

벼 冷害發生 機作과 被害 輕減對策

李文熙* · 朴南奎* · 朴錫洪**

Mechanisms of Cold Injury and Cultural Practices for Reducing Damage of Rice

Moon Hee Lee*, Nam Kyu Park* and Suk Hong Park**

ABSTRACT

The stability of rice cultivation in Korea is largely depended on climatic conditions, especially, low temperature at the period of early growth stage and after heading. The improvement of cold tolerant varieties and appropriate cultural practices in rice are very effective to minimize the cold damage. This paper is summarized the mechanism and counterplans of cold injury of rice plants.

The paddy area having commonly cold injury in Korea is approximately 15,522ha in 1,709 sites on the national scale. The cold damage at seedling stage in nursery bed appeared to poor germination, leaf discoloration, dead seedlings and seedling rot ect.. At the vegetative stage, the decreased tiller number due to poor rooting and the delayed heading caused by slow growth and panicle differentiation are commonly showed. The cold injury at early reproductive stage appeared to the degeneration of spikelets and rachis-branches, while that at meiosis stage showed to increased sterility due to poor development of pollen and shortened panicle length with delaying heading, therefore the grain yield is largely decreased. The cold damage at heading and ripening stages showed to poor pollination and fertilization, low panicle exsertion, poor grain filling and finally grain quality became low.

To minimize the cold injury to rice plants by low temperature, following counterplans would be recommended :

Improvement of the cold toelrant rice varieties for the regions of midmountains and alpines. Raising healthy seedlings at upland nursery beds and by using of growth regulators such as ABA, Fuchiwang and Tachiace. Soil improvement and orgainc matter application to reduce cold damage by increasing water and fertilizer holding capacities in the paddy field having commonly cold water and in the place where cold damage is regularly occurred. Appropriate fertilization for raising healthy rice plants to tolerate under low temperature condition. Water management to increase water temperature in the paddy such as depth watering, round channels and polyethylene tubes around the field. Establishment of the optimum cultivation time of rice based on minimum, mean and maxium temperatures at different regions with appropriate rice varieties.

緒 言

벼는 우리나라의 주된 食糧作物로 數千年을 栽培하여 왔으며 그 栽培技術에 대한 研究도 다른 어느

作物보다 高度로 發展되었다. 그러나 벼農事에서 가장 重要的 것은 氣象環境이라 할 수 있다. 벼의 原產地는 熱帶地方이기 때문에 溫帶에 位置한 우리나라에서는 自然的으로 氣象에 큰 影響을 받아 栽培期間이 限定되어 있으므로 그 범위를 벗어나면 때로

* 作物試驗場 (Crop Experiment station, Suwon 440-100, Korea)

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

는 低溫의 被害를 받게 된다. 그러므로 人工的으로 氣象環境을 變化시킨다는 것은 不可能하므로 이에 대응할 수 있는 品種의 開發과 栽培技術의 確立은 우리나라에서 대단히 重要하게 생각된다. 따라서 低溫障害에 關한 研究은 오래전부터 실시하고 있었으나 1970年代에 들어와서 低溫에 弱하며 多收性인 統一벼가 育成되어 農家에 普及되면서 本格的인 研究가 이루어졌고 이와 倅를 같이 하여 人工氣象室과 春川耐冷性檢定 出場所가 設立되어 低溫 障害를 줄이기 위한 品種育成과 栽培技術確立을 위한 많은 研究가 實施되어 크게 發展하였으나 아직 충분하지 못한 實情이다. 또 이웃나라 日本에서도 우리나라와 같은 條件이므로 東北, 北海道 地方에는 冷害가 벼 農事의 가장 큰 氣象재해로 많은 研究가 推進되고 있다. 심지어는 熱帶에 位置해 있는 국제미작연구소 (International Rice Research Institute) 에서도 各 나라와 共同研究 課題를 設定하여 耐冷性 品種育成 및 遺傳資源의 探索과 保存에 크게 勞力하고 있다.

따라서 本 論文에서는 우리나라 벼農事에서 發生하는 冷害를 生育段階別로 그 樣相과 被害程度 및 發生機作을 綜合하여 分析해 보고 또 그에 따른 몇 가지 低溫障害 輕減栽培 技術體系를 살펴 보면서 아직 미흡한 部分에 대해서는 더욱 發展시켜 보고자 한다.

우리나라 冷害被害의 現況

우리나라는 溫帶地方에 屬해 있으므로 水稻栽培 期間에 低溫에 의한 被害를 받는 경우가 자주 있다. 表 1에서 1970년부터 1988년까지 우리나라에서 發生된 冷害 現況을 보면 1980년에는 7월부터 8月中旬에 걸쳐 全國的인 低溫現象으로 混合型 冷害를 받아 787千ha에 總被害量이 1,588千톤에 해당하였다. 쌀生産量도 反當 289kg으로 極히 낮은 收量을 나타내었다. 다음은 1971年, 1976年, 1972年의 順으로 1970년부터 1977년까지는 程度의 差異는 있지만 매년 低溫被害를 받았으나 1980年代를 넘기면서 低溫被害가 減少되는 傾向을 보였다. 이러한 低溫被害는 地域的으로도 分布가 달라 中北部의 山間高冷地에서는 빈번한 被害를 받고 있다. 道別 冷害常習地의 分布를 表 2에서 보면 個所數는 江原道가 527 個所로 가장 많고 다음이 慶北, 慶南, 全北의 順으로 되어 있으나 面積으로 보면 全北이 7,505 ha로 가장 많고 慶北, 江原, 慶南의 順으로 되어 있다. 全國的으로 보면 1,709 個所에 15,522 ha가 冷害常習地로 되어 있어 항상 冷害를 받을 수 있는 可能性이 存在하고 있다.

Table 1. Damaged area and yield loss in rice due to cold injury in Korea¹⁷⁾.

Year	Area (ha)	Yield loss (M/T)	Year	Area (ha)	Yield loss (M/T)
'70	1,412	675	'80	787,998	1,588,106
'71	176,175	25,754	'81	-	-
'72	14,555	4,787	'82	-	-
'73	613	504	'83	1,215	869
'74	1,089	1,659	'84	-	-
'75	1,112	70	'85	-	-
'76	9,370	18,248	'86	-	-
'77	1,737	1,669	'87	-	-
'78	-	-	'88	11,706	-
'79	-	-	-	-	-

* Statistical Yearbook of Agriculture, Forestry and Fisheries in 1988.

Table 2. Distribution of low temperature damaged area in Korea¹⁷⁾.

Location Classification	Kyon-ggi	Kan-gwon	Chun-gbuk	Chun-gnam	Jun-buk	Jun-nam	Kyon-gbuk	Kyon-gnam	Jeju	Total
Number (%)	64	527	152	65	236	40	369	255	1	1,709
Area (ha)	1,641	2,684	459	538	7,505	264	2,772	1,156	30	15,522

* Statistical Yearbook of Agriculture, Forestry and Fisheries in 1987.

벼生育段階別 低溫障害

1. 育苗期間의 低溫障害

벼 育苗期의 低溫障害 現象으로는 播種後 發芽 및 成苗率의 低下, 赤枯現象과 機械移秧箱子 育苗에서 立枯病 및 뜰묘의 發生으로 育苗을 失敗하는 경우가 많다. 벼耐冷性品種 育成에서 低溫發芽性은 대단히 重要하므로 많은 研究가 遂行되었으며 低溫發芽性의 品種間 差異는 크게 一般型 品種群과 統一型 品種群으로 區分하여 보면 表 3과 같이 統一型 品種群 보다는 一般型 品種이 低溫에서 發芽率이 높게 나타나는 傾向이었다. 또 벼 發芽에 必要한 最低溫度는 李, 田口 等⁸⁾은 韓國이나 日本品種은 8°C, Indica 品種은 10~13°C라고 報告하고 있으며, 安¹⁾은 또 日本型 品種은 11°C, Indica 나 統一型 品種은 10~13°C라고 報告하고 있다.

育苗期에 쉽게 볼 수 있는 低溫障害는 赤枯現象으로 1970年代 統一벼가 農家에 普及되면서 保溫折衷 못자리의 通風管理 過程에서 나타나는 現象으로 심하면 枯死하여 育苗을 失敗하는 경우도 있다. 許⁹⁾는 벼에서 赤枯現象의 發生은 주로 低溫에서 나타나며 15°C 이하에서 發生이 심하나 氣溫이 높고 水溫이 낮은 條件에서 심하게 나타난다고 報告하고 있다. 最近에서 벼農事의 省力化栽培를 위하여 機械移秧栽培 面積이 增加하고 있는 실정이나 機械移秧箱子育苗에서 溫度의 影響으로 뜰묘나 입고病的 發

Table 3. Effect of temperature on the germination of rice variety⁶⁾.

Variety	Rate of germination (%)				
	Temperature				
	10°C	12°C	15°C	20°C	27°C
Japonica type	45	85	93	97	93
Tongil type	2	51	72	86	94

* Data were collected at 15days after incubation in 10, 12 and 15°C, and at 5days after incubation in 20 and 27°C, respectively.

生으로 被害를 받는 경우가 있다. 特히 뜰묘의 發生은 낮에는 溫度가 높고 밤에는 溫度가 낮은 條件에서 심하게 發生하므로 야간 溫度管理를 철저히 하여야 한다.

2. 營養生長期의 低溫障害

營養生長期의 低溫障害는 遲延型 冷害現象으로 그림 1에서 보는 것과 같이 크게 移秧期의 活着不良, 分蘖抑制 및 生育遲延의 形態로 나타난다. 먼저 本畝 移秧後 活着은 生理學的으로 發根 및 根의 初期 伸長性을 말하며 低溫에 의한 活着不良은 初期 分蘖 確保에 影響을 준다. 溫度에 따른 벼 活着性에 관한 研究에서 森田⁹⁾는 水溫 9°C가 活着 最低溫度라고 報告하고 있으며, 西山¹³⁾은 여러 研究結果를 綜合해서 發根이란 意味로는 본다면 10°C 前後가 되나 活着이란 意味로 보면 12~13°C로 보고 實用的인 面에서 본다면 氣溫이 12~13°C 以上일 때 水溫은 15~16°C로 본다고 報告하고 있다. 低

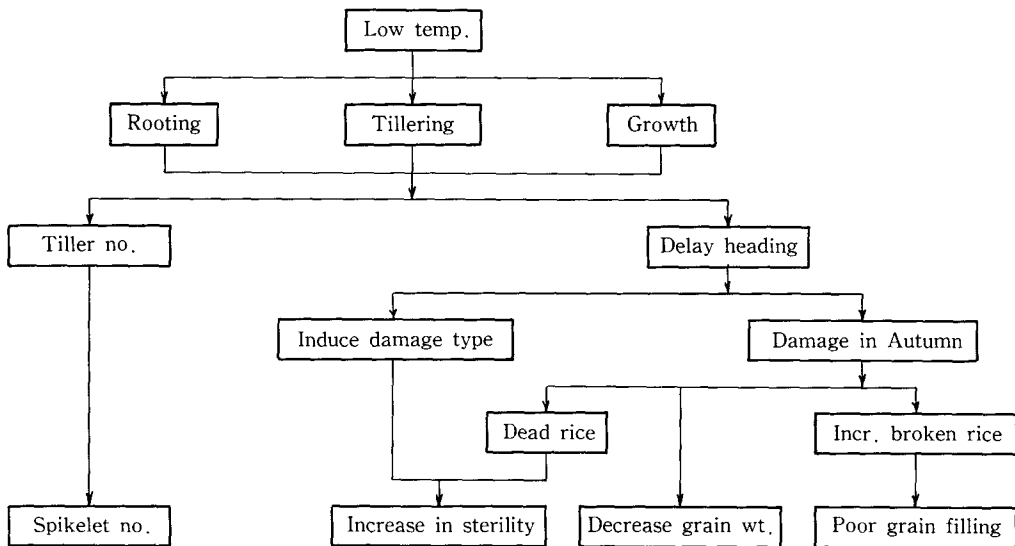


Fig. 1. Diagram of the delay type of cold injury.

Table 4. Effect of temperature pretreatment at tillering stage on the photosynthesis of rice plants⁵⁾.

Variety	Period of pretreatment (day)	Photosynthesis (mg. CO ₂ /dm ² /hr.)			
		Temp. (day/night)			
		15/10°C	20/15°C	25/20°C	30/25°C
Tongil	3	3.7	5.6	21.7	24.3
	7	0	5.7	21.8	24.8
Jinheung	3	6.9	12.2	22.9	23.3
	7	0	10.1	24.8	17.0

Table 5. Effect of different temperature treatments for two weeks on dry weight and leaf area of rice plant⁵⁾.

Temperature (day/night)	Tongil		Jinheung	
	Dry wt. (g/pot)	Leaf area (cm ² /pot)	Dry wt. (g/pot)	Leaf area (cm ² /pot)
18/10	4.2	365	4.9	390
23/15	5.9	413	7.2	501
28/20	6.8	558	7.7	592
33/25	9.0	819	7.9	837

溫에 의한 活着不良은 初期分蘖에 影響을 주어 全般的으로 分蘖이 抑制되어 單位面積當 穎花數의 減少를 가져온다. 反面 營養生長期 低溫에 의한 生育遲延은 生理的으로 보아 養分吸收의 低下, 光合成能力의 低下 및 生理代謝의 遲延을 초래하는데, 表 4 에서 보는 것과 같이 低溫處理後 正常條件에서 光合成을 測定해도 低溫의 影響으로 光合成能力이 크게 減少하는 傾向을 나타내었다.

벼의 草長, 葉의 伸長에 미치는 溫度의 影響에 대해서 中堀¹¹⁾, 森田⁹⁾는 最低溫度가 12°C라고 報告하고 있다. 따라서 벼의 生育에 미치는 氣溫의 影響을 表 5 에서 보면 溫度가 낮으므로 乾物重 및 葉面積이 크게 減少하는 傾向을 나타내고 있다. 이와 같은 結果는 出穗의 遲延을 초래하여 生殖生長期의 障害型 冷害에까지 連結되어 不稔率을 增加시키는데 原因이 되며, 때로는 늦가을 冷害로 登熟比率이 低下하는 原因이 되기도 한다.

3. 生殖生長期 低溫障害

벼 生殖生長期 低溫障害는 幼穗形成期부터 出穗期까지에서 일어나는 低溫被害로 障害型 冷害라 하며 이 時期에는 低溫에 가장 민감한 花粉母細胞의 減數分裂期에 該當하므로 벼의 收量減少에 直接的인 原因이 되며 그 被害量도 다른 어느 生育段階보다 크게 나타난다. 生殖生長期의 低溫被害 樣相은 이삭의 枝梗 및 穎花分化期에는 低溫에 의해 枝梗 및 穎花의 退化로 穎花數가 減少하게 되고, 減數分裂期의

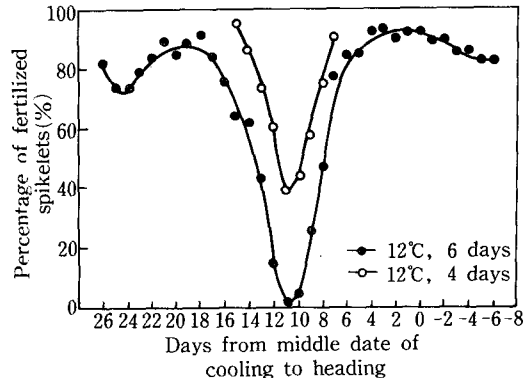


Fig. 2. The percentage of fertilized spikelets in plants treated to cooling at different stages during panicle development stage⁴⁾.

低溫은 花粉發育을 不良하게 하여 不稔率을 增加시킨다. 出穗期는 藥의 裂開 不良, 受粉, 受精障害로 역시 不稔率이 增加된다. 特히 生殖生長期의 低溫은 이삭의 抽出이 不良하며 葉鞘에 싸여있는 部分은 대부분이 不稔이 된다.

벼의 障害型 冷害는 주로 穎花의 不稔現象으로 나타나는데 生殖生長期間에 低溫에 예민하여 不稔發生이 가장 많은 時期는 Hayase 等⁴⁾은 그림 2에서와 같이 減數分裂期인 出穗前 10~12日頃이고 다음으로 出穗期라고 報告하였고, 이 時期에 不稔이 發生하는 經路를 模式圖로 보면 그림 3과 같다. 前述과 같이 減數分裂期 低溫에 의한 不稔發生은 花粉母細胞의 減數分裂 過程에서 細胞學的인 異常現象으로 花粉의 稔性이 상실되기 때문에 일어나는 現象이다. 이 時期에 障害를 받을 수 있는 溫度에 대해서는 栽培品種, 處理時期, 期間 또는 前歷 等에 의하여 差異가 있으나 그림 2에서와 같이 12°C 4日과 6日 處理間에는 큰 差異를 나타내고 있다. 그러나, 許⁵⁾는 障害型 冷害의 限界溫度와 處理日數는 統一型品種은 15°C에서 5日, 一般型品種인 振興은 12°C 4日 處理라고 報告하였다. 李 等⁷⁾은 新品種의 耐

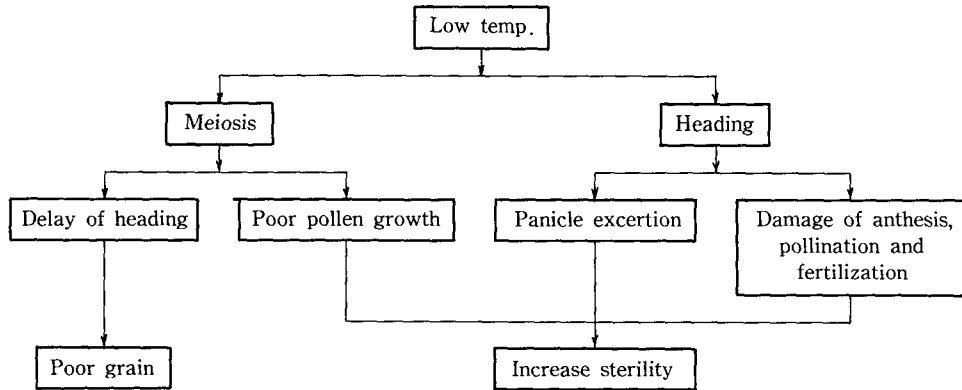


Fig. 3. Diagram of the damage type of cold injury.

冷性檢定時 統一型 品種은 17°C에서 7日, 一般型 品種은 17°C에서 10日間씩 處理하고 있다. 또 晝夜溫度의 變化와 不稔과의 關係를 柴田²⁰⁾는 그림 4에서와 같이 平均氣溫이 같다 하더라도 晝夜溫度 較差가 있는 것이 不稔이 적었지만 較差가 클수록 좋다고는 할 수 없고 最適較差가 있으며 이것은 平均氣溫에 따라서 다르다고 報告하였다. 즉 平均氣溫 20°C인 경우는 最適較差가 2.5°C, 10°C 경우에는 較差가 9°C에서 不稔이 가장 적었다. 이러한 不稔發生의 細胞學的인 發生原因을 Nishiyama¹²⁾는 그림 5와 같이 說明하고 있다. 卽 花粉母細胞의 減數分裂期에 小孢子(4分子) 및 Tapet 細胞의 初期異

常이 일어나고, 이 現象이 進展되어 가는 過程에서 Tapet 細胞에서 4分子로의 物質轉流가 阻害되어 4分子의 發育이 阻害되는 反面, 物質轉流의 阻害는 Tapet 細胞內的 糖濃度 및 膨壓을 增加시켜서 Tapet 細胞가 肥大되어 花粉形成 및 發育을 阻害하여 花粉의 機能 상실 및 藥의 不裂開로 不稔이 된다. 그림 6은 減數分裂期 低溫에 의해 花粉의 成熟이 덜 된 것은 정상인 것을 보여주고 있다. 이러한 過程을 Satake¹⁸⁾는 그림 7과 같이 4分子期에서 花粉이 形成되는 各段階別로 被害樣相이 달라진다고 報告하고 있다.

다음으로 出穗開花期에는 低溫에 의해서 開穎이 遲延되어 晝夜 수정을 하는 경우가 있으며 Satake 等¹⁹⁾에 의하면 開穎이 되었다 해도 開穎이 不良로 受粉이 되지 않는 경우가 있으며, 正常인 花粉이 受粉되었어도 低溫에 의하여 花粉이 發芽하지 못하고 花粉管의 伸長이 不良하여 受精되지 못하여 不稔이 發生한다고 報告하고 있으며, 受精에 必要한 柱頭上的 最低 發芽花粉數는 5~10個로 推定하고 있다.

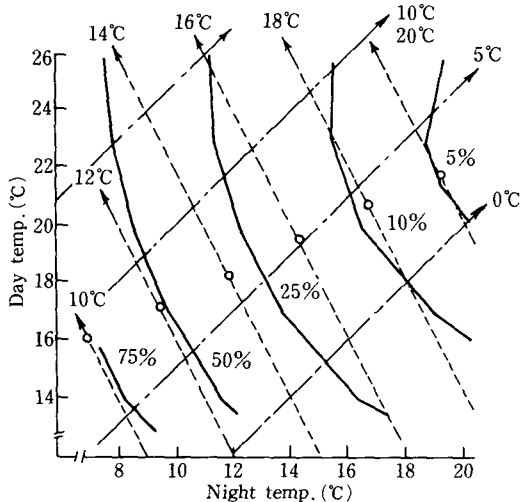


Fig. 4. Effect of day and night temperature treatments at booting stage on grain sterility of rice.

-----: Average temp. —: Temp. difference
—: Sterility o: Optimum temp. differ.

4. 登熟期の 低溫障害

벼의 登熟은 出穗期부터 出穗後 40日까지의 40日間の 溫度와 日射量에 따라서 크게 좌우된다. 崔⁹⁾는 그림 8에서와 같이 人工氣象室을 利用한 研究에서 品種間 登熟適溫의 差異가 있어 出穗後 40日間の 日平均氣溫이 統一型 品種은 25°C, 一般型 品種은 22.5°C라고 報告하고 있으며, 田中²¹⁾도 出穗後 40日間の 日平均氣溫이 安全限界氣溫이 22°C이고 實用的으로 보면 20~22°C는 平年作, 18~20°C는 不作, 16~17°C는 凶作이며, 15°C 以下

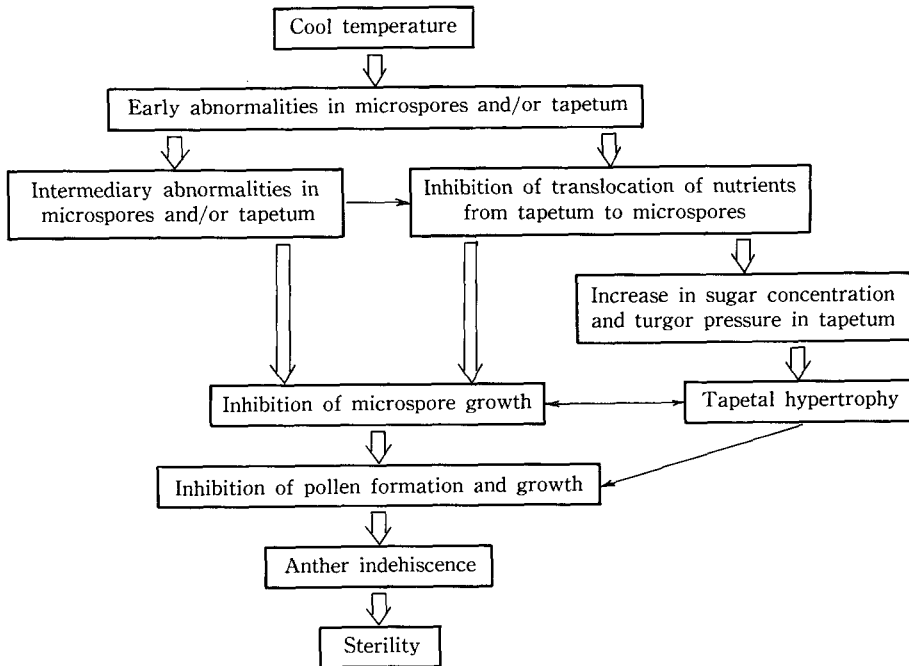


Fig. 5. A newer hypothetical scheme on the causal sequence from cool temperature to sterility in rice plants (a revision of the scheme by Nishiyama, 1970).



Fig. 6. Normal and damaged pollens in the low temperature condition at meiotic stage of rice plant.

가 되면 收穫 개무라고 報告하고 있다. 그러나 平均 氣溫이 同一한 경우에는 晝夜間의 溫度較差가 있는 것이 登熟이 良好하다고 報告하고 있다. 그러나 Yoshida and Harra²²⁾ 등은 낮의 溫度나 밤의 溫度 同一하게 登熟에 影響하나 日平均이 가장 좋은 指標라고 報告하고 있다. 結果적으로 벼 登熟不良은 米質에 큰 影響을 주므로 1次的으로 低溫被害로 收量이 減少되고, 2次的으로는 米質이 不良하므로 適溫에서 登熟시켜 米質向上에도 노력해야 하겠다.

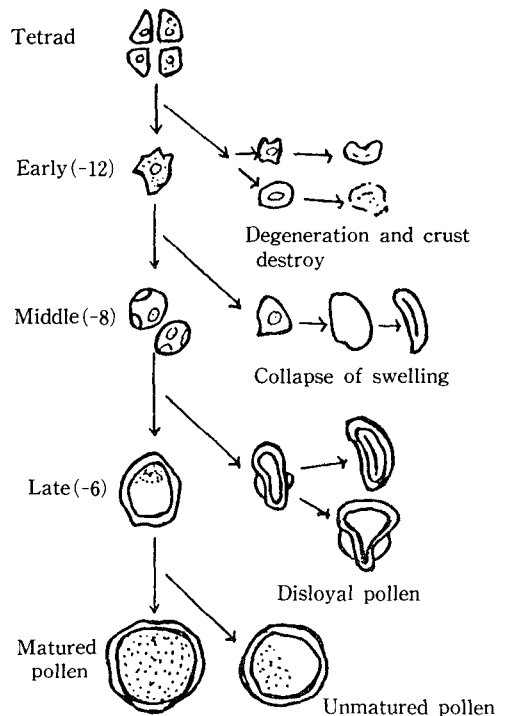


Fig. 7. Low temperature injury during pollen development of rice¹⁸⁾.

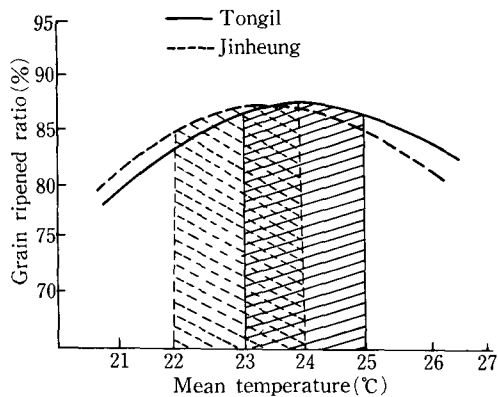


Fig. 8. Varietal difference of the optimum daily mean temperature for ripening stage during 40 days after heading of rice plant.

벼低温障害 輕減對策

1. 品種育成

우리나라는 統一벼의 育成普及과 1980年度 심한 冷害로 인하여 耐冷性品種 育成에 많은 勞力을 하여 왔으며 人工氣象室을 利用한 室内研究와 春川 耐冷性檢定圃와 珍富, 雲峰出場所 등을 利用한 圃場研究도 同時에 遂行되고 있다. 春川에서 國內育成系統 및 導入品種 969系統 및 品種을 供試하여 移秧後 20日부터 登熟期까지 17°C 冷水를 處理한 結果를 表 6에서 보면 稔實率이 60% 以上이 되는 系統 및 品種이 全體의 25%에 該當되었으며 이들 系統 및 品種들이 여러 檢定過程을 거쳐 育成된다면 耐冷성이 강한 品種이 育成普及 되리라 생각된다. 이러한 結果에 의해서 現在 山間高冷地帶의 冷害常習을 위한 新品種이 育成되어 表 7과 같이 普及·栽培되고 있다.

2. 栽培法 改善

가. 健苗育成

벼栽培에서 健苗를 育成하는 것은 氣象災害 輕減

Table 7. Varieties recommended in low temperature area¹⁶⁾.

Location	Variety
Mountainous area (>400m)	Sobaekbyeo, Unbongbyeo, Songjeonbyeo, Daeseungbyeo, Chiagbyeo, Yeomyeongbyeo,
Mid-mountainous area (250-400m)	Sobaekbyeo, Dobongbyeo, Boggwangbyeo, Odaebyeo, Daeseungbyeo, Yeomyeongbyeo, Chiagbyeo, Daegwangbyeo, Gwanagbyeo, Daechangbyeo

Table 8. The Minimum air temperature for transplanting with different seed bed type¹⁶⁾.

Type of seed bed	Minimum air temp. (°C)	
	Japonica type	Tongil type
Protected upland nursery	13.5	24.5
Protected semi-irrigated nursery	14.5	15.5
Irrigated nursery	15.5	16.5

뿐만아나 成功的인 稻作을 위해서는 基本이 되기 때문에 매우 重要하게 생각된다. 健苗育成方法은 여러가지가 있으나 못자리種類別로 보면 保温말 못자리가 健苗育成에 가장 適合한 못자리種類로 苗地上部の 充實度가 높고 뿌리의 發育이 旺盛하여 移秧後 活着이 빠르며 表 8에서 보는 것과 같이 低温 活着性이 좋아서 모내기 限界溫度가 다른 못자리보다 낮다. 또 最近에는 機械移秧箱子育苗에서 健苗를 위해서 후치왕이나 다저에스 등을 使用하고 있으며 表 9에서와 같이 이들 藥劑는 殺菌劑의 效果 뿐아

Table 9. Effect of growth regulators on rate of dead seedling under low temperature condition('88, CES).

Chemical	12°C (air)	28/12°C (air/water)	Average
Control	90%	78%	84%
Fuchiwang	20	5	13
Tachiace	0	0	0

Table 6. Number of promising lines under low water temperature treatment in different filled spikelet ratios('88, CES).

Total no. of lines	Number of lines						
	None heading	0%	1-20%	21-40%	41-60%	61-80%	≤81%
969	72	186	90	177	199	153	92

Table 10. Effect of ABA analogue on cold damage of rice seeding('88, IRRI).

Tret.	Survival rate in 29°C				
	1 day	2 day	3 day	6 day	8 day
Control	100	44	0	0	0
ABA	100	74	68	30	30

* Low temperature : 5°C, 5 days

나라 生長調整劑로서의 역할을 검하고 있어 幼苗期에 耐冷性を 增加시켜 주고 있다. 그외에도 ABA는 冷害輕減에 效果가 있다는 報告가 많이 있으나 高價로 實用化에는 어려운 點이 많지만 表 10에서와 같이 化學合成에 의해 生産되는 ABA 이성체도 벼幼苗期 冷害輕減效果가 있으므로 많은 研究가 推進되고 있다.

나. 土壤改良 및 合理的 施肥

冷害常習地에서 低溫被害를 輕減시키기 위해서는 土壤肥沃度を 높여 均衡있는 養分供給에 의해서 健全한 生育을 도모하며 保水力을 높여 주는 것이 重要하다. 特히 山間高冷地는 누수량이 많기 때문에 有機物이나 점토질 土壤으로 容土하여 누수를 輕減시켜 可能한한 冷水의 流入을 막아 주어야 한다. 冷水畚에서 土壤改良劑의 效果를 그림 9에서 보면 牛糞이나 堆肥의 施用은 冷害를 輕減시켜 주는데 效果의이다. 또 磷酸은 冷害 輕減에 效果가 크다는 報告가 많으며 그림 10에서와 같이 窒素와 磷酸의 均衡增施는 減數分裂期 冷水處理에서 冷害를 輕減시켜 주어 標準에 比하여 41%의 增收를 나타내었다. 그러나 冷害우려지역에서의 窒素施用量 增加는 오히려 冷害를 조장시켜 그림 11에서와 같이 減數

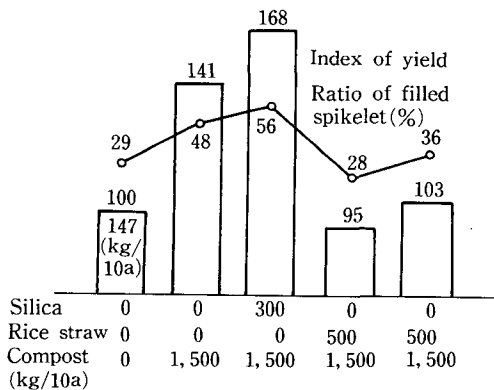


Fig. 9 Effect of silica and organic matter on grain yield and ratio of filled spikelet under low water('80 CES).

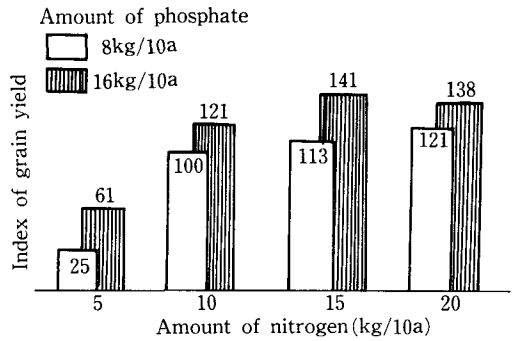


Fig. 10. Effect of nitrogen and phosphate on grain yield under low water temperature treatment (17°C) for 15 days at meiosis stage ('80 CES).

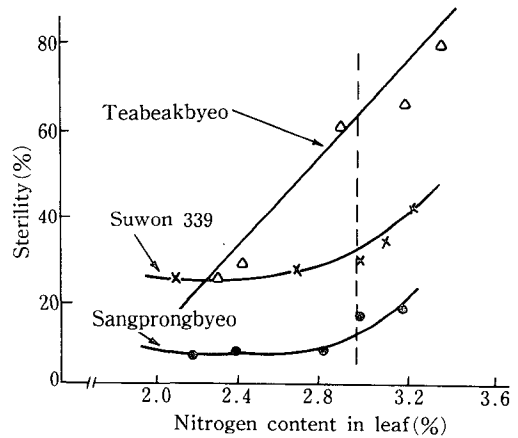


Fig. 11. Relationship between nitrogen content in leaf and sterility ('87 CES).

分裂期 葉身の 窒素含量이 3% 以上이 되면 不稔率이 급격히 增加되는 傾向을 보여주고 있다. 이러한 結果는 天野²⁾의 結果와도 一致되었다. 따라서 冷害위험시에는 窒素過용으로 稻體內에 水溶性 窒素量이 增加되면 低溫被害를 加重시켜 주므로 冷害 常習地나 우려時에는 穗肥 施用을 忌양하여야 한다.

다. 合理的인 水管理

冷害常習地 또는 갑자기 氣溫이 낮아 冷害가 우려될 때는 生殖生長期에는 물을 깊게 대어주는 것이 合理的이다. 特히 幼穗分化期 初期에는 물을 깊게 대어 주므로 幼穗를 물속에 잠기게 하여 冷害로부터 防止하게 한다. 그러나 그림 12에서 보는 것과 같이 17°C 以上이 되는 물로 20cm 以上 깊게 대어 주는 것이 效果的이다. 또 물의 根源이 찬 곳이나 관정수로 관개할 경우에는 찬물을 直接 관개하

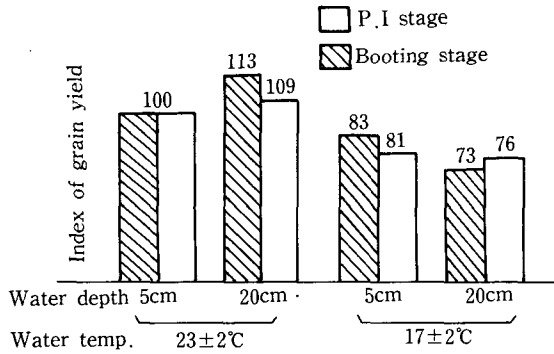


Fig. 12. Effect of irrigation water depth on grain yield of rice in cold area ('83, Junbuk).

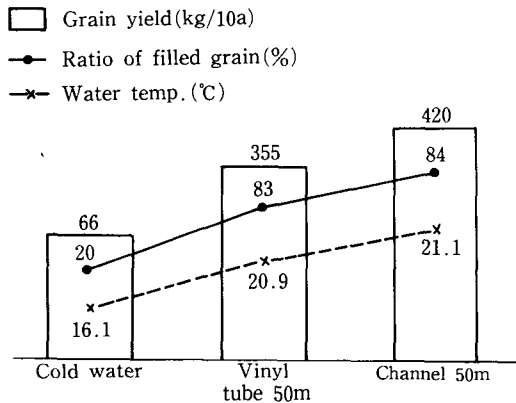


Fig. 13. Effect of increasing water temperature on grain yield ('82 Unbong).

면冷水被害가 발생하므로 그림 13과 같이 돌립도량이나 비닐튜브를 이용하여 물溫도를 높여 관개하면冷水의被害를輕減시킬 수가 있다.

라. 生長調整劑를 이용한 登熟向上

健苗育成方法에서 論하였으나 生長調整劑 處理는 冷害를 輕減시킬 수 있는 한 方法으로 생각되며 現在 많은 研究가 이루어지고 있다. 特히 登熟期의 低溫은 弱勢穎花의 登熟을 不良하게 하여 全體의 登熟을 不良하게 한다. 따라서 어떤 生長調整劑의 利用은 弱勢穎花의 登熟을 促進시킨다고 報告되고 있다. 特히 ABA는 幼苗에 耐冷性을 높여 주고 있으나 登熟期에도 效果가 있어 그림 14에서와 같이 ABA와 BA 등을 出穗期에 處理하여 下位 枝梗의 粒重을 높여 주고 있으며, 日本에서는 다찌가켄이 低溫에서 登熟을 促進하는 生長調整劑로 1983年度에 이미 등록이 되었다. 앞으로 새롭게 開發되는 生長調整劑를 中心으로 登熟에 效果가 있는 藥劑를 開

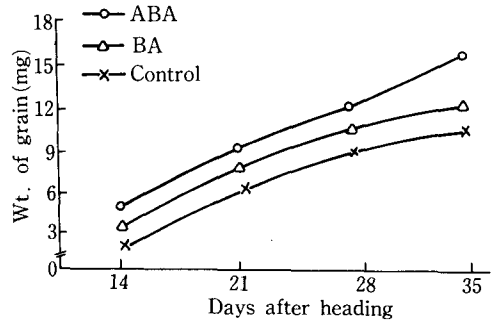


Fig. 14. Effect of ABA and BA treatments at heading stage on weight of grain under low temperature ('83 Suh).

發하여야 하겠다.

마. 벼 安全作期の 體系確立

우리나라는 벼栽培期間이 制限되어 있고 畝利用率을 높이기 위한 方法으로 安全作期를 策定하여 그 범위내에서 安定된 벼栽培를 하는 것이 重要하다. 이제까지 數年에 걸친 研究結果를 土臺로 하여 水原地方의 安全作期體系를 作成한 것을 그림 15에 表示해 보면 稻作期間의 日平均 氣溫 및 最高, 最低 氣溫을 基本으로 하여 出穗期를 中心으로 한 登熟 溫度를 策定하고 그에 알맞는 生育期間을 맞추어서 移秧限界期를 定하면 된다. 即 水原地方에서는 安全 出穗限界期를 7月 下旬에서 8月 中旬으로 본다면 8月 15日를 完全出穗 限界期로 보고 出穗後 40日間의 積算溫度를 880°C로 본다면 成熟晚限期는 10月初에 달하게 되므로 秋冷없이 安全栽培를 할 수 있다. 이와 같이 各 地域의 氣象條件에 알맞는 安全 作期體系를 確立하여 그에 알맞는 品種育成 및 栽培를 해야 한다.

以上과 같이 몇가지 冷害輕減 對策에 대하여 알아 보았으나 綜合적으로 보면 크게 冷害輕減의 恒久的인 對策, 事前對策 및 應急對策으로 크게 3區分 할 수가 있다. 첫째로 恒久的인 對策은 ① 土壤改良, 水利施設의 정비 등 土地의 基盤組成이고, ② 耐冷性 品種의 育成 普及, ③ 溫水池, 溫水路 및 集水口 등 設置, ④ 방풍림의 設置로 冷氣流를 차단하는 등이다. 둘째 事前對策은 ① 適品種 適地栽培, ② 健苗育成, ③ 安全作期 體系確立으로 適期 栽培, ④ 合理的인 施肥, ⑤ 合理的인 물관리가 必要하다. 마지막으로 應急대책으로는 ① 심수관개, 주간단수 야간 심수, 水溫上昇, ② 追肥 時期와 量의 調節, ③ 生長調整劑의 利用, ④ 病蟲害 防止 등이다.

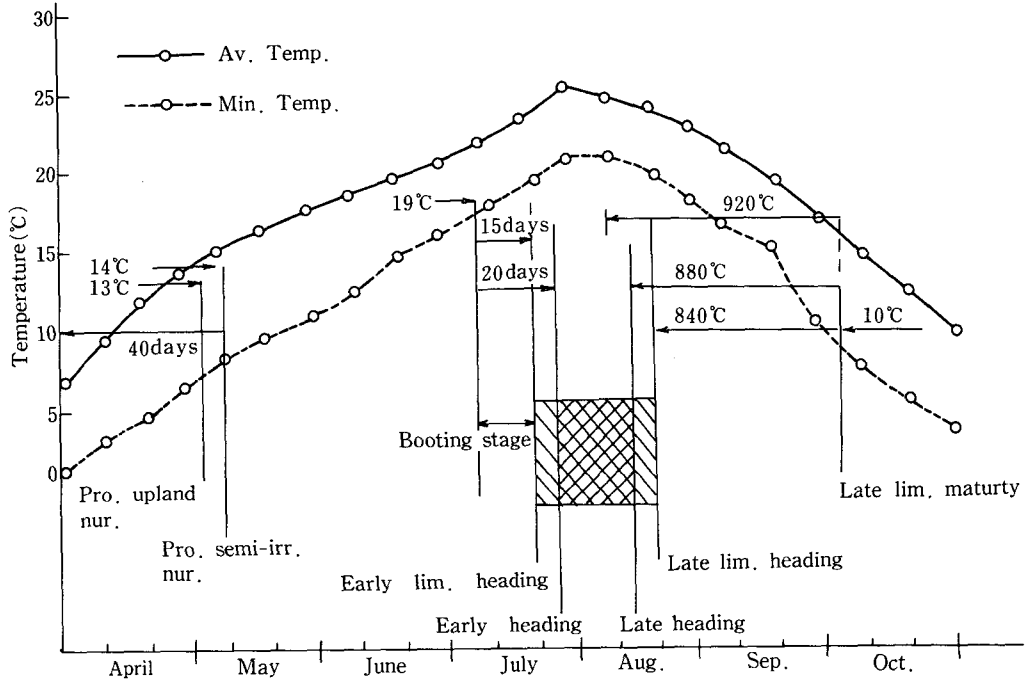


Fig. 15. Diagram of the optimum cultivation time of rice based on temperature in Suweon, Korea¹⁴⁾.

摘要

우리나라의 벼 안전재배는 기상환경에 의해서 크게 左右된다. 그러므로 기상災害를 輕減시키기 위한 新品種의 育成 및 栽培法 研究는 매우 重要하다. 그중에서도 벼의 冷害는 그동안 여러번에 걸쳐 심한 被害를 가져다 주어 그 重要性이 確因되어 많은 研究가 實施되었다.

本 論文에서는 이와 같은 冷害의 發生原因과 機作을 살펴보고 그 輕減對策을 綜合하여 보다 더 效率的인 研究와 實質的인 栽培의 基礎資料로 活用하고자 한다.

1. 우리나라 벼 冷害 常習地는 全國的으로 1,709 個所에 約 15,522 ha에 分布하고 있다.
2. 벼 幼苗期 冷害는 發芽不良, 赤枯現象, 枯死 및 沓묘의 發生 등으로 나타난다.
3. 營養生長期의 冷害는 活着不良으로 分蘖數가 減少하여 單位面積當 穗數가 적고, 生育遲延 및 幼穗形成 遲延으로 出穂가 遲延된다.
4. 生殖生長期 初期의 冷害는 枝梗 및 穎花의 退化, 發育停止가 되고, 減數分裂期에는 花粉發育의 阻害로 不稔이 增加되고 穗長이 短縮되며 出穂遲延

으로 收量減少에 큰 影響을 준다.

5. 出穂 및 登熟期 冷害는 開花, 出穂遲延으로 受粉, 受精이 不良하며 이삭목의 抽出不良, 登熟不良 및 쌀의 米質이 不良하게 된다.

이상과 같은 冷害를 輕減시키기 위한 技術施策으로는,

6. 中山間地 및 山間高冷地에 適用되며, 耐冷性이 높은 品種育成
7. 밭못리 育苗과 ABA, 후치왕, 다찌에스 등의 生長調整劑를 利用한 健苗育成
8. 冷水畚이나 冷害常習地에서는 土壤改良 및 有機物 施用으로 保肥 및 保水力の 增大로 冷害防止하고, 合理的인 施肥로 튼튼한 벼生育을 가져 온다.
9. 冷害時에는 깊게 물대기와 冷水관개시에는 水회수로, 비닐투브 등을 利用한 水溫度 높여 주기 등 合理的인 물관리가 必要하다.
10. 各 地域의 最高, 平均, 最低溫度를 基本으로 한 安全作期를 策定하여 適期에 適品種을 栽培하여야 한다.

引用文獻

1. 안수봉·이석순·윤성호. 1973. 벼의 중자발

- 아 및 모생육에 대한 온도반응의 품종간 차이와 보은육묘 및 최아파종의 효과에 관한 연구. 농시연보15(작물편) : 7-14.
2. 天野高久. 1983. 推肥を施用しれ水稻の形態と機能 一種子期不稔に關連して一, 日作紀 52 : 395-401.
 3. 崔鉉玉·安壽奉·許輝·吳潤鎮. 1977. 벼 出穗後의 氣象이 登熟에 미치는 影響. 作物試驗場研究報告(人工氣象室編 I) : 115-132.
 4. Hayase H., T. Satake, I. Nishiyama and n. Ito. 1969. Male Sterility Caused by Cooling treatment at the meiotic stage in rice plant. II. The most sensitive stage to cooling and the fertilizing ability of pistile. Proc. Crop Sci. So. Japan 38(4) : 707-711.
 5. 許輝. 1978. 水稻 Indica x Japonica 遠緣交雜品種의 生理 生態的 特性에 關한 研究. 特別 溫度反應은 中心으로 農試研報 20(作物) : 1-48.
 6. 田炳泰·趙守衍·李鍾薰. 1987. 벼 種子 發芽性에 關한 研究. 作物試驗研究報告書(人工氣象室篇 II) : 5-18.
 7. 李文熙·李東珍·朴錫洪·盧泳德·李鍾薰·朴來敬. 1987. 벼 生殖生長期, 出穗期 및 登熟期 耐冷性的 品種間差異. 作物試驗場研究報告書(人工氣象室篇 II) : 38-59.
 8. 李弘柘·田口啓作. 1969. 種子의 低溫 發芽性에 關する 研究. 第1報 低溫發芽性的 品種間差異. 北大農邦紀 : 63-71.
 9. 森田弘彦·村上利男. 1981. 寒地水稻の作期の計劃化について. 第1報 有效積算氣溫と出穗期の關係. 日作紀 50 : 338-343.
 10. Murakami T., 1982. Analytical studies on the planning of rice cultivation schedule in the cold district. Res. Bull. Houkido Nat. Agr. Exp. Sta. 133 : 61-100.
 11. 中堀登示光·三木弘乘·本田勝雄·松田乾男·佐藤尚雄. 1974. 水稻の機械移秧栽培に關する生態的研究. 第3報 移植期における溫度條件について. 日作紀東海支會 16 : 15-16.
 12. Nishigama I., 1976. Male sterility caused by cooling treatment at the young micro spore stage in rice plant. XIII. Ultrastructure of tapetal hypertrophy without primary wall. Pro. Crop Sci. So. of Japan 45(2) : 270-277.
 13. 西山岩石. 1985. イネの冷害生理學. 北海道大學圖書刊行會. 札幌 日本.
 14. 농진청, 1981. 水稻冷害實態 分析과 綜合技術對策, 農村振興廳.
 15. _____. 1986. 韓國의 農業氣候 特徵과 水稻 氣象 災害對策. 農村振興廳.
 16. _____. 1988. 食糧增産技術 指導 指針. 農村振興廳.
 17. 農林水産部. 1988. 農林水産主要統計. 農林水産部.
 18. 佐竹徹夫. 1976. イネの障害型冷害における冷温感受性期の確定. 北海道農業試驗場報告 113 : 1-36.
 19. 佐竹徹夫·小池況夫. 1981. イネの開化冷温處理による不稔. 柱頭上の受粉數と發芽水分數からみた不稔の原因. 日作紀 50(別 2) : 207-208.
 20. 紫田和博·佐佐木一男. 1970. 時期別の氣溫. 水溫處理が水稻の生育に及ぼす影響. 日作紀 39 : 401-408.
 21. 田中稔. 1962. 水稻の冷水並びに出穗遅延障害に關する研究. 青森縣農試研報 7 : 1-107.
 22. Yoshida S. and T. Harra. 1977. Effect of an temperature and light an grain filling of an Indica and Japonica Rice. Soil Sci. Plant Nutr. 23 : 93-107.