Journal of Bio-Environment Control, 20(4):387-393, (2011)

노지와 비가림 하우스 재배에 따른 블루베리 'Northland' 품종의 생육 및 과실 특성 분석

김진국[1] · 조정건[1] · 김홍림[2] · 류명상[1] · 김정배[1] · 황해성[1] · 황용수[3]*
[1]농촌진흥청 국립원예특작과학원 과수과, [2]농촌진흥청 국립원예특작과학원 남해출장소,
[3]충남대학교 농업생명과학대학 원예학과

Growth and Fruit Characteristics of Blueberry 'Northland' Cultivar as Influenced by Open Field and Rain Shelter House Cultivation

Jin Gook Kim[1], Jung Gun Jo[1], Hong Lim Kim[2], Myung Sang Ryou[1], Jung Bae Kim[1], Hae Song Hwang[1], and Yong Soo Hwang[3]*
[1]Fruit Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Suwon 441-706, Korea
[2]Namhae Sub-Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Namhae 668-812, Korea
[3]Department of Horticulture, College of Agriculture and Life Science, Chungnam National University, Daejeon, 305-764, Korea

Abstract. This study was conducted to find the effects of microclimates such as air and soil temperature, photosynthetic photon flux density (PPFD) on the berry development and physiological property between cultivation conditions (open field and rain shelter house) in 'Northland' blueberries (*Vaccinium corymbosum*). The rate of berry growth and development was stimulated in plants grown in rain shelter house, thus, berry reached to the ripe stage about one week earlier than those in open field. Berry weight and size at ripe stage seemed not affected by microclimates. However, total soluble solids content was higher in berries from open field whereas the titratable acidity was significantly higher in berries grown in rain shelter house. Berry firmness at ripe stage was little affected by growing condition. Total anthocyanin content of ripe berries was higher in berries harvested from rain shelter house. Total phenolics content and anti-oxidation activity of berries were higher in open field than those of rain shelter house during berry development but no differences were found at ripe berries.

Key words : anthocyanin, cluster weight, firmness, soluble solids, titratable acidity

서 론

블루베리는 최근 재배가 증가하고 있는 소과류 작목으로서, 식물학적으로 진달래과(Ericaceae) 산앵두나무속(*Vaccinium*)에 속하는 관목성 식물이다. 산앵두나무속 식물은 전 세계적으로 400여종이 있으며, 주로 동남아시아에 분포하고 있다(Gough, 1994). 산업적으로는 하이부쉬 블루베리(*V. corymbosum*), 로우부쉬 블루베리(*V. angustifolium*), 래빗아이(*V. ashei*) 등이 중요하다(Westwood, 1993). 블루베리 과실의 다양한 건강 기능적 유용성분(Schmidt 등, 2004; Sellappan 등, 2002; Wang and Jiao, 2000; Zheng과 Wang, 2003; Zheng 등, 2003)이 밝혀지며 우리나라에서도 고기능성 농산물의 수요 증가와 함께 2000년 후반기에 재배면적이 급속히 증가하여, 2011년 현재 약 1,082ha가 재배되고 있다(Blueberry News Letter, 2011).

최근 과수는 노지재배뿐만 아니라, 하우스 재배를 이용한 조기출하 및 안정적인 생산을 목적으로 시설재배 면적이 꾸준히 증가하고 있다. 과수의 시설하우스 재배는 동해, 서리 피해 등 자연재해 예방과 강우의 조절로 안정적인 생산을 가능하게 할 뿐만 아니라 보온 또는 가온에 의해 수체의 생육 및 과일의 숙기를 촉진시킬 수 있어 조기생산으로 단경기 출하를 가능하게 한다.

*Corresponding author: yshwang@cnu.ac.kr
Received September 21, 2011; Revised October 21, 2011; Accepted October 27, 2011

시설하우스 재배에서는 광, 기온과 일교차, 토양온도 및 토양수분 등의 미기상 환경이 일반적인 노지재배와는 차이를 보인다. 광환경에 있어서는 비가림 시설을 하게 되면 차광으로 광조건이 불리해지는데, 시설원예 재배지역의 하우스 광투과율은 일반적으로 65~70% (Park 등, 1988)를 나타낸다. 광 부족 환경에서 가지는 웃자라고 결실이 불량해지는 경우가 생길 수 있으며, 과실의 품질과 저장기간도 영향을 받을 수 있다. 또한 일조량은 당년의 수체 생육은 물론 다음해 결실에 필요한 동화산물 생산에 영향을 주는데 식물체의 광포화점이 중요하다. 블루베리의 경우 광포화점은 $500\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ PPFD(photosynthetic photon flux density) 로 보고되었다(Kim 등, 2004). 일반적으로 시설재배를 하는 주된 목적은 고온환경을 만들기 위해서라고 할 정도로 온도환경은 노지재배와 차이가 크다. 하지만 시설의 형태 및 계절에 따라 온도 차가 심하고(Park 등, 1988) 과실비대기에는 하우스온도가 지나치게 높아 문제가 되기도 한다. 토양 온도는 지면에 도달하는 태양에너지의 직접적인 영향을 받아 지면 부근의 미세기상, 증발산 및 지중 열 전달량에 의하여 영향을 받으며 수체의 양분흡수 및 과실품질에도 영향을 미친다(Park 과 Oh, 2000).

시설하우스를 이용한 과수 재배로는 포도의 비가림 재배(Choi 등, 1998; Jang 등, 2010) 및 감귤 하우스 재배(Kang 등, 1997; Moon과 Kim, 2005)가 널리 보급되어 있고, 이외에도 배, 비파, 참다래, 무화과 등도 무가온 시설재배에 의한 숙기촉진을 목적으로 재배되고 있다(Rural Development Administration, 2004).

따라서 본 실험은 내한성과 수세가 강하고 풍미가 우수하여 국내 재배면적이 많은 ‘Northland’ 품종을 이용하여 노지재배와 비가림 하우스 재배의 미기상 조건을 비교하고, 이에 따른 블루베리의 생육특성과 과실특성을 조사하여 고품질 블루베리 생산을 위한 재배기술을 정립하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험재료

경기도 수원시 이목동에 소재하는 국립원예특작과학원 시험포장에 재식된 노지포장과 비가림 하우스(폭 6.6m, 높이 4.6m, 길이39m) 에서 재식된 블루베리 4년생 ‘Northland’ 품종 중에 수세가 비슷한 나무 20주를 선정하여 시험을 실시하였다.

2. 광합성 유효광량자속 밀도, 지상 및 지중부 온도 측정

노지 및 비가림 하우스에 재식된 블루베리의 광합성 유효광량자속 밀도(photosynthetic photon flux density, PPFD), 지상 및 지중부 온도를 측정하기 위하여 기상장비를 다음과 같이 설치하였다. PPFD는 Watch Dog (Spectrum Technologies, Inc., USA)을 블루베리 나무 옆 1m 높이로 주위로부터 그림자의 영향을 받지 않도록 설치하였고, 자료는 2시간 간격으로 수집하였다. 지상부 온도는 지상 1m, 지중부 온도는 지중 30cm 깊이에 센서를 각각 설치하여 2시간 간격으로 자료를 수집하였다.

3. 생육 및 과실특성

블루베리의 발아기, 전엽기, 만개기, 착색기, 수확 개시일을 각 포장별로 조사하였다. 만개일은 전체 수관의 80%가 개화된 시기로 정하였다. 완숙기는 블루베리 과피 전체가 청색으로 착색된 후 5일 전후의 시기로 정하였다.

과실의 발육기간 중 특성을 살펴보고자, 발육시기를 6단계(immature green, mature green, green-pink, blue-pink, blue, ripe)로 구분하여 각 단계별로 수확한 과실을 조사하였다(Fig. 1). 과실중, 종경, 횡경은 20립을 임의로 채취하여 조사하였고, 가용성고형물(total soluble solids) 함량은 무작위로 10개의 과실을 선택하여 치즈클로스 2겹을 이용하여 착즙한 후 굴절 당도계(PAL-1, Atago, Japan)를 이용하여 측정하였고, 산 함량(titratable acidity)은 상기의 과즙을 자동 산도분석계(Titroline easy, Schott, Germany)를 이용하여 측정한 후 citric acid

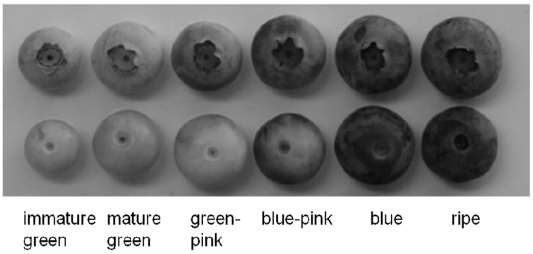

Fig. 1. Changes of skin color during fruit development in ‘Northland’ blueberry.

함량으로 환산하여 표기하였다. 가용성고형물 함량과 산 함량은 3 반복으로 측정하였다. 과실 경도는 직경 5mm의 원형 probe를 이용하여 침투 깊이 5mm로 측정하였다(LF Plus, Lloyd Instruments Ltd., England).

4. 착색, 페놀 함량 및 항산화 활성도 측정

과실의 총 안토시아닌 함량, 총 페놀 함량, 항산화 활성도 측정은 Barnes 등(2009)의 방법을 변형하여 수행하였다. 즉, 블루베리 시료 5g을 추출액(에탄올 : 증류수 : 염산 = 70 : 30 : 1, V/V/V)과 함께 1분간 마쇄한 후 14,000×g로 20분간, 4°C에서 원심분리(VS-550, Vision Scientific, Korea) 후 최종부피를 20mL로 보정하여 각 성분 분석의 시료로 사용하였다.

총 안토시아닌 함량은 Connor 등(2002b)의 방법에 따라서 측정한 다음 cyanidin-3-glucoside 등량으로 표기하였다. 총 페놀 함량은 Folin-Denis법(Singleton and Rossi, 1965)에 따라 추출액 1mL에 3차 증류수 8mL을 첨가하고 1mL Folin-Ciocalteau 시약을 넣어 5분간 반응시킨 후 20% Na_2CO_3 용액(50)을 1mL 넣고 실온에서 1시간 정치한 후 분광광도계(Agilent-8453, Agilent, USA)를 이용하여 725nm에서 흡광도를 측정하였다. 정량은 gallic acid(Sigma, USA)를 표준물질로 삼아 검량선(0~100μg)을 구하고 페놀 함량으로 환산하였다.

항산화 활성도는 Doshi 등(2006)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 블루베리 추출액을 10% 메탄올로 10배 희석한 다음 100μL 시료에 1mL의 ferric-reducing antioxidant power(FRAP) 용액을 첨가하고 6분 후에 593nm에서 흡광도를 측정하여 황산화 활성도를 조사한 다음 quercetin(Sigma, USA) 함량으로 표기하였다. 과실 성분 분석은 3반복으로 실시하였다.

5. 통계분석

통계분석은 SAS(Release 9.2, SAS Institute, Inc., USA) 프로그램을 이용하여 T-test 분석을 하였다.

결과 및 고찰

1. 노지와 비가림 하우스 시설내의 지상 및 지중부 온도, PPFD 변화

과실발육 기간 중 주간의 지상부 온도는 노지포장보다 비가림 하우스에서 높았으나, 야간에는 노지포장에서 높은 경향을 보였고, 두 곳의 온도 차이는 0~7.2°C였다(Fig. 2). 반면 지중부 온도는 주간에는 노지포장이 비가림 하우스 보다 높았고, 야간에는 낮은 온도 분포를 나타냈다. 노지와 비가림 하우스의 지중부 온도 차이는 0~2.3°C였다(Fig. 3). 관측 기간 중 PPFD는 노지 포장이 비가림 하우스보다 약 2배 가량 높았다(Table 1).

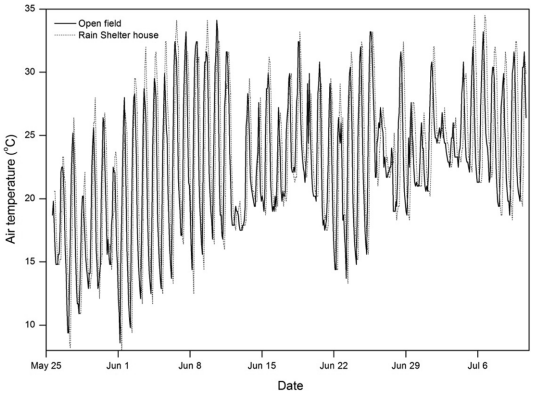

Fig. 2. Comparison of air temperatures between open field and rain shelter house during growing season.

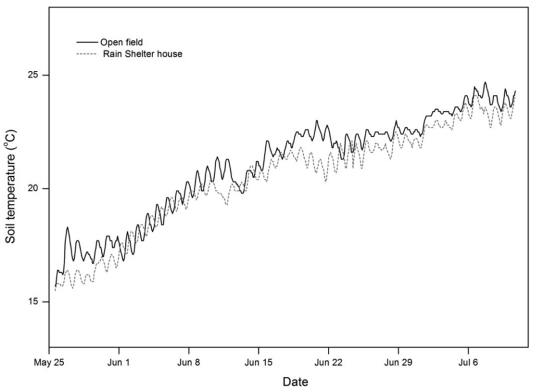

Fig. 3. Comparison of soil temperature between open field and rain shelter house during growing season.

맑은 날(2010년 6월 23일)의 PPFD는 노지에서는 1,600μmol · m^{-2} · s^{-1}이었고, 비가림 하우스에서는 909μmol · m^{-2} · s^{-1}인 반면에, 흐린 날(2010년 7월 3일)의 경우는 노지에서는 316.2μmol · m^{-2} · s^{-1}, 비가림 하우스에서는 169.0μmol · m^{-2} · s^{-1}으로 조사되었으며, 기상조건에 관계없이 노지의 PPFD가 비가림 하우스

Table 1. Comparison of photosynthetic photon flux density (PPFD) between open field and inside rain shelter house.

Date and time	Weather condition			
	Clear		Cloudy	
	Open field	Rain shelter house	Open field	Rain shelter house
May 25 14:00			384	207
May 26 12:00	1798[z]	760		
May 29 10:00	1156	731		
June 1 12:00	1620	681		
June 5 12:00	1581	701		
June 10 10:00			721	345
June 16 12:00			563	227
July 6 10:00	1314	820		
July 8 12:00	1427	830		
July 9 10:00	1264	721		

[z]Data were collected by Watch Dog from May 25 to Jul. 10. Units were expressed as μmol · m^{-2} · s^{-1}.

내보다 약 2배 정도 높게 유지되었다. 본 실험에서 측정된 비가림 하우스내의 PPFD 값은 Choi 등(2010)의 보고와 유사 했다.

2. 노지와 비가림 하우스 재배 블루베리 'Northland'의 생장 특성

노지와 비가림 하우스에서 재배한 블루베리 생육과정을 모니터링하였다(Table 2). 비가림 하우스의 잎눈 발아일은 3월 14일로 노지재배한 나무의 3월 25일에 비하여 11일정도 빨랐다. 전엽기는 노지 포장은 4월 15일, 비가림 하우스는 4월 12일이었다. 만개기(80% 개화)는 노지 포장은 5월 7일, 비가림 하우스는 5월 3일이었다. 과실 수확은 노지 포장에서는 6월 27일 첫 수확을 하였고, 비가림 하우스에서는 6월 17일 첫 수확을 하여, 비가림 하우스에서 10일정도 조기수확이 가능하였다. 만개기에서 수확기까지의 생육일수는 노지 포장에서는 52일이었으나, 비가림 하우스에서는 46일로 6일이 단축되어 비가림 하우스 시설로 약 6일 가량의 조기수확이 가능하였다. 또한 전체 과실의 수확기간이 비가림 하우스 시설 내에서는 15일 정도였으나, 노지 포장에서는 한달 가량 소요되는 것으로 나타났다. 일반적으로 하이부쉬 블루베리 과실은 전체 수관내의 개화기간이 약 16일 정도로 길고, 한 수관내의 과실을 수확하는데 약 한달 가량의 기간이 걸리는 것으로 알려져 있는데(Che 등, 2009), 비가림 하우스 재배에서는 전체 과실이 완숙에 도달하는 기간이 노지재배에 비하여 짧았다. 이는 비가림 하우스 재배에서는 전체 수관내의 개화기간이 노지재배보다 단축되어 착과 위치에 따른 성숙속도에 차이가 적으므로 비교적 동시에 성숙이 진행되기 때문으로 여겨진다.

Table 2. Difference of developmental stages in open field and rain shelter house of 'Northland' blueberry.

Stage	Open field	Rain shelter house
Bud-burst period	Mar. 25	Mar. 14
Shoot expansion	Apr. 15	Apr. 12
Full bloom	May 7	May 3
Fruit coloring	Jun. 17	Jun. 14
Ripe (first harvest)	Jun. 27	Jun. 17

3. 노지와 비가림 하우스 재배가 블루베리 'Northland' 품종의 과실 특성에 미치는 영향

과실 발육시기별 특성을 살펴보았을 때(Table 3), 과립중은 immature green시기에는 비가림 하우스의 과립중이 노지 포장의 과실보다 유의하게 높았으나 ($P < 0.01$), mature green 단계 이후에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 과실 발육기간 중 종경과 횡경 변화는 과립중과 유사한 경향이었다.

한편 토양관수는 블루베리의 경우, 10kPa을 기준으로 하는 것이 수체 생장을 증대시킴은 물론 과실 수량도 증진시키는 것으로 보고(Haman 등, 1997)되고 있으므로 본 실험에서도 10kPa을 기준으로 관수하였다. 노지 포장과 비가림 하우스 과실의 과립중의 유의한 차이가 없었는데, 지중 온도, 지상부 온도, PPFD 등 미세기상이 블루베리 과립중에 미치는 영향은 크지 않

Table 3. Comparison of fruit characteristics during berry development in 'Northland' blueberry.

Stage	Location	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit width (mm)	Total soluble solids (°Brix)	Titratable acidity (%)	Firmness (N/Ø5 mm)	Total anthocyanin[z]
Immature green	Open field	0.4	7.2	8.9	8.2	4.1	52.3	5.1
	Rain shelter house	0.6	7.8	11.0	8.6	4.8	62.0	12.8
		**[y]	**	**	ns	ns	**	*
Mature green	Open field	1.0	9.5	12.8	8.4	3.0	24.1	26.7
	Rain shelter house	1.0	9.7	13.1	7.4	3.2	26.9	28.7
		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Green- pink	Open field	1.0	9.6	12.7	9.6	2.3	14.0	53.4
	Rain shelter house	1.0	9.2	12.2	8.0	2.5	15.3	31.2
		ns	ns	ns	**	*	ns	*
Blue-pink	Open field	1.2	9.7	12.9	10.1	2.0	10.6	85.3
	Rain shelter house	1.1	9.7	12.8	7.9	2.3	11.0	39.2
		ns	ns	ns	ns	**	ns	**
Blue	Open field	1.3	10.5	13.3	10.9	1.2	8.1	150.3
	Rain shelter house	1.3	10.3	13.2	9.3	1.2	7.8	165.7
		ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
Ripe	Open field	1.5	11.1	14.5	11.6	0.9	8.2	212.7
	Rain shelter house	1.7	11.1	14.6	9.6	0.6	7.3	283.1
		ns	ns	ns	*	*	*	**

[z]Amounts were expressed as milligram cyanidin 3-glucoside equivalents · 100 g^{-1} fresh fruit.
[y]ns, *,** indicate not significant and significant differences at $P < 0.05$ or $P < 0.01$ by T-test within location, respectively.

았다.

가용성 고형물 함량의 경우는 green-pink($P < 0.01$), blue($P < 0.05$), ripe($P < 0.05$) 단계에서 노지포장의 과실에서 유의하게 높은 것으로 조사되었는데 이는 노지포장의 PPFD가 비가림 하우스보다 약 2배 정도 높았기 때문에 광합성의 차이에서 비롯된 것으로 사료된다. PPFD가 낮은 시설하우스에서 재배할 경우 노지재배에 비하여 과실품질이 떨어진다고 보고되어 있다(Choi 등, 2007). Hancock 등(1992)에 의하면 블루베리의 광합성에 최적인 온도는 20~25°C이며, 온도가 30°C인 경우 북부하이부쉬의 경우 광합성속도가 47% 저하되는 것으로 보아, 비가림 하우스의 경우 고온환경에서는 광합성에 불리하므로 차광막 설치에 따른 과실특성에 대한 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

산 함량은 과실 발육기간 중에는 비가림 하우스 포장의 과실이 높았으나, ripe 단계에서는 노지포장의 과실들이 좀더 높게 조사되었다($P < 0.05$). 이는 고온기에 접어들어서 하우스 안에 고온환경이 만들어 짐에 따라 지상부 온도가 증가하여 과실의 호흡 증가로 유기산 소모가 더 많았기 때문으로 추정된다. 과실 경도는 노지 과실이 비가림 하우스보다 완숙시 통계적으로 유의하게 높았다($P < 0.05$). 총안토시아닌 함량은 green-pink와 blue-pink단계에서는 노지의 과실이 비가림 하우스보다 높았으나, ripe 단계에서는 비가림 하우스 내의 과실이 통계적으로 유의하게 높았다($P < 0.01$). 과실 발육기간중의 총 페놀함량과 항산화 활성도의 변화는 immature green 단계에서 blue 단계까지는 노지포장의 과실들에서 통계적으로 유의하게 높았으나, 완숙기인 ripe 단계의 과실에서는 차이를 나타내지 않았다(Fig. 4).

폴리페놀 및 항산화 활성을 나타내는 페놀계 화합물의 축적은 강한 자외선과 높은 광환경에서 더욱 많이 축적되는 것으로 알려져 있으며(Grisebach, 1982), 블루베리 과실에서도 PPFD가 높았던 노지 포장에서 광스트레스에 의한 페놀물질의 축적이 많았지만 완숙기에 접어든 과실의 경우는 재배환경 차이에 따른 총페놀물질 함량과 항산화활성도에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 조사되었다. Connor 등(2002a)와 Prior 등

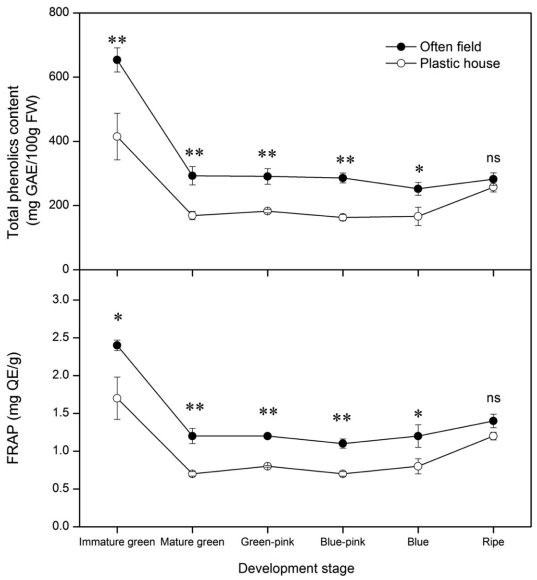

Fig. 4. Comparison of total phenolics and ferric-reducing antioxidant power (FRAP) of 'Northland' blueberries grown under open field and rain shelter house during berry development. ns, *, ** indicate not significant and significant differences at $P < 0.05$ or $P < 0.01$ by T-test, respectively. Vertical bars indicate the standard deviation (n = 3).

(1998)에 따르면 블루베리 과실의 항산화활성도의 상관관계에 있어서 페놀 함량이 총안토시아닌 함량보다 높게 항산화활성도에 기여하는 것으로 보고하였다. 본 조사에서도 항산화활성도의 변화는 총안토시아닌 함량의 변화보다는 페놀물질 함량의 변화패턴과 유사하였다.

이상의 결과를 종합해보면, 블루베리 'Northland' 품종의 수체생육과 완숙과실의 품질은 비가림 하우스 재배시 노지재배보다 크게 저하되지 않는 것으로 조사되었다. 따라서 장마철과 수확기가 겹치는 조생종, 중생종 품종들은 장마에 따른 열과와 과실 품질 저하를 줄이기 위하여 비가림 하우스나 비가림 시설재배가 바람직할 것으로 판단된다.

적 요

노지 포장과 비가림 하우스 시설내의 지상 및 지중부 온도와 광합성 유효광량자속 밀도(photosynthetic photon flux density, PPFD) 조건이 블루베리 'Northland' 품종의 수체생육 및 과실 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 과실 생장은 비가림 하우스 재배에서 촉진되어 조기수확 및 수확기간이 단축되는 것으로 조사되었다. 지상 및 지중부 온도, PPFD가 블루베리 과실의 과립중과 과실크기에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 조사되었다. 가용성고형물 함량은 완숙기 과실에서 노지 포장에서 높았고, 산함량은 비가림 하우스의 과실에서 유의하게 낮았다. 온도와 PPFD가 과실의 경도에 미치는 영향은 뚜렷하지 않았다. 완숙 과실의 총 안토시아닌 함량은 비가림 하우스의 과실에서 유의하게 높았다. 기능성 성분인 총페놀 함량과 항산화활성도는 과실 발육기간 동안은 노지 재배 과실에서 높았으나, 완숙 과실에서는 유의한 차이를 보이지 않았다.

주제어 : 과방중, 경도, 당도, 산함량, 안토시아닌

인 용 문 헌

1. Barnes, J.S., H.P. Nguyen, S. Shen, and K.A. Schug. 2009. General method for extraction of blueberry anthocyanins and identification using high performance liquid chromatography-electrospray ionization-ion trap-time of flight-mass spectrometry. J. Chormatograpy A. 1216:4728-4735.
2. Blueberry News Letter. 2011. Blueberry News. No. 13:2-3. Korea Blueberry Association, Suwon, Korea (in Korean).
3. Che, J., S. Suzuki, S. Ishikawa, H. Koike, and I. Ogiwara. 2009. Fruit ripening and quality profile of 64 cultivars in three species of blueberries grown in Tokyo. Hort. Res. (Japan). 8:257-265 (in Japanese).
4. Choi, I.M., C.J. Yoon, J.H. Kim, and J.C. Lee. 1998. Standardization of rain shelter type for the improvement of grape fruit quality. I. Survey rain shelter types under training systems a measuring of temperature variation with differs rain shelter types. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 16(Suppl. I):73. (Abstr.) (in Korean).
5. Choi, Y.H., K.S. Park, N.J. Kang, H.L. Kim, Y.B. Kwak, H.D. Kim, D.H. Goo, and M.H. Cho. 2010. Effects of greenhouse orientation on the greenhouse environment and the growth of tomato in forcing culture. J. Bio-Env. Cont. 19:6-11 (in Korean).
6. Choi, Y.J., H. Chun, Y.H. Choi, S.H. Yum, S.Y. Lee, H.J. Kim, Y.S. Shin, and D.S. Chung. 2007. Nutritional components content of oriental melon fruits cultivated under different greenhouse covering films. J. Bio-Env. Cont. 16:72-77 (in Korean).
7. Connor, A.M., J.J. Luby, and C.B.S. Tong. 2002a.Variablility in antioxidant activity in blueberry and correla-

tions among different antioxidant activity assays. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127:238-244.
8. Connor, A.M., J.J. Luby, J.F. Hancock, S. Berkheimer, and E.J. Hanson. 2002b. Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage. J. Agric. Food Chem. 50:893-898.
9. Doshi, P., P. Adsule, and K. Banerjee. 2006. Phenolic composition and antioxidant activity in grapevine parts and berries (*Vitis vinifera* L.) cv. Kishmish chornyi (Sharad Seedless) during maturation. Int. J. Food Sci. Tech. 41:1-9.
10. Gough, R.E. 1994. The highbush blueberry and its management. Food Products Press, New York, USA.
11. Grisebach, H. 1982. Biosynthesis of anthocyanins, pp. 47-67. In: P. Markakis (ed.). Anthocyanins as food colors. NY Academic Press, New York.
12. Hancock, J.F., K. Haghishi, S.L. Krebs, J.A. Flore, and A.D. Draper. 1992. Photosynthetic heat stability in highbush blueberries and the possibility of genetic improvement. HortScience 27:1111-1112.
13. Haman, D.Z., A.G. Smajstrla, and R.T. Pritchard. 1997. Response of young blueberry plants to irrigation in Florida. HortScience 32:1194-1196.
14. Jang, M.H., S.Y. Ahn, D.Y. Kim, S.H. Kim, and H.K. Yun. 2010. Characteristics of grapevine growth under rain-cut cultivation system in the vineyard. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 28(Suppl. II):94-95. (Abstr.) (in Korean).
15. Kang, S.G., J.H. Kang, S.W. Song, Y.H. Kim, K.H. Kim, and H.R. Han. 1997. Comparison of characteristics of satsuma mandarin cultivars grown with the different heating systems in plastic house. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 15(Suppl. I):337-338. (Abstr.) (in Korean).
16. Kim, S.J., D.J. Yu, J.H. Kim, T.C Kim, B.Y. Lee, and H.J. Lee. 2004. Comparative photosynthetic characteristics of well-watered and water-stressed 'Rancocas' highbush blueberry leaves. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 45:143-148.
17. Moon, Y.E. and Y.H. Kim. 2005. Effects of heating temperature at maturing stage on fruit quality of citrus tangor (Shiranuhi, Kiyomi, and Tsunokaori) in the plastic film house. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 23 (Suppl. II):49. (Abstr.) (in Korean).
18. Park, J.C., J.L. Cho, S.K. Um, and Y.O. Jeong. 1988. The micro-climatic factors in plastic film houses located in major protected crop production areas, southern part of Korea. J. Inst. Agr. Res. Util. 22(1): 69-106 (in Korean).
19. Park, J.M. and S.D. Oh, 2000. Effect of root zone temperature on the mineral contents of leaves and roots, and fruit qualities of 'Fuji' apple trees (Malus domestica Borkh.). Hort. Environ. Biotechnol. 41:387-391 (in Korean).
20. Prior, R.L., G. Cao, A. Martin, E. Sofic, J. McEwen, C. O'Brien, N. Lischner, M. Ehlenfeldt, W. Kalt, G. Krewer, and C.M. Mainland. 1998. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity, and variety of Vaccinium species. J. Agric. Food Chem. 46:2686-2693.
21. Singleton, V.L. and J.A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. Am. J. Enol. Vitic. 16:144-158.
22. Rural Development Administration. Technology protected cultivation of fruit trees in Korea. 2004 (in Korean).
23. Schmidt, B.M., A.B. Howell, B. McEniry, C.T. Knight, D. Seigler, J.W. Erdman, and M.A. Lila. 2004. Effective separation of potent antiproliferation and antiadhesion components from wild blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.) fruits. J. Agric. Food Chem. 52:6433-6442.
24. Sellappan, S., C. Akoh, and G. Krewer. 2002. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-grown blueberries and blackberries. J. Agric. Food Chem. 50:2432-2438.
25. Wang, S. and H. Jiao. 2000. Scavenging capacity of berry crops on superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals, and singlet oxygen. J. Agric. Food Chem. 48:5677-5684.
26. Westwood, M.N. 1993. Temperate zone pomology. pp. 68-71. W.H. Freeman and Company, San Francisco.
27. Zheng, W. and S. Wang. 2003. Oxygen radical absorbing capacity of phenolics in blueberries, cranberries, chokeberries, and lingonberries. J. Agric. Food Chem. 51:502-509.
28. Zheng, Y., C.Y. Wang, and S.Y Wang. 2003. Effect of high-oxygen atmospheres on blueberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity. J. Agric. Food Chem. 51:7162-7169.