

## 봄철 저온장해가 맥류 수량에 미치는 영향

구본철\*<sup>†</sup> · 박문웅\* · 김기준\*\* · 안종국\*\*

\*농촌진흥청 작물과학원, \*\*건국대학교 생명환경과학대

### Spring Freezing Injuries and Their Effects on Yield of Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Wheat (*Triticum aestivum* L.)

Bon-Cheol Koo\*<sup>†</sup>, Moon-Woong Park\*, Ki-Jun Kim\*\*, and Jong-Guk An\*\*

\*National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

\*\*Department of Agronomy, KonKuk University, Seoul 143-701, Korea

**ABSTRACT** To understand the spring freezing injury symptoms during sensitive growth stage and yield loss of barley and wheat, field tests were done by using vinyl mulching and natural cold weather.

The growth stage sensitive were booting, spikelet differentiation and flower organ development stages for both crops. However, barley and wheat differed in their growth responses, in that barley was less affected than wheat. For instance, barley recorded 28 percent dead ears, 10 percent dead plants and 18 percent ear degenerations while wheat recorded higher values of 59 percent, 44 percent and 44 percent, respectively. Although there were no recorded froze-resistant varieties in both barley and wheat, some showed tolerance as their yields were not affected by freezing stress. The ‘Chalbori’ cultivars of barley and ‘Geurumil’ and ‘Chokwang’ cultivars of wheat recorded steady yields.

The yield components of barley and wheat that were greatly affected by freezing stress were the number of spike per square and the number of grain per spike. The major cause of yield loss in Suwon 259 and Kangbori was the number of spike per square but not the number of grain per spike. The study showed, however, that both the number of spike per square and the number of grain per spike were vulnerable to freezing and that which contribute much to yield loss of barley and wheat.

**Keywords** : barley, wheat, freezing stress, growth stage, booting stage, yield

겨울에 증대된 보리, 밀의 내동성은 봄이 되어 기온이 상승하게 되면 차츰 식물체가 연화되면서 생식생장이 진전되어 유수발달이 급속히 이루어지는데 이때 저온에 처하게 되면 생장점인 유수에 장해가 발생, 고사하거나 퇴화, 불임 등이 발생하게 된다. 불임현상은 외관상 관찰이 가능하여 이에 대한 피해 정도를 쉽게 식별할 수 있으나 유수고사나 퇴화의 경우는 균락상태에서 잘 드러나지 않고 또한 보상작용 등으로 생육이 대부분 회복되어 피해가 잘 드러나지 않는다(구 등, 2003). 그렇지만 겨울철 온난화와 작부체계상 맥류의 조숙 품종 도입이 당연시되는 현실에서 보면 맥류의 저온장해 위험성은 더욱 커지고 있는 실정이다.

Paulsen 등(1995)은 생식생장기 저온에 의해 수량이 60%까지도 감소하고 개화기이후로는 품질이 극히 떨어진다고 보고하였는데 그 원인은 천립중이 감소하고, 종자가 변색, 주글주글(요철립, 주름립)해지고 크기와 성숙정도도 다양하게 되기 때문이라고 하였다.

김 등(1985a, 1985b)은 저온장해시 보리, 밀의 수량감소가 14~17%이었다고 하였다. 小田(1963)는 고사경 비율이 30%될 때까지는 수수의 감소가 완만하고 100% 보상된다고 보고하였으며 그 이상의 피해가 발생하면 급격히 수수가 감소한다고 하였다. 그러나 천립중, 일수립수의 경우는 수수보다 고사경 비율에 따른 감소비율이 더 완만하여 고사경 비율이 50%정도이어도 일수립수에는 전혀 영향이 없으며 천립중은 단지 12% 정도 감소한다고 보고하였다. 戶田(1966, 1972), Paulsen 등(1995)은 밀의 수량 감소는 출수기, 개화기에 불임(不稔)과 백수(白穗)가 발생했을 때 감소 폭이 가장 컸고 화기발육기(花器發育期), 수잉기(穗孕期), 유숙기

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6697

(E-mail) koobc@rda.go.kr <Received October 10, 2006>

(乳熟期)에 유수 고사(幼穗枯死), 불임, 백수 등이 발생했을 때가 그 다음으로 심하였으나 분얼기, 호숙기에는 수량 피해가 적었다고 하였다.

Chen 등(1983)과 Olien 등(1964)은 저온에 대한 민감도가 보리, 밀의 기관이나 조직부위에 따라 차이가 나 있거나 정단분열조직에 비해 뿌리나 Vascular transitional zone의 저온내성이 약했다고 보고하였다. 동일한 식물체내에서도 열자에 따라 차이가 있어(남 등, 1983) 새로 나온 열자나 중간정도의 열자에서 내동성이 크다(Crescini & Tettamanzi 1929)고 하였다. Suneson & Peltler(1934), Livingston & Swinbank(1950), Grafius 등(1981)은 식물체 생육단계에 따른 저온내성 차이에 대해 언급한 바 있다.

본시험은 월동 후 분얼기와 신장기에 나타날 수 있는 장애현상 특히 유수 고사와 퇴화현상을 포장에서 인위적으로 발생시킨 저온환경 하에서 이에 대한 제 증상을 분석하고 생육 및 수량에 미치는 영향 정도를 밝혀 맥류 조숙화 육종에 기여하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

포장에서 균락상태로 저온장애를 유발시켜 생육양상과 수량을 분석코자 '98~'99년 2년간 포장시험을 실시하였다. 시험작물과 품종으로 보리, 밀을 각각 '98년에 6품종, '99년에 4품종을 이용하였다. 수원지방 맥류 파종적기인 10월 초순에, 오스트리아 Winters tiger사의 Oyjord 세조파종기를 이용하여 휴폭 20 cm, 파폭 5 cm, 파종량 13 kg/10a로 파종

하였다. 시비량은 질소-인산-칼리 12-9-7 kg/10a(성분량)를 사용하였다.

육종목적으로 저온장애에 관련된 포장선발 가능성을 확인하기위해 비닐 피복법을 시도해 보았는데, 자연포장에서 장애를 일으킬 수 있는 저온이 자주 내습하는 시기로 식물체의 생육을 조정하여 12월 중순에 터널식으로 시험구의 2/3 정도를 비닐로 피복(폭 1.8 m, 높이 '98 1.2 m, '99 0.8 m)하여 이듬해 봄 2월까지 경과시켰다. 비닐피복을 하게 되면 그림 1에서 보는 것처럼 월동 중에도 한낮의 최고기온이 외부기온보다 맑은 날에는 최대 15°C 이상 더 높고 밤에는 외부기온과 온도가 비슷하여 비닐내 장애가 우려되었으나 식물체에 다른 장애증상이 관찰되지는 않았으며 비닐피복하지 않은 외부 식물체보다 생육진전이 빨라 의도하던 대로 2월 중에는 원하는 정도의 생육진전을 유도할 수 있었다. 식물체를 목표 생육단계까지 키운 후 저온에 처하게 하기 위해 '98년 두 차례, '99년 세 차례에 걸쳐 비닐을 제거하였다. 비닐을 제거할 때 생육단계를 유수분화 조사기준(조 등, 1983)에 의거, 검정하였다.

'98년의 경우 1차로 비닐을 제거할 때 보리는 무피복구가 소수분화전기, 비닐피복구가 영화분화전기였고, 2차 때는 각각 영화분화전기, 영화분화후기에 해당되었다(표 1). 밀은 1차때 각각 소수분화중기, 소수분화후기~영화분화전기였다. 2차 때는 소수분화후기, 영화분화전기~영화분화후기였다(표 2).

'99년에는 1차 때 보리, 밀 모두 영화분화전기로 생육단계가 일정하였다(표 3, 4). 2차 때는 빠른 품종이 화기발육

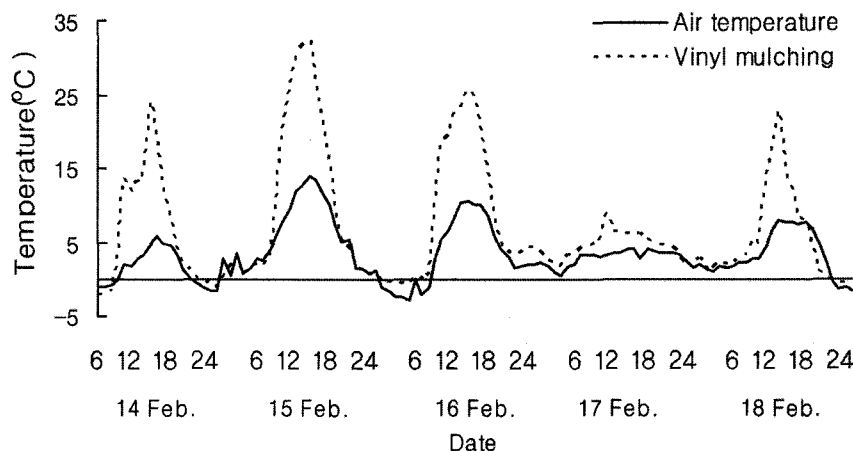


Fig. 1. Changes of temperature in vinyl mulching and air temperature.

**Table 1.** Differences of growth stage and spike length between vinyl mulching and control groups by the date removed vinyl mulching in barley (1998).

Cultivars	Treatment	Character	Date for vinyl removing	
			14 Feb.	10 Mar.
Olbori	Mulching	Growth stage <sup>†</sup>	SDS I	SDS II
		Spike length	0.21 cm	0.43 cm
	Control	Growth stage	SFS II	SDS I
		Spike length	0.10 cm	0.21 cm
Chalbori	Mulching	Growth stage	SDS I	SDS II
		Spike length	0.15 cm	0.36 cm
	Control	Growth stage	SFS II	SDS I
		Spike length	0.09 cm	0.18 cm
Saeolbori	Mulching	Growth stage	SDS I	SDS II
		Spike length	0.19 cm	0.37 cm
	Control	Growth stage	SFS III	SFS III
		Spike length	0.11 cm	0.15 cm
Kangbori	Mulching	Growth stage	SDS I	SDS I
		Spike length	0.19 cm	0.21 cm
	Control	Growth stage	SFS III	SFS III
		Spike length	0.11 cm	0.13 cm
Suwon 259	Mulching	Growth stage	SDS I	SDS I
		Spike length	0.20 cm	0.19 cm
	Control	Growth stage	SFS I	SFS III
		Spike length	0.08	0.12 cm
Tapgolbori	Mulching	Growth stage	SDS I	SDS II
		Spike length	0.18 cm	0.25 cm
	Control	Growth stage	SFS II	SFS I
		Spike length	0.09 cm	0.08

<sup>†</sup>Growth stage - SFS : Spike foundation stage, SDS : Spikelet differentiation stage, DSF : Development stage of flower organ, BS : Booting stage

전기였고 대부분은 영화분화후기, 영화분화 전기로 분류되었다. 밀은 영화분화후기, 영화분화전기로 분류되었다.

처리기간 중의 온도변화는 자동온도기록계(MP-110 Data Logger, Eco社)를 이용하여, 1시간 간격으로 지상 3 cm(비닐 안, 비닐 밖)와 백엽상으로 나누어 온도변화를 측정하였다. '98년 포장상태에서 우수발육기에 저온장애를 받은 시기는 3월 21~24일, 3월 28~31일 사이였다. 이때의 저온

내습 정도를 보면 그림 2에서와 같이, 3월 21~24일에 4일간 -2.6~-5.6°C 범위의 저온이 지속되었는데 첫째 날은 16시간 동안 0°C 이하였으며 그중 8시간 동안은 -4°C 이하였다. 둘째 날에는 14시간 동안 0°C 이하(-4°C 이하 11시간), 셋째 날 13시간 0°C 이하(-4°C 이하 9시간), 넷째 날 11시간 0°C 이하(-4°C 이하 7시간)이었다. 3월 28~31일 사이에는 28일에 0°C 이하의 지속시간이 9시간(-4°C 이하 5시간), 29일 11

**Table 2.** Differences of growth stage and spike length between vinyl mulching and control groups by the date removed vinyl mulching in wheat (1998).

Cultivar	Treatment	Character	Date for vinyl removing	
			14 Feb.	10 Mar.
Urimil	Mulching	Growth stage <sup>†</sup>	SDS I	SDS I
		Spike length	0.18 cm	0.24 cm
	Control	Growth stage	SFS I	SFS III
		Spike length	0.08 cm	0.12 cm
Eunpamil	Mulching	Growth stage	SFS III	SFS III
		Spike length	0.11 cm	0.15 cm
	Control	Growth stage	BFS	SFS III
		Spike length	0.06 cm	0.10 cm
Geurumil	Mulching	Growth stage	SFS II	SFS III
		Spike length	0.12 cm	0.14 cm
	Control	Growth stage	SFS I	SFS II
		Spike length	0.07 cm	0.08 cm
Chokwang	Mulching	Growth stage	SFS II	SFS III
		Spike length	0.09 cm	0.13 cm
	Control	Growth stage	BFS	SFS II
		Spike length	0.04 cm	0.07 cm
Keumkangmil	Mulching	Growth stage	SDS I	SDS II
		Spike length	0.18 cm	0.26 cm
	Control	Growth stage	BFS	SFS II
		Spike length	0.05 cm	0.09 cm
Olmil	Mulching	Growth stage	SFS III	SDS I
		Spike length	0.12 cm	0.19 cm
	Control	Growth stage	BFS	SFS III
		Spike length	0.05 cm	0.12 cm

<sup>†</sup>Growth stage - BFS : Bract foundation stage, SFS : Spike foundation stage, SDS : Spikelet differentiation stage, DSF : Development stage of flower organ, BS : Booting stage

시간(-4°C이하 5시간), 30일 12시간(-4°C이하 4시간), 31일 11시간(-4°C이하 5시간)인 것으로 조사되었다(그림 2).

### 결과 및 고찰

'98~'99년의 포장시험에서 저온에 경과하게 된 식물체의

생육정도를 보면 밀이 보리보다 다양한 생육상태로 처리되었음을 알 수 있다(표 1~4). 생육정도에 따라 나타난 저온장해 정도를 보면 보리에서는 생육이 진전될수록 고사하는 이삭이 많아 화기발육기와 수잉기에 28%로 가장 높았고 영화분화후기에 18%로 그 다음이었다. 퇴화는 주로 영화분화전기에 속한 식물체에서 15%로 가장 많았고 나머지 생육단계에서는

**Table 3.** Differences of growth stage and spike length between mulching and control groups by the date removed vinyl mulching in barley (1999).

Cultivar	Treatment	Character	Date for vinyl removing		
			2 Mar.	10 Mar.	7 Apr.
Olbori	Mulching	Growth stage <sup>†</sup>	SDS I	SDS I	Dead
		Spike length	0.20 cm	0.27 cm	Dead
	Control	Growth stage	SFS II	SDS I	DSF I
		Spike length	0.14 cm	0.18 cm	0.66 cm
Chalbori	Mulching	Growth stage	SDS I	SDS II	Dead
		Spike length	0.21 cm	0.45 cm	Dead
	Control	Growth stage	SFS III	SFS III	SDS II
		Spike length	0.13 cm	0.15 cm	0.8 cm
Kangbori	Mulching	Growth stage	SDS I	DSF I	Dead
		Spike length	0.24 cm	0.52 cm	Dead
	Control	Growth stage	SDS I	SDS I	DSF I
		Spike length	0.17 cm	0.23 cm	1.1~1.4 cm
Suwon 259	Mulching	Growth stage	SDS I	SDS I	Dead
		Spike length	0.19 cm	0.27 cm	Dead
	Control	Growth stage	SFS III	SFS III	SDS II
		Spike length	0.12	0.16 cm	0.4~0.5 cm

<sup>†</sup>Growth stage - SFS : Spike foundation stage, SDS : Spikelet differentiation stage, DSF : Development stage of flower organ, BS : Booting stage

**Table 4.** Differences of growth stage and Spike length between mulching and control groups by to the date removed vinyl mulching in wheat (1999).

Cultivar	Treatment	Character	Date for vinyl removing		
			14 Feb.	10 Mar.	7 Apr.
Urimil	Mulching	Growth stage <sup>†</sup>	SDS I	SDS I	Dead
		Spike length	0.19 cm	0.24 cm	Dead
	Control	Growth stage	SFS II	SFS III	DSF I
		Spike length	0.09 cm	0.12 cm	0.5 cm
Eunpamil	Mulching	Growth stage	SDS I	SDS II	Dead
		Spike length	0.16 cm	0.26 cm	Dead
	Control	Growth stage	BFS	SFS III	DSF I
		Spike length	0.06 cm	0.11 cm	0.50 cm
Chokwang	Mulching	Growth stage	SDS I	SDS I	Dead
		Spike length	0.16 cm	0.21 cm	Dead
	Control	Growth stage	SFS II	SFS II	SDS II
		Spike length	0.09 cm	0.10 cm	0.38 cm
Keumkangmil	Mulching	Growth stage	SDS I	SDS II	Dead
		Spike length	0.19 cm	0.52 cm	Dead
	Control	Growth stage	SFS II	SFS II	SDS II
		Spike length	0.08 cm	0.10 cm	0.5~1.5 cm

<sup>†</sup>Growth stage - BFS : Bract foundation stage, SFS : Spike foundation stage, SDS : Spikelet differentiation stage, DSF : Development stage of flower organ, BS : Booting stage

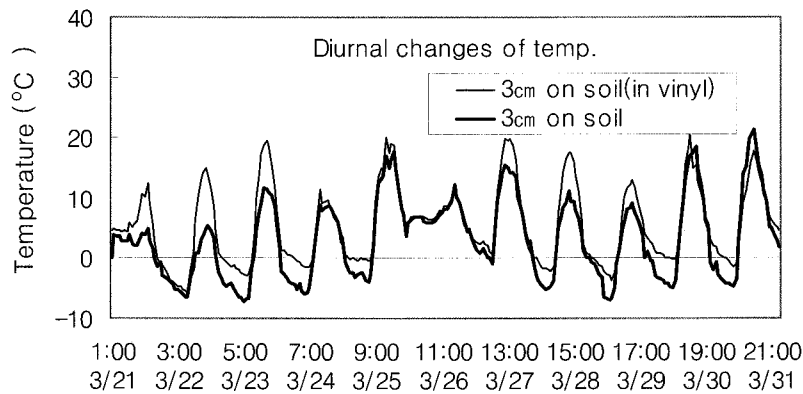


Fig. 2. The comparison of average, minimum temperature and diurnal changes of temperature between in vinyl mulching and non vinyl mulching plot.

Table 5. Degree of cold injury according to the growth stages on field experiment

Cold injury	Growth stage <sup>†</sup>						
	SFS II	SFS III	SDS I	SDS II	DSF I	DSF II	BS
Barley							
Dead	-	-	7.7(±10.2)	17.5(±1.8)	11.1(±9.5)	27.5	27.9
Degene-ration	-	-	15.3(±22.3)	9.6(±6.9)	9.4(±0.1)	7.4	9.5(±2.8)
Wheat							
Dead	19.9(±19.9)	29.6(±19.9)	29.8(±13.1)	41.8(±17.1)	60.1	31.8	58.7(±4.0)
Degene-ration	4.6(±1.7)	29.3(±22.2)	11.4(±8.1)	24.9(±27.9)	40.6	45.2	60.6(±19.1)

( ) - Standard deviation of characters

<sup>†</sup>Growth stage - SFS : Spike foundation stage, SDS : Spikelet differentiation stage, DSF : Developing stage of flower organ, BS : Booting stage

상대적으로 낮아서 영화분화후기, 수잉기, 화기발육전기에 9~10%였고 화기발육후기에는 7%로 가장 낮았다(표 5).

밀에 있어서는 고사나 퇴화 모두 생육이 진전될수록 피해가 심하였는데, 고사의 경우 화기발육전기와 수잉기에 59~60%로 가장 컸고, 영화분화전기 42%이었으며 퇴화는 수잉기에 가장 심하여 61%였고 화기발육후기에 45%, 화기발육전기 41%, 소수분화후기 29%순이었다. 이는 인위적인 저온처리를 통해 온실에서 얻은 결과(구 등, 2003)와 유사하였는데 수잉기가 저온장해에 가장 민감하였고 영화분화기, 화기발육기 순으로 나타나 실내실험과 포장실험의 결과가 일치하였다. 같은 생육단계에 있더라도 보리보다 밀의 피해가 큰 것으로 나타났는데 수잉기에 고사한 이삭비율을 예로 들면 보리에서는 27.9%였으나 밀에서는 58.7%로 나타나

차이가 큼을 알 수 있었고 평균치로 보아도 고사개체수에서 보리가 18.3%, 밀이 44.4%여서 맥종간 차이가 컸으며 퇴화된 이삭비율에서도 보리가 10.2, 밀이 36.5%로 역시 맥종간 차이가 컸다. '98년과 '99년의 보리, 밀의 저온장해 정도의 연차간 변이가 컸는데 '98년과 '99년에 비닐제거후 내습한 저온정도가 달라서 생긴 차이였던 것으로 판단되었으며 '99년의 기온이 '98년보다 낮고 변이가 심했던 것으로 추정된다. 실제로 '99년의 경우 일반포장에서도 여러 가지 저온장해 특히 퇴화증상이 많이 관찰되었는데 '98년에는 일반포장에서 이러한 장해증상이 거의 관찰되지 않았다.

보리에 있어 자연조건을 이용한 포트시험에서는 대부분의 저온피해가 수잉기, 출수기 그리고 영화분화기에 나타났는데 비닐 피복을 이용한 포장시험에서는 기온의 급상승으

로 수잉기 이상 생육을 전개시키기 어려워, 주로 영화분화기~화기발육기에 속한 식물체들이 대부분이었다.

봄철에 나타나는 맥류 저온장애는 맥체가 급격히 내동성을 잃는 과정중에 발생하는 장애이므로 비닐 피복을 이용해 기존의 저온순화와 관련된 식물체내 저온방어시스템 작동과는 근본적으로 다르며 품종의 안정성 증대를 위해 육종적으로 봄철에 나타나는 저온장애를 대규모로 포장에서 유도하여 이에 대한 선발을 할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 비닐제거 후 저온이 내습하는 시기가 일정치 않고 저온 정도도 불균일한 점이 있으므로 선발기간을 2년 정도에 걸쳐 시행하는 것이 안전할 것으로 생각된다.

저온장애가 심하게 발생하면 수량감소도 커지게 된다. '98년의 피복비닐 제거시기 3시기를 평균하여 보면 보리가 품종간 차이를 보여(표 6) 새올보리와 강보리는 수량이 많이 감소되는 그룹으로 분류되었고 탐골보리가 중간정도로 나타났다. 수원 259호, 올보리, 찰보리 등은 수량감소 정도가 가장 적은 편이었다. 장애이삭이 많이 발생한 올보리, 강보리의 수량을 보면 올보리는 수량감소가 거의 없었는데 강

보리는 수량이 크게 감소하였다. 밀에 있어서는 은파밀과 금강밀의 수량감소가 가장 심한 것으로 분류되었는데 은파밀 > 금강밀 > 우리밀 > 올밀 > 그루밀 > 조광 순으로 나타났다. 이는 금강밀 > 올밀 > 은파밀 순으로 나타난 저온장애 정도와는 차이를 보였는데 저온장애 정도와 수량과의 불일치는 小田(1963)가 언급한 식물체의 보상작용의 결과인 것으로 생각되었다. 보리와 밀의 수량 감소는 비슷하였는데 보리가 무피복구 대비 평균 74.3%의 수량을 보였고, 밀이 무피복구 대비 평균 73.8%였다.

비닐을 제거한 시기별로 수량을 조사한 결과를 보면 2월 26일 비닐제거시 보리 6품종은 모두 영화분화전기에 해당되었는데 수원 259호와 올보리는 무피복구와 거의 수량이 같았다. 나머지 품종 중 강보리는 무피복구에 비해 89% 정도의 수량을 보였고 탐골보리, 새올보리, 찰보리 순으로 나타났다. 3월 10일 비닐 제거구의 수량이 2월 26일 비닐 제거구보다 적었는데 올보리와 찰보리가 무피복구와 수량이 같았고 수원 259호 > 새올보리 > 탐골보리 > 강보리 순으로 적어졌다. 올보리와 찰보리는 생육단계가 영화분화후기

**Table 6.** Yield differences of cultivars caused by cold injuries after removing of vinyl mulching in 1998.

Cultivar	Yield (kg/10a)				
	Control	Date removed vinyl mulching			Average
		26 Feb.	10 Mar.	6 Apr.	
<b>Barley</b>					
Olbori	626(100)	600(95.8)	633(100)	345(55.1)	526(84.0)
Chalbori	676(100)	416(61.5)	778(100)	532(78.7)	575(85.1)
Saeolbori	511(100)	340(66.5)	322(63.0)	142(27.8)	268(52.4)
Kangbori	614(100)	545(88.8)	299(48.7)	270(44.0)	371(60.4)
Suwon 259	748(100)	768(100)	650(86.9)	418(55.9)	612(81.8)
Tapgolbori	730(100)	489(67.0)	369(50.5)	800(100)	553(75.8)
Mean	651(100)	526(80.8)	509(78.2)	418(64.2)	484(74.3)
<b>Wheat</b>					
Urimil	570(100)	488(85.6)	311(54.6)	413(72.5)	404(70.9)
Eunpamil	594(100)	529(89.1)	382(64.3)	126(21.2)	346(58.2)
Geurumil	556(100)	591(100)	305(54.9)	401(72.1)	432(77.7)
Chokwang	521(100)	427(82.0)	329(63.1)	692(100)	483(92.7)
Keumkangmil	403(100)	339(84.1)	203(50.4)	285(70.7)	276(68.5)
Olmil	467(100)	398(85.2)	206(44.1)	473(100)	359(76.9)
Mean	519(100)	462(89.0)	289(55.7)	398(76.7)	383(73.8)

( ) : Ratio for yield of treated plots to the yield of control

로 새올보리, 탑골보리와 같았음에도 수량이 무처리와 차이가 없어 두 품종이 새올보리, 탑골보리에 비해 저온에 대해 내성을 보였다.

3차로 비닐을 제거한 경우는 새올보리에서 수량이 가장 많이 감소되어 무피복구 대비 28%밖에 수량을 얻지 못해 피해가 가장 컸는데 이때의 생육단계는 수잉기였다. 같은 수잉기에 속한 강보리와 올보리는 각각 44%, 55%의 수량을 보여 품종간에도 큰 차를 보였다. 화기발육후기였던 탑골보리와 찰보리는 피해가 적었는데 탑골보리는 수량감소가 없었고 찰보리는 무피복구에 비해 79%의 수량을 보였다.

밀은 공시된 6품종에서 1차 비닐제거시의 수량이 무처리 대비 89%로 11% 감소되어 보리에 비해 수량이 8% 적었다. 가장 수량감소가 심한 품종은 조광으로 소수분화중기였고 같은 생육단계였던 그루밀은 무처리와 같은 수량을 보였다. 2차 비닐제거시에는 영화분화전기에 속한 올밀의 수량 감소가 가장 커 무피복구 대비 44%의 수량을 보였으나 같은 영화분화전기였던 우리밀이 55%로 수량 감소가 조금 덜한 편이었다. 영화분화후기였던 금강밀이 우리밀과 비슷한 수량을 보였고, 소수분화후기였던 은파밀, 그루밀, 조광도 무피복구대비 55~64%의 수량을 보였다. 밀에 있어서는 2차로 비닐 제거시 평균적으로 보아 수량이 무피복구의 74% (26% 감소)로 나타나 저온에 가장 민감하였음을 알 수 있다.

3차 비닐제거시 조광(화기발육전기)과 올밀(화기발육후기)은 무처리구와 같은 수량을 보였으나 올밀과 같은 생육기였던 은파밀은 무피복구 대비 21%, 그루밀(수잉기) 72%, 금

강밀(수잉기) 71%의 수량을 보여 품종간 차이가 크게 나타났다. 우리밀(화기발육후기)도 같은 생육정도를 보인 올밀과는 차이를 보여 무피복구의 73%(27% 감소)밖에 수량을 얻지 못하였다. 2차비닐제거시보다는 수량 감소가 적어 무피복구의 77%의 수량을 보였다.

'99년 2년차 시험(표 7~9)에서는 비닐제거(3시기 평균)로 저온장해를 받은 보리가 무피복구에 비해 수량이 88% 정도로 줄었는데 올보리의 피해가 가장 심하여 무피복구 대비 77%의 수량을 보였고 강보리는 83%, 찰보리는 89%의 수량을 나타냈다. 그러나 수원 259호는 무피복구와 수량차이가 전혀 없었다. 저온장해이삭 비율로 본 피해정도는 수원 259호, 올보리, 강보리 순이었으나 수원 259호는 대부분의 장해이삭이 상부의 극히 일부분만 퇴화되는 장해만이 발생하여 수량감소와는 큰 상관이 없었다.

밀은 무피복구에 비해 41% 정도의 수량밖에 되지 않아 피해정도가 심하였다. 품종별로 살펴보면 4 품종 모두 무피복구 대비 33~48% 정도의 수량을 보여 품종간 저온내성 차이는 크지 않았다. 화기발육기이후 내습하는 저온에 대한 내성은 품종간 차이가 없었다.

3월 2일 1차로 비닐을 제거한 처리에서 보리는 무처리구의 98%를 유지한 반면 밀은 58%밖에 되지 않아 저온에 대한 수량 감소정도가 40%나 차이가 났다. 보리는 4 품종 모두 영화분화전기에 해당되었는데 수량 감소정도는 0~14%였다.

3월 10일에 비닐을 제거했을 때도 수량 감소는 적어 무피

**Table 7.** Yield differences among cultivars caused by cold injuries after removing of vinyl mulching in 1999.

Cultivar	Yield (kg/10a)				
	Control	Date removed vinyl mulching			Average
		26 Feb.	10 Mar.	7 Apr.	
<b>Barley</b>					
Olbori	895(100)	749(83.7)	717(80.1)	613(68.5)	693(77.4)
Chalbori	804(100)	747(92.9)	831(103)	574(71.4)	717(89.3)
Kangbori	778(100)	743(95.5)	700(90.0)	501(64.4)	648(60.9)
Suwon 259	764(100)	924(121)	813(106)	664(86.9)	800(104.6)
Mean	810(100)	797(97.6)	765(94.5)	588(72.6)	715(88.2)
<b>Wheat</b>					
Urimil	994(100)	465(46.8)	509(51.2)	222(22.3)	399(40.1)
Eunpamil	821(100)	275(33.5)	425(51.8)	100(12.2)	267(32.5)
Chokwang	803(100)	684(85.2)	320(39.9)	69(8.6)	358(44.6)
Keumkangmil	704(100)	496(70.4)	423(60.0)	100(14.2)	340(48.2)
Mean	831(100)	480(57.8)	419(50.5)	123(14.8)	341(41.0)

( ) : Yield ratio in treatment plots, compared with yield of control



복구 대비 95%의 수량을 나타냈다. 생육단계가 화기발육전기로 가장 빨랐던 강보리는 수량이 무피복 대비 90% 였고 영화분화후기로 생육단계가 같았던 올보리와 찰보리는 각각 80%, 103%로 품종간 차이를 보였다.

3차로 4월 7일에 비닐을 제거한 구에서는 수량이 무피복구의 73%로 나타나 27% 정도가 감소되었는데 화기발육기 이상 진전된 상태여서 비닐제거 전에 이미 많은 이삭이 고

사한 상태였다. 강보리, 올보리, 찰보리, 수원 259호는 각각 무처리 대비 64, 69, 71, 87%의 수량을 보였다.

밀도 역시 1차 비닐제거시기인 3월 2일에 4품종 모두 영화분화전기에 속했는데 수량감소는 15~67%의 변이를 보여 보리와 차이가 많았다. 품종간 수량차이는 조광 > 금강밀 > 우리밀 > 은파밀 순이었다.

3월 10일 비닐제거구는 영화분화전기였던 세 품종 중 조

**Table 8.** Differences of yield and yield components among cultivars, times to removing vinyl mulching treatments in barley (1999).

Cultivar	Date removed vinyl mulching	Treatment	Length of main culm (cm)	1st internode length (cm)	No. of spike (No./m <sup>2</sup> )	No. of grain	Yield (kg/10a)	1000 grain weight (g)
A	B	C						
Olbori	3 Mar.	Mulching	85	33.8	391	25	749	28.0
		Control	98	41.5	296	43	774	31.2
	10 Mar.	Mulching	90	38.3	417	30	717	23.7
		Control	106	41.8	394	40	987	31.1
	7 Apr.	Mulching	74	33.2	365	29	613	26.6
		Control	105	42.7	355	38	925	30.5
Chalbori	3 Mar.	Mulching	85	34.7	391	41	747	23.8
		Control	104	39.8	427	48	775	30.5
	10 Mar.	Mulching	86	32.1	439	37	831	23.4
		Control	105	39.3	441	47	832	23.4
	7 Apr.	Mulching	68	32.3	313	37	574	23.7
		Control	104	39.6	434	47	804	27.0
Kangbori	3 Mar.	Mulching	84	31.8	291	30	743	26.5
		Control	91	35.7	285	44	690	28.2
	10 Mar.	Mulching	78	31.3	300	29	700	27.2
		Control	103	38.0	365	46	820	27.3
	7 Apr.	Mulching	60	29.1	240	35	501	30.9
		Control	92	36.0	331	50	823	28.9
Suwon 259	3 Mar.	Mulching	84	28.2	343	32	924	26.0
		Control	100	38.2	326	51	844	26.6
	10 Mar.	Mulching	94	34.5	336	38	813	23.7
		Control	104	39.3	331	55	775	24.6
	7 Apr.	Mulching	82	34.5	308	32	664	24.4
		Control	100	37.7	322	50	674	24.0
L S D .05	A	B	4.8**	2.5**	92.2**	3.2**	107.1**	1.8*
		C	2.1	1.1*	46.2**	ns	42.0**	0.8**
		AxB	1.8	1.0**	43.6**	1.7**	67.5**	0.7**
		AxC	5.9	3.1	ns	4.5	ns	2.2
		BxC	5.9	3.1	126.8	4.6	172.3	2.3
		AxBxC	3.0	1.6	130.6	2.8	92.7	ns
		ns	ns	ns	ns	ns	ns	

\*Control : Plots which were cultivated without vinyl mulching

광이 무피복구 대비 40%의 수량을 보여 가장 많이 감소되었고 두품종도 무피복구의 51~52%의 수량을 보여 저온에 민감하였다. 금강밀은 무피복구 대비 60%의 수량을 보여 다른 품종에 비해 수량 감소가 적은 편이었다. 3차비닐제거시는 무피복구 대비 15%밖에 수량을 확보하지 못하였는데

가장 수량감소가 적은 품종이 우리밀로 무피복구 대비 22% 정도밖에 되지 않았다. 품종간 차이도 거의 없어 무피복구 대비 9~22%정도의 수량을 나타내 이 시기의 수량에 미치는 영향이 제일 큼을 알 수 있었다.

보리의 수량 감소가 밀에 비해 상대적으로 적었는데 밀에

**Table 9.** Differences of yield and yield components among cultivars, times to removing vinyl mulching treatments in wheat (1999)

Cultivar A	Date removed vinyl mulching B	Treatment C	Length of main culm (cm)	1st internode length (cm)	No. of spike (No./m <sup>2</sup> )	No. of grain	Yield (kg/10a)	1000 grain weight (g)
Urimil	3 Mar.	Mulching	65	29.5	296	25	465	28.8
		Control	87	28.2	409	38	1181	34.3
	10 Mar.	Mulching	66	29.4	251	28	509	28.3
		Control	84	28.8	412	33	911	33.4
	7 Apr.	Mulching	59	22.7	189	20	222	24.6
		Control	79	27.5	277	49	891	33.7
Eunpamil	3 Mar.	Mulching	57	34.3	265	21	275	23.7
		Control	70	32.8	373	29	747	23.6
	10 Mar.	Mulching	57	28.9	262	18	425	31.4
		Control	74	32.8	402	38	894	31.0
	7 Apr.	Mulching	49	25.7	171	13	100	20.1
		Control	72	32.8	388	21	821	27.3
Chokwang	3 Mar.	Mulching	77	30.2	278	24	684	37.7
		Control	93	32.3	321	37	819	40.1
	10 Mar.	Mulching	67	27.3	209	21	320	38.2
		Control	90	29.3	334	31	794	40.5
	7 Apr.	Mulching	56	25.5	108	10	69	24.0
		Control	91	31.0	271	44	796	35.2
Keumkangmil	3 Mar.	Mulching	69	31.5	273	23	496	35.0
		Control	87	34.8	339	28	713	39.8
	10 Mar.	Mulching	65	30.4	254	17	423	32.9
		Control	85	35.5	413	28	742	30.4
	7 Apr.	Mulching	53	26.1	151	16	100	27.7
		Control	88	35.8	392	29	659	30.4
L S D .05	A	B	4.8**	2.5**	92.2**	3.2**	107.1**	1.8*
		C	2.1	1.1*	46.2**	ns	42.0**	0.8**
		AxB	1.8	1.0**	43.6**	1.7**	67.5**	0.7**
		AxC	5.9	3.1	ns	4.5	ns	2.2
		BxC	5.9	3.1	126.8	4.6	172.3	2.3
		AxBxC	3.0	1.6	130.6	2.8	92.7	ns
		ns	ns	ns	ns	ns	ns	

\*Control : Plots which were cultivated without vinyl mulching

서의 저온장애 발생이 보리보다 심함을 포장시험을 통해 확신할 수 있었으며 보리, 밀의 저온장애 피해발생 기작분석에 대한 충분한 연구를 바탕으로 저온저항성 기작 구명과 저온저항성 품종개발이 이루어져야 할 것이다.

小田(1963)는 저온에 의해 고사한 수수의 30%정도까지

는 100% 보상이 가능하다고 하였는데 보리에서 수잉기, 화기발육기에 저온으로 인해 나타난 수량 감소가 25~36%였음에도 이로 인한 수수 감소는 없었다. 그러나 생육이 진전되어 3차 비닐제거시기가 되면서 수수와의 상관성이 높아져 고도의 상관관계가 인정되었다(표 11).

**Table 10.** Differences of yield between vinyl mulching and control plot.

Crops	Year	Yield (kg/10a)		Percentage of treatment to the control (%)
		Normal	Vinyl mulching	
Barley	'98	651	484	74.3
	'99	810	715	88.3
	Mean	731	600	81.3
Wheat	'98	519	383	73.8
	'99	831	341	41.0
	Mean	675	362	57.4

**Table 11.** Correlation between yield and yield components in barley and wheat cultivars.

Removing date of Vinyl mulching	Cultivar	Correlation with yield		
		No. of spike	No. of grain	Grain weight
2 Mar.	Barley			
	Olbori	0.3506	0.4937	0.1689
	Chalbori	0.4684	-0.3953	0.2528
	Kangbori	0.6770	0.3336	0.0831
	Suwon 259	0.8719*	-0.0568	0.9548**
	Wheat			
	Urimil	0.9545**	0.8762**	0.7244
	Eunpamil	0.5649	0.6798	0.0107
	Chokwang	0.5003	0.5805	0.4365
	Keumkangmil	0.8793**	0.6496	0.6434
10 Mar.	Barley			
	Olbori	-0.5002	0.8940**	0.9830**
	Chalbori	0.7290	-0.1501	0.5863
	Kangbori	0.7826*	0.4416	0.6457
	Suwon 259	0.9348**	0.2498	0.9517**
	Wheat			
	Urimil	0.8580*	0.6763	0.9741**
	Eunpamil	0.8836**	0.9094**	-0.4612
	Chokwang	0.9822**	0.9533**	0.6131
	Keumkangmil	0.8933**	0.3527	0.1312
7 Apr.	Barley			
	Olbori	0.5981	0.1545	0.4861
	Chalbori	0.7410	0.6945	0.9175**
	Kangbori	0.9501**	0.7331	-0.3964
	Suwon 259	0.9313**	0.1103	0.0548
	Wheat			
	Urimil	0.7975*	0.9533**	0.9357**
	Eunpamil	0.8899**	0.9919**	0.9609**
	Chokwang	0.9716**	0.8327*	0.9304**
	Keumkangmil	0.9357**	0.8621*	0.8744**

밀에서는 영화분화기, 화기발육기, 수잉기에 속한 식물에서 수량감소가 커 98년에는 수량이 23~44% 감소하였고 '99년에는 소수분화기를 포함해 43~85%나 감소해 피해가 컸으며 이때 고사이삭 비율이 높아 밀에 있어 수수감소가 수량감소에 큰 영향을 미친 것으로 생각되었다. 저온스트레스로 인한 생육에의 영향은 수량구성요소 중 주로 수수와 일수립수에 큰 영향을 미치게 되는데 보리 품종 중 수원 259호와 강보리의 수량이 수수와 밀접한 상관을 보였으나 일수립수는 상관이 없었다. 밀은 대부분의 품종들이 비닐 제거 세 시기 모두 수수와 밀접한 상관을 보였고 생육이 진전된 4월 7일 처리시에는 일수립수와도 상관을 보여 저온이 수수의 감소와 더불어 일수립수의 감소에도 크게 영향을 미쳤음을 알 수 있었다.

## 적 요

비닐피복을 이용, 보리, 밀 품종의 봄철 저온장해의 대규모 유도도와 품종간 차이로 선발 가능성을 구명하고자 포장의 비닐 피복을 이용한 저온처리시험을 실시하였다. 저온에 대해 보리, 밀 모두 가장 민감한 생육시기는 수잉기였고 영화분화기 > 화기발육기 순이었다. 같은 생육정도라도 맥종간 장해정도에 차이를 보였는데 보리, 밀 각각 고사이삭비율 28%, 59%, 고사개체비율 10%, 44%, 퇴화이삭비율 18%, 44%였다. 저온장해 저항성 품종은 없었으나 품종간 장해 정도는 차이를 보여 보리에서는 찰보리가, 밀에서는 그루밀, 조광밀 등이 안정적인 수량을 보였다.

저온스트레스는 수량구성요소중 주로 수수와 일수립수에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며 보리품종중 수원 259호와 강보리 수량이 수수와 밀접한 상관을 보였으나 일수립수와는 상관이 없었다. 밀은 대부분의 품종들이 세 시기 모두 수수와 밀접한 상관을 보였고 생육이 진전된 시기에는 일수립수와도 상관을 보였다.

저온장해에 대한 유전자형을 구분하기 위해 포장에서 비닐피복이라는 간단한 처리에 의해 저온저항성 품종이나 계통의 선발이 가능할 것으로 생각되나 시험기간의 2~4월의 저온내습일수와 온도하강 정도에 변이가 있어 최소 2년 정도의 검정기간이 필요하다.

## 인용문헌

- 구본철, 박문웅, 김기준, 안종국, 이춘우, 윤의병. 2003. 맥류의 유수발육기 저온장해유형과 피해기시 분류. 한작지. 48(3) : 252-261.
- 김석동, 권용웅, 박무언, 하용웅. 1985a. 저온이 맥류의 불임, 화분활력 및 수량성에 미치는 영향. 농시논문집(작물). 27(2) : 114-119.
- 김석동, 권용웅, 박무언, 하용웅. 1985b. 추파 대소맥의 조기출수에 따른 개화, 등숙 및 수량성변화. 한작지 30(1) : 39-46.
- 남윤일, 하용웅, 高田寛之. 1983. 맥류의 분얼별 생육상 및 생산능력의 변이에 관한 연구. 한작지. 28(4) : 439-444.
- 조장환, 하용웅, 신만균, 박무언, 윤의병, 남윤일, 유용환, 김석동. 1983. 맥류의 유수 분화 조사기준 및 관리요령. 농촌진흥청. pp. 6-15.
- 小田奎三郎. 1963. 作物大系 第2編 麥の 生理生態. pp. 1-104. 養賢堂.
- 戶田正行. 1966. 小麥の冷害に關する研究. 第7報 障害型冷害による不稔の早期發見法と 被害防止法について. 日作紀. 35 : 48-53.
- 戶田正行. 1972. 小麥の冷害に關する研究. 第10報 開花期前後の低溫による稔實障害の 人爲的作成實驗. 日作紀. 41 : 315-319.
- Chen, T. H-H, L. V. Gusta, and D. B. Fowler. 1983. Freezing injury and root development in winter cereals. *Plant Physiol.* 73 : 773-777.
- Crescini, F. and A. Tettamanzi. 1929. Sulla resistenza del grano alli basse temperature. *Ital. Agric.* 66 : 546-552.
- Grafius, J. E. 1981. Analysis and improvement of plant cold hardiness Chapter 8 Breeding for Winter hardiness. pp. 161-174.
- Livingston, J. E. and J. C. Swinbank. 1950. Some factors influencing the injury to winter wheat heads by low temperature. *Agron. J.* 42: 153-157.
- Olien, C. R. 1964. Freezing processes in the crown in "Hudson" barley. *Crop Sci.* 4 : 91-95.
- Paulsen, G. M., E. Mikesell, and J. P. Shroyer. 1995. Spring freeze injury to Kansas wheat. Kansas state university C-646. pp. 1-12.
- Suneson, C. A. and G. L. Peltler. 1934. Effect of stage of seedling development upon the cold resistance of winter wheats. *Jour. Amer. Soc. Agron.* 20 : 687-692.