Korean J. Plant Res. 31(2):136-148(2018)
https://doi.org/10.7732/kjpr.2018.31.2.136

Print ISSN 1226-3591
Online ISSN 2287-8203

Original Research Article

재배지역 및 고도에 따른 블랙초크베리 'Nero'의 수체 생육 및 과실 특성

원정연[1†], 신현석[2†], 오영재[1], 한현대[1], 권의석[3], 김대일[1*]

[1]충북대학교 원예학과, [2]경남과학기술대학교 원예학과, [3]충북농업기술원 원예연구과

Tree Growth and Fruit Characteristics of 'Nero' Black Chokeberry According to Different Cultivation Regions and Altitudes

Jungyeon Won[1†], Hyunsuk Shin[2†], Youngjae Oh[1], Hyeondae Han[1], Yeuseok Kwon[3] and Daeil Kim[1*]

[1]Department of Horticulture, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea
[2]Department of Horticulture, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 52725, Korea
[3]Horticultural Research Division, Chungcheongbuk-do Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea

Abstract - The study was performed to investigate basic tree growth and fruit characteristics of 'Nero' black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) depending on the different cultivation regions and altitudes in 2014, 2015. Tree growth and change of developmental stages of 'Nero' were similar regardless of meteorological environment of the four cultivation regions (Danyang, Okcheon, Yeongdong, and Geumsan) in 2014. Fruit characteristics of 'Nero' were significant differences in berry weight and anthocyanin content among the four orchards due to difference in cultivation techniques and relatively wide daily temperature range just before harvest, respectively. Tree growth and change of developmental stages of 'Nero' grown at the two orchards with different altitudes appeared to be similar during the successive years 2014 and 2015. Soluble solids content of the berries cultivated at low altitude (117 m) was higher than at high altitude (342 m). Acidity showed an inverse pattern with soluble solids content. Anthocyanin content increased progressively until at the middle of August, 2014-15 and then it decreased. Our results showed that black chokeberry is a species adaptive to the domestic environment as there were no differences in tree growth and change of developmental stages of 'Nero'. Considering fruit quality of black chokeberry such as soluble solids content, acidity, and anthocyanin content, our results suggest that optimal harvest period of black chokeberry 'Nero' is August 8 to 19.

Key words – Anthocyanin, *Aronia melanocarpa*, Fruit quality, Harvest period, Tannin

서 언

블랙초크베리(*Aronia melanocarpa*)는 배나무아과 아로니아속으로 분류되는 낙엽활엽관목으로 2009년 국내에 도입되었다(RDA, 2015). 블랙초크베리는 프로안토시아니딘, 클로로겐산, 네오클로로겐산, 안토시아닌, 타닌과 같은 다양한 생리활성 물질을 다량 함유하고 있으며(Kulling and Rawel, 2008; Wu *et al.*, 2004), 중성 및 산성 토양에서도 재배가 가능해 환경적응성이 뛰어나고 유기재배가 가능한 작물로 알려지면서(Kask, 1987; McKay, 2001) 국내 재배면적은 2013년 336.4 ha, 2014년 1,100.6 ha, 2015년 1,269.6 ha로 지속적으로 증가하고 있다(RDA, 2015).

과수는 주로 노지에서 재배되며 기온, 광, 토양, 수분 등의 재배 환경에 따라 수체 생육 및 과실 품질이 달라진다(Hulme *et al.*, 1994; Yun and Lee, 2001). 한반도의 지형적 특성에 의해 과원의 75%가 경사지나 산악지 등에 위치하며(Cho *et al.*, 2012; Kim *et al.*, 2009), 재배지의 위치와 해발고도에 따라 기온, 일사량 등의 기상요소는 차이를 보인다(Blumthaler *et al.*, 1992; Lee *et al.*, 2012). 같은 품종이지만 재배지의 위치에 따라 수체 생육 및 과실 발달 시기는 다르며, 해발고도에 따른 기상요소는 과실특성과 상관관계를 나타낸다(Lee *et al.*, 2012). 블랙초크베리의 원산지는 캐나다와 북아메리카 동부로 암반지대, 절벽, 늪지 등에 서식한다(Hardin, 1973). 현재 폴란드, 러시아, 오스

*교신저자 : dkpomo@cbnu.ac.kr
Tel. +82-43-261-2527

† These authors contributed equally to this work.

ⓒ 본 학회지의 저작권은 (사)한국자원식물학회지에 있으며, 이의 무단전재나 복제를 금합니다.

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.

트리아, 체코 등 다양한 국가에서 재배되고 있으며(Kask, 1987; Kulling and Rawel, 2008), 재배지에 따라 개화기와 성숙기에서 차이가 있다(Jeppsson, 2000; Strik *et al.*, 2003).

Kawecki and Tomaszewska (2006)는 폴란드에서 2001년부터 2005년까지 5년간 블랙초크베리의 생육을 조사한 결과, 개화기는 4월 29일-5월 27일이었고, 적정 수확일은 8월 28일-9월 28일로 조사되어 해마다 차이가 있었으며, 토양관리 방법과 기상환경의 영향을 받아 생육시기가 일정하지 않았다고 보고하였다. 또한 재배지에 따라 블랙초크베리 과실의 생산량은 주당 1.9-24 kg의 큰 차이를 나타냈음을 보고하였다(Jeppsson, 2000; Kask, 1987; Strik *et al.*, 2003). 하지만 아직 국내 재배 환경에서 블랙초크베리의 만개기, 착과기, 변색기, 수확기 등 기본적인 수체 생육 및 과실 특성에 관한 연구조차 거의 전무한 실정이다. 특히 블랙초크베리는 과실이 빠르게 착색되어 외관상으로는 정확한 숙기를 판정할 수 없어 재배농가에서 어려움을 겪고 있으며 최적 수확기 판정을 위한 정보 제공이 필요하다.

따라서, 본 연구는 최근 블랙초크베리의 재배가 급증하고 있는 충청 지역 주산지 5농가의 블랙초크베리 'Nero'를 대상으로 재배지(단양, 옥천, 영동, 금산)와 해발고도(342 m, 117 m)에 따른 기상환경의 차이가 수체 생육 및 과실 특성에 미치는 영향을 조사 · 분석하여 국내 환경적응성을 구명하고, 블랙초크베리 고품질 재배 및 생리 연구에 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

재료 및 방법

실험 재료

재배지별 블랙초크베리 특성조사는 2014년 5월부터 8월까지 충청 지역 블랙초크베리 주산지인 충청북도 단양군 적성면 현곡리(36°57'04.5"N, 128°18'02.1"E), 옥천군 옥천읍 매화리(36°18'20.6"N, 127°35'27.9"E), 영동군 영동읍 화신리(36°09'35.5"N, 127°48'47.5"E), 충청남도 금산군 금산읍 중도리(36°03'05.2"N, 127°33'41.0"E)에 위치한 고도가 비슷한 블랙초크베리 'Nero'를 재배하는 과원에서 수행하였다(Table 1). 블랙초크베리 'Nero'의 수령은 4-5년생이며, 재식간격은 주간 1.0 m, 열간 2.0 m로 동일하였다.

고도별 블랙초크베리 특성조사는 2014년과 2015년 5-8월까지 충청북도 단양군의 고지대(단성면, 36°54'11.3"N, 128°19'05.3"E, 342 m)와 저지대(적성면, 36°57'04.5"N, 128°18'02.1"E, 117 m)에 위치한 과원에서 수행하였다(Table 2). 블랙초크베리는 4년생 'Nero' 품종이며, 재식거리는 주간 1.0 m, 열간 2.0 m이고, 수관하부는 부직포로 멀칭하여 두 지대가 동일하였다.

재배지별 기온

2014년 4-8월까지의 재배지별 기상은 과원과 인접한 기상청 표준관측소의 자동기상관측장치(AWS)에 수집된 기상자료를 이용하였다(Fig. 1). 2014년과 2015년 6-8월 동안 고도별 재배지의 기상은 자동 기상 측정 장치(2900ET weather station, Spectrum Tech., TN, USA)를 토양 평탄화 작업 후 과원 1 m 내에 설치하여 기상자료를 수집하였다(Fig. 2, Fig. 3).

생육시기 판정

블랙초크베리의 생육시기 판정은 농업과학기술 연구조사분석기준안(RDA, 2012)을 기준으로 정상수세인 나무에서 만개기는 70-80% 정도 개화된 시기, 착과기는 80% 정도 착과된 시기, 변색기는 과실 착색이 70-80% 정도 진행된 시기로 판정하였다.

Table 1. Information for 'Nero' black chokeberry orchards located at four different regions in Chungcheong-do in 2014

Region	Tree age (year)	Altitude (m)	Latitude	Longitude
Danyang	4	117	36°57'04.5"N	128°18'02.1"E
Okcheon	4	123	36°18'20.6"N	127°35'27.9"E
Yeongdong	4	115	36°09'35.5"N	127°48'47.5"E
Geumsan	5	187	36°03'05.2"N	127°33'41.0"E

Table 2. Information for 'Nero' black chokeberry orchards located at two regions with different altitudes in Danyang-gun

Region	Altitude (m)	Latitude	Longitude
Danseong-myeon (High altitude)	342	36°54'11.3"N	128°19'05.3"E
Jeokseong-myeon (Low altitude)	117	36°57'04.5"N	128°18'02.1"E

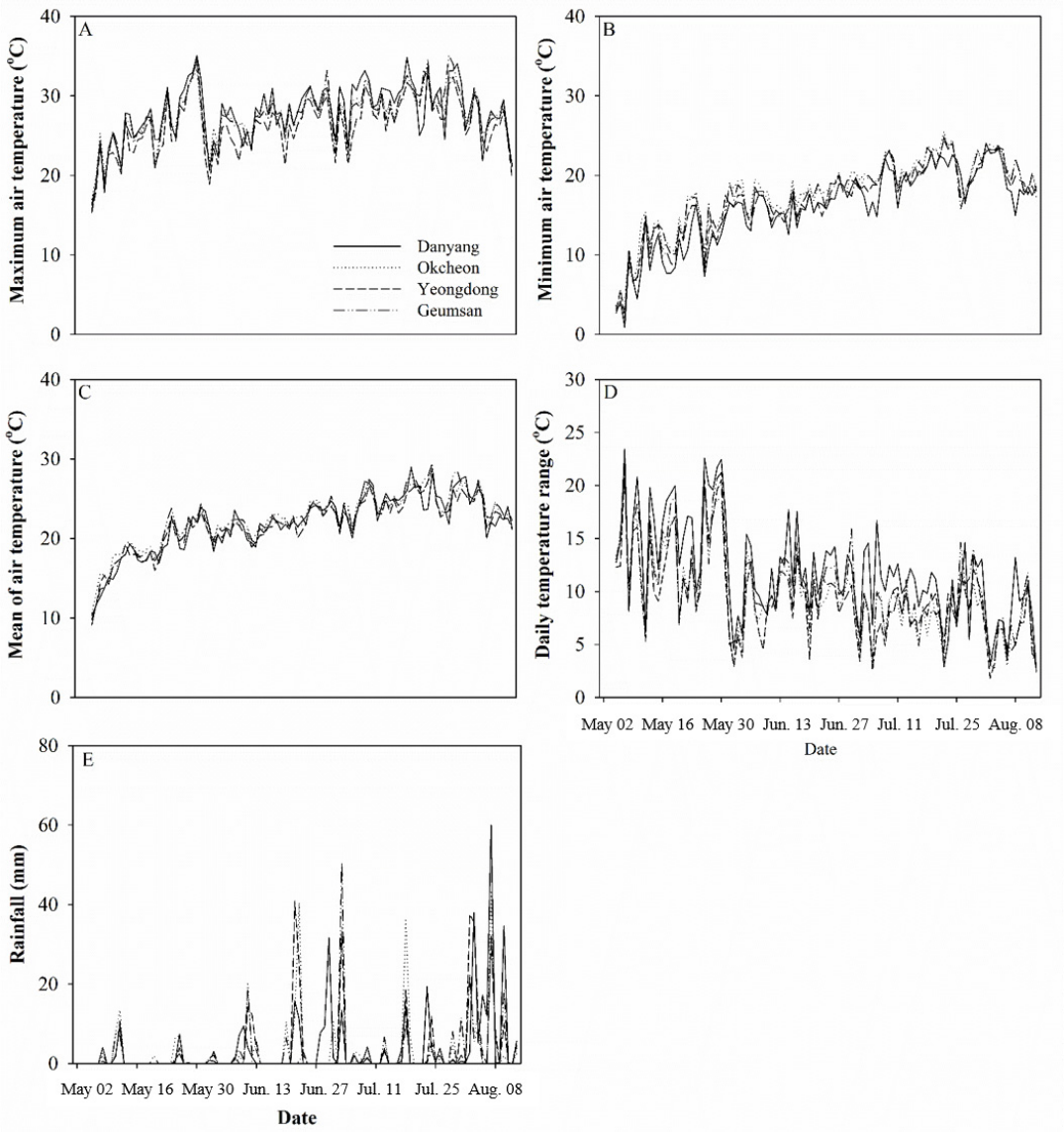

Fig. 1. Maximum air temperature (A), minimum air temperature (B), mean of air temperature (C), daily temperature range (D), and rainfall (E) at the four cultivation regions in Chungcheong-do from May to August 2014.

수체 생육 조사

수체 생육 조사는 재배지별 수세가 균일한 시험수를 10주 선정하여 신초장, 엽수를 월 1회(6월 19일, 7월 24일, 8월 11일) 조사하였다. 신초장은 10주의 시험수에서 1주당 1개의 신초를 기부에서 선단까지의 길이를 측정하였으며, 엽수는 신초에서 발생된 전체 잎을 조사하였다.

과실 특성 조사

과실 특성은 8월 8일-23일에 4회 수확한 과실의 십립중, 과실 직경, 경도, 가용성고형물, 산도, 타닌 함량, 안토시아닌 함량을 조사하였다. 십립중은 전자식 저울(AR3130, OHAUS Co., NJ, USA)을 이용하여 임의로 10과립씩 선정하여 5반복으로 측정하였다. 과실 직경, 경도, 가용성고형물, 산도는 동일한 임의로 선정한 20과립을 이용하여 분석하였다. 과실 직경은 10과립을 디지털 버니어 캘리퍼스(CD-15CP, Mitutoyo, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 경도는 3 ㎜의 probe를 사용하는 경도계(TA-XT Express, Stable Microsystems, Godalming, UK)를 이용하여 20립의 과실 적도부위를 측정하였다. 가용성고형물은 과실을 착즙 후 굴절당도계(Pocket PAL-1, ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하여 10반복 측정하였다. 산도는 과실을 파쇄하

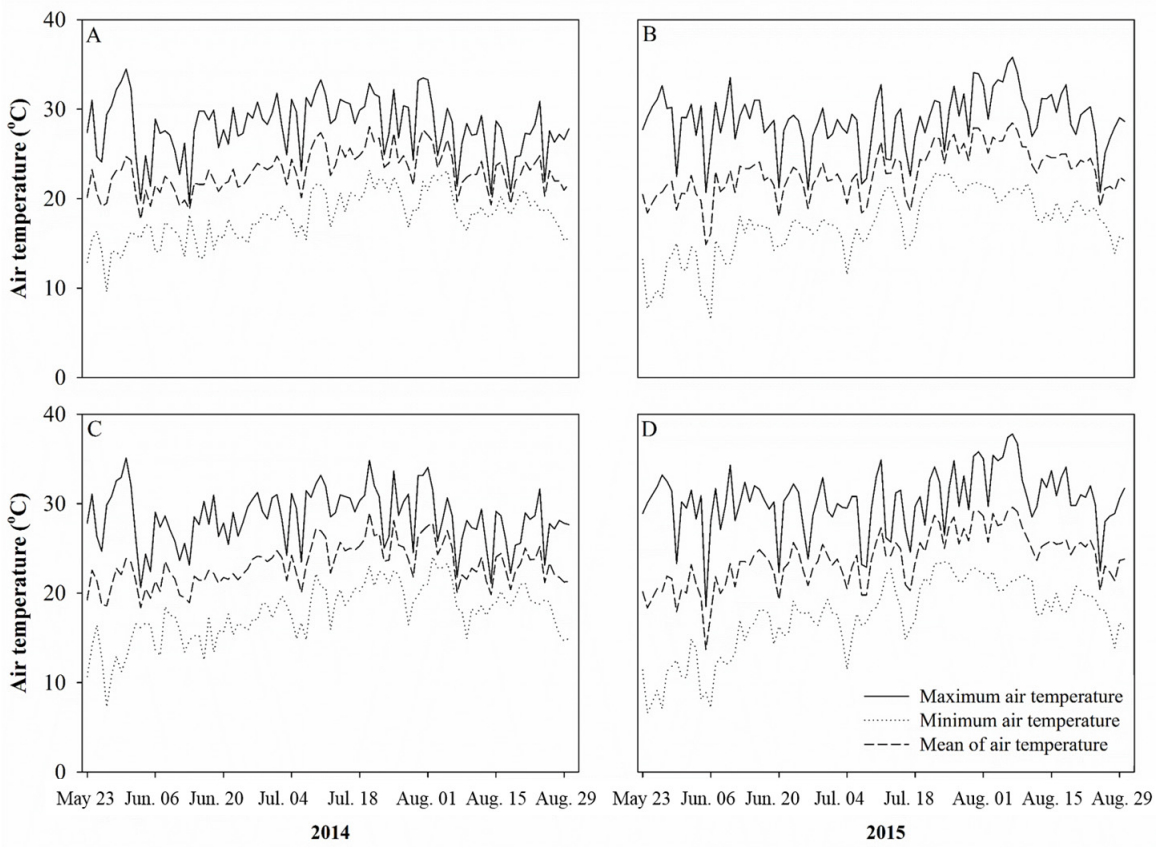

Fig. 2. Air temperatures at the two 'Nero' black chokeberry orchards with different altitudes in Danyang-gun from May to August 2014, 2015. A and B, high altitude; C and D, low altitude.

여 얻은 과즙 0.3 mℓ에 증류수 29.7 mℓ를 혼합하여 희석한 후, 산도계(GMK-835N, G-WON, Seoul, South Korea)를 이용하여 말산의 비율을 10반복 측정하였다. 타닌 함량은 Atanassva and Christova-bagdassarian (2009)의 방법을 이용하여 분석하였다. 동결 마쇄한 시료 3 g을 250 mℓ의 증류수와 혼합하고 4시간 동안 진탕 후 여과하였다. 1 L 메스플라스크에 25 mℓ의 indigo carmine 표준용액과 증류수 750 mℓ, 여과한 시료 25 mℓ를 혼합하였다. 0.1 N의 $KMnO_4$ 수용액을 혼합액에 적정하여 황금색으로 변할 때까지의 용량을 측정하였다. 대조군은 25 mℓ의 indigo carmine 표준용액과 증류수 750 mℓ를 혼합하여 적정하였으며, 3반복으로 수행하였다. 다음의 식을 이용하여 타닌 함량을 계산하였다.

총 타닌 함량(%) = $\{(V - V_0) \times 0.004157 \times 250 \times 100\} \div (g \times 25)$

V: 0.1 N의 $KMnO_4$ 수용액의 부피

V_0: 시료가 첨가되지 않은 0.1 N의 $KMnO_4$ 수용액의 부피

0.004157: 0.1 N의 $KMnO_4$ 수용액 1 mℓ에 포함된 타닌

250: 메스플라스크의 용적

100: percent, %

g: 분석한 시료량(g)

안토시아닌 함량은 Giusti and Wrolstad (2001)의 방법을 이용하여 분석하였다. 8월 8일-23일에 4회 수확한 블랙초크베리 과실을 동결마쇄한 샘플 0.1 g에 0.1% formic acid를 함유한 메탄올 5 mℓ를 주입하고 20분간 음파 파쇄 후 상층액을 취하였다. 위 과정을 3회 반복하였다. 상층액은 40℃에서 회전 증발기(EYELA N-1000, EYELA Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 농축한 후, 추출용매를 이용하여 희석하였다. 시료 100 μℓ에 pH 1.0 완충용액 1,900 μℓ와 pH 4.5 완충용액 1,900 μℓ를 각각 혼합 후, vortexing하였다. 시료는 520 nm와 700 nm에서 UV/Visible 흡광 분광 분석기(Ultrospec 4000, Pharmacia Biotech, Orsay, France)를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 안토시아닌 함량은 다음의 식을 이용하여 계산하였다.

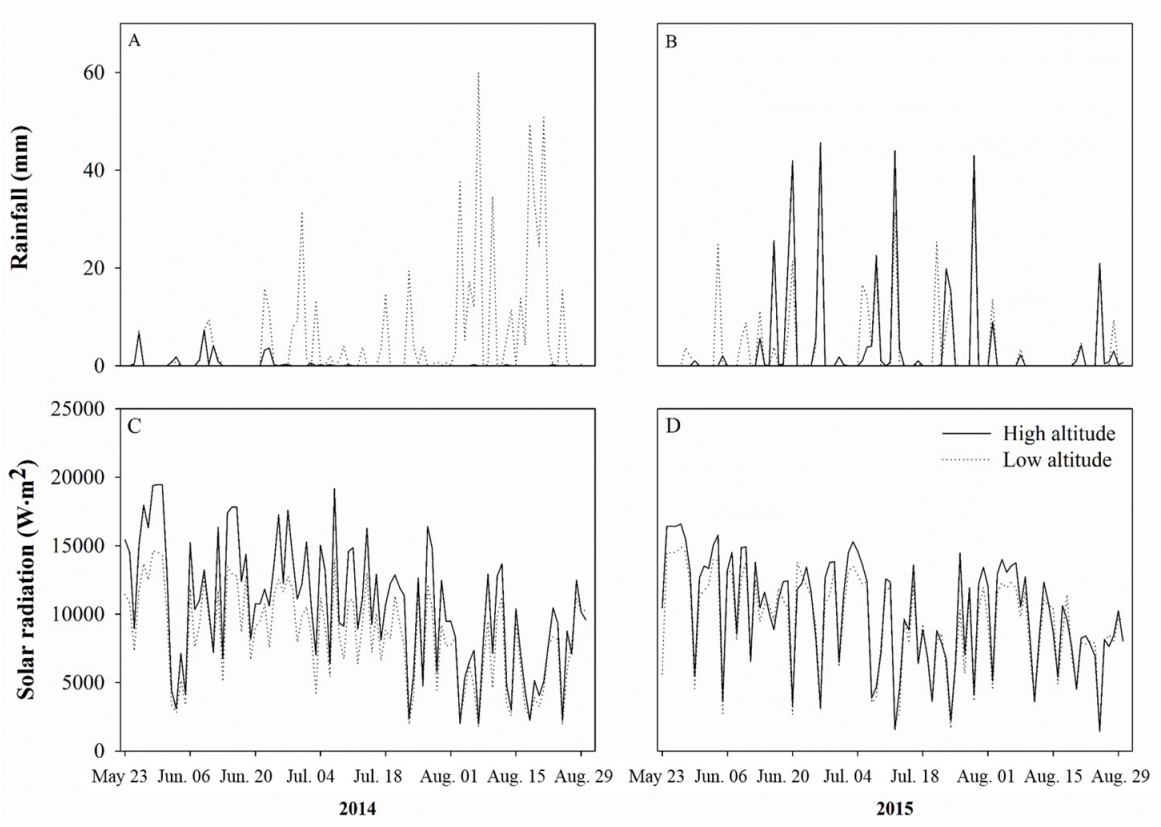

Fig. 3. Rainfall (A, B) and solar radiation (C, D) at the two 'Nero' black chokeberry orchards with different altitudes in Danyang-gun from May to August 2014, 2015.

총안토시아닌함량(mg·kg^{-1}) = (A × 449.2 × DF × 1,000) ÷ (26,900 × 1)

A : $(OD\ 520\ nm - OD\ 700\ nm)_{pH\ 1.0} - (OD\ 520\ nm - OD\ 700\ nm)_{pH\ 4.5}$

449.2 : cyaniding-3-glucoside의 1 mol당 분자량(g)

DF : 희석배수 = 20

1,000 : kg당 환산

26,900 : cyaniding-3-glucoside의 molar absorptivity

통계 처리

통계 처리는 SAS 프로그램(SAS 9.4 SAS Institute Inc, Cary, NC, USA)을 이용하여 5% 유의수준에서 던컨의 다중검정 방법(Duncan's multiple range test)과 스튜던트의 *t*-검정방법(Student's *t*-test)을 수행하였다.

결 과

재배지별 생육 시기

2014년 재배지별 만개기는 4월 25-30일이며 옥천과 영동에서는 4월 25일로 빠르고, 단양에서는 4월 30일로 늦었다(Table 3). 재배지별 착과기는 5월 7-14일로 만개 후 12-14일이 소요되었으며, 변색기는 만개 후 85-91일이 지난 7월 21-24일로 조사되었다. 블랙초크베리 수확일은 옥천, 영동, 금산 8월 11일, 단양은 8월 13일이었다.

Table 3. Dates for developmental stages of 4- or 5-year-old 'Nero' black chokeberry trees grown at four different regions in Chungcheong-do in 2014

Region	Full bloom	Fruiting	Veraison	Harvest
Danyang	Apr. 30	May 14	Jul. 23	Aug. 13
Okcheon	Apr. 25	May 09	Jul. 24	Aug. 11
Yeongdong	Apr. 25	May 07	Jul. 21	Aug. 11
Geumsan	Apr. 28	May 10	Jul. 24	Aug. 11

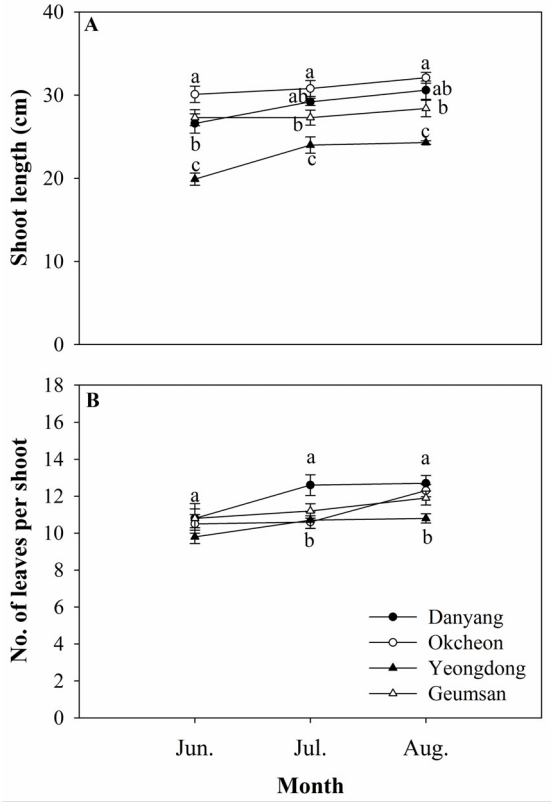

Fig. 4. Shoot length (A) and number of leaves per shoot (B) of 4- or 5-year-old 'Nero' black chokeberry trees grown at the four cultivation regions in Chungcheong-do from June to August 2014. Vertical bars represent mean ± SE (n = 10). Different letters indicate significant differences among the different cultivation regions in the same month ($p \leq 0.05$).

재배지별 수체 생육

신초장은 옥천이 가장 길었고, 영동이 가장 짧아 유의적인 차이를 나타냈으며, 6-8월 동안 4 ㎝ 이하의 생장량을 보였다(Fig. 4A). 엽수는 6월 모든 재배지에서 11장으로 동일하게 조사되었지만, 8월 단양, 옥천, 금산은 13장, 영동은 11장으로 재배지간 유의적인 차이를 보였다(Fig. 4B).

재배지별 과실 특성

재배지별 수확기에 과실 특성을 조사한 결과(Fig. 5, Fig. 6), 블랙초크베리의 십립중은 단양, 옥천, 금산은 유의적인 차이가 없었으며, 영동은 9.98 g으로 가장 낮게 나타났다(Fig. 5A). 과실 직경은 평균 약 12 ㎜ 정도로 십립중 결과와 유사한 경향을 보였다(Fig. 5B). 경도는 재배지간 유의적인 차이가 있었으며, 단양이 196.2 N으로 가장 낮았다(Fig. 5C). 재배지별 가용성고형물을 조사한 결과(Fig. 6A), 영동, 단양, 옥천, 금산은 각각 16.0, 15.4, 15.1, 15.0°Brix였고, 블랙초크베리의 산도는 평균 약 0.7%, 타닌 함량은 평균 약 0.9-1.1%로 재배지간 유의적인 차이가 없었다(Fig. 6B, C). 재배지별 안토시아닌 함량은 단양이 949.7 ㎎/㎏으로 가장 높았고, 옥천과 금산은 유의적인 차이가 없었으며, 영동이 440.5 ㎎/㎏으로 가장 낮았다(Fig. 6D).

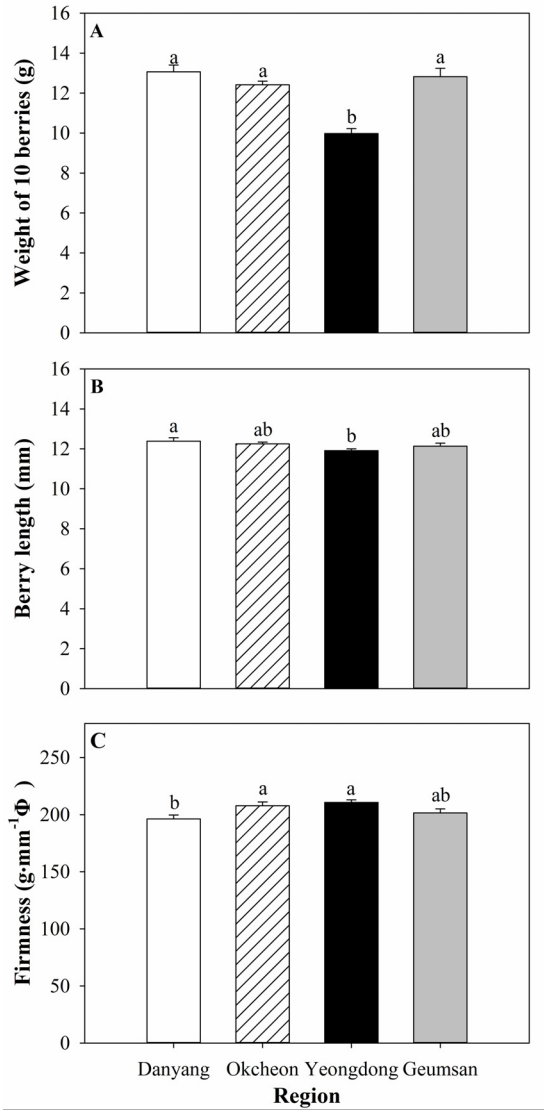

Fig. 5. Weight of 10 berries (A), berry length (B), and firmness (C) of 'Nero' black chokeberry fruits sampled from the four cultivation regions in Chungcheong-do at harvest in 2014. Vertical bars represent mean ± SE. Different letters indicate significant differences among the different cultivation regions ($p \leq 0.05$).

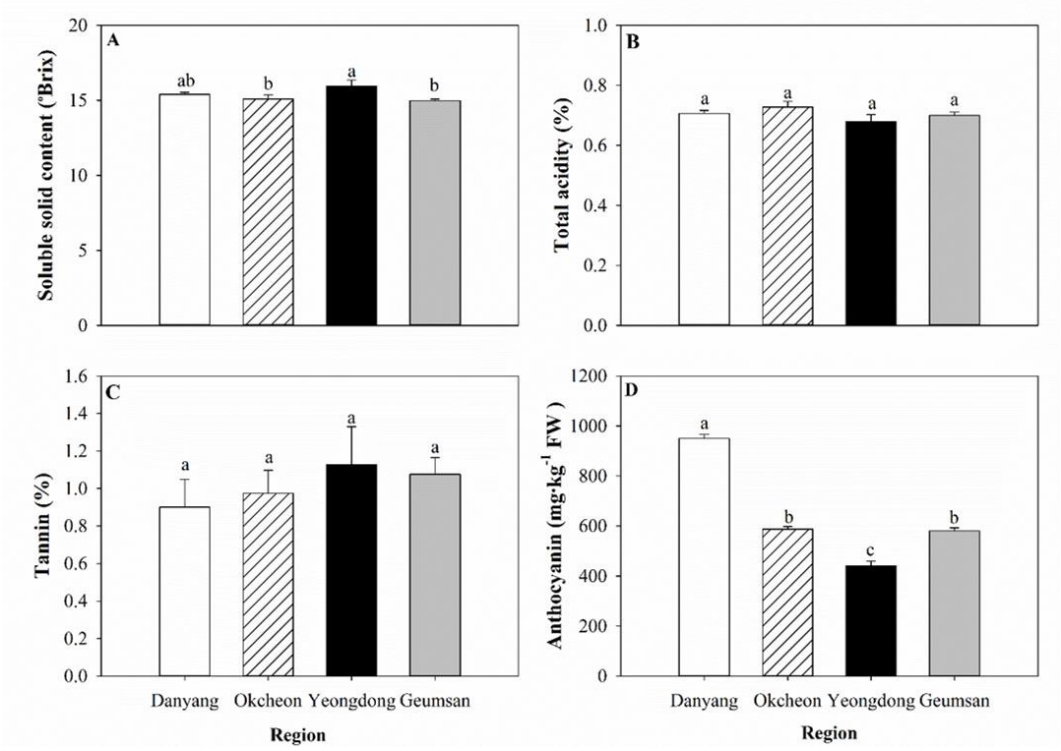

Fig. 6. Soluble solid content (A), total acidity (B), tannin content (C), and anthocyanin content (D) of 'Nero' black chokeberry fruits sampled from the four cultivation regions in Chungcheong-do at harvest in 2014. Vertical bars represent mean ± SE. Different letters indicate significant differences among the different cultivation regions ($p \leq 0.05$).

고도별 생육 시기

2014년과 2015년 고도별 생육 시기를 조사하였다(Table 4). 만개기는 2014년 저지대(117 m)가 4월 30일, 고지대(342 m)가 5월 2일로 조사되었으며, 2015년은 저지대 5월 1일, 고지대 5월 2일로 조사되었다. 착과기는 2014년 만개 후 8-14일, 2015년 8-10일이 소요되었으며, 변색기까지 2014년은 만개 후 83-85일, 2015년은 만개 후 75-77일이 소요되었다. 2015년 변색기는 2014년보다 6-9일이 빨랐다. 첫 수확기는 2014년은 8월 13일로 동일하였고, 2015년은 고지대 8월 5일, 저지대 8월 12일로 고지대의 수확이 빨랐다.

고도별 수체 생육

고도별 신초장은 2014년 6월 고지대(342 m) 30.3 ㎝, 저지대(117 m) 26.6 ㎝로 유의적인 차이를 보였지만, 7월과 8월은 고지대와 저지대 간 유의적인 차이가 없었다(Table 5). 2015년은 6-8월 고도별 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 고도별 엽수는 2014년 고지대와 저지대의 엽수는 6, 7, 8월에 각각 유의적인 차이를 나타냈지만, 2015년은 고도에 따른 유의적인 차이는 없었다.

고도별 과실 특성

고도별 과실 특성은 블랙초크베리의 최적 수확기 판정을 위해

Table 4. Date for developmental stages of 4-year-old 'Nero' black chokeberry trees grown at the two regions with different altitudes in Danyang-gun in 2014, 2015

Year	Altitude (m)	Full bloom	Fruiting	Veraison
2014	High (342)	May 02	May 10	Jul. 23
	Low (117)	Apr. 30	May 14	Jul. 23
2015	High (342)	May 02	May 10	Jul. 17
	Low (117)	May 01	May 11	Jul. 14

Table 5. Shoot length and number of leaves per shoot of 4-year-old 'Nero' black chokeberry trees grown at the two regions with different altitudes in Danyang-gun from June to August 2014, 2015

Year	Month	Altitude (m)	Shoot length (cm)	No. of leaves per shoot
2014	Jun.	High (342)	30.3 *z	11.4 NS
		Low (117)	26.6	10.8
	Jul.	High (342)	30.5 NS	12.6 *
		Low (117)	28.9	10.7
	Aug.	High (342)	32.2 NS	12.7 **
		Low (117)	30.6	10.7
2015	Jun.	High (342)	28.7 NS	10.9 NS
		Low (117)	28.6	10.7
	Jul.	High (342)	30.0 NS	10.9 NS
		Low (117)	29.6	9.6
	Aug.	High (342)	31.1 NS	10.1 NS
		Low (117)	28.8	09.3

[z]NS, *, ** indicate nonsignificant, significant at $p < 0.05$, or $p < 0.01$ between different altitudes at the investigation dates by *t*-test.

2014년 8월 8-23일과 2015년 8월 9-24일에 5일 간격으로 조사하였다. 2014년 수확시기별 블랙초크베리의 과실 특성 결과는 다음과 같다(Fig. 7, Fig. 8). 십립중은 고지대(342 m)가 저지대(117 m)보다 높게 나타났지만, 8월 18-23일은 고도간 유의적인 차이가 없었다(Fig. 7A). 과실 직경은 2014년 8월 8-18일 동안 고도별 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, 8월 23일 고지대 13.0 ㎜, 저지대 12.1 ㎜로 십립중과 마찬가지로 고지대가 더 길었다(Fig. 7C). 경도는 8월 23일을 제외하고 저지대가 고지대보다 유의적으로 높게 나타났으며, 8월 18일 고지대 150.2 N, 저지대 165.2 N로 가장 낮은 수치를 보였다(Fig. 7E). 연구기간 동안 가용성고형물은 8월 23일을 제외하고 저지대가 고지대보다 유의적으로 높았으며, 8월 13일이 고지대 14.8°Brix, 저지대 15.6°Brix로 가장 높게 나타났다(Fig. 8A). 산도는 고지대가 저지대보다 유의적으로 높게 조사되었으며, 8월 13일의 산도는 고지대 0.85%, 저지대 0.73%로 가장 높았다(Fig. 8C). 타닌 함량은 고도별 유의적인 차이를 보이지 않았다(Fig. 8E). 고도별 안토시아닌 함량은 8월 13일 고지대 937.7 ㎎/kg, 저지대 949.7 ㎎/kg으로 가장 높았으며, 저지대의 안토시아닌은 8월 18일부터 급감하였다(Fig. 8G).

2015년 수확시기에 따른 과실 특성은 다음과 같다(Fig. 7, Fig. 8). 고도별 십립중은 8월 14일 고지대 11.9 g, 저지대 13.1 g으로 가장 컸고, 저지대의 십립중이 고지대보다 유의적으로 크게 나타났다(Fig. 7B). 과실 직경은 저지대가 고지대보다 길게 나타나 십립중과 같은 경향을 나타냈으며, 8월 14-19일은 고도별 유의적인 차이를 보이지 않았다(Fig. 7D). 고도별 블랙초크베리 경도는 저지대가 고지대보다 유의적으로 높았으며 8월 19일 고지대 111.5 N, 저지대 124.4 N까지 감소하였다(Fig. 7F). 가용성고형물은 8월 24일을 제외하고는 고도별 유의적인 차이가 없었다(Fig. 8B). 산도는 고지대가 저지대보다 높았으나, 8월 14일과 19일은 통계적으로 유의하지 않았다(Fig. 8D). 타닌 함량은 수확시기 중 고도별 유의적인 차이를 나타내지 않았다(Fig. 8E). 안토시아닌 함량은 고지대가 8월 14일 983.7 ㎎/kg까지 증가하였고, 저지대는 8월 19일 731.7 ㎎/kg까지 증가 후 감소하는 경향을 보였다(Fig. 8G).

2014년, 2015년의 과실 특성을 비교하였을 때, 십립중은 2014년은 고지대가 높았고 2015년은 저지대가 높게 나타났다. 과실 직경은 2014년은 고지대가 길었고, 2015년은 저지대가 길게 나타나 십립중과 유사한 경향을 보였다. 경도와 가용성고형물은 2014년과 2015년 저지대가 고지대보다 높게 조사되어 유사하였다. 산도는 고지대가 저지대보다 높게 나타났고, 가용성고형물은 저지대가 고지대보다 높게 나타났으며, 2014년과 2015년이 유사하였다. 타닌 함량은 2014년과 2015년 고도간 유의적인 차이가 없었다. 안토시아닌 함량은 2014년 고지대는 8월 13일까지 증가하여 수확기 동안 유지되었고, 저지대는 8월 18일 급감하는 경향을 보였다. 2015년 안토시아닌 함량은 고지대에서 8월 14일까지 증가하고 급감하는 경향을 보였으며 저지대는 8월 19일까지 증가하고 이후 감소하는 경향을 나타냈다.

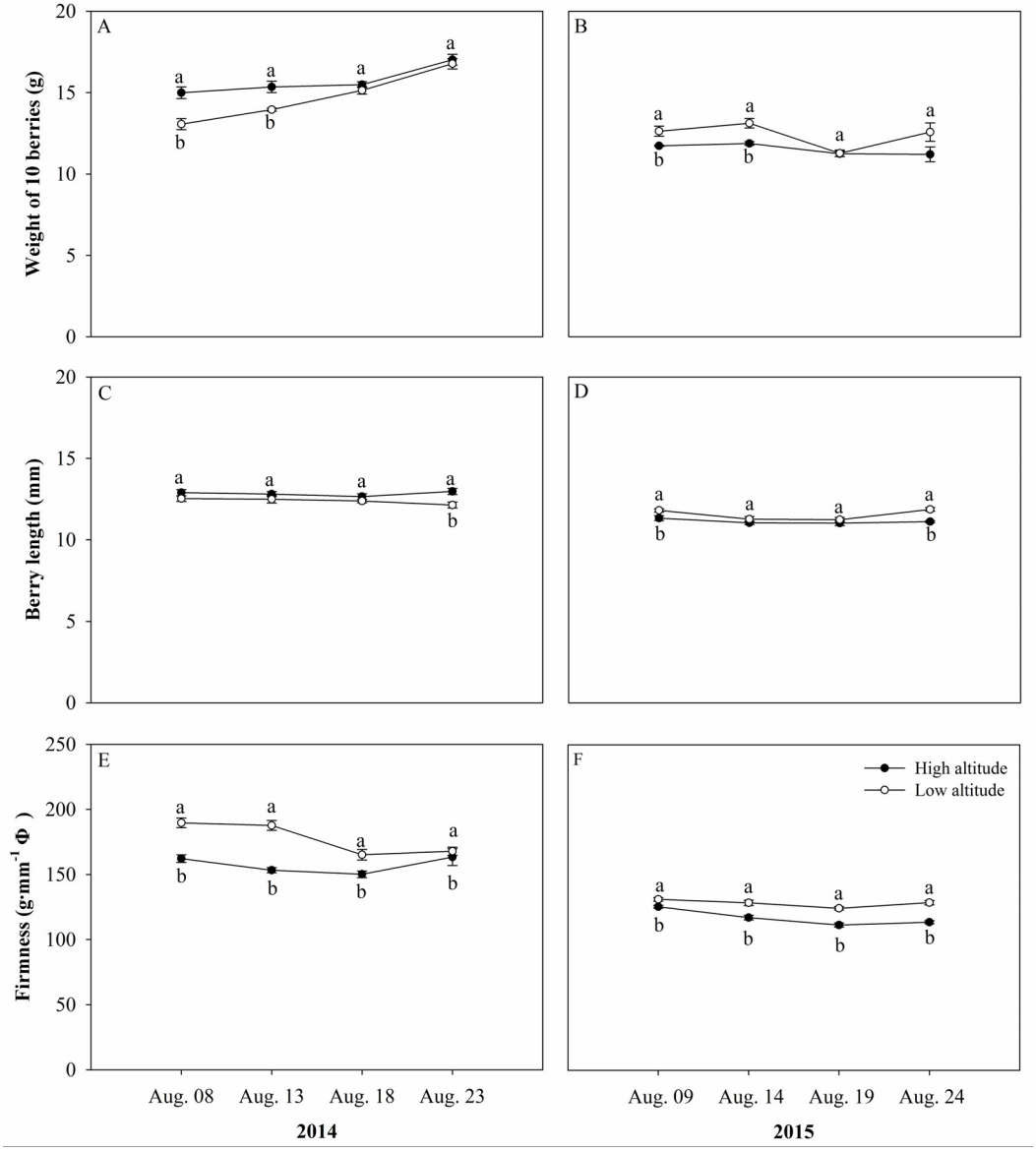

Fig. 7. Weight of 10 berries (A, B), berry length (C, D), and firmness (E, F) of 'Nero' black chokeberry fruits sampled from the two orchards with different altitudes in Danyang-gun during harvest season in 2014 and 2015. Vertical bars represent mean ± SE. Different letters indicate significant differences between the different altitudes on the same sampling date ($p \leq 0.05$).

고 찰

식물의 개화나 개엽은 기온, 토양 수분 등 재배환경에 많은 영향을 받는다(Brown, 1953; Lindsey and Netman, 1956). 블랙초크베리도 품종, 환경, 지역에 따라 생육 시기가 달라지며, 미국 북동부에서는 5월초에 개화하여 7월말부터 9월 중순까지 수확한다고 보고되었다(Brand, 2010). 또한 미국 서부 오리건주에서 아로니아는 4월 24-30일에 개화하며 품종별 생육 시기는 차이가 없다고 보고되었다(Strik *et al.*, 2003). 충청 지역의 블랙초크베리 만개기는 4월 25-30일이었으며(Table 3), 재배지 만개기부터 변색기까지 소요일은 85-91일로 단양 지역이 전반적으로 약 3일 정도 지연되었다. 또한 수관하부를 단양과 영동은 부직포, 옥천은 차광막, 금산은 PVC로 멀칭하였고, 옥천(점적관수)과 영동(스프링클러)은 관수를 실시하여 재배지별 재배방법에 차이가 있었으나, 충청 지역내 재배지별 재배환경의 차이가 블랙초크베리 'Nero'의 생육 시기에는 큰 영향을 미치지 않은 것으로 생각되었다.

신초생장정지기는 신초생장과 엽수를 통해 판단할 수 있는

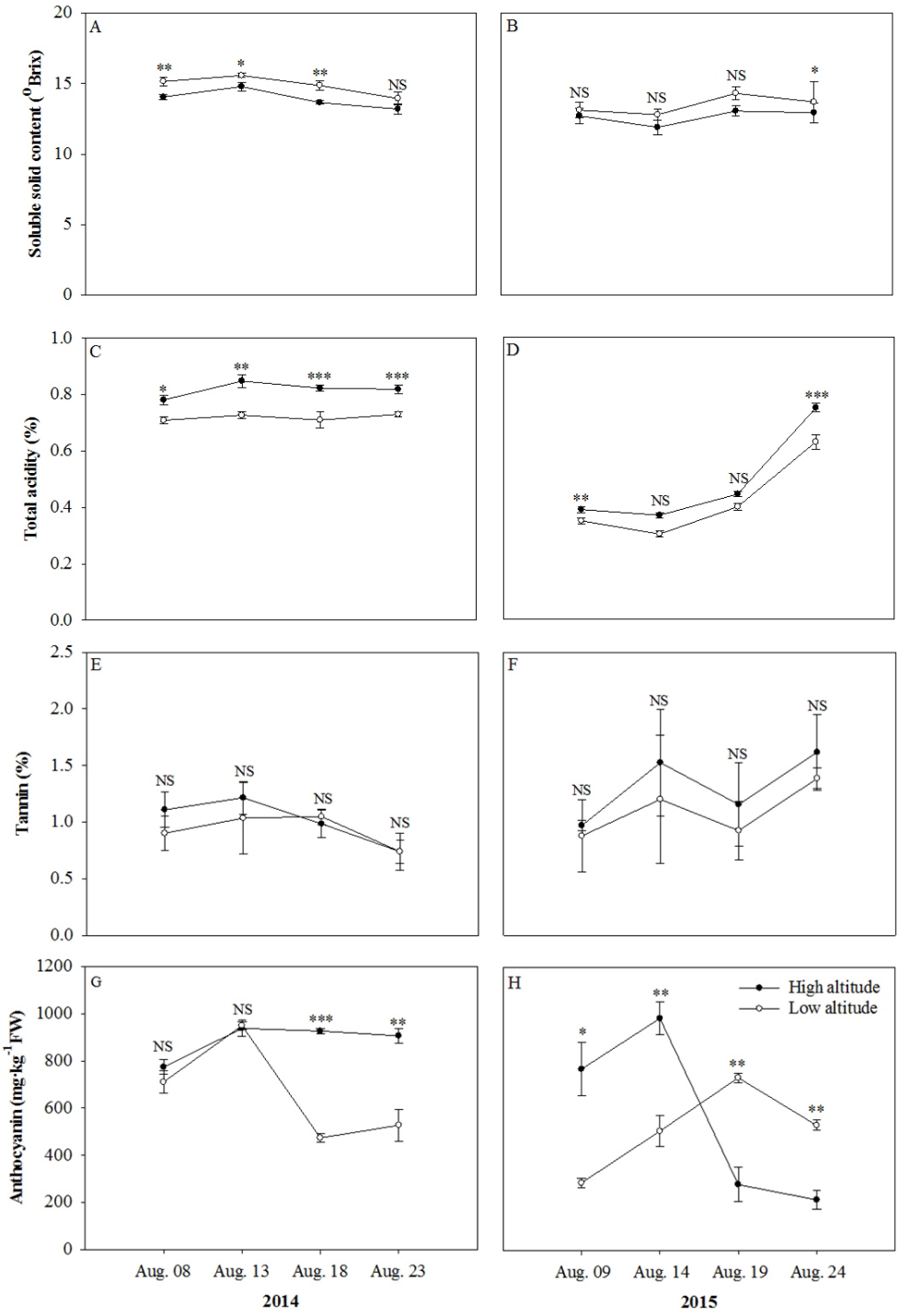

Fig. 8. Soluble solid content (A, B), total acidity (C, D), tannin content (E, F), and anthocyanin content (G, H) of 'Nero' black chokeberry fruits sampled from the two orchards with different altitudes in Danyang-gun during harvest season in 2014 and 2015. Vertical bars represent mean ± SE. NS, *, **, *** indicate nonsignificant, significant at $p < 0.05$, $p < 0.01$, or $p < 0.001$ between different altitudes at the sampling dates by *t*-test.

데, 기상환경, 품종, 재배조건에 의해 달라지며 신초생장정지기에 따라 과실 생산량과 품질은 영향을 받는다(Kim and Seo, 2007; Mowat and George, 1994). 같은 인과류인 사과와 배의 경우 발아 후 초기 신초생장은 왕성하지만, 서서히 감소하여 7월 말 생장을 멈춘다(Kim *et al.*, 2006). 특히, 착과량이 많을수록 합성된 동화양분은 생식기관인 과실로 우선 분배되어 신초로의

분배가 적어지며, 그로 인해 신초장의 생장은 감소한다고 보고되었다(Erf and Proctor, 1987; Forshey, 1982; Jackson, 1984). 본 연구에서 6-7월 기온은 생육적온으로 신초장과 엽수의 생장량이 좋았지만 7월과 8월의 기온은 고온으로 인해 신초장과 엽수의 생장량이 줄어든 것으로 보이며, 블랙초크베리 'Nero'의 신초생장정지기는 7-8월로 판단되었다(Fig. 1, Fig. 4).

블랙초크베리 'Nero'의 지역별 수확기에 과실 특성을 조사한 결과, 십립중은 약 10-13 g 정도였으며, Strik *et al.* (2003)은 3년 동안 블랙초크베리의 과립중은 1.0-2.6 g으로 보고하였는데 본 연구 결과는 이와 유사했다(Fig. 5A). 단양, 옥천, 금산은 유의적인 차이가 없었으며, 영동은 9.98 g으로 가장 낮았다(Fig. 5A). 과실 직경은 십립중의 경향과 거의 유사했다. 신초장과 엽수 또한 영동에서 가장 낮았으며, 2014년 4지역의 주당 생산량은 각각 단양 1.6 kg/주, 옥천 1.6 kg/주, 영동 5.8 kg/주, 금산 3.3 kg/주였는데 영동이 타지역에 비해 착과량이 많아 이로 인한 동화양분 분배에 차이가 있었으며, 재배 환경보다는 재배기술의 차이로 생각되었다. 가용성고형물과 산도는 기온의 영향을 주로 받으며 기온이 증가할수록 과실내 가용성고형물은 증가하고 산도는 감소한다고 알려졌다(Marguery and Sangwan, 1993; Tomana, 1983). 본 연구에서 수확 전 재배지별 기온은 유사하였으며(Fig. 1), 가용성고형물과 산도도 재배지별 유의적인 차이가 없었다. 타닌은 배, 감, 사과, 체리(Atanassova and Christova-Bagdassarian, 2009; Ryugo, 1969; Taira *et al.*, 1997) 등 다양한 과실에 포함되어 있으며, 토양수분 조건에 따라 블랙초크베리는 1.0-2.0%의 타닌을 함유한 것으로 알려져 있다(Won *et al.*, 2017). 재배지별 타닌 함량은 선행 연구와 유사하였으며, 재배지별 유의적인 차이를 보이지 않았다(Fig. 6C). 과실의 안토시아닌 생합성은 유전적 요인에 크게 좌우되지만, 저온과 일교차, UV-B, 수분 부족 등 환경요인에 영향을 받는다(Shü *et al.*, 2001; Ubi *et al.*, 2006; Xie *et al.*, 2011). 블랙초크베리와 같은 인과류인 사과의 경우 안토시아닌 함량은 최저온도와는 부의 상관, 일교차와는 정의 상관을 보였다(Lee, 1999; Shü *et al.*, 2001). 본 연구에서 단양의 안토시아닌 함량이 유의적으로 높게 나타난 것은 수확 전 일교차의 급증이 하나의 요인일 것으로 추정된다.

고도별 블랙초크베리 'Nero'의 생육 특성을 조사한 결과, 고도별 만개기부터 변색기까지 소요일수는 2014년 83-85일, 2015년 75-77일로 큰 차이가 없었으며, 변색기까지 소요된 일수는 2015년이 6-9일이 짧았는데, 변색기전 일교차가 2015년이 더 크게 나타나 안토시아닌 생합성에 영향을 미친 것으로 추정되었다(Lee, 1999; Shü *et al.*, 2001).

고도에 따라 블랙초크베리의 과실 특성은 차이를 보였다(Fig. 7, Fig. 8). 십립중은 2014-15년 약 11-18 g의 범위로 나타났으며, 2014년은 고지대(342 m)의 십립중이 높았고, 2015년은 저지대(117 m)가 높았다(Fig. 7A, B). 두 해에 걸친 결과가 상반적이라 고도에 따른 기상요소와 과중과의 관계는 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각되었다. 고도에 따른 과실 직경은 십립중과 유사한 경향을 나타냈고(Fig. 7C, D), 수확기 동안 과실 직경의 변화가 적었던 것은 과실이 완숙 단계에 접어들어 생장이 둔화되었기 때문으로 생각되었다(Mowat *et al.*, 1997; Nakano *et al.*, 1997). 과실의 경도는 수확시기가 늦어질수록 감소하며(Elgar *et al.*, 1999; Nakano *et al.*, 1997), 사과는 기온이 낮고 고도가 높은 지역에서 생산된 과실 경도가 높다고 보고되었다(Cho *et al.*, 2010; Kim, 1990). 본 연구에서 블랙초크베리는 수확시기가 경과함에 따라 경도는 감소하였고, 고도에 따른 경도는 2014년과 2015년 기온이 높은 저지대의 과실 경도가 기온이 낮은 고지대의 경도보다 높게 조사되었다(Fig. 7E, F). 블랙초크베리의 경도에 관한 연구는 전무하여 이와 관련된 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각되었다. 가용성고형물은 유전적인 요인이 크게 작용하며, 과실 생육기 동안의 온도, 햇빛, 강우와 같은 기상요인이 많은 영향을 준다(Marguery and Sangwan, 1993). 같은 인과류에서도 사과는 온도가 높을수록 과실의 가용성고형물이 높았고, 배는 온도에 따른 가용성고형물의 차이가 없었다고 보고되었다(Tomana, 1983). 본 연구에서는 기온이 높은 저지대에서 생산된 블랙초크베리의 가용성고형물이 고지대보다 높았다(Fig. 8A, B). 사과의 산도는 지대가 높아질수록 증가하며(Cho *et al.*, 2010), 배는 31℃의 고온이 주어지면 산도가 감소한다고 보고되었다(Tomana, 1983). 이는 호흡에 의해 산이 소모되기 때문이라고 보고되었는데(Park and Yoon, 2005; Park *et al.*, 2005), 본 연구에서도 저지대의 산도가 고지대(342 m)보다 낮았으며 저지대의 높은 기온이 과실의 호흡을 증가시켰기 때문으로 생각되었다(Fig. 8C, D). Mladin *et al.* (2011)은 블랙초크베리의 타닌 함량은 3년간 유의적인 차이가 없었다고 보고하였는데, 본 연구에서도 타닌 함량은 고도와 수확시기에 따라 유의적인 차이가 없어 타닌은 재배환경에 영향을 받지 않는 것으로 추측되었다(Fig. 8E, F). 블랙초크베리의 안토시아닌 함량은 수확시기가 경과함에 따라 9월초까지 증가하고, 이후 급감하였다고 보고되었다(Bolling *et al.*, 2015; Jeppsson and Johansson, 2000). 본 연구에서 2014년과 2015년 8월 중순까지 안토시아닌 함량이 증가하다가 고도별로 차이는 있으나 이후부터 감소하는 경향을 보였으며(Fig. 8G, H), 안토시아닌 함량이 감소하는 이유는 과실의 노화로 추측되나 보고된 바가

없어 이에 대해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각되었다. 블랙초크베리는 타닌을 다량 함유하고 있어 특유의 삽미로 인해 주로 가공용으로 이용하고 있으며, 과실의 당산비와 항산화물질로 알려진 안토시아닌 함량을 고려한 블랙초크베리의 최적 수확 시기는 8월 8-19일로 판단되었다.

적 요

재배지와 고도에 따른 블랙초크베리 'Nero'의 생육 시기, 수체 생육 및 과실 특성을 구명하여 육종 및 재배 · 생리 연구에 기초자료를 제공하고자 수행하였다. 2014년 재배지별 블랙초크베리 생육 시기 및 수체 생육은 네 재배 지역(단양, 옥천, 영동, 금산)의 기상 환경에 관계없이 유사했다. 재배지별 과실특성은 십립중과 안토시아닌 함량에서 유의적인 차이가 나타났는데 이는 각각 전정방법과 관수 등의 재배 기술과 수확 전 일교차 급증의 영향으로 추측되었다. 2014년과 2015년 고도별 블랙초크베리 'Nero'의 생육 시기 및 수체 생육은 유사하게 나타났지만, 과실 특성은 기온이 높은 저지대(117 m)에서 생산된 과실의 가용성고형물이 고지대(342 m)보다 높았던 반면, 산도는 고지대가 높았다. 안토시아닌 함량은 2014년과 2015년 8월 중순까지 증가하다가 고도별로 차이는 있으나 이후부터 감소하는 경향을 보였다. 재배지와 고도별 블랙초크베리 'Nero'의 수체 생육 및 생육 시기는 차이가 없어 국내 환경에서 재배가 용이한 것으로 생각되며, 수확 시기별 과실 특성을 고려할 때 단양 지역의 블랙초크베리의 최적 수확 시기는 8월 8-19일로 판단되었다.

References

Atanassova, M. and V. Christova-Bagdassarian. 2009. Determination of tannins content by titrimetric method for comparison of different plant species. J. Univ. Chem. Technol. Metall. 44:413-415.

Blumthaler, M., W. Ambach and W. Rehwald. 1992. Solar UV-A and UV-B radiation fluxes at two alpine stations at different altitudes. Theor. Appl. Climatol. 46:39-44.

Bolling, B.W., R. Taheri, R. Pei, S. Kranz, M. Yu, S.N. Durocher and M.H. Brand. 2015. Harvest date affects aronia juice polyphenols, sugars and antioxidant activity, but not anthocyanin stability. Food Chem. 187:189-196.

Brand, M. 2010. Aronia: Native shrubs with untapped potential. Arnoldia 67:14-25.

Brown, D.S. 1953. The apparent efficiencies of different temperatures for the development of apricot fruit. Amer. Soc. Hort. Sci. Proc. 62:173-183.

Cho, C.H., D.G. Choi and J.H. Song. 2010. Effect on fruit quality and harvest time of 'Hongro' apples in cultivation areas. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 28:92. (Abstr.)

Cho, H.R., Y.S. Zhang, K.H. Han, H.J. Cho, J.H. Ryu, K.Y. Jung, K.R. Cho, A.S. Ro, S.J. Lim, S.C. Choi, J.I. Lee, W.K. Lee, B.K. Ahn, B.H. Kim, C.Y. Kim, J.H. Park and S.H. Hyun. 2012. Soil physical properties of arable land by land use across the country. Kor. J. Soil Sci. Fert. 45:344-352.

Elgar, H.J., C.B. Watkins and N. Lallu. 1999. Harvest date and crop load effects on a carbon dioxide-related storage injury of 'Braeburn' apple. HortScience 34:305-309.

Erf, J.A. and J.T.A. Proctor. 1987. Changes in apple leaf water status and vegetative growth as influenced by crop load. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112:617-620.

Forshey, C.G. 1982. Effects of fruiting, pruning, and nitrogen fertilization on shoot growth of 'Empire' apple trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107:1092-1097.

Giusti, M.M. and R.E. Wrolstad. 2001. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy: *In* Wrolstad, R.E. and S.J. Schwartz (eds.), Current Protocols in Food Analytical Chemistry. Wiley, New York, NY (USA) pp. 19-31.

Hardin, J.W. 1973. The enigmatic chokeberries (*Aronia*, Rosaceae). Bull. Torrey Bot. Club 100:178-184.

Hulme, M., Z.C. Zhao and T. Jiang. 1994. Recent and future climate change in East Asia. Intl. J. Climatol. 14:637-658.

Jackson, J.E. 1984. Effects of cropping on tree vigour. Acta Hort. 146:83-87.

Jeppsson, N. 2000. The effects of fertilizer rate on vegetative growth, yield and fruit quality, with special respect to pigments, in black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) cv. 'Viking'. Sci. Hort. 83:127-137.

Jeppsson, N. and R. Johansson. 2000. Changes in fruit quality in black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) during maturation. J. Hort. Sci. Biotechnol. 75:340-345.

Kask, K. 1987. Large-fruited black chokeberry (*Aronia melanocarpa*). Fruit Var. J. 41:47.

Kawecki, Z. and Z. Tomaszewska. 2006. The effect of various soil management techniques on growth and yield in the black chokeberry (*Aronia melanocarpa* Elliot). J. Fruit Ornam. Plant Res. 14:67-73.

Kim, J.H. 1990. Principles in pomology. 3rd ed., Hyangmunsa, Seoul, Korea.

Kim, J.H., J.C. Kim, K.C. Ko, K.R. Kim and J.C. Lee. 2006. Fruit Science General. 4th ed., Hyangmunsa, Seoul, Korea.

Kim, J.K. and H.H. Seo. 2007. Causes of tree vigor weakening and occurrence of deformed fruit in 'Hongro' apple tree. Kor. J. Sci. Technol. 25:408-412.

Kim, S.O., U. Chung, S.H. Kim, I.M. Choi and J.I. Yun. 2009. The suitable region and site for 'Fuji' apple under the projected climate in South Korea. Kor. J. Agr. Forest Meteorol. 11:162-173.

Kulling, S.E. and H.M. Rawel. 2008. Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) – A review on the characteristic components and potential health effects. Planta Med. 74:1625-1634.

Lee, H.C. 1999. Physiological and ecological factor affecting fruit coloration and color enhancement in *Malus domestica* Borkh. cv. 'Fuji'. Department of Horticulture, Ph.D. Thesis, Seoul Natl. Univ., Korea.

Lee, S.H., Y.S. Kwon, I.J. Kim T.J. Kim, H.H. Kim and D.I. Kim. 2012. Correlation analysis between meterological condition and 'Fuji' apple fruit characteristics in Chungbuk, Korea. J. Kor. Soc. Intl. Agr. 24:51-59.

Lindsey, A.A. and J.E. Netman. 1956. Use of official weather date in spring time temperature analysis of an Indiana phenological record. Ecology 37:812-823.

Marguery, P. and B.S. Sangwan. 1993. Sources of variation between apple fruits within a season and between seasons. J. Hort. Sci. 68:309-315.

McKay, S.A. 2001. Demand increasing for aronia and elderberry in North America. New York Fruit Quarterly 9:2-3.

Mladin, P., G. Mladin, E. Oprea, M. Rădulescu and C. Nicola. 2011. Variability of the anthocyanins and tannins in berries of some *Lonicera caerulea* var. kamchatica, *Aronia melanocarpa* and *Berberis thunbergii* var. atropurpurea genotypes. Scientific Papers R.I.F.G. Pitesti. 27:38-42.

Mowat, A.D. and A.P. George. 1994. Persimmon. Handbook of environmental physiology of fruit crops. Volume I: Temperate crops. CRC Press, Boca Raton, FL (USA) pp. 209-232.

Mowat, A.D., A.P. George and R.J. Collins. 1997. Macro-climatic effects on fruit development and maturity of non-astringent persimmon (*Diospyros kaki* L. cv. Fuyu). Acta Hort. 436:195-202.

Nakano, R., K. Yonemori, A. Sugiura and I. Kataoka. 1997. Effect of gibberellic acid and abscisic acid on fruit respiration in relation to final swell and maturation in persimmon. Acta Hort. 436:203-214.

Park, Y.M. and T.M. Yoon. 2005. Storage potential of early-season cultivar 'Tsugaru' apples based on consumer acceptance after marketing simulation. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 46:176-182.

Park, Y.M., T.M. Yoon and M.G. Hwang. 2005. Analysis of storage method and marketing temperature effects on the storage potential of mid-season apple cultivar 'Hongwol'. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 23:49-55.

Ryugo, K. 1969. Seasonal trends of titratable acids, tannins and poly phenolic compounds and cell wall constituents in oriental pear fruit (*Pyrus serotina* Rehd.). J. Agric. Food Chem. 17:43-47.

Rural Development Administration (RDA). 2012. Agricultural Science and Technology – Standards of Research, Investigation, and Analysis. RDA, Jeonju, Korea.

Rural Development Administration (RDA). 2015. Aronia. RDA, Jeonju, Korea.

Shü, Z.H., C.C. Chu, L.J. Hwang and C.S. Shieh. 2001. Light, temperature, and sucrose affect color, diameter, and soluble solids of disks of wax apple fruit skin. HortScience 36:279-281.

Strik, B., C. Finn and R. Wrolstad. 2003. Performance of chokeberry (*Aronia melanocarpa*) in Oregon, USA. Acta Hort. 626:439-443.

Taira, S., M. Ono and N. Matsumoto. 1997. Reduction of persimmon astringency by complex formation between pectin and tannins. Postharvest Biol. Technol. 12:265-271.

Tomana, T. 1983. The effect of environmental temperatures on fruit maturing. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 24:276-288.

Ubi, B.E., C. Honda, H. Bessho, S. Kondo, M. Wada, S. Kobayashi and T. Moriguchi. 2006. Expression analysis of anthocyanin biosynthetic genes in apple skin: Effect of UV-B and temperature. Plant Sci. 170:571-578.

Won, J., H. Shin, Y. Oh, H. Han, K. Kim, S. Oh and D. Kim. 2017. Comparison of quality and cell enlargement of 'Nero' black chokeberry fruits according to different soil water conditions. Korean J. Plant Res. 30:88-95.

Wu, X., L. Gu, R.L. Prior and S. McKay. 2004. Characterization of anthocyanins and proanthocyanidins in some varieties of ribes, aronia and sumbucus and their antioxidant capacity. J. Agric. Food Chem. 52:7846-7856.

Xie, R., L. Zheng, S. He, Y. Zheng, S. Yi and L. Deng. 2011. Anthocyanin biosynthesis in fruit tree crops: Genes and their regulation. Afr. J. Biotechnol. 10:19890-19897.

Yun, S.H. and J.T. Lee. 2001. Climate change impacts on optimum periods of rice plant and its countermeasure in rice cultivation. Kor. J. Agric. For. Meteorol. 3:55-70.

Received 12 June 2017 ; Revised 12 January 2018 ; Accepted 24 January 2018)