

## 氣象災害와 水稻栽培上의 対策

柳寅秀\* · 李鍾薰\*\* · 權容雄\*\*\*

### Improvement in Rice Cultural Techniques Against Unfavorable Weather Condition

Ryu, I. S., J. H. Lee\*\* and Y. W. Kwon\*\*\*

#### ABSTRACT

The climatic impacts have been the environmental constraints with soil characteristics to achieve self sufficiency of food production in Korea. In this paper, the distribution and appearance of impacts and the changes in climatological status due to recent trend of early transplanting of rice are widely discussed to derive some countermeasures against the impacts, being focussed on cultural

A long term analysis of the climatic impact appearances of the last 74 years showed that drought, strong wind, flood, cold spell and frost were the major impacts. Before 1970's, the drought damage was the greatest among the climatic impacts; however, the expansion and improvement of irrigation and drainage system markedly decreased the damage of drought and heavy rain. The appearance of cold damage became more frequent than before due to introduction of early transplanting for more thermophilic new varieties. Tongil lines which were from Indica and Japonica crosses throw more attention to cold damage for high yields to secure high temperature in heading and ripening stages and lead weakness to cold and drought damage in early growth stage after transplanting. The plants became subject to heavy rain in ripening stage also.

For the countermeasures against cold damage, the rational distribution of adequate varieties according to the regional climatic conditions and planting schedule should be imposed on the cultivation.

A detoured water way to increase water temperature might be suggestable in the early growth stage. Heavy application of phosphate to boost rooting and tillering also would be a nutritional control method. In the heading and ripening stages, foliar application of phosphate and additional fertilization of silicate might be considerable way of nutritional control.

Since the amount of solar radiation and air temperature in dry years were high, healthy plants for high yield could be obtained; therefore, the expansion of irrigation system and development of subsurface water should be performed as one of the national development projects.

To minimize the damage of strong wind and rainfall, the rational distribution of varieties with different growing periods in the area where the damage occurred habitually should be considered with installation of wind breaks. Not only vertical windbreaks but also a horizontal wind break using a net might be a possible way to decrease the white heads in rice field by dry wind.

Finally, to establish the integrated countermeasures against the climatic impacts, the detailed interpretation

\* 農業技術研究所, \*\* 作物試驗場, \*\*\* 서울大學校 農科大學.

\* Senior Researcher, Institute of Agriculture Sciences, \*\* Senior Researcher Crop Expt. Sta.,

\*\*\* Professor, Seoul National Univ., Suwon 170, Korea.

on the regional climatic conditions should be conducted to understand distribution and frequency of the impacts. The expansion of observation net work for agricultural meteorology and development of analysis techniques for meteorological data must be conducted in future together with the development of the new cultural techniques.

## 緒 言

우리나라는 米作地帶中 東南아시아 및 그밖의 地帶에 비해 單位生産量이 높은 편이지만 日本과 함께 緯度上으로 가장 높은 곳에 位置하여 低溫地帶에 속하여 ฝน의 영향으로 降水가 集中되어 있는 7, 8月 豪雨期에는 風水害를, 봄과 가을에는 定期的인 旱魃을 겪는 등 각종 氣象災害가 정도의 差異는 있어도 거의 해마다 일어나고 있다.

한편 '70年代에 들어서면서 世界的인 異常氣象의 빈번한 發生에 따라서 災害가 늘어나고 있으며 특히 '80년에는 極甚한 冷害로 인하여 米穀 生産量이 全國的으로 40%以上 減收되는 被害를 經驗하게 되므로서 農業氣象研究의 重要性이 커지고 있다.

그러나 現在까지는 水稻의 收量性 向上만을 위하여 施肥法 改善, 病虫害의 管理 등 栽培技術의 發達과 多收性 新品種의 普及에 集中되어 왔을 뿐 氣象災害 對策에 관한 研究는 매우 未洽한 狀態에 있다.

統一系를 중심으로 한 新品種들은 收量性이 높기는 하나 生育期間中 높은 溫度와 더 많은 日射量을 要求하므로 이를 充足시키기 위하여 早期栽培를 통한 作期の 移動을 수반하게 되었다. 이와 같이 移秧期를 앞당기므로서 어린묘가 低溫狀態에 놓여지게 되고 移秧期 旱魃에 미치는 영향이 相對的으로 커졌음은 물론 出穗期가 過去 8月 15日~30日에서 8月 5日~20日정도로 앞당겨지므로서 豪雨期 風水害의 영향이 더욱 커지게 되었다. 따라서 筆者들은 作期移動에 따른 우리나라 水稻栽培期間中 氣象特徵을 전반적으로 比較檢討하고 이에 수반되는 氣象災害 樣相과 栽培上의 對策에 대하여 論하고자 한다.

### 1. 氣象災害의 種類와 發生分布

水稻作에서 중요한 氣象災害로는 冷害, 旱害, 水害, 風害를 들 수 있다.

우리나라에 있어서는 水稻 生育期間中 氣象災害 發生分布를 보면 冷害는 全生育期間에 걸쳐 發生하나 旱害는 移秧期를 중심으로 해서, 風害와 水害는 豪雨期인 7, 8월에 集中的으로 나타나고 있다.

1908년부터 1980년까지 水稻收量의 變遷을 그림 1에서 보면 꾸준히 收量增加의 傾向을 보이지만 年次別 變異差異가 커서 작제는 10%, 크게는 40%로 그 幅이 매우 크게 나타나고 있는데 그 原因이 주로 氣象災害에 기인한 것임을 알 수 있다

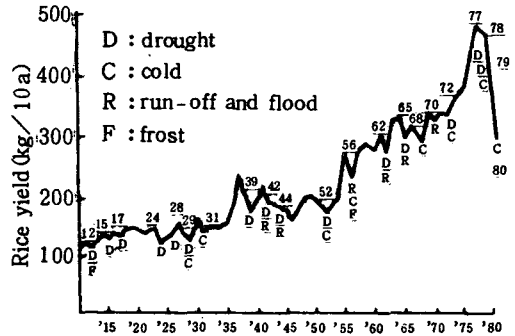


Fig. 1. A long term appearance of the significant climatological damages since 1908(Unpublished data).

被害樣相을 보면 70年代 이전까지는 旱水害에 의한 被害가 컸으나 그후부터는 그 被害가 작아진 반면 冷害의 深度가 크게 나타나서 '80년과 같은 冷害年에는 單位生産量이 15年前 水準으로 떨어지는 被害를 나타내고 있다. 한편 同期間中 현저했던 氣象災害 發生<sup>13)</sup>을 보면 旱害 16回, 冷害 7回, 浸水害 6回로서 旱害는 每 4.4년에 1回꼴로 가장 많은 災害임을 알 수 있다. 이를 年代別로 分析해보면 '40年 이전까지는 旱害가 주된 災害이었으며 '40年에서 '70年 사이에는 浸水害의 發生이 集中되어있고 '70年 이후에는 冷害出現이 많아지고 있는 것이 特徵이다.

浸水害의 出現이 1940년부터 많아지게 된 것은 그 당시의 時代的 背景으로 보아 遊休地로 있던 河川敷地와 低地帶가 畜作地帶로 開發되는 한편 解放後 山林의 荒廢化에 의해 被害素地가 늘어났기 때문인 것으로 생각되며 1970年 以後 記錄의인 浸水害가 사라지고 旱魃條件이 豊凶에 미치는 影響이 적어진 것은 그동안 國家經濟의 發展으로 耕地整理事業과 水利施設이 크게 擴張改善되어 나타난 結果인 것으로 볼 수 있다.

災害種類別로 地域的 發生分布를 살펴보면 다음과 같다.

가. 旱魃; 旱魃의 種類는 크게 나누어 移秧期 前後인 5~6월에 나타나는 移秧期 旱魃과 水稻栽培期間中 生理水 不足에 의한 旱魃로 區分되나 그림 2에서 보는 바와 같이 移秧時期인 5,6월에는 降雨量에 比하여 水面蒸發量이 많아서 旱魃이 따르게 되어 있어<sup>6)</sup> 現實的으로 移秧期 旱魃이 더 重要하다.

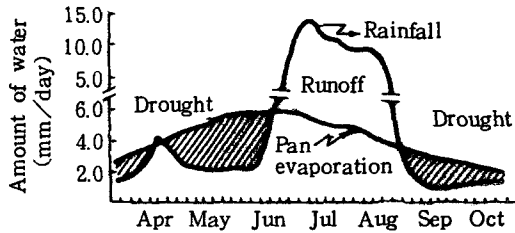


Fig. 2. Rainfall and evaporation distribution (1965~1981).

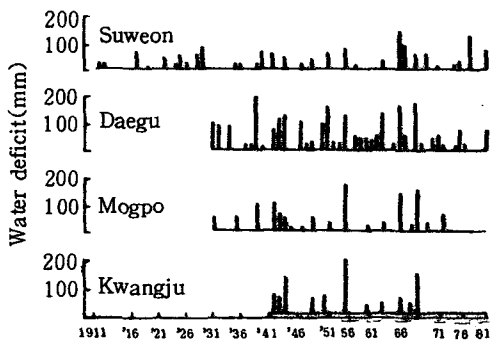


Fig. 3. Water deficit during the transplanting time based on the difference between rainfall and water demand of rice plant (Jung et al, 1982).

移秧期 물 不足量을 年度別로 計算해보면 그림 3과 같이 나타나서<sup>2)</sup> 거의 10~12년 週期를 갖고 물 不足 年度가 集中的으로 나타나는 것을 알 수 있으며 이는 太陽黑點 活動週期 11년과 關聯이 있다는 說을 뒷받침하고 있다.

地域的으로 보면 大邱地方이 물 不足 發生頻도가 가장 많아서 대체로 2~3년에 1회의 甚한 旱魃이 나타나는 것으로 되어 있다. 그러나 移秧期 旱魃은 그동안 貯水施設과 水利施設의 擴大 및 地下水 開發에 의한 非常對策的인 揚水灌溉措置에 의하여 '77년과 '78년에 經驗한 바와 같이 어느 정도 克服하고 있

으며<sup>8)</sup> 水利安全畵에서는 오히려 旱魃年度에 水稻收量性이 높은 것이 認定되어 있다. 다만 施設年度가 오래된 貯水池는 그동안 土砂의 流入으로 埋沒되어 貯水量이 減少되고 또 移秧期가 당겨짐에 따라 水温이 充分히 上昇하지 못한 地下水를 灌溉하고 있어 이에 따른 問題가 고려되어야 하며 이를 위한 研究가 이루어져야 할 것이다.

나. 冷害; 水稻作에 있어 冷害가 最近에 와서 가장 큰 災害로 擧論되고 있는 것은 世界氣象學者들이 展望하는 바와 같이 現世紀는 溫暖期에서 寒冷期로 접어드는 移行期間에 걸쳐있어 氣象異變이 빈번히 發生되고 있으며 低温의 出現頻도가 많을 것이라는 主張<sup>7)</sup>이 있고 現實的으로는 우리나라의 多收性 品種인 統一系 品種이 低温에 弱하며, 多收栽培를 위해 그동안 移秧期가 크게 早期化되었다는데에 있다.

冷害는 山間高冷地나 冷水溶出畵等 特殊한 地域에 일어나는 局地的 冷害와 大氣圈의 異常氣象의 發生으로 일어나는 全國的인 冷害가 있는바 '80년의 極甚한 冷害가 그 代表的인 것으로 指摘할 수 있다.

前者的 경우에는 대부분 冷害常習地에서 發生하는 것이므로 능히 豫測을 할 수 있고 冷害에 강한 品種의 選定이라든지 栽培의 技術等을 동원하면 어느 정도 그 被害를 줄일 수 있지만 後者的 경우는 그 豫測이 不可能하고 또 무작정 冷害만을 피하기 위하여 多收稔面을 犧牲하면서 栽培法을 바꿀 수도 없다. 결국 過去の 冷害年發生의 類型과 地帶別 發生頻도를 檢討하여 이에 대한 品種의 選擇, 作期의 選定 및 栽培法 檢討등에 의한 對策을 樹立할 수 밖에 없다.

低温의 出現은 水稻의 全生育期間에 걸쳐 不規則的으로 나타나지만 6,7월 低温은 生育遲延型으로 나타나서 極甚한 被害를 가져오지 않으나 8,9월 低温은 障害型 이어서 收量에 미치는 影響이 크기 때문에 더욱 問題視하고 있다.

그림 4는 水原地方의 8月中 平均氣温의 年度別 變異를 例示한 것으로서 대체로 23℃에서 27℃ 사이에서 年間 變異幅이 큰 것을 볼 수 있고 특히 '70년以後에는 平均氣温 25.5℃보다는 約 2℃(2·SD) 낮은 極甚한 低温年('72년과 '80년)이 出現하고 있는 점에서 注目되며 이러한 추세는 世界的인 異常氣象의 發生과 더불어 당분간 계속될 展望이다.

水稻生育期間인 5월부터 9월까지 低温年度의 類型分類 結果를 表 1에서 보면 地域別로 달라서 東海岸 江陵은 8,9월 低温出現이 가장 많고 春川은 初期 低温型이, 大邱는 後期低温型이 많으며 全州와 光州

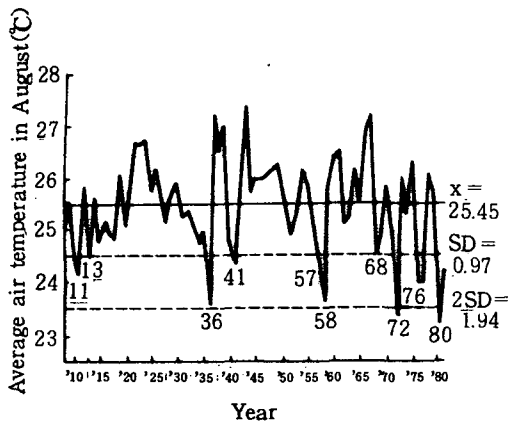


Fig. 4. A long term changes in air temperature in August from 1908 to 1981(Unpublished).

Table 1. Appearance of the low temperature type for recent 16 years.

Area	Low temperature type*					
	I	II	III	IV	V	VI
Kangreung	1	1		1	4	1
Chuncheon	2	3		1	1	
Suwon		3	3	1	1	2
Daegu	1	1		2	2	2
Jeonju	1	3	1		2	2
Kwangju		3			3	2
Total	5	14	4	5	13	9

\* Low temperature appeared during May and June(I), June and July(II), July and August(III), August(IV), August and September(V), and long term(VI), respectively.

는 初期와 後期低温으로 兩分되어 6, 7月 低温型和 8, 9月 低温型이 많을 뿐 아니라 長期低温型도 많은 것으로 나타나 있다.<sup>12)</sup>

水稻收量에 미치는 影響은 '80年度와 같은 長期低温型이 가장 심하여 8月 低温型和 8, 9月 低温型 동 後期低温型의 被害가 前期低温型보다 크기 때문에 近年에 와서 多收性 新品種들에 대한 早期栽培가 더욱 強調되어 왔다.

다. 風水害; 風害와 水害는 豪雨期인 7~8월에 同時에 일어나기 쉬우므로 그 被害量을 엄격히 區分하기는 어렵다. 風水害는 7月 中旬과 8月 下旬에 極值를 나타내는 경우가 많으며 水害는 주로 장마 前線과 颱風의 活動에 의해서, 風害는 단순히 颱風에 의하여 나타난다.<sup>3)</sup>

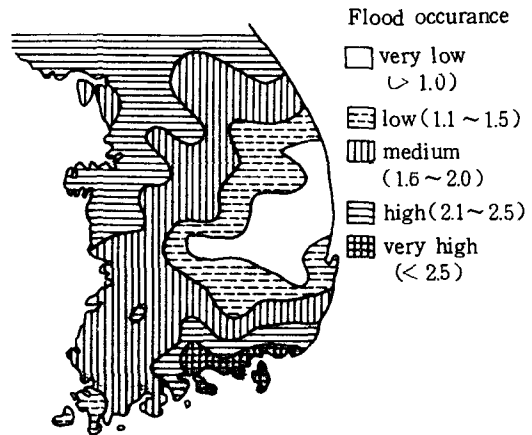


Fig. 5. Areal distribution of flood occurrence based on the number of heavy rainfall higher than 80mm/day.

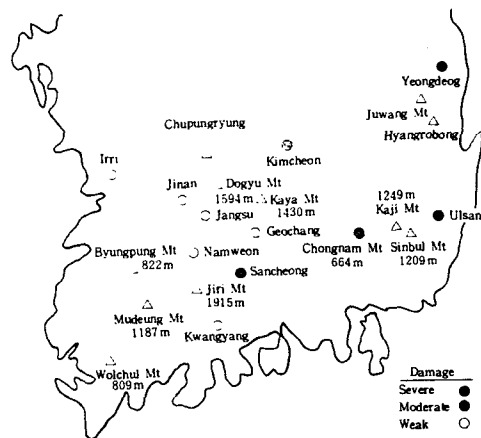


Fig. 6. Distribution of rice white head occurrence by the Typhoon Erbing in 1979(Unpublished).

日降水量 80mm 이상을 洪水發生 可能性의 指標로 보고 地域區分을 하여 보면 그림 5에서와 같이 南海岸의 中部以東에 暴雨發生頻도가 높은 區域으로 나타나 있으며 그중에서도 蟾津江 下流의 河東一帶는 年 3회 꼴로서 全國적으로 가장 큰 發生頻도를 나타내고 있다.<sup>3)</sup> 이에 比하여 湖南地方은 적은 편이며 颱風上陸地點인 木浦에서 적은 것이 特異하다.

水稻에 대한 風水害는 豪雨에 의한 浸水와 強風에 의한 倒伏被害가 나타나나 颱風後에 비가 멈추면서 高温·低温·強風條件이 형성되면 白穗現象의 被害를 발생케하며 立地條件에 따라 被害強度는 달라진다.

浸水常習地帶로는 全南의 光陽과 慶南의 河東 및 晉州等地를 들수 있는데 이러한 常習地에서는 早期

返水할 수 있는 排水施設, 그리고 浸水時期에 穗孕期를 회피할 수 있도록 品種과 移秧時期를 調節하는 對策이 必要하다.

颱風은 風水害를 동반하게 되지만 '79年과 '81年의 경우와 같이 上陸直前 弱화된 颱風이 通過될 때에는 乾燥風으로 變하여 白穗(颱風 來襲 3~4日前 出穗한 品種)의 發生 및 잎의 破裂症狀의 被害를 主게

된다.

'79年度の 被害가 甚한 地域의 發生 條件을 보면 平均溫度 26.1~28.0℃, 濕度 53~63%, 風速 8.5~10.5mm/sec 이었고 特히 標高 600~1200m의 高山下에 있는 平野部나 谷間地에서 主로 甚하게 發生되었으며 Föhn現象과 溪谷風에 의하여 局地的으로 發生되었던 것이 特徵이다.

**Table 2.** Changes in climatological conditions between the past and present cropping periods in Suweon(Unpublished data)

Climatological factor	Growth stage							
	Transplanting		Transpl. ~ Heading		Heading		Ripening	
	Past	Present	Past	Present	Past	Present	Past	Present
	6.1~6.15	5.21~6.5	6.11~8.20	5.31~8.10	8.16~8.25	8.6~8.15	8.21~9.30	8.11~9.20
Air Temp (°C)	19.6	18.2	24.0	23.1	24.9	25.6	21.0	23.0
Rainfall (mm)	228.4	205.0	650.8	568.1	116.3	95.5	226.5	323.5
Sunshine hour(hour)	7.4	7.4	5.7	5.9	5.6	5.6	6.2	5.9
Relative Humidity (%)	74.9	73.1	81.2	80.1	80.3	83.6	79.4	80.4
50mm/day storm occur. (times/year)	0.1	0.1	3.7	2.9	0.7	0.7	1.2	2.0
7m/sec Wind occur. (day/year)	1.2	1.3	3.1	4.1	0.4	0.3	0.9	1.1
Diurnal Temp. Difference (°C)	10.7	11.3	8.2	8.6	8.1	7.9	9.9	9.0

**Table 3.** Changes in climatological conditions between the past and present cropping periods in Jinju(Unpublished data)

Climatological factor	Growth stage							
	Transplanting		Transpl. ~ Heading		Heading		Ripening	
	Past	Present	Past	Present	Past	Present	Past	Present
	6.21~6.30	6.11~6.20	6.25~8.27	6.15~8.14	8.21~8.30	8.11~8.20	8.28~10.6	8.15~9.23
Air Temp(°C)	22.8	21.3	25.5	24.9	25.3	26.6	21.1	23.3
Rainfall(mm)	567.9	499.9	585.5	502.1	142.3	67.7	223.5	337.1
Sunshine hour(hour)	5.4	5.9	6.2	6.0	5.5	7.5	5.7	5.5
Relative Humidity (%)	79.4	75.1	81.5	80.8	80.3	79.3	77.0	79.1
50mm/day storm occur. (times/year)	0.4	0.4	4.0	3.2	0.9	0.5	1.3	2.0
7m/sec wind occur. (day/year)	0.6	0.2	5.1	4.4	0.6	0.8	0.9	1.6
Diurnal Temp. Difference (°C)	8.6	9.1	9.7	8.1	8.1	8.7	9.7	8.7

## 2. 水稻移秧期的 早期化에 따른 氣象條件의 變動

多收穫 新品種의 普及에 따라 早植栽培가 적극 勸獎됨으로서 過去보다도 水稻作期가 10~15日정도 당겨지게 되었다. 이에 따른 水稻栽培期間中의 氣象條件을 水原과 晉州 두 地方에 대하여 比較한 結果 表 2 및 3에서와 같이 早期移秧으로 出穗期와 登熟期의 平均氣溫은 0.7~2.2℃ 높아져서 統一系 新品種의 登熟限界 平均溫度인 22℃를 充分히 確保하게 되어 있으나 日較差는 約 1℃, 日照時數는 0.2~0.3 時間이 減少하게 되었다. 이와 반면에 移秧期에는 平均氣溫이 1.5℃ 내외, 營養生長期인 移秧期부터 出穗期까지는 0.6~0.9℃가 낮아지게 되어 初期生育에는 不利한 影響을 주게된 結果가 되었다.

作期移動에 따른 降水量의 分布에 있어서는 現在의 早期移秧으로 移秧期 降雨量이 水原에서는 23mm, 晉州에서는 68mm가 不足하게 되어 移秧期 旱魃은 甚하여진 경향이며 登熟期에는 降雨量이 100mm 정도 많아졌을 뿐 아니라 日降水量 50mm以上인 暴雨頻度나 強風頻度가 增加하여 登熟에 不利한 條件이 되고 있다.

따라서 移秧의 早期化는 登熟氣溫을 確保한다는 側面에서는 有利하지만 初期低溫이나 移秧期의 用水量 確保面에는 더욱 不利해진 結果가 되었고, 南部地方에서는 登熟期의 風水害 可能性이 커지므로서 初期生育不振을 補償할 수 있는 營養管理 및 栽培的 對策과 아울러 구체적인 登熟期의 風水害 對備策이 講究되어야 할 것으로 생각된다.

## 3. 水稻栽培上의 對策

### 가. 低溫對策

#### 1) 地帶別 品種選擇

冷害에 對應하기 위하여 첫째로 고려되어야 할 것은 地帶別 氣象條件에 맞도록 耐冷性을 고려한 適正 品種을 選定 栽培하는 것이다. '80年 冷害에 있어 統一系品種과 一般系品種의 收量<sup>7,14)</sup>을 地帶別로 對比하여 보면 그림 7과 같이 나타나는 바 北部東海岸과 山間高冷地에서는 統一系의 收量이 一般系보다 훨씬 낮았고 內陸의 中北部 中山間地로부터 東南部 海岸에 이르는 地帶는 相互 品種間의 收量差異가 적었으며 內陸平野地에서 西南海岸地에 이를수록 統一系 收量이 一般系보다 높게 나타나 있다.

대부분의 統一系品種이 冷害에 弱하기는 하나 '80

Yield index(%)

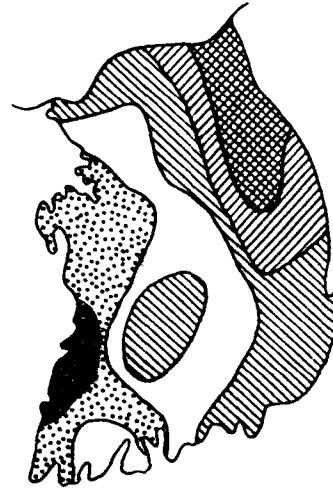
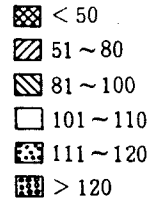


Fig. 7. Yield index(YI) between Tongil and common rice varieties in the cool year, 1980(modified by author).

$$YI = \frac{\text{Yield of Tongil lines}}{\text{Yield of common lines}} \times 100$$

年度와 같은 特殊 低溫年度에 減收가 심하다고 해서 무조건 排除한다면 平年氣象條件에서는 減産이 되는 結果를 가져오므로 統一系와 一般系 品種의 普及比率을 地帶別로 調節해야 할 必要가 있다. 예를 들면 統一系/一般系의 比率이 100% 미만인 地帶는 一般品種 普及에 重點을 두고 그 比가 100~110%인 地帶는 5:5로, 110% 以上인 地帶는 統一系 爲主의 品種安配가 必要할 것이다. 한편 그림 8의 例示<sup>7)</sup>에서와 같이 標高와 緯度에 따르는 氣溫分布를 고려하여 立地條件에 따른 品種選擇을 하여야 하며 이를 구체화하기 위해서는 地域別로 精밀한 氣象分析이 뒤따라야 하나 現在의 事情은 高地帶 農業氣象觀測所가 거의 없는 狀態에 있으므로 이에 대한 政策的 配慮가 있어야 할 것이다.

#### 2) 安全作期設定에 의한 計劃栽培

氣象災害을 회피하기 위하여는 먼저 氣象資料를 바탕으로 多角的 分析結果에 依해 地域別 安全栽培期間을 設定하여 最適한 氣象條件에서 水稻生育이 되도록 誘導해야 한다.

그러나 現在까지 널리 사용되어온 安全作期 設定方法은 그 地帶의 平均氣溫이나 平均最低氣溫만을 이용하여 移秧期, 穗孕期, 出穗期 및 成熟期를 決定하는 方法<sup>7)</sup>이어서 災害出現頻度を 뜻하는 確率論的 概念이

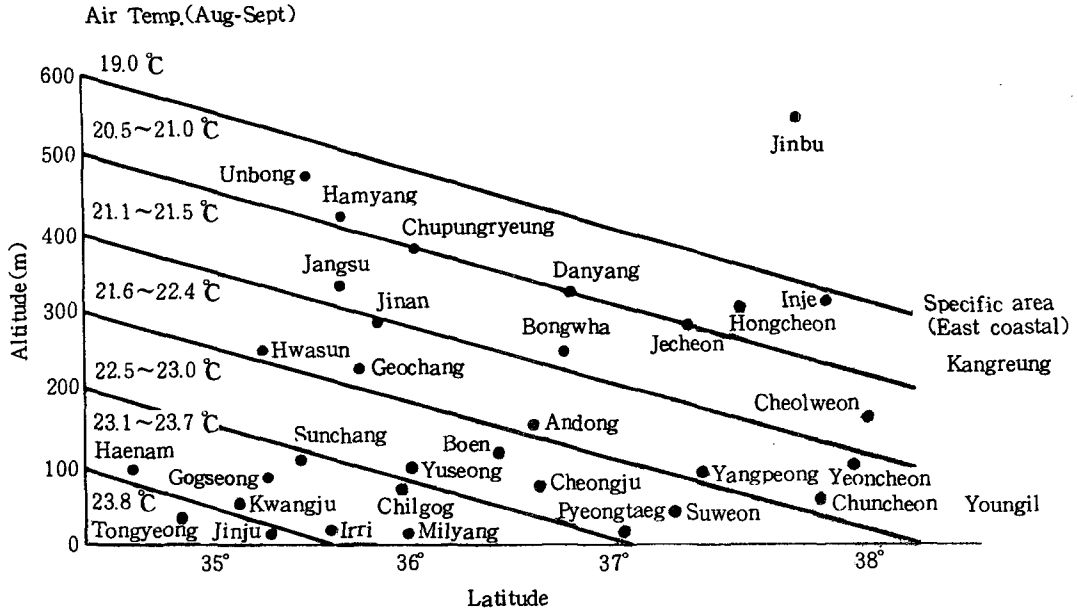


Fig. 8. Climatological classification of the agricultural area according to the August, September temperatures.

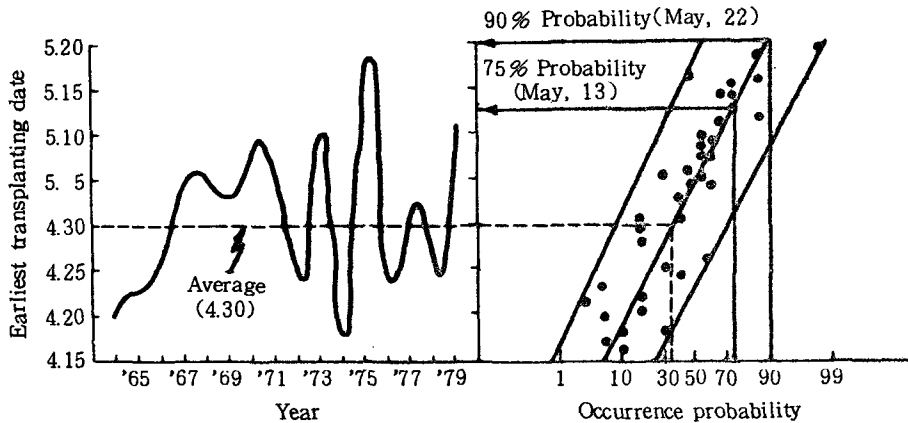


Fig. 9. Selecting the earliest rice transplanting date based on the first day of the consecutive 3 days with 15°C(I) and on the occurrence probability(II).

缺如되어 있다. 最近 이 方法을 改善하려는 研究가 試圖되고 있는 바 그 實例를 들면 다음과 같다.<sup>11)</sup>

그림 9에 소개한 移秧適期設定方法은 氣象安定性의 確率論法을 導入한 것으로서 慣行法인 平均氣溫 15°C 出現日을 基準으로 한 水原地方의 移秧期 早限日은 4月 30日로 나타나고 있으나 이를 確率法에 의해서 보면 氣象安定率은 35%線에 不遇하다. 한편 確率法에 의하여 氣象安定率 75% 및 90%에 해당

하는 移秧日을 찾으면 각각 5月 13日과 5月 22日로 나타나고 있어 現在 水原地方의 慣行移秧日 5月 25日은 매우 安全度가 높다고 말할 수 있다.

한편 出穗日을 中心하여 이에 해당하는 穗孕期, 出穗期 및 登熟期의 低溫障害 出現率을 例示해보면 그림 10과 같다.<sup>12)</sup>

江陵地方에서 統一系品種을 보면 出穗日을 앞당길 경우 穗孕期의 低溫障害 確率이 높아지고 出穗를 遲

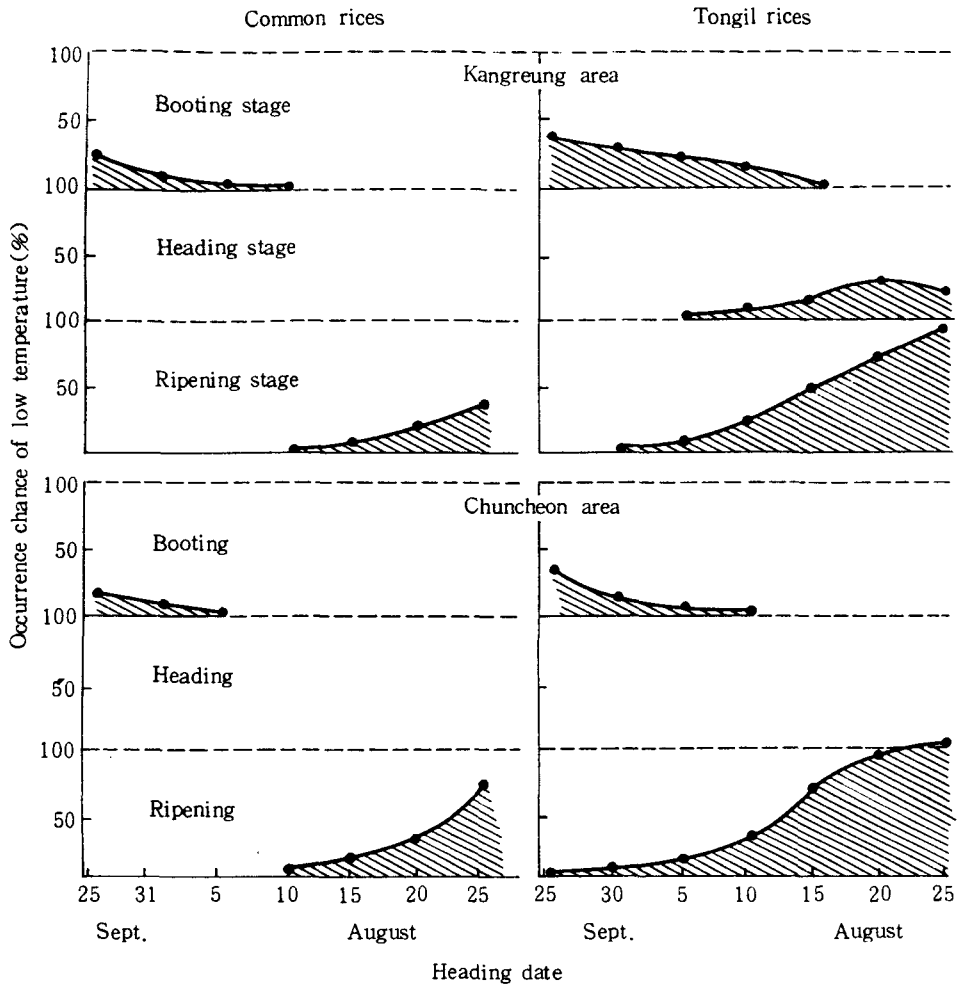


Fig. 10. Occurrence chances of significant low temperature at booting, heading and ripening stages according to the heading dates.

Table 4. Selected cropping periods on the occurrence probability of the optimum temperatures.

Area	Earliest Transplanting date		Heading date		Latest Ripening	
	75 %	90 %	Common rice	Tongil rice	75 %	90 %
Kangreung	5.15	5.25	8.1~8.15		10.13	10.2
Chuncheon	5.12	5.20	7.26~8.12	8.3~8.4	9.30	9.19
Suweon	5.13	5.22	7.26~8.20	8.1~8.10	10.2	9.26
Daegu	5.4	5.12	7.21~8.26	7.26~8.15	10.14	10.4
Jeonju	5.7	5.16	7.21~8.26	7.26~8.15	10.9	10.2
Kwangju	5.8	5.15	7.21~8.26	7.26~8.15	10.11	10.4

延시키면 역시 出穂障害 및 登熟障害의 危險度가 높아져서 安全出穂期 設定이 不可能하다는 結論에 도달하므로 이 地域에서의 統一系品種의 栽培는 어려운 것으로 判斷할 수 있고, 春川에서는 統一系品種에서는 安全出穂期間이 매우 짧기는 하지만 8月初에 出穂시키는 것이 비교적 安全한 것으로 나타나 있으며 一般



品種의 경우는 두 地域 모두 統一系品種에 비하여 安全도가 높다.

이와 같은 方法에 의해 代表的인 地域에 대한 品種別 安全作期를 設定한 것이 表4<sup>11, 12)</sup>인바 南部地帶는 北部地帶에 비하여 安全栽培期間이 길며, 한편으론 品種間 地域別 差異가 크다는 것을 볼 수 있다.

앞으로는 機械移秧을 對備하여 品種別 障害溫度 監界點을 구명하고 이와 같은 方法에 의해서 機械移秧 安全作期를 設定하여 氣象分析에 의한 計劃栽培를 實施해야 할 것이다.

이를 위해서는 많은 地點에 대한 長期 氣象觀測值가 蓄積되어야 하고 한편으로는 氣象資料의 分析方法論에 대한 研究를 더욱 發展시켜 나아가야 할 것이다.

### 3) 栽培法 및 營養管理

栽培管理面에서 본 低溫對策은 多株密植, 물管理 및 施肥에 의한 水稻體의 營養調節管理로 要約된다.

地帶別, 栽培密度를 보면 表6과 같이 低溫地帶일 수록 多株密植하며 山間高冷地의 경우 6~7本을 1株로하여 100~120株/3.3m<sup>2</sup>를 勸奨하고 있다.<sup>7)</sup> 密植은 低溫에 의한 分蘖不振의 補償의 效果外에도 低

Table 5. Number of seedling per hill at the optimum planting density for rice.

Area	Altitude	Planting density (hills/3.3m <sup>2</sup> )	Seedling number
Mountaneous cool area	400m	100~120	6~7
Mid mountaneous area	250~400m	90~100	5~6
Sub plain	100~250m	80~85 (Single crop)	4
		85~90 (Double crop)	5
Plain	100m	75~80 (Single, Northern part)	3
		75~85 (Double, Southern part)	3~4
		85~90 (Double, after barley)	5
		90~120(Double, after vegetable)	5~6
East coastal		80~100	5~7
Saline soils		100~120	5~6

溫下에서는 群落內의 溫度를 높여주는 效果가 크다.<sup>10)</sup>

물管理에 있어서는 水溫上昇을 目的으로한 迂廻水路 設置 및 P.E.Pipe 灌溉와 幼穗保護를 위한 深水灌溉가 中心이 되어야하며 基本對策으로는 粘土다짐을 통한 漏水防止策을 세워야 할 것이다.

水溫上昇은 養分의 吸收를 正常化시키므로서 健全한 生育은 물론 出穗期를 앞당기는 效果가 至大하기 때문에 가장 現實的인 對策이라 할 수 있다.

筆者의 調査에 의하면 개구리 밥과 같은 雜草는 水面被覆으로 水溫下降(約 3℃)의 效果를 줌으로 雜草除去도 水溫上昇의 한 方法이 될 수 있을 것이다. 따라서 水稻群落에 따른 水溫 및 地溫上昇의 效果究明 및 적극적 水溫上昇方法에 대한 研究가 切實하다.

그 밖의 栽培管理 對策으로는 健苗育成인 바 低溫地帶에서는 保温밭못자리로 하여 早植을 追求해야 될 것이다.

일반적으로 水苗는 平均氣溫 15.5~17℃, 保温折衷苗는 14.5~16℃, 保温陸苗는 13.5~15℃ 以上이 면 活着이 가능하다.<sup>7)</sup>

營養管理 對策은 低溫으로 인한 養分吸收 阻害를

施肥面에서 解決하려는 수단이라 볼 수 있다.

生育初期의 低溫下에서는 磷酸의 吸收抑制로 活着과 分蘖이 停止狀態로 되기 때문에 苗莖에서부터 充分量의 磷酸을 吸收시켜 高磷酸苗를 育成하는 것이 重要하다.<sup>7, 16)</sup> 이를 위해서는 山間地帶일수록 그리고 早植할수록 磷酸을 30~50% 정도 増施하는 것이 좋고 한편 冷稻熱病을 의식하여 珪酸(50~100kg/10a)도 아울러 施用하는 것이 바람직하다.<sup>17)</sup>

그동안의 研究 結果에 의하면 耐冷性에 弱한 品種일수록 그리고 一般品種 보다는 統一系品種에서 磷酸吸收가 떨어져서 水稻體의 P/N比가 低下한다.<sup>6, 7)</sup> 따라서 耐冷性이 弱한 品種에 對한 磷酸増施의 重要性이 強調된다.

生育後期 즉 出穗後에 있어서의 低溫에서는 吸收된 磷酸이 주로 葉鞘에 集積되어 生長點이나 이삭으로 移動되지 않기 때문에 出穗가 停止되기도 하며 出穗後에는 澱粉의 轉流(磷酸과 結合狀態로 移動)가 일어나지 않아 登熟이 안된채 直立이삭으로 남게 된다.

最近에 밝혀진 바로는 低溫地帶 또는 冷水流入畝에서 減數分裂期의 磷酸葉面施肥(0.5% Diammonium-

phosphate)로 3~4 일 정도의 出穗促進 效果를 보았고 '80년의 冷害年에는  $KH_2PO_4$ , 2.5%의 이삭 및 葉面施肥로 登熟促進效果(平均 7%增收)를 얻은 바 있다(農技研:未發表).

한편 生育後期에 吸收量이 많은 珪酸도 低温이 되면 吸收가 急降하여 冷稻熟病과 登熟에 影響을 주게 된다. 그림 11에서 보는 바와 같이 高冷地나 東海岸地帶에서는 平野地에 비해 珪酸의 吸收가 크게 抑制되고 있어<sup>15)</sup> 珪酸施用의 必要性은 물론이거니와 低溫地帶에서의 營養管理技術의 再檢討가 必要하다.

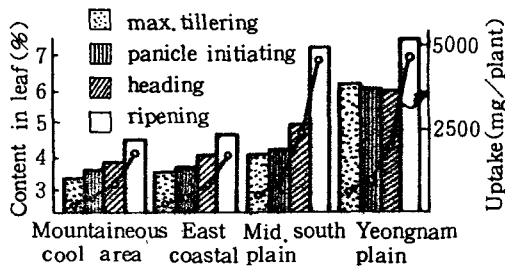


Fig. 11. Content and uptake of silicate by rice plants.

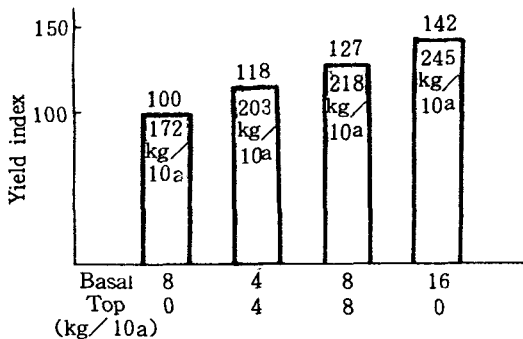


Fig. 12. Effects of basal and top(at 25 days before heading) applications of phosphorus fertilizer on rice subjected to low temperature( $17^{\circ}C$ ) for 15 days at the meiotic stage.

실제로 冷水處理畝에서 有機物과 珪酸의 效果가 크게 나타날 뿐 아니라<sup>5)</sup> 그림 12에서와 같이 充分量의 磷酸을 移秧前에 基肥로 주지 못했을 때는 追肥施用의 效果가 크게 期待되고 있다.<sup>6)</sup> 따라서 低温이 長期間 來襲하여 冷害의 危檢性이 있을 때는 磷酸이나 珪酸을 追肥의 形態로 施用하여 問題가 되는 營養分의 吸收를 助長시키는 것도 應急의 對策이 될 수 있

다. 이를 위해서는 氣象災害用 複合肥料의 開發과 葉面施肥方法 및 生長調節劑의 實用化 研究<sup>9)</sup>도 아울러 檢討되어야 할 것이다.

#### 나. 旱魃對策

앞에서 言及한 바와 같이 水稻作에 있어서 移秧期 旱魃에 의한 旱害가 가장 큰 問題로 되어 있으나 移秧期가 乾燥期인 6月上旬 以前으로 점차 앞당겨짐에 따라 灌溉用水 確保에 어려움을 겪고 있다.

過去 數十年間 國土開發事業의 一環으로 大團位 多目的댐을 建設하는 등 貯水施設을 擴大하고 地下水開發을 통한 旱魃對策을 꾸준히 推進해온 결과 '70年代 末에는 水利安全畵率이 80% 가까이 되었다고 報告된 바 있으나 이는 小溜池 및 管井 등을 포함한 水利面積일 뿐더러 많은 貯水池가 土砂의 流入 등으로 貯水容量이 減少하였고 旱魃이 계속될 때 연속적으로 供給할만한 충분한 灌溉用水를 갖는 地域이 많지 못한 實情이므로 실제 水利安全畵率은 이에 훨씬 미치지 못하는 것이 現實이다.<sup>8)</sup> 특히 全國의 貯水池中 15%는 單位貯水量이 400mm以下이고 대부분의 小溜池는 200mm 내외에 불과하므로 設사 滿水狀態라 할지라도 移秧期의 灌溉用水가 不足하고, 僅는 旱魃이 계속되면 渴水되는 實情이며, 地下水도 限界가 있기 때문에 節水栽培를 할 수 있는 栽培學的 方法도 아울러 고려되어야 할 것이다.

基本的 旱魃對策으로는 冬期間과 移秧期前까지의 降水流去水量을 效率의으로 貯水하여 水利安全畵率을 높이며 旱魃頻發 地域에 대해서는 重裝備를 이용한 深層地下水源의 開發이 緊急하다. 이와 아울러 물의 利用率向上을 위한 漏水消耗防止를 위한 灌溉水路의 施設化 등 效率의 물管理 對策도 併行되어야 할 것이다.

栽培學的 對策으로서 水稻의 生理的인 물의 必要時期를 고려한 計劃栽培에 의한 節水方法과 堆肥粉末이나 왕겨 施用 또는 비닐被覆에 의한 水分의 蒸發抑制 및 水稻體의 蒸散抑制 方法 등이 있으나 모두 소극적인 對策에 지나지 않으며 旱魃豫想地에 있어서의 適播耐晩植인 品種의 普及과 生理的인 耐旱性 品種을 育成하는 問題가 고려되어야 할 것이다.

#### 다. 風水害 對策

水害對策은 洪水를 어떻게 조절하는가에 달려있으므로 地域別 降水量의 水文分析과 河川流域의 特性을 세밀히 調查하여 長期計劃을 수립해야 하므로 이에 대한 觀測綱을 擴大해야 할 必要性이 있다.

특히 颱風이 자주 통과하는 南海岸 一帶와 4大江

流域에서 洪水범람의 被害가 크므로 이에 대한 綜合 對策이 時急하다.

風水害는 보통 짧은 時間에서는 流入水量을 단시간에 排水할 수 있는 排水施設의 確保가 急先務라고 할 수 있고 한편 많은 排水路에는 7, 8月中 줄풀이나 갈대 등의 雜草가 茂盛하여 排水를 防害하고 있어 浸水 時間을 延長하는 事例가 있으므로 이에 대한 對策도 고려되어야 할 것이다.

南海岸의 颱風 通過地域과 東海岸一帶의 冷潮風에 의한 風害地域에서는 防風林을 造成하여 長期的인 對策을 세워서 할 것이며 아울러 倒伏이나 白穗被害가 우려되는 경우에는 防鳥網을 設置하여 實效를 거둔 事例가 있으므로 앞으로는 현재까지 소홀했던 바람에 대한 研究도 發展시켜 나아가야 할 것이다.

바람은 일종의 氣團이라고 볼 수 있으며 이 氣團은 새당과 같은 物體에 닿았을 때 바람의 氣團이 分散되어 風速이 크게 減少되는 效果를 期待할 수 있다.

## 結 論

우리나라 水稻作에서의 氣象災害는 주로 旱害·風水害 및 冷害를 들 수 있는데 이들 氣象災害에 對處하기 위해서는 우선 過去의 災害氣象의 發生頻도와 類型을 分類하고 이를 기초로 하여 立地條件에 따른 農業地帶 區分과 綜合的인 對策이 樹立되어야 한다.

過去에는 주로 旱害가 豊凶을 左右하여 왔으나 水利施設의 整備로 그 被害가 점차 작아진 反面 冷害가 더 큰 問題로 登場하고 있다.

冷害가 問題視되는 것은 '70年 以後 低溫出現頻도가 增加되고 있고 低溫의 深度가 크다는데 있으며, 둘째로는 低溫에 비교적 弱한 統一系品種의 普及과 後期低溫을 意識하여 早植栽培로 移秧期가 점차 앞당겨지고 있어 初期低溫이 問題되기 때문이다.

이 結果에 依한 作期移動으로 登熟期 溫度는 충분히 確保되고 있으나 初期生育期間의 低溫障害가 커졌고 移秧期 旱魃이 多少 심하여졌으며 또한 地帶에 따라서는 暴雨의 發生回數가 增加된 傾向이다.

따라서 栽培上の 對策으로는 이러한 點이 고려되어 灌溉水温의 上昇, 健苗育成에 의한 活着과 分蘖促進 그리고 低溫에서 吸收阻害가 큰 磷酸과 珪酸의 效率의 施肥 등이 必要하다.

따라서 作期移動에 따른 氣象要因의 變動을 地域的으로 評價分析하고 이에 따른 作物生理, 植物營養 및 病虫害 分野에 있어서의 問題點을 導出하여 구체적

對應策이 樹立되어야 할 것이다.

冷害에 對處하기 위해서는 '80年 冷害의 被害分布를 기초로 地域別 品種의 選定과 氣象安定性的 確率論의 概念에 입각한 安全作期設定으로 計劃栽培 方向으로 되어야 하며 地域別 栽培의 對策을 效率的으로 實踐할 수 있도록 하는 方案이 講究되어야 할 것이다.

旱魃에 있어서는 '77年 經驗으로 본 바와 같이 移秧期 旱魃을 克服할 경우에는 高溫條件에서 日射量을 充足시킬 수 있어 豊作을 가져올 수 있으므로 初期旱魃對策에 대한 集中的 勞力이 必要하다.

이를 위해서는 深層管井開發과 灌溉裝備의 改善과 地下水의 水温調節 方法에 대한 研究가 切實하며 貯水池의 用水量 確保와 管理에 대한 檢討가 必要하다.

風水害對策으로는 被害常習地인 南海岸一帶 및 山間地에 대한 氣象觀測網을 擴大하고 風水害를 고려한 별도의 作期設定이 再檢討되어야 하며 品種安配와 作期分散으로 被害量을 最少化하는 方案과 防風林造成의 運動展開과 아울러 防鳥網에 의한 被害輕減 등 소극적 對策을 併行하여야 할 것이다.

## 引 用 文 獻

1. 정영상·유관식·오동식·임정남·유순호(1981) 기상과 토양수분 변화양상 조사, 農技研報(화학부편): 251~265.
2. 정영상·이양수·유관식·이상석(1982) A long term changes in water balance and climatic condition in Suweon area, 韓土肥誌 : 15 (4) (발간중).
3. 김광식(1976) 韓國의 氣候(一志社).
4. 김동진·예중두·이중훈(1981) 냉해방지를 위한 인산 사용방법 개선시험, 作試研報, 681~685.
5. 김동진·예중두·이중훈(1981) 냉해방지를 위한 유기물 및 규산사용효과 구명시험, 作試研報, 686~692.
6. 김영우·유인수·허일봉·음두영(1980) 수도 신육성품종의 영양흡수특성에 관한 시험, 農技研報, 489~499.
7. 農村振興廳(1981) 水稻 冷害實態分析和 綜合對策, 冷害研報.
8. 農業振興公事(1977) 旱魃克服誌.
9. 박태식·이중훈(1981) 생육 기간중 저온 내습시 냉해경감 응급대책시험, 作試研報, 515~528.
10. 이정택·정영상·유인수·김병찬(1981) 수도 군

- 락내의 미기상이 작물생육에 미치는 영향. 農技 研報(생물부편), 156~161.
11. 이정택·정영삼·유인수(1982) 확울법에 의한 수도 안전작기 설정 방법에 관하여. 韓土肥誌: 15(4), (발간중).
  12. 이양수·유인수·한원식(1981) 저온년도의 기후 유형 분류. 農技 研報(생물부편), 168~173.
  13. 李殷雄(1979) 農業上의 氣象 및 各種災害發生과 그에 대한 考察: 第Ⅱ報, 自 1910年 至 1978年 現在. 서울大 農學研究: 4(2), 93~104.
  14. 유인수·이양수(1980) 고냉지대의 '80년도 기상 분석. 農技 研報(화학부편), 566~577.
  15. 유인수·허일봉·장병준·장영선(1981) 지대별 수도의 영양특성조사. 農技 研報(생물부편) 81~90.
  16. 황선웅·최돈항·유인수(1981) 수도묘의 영양조건이 저온활착에 미치는 영향. 農技 研報(생물부편): 74~81.
  17. 黃永秀·柳寅秀·吳旺根(1981) 苗莖에서 熔成磷肥와 珪酸質肥料의 效果. 韓土肥誌, 14(4), 195~200.

## 討 論

〔要約〕 安壽奉(忠南大 農大): 水稻 冷害輕減에는 여러가지가 있음을指摘한 바 있는데 冷害抵抗性 增大를 위한 優先順位를 든다면 무엇이 될 것인지요.

〔要約〕 李鍾薰: 冷害抵抗性을 增大시키는 가장 重要하면서도 뛰어나 長期的이며 지혜를 動員해야 할 일은 高度의 耐冷性品種의 育成이며, 生育過程別로 서로 獨立인 遺傳子行動을 하는 特定 stage의 耐冷性을 綜合한 全生育過程을 통한 綜合耐冷性品種의 育成普及이라고 봅니다. 둘째는 汎國家的으로 實施해야 하는 耕地의 基盤造成을 통한 地力培養과 灌溉施設의 整備 및 防風林의 造成, 溫水池의 設置 等이라 할 것이며, 세째가 冷害輕減栽培技術의 對策으로서 健苗育成, 地域地帶別 安全作期の 策定(適期移秧), 施肥의 合理化, 改良劑의 施用, 合理的 水管理이며 아울러 冷害와 수반되는 低溫性 病害虫의 豫防의 防除 等으로 要約할 수 있으며, 이를 위해서 農民 個個人의 知識水準의 向上으로 可能하다고 結論지을 수 있겠습니다.

〔要約〕 趙東三(忠北大 農大): 冷害防止上 堆肥施用 效果에 대하여 말씀해 주십시오.

〔要約〕 李鍾薰: 耐冷性(低溫抵抗性)을 높이는 여러가지 栽培의 要因中 有機物의 施用效果에 대하여는 많은 研究가 國內外에서 이루어지고 있으나, 完熟堆肥의 適量施用이 冷害를 輕減시킨다는 效果는 認定되고 있습니다. 堆肥施用에 의해 耐冷性이 增強되는 Mechanism에 대하여는 明白한 解答이 없으나, 堆肥施用區의 벼의 뿌리의 活力이 높다는 것, 葉身의 窒素含有率에 대한 莖中의 炭水化合物含有率의 比가 높다는 것, 堆肥施用과 함께 深耕함으로써 根部의 生育領域을 넓혀 稻體가 健全生育을 할 뿐 아니라 土壤物理的으로도 土壤溫度에 대한 可變性을 줄이는 保温的 役割이 冷害輕減의 最近研究의 結論으로 解析됩니다. 最近 直接 試驗한 成績을 例示해 드리면 減數分裂期 冷水處理의 경우 完熟堆肥를 10a當 基肥로서 800~1,000kg 施用한 바 不稔率이 현저히 減少되고 登熟比率이 增大되어 22~33%의 收量增收 效果를 作試 春川出張所 冷水處理 檢定圃 試驗에서 얻었으며, 金肥만 施用한 것에 비해 堆肥施用區에서 다음 表에서와 같이 3要素의 全肥만을 施用한 區에 비하여 3要素에 每年 生藥를 秋耕時에 400~500kg 施用한 處理區에서 氣象이 正常的인 해에도 增收 效果가 認定되나 氣溫이 낮았던 冷害년에는 顯著한 增收(18~57%)를 보였습니다. 이같은 사실은 堆肥施用은 平年에서는 多收, 冷害년에는 安定된 收量을 期待한다는 것을 充分히 示唆해 주는 것으로 생각됩니다.

**Effect of rice straw application on the yield of rice in normal and cold weather.**

(Crop Expt. Sta)

Treatment	1972	1975	1977	1978	1980
	Cold	Normal	Normal	Normal	Cold
	kg/10a	kg/10a	kg/10a	kg/10a	kg/10a
N, P, K (A)	319	418	373	490	289
N, P, K+rice straw	435	451	412	536	453
(B)					
B/A × 100	118	108	110	109	157