

## 품종에 따른 키위나무 눈과 가지의 내한성 비교

### Comparison of Cold Hardiness in Canes and Buds of Kiwifruit Cultivars

<b>김홍림</b> H. L. Kim 농촌진흥청 국립원예특작과학원 <sup>1</sup>	<b>채원병</b> W. B. Chae 농촌진흥청 국립원예특작과학원 <sup>1</sup>	<b>김진국</b> J. G. Kim 국립경상대학교 원예학과 <sup>2</sup>	<b>이목희</b> M. H. Lee 농촌진흥청 국립원예특작과학원 <sup>1</sup>
<b>이한철</b> H. C. Rhee 농촌진흥청 국립원예특작과학원 <sup>1</sup>	<b>김승희</b> S. H. Kim 국립한국농수산대학 과수학과 <sup>3</sup>	<b>곽용범 *</b> Y. B. Kwack 국립한국농수산대학 과수학과 <sup>3</sup>	

#### Abstract

In Korea kiwifruit growing area is limited to southern coastal region and Jeju island, partly due to the lack of information on their cold hardiness in winter. This study was carried out to investigate cold hardiness of Korean kiwifruit cultivars in a period of dormancy for using it as preliminary data to expand the cultivation area of kiwifruit in Korea. A total of five kiwifruit cultivars in two species and hybrid, *Actinidia deliciosa* ('Hayward' and 'Garmrok'), *A. chinensis* ('Goldone') and *A. arguta* hybrid ('Bangwoori' and 'Skinny Green') were subjected to five freezing treatments of -12°C, -15°C, -18°C, -21°C and -24°C. Cell membrane damage in all cultivars initiated in -18°C/32h and cell membrane stability was lost in -24°C in most cultivars, except for 'Skinny Green'. Cold hardiness was estimated by 50% lethal temperature (LT<sub>50</sub>) which was determined by triphenyl tetrazolium chloride (TTC) reduction. In branches, LT<sub>50</sub> was -15°C in 'Hayward' and 'Garmrok', -18°C in 'Bangwoori' and -21°C in 'Goldone.' The LT<sub>50</sub> of buds on 'Hayward' and 'Garmrok' was 56 and 42 hours in -15°C and 4 and 11 hours in -18°C, respectively; however, LT<sub>50</sub> of buds on 'Goldone' was 51 hours in -18°C and that on 'Bangwoori' was 3 hours in -24°C. Cold hardiness results imply that it may be difficult for cultivars in *A. deliciosa* such as 'Hayward' and 'Garmrok' to be grown in the north of southern coastal region in Korea; however, it can be possible for several cultivars in *A. chinensis* and *A. arguta* hybrid to be grown in the northern part of Korean kiwifruit belt if cold tolerance in the thaw is confirmed.

Key words: Cold hardiness, Cultivar, Kiwifruit, LT<sub>50</sub>

\* 교신저자: kwack@korea.kr

1 Namhae Branch, National Institute of Horticultural and Herbal Science

2 Department of Horticulture, Gyeongsang National University,

3 Department of Fruit Science, Korea National College of Agriculture and Fisheries

## I. 서론

키위(*Actinidia deliciosa* [A. Chev.] C.F. Liang et A.R. Ferguson)는 1970년대 후반 뉴질랜드로부터 도입되어 2016년 현재 1,373 ha의 재배면적에서 2만여 톤이 생산되고 있다. 주요 재배품종은 *A. deliciosa*, *A. chinensis* 그리고 *A. arguta* 종에 속한 품종이며, 재배지역은 약 77%가 남부 해안 지역에 위치하고 약 23%는 제주에 분포하고 있다.

국내 키위 주산지가 남부지역에 집중적으로 형성된 이유는 도입초기부터 오랜 기간 대안 품종 없이 내한성이 낮은 'Hayward'(*A. deliciosa*) 품종에 의존했기 때문으로 판단한다(Pyke et al., 1986). 식물의 내한성은 세포액의 과냉각(Gusta et al., 1983; Malone and Ashworth, 1991), 세포외 동결속도(Levitt, 1980), 생육단계(Sakai and Larcher, 1987), 착과량과 전정강도(Wolpert and Howell, 1984), 단일조건에서 충분한 저장양분축적(Levitt, 1980; Ercoli et al., 2004) 그리고 빙점하기(Thomas and Ahlers, 1999)의 수분상태 등 다양한 수체환경이 바탕이 된 유전적 특성의 발현이다.

일반적으로 키위의 휴면기 내한성은 품종에 따라  $-10 \sim -18^{\circ}\text{C}$ 의 온도범위를 가지며(Dozier et al., 1992; Kamota et al., 1989; Hewett and Young, 1981; Pyke et al., 1986), 품종별로는 *A. deliciosa*가 가장 약하고 *A. chinensis*, *A. arguta*, *A. kolomikta*, *A. melanandra*, *A. polygama* 그리고 *A. purpurea* 순으로 내한성이 강하다고 알려져 있다(Chat, 1995). 한편 휴면기 높은 내한성은 해빙기 이후 꾸준히 낮아져 발아단계에서는 저온뿐만 아니라 노출 시간에도 영향을 받는다(Hewett and Young, 1981; Thomas and Ahlers, 1999).

국내 키위 재배품종은 2000년대 초반까지 'Hayward'(*A. deliciosa*) 단일 품종이 대부분이었으나 현재 21품종이 육성되어 품종의 다양성이 지속적으로 증가하고 있다(Cho et al., 2017). 그러나 키위 품종의 동해 피해의 발생이 우려되어 재배면적이 확대되지 못하는 실정이다. 따라서 이들 품종의 안정적인 확대보급을 위해서는 품종에 따른 내한성 정도의 판정에 관한 연구가 요구된다. 특히 한국은 유라시아 대륙의 동쪽과 남북으로 길게 늘어난 지형적 특성과 많은 산악지대로 인하여 다양한 기후대와 국지적 기상변화가 심하기 때문에 품종별 저온반응과 안전재배지역의 설정이 시급한 실정이다.

따라서 본 연구는 국내 육성 품종의 휴면기 내한성 정도를 구명하여 국내품종의 확대보급을 위한 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

본 연구는 국내외에서 육성된 5품종을 대상으로 수행하였으며, 각 품종의 육성기원은 Table 1과 같다. 시험 재료는 경남 남해에 위치한 국립원예특작과학원 남해출장소( $34^{\circ} 48' \text{N}$ ;  $127^{\circ} 55' \text{E}$ ) 키위 유전자원 포장에서 2월 초에 채취하였다. 시험에 이용한 가지는 굵기와 꽃눈의 개수 등이 균일하도록 하였다.

포장에서 채취한 가지는 실험처리 전까지 내한성에 영향을 미치지 않는  $4^{\circ}\text{C}$ 에 마르지 않도록 보관하였다(Flinn and Ashworth, 1994). 보관된 가지는 처리에 앞서 눈이 최소 5개 이상 부착된 20 cm 내외로 절단하여(Arora et al., 2000), 0.5 ml의 멸균수가 담긴 polypropylene vinyl에 각각 담았다(Ehlenfeldt et al., 2006).

**Table 1. The kiwifruit cultivars used in this experiment**

Cultivars	Origin	Released year	Released country
Bangwoori	<i>A. arguta</i> × Tomuri ( <i>A. deliciosa</i> )	2005	South Korea
Garmrok	IT No. 233199( <i>A. deliciosa</i> ) × IT No. 233198( <i>A. deliciosa</i> )	2013	South Korea
Goldone	Red Princess (IT No. 233200, <i>A. chinensis</i> ) × IT No. 233175 ( <i>A. chinensis</i> )	2011	South Korea
Hayward	China germplasm ( <i>A. deliciosa</i> ) OP	1927	New Zealand
Skinny Green	KN8903 ( <i>A. deliciosa</i> × <i>A. arguta</i> ) × <i>A. arguta</i>	2007	South Korea

내한성 처리는 국내 30년 일 평균 최저온도인 -24°C를 바탕으로 저온 노출시간을 달리하여 -12°C(32 h~256 h), -15°C(16 h~128 h), -18°C(8 h~ 64 h), -21°C(4 h~32 h) 그리고 -24°C(2 h~16 h) 5수준을 처리하였으며, 저온에 노출되지 않은 가지를 무처리구로 하였다. 설정 목표온도까지 온도하강은 시간당 1°C씩 낮추었으며, 목표온도에서 노출시간이 충족된 가지는 다시 시간당 1°C씩 온도를 높여 분석 전까지 4°C에 보관하였다.

발아율 조사는 floral foam에 삽목 후 20°C에서 발아한 눈의 비율을 조사하였다. 전해질 누출률은 저온 처리 후 눈이 포함되지 않은 마디 중간 부분을 잘게 잘라 5 g으로 정량하고 15 ml의 증류수가 담긴 20 ml의 polypropylene vial에 옮긴 후 20°C에서 15시간 배양하였다(Murray et al., 1989). 배양한 용액을 전기전도계(712 Conductometer, Metrohm AG)로 전해질 누출량(Q1)을 측정 후 동일한 시료를 121°C에서 15분 동안 autoclave하여 조직을 파괴한 다음 상온에서 냉각 후 총 누출량(Q2)을 측정하였다. 전해질 누출률(R)은  $Q1/Q2 \times 100$ 로 계산하였다(Lim et al., 1998; Sutinen et al., 1992).

Triphenyl tetrazolium chloride(TTC) 검정은 Steponkus와 Lanphear(1967) 방법을 참고하여 검정하였다. 저온 처리한 가지의 수피는 0.5g 정

량한 후 25°C에서 0.1% TTC 용액(pH 6.47)에 15시간 처리하였다. 처리 후 수피를 증류수로 2회 수세한 후 70°C의 10 ml 무수에탄올에 30분간 담근 후 붉은색의 triphenylformazan을 추출한 용액을 비색계(UV spectrophotometer, Germany)로 530 nm에서 흡광도를 측정하여 온도처리와 무처리에 대한 백분율로 계산하였다. 내한성 기준은 전해질 누출률과 TTC 환원율 그리고 발아율 등 조사지표의 변동이 50%에 도달할 경우로 산정하였다(Arora et al., 1992; Kacperska and Szaniawski, 1993; Palta et al., 1978; Piotrowska and Kacperska, 1990; Sutinen et al., 1992). 조사된 데이터는 통계분석 패키지인 SAS 9.2, Enterprise 4.3 (SAS Institute, Inc., Cary, N.C., USA)을 이용하여 오차범위를 설정하였다.

### III. 결과 및 고찰

키위 품종별 저온노출 시간에 따른 가지의 전해질 누출률은 Fig. 1과 같다. -12°C 온도조건에서 모든 품종이 256시간 노출에도 전해질 누출률이 무처리와 비슷한 수준이었다. 이와 같은 경향은 -15°C에서도 계속되었다. 그러나 -18°C에서는

품종에 따른 키위나무 눈과 가지의 내한성 비교

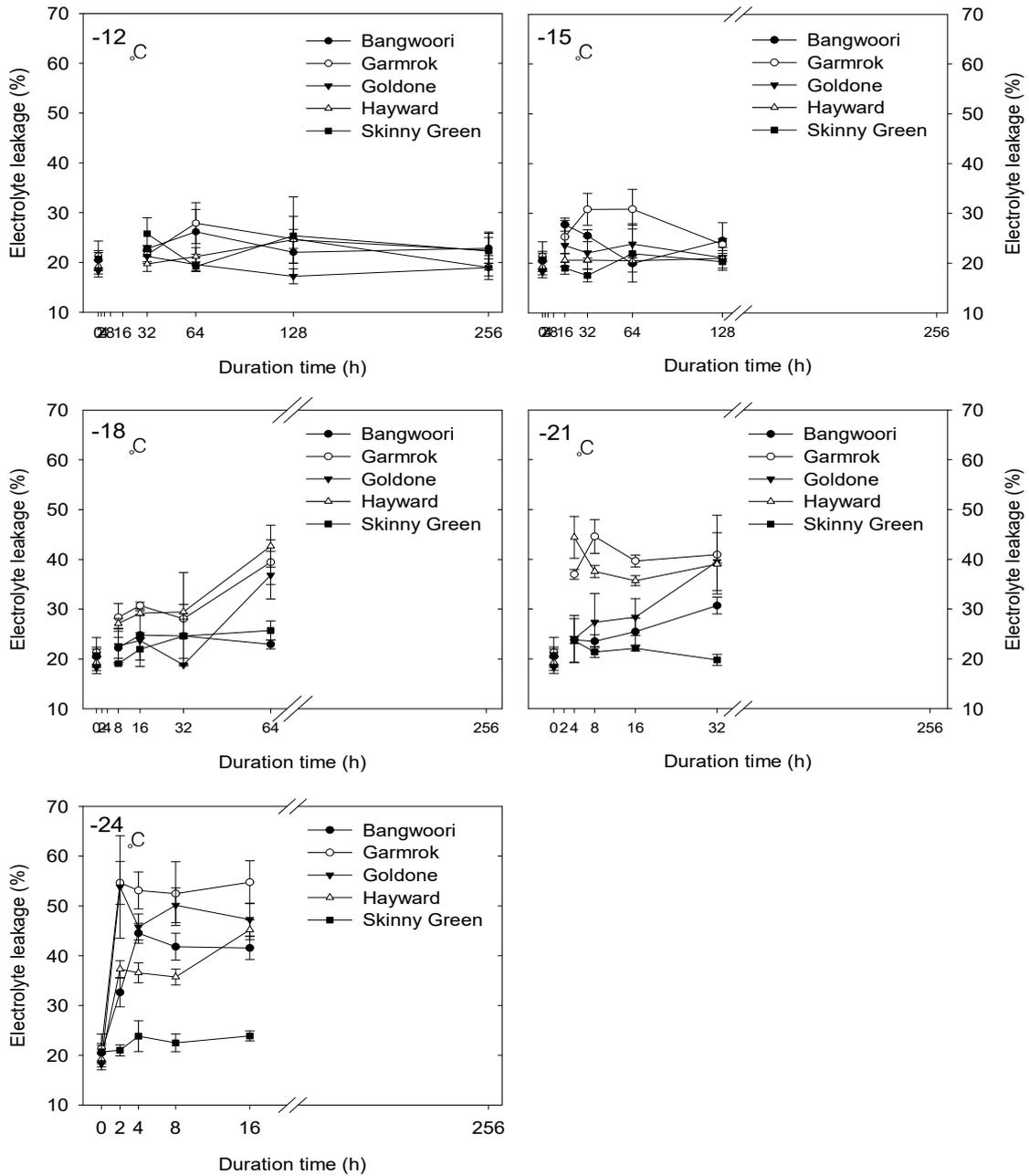


Fig. 1. Effects of temperature and exposure time on Electrolyte leakage of kiwifruit cane. Vertical bars indicate standard error of the means of three replications.

노출 32시간 이후 ‘헤이워드’, ‘감록’ 그리고 ‘골드윈’의 전해질 누출률이 크게 증가하여 40% 수

준에 이르렀다. 반면 ‘방울이’와 ‘스키니그린’은 무처리와 차이가 없었다. 따라서 저온 저항성이

높다고 알려진 *A. arguta* 형질의 품종외 *A. deliciosa*와 *A. chinensis* 품종의 막 손상은  $-18^{\circ}\text{C}$  /32 h 노출 시 시작된다고 추정할 수 있었다.

$-21^{\circ}\text{C}$ 에서는 ‘감록’과 ‘헤이워드’가 노출 초기부터 약 40% 수준의 전해질 누출률을 나타내 막 구조 손상이 내한성 임계수준에 근접했음을 추정할 수 있었다. ‘방울이’ 역시 노출 16시간 이후 크게 증가하여 노출 32시간에 40%에 이르는 전해질 누출률을 나타냈다. 처리 온도 중 가장 낮은  $-24^{\circ}\text{C}$ 에서도 ‘골드윈’과 ‘감록’은 노출 초기부터 누출률이 50%에 이르렀고, ‘방울이’ 품종도 노출 4시간 이후 40% 수준을 나타냈다. 한편 ‘헤이워드’는  $-24^{\circ}\text{C}$ 에서도 전해질 누출률이 증가하지 않았고  $-21^{\circ}\text{C}$  수준을 유지하여 전해질 누출률과 치사율 간 불일치성이 높은 품종인 것으로 추정되었다(Nesbitt et al., 2002). 반면 ‘스키니그린’은  $-24^{\circ}\text{C}$ 에서도 누출률의 변화를 나타내지 않았다.

따라서  $-21^{\circ}\text{C}$  조건은, 저온 노출 시간에 따른 차이가 있지만, ‘헤이워드’와 ‘감록’ 그리고 ‘골드윈’의 가지 내한성이 임계점에 이르렀다고 판단되며(Manley and Hummel, 1996), ‘방울이’ 품종의 가지는  $-24^{\circ}\text{C}$ 가 내한성 임계온도( $LT_{50}$ )라 추정할 수 있다(Arora et al., 1992; Sutinen et al., 1992).

키위 품종별 온도와 노출 시간에 따른 가지의 TTC 환원율은 Fig. 2와 같다. 저온에 대한 TTC 환원율은 전해질 누출률과 비슷한 경향이었지만 그 반응성은 더 높았다. ‘헤이워드’와 ‘감록’은 TTC 환원율에서도 높은 반응을 나타냈다. 두 품종의 저온에 대한 환원율 하락은  $-12^{\circ}\text{C}$  노출 초기부터 나타났으며, 노출 시간이 증가할수록 지속적으로 감소하였다. 이와 같은 경향은  $-15^{\circ}\text{C}$ 에서도 비슷하였으며, 특히 ‘헤이워드’의 TTC 환원율

은  $-12^{\circ}\text{C}$ /256시간과 마찬가지로  $-15^{\circ}\text{C}$ /128시간 노출 조건에서 내한성 임계수준( $LT_{50}$ )인 50%에 이르렀다. 따라서 TTC 환원율 지표로 추정한다면, ‘헤이워드’ 품종은  $-12^{\circ}\text{C}$ 에서도 노출 시간에 따라 가지 동해의 가능성이 상주한다고 할 수 있다. ‘방울이’는  $-15^{\circ}\text{C}$ 에서 16시간 노출 이후 TTC 환원율이 감소하기 시작했으나 그 차이는 크지 않은 70% 수준을 유지했다. ‘스키니그린’과 ‘골드윈’ 역시 온도와 노출 시간에 따른 의미있는 반응 없이 80% 수준을 유지하였다.

$-18^{\circ}\text{C}$ 에서는 ‘헤이워드’와 ‘감록’이 노출 초기부터 50% 수준으로 TTC 환원율이 하락하였다. 따라서 두 품종의 가지 내한성은  $-18^{\circ}\text{C}$ 보다 높을 것으로 추정된다. ‘방울이’는 노출 8시간 이후 TTC 환원율이 약 60~70% 수준을 유지하였고, ‘스키니그린’과 ‘골드윈’은 노출 32시간 이후 다소 감소했으나 미미하였다.

$-21^{\circ}\text{C}$ 에서는 ‘방울이’의 TTC 환원율이 노출 초기부터 50% 수준으로 하락하여 내한성 상실 임계온도에 근접했으며, ‘골드윈’은 노출 16시간 이후 급격하게 TTC 환원율이 감소했다. 또한  $-24^{\circ}\text{C}$ 에서는 ‘골드윈’은 4시간 노출 조건에서 약 47%로 TTC 환원율이 하락했다. 반면 ‘스키니그린’은  $-24^{\circ}\text{C}$ 에서도 큰 변화를 나타내지 않았으며, 노출 8시간 이후 다소 감소하여 약 80% 수준을 나타냈다.

따라서 TTC 환원율에 기초한 가지의 내한성 ( $LT_{50}$ )은 ‘헤이워드’와 ‘감록’이  $-15^{\circ}\text{C}$ , ‘방울이’가  $-18^{\circ}\text{C}$  그리고 ‘골드윈’이  $-21^{\circ}\text{C}$ 에서 유효하다고 판단된다(Kacperska and Szaniawski, 1993; Palta et al., 1978; Piotrowska and Kacperska, 1990). 반면, ‘스키니그린’은 본 시험 범위 내에서 내한성의 한계를 확정할 수 없었다.

품종에 따른 키위나무 눈과 가지의 내한성 비교

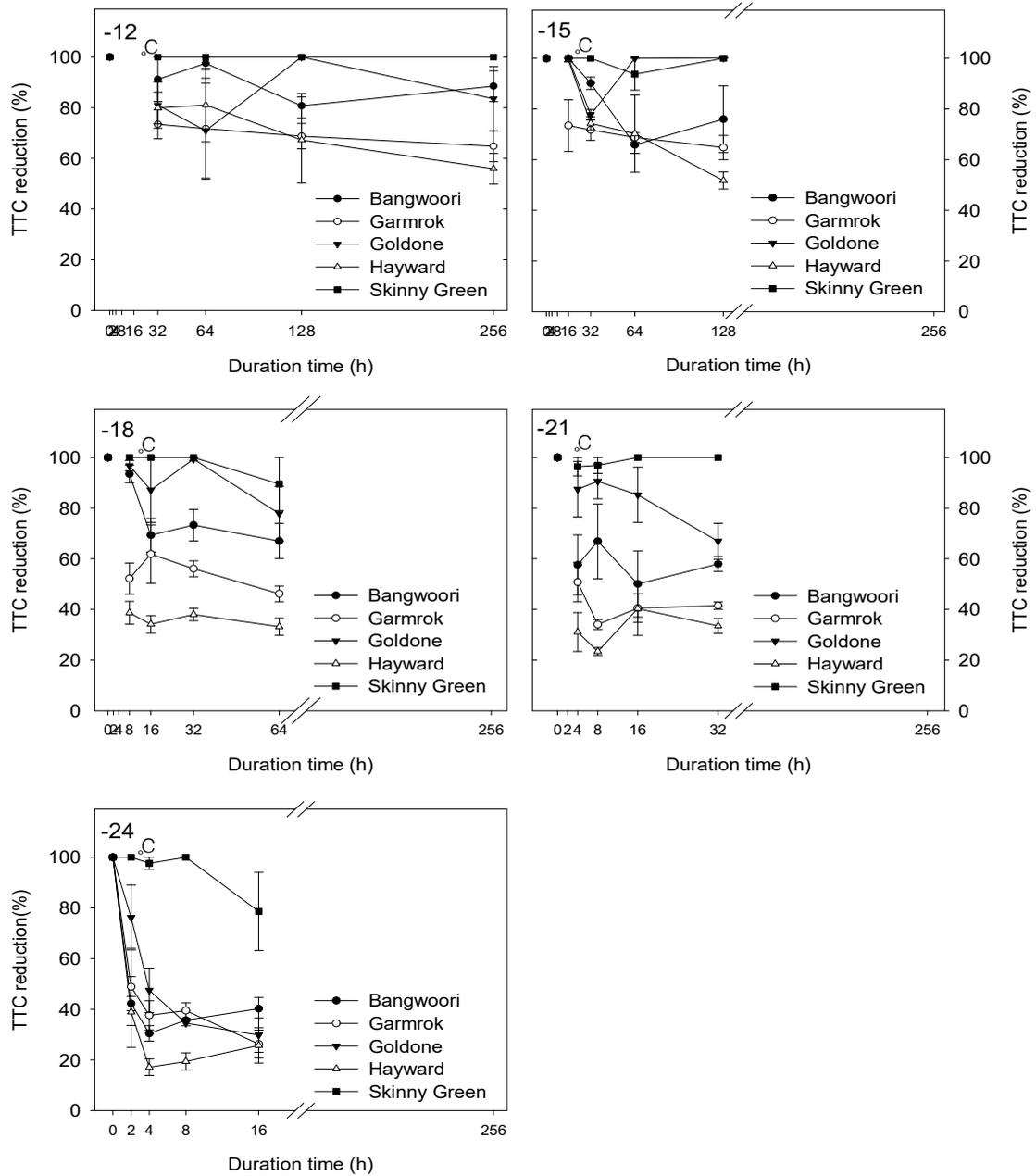
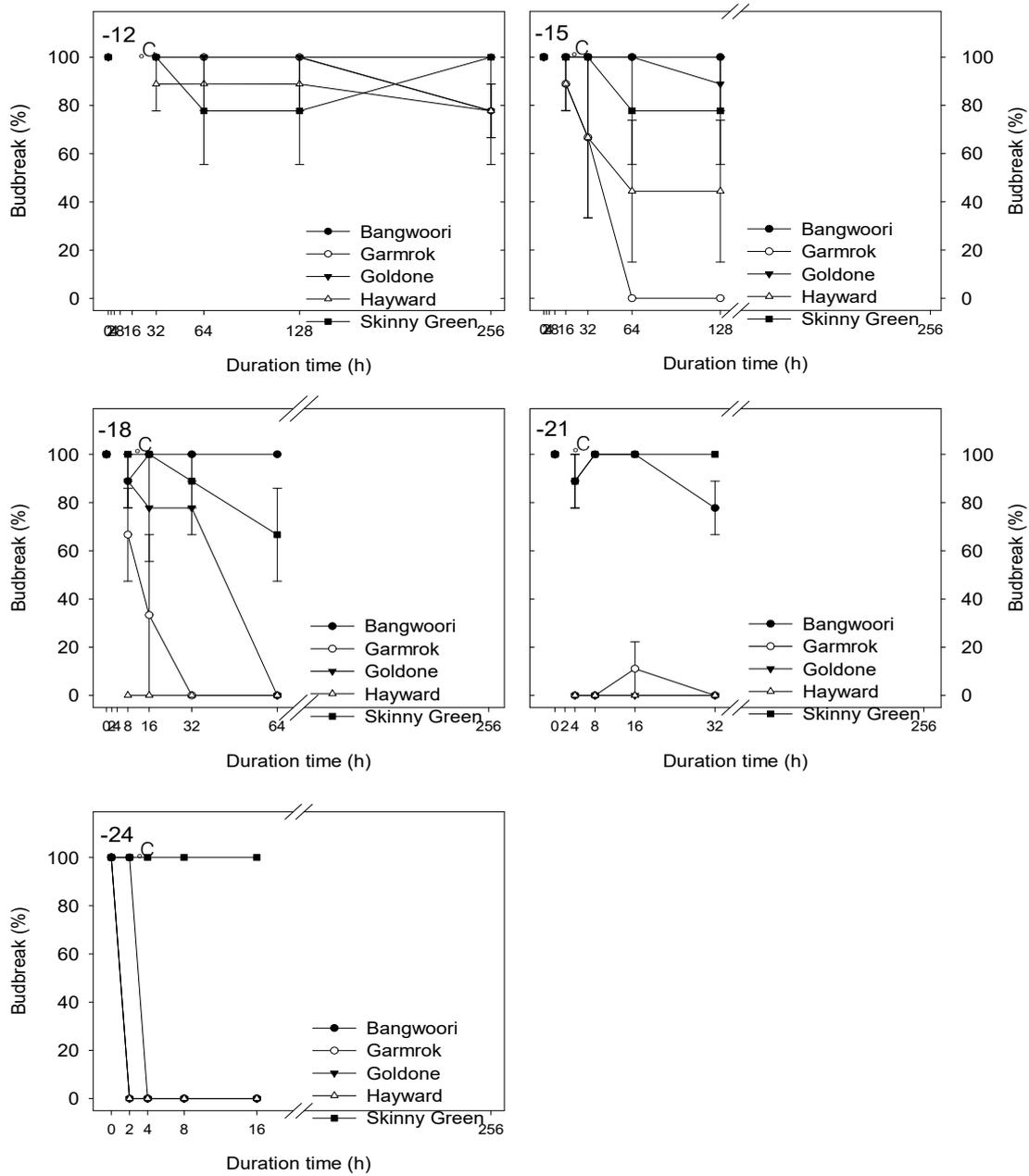


Fig. 2. Effects of low temperature and exposure time on TTC reduction of kiwifruit cane. Vertical bars indicate standard error of the means of three replications.

키위 품종별 온도와 노출 시간에 따른 발아율 비교는 Fig. 3과 같다. 모든 조사품종이 -12°C에

서는 약 75% 수준 이상의 안정적인 발아율을 나타냈다. 그러나 -15°C에서는 '감록'이 노출 32시간



**Fig. 3. Effects of low temperature and exposure time on budbreak of kiwifruit cultivars. Vertical bars indicate standard error of the means of three replications.**

이후 급격한 발아율 감소를 나타냈으며, 노출 64 시간에서는 발아율을 상실하였다. 또한 '헤이워드'

역시 노출 32시간 이후 급속하게 감소하여 64시간에는 44% 눈만 발아하였다. -18°C에서는 '헤이'

품종에 따른 키위나무 눈과 가지의 내한성 비교

워드'가 1시간 노출 조건에서 약 87%의 발아율을 나타냈으나(data not shown), 8시간 노출에서는 발아를 확인할 수 없었다. '감록' 역시 노출 시간이 증가하면서 발아율이 급격히 감소했으며, 노출 8시간에 66.7%, 노출 16시간에는 33%의 발아율을 나타냈다. '골드윈'은 32시간까지 약 80%의 발아율을 나타내 상대적으로 높은 내한성을 나타냈으나, 64시간 노출에서는 발아능을 상실했다. 한편 -21°C에서는 '골드윈', '헤이워드' 그리고 '감록' 품종의 발아된 눈을 발견할 수 없었으나, '방울이'와 '스키니그린'은 노출 32시간에서도 각각 100%와 78%의 발아율을 유지했다. -24°C에서는 '방울이' 역시 노출 2시간 이후 발아능을 상실했으나 '스키니그린'은 노출 16시간에서도 발아능을 유지했다.

온도와 노출 시간에 따른 품종별 눈의 발아율 추세식은 Table 2와 같다. 실험에 이용된 키위 품종 중 눈의 내한성이 가장 강한 품종은 '스키니

그린'이었다. '스키니그린'은 -24°C/16시간 노출에서도 안정적인 발아율을 나타냈으며, 전해질 누출률과 TTC 환원율을 통한 가지의 내한성에서도 조사품종 중 가장 높았다. 그러나 '스키니그린' 품종을 제외한 '헤이워드', '감록', '골드윈' 그리고 '방울이' 품종은 실험범위 온도에서 내한성 상실을 확인할 수 있었다. 조사품종 중 가장 낮은 내한성을 나타낸 '헤이워드'와 '감록'은 -15°C 조건에서 각각 56시간과 42시간 노출 시 발아율이 LT<sub>50</sub> 수준에 도달했으며, -18°C 조건에서는 각각 4시간과 11시간 노출 시 LT<sub>50</sub> 수준에 도달하는 것으로 추정되었다. 한편 '골드윈'은 -15°C에서 128시간 동안 저온에 노출 되었음에도 내한성을 상실하지 않았으나, -18°C에서는 51시간 노출 시 내한성을 상실하는 것으로 추정된다. 상대적으로 높은 내한성을 나타낸 '방울이'는 -24°C에서 3시간 노출 시 내한성이 상실될 것으로 판단된다.

**Table 2. Trendline formula of temperature and exposure time in the cold hardiness of kiwifruit buds**

Cultivars	Temperature	Trendline formula of Sprouting rate in low temperature exposure time
Bangwoori	-24°C	$y = -50x + 200$ ( $R^2=1, x \leq 4h$ )
Garmrok	-15°C	$y = -0.0168x^2 - 0.4954x + 100.3$ ( $R^2=0.9998, x \leq 64h$ )
	-18°C	$y = 0.0592x^2 - 5.057x + 100.91$ ( $R^2=0.9982, x \leq 32h$ )
Goldone	-18°C	$y = -0.0013x^3 + 0.0957x^2 - 2.5042x + 100.88$ ( $R^2=0.9978, x \leq 64h$ )
Hayward	-15°C	$y = 0.0029x^2 - 1.0868x + 101.54$ ( $R^2=0.9841, x \leq 64h$ )
	-18°C	$y = 0.0714x^2 - 13.071x + 100$ ( $R^2=1, x \leq 8h$ )
Skinny Green	Can not be estimated	

y = Sprouting rate, x = exposure time

본 연구결과에 따른 품종별 내한성은 유적적 요인의 투영이 뚜렷하였다. *A. arguta* 인자를 보유한 '스키니그린'과 '방울이' 품종은 상대적으로 높은 내한성을 나타낸 반면, *A. deliciosa* 형질의 '헤이워드'와 '감록' 품종은 내한성이 상대적으로 가장 낮았다(Ferguson, 1999; Chat, 1995). 가

지의 내한성 역시 눈과 비슷한 경향이었으나 분석 방법에 따라 저온반응은 차이가 있었다. TTC 환원반응은 -12°C 노출 초기부터 무처리와 뚜렷한 차이를 나타냈으나(Fig. 2), 전해질 누출률은 -18°C 노출 후반기부터 나타났다(Fig. 1). 또한 가지의 내한성을 획정할 수 있는 임계온도(LT<sub>50</sub>)

는 TTC 환원반응이  $-18^{\circ}\text{C}$ 에서 '감록'과 '헤이워드',  $-21^{\circ}\text{C}$ 에서 '방울이' 그리고  $-24^{\circ}\text{C}$ 에서 '골드윈' 품종이 확인되었으나, 전해질 누출반응은  $-24^{\circ}\text{C}$ 에서 '감록'과 '골드윈' 품종만이 확인되었다.

전해질 누출률과 TTC 환원은 각각 막 단백질 활성과 산화환원반응을 통하여 직접 관찰하기 어려운 조직의 활성검정에 활용되고 있다(Palta et al., 1978). 그러나 가지(줄기)는 막 구성의 다양성 때문에 치사율에 따른 전해질 누출량이 비례적으로 증가하지 않는 반면, TTC 환원율은 높은 중첩성을 나타내는 것으로 알려져 있다(Manley and Hummel, 1996; Nesbitt et al., 2002; Tignor et al., 1997; Wu and Wallner, 1983).

가지와 눈의 내한성은 다소 차이가 있으며, 일반적으로 가지의 내한성이 더 높은 것으로 알려져 있다(Guak et al., 1998; Pellett, 1971; Quamme et al., 1982). 본 조사 품종 역시 대체로 눈보다는 가지의 저온 저항성이 높았으나 '방울이'는 다른 결과를 나타내어 추가적인 연구가 필요할 것으로 본다.

대표적인 키위 품종인 '헤이워드'는  $-10^{\circ}\text{C}$ 에서 눈의 동해가 시작되어  $-12^{\circ}\text{C}\sim-15^{\circ}\text{C}$ 에서  $\text{LT}_{50}$  수준에 도달하고  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서는 발아율이 약 20% 수준으로 하락한다고 하였다(Hewett and Young, 1981; Pyke et al., 1986; Testolin and Messin, 1987). 특히  $-18^{\circ}\text{C}$ 에서는 발아율이 10% 이하 혹은 완전히 상실한다고 하였다(Chat, 1995). 본 연구에서는  $-18^{\circ}\text{C}$ 에서 1시간 노출 시 '감록'과 '헤이워드'의 발아율은 각각 100%, 87%였으며,  $-21^{\circ}\text{C}$ 에서는 각각 40%, 0%였다(data not shown). 특히 '헤이워드'의 눈과 가지의 저온스트레스는  $-12^{\circ}\text{C}$ 에서 시작하여, 눈은  $-15^{\circ}\text{C}/56\text{h}$ 과  $-18^{\circ}\text{C}/4\text{h}$ 에서  $\text{LT}_{50}$ 에 도달하였고, 가지는  $-15/64\text{h}$ 조건에서 내한성을 상실했다(Table 2, Fig. 1, 2). 이 결과의 차이는 재배적 요인과 순화의 정도 등에 따른 것으로 판단된다(Ercoli et al., 2004; Levitt, 1980; Malone and

Ashworth, 1991; Sakai and Larcher, 1987; Wolpert and Howell, 1984).

한편 국내육성 품종의 내한성은 기초자료가 미비하여 본 결과와 비교할 수 없었다. 결론적으로 '헤이워드', '감록'과 같은 *A. deliciosa* 인자를 가진 품종은 남부지역에 제한된 재배영역을 벗어나기 어려울 것으로 판단되나, '골드윈', '방울이' 그리고 '스키니그린'과 같은 품종은 해빙기 내한성이 확인된다면 현재보다 어느 정도 재배지역의 북상 확대가 가능하리라 판단된다. 특히 국내 키위산업의 제한요인중 하나인 내한성을 극복을 위해서는 *A. deliciosa*보다는 *A. chinensis*와 *A. arguta* 유전자원 활용이 요구된다하겠다.

#### IV. 적요

국내 키위 재배지역은 품종별 내한성에 대한 정보부재로 남부 해안지역과 제주도에 국한되어 있다. 본 연구는 국내육성 품종의 휴면기 내한성을 구명하여 국내품종의 확대보급을 위한 기초자료로 활용하고자 수행하였다. 본 연구는 국내외에서 육성된 5품종(*Actinidia deliciosa*, *A. chinensis*, *A. arguta* hybrid)을 대상으로 수행했으며, 내한성 처리는  $-12^{\circ}\text{C}$ ,  $-15^{\circ}\text{C}$ ,  $-18^{\circ}\text{C}$ ,  $-21^{\circ}\text{C}$ ,  $-24^{\circ}\text{C}$  5수준을 처리했다. *A. deliciosa*와 *A. chinensis* 계열의 세포막 손상은  $-18^{\circ}\text{C}/32\text{h}$  노출 시 시작되며,  $-24^{\circ}\text{C}$ 에서는 '스키니그린'을 제외한 모든 품종의 막 구조물 안정성이 상실된다. TTC 환원율에 기초한 가지의 내한성( $\text{LT}_{50}$ )은 '헤이워드', '감록'이  $-15^{\circ}\text{C}$ , '방울이'는  $-18^{\circ}\text{C}$  그리고 '골드윈'은  $-21^{\circ}\text{C}$ 에서 유효하였다. 품종별 눈의 내한성( $\text{LT}_{50}$ )이 상실되는 조건은 '헤이워드', '감록'은  $-15^{\circ}\text{C}$ 에서 각각 56시간과 42시간 노출 조건이었고,  $-18^{\circ}\text{C}$ 에서는 각각 4시간과 11시간 노출에서  $\text{LT}_{50}$  수준에 도달하는 것으로 추정되었다. '골드윈'은  $-18^{\circ}\text{C}$ 에

서는 51시간 노출에서 내한성이 상실되었다. 방울이'는 -24°C/3 h 노출에서 내한성이 상실되었다. 따라서 본 연구는 '헤이워드', '감록'과 같은 *A. deliciosa*에 속한 품종은 남부지역에 제한된 재배영역을 벗어나기 어려울 것으로 판단되나, *A. chinensis*인 '골드윈'과 *A. arguta* hybrid인 '방울이', '스키니그린'은 해빙기 내한성이 확인된다면 재배지역의 북상 확대가 가능하리라 판단된다.

## V. 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구개발과제(PJ10986)에 의해 수행된 결과이며 이에 감사드립니다.

## VI. 참고문헌

1. Arora, R., M. E. Wisniewski and R. Scorza. (1992). Cold acclimation in genetically related (sibling) deciduous and evergreen peach (*Prunus persica* [L.] Batsch): I. Seasonal changes in cold hardiness and polypeptides of bark and xylem tissues. *Plant Physiol.* 99(4):1562 -1568.
2. Arora, R., L. J. Rowland, J. S. Lehmann, C. C. Lim, G. R. Panta and N. Vorsa. (2000). Genetic analysis of freezing tolerance in blueberry (*Vaccinium section Cyanococcus*). *Theor. Appl. Genet.* 100(5):690-696.
3. Chat, J. (1995). Cold hardiness within the genus *Actinidia*. *HortScience* 30(2):329-332.
4. Cho, K. H., Y. B. Kwack, S. J. Park, S. H. Kim, H. C. Lee and M. Y. Kim. (2017). Genetic diversity in kiwifruit germplasm evaluated using RAPD and SRAP markers. *J Plant Biotechnol.* 44(3) :303-311.
5. Dozier, W. A., A. W. Caylor, D. G. Himelrick, A. A. Powell, A. J. Latham, J. A. Pitts and J. A. McGuire. (1992). Cold protection of kiwifruit plants with trunk wraps and microsprinkler irrigation. *HortScience* 27(9):977-979.
6. Ehlenfeldt, M. K., E. L. Ogden, L. J. Rowland and B. Vinyard. (2006). Evaluation of midwinter cold hardiness among 25 rabbiteye blueberry cultivars. *HortScience* 41(3):579-581.
7. Ercoli, L., M. Mariotti, A. Masoni and I. Arduini. (2004). Growth responses of sorghum plants to chilling temperature and duration of exposure. *Eur. J. Agron.* 21(1) :93-103.
8. Ferguson, A. R. (1999). New temperate fruits: *Actinidia chinensis* and *Actinidia deliciosa*. *Perspectives on new crops and new uses*:342-347.
9. Flinn, C. L. and E. N. Ashworth. (1994). Blueberry flower-bud hardiness is not estimated by differential thermal analysis. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 119(2):295 -298.
10. Guak, S., D. M. Olszyk, L. H. Fuchigami and D. T. Tingey. (1998). Effects of elevated CO<sub>2</sub> and temperature on cold hardiness and spring bud burst and growth in Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*). *Tree Physiol.* 18(10):671-679.
11. Gusta, L. V., N. J. Tyler and T. H. H. Chen. (1983). Deep undercooling in woody taxa growing north of the -40°C isotherm. *Plant Physiol.* 72(1):122-128.
12. Hewett, E. W. and K. Young. (1981). Critical freeze damage temperatures of

- flower buds of kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch.). New Zeal. J. Agr. Res. 24(1):73-75.
13. Kacperska, A. and R. K. Szaniawski. (1993). Frost resistance and water status of winter rape leaves as affected by differential shoot/root temperature. *Physiol. Plantarum* 89(4):775-782.
  14. Kamota, F., H. Honjo and M. S. Kim. (1989). Estimation of favourable locations for kiwifruit (*Actinidia deliciosa* Liang et Ferguson) cultivation in Japan. *Bulletin of the Fruit Tree Research Station Series A* 16:99-113.
  15. Levitt, J. (1980). Responses of plants to environmental stresses. Vol. 1. Chilling, freezing and high temperature stresses. p.497, 2nd ed. New York, Academic Press.
  16. Lim, C. C., R. Arora and E. C. Townsend. (1998). Comparing Gompertz and Richards functions to estimate freezing injury in *Rhododendron* using electrolyte leakage. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 123(2):246-252.
  17. Malone, S. R. and E. N. Ashworth. (1991). Freezing stress response in woody tissues observed using low-temperature scanning electron microscopy and freeze substitution techniques. *Plant Physiol.* 95(3):871-881.
  18. Manley, R. C. and R. L. Hummel. (1996). Index of injury compared to tissue ionic conductance for calculating freeze damage of cabbage tissues. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 121(6):1141-1146.
  19. Murray, M. B., J. N. Cape and D. Fowler. (1989). Quantification of frost damage in plant tissues by rates of electrolyte leakage. *New phytol.* 113(3): 307-311.
  20. Nesbitt, M. L., R. C. Ebel, D. Findley, B. Wilkins, F. Woods & D. Himelrick. (2002). Assays to assess freeze injury of Satsuma mandarin. *HortScience*, 37(6), 871-877.
  21. Palta, J. P., J. Levitt and E. J. Stadelmann. (1978). Plant viability assay. *Cryobiol.* 15(2):249-255.
  22. Pellett, H. (1971). Comparison of cold hardiness levels of root and stem tissue. *Can. J. Plant Sci.* 51(3):193-195.
  23. Piotrowska, G. and A. Kacperska. (1990). Utility of leaf disks cultured in vitro for studies on frost resistance. *Plant Cell Tiss. Org.* 22(1):21-26.
  24. Pyke, N. B., C. J. Stanley and I. J. Warrington. (1986). Kiwifruit: frost tolerance of plants in controlled frost conditions. *New Zeal. J. Exp. Agr.* 14(4): 443-447.
  25. Quamme, H. A., R. E. C. Layne and W. G. Ronald. (1982). Relationship of supercooling to cold hardiness and the northern distribution of several cultivated and native *Prunus* species and hybrids. *Can. J. Plant Sci.* 62(1):137-148.
  26. Sakai, A. and W. Larcher. (1987). Frost survival of plants, ecological studies, pp.39-54, Springer Verlag, Germany.
  27. Steponkus, P. L. and F. O. Lanphear. (1967). Refinement of the triphenyl tetrazolium chloride method of determining cold injury. *Plant Physiol.* 42(10) :1423-1426.
  28. Sutinen, M. L., J. P. Palta and P. B. Reich. (1992). Seasonal differences in freezing stress resistance of needles of *Pinus nigra* and *Pinus resinosa*: evaluation

- of the electrolyte leakage method. Tree Physiol. 11(3):241-254.
29. Testolin, R. and R. Messina. (1987). Winter cold tolerance of kiwifruit. A survey after winter frost injury in northern Italy. New Zeal. J. Exp. Agr. 15(4):501-504.
30. Tignor, M. E., F. S. Davies, W. B. Sherman and J. M. Davis. (1997). Rapid freeze acclimation of *Poncirus trifoliata* seedlings exposed to 10°C and long days. HortScience. 32(5):854-857.
31. Thomas, F. M. and U. Ahlers. (1999). Effects of excess nitrogen on frost hardiness and freezing injury of above-ground tissue in young oaks (*Quercus petraea* and *Q. robur*). New Phytol. 144(1):73-83.
32. Wolpert, J. A. and G. S. Howell. (1984). Effects of cane length and dormant season pruning date on cold hardiness and water content of Concord bud and cane tissues. Am. J. Enol. Viticult. 35(4): 237-241.
33. Wu, M. T. and S. J. Wallner. (1983). Heat stress responses in cultured plant cells: Development and comparison of viability tests. Plant Physiol. 72(3):817-820.

논문접수일 : 2019년 3월 6일  
논문수정일 : 2019년 4월 20일  
게재확정일 : 2019년 4월 30일