

## 강원지역의 2010년 복숭아 동해

서영호<sup>1\*</sup> · 박영식<sup>1</sup> · 조병욱<sup>1</sup> · 강안석<sup>1</sup> · 정병찬<sup>1</sup> · 정영상<sup>2</sup>

<sup>1</sup>강원도농업기술원, <sup>2</sup>강원대학교

(2010년 9월 7일 접수; 2010년 11월 9일 수정; 2010년 11월 24일 수락)

## Regional Distribution of Peach Freezing Damage and Chilling Days in 2010 in Gangwon Province

Youngho Seo<sup>1\*</sup>, Youngsik Park<sup>1</sup>, Byoungouk Cho<sup>1</sup>, Anseok Kang<sup>1</sup>,  
Byeongchan Jeong<sup>1</sup> and Yeong-Sang Jung<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gangwon Agricultural Research & Extension Services, Chuncheon 200-150, Korea,

<sup>2</sup>Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

(Received September 7, 2010, Revised November 9, 2010; Accepted November 24, 2010)

### ABSTRACT

Extremely low values of the daily minimum temperature occurred in January 2010, ranging from -18 to -29°C at various locations growing peach trees in the Gangwon province. Due to the extreme cold temperature during the winter dormancy period of peach trees, the growth of the peach trees was damaged and the damaged areas increased as the extent of 17 to 144 ha. In order to provide information on mitigation measure of the cold temperature on the peach trees in the Gangwon province, we assessed the distribution of the damaged areas of growing the peach trees in 2010 and compared it with freezing risk estimated from the dormancy depth of the peach trees and the daily minimum temperature. The dormancy depth of 'Changhowon Hwando (*Prunus persica* (L.) Batsch)' ranged from -62 to -90 and the freezing risk was greater than 51%. The relationship between the freezing risk and the actual damaged area ratio showed reasonable agreement ( $r^2$  of 0.5 with  $p < 0.01$ ). The results imply that the estimates of the freezing risk based on the dormancy depth can be used as a mitigation measure to identify susceptible peach growing areas to freezing damage injury.

**Key words** : Dormancy depth, Freezing damage, Gangwon province, Peach, Freezing risk

### I. 서 론

강원지역의 최근 10년(2000~2009)의 연평균기온은 10.7°C로, 평년(1971~2000)에 비해 0.5°C 높다(Seo *et al.*, 2010). 원주는 평년 10.8°C에서 최근 10년에는 12.0°C로 상승되는 등, 지역적으로 복숭아 재배에 적합한 12~15°C를 충족하는 면적이 늘어났다. 그 결과 강원지역에서 복숭아 재배 면적이 1994년 327ha에서 2010년 679ha로 크게 확대되었으며(Statistics Korea

(KOSTAT), 2010), 주요 재배 확대지역은 원주 308ha, 춘천 276ha, 양구 45ha, 영월 36ha 등 이었다.

2010년 1월 중 극최저기온의 출현에 의해 과수가 동해를 받았는데, 특히 사과, 배에 비해 동해 온도가 높은 복숭아의 피해가 가장 심하였다. 1월 7일의 일 최저기온은 춘천 -19.7°C, 원주 -19.4°C, 양구 -23.2°C, 영월 -22.7°C로 복숭아 동해온도로 알려진 -18°C (Rural Development Administration, 1990)보다 낮았다. 동해 위험도와 내한성은 품종에 따라 다른데,



\* Corresponding Author : Youngho Seo  
(seoys@korea.kr)

-25°C에서의 저온 피해율은 대통령>백도>창방조생>대구보>기도백도>사자조생>대화조생 순으로 컸고 (National Institute of Horticultural & Herbal Science, 1974), 미백도, 서미골드, 월미, 유명, 장호원황도, 천중도는 -21°C 이하에서 꽃눈 동해 위험이 높으며 (Seo *et al.*, 2002), 가지 절단부의 수피 갈변 정도는 가납암백도가 가장 심하고, 다음은 골드라이트, 유명, 홍광이었고, 꽃눈은 골드라이트, 유명, 장호원황도, 용황백도 등이 -24°C에서 갈변율이 높았다 (Piao *et al.*, 2004). Chung *et al.* (2009a)은 장호원황도의 동해 갈변율이 -20°C에서 꽃눈과 잎눈이 40%, -25°C에서는 각각 86%와 68%였고, -20°C와 -25°C에서의 잎눈 발아율은 각각 무처리 대비 66%와 32%였다고 하였다.

과거의 복숭아 저온 피해를 살펴보면, 1981년에 수원 -24.8°C, 양평 -32.6°C의 한파로 중부내륙지방에서 극심한 동해를 입었는데, 창방조생의 경우 꽃눈 피해가 -25°C 이하에서는 96.5%, -20~-25°C에서는 26.5%, -20°C 이상에서는 1.7%였고, 백도의 경우에는 각각 86.0%, 31.5%, 2.0%였다 (Tsuboi and Kim, 1982). 복숭아의 동해는 같은 저온에서도 지속시간의 영향을 받는데, 창방조생의 경우 -20°C에서 4시간 처리부터 꽃눈 피해가 나타나기 시작하여 8시간에는 50%의 피해율을 나타내었고, -25°C 이하에서는 1시간 처리에서도 극심한 동해를 받았다 (Shin *et al.*, 1986).

같은 저온처리 조건에서도 복숭아의 생리적 내동성에 따라 저온 피해율이 달라지게 된다. 즉 1~2월 자발휴면기에는 내한성이 강하나 휴면이 타파된 타발휴면기에는 내한성이 약해져서 동해에 취약하게 된다. 휴면의 깊이를 평가하기 위해 제시된 여러 휴면시계모형 가운데, Cesaraccio *et al.* (2004)의 chill days 모형은 일 최고기온과 일 최저기온만으로 휴면심도를 계산할 수 있다. 이 휴면심도는 저온에 대한 낙엽과수의 생리적 내한성을 결정하는 주요 인자인 것으로 보고되어 있다 (Kwon *et al.*, 2006; Chung *et al.*, 2009b). Kim *et al.* (2009)은 장호원황도 복숭아의 휴면심도 추정모형의 기준온도는 5.7°C이고, 자발휴면 해제에 필요한 저온요구도는 -108이라고 하였으며, 이로부터 추정된 휴면심도와 일 최저기온을 바탕으로 동해 위험지수를 계산할 수 있음을 밝혔다.

본 연구는 2010년 1월의 이상저온에 의한 강원지역의 복숭아 동해 양상을 살펴보고, 지역별로 계산한 휴

면심도를 바탕으로 한 동해위험지수와 실제 피해율을 비교하여, 금후 강원 지역의 이상저온 출현에 대응한 복숭아 동해 경감 대책을 수립하는 데 기초 자료를 제공하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

기상 자료는 강원지방 기상청의 기상대 및 기상관측소, 자동기상관측지점의 일 최고기온과 일 최저기온 자료를 이용하였다. 강원도내 지역별 복숭아 저온 피해는 각 시군의 협조를 얻어 읍면동별로 조사하였다. 복숭아 재배 농가는 시차 수확을 위하여 보통 여러 품종을 같이 재배하고 있으므로, 품종별로 조사하기보다는 전체적인 피해율을 조사하였다.

복숭아의 휴면심도는 Cesaraccio *et al.* (2004)의 휴면시계모형에 따라 계산하였다. 2009년 10월 1일부터 매일의 일 최고기온과 일 최저기온 및 기준온도를 이용하여 음의 값으로 나타내는 chill days를 계산하여 적산하였다. 여기에서 기준온도는 품종마다 고유한 모수로서, 복숭아의 경우 장호원황도의 기준온도가 5.7°C로 제시된 바 있다 (Kim *et al.*, 2009). 이 모형에 의해 계산된 휴면심도와 일 최저기온을 이용하여 동해위험지수를 구하였는데, Kim *et al.* (2009)이 제시한 계산식을 활용하였다. 즉 동해위험지수는 갈변피해 위험확률 40%와 발아피해 위험확률 60%를 반영하여 구하였으며, 갈변 및 발아 피해위험확률은 다음 식을 이용하여 계산하였다.

$$\begin{aligned} \text{갈변피해 위험확률}(\%) \\ = 100 / (1 + A \cdot \exp((T_{\min} + X) \cdot D_{cd})) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{발아피해 위험확률}(\%) = A \cdot \exp(-T_{\min} \cdot D_{cd}) \quad (2)$$

$$D_{cd} = C \times (C_d - 108)^2 + D \quad (3)$$

여기에서  $T_{\min}$ 은 일 최저기온이고, A, X, C, D는 상수이며,  $C_d$ 는 휴면심도이다.

이와 같이 구한 동해위험지수를 동해 면적 비율과 비교 검토하였다.

## III. 결과 및 고찰

강원 지역의 주요 복숭아 재배지역인 춘천, 원주, 양구, 영월의 2009년 12월과 2010년 1월의 일 최저

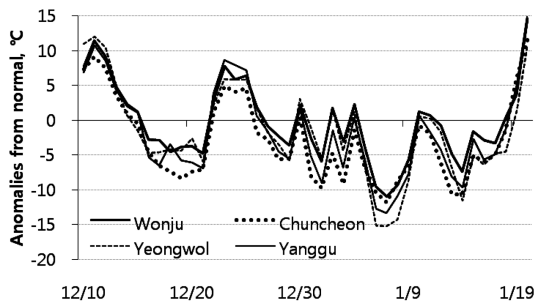


Fig. 1. Daily minimum air temperature anomalies from normal (1970~2000) 10 December 2009~20 January 2010.

기온을 평년과 비교하여 보면(Fig. 1), 1월 6~7일에 10°C 이상 낮았다. 1월 7일의 강원지역의 일 최저기온 분포는 Fig. 2에서와 같이 양구, 홍천, 횡성, 철원, 평창 등의 지역에서 -25°C 이하로 내려갔으며, 동해안 지역은 상대적으로 온도가 높았다. 강원도의 주요 복숭아 재배 지역 중 동해가 발생한 지역의 1월 7일 일 최저기온을 자동기상측정지점을 포함하여 Table 1에 나타내었다. 춘천은 -20~-24°C, 원주 -18~-24°C, 영월 -21~-24°C, 양구 -24~-27°C, 홍천 -23~-29°C, 횡성 -24~-29°C, 철원 -26°C, 인제 -23~-24°C, 화

천 -24°C, 평창 -25°C, 정선 -24°C로서, -18~-29°C의 분포를 보였다.

강원지역 주요 복숭아 재배지대에서 저온 피해를 받은 면적은 춘천이 276ha 가운데 89ha, 원주가 308ha 가운데 144ha, 영월 36ha에서 33ha, 양구 45ha 가운데 17ha, 홍천 18ha 가운데 16ha, 횡성 22ha에서 22ha, 철원 2ha 가운데 2ha, 인제 0.6ha 가운데 0.4ha, 화천 4.5ha 가운데 0.6ha, 평창 0.9ha에서 0.7ha였다. 강원 지역의 복숭아 저온 피해를 Fig. 3에 나타내었고, 주요 지역의 재배 면적과 동해 면적은 Table 2에 나타내었다.

자동기상측정장치가 설치된 지역의 일 최고기온과 일 최저기온을 가지고 2009년 가을부터 적산한 장호원황도의 휴면심도는 -62~-90였고, 이 휴면심도와 1월 7일의 일 최저기온, Kim *et al.*(2009)이 제시한 계산식을 바탕으로 추정된 동해위험지수는 51~100%였다(Table 3). 자동기상측정장치가 설치된 지역과 복숭아의 동해 피해를 조사한 지역이 겹치는 곳으로, 휴면심도에서 추정한 동해위험지수와 동해 면적 비율의 관계를 Fig. 4에 나타내었다. 동해위험지수와 동해 면적 비율의 선형관계 결정계수는 0.50으로 통계적으로 유의( $p<0.01$ )하였다.

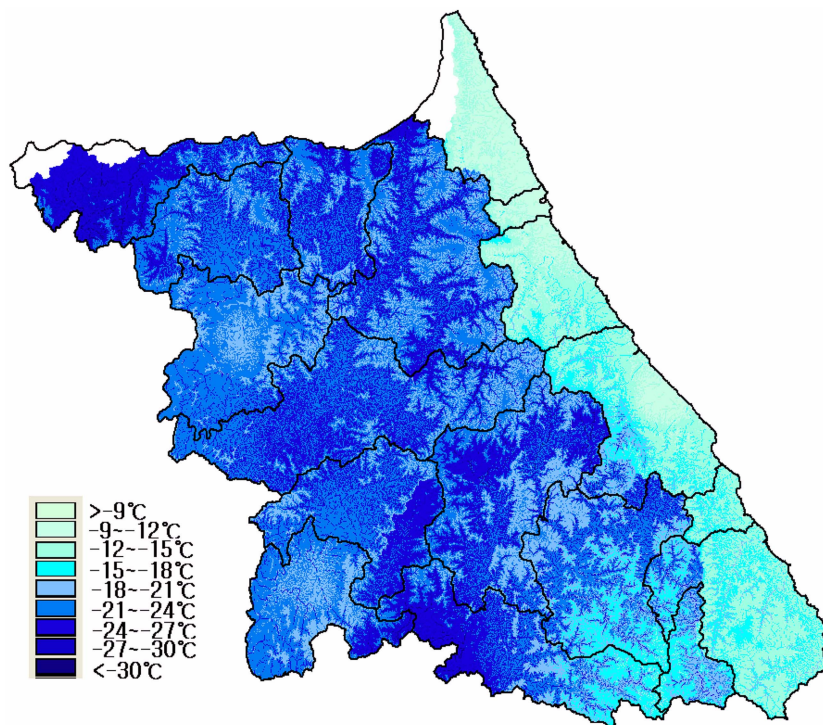
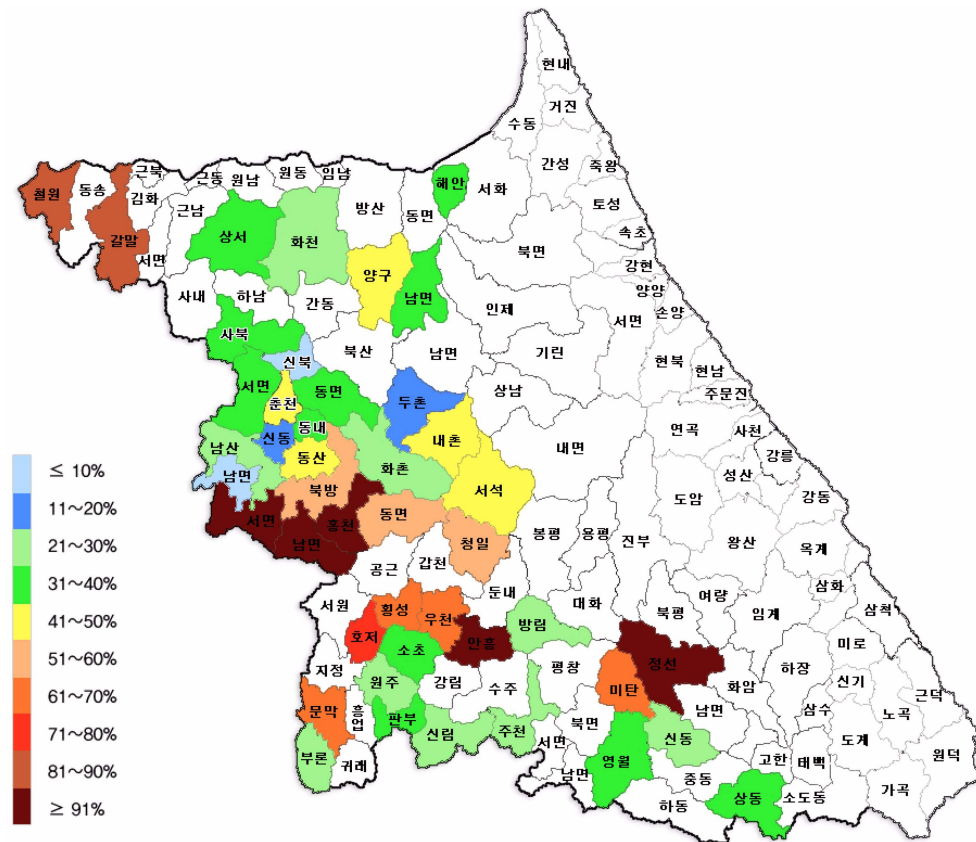


Fig. 2. Daily minimum air temperature distribution on 7 January 2010 in Gangwon province.

**Table 1.** Daily minimum air temperature ( $T_{min}$ ) of major peach growing regions on 7 January 2010 in Gangwon province

Location		$T_{min}$ , °C	Location		$T_{min}$ , °C
County	Village		County	Village	
Chuncheon	Udu	-19.7	Hongcheon	Hongcheon	-23.2
	Buksan	-21.4		Seomyun	-26.4
	Namsan	-24.2		Seoseok	-28.8
Wonju	Myoungryun	-19.4	Hoengseong	Naemyun	-28.4
	Chiaksan	-23.5		Duchon	-25.4
	Baekunsan	-18.2		Hoengseong	-23.9
	Buron	-23.0	Cheongil	-27.8	
	Munmak	-23.7	Anheong	-29.0	
Yeongwol	Shillim	-23.7	Cheorwon	Guntan	-25.6
	Yeongwol	-22.7	Inje	Seohwa	-24.4
	Sangdong	-20.9		Bukmyun	-23.4
Yanggu	Jucheon	-24.3	Hwacheon	Sangseo	-23.8
	Yanggu	-26.0		Hwacheon	-23.8
	Haean	-26.9	Pyeongchang	Pyeongchang	-25.4
	Bangsang	-24.3	Jeongseon	Bukmyun	-23.5



**Fig. 3.** Peach freezing damage in Gangwon province in 2010.

**Table 2.** Freezing damaged area of major peach growing regions in Gangwon province

Location			Location				
County	Village	Area, ha	County	Village	Area, ha		
Chuncheon	Shinbuk	6.5/36.2 <sup>1)</sup>	Yanggu	Haean	4.7/30.0		
	Dongmyun	3.1/27.9		Yanggu	Yanggu	4.4/8.3	
	Dongsan	15.4/15.9		Yanggu	Nammyun	2.0/6.5	
	Chuncheon	Dongnae	54.8/162.0	Hongcheon	Seomyun	8.4/8.8	
		Seomyun	4.5/14.7		Hongcheon	Nammyun	2.0/3.6
		Shindong	2.0/6.6		Hongcheon	Seoseok	1.7/1.7
		Sabuk	1.7/5.7		Hongcheon	Hwachon	1.1/1.1
Wonju	Socho	45.4/127.4	Hoengseong	Gonggeun	6.5/6.5		
	Hojeo	28.0/45.2		Hoengseong	Gangrim	4.7/4.7	
	Panbu	16.1/40.6		Hoengseong	Hoengseong	4.3/4.3	
	Haenggu	16.9/18.2		Hoengseong	Ucheon	3.6/3.6	
	Wonju	Usan	13.2/15.4	Cheorwon	Galmal	2.0/2.0	
		Guirae	3.5/7.7	Inje	Seohwa	0.2/0.2	
		Buron	0.5/6.8	Hwacheon	Sangseo	0.4/4.1	
Yeongwol	Jungdong	18.9/21.9	Hwacheon		Hanam	0.2/0.4	
	Yeongwol	9.5/9.5	Pyeongchang	Pyeongchang	0.4/0.5		

<sup>1)</sup>Damaged area/total cultivated area of peach

**Table 3.** Dormancy depth (chill days, CD) on 7 January 2010, freezing risk (FR), and freezing damaged area ratio (DR) of selected major peach growing regions in Gangwon province

Location			CD	FR,%	DR,%	Location				
County	Village	County				Village	CD	FR,%	DR,%	
Chuncheon	Udu	-62	87		Hongcheon	Hongcheon	-70	87	100	
	Buksan	-72	73			Hongcheon	Seomyun	-69	97	96
	Namsan	-71	90	100		Hongcheon	Seoseok	-80	94	100
Wonju	Myoungryun	-68	66	36	Hoengseong	Naemyun	-90	85	100	
	Chiaksan	-69	92			Hoengseong	Duchon	-76	85	
	Buron	-74	76	7	Hoengseong	Hoengseong	-75	80	100	
	Munmak	-69	92	57		Hoengseong	Cheongil	-76	92	100
	Shillim	-73	84			Hoengseong	Anheong	-88	91	
Yeongwol	Yeongwol	-70	86	100	Cheorwon	Guntan	-65	100	100	
	Sangdong	-72	67		Inje	Seohwa	-68	97	100	
	Jucheon	-72	88	100		Inje	Bukmyun	-74	80	50
Yanggu	Yanggu	-73	91	53	Hwacheon	Sangseo	-87	51	10	
	Haean	-83	80	16	Pyeongchang	Pyeongchang	-75	87	80	
	Bangsang	-79	74							

Chung *et al.*(2009b)은 원주의 복숭아 동해 위험 확률이 평년(1971~2000)은 34%이나 A1B 시나리오 조건에서 2011~2040년에는 37%, 2071~2100년에는 45%로 동해 위험이 증가할 것으로 예측하였다. 춘천 또한 동해 위험이 평년 41%에서 2011~2040년에

56%, 2071~2100년에 45%로 증가한다고 하였다. 이는 극최저기온이 높아져서 동해를 유발할 위험이 낮아짐에도 불구하고 복숭아의 생리적 내동성(휴면심도)이 더 약화되기 때문이라고 하였다. 원주와 춘천의 매년 1월 7일의 휴면심도를 1980년부터 2010년까지 살펴보

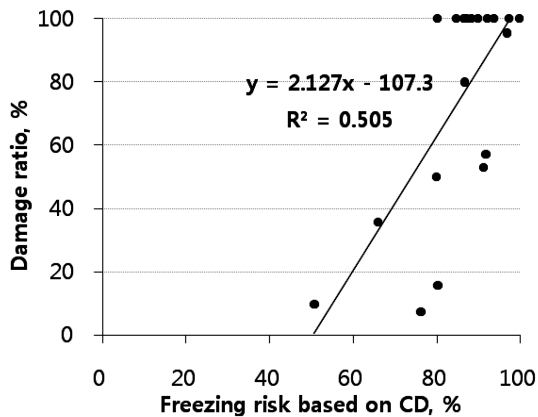


Fig. 4. Relationship between freezing risk based on dormancy depth and damaged area ratio.

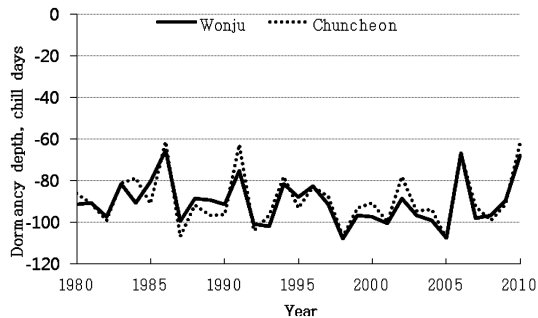


Fig. 5. Changes in dormancy depth (chill days, CD) on 7 January from 1980 to 2010 in Wonju and Chuncheon.

면, 최근 5년(2006~2010)의 휴면심도는 원주 -83.8, 춘천 -82.5로서, 1980~2005년의 -91.6과 -90.4에 비해 생리적 내동성이 낮아졌다(Fig. 5). 따라서 Chung *et al.* (2009b)이 예측한 바와 같이 앞으로 겨울 날씨가 따뜻해진다고 하여도, 복숭아의 동해 위험이 낮아질 것으로 보이진 않는다.

과수의 저온 피해율은 품종, 기후, 지형, 토양, 재배 관리 등 여러 요인의 영향을 받으므로, 정확하게 동해 위험도를 예측하기는 상당히 어렵다. 과수 농가가 재배하고 있는 복숭아는 장호원황도 외에도 유명, 천중도백도를 포함하여 여러 품종이므로 품종에 따라 피해 정도가 다를 것이며(National Institute of Horticultural & Herbal Science, 1974; Seo *et al.*, 2002; Piao *et al.*, 2004), 일 최저기온뿐만 아니라 저온 지속 시간 등 동해를 유발한 시기의 기온 패턴에 따라 동해 피해율이 달라질 수 있다(Shin *et al.*, 1986). 또한 지형에 따라 상승적인 냉기류 유입 또는 정체지역이

생기는 등 개별 과수원에 따라 동해 위험도가 달라질 수 있다. 따라서, Chung *et al.* (2009b)은 경기 이천과 경북 청도 등 복숭아 주산지의 동해위험지수의 공간 변이를 사방 270m의 고해상도로 제시한 바 있다. 그리고 시비법, 토양 물리성, 전년의 결실량, 여름 전정의 강약, 수확 후 잎 관리 등 재배관리에 따라 저온 피해율에 많은 영향을 받게 된다. 따라서 장호원황도의 모수로 추정된 휴면심도 및 동해위험지수로 정밀하게 동해를 예측하기에는 일정 정도 한계가 있다. 그러나, chill days 모형은 일 최고기온과 일 최저기온만으로 계산할 수 있고, 본 연구에서와 같이 휴면심도를 바탕으로 추정된 동해위험지수가 동해 면적 비율과 통계적 유의성을 나타내었으므로, 기상 모니터링과 휴면심도로 동해위험지수를 추정하여 이상저온으로 인한 동해 발생이 예측될 경우 주간부 보온재 피복 등의 적극적 대비를 통하여 과수 농가에서 동해 발생을 줄이는 데 유용하게 쓰일 수 있을 것으로 사료된다.

## 적 요

강원도 주요 복숭아 재배지의 2010년 1월 7일의 일 최저기온 분포는  $-18 \sim -29^{\circ}\text{C}$ 로서, 평년보다  $10^{\circ}\text{C}$  이상 낮았으며 복숭아의 동해온도로 설정된  $-18^{\circ}\text{C}$ 보다 낮았다. 이로 인한 저온 피해 면적은 원주 144ha, 춘천 89ha, 영월 33ha, 횡성 22ha, 양구 17ha, 홍천 16ha 등이었다. 금후 강원 지역의 복숭아 동해에 대한 대책을 수립하는 데 기초 자료를 제공하고자 실제 동해 면적율과 휴면심도를 바탕으로 한 동해위험지수를 비교하였다. 자동기상측정장치가 설치된 지역의 일 최고기온과 일 최저기온, 기준온도를 바탕으로 계산한 장호원황도의 휴면심도는  $-62 \sim -90$ 였다. 휴면심도와 일 최저기온으로부터 계산된 동해위험지수는 51% 이상이었으며, 이 동해위험지수는 실제 피해 면적 비율과 통계적으로 유의한 선형 관계를 나타내었다. 장호원황도의 휴면심도를 바탕으로 한 동해위험지수로 정확한 저온 피해 예측에는 어느 정도 한계가 있으나, 과수 농가에서 복숭아의 동해를 대비하는 데 유용하게 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 논문은 농림수산식품부의 전자기후도를 활용하였으

며, 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ006783201006)의 지원에 의해 수행되었다.

## REFERENCES

- Cesaraccio, C., D. Spano, R.L. Snyder, and P. Duce, 2004: Chilling and forcing model to predict bud-burst of crop and forest species. *Agricultural and Forest Meteorology* **126**, 1-13.
- Chung, U., J. H. Kim, S. O. Kim, M. H. Choi, K. H. Hwang, and J. I. Yun, 2009a: Geospatial assessment of frost and freeze risk in 'Changhowon Hwangdo' peach (*Prunus persica*) trees as affected by the projected winter warming in South Korea: I. Determination of freezing temperatures. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **11**(4), 206-212. (in Korean with English abstract)
- Chung, U., J. H. Kim, S. O. Kim, H. C. Seo, and J. I. Yun, 2009b: Geospatial assessment of frost and freeze risk in 'Changhowon Hwangdo' peach (*Prunus persica*) trees as affected by the projected winter warming in South Korea: I. Identifying freezing risk zones in the future using high-definition climate scenarios. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **11**(4), 221-232. (in Korean with English abstract)
- Kim, J. H., S. O. Kim, U. Chung, J. I. Yun, K. H. Hwang, J. B. Kim, and I. K. Yoon, 2009: Geospatial assessment of frost and freeze risk in 'Changhowon Hwangdo' peach (*Prunus persica*) trees as affected by the projected winter warming in South Korea: II. Freezing risk index based on dormancy depth as a proxy for physiological tolerance to freezing temperatures. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **11**(4), 213-220. (in Korean with English abstract)
- Kwon, E. Y., J. E. Jung, U. Chung, S. J. Lee, G. C. Song, D. G. Choi, and J. I. Yun, 2006: A thermal time-driven dormancy index as a complementary criterion for grape vine freeze risk evaluation. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **8**(1), 1-9. (in Korean with English abstract)
- National Institute of Horticultural & Herbal Science (NIHHS), 1974: A study to improve fruit cultivars. *Research Report*, 403-409. (in Korean)
- Piao, Y. L., S. J. Kang, S. J. Kim, and M. D. Cho, 2004: Comparison of cold hardiness in different peach cultivars. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology (Supplement 1)* **22**, 36.
- Rural Development Administration (RDA), 1990: *Climatic Characteristics of Major Fruit Growing Region*. Rural Development Administration. Suwon. Korea. 205pp. (in Korean)
- Seo, H. H., H. I. Jang, S. J. Park, M. S. Ryu, and M. D. Cho, 2002: An investigation of symptoms of climatic damages on fruit trees. *Research Report of National Institute of Horticultural & Herbal Science*, 653-660. (in Korean)
- Seo, Y. H., A. S. Lee, B. C. Cho, A. S. Kang, B. C. Jeong, and Y. S. Jung, 2010: Adaptation study of rice cultivation in Gangwon province to climate change. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **12**(2), 143-151. (in Korean with English abstract)
- Shin, K. C., J. S. Choi, S. B. Kim, J. Y. Moon, and J. H. Kim, 1986: Influence of low temperature and its duration on cold injury of deciduous fruit tree. *Research Report of RDA (Horticulture)*. **28**(1), 48-52. (in Korean)
- Tsuboi, Y. and S. B. Kim, 1982: Fruit tree cold injury in 1981 in Korea. *Journal of Agricultural Meteorology* **38**, 307-310. (in Japanese)
- Statistics Korea (KOSTAT), 2010: [http://kosis.kr/nsportal/abroad/abroad\\_01List.jsp](http://kosis.kr/nsportal/abroad/abroad_01List.jsp) (2010. 8. 30). (in Korean)