

주간 거리에 따른 하이부쉬블루베리 ‘Duke’ 품종의 수체 생육, 과실 특성, 작업 시간

김수진** · 이동훈*** · 허윤영*** · 임동준*** · 박서준****

Growth and Fruit Characteristics and Working Time of ‘Duke’ Highbush Blueberry by Shrub Distance

Kim, Su-Jin · Lee, Dong-Hoon · Hur, Youn-Young · Im, Dong-Jun · Park, Seo-Jun

Shrub growth and fruit characteristics and working time of ‘Duke’ blueberry by shrub distance were investigated. Overlapping rate of blueberry crown was 109% in 0.6 m shrub distance, 37% in 1.2 m shrub distance, and -88% in 2.4 m shrub distance, respectively. The number of main stem tended to increase as the shrub spacing widened. The other fruit characteristics, except for the fruit weight, did not show any significantly different according to the shrub distance. The yield per 10 a was 2,097 kg for 0.6 m shrub distance, 1,303 kg for 1.2 m shrub distance, and 710.7 kg for 2.4 m shrub distance in 2019, respectively. Total working time was 154 hr for 0.6 m shrub distance, 114 hr for 1.2 m shrub distance, and 74 hr for 2.4 m shrub distance. Therefore, the blueberry shrub distance was judged to be appropriate about 1.2 m in the long-termly. However, in order to increase yield early and income, the shrub can maintain 0.6 m distance during young shrub, it can managed flexibly to 1.2 m distance when it becomes a mature shrub.

Key words : *blueberry, distance, fruit, shrub, work*

I. 서 론

많은 원예작물에서 재식 간격은 수확량에 영향을 미친다고 알려져 있다. 일반적으로 과

* 본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ01127302)의 지원에 의해 이루어진 것임

** Corresponding author, 국립원예특작과학원 과수과 전문연구원(himssem@korea.kr)

*** 국립원예특작과학원 과수과 농업연구사

**** 국립원예특작과학원 농업연구관

수에서 재식밀도가 높을수록 나무 당 수확량은 감소하지만 단위면적당 개체 수가 늘어나기 때문에 전체적으로 수확량도 증가한다(Schneider et al., 1978; Layne et al., 1981; Hartman and Hill, 1983; Archbold et al., 1987; Testolin, 1990). 전통적으로 하이부쉬블루베리의 주간 거리는 1.35 m로 알려져 있으나(Eck, 1988) 현재 가장 많이 이용하는 주간 거리는 1.2 m이다(Eck et al., 1990). Eck(1988)는 하이부쉬블루베리의 주간 거리를 0.91 m로 설정하였을 때 1.35 m 주간 거리에 비해 단위면적당 수확량이 14% 정도 증가하였다고 보고한 바 있다.

최근 과실의 소비가 다양해지면서 간편하게 먹을 수 있으면서 기능성이 높은 블루베리와 같은 베리류의 도입이 확대되고 있다(Kim et al., 2019). 블루베리는 안토시아닌 및 생리활성 물질을 다량 함유하여 기능성과 이용성, 가공성이 뛰어나(Jeong et al., 2007; Gruia et al., 2008; Battino et al., 2009; Jurikova et al., 2012; Tabart et al., 2012) 국내 재배도 증가하여 2019년 기준 3,446.5 ha (Ministry of Agriculture, 2019)의 재배면적을 차지하는 과종이다. 블루베리는 일반 과수와는 달리 관목성 과수로 근관 부위가 확대되면서 성장하는 특징을 갖고 있다. 따라서 성목기에 이를 때 적정 재식 간격을 유지하는 것이 안정적 생산과 작업을 원활하게 할 수 있는 방법이다. 외국의 경우 블루베리의 생산량은 주당 5 kg 이상으로 알려져 있으나(Moore et al., 1993) 국내는 이에 미치지 못하는 실정이다. 하이부쉬블루베리 품종 중에서도 ‘Duke’ 품종은 조생종이지만 개화기가 늦어 늦서리를 회피할 수 있고 재배가 까다롭지 않아 전 세계적으로 가장 많이 재배되는 블루베리 품종이다. 따라서 블루베리의 적정 주간 거리 설정으로 공간을 최대한 활용하여 농가 소득 증대에 기여하고자 주간 거리에 따른 수체 생육, 과실 특성 및 작업 시간 등에 관한 연구를 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험 재료 및 재식 간격

농촌진흥청 원예특작과학원 완주 과수 포장에 2015년에 재식한 2년생 블루베리 조생종 ‘Duke’를 대상으로 하였다. 재식 간격은 주간 거리를 0.6 m, 1.2 m, 2.4 m로 설정하여 재식하였으며 열간 거리는 재배 시 기계 작업 공간을 확보하기 위해 4 m로 설정하였다. 토양의 배수를 원활히 하기 위해 높이 60 cm, 너비 1.2 m의 이랑을 만들어 블루베리 나무를 식재하였다. 이랑의 토양 조성은 유기물인 완전히 부숙된 피트모스, 톱밥, 왕겨를 토양의 30% 정도 섞어 2~3회 경운하여 균일하게 조성하였다. 정상적인 생육을 위해 시비량은 미시간 주립대학에서 제공하는 시비량을 바탕으로 매년 4월에 2회로 분할하여 전량 기비 하였다(Hanson and Hancock, 1996). 재식 1, 2년차인 2015, 2016년에는 꽃눈을 휴면기에 제거하여 수체 생육을 도모하였으며 수체 기재부 양쪽으로 점적관수장치를 2줄 설치하여 관수하였다.

2. 수체 생육

수체 생육이 정지된 후 생육 특성을 조사하였다. 수고는 줄기 지체부에서 선단지의 길이를 수폭은 주간을 중심으로 최대 폭을 측정하였다. 줄기 수는 지체부 위에 발생한 줄기 수를 측정하였으며 총 신초 수는 수관 전체에서 발생한 신초를 모두 측정하였다. 수고, 수폭, 줄기 수, 총 신초 수, 흡지 수, 흡지 길이, 흡지 굵기와 실제 착과에 적당한 가지 길이인 20 cm 이상 신초 수와 굵기를 조사하였다.

3. 과실 특성

과실의 특성 조사는 과경에 완전하게 착색된 적숙기에 1차 수확한 과실을 대상으로 과실의 길이, 과실의 너비, 중량, 가용성고형물 함량, 산도, 경도 등을 조사하였다. 각 품종별 무작위로 추출한 과실 30개를 대상으로 과실의 길이, 너비, 과립중을 조사하였다.

가용성고형물(total soluble solids, TSS) 함량은 무작위로 10개의 과립을 선택하여 거즈 2겹을 이용하여 착즙한 20°C로 자동 보정되는 digital refractometer (RA-520N, Kyoto Electronic, Japan)를 사용하여 측정하였다. 적정산도(titratable acidity, TA)는 동일한 과즙을 자동산도분석계(Titroline easy, Schott, Germany)를 이용하여 측정한 후 블루베리 주요 산인 citric acid 함량으로 환산하여 표기하였다. 가용성고형물 함량과 산 함량은 총 4반복으로 측정하였다. 과실 경도는 1 mm 직경의 probe를 장착한 물성측정기(LF Plus, Lloyd Instrument Ltd., West Sussex, UK)를 이용하여 측정하였다.

4. 작업 소요 시간

전정은 휴면기인 2월 말에서 3월 초에, 시비는 3월 말~4월 초에 실시하였다. 전정 및 시비에 소요되는 총 시간을 측정한 후 한 나무와 10a 당 나무 수를 환산하여 계산하였다. 소요 인력은 한 사람이 작업하는 것을 기준으로 환산하였다. 수확 작업은 6월~8월까지 실시, 수확기 시작부터 1주일 간격으로 수확하였으며 같은 방법으로 환산하여 계산하였다.

5. 통계분석

모든 실험구는 완전임의배치법 5반복으로 하였고, 실험 결과의 통계 처리는 SAS 프로그램(SAS Institute, Cary, NC, USA)을 사용하여 분산분석(ANOVA)을 하였고, 처리 간 유의차 검증은 Duncan's multiple range test를 사용하여 0.05% 수준에서 검증하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

주간 거리에 따른 수체 생육을 비교한 결과 수고, 수폭 등에는 뚜렷한 경향이 나타나지 않았다(Table 1). 그러나 수관이 겹치는 비율이 재식 5년차인 0.6 m 주간 거리에서 109%, 1.2 m 주간 거리에서는 37%로 주간 거리가 좁을수록 수관이 겹치는 양상이 심하였으며 2.4 m 주간 거리에서는 -88%로 무효용적이 매우 큰 것으로 나타났다. 수관이 적정하게 겹치게 되면 수확 작업을 하는 데 이동 거리가 짧기 때문에 수확을 효율적으로 할 수 있으나 적정선 이상으로 많이 겹치게 되면 수확 시 과실의 착과 위치가 잘 보이지 않게 되고 그늘이 많이 생기면서 다음 해 꽃눈 발생률이 감소할 수 있으며(Kim et al., 2011) 수확하면서 가지와 작업자에 물리적인 상처가 입게 되는 등 작업의 효율성이 떨어지게 된다. 반대로 2.4 m 주간 거리에서처럼 무효용적이 커지면 경지 이용률이 현저하게 감소하여 생산량 등이 감소하게 된다.

Table 1. Growth characteristics of blueberry by shrub spacing

Shrub spacing (m)	Shrub			No. of main branch	Sucker			Shoot			
	Height (cm)	Width (cm)	Over rapping rate (%)		No.	Length (cm)	Diameter (mm)	No. (>20cm)	Length (cm)	Diameter (mm)	No. of total shoot
0.6	147.3	168.5	108.5 a ¹⁾	6.0 b	0.6 c	12.7 b	3.9 b	46.2	33.6	4.7 b	336.0 b
1.2	147.3	157.0	37.0 b	7.0 b	1.2 b	40.3 b	7.8 a	46.6	33.7	4.9 a	487.6 a
2.4	154.3	152.3	-87.8 c	11.8 a	1.7 a	50.0 a	7.9 a	47.2	35.4	5.0 a	493.6 a

¹⁾ Values are mean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p < 0.05$.

특히 주축지 수는 주간 거리가 넓을수록 많아지는 경향으로 2.4 m 간격에서 가장 많은 것으로 나타났으며 0.6 m와 1.2 m 주간 거리 사이에서는 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(Table 1). 주축지 수의 증가는 흡지 발생과 직접적인 연관이 있어 흡지의 수가 2.4 m > 1.2 m = 0.6 m 주간 거리 순으로 발생하기 때문에 주축지 수가 흡지의 수와 함께 증가하는 것으로 판단되었다. 주축지 수는 과실 생산량과 높은 상관관계가 있으며(Pritts and Hancock, 1985), 적어도 10개 이상의 줄기를 확보하는 것이 매우 중요하다(Gough, 1994).

20 cm 이상 신초는 결과지가 될 예비지로 안정적인 생산에 연관된 지표로 볼 수 있는데 신초 수는 모든 처리구에서 차이가 나타나지 않았으나 신초의 굵기와 총 신초 수는 0.6 m 주간 거리보다 1.2 m, 2.4 m 주간 거리 처리구에서 더 굵고 많았다.

과실 특성 중 과중은 2.4 m 주간 거리 처리구에서 가장 높게 나타났(Table 2). 과실의 중경, 횡경의 크기도 과중의 경향과 같이 주간 거리가 넓은 2.4 m 주간 거리 처리구에서 가

장 컷으며 0.6 m, 1.2 m 주간 거리 처리구간 차이는 나타나지 않았다. 그러나 그 외에 당도, 산도, 경도와 같은 다른 과실 특성에는 주간 거리별로 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 하이부쉬블루베리 품종들의 주간 거리 간에 과실의 중량은 차이가 없었다는 결과와 일치하였다(Moore et al., 1993).

Table 2. Fruit characteristics of blueberry by shrub spacing

Shrub spacing (m)	Fruit			SSC ¹⁾ (°Brix)	TA ²⁾ (%)	Firmness (N)
	Weight (g)	Length (mm)	Diameter (mm)			
0.6	2.6 b ³⁾	11.6 b	17.4 b	11.2	0.5	0.6
1.2	2.7 b	11.7 b	17.8 b	11.3	0.5	0.6
2.4	2.9 a	12.1 a	18.2 a	11.2	0.5	0.6

¹⁾ SSC, soluble sugar content

²⁾ TA, titratable acidity

³⁾ Values are mean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p < 0.05$.

수확량은 연차별로 큰 차이 없이 0.6 m > 1.2 m > 2.4 m 주간 거리순이었으며 누적 수확량은 0.6 m 간격 수확량을 기준으로 1.2 m 간격이 77%, 2.4 m 간격은 51% 수준이었다. 열간 거리 4 m, 주간 거리 0.6 m 처리구는 10a 당 416주, 1.2 m 처리구의 경우 208주, 2.4 m 처리구는 104주 재식을 기준으로 조사한 결과 2019년의 경우 주당 수확량은 0.6 m 간격은 5.0 kg, 1.2 m의 경우 6.3 kg, 2.4 m의 경우 6.8 kg으로 주당 수확량은 주간 간격이 넓을수록 많았다. 사과에서도 주당 수확량은 같은 공간 내의 양분 경쟁으로 재식 간격이 좁은 경우

Table 3. Yield of blueberry by shrub spacing

Shrub spacing (m)	Year				
	2016	2017	2018	2019	Cumulative
	(kg · 10a ⁻¹)				
0.6	63.0 a ¹⁾	832.0 a	457.6 a	2,096.9 a	3,449.5 a
1.2	22.0 b	499.2 b	249.6 b	1,303.3 b	2,074.1 b
2.4	15.5 c	260.0 c	176.8 c	710.7 c	1,163.0 c
	(kg/shrub)				
0.6	0.2 a	2.0 b	1.1 b	5.0 c	8.8 c
1.2	0.1 b	2.4 a	1.2 b	6.3 b	13.7 b
2.4	0.1 b	2.5 a	1.7 a	6.8 a	18.0 a

¹⁾ Values are mean separation within columns by Duncan's multiple range test, $p < 0.05$.

감소하는 경향이었으나 재식 주수가 많아 전체적인 단위면적당 수확량이 높은 것으로 보고된 바 있다(Archbold et al., 1987). 재식 5년차인 2019년에는 10a 당 수확량이 0.6 m의 경우 2,097 kg, 1.2 m의 경우 1,303 kg, 2.4 m의 경우 710.7 kg로 나타났다(Table 3).

2018년에는 수확기 고온과 조류의 피해로 수확 작업이 어려워진 관계로 수확량이 2017년에 비해 전체적으로 감소했지만 주간 거리별 수확량 차이는 해가 지날수록 커지는 경향이였다. 재식밀도가 높을수록 주당 수량은 떨어지나 재식주수가 많기 때문에 단위면적당 생산량은 높아진다. 본 실험에서도 재식 5년차까지 주당 생산량이 재식밀도가 높은 0.6 m 주간 간격에서 가장 낮은 것으로 나타났다. 일반적으로 과수에서 재식밀도가 높아질수록 주당 성장량과 수량은 감소하지만 단위면적당 생산량은 증가하는데 그 정도는 재배 품종, 대목, 수형에 따라 그 정도가 다르다(Granger et al., 1986; Ogata et al., 1986; Clayton-Greene, 1993; Tustin et al., 1993; Costa et al., 1997; Widmer and Krebs, 2001; Wertheim, 2005; Eccher and Granelli, 2006; Yang et al., 2010). 밀식재배에서 조기에 다수확을 이루기 위해서는 일찍 수관점유율을 높여야 하는데(Robinson, 2003) 재식 5년차에 수관점유율이 1.2 m의 경우 수관점유율이 137%로 높은 편이지만 수관이 겹치는 비율은 0.6 m 주간 간격보다 적은 편이고(Table 1) 관목의 특성상 수체 전체가 겹치지 않고 가지 끝의 일부분만 겹치기 때문에 수확량을 안정적으로 확보할 수 있을 것으로 판단되었다.

블루베리 재배를 위한 작업 시간은 수확 > 비료 살포 > 잡초 제거 > 전정 순으로 소요되는 것으로 조사되었다(Fig. 1). 작업 시간을 조사한 결과 주간 거리가 좁을수록 작업 시간은 늘어났다(Fig. 1). 작업 중에서도 수확에 드는 시간이 61~77%로 나타났으며 주간 간격이 좁을

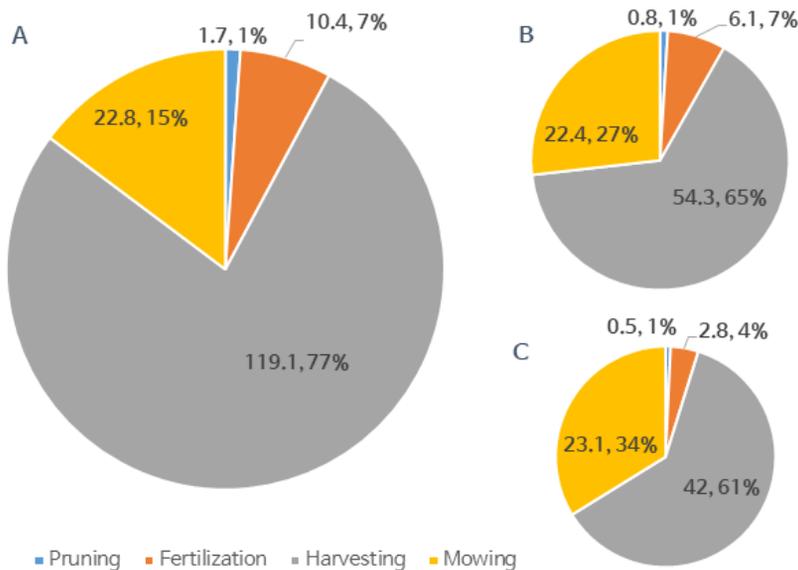


Fig. 1. Working time (hr/10a) of blueberry by shrub spacing (A, 0.6 m; B, 1.2 m; C, 2.4 m).

수록 수확 시간 비중이 늘어났다. 전정 시간은 0.6 m 주간 거리에서 나무 주수가 단위면적 당 가장 많아 1.7시간으로 나타났고 1.2 m 주간 거리 처리구와 2.4 m 주간 거리 처리구 사이에는 통계적 차이가 나타나지 않았다. 비료 살포 시간도 주간 거리가 좁을수록 많은 것으로 나타났으며 나무당 비료를 살포하고 흙으로 덮어주는 시간이 걸리므로 주수가 많은 0.6 m 간격에서 가장 많았던 것으로 판단되었다. 총 작업 시간은 0.6 m 주간 거리의 경우 154시간이었으며 1.2m 주간 거리는 약 114시간(0.6 m 간격의 74%), 2.4 m 주간 거리는 약 74시간(0.6 m 간격의 48%)이고 수확 작업 시간은 0.6 m 주간 거리의 경우 119시간이었으며 1.2 m 주간 거리는 약 89시간(0.6 m 간격의 74%), 2.4 m 주간 거리는 약 51시간(0.6 m 간격의 43%)으로 나타났다. 수확량 대비 수확 시간을 계산해보면 0.6 m 주간 거리의 경우 시간 당 17.6 kg, 1.2 m 주간 거리는 14.6 kg, 2.4 m 주간 거리는 14.0 kg로 수채끼리 인접해있는 주간 간격이 좁은 처리구에서 같은 시간 내에 수확량이 더 많은 것으로 나타나 수확이 용이했다는 것을 알 수 있었다.

따라서 블루베리의 주간 거리에 따라 수채 생육, 과실 특성, 수확량, 작업 시간과 수관 겹침 등에 따른 작업의 불편성 등을 고려하면 장기적으로는 1.2 m 주간 거리가 가장 적합한 것으로 나타났다. 그러나 조기에 수확량을 늘려 소득 증진을 위해서는 유목기에는 0.6 m 간격으로 유지하다 성목기에 이르러 1.2 m 간격으로 조성하는 방법으로 유동적으로 관리할 수 있다.

IV. 적 요

블루베리 조생종 'Duke'의 주간 거리에 따른 수채 생육, 과실 특성, 수확량 및 작업 시간 등을 조사하였다. 수관이 겹치는 비율이 재식 5년차인 0.6 m 주간 거리에서 109%, 1.2 m 주간 거리에서는 37%로 주간 거리가 좁을수록 수관이 겹치는 양상이 심하였다. 주축지 수는 0.6 m와 1.2 m 주간 거리에 비해 2.4 m 간격에서 많은 것으로 나타났다. 과실 특성 중 과중은 2.4 m 주간 거리 처리구에서 가장 높게 나타났다. 당도, 산도, 경도와 같은 다른 과실 특성은 예상대로 주간 거리별로 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 수확량은 연차별로 큰 차이 없이 0.6 m > 1.2 m > 2.4 m 주간 거리순이었으며 재식 5년차인 2019년에는 10a 당 수확량이 0.6 m의 경우 2,097 kg, 1.2 m의 경우 1,303 kg, 2.4 m의 경우 710.7 kg로 나타났다. 총 작업 시간은 0.6 m 주간 거리의 경우 154시간이었으며 1.2 m 주간 거리는 약 114시간(0.6 m 간격의 74%), 2.4 m 주간 거리는 약 74시간(0.6 m 간격의 48%)이었다. 따라서 장기적으로는 주간 거리 1.2 m가 블루베리 재배 시 가장 적합한 것으로 나타났다. 그러나 조기에 수확량을 늘려 소득 증진을 위해서는 유목기에는 0.6 m 간격으로 유지하다 성목기에 이르러 1.2 m 간격으로 조성하는 계획적 밀식 방법으로 유동적으로 관리할 수 있다.

[Submitted, September. 11, 2020; Revised, September. 29, 2020; Accepted, December. 9, 2020]

References

1. Archbold, D. D., G. R. Brown, and P. L. Cornelius. 1987. Rootstock and in-row spacing effects on growth and yield of spur-type 'Delicious' and 'Golden Delicious' apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112: 219-222.
2. Battino, M., J. Beelwilder, B. Denoyes-Rothan, M. Laimer, G. J. McDougall, and B. Mezzetti. 2009. Bioactive compounds in berries relevant to human health. *Nutrition Reviews* 67: S145-S150.
3. Clayton-Greene, K. A. 1993. Influence of orchard management system on yield, quality and vegetative characteristics of apple trees. *J. Hort. Sci.* 68: 365-369.
4. Costa, G., E. Beltrame, P. Eccher, and A. Pianezzola. 1997. High density planted apple orchards: Effects on yield, performance and fruit quality. *Acta Hort.* 451: 505-511.
5. Eccher, T. and G. Granelli. 2006. Fruit quality and yield of different apple cultivars as affected by tree density. *Acta Hort.* 712: 535-540.
6. Eck, P. 1988. *Blueberry science*. Rutgers Univ. Press, New Brunswick, N.J.
7. Eck, P., R. E. Gough, I. V. Hall, and J. M. Spiers. 1990. Blueberry management. pp. 273-333. In: G. J. Galletta and D. G. Himelrick (eds.). *Small fruit crop management*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.
8. Gough, R. E. 1994. *The highbush blueberry and its management*. Food Products Press, New York, USA, Chapter 1.
9. Granger, R. L., G. L. Rousselle, and A. Charland. 1986. Effect of planting densities, rootstocks and training systems on the Spartan apple cultivar. *Acta Hort.* 160: 105-113.
10. Gruia, M. I., E. Oprea, I. Gruia, V. Negoita, and I. C. Farcasanu. 2008. The antioxidant response induced by *Lonicera caerulea* berry extracts in animals bearing experimental solid tumors. *Molecules* 13: 1195-1206.
11. Hanson, E. and J. Hancock. 1996. *Managing the nutrition of highbush blueberries*. Michigan State University, Department of Horticulture. Extension Bulletin E-2011.
12. Hartman, F. O. and R. G. Hill, Jr. 1983. Response of peach trees to various planting distances. *Fruit Var. J.* 37: 108-112.
13. Jeong, J. A., S. H. Kwon, and C. H. Lee. 2007. Screening for antioxidative activities of extracts from aerial and underground parts of some edible and medicinal ferns. *Korean J.*

- Plant Res. 20: 185-192.
14. Jurikova, T., J. Sochor, O. Rop, K. Mlcek, S. Balla, L. Szekeres, V. Adam, and R. Kizek. 2012. Polyphenolic profile and biological activity of Chinese hawthorn (*Cragaegus ponnatifida* BUNGE) fruits. *Molecules* 17: 14490-14509.
 15. Kim, S. J., D. J. Yu, T. C. Kim, and H. J. Lee. 2011. Growth and photosynthetic characteristics of blueberry (*Vaccinium corymbosum* cv. Bluecrop) under various shade levels. *Sci. Hort.* 129: 486-492.
 16. Kim, S. J., H. I. Kim, Y. Y. Hur, D. J. Im, D. H. Lee, S. J. Park, S. M. Jung, and K. H. Chung. 2019. Anthocyanin and polyphenol analysis and antioxidant activity of small fruit and berries in Korea. *Korean J. Plant Res.* 32: 407-414.
 17. Kim, S. J., S. M. Jung, Y. Y. Hur, J. C. Nam, S. H. Kim, K. H. Cho, J. G. Park and S. J. Park. 2017. Analysis of relationship based on growth period and morphological characteristics in blueberry (*Vaccinium* spp.). *Korean J. Plant Res.* 30: 101-109.
 18. Layne, R. E. C., C. S. Tan, and J. M. Fulton. 1981. Effect of irrigation and tree density on peach production. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106: 151-156.
 19. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2019. <http://www.agrix.go.kr>
 20. Moore, J. N., M. V. Brown, and B. P. Bordelon. 1993. Yield and fruit size of 'Bluecrop' and 'Blueray' highbush blueberries at three plant spacings. *HortScience* 28: 1162-1163.
 21. Ogata, R., K. Goto, T. Kunisawa, and R. Harada. 1986. Productivity and fruit quality of four apple cultivars on three different rootstocks and at different planting densities. *Acta Hort.* 160: 97-104.
 22. Pritts, M. P. and J. F. Hancock. 1985. Lifetime biomass partitioning and yield component relationships in the highbush blueberry, *Vaccinium corymbosum* L. (Ericaceae). *Amer. J. Bot.* 72: 446-452.
 23. Robinson, T. L. 2003. Apple-orchard planting systems. pp. 345-407. In: D. C Ferree and I. J. Warrington (eds.). *Apples; botany, production and uses*. CABI Publishing, Cambridge, MA, USA.
 24. Schneider, G. W., C. E. Chaplin, and D. C. Martin. 1978. Effects of apple rootstock, tree spacing, and cultivar on fruit and tree size, yield, and foliar mineral composition. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103: 230-232.
 25. Tabart, J., T. Franck, C. Kevers, J. Pincemail, D. Serteyn, J. O. Defraigne, and J. Dommes. 2012. Antioxidant and antiinflammatory activities of *Ribes nigrum* extracts. *Food Chem.* 131: 1116-1122.
 26. Testolin, R. 1990. Kiwifruit yield efficiency, plant density, and bud number per surface unit.

- J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115: 704-707.
27. Tustin, D. S., P. M. Hirst, W. M. Cashmore, I. J. Warrington, and C. J. Stanley. 1993. Spacing and rootstock studies with central leader apple canopies in a high vigour environment. *Acta Hort.* 349: 169-177.
 28. Wertheim. S. J. 2005. Planting system and tree shape. pp. 190-203. In: J. Tromp., J. T. Webster and S. J. Wertheim (eds.). *Fundamentals of temperate zone tree fruit production*. Backhuys Publishers, Leiden.
 29. Widmer, A. and C. Krebs. 2001. Influence of planting density and tree form on yield and fruit quality of 'Golden Delicious' and 'Royal Gala' apples. *Acta Hort.* 557: 235-241.
 30. Yang, S. J., M. Y. Park, Y. Y. Song, D. H. Sagong, and T. M. Yoon. 2010. Evaluation of early productivity of high density 'Fuji' apple orchards by planting well-feathered trees/M.9 EMLA. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 28: 374.