

## 2003년 남서부산간고냉지 벼 저온피해 실태분석

박홍규 · 최원영 · 백남현 · 남정권 · 김기영 · 김상수 · 김정곤

작물과학원 호남농업연구소

(2006년 3월 7일 접수; 2006년 6월 17일 수락)

### A Survey on Low Temperature Injury of Rice at South-Western Alpine Area of Korea in 2003

H. K. Park, W. Y. Choi, N. H. Back, J. K. Nam, K. Y. Kim, S. S. Kim, and C. K. Kim

Honam Agricultural Research Institute, National Institute of Crop Science, Iksan 570-080, Korea

(Received March 7, 2006; Accepted June 17, 2006)

#### ABSTRACT

This survey was carried out to investigate the characteristics of low temperature injury in rice plants at a southwestern alpine area of Korea in 2003. During vegetative, reproductive, and ripening stage in a southwestern alpine area, mean air temperature was lower by 0.4, 3.1 and 1.7°C, respectively, as compared to those of a normal year. Minimum air temperature during the reproductive and ripening stage was lower by 2.6 and 1.7°C, respectively, as compared to those of a normal year. Sunshine hours during vegetative, reproductive, and ripening stage were lower by 40.6, 81.3 and 8.4 hours, respectively, than those of a normal year. Spikelet-sterility type cold injury occurred from the latter part of June to the middle of July, which is from panicle formation stage to meiosis stage, at temperatures less than 17°C. Spikelet sterility under normal transplanting (May 20) ranged from 16 to 58%, which was lower than that under early transplanting in the latter part of April (29 to 83%). The total area impacted by cold damage was 2,723ha in Namwon, 510ha in Sunchang, 300ha in Jinan, 250ha in Muju, and 210ha in Jangsu. Average spikelet sterility in these regions was 44%. Rice cultivars Odaebyeo, Unbongbyeo, and Jinbubyeo showed greater tolerance to low temperature than CV, Chugwangbyeo.

**Key words :** Rice, Low temperature injury, South-western alpine area

#### I. 서 론

동남아시아의 열대 및 아열대가 원산지로 추정되는 벼는 오늘날 북위 53도에서 남위 40도에 이르는 광범위한 지역에 걸쳐 재배되고 있다. 우리나라에서 벼 재배는 해발 500m 내외의 산간고냉지까지 이르고 있으나 이 지역에서는 기후입지적인 여건으로 저온에 의한 피해가 발생하기도 한다. 기상학적, 입지적 요인에 의한 피해우려 지역은 표고 200m이상인 지대, 냉조풍

지대, 음지답, 냉수 용출답 및 유출답 등 총 239,372ha로서 전체 논 면적의 약 20%에 달하고 있으며(권과 권, 1986; 농진청, 1981) 이 지역을 중심으로 저온에 의한 피해가 빈번히 발생하고 있다. 최근 저온에 의한 벼 피해를 보면 '71년 176천ha, '80년 783천ha, '88년 11천ha, '93년도에 208천ha 등 약 10년 주기로 발생되고 있으며(농림부, 2004) '03년에는 남부 산간 고냉지를 중심으로 3,993ha의 면적에서 저온 피해가 발생하였다. 냉해 경감을 위해 내냉성 품

종육성과 재배기술 개발도 지속적으로 연구되고 있는데, 내냉성 품종은 작물과학원 춘천, 철원, 상주출장소와 운봉시험지 등 중산간지를 중심으로 육성되고 있으며 재배적 방법으로 물관리, 시비, 재배시기 조절 등에 관한 연구가 수행되고 있다. 저온에 의한 냉해 양상은 품종, 재배법 등에 따라 다르지만(Kim *et al.*, 1981, 1982, 1983, 1995; Lee *et al.*, 1988) 무엇보다도 벼 생육과 수량에 직접적으로 영향을 미치는 것은 저온정도, 저온지속기간 등 기상적인 요인이 가장 크게 작용한다(Kim *et al.*, 1989; Choi and Lee, 1976). 본 연구에서는 '03년 전북 남부 산간고냉지에서 발생한 저온 피해에 대한 특성을 조사 분석하여, 이상기후에 의한 재해환경 대응 및 대책자료로 활용하고자 보고하는 바이다.

## II. 재료 및 방법

조사지역은 2003년도에 저온 피해가 발생하였던 전북 남원군 운봉읍, 아영면 및 인월면과 순창군 복흥면, 진안군 진안읍 및 안천면, 장수군 장수읍의 농가포장과 호남농업연구소 운봉시험지의 품종 전시포로서, 농가조사는 각 지역별로 읍면별 3~5개 마을을 선정하였다. 피해 농가의 품종, 재배시기별 냉해 피해양상은 기상자료 수집 및 분석이 가능한 운봉지역을 대상으로 조사 분석하였으며, 기타 지역은 불임율을 조사하였다.

피해면적 및 기타 자료는 해당시군 조사 자료치를 이용하였으며, 기상자료는 호남농업연구소 운봉시험지에 설치된 농업기상장치(CR 10X, Campbell)로부터 얻었다.

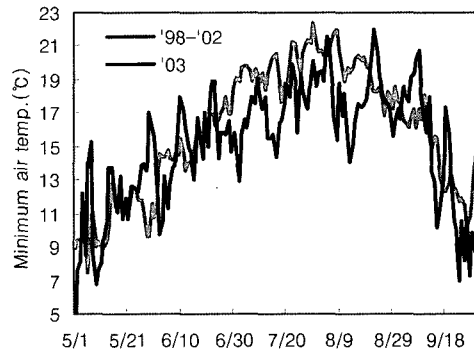
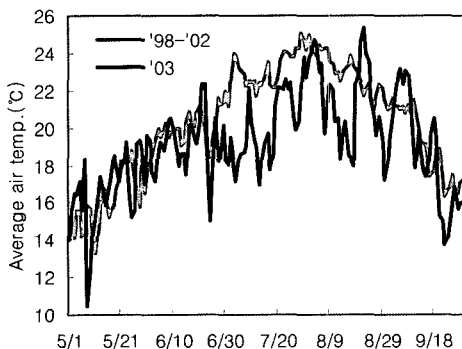


Fig. 1. Comparison of the average and minimum air temperature in average year ('98-'02) and 2003 during rice growing period in Unbong.

## III. 결과 및 고찰

### 3.1. 벼 재배기간 중의 기상

#### 3.1.1. 기온, 일조시간 및 강수량

5월에서 9월까지 벼 생육기간중의 기온의 변화는 Fig. 1과 같다. 남부 산간고냉지의 벼 이앙기인 5월 상순에서 중순까지 평균기온은 평년대비  $0.6^{\circ}\text{C}$ 가 높았으나 6월 상순부터 낮아지기 시작하여 7월 상순과 중순에  $19.1^{\circ}\text{C}$ 로 평년대비  $3.6^{\circ}\text{C}$ 가 낮았고, 8월 중순에  $3.1^{\circ}\text{C}$ 가 낮았으며, 이후에도 8월 하순과 9월 상순을 제외하고 저온으로 경과되었다.

최저기온은 평균기온의 경과와 비슷한 경향으로, 벼 이앙기인 5월 상순에서 중순까지 평년대비  $0.3^{\circ}\text{C}$ 가 높았으나 6월 상순부터 낮아지기 시작하여 7월 상순과 중순에  $16.6^{\circ}\text{C}$ 로 평년대비  $2.7^{\circ}\text{C}$ 가 낮았고, 8월 중순에  $3.0^{\circ}\text{C}$ 가 낮았으며, 이후에도 8월 하순과 9월 상순을 제외하고 낮게 경과되었다.

벼 재배기간중 일조시간은 6월 중순부터 9월 중순까지 일별 일조시간이 평년대비 약 2.2시간이 적은 3.8시간으로 경과되었다. 특히 6월 하순부터 7월 중순까지 적산 일조시간은 84.6시간으로 평년대비 50%이었으며, 8월 중순부터 9월 상순까지는 135.3시간으로 평년대비 57% 수준으로 경과되었다. 벼 생육기간중 강수량은 1,646 mm로 평년대비 379 mm가 많았는데, 특히 7월 상순에는 370 mm로 평년대비 260 mm가 많았다(Fig. 2).

#### 3.1.2. 벼 생육단계별 기상

벼 생육단계별 기상을 평년과 비교하여 보면 평균기

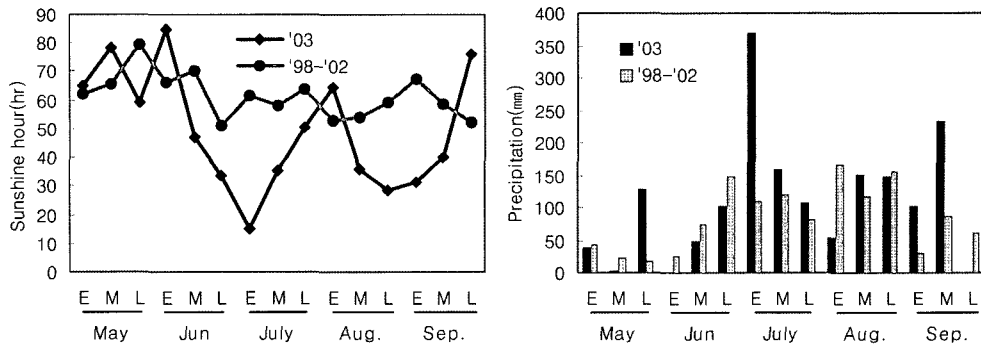


Fig. 2. Comparison of the sunshine hour and precipitation in average year ('98-'02) and 2003 during rice growing period in Unbong.

온은 영양생장기에 18.8°C로 평년보다 0.4°C 낮았으며 생식생장기와 등숙기에는 각각 19.7, 21.8°C로 평년보다 3.1, 1.8°C 낮았다. 최저기온도 평균기온과 비슷한 경향으로 생식생장기에 16.8°C로 평년보다 2.6°C가 낮았다. 일조시간은 영양생장기에 226시간으로 평년의 85%이었으며 생식생장기에는 평년의 160시간에 비해 81시간이 적은 79시간으로 평년의 49% 수준에 불과하였다. 강우량은 영양생장기와 등숙기에는 평년보다 적었으나 생식생장기에는 평년의 287 mm에 비해 315 mm가 많았다(Table 1). 이상을 요약하면 본년은 평년에 비해 온도가 낮고 일조가 적었으며 강우량이 많았는데, 특히 생식생장기에 평년에 비해 기온이 현저히 낮고 일조가 부족하여 벼 생육에 매우 불리한 기상여건이었다.

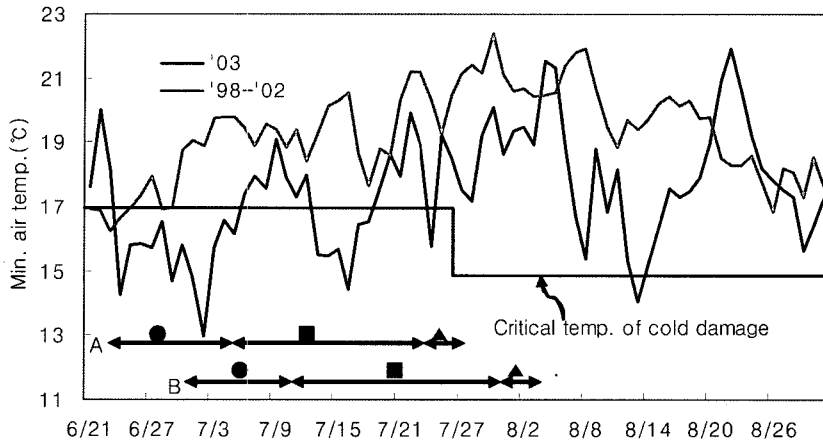
### 3.1.3. 벼 유수분획에서 출수기까지의 기상 특성

지금까지 우리나라에서 저온에 의한 벼 피해는 유수형성기에서 출수기에 걸쳐 주로 발생하고 있는데, 유수형성기와 감수분열기는 벼 일생 중 저온에 가장 민감한 시기로서 17°C이하로 경과하게 되면 영하분화 및 출수가 지연되고, 화분발육장애로 불임을 유발하게 되며, 출수기에 15°C 이하로 경과하게 되면 불임이

발생되고, 등숙율이 저하되며 목도열병이 발생되기 쉽다. 벼 생육에 있어서 저온에 가장 민감한 시기는 감수분열기로서, 특히 출수전 10~11일인 소포자초기와 감수분열개시 직전에 저온에 가장 약하다(Matsushima, 1957; Satake and Hayase, 1970, 1974). 이 시기의 장해형 냉해는 저온에 의하여 꽃가루 주머니의 발육정지, 꽃가루의 불충실, 꽃실의 불완전신장, 꽃가루주머니의 열개불량, 암술머리로의 꽃가루받이 불량과 암술머리에서의 꽃가루 발아 불량 등의 장애를 일으킨다(Satake, 1971). 이상에서와 같이 유수형성기와 감수분열기에는 최저기온이 17°C 이상이 유지되어야 정상생육이 가능하나 남부 산간고냉지인 운봉에서 2003년 6월 24일부터 7월 5일까지 약 12일간 최저기온이 17°C 이하로 경과되어 장해형 냉해가 발생하였다. 이 기간 동안 일별, 시간별 기온경과를 보면 17°C 이하의 온도 경과시간이 6월 24일 16시간, 25일 8시간 등 6월 24일부터 7월 5일까지 91시간이 저온피해 온도인 17°C 이하로 경과되어 유수형성에 큰 피해를 줄 수 있는 기상조건이었는데, 특히 7월 2일에는 최저기온이 14°C 이하로 4시간이 경과되었다. 일중 17°C 이하의 온도로 경과하는 시간은 대부분 오전 3시부터 8시 사이였으며, 7월 1일에는 22시부터 10시

Table 1. Meteorological data according to rice growth stage in Unbong

Division	Vegetative stage			Reproductive stage			Ripening stage		
	2003	Ave. year	Difference	2003	Aver. year	Difference	2003	Aver. year	Difference
Ave. temp.(°C)	18.8	19.2	Δ0.4	19.7	22.8	Δ3.1	21.8	23.6	Δ1.8
Min. temp.(°C)	14.6	14.1	0.5	16.8	19.4	Δ2.6	18.3	20.3	Δ2.0
Sunshine(hr)	226	267	Δ41	79	160	Δ81	154	163	Δ9
Rainfall(mm)	280	376	Δ96	602	287	315	250	352	Δ102



**Fig. 3.** Daily change of low temperature from panicle formation to heading stage according to the transplanting time in Unbong. A : Farmer field (early transplanting) B : Experiment field (optimum transplanting) ● : Panicle formation stage, ■ : Booting stage, ▲ : Heading stage

간동안 17°C 이하의 저온으로 경과되었다(Fig. 3).

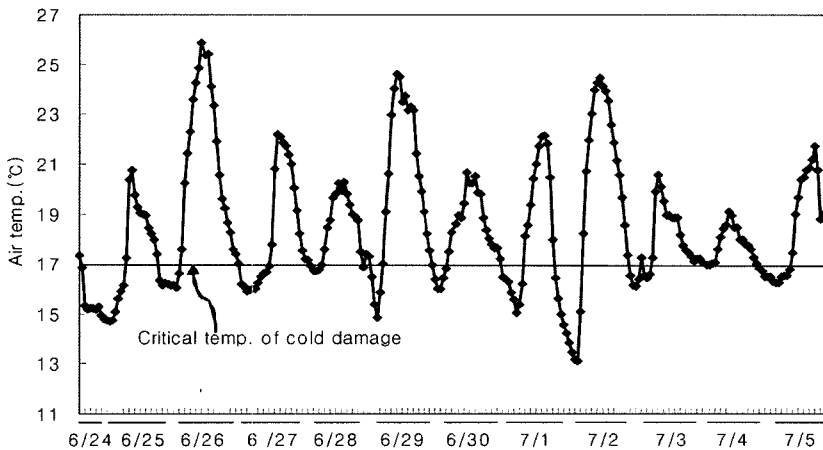
**3.2. 2003년 남부산간고냉지 저온피해 분석**

**3.2.1. 운봉지역 농가답 및 시험포의 벼 저온피해**

남부 산간고냉지 이양적기는 평균기온이 17°C 내외인 5월 중순이나 대부분의 농가에서는 추석전 조기출하를 목적으로 4월 하순에 조기 이양하고 있는 실정이다. 이 시기에 이양을 할 경우 유수형성기는 6월 하순에서 7월 상순으로, 이때 최저기온은 17~19°C로 이상저온으로 경과할 경우 냉해가 우려되고 있다. 냉해가 심하게 발생하였던 '93년도에도 7월 상순의 최저

기온이 13.5°C까지 낮아지는 등 이 시기는 저온 피해가 우려되는 실정이다. 특히 이 시기는 벼 생육단계 중 저온에 의한 피해가 민감한 시기이기도 하다. 2003년도에도 6월 하순부터 7월 중순까지 최저기온이 저온장애 유발 온도인 17°C로 이하로 지속되는 시간이 많았으며, 6월 하순의 저온경과 시기는 대부분 품종의 생육단계가 저온에 약한 시기인 유수형성기였으며, 또한 이들 품종의 감수분열기인 7월 중순경이 저온으로 경과하여 장해형 냉해가 발생되었다(Fig. 4).

장해형 냉해는 화분의 이상발육에 의한 영화의 불임이 감수의 주요인으로 냉해에 민감한 시기에 단기간의



**Fig. 4.** Diurnal change of air temperature during panicle initiation stage in Unbong.

저온에 의하여 발생되어 결정적으로 감수되기 때문에 그 피해가 크다. 따라서 이 시기에 저온과 조우하지 않도록 냉해우려지역에서는 기상여건을 고려하여 재배 시기를 조절하는 것도 냉해경감의 한 방법이 될 수 있다. 5월 20일경에 적기 이앙을 하였던 운봉 시험지의 작황 시험포는 유수분화 시기가 농가에 비해 10일 정도 늦은 7월 상중순으로 6월 하순경부터 시작된 저온피해를 경감할 수 있었다. 추광벼는 냉해 감수성인 품종으로 냉해우려 지역에는 적합한 품종이 아님에도 일부 농민들은 조기에 수확할 목적으로 선호하고 있으며, 태봉벼는 내냉성 품종이기는 하나 지나치게 조기 이앙할 경우에는 저온피해를 받을 수 있다는 것을 인식해야 할 것이다. 삼천벼, 오대벼 등은 비교적 저온에 강했는데 조기이앙재배의 경우에는 품종 선정에 특히 유의하여야 할 것으로 본다.

농가답에서 벼 품종별로 출수기에 따른 냉해피해 정도를 보면 추광벼와 태봉벼는 7월 25~7월 28일 출수 시 불임율이 50%이상이었으나, 비슷한 시기에 출수한 오대벼는 피해가 적었으며 이후 출수한 경우에는 피해가 경미하였다. 진부벼와 삼천벼 그리고 운봉23호 등은 7월 28일 이후에 출수하였으며, 불임율이 높지 않았다(Table 1).

Satake and Hayase(1970)는 불임율이 40%일때는 수량감소율이 20%정도이지만 불임율이 50% 이상일때

는 수량감소율이 30%이상으로 급격히 증가하며, 이는 품종, 일조, 재배조건에 따라 달라진다고 하였다.

5월 20일 이앙한 운봉 시험지 전시재배 포장에 재배된 품종들의 저온피해 정도를 출수기별로 보면 7월 27일부터 7월 30일에 사이에 출수한 둔내벼, 소백벼, 태봉벼 등은 불임율이 높았으며 운두벼, 삼천벼, 남원벼, 새상주벼, 오대벼는 불임율이 낮아 내냉성 품종으로 평가되었다(Table 2).

운봉 시험지 작황시험포장에서 품종별 출수기 및 입실율은 Table 3에서 보는 바와 같이 평년에 비하여 출수기는 4일정도 지연되었고, 입실율은 75.2%로 평년의 92.7%에 비해 17.5%가 낮았으며, 품종별 평년 대비 입실율 차이는 운봉벼, 삼천벼, 오대벼, 진부벼의 순으로 적었다.

남부 산간고냉지에 발생한 저온피해는 품종선정, 조기이앙 및 질소시비량 과다 등 재배적 원인에 의한 피해도 있지만, 벼의 생육단계 중 가장 민감한 시기에 저온이 내습한 요인이 큰 영향을 미쳤다고 볼 수 있다. 남부 산간고냉지에서 벼 생육기간 중 온도가 가장 낮았던 시기는 6월 하순과 7월 중순으로, 6월 하순의 경우 조기이앙을 한 벼의 유수형성 초기에 해당하며 7월 중순은 7월말 출수를 하였던 품종의 소포자초기에 해당됨을 알 수 있다. 따라서 재배시기에 따른 품종별 냉해 정도를 보면 4월 하순에 조기이앙재배를 하였던

**Table 2.** Relationship between sterile percentage and heading date according to rice varieties in farmer's field (Unbong)

Varieties	Heading date(Month/date)										
	7/24	7/25	7/26	7/27	7/28	7/29	7/30	7/31	8/1	8/2	8/3
Odaebyeo	◎	◎	○		○		○			○	○
Taebongbyeo		●			●						
Chugwangbyeo		●	●		●						
Sobackbyeo						●					
Jinbubyeo						○		○			
Samcheonbyeo						○					
Unbong23#					○			○			
Juongwhabyeo		○									

\* ○: Below 30% , ◎: 30~50%, ●: Above 50% in sterility

**Table 3.** Percent sterility according to heading date in experiment field of Unbong

Heading date	July 26	July 27	July 28	July 29	July 30	July 31	Aug. 1	Aug. 2
Variety	Undu-byeo	Dunne-byeo	Sobaek-byeo	Samcheon-byeo	Taebong-byeo	Namweon-byeo	Saesangu-byeo	Odae-byeo
Percent sterility	16.9	35.4	57.9	13.4	50.3	19.7	12.6	13.0

\*Transplanting date : May 20

**Table 4.** Heading date and percent of fertile grain by rice varieties in Unbong experimental field

Varieties	Heading date		Fertile grain(%)		Ripened grain(%)	
	2003	Aver. year	2003	Aver. year	2003	Aver. year
Odaebyeo	Aug. 5	Aug. 2	75.0	92.3	70.0	85.0
Jinbyeo	July 31	July 27	75.0	93.8	73.4	90.5
Unbongbyeo	July 31	July 27	84.0	92.7	82.3	85.8
Samcheonbyeo	Aug. 2	July 29	76.5	91.9	75.0	84.4
Mean	Aug. 2	July 29	77.6	92.7	75.2	86.4

벼의 출수기는 7월 21일부터 25일, 불임율은 29%에서 83%이었으며, 5월 20일경에 적기 이앙재배를 하였던 벼의 출수기는 7월 27일부터 8월 2일로 불임율은 16%에서 58%로 조기이앙을 하였던 품종에 비해 비교적 낮았다(Table 5).

**3.2.2. 지역별 피해정도**

저온 피해가 발생하였던 각 시군별 피해면적 및 피해 정도를 보면(Table 6) 남원시는 전체 산간 고냉지 재배 면적 3,164ha의 86%인 2,723ha에서 저온피해가 발생하였는데, 운봉읍이 1,430ha로 피해면적 가장 많았으며 다음으로 아영면, 인월면 순이었다. 주요 피해지역의 불임율은 최저 7%에서 최고 95%였으며 평균 불임율은 42.7%로 운봉읍 > 인월면 > 아영면 순으로 높았다.

진안군은 전체 벼 재배면적 약 3,500ha로서 이중 약 8%인 300ha에서 저온피해가 발생하였다. 저온 피해 발생 지역은 안천면과 진안읍으로 이 지역에서 피해가 발생되었던 벼의 평균 불임율은 58.9%로 안천면이 63.7%, 진안읍이 54%를 나타냈다. 장수군은 전체 벼 재배면적은 4,000ha로서 이중 약 5%인 210ha에서 저온피해가 발생하였다. 저온 피해 발생 지역은 장수읍으로 저온 피해가 발생하였던 논외의 평균 불임율은 52.1%였다. 이 지역에서는 산간답 등에서 냉수를 직접 관개한 농가에서 지연형 냉해가 발생하였다. 순창군의 전체 벼재배면적 6,900ha 중 중산간지에 위치한 복흥

**Table 5.** Differences in percent sterility and heading date according to transplanting date in experiment field of Unbong and farmer's field

Transplanting date	Heading date	Percent sterility
Early transplanting (Apr. 21~27)	July 21~25	29~83
Optimum transplanting (May 15~20)	July 27~Aug. 3	16~58

면과 쌍치면에서 저온피해가 발생하였다. 피해면적은 510ha로서 평균 불임율은 35.1%였다.

**적 요**

이상가후에 의한 재해환경 대응 및 대책자료로 활용하고자 2003년 남부 산간고냉지를 중심으로 발생한 저온 피해에 대한 원인과 특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

남부산간고냉지(운봉)의 생식생장기 평균기온은 19.7℃로 평년대비 3.1℃ 낮았고, 일조시간은 79시간으로 평년대비 49% 수준으로 경과되었으며, 냉해가 발생한 시기는 유수형성기인 6월 하순부터 감수분열기인 7월 중순까지로 이 시기의 기온이 17℃이하의 저온으로 경과하여 장해형 냉해가 발생하였다.

지역별 저온 피해면적은 남원 2,723ha, 순창 510ha, 진안 300ha, 장수 210ha이었으며, 이들 지역의 평균

**Table 6.** Low temperature damaged area and percent sterility in Southern Alpine area

Division	Namwon*	Jinan	Jangsu	Sunchang	Muju	Total
Cultivated area(ha)	3,164	3,554	4,015	6,940	3,062	20,735
Damage area(ha)	2,723 (86%)	300 (8%)	210 (5%)	510 (7%)	250 (8%)	3,993 (19%)
Range of sterility(%)	7~95	8~100	10~100	11~57	5~45	-
Aver. of sterility(%)	42.7	58.9	52.1	35.2	30.8	

\*Latitude, Longitude, Altitude : 35°26' 05" N, 127°31' 50" E, 350 m(Namwon), 35°52' 33" N, 127°33' 35" E, 264 m(Jinan), 35°39' 38" N, 127°31' 35" E, 397 m(Jangsu), 35°29' 35" N, 127°03' 40" E, 252 m(Sunchang), 35°59' 35" N, 127°38' 15" E, 181(Muju)

불입율은 44%이었다.

이앙시기에 따른 불입율은 5월 20일경에 적기 이앙 재배를 한 경우 16%~58%로, 4월 하순에 조기이앙재 배시의 29%~83%에 비해 낮았으며, 오대벼, 운봉벼 진부벼 등의 품종이 저온피해 정도가 적었다.

따라서 냉해가 우려되는 지역에서는 기상조사 및 분석에 의한 벼 재배 작기를 고려하고, 가급적 지나친 조기 이앙을 지양하며, 내냉성이 강한 품종을 재배하여야 할 것으로 생각된다.

## REFERENCES

- 권순국, 권용웅, 1986: 농업재해와 방제과학 Workshop. 한국기술단체 연합회. 35-47.
- 농림부, 2004: 농림업 주요통계. 246p.
- 농진청, 1981: 수도냉해실태분석과 종합기술대책. 56-75.
- Choi, H. O. and J. H. Lee, 1976: Studies on low temperature injury at each growth stage in rice plant. *Korean Journal of Crop Science* **21**(2), 203-210. (in Korean with English abstract)
- Kim, D. K., Y. T. Jung, and R. K. Park, 1981: Effect of nitrogen and balanced application of NPK on the low temperature injury of paddy rice. *Korea Journal of Soil Science and Fertilizer* **14**(4), 201-209. (in Korean with English abstract)
- Kim, H. D., S. H. Kwon, T. Satake, B. H. Kim, and D. W. Ree, 1989: Influence of water temperature and depths on the occurrence of the sterile-type cold damage and growth in rice plants (*Oryza sativa* L.). *Research Report of Rural Development Administration(rice)* **31**(2), 35-49. (in Korean with English abstract)
- Kim, K. S., J. R. Kim, H. S. Ji, J. H. Ko, M. A. Lee, D. Y. Kim, Y. B. Shin, and S. U. Park, 1995: A Survey on cool weather injury of rice at alpine area of kangwon province in 1993. *Rural Development Administration Journal of agricultural Science* **37**(2), 74-89. (in Korean with English abstract)
- Kim, Y. J., S. I. Choi, J. S. Ra, and J. H. Lee, 1982: Studies on the growth and nutrient uptake of flag leaf and chaff of rice plant in cold injury location. II. Influence of different transplanting date on nutrient uptake of flag leaf and chaff of rice plant. *Korean Journal of Crop Science* **27**(3), 206-217. (in Korean with English abstract)
- Kim, Y. J., S. I. Choi, J. S. Ra, and J. H. Lee, 1983: Studies on the growth and nutrient uptake of flag leaf and chaff of rice plant in cold injury location. III. Influence of different nitrogen and silicate application on nutrient uptake of flag leaf and chaff of rice plant. *Korean Journal of Crop Science* **28**(1), 81-88. (in Korean with English abstract)
- Lee, S. Y., S. S. Kim, J. S. Choi, Y. K. Choi, K. Y. Lee, M. S. Lee, and T. Murakami, 1988: Influence of cultural methods and climatic condition on rice yield in the southern plain area and alpine area. *Research Report of Rural Development Administration(rice)* **30**(2), 25-31. (in Korean with English abstract)
- Matsushima, S., 1957: Analysis of development factors determining yield and predication in lowland rice. *Bulletin of the National Institute of Agricultural Sciences. Series A* **5**, 1-271.
- Satake, D. O., 1971: Sterility of rice in sterile-type cold damage. *Agriculture and Horticulture* **46**(11), 1534-1538.
- Satake, T. and H. Hayase, 1970: Male sterility caused by cooling treatment at the young microspore stage in rice plants. V. Estimations of pollen developmental stage and the most sensitive stage to coolness. *Proceeding of Crop Science Society of Japan* **39**(4), 468-473.
- Satake, T. and H. Hayase, 1974: Male sterility caused by cooling treatment at the young microspore stage in rice plants. X. A secondary sensitive stage at the beginning of meiosis. *Proceeding of Crop Science Society of Japan* **43**(1), 36-39.