

## 겨울기온 상승에 따른 복숭아 나무 ‘장호원 황도’ 품종의 결과지에 대한 동상해위험 공간분석:

### I. 월동기간 중 동해유발온도 결정

정유란<sup>1\*</sup> · 김진희<sup>1</sup> · 김수옥<sup>1</sup> · 최미희<sup>1</sup> · 황규홍<sup>2</sup> · 윤진일<sup>1</sup>

<sup>1</sup>경희대학교 생태시스템공학과, <sup>2</sup>주식회사 에스티에이

(2009년 12월 1일 접수; 2009년 12월 14일 수정; 2009년 12월 14일 수락)

## 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

Uran Chung<sup>1\*</sup>, Jin-Hee Kim<sup>1</sup>, Soo-Ock Kim<sup>1</sup>, Mi Hee Choi<sup>1</sup>,  
Kyu-Hong Hwang<sup>2</sup> and Jin I. Yun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Ecosystem Engineering, Kyung Hee University, Yongin 446-701, Korea

<sup>2</sup>STA Inc., Seoul 151-780, Korea

(Received December 1, 2009; Revised December 14, 2009; Accepted December 14, 2009)

#### ABSTRACT

We investigated the patterns of freeze injury in dormant ‘Changhowon Hwangdo’ peach fruit by observing the extent of browning and germination of the branches that were treated with freezing temperature sets simulating the process of natural freezing incidences in orchards. Under the treatment of freezing temperature of  $-15^{\circ}\text{C}$ , the browning ratios were 15% for flower bud and less than 3% for both leaf bud and cambium. Under the  $-20^{\circ}\text{C}$  treatment, the browning ratios were 40% for both flower and leaf buds and 1% for cambium. The browning ratios were 86%, 68% and 40% respectively for flower bud, leaf bud, and cambium under the  $-25^{\circ}\text{C}$  treatment. All the samples showed 100% browning ratio under the  $-30^{\circ}\text{C}$  treatment. The budburst ratios of leaf buds were 85%, 66%, 32%, and 0% under the  $-15$ ,  $-20$ ,  $-25$  and  $-30^{\circ}\text{C}$  treatments, respectively. The branches of peach fruit treated with the same freezing temperature showed different responses depending on the sampling date. In January the browning ratio was low and the budburst ratio was high whereas in February the opposite was the case, showing vulnerability of peach trees to low temperature after endo-dormancy release.

**Key words :** Freeze injury, Peach tree, Browning, Budburst, Dormancy release, Global warming

### I. 서 론

지구온난화로 인하여 우리나라의 겨울철 최저기온이 상승하면서 월동과수의 동해위험도는 감소할 것이란

예상이 지배적이었다(Chung *et al.*, 2008). 그러나 70년대에서 90년대까지 10년에 1회의 빈도로 발생하던 동해가 최근 10년 동안에는 2~3년에 1회로 오히려 증가하고 있다(Ho *et al.*, 2005). 이는 한 지역의 동

\* Corresponding Author : Uran Chung (agmet@naver.com)

해위험도를 평가할 때 기온에만 의존해서는 안 된다는 것을 보여주는데 과수의 동해위험도는 낙엽 후 가을기온에 반응하는 내한성(cold resistance)의 발달 속도, 도달할 수 있는 최대내한성, 최대내한성이 일정 수준 유지될 수 있는 기간, 고온에서 다시 내한성을 상실하는 속도 등 여러 가지 요인에 의해 결정되기 때문이다(Proebsting and Mills, 1972).

혹한 이후의 동해조사나 조절환경을 이용한 실험에서 같은 품종이라도 내한성 검정방법은 물론 조사지역, 대목의 종류, 조사 시기와 조사된 부위, 수목의 관리 등에 따라 동해유발 한계온도, 즉 최대내한성에 큰 차이가 있다(Rajashekar *et al.*, 1982; Gucci *et al.*, 1988; Howell and Perry, 1990; Layne *et al.*, 1977; Layne and Ward, 1978; Yelenosky and Wutscher, 1985). 서양배(*Pyrus communis*) 가운데 비교적 내한성이 강한 것으로 알려진 *P. caucasica*는 갈변정도로 판정할 때 한계온도는  $-33^{\circ}\text{C}$  이지만 전기전도도로부터 판정할 때는  $-37^{\circ}\text{C}$ 이며(Rajashekar *et al.*, 1982), 감(*Diospyros kaki*)의 동해유발 한계온도의 경우 우즈베키스탄에서는  $-18^{\circ}\text{C} \sim -20^{\circ}\text{C}$ 로 보고되었지만(Zivotinskaja and Kulkov, 1968), 플로리다에서는  $-7^{\circ}\text{C}$ 에서도 피해가 발생하였다(Sharpe, 1966). 또한 복숭아의 경우 대목 종류에 따라서  $5^{\circ}\text{C}$  이상의 내한성 차이가 보고되었다(Gucci *et al.*, 1988). 극단적인 경우 겨울 휴면기에  $-196^{\circ}\text{C}$ 에서도 생존할 수 있을 만큼 내한성이 강한 나무라도 신초 생장이 왕성한 봄에는  $-3^{\circ}\text{C}$ 에서도 동해를 입는다(Sakai, 1960).

이로부터 한 품종의 잠재적인 내한성은 유전적으로 결정되었지만 일생 동안 실제로 표현되는 내한성은 계절, 성장상태, 발육단계에 따라 크게 달라짐을 알 수 있다. 따라서 과종 혹은 품종별로 적용할 수 있는 공통적인 동해판정기준을 설정하기가 매우 어려운데 설정 기준이 있다고 해도 한 나무에서도 눈과 가지 등 부위에 따라 모든 기준이 똑같이 적용될 수 있는 것도 아니다(Kang and Oh, 2004). 예상되는 기후변화와 과수산업의 적응전략을 고려해 보면 재배적지의 선정과 신 품종의 도입은 매우 중요하며 그 과정에서 동해위험도는 의사결정을 위한 기본정보가 될 것이다. 따라서 주어진 온도에서 과수의 내한성에 대한 다각적인 검토를 기반으로 실존하는 동해위험을 예측할 수 있는 방법을 찾는 일이 시급하다. Cho *et al.*(1987)은 사과 '육오'와 배 '장십랑', 복숭아 '창방조생'에

대하여 저온처리에 따른 갈변정도로부터 저온피해량을 조기 진단할 수 있는 방법을 제시하였으며, Shin *et al.*(1986)은 사과 '후지', 배 '신고', 복숭아 '창방조생', 포도 '캠벨얼리'에서 저온지속시간이 동해발생 정도에 미치는 영향을 조사한 바 있다. 최근에는 Piao *et al.*(2004)이 복숭아 품종 8개에 대하여  $-14^{\circ}\text{C}$ 로부터  $-30^{\circ}\text{C}$ 까지의 단계별 저온처리와 지속시간에 따른 각 품종의 부위별 갈변양상과 동해발생정도의 관계를 보고한 바 있다. 그러나 이들 연구에서는 저온지속시간 혹은 하강 및 상승속도 등 저온처리방법에 대한 구체적인 설명이 미흡하여 연구결과 상호비교는 물론 과수 동해경감을 위한 실용화에 걸림돌이 되고 있다.

만약 월동기간 중 시기별 동해유발온도를 정확하게 알아낼 수 있다면 적지적작은 물론 기존 과원의 영농지원용 동해위험도 평가에 큰 도움이 된다. 본 연구에서는 최근 재배면적이 증가하고 있는 복숭아 '장호원 황도' 품종을 대상으로 실제 동해가 발생한 해의 기온 경과양상, 즉 기온 하강속도와 저온 지속시간, 기온 상승속도에 근거하여 자연조건에 가까운 저온처리조합을 만들고 이 처리조건하에서 서로 다른 시기에 채취된 결과지 시료의 부위별(눈, 형성층, 목부), 피해증상별(갈변, 발아장애) 동해유발온도의 변동양상을 파악하고자 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 2.1. 시료준비

2008년 12월 19일부터 2009년 2월 13일까지 2주간격으로 '장호원황도(이하 황도)' 장과지를 채취하여 저온처리실험을 5회 실시함으로써 저온노출 수준에 따른 휴면지(결과지)의 갈변과 발아경과를 관찰하였다. 실험에 쓰인 장과지는 국립원예특작과학원(이하 원예원)의 시험포장에서 실험 때 마다 80~100개씩 채취하였으며 채취시간은 매회 일몰 무렵인 오후 5시부터 약 30~40분간이었다. 채취한 장과지는 다시 15~20cm 길이로 절단하고 정이우세에 의한 오차를 줄이기 위해 측이만 가진 휴면지를 선별하였다. 또한 휴면지 상부 절단면에는 항진균제(상품명 Topsin Paste, 성분명 thiophanate-methyl)로 도포하여 감염과 수분증발을 억제하였다. 도포제를 바른 시료들은 70% 에탄올과 증류수로 소독 처리한 후 휴면지와 눈 주변에 남아 있는 수분을 제거하고 각각의 저온처리별로 15개씩 나

누어 0.05mm 두께의 투명 비닐백에 담았다.

**2.2. 저온 및 해동처리**

최근 30년 동안 우리나라의 동해발생 사례를 보면 1974년 1~2월 여주, 이천, 제천시방에서 극최저기온이 -25°C로 복숭아 꽃눈이 대부분 동해를 입었고 경기도 안성, 충북 음성, 괴산, 보은, 단양, 강원도 영월, 평창, 횡성, 홍천 등 중북부지방은 -21°C에서도 핵과류 꽃눈이 심한 동해를 입은 것으로 조사되었다(National Institute of Horticultural Sciences, 1974). 1981년 1월 5일을 중심으로 수일간 우리나라 전역에 한파가 내습하여 수원 -25°C, 양평 -33°C로 내려가 과수의 극심한 동해가 발생하였으며(Tsuboi and Kim, 1982), 2001년 1월 중순에도 철원지역에서 -30°C, 천안지역이 -24°C까지 기온이 내려가 포도와 복숭아 등 핵과류 재배농가에 큰 경제적 손실을 끼쳤다. 따라서 실험 단계별 저온의 범위와 저온지속시간, 해동시간 설정에 대한 근거를 마련하기 위해 우리나라에서 월동기간 중 극심한 저온피해를 기록한 대표지점(철원, 수원, 양평, 정읍)의 시간 및 일별 기상자료(1985년 1월 3일~7일, 2001년 1월 13일~17일)와 동해가 발생하지 않았던 해(2007년 1월 3일~17일)의 기상자료를 비교하였다. 동해가 발생한 연도의 저온은 일몰 무렵에 나타나기 시작하여 최저기온까지 걸리는 시간은 대략 10시간에서

12시간으로 평균 2°C/hr 하강하였으나 상승속도는 평균 5°C/hr로 하강속도보다 2배이상 빨랐다.

이 결과를 고려하여 냉동처리를 -15°C에서 -30°C까지 5°C 간격으로 4개를 설정하고 대조구로 3°C 처리(이하 무처리)를 두었다. 모든 처리는 -15°C에서 2시간 노출시키는 것으로부터 시작하였다. 이후 -15°C 처리구는 바로 3°C 저온고에 옮겨서 24시간 이상 해동시키고 -20°C 처리구는 -20°C에 4시간 노출시켰다가 다시 -15°C로 옮겨 1시간을 경과한 후 최종적으로 3°C 저온고로 옮겼다. -25°C 처리구는 -20°C 처리구와 동일한 단계를 거치되 -20°C에서 4시간, 다음에 -25°C에서 2시간 동안 경과시켰다가 다시 5°C 상승시켜서 -20°C에서 1시간, 다시 -15°C로 옮겨 1시간 지속시킨 후 3°C 저온고로 옮겼다. -30°C 역시 -25°C 처리과정을 거친 시료들을 -30°C에서 추가로 4시간을 경과시킨 후 역시 해동과정으로 5°C씩 상승시켜 -25°C, -20°C, -15°C에서 각각 1시간씩 경과시킨 후 3°C 저온고로 옮겨 보관하였다(Fig. 1).

**2.3. 갈변 및 발아관찰**

냉동-해동-안정화 단계가 끝난 황도의 처리휴면지를 절반씩 나누어 각각 갈변과 발아관찰에 사용하였다. 갈변상태를 관찰하기 위해 저온처리가 끝난 휴면지를 충분한 증류수로 적신 신문지로 감싸고 상온에서 약

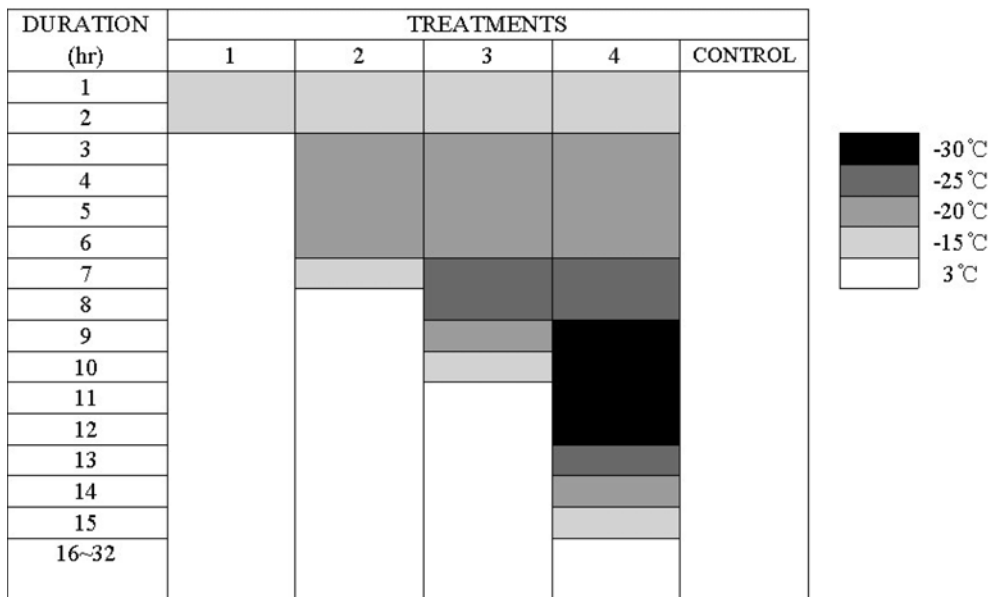


Fig. 1. Schematic of the freeze-thaw treatment processes used on 1-year-old fruit branches in peach trees.

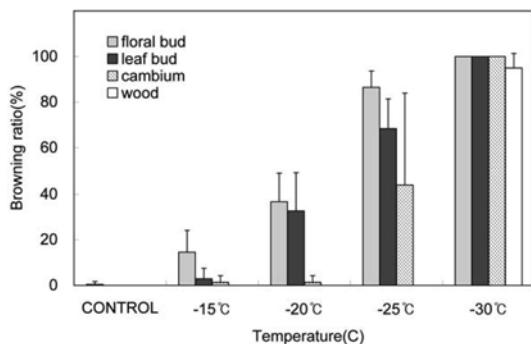
1시간 정도 두었다가 25°C 항온 생장상에서 24시간을 경과시켰다. 휴면지의 꽃눈과 잎눈의 갈변상태는 실험용 칼로 눈을 세로와 가로 방향으로 잘라 눈 내부조직의 갈변정도를 육안으로 관찰하였다. 형성층과 목부의 갈변상태도 표피조직을 칼로 벗겨내어 육안으로 갈변정도를 관찰하였다.

발아를 관찰하기 위한 저온처리별 시료는 수분 흡수면적이 커지도록 비스듬히 절단하였다. 휴면지를 고정하기 위해 준비한 거치대에 휴면지를 하나씩 묶은 다음 0.05%의 살균제 용액(상품명 다코닐, 성분명 chlorothalonil)에 휴면지의 기부가 잠기도록 한 뒤 25°C 항온 생장상에 넣어 꽃눈과 잎눈의 발아여부를 매일 정해진 시간(오전 10시~12시 사이)에 관찰하였다. 용액은 곰팡이 발생을 방지하기 위해 주 1회 간격으로 교체하였다. 농업과학기술 연구조사분석기준에 의하면 잎눈의 경우 벌어진 인편 사이로 1~2mm 정도 잎 부분이 밀려나왔을 때를 발아한 것으로 보는데 본 실험에서도 이와 동일한 기준으로 잎눈의 발아기를 판정하였다. 꽃눈은 녹색꽃받침기(calyx green) 이상으로 발아가 진행된 경우를 발아의 기준으로 간주하였다 (Westwood, 1993).

### III. 결과 및 고찰

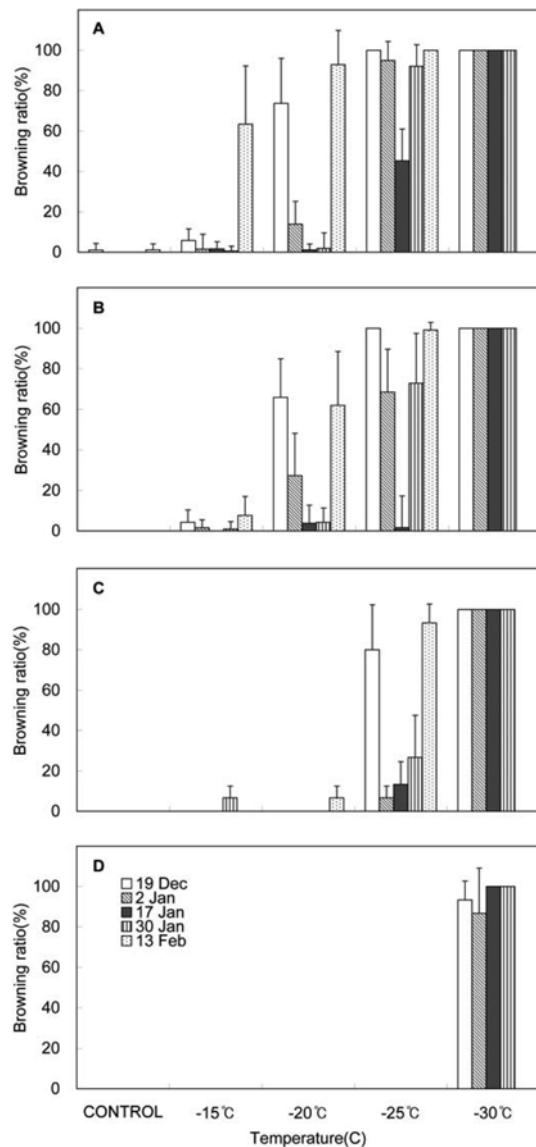
#### 3.1. 저온처리별 갈변양상

저온처리에 따른 황도 결과지의 부위별 갈변율을 비교해보면 -15°C에서 꽃눈은 10%, 잎눈은 3%, 형성층은 1% 이하로 낮은 갈변율을 보였다(Fig. 2). -20°C



**Fig. 2.** Browning ratio of the flower bud, leaf buds, cambium, and wood in dormant fruit branches of ‘Changhowon Hwangdo’ peach trees treated with different freezing temperatures and duration. Vertical bars represent the standard deviation across 5 different sampling dates.

에서 꽃눈과 잎눈은 30% 이상, 형성층은 1% 이하였으며 -25°C에서는 꽃눈과 잎눈이 각각 86%와 68%, 형성층도 평균 44%의 갈변율을 보이기 시작하였고 -30°C에서는 꽃눈에서 목부까지 100% 갈변되었다. -30°C에서는 부위에 무관하게 갈변증상이 나타났고 무처리에서는 결과지의 모든 부위에서 갈변이 보이지 않았다. 냉동처리에 의한 갈변증상은 꽃눈에서 가장 심하고 잎눈, 형성층, 목부의 순으로 심하게 나타났다.



**Fig. 3.** Freezing treated fruit branches of ‘Changhowon Hwangdo’ peach trees at different sampling dates. Each panel represents browning ratio of the flower buds (A), leaf buds (B), cambium (C), and wood (D).

이 같은 결과는 황도 꽃눈이 결과지보다 더 많이 갈변되었다고 보고한 Piao *et al.*(2004)의 결과와 일치한다.

Fig. 3은 결과지의 부위별 갈변율을 시료채취 날짜별로 비교한 것으로 꽃눈의 경우  $-15^{\circ}\text{C}$ 에서 1차(12월 19일)에서 5차(2월 13일)까지 모든 실험에서 갈변이 관찰되었는데 1차에서 4차까지는 1% 미만의 낮은 갈변율을 보였으나 5차에서는 60% 이상의 높은 갈변율을 보였다.  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서는 2차(1월 2일)에서 14%, 3차(1월 17일)와 4차(1월 30일)에서는 1% 미만이었으나 1차와 5차에서는 78%와 90%로 갈변율이 높아졌다.  $-25^{\circ}\text{C}$ 에서는 3차시기를 제외하고는 모두 갈변율이 90% 이상이었다.  $-30^{\circ}\text{C}$ 에서는 모든 시기에 갈변율이 100% 이었다.

잎눈의 경우도 꽃눈의 변화와 그 양상이 비슷하지만  $-15^{\circ}\text{C}$ 의 경우 1차에서 5차까지 10% 미만의 갈변율을 보여 꽃눈이 5차에서 높은 갈변율을 보인 것과 다른 양상을 보였다.  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서는 2차에서 28%, 3차와 4차에서 4% 미만의 갈변율을 보였지만 꽃눈과 같이 1차와 5차에서 65% 이상 갈변되었다.  $-25^{\circ}\text{C}$ 에서는 3차에서 1% 갈변된 것을 제외하고 꽃눈과 마찬가지로 90% 이상 갈변되었으며  $-30^{\circ}\text{C}$ 에서는 100% 갈변되었다.

형성층의 경우  $-15^{\circ}\text{C}$ 와  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 4차 이후에서만 10%의 갈변율을 보였고  $-25^{\circ}\text{C}$ 에서는 1차에서 5차까지 갈변이 관찰되었는데 1차와 5차에서만 80% 이상 갈변되었고 2차에서 4차까지는 30% 미만이었으며  $-30^{\circ}\text{C}$ 에서는 역시 100% 갈변되었다. 목부는  $-15^{\circ}\text{C}$ 와  $-20^{\circ}\text{C}$  뿐 아니라  $-25^{\circ}\text{C}$ 에서도 갈변되지 않았으며  $-30^{\circ}\text{C}$ 에서만 100% 갈변되었다. 무치리구의 모든 부위에서는 갈변이 관찰되지 않았다.

따라서 시기별 갈변율을 동해판정의 기준으로 삼는다면 꽃눈의 경우 한 겨울을 지나 자발휴면이 해제된 뒤(2월 초)에는 동해위험이 커지고 휴면이 해제되기 전 특히 1월 중하순에는 피해가 경미하다고 할 수 있다(Fig. 4).

### 3.2. 저온처리별 발아양상

잎눈의 저온처리별 평균 발아율을 무치리구의 발아율에 대한 백분율로 나타내보면  $-15^{\circ}\text{C}$ 의 경우 85%,  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서는 66%,  $-25^{\circ}\text{C}$ 는 32%였다.  $-30^{\circ}\text{C}$ 에서는 전혀 발아가 되지 않았다. 발아율 역시 시료채취일에 따라 약간씩 차이가 있는데  $-15^{\circ}\text{C}$ 의 경우 2차시기를

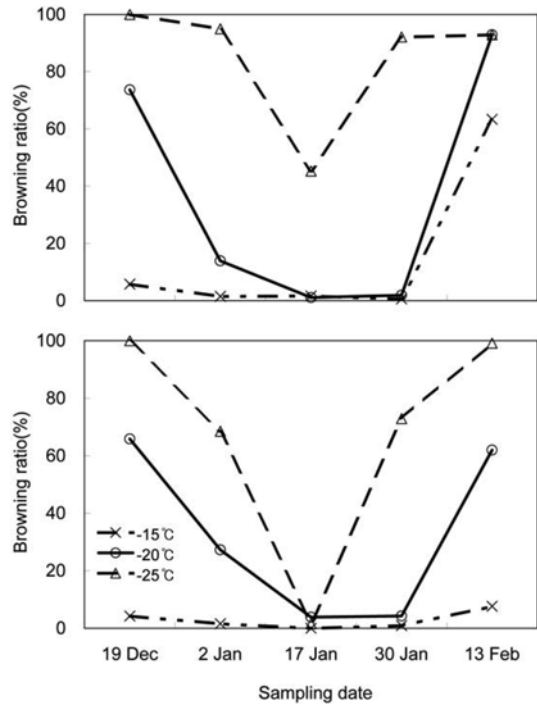
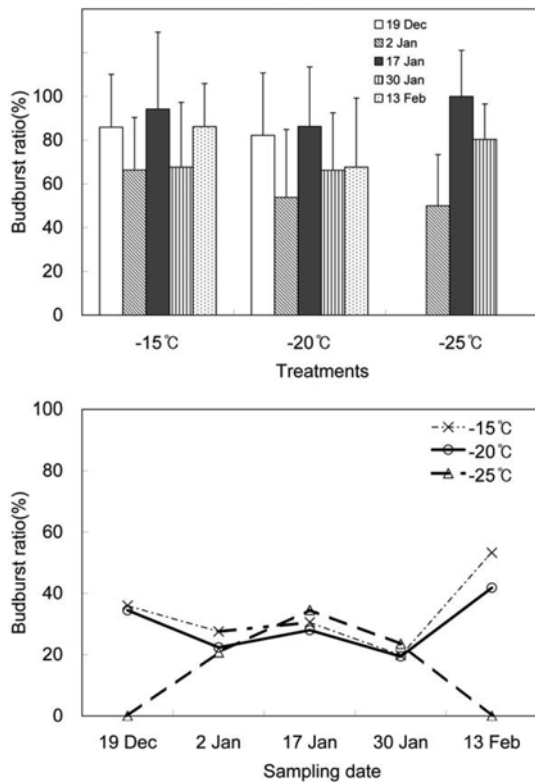


Fig. 4. Browning ratio of the flower buds (top) and leaf buds (bottom) in dormant fruit branches of 'Changhowon Hwangdo' peach trees treated with different freezing temperatures.

제외하고는 모두 80% 이상 발아하였으며  $-20^{\circ}\text{C}$ 의 경우 3차와 4차 때 처리한 잎눈의 발아율이 85%와 75%로 높았다.  $-25^{\circ}\text{C}$ 에서도 2차와 5차 때의 발아율은 36%와 4%로  $-20^{\circ}\text{C}$ 에 비해 급격히 낮아졌으나 역시 3차와 4차 때 처리한 잎눈의 발아율은 모두 70% 이상으로 높았다. 갈변관찰에서  $-20^{\circ}\text{C}$ 와  $-25^{\circ}\text{C}$ 에서 1월(3차와 4차)에 채취한 잎눈의 갈변율이 가장 낮았는데 발아관찰에서도 이 시기에 채취한 잎눈에서 높은 발아율을 보였다(Fig. 5).

이 시기에 낮은 갈변율과 높은 발아율을 보이는 것은 휴면심도가 깊어 생리적인 단기내한성이 강해져 있기 때문으로 추정할 수 있는데 우리나라의 겨울이 1월에 가장 춥고 이 시기에 온대낙엽과수의 휴면심도가 가장 깊다라고 알려진 사실과 일치한다. 또한 같은 수준의 저온처리임에도 불구하고 1, 2차 때보다는 5차 시기에 채취한 잎눈의 발아율이 낮은 현상은 자발휴면해제 이후에 동해위험에 더 취약한 것을 보여주었다.

또한 잎눈의 갈변율과 발아율은 비선형적 관계를 보이는데  $-25^{\circ}\text{C}$  이하의 저온에서 갈변된 잎눈도 발아에

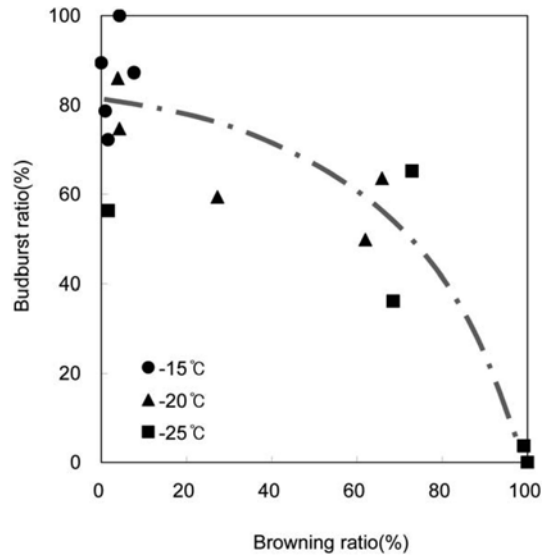


**Fig. 5.** Freezing treated fruit branches of ‘Changhowon Hwangdo’ peach trees at different sampling dates. The budburst ratio of the leaf buds in dormant fruit branches of ‘Changhowon Hwangdo’ peach trees treated with different freezing temperatures (top) and sampling dates (bottom).

적합한 환경에 놓였을 때 발아하는 것으로 보인다 (Fig. 6). 따라서 월동기간 중 잎눈의 내한성 정도를 판단하는 방법으로 갈변과 발아관찰을 결합하여 정량화하는 것이 중요할 것으로 판단된다.

본 연구에서 저온처리뿐 아니라 무처리에서도 황도 휴면지의 꽃눈은 대부분 발아 개화되지 않았다. 특히 자발 휴면이 타파되었다고 생각되는 5차 채취구의 무처리에서도 잎눈의 발아생장 확인에 있어서 크게 문제가 없었으나 꽃눈의 가시적 개화가 이루어지지 않았기 때문에 확실한 생사 파악에 어려움이 있었다. 이는 잎눈과 꽃눈의 수습적응 능력의 차이일 수도 있으므로 수습처리보다 다른 배양기술의 도입으로 생장능력조사(growing test)의 정확도를 높임으로써 꽃눈과 잎눈의 내한성 정도를 보다 정확하게 확인할 수 있을 것으로 생각되었다.

이 연구에서는 과거 동해발생사례의 기온을 시간단위로 추적하여 이것을 최대한 반영한 처리조건을 만들



**Fig. 6.** Comparison of the browning and budburst ratio of the leaf in dormant fruit branches of ‘Changhowon Hwangdo’ peach trees treated with different freezing temperatures.

었으며 이는 향후 유사한 동해실험에서 저온처리의 표준으로 삼을 수 있을 것이다. 따라서 이 연구를 통해 얻은 결과는 우리나라 겨울의 동해조건을 잘 모의한 것으로서 향후 발생할 수 있는 동해위험의 예측에 기여할 것이다. 또한 시료채취시기 즉 한파내습시기에 따라 동해유발온도가 변동하는 것을 확인할 수 있어 앞으로 수행해야 할 중요한 생물계절 연구주제를 제시했다고 생각한다. 시료채취시기별로 동해유발온도가 다른 사실을 복숭아 재배에 이용하기 위해서는 시료채취시기(calendar time)를 온도시간(thermal time)으로 변환할 수 있어야 한다. 온도시간 가운데 월동기간에는 chill unit이 대표적이다(Richardson *et al.*, 1974). 향후 각 시기에 해당하는 적산 chill unit을 적절한 생물계절모형에 의해 계산해낸다면 복숭아의 월동 중단가내동성을 추정할 수도 있을 것이며 이를 기반으로 동해위험도 예측도 가능할 것으로 기대된다(Chung and Yun, 2008).

### 적 요

실제로 동해가 발생한 해의 기온 경과양상에 근거한 저온처리조합을 만들어 복숭아 나무 ‘장호원황도’ 품종의 휴면지에 처리하여 갈변정도와 발아를 관찰함으로써 시기에 따른 휴면지의 부위별 동해양상과 동해유발

온도를 파악하였다. 갈변율의 경우  $-15^{\circ}\text{C}$ 에서 꽃눈은 10%, 잎눈과 형성층은 3% 미만이었으며  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서는 꽃눈과 잎눈은 40%, 형성층은 1%이었다.  $-25^{\circ}\text{C}$ 에서의 갈변율은 꽃눈과 잎눈이 86%와 68%, 형성층은 40% 이상이었고  $-30^{\circ}\text{C}$ 에서는 모든 부위에서 100% 갈변되었다. 잎눈 발아의 경우 대조구(무처리)의 발아율을 100%로 두었을 때  $-15^{\circ}\text{C}$ 에서는 85%,  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서는 66%,  $-25^{\circ}\text{C}$ 에서는 32%의 상대발아율을 보였으며  $-30^{\circ}\text{C}$ 에서는 전혀 발아하지 못했다. 동일한 저온처리의 경우 휴면심도가 깊은 시기로 알려진 1월 말에 채취한 시료에서 갈변율은 낮고 발아율은 높았다. 2월 이후에는 갈변율이 높고 발아율이 낮아 휴면해제 직후가 동해위험에 더 취약한 것으로 나타났다.

### 감사의 글

실험을 위한 시료와 장비, 시설을 제공한 국립원예특작과학원 관계자들에게 감사드립니다. 이 연구는 2008년도 농촌진흥청 농업과학기술개발공동연구사업(과제명: GIS 기반 고해상도 복숭아 품종별 동상해 위험지대 구분도 작성)의 지원으로 이루어진 것이다.

### REFERENCES

- Cho, M. D., S. B. Kim, K. Y. Kim, K. C. Shin, and J. K. Kim, 1987: Early diagnosis of injury in cold stressed fruit trees. National Institute of Horticultural Science, RDA, *Research Report* **29**, 104-110.
- Chung, U., and J. I. Yun, 2008: A prospect on the changes in short-term cold hardiness in "Campbell Early" grapevine under the future warmer winter in South Korea. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **8**, 94-101. (In Korean with English abstract)
- Chung, U., S. O. Kim, and J. I. Yun, 2008: Plant hardiness zone mapping based on a combined risk analysis using dormancy depth index and low temperature extremes - a case study with "Campbell Early" grapevine-. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **10**, 121-131. (In Korean with English abstract)
- Gucci, R., J. A. Flore, and R. L. Perry, 1988: A two-year study on cold hardiness of 'Redhaven' peach shoots as influenced by eight different rootstocks. *Compact Fruit Tree* **21**, 113-120.
- Ho, C. H., S. J. Jeong, and J. H. Jeong, 2005: Urbanization and warming trend in the Korean Peninsular viewed from spring flowers. *Proceedings of the Third Climate Change Conference and the Second Climate Change Policy Forum*, KPCC, Seoul, 22-25.
- Howell, G. S., and R. L. Perry, 1990: Influence of cherry rootstock on the cold hardiness of twigs of the Sweet Cherry Scion cultivar. *Scientia Horticulturae* **43**, 103-108.
- Layne, R. E. C., H. O. Jackson, and F. D. Stroud, 1977: Influence of peach seeding rootstock on defoliation and cold hardiness of peach cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science* **102**, 89-93.
- Layne, R. E. C., and C. M. Ward, 1978: Rootstock and seasonal influences on carbohydrate levels and cold hardiness of 'Redhaven' peach. *Journal of the American Society for Horticultural Science* **103**, 408-413.
- National Institute of Horticultural Sciences, 1974: Agricultural statistics for frost damage. *Research Report*, 403-409.
- Kang, S. M., and S. D. Oh, 2004: Freezing Injury. In: S. D. Oh(Ed.), *Fruit Tree Physiology in Relation to Temperature*. Kilmogum Press. 364pp.
- 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**, 36pp.
- Proebsting, E. L., and H. H. Mills, 1972: A comparison of hardiness responses in fruit buds of 'Bing' cherry and 'Elberta' peach. *Journal of the American Society for Horticultural Science* **97**, 802-806.
- Rajashekar, C. B., M. N. Westwood, and M. J. Burke, 1982: Deep supercooling and cold hardiness in genus *Pyrus*. *Journal of the American Society for Horticultural Science* **107**, 968-972.
- Richardson, E. A., S. D. Seely, and D. R. Walker, 1974: A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. *HortScience* **10**, 559-560.
- Sakai, A., 1960: Survival of twigs of wood plants at  $-196^{\circ}\text{C}$ . *Nature* **185**, 393-394.
- Sharpe, R. H., 1966: Persimmon variety and rootstock observations. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* **79**, 374-380.
- 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. National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, *Research Report* **28**, 48-52.
- Tsuboi, Y., and S. B. Kim, 1982: Fruit tree cold injury in 1981 in Korea. *Journal of Agricultural Meteorology (Japan)* **38**, 307-310.
- Westwood, M. N., 1993: *Temperate-zone Pomology: Physiology and Culture* (3rd ed.). Timber Press Inc., 428-429.
- Yelenosky, G., and H. K. Wutscher, 1985: Growth capacity of valencia orange buds on different rootstocks during cold-hardening temperatures. *Journal of the American Society for Horticultural Science* **110**, 78-83.
- Zivotinskaja, S. M., and O. P. Kulkov, 1968: On the frost resistance of oriental persimmon in Uzbekistan. *Subtropicheskie Kul'tury (Subtropical Cultures)* **5**, 87.