

동계 및 하계전정인 남부하이부쉬 블루베리 'Misty'의 수체 생육과 과실의 수량 및 품질에 미치는 영향

강동일¹ · 신미희² · 이수경² · 김홍림⁴ · 김진국^{2,3*}

¹경상대학교 응용생명과학부(BK21 Plus Program), ²경상대학교 원예학과, ³경상대학교 농업생명과학연구원, ⁴농촌진흥청 국립원예특작과학원 남해출장소

Influence of Winter and Summer Pruning on Bush Growth, Yield and Fruit Qualities in the Southern Highbush Blueberry 'Misty'

Dong Il Kang¹, Mi Hee Shin², Soo Gyeong Lee², Hong Lim Kim⁴, and Jin Gook Kim^{2,3*}

¹Division of Applied Life Science (BK21 Plus Program), Graduate School of Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

²Department of Horticulture, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

³Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

⁴Namhae Sub-Station, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration, Namhae 52430, Korea

*Corresponding author: jgkim119@gnu.ac.kr

Received: May 15, 2018

Revised: July 6, 2018

Accepted: July 9, 2018

 OPEN ACCESS



HORTICULTURAL SCIENCE and TECHNOLOGY
36(6):799-809, 2018
URL: <http://www.kjhst.org>

pISSN : 1226-8763
eISSN : 2465-8588

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright©2018 Korean Society for Horticultural Science.

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ009244032015)의 지원에 의해 수행되었음. 강동일은 교육부 BK21 Plus 사업의 장학금을 수혜 받았음.

Abstract

This study was conducted to determine the effects of winter and summer pruning on bush growth, yield, and fruit quality in the six-year-old southern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L. hybrid) 'Misty'. We compared the effects of winter pruning alone and winter + summer pruning after harvest treatments to unpruned plant controls. The fruits were harvested at eight times during the experiment and the fruit yield, unmarketable fruit yield [decayed berries and small size fruit (width < 10 mm)], and berry weight were recorded at each harvest. Further, fruit quality parameters for harvested fruits such as soluble solids content (SSC), titratable acidity (TA), firmness, total sugar, total phenolic content, and total anthocyanin content were measured four times after harvest. Moreover, the SPAD value was measured along the plant height; the fresh weight and the ratio of shoot to root volume (T/R) were measured to verify the effects of pruning on vegetative growth. The SPAD values of the lower bush leaves on unpruned blueberry bushes were significantly lower than those recorded from pruned bushes. The highest T/R ratio was observed in the bushes subjected to winter + summer pruning compared to the unpruned bushes. The fruit weight from six-year-old southern highbush blueberry 'Misty' bushes decreased throughout the harvest period in both pruned and unpruned plants. The fruit yield of unpruned blueberry bushes rapidly increased after the 5th harvest; however, the average fruit weight of unpruned blueberry bushes was significantly lower compared to that of pruned blueberry bushes. The considerably higher amount of unmarketable fruit yields was recorded from unpruned blueberry bushes compared to the pruned bushes. The significant differences in measured fruit quality parameters were not observed in harvested fruits from blueberry bushes subjected to winter pruning or winter + summer pruning. The total sugar, phenolic, and anthocyanin content substantially decreased throughout the harvest period in both pruned and unpruned plants.

Additional key words: anthocyanin, berry weight, light, SPAD value, total phenol, total sugar

서 언

블루베리(*Vaccinium* spp.)는 2000년 초 국내에 새롭게 도입된 이후 2013년 1,513ha이었던 재배 면적이 2015년 2,305ha로 증가하는 등 인기가 지속되고 있는 과수이다. 하지만 원산지과 다른 기후 조건과 블루베리 종 및 품종별로 요구되는 재배 환경이 상이하여 국내 재배 환경에 적합한 품종 선발, 시비 관리, 착과량 조절, 안토시아닌 생합성, 관수 방법 및 시설재배와 관련된 기초 연구가 지속되어 왔다(Kim et al., 2010a; Kim et al., 2010b; Kim et al., 2011a; Kim et al., 2011b; Kim et al., 2013; Chung et al., 2016).

블루베리 재배에 있어 전정은 수관 내부로 원활한 광의 도달, 통풍 증진으로 인한 병해충 발생 감소, 꽃눈 형성 촉진으로 인한 이듬해 수량 증진 및 그 해 결실과의 착색 증진과 과실 비대, 성숙을 촉진시킬 수 있다. 하지만 전정작업은 재배 시 투입되는 경제 비용 중 약 30%를 차지하며(Strik et al., 2003), 경영비 상승의 요인이 되기도 한다.

최대 수량을 생산하는 관목은 가지 기부 굵기가 2.5cm 이하인 어린 가지의 수가 15-20%, 3.5cm 이상인 가지의 수가 15-20% 정도이며 가장 생산성이 높은 2.5-3.5cm 사이인 4-6년생 가지의 수가 50-70%를 차지한다고 알려져 있다(Retamales and Hancock, 2012). 지속적인 전정이 이루어지지 않을 경우 노쇠화와 신초 간 불균형이 발생하게 되므로 고품질 과실을 안정적으로 생산하기 위해서는 매년 적정 수준의 전정은 반드시 필요하다(Retamales and Hancock, 2012). 일반적으로 전정을 수행하지 않을 경우, 수관의 밀도 증가로 인해 꽃눈 분화와 과피 착색이 저해되고, 새로운 결과지의 생육이 불량해져 단가지 발생이 잦고, 수관 내부로의 투광성이 저해되는 등의 부정적인 영향을 받게 된다고 알려져 있다(Müller, 2011). 올바른 전정 방법은 건전한 잎 유지에 의한 광합성 증진과 엽면적 확보, 영양기관의 양분 저장과 새 가지의 생육 및 과실 수확량과의 최종적인 관계를 높이는 데 있어 매우 중요하다고 보고된 바 있다(Demirtas et al., 2010).

전정은 일반적으로 수행하는 시기에 따라 동계전정과 하계전정으로 구분한다. 동계전정(winter pruning)이란 수체의 휴면기에 실시하는 전정을 의미하며 주로 11월부터 이듬해 3월 사이에 이루어진다. 동계전정은 과실의 숙기를 단축시킬 수 있어 조기 출하 및 수확기 단축을 통한 수익 증대에 기여할 수 있으며, 신초와 잎의 생육을 증진시키고 꽃눈 제거로 인한 과실 비대를 촉진시킨다(Müller, 2011). 하계전정(summer pruning)은 생육기에 신초나 부초 형성이 많은 참다래, 포도와 같은 덩굴성 과종과 복숭아와 같은 도장지 및 내향지가 많은 과종에서 선택적으로 수행하여 수관 내부의 투광성과 통풍을 증진시키고 과실의 착색과 내적 품질 향상을 목적으로 실시한다. 블루베리 재배에 있어서 하계전정은 재배 지역의 환경에 따라 수세가 강한 품종을 대상으로 일부 활용되고 있으며, 유목 시기에 새 측지 형성으로 인한 수관 확대와 성목기 이후 강한 수세를 억제시키기 위한 것이 주요 목적이다.

현재까지 블루베리 재배에 적용해오던 수형 및 수세 관리와 전정 기술은 블루베리의 원산지인 북미에서 개발되었으며, 대면적 재배에 적합하여 국내의 재배 환경에 적용하기에는 다소 거리감이 있었다. 또한 남부하이부쉬 블루베리의 하계전정과 관련하여 강도와 시기 및 단독 수행 등에 따른 과실 품질에 관한 일부 연구가 있으나(Williamson et al., 1996; Pescie et al., 2011; Kovalski et al., 2015), 국내의 경우 블루베리 수확기간과 장마기간이 겹쳐 열과 피해가 발생하기 쉬운 관계로 비가림 시설 재배가 이루어지고 있으며 이러한 환경에 적합한 재배 기술 확립이 필요한 실정이다.

따라서 본 실험에서는 비가림 시설 재배 환경에서 남부하이부쉬 블루베리 'Misty'의 성목기 이후 동계 및 하계전정이 나무의 수체 생육과 과실의 수량 및 품질에 미치는 영향을 조사하여 국내 남부지역의 시설 블루베리 재배를 위한 기초자료를 제공하고자 실시하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험은 경남 진주시 가좌동 소재 경상대학교 부속농장 비가림 하우스에서 수행되었다. 남부하이부쉬 블루베리 'Misty' 3년생 30주를 비가림 하우스 2개동에 재식거리 1.1×1.7m 간격으로 각각 15주씩 식재한 후(2013년 3월 9일) 블루베리 표준관리법(RDA, 2013)에 의거하여 관리하였다. 식재 후 왕겨와 파쇄목을 이용하여 멀칭하였으며, 시비는 2013-2016년 3-7월까지 연 5회 유안비료(Ammonium Sulfate, Capro Corp., Ulsan, Korea)를 수령에 맞게 각각 사용하였다(3년생 71g/주, 4년생 113g/주, 5년생 142g/주, 6년생 156g/주).

전정 처리

재식 1년차에는 나무의 영양생장을 촉진하기 위해 꽃눈을 모두 제거하였고, 재식 2년차부터 과실 수확을 수행하였으며, 동계전정 처리 기준은 북미에서 블루베리 연구 및 재배에 관행적으로 활용되는 기준에 의거하여 적용하였다(Gough, 1994; Strik et al., 2003). 동계전정 시 수체 생장량의 약 30%를 제거하고 이 때 비생산적인 가지와 더불어 노화된 결가지, 수관 하부의 결가지 및 내향지, 단가지, 병해충 피해 가지를 포함하여 제거하였다. 하계전정의 경우 수관 안쪽을 향해 자라난 신초와 생산성이 떨어지는 약한 가지, 불필요한 흡지 등을 제거하였다. 전정 처리는 남부하이부쉬 블루베리의 유목시기 하계전정에 관한 기존의 연구(Lee et al., 2015) 결과를 바탕으로 하여 1) 무전정 처리, 2) 동계전정 처리(2016년 2월 25일), 3) 동계전정 처리 후 수확이 완료된 이후 하계전정(2016년 8월 8일)을 추가적으로 수행하였다.

실험처리는 완전임의배치법으로 실시하였으며, 각각의 처리구는 1주 1반복으로 수행하여 총 5반복으로 설계되었다.

수체 생육 조사

수체 생육 정도를 비교하고자 각 전정처리별 개화기 및 수확시기를 조사하였다. 전정에 따른 수관 내부의 투광 정도를 알아보기 위해 생육기 중의 엽록소 함량 변화를 조사하였다. 수확기인 6월부터 8월동안 약 한 달 간격(2016년 6월 11일, 7월 11일, 8월 16일)으로 수고별 SPAD 값을 지표 40cm 부분부터 20cm 간격으로 측정하였다(SPAD-502 Plus, Konica Minolta, Inc., Japan). 또한 전정으로 인한 수체 생육 발달 정도를 파악하기 위하여 휴면이 시작하기 직전에 전정 처리당 3그루씩 무작위로 선별하여 나무를 굴취한 후(2016년 11월 2일), 지상부 및 지하부의 부피와 생체중을 측정하였다.

과실 수량 조사

6년생 남부하이부쉬 블루베리 'Misty' 나무의 과실 수확 시기는 2016년 6월 22일부터 7월 30일까지 5일 간격으로 총 8회 수행하였다. 수확일마다 관목별 수확된 과실의 총 수량과 무게를 조사하였고, 과실의 개별 무게는 각 관목에서 수확한 수량을 개수로 나누어 계산하였다. 또한 수확 도중 낙과한 미성숙 과실과 부패과, 기형과 등 수확량에 포함시킬 수 없는 과실과 병해충 피해를 받은 과실에 대해 관목별 무게를 측정하였다.

과실 품질 조사

가용성 고형물 함량, 적정 산 함량은 7월 8일에 수확된 과실을 조사하였으며, 총 페놀 함량, 총 당 함량, 총 안토시아닌 함량의 경우 4회의 수확 시기에 대한 함량 변화를 조사하였다. 가용성 고형물 함량의 경우 건진 과실 5개를 선별해 2겹의 cheese cloth에 감싸 착즙기로 과즙을 낸 후 휴대용 당도계(Pocket Refractometer PAL-1, Atago, Japan)를 이용하여 측정하였다. 적정 산 함량은 증류수 80mL에 과즙 1mL를 혼합한 후 0.1N NaOH 용액을 pH 8.3이 될 때까지 혼합하여 얻은 적정 값을 구연산 함량으로

환산하였다. 과실의 경도 측정은 과실의 횡축 가장자리를 측정하였으며 경도계(RHEO TEX SD-700, Sun Scientific Inc., Japan)와 3mm 프로브를 이용하여 3mm 깊이로 진입시켜 N값으로 측정하였다.

총 페놀 함량은 냉동 보관된 과실 중 균일하게 성숙한 과실 5개를 이용해 총 5g의 시료를 만들고 여기에 5mL의 추출용액(에탄올:물:염산=70:30:1)을 첨가한 후 30초간 균질 마쇄하였다. 이후 5mL의 추출용액을 다시 첨가하여 4°C의 환경에서 4,000rpm의 속력으로 30분간 원심분리(Combi-514R, Hanil Science Industrial Co., Ltd., Korea)하였고, 상징액을 분리하였다. 남은 침전물에 추출용액 5mL를 추가하여 같은 조건으로 원심분리하였으며, 이후 얻어진 상징액을 기존의 상징액과 합하였다. 이렇게 얻은 상징액(총 2회)에 추출용액을 이용하여 최종 부피가 20mL가 되도록 하였다. 이후 추출용액으로 15배 희석하였으며, 희석된 용액 1mL에 증류수 8mL를 추가한 뒤 1mL의 1N phenol reagent 시약을 추가하여 혼합하였다. 5분간 반응시킨 후 water bath를 이용하여 50°C로 중탕시킨 1mL의 20% sodium carbonate 용액을 첨가하여 혼합하였다. 이후 1시간 동안 상온에서 발색시켰으며, UV spectrophotometer(UV-1800, Shimadzu Corp., Japan)를 이용하여 725nm에서 흡광도를 측정하였고, gallic acid를 표준으로 하여 함량을 계산하였다.

총 당 함량의 측정은 냉동 보관된 과실 중 균일하게 성숙한 과실 5개를 이용하여 5g의 시료를 만들고 80% 에탄올 20mL를 첨가하여 30초간 균질 마쇄하였다. Water bath를 이용하여 60°C의 온도로 30분간 가열한 뒤, 20°C 환경에서 4,000rpm의 속력으로 30분간 원심분리하였고 이후 상징액을 분리하였다. 침전물에 20mL의 80% 에탄올을 추가한 후 같은 조건으로 가열한 다음 원심분리하였다. 이후 상징액을 분리하여 기존의 상징액과 합하였다. 이렇게 얻은 상징액(총 2회)에 80% 에탄올을 추가하여 최종 부피가 50mL가 되도록 하였고, 이후 추출 원액에 80% 에탄올을 첨가해 150배 희석하여 희석액을 얻었다. 희석액 0.5mL에 0.5mL의 5% phenol을 첨가한 후 혼합하였고, 이 후 2.5mL의 H₂SO₄를 추가하여 혼합하였다. 상온에서 30분동안 식힌 뒤 UV spectrophotometer를 이용하여 490nm에서 흡광도를 측정하였고, glucose를 표준으로 하여 총 당 함량을 계산하였다.

총 안토시아닌 함량은 냉동 보관된 과실 중 균일한 완숙 상태의 과실 5개를 이용해 총 5g의 시료를 만들고 이에 5mL의 추출용액(에탄올:물:염산=70:30:1)을 첨가해 30초간 균질 마쇄하였다. 이후 5mL의 추출용액을 다시 첨가하여 4°C의 환경에서 4,000rpm의 속력으로 30분간 원심분리하였다. 상징액을 분리한 뒤 남은 침전물에 추출용액 5mL를 추가하여 같은 조건에서 원심분리 후 상징액을 분리하여 기존의 상징액과 합하였다. 얻어진 상징액(총 2회)의 최종 부피가 20mL가 될 때까지 추출용액을 추가하였다. 추출한 원액이 530nm에서 흡광도 0.2-1.0 사이의 값이 나오도록 희석하였다. 본 실험에서는 40배로 희석하였으며 이후 UV spectrophotometer를 이용하여 530nm의 환경에서 흡광도를 측정한 후, 아래 공식을 이용하여 총 안토시아닌 함량을 계산하였다.

$$\frac{[A_{530nm} \times MW (\text{cyanidin-3-glucoside Molecular Weight}) \times DF (\text{Dilution Factor}) \times 103]}{[\epsilon (26,900 \text{ molar extinction coefficient} \times 1)]}$$

총 페놀 함량, 총 당 함량, 총 안토시아닌 함량은 각각 생체중 100g당 함량으로 구한 후 평균 과실 무게를 이용하여 과실 당 무게로 환산하여 표현하였다.

통계분석

전정 처리 간의 유의성 검정을 위하여 SAS 9.1(SAS Institute., Cary, NC, USA)을 사용하여 Tukey's test를 시행하였다.

결과 및 고찰

수체 생육 조사

6년생 남부하이부쉬 블루베리 'Misty'의 관목당 첫 개화일은 무전정 처리와 동계전정 처리의 경우 3월 29일이었으나 동계 및 하계전정 처리의 경우 3월 31일로 동계 및 하계전정 처리 시 약 이틀 정도 첫 개화일이 늦춰지는 것으로 조사되었다(데이터 미제시). 전정이 수행되지 않은 블루베리가 전정이 이루어진 것보다 첫 개화일이 더 이르다는 기존의 연구(Gough, 1983)와 차이가 있었는데, 이는 시설 재배시 블루베리 재배환경 및 하계전정에 의한 영향으로 판단되었다.

비가림 시설 재배 환경에서의 블루베리 수고별 SPAD 값은 무전정 처리구의 수관 하부의 잎일수록 다른 두 전정 처리구에 비해 낮은 값을 나타내었다(Fig. 1). 무전정 처리구의 경우 과도하게 생성된 측지로 인해 수관의 복잡성이 증대되어 내부의 광도가 매우 낮은 환경이었고(데이터 미제시), 이로 인해 수관 하부 잎은 그늘진 상태로 방치되었다. 차광의 정도에 따라 차광률이 증가할수록 잎의 이산화탄소 흡수율과 기공전도도 및 증산 속도가 낮아진다고 알려져 있으며(Kim et al., 2011c), 본 실험에서의 무전정 처리구 역시 다른 두 처리구에 비해 수관 하부 잎은 소비하는 양분에 의해 광합성 효율이 현저히 떨어질 것으로 판단된다. 세 처리구 모두 일정한 높이 이상부터는 SPAD 값이 감소하는 경향을 보였는데, 이는 수관 상부의 잎일수록 보다 강한 광 환경에 노출되어 엽록소의 색소 표백이 일어난 것으로 판단된다(Kim et al., 2011c).

지상부의 전정 시기에 따른 지하부 생육 변화를 알아보기 위해 블루베리 수체의 지상부 및 지하부의 생체중과 부피를 측정하였다(Table 1). 수관 부피는 동계전정 처리구가 가장 컸으며(7.36m³) 동계 및 하계전정 처리구가 가장 작았는데(5.30m³), 이것은 한 해에 두 번 행해지는 전정 처리에 의한 것으로 판단되며 투광 및 통풍이 확보된 환경에서 일정한 수관 부피의 유지는 수확 시 노동력의 효율적인 관리에 도움이 될 것으로 보인다. 근권부 부피는 무전정 처리구(0.40m³)가 가장 작았고, 동계전정(0.42m³) 보다 동계 및 하계전정 처리구(0.44m³)에서 컸다. 복숭아의 경우 뿌리 부피의 확장 정도에 따라 질소 흡수, 뿌리 호르몬 합성 속도 및 수체의 질소 축적에 영향을 준다는 연구 결과가 있으므로(Ran et al., 1994), 블루베리에 있어서도 근권부의 부피 확장과 토양 내의 양분 흡수 및 축적과 관련해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

반면 근권부의 생체중은 동계 및 하계전정 처리구가 2,603g으로 가장 낮았으며, 동계전정 처리구가 4,346g으로 가장 높은 값을 나타내었다. 수체 생육에서 중요한 요인 중 하나인 T/R율의 경우, 무전정 처리구가 0.54, 동계전정 처리구가 0.58, 동계 및 하계전정 처리구가 0.86으로 하계전정 처리의 유무에 따라 그 차이가 커지는 것으로 나타났다.

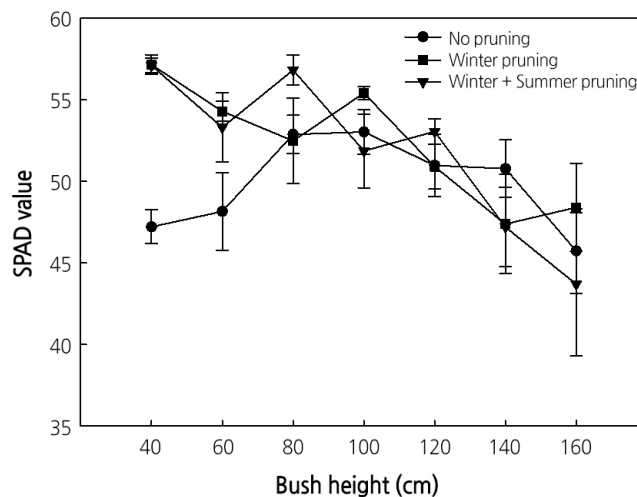


Fig. 1. Changes of SPAD value as bush heights of southern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) 'Misty' by different pruning methods in 2016. Error bars represent the standard deviation (n = 5).

Table 1. Volume, fresh weight, and T/R ratio of above- and underground parts of 6-year-old southern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) 'Misty' by different pruning methods (Date of measurement: Nov. 2, 2016)

Treatments ^z	Volume (m ³)		Fresh weight (g)		T/R ratio
	above ^y	under	above	under	
No pruning	6.31 a ^x	0.40 a	2,166 a	4,010 ab	0.54
WP	7.36 a	0.42 a	2,511 a	4,346 a	0.58
WP + SP	5.30 a	0.44 a	2,263 a	2,603 b	0.86

^zWP, winter pruning; and SP, summer pruning.

^yabove, above ground parts; and under; underground parts.

^xMean within a column with different letters are significantly different by Tukey's test at $p < 0.05$.

과실 크기와 수량의 관계

전정 처리에 따른 수확 시기별 과중 변화는 Fig. 2에 나타내었다. 6년생 남부하이부쉬 블루베리 'Misty'의 경우 수확이 진행됨에 따라 과중은 지속적으로 감소하는 경향을 나타내었다($R^2=0.9867$). 수확기 동안의 평균 과중은 동계 및 하계전정 처리구가 무전정 처리구에 비해 지속적으로 높은 값을 보였으며, 무전정 처리에 비해 동계 및 하계전정 처리가 과실 크기를 증진시킨

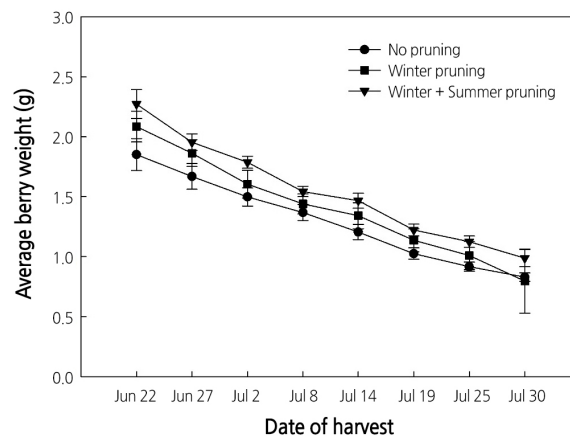


Fig. 2. Change of average berry weight of southern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) 'Misty' by different pruning methods in 2016 harvest season. Error bars represent the standard deviation ($n = 5$).

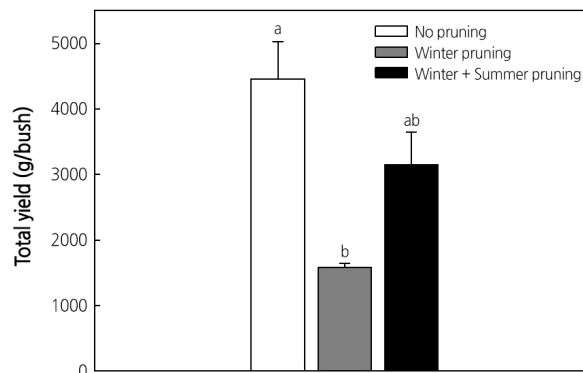


Fig. 3. Total yield of 6-year-old southern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) 'Misty' by different pruning methods in 2016 harvest season. Error bars represent the standard deviation ($n = 5$). Values followed by different letters were significantly differences according to Tukey's test at $p < 0.05$.

다는 기존의 연구와 일치하였다(Pescie et al., 2011).

총 수량은 무전정 처리가 4,461g으로 가장 많았다(Fig. 3). 전정 처리구의 경우 동계전정 처리구가 1,583g, 동계 및 하계전정 처리구가 3,153g으로 동계전정에 비해 하계전정을 추가로 처리하는 것이 수량이 많았으나 통계적은 유의차는 보이지 않았다. Fig. 4A의 수확 시기별 관목당 수확량을 비교한 결과, 전정처리구에 비해 무전정 처리구의 수확량은 수확 말기에 급증하는 경향을 보였으며, 전정을 하지 않은 성목 블루베리가 전정된 나무에 비하여 평균 수확량이 지속적으로 많았다는 기존의 보고와

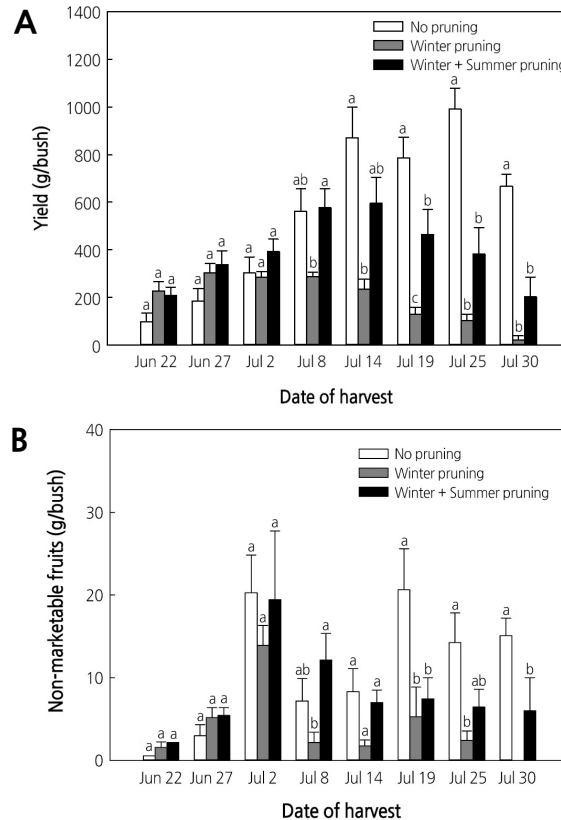


Fig. 4. Changes of yield (A) and non-marketable fruit yield (B) of southern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) 'Misty' by different pruning methods in 2016 harvest season. Error bars represent the standard deviation (n = 5). Values followed by different letters were significantly differences according to Tukey's test at $p < 0.05$.

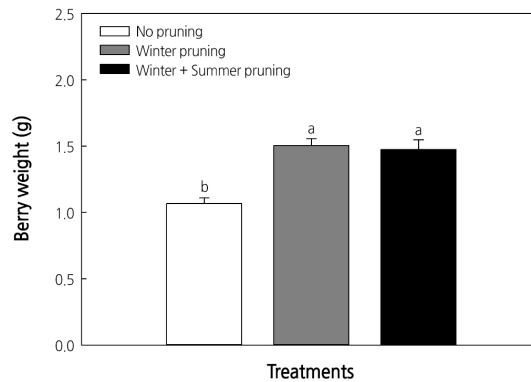


Fig. 5. Berry weight of southern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) 'Misty' by different pruning methods (harvest date: July 8, 2016). Error bars represent the standard deviation (n = 20). Values followed by different letters were significantly differences according to Tukey's test at $p < 0.05$.

일치하였다(Brightwell and Johnston, 1944; Strik et al., 2003). 이는 전정을 하지 않은 나무에서는 블루베리 과실의 숙기가 지연되는 경향이 큰 것으로 생각된다. 한편 과실의 개별 평균 과중은 무전정 처리구가 다른 전정 처리구에 비해 유의적으로 낮은 값을 나타내었는데(Fig. 5), 이것은 결과지당 착과량이 증가할수록 과중은 감소한다는 기존의 연구(Strik et al., 2003)와 유사한 결과이다.

비상품 과실의 발생 정도

과실 수확기간 동안 병충해를 비롯한 물리적인 피해를 입은 과실을 포함하여 곰팡이가 발생한 부패과, 미숙된 상태로 조기 낙과된 과실 등 비상품 과실의 발생이 있었고 발생량은 모든 수확 시기에 걸쳐 무전정 처리구에서 평균적으로 많게 나타났다(Fig. 4B). 무전정 처리구의 경우 측지의 과도한 분지로 인해 얇고 짧은 단가지 발생이 많았고, 많은 측지에 꽃눈이 분화하여 결과량은 많았지만 수량 조절이 이루어지지 않아 과도한 과실 무게로 인해 바닥으로 쳐지는 가지가 많았다. 바닥에 쏠려 상처를 입거나 닿은 부분이 물러지면서 부패하는 과실의 양이 많았으며, 처진 가지를 유인하기 위한 추가적인 노동력 투입이 이루어져 전정 처리구에 비해 작업 효율이 낮았다.

수확기 전반에 걸쳐 무전정 처리구에서 지속적으로 많은 양의 비상품 과실이 발생하여 약제 방제와는 무관하게 전정 처리의 유무가 비상품 과실의 발생에 영향을 주는 것으로 판단된다. 블루베리 과실의 부패와 관련된 연구에서, 탄저병에 의한 부패 발생은 수체 상단 부위의 과실에 비해 상대습도가 높은 바닥 쪽에 있는 과실에서 항상 더 많았으며, 과실 부패 병원균의 감염과 포자 형성에 높은 상대습도와 자유수분이 필요하다고 보고되었다(Hanson et al., 2000). 또한 사과 'Reinette du Canada' 품종의 하계전정과 관련된 실험에서 고두병을 감소시키는 결과를 보였는데, 이는 유기농 과원을 운영하고자 하는 경우에 생태적으로 안전하게 병해충의 피해를 예방하는 방법이 될 수 있다고 보고된 바 있다(Guerra and Casquero, 2010).

일반적으로 전정은 수관 내부의 투광성과 통풍을 증진시켜 상대습도가 증가하는 것을 방지하고 이로 인한 과실 부패를 예방하는 것으로 알려져 있다. 따라서 블루베리 수체에 대한 본 실험 결과에 따르면, 전정은 병해충의 피해와 비상품 과실의 발생을 감소시키는 데 효과적인 것으로 판단된다.

과실의 품질 특성

수확된 과실의 가용성 고형물 함량 및 적정 산 함량의 경우(Table 2) 처리간 유의적인 차이는 보이지 않았다. 과실 경도는 무전정 처리구의 과실이 유의적으로 낮은 값을 나타내었다($p < 0.05$). 과실의 경도는 수확 후 배송지 선정에 있어 주요한 요인이기 때문에(Galletta, 1975; Ballington et al., 1984) 전정 처리에 의한 과실의 경도 증가로 인해 수확 후 장거리 배송이 가능해질 것으로 보이며 이를 활용한 수익성 증대에 긍정적인 영향을 줄 것으로 판단된다.

성목 남부하이부쉬 블루베리 'Misty'의 수확기간 중 과실의 내적 품질 변화를 확인하기 위해 총 페놀 함량, 총 당 함량, 총 안토시아닌 함량의 변화를 측정하였다. 블루베리 과실의 총 페놀 함량과 총 당 함량의 변화는 모두 수확 초기에 높았다가 수확이

Table 2. Soluble solids content, titratable acidity, and firmness of southern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum*L.) 'Misty' by different pruning methods

Treatments ^z	Soluble solids (°Brix)	Titratable acidity (%)	Firmness (N)
No pruning	12.6 a ^y	0.60 a	1.94 b
WP	12.7 a	0.61 a	2.10 a
WP + SP	11.8 a	0.78 a	2.03 ab

^zWP, winter pruning; and SP, summer pruning.

^yMean within a column with different letters are significantly different by Tukey's test at $p < 0.05$.

지속되면서 완만하게 감소하는 경향을 나타내었고, 수확 중반기 이후 무전정 처리구가 다른 두 처리구에 비해 유의적으로 낮은 값이 지속되는 것으로 조사되었다(Fig. 6A, B).

블루베리 과실의 총 안토시아닌 함량 변화는 모든 처리구에서 지속적으로 낮아지는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 보이지 않았다(Fig. 6C). 블루베리의 경우 전정 처리가 과실의 내적 성분 변화에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 생각된다. 기존의

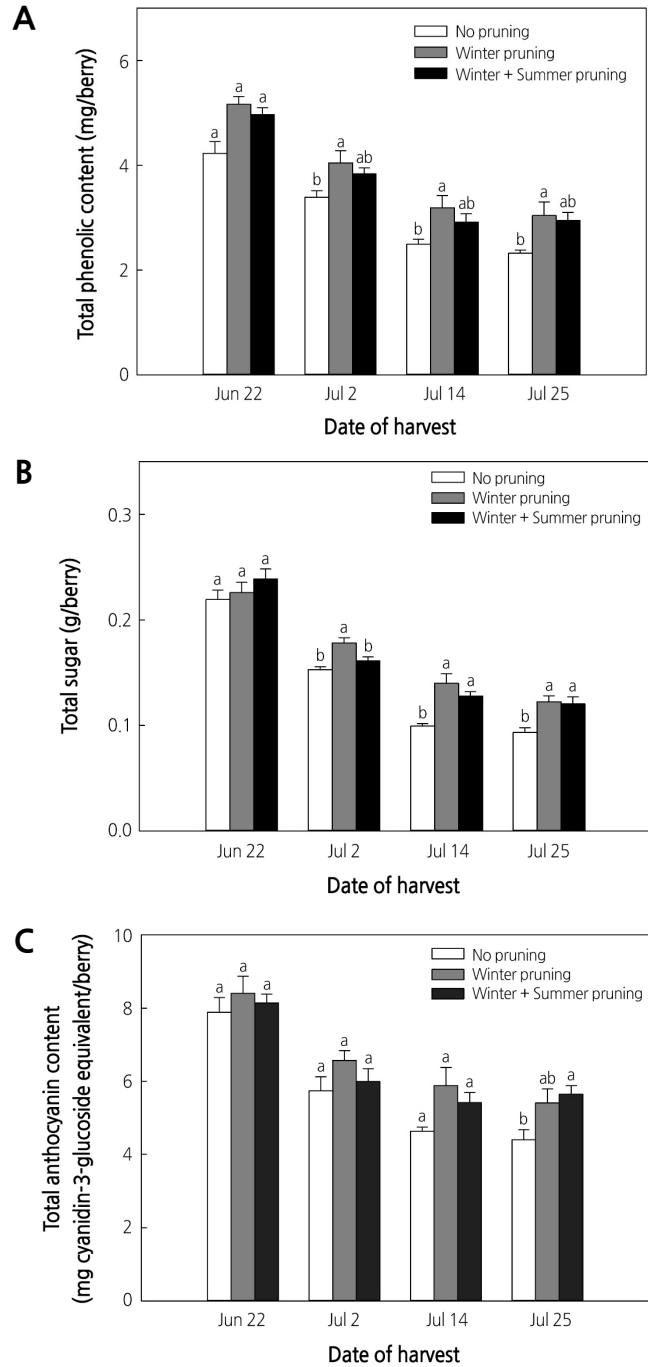


Fig. 6. Changes in total phenolic content (A), total sugar content (B), and total anthocyanin content (C) of southern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) 'Misty' by different pruning methods in 2016 harvest season. Error bars represent the standard deviation (n = 3). Values followed by different letters were significantly differences according to Tukey's test at $p < 0.05$.

연구에 따르면 동계전정의 처리 횟수에 따라 래빗아이 블루베리 3품종의 안토시아닌 함량에 있어 유의적인 차이를 보인다는 결과가 보고되었다(Radünz et al., 2014). 본 실험의 경우 총 2회의 전정 처리이긴 하나 그 시기를 달리하였고, 전정 처리간에 유의적인 차이를 보이지 않았기 때문에 노동력을 효율적으로 관리하면서 동시에 과실의 내적 품질을 향상시킬 수 있는 세밀한 추가 조사가 필요할 것으로 생각된다.

이상의 결과를 종합하면 남부하이부쉬 블루베리 'Misty'의 하계전정은 과실의 크기와 수량 증진에 효과적이었으며 비상품 과실 발생을 억제하였다. 개화 일자를 평균 이틀 정도 늦추긴 했지만 수확기에는 영향을 미치지 않았고, 반면 최대 수확일은 전정에 의해 영향을 받는 것으로 조사되었다. 기존의 남부하이부쉬 블루베리의 하계전정과 관련된 실험에서, 하계전정 처리가 꽃눈 유도와 과실의 크기에 영향을 준다고 알려져 있다(Bañados et al., 2009). 비록 본 실험에서 동계전정 처리와 동계 및 하계전정 처리간의 평균 과중 및 내적 품질 지표 등에서 차이가 크지 않았지만 이는 블루베리의 품종과 수령, 재배 환경에 따라 상이할 것으로 판단된다. 블루베리는 다른 주요 과종에 비해 하층 식생을 이루면서도 광 조건이 생산력에 미치는 영향이 크며, 수관 내부에 미치는 광의 차단과 분포 정도가 과실의 수확량과 품질에 결정적인 환경 요인이라고 알려져 있다(Johnson and Lakso, 1991). 따라서 수관 내부로의 적절한 투광성 확보를 위한 전정 방법의 확립이 필요할 것으로 판단되며, 이를 위해 투입되는 노동력의 효율성 등을 고려한 종합적이고 장기적인 전정기술 개발이 필요할 것으로 생각된다.

초 록

본 연구는 남부하이부쉬(*Vaccinium corymbosum* L. hybrid) 블루베리 '미스티'에 대한 동계전정 및 하계전정 처리에 따른 수체 생육, 과실의 수량과 품질에 미치는 영향을 살펴보고자 실시하였다. 전정처리는 무전정, 동계전정(생장량의 30% 제거, 2월 25일), 동계전정 + 하계전정(8월 8일)을 실시하였다. 수체 내 투광도 비교를 위하여 SPAD 값과 수관부와 근권부의 생장 비교를 위해 T/R율을 측정하였으며, 과실 수량과 품질 조사를 위하여 8회에 걸쳐 과실을 수확하였고 비상품과[부패과, 소형과(직경<10mm)]와 각 수확시기의 수확량을 조사하였다. 과실 품질 지표로 경도, 가용성 고형물, 산, 총 페놀, 총 당 및 총 안토시아닌 함량을 조사하였다. 무전정 처리구의 수관 하부 잎에서는 유의적으로 낮은 SPAD 값을 나타내었고, T/R율은 동계전정 + 하계전정 처리구에서 무전정과 동계전정 처리구보다 높게 조사되었다. 블루베리의 과중은 수확기 동안 지속적으로 감소하는 경향을 보였다. 무전정 처리구의 경우 5번째 수확 시기 이후 수확량이 급증한 데 반해 개별 과실의 무게는 전정 처리구에 비해 유의적으로 낮은 값을 보였다. 조사기간 동안 비상품 과실은 지속적으로 발생하였으나 특히 무전정 처리구에서 수확 말기까지 발생량이 많았다. 각각의 전정처리에 따른 품질 지표 중 가용성 고형물 함량, 산 함량, 경도는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만, 총 페놀, 총 당 및 총 안토시아닌 함량은 모든 처리구에서 수확이 진행됨에 따라 지속적으로 감소하는 경향을 나타내었다.

추가 주요어 : 안토시아닌, 베리 과중, 광, SPAD 값, 총 페놀, 총 당

Literature Cited

- Ballington JR, Ballinger WE, Swallow WH, Galletta GJ, Kushman LJ (1984) Fruit quality characterization of 11 *Vaccinium* species. J Am Soc Hortic Sci 109:684-689
- Bañados P, Uribe P, Donnay D (2009) The effect of summer pruning date in 'Star', 'O'Neal' and 'Elliott'. Acta Hortic 810:501-507. doi:10.17660/ActaHortic.2009.810.66
- Brightwell WT, Johnston S (1944) Pruning the highbush blueberry. Michigan State College, Agricultural Experiment Station, MI, USA
- Chung SW, Yu DJ, Lee HJ (2016) Changes in anthocyanidin and anthocyanin pigments in highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* cv. Bluecrop) fruits during ripening. Hortic Environ Biotechnol 57: 424-430

- Demirtas MN, Bolat I, Ercisli S, Ikinci A, Olmez H, Sahin M, Altindag M, Celik B** (2010) The effects of different pruning treatments on seasonal variation of carbohydrates in 'Hacihaliloglu' apricot cultivar. *Not Bot Horti Agrobot Cluj-Napoca* 38:223-227
- Galletta GJ** (1975) Blueberries and cranberries. In J Janick, JN Moore, eds, *Advances in Fruit Breeding*. Purdue University Press, West Lafayette, IN, USA, pp 154-196
- Gough RE** (1983) Time of pruning and bloom date in cultivated highbush blueberry. *HortScience* 18:934-935
- Gough RE** (1994) The highbush blueberry and its management. The Haworth Press, Binghamton, NY, USA, pp 137-149
- Guerra M, Casquero PA** (2010) Summer pruning: An ecological alternative to postharvest calcium treatment to improve storability of high quality apple cv. Reinette du Canada. *Food Sci Technol Int* 16:343-350
- Hanson E, Hancock J, Ramsdell DC, Schilder A, VanEe G, Ledebuhr R** (2000) Sprayer type and pruning affect the incidence of blueberry fruit rots. *HortScience* 35:235-238
- Johnson RS, Lakso AN** (1991) Approaches to modeling light interception in orchards. *HortScience* 26:1002-1004
- Kim HL, Kim HD, Kim JG, Kim, Kwack YB, Choi YH** (2010a) Effect of organic substrates mixture ratio on 2-year-old highbush blueberry growth and soil chemical properties. *Korean J Soil Sci Fertil* 43:858-863
- Kim HL, Kwack YB, Kim HD, Kim JG, Choi YH** (2011a) Effect of different soil water potentials on growth properties of northern-highbush blueberry. *Korean J Soil Sci Fertil* 44:161-167. doi:10.7745/KJSSF.2011.44.2.161
- Kim JG, Jo JG, Kim HL, Ryou MS, Kim JB, Hwang HS, Hwang YS** (2011b) Growth and fruit characteristics of blueberry 'Northland' cultivar as influenced by open field and rain shelter house cultivation. *J Bio-Environ Control* 20:387-393
- Kim JG, Kim HL, Kim SJ, Park KS** (2013) Fruit quality, anthocyanin and total phenolic contents, and antioxidant activities of 45 blueberry cultivars grown in Sowon, Korea. *J Zhejiang Univ-Sci B* 14:793-799. doi:10.1631/jzus.B1300012
- Kim JG, Ryou MS, Jung SM, Hwang YS** (2010b) Effects of cluster and flower thinning on yield and fruit quality in highbush 'Jersey' blueberry. *J Bio-Environ Control* 19:392-396
- Kim SJ, Yu DJ, Kim TC, Lee HJ** (2011c) Growth and photosynthetic characteristics of blueberry (*Vaccinium corymbosum* cv. Bluecrop) under various shade levels. *Sci Hortic* 129:486-492. doi:10.1016/j.scienta.2011.04.022
- Kovaleski AP, Darnell RL, Casamali B, Williamson JG** (2015) Effects of timing and intensity of summer pruning on reproductive traits of two southern highbush blueberry cultivars. *HortScience* 50:1486-1491
- Lee SG, Cho JG, Shin MH, Oh SB, Kim HL, Kim JG** (2015) Effects of summer pruning combined with winter pruning on bush growth, yields, and fruit quality of 'Misty' southern highbush blueberry for two years after planting. *Hortic Environ Biotechnol* 56:740-748. doi:10.1007/s13580-015-0101-6
- Müller JL** (2011) Pruning and pollination studies on southern highbush blueberries (*V. corymbosum* L. interspecific hybrids). MS Thesis, University of Stellenbosch, Stellenbosch, South Africa
- Pescie MDLA, Borda M, Fedyszak P, López C** (2011) Efecto del momento y tipo de poda sobre el rendimiento y calidad del fruto en arándano altos del sur (*Vaccinium corymbosum*) var. O'Neal en la provincia de Buenos Aires. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 37:268-274 (In Spanish with English Abstract)
- Radünz AL, Acunha TDS, Kröning DP, Scheunemann LC, Rassch CG, Chaves FC, Herter FG** (2014) Effect pruning time on yield and quality of blueberry fruit. *Bragantia* 73:45-49. doi:10.1590/brag.2014.009
- Ran Y, Habib R, Bar-Yosef B, Erez A** (1994) Root volume effects on nitrogen uptake and partitioning in peach trees. *Agron J* 86(3):530-534. doi:10.2134/agronj1994.00021962008600030014x
- RDA** (2013) Blueberry. Rural Development Administration, Korea, pp 138-154
- Retamales JB, Hancock JF** (2012) Blueberries. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp 172-177
- Strik B, Buller G, Hellman E** (2003) Pruning severity affects yield, berry weight, and hand harvest efficiency of highbush blueberry. *HortScience* 38:196-199
- Williamson JG, Darnell RL** (1996) Severity and timing of mechanical rejuvenation pruning affects vegetative and reproductive growth of blueberry. *HortScience* 31:663-663