

# 간이비가림시설에서의 포도 내한성 발현 및 생육 특성

안순영<sup>1</sup> · 김승희<sup>2</sup> · 최성진<sup>3</sup> · 윤해근<sup>1,4\*</sup>

<sup>1</sup>영남대학교 원예생명과학과, <sup>2</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원, <sup>3</sup>대구가톨릭대학교 생명공학과, <sup>4</sup>LED-IT 융합산업화연구센터

## Characteristics of Cold Hardiness and Growth of Grapevines Grown under Rain Shelter Type Cultivation System in the Vineyard

Soon Young Ahn<sup>1</sup>, Seung Hui Kim<sup>2</sup>, Sung Jin Choi<sup>3</sup>, and Hae Keun Yun<sup>1,4\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Horticulture & Life Science, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749, Korea

<sup>2</sup>National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Suwon 440-706, Korea

<sup>3</sup>Department of Biotechnology, Catholic University of Daegu, Gyeongsan 712-702, Korea

<sup>4</sup>LED-IT Center, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749, Korea

**Abstract.** There are variations among grapevine genotypes in the levels of tolerance to cold, and cold-hardiness of grapevine has been affected by the change of short-term environment during over-wintering. In this study, the responses of vines to cold in open field and rain-shelter system were investigated to obtain useful information in increasing the tolerance to cold in grape cultivation. Total carbohydrate content of bearing mother branches was higher in the rain-shelter system than in the open field, and lower in the branches of ‘Muscat Bailey A’ than in ‘Campbell Early’ and ‘Kyoho’. Bud-burst and shoot growth were better in the rain-shelter system than in open field, whereas there is no significant difference among the treatments of net beside vines. There was also low incidence of gray mold in rain shelter system. Stilbene compounds such as *t*-piceid, resveratrol, piceatannol, *c*-piceid were accumulated in the cold-treated shoot from vine cuts harvested in rain shelter system. Genes of chalcone isomerase, manganese superoxide dismutase, proline rich protein 2, and temperature induced lipocalin were highly expressed in the cold-treated shoot from vine cuts harvested in rain shelter system. While there was not change of air temperature, but high reduction of wind speed in the rain shelter system compared to open field, and increase in the reduction of wind speed by net treatment. The damage of grapevines by cold in the extreme low temperature could be reduced by keeping them in the rain shelter system with net during winter season.

**Additional key words:** bud-burst, carbohydrate content, gene, stilbene compound, wind speed

### 서 언

포도나무는 유전적으로 종 또는 품종에 따라 다양한 내한성의 차이를 나타낸다(Reisch et al., 2012). 미국종 포도인 *Vitis riparia*와 *V. labrusca* 및 아시아종인 *V. amurensis*도 높은 내한성을 나타내지만 유럽종인 *V. vinifera*는 -20°C 이하에서는 동해 피해로 인해 고사하는 것으로 보고되어 있다(Alleweldt et al., 1990; Pierquet and Stushnoff, 1978). 그러나 유전적으로 유사한 수준의 내한성 형질을 갖춘 종이라도 월동기간 중의 단기내한성은 자발휴면 심도가 깊을수록

낮은 온도에 의한 동해피해가 적은 것으로 보고되어 있다(Howell and Shaulis, 1980; Kwon et al., 2006). 또한, 적엽(Ko et al., 1973; Yim and Ko, 1975), 수확시기(Wample and Bary, 1992), 대목(Striegler and Howel, 1991) 및 수체 관리(Song et al., 2000)에 의한 포도나무의 생장발육이 내한성에 영향을 미치는 것으로 보고되어 있다. 포도나무는 저온순화과정 동안에 내한성을 획득하며 이른 가을부터 시작되어 동절기에 최고점에 이르며 이는 늦여름의 단일조건과 저온에 의해 유도된다(Schnabel and Wample, 1987).

우리나라의 기후에서는 미국종 포도 품종에서는 큰 피해

\*Corresponding author: haekeun@ynu.ac.kr

※ Received 30 May 2012; Revised 14 July 2012; Accepted 24 July 2012. 본 연구는 농촌진흥청 지역전략작목산학연협력사업 연구과제의 일부임.

가 발생하지 않았으나, 근년에 근접할수록 2월의 고온으로 인해 타발휴면의 타파기간이 단축되는 경향이면서 생리적인 내한성 기간도 단축되고 있다(Kwon et al., 2008). 우리나라에서는 지구온난화에 따른 이상기후로 인해 포도를 비롯한 낙엽과수의 동해발생이 증가하고 있다(Shim et al., 2004). 특히 최근 초저온의 지속과 타발휴면타파기 이후의 저온으로 인해 남쪽지방에서의 포도나무에 동해발생이 증가하고 있다(Kim et al., 2009). 과수 식물체에 있어서 내한성은 탄수화물과 같은 체 내의 영양분 축적과 상관관계가 있으며 (Faust, 1989; Song et al., 2000), 수체 또는 과실에서 stilbene 화합물은 abiotic stress 및 자외선 조사에 의해 유도되는데 이는 hormesis 현상으로서 포도의 스트레스 대응 반응의 하나로 보고되어 있다(Choi, 2011). 저온 스트레스에 의해 flavonoid의 합성에 관여하는 효소관련 유전자 및 다양한 방어관련 유전자가 발현되는 것으로 보고되어 있다 (Busconi et al., 2009; Mathiason et al., 2009).

한편, 농가에서 포도 생육기의 병해와 열과의 발생을 억제할 목적으로 간이비가림시설을 활용하여 포도를 생산하고 있는데(Park et al., 2006), 겨울 동안에 간이비가림시설에서 유지된 수체에서 내한성이 강한 것으로 여겨지고 있다. 그러나 동절기의 비가림시설의 유지에 따른 동해발생의 감소효과와 원인에 관한 연구는 보고되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 겨울철 동안 동일한 포도원에서 비가림시설을 유지한 처리구와 비닐을 제거한 처리구, 차광막 등을 측면에 설치한 처리구로 구분하여 미기상을 조사하고, 이들의 동해 발생과 이듬해 생육과 방어관련 반응의 발현차이를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 시험재료

시험에 사용된 포도나무는 2009년 경북 영천시 고경면 소재 3개의 농가 포장에 각각 식재된 5-6년생 ‘Campbell Early’, ‘Kyoho’, 및 ‘Muscat Bailey A(MBA)’ 품종이며, Wakeman 수형으로 재배되었다.

### 비가림시설 및 방풍망 설치

간이비가림시설에서 생육한 포도나무를 대상으로 비닐을 11월 말에 제거한 처리구와 비닐을 겨울 동안 유지하는 처리구로 구분하였다. 또한 처리구별로 측면에 차광막과 방풍망을 처리한 구로 구분하여 수체의 특성을 비교하였으며 미기상 자료를 수집하여 분석하였다.

### 미기상 자료 수집

기상자료 수집은 매 1분마다 기온, 풍향, 풍속을 측정하여 저장하였다. 그 중 자료수집장치(STL-T/RH/A4/D2, Korea)의 분해능은 16 bits이고, 자료수집장치에 환경관측센서를 연결하여 사용하였다. 기온센서(STL-T/RH)는 백색의 태양열 차광통에 넣어서 직사광선이나 빗물로부터 보호하였으며, 기온의 측정범위는  $-40^{\circ}\text{C}$ 에서  $+120^{\circ}\text{C}$ 이고 측정오차는  $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ , 풍향/풍속센서(Davis, USA)에서 풍향의 측정범위는 0-360도, 측정오차 5도 이내, 풍속의 측정범위는  $0-50\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 측정오차  $\pm 1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  이하이다.

### 포도나무 줄기의 발아율 및 신초생장 측정

처리구별 수체의 발아율 및 신초생육 특성으로는 이듬해에 포장에서의 발아율과 실내 삼목 번식을 통한 생존율을 조사하였다. 신초 생장은 기부로부터 신초선단부의 길이를 측정하였다. 또한 절간의 길이와 직경은 신초의 기부에서 3번째 절간을 측정하였다.

### 수피 탄수화물 함량 분석

수체가 발아하기 전인 3월 중순경에 결과모지의 기부에서 5-8마디의 가지를 채취하여 탄수화물 함량을 측정하였다. 채취된 가지의 탄수화물 함량은 수피를  $60^{\circ}\text{C}$ 에서 48시간 동안 건조시켜 분쇄한 후 시료 0.5g을 0.7N HCl 용액 20mL에 넣고  $99.9^{\circ}\text{C}$ 로 유지되는 항온수조에서 2시간 30분 동안 분해한 후 분해액 3mL에 dinitrosalicylic(DNS) acid 5mL을 첨가하여 다시 5분간 끓인 후 비색계(Model S-3130, Scinco Co., Ltd, Korea)를 이용하여 흡광도(A550nm)를 측정하였다(Winkler and Howell, 1986).

### 잿빛곰팡이병 발생 조사

간이비가림시설재배와 노지재배의 처리구별로 10개의 화방에서 잿빛곰팡이병의 병징이 나타난 화방수를 조사하였다. 모든 조사는 3반복으로 수행하였으며 총 화방수에 대한 포도 잿빛곰팡이병의 발생비율로 나타내었다.

### 신초의 수체 내 stilbene 화합물 함량 분석

처리구별로 채취한 가지의 삼목묘를  $4^{\circ}\text{C}$ 에서 0, 6, 24, 및 48시간 동안 저온처리한 후 잎을 채취하였다. 채취한 포도나무 동결 잎(1g)에 4mL의 80%(v/v) 메탄올을 가하여 stilbene 화합물을 추출하였다. 막자 사발에 동결상태의 포도 잎을 넣고 용매를 가하고 약간의 해사와 함께 마쇄하여 얻은 추출액을 20분간  $25,000\times\text{g}$ 로 원심분리하였다. 원심분리 후 상정액을 취하고 즉시 HPLC에 주입하여 stilbene 화합

물을 분석하였다. Stilbene 화합물은 HPLC-mass spectrometer (model 2695 HPLC, model 3100 MS, Waters, USA)를 이용하여 분석하였다. 분리에 이용한 column은 XTerra MS C18 (3.5 $\mu$ , 150  $\times$  2.1mm, Waters, USA)이었다. 이동상은 0.1% (v/v) formic acid(용매 A)와 acetonitrile(용매 B) 혼합액으로 하였으며 용매 B를 25분간에 걸쳐 10%에서 30%까지 증가시킨 후 다시 40분간에 걸쳐 100%까지 증가시켰다. 이 때 용매의 유속은 0.2mL $\cdot$ 2min<sup>-1</sup>로 하였다. HPLC에서 분리된 stilbene 화합물은 mass spectrometer(MS)를 이용하여 electrospray negative(ES-) mode에서 이온화한 후 single ion reaction(SIR) mode로 검출하였다(Choi, 2011).

### 신초의 수체 내 유전자 발현 비교

처리구별로 채취한 가지의 삼목묘를 저온처리한 후 포도나무 잎을 채취하여 Chang et al.(1993)의 방법으로 RNA를 분리하였다. 분리한 RNA(1 $\mu$ g)로부터 PrimeScript<sup>TM</sup>1<sup>st</sup> strand cDNA synthesis kit(TaKaRa Bio Inc., Japan)를 이용하여 1st cDNA를 합성하고 RT-PCR 반응을 위한 주형으로

사용하였다. 유전자 특이적인 primer를 제작하여(Table 1) RT-PCR(initial denaturation: 94 $^{\circ}$ C-5분, denaturation: 94 $^{\circ}$ C-45초, annealing: 55 $^{\circ}$ C-45초, extension: 72 $^{\circ}$ C-1분, 35 cycle 반복, final extension: 72 $^{\circ}$ C-7분)에 사용하였으며, actin 유전자를 발현차이를 비교하기 위하여 이용하였다. PCR을 통해 다양한 크기로 증폭된 밴드는 1%(W/V) agarose gel (0.5X TBE running buffer)에서 확인하였다.

## 결 과

### 포도나무 줄기의 수피 탄수화물 함량

수체가 발아하기 전인 3월 중순에 결과모지의 기부에서 5-8 마디의 가지를 채취하여 탄수화물 함량을 측정하였다(Winkler and Howell, 1986). 월동한 포도나무 줄기에서 채취한 삼수의 탄수화물 함량을 분석한 결과 공시한 3품종 모두 비가림비닐을 제거하지 않은 처리구(378-429mg $\cdot$ g<sup>-1</sup>)가 비닐을 제거한 처리구(296-348mg $\cdot$ g<sup>-1</sup>)에 비해 높게 나타났다(Table 2). 또한 ‘MBA’ 품종의 줄기보다 ‘거봉’과 ‘캠벨

**Table 1.** Gene specific primers used for RT-PCR analysis.

Name	Function	Name	Function
CHI	Chalcone isomerase	CIP	Cold induced protein
CHS	Chalcone synthesis	ProRP2	Proline rich protein 2
DFR	Dihydroflavonol-4-reductase	Glu	endo- $\beta$ -glucanase precursor
F3H	Flavonoid 3-hydroxylase	FAE	Fatty acid elongase
PAL	Phenylalanine ammonia lyase	ProRP	Proline-rich protein
CBF1	CBF like transcription factor	ChIB	Chloroplast chlorophyll a/b binding protein
TIL	Temperature induced lipocalin	LRR	Leucine-rich repeat
DREB1A	Dehydration-responsive element-binding protein 1A	Thau	Thaumatococcus-like protein
GAPT	Glycerol-3-phosphate acyltransferase	WRKY10	WRKY transcription factor 10
MAPK	Mitogen-activated protein kinase	ChiLP	Chitinase-like protein
Mn-SOD	Manganese superoxide dismutase	Glu	$\beta$ -Glucanase-like protein
P5CS	Pyrroline-5-carboxylate synthase	LOX	Lipoxygenase
RCI2A	Rare-cold-inducible 2A	MYBTF	MYB Transcription factor
RCI2B	Rare-cold-inducible 2B	sHSP	Small heat shock protein
TPS1	Alpha, alpha-trehalose-phosphate synthase	FLS	Flavonol synthase
DHN1	Dehydrin	GST	Glutathione s-transferase
GPX	Glutathione peroxidase	PGIP	Polygalacturonase-inhibiting protein

**Table 2.** Carbohydrate content of stem bark from grapevines over-wintered in the open field and rain shelter system.

Treatment	Carbohydrate content (mg $\cdot$ g <sup>-1</sup> )		
	Campbell Early	Kyoho	Muscat Bailey A
Open field	342 $\pm$ 21 <sup>2</sup>	348 $\pm$ 19	296 $\pm$ 19
Rain shelter	416 $\pm$ 30	429 $\pm$ 12	378 $\pm$ 12

<sup>2</sup>Mean  $\pm$  standard error (n = 9).

얼리' 품종의 수피에서 탄수화물의 함량이 높게 나타났다. 수체의 측면에 차광막을 설치한 처리구의 수피에서 탄수화물 함량을 비교한 결과, '캠벨얼리'와 '거봉'에서는 처리구에서는 함량이 높았지만, 'MBA'에서는 처리구 간에 탄수화물 함량의 차이는 나타나지 않았다(Table 3).

### 포도나무 줄기의 발아 및 신초생장

처리별 수체의 발아율은 이듬해에 포장에서의 발아율과 실내 삼목 번식을 통한 생존율을 조사하였고, 신초생장은 기부로부터 신초선단부의 길이를 조사하였다. 포장에서 수체의 발아율을 조사한 결과, 간이비가림시설이 유지된 수체에서 수체의 발아율이 양호하였으며(Table 4), 온실 내에서 삼목을 통한 삼수의 발아율을 비교한 결과, 비가림시설을 유지한 처리구에서 비닐을 제거한 처리구에 비해 발아율이 높았다. 수체의 신초생육을 조사한 결과, 간이비가림구에서는 노지보다 신초의 생육이 양호하였으나 무처리, 방충망, 차광막을 처리한 결과 신초생장량에는 각각의 처리별로 유의성이 나타나지 않았다(Table 5). 수체에서의 발아기는 공시한 3품종에서 노지보다 간이비가림처리구에서 모두 2-3

일 정도 빠른 것으로 조사되었다.

### 화진현상 및 잿빛곰팡이병 발생 조사

간이비가림시설재배와 노지재배의 처리구별로 잿빛곰팡이병의 발생을 조사하였다. 포도 잿빛곰팡이병의 발생은 노지에 비해 간이비가림시설에서 발생이 현저히 감소하였으나(Table 6), 차광막을 처리한 구와 무처리구에 따른 차이는 나타나지 않았다.

### 신초의 수체 내 stilbene 함량 변화

간이비가림시설과 무처리로 구분하여 채취한 가지의 삼목묘를 저온처리한 후 포도나무 잎의 stilbene 화합물을 추출하여 분석하였다. 전체적으로 stilbene 화합물의 함량은 노지보다 비가림시설에서 함량이 약간 더 높게 나타났으며(Fig. 1), 가장 많이 함유된 stilbene은 배당체 형태인 t-piceid였으며, 이는 resveratrol, piceatannol, c-piceid에 비해 함량이 높게 나타났다. Piceatannol과 t-piceid 함량 변화는 비슷한 경향을 보였는데, 간이비가림구에서는 저온처리 24시간 후 급격히 증가했다가 감소하는 경향을 나타내었고, 노지에

**Table 3.** Carbohydrate content of stem bark from grapevines over-wintered in rain shelter system with shading screen.

Treatment	Carbohydrate content (mg·g <sup>-1</sup> )		
	Campbell Early	Kyoho	Muscat Bailey A
Untreated	429 ± 29 <sup>z</sup>	390 ± 24	375 ± 22
Shading screen	494 ± 11	412 ± 14	378 ± 14

<sup>z</sup>Mean ± standard error (n = 9).

**Table 4.** Bud-burst of cuttings and grapevines over-wintered in the open field and rain shelter system.

Treatment		Budding rate (%)		
		Campbell Early	Kyoho	Muscat Bailey A
Vines	Open field	40b <sup>z</sup>	40b	11a
	Rain shelter	66a	60a	15a
Cuttings	Open field	55b	45b	12b
	Rain shelter	67a	60a	44a

<sup>z</sup>Different letters indicate significant difference (t-test, p = 0.05).

**Table 5.** Shoot growth of 'Campbell Early' grapevines in the vineyards in the spring season under the various conditions.

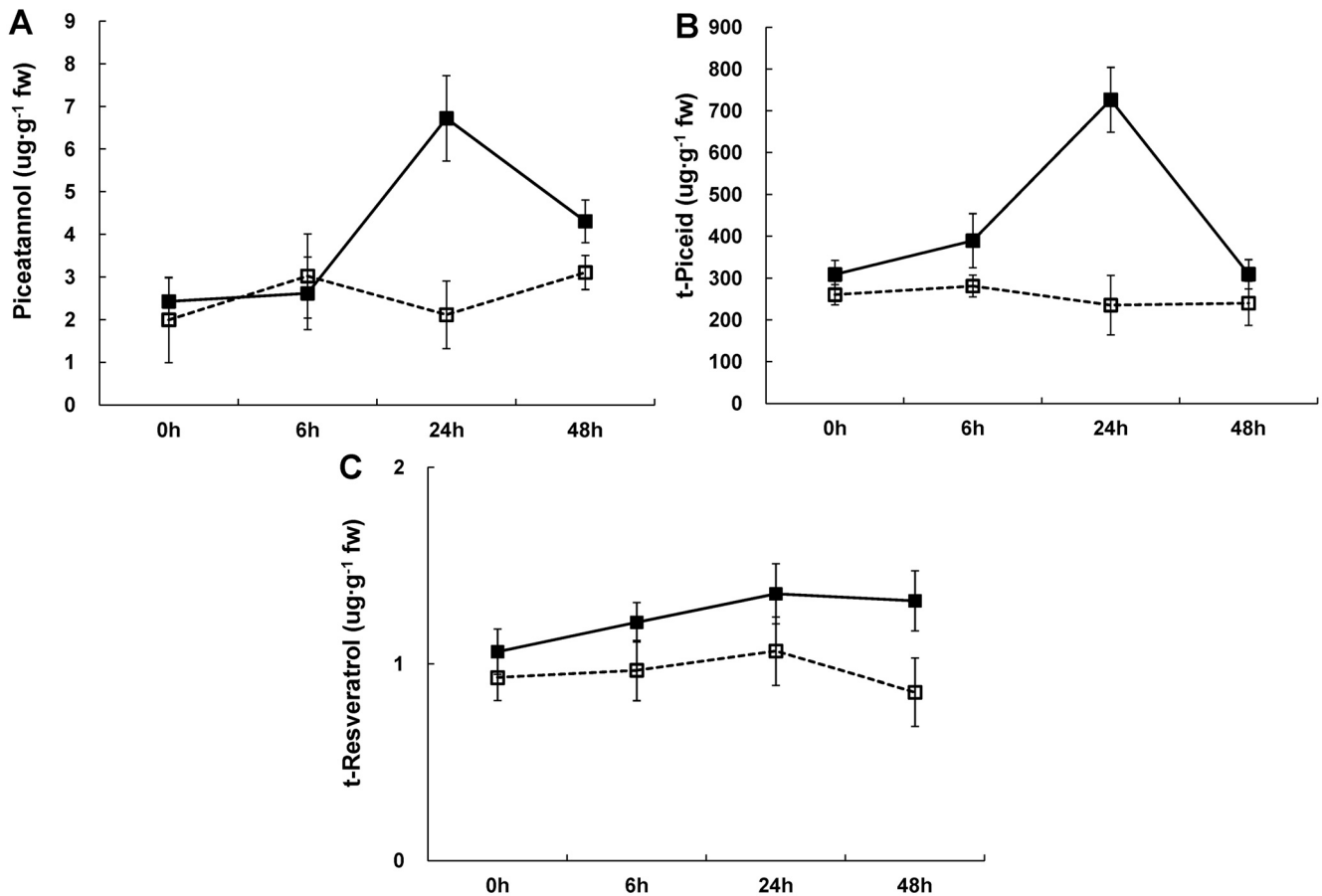
Treatment		Shoot length	Internode length	Internode diameter	No. of leaves
Open field	Untreated	77.7a <sup>z</sup>	8.8a	6.6a	9.1a
	Shading screen	75.9a	7.7b	6.7a	7.8b
Rain shelter	Untreated	104.3a	7.9b	6.8a	10.2a
	Insect proof net	99.1b	9.9a	6.7a	10.0a
	Shading screen	107.2a	10.3a	6.7a	10.8a

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P = 0.05.

**Table 6.** Occurrence of grape gray mold by *Botrytis cinerea* in 10 clusters.

Treatment		No. of clusters infected with gray mold
Open field	Untreated	3.4a <sup>2</sup>
	Shading screen	3.2a
Rain shelter	Untreated	0.1b
	Insect proof net	0.0
	Shading screen	0.0

<sup>2</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .



**Fig. 1.** Stilbene contents of chilling-treated grapevine leaves in over-wintered 'Campbell Early'. □, open field; ■, rain shelter system. Bars indicate standard error (n = 9). A, content of piceatannol; B, content of *trans*-piceid; C, *trans*-resveratrol ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ).

서는 함량의 뚜렷한 증가 현상이 나타나지 않았다.

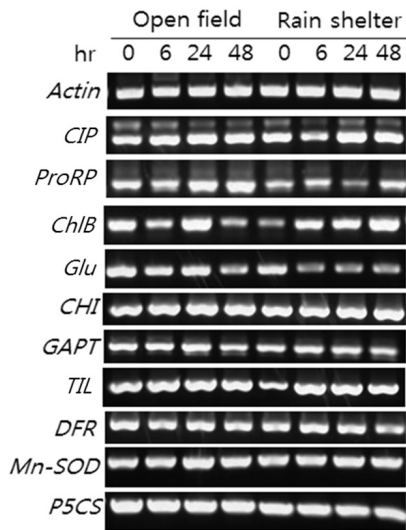
#### 저온 스트레스 관련 유전자 발현 분석

저온처리한 후 포도나무 잎을 채취하여 RNA를 분리하고 저온과 관련되어 발현되는 유전자의 발현을 RT-PCR을 사용하여 확인하였다. 저온처리 등의 abiotic stress에 의해 발현된다고 알려진 유전자들을 대상으로 발현을 분석한 결과 사용된 primer 중 10개의 primer에서 노지와 비가림구에서의 유전자 발현 양상이 약간 다르게 나타났다(Fig. 2). Cold induced protein(CIP), chalcone isomerase(CHI), chloroplast

chlorophyll a/b binding protein, manganese superoxide dismutase(Mn-SOD), proline rich protein 2(ProRP2), temperature induced lipocalin(TIL) 등의 유전자는 시간이 지날수록 발현량이 변화하였는데 대체적으로 간이비가림처리구에서 저온 스트레스에 더 강하게 발현되어 CIP, ChIB, TIL, Mn-SOD 등은 발현이 증가하였으며, ProRP2, CHI 등의 유전자 발현은 억제되었다.

#### 미기상자료 분석

간이비가림시설구와 노지의 기온변화에서는 최고, 최저,

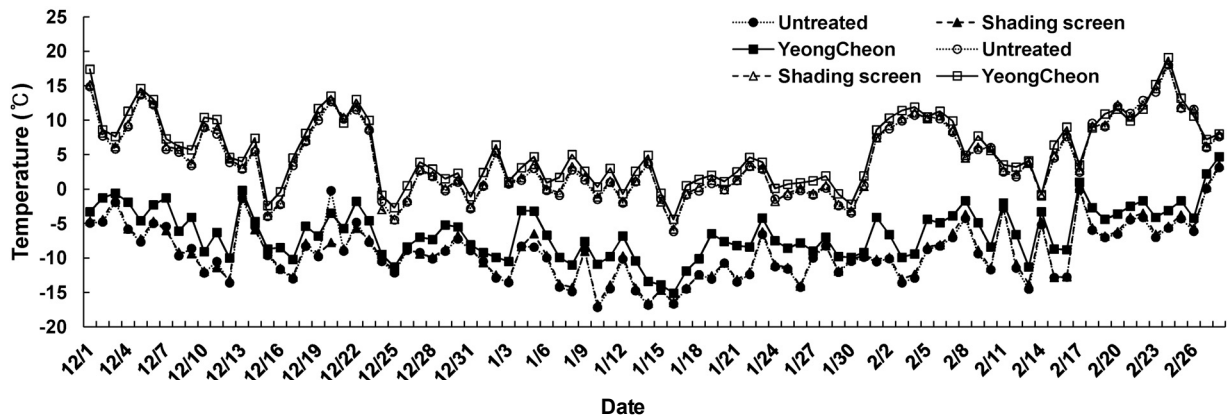


**Fig. 2.** RT-PCR analysis of 'Campbell Early' grapevine leaves in open field and rain shelter system. CIP, Cold induced protein; ProRP, proline rich protein 2; ChlB, chloroplast chlorophyll a/b binding protein; Glu, endo- $\beta$ -glucanase precursor; CHI, chalcone isomerase; GAPT, Glycerol-3-phosphate acyltransferase; TIL, temperature induced lipocalin; DFR, Dihydroflavonol-4-reductase; Mn-SOD, manganese superoxide dismutase; P5CS, Pyrroline-5-carboxylate synthase.

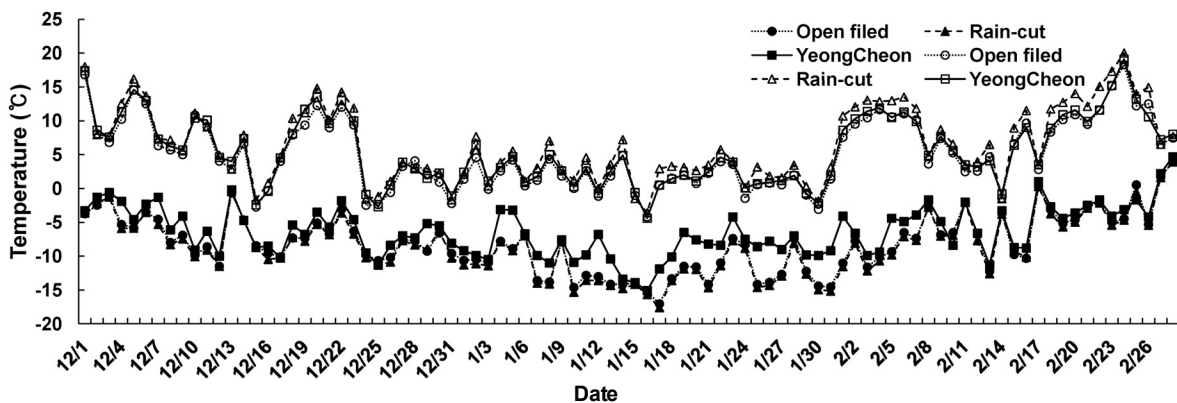
평균 온도 모두에서 큰 차이가 없었다. 특히 1월의 경우에는 영천 관측소의 최저기온과 시험지역의 최저온도에 큰 차이를 나타내었으나 조사 지역 내에서의 처리구 간에 큰 차이는 없었다(Figs. 3 and 4). 풍속의 변화를 측정된 결과, 노지에 비해 간이비가림시설에서 풍속이 크게 감소하였으며(Fig. 5), 간이비가림시설에서 차광막을 설치한 경우에는 풍속의 감소효과가 현저하게 증가하였다.

## 고 찰

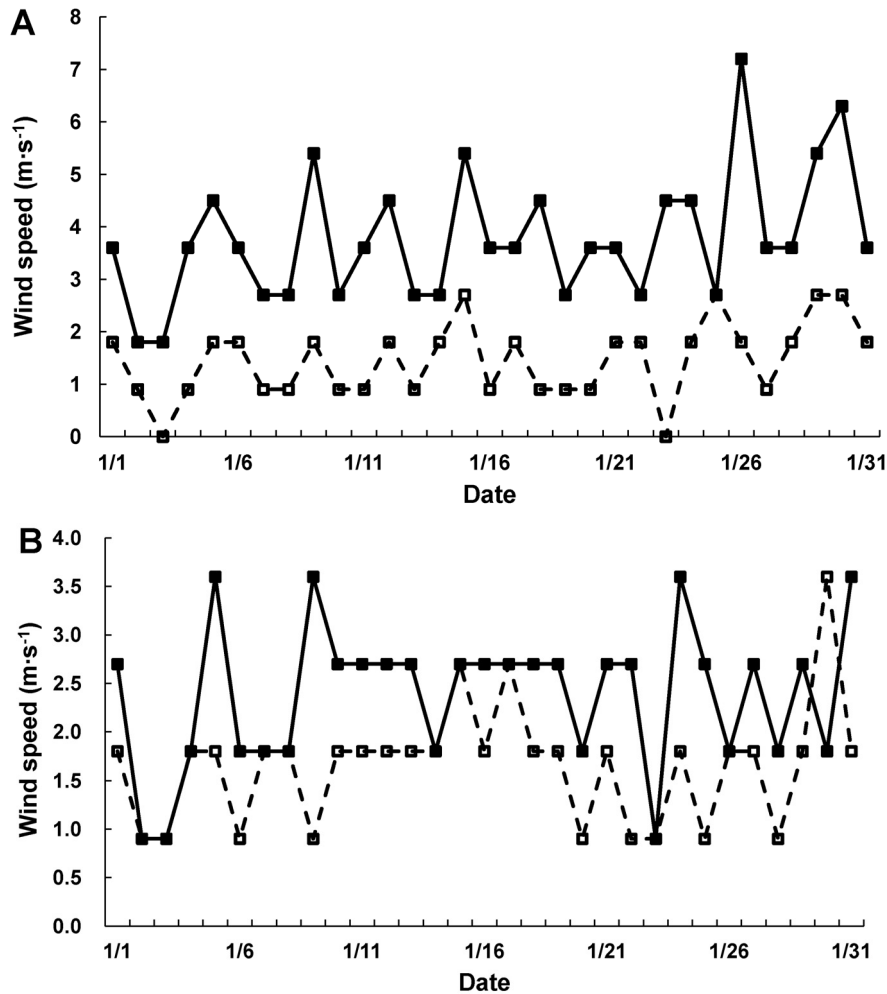
최근 이상기후로 인해 낙엽과수의 휴면타파에 소요되는 기간이 단축되는 경향이며 생리적인 내동성 유지기간도 단축되어(Kwon et al., 2008), 늦겨울 및 이른봄의 저온에 의한 과수의 동해피해 발생이 증가하고 있다(Kim et al., 2009; Shim et al., 2004). 또한 국내에서는 겨울철의 비가림시설 또는 간이비가림시설에서의 재배가 내한성 증진에 유리한 것으로 알려져 있으나 그 기작과 원인은 밝혀져 있지 않은 실정이다. 과수의 내한성에는 수체의 영양분 축적이 중요한



**Fig. 3.** Maximum and minimum air temperature of untreated and shading screen treated vineyards with no rain shelter system, from December, 2009 to February, 2010.



**Fig. 4.** Maximum and minimum air temperature of untreated and shading screen treated vineyards under rain shelter system or open field, from December, 2009 to February, 2010.



**Fig. 5.** The change of wind speed by rain cut system (A) and by treating shading screen beside vines under the rain cut cultivation system (B). (A) ●, open field; ▲, rain shelter, (B) ●, untreated, ▲, shading screen-treated under rain shelter system.

요인 중의 하나로 작용한다(Faust, 1989). 환상박피 처리 시 과실의 품질향상, 숙기축진 등의 효과가 있지만, 반면에 수세가 떨어지고 겨울철 동해를 심하게 받아 3년간 연속으로 처리한 후에는 대부분이 고사하며 수체의 영양분 축적과 관련이 있는 것으로 보고되어 있다(Kwon et al., 2011). 본 연구에서는 겨울철에 간이비가림시설에서 유지한 포도나무 수체는 수피에서 높은 탄수화물 함량을 지니고 있으며 이듬해의 수체 생존율 및 발아율도 높은 것으로 나타났으며 간이비가림시설에서의 내한성의 증가는 생육기의 양분 축적 뿐만 아니라 겨울철의 양분고갈을 방지하는 효과가 있기 때문일 것으로 생각된다.

포도 잣빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*)은 이른 봄에 눈과 신초, 화방 등에 감염하여 과립과 과경의 연결부와 과립경에 침입하여 성숙기까지 잠복하는 것으로 알려져 있다(Holz et al., 2003; Pearson and Goheen, 1988). 주로 개화기 약제살포 등으로 방제하지만 Benzimidazole계 및 Dicarboximide계(Kim et al., 1993)와 Procymidone계(Kim and Kim, 1993)에

의한 약제저항성이 보고되는 등 방제에 어려움이 많다. 따라서, 방제보다는 발생의 억제를 유도하는 예방이 효과적이며, 본 연구에서는 간이비가림시설에서 병해의 발생이 감소하는 결과를 얻어 병해발생을 예방할 수 있을 것으로 생각된다.

간이가림시설 하에서 월동한 삽수에서 발아한 신초는 저온처리 24시간 후 방어관련 유전자의 발현과 화합물이 급격히 증가했다가 감소하는 경향을 나타내었고, 노지에서 월동한 삽수의 신초에서는 함량의 뚜렷한 증가 현상이 나타나지 않았다. 이것은 비가림 처리구에서 월동한 삽수의 눈에서 양분의 축적이 양호하여 외부의 자극에 반응하는 정도가 다른 것으로 여겨진다. *V. riparia*는 내한성이 강한 야생종으로서 내한성 포도 품종육성에 많이 활용되고 있으며(Fennell, 2004; Hemstad and Luby, 2000), 저온 스트레스에 대해서 포도나무는 다양한 방어반응 관련 유전자를 발현하는 것으로 보고되어 있다(Mathiason et al., 2009). 본 연구에서도 CIP, CHI, Mn-SOD, ProRP2, TIL 등의 유전자의 발현이 유도되었으며, flavonoid 화합물의 합성도 증가하였다.

식물체에서 저온에 의해 flavonoid 및 phenylpropanoid 화합물의 합성에 관여하는 PAL과 chalcone synthase의 활성이 증가하는 것으로 보고되어 있으며, 이들은 저온 스트레스로 인해 체 내에서 발생하는 활성산소를 제거하거나 저온에 강한 구조를 강화함으로써 내한성을 증진시키는 것으로 여겨지고 있다(Lovdal et al., 2010). 과실의 수확시기에 따라 포도나무 수체에 축적되는 탄수화물의 함량은 다르며 이는 수체의 겨울철 내한성과 관련이 있다고 보고되었다(Fenell and Hoover, 1991; Wamble and Bary, 1992). 본 연구에서 간이비가림시설에서 월동한 식물체가 저온 스트레스에 반응하는 유전자의 발현과 물질의 축적이 양호한 것으로 나타났는데 체 내의 양분 축적과 관련이 있을 것으로 추정된다.

한편 비가림시설 내의 미기상을 조사한 결과, 비가림시설 내에서의 겨울철 온도차이보다는 시설 내에서의 풍속 감소 효과가 큰 것으로 나타났다. 따라서 겨울철 비가림시설 및 측면에 차광막을 설치한 구에서 식물체의 내한성은 풍속의 감소에 의한 건조피해를 예방하였기 때문인 것으로 생각된다. 이러한 연구 결과는 향후 포장에서 겨울철에 비가림시설을 유지하고 월동 후 봄철에 비닐을 교체하는 것이 수체의 내한성 향상에 효과적이라는 것을 의미한다. 또한 이러한 결과는 향후 내한성 기작 구명 연구와 조기선발용 포지 선발에도 중요한 정보로 활용될 것으로 기대된다.

## 초 록

본 연구에서는 노지재배 포도의 내한성을 증대시킬 수 있는 방법을 모색하고자 간이비가림시설 설치에 따른 식물체의 반응을 조사하였다. 간이비가림시설에서 월동한 식물체의 탄수화물 함량은 노지 처리구에 비해 높았으며, 'Muscat Bailey A'의 줄기보다 '거봉'과 '캠벨얼리' 품종에서 탄수화물의 함량이 높게 나타났다. 노지에 비해 간이비가림시설에서 발아율과 신초의 생장도 양호하였으나 방충망, 차광막을 처리한 구에서는 유의차가 나타나지 않았다. 포도 잣빛곰팡이병의 발생은 간이비가림시설에서 발생이 적었다. Stilbene 화합물 함량은 노지보다 간이비가림 처리구에서 함량이 약간 더 높게 나타났으며 가장 많이 함유된 stilbene은 배당체 형태인 t-piceid였으며, resveratrol, piceatannol, c-piceid에 비해 상당히 고함량을 나타내었다. Chalcone isomerase, manganese superoxide dismutase, proline rich protein 2, temperature induced lipocalin의 transcripts는 시간이 지날수록 유전자의 발현량이 더 많이 축적되었고, 대체적으로 간이비가림시설의 삽수에서 저온 스트레스에 더 강하게 발현되

었다. 처리구별 온도차이는 없었으나 노지에 비해 간이비가림시설에서 풍속이 크게 감소하였으며, 간이비가림시설 내에서 차광막을 설치한 경우 풍속의 감소효과가 현저하게 나타났다. 겨울철의 간이비가림시설과 방충망을 설치함으로써 극저온에 의한 포도나무의 저온피해를 줄일 수 있을 것이다.

**추가 주요어 :** 발아율, 탄수화물 함량, 유전자, stilbene 화합물, 풍속

## 인용문헌

- Alleweldt, G., P. Spiegel-Roy, and B. Reisch. 1990. Grapes (*Vitis*), p. 291-337. In: J.N. Moore and J.R. Ballington, Jr. (eds.). Genetic resources of temperature fruit and nut crops. Acta Hort. 290.
- Busconi, M., S. Reggi, C. Fogher, and L. Bavaresco. 2009. Evidence of a sirtuin gene family in grapevine (*Vitis vinifera* L.). Plant Physiol. Biochem. 47:650-652.
- Chang, S., J. Puryear, and J. Cairney. 1993. A simple and efficient method for isolating RNA from pine trees. Plant Mol. Biol. 11:113-116.
- Choi, S.J. 2011. The identification of stilbene compounds and the change of their contents in UV-irradiated grapevine leaves. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 29:374-381.
- Faust, M. 1989. Resistance of fruit trees to cold, p. 307-331. In: M. Faust (ed.). Physiology of temperate zone fruit trees. Wiley Interscience, New York, USA.
- Fenell, A. and E. Hoover. 1991. Photoperiod influences growth, bud dormancy, and cold acclimation in *Vitis labruscana* and *V. riparia*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116:270-273.
- Fennell, A. 2004. Freezing tolerance and injury in grapevines. J. Crop Improv. 10:201-235.
- Hemstad, P.R. and J.J. Luby. 2000. Utilization of *Vitis riparia* for the development of new wine varieties with resistance to disease and extreme cold. Acta Hort. 528:487-490.
- Holz, G., M. Gutschow, and S. Coretze. 2003. Occurrence of *Botrytis cinerea* and subsequent disease expression at different positions on leaves and bunches of grape. Plant Disease 87:351-358.
- Howell, G.S. and N. Shaulis. 1980. Factors influencing within-vine variation in the cold resistance of cane and primary bud tissues. Am. J. Enol. Vitic. 31:158-161.
- Kim, B.S., K.J. Choi, and K.Y. Cho. 1993. Reaction to several benzimidazole and dicarboximide resistant *Botrytis cinerea*. Kor. J. Plant Pathol. 9:98-103.
- Kim, C.H. and S.I. Kim. 1993. Parasitic adaptation of procymidone resistant *Botrytis cinerea* of strawberry. Kor. J. Plant Pathol. 9:26-30.
- Kim, S.H., H.H. Seo, J.G. Cho, S.J. Jeon, Y.S. Kwon, and Y.R. Jeong. 2009. Studies on adaptability and influence evaluation for suitable zone in horticultural crop with temperature rising, p. 712-714. In: S.J. Kang (ed.) Annul Research Report Rural Development Administration Agenda 5. RDA, Suwon, Korea.
- Ko, K.C., Y.S. Yu, and Y.J. Yim. 1973. Effect of defoliation and K-application after harvest on cold hardiness, vine growth and



- yield of Campbell Early grapevines. *J. Kor. Hort. Sci.* 13:91-96.
- 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 grapevine freeze risk evaluation. *Kor. J. Agri. Forest Meteorol.* 8:1-9.
- Kwon, E.Y., J.E. Jung, U. Chung, J.I. Yun, and H.S. Park. 2008. Using thermal time to simulate dormancy depth and bud-burst of vineyards in Korea for the 20th century. *J. Appl. Meteorol. Climatol.* 47:1792-1801.
- Kwon, Y.H., B.H.N. Lee, S.B. Shim, K.H. Shin, K.H. Chung, I.M. Choi, and H.S. Park. 2011. Fruit quality and freezing damage of 'Kyoho' grapes by girdling. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 29:81-86.
- Lovdal, T., K.M. Olsen, R. Slimestad, M. Verheul, and C. Lillo. 2010. Synergetic effects of nitrogen, temperature, and light on the content of phenolic compounds and gene expression in leaves of tomato. *Phytochem.* 71:605-613.
- Mathiason, K., D. He, J. Grimplet, J. Venkateswari, D.W. Galbraith, E. Or, and A. Fennell. 2009. Transcript profiling in *Vitis riparia* during chilling requirement fulfillment reveals coordination of gene expression patterns with optimized bud break. *Funct. Integr. Genomics* 9:81-96.
- Park, K.S., Y.S. Yu, H.K. Yun, I.M. Choi, and K.B. Ma. 2006. Grape (*Vitis* spp.), p. 216-223. In: J.M. Lee, G.W. Choi, and J. Janick (eds.). *Horticulture in Korea*. Korean Society for Horticultural Science, Suwon, Korea.
- Pearson, R.C. and A.C. Goheen. 1988. *Compendium of grape disease*. American Phytopathological Society (APS) press, St. Paul, MN.
- Pierquet, P. and C. Stushnoff. 1978. Variation and breeding potential of some Northern clones of *Vitis riparia* Michx. *Fruit Var. J.* 32:74-84.
- Reisch, B.I., C.L. Owens, and P.S. Cousins. 2012. Grape, p. 225-262. In: M.L. Badenes and D.H. Byrne (eds.) *Fruit breeding; Handbook of plant breeding (II)*. Springer, New York.
- Schnabel, B.J. and R.L. Wample. 1987. Dormancy and cold hardiness in *Vitis vinifera* L. cv. White Riesling as influenced by photoperiod and temperature. *Am. J. Enol. Vitic.* 38:265-272.
- Shim, K.M., J.T. Lee, Y.S. Lee, and G.Y. Kim. 2004. Reclassification of winter barley cultivation zones in Korea based on recent evidences in climate change. *Kor. J. Agri. Forest Meteorol.* 6:218-234.
- Song, G.C., I.M. Choi, and M.D. Cho. 2000. Cold hardiness in relation to vine management in 'Campbell Early' grapevines. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 18:387-390.
- Striegler, R.K. and G.S. Howell. 1991. The influence of rootstock on the cold hardiness of Seyval grapevines. *Vitis* 30:1-10.
- Wample, R.L. and A. Bary. 1992. Harvest date as a factor in carbohydrate storage and cold hardiness of Cabernet Sauvignon grapevines. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117:32-36.
- Winkler, J.A. and G.S. Howell. 1986. Effect of nitrogen interruption on cold acclimation of potted 'Concord' grapevines. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:16-20.
- Yim, Y.J. and K.C. Ko. 1975. Effects of reserve materials and basal leaves on the early stage of growth in Campbell Early grapevine (*Vitis labruscana* B.). *J. Kor. Hort. Sci.* 16:26-35.