

## 저온 처리 온도 및 지속 시간에 따른 배의 품종별 내동성 비교

임순희<sup>1\*</sup> · 최장전<sup>1</sup> · 최진호<sup>1</sup> · 김성종<sup>1</sup> · 권용희<sup>1</sup> · 한점화<sup>2</sup> · 이한찬<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 배시험장, <sup>2</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 과수과  
(2014년 2월 25일 접수; 2014년 3월 25일 수정; 2014년 3월 26일 수락)

## Freezing Hardiness of Several Pear Cultivars According to Degree and Duration of Low Temperatures

Sun-Hee Yim<sup>1\*</sup>, Jang-Jeon Choi<sup>1</sup>, Jin-Ho Choi<sup>1</sup>, Sung-Jong Kim<sup>1</sup>,  
Yong Hee Kwon<sup>1</sup>, Jeom-Hwa Han<sup>2</sup> and Han Chan Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pear Research Station, NIHHS, RDA, Naju 520-821, Korea

<sup>2</sup>Fruit Research Division, NIHHS, RDA, Suwon 440-706, Korea

(Received February 25, 2014; Revised March 25, 2014; Accepted March 26, 2014)

### ABSTRACT

Freezing hardiness of winter bud and branch of several pear (*Pyrus pyrifolia*) cultivars according to degree and duration of low temperatures was investigated by sprouting, electrolyte leaching rate and triphenyltetrazolium chloride (TTC). Sprouting rate as infected by degree and duration of low temperature were different between cultivars. The lower temperature, the longer duration, sprouting rate was decreased. Electrolyte leaching rate was showed above 30% at below -30°C treatment regardless of cultivars and duration. The lower temperature and the longer duration, Electrolyte leaching rate was increased. Electrolyte leaching rates of Manpungbae, Niitaka and Chuwhangbae at -30°C for 9 hours treatment which were observed high sprouting rate, were lower than those of other varieties. Absorbance rates by TTC test at -21°C treatment were 66.0 to 96.5% for 6 hours, 49.4 to 91.9% for 9 hours, and 37.3 to 89.4% for 12 hours. Freezing hardiness of pear cultivars at ecodormancy was different according to degree and duration of low temperature treatments.

**Key words:** Freezing hardiness, Sprouting, Electrolyte leaching rate, Triphenyltetrazolium chloride (TTC), *Pyrus pyrifolia*

### I. 서 론

과수류 재배에 있어서 휴면기의 일시적 극저온은 일부 생식 기관에 동해를 발생시키고 극저온이 장기간 지속되면 영양기관 및 생식기관인 유관속, 엽아, 화아 등이 동해를 받고 심하면 수체가 동사하기 때문에 겨울철 저온정도는 과수 재배의 적지 선정에 주요한 요인이 되고 있다(Park, 1996). 동해란 영하의 온도에서

나타나는 피해로 그 증상과 종류가 다양하다. 시기에 따라 늦가을에는 성숙하지 않은 눈이 동해를 받으며 (Simons, 1972), 온도가 더욱 낮아지면 주간과 큰 가지가 피해를 받고 주간부가 괴사하기도 한다(Layne and Flore, 1991). 또한 목질부 세포의 산화 갈변 현상과 2차 목부에 심재 흑변이 나타나기도 한다 (Daniell and Crosby, 1968). 겨울동안 일시적인 고온으로 내한성이 약해져 눈이나 수피가 죽거나 분지부



\* Corresponding Author : Sun-Hee Yim  
(sunny4756@korea.kr)

(crotch)에 피해가 나타나기도 하며(Prince, 1966), 뿌리의 동해로 나무가 죽는 경우도 있다(Cummins and Aldwinkle, 1974). 꽃눈은 봄에 생장을 시작하기 직전에 더 많은 동해를 받아 생장 중에 죽기도 하고 비정상적인 개화가 유기되는 경우도 있다(Sparks, 1992). 과수류의 영양기관에서 동해를 유발하는 온도는 과중에 따라 상이한데 보통 낙엽성 온대과수류는 15~-20°C내외이며, 배나무는 -25~-30°C정도이며, 배꽃은 -3.2~-4.8°C, 유과는 -2.5~-2.3°C내외로 생식기관이 영양기관에 비해 약하고 그 중에서 유과가 동해에 가장 약하다고 보고되어 있다(Proebsting and Mills, 1978). 내동성에는 식물체의 탈수(Akyildiz *et al.*, 2004)를 비롯하여 증산작용, ABA 농도 등이 깊히 관여하는데(Thomashow, 1998), 낙엽성 과수는 체내 수분 농도, 탄수화물, 질소, 지방산(Mastuo *et al.*, 1992), 아미노산, 단백질, 가용성 당 및 전분(Yoon, 1996) 등 많은 요인에 의해 영향을 받는다.

본 연구는 배의 숙기가 다른 품종들의 1년생 가지를 채취하여 저온처리 후 발아율, 전해질 누출률, TTC 검정을 실시하여 품종별 저온 처리 온도 및 시간에 따른 피해 정도를 구명하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 2.1. 시험재료 및 처리내용

시험 재료는 숙기가 다른 한아름, 행수, 원황, 황금배, 화산, 만풍배, 풍수, 신고, 감천배, 추황배 등 배 10품종을 대상으로 하였다. 배상형으로 재배된 배 20년생 성목의 굵기가 균일하고 착생 꽃눈 수가 비슷한 1년생 가지를 2011년 2월 15일에 채취하여 30cm로 절단하여 이용하였다. 절단부위의 수분증발을 막기 위해 수분증발억제제(Topsin Paste)를 처리한 시료를 챔버에 넣고 3시간에 10°C씩 하강 또는 상승하도록 설정하였다 -21°C, -24°C, -27°C, -30°C, -33°C 등 5처리로 저온에 노출시켰으며, 시험온도에 도달되면 지속시간에 따라 6, 9, 12시간 동안 저온을 유지하였다.

### 2.2. 발아율, 전해질 누출률, TTC 검정

발아율 조사를 위해 저온 처리 후 0에서 2일 동안 보관한 신탄 15개를 20°C, 12시간 일장 조건 하에 3~5일 동안 수습하여 눈의 인편이 터진 상태는 정상이며 터지지 않고 어두운 색으로 변한 상태는 동해를 받은 것으로 판정하여 발아율을 조사하였다.

전해질 누출률을 조사하기 위해 저온에 노출시킨 가지를 눈이 포함되지 않은 마디 중간 부분을 잘게 잘라 5g으로 정량하고 40mL의 증류수에 담귀 20°C에 15시간 배양하였다. 배양한 용액을 전기전도계(conductivity TDS Meter, Orion)로 전해질 누출량(C1)을 측정 후 95°C로 30분간 증탕하여 조직을 파괴시킨 다음 20°C에서 15시간 배양 후 전해질 누출량(C2)을 측정하여  $C1/C2 \times 100$  공식으로 계산하였다.

Triphenyltetrazolium chloride(TTC) 용액이 붉은색의 triphenylfromazan(TF)로 환원되는 정도로서 조직의 활력을 판정하는 TTC 검정을 위해 두께가 5~6mm인 가지의 수피를 벗겨 0.5g 정량 후 25°C에서 0.1% TTC 용액에 15시간 동안 배양하였다. 배양한 수피를 증류수로 2회 수세한 후 70°C의 10mL 무수에탄올에 30분간 담귀 TF를 추출한 액을 비색계(UV spectrophotometer, Japan)로 530nm에서 흡광도를 측정하여 대조구에 대한 백분율로 나타내었다.

### 2.3. 유리당 분석

500mL 삼각 플라스크에 건조하여 분쇄한 시료 3g 넣고 3차 증류수 27mL를 첨가하여 1분간 균질화한 후 4°C에서 12,000rpm으로 20분간 원심분리하여 얻어진 상정액을 0.2µm membrane filter(Milipore)로 여과하여 분석하였으며 HPLC(M717, waters, Milford, U.S.A.) 분석에 이용된 칼럼은 Sugarpak TM(6.5×300 mm, Waters Co.)을 사용하였고, 이동상은 HPLC용 증류수이고, 이동속도는 0.5mL/min였다. 유리당의 검출은 refractive index detector(Waters Associates Differential Refractometer R410, Waters Co., Milford, MA, U.S.A.)로 하였으며, 시료 주입량은 20µL였다. 유리당 함량은 시료 중의 각 유리당과 동일한 표준물질(Sigma Chemical Co. Ltd., St. Louis, U.S.A.)을 이용하여 작성한 검량선으로부터 계산하였다.

### 2.4. 자료 분석

통계처리는 R프로그램을 이용하여 평균간 유의차 검증을 95% 수준에서 Duncan의 다중검정을 실시하여 처리간 비교하였다.

## III. 결과 및 고찰

배의 휴면기 동안 품종에 따른 동해 정도를 판단하

**Table 1.** Sprouting of branch cuts of several pear cultivars according to degree and duration of low temperatures

| Duration(hr) | Cultivars   | Temperature (°C)    |           |         |         |     |
|--------------|-------------|---------------------|-----------|---------|---------|-----|
|              |             | -21                 | -24       | -27     | -30     | -33 |
| 6            | Hanareum    | 71.1 a <sup>z</sup> | 75.7 ab   | 69.0 a  | 28.9 a  | 0 a |
|              | Hosui       | 69.5 a              | 71.8 ab   | 24.2 c  | 9.4 bc  | 0 a |
|              | Wonwhang    | 73.5 a              | 29.9 c    | 20.9 c  | 0 c     | 0 a |
|              | Kousui      | 78.2 a              | 63.8 ab   | 58.8 a  | 0 c     | 0 a |
|              | Whangeumbae | 82.2 a              | 81.4 a    | 20.9 c  | 9.2 bc  | 0 a |
|              | Whasan      | 83.2 a              | 32.3 c    | 49.9 ab | 0 c     | 0 a |
|              | Manpungbae  | 74.3 a              | 72.5 ab   | 61.0 a  | 11.7 b  | 0 a |
|              | Niitaka     | 72.8 a              | 67.1 ab   | 37.2 bc | 18.9 ab | 0 a |
|              | Gamcheonbae | 79.1 a              | 59.8 b    | 27.0 c  | 0 c     | 0 a |
|              | Chuwhangbae | 82.6 a              | 25.4 c    | 25.1 c  | 11.6 b  | 0 a |
| 9            | Hanareum    | 74.1 a              | 0 f       | 0 c     | 0 c     | 0 a |
|              | Hosui       | 28.6 b              | 15.4 cdef | 12.9 bc | 3.3 bc  | 0 a |
|              | Wonwhang    | 34.7 b              | 12.4 def  | 8.5 bc  | 3.0 bc  | 0 a |
|              | Kousui      | 80.8 a              | 2.2 ef    | 0 c     | 0 c     | 0 a |
|              | Whangeumbae | 80.2 a              | 41.5 ab   | 6.7 c   | 7.3 abc | 0 a |
|              | Whasan      | 75.2 a              | 11.3 def  | 5.1 c   | 0 c     | 0 a |
|              | Manpungbae  | 66.9 a              | 31.3 bc   | 13.5 bc | 7.6 abc | 0 a |
|              | Niitaka     | 73.5 a              | 22.1 cd   | 20.5 b  | 0.3ab   | 0 a |
|              | Gamcheonbae | 69.8 a              | 17.2 cde  | 3.3 c   | 0 c     | 0 a |
|              | Chuwhangbae | 72.4 a              | 54.7 a    | 42.2 a  | 12.1 a  | 0 a |
| 12           | Hanareum    | 55.5 b              | 9.3 bcd   | 0 c     | 0 c     | 0 a |
|              | Hosui       | 39.3 bc             | 0 d       | 0 c     | 0 c     | 0 a |
|              | Wonwhang    | 39.3 bc             | 0 d       | 0 c     | 0 c     | 0 a |
|              | Kousui      | 27.9 cd             | 0 d       | 0 c     | 0 c     | 0 a |
|              | Whangeumbae | 53.2 b              | 0 d       | 0 c     | 0 c     | 0 a |
|              | Whasan      | 16.2 d              | 5.2 cd    | 0 c     | 0 c     | 0 a |
|              | Manpungbae  | 75.5 a              | 25.8 a    | 17.4 a  | 5.2 b   | 0 a |
|              | Niitaka     | 42.6 bc             | 21.2 ab   | 4.9 bc  | 11.0 a  | 0 a |
|              | Gamcheonbae | 78.0 a              | 23.3 ab   | 0 c     | 0 c     | 0 a |
|              | Chuwhangbae | 45.6 bc             | 15.9 abc  | 11.6 ab | 0 c     | 0 a |

<sup>z</sup>Mean separation within each columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

기 위해 1년생 가지를 채취하여 온도별로 저온 지속 시간을 달리하여 꽃눈 발아율을 조사하였다(Table 1). 저온처리 시간에 따른 꽃눈 발아율은 -21°C에서 6시간 일 경우 69.5~83.2%로 품종간에 큰 차이가 없이 높은 발아율을 보였으며, 9시간에는 28.6~80.8%, 12시간에는 16.2~78.0%로 저온유지 시간이 9시간 이상일 경우 품종간 차이가 크게 나타났다. -24°C에서 6시간 일 경우 25.4~81.4%로 품종간에 차이를 보였으며, 9시간에는 0~54.7%, 12시간에는 0~25.3%로 발아율이 현저히 낮아졌다. 특히 한이름의 경우에는 -24°C 6시간에서는 75.7%로 높은 발아율을 보였으나 9시간에는

전혀 발아하지 않아 저온 지속시간에 따라 큰 차이를 보였다. -27°C 6시간에는 20.9~69.0%였으며, 9시간에는 0~42.2%, 12시간에는 0~17.4%로 대부분의 품종이 발아하지 못했다. 품종별로는 만풍배, 신고, 추황배가 -27°C 12시간에 각각 17.4%, 4.9% 및 11.6%의 발아율을 보였으며, -30°C 9시간에는 7.6%, 10.3%, 12.1% 발아가 되었다. 이들은 다른 품종보다 낮은 온도 및 장시간의 저온에서도 발아가 되어 저온피해 한계온도가 낮음을 확인 할 수 있었다.

내한성 정도를 절대값으로 표현하는 방법으로 꽃눈을 표본으로 할 때는 90% 꽃눈이 동사하는 LT<sub>90</sub>을

쓰기도 한다(Proebsting and Mills, 1978). 저온 지속 시간에 따른 배 꽃눈의  $LT_{90}$  온도는 6시간에는  $-27 \sim -30^{\circ}\text{C}$ , 9시간에는  $-21 \sim -30^{\circ}\text{C}$ , 12시간에는  $-21 \sim -27^{\circ}\text{C}$  였다. 품종에 따른  $LT_{90}$  온도는 저온 지속시간이 6시간일 경우 감천배, 원황, 풍수, 행수, 화산, 황금배는  $-27^{\circ}\text{C}$ , 만풍배, 신고, 추황배, 한아름은  $-30^{\circ}\text{C}$  였으며, 9시간일 경우 한아름은  $-21^{\circ}\text{C}$ , 감천배, 원황, 행수, 화산, 황금은  $-24^{\circ}\text{C}$ , 만풍배, 풍수는  $-27^{\circ}\text{C}$ , 신고, 추황배는  $-30^{\circ}\text{C}$ , 12시간 저온이 지속될 경우에는 원황, 풍수, 행수, 화산은  $-21^{\circ}\text{C}$ , 한아름, 황금배, 신고, 감천배는  $-24^{\circ}\text{C}$ , 만풍배, 추황배는  $-27^{\circ}\text{C}$  였다. 동해 피해의 종류에는 꽃눈이 고사하여 발아하지 못하거나 목질부 세포가 갈변하여 가지가 갈변되거나 2차 목부에 심재흑변이 나타나난다(Daniell and Crosby, 1968). 배에서는 품종에 관계없이  $-27^{\circ}\text{C}$  이하의 온도에서 심재흑변 현상이 다수 나타났다(자료미제시). Cho *et al.*(1987)은 배 장실량을 6시간 동안 저온처리할 경우  $LT_{90}$  온도는  $-25^{\circ}\text{C}$ 로 보고하여 본 실험의  $-27 \sim -30^{\circ}\text{C}$  보다는 약간 높았으나 이는 품종 및 채취 시기에 따라 다소 차이가 있을 것으로 생각되었다.

온도별로 저온 지속시간을 달리하여 전해질 누출률을 조사한 결과(Fig. 1).  $-21^{\circ}\text{C}$ 에서 6시간일 경우

7.8~17.9%, 9시간에는 8.6~27.5%, 12시간에는 12.2~28.3%로 저온유지 시간이 길어질수록 전해질 누출률이 높아졌다.  $-24^{\circ}\text{C}$ 에서 6시간일 경우 10.1~37.2%로 품종간 차이를 보였으며 저온 지속시간에 따라 발아율에 큰 차이를 보인 한아름의 경우에는  $-24^{\circ}\text{C}$  9시간에서는 40.7%로 높은 전해질 누출률을 보였다.  $-27^{\circ}\text{C}$  6시간에는 11.9~36.2%로 전해질 누출률이 30% 이상이 되는 품종이 많아졌으며 12시간에는 대부분의 품종이 25% 이상이었다.  $-30^{\circ}\text{C}$  이하에서는 저온지속시간에 관계없이 대부분의 품종이 30%이하의 높은 전해질 누출률을 보여 온도가 낮아질수록 저온지속 시간이 길수록 전해질 누출률이 높아졌다.  $-30^{\circ}\text{C}$  9시간에 발아가 되었던 만풍배, 신고, 추황배는 각각 26.1%, 14.7%, 28.3%로 다른 품종보다 낮은 전해질 누출률을 보였다.

저온처리 후 조직의 활력 정도를 판단하기 위해 TTC 검정을 통한 흡광률을 조사하였다(Table 2).  $-21^{\circ}\text{C}$ 에서 6시간일 경우 66.0~96.5%, 9시간에는 49.4~91.9%, 12시간에는 37.3~89.4%로 저온유지 시간이 길어질수록 품종에 따라 흡광률이 낮아졌다.  $-24^{\circ}\text{C}$ 에서 6시간일 경우 49.8~84.4%, 9시간에는 27.5~75.4%로 품종간 차이를 보였으며 12시간에는

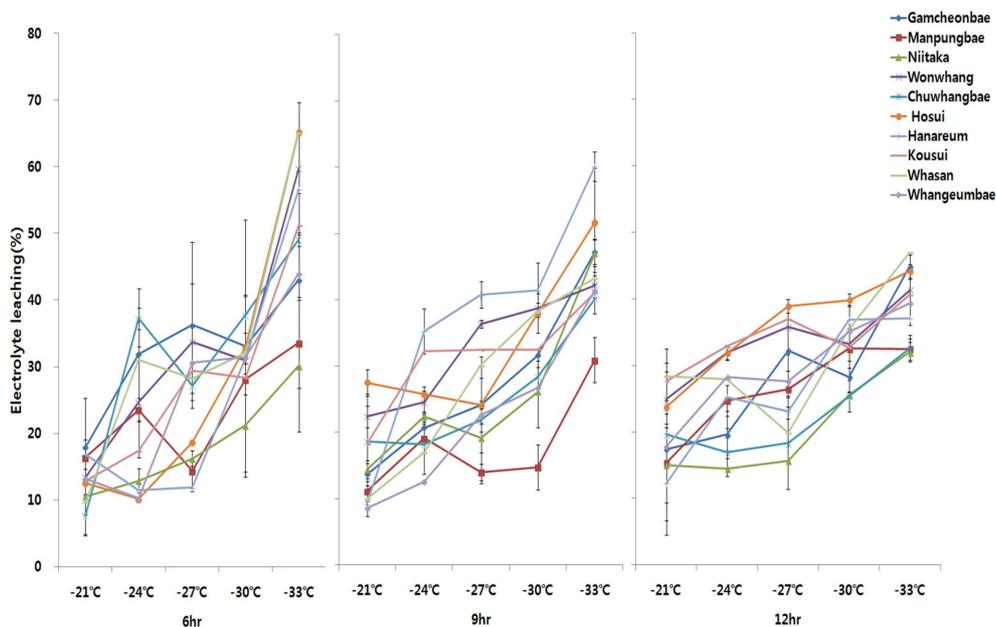


Fig. 1. Electrolyte leaching of branch cuts of several pear cultivars according to degree and duration of low temperatures. Vertical bars show standard error.

**Table 2.** Absorbance rates of branch cuts of several pear cultivars according to degree and duration of low temperatures

| Duration (hr) | Cultivars   | Temperature (°C)     |           |         |        |         |
|---------------|-------------|----------------------|-----------|---------|--------|---------|
|               |             | -21                  | -24       | -27     | -30    | -33     |
| 6             | Hanareum    | 75.2 bc <sup>z</sup> | 62.4 ab   | 45.0 a  | 29.8 a | 33.4 b  |
|               | Kousui      | 92.0 ab              | 84.4 a    | 37.9 a  | 32.9 a | 34.6 ab |
|               | Wonwhang    | 74.7 abc             | 52.5 b    | 39.4 a  | 32.4 a | 33.1 b  |
|               | Hosui       | 70.5 bc              | 50.4 a    | 41.0 a  | 30.2 a | 34.4 ab |
|               | Whangeumbae | 69.8 c               | 71.7 ab   | 40.5 a  | 28.3 a | 34.7 ab |
|               | Whasan      | 91.8 ab              | 72.8 ab   | 41.5 a  | 31.6 a | 33.4 b  |
|               | Manpungbae  | 79.4 abc             | 52.6 b    | 45.8 a  | 30.3 a | 46.4 a  |
|               | Niitaka     | 66.0 c               | 49.8 b    | 41.2 a  | 31.1 a | 34.4 ab |
|               | Gamcheonbae | 66.3 c               | 54.0 b    | 40.5 a  | 33.9 a | 35.6 ab |
|               | Chuwhangbae | 96.5 a               | 62.1 b    | 38.9 a  | 30.9 a | 35.1 ab |
| 9             | Hanareum    | 90.4 a               | 57.2 abc  | 29.7 ab | 29.2 a | 25.6 a  |
|               | Kousui      | 68.6 c               | 30.7 cd   | 30.7 b  | 29.5 a | 31.4 a  |
|               | Wonwhang    | 91.9 a               | 59.5 ab   | 58.8 ab | 29.9 a | 29.3 a  |
|               | Hosui       | 49.4 b               | 54.3 abc  | 30.5 ab | 31.0 a | 29.8 a  |
|               | Whangeumbae | 85.7 ab              | 47.7 ab   | 29.9 b  | 29.8 a | 28.4 a  |
|               | Whasan      | 79.9 ab              | 27.5 d    | 31.6 ab | 31.7 a | 28.1 a  |
|               | Manpungbae  | 87.8 ab              | 65.6 ab   | 69.0 a  | 31.0 a | 31.2 a  |
|               | Niitaka     | 85.9 ab              | 61.5 ab   | 42.4 ab | 31.7 a | 27.8 a  |
|               | Gamcheonbae | 85.9 ab              | 75.4 a    | 40.8 ab | 28.3 a | 30.6 a  |
|               | Chuwhangbae | 76.3 ab              | 51.4 abcd | 48.7 ab | 29.8 a | 27.0 a  |
| 12            | Hanareum    | 67.9 bcd             | 28.4 a    | 32.1 a  | 30.5 a | 30.4 a  |
|               | Kousui      | 38.6 e               | 31.9 a    | 34.9 a  | 29.2 a | 34.6 a  |
|               | Wonwhang    | 38.4 e               | 30.1 a    | 32.8 a  | 27.1 a | 33.2 a  |
|               | Whasan      | 37.3 e               | 32.8 a    | 38.2 a  | 28.5 a | 37.0 a  |
|               | Manpungbae  | 87.7 ab              | 40.7 a    | 35.4 a  | 39.6 a | 37.0 a  |
|               | Niitaka     | 89.4 a               | 34.8 a    | 29.4 a  | 27.7 a | 33.6 a  |
|               | Gamcheonbae | 81.5 abc             | 40.7 a    | 31.5 a  | 32.9 a | 33.9 a  |
|               | Chuwhangbae | 49.2 de              | 45.6 a    | 30.0 a  | 26.1 a | 36.4 a  |
|               | Whasan      | 37.3 e               | 32.8 a    | 38.2 a  | 28.5 a | 37.0 a  |
|               | Whangeumbae | 69.3 abc             | 37.5 a    | 32.5 a  | 32.9 a | 34.8 a  |

<sup>z</sup>Mean separation within each columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

28.4~45.6%로 급격히 낮아졌으며 이 중 한아름이 가장 낮았다. -27°C에는 모든 품종에서 급격히 낮아졌으며, -30°C 이하에서는 대부분의 품종이 35% 이하의 흡광률을 보였다.

같은 품종이라도 내한성 검정방법에 따라 50% 치사온도나 최대 내한성에는 차이가 있으며(Rajashekar *et al.*, 1982), 동해를 평가하는 방법 중 육안판별법과 전해질 누출률 또는 TTC검정이 높은 상관관계가 있다(Nesbitt *et al.*, 2002). 꽃눈발아율과 전해질누출률 및 TTC 검정을 통한 흡광률의 상관관계를 나타낸 결과는 Fig. 2과 같다. 꽃눈발아율과 전해질 누출률의

상관 관계에서 저온처리 온도가 낮아지고 시간이 길어질수록 꽃눈발아율은 낮고 상대적으로 전해질누출률은 높아져 부의 상관관계를 보였다. 저온처리 시간과 꽃눈 발아율로 측정된 상관계수(correlation coefficient,  $r^2$ )는 6시간일 경우 0.648, 9시간에는 0.549, 12시간에는 0.552였다(Fig. 2A). 또한, 꽃눈 발아율과 TTC 검정을 통한 흡광률의 상관관계를 분석한 결과에 의하면 6시간에는 0.679, 9시간에는 0.694였으나, 12시간에는 0.397로 상대적으로 약간 낮은 상관계수를 보였다(Fig. 2B). Sutinen *et al.*(1992)은 계절에 따른 소나무의 내동성 관찰에서 시각적인 방법과 전해질누출

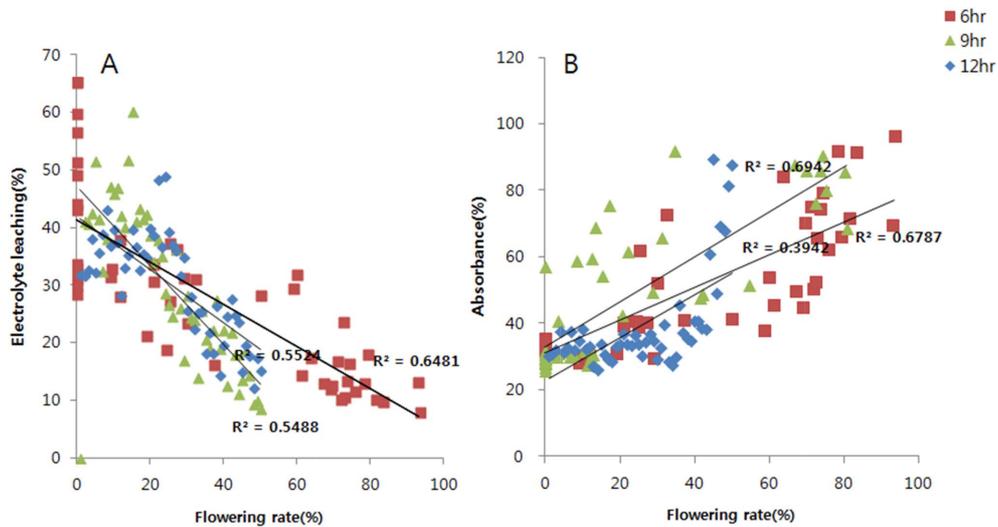


Fig. 2. Correlation between sprouting and electrolyte leaching(A) and absorbance rate by TTC(B) of low temperature treated branch cuts of several pear cultivars.

Table 3. Free sugar contents of 1year old shoot of pear cultivars

| Cultivars   | Free sugar (mgg <sup>-1</sup> FW) |         |          |          |         | Sorbitol/Total (%) |
|-------------|-----------------------------------|---------|----------|----------|---------|--------------------|
|             | Sucrose                           | Glucose | Fructose | Sorbitol | Total   |                    |
| Hanareum    | 5.6 d <sup>2</sup>                | 5.9 a   | 2.4 d    | 24.2 bc  | 38.1 ab | 63.5 abc           |
| Hosui       | 7.1 ab                            | 4.7 ab  | 9.0 a    | 27.9 ab  | 48.6 a  | 57.3 bc            |
| Wonwhang    | 4.6 cd                            | 7.3 a   | 3.9 cd   | 23.1 bc  | 38.9 ab | 59.5 abc           |
| Whangeumbae | 6.0 bc                            | 6.9 a   | 4.2 cd   | 26.3 ab  | 43.4 ab | 60.4 abc           |
| Kousui      | 5.4 cd                            | 5.5 a   | 6.8 a    | 17.0 c   | 34.8 c  | 49.0 c             |
| Whasan      | 6.3 abc                           | 2.1 b   | 2.2 d    | 24.4 b   | 35.0 c  | 69.7 ab            |
| Manpungbae  | 6.1 abc                           | 5.9 a   | 3.3 d    | 28.7 ab  | 44.2 ab | 65.1 ab            |
| Niitaka     | 7.3 ab                            | 6.1 a   | 4.2 cd   | 27.5 ab  | 45.1 ab | 61.0 abc           |
| Gamcheonbae | 7.5 a                             | 6.8 a   | 5.9 bc   | 25.7 ab  | 46.0 ab | 56.0 bc            |
| Chuwangbae  | 5.6 cd                            | 4.4 ab  | 3.3 d    | 32.1 a   | 45.5 ab | 70.5 a             |

<sup>2</sup>Mean separation within each columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

를간에 높은 상관성이 있음을 밝힌 바와 같이 배의 꽃눈의 발아율과 전해질 누출률 및 TTC 검정을 이용한 흡광도는 내동성 관찰을 위한 보완적인 방법으로 사용가능함을 확인하였다. 꽃눈의 발아율과 전해질 누출률 및 TTC 검정을 이용한 흡광도를 이용한 배의 품종별 내동성 조사 결과 저온 처리 온도 및 지속시간에 대한 품종별 반응이 다름을 확인하였으며, 앞으로 휴면심도, 수체 내 저장양분 등 내동성에 영향을 주는 요인들을 지속적으로 검토해야 할 것으로 판단되었다.

Marafon *et al.*(2011)은 가용성 당이 내한성 증가에 기여한다고 보고하였고, Sakai and Yoshida(1968)은

저온 순화과정에서 전분이 당으로 분해되고 순화과정에서 증가하는 당은 자당, 포도당 과당과 같은 6탄당이나 솔비톨이나 마니톨과 같은 당알콜류가 축적되고 하였다. 저온처리 전 배의 품종별 1년생 가지의 유리당을 조사한 결과(Table 3), 수확기, 낙엽기 등 수체의 변화가 비슷한 품종 즉, 숙기가 비슷한 품종간에도 당조성은 달랐다. 배 신고는 재배 조건에 따라 내한성이 달라지며 1년생 가지의 과당 농도가 높을수록 내한성이 약하다고 보고하였다(문과 이, 1986). 배의 품종에 따른 과당 또는 총당 함량과 내한성과의 관계는 찾기 어려웠지만, 추황배, 만풍배 등 내한성이 강한

품종의 높은 총당 함량과 sorbitol 함량, 특히 총당 함량에 대한 sorbitol 함량이 높은 경향을 보였다. Loescher *et al.*(1990)은 사과와 수피 내 자당과 총당 함량 또는 목부액의 sorbitol 함량이 내한성과 관련되어 있다고 보고한 바와 같이 배의 품종별 휴면시기에 따른 수피와 목부의 유리당 조성내한성에 대해 검토해 볼 필요가 있을 것으로 사료되었다.

### 적 요

배의 휴면기간 중 저온 유지 시간 및 온도에 따른 내동성을 비교하고자 감천배, 만풍배, 신고, 원황, 추황배, 풍수, 한아름, 행수, 화산, 황금배 등의 1년생 가지들 각각 -21°C, -24°C, -27°C, -30°C, -33°C의 온도로 6, 9, 12시간 동안 처리한 후 꽃눈 발아율, 전해질 누출률, TTC검정을 하였다. 저온처리 시간에 따른 꽃눈발아율은 -21°C에서 6시간일 경우 품종간 거의 차이가 없었으나 온도가 낮아지고 지속시간이 길어질수록 낮아졌다. 전해질 누출률은 -30°C 이하에서는 저온지속시간에 관계없이 대부분의 품종이 30%이상의 높은 전해질 누출률을 보여 온도가 낮아질수록 저온지속 시간이 길수록 전해질 누출률이 높아졌다. 저온에서 높은 발아율을 보였던 만풍배, 신고, 추황배는 -30°C 9시간에서 각각 26.1%, 14.7%, 28.3%로 다른 품종보다 낮은 전해질 누출률을 보였다. TTC 검정을 통한 흡광률은 -21°C에서 6시간일 경우 66.0~96.5%, 9시간에는 49.4~91.9%, 12시간에는 37.3~89.4%로 저온유지 시간이 길어질수록 흡광률이 낮아졌다. 배의 품종별 내동성 확인 결과 꽃눈발아율은 전해질누출률 또는 TTC 검정을 통한 흡광률과의 높은 상관관계를 보였으며 배의 외재휴면 기간 중 내동성은 저온 유지 시간 및 온도에 따라 다르며 품종별 저온 피해 한계 온도가 다름을 확인할 수 있었다.

### REFERENCES

- Akyildiz, A., S. Aksay, H. Benli, F. Kiroglu, and H. Fenercioglu, 2004: Determination of changes in some characteristics of persimmon during dehydration at different temperature. *Journal of Food Engineering* **65**, 95-99.
- Cho, M. D., and I. G. Yun, 1994: Effect of fruit bagging and application of additional nitrogen fertilizer on fruit coloration. *Annual report of the experiment station (Fruit), Korea*, 418-425 (in Korean).
- 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. *Research Reports of The Rural Development Administration (Horticulture)* **29**, 104-110.
- Cummins, J. N., and H.S. Aldwinke, 1974: Breeding apple rootstocks. *HortScience* **9**, 367-372.
- Daniell, J. W., and F. L. Crosby, 1968: Occlusion of xylem elements in peach trees resulting from cold injury. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* **93**, 128-134.
- Layne, D. R., and J. A. Flore, 1991: Response of young, fruiting sour cherry trees to one-time trunk injury at harvest date. *Journal of the American Society for Horticultural Science* **116**, 851-855.
- Loescher, W. H., T. McCamant, and J. D. Keller, 1990: Carbohydrate reserves, translocation, and storage in woody plant roots. *Hortscience* **25**, 274-281.
- Marafon, A. C., I. Citadin, L. Amarante, F. G. Herter, and F. Hawerth, 2011: Chilling privation during dormancy period and carbohydrate mobilization in Japanese pear trees. *Scientia Agricola* **68**(4), 462-468.
- Matsuo, T., S. Ide, and M. Shitida, 1992: Correlation between chilling sensitivity of plant tissue and fatty acid composition of phosphatidylglycerols. *Phytochemistry* **31**, 2289-2293.
- Nesbitt, M. L., R. C. Ebel, D. Cindley, B. Wilkins, F. Woods, and D. Himelrick, 2002: Assays to assess freeze injury of satsuma mandarin. *HortScience* **37**, 871-877.
- Park, Y. S., 1996: Cold injury of reproductive organs as influenced by the degree and duration of low temperature in Loquat Orchard. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **37**(3), 421-427. (In Korean with English abstract)
- Prince, V. E., 1966: Winter injury to peach trees in central Georgia. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* **88**, 190-196.
- Proebsting, E. L. and H. H. Mills, 1978: Low temperature resistance of developing flower buds of six deciduous fruit species. *Journal of the American Society for Horticultural Science* **103**(2), 192-198.
- Rajashakar, 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.
- Sakai, A., and S. Yoshida, 1968: The role of sugar and related compounds in variations of freezing resistance. *Cryobiology* **5**, 160-174.
- Simons, R. K., 1972: Winter injury on young developing apple shoots. *HortScience* **28**, 1081-1084.
- Sparks, D., 1992: Abnormal flowering in pecan associated with freezing temperature. *Hortscience* **27**, 801-803.
- Tomashow, M. F., 1998: Role of cold-responsive genes in plant freezing tolerance. *Plant Physiology* **118**, 1-7.
- Yoon, M. S. 1996: Seasonal changes of nitrogenous compounds and carbohydrates in one-year-old seedlings of persimmon

- (Diospyros kaki). *Journal of Horticultural Science and Technology* **37**(2), 257-262. (In Korean with English abstract)
- Sutinen, M. L., J. P. Palta, and P. B. Reich, 1992. Seasonal difference in freezing stress resistance of needles of *Pinus nigra* and *Pinus resinosa*. *Tree Physiology* **11**, 241-254.
- 문종열, 이정명, 1986: 시기별 저온처리에 의한 배 주요품종의 동해발생에 관한 연구. 농시논문집(원예) **28**, 69-77.