

## 감나무의 휴면정도 및 저온에 따른 내동성 비교

김호철<sup>1</sup> · 배강순<sup>2</sup> · 배종함<sup>1</sup> · 김태춘<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>원광대학교 원예·애완동식물학부, <sup>2</sup>국립종자관리소 서부지소

### Freezing Hardiness According to Dormancy Level and Low Temperature in Persimmon (*Diospyros kaki*)

Ho Cheol Kim<sup>1</sup>, Kang Soon Bae<sup>2</sup>, Jong Hyang Bae<sup>1</sup>, and Tae-Choon Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Division of Horticulture and Pet Animal-Plant Science, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

<sup>2</sup>Iksan Branch of National Seed Management Office, Iksan 570-892, Korea

**Abstract.** Freezing hardiness of winter bud and branch according to dormancy level and low temperature, in persimmon (*Diospyros kaki*) cultivars, was investigated by electrolyte leaching rate, triphenyltetrazolium chloride (TTC) test, and sprouting. Electrolyte leaching rate was lowest in branch of 20th January and was highest in the 20th March. The electrolyte leaching rate of 'Fuyu' and 'Cheongdobansi' was high in the 20th January and was low in the 20th February, but 'Uenishiwase' and 'Nishimurawase' was opposed to that. 'Hachiya' was the middle level in the cultivars. Absence rate by TTC test was highest in the 20th January and was low in the others. The 20th March had a great decrease in  $-10^{\circ}\text{C}$  treatment. The absence rate of 'Fuyu' and 'Uenishiwase' was low in the 20th January and March and was high in the 20th February. 'Nishimurawase' and 'Hachiya' had a high level irrespective of dormancy level. Sprouting was highest in the 20th February and was lowest in 20th March. Most cultivars were not sprout in  $-20^{\circ}\text{C}$  treatment and 'Fuyu', 'Nishimurawase' and 'Cheongdobansi' was a little high level irrespective of dormancy level. 'Hachiya' was only high in the 20th January. Thus, freezing hardiness of persimmon was very weak low temperature after dormancy breaking and was not different between astringent and non-astringent persimmon.

**Key words :** electrolyte leaching rate, freezing hardiness, sprouting, triphenyltetrazolium chloride (TTC) test

\*Corresponding author

## 서 언

국내 감 재배면적은 28,436 ha로 단감은 감소하고 뽕은감은 다소 증가하는 추세이다(MAF, 2006). 감나무는 내동성이 다소 약한 작물로 알려져 있는데 동일 지역이라도 지형적 위치에 따라 차이를 나타낸다. 보통 저온에 민감한 식물은 저온 노출 시 질소 흡수 억제, 성장 감소, 저온 적응능력 감소를 보이고, 저온 노출 강도 및 시간, 질소함량 등에 따라 회복 능력이 달라진다(Ercoil 등, 2004). 그리고 순화되지 않은 식물은 저온에 아주 약하고, 저온 민감성이 높은 식물일수록 순화의 영향을 크게 받는다(Kang 등, 1998). 내동성에는 식물체의 탈수(Akyildiz 등, 2004)를 비롯하여 증

산작용, 아브시스산 농도 등이 깊이 관여하는데(Thomashow, 1998), 낙엽성 과수는 체내 수분 농도, 탄수화물, 질소, 지방산(Matsuo 등, 1992; Song 등, 2000), 아미노산, 단백질, 가용성 당 및 전분(Yoon, 1996) 등 많은 요인에 의해 영향을 받는다(Choi 등, 1997). 일반적으로 식물체는 휴면 타파 후 수체 내 수액 이동기에 내동성이 상실되어 저온에 민감하다(Song 등, 2000). 그러나 동해나 저온에 의한 스트레스는 전정에 의한 과다 결실 회피(Song 등, 2000), 1-methylcyclopropene(Salvador 등, 2004)와 SADH 처리, 질소의 적정 시비(Ercoli 등, 2004) 등으로 줄일 수 있다. 그러나 최근에 동계의 가온 상승이나 잦은 온도변화로 동해 정도가 더욱 심화되고 예방의 어려움

이 더욱 커질 것으로 우려된다.

이에 본 연구는 우리나라 주요 감 품종을 대상으로 1년생 가지를 채취하여 저온처리 시 전해질 누출률, TTC 검정 및 발아율 조사를 실시하여 휴면 정도에 따른 내동성을 구명코자 수행하였다.

### 재료 및 방법

단감 ‘부유’, ‘상서조생’, ‘서촌조생’, 그리고 뚝은감 ‘갑주백목’, ‘청도반시’ 등 5 품종을 대상으로 변칙주간형 수형으로 재배되는 20년생 성목의 1년생 가지를 1월 20일, 2월 20일, 3월 20일 등 3시기로 구분하여 채취하였다. 각 시기에 채취한 신초는 상온에서 하루 방치 후 1월 20일에 채취한 가지는 -15, -20, -25 및 -30°C 등 4처리, 2월 20일과 3월 20일에 채취한 가지는 -5, -10, -15, -20°C 등 4처리로 저온에 노출시켰다. 각 처리 온도는 5시간에 걸쳐 천천히 하강시켰고, 각 처리 온도 도달 후 5시간 동안 유지하였다. 처리된 신초 30개 중 15개는 20°C, 12시간 일장 조건 하에 20일 동안 수삽한 후 눈의 인편이 터진 상태는 정상이며, 터지지 않고 어두운 색으로 변한 상태는 동해를 받은 것으로 판정하여 발아율을 조사하였다(Leng 등, 1993).

전해질 누출률을 조사하기 위해 각 저온에 노출시킨 가지를 눈이 포함되지 않은 마디 중간 부분을 잘게

잘라 5 g으로 정량하고 40 mL 증류수에 담귀 20에 15시간 배양하였다. 배양한 용액을 전기전도계 (conductivity TDS Meter, Orion)로 전해질 누출량 (C<sub>1</sub>)을 측정한 후 95로 30분간 증탕하여 조직을 파괴시킨 다음 20°C에서 15시간 배양 후 전해질 누출량 (C<sub>2</sub>)을 측정하여 C<sub>1</sub>/C<sub>2</sub>×100 공식으로 계산하였다. Triphenyltetrazolium chloride(TTC) 용액이 붉은 색의 triphenylformazan(TF)로 환원되는 정도로서 조직의 활력을 판정하는 TTC 검정을 위해 두께가 5~6 mm인 가지의 수피를 벗겨 0.5 g 정량 후 25°C에서 0.1% TTC 용액에 15시간 동안 배양하였다. 배양한 수피를 증류수로 2회 수세한 후 70°C의 10 mL 무수에탄올에 30분간 담귀 TF를 추출한 액을 비색계(UV spectrophotometer, Japan)로 530nm에서 흡광도를 측정하여 대조구에 대한 백분율로 나타내었다.

### 결과 및 고찰

휴면정도에 따라 1월 20일, 2월 20일 및 3월 20일에 각각 채취한 1년생 가지를 온도별로 저온처리한 후 동해 정도를 판단하기 위해 전해질 누출률을 조사하였다(Table 1). 1월 20일에 채취한 가지는 -15°C 처리에서 품종별로 43.1~51.0%의 전해질 누출률을 나타내었고, -20°C 처리에서는 이보다 다소 높은 53.7~68.3%를 나타내었다. 그러나 -25°C 이하 처리에서는

**Table 1.** Electrolyte leaching according to low temperature treatments on dormant branch cut by dormancy level in persimmon cultivars.

Date	Temperature (°C)	Electrolyte leaching (%)				
		Cheongdobansi	Fuyu	Hachiya	Nishimura-wase	Uenishiwase
Jan. 20	-15	50.0±2.7 <sup>2</sup>	51.0±3.5	49.2±4.1	43.1±2.7	44.2±3.0
	-20	65.0±4.8	68.3±3.0	53.7±2.5	45.5±4.2	51.9±2.3
	-25	74.6±3.4	75.0±5.5	70.1±3.5	77.5±4.4	80.3±5.3
	-30	81.5±4.0	81.9±5.1	86.2±3.4	78.8±3.5	80.7±5.4
Feb. 20	-5	38.2±2.4	40.0±3.0	38.6±3.6	42.6±2.4	46.6±3.6
	-10	42.3±3.1	44.8±2.8	43.1±2.8	44.1±3.1	57.1±3.2
	-15	44.9±3.8	51.9±4.1	47.5±3.9	52.5±5.7	58.5±3.3
	-20	68.1±4.6	82.9±5.1	80.7±6.1	72.0±5.1	90.7±6.7
Mar. 20	-5	72.1±4.8	66.1±4.9	70.5±2.8	65.6±5.3	69.0±5.2
	-10	73.3±3.5	70.4±4.6	70.9±5.1	67.7±3.3	71.2±3.9
	-15	76.3±4.6	73.3±5.4	75.6±3.2	82.0±5.3	71.9±3.2
	-20	83.3±5.7	81.7±4.6	82.1±6.6	84.3±3.9	80.9±5.7

<sup>2</sup>Mean ± SE.

감나무의 휴면정도 및 저온에 따른 내동성 비교

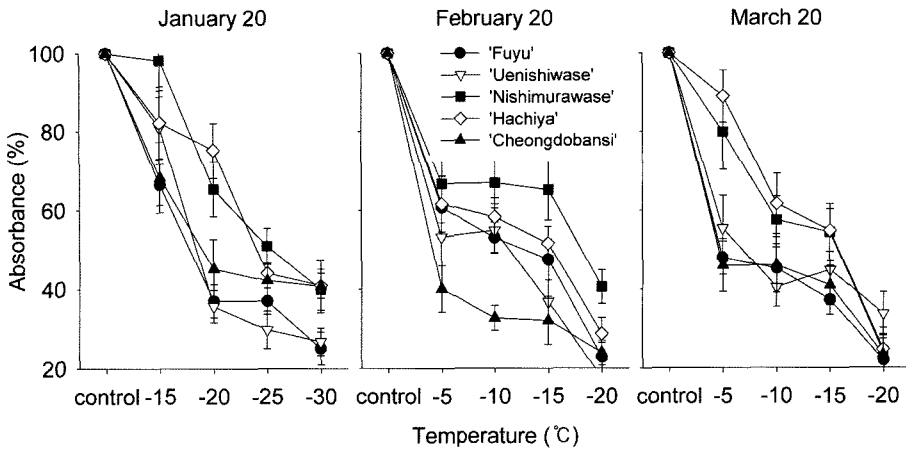


Fig. 1. Absorbance according to low temperature treatments on dormant branch cut by dormancy level in persimmon cultivars. Vertical bars show standard error.

전해질 누출률이 낮았던 품종들에서 크게 증가하여 모든 품종에서 70% 이상을 나타내었다. 2월 20일에 채취한 가지는 -5°C 처리에서 38.2~46.6%의 전해질 누출률을 나타내었고 '서촌조생'과 '상서조생'에서는 1월 20일 채취한 가지의 -15°C 처리의 수준과 비슷하였다. -10°C와 -15°C 처리에서는 각각 42.3~57.1%와 44.9~58.5%로 -5°C 처리의 수준과 큰 차이를 나타내지 않았다. 그러나 -20°C 처리에서는 품종별로 68.1~90.7%로 급격한 증가를 보였다. 3월 20일에 채취한 가지는 -5°C 처리에서도 65.6~72.1%의 전해질 누출률을 나타내어 다른 채취시기에 -20°C 처리의 수준과 비슷하였다. 품종별로는 완전단감인 '부유'는 1월 20일에 전해질 누출률이 조사 품종 중 가장 높았고, 재래 품종인 '청도반시'도 비슷한 경향이였다. 그러나 2월 20일에는 이 두 품종 모두 다른 품종에 비해 낮았다. 완전단감인 '상서조생'과 불완전단감인 '서촌조생'은 1월 20일에 전해질 누출률이 조사 품종 중 낮았지만 2월 20일에는 높았다. 뚝은감인 '갑주백목'은 -15°C 처리에서 전해질 누출률이 채취시기나 처리 온도에 관계없이 조사 품종 중 중간 정도를 보였다.

휴면정도에 따라 1월 20일, 2월 20일 및 3월 20일에 각각 채취한 1년생 가지를 온도별로 저온처리한 후 조직 활력 정도를 판단하기 위해 TTC 검정을 통한 흡광률을 조사하였다(Fig. 1). 1월 20일에 채취한 가지는 -15°C 처리에서 품종별로 66.6~98.2%를 보였고, -20°C 처리에서는 모든 품종에서 급격히 낮아져 35.8~75.2%의 흡광률을 보였다. -25°C 처리에서는

모든 품종에서 다소 낮아졌고, -30°C 처리에서도 낮아져 품종별로 25.1~41.0%를 보였다. 2월 20일에 채취한 가지는 -5°C 처리에서 품종별로 40.1~66.8%의 흡광률을 보였고, -10°C와 -15°C 처리에서 다소 낮아져 품종별로 32.1~65.2%를 보였다. 그리고 -20°C 처리에서는 다소 크게 낮아져 품종별로 17.5~40.6%의 흡광률을 보였다. 3월 20일에 채취한 가지는 -5°C 처리에서 품종별로 46.0~88.9%의 흡광률을 보여 2월 20일의 동일 저온 처리구보다 다소 높았다. -10°C 처리에서는 흡광률이 높았던 품종에서 크게 낮아졌고, -15°C 처리에서는 품종별로 2월 20일의 동일 저온 처리구와 비슷한 수준인 37.2~54.7%를 보였고, -20°C 처리에서도 마찬가지로 경향이였다. 완전단감인 '부유'는 1월 20일과 3월 20일에 흡광률이 조사 품종 중 가장 낮았지만, 2월 20일에는 높았다. 그리고 '상서조생'은 '부유'와 비교하여 1월 20일의 -15°C 처리를 제외하고는 채취시기와 처리 온도에 관계없이 큰 차이를 나타내지 않았다. 그러나 불완전단감인 '서촌조생'은 채취시기와 처리온도에 관계없이 조사 품종 중 가장 높은 흡광률을 보였고, 이어 뚝은감인 '갑주백목'도 높은 경향이였다.

휴면정도에 따라 1월 20일, 2월 20일 및 3월 20일에 각각 채취한 1년생 가지를 온도별로 저온처리한 후 수삽하여 눈의 발아율을 조사하였다(Fig. 2). 1월 20일에 채취한 가지는 -15°C 처리에서 품종별로 11.3~28.7%의 발아율을 나타내었고, -20°C 처리에서는 급격히 낮아졌지만 '갑주백목'이나 '청도반시'에서는 발아되

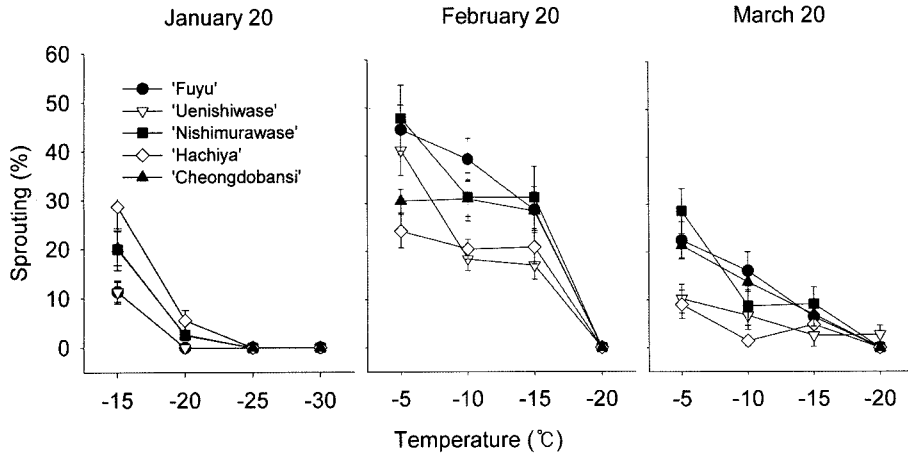


Fig. 2. Sprouting according to low temperature treatments on dormant branch cut by dormancy level in persimmon cultivars. Vertical bars show standard error.

는 눈도 있었다. 그러나  $-25^{\circ}\text{C}$  이하에서는 모든 품종에서 전혀 발아되지 않았다. 2월 20일에 채취한 가지는 1월 20일 처리구와 마찬가지로  $-15^{\circ}\text{C}$  처리에서는 품종별로 17.0~31.2%의 발아율을 나타냈으나  $-20^{\circ}\text{C}$  처리에서는 전혀 발아되지 않았다. 3월 20일에 채취한 가지는  $-5^{\circ}\text{C}$  처리에서 1월 20일과 2월 20일에 채취한 가지의  $-15^{\circ}\text{C}$  처리 수준의 발아율을 보였으며,  $-15^{\circ}\text{C}$  처리에서는 발아율이 4.8~9.1%로 낮았다. 내동성이 약한 것으로 알려진 완전단감인 '부유'는 채취시기에 관계없이 비교적 높은 발아율을 보였지만 '상서조생'은 낮았다. 불완전단감인 '서촌조생'은 '부유'와 비슷한 경향을 보였다. 짧은감인 '갑주백목'은 1월 20일에는 발아율이 높았지만 2월 20일과 3월 20일에는 조사 품종 중 발아율이 가장 낮았다. 우리나라 재래 품종인 '청도반시'는 채취시기에 관계없이 비교적 발아율이 높았다.

이상의 결과를 종합해 보면 3월 20일에 채취한 가지에서는  $-5^{\circ}\text{C}$ 에서도 눈이나 목질부의 동해가 심하였는데, 이는 3월에 조직 내 수분함량이 증가하면서 영하의 온도에서 쉽게 동결되었거나(Ashworth, 1992) 기온상승으로 내동성이 약화 또는 상실되었기 때문으로 생각된다(Kang 등, 1998; Slater 등, 1991). 그리고 대부분의 품종들이 채취시기와 관계없이  $-15^{\circ}\text{C}$  또는  $-20^{\circ}\text{C}$  이하의 온도에서 눈이나 가지의 동해가 심화되었는데, 이는  $-15^{\circ}\text{C}$  이하의 온도에서는 병핵의 형성 속도가 급격히 빨라졌기 때문으로 생각된다(Ashworth 등, 1985).

## 적 요

감나무의 휴면 정도에 따른 내동성을 비교하고자 '부유', '상서조생', '서촌조생', '갑주백목', '청도반시' 등의 1년생 가지를 1월 20일, 2월 20일, 3월 20일에 각각 채취하여  $-5$ ,  $-10$ ,  $-15$ ,  $-20$ ,  $-25$  및  $-30^{\circ}\text{C}$  등으로 처리한 후 전해질 누출률, TTC 검정 및 눈의 발아율을 조사하였다. 전해질 누출률은 1월 20일의 가지에서 가장 낮았고, 3월 20일의 가지에서 가장 높았다. '부유'와 '청도반시' 가지의 전해질 누출률은 1월 20일에서 높았고 2월 20일에는 낮았으며, '상서조생'과 '서촌조생'은 반대의 경향이었고, '갑주백목'은 중간 정도 수준이었다. TTC 검정을 통한 흡광률은 1월 20일의 가지에서 가장 높았고, 2월 20일과 3월 20일의 가지에서는 낮았다. '부유'와 '상서조생' 가지의 흡광률은 1월 20일과 3월 20일에서 낮고 2월 20일에서는 높은 경향이였다. '서촌조생'과 '갑주백목'의 가지는 채취시기에 관계없이 높은 수준이었다. 눈의 발아율은 2월 20일의 가지에서 가장 높았고 3월 20일의 가지에서 낮았다. 그리고 대부분 품종의 발아율은 휴면정도에 관계없이  $-20^{\circ}\text{C}$  처리에서 전혀 발아하지 않았다. '부유', '서촌조생' 및 '청도반시'의 가지는 휴면정도에 관계없이 비교적 높았지만 '상서조생'의 가지는 낮았다. '갑주백목'의 가지는 1월 20일에만 높은 수준이었다. 따라서 감나무의 내동성은 휴면 타파 후 가장 약하며, 짧은감과 단감 간 차이는 거의 없는 것으로 생각된다.

주제어 : 내동성, 발아율, 전해질 누출률, TTC 검정

## 사 사

본 연구는 농림부 농림기술관리센터의 지원에 의해 수행된 것임.

## 인 용 문 헌

1. Akyildiz, A., S. Aksay, H. Benli, F. Kiroglu, and H. Fenercioglu. 2004. Determination of changes in some characteristics of persimmon during dehydration at different temperatures. *J. Food Engineering* 65:95-99.
2. Ashworth, E.N. 1992. Formation and spread of ice in plant tissues. *Hort. Rev.* 13:215-245.
3. Ashworth, E.N., J.A. Anderson, and G.A. Davis. 1985. Properties of ice nuclei associated with peach trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110:287-291.
4. Choi, Y.C., K.S. Ryu, and Y.H. Ahn. 1997. Studies on the change of biochemical components during wintering and thawing periods and cold hardiness of Mulberry (*Morus*). *Korean J. Scric. Sci.* 39(1):1-11.
5. Ercoil, L., M. Mariotti, A. Masoni, and I. Arduini. 2004. Growth responses of sorghum plants to chilling temperature and duration of exposure. *Europ. J. Agronomy* 21:93-103.
6. Kang, S.K., H. Motosugi, K. Yonemori, and A. Sug-iura. 1998. Freezing injury to persimmons (*Diospyros*

- kaki* Thunb.) and four other *Diospyros* species during deacclimation in the spring as related to bud development. *Scientia Horticulturae* 77:33-43.
7. Leng, P., H. Itamura, and H. Yamamura. 1993. Freezing tolerance of several *Diospyros* species and *kaki* cultivars as related to anthocyanin formation. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 61:795-804.
8. 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.
9. Ministry of Agriculture and Forest (MAF). 2006. Fruit tree cultivation census.
10. Salvador, A., L. Arnal, A. Monterde, and J. Cuquerella. 2004. Reduction of chilling injury symptoms in persimmon fruit cv. 'Rojo Brillante' by 1-MCP. *Post-harvest Biology and Technology* 33:285-291.
11. Slater, J.V., M.R. Warmund, M.F. George, and M.R. Ellersieck. 1991. Deacclimation of winter hardy Seyval blanc grape tissue after exposure to 16. *Sci. Hort.* 45:273-285.
12. Song, G.C., I.M. Choi, and M.D. Cho. 2000. Cold hardiness in relation to vine management in 'Cambell Early' grapevines. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 18(3): 387-390.
13. Thomashow, M.F. 1998. Role of cold-responsive genes in plant freezing tolerance. *Plant Physiol.* 118:1-7.
14. Yoon, M.S. 1996. Seasonal changes of nitrogenous compounds and carbohydrates in one-year-old seedlings of persimmon (*Diospyros kaki*). *J. Kor. Soc. Hort. Sic.* 37(2):257-262.