

Research Article

Open Access

## 래빗아이 블루베리 품종별 꽃눈의 내동성과 재배안전지역

김홍림,<sup>1\*</sup> 곽용범,<sup>1</sup> 한점화,<sup>2</sup> 오필경,<sup>2</sup> 채원병,<sup>3</sup> 김성철,<sup>1</sup> 김목종,<sup>1</sup> 김진국<sup>4</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 남해출장소, <sup>2</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 과수과,

<sup>3</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 채소과, <sup>4</sup>국립경상대학교 원예학과

### Floral Bud Cold Hardiness and Cultural Safety Zone in Rabbiteye Blueberry Cultivars

Hong-Lim Kim,<sup>1\*</sup> Yong-Bum Kwack,<sup>1</sup> Jeom-Hwa Han,<sup>2</sup> Pill-Kyung Oh,<sup>2</sup> Won-Byoung Chae,<sup>3</sup> Seong-Cheol Kim,<sup>1</sup> Mok-Jong Kim<sup>1</sup> and Jin-Gook Kim,<sup>4</sup> (<sup>1</sup>Namhae Sub-Station, NIHHS, RDA, Namhae 668-812, Korea, <sup>2</sup>Fruit Research Division, NIHHS, RDA, Suwon 440-706, Korea, <sup>3</sup>Vegetable Research Division, NIHHS, RDA, Suwon 440-706, Korea, <sup>4</sup>Department of Horticulture, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea)

Received: 18 September 2014 / Revised: 10 November 2014 / Accepted: 12 November 2014

Copyright © 2014 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

### Abstract

**BACKGROUND:** Rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei*) is one of the most widely grown blueberry types in the world, together with Northern and Southern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum*). Rabbiteye blueberry have higher soil adaptability and fruit productivity but less cold tolerance to low temperature than highbush blueberry. The objective of this study is to investigate freezing tolerance of floral buds and establish a cultivation zone for rabbiteye blueberry cultivars.

**METHODS AND RESULTS:** Bearing branches which have similar thickness and same number of floral buds were collected in the early January at the blueberry germplasm preservation plot located in Namhae Sub-station, National Institute of Horticultural and Herbal Science in Gyeongsangnam-do. Cold response of bearing branches were investigated by electrolyte leakage and freezing tolerance of floral buds were determined by ovary browning ratio of 50% (LT<sub>50</sub>). Cultivation zone was established based on mean annual

extreme minimum temperature for 30 years, from 1981 to 2010.

The electrolyte leakage of bearing branches in rabbiteye blueberry increased as temperature decreased and was lowest in 'Brightwell' but highest in 'Bluegem' when they were kept in -5°C. Besides, the electrolyte leakage increased in 'Brightblue', 'Brightwell', 'Climax', 'Delite', 'Gardenblue', 'Southland' and 'Woodard' in -20°C.

Freezing tolerance (LT<sub>50</sub>) was lowest in 'Bluegem' and 'Homebell' (-13.3°C), and highest in 'Tifblue' (-25°C) among different rabbiteye blueberry cultivars. LT<sub>50</sub> of 'Southland' was from -15.0 to -16.7°C, that of 'Delite', 'Brightwell', 'Austin' and 'Climax' was -18.3°C, and that of 'Bluebelle', 'Woodard' and 'Powderblue' was -20°C.

**CONCLUSION:** This study indicate that The hardiness zones of rabbiteye blueberry were classified into Six cultivation zones and cultivation zones of most cultivars were the south of Jeollanam-do and Gyeongdangnam-do, except for 'Tifblue.'

**Key words:** Cold hardiness, Cultural Safety Zone, Floral bud, Rabbiteye blueberry

\*교신저자(corresponding author): Hong-Lim Kim  
Phone: +82-55-864-1505; Fax: +82-55-864-1508;  
E-mail: khllloi@korea.kr

## 서론

한국 블루베리 산업은 2013년 현재 재배면적 1,500 ha, 생산량 약 5,000톤으로 동아시아에서는 중국 다음으로 크게 성장하였다. 도입초기 주요 재배품종은 일부 남부형을 포함한 북부형 하이부쉬 블루베리(*V. corymbosum*) 위주의 단조로운 품종 군을 형성하였으나 최근 토양적응성과 수량성이 높은 래빗아이 블루베리(*V. ashei*)의 재식이 점차 증가하고 있다.

래빗아이 블루베리는 하이부쉬 블루베리와 비교하여 수량성과 토양적응성 등 많은 장점을 가지고 있지만(Spiers *et al.*, 1985), 내한성이 낮기 때문에 겨울철 기온이 비교적 온난한 곳에서 재배되고 있다(Hanson and Hancock, 1990; Moore, 1994). 북부형 하이부쉬 블루베리의 꽃눈은 -28 ~ -34℃에서도 생존이 가능하지만, 래빗아이 블루베리는 -17℃에서도 동해피해가 보고되고 있다(Cline *et al.*, 1998).

블루베리 산업이 일찍부터 시작된 북미지역에서는 다른 원예작물과 마찬가지로 블루베리에 대한 내한성 지역(Hardiness Zone)을 설정하여 안정 재배를 유도하고 있다. 내한성 지역이란 식물생존의 한계온도로 구분한 지리학적 영역으로(Daly *et al.*, 2012; Widrechner *et al.*, 2012), 래빗아이 블루베리는 겨울철 최저온도가 -17.8 ~ -15℃ 범위인 내한성7a 지역에서 -6.7 ~ -3.9℃ 범위인 내한성9a 지역 범위 안에서 재배하도록 권장하고 있다(Ehlenfeldt *et al.*, 2007; Johnson and Himelrick, 2013). 이 영역에 속하는 블루베리 주요 생산국가중 북미지역은 Atlanta, Savannah(Georgia주), Orlando, Tampa(Florida주), Seattle(Washington주), Portland(Oregon주)이며, 유럽은 스페인의 Madrid, 독일의 Dusseldorf, 남미에서는 아르헨티나의 La Plata, Mar del Plata 등과 칠레의 Temuco등이 포함된다. 한편 동아시아지역에서는 일본과 중국의 남반부가 여기에 포함되며, 한국에서는 전남과 경남지역이 포함된다.

블루베리 품종간 내한성 차이는 *Vaccinium*속 유전형질의 구성 및 구성 비율이 큰 영향을 주며, *V. darrowi*, *V. ashei* 그리고 *V. tennellum* 등이 대표적으로 내동성이 약하다(Rowland *et al.*, 2005). 특히 래빗아이 블루베리는 *V. ashei*의 유전형질을 100%가지고 있어 내동성이 매우 약한 품종 군으로 분류된다(Hancock *et al.*, 2008). 한편 식물의 내동성은 고유의 유전적 특성과 함께 현 시점의 온도조건에서 가장 많은 영향을 받지만(Sakai and Larcher, 1987), 칼리결빙 또는 질소과잉과 같은 양분상태(Levitt, 1980; Ercoli *et al.*, 2004), 생육기(Sakai and Larcher, 1987) 및 빙점하기(Thomas and Ahlers, 1999)의 수분상태, 및 착과량과 전정강도(Wolpert and Howell, 1984) 등 다양한 재배관리에 따라서도 달라진다.

한국과 같은 지역은 유라시아 대륙의 동쪽과 남북으로 길게 늘어선 지형적 특성과 많은 산악지대로 인하여 다양한 기후대와 국지적 기상변화가 심하기 때문에 품종별 저온반응과 안전재배지역의 설정이 시급한 실정이다.

따라서 본 연구는 국내 재배환경에서의 래빗아이 블루베리 꽃눈의 품종별 내동성과 재배안전지대를 설정함으로써 최근 재배면적이 증가하고 있는 래빗아이 블루베리의 안정생산에 기여하고자 한다.

## 재료 및 방법

본 연구는 래빗아이 블루베리 14품종을 대상으로 수행하였으며, 각 품종의 육성기원은 Table 1과 같다(Ehlenfeldt *et al.*, 2006). 본 연구에 사용된 재료는 경남 남해에 위치한 국립원예특작과학원 남해출장소 블루베리 유전자원 포장에서 2012 ~ 2014년까지 3년동안 채취하였으며, 채취 시기는 내동성이 충분히 확보된 1월 상순에 실시하였다(Muthalif and Rowland, 1994). 시험에 이용한 가지는 6년생 이상의 성목에서 채취하였고, 채취할 가지의 위치는 줄기선단에서, 굽기와 꽃눈의 개수 등이 가급적 균일하도록 하였다.

**Table 1. The pedigree and origin for 14 rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei*)**

Cultivars	pedigree	Origin
Gardenblue	Myers x Clara	N.C.State Univ.
Delite	Bluebelle x T-15	Georgia Univ.
Bonita	Beckyblue O.P.	Florida Univ.
Brightblue	Ethel x Calloway	Georgia Univ.
Brightwell	Tifblue x Menditoo	Georgia Univ.
Bluebelle	Callaway x Ethel	Georgia Univ.
Bluegem	T-31(Ethel x Callaway)O.P.	Florida Univ.
Southland	Garden Blue x Ethel	Georgia Univ.
Austin	T110(Woodard x Gardenblue) x Brightwell	Maryland Univ.
Woodard	Ethel x Callaway	Georgia Univ.
Climax	Callaway x Ethel	Georgia Univ.
Tifblue	Ethel x Clara	Georgia Univ.
Powderblue	Tifblue x Menditoo	Georgia Univ.
Homebell	Myers x Black Giant	Georgia Univ.

포장에서 채취한 가지는 실험처리 전까지 내한성에 영향을 미치지 않는 4℃에 마르지 않도록 보관하였다(Flinn and Ashworth, 1994). 보관된 가지는 실험처리에 앞서 꽃눈이 최소 3개 이상 부착된 5 ~ 6 cm 길이로 절단하여(Arora *et al.*, 2000), 0.5 ml의 멸균수가 담긴 10 ml의 polypropylene vial에 각각 한 가지씩 담았다(Ehlenfeldt *et al.*, 2006). 가지가 담긴 튜브는 냉동고(-20℃ 이상(NSF-151AS), -20℃ 이하(FD-340-SF))에 옮겨 시간당 1℃씩 꽃눈의 상해 정도가 100%까지 표현될 수 있도록 온도를 하강한 후 다시 같은 조건으로 4℃까지 상승시켜 내동성 분석 전까지 보존하였으며, 냉동고의 온도는 온도계(TH-13)를 이용하여 정기적으로 확인하였다. 가지와 꽃눈의 내동성 분석은 4℃에 보존한 가지

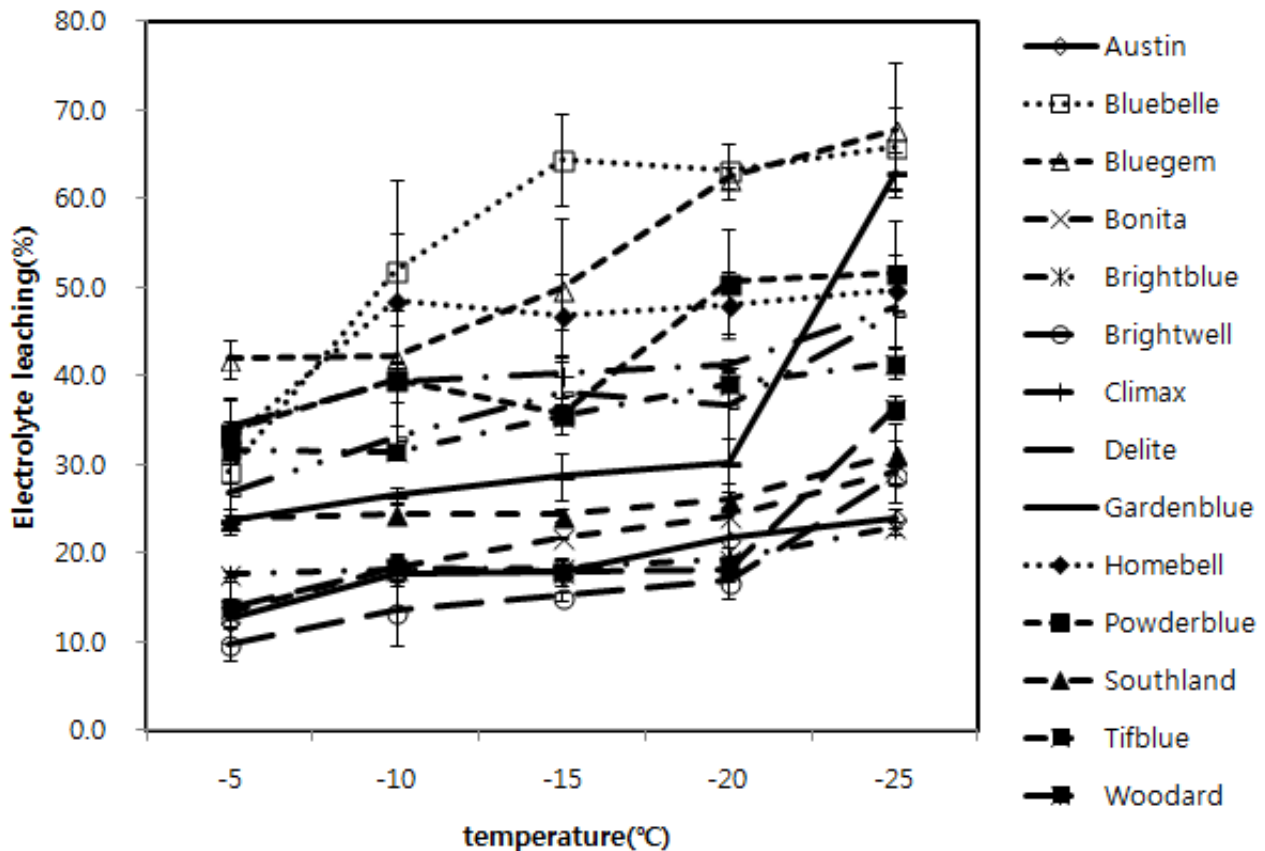


Fig. 1. Electrolyte leaching of shoot cuts of rabbiteye blueberry cultivars depending on freezing temperature treatments.

를 20°C에서 24시간 배양한 후 조사하였다.

동해에 따른 전해질 누출량을 조사하기 위하여, 저온 처리 후 각각의 가지의 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 누출량(R)은  $Q1/Q2 \times 100$ 로 계산하였다(Lim *et al.*, 1998; Sutinen *et al.*, 1992).

꽃눈의 내동성 조사는 저온 처리된 꽃눈을 수평으로 절개한 후 씨방(ovaries)의 갈변 정도를 백분율로 수치화 하였으며(Flinn and Ashworth, 1994; Arora *et al.*, 2000), 꽃눈의 내동성 유무는  $LT_{50}$ 값, 즉 씨방의 갈변율이 50%에 도달한 온도를 경계로 구분하였다(Ehlenfeldt *et al.*, 2006, 2007).

래빗아이 블루베리 재배안전지대 설정은 기상청 기상자료 중 현재평년 즉 1981년부터 2010년까지 30년 동안 전국 69개 지점별 매년 최저기온을 추출비교하여 그중에서 가장 낮은 온도를 추출한 후 ArcMap 10.0(ESRI Inc., USA)GIS 프로그램에서 Interpolation 기법 중 IDW 기법을 이용하여 설정하였다.

## 결과 및 고찰

전해질 누출량으로 비교한 품종별 결과지의 저온반응은 Fig. 1과 같다. 결과지의 전해질 누출량은 처리온도가 낮을수록 증가하는 경향을 나타냈다. -5°C 조건에서의 품종별 전해질 누출량은 10~40%내외였으며, 'Brightwell'이 가장 낮은 9.8%의 누출량을 나타냈고, 'Bluegem'이 가장 많은 42%의 전해질 누출량을 나타냈다. 저온 처리별 전해질 누출량의 변곡점, 즉 누출량이 크게 증가하는 온도는 품종별로 다양했으며, 변곡점발생 온도가 -5°C인 품종은 'Bluebelle'와 'Homebell'이었으며, -10°C는 'Bluegem'과 'Tifblue', -20°C는 'Brightblue', 'Brightwell', 'Climax', 'Delite', 'Gardenblue', 'Southland' 그리고 'Woodard' 품종들이었다. 반면 'Austin', 'Bonita' 그리고 'Powderblue'는 누출량의 변곡점 없이 처리온도 범위 내에서 지속적으로 증가하였다. 세포액의 전해질 누출량(주로  $K^+$ 이온)은 조직의 동결손상 정도를 유추할 수 있는 지표로서, 누출량의 증가는 세포막 손상 정도가 높음을 추정할 수 있다(Steponkus, 1984). 따라서 상대적으로 높은 온도에서 전해질 누출량이 많았던 'Bluegem' 품종과 전해질 누출량의 변곡점이 상대적으로 낮았던 'Bluebelle', 'Homebell' 품종의 내동성이 다른 품종보다 상대적으로 약할 것으로 추정 되었다.

블루베리는 1년생 가지에서만 과실을 맺는 착과습성(Retamales and Hancock, 2012)과 영양 기관보다 생식기

관의 내동성이 상대적으로 낮기 때문에(Kim *et al.*, 2006; Proebsting and Mills, 1978; VainoUP *et al.*, 1997) 결과지의 내동성 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 래빗아이 블루베리의 결과지와 직접적으로 비교하는데 한계가 있으나, 북미지역에서 래빗아이 블루베리와 같은 내한성 지역에 재배되고 있는 배 가지의 내동성은  $-25^{\circ}\text{C} \sim -30^{\circ}\text{C}$  (Proebsting and Mills, 1978)로 알려져 있다. 블루베리 품종 중 내동성이 강한 'Northblue' (반수고 하이부쉬 블루베리)와 'Patriot' (북부형 하이부쉬 블루베리)의 경우 목질화된 가지는  $-40^{\circ}\text{C}$  이상에서도 생존이 가능한 것으로 알려져 있으나(Retamales and Hancock, 2012), 남부형 하이부쉬 블루베리는 이들의 내동성에 미치지 못한다(Gough, 1994).

블루베리는 새가지(Shoot)가 성장하여 1년생가지(Cane)가 되고 2년이 지나면 목질화(wood)가 된다. 따라서 새가지의 동상해는 다음해에 새가지를 발생시킬 1년생가지의 부재로 인하여 연속된 결실장해를 유발할 수 있다. 한편 본 연구의 처리범위는 꽃눈을 중심으로 수행하여 결과지의 내동성을 확정하는데 한계가 있었다. 또한 최근 양극화 되고 있는 기후 변화는 꽃눈의 동해 뿐만 아니라 결과지의 동해를 유발시킬 수 있기 때문에 이에대한 추가적인 연구가 필요하리라 본다.

래빗아이 블루베리 품종별 꽃눈의 내동성(LT<sub>50</sub>)을 조사한 결과(Table 2) 내동성이 가장 낮은 품종은 'Bluegem'과 'Homebell'( $-13.3^{\circ}\text{C}$ )이었고, 가장 높은 내동성을 나타낸 품종은 'Tifblue'( $-25^{\circ}\text{C}$ )였다. 'Bonita', 'Gardenblue', 'Brightblue' 그리고 'Southland'는  $-15.0 \sim -16.7^{\circ}\text{C}$  범위 내에서 내동성을 나타냈으며, 'Delite', 'Brightwell', 'Austin' 그리고 'Climax'는  $-18.3^{\circ}\text{C}$ 에서, 'Bluebelle', 'Woodard' 그리고 'Powderblue'는  $-20^{\circ}\text{C}$  범위 안에서 내동성을 나타냈다. 한편 연차간 품종별 내동성은 다소 차이를 나타냈으며,

**Table 2.** Floral bud cold hardiness(LT<sub>50</sub>) values with standard error(SE) for rabbiteye blueberry cultivars evaluated in 2012~2014

Cultivar	LT <sub>50</sub> ( $^{\circ}\text{C}$ )	SE ( $^{\circ}\text{C}$ )
Bluegem	-13.3	2.9 <sup>¶</sup>
Homebell	-13.3	2.9
Bonita	-15.0	5.0
Gardenblue	-16.7	2.9
Brightblue	-16.7	7.6
Southland	-16.7	5.8
Delite	-18.3	2.9
Brightwell	-18.3	5.8
Austin	-18.3	2.9
Climax	-18.3	2.9
Bluebelle	-20.0	5.0
Woodard	-20.0	0.0
Powderblue	-20.0	0.0
Tifblue	-25.0	0.0

그 편차는 평균적으로 약  $3.3^{\circ}\text{C}$  내외의 수준을 나타냈다. 'Woodard', 'Powderblue' 그리고 'Tifblue'는 3년간의 조사에서 (LT<sub>50</sub>)값의 변화를 나타내지 않았으나, 'Bonita', 'Brightwell', 'Bluebelle' 그리고 'Southland'는  $5.0^{\circ}\text{C}$  내외의 편차를 보였고 'Brightblue'는  $7.6^{\circ}\text{C}$ 의 높은 차이를 나타냈다.

Ehlenfeldt *et al.*(2006)가 보고한 래빗아이 블루베리품종의 내동성은 본 연구결과와 평균적으로 약  $2.5^{\circ}\text{C}$  차이를 나타냈으며, LT<sub>50</sub>값이  $-20^{\circ}\text{C}$  이하인 'Tifblue', 'Southland', 'Powderblue', 그리고 'Homebell' 등의 품종들을 고 내동성 품종으로, 'Delite', 'Bluegem' 그리고 'Brightwell' 등을 저 내동성 품종으로 보고하였다.

과수의 내동성은 당해 년도의 작과량, 수세, 동화산물의 축적 그리고 휴면기 수분함량 등 다양한 재배환경 요인에 의해 영향을 받는다(Akyildiz *et al.*, 2004; Gough, 1994; Matsuo *et al.*, 1992; Song *et al.*, 2000). 또한 블루베리 꽃눈의 경우 순화와 탈순화의 정도에 따른 차이 뿐만 아니라 같은 순화단계에서도 수세와 꽃눈의 위치에 따라 서로 다르다고 알려져 있다(Arora and Rowland, 2011). 이러한 이유로 조사시기와 조사자에 따라 동일한 품종('Tifblue')의 LT<sub>50</sub>값이  $8^{\circ}\text{C}$  이상(Arora *et al.*, 2004; Arora and Rowland, 2011; Ehlenfeldt *et al.*, 2007; Rowland *et al.*, 2005)이상의 편차를 나타냈다.

품종별 꽃눈의 내동성을 바탕으로 1981년부터 2010년까지의 30년간의 극 최저 기온을 이용하여 안전재배 가능지대를 분류하였다(Fig. 2). 본 연구로 조사된 품종들은 총 6개 영역으로 구분할 수 있었으며 주로 전남과 전북지역에서 안정적이었으며, 일부 품종의 경우 전북과 경북북부지역까지 확대되었다. 조사대상 품종 중 가장 내동성이 높았던 'Tifblue' 품종은 유일하게 충북과 경기 그리고 강원 해안 일부 지역까지도 재배가 가능할 것으로 분류되었다. 'Bluebelle', 'Woodard' 그리고 'Powderblue' 품종들은 전북과 경북의 일부 지역에서도 재배가 가능할 것으로 나타났다. 그러나 'Brightwell' 품종을 포함한 나머지 9개 품종은 전남과 경남 그리고 제주지역에서 재배 안정성이 인정되었다. 특히 'Bluegem'과 'Homebell' 품종은 제주와 경남 그리고 전남 해안지대에서만 내동성이 인정되어 재배안전영역이 매우 협소한 것으로 나타났다.

## 요 약

래빗아이블루베리는 북부형과 남부형 하이부쉬 블루베리와 함께 전 세계적으로 가장 많이 재배되고 있는 블루베리의 한 품종군이다. 하이부쉬 블루베리에 비해 높은 토양적응성과 다수성의 장점을 가지고 있지만, 저온 저항성이 상대적으로 낮다는 단점 역시 가지고 있다. 본 연구의 목적은 래빗아이 블루베리의 품종별 꽃눈의 내동성 범위를 구명하고 그에 따른 재배안전지대를 설정하는데 두었다.

본 연구에 사용된 실험재료는 경남 남해에 소재한 국립원

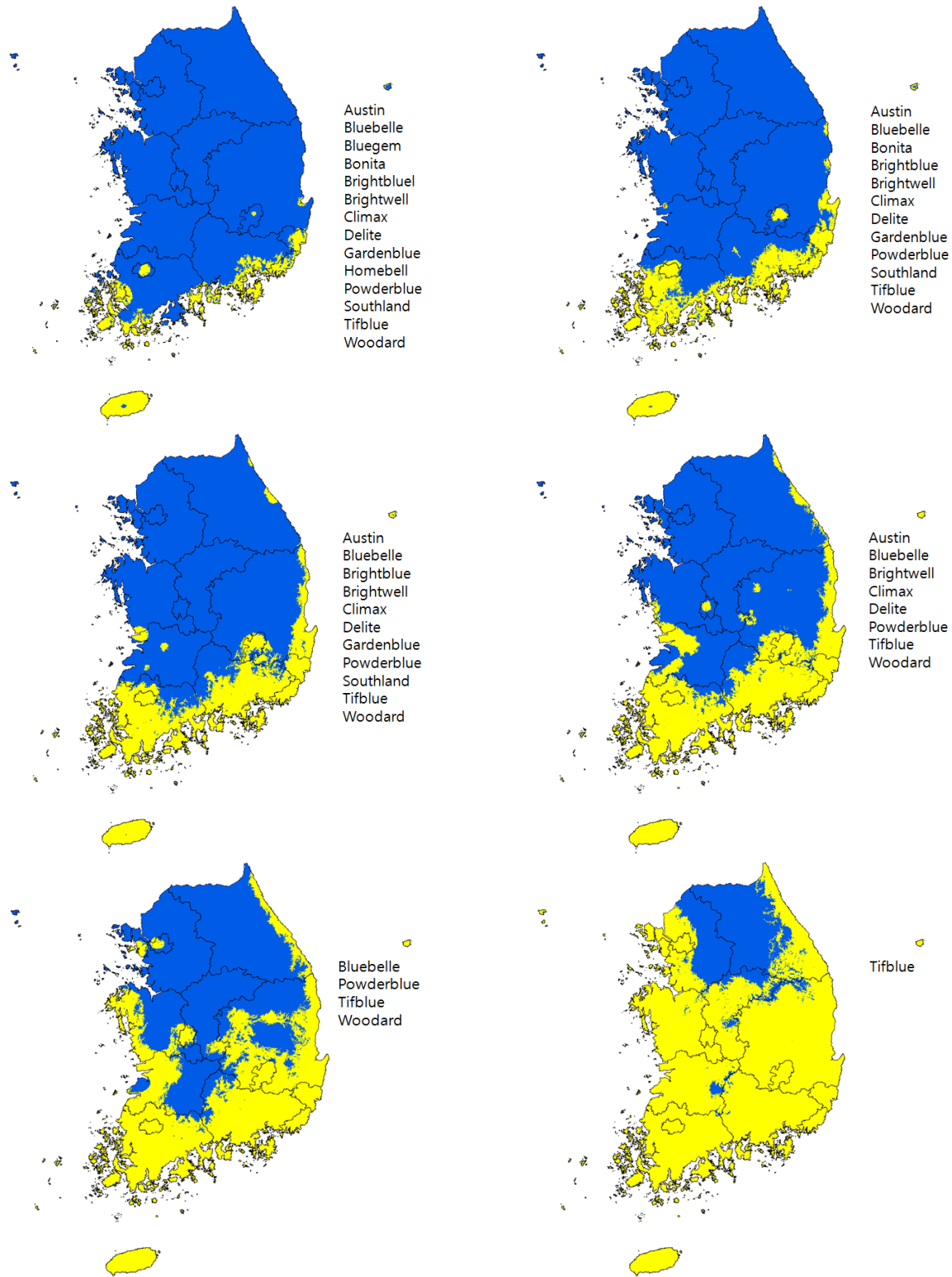


Fig. 2. Rabbiteye blueberry Safe cultivation zones in Korea. The zones determined by floral bud cold hardiness and annual minimum temperature for 30 years (1981~2010); Blue: Cultural danger Zone; yellow: Cultural Safety Zone.

예특작 과학원 남해출장소 블루베리 유전자원 포장에서 1월 상순에 꺾기와 꽃눈의 개수 등이 균일하도록 채취하였다. 결과지의 저온반응은 전해질 누출량을 통하여 조사하였으며, 꽃눈의 내동성은 절개한 후 씨방의 갈변율이 50%에 도달한 온

도( $LT_{50}$ )를 경계로 구분하였다. 각 품종의 내동성을 바탕으로 재배안전지대설정은 1981~2010년까지 30년간의 극최저 기온 자료를 바탕으로 설정하였다.

래빗아이 블루베리 품종별 가지의 전해질 누출량은 온도

가 낮을수록 증가하는 경향이었으며, -5℃ 조건에서의 전해질 누출량은 'Brightwell'이 가장 낮았고, 'Bluegem'이 가장 많았다. 한편 'Brightblue', 'Brightwell', 'Climax', 'Delite', 'Gardenblue', 'Southland' 그리고 'Woodard' 품종들은 -20℃ 처리에서 전해질 누출량이 증가하였다. 래빗아이 블루베리 품종별 꽃눈의 내동성(LT<sub>50</sub>)은 'Bluegem'과 'Homebell'(-13.3℃)이 가장 낮았고, 'Tifblue'(-25℃)가 가장 높았다. 'Bonita', 'Gardenblue', 'Brightblue' 그리고 'Southland'는 -15.0~-16.7℃ 범위 내에서 내동성을 나타냈으며, 'Delite', 'Brightwell', 'Austin' 그리고 'Climax'는 -18.3℃에서, 'Bluebelle', 'Woodard' 그리고 'Powderblue'는 -20℃ 범위 내에서 내동성을 나타냈다.

본 연구는 래빗아이 블루베리 내한성 영역을 6개 구역으로 분류하였으며, 'Tifblue'를 제외한 대부분 품종들의 재배 안전 지대는 전남 및 경남지역과 그 이남지역이었다. 한편 본 연구의 실험실조건의 결과물이기 때문에 재배현장(노지 및 시설)에서는 다양한 요인에 의해 달라질 수 있다. 따라서 보다 정밀한 안전지대 설정을 위하여 추가적인 연구가 필요하다.

### Acknowledgment

This study was funded by a research program (PJ008602) of Rural Development Administration (RDA), Korea.

### References

- Akyildiz, A., Aksay, S., Benli, H., Kiroglu, F., Fenercioglu, H., 2004. Determination of changes in some characteristics of persimmon during dehydration at different temperatures, *Journal of food engineering* 65, 95-99.
- Arora, R., Rowland, L.J., 2011. Physiological research on winter-hardiness: deacclimation resistance, reacclimation ability, photoprotection strategies, and a cold acclimation protocol design, *HortScience* 46, 1070-1078.
- Arora, R., Rowland, L.J., Lehman, J.S., Lim, C.C., Panta, G.R., Vorsa, N., 2000. Genetic analysis of freezing tolerance in blueberry(*Vaccinium* section *Cyanococcus*), *Theor. Appl. Genet.* 100, 690-696.
- Arora, R., Rowland, L.J., Ogden, E.L., Dhanaraj, A.L., Marian, C.O., Ehlenfeldt, M.K., Vinyard, B., 2004. Dehardening kinetics, bud development, and dehydration metabolism in blueberry(*Vaccinium* spp.) cultivars during deacclimation at constant, warm temperatures, *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 129, 667-674.
- Cline, B., Fernandez, G., Sites, F.P., 1998. Blueberry freeze damage and protection measures, *NC STATE UNIVERSITY Horticulture Information Leaflets* 11, 98.
- Daly, C., Widrechner, M.P., Halbleib, M.D., Smith, J.I., Gibson, W.P., 2012. Development of a New USDA Plant Hardiness Zone Map for the United States, *J. Appl. Meteor. Climatol.* 51, 242-264.
- Ehlenfeldt, M.K., Rowland, L.J., Ogden, E.L., Vinyard, B. T., 2006. Evaluation of midwinter cold hardiness among 25 rabbiteye blueberry cultivars, *HortScience* 41, 579-581.
- Ehlenfeldt, M.K., Rowland, L.J., Ogden, E.L., Vinyard, B.T., 2007. Floral bud cold hardiness of *Vaccinium ashei*, *V. constablaei*, and hybrid derivatives and the potential for producing northern-adapted rabbiteye cultivars, *HortScience* 42, 1131-1134.
- Ercoil, L., Mariotti, M., Masoni, A., Arduini, I., 2004. Growth responses of sorghum plants to chilling temperature and duration of exposure, *Eur. J. Agron.* 21, 93-103.
- Flinn, C.L., Ashworth, E.N., 1994. Blueberry flower-bud hardiness is not estimated by differential thermal analysis, *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 119, 295-298.
- Gough, R.E., 1994. *The highbush blueberry and its management*, Food Products Press, New York, USA, pp. 67-78.
- Hanson, E.J., Hancock, J.F., 1990. Highbush blueberry cultivars and production trends, *Fruit Varieties Journal* 44, 77-81.
- Hancock, J.F., Lyrene, P., Finn, C.A., Vorsa, N., Lobos, G.A., 2008. Blueberry and cranberry, in: Hancock, J.F. (Eds), *Temperate Fruit Breeding: Germplasm to Genomics*, Kluwer Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 115-150.
- Johnson, C.E., Himelrick, D.G., 2013. *Louisiana Home Fruit and Nut Production*, LSU AgCent, USA, pp. 28-29.
- Kim, J.H., Kim, J.C., Ko, K.C., Kim, K.R., Lee, J.C., 2006. General Pomology, fourth ed. in: Kim, J.H. (Eds), *Geographical Conditions of Fruit Growing, Pruning, Flower Bud Formation and Fruition Management*, Hyangmoonsha, Korean, pp. 35-38, 40-44, 147-148, 177-178.
- Levitt, J., 1980. Responses of plants to environmental stresses, second ed. pp. 79-98, 116-115, *Chilling, freezing, and high temperature stresses*, Academic Press, USA.
- Lim, C.C., Arora, R., Townsend, E.C., 1998. Comparing Gompertz and Richards functions to estimate freezing injury in *Rhododendron* using electrolyte leakage, *J.*

- Am. Soc. Hort. Sci.* 123, 246-252.
- Matsuo, T., Ide, S., Shitida, M., 1992. Correlation between chilling sensitivity of plant tissue and fatty acid composition of phosphatidylglycerols, *Phytochemistry* 31, 2289-2293.
- Moore, J.N., 1994. The blueberry industry of North America, *HortTechnology* 4, 96-102.
- Murray, M.B., Cape, J.N., Fowler, D., 1989. Quantification of frost damage in plant tissues by rates of electrolyte leakage. *New phytologist* 113, 307-311.
- Muthalif, M.M., Rowland, L.J., 1994. Identification of dehydrin-like proteins responsive to chilling in floral buds of blueberry (*Vaccinium*, section *Cyanococcus*), *Plant Physiology* 104, 1439-1447.
- Proebsting, E.L., Mills, M.N., 1978. Low temperature resistance of developing flower buds of six deciduous fruit species, *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 103, 192-198.
- Retamales, J.B., Hancock, J.F., 2012. *Blueberries*, pp. 51-67, CABI USA.
- Rowland, L.J., Ogden, E.L., Ehlenfeldt, M.K., Vinyard, B., 2005. Cold hardiness, deacclimation kinetics, and bud development among 12 diverse blueberry genotypes under field conditions, *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 130, 508-514.
- Sakai, A., Larcher, W., 1987. *Frost survival of plants*, *Ecological Studies*, pp. 39-54, Springer Verlag, Germany.
- Song, G.C., Choi, I.M., Cho, M.D., 2000. Cold hardiness in relation to vine management in 'Cambell Early' Grapevines, *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 1893, 387-390.
- Spiers, J.M., Braswell, J.H., Hegwood, C.P., 1985. Establishment and maintenance of rabbiteye blueberry, *Miss. Agr. & For. Expt. Sta. Bul.* 941.
- Steponkus, P.L., 1984. Role of the plasma membrane in freezing injury and cold acclimation, *Ann. Rev. Plant Physiol.* 35, 543-584.
- Sutinen, M.L., Palta, J.P., Reich, P.B., 1992. Seasonal differences in freezing stress resistance of needles of *Pinus nigra* and *Pinus resinosa*: evaluation of the electrolyte leakage method, *Tree Physiol.* 11, 241-254.
- Thomas, F.M., Ahlers, U., 1999. Effects of excess nitrogen on frost hardiness and freezing injury of above-ground tissue in young oaks (*Quercus petraea* and *Q. robur*), *New phytologist* 144, 73-83.
- VainoUP, A., McNamara, S., Pellett, H., 1997. Stem and Flower Bud Hardiness of Deciduous Azaleas, *Environ. Hort.* 15, 45-50.
- Widrechner, M.P., Daly, C., Keller, M., Kaplan, K., 2012. Horticultural applications of a newly revised USDA Plant Hardiness zone Map, *HortTechnology* 22, 6-19.
- Wolpert, J.A., Howell, G.S., 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. Vitic.* 35, 237-241.