

## 1988年度 江原道 山間 地帶의 벼 障害型冷害 實態調查

許範亮\* · 安明勳\* · 金起植\* · 金在錄\* · 史鍾九\* · 金昇卿\* · 張鎭先\* · 金得來\*

### A Survey on Cold-induced Sterility of Rice at High Land of Kangweon Province in 1988

Beom Layang Huh\*, Myung Hoon An\*, Kee Sik Kim\*, Jae Rok Kim\*, Jong Goo Sa\*, Sung Kyeong Kim\*, Jin Sun Chang\* and Duk Rae Kim

**ABSTRACT** : A survey was carried out on the cold-induced sterility of paddy rice in 1988 in the alpine area of Kangweon province when cold spell occurred during late July to early August. During this period minimum temperature as low as 8.5°C and 5.7°C was recorded at Dunnae and Jinbu, respectively. The rice cultivars, which encountered this cold spell at meiotic stage of microspore, were damaged by sterility in most alpine areas of higher than 300m in altitude. To secure spikelet fertility higher than 80% it was estimated that the minimum and average air temperature accumulated during 13 days of meiotic stage should be higher than 225°C and 285°C, respectively and/or the duration of lower than 17°C in minimum temperature should not exceed fivedays during that period.

農業은 自然環境下에서 營爲되고 있기 때문에 自然環境의 影響, 特히 그중에서도 氣象環境의 適否는 農業의 成敗를 가름한다. 즉 氣象狀態의 여하로 農作物의 豐凶이 생기기 때문에 이에 影響이 큰 農作物의 種類, 品種 및 栽培方式의 決定이 重要視된다.

1908년부터 1985년까지 78年間에 우리나라에서 發生한 氣象災害 出現回數를 보면 水害는 2~3년에 한번, 冷害는 5~8년에 한번으로 나타났다. 벼 農事에 있어서 冷害를 받기쉬운 時期는 幼苗期와 穗孕期 그리고 登熟期인데 이 時期中에서도 特히 減數分裂期는 冷害에 가장 민감한 時期로 알려졌다.<sup>1)</sup>

우리나라 水稻作에 있어서 冷害에 關한 記錄이 不充分하여 過去의 冷害實態를 正確히 把握할 수는 없으나, 比較의 最近인 1965年 以後의 記錄을 보면 1971年 冷害는 全國的으로 175,872ha에서 25,533톤의 減收被害를 입었으며 1980년에는 總 植付面積의 65.3%에 해당하는 782,107ha에서 1,583,381톤의 減收를 보여 平均作의 35% 以上の 減產을 보였다.<sup>1,6)</sup> 그외에도 局地的으로 크고 작은 冷害가 거의 每年 있었다.

最近 1988年에도 江原道內 山間高冷地帶에서는 低溫에 依한 被害가 發生하였는데 그 面積은 9,949

ha로 江原道 畝面積의 18%에 해당된다. 그중에 被害率이 80% 以上 되는 被害面積도 總面積의 5%인 2,868ha나 되었다.<sup>3)</sup>

한편 우리나라의 冷害가 念慮되는 地域은 全體는 面積의 約 20%인 239,372ha<sup>4)</sup>로 항상 冷害를 받을 수 있는 危險性이 있다.

따라서 本 論文에서는 1988年度 江原道內 山間高冷地帶에서 發生하였던 冷害의 被害樣相을 調查分析하여 氣象과 冷害와의 關係를 밝혀 보고자 하였다.

#### 材料 및 方法

本 冷害 被害 調査는 春川과 溟州(連谷)의 江原道農村振興院 試驗園場, 麟蹄郡 北面, 平昌郡 珍富面, 楊口郡 峽岸面의 一般農家 園場과 江原道內 農村指導所에서 運營하고 있는 136個 品種 比較展示園에서 調査하였다. 調査된 品種으로서 農家園場은 五台벼, 黎明벼, 小白벼, 大成벼이고, 品種比較展示園에서는 해당 市郡 適品種으로, 市郡 共通 品種은 五台벼, 大成벼, 黎明벼, 大關벼이며 以外 品種은 地帶別로 달라 標高 100m 以下 地帶는 峰光벼, 花成벼, 榮山벼, 101~200m 地帶는 花成벼, 峰光벼,

\*江原道農村振興廳 (Kangweon Provincial Rural Development Administration, Chun Cheon 200-150, Korea)

< '90. 6. 11 接受 >

雲峰벼, 小白벼, 201~300m 地帶는 雲峰벼, 小白벼, 冠岳벼, 峰光벼, 301~400m 地帶는 雲峰벼, 小白벼, 401m 以上 地帶는 小白벼, 雲峰벼, 雉岳벼, 嶺東海岸地帶는 冠岳벼, 秋光벼, 峰光벼였다.

氣象資料는 春川, 洪川, 麟蹄, 江陵은 中央氣象臺의 그 地域 測候所 調査值이고 橫城(屯內), 平昌(平昌邑)은 農村指導所 調査值이며 珍富는 作物試驗場 珍富出張所의 調査值이다. 圃場에서 調査項目으로는 稔實比率과 登熟比率을 調査하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 地帶別 氣溫

地帶別 氣溫과 벼 生育段階를 보면 그림 1, 2와 같다.

低溫 來襲時期는 高冷地帶인 珍富의 경우 7月 24日부터 8月 2日까지 10日間이고 그 외는 來襲時期는 비슷하나 低溫來襲期間은 春川, 溟州, 洪川, 橫城, 平昌順으로 2~9日間인데, 이는 7月 下旬부터 9月 下旬까지 계속된 '80年보다는 짧았으며,<sup>8)</sup> 벼 生育時期적으로 보면 대체로 7月 31日~ 8月 16日 사이에 出穗한 벼의 減數分裂期와 一致하여

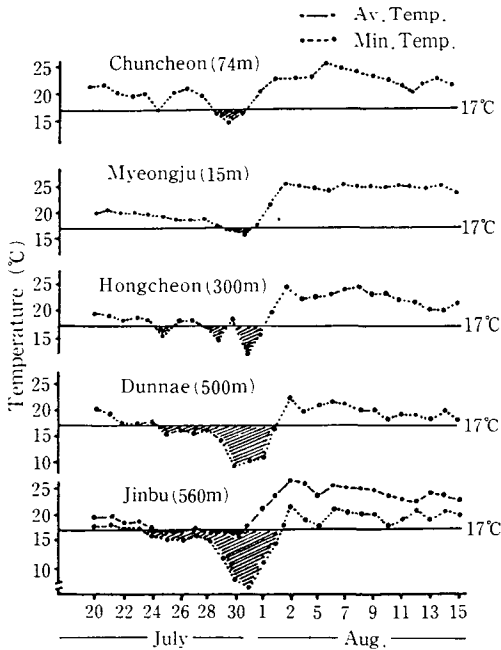


Fig. 1. Daily march of air temperature during the cold spell at several sites in Kangweon pprovince with different altitudes in 1988.

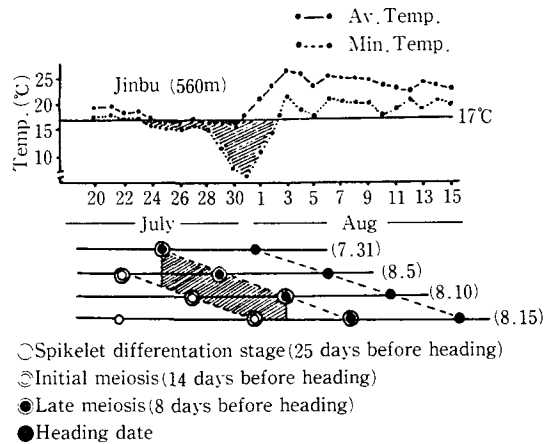


Fig. 2. Air temperature and growth stages of rice plant in Jinbu in 1988.

障害型 冷害를 유발하였다. 그러므로 7月 31日 以前이나 8月 16日 以後에 出穗한 品種들은 低溫에 依한 不稔被害가 적었다.

### 2. 低溫被害地域 分布

7月 下旬에 來襲한 低溫으로 벼의 障害型 冷害가 있었던 地域은 그림 3과 같이 標高 300m 以上되는 山間高冷地는 大部分이 被害를 입었으며, 그 중에서도 甚한 地域은 平昌 珍富, 楊口 核岸, 橫城 屯內 等이었다.

低溫 被害面積은 9,949 ha로 市郡別 被害程度와 面積은 表 1과 같이 麟蹄, 楊口, 高城, 平昌, 橫城, 襄陽順으로 面積이 많고 그外 地域은 500 ha 미만



Fig. 3. Distribution of low temperature damaged areas with greathr than 50% spikelet sterility in Kangweon province in 1988.

**Table 1.** Low temperature damage of rice at different regions in 1988.

Region (si or gun)	Cultivated area (ha)	Area damaged					Yield loss (MT)	Damaged amount (1,000 won)	Number of damaged farm house
		Total (ha)	Below 30%	30-50%	50-80%	Above 80%			
Total	55,300	9,949	1,429	2,501	3,151	2,868	25,047	23,633,108	17,891
Chuncheon	490	—	—	—	—	—	—	—	—
Weonju	980	—	—	—	—	—	—	—	—
Gangreung	1,560	—	—	—	—	—	—	—	—
Donghae	500	31	18	3	8	2	43	37,057	108
Taibaeg	6	6	—	—	—	6	19	19,087	20
Sogcho	630	252	23	75	129	25	484	463,481	311
Samcheog	70	15	1	8	5	1	24	21,012	60
Chunseong	3,260	32	15	10	4	3	127	121,322	262
Hongcheon	6,430	364	—	71	129	164	926	842,407	1,012
Hoengseong	5,525	976	226	252	452	46	2,123	2,032,687	1,474
Weonseong	5,284	16	2	9	5	—	27	25,940	52
Yeongweol	1,580	29	25	3	1	—	114	109,526	183
Pyeongchang	2,140	1,168	9	45	217	897	4,627	4,430,177	2,425
Jeongseon	800	734	43	117	242	332	1,957	1,873,631	1,781
Cheolweon	8,160	156	119	29	8	—	617	590,686	317
Hwacheon	1,640	114	25	74	15	—	405	387,669	484
Yanggu	2,150	1,525	262	420	282	561	3,868	3,703,740	1,375
Inje	1,820	1,770	131	402	719	518	4,522	4,329,343	3,092
Goseong	3,550	1,336	231	499	489	117	2,482	2,138,292	1,561
Yangyang	3,100	1,932	210	391	263	68	1,031	987,140	1,611
Myeongju	4,190	250	60	53	111	26	988	946,307	897
Samcheog	1,440	243	29	40	72	102	663	573,608	866

이었다.

**3. 出穗期와 稔實比率**

江原道内 農村指導所 品種比較 展示圃 136個所에서 調査한 地帶別 出穗期에 따른 稔實比率을 보면 表 2 와 같다.

標高別 低溫被害는 標高 200m 以下の 地帶는 稔實比率이 86.1~91.6%로 生育時期間 差가 아주

輕微하였다.

標高 200~400m 地帶는 稔實比率이 73.8~84.9%로 8月 6日부터 8月 15日에 出穗한 것은 稔實比率이 73.8~77.5% 범위였다.

標高 500m 以上 地帶는 稔實比率이 32.2~76.6% 범위에 있으며, 時期別로 볼 때 8月 1日부터 8月 12日 사이에 出穗한 것은 32.2~56.6%로 낮은 比率을 보였으며 이 기간외에 出穗한 벼는 72.6

**Table 2.** Spikelet fertility according to heading dates and altitudes in Kwangweon province, 1988. Data were obtained from 136 demonstration fields.

Altitude (m)	Heading date					
	Before Jul.31	Aug. 1~5	Aug. 6~8	Aug. 9~12	Aug. 13~15	Since Aug.16
Below 100	91.6	—	88.8	87.0	87.5	86.1
101-200	87.0	89.4	93.0	87.2	90.8	89.0
201-300	84.8	84.9	74.0	73.8	75.0	84.5
301-400	81.4	81.3	77.5	—	—	—
401-500	72.6	56.6	44.7	42.9	—	—
Above 501	76.6	52.2	46.3	32.2	69.1	—
East coastal	80.7	88.8	86.9	80.6	84.4	85.9
Mean	82.1	75.5	73.0	67.6	81.4	86.4

~76.6%의 稔實比率을 나타냈다. 이와같이 8월 9일~8월 12일 사이에 出穗한 벼가 稔實比率이 가장 낮았으며 7월 31日以前과 8월 16日以後에 出穗한 벼에서 標高에 關係없이 稔實比率이 높았는데, 이는 減數分裂時 12~15°C에서 7~10日間 低溫處理時 不稔에 가장 影響을 주며<sup>2)</sup> 時期別로는 出穗前 10~12日頃이 低溫에 依한 不稔發生이 많다는 報告<sup>6)</sup>로부터 판단해 볼 때 8월 9일~8월 12일 사이에 출수한 벼가 기온이 가장 크게 내려갔던 시기에 減數分裂成期에 처해 있었고, 그 외의 시기에 출수한 벼는 감수분열기를 지났거나 또는 이 시기에 달하지 못하여 어느 정도 이 시기를 회피하였기 때문일 것으로 판단된다.

#### 4. 標高別 溫度條件과 稔實 및 登熟比率

標高別 氣象條件과 稔實比率, 登熟比率과의 關係는 表 3과 같다.

標高別로 減數分裂期間과 登熟期間으로 區分하여 調查하였다. 먼저 減數分裂期間은 低溫來襲期間인 7월 22日~8월 3日로 보았고, 登熟期間은 8월 6日~9월 18日로 보았다. 이 期間中の 最低氣溫, 最低極氣溫, 17°C 以下 持續日數, 最低氣溫 積算溫度, 平均氣溫 積算溫度, 平均氣溫 等を 調查하고 減數分裂期間에는 稔實比率, 登熟期間에는 登熟比率과 比較하였다. 먼저 稔實에 대한 影響과 登熟에 대한 影響관계를 比較하여 본 結果 登熟比率 / 稔實比率는 0.86~0.95로 높아 登熟率에는 影響이 없었으며 등숙기간의 積算溫度로 보아도 890°C 以上으

로 氣象的으로 등숙에 充分하였다.<sup>7)</sup> 다만 稔實에서 문제가 있었던 것으로 稔實比率에서 보면 標高別로 稔實率은 49.3%에서 93% 범위에 있으며, 氣溫關係를 보면 最低氣溫은 14°C에서 19.1°C이며 最低極氣溫은 5.7°C에서 15.3°C였고, 17°C 以下 持續日數는 4~11日이며 最低氣溫 積算溫度는 182°C에서 248.5°C 범위로서 稔實比率의 影響이 컸음을 알 수 있다. 그런데 障害型 冷害에 있어서 不稔率과 障害誘發時期, 不稔原因 等에 대하여 人工氣象室에서는 깊이 있는 많은 研究가 있으나 自然狀態에서는 그렇지 못한 것 같다. 地形의 差異에 따른 局地的 微細氣象의 差異는 잘 알려져 있다. 그러나 이와 같이 微氣象의 差異에서 오는 氣溫에 따른 障害型 冷害에 對한 氣象과의 分析은 별로 없는 것 같다. 또한 平均氣溫에 依한 障害 程度는 잘 알려져 있으나 日中 最低氣溫에 따른 稔實 障害에 對하여는 調查記錄이 별로 없는 것 같다.

그림 4는 앞에서 言及한 最低氣溫의 發現이 稔實比率과 어떤 關係가 있는지를 알아보기 위한 것이다.

그림 4-A는 減數分裂期間인 13日 동안의 平均氣溫 積算溫度와 稔實比率과의 關係이고, 그림 4-B는 같은 13日間的 最低氣溫의 積算溫度와 稔實比率과의 關係이며 그림 4-C는 같은 期間 最低氣溫 17°C 以下の 持續日數와 稔實比率과의 關係이며, 그림 4-D는 最低氣溫의 強度와 稔實比率과의 關係를 본 것으로서 稔實의 限界溫度로 보고 있는 17°C에서 最低氣溫을 뺀값을 감수분열기 13日間

**Table 3.** Spikelet fertility and grain maturity according to the air temperature condition in 1988 by altitudes. (Varietal comparison demonstration field; Mean of 136 places)

Altitude (m)	Period of meiotic stage (Jul. 22-Aug. 3)				Period of maturity (Aug. 6-Sep. 18)				
	Average min. tem. (°C)	Lowest min. tem. (°C)	Days with lower than 17°C	Accumulated min. tem. (°C)	Accumulated average tem. (°C)	Average tem. (°C)	Grain maturity (%)	Spikelet fertility (%)	Grain maturity / Spikelet fertility
Below 100 (Chuncheon)	19.1	14.4	4	248.5	1,000.8	22.9	80.0	91.6	0.87
101-200 (Hongcheon)	17.4	12.3	5	226.4	1,010.9	23.0	83.0	93.0	0.89
201-300 (Inje)	17.3	11.6	5	225.1	989.0	22.5	71.7	75.3	0.95
301-400 (Pyeongchang)	18.0	14.2	5	234.5	1,035.5	23.5	73.5	77.5	0.95
401-500 (Dummae)	14.9	8.5	11	194.0	892.1	20.3	42.4	49.3	0.86
Above 500 (Jinbu)	14.0	5.7	10	182.0	899.3	20.4	47.6	50.2	0.96
Eastern coastal (Gangreung)	18.8	15.3	4	244.9	1,003.3	22.8	81.4	86.5	0.95

\* Heading date: Aug. 6~8

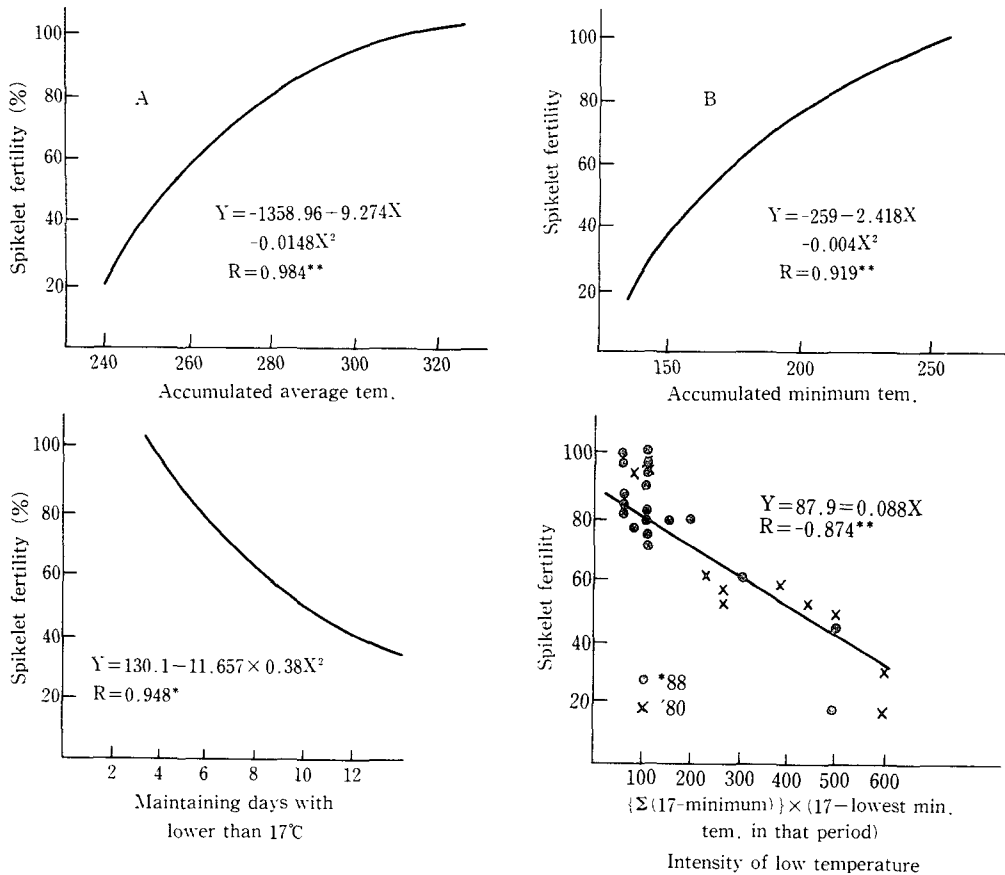


Fig. 4. Relationship between air temperature during meiotic stage and spikelet fertility. Date were pooled over varieties surveyed.

積算하고 그 期間中 氣溫이 가장 낮았던 날의 溫度差 卽 17°C에서 最低氣溫을 뺀 값을 앞에 積算한 溫度에 곱해서 얻은 값을 低溫強度로 하였다.

이와 같은 調査는 減數分裂期의 低溫은 花粉發育을 不良하게 하여 不稔比率을 增加시키며 不稔發生이 가장 많은 時期를 出穂前 10~12日頃이라고한 李<sup>5)</sup>의 報告를 根據로 하였다. 減數分裂期間(13日 동안)의 平均氣溫의 積算溫度 및 最低氣溫의 積算溫도와 稔實比率과의 關係는 積算溫도가 많을수록 稔實比率은 增加하였으며 稔實障害限界溫度인 17°C 以下 持續日數가 많을수록 稔實比率은 떨어지는 負의 相關을 보였다. 이 결과로부터 추정하여 볼 때 稔實比率이 80% 以上 되려면 減數分裂期 13일간의 平均氣溫 積算溫度 285°C, 最低氣溫 積算溫度 225°C 以上, 17°C 以下 持續日數 5日 以下로 경과하여야 함을 알 수 있었다. 한편 低溫強度 { $\Sigma(17 - \text{最低氣溫}) \times (17 - \text{最低極氣溫})$ }와 稔實比率과의 關係는 高度의 負의 相關을 보여 17°C 以下

持續되는 低溫 強度가 크면 稔實比率이 直線적으로 떨어지는 結果를 보였다. 以上の 結果로 보아 低溫의 來變程度로 稔實比率의 推定이 可能하였고 따라서 減數分裂期 低溫被害 程度別 收量推定도 可能하리라고 본다. 이때의 公式은

$$\begin{aligned} \text{收量} &= \text{總栽培面積} \times \frac{\text{總被害品種面積}}{\text{總面積}} \\ &\times \frac{\text{減數分裂期被害面積}}{\text{總被害品種面積}} \times \text{總豫想收量} \\ &\times \text{稔實障害率} \end{aligned}$$

이 된다.

### 摘 要

1988年度 江原道内 山間高冷地 等 局地的으로 發生한 冷害被害樣相을 調査分析한 結果를 要約하면 다음과 같다.

## 引用文獻

1. 低溫 經過時期는 地域間 差異는 있으나 7月 23日부터 8月 2日 사이로 減數分裂期에 해당된 벼가 障害型 冷害를 誘發하였다. 이때 最低極氣溫은 橫城郡 屯内面은 8.5℃, 平昌郡 珍富面은 5.7℃였다.
2. 低溫被害地域은 標高 300m 以上 山間高冷地가 대부분 해당되는 地域이었다.
3. 冷害被害地域의 稔實比率이 80% 以上 되려면 減數分裂期 13日間 平均氣溫 積算溫度 285℃, 最低氣溫 積算溫度 225℃ 以上, 17℃ 以下 持續日數 5日 以下로 경과하여야 함을 推定할 수 있었다.
4. 減數分裂期 低溫被害程度別 收量은 總裁培面積  $\times \frac{\text{總被害品種面積}}{\text{總面積}} \times \frac{\text{減數分裂期 被害面積}}{\text{總被害品種面積}} \times \text{總豫想收量} \times \text{稔實障害率}$ 로 算出할 수 있다.

1. 農業技術研究所. 1987. 韓國의 農業氣候特徵과 水稻 氣象災害 對策: 161~122.
2. 崔鉉玉·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: 203~210.
3. 江原道農村振興院. 1988. 試驗研究報告書: 141~147.
4. 權純國·權容雄. 1986. 農業災害와 防除科學 Work shop. 韓國技術團體 總聯合會.
5. 李文熙·朴南奎·朴錫洪. 1989. 벼 冷害發生機作과 被害輕減對策. 韓作誌. 34卷. 災害生理研究 1號: 34~44.
6. 李殷雄. 1987. 四訂 水稻作: 271~274 鄉文社.
7. 朴錫洪. 1975. 水稻 收量構成要素에 미치는 氣象影響의 解析的 研究. 韓作誌 18: 55~88.
8. 農村振興廳. 1981. 水稻 冷害 實態分析과 綜合 技術對策: 12~76.