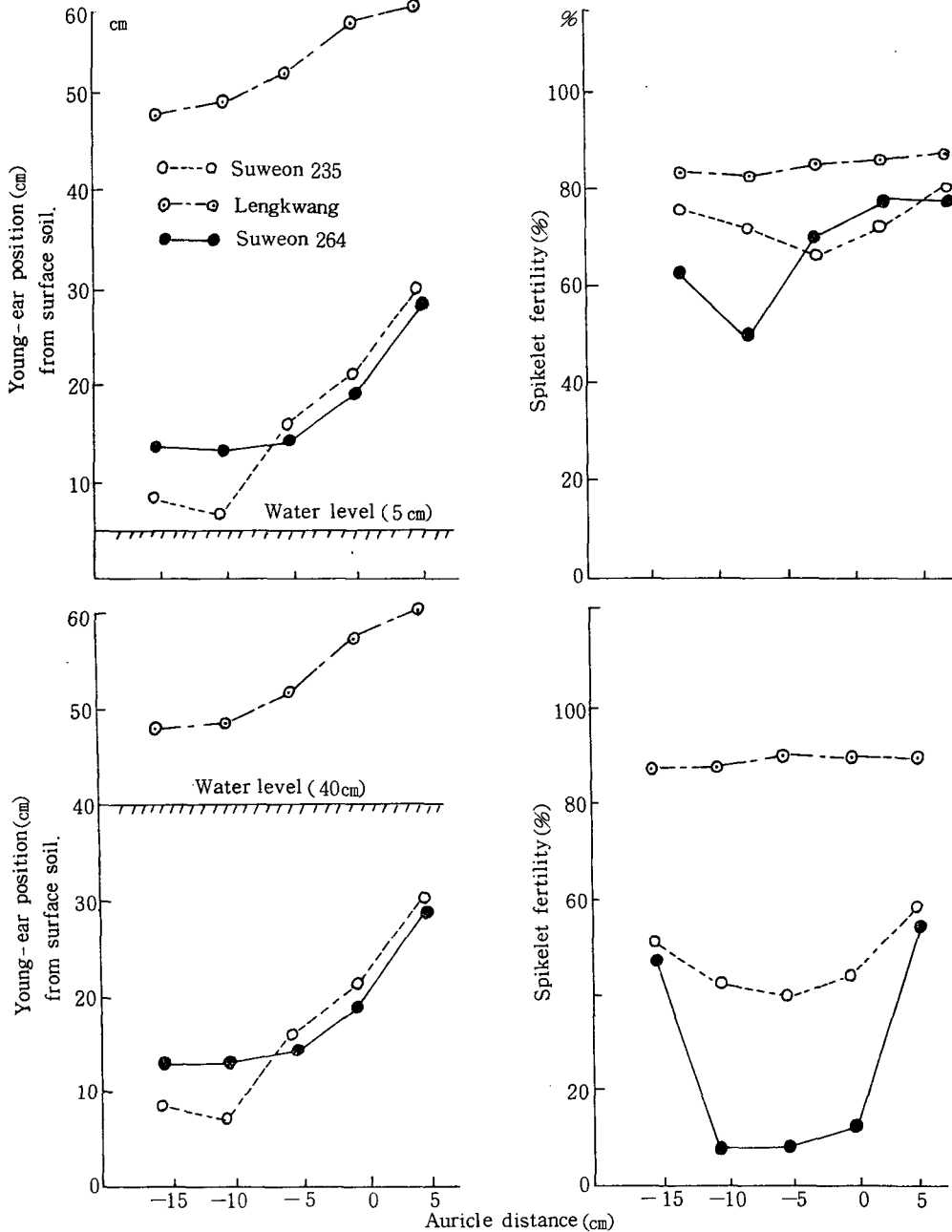


Fig. 12. Young-ear position and spikelet fertility of three rice varieties treated with 17°C cold water for 10 days at different auricle distance, 1979.

減數分裂期以後 葉耳間長으로 區分한 生育時期別 서 보는 바와 같다.
 冷水平處理에 依한 稔實障害程度를 水原 235號, Towada, 水原 264號 및 Lengkwang을 供試品種으로하 때 稔實障害가 가장 크게 나타났고 또 水深이 깊을 여 處理水深別로 比較하여 보면 表 15와 그림 12에 수록 稔實障害가 더 甚하게 나타났다. 그러나 Towa-

Table 15. Percent spikelet fertility of four rice varieties treated with 17°C cold water for 10 days at different growth stages indicated as auricle distance at four water depths, 1979.

Variety	Water depth (cm)	Auricle distance (cm)						Control
		-15	-10	-5	0	+5	+10	
Suweon 235	5	77	73	68	73	80	72	82
	10	—	42	55	65	63	76	
	20	64	37	46	45	53	70	
	40	50	44	40	45	57	59	
Towada	5	82	96	89	92	85	94	97
	10	87	96	91	94	91	94	
	20	92	87	90	93	96	91	
	40	89	87	93	82	68	88	
Suweon 264	5	64	49	71	78	78	69	80
	10	53	26	44	57	68	69	
	20	41	22	22	34	44	73	
	40	48	8	8	12	54	38	
Lengkwang	5	84	83	85	87	88	83	89
	10	78	84	92	87	85	82	
	20	85	85	87	87	89	85	
	40	86	87	90	89	89	90	

da는 處理時期나 水深에 關係 없이 모두 稔實障害가 매우 적었다.

處理水深別로 볼 때, 水深 5cm 處理에서는 水原 235號, 水原 264號 및 Lengkwang이 모두 幼穗가 水面 위에 있어 冷水에 依한 不稔은 없는 것으로 보였으나 品種別로 보면 水原 264號가 葉耳間長 -10 cm인 때가 가장 稔實率이 낮으며 이 時期의 前後에서는 稔實率이 높았다.

水深 40cm 處理에서는 長稈種인 Lengkwang은 葉耳間長 -15cm인 때에 이미 幼穗의 位置가 水面보다 높으므로 冷水處理가 稔實에는 影響을 미치지 아니하여 稔實率은 5cm 處理와 같이 어느 時期에서나 높은 水準을 維持하였다. 그러나 키가 작아서 幼穗가 冷水속에 들어 있는 水原 235號, 水原 264號는 葉耳間長 -10~0cm 사이에 冷水處理할 때 不稔이 가장 많아 이때가 低溫에 가장 弱한 時期로 보이며, 品種間에는 水原 264號가 水原 235號보다 冷水處理에 依한 不稔誘發이 컸다.

冷水나 低氣溫處理에서는 出穗가 遲延되고 稔實率이 低下되며 이삭의 抽出이 不良한데 出穗遲延日數와

稔實率, 이삭 抽出度와 稔實率과의 關係를 보면 그림 13과, 그림 14와 같다. 最高分蘗期에 冷水나

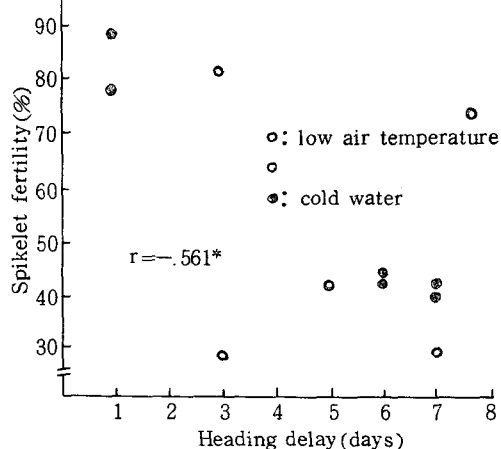


Fig. 13. Relationship between heading delay treated with 17°C cold water and air temperature for 10 days at maximum tillering stage and spikelet fertility at 17°C cold water and air temperature for 10 days at meiotic stage of 8 rice varieties, 1978.

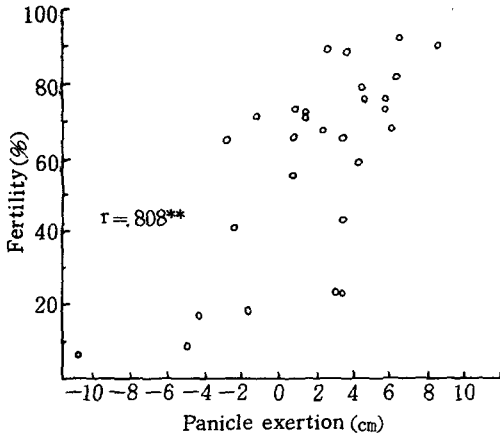


Fig. 14. Relationship between panicle exertion and spikelet fertility at two water temperatures (17°C, 20°C) and water depths (5cm, 15cm), 1980.

低氣溫處理에 의한 出穗遲延과 減數分裂期の 冷水나 低氣溫處理에 의한 不稔率間에는 有意的인 負의 相關關係가 있었으며, 減數分裂期の 17°C 및 20°C의 水溫을 處理하였을 때 イ삭의 抽出度와 稔實率間에는 高度의 有意的인 正의 相關이 認定되었다.

穗揃期와 登熟期에 15°C의 低溫을 3, 6 및 9日間 處理하여 登熟比率에 미치는 影響을 調査한 結果는 그림 15에서와 같다. 穗揃期の 3日間 低溫處理에서 登熟比率은 無處理와 큰 差異가 없었다. 그러나

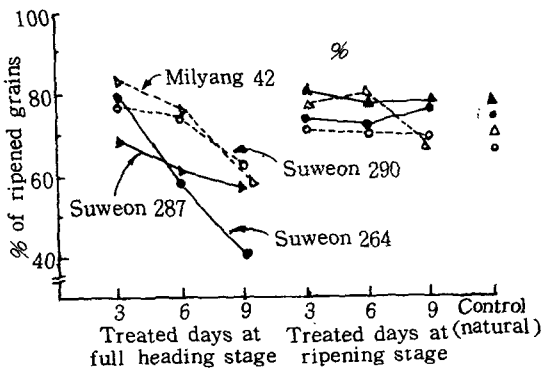


Fig. 15. Percentage of ripened grains treated 15°C temperature at full heading and ripening stages for different days, 1979.

穗揃期에 6日間 處理時에는 密陽 42號나 水原 290號는 登熟低下가 別로 없으나 水原 264號, 水原 287號는 無處理에 比하여 登熟比率이 크게 떨어졌으며 9日間處理의 境遇에는 모든 供試品種에서 登熟率

크게 低下되었다. 그러나 出穗 10日後부터 15°C의 低溫處理를 하였을 때에는 處理日數에 關係없이 登熟比率은 無處理보다는 약간 낮았으나 70~80%의 높은 登熟比率을 보였다. 그리고 出穗後 5日 間隔으로 17°C의 溫度를 10日間씩 處理한 경우에도 그림 16에서 보는 바와 같이 振興, 水原 264號 및 統一에 있어서는 低溫處理의 時期에 關係없이 登熟率의 低下가 顯著하지 않으나 密陽 29號의 경우에는 出穗後 低溫處理의 時期가 빠를 수록 顯著한 登熟率의 減少를 나타내었다.

穗揃期の 低溫處理에서 登熟率이 떨어지는 것은

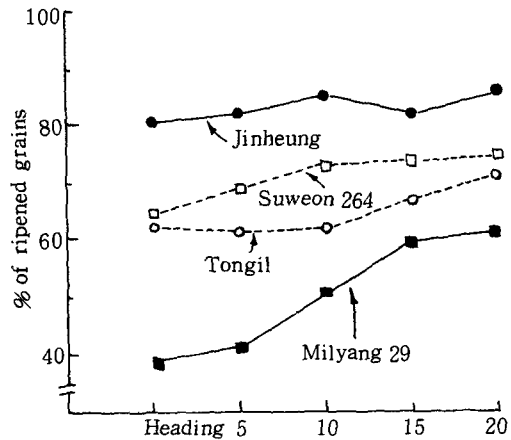


Fig. 16. Percentage of ripened grains of four rice varieties treated with 17°C temperature for 10 days at different stages after heading, 1977.

出穗는 イ삭의 上部가 止葉의 葉鞘에서 나온 때를 基準으로 調査하였기 때문에 穗揃期라 하더라도 一部 イ삭의 下位에 位置한 一部 穎花는 受精 沮害가 일어나 出穗 5日後에 處理한 것보다 登熟이 떨어지는 것으로 생각된다.

7. 養分吸收 및 施肥效果

高溫과 低溫條件下에서 水稻品種 振興과 統一의 無機養分吸收樣相을 알아보기 위하여 Pot에 直播한 22日 苗를 各各 2個의 溫度 및 窒素水準에서 50日間 溫度處理하여 葉身, 葉鞘 및 根等 植物體의 部位別로 無機 成分吸收量과 含有率을 調査한 結果는 表 16 및 17과 같다.

大部分의 多量元素와 Fe, Zn 등의 微量元素는 低

Table 16. Element content of 72 days old rice seedlings grown at two N levels and two different temperatures for 50 days in water culture, 1975.

Variety	N level (ppm)	Temperature (°C)	Macro-elements (mg/plant)					Micro-elements (mg/plant)		
			N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn
Tongil	40	25 ± 5	101	27.1	78	2.3	5.2	80	554	209
		19 ± 5	64	15.3	41	1.5	2.6	116	359	214
	80	25 ± 5	144	31.9	79	1.9	5.9	87	1173	341
		19 ± 5	85	17.0	52	1.6	5.4	124	405	250
Jinheung	40	25 ± 5	112	34.5	63	4.1	5.9	165	718	346
		19 ± 5	71	22.7	62	1.9	4.1	203	403	310
	80	25 ± 5	98	38.9	80	3.1	6.2	123	608	600
		19 ± 5	69	19.2	49	1.9	3.5	161	373	408

Table 17. Element concentration of whole plants of 72 days old rice seedlings grown at two N levels and two different temperatures for 50 days in water culture, 1975.

Variety	N level (ppm)	Temperature (°C)	Macro-elements (%)					Micro-elements (ppm)		
			N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn
Tongil	40	25 ± 5	4.09	0.78	2.60	0.10	0.18	25.7	267	100
		19 ± 5	4.60	0.82	2.30	0.14	0.17	88.6	160	94
	80	25 ± 5	4.28	0.92	2.50	0.08	0.23	30.0	160	80
		19 ± 5	4.76	0.80	2.60	0.12	0.17	77.1	163	84
Jinheung	40	25 ± 5	3.36	0.46	0.50	0.13	0.12	56.3	133	76
		19 ± 5	3.86	1.12	2.40	0.12	0.21	114.6	136	80
	80	25 ± 5	2.04	1.04	1.90	0.13	0.23	36.8	127	155
		19 ± 5	3.98	1.00	0.13	0.13	0.19	97.2	133	155

Table 18. Differences of dry weight (mg/plant) treated with different temperatures (25 ± 5°C, 19 ± 5°C) under different nitrogen levels (40ppm, 80ppm) for 50 days after transplanting of rice varieties.

Variety	Portion	25 ± 5°C				19 ± 5°C			
		40ppm N (mg/plant)	Index %	80ppm N (mg/plant)	Index %	40ppm N (mg/plant)	Index %	80ppm N (mg/plant)	Index %
Tongil	Leaf blade	1.11	32	1.30	32	0.66	36	0.84	39
	Leaf sheath	1.94	56	2.24	55	0.91	50	1.05	48
	Root	0.42	12	0.53	13	0.24	14	0.29	13
	Total	3.47	100	4.07	100	1.81	100	2.18	100
Jinheung	Leaf blade	1.55	29	1.39	30	0.94	36	0.90	37
	Leaf sheath	2.85	53	2.45	54	1.32	51	1.20	49
	Root	1.02	18	0.73	16	0.32	13	0.34	14
	Total	5.42	100	4.57	100	2.58	100	2.44	100

溫下에서 보다 高溫下에서 吸收量이 많았으며 稻體의 乾物重 增加로 表 18에서와 같이 低溫에서보다 高溫에서 越等히 많았으며 成分含有率은 窒素의 경우 低溫에서 높은 傾向을 보였다. 特히 Mn의 吸收量은 어느 品種이나 어느 窒素 水準을 莫論하고 平均 19°C의 低溫條件에서 生育量이 적었음에도 不拘 하고 含有率이 越等히 높아 吸收量도 많았다.

水耕液의 窒素濃度別로 보면 統一에 있어서는 窒素濃度가 높으면 窒素含有率도 높아 生育量이 많아졌으며 其他 成分의 含有率은 窒素濃度間에 一定한 傾向 없이 거의 비슷하였다. 그러나 振興에 있어서는 窒素濃度가 標準(40ppm)일 때에 高濃度(80ppm) 水準보다 生育量이 많아서 統一보다는 耐肥性이 약한 듯 하다.

水稻個體當 無機物 吸收量은 平均溫度 19°C에서보다 25°C에서 Mn을 除外한 N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn 등의 吸收量이 많았는데(表 16) 이것은 低溫에서는 無機成分의 含有率은 비슷하였으나(表 17) 乾物收量이 높았기 때문이며 이는 任(1975)⁵²⁾이 發表한 것과 一致하였다. 植物體內的 이들 成分의 含有率을 보면(表 17) N는 低溫에서 높고 P, K, Ca, Mg, Fe, Zn은 品種과 窒素 水準에 따라 差異는 있지만 大體로 含有率이 높은 傾向을 보였는데 이는 高橋⁶¹⁾와 佐藤⁶⁴⁾가 報告한 成績과 一致한다. 即 이와 같은 現象은 低溫에서는 生長이 抑制되므로서 濃도가 높고 高溫

에서는 全體로 吸收量은 많았지만 生長量이 많아 全植物體에 稀釋이 되므로 所謂 "dilution effect"가 있기 때문인 것으로 考察된다.

그러나 低溫에서 Mn의 吸收量과 含有率이 모두 높은 것은 石田¹³⁾가 報告한 바와 같이 低溫에서 Mn의 吸收가 促進되기 때문인 것으로 생각된다.

冷水處理畝에 있어서 窒素施用이 分蘖 및 穗數에 미치는 效果를 보면 表 19와 같이 17°C나 21°C의 水溫處理下에서는 窒素小肥條件(N 5kg/10a) 보다 窒素普肥條件(N15kg/10a)에서 株當分蘖數 및 穗數가 많았다. 窒素 10a當 5kg 水準에서는 生育期間

Table 19. Number of tillers per hill at 45 days after transplanting (DAT) and number of panicles per hill at two water temperatures and two nitrogen levels, 1979.

Variety	No. of tillers per hill				No. of panicles per hill			
	17°C		21°C		17°C		21°C	
	N 5 ^a	N 15 ^b	N 5	N 15	N 5	N 15	N 5	N 15
Nongbaek	8.6	13.2	9.6	11.3	7.5	11.7	7.9	9.4
Suweon 235	12.0	17.6	11.1	18.2	8.6	13.5	8.8	12.0
Josengtongil	9.2	13.4	11.8	15.2	7.7	11.0	9.4	12.2
Suweon 264	11.2	17.7	10.8	13.3	5.6	13.7	9.2	11.6
Kn-1b-361	9.1	13.2	8.6	12.1	4.8	8.4	6.6	8.9
IR 7167-33	10.1	13.2	8.5	12.2	8.1	9.8	7.0	10.0

a: Nitrogen 5kg/10a

b: Nitrogen 15kg/10a

Table 20. Number of tillers and panicles per hill at different growth stages treated with 17 and 21°C water temperatures from tillering to heading stages at 15kg/10a nitrogen, 1979.

Variety	No. of tillers (45 DAT) ^a			No. of tillers (55 DAT)			No. of panicles		
	17°C(A)	21°C(B)	A/B ratio	17°C(A)	21°C(B)	A/B ratio	17°C(A)	21°C(B)	A/B ratio
			(%)			(%)			(%)
Nongbaek	13.2	11.3	117	13.6	—	—	11.7	9.4	124
Suweon 235	17.6	18.2	97	19.4	18.8	103	13.5	12.0	113
Josengtongil	13.4	15.2	88	13.5	—	—	11.0	12.2	90
Suweon 264	17.7	13.3	133	19.4	14.1	138	13.7	11.6	118
Kn-1b-361	13.2	12.1	109	13.3	12.4	107	8.4	8.9	95
IR 7167-33	13.2	12.2	108	13.2	12.6	105	9.8	10.0	98

a 45 DAT: 45 days after transplanting

中 肥切現象이 뚜렷하게 나타나서 生育이 顯著하게 抑制되었다. 그런데 正常 生育에 알맞은 窒素 15kg 水準에서는 水溫處理別로 分蘖 및 穗數의 差異를 보면 表 20에서와 같이 水原 235號와 早生統一을 除外한 其他 品種들은 21°C의 水溫處理區보다 17°C의 低水溫處理區에서 分蘖이 많았다.

株當 穗數를 보면 日本型品種인 農白 및 水原 235

號와 統一型品種인 水原 264號는 17°C의 水溫處理에서 21°C 水溫處理보다 穗數가 越等히 많았으나 Kn-16-361 및 IR 7167-33과 早生統一은 17°C 水溫處理에서 21°C 處理에서보다 穗數가 오히려 2~10% 減少되었다.

冷水處理別 및 窒素水準別로 出穗期 및 稔實率의 差異를 表 21에서 보면 出穗期는 17°C의 水溫處理

Table 21. Heading date and spikelet fertility of 6 rice varieties treated with two different water temperatures from tillering to maturing stage at three nitrogen levels, 1979.

Variety	Heading date						Spikelet fertility(%)					
	17°C			21°C			17°C			21°C		
	N 5 ^a	N 15	N20	N 5	N15	N 20	N 5	N 15	N 20	N 5	N15	N20
Nongbaek	8.12	8.12	8.13	8.10	8.9	8.8	58	64	64	91	91	87
Suweon 235	8.31	8.31	8.31	8.27	8.24	8.25	47	62	59	92	80	77
Josengtongil	8.21	8.15	8.21	8.16	8.12	8.13	39	43	75	82	85	82
Suweon 264	9.3	8.24	8.27	8.25	8.21	8.21	15	49	32	86	72	86
Kn- 1b- 361	9.3	8.29	8.31	8.28	8.24	8.24	57	78	62	77	87	79
IR 7167- 33	8.27	8.25	8.26	8.25	8.19	8.21	64	83	85	85	87	81

a : N5, N15 and N20 represent amounts of nitrogen application 5, 15 and 20kg/ 10a

區가 21°C의 水温處理에서보다 2~9日 程度 遲延 되었으며, 同一한 水温條件下에서 窒素水準間의 差異를 보면 10a當 窒素 5kg 水準에서 出穗遲延이 가장 甚한 傾向이고 窒素 15kg와 20kg 水準間에는 出穗期가 거의 비슷하나 15kg 水準에서 1日程度 빠른 傾向을 보였다. 窒素 5kg 水準에서는 生育量 減少에 따라 分蘖도 적었지만 肥切에 의한 生育進展 度도 매우 느려서 出穗가 遲延되었고 그 遲延程度는 水温이 낮을 때 더 甚하게 나타났다.

한편 稔實率은 17°C 水温處理보다 21°C 水温處理에서 越等히 높았으며 17°C 水温處理條件에서의 窒素水準別 稔實差異는 窒素 5kg 水準에서 稔實率이 떨어졌으며 窒素 15kg와 20kg 水準에서는 비슷하였다. 그리고 水温 21°C下에서는 窒素施用量間의 稔實率은 비슷하였다.

稔實率과 收量과의 關係를 보면 水温이 21°C일 때는 稔實比率이 80% 以上으로 稔實比率과 收量과는 相關關係가 없었으나 17°C의 水温에서는 稔實比率과 玄米收量間에는 正의 相關關係가 認定되어 그림 17에서 보는 바와 같이 低水温이 稔實率 低下를 誘導하여 收量 減少에 크게 影響을 미친다는 事實을

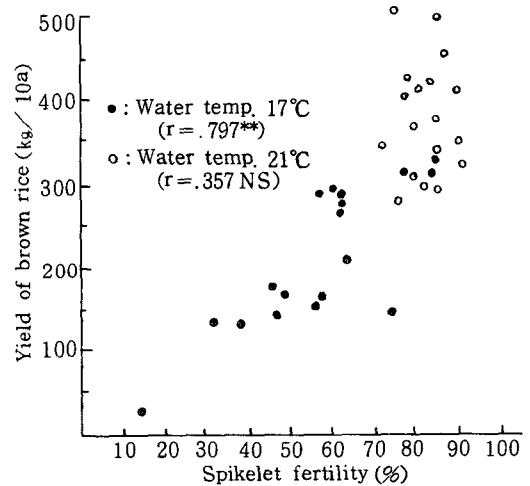


Fig. 17. Relationship between spikelet fertility and grain yield treated with different water temperatures under different nitrogen levels, 1979.

알 수 있다.

冷水處理畝에서 窒素施用量에 따른 玄米收量を 表 22에서 보면 어느 水温의 경우에도 全 供試品種 모

Table 22. Yield of brown rice of six rice varieties under three nitrogen levels and two different water temperatures treated from tillering to maturity, 1979.

Variety	N 5kg			N 15kg			N 20kg		
	17°C (A)	21°C(B)	A/B ratio (%)	17°C	21°C	A/B ratio (%)	17°C	21°C	A/B ratio (%)
Nongbaek	161	347	46	287	409	70	277	492	56
Suweon 235	143	320	45	290	425	68	289	506	57
Josengtongil	130	294	44	175	395	44	138	408	34
Suweon 264	26	269	10	166	341	49	142	335	42
Kn- 1b- 361	150	280	54	315	375	84	271	403	67
IR 7167- 33	206	310	66	323	453	71	310	365	85

두 10a當 5kg에서 15kg까지는窒素施用量이 많을수록玄米收量이增加하였다. 그러나窒素 20kg를施用할 경우에는 17℃水温에서는玄米收量이窒素 15kg에서 보다多少낮았지만 21℃에서는窒素 15kg施用區보다收量이多少增加하거나 비슷하여 21℃에 대한 17℃水温의收量比率은 15kg窒素施用區에서 가장 높았다.

移秧前에 磷酸, 珪酸, 堆肥를 基肥로 施用한 後 分蘖期 및 減數分裂期에 17℃의 冷水를 處理하였을 때 이들 肥料의 效果를 보면 表 23과 같다. 最高分

蘖期와 減數分裂期에 各 冷水處理를 할 경우 處理의 時期와 窒素施肥水準에 따른 磷酸施肥效果는 크지 아니하였고 磷酸無施用區와 收量이 같거나 2~4% 정도의 增加에 不過하였다.

珪酸施用效果는 窒素普肥에서는 4~8%의 收量增加가 있었으나 窒素多肥區에서는 無施用區와 收量の 差異가 없어서 大體的으로 珪酸施用의 效果가 認定되지 않았다.

冷水畚에서의 堆肥施用效果를 보면 어떤 時期의 冷水處理나 窒素水準에서도 4~7%의 收量增加 效

Table 23. Yield and various agronomic characteristics of a rice variety, Suweon 264, treated with 17°C cold water for 10 days at tillering and meiotic stages, 1979.

Cold water treated stage	Fertilization (kg/10a)				Heading date	Culm length (cm)	Panicle no./m ²	Discoloration (0-9)	Spikelet fertility (%)	Brown rice yield (kg/10a)	Yield index
	N	P ₂ O ₅	SiO ₂	Compost							
Tillering stage	10	0	0	0	8.21	52	347	3	85.5	422	100
	10	12	0	0	8.22	53	352	3	83.8	424	100
	10	12	300	0	8.21	53	342	3	85.2	439	104
	10	12	0	1500	8.21	52	358	4	85.2	453	107
	20	0	0	0	8.22	56	417	2	84.9	456	96
	20	12	0	0	8.23	55	400	1	79.5	474	100
	20	12	300	0	8.23	54	422	2	81.8	484	102
	20	12	0	1500	8.23	55	459	2	82.1	498	105
Meiotic stage	10	0	0	0	8.20	50	307	5	73.3	281	98
	10	12	0	0	8.19	52	349	5	68.5	286	100
	10	12	300	0	8.19	51	315	6	74.1	309	108
	10	12	0	1500	8.20	52	315	6	71.4	298	104
	20	0	0	0	8.20	53	363	3	72.3	295	98
	20	12	0	0	8.20	51	347	4	77.7	300	100
	20	12	300	0	8.20	54	443	4	69.9	303	101
	20	12	0	1500	8.20	52	406	4	84.9	314	105

*K₂O = 10kg/10a

果를 나타내었다.

窒素施肥條件에 따른 出穗期의 變異는 10a當 窒素 20kg水準에서 窒素 10kg에 比하여 1~2日程度 遲延되었으며 處理時期別로는 分蘖期에 冷水處理한 것이 減數分裂期에 冷水處理한 것보다 出穗가 2~3日程度 遲延되었다. 그러나 같은 冷水處理時期 및 窒素施肥量에서는 磷酸, 珪酸 및 堆肥의 施用은 出穗에 크게 影響을 미치지 아니하였다.

穗數는 大體로 10a當 窒素 20kg 施用의 경우에 15kg施用區 보다 多少 높았으며 같은 窒素水準에서는 他處理에 關係없이 비슷하였다. 또 赤枯程度는 減數分裂期의 冷水處理에서 分蘖期處理의 경우 보다 甚하였으며, 稔實率도 減數分裂期의 冷水處理에서

多少 낮았다.

또 冷水處理畚에서 窒素水準別로 10a當 磷酸을 8kg와 16kg를 施用한 結果는 表 24와 같다. 分蘖期나 減數分裂期의 冷水處理區는 無處理區에 比하여 窒素水準에 關係없이 10a當 磷酸 8kg에서 보다 16kg施用區에서 稔實比率이 增大되었고, 收量도 大體로 增收되는 傾向이었다. 土壤의 磷酸效果를 排除하고 冷水處理時의 磷酸效果만을 보기 위하여 冷水處理時의 稔實率과 收量을 無處理와의 比率로 計算하여 考察해 보면, 收量에는 別 差異가 없으나 稔實比率은 어느 處理時期에서나 같은 窒素水準에서 10a當 16kg의 磷酸施用區가 8kg施用區에 比하여 높았다. 이와 같은 現象은 冷水無處理區에서도 磷酸 增施의

Table 24. Percentage of ripened grains and yield of brown rice of Suweon 264 treated with cold water (17°C, 10 days) at different growth stages under different nitrogen and phosphorous levels, 1980.

Fertilizer levels (kg/10a)		% of ripened grains cold water at		Control (C)	A/C ratio (%)	B/C ratio (%)	Yield of brown rice (kg/10a)				
N	P ₂ O ₅	Tillering (A)	Meiotic (B)				cold water at Control		A/C ratio (%)	B/C ratio (%)	
							Tillering	Meiotic			
5	8	60.2	24.0	74.9	80	32	260	39	320	81	12
5	16	65.2	45.3	77.9	84	58	243	95	327	74	29
10	8	55.9	35.7	61.8	90	58	266	156	282	94	55
10	16	65.1	43.8	65.2	100	67	213	188	349	61	54
15	8	47.4	48.1	92.1	51	52	228	177	331	69	53
15	16	43.8	33.3	77.6	56	43	265	220	368	72	60
20	8	30.5	28.6	83.2	37	34	192	188	371	52	51
20	16	42.9	43.6	79.0	54	55	196	215	415	47	52

효과가 나타나기 때문에 冷水處理下의 磷酸增施效果間的 17°C의 冷水處理가 收量 및 收量構成要素에 미가 뚜렷하게 나타나지 않는 것으로 생각된다. 磷酸, 珪酸, 堆肥施用을 하였을 때 減數分裂期에 10日 窒素 10kg 水準에서 冷水處理區와 無處理에서 모

Table 25. Yield and yield components of Suweon 264 treated with 17°C cold water for 10 days at meiotic stage grown at two silicate and compost levels, 1980.

Fertilizer levels (kg/10a)			Cold water treatment				Yield of control plot in milled rice (kg/10a) (B)	A/B ratio (%)	
N	Silicate	Compost	No. of panicles per hill	No. of spikelet per panicle	% of ripened grains	1000 grain weight (g)			Yield in milled rice (kg/10a) (A)
10	0	0	14.4	78	15.7	17.5	57	270	21.7
10	300	0	14.3	86	23.7	18.0	80	351	22.8
10	0	1500	13.3	102	32.9	18.3	100	244	41.0
10	300	1500	13.8	138	36.8	17.8	122	347	35.2
20	0	0	15.2	102	21.8	17.8	70	257	27.2
20	300	0	13.4	94	19.1	17.5	74	293	25.3
20	0	1500	13.8	120	20.7	17.9	79	228	34.6
20	300	1500	15.7	90	14.0	17.8	89	275	32.4

두 珪酸과 堆肥施用이 1穗穎花數와 登熟比率을 向上시켰고 收量도 增加하였다. 이것을 土壤의 珪酸 및 堆肥效果를 排除하고 冷水處理時의 純粹한 珪酸과 堆肥의 施用效果를 檢討하기 위하여 冷水處理區의 收量を 無處理區에 對한 收量比率로 나타내어 서로 比較하여 본 結果 磷酸效果는 認定되지 않았으나 堆肥의 施用은 增收效果를 나타내었고 窒素施肥量 20kg/10a 水準에서도 大體로 窒素 10kg/10a 水準에서와 비슷한 傾向을 나타내었다.

分蘗期와 減數分裂期에 17°C의 冷水處理를 하였을 때 어느 窒素水準에서나 大體로 磷酸 8kg에서 보다 16kg 施用區에서 登熟比率이 높았고 收量은 分蘗期の 冷水處理에서는 磷酸增施效果가 없었으나 減數分

裂期の 冷水處理와 自然區에서는 磷酸增施區에서 收량이 높았다. 自然區에서도 磷酸의 增施效果가 있었던 것은 本谷¹⁰⁾, 李等²⁰⁾이 氣溫이 낮을 때는 磷酸의 效果가 크다고 報告한 것처럼 1980年의 氣溫이 낮아서 磷酸의 效果가 보다 크게 나타났거나 土壤自體가 磷酸이 不足한 때문인 것으로 생각된다. 冷水處理의 境遇에 磷酸增施의 效果만을 求하기 위하여 自然區에 대한 收量比率를 算出 考察해 보면 10a當 窒素 5kg 水準에서는 17%의 顯著한 增收效果가 있었으나 다른 窒素水準에서는 1~7%의 微微한 增收效果만을 보였다.

磷酸施用은 冷害를 輕減한다는 것이 一般의인 事實로 알려져 있으나 佐竹⁴⁹⁾ 등도 磷酸의 效果는 크

지 않다고 하여 그 효과는 없거나 있어도 그렇게 크지 않은 것으로 생각된다.

珪酸施用은 分蘖期나 減數分裂期에 17°C의 冷水를 處理하였을 때 收量增收效果가 있었는데(表 23, 25) 冷水處理를 하지 않은 自然區에서도 珪酸施用의 效果는 認定되었다. 그래서 冷水處理時의 珪酸施用效果를 알기 위하여 自然區에 對한 收量比率을 計算해 본 結果 冷水處理時의 珪酸效果는 전혀 認定되지 않았다. 따라서 土壤全體가 珪酸施用效果가 있는 것인지, 또는 佐竹等⁴⁹⁾이 報告한 바와 같이 1980年이 冷害年이기 때문에 自然區에서도 珪酸效果가 있었는지는 分明치 않았다.

堆肥施用은 分蘖期나 減數分裂期の 17°C 冷水處理時에 收量增加에 效果의이었는데(表 23, 25) 本谷¹⁰⁾도 報告한 바와 같이 堆肥의 多量施用은 冷害를 輕減하는 效果가 있는 것으로 생각한다.

그런데 堆肥施用은 珪酸施用과 마찬가지로 自然區에서도 效果가 認定되므로 自然區에 對한 收量比率을 算出 檢討한 結果 어느 窒素水準 및 珪酸水準에서도 堆肥施用은 冷水處理時의 收量を 크게 增加시켜 冷害輕減에 效果의이었음을 알 수 있었다.

綜 合 考 察

水稻生育에 미치는 低溫의 影響은 低氣溫과 低水溫의 두가지 면에서 살펴 볼 수 있다. 本 試驗中 人工 氣象室에서 實施한 低氣溫處理에서는 氣溫 뿐만 아니라 變異幅은 좁지만 水溫과 地溫도 함께 낮아지므로 低溫의 被害는 氣溫이 正常이고 水溫만 낮은 冷水處理에서 보다 더 큰 것이 一般의이며 그 被害程度는 水稻의 生育時期, 品種, 低溫程度 및 低溫處理期間에 따라 다르다. 低溫發芽性은 日本型品種보다 統一型品種에서 더 커서(表 1) 同一 溫度에서 두 Group에 屬하는 品種間 低溫發芽性의 差異를 함께 檢定하기는 어렵다. 그런데 統一型品種間 低溫發芽性의 差異를 檢定하는데 알맞은 方法은 12°C에서 12日間 或은 16°C에서 6日間 發芽시키는 것이 品種間發芽率의 分散이 커서 品種間 發芽率의 差異를 보는 合理的 方法으로 生覺되며 溫度가 너무 낮으면 供試品種의 發芽率이 모두 낮아 品種間 低溫發芽性의 差異를 區別할 수 없었는데 崔等⁵⁾도 이와 비슷한 結果를 報告한 바 있다.

水稻 生育時期別 低溫障害를 보면 苗의 赤枯程度

는 苗齡에 關係없이 서로 비슷하였으나 苗枯死率과 萎凋程度는 벼알의 養分이 消盡되는 離乳期인 3葉期보다 6葉期에서 더 적었는데(表 2) 이것은 他 報告者들의 結果와 一致하였다.^{12, 24)}

品種間에는 統一型品種이 日本型品種보다 低溫에서 赤枯程度가 甚하였으나 統一型系統中에서도 SR-821-24는 같은 低溫에서 赤枯가 없어 統一型中에서도 低溫抵抗性 品種育成의 可能性이 보였다.

分蘖期 溫度와 水稻生育과의 關係를 보면 溫度가 낮을 수록 草長伸長은 크게 抑制되었으나 分蘖數는 夜間氣溫이 15°C일 때 晝間氣溫이 20°C에서 25°C 사이에서는 品種에 따라 分蘖數가 增加하거나 비슷하였으며 그 以上の 溫度에서는 溫度가 높을 수록 分蘖數가 오히려 減少하여(表 4) 他 報告者와 비슷한 結果를 보였다.^{7, 11, 23)} 그러나 17°C의 冷水處理에서는 大部分의 品種이 21°C 水溫에서보다 오히려 分蘖數가 많아(表 20) 氣溫과는 相反되는 結果를 보였는데 이것은 뿌리의 生育適溫은 地上部 生育適溫보다 約 5°C 程度 낮은 것을 考慮하면 위의 試驗과 비슷한 結果가 되는 듯하며 이는 分蘖發生의 適溫은 17~18°C라고 한 櫛淵²³⁾의 報告와도 一致한다.

生育時期別 低溫處理에 依한 出穗遲延 程度는 分蘖期보다는 減數分裂期 低溫處理에서 더 컸으나(表 7) 冷水處理를 하였을 때는 分蘖期處理에서보다 減數分裂期 處理에서 오히려 出穗遲延이 더 적어(表 8) 低氣溫과 冷水處理에 依한 出穗遲延 程度는 서로 다른데 이것은 禾本料 作物인 水稻는 生育初期에는 生長點이 地面附近에 있어 水溫에 依해 生育이 크게 支配되지만 生殖生長期에는 生長點이 地面에서 부터 높이 떨어져 있으므로 水溫보다는 氣溫에 依하여 生育이 더 크게 影響을 받기 때문이며 다른 研究者도 이와 비슷한 結果를 보고하였다.^{40, 60, 68, 69)}

低氣溫에 依한 不稔發生은 日本型品種이나 統一型品種 모두 出穗前 10日頃에 低溫處理한 것이 不稔率이 가장 커서(그림 9) 統一型品種도 日本型品種에 對한 他 研究者들의 報告와 一致하였다.^{16, 42, 51)} 品種別로는 日本型品種이 統一型品種보다 低溫下에서 不稔率이 낮았으며 統一型品種 中에서는 水原284號 水原287號, 水原290號 등이 密陽42號나 水原264號보다 低溫下에서 不稔率이 높아 品種間 差異가 多少 있었다(表 13). 그리고 冷水處理에서도 氣溫處理에서와 같이 減數分裂期가 稔實에 影響을 미치는 가장 예민한 時期이나 幼穗의 높이와 水深에 따라서

稔實率에 差異가 컸다(그림 12). 즉 Lengkwang 이나 Kn-1b-361과 같은 키가 커서 幼穗가 氣溫이 높은 水面 위에 있어 冷水處理의 被害를 회피하였으나 키가 작은 農白, Towada, 早生統一, 水原264號 등은 減收分裂期 冷水處理에 不稔率이 높아 冷水의 被害가 컸다(그림 12). 그러나 이것을 바꾸어 생각해 보면 減收分裂期에 갑작스런 低溫來襲時 短稈品種들은 夜間深水 灌溉로 幼穗를 保温하여 障害型 冷害 輕減

의 可能性이 長稈品種보다 크다는 것을 알 수 있다. 異常氣溫 特히 生育期間中 低溫來襲時에도 安全多收穫을 하기 위해서는 耐冷性 品種育成과 더불어 冷害를 輕減시킬 수 있는 栽培對策이 必要하다. 水稻 生育時期 耐冷性은 表 26에서 보는 바와 같이 相互獨立의이며 全生育期間에 걸쳐 低溫抵抗性이 모두 큰 耐冷性 系統의 選抜이 어려우므로 初期世代에는 春川 冷水試驗地에서와 같이 全生育期間 冷

Table 26. Cold tolerance rice varieties at different growth stages, 1980.

Variety	Germination (%)	Seedling wilting (%)	Seedling discoloration (0-9)	Spikelet fertility (%)	Panicle exertion (cm)	Heading delay (days)
Suweon 295	◎	◎	◎	◎	◎	◎
Iri 345	◎	◎	◎	-	-	-
Iri 348	×	○	◎	○	○	×
Suweon 264	×	×	×	×	×	◎
Suweon 287	○	×	○	×	×	○
Suweon 290	×	×	×	○	×	×
Suweon 294	○	-	-	×	○	○
Iri 342	×	○	×	×	○	○
Iri 346	○	○	○	×	◎	×
Iri 347	○	×	○	×	◎	◎
Milyang 46	×	×	◎	○	×	◎

◎ : Good, ○ : Moderate, × : Poor

水處理에 강한 系統을 選抜하고 그 중 有望系統은 人工氣室과 같은 精密施設을 利用하여 生育時期別 低溫抵抗性을 檢定하여 耐冷性品種을 選抜하는 것이 效果의 일 것으로 보인다. 그러나 收量性이 큰 統一型品種間에 多小의 耐冷性의 差異가 있으나 耐冷性程度는 日本型品種보다 낮은 것이 一般的이므로 良質多收性이고 草型이 優秀한 統一型 品種에 耐冷性因子的 導入이 重要하다. 冷害輕減 對策은 堆肥, 燐酸, 珪酸의 增施는 冷水處理時에 冷害輕減에 效果의 인데(表 23, 24, 25) 深水灌溉에 依한 幼穗의 保護와 더불어 이들 成分 및 堆肥의 施用은 冷害年에 더욱 幼果의 이란 報告와 그 結果가 一致하며^{10, 26, 49)} 實驗的으로는 IAA, 다져가렌, Methionine, Glycerol 燐酸 等の 施用이 細胞肉 Organel膜의 安靜度를 높여 冷害를 輕減시키는 效果가 있다고 하나 實用化 단계는 아니므로 體係의인 生理的 側面에서 冷害輕減 對策에 대한 研究가 더욱 必要하다.

水稻品種들의 低溫에 對한 生理生態的 反應特性을 究明하여 耐冷性 品種育成과 冷害를 輕減할 수 있는 栽培法改善技術을 確立하고자 1975년부터 1980年에 걸쳐서 統一型과 日本型 및 印度型 品種들을 供試하여 그들의 生育時期別 施肥條件別 低溫反應의 特性을 檢討하기 위하여 低溫處理를 作物試驗場 人工氣象室에서 그리고 低水溫處理에 關한 試驗을 作物試驗場 春川出張所 冷水試驗地에서 遂行한 바 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 15°C 低溫下에서 70% 以上の 實用的인 發芽率을 얻을 수 있는 期間은 日本型品種들은 15°C에서 10日間, 統一型品種들은 15日間이었다. 統一型品種들의 低溫發芽性 檢定은 低溫에서 長期間 實施하는 것 보다 16°C에서 6日間 置床하는 것이 適當하였다.
2. 幼苗의 低溫抵抗性은 3.0~3.5 葉期苗가 가장 낮고 苗齡이 進展됨에 따라 漸次 높아졌으며 3 葉期와 6 葉期の 低溫抵抗性間에는 高度의 正相關을 보였다.
3. 晝·夜 15~10°C 溫度에서는 日本型 및 統一型 品種 모두 42日 處理程度에서 植物體가 枯死하고

摘 要

20~15°C에서는 日本型品種은 分蘖이 잘 이루어지나 統一型品種은 약간 抑制되며 25~15°C에서는 兩品種群 모두 分蘖이 促進되었다. 그러나 草長伸長速度는 低溫일 수록 低下되었다.

4. 이삭의 枝梗 및 穎花分化는 出穗前 30일부터 出穗期까지 晝·夜 25~20°C處理와 30~25°C處理時에는 모든 品種에서 잘 이루어졌으나 20~15°C處理區에서는 統一型品種은 枝梗 및 穎花分化數가 前者에 比하여 減少하였고 日本型品種은 큰 差異가 없었으나 이삭의 抽出은 抑制되었다.

5. 低氣溫에 依한 出穗遲延은 減數分裂期에 低溫處理한 것이 分蘖最盛期에 低溫處理한 것 보다는 1~3일이 遲延되었으며 같은 時期에서는 低溫處理日數가 길수록 出穗遲延度가 컸다.

6. 벼 生育期間別로 17°C冷水를 10日間處理한 경우에 出穗遲延度는 分蘖期>減數分裂期>穗孕期の 順이었고 品種別로는 水原 264號>水原 235號>Lengkwang의 順이었다. 冷水處理에 의한 出穗遲延度는 稈長短縮率 및 不稔率과 有意한 正의 相關을 보였다.

7. 減數分裂期の 低氣溫(15°C)과 高氣溫(25°C)處理는 高氣溫(25°C)과 低氣溫(17°C)處理보다 稈長短縮率이 컸으며 이삭 抽出度도 낮았고 長稈種인 Lengkwang은 短稈種인 水原 264號에 比하여 低氣溫에서의 稈長短縮率이 낮은 傾向이었다. 이삭 抽出度는 出穗期에 低溫處理를 하였을 때 가장 낮았으며 統一型品種은 日本型品種보다 이삭 抽出度가 顯著히 낮았고 低溫에 의하여 稈長短縮도 甚한 品種은 이삭 抽出度도 매우 낮았으며 이들 間에는 高度의 有意한 正의 相關이 있었다.

8. 分蘖期の 冷水處理는 穗數를 增大시키고 減數分裂期の 冷水處理는 穗數를 減少시켰다. 生育時期別로 冷水處理時期가 빠를 수록 稈長短縮率이 크고 이삭 抽出度도 낮아졌다.

9. 減數分裂期の 17°C 低溫處理에 의한 不稔誘發은 3日間處理로서는 크게 나타나지 않으나 9日間處理에서는 甚하게 나타났으며 水原 264號와 密陽 42號가 低溫處理에서 不稔率이 가장 낮았다.

低溫處理가 稔實障害를 가장 크게 誘發한 것은 出穗前 15일부터 出穗前 5일까지 사이의 處理였으며 日本型인 振興은 統一型인 統一, 水原 264號보다 稔實障害가 顯著히 적었다. 그러나 減數分裂期の 低溫處理에 의한 稔實障害程度와 出穗期の 低溫處理에

의한 稔實障害程度間에는 有意한 正의 相關을 보였으며 또한 低溫에 의하여 이삭 抽出度가 낮거나 稈長短縮率이 큰 品種은 稔實率도 떨어지는 傾向이었다.

10. 冷水處理에 依한 稔實障害는 減數分裂期處理(葉耳間長-15~10cm)에서 가장 크고 品種別로는 水原 264號, 早生統一>農白, Towada>低溫抵抗性이 강한 Lengkwang의 順이었다. 冷水處理時의 水深과 幼穗의 位置는 稔實比率와 매우 密接한 關係가 있으며 水深이 20~40cm로서 幼穗의 位置가 물속에 있던 水原 264號는 不稔率이 높았고 幼穗의 位置가 물위에 있었던 Lengkwang은 不稔率이 낮았다.

11. 穗揃期에 3日間 15°C의 低溫處理를 한 경우 登熟에 큰 影響이 없었으나 6日間處理한 경우에는 水原 287號와 水原 264號만이 60%以下の 稔實率을 보였으며 9日間處理한 경우에는 모든 品種에서 稔實率이 60%以下로 떨어졌다. 그러나 出穗 10日後부터 17°C로 20日間處理한 경우에는 登熟障害가 크지 않았다.

12. 窒素, 磷酸, 加里, 칼슘, 마그네슘 및 亞鉛 등의 養分吸收는 19°C±5보다 25°C±5에서 吸收가 增大되었으나 당간은 反對로 平均 25°C보다 19°C에서 吸收가 더욱 많았다.

13. 冷水畚에서 窒素, 磷酸, 珪酸 및 堆肥施用은 分蘖 및 穗數를 增加시키고 稔實率을 向上시키며 收量을 增大시켰다.

引用 文 獻

1. 安壽奉. 1973. 水稻登熟의 品種間 差異와 그 向上에 關한 研究. 韓作誌 14:1~40.
2. 崔鉉玉. 1966. 栽培時期 移動에 依한 水稻의 生態變異에 關한 研究. 農振廳 農試研報 9(1):1~102.
3. _____·安壽奉·許煥·吳潤鎮·韓相益. 1975. 水稻新品種 "통일"의 赤枯現象의 發生 原因에 關한 實驗的 考察. 農振廳 農試研報 17(作物編):99~108.
4. _____·李鍾薰. 1976. 水稻生育過程別 低溫障害에 關한 研究. 韓作誌 21(2):18~22.
5. _____·李文熙·閔泰基. 1977. 溫度 및 休眠打破가 水稻 新品種의 發芽에 미치는 影響. 韓作誌 22(2):18~22.
6. 蔡在天·許煥·李鍾薰. 1980. 溫度 및 水溫의 差

- 異が 水稻品種の生育 및 養分 吸收에 미치는 影響. 韓作誌 25(1):14~19.
7. 花田毅一. 1974. 作物の分枝性に關する研究. 第 8 報 異なる照度および温度條件下における 水稻品種の分けつ性の差異について. 日作紀 43(1):88~97.
 8. Hayase, H., T. Satake, I. Nishiyana and N. Ito. 1969. Male Sterility Caused by Cooling Treatment at the Meiotic Stage in Rice Plants. II. The most sensitive stage to cooling and fertilizing ability of pistils. Japan Jour. 38(4):706~711.
 9. 本谷耕一・吉岡眞一. 1959. 冷水灌溉の水稻生育に及ぼす影響. 第 2 報 時期別 冷水灌溉試験. 東北農試研報 16:31~38.
 10. _____. 1965. 水稻の低温障害と今後の問題. 日作紀 Symposium:24~50.
 11. 本庄一雄・瀧晴三郎・平野貢・金子忠昭. 1968. 晝夜水温の變化が水稻分けつ期の生育に及ぼす影響 日作會 東北支會報 10:5~4.
 12. 許輝. 1978. 水稻 Indica × Japonica 遠縁交雜品種の生理生態的 特性에 關한 研究. 農振廳 農試研報 20(作物編):1~48.
 13. 石田博・藤厚彰夫. 1965. 冷害稻の營養生理(第 5 報) 水稻體の生理狀態の變化マンガンとの關係. 日土肥誌 36(5):113~116.
 14. 伊藤延男・島崎佳郎・佐竹徹夫. 1965. 水稻冷害に關する研究. 日作紀 32(2):200.
 15. 任綱彬・吳潤鎮. 1975. 水稻冷害의 發生機構와 그의 對策에 關한 研究. 第 1 報 水稻의 生長과 無機養分 吸收에 미치는 温度의 影響. 韓植誌 18(1):31~37.
 16. Ito, N., H. Hayese and I. Nishiyama, 1970. Male Sterility Caused by Cooling Treatment at the Meiotic Stage in Rice Plants. III. Male abnormalities at anthesis. Japan Jour. Crop Sei. 39(1):60~64.
 17. 金澤俊光・佐藤亮一・和田純二・角田公正. 1968. 水稻冷害の實際的 研究. 第 26 報 低温活着力とその品種間差異. 日作會東北支會報 No. 10:8~10.
 18. 榎瀧晴三郎. 1968. 水稻の幼穗發育過程中的の夜温と不稔稻の發生について. 日作會 東北支會報 No. 10:11~12.
 19. 清澤茂久. 1958. 低温處理日數と異常藥および花粉の頻度との關係. 日作紀 26(4):283.
 20. 近藤和夫・柴田 子・松村三男・舟山護三郎. 1967. 水稻障害不稔の發生様相と減收機構(現地試験) 日作會 東北支會報 No. 9:9~10.
 21. 榎淵欽也・藤村謙之輔・中堀登示光・小山田善三. 1965. 水稻の耐冷性檢定方法に關する研究. 第 2 報 低温分けつ性の檢定方法(豫報) 育種學雜誌 18 (別冊 1):87~88.
 22. _____. 1979. 生育のステージと耐冷發現度. イネの品種生態:317~318.
 23. _____. 和田純二・金澤俊光・佐藤亮一. 1967. 水稻冷害の實際的 研究. 第 28 報 氣象條件が分けつに及ぼす影響. 東北農氣象 13:44~47.
 24. 權容雄・金柱憲・吳潤鎮・李文熙. 1979. 水稻の幼苗期 冷害에 關한 研究. II. 主要 新品種들의 第 3 葉期 冷害限界. 韓作誌 24(2):17~26.
 25. _____. 安壽奉・吳潤鎮. 1979. 水稻의 幼苗期 冷害에 關한 研究. III. 幼苗의 低温硬化 可能性 檢討. 韓作誌 24(3):21~26.
 26. 李錫淳・安壽奉・李殷雄. 1978. 肥料 및 有機物の連用이 切土地 土壤의 變化와 水稻生育 및 收量에 미치는 影響. 서울大 農學研究 3(1):101~110.
 27. 李殷雄. 1971. 韓國水稻作의 氣象環境과 收量性에 關한 研究. 農振廳 農試研報(作物編)14:7~31.
 28. 李弘祐・田口啓作. 1969. 稻種子の低温發芽性に關する研究(第 1 報) 低温發芽性の品種間差異 および親植物の栽培環境の影響. 北大 農學部 拜文紀要 7(1):63~71.
 29. _____. 1970. 水稻種子低温發芽性에 關한 研究. 韓作誌 8:37~46.
 30. _____. 1970. 水稻種子의 低温發芽成에 關한 研究(第 4 報). 種子의 休眠程度와 低温發芽性과의 關係. 서울大 論文集 農生系(B) 21:71~84.
 31. _____. 趙亨烈・林炳琦・許輝. 1974. 水稻의 障害型 冷害에 關한 研究. 韓作誌 15:85~97.
 32. 李鍾薫・姜在哲. 1978. 地域生態의 水稻 品種의 低温發芽性. 韓作誌 22(2):54~60.
 33. 松島者三・眞中多喜夫. 1957. 水稻收量の 成立と豫察に關する作物學的 研究. 水稻の登熟機構の 研究(5) 生育各期の氣温の高低 日射の強弱及び 其の複合條件が水稻の登熟に及ぼす影響. 日作紀 25(4):203~204.
 34. _____. 角田公正. 1957. 水稻の登熟機構の研究(6) 生育各期の 氣温較差が 水稻の 登熟に及ぼす影響. 日作紀 25(4):204~206.
 35. _____. 田中孝幸・星野孝文. 1964. 水稻收量の成立原理とその應用に關する作物學的 研究. 第

- 70 報 生育各期の気温、水温の組合が水稻の収量及び収量構成要素に及ぼす影響。日作紀 33(1):53~58
36. _____・_____・_____. 1964. 水稻収量の成立原理とその應用に關する作物學的 研究. 第 71 報 生育各期の気温、水温の組合也が水稻の生育および其の他諸形質に及ぼす影響。日作紀 33(2): 135~140.
37. _____・_____・_____. 1968. 水稻収量の成立原理と其の應用に關する作物學的 研究. 第 78 報 各種の気温、水温条件下に育成されに苗の各種の気温、水温条件下での活着良否について。(1) 苗代日数が同一な苗を移植した場合。日作紀 37(2): 161~168.
38. _____・_____・_____. 1968. 水稻収量の成立原理とその應用に關する作物學的 研究. 第 81 報 苗代期の気温、水温遮光及び施肥量の各種組合が水稻苗の諸形質に及ぼす影響。日作紀 37(2): 169~173.
39. 三浦一雄・柴田和博・野村稔. 1963. 新品種の發芽および發根に關する調査。北農 30(12):1~6.
40. 中田恭二. 1965. 水稻において分けつの發育と土壤温度との關係について。第 1 報 移植後の土壤温度が低節位分けつの發育に及ぼす影響。日作紀 31(4):408.
41. 西山岩男. 1979. イネの冷温障害の生理學(5), 農及園 54(10):1227~1235.
42. _____. 1980. イネの冷温障害の生理學(6), 農及園 55(11):1345~1348.
43. _____. 1980. イネの冷温障害の生理學(7), 農及園 55(1):16~18.
44. 西澤武明・神田己季男. 1976. 水稻の幼穂形成期前後の温夜處理が一穂穎花數の増減と不稔發生に及ぼす影響。日作會 東北支會報 18: 27~20.
45. 朴慶培・田中孝幸・原田二郎. 1978. 低温에 依한水稻의 Discoloration 發生에 關한 研究. 韓作誌 23(1):1~4.
46. 佐々木多喜雄. 1964. 水稻種子の低温發芽性の檢定方法に關する一考察。北農 31(11):1~5.
47. _____. 1966. 立毛中の降霜が水稻の發芽及び苗の生育に及ぼす影響。日作紀 34(3):355.
48. _____. 1968. 水稻品種の低温發芽性と初期生育との關係. 1. 初期伸長性との關係. 北海道農試集報 No. 17: 34~46.
49. 佐竹徹夫・伊藤延男. 1966. 障害型冷害に對する磷酸施與の効果—特に熔燐の肥效に關する 2, 3 の知見。日作紀 34(3):353~354.
50. _____・_____・西山岩男・早瀬廣司. 1968. 人工氣象環境下における水稻の生育。日作紀 37(2): 296.
51. Satake, T. and H. Hayase. 1970. Male Sterility Caused by Cooling Treatment at the Young Microspore in Rice Plants. V. Estimations of pollen developmental stage and the most sensitive stage to coolness. Japan Jour. Crop Sci. 39(4):408~473.
52. Satake, T. 1974. Male Sterility Caused by Cooling Treatment at Young Microspore Stage in Rice Plants. IX. Revision of the classification and terminology of pollen developmental stages. Japan Jour. Crop Sci. 43(1):31~35.
53. Satake, T. and Shouchi Yoshida. 1978. High Temperature Induced Sterility in Indica Rice at Flowering. Japan Jour. Crop Sci. 47(1):6~17.
54. 佐藤 庚. 1972. 環境に對する水稻の生育反應. 第 2 報 温度が體內成分及ぼす影響。日作紀 41(4):394~401.
55. 島崎佳郎・佐竹徹夫・伊藤延男. 1960. 水稻冷害の生理學的 研究. 第 1 報 穂孕期の低温による窒素炭水化物の變化と不稔粒發生との關係。日作紀 28(4):380~381.
56. _____・伊藤延男・土井康生. 1961. 生育各時期の低温處理が稻の生育に及ぼす影響. 特に處理時期及び期間との關係. 北農試彙報 76: 1~8.
57. _____・佐竹徹夫・伊藤延男・土井康生・渡邊潔. 1962. 穂孕期の 低温處理に 依する 不稔粒 發生要因の 解析 北農試彙報 83: 1~10.
58. _____・_____・渡邊 潔. 1963. 生育初期の冷害淹漑がイネの生育並びに養分吸收に及ぼす影響について。北農試研究 80: 1~12.
59. _____・_____・_____・伊藤延男. 1964. 穂孕期の晝夜温及び遮光處理が不稔粒發生に及ぼす影響(水稻冷害の解析的研究 IV). 北農試彙報 83:10~16.
60. 柴田和博・佐々木和男・島崎佳郎. 1973. 時期別の気温水温處理が水稻の生育に及ぼす影響. 第 2 報 晝夜別気温、水温および處理日數と出穂期の關係。日作紀 42(3):267~274.
61. 高橋治助. 1955. 作物の養分吸收に關する研究。農技研報 134: 1~83.

62. 竹島傳二. 1961. 水稻生育に及ぼす地温の研究. 第2報 出穂に及ぼす地温の影響. 日作紀30(4):298~501.
63. _____. 1964. 水稻生育に及ぼす地温の研究. 第4報 三要素及び水分吸収の晝夜間差異および要素吸収に對する培地條件の影響. 日作紀32(4):25~29.
64. 藤原彰夫・石田傳. 1963. 冷害稻の營養生理(第1報) 營養生長期におけず低温處理の影響. 日土肥誌34(4):97~100.
65. 島山國士・和田純二. 1962. 冷水灌溉水田における用水量の多少が水稻の生育收量に及ぼす影響. 青森農試研報8:47~57.
66. 角田公正・松島省三. 1962. 水稻收量の成立原理と其の應用に關する作物學的研究. XII. 水深が異なる場合水深の高低が水稻の生育, 收量及び收量構成要素に及ぼす影響. 日作紀31(1):19~22.
67. _____. 和田純二・佐藤亮一. 1965. 水稻冷害の實際的研究. 第20報 障害型不稔發生度の株間及び穂間變異について. 日作紀34(1):40~43.
68. _____. _____. _____. 1965. 水稻冷害の實際的研究. 第21報 障害型不稔稻の穂上分布について. 日作紀34(1):44~46.
69. _____. 1964. 水温と稻の生育收量との關係に關する實際的研究. 農技研報A11:75~174.
70. _____. 和田純二・佐藤亮一. 1966. 水稻冷害の實際的研究. 第23報 低温登熟力の品種間差異とその機構(1). 日作紀35(3~4):265.
71. _____. _____. 金澤俊光・佐藤亮一. 1967. 水稻冷害の實際的研究. 第24報 低温登熟力の品種間差異とその機構(2). 日作紀36(4):525.
72. _____. _____. _____. _____. 1967. 水稻冷害の實際的研究. 第25報 幼穂發育期における低温障害の品種間差異. 日作紀56(4):525.
73. Vergara, B. S. and R. M. Visperas. 1971. Effect of Temperature on the Physiology and Morphology of the Rice Plant. IRRI, Saturday Seminar. 1~63.
74. Yoshida, S., D. Forno, J. Cock and K. Gomez. 1976. Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice. IRRI. 61~66.