

# 상토 중 유기자재에 따른 하이부쉬블루베리 ‘Duke’ 품종의 수체 생육 및 과실 특성

김수진<sup>1\*</sup>, 이동훈<sup>2</sup>, 허윤영<sup>2</sup>, 임동준<sup>2</sup>, 박서준<sup>3</sup>

<sup>1</sup>국립원예특작과학원 과수과, <sup>2</sup>박사후연구원, <sup>3</sup>농업연구사, <sup>3</sup>농업연구관

## Growth and Fruit Characteristics of ‘Duke’ Highbush Blueberry by Mixture of Different Organic Matters in Soil

Su Jin Kim<sup>1\*</sup>, Dong Hoon Lee<sup>2</sup>, Youn Young Hur<sup>2</sup>, Dong Jun Im<sup>2</sup> and Seo Jun Park<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Post-doc, <sup>2</sup>Researcher and <sup>3</sup>Senior Researcher, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Fruit Research Division, Wanju 55365, Korea

**Abstract** - Growth and fruit characteristics of ‘Duke’ highbush blueberry by mixture of different organic matters in soil were investigated. The soil acidity was 4.2 to 4.8, sawdust treatment was the highest, and peat soil and peatmoss treatments were similar. The organic matter content of the soil was 2.5% for sawdust and 4.1% for soil with peatmoss and peat soil. The soil hardness of all treatment was found to be about 1 ~ 5 kgf cm<sup>-2</sup> which was suitable for growing crops. The number of suckers and main stems were high in the order of peat soil, peatmoss, sawdust treatment. In addition, the blueberry plants in the peatmoss and peat soil treatments had thicker and longer suckers and more shoots than those in the sawdust treatment. Among the characteristics of fruit, there was no statistical difference between the organic materials treatment in weight, diameter, length, and hardness of fruit. However, the total soluble solid and fruit yield were high in the order of peat soil, peatmoss, sawdust treatment. Therefore, as a result of comprehensively reviewing the characteristics of growth and fruits according to the soil environment, it was determined that peatmoss could be replaced with peat soil for stable production in domestic blueberry cultivation.

**Key words** – Blueberry, Fruit, Growth, Organic matter, Soil pH

### 서 언

많은 원예작물에서 상토의 조성은 수체 생육 및 과실 특성에 영향을 미친다고 알려져 있다. 국내에서 작물이 재배되는 토양은 대부분 유기물 함량이 낮고 토양 산도가 중성 ~ 약산성에 가까우며(Ha *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2010), 양토 함량(토양의 약 80%)이 높다(Kim *et al.*, 2003; Sohn *et al.*, 1999). 그러나 최근 기능성과 이용성, 가공성이 뛰어나 국내 재배 면적이 증가하고 있는(Kim *et al.*, 2019) 블루베리는 주요 원예작물과는 다르게 토양 산도가 4.5~5.2 내외의 산성 토양이면서 유기물 함량이 40 g kg<sup>-1</sup> 이상, 모래가 80% 이상인 양질사토에서 잘 자란다고 알려

져 있다(Coville, 1910; Haynes and Swift, 1985; Korcak, 1989). 따라서 국내 원예작물이 재배되고 있는 대부분의 토양은 블루베리를 재배하기에 적합하지 않다.

이러한 문제를 해결하기 위해 유향을 이용하여 토양 산도를 낮추는 방법 등이 제시되고 있으나 오랜 시간이 소요된다. 블루베리 자생지는 주로 피트모스로 이루어져 있는데 피트모스는 산도가 낮고 수분 보유 능력이 크기 때문에 블루베리 재배에 이상적이라고 알려져 있다(Spiers, 1986). 따라서 일반적으로 블루베리 재배 농가는 블루베리 재배에 적합한 토양 환경을 조성하기 위해 토양에 피트모스를 다량 혼합하거나 피트모스만 재배 토양을 조성하여 블루베리를 재배하고 있어 재식 후 일정 기간 시간이 지나 여러 가지 문제점이 발생하게 된다. 특히 피트모스는 전량 수입에 의존하고 있으며 묘목과 함께 개원 비용을

\*교신저자: E-mail himssem@hanmail.net

Tel. +82-63-238-6750

© 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.

증가시키는 주요 요인이 된다. 또한 최근 여러 연구 결과에서 토양을 함유하지 않는 피트모스 재배나 과도한 피트모스의 사용은 장기적으로 양수분 관리에 큰 장애를 주어 오히려 블루베리의 생육을 저해하게 된다고 제기하고 있다(Beardsell *et al.*, 1979; Horisawa *et al.*, 1999; Kreij and Leeuwen, 2001). 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 유기물 자재 중 피트모스와 비교하여 작물의 생육과 경제성을 고려하면서 국내에서 구하기 쉬운 상대적으로 저렴한 유기자재의 활용 가능성 및 효과에 대한 장기적인 연구가 필요하다. 일반적으로 과수 재배에 자주 쓰이는 유기자재로는 톱밥, 이탄토 등을 들 수 있는데 톱밥은 pH가 낮고 공극량과 용적밀도가 피트모스와 비슷한 수준이어서 블루베리 재배를 위한 토양개량 자재로서 물리 화학적 특성이 적합하다고 알려져 있다(Argo, 1998; Beardsell *et al.*, 1979). 이탄토는 국내 강원도에서 유리 생산용 모래 굴취를 위한 작업 중 얻을 수 있어 가격이 저렴하고 오랜 기간 이탄화된 것으로 피트모스와 비슷한 특성을 보인다.

따라서 본 연구는 블루베리 재배 토양 개선에 적합한 유기자재를 선정하고자 대표적인 하이부쉬블루베리 품종인 ‘Duke’를 대상으로 피트모스, 이탄토, 소나무 발효톱밥 등 유기자재를 활용한 토양에서 블루베리의 생육 및 과실 특성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 시험 재료 및 처리 내용

완주에 위치한 농촌진흥청 원예특작과학원 과수와 실험 하우스에서 2016년에 재식된 2년생 블루베리 대표 품종인 조생종 ‘Duke’ 품종을 대상으로 2016 ~ 2019년 조사하였다. 재배 상토는 식양토 70%를 기본으로 소나무 발효톱밥, 피트모스, 이탄토 각 30% 고루 섞어 360 L의 화분에 2.5 × 1.5 m 간격으로 배치하였다. 정상적인 생육을 위해 시비량은 미시간 주립대학에서 제공하는 시비량을 바탕으로 매년 4월에 2회로 분할하여 전량 기비하였다(Hanson and Hancock, 1996). 재식 1, 2년차인 2016, 2017년에는 꽃눈을 휴면기에 제거하여 수체 생육을 도모하였으며, 점적관수장치를 설치하여 관수하였다.

### 토양 분석

토양 화학성 분석을 위한 시료 채취는 매해 생육이 정지되는 9월 말에 실시하였으며 토양 pH, 유기물, Av. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 치환성 양이온 등은 농촌진흥청 토양화학분석법(RDA, 2000)에 준하여, pH는 초자전극법, 유효인산은 Lancaster법, 유기물은 Tyurin

법, 양이온은 유도결합플라즈마(Integrt, GBC, Australia)를 이용하여 분석하였다.

### 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.

### 과실 특성

과실의 특성 조사는 과경에 완전하게 착색된 적숙기에 1차 수확한 과실을 대상으로 과실의 길이와 너비, 중량, 가용성고형물 함량, 산도, 경도 등을 조사하였다. 무작위로 추출한 과실 30개를 대상으로 과실의 길이, 너비, 과립중을 조사하였다. 가용성고형물(total soluble solids, TSS) 함량은 무작위로 10개의 과립을 선택하여 거즈 2겹을 이용하여 착즙한 후 20℃로 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 측정 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.

### 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.

## 결과 및 고찰

### 토양 화학성 및 토양 경도

유기자재를 넣기 전 토양의 산도는 5.0, 유기물의 함량은 0.4%로 낮은 수준이었으며 그 외 인산, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 함

Table 1. Chemical properties of soil used in this experiment

Content	pH (1:5)	Organic matter (%)	Available phosphoric acid (mg/kg)	Exchangeable cation (cmol <sup>+</sup> /kg)		
				K	Ca	Mg
Soil	5.0	0.4	10.7	0.3	3.5	0.9

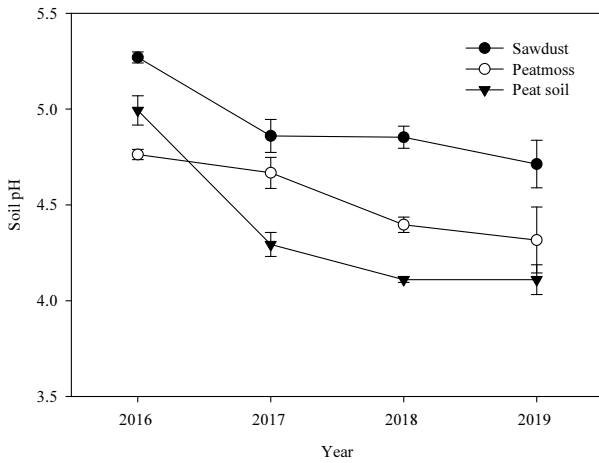


Fig. 1. Soil pH changes by mixture of organic matters from 2016 to 2019.

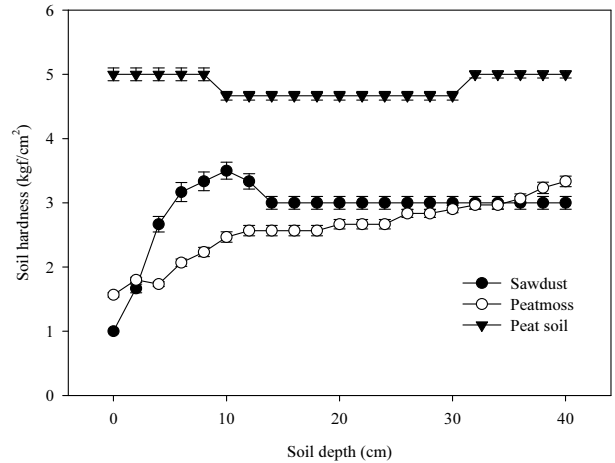


Fig. 2. Soil hardness of soil depth by mixture of different organic matters.

Table 2. Soil chemical properties by mixture of different organic matters in 2019

Organic matter of soil	Organic matter (%)	NH <sub>4</sub> -N (mg/kg)	NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)	Available phosphoric acid (mg/kg)	Exchangeable cation (cmol <sup>+</sup> /kg)		
					K	Ca	Mg
Sawdust	2.5 b <sup>z</sup>	18.4 b <sup>z</sup>	21.1 b <sup>z</sup>	79.0 a <sup>z</sup>	1.9 a <sup>z</sup>	6.7 a <sup>z</sup>	2.8 a <sup>z</sup>
Peatmoss	4.1 a	76.3 a	77.3 a	85.3 a	3.0 a	6.4 a	2.9 a
Peat soil	4.1 a	67.3 a	55.1 ab	65.2 a	1.6 a	4.1 a	2.3 a

<sup>z</sup>Values are mean separation within columns by Duncan’s multiple range test, p<0.05.

량도 낮은 것으로 조사되었다(Table 1). 유기자재를 투여한 첫 해 토양 산도는 4.7 ~ 5.3 정도로 톱밥 > 이탄토 > 피트모스 순으로 높았다(Fig. 1). 재식 4년차에 토양 산도는 4.2 ~ 4.8로 톱밥 > 이탄토 = 피트모스 수준이었다. 시간이 지남에 따라 토양 산도는 모든 처리구에서 해가 지날수록 점차 낮아지는 경향이었으며 이는 질소 비료 공급원으로 황산암모늄을 사용하였기 때문으로 추정되었다. 토양 산도의 조절은 성공적인 블루베리 재배를 판가름하는 가장 중요한 요소이며 나무의 성장 및 품질에 큰 영향을 미친다(Kim *et al.*, 2010). 산성 토양에서 잘 자라는 작물의 경우 낮은 토양 산도를 유지하기 위해 소나무 톱밥이나 솔잎 등과 같은 유기물이 효과적이라고 알려져 있다(Ahn *et al.*, 2013). 따라서 본 실험에 사용한 유기자재는 모두 토양 산도 조

정 측면에서는 적합한 것으로 판단되었다.

모든 처리구는 같은 부피의 유기자재를 혼합하였지만 해가 지날수록 토양 중 유기물 함량은 차이를 보여 2019년 기준 톱밥의 경우 2.5%, 피트모스와 이탄토를 섞은 토양의 경우는 4.1%로 나타났다(Table 2). 블루베리에 적합한 유기물 함량은 2 ~ 5%로 알려져 모든 처리구에서 적합한 토양 산도와 유기물 함량을 보였다(Table 2).

토양 중 무기성분을 비교한 결과 질소를 제외한 다른 무기성분은 유기자재 간 차이가 나타나지 않았다(Table 2). 질소 함량은 유기자재로 이탄토와 피트모스를 사용한 상토에서 톱밥을 사용한 상토보다 통계적으로 유의하게 높게 나타났다. 원예작물의 배양토로 톱밥과 코코피트는 널리 사용되고 있는데 부속

되지 않은 톱밥의 경우 목질화가 높아 토양에 혼합할 경우 토양 미생물의 증가, 질소 고정화 반응 등으로 인해 작물의 양분 결합과 이에 따라 생육이 하락한다고 알려져 있다(Abad *et al.*, 2002; Lee *et al.*, 2007; Shinohara *et al.*, 1999).

토양 경도는 토양 깊이 40 cm 위치까지 측정한 결과 1 ~ 5 kgf cm<sup>-2</sup>으로 작물이 자라기에 적합한 것으로 나타났다. 일반적으로 토양의 경도가 15 ~ 20 kgf cm<sup>2</sup> 이상이 되면 뿌리의 신장에 장애가 발생한다고 알려져 있다(Jeffery, 1995; Kim *et al.*, 2009) 유기자재 처리구간에 차이가 나타나 토양 20 cm 깊이까지는 이탄토 > 톱밥 > 피트모스 순으로 나타났으며, 토양 30 cm 이상에서는 이탄토 > 피트모스 > 톱밥으로 나타났다(Fig. 2). 토양 깊이 따른 경도는 전반적으로 이탄토 처리구가 높고 피트모스와 톱밥은 비슷한 경향으로 낮았다. 토양 경도는 블루베리와 같이 천근성 뿌리를 가지고 있는 작물에서는 특히 수체 생육에 큰 영향을 미치는 요인이 된다. 블루베리의 뿌리 발달 속도는 매우 느리고 뿌리의 직경도 매우 작아 토양의 물리적인 여건에 따라 지하부 발달에 영향을 클 수 있으며 이는 곧 지상부의 생육에 직

접적인 영향을 미칠 것으로 판단된다. 따라서 모든 유기자재 처리구가 블루베리 재배에 적합한 것으로 판단되었다.

### 수체 생육

수체 생육을 조사한 결과 수고, 주축지 수, 흡지 수, 흡지 굵기, 흡지 길이, 총 신초 수에서 처리 간에 차이가 나타났다(Table 3, Fig. 3). 수고는 피트모스를 유기자재로 사용한 처리구에서 가장 컸으며 이탄토 > 톱밥 순으로 나타났다. 흡지 수와 주축지 수는 이탄토 > 피트모스 > 톱밥 유기자재 처리구 순으로 많았다. 그러나 피트모스와 이탄토 처리구 사이에 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 흡지 수는 미래의 주축지가 될 예비지로 흡지 수가 많은 순서로 줄기 수가 많은 것으로 판단되었다. 블루베리의 줄기 수는 수확량과의 상관관계가 매우 높아(Kim *et al.*, 2020; Pritts and Hancock, 1985), 적어도 10개 이상의 줄기를 확보하는 것이 중요하기 때문에(Gough, 1994) 피트모스와 이탄토 처리구가 장기적으로 수확량 확보에 적합한 것으로 판단되었다. 또한 피트모스와 이탄토 처리구의 흡지 굵기와 길

Table 3. Growth characteristics of highbush blueberry by mixture of different organic matter in 2019

Organic matter of soil	Shrub		No. of main branch	Sucker			Shoot		
	Height (cm)	Width (cm)		No.	Length (cm)	Diameter (mm)	Length (cm)	Diameter (mm)	Total No.
Sawdust	130.0 b <sup>z</sup>	154.3 a <sup>z</sup>	2.0 b <sup>z</sup>	0.3 b <sup>z</sup>	30.8 b <sup>z</sup>	4.6 b <sup>z</sup>	30.8 a <sup>z</sup>	4.6 a <sup>z</sup>	522.3 b <sup>z</sup>
Peatmoss	158.7 a	147.7 a	7.0 a	1.3 a	35.4 b	7.0 a	36.0 a	4.0 a	826.3 a
Peat soil	141.0 ab	143.7 a	8.0 a	2.0 a	79.0 a	8.9 a	35.8 a	4.0 a	850.7 a

<sup>z</sup>Values are mean separation within columns by Duncan's multiple range test, p < 0.05.

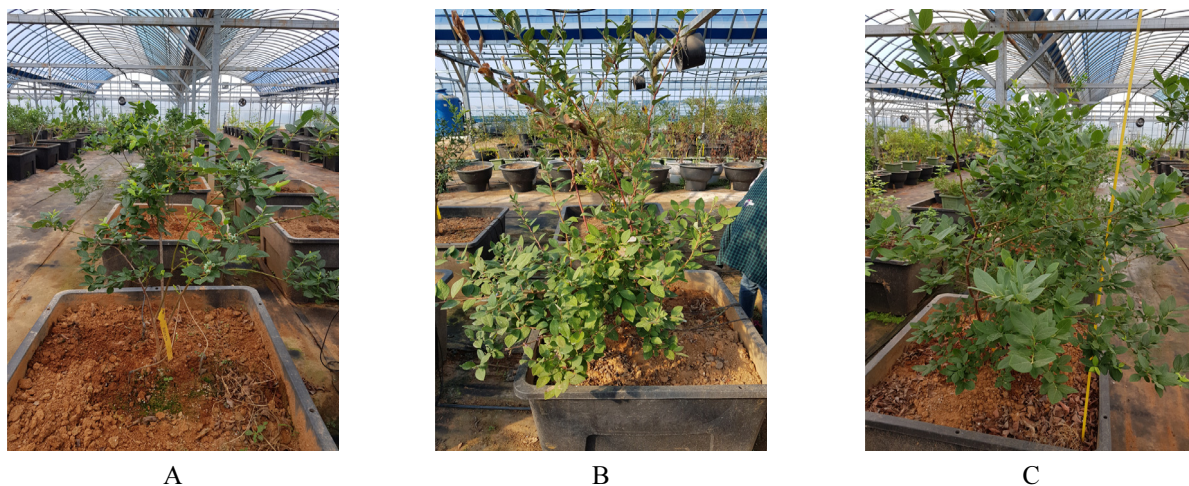


Fig. 3. Growth of blueberry shrub by mixture of different organic matter (A, sawdust; B, peatmoss; C, peat soil).

Table 4. Fruit characteristics of blueberry by mixture of different organic matters in 2019

Organic matter of soil	Weight (g)	Length (mm)	Diameter (mm)	SSC (%)	TA (%)	Firmness (1 mmφ/N)	Yield (g/shrub)
Sawdust	2.2 a <sup>z</sup>	11.6 a <sup>z</sup>	16.0 a <sup>z</sup>	11.6 b <sup>z</sup>	0.6 a <sup>z</sup>	0.5 a <sup>z</sup>	480 b <sup>z</sup>
Peatmoss	2.4 a	12.1 a	17.0 a	12.5 ab	0.5 a	0.5 a	1,146 a
Peat soil	2.2 a	11.8 a	15.6 a	13.7 a	0.6 a	0.5 a	1,140 a

<sup>z</sup>Values are mean separation within columns by Duncan’s multiple range test, p<0.05.

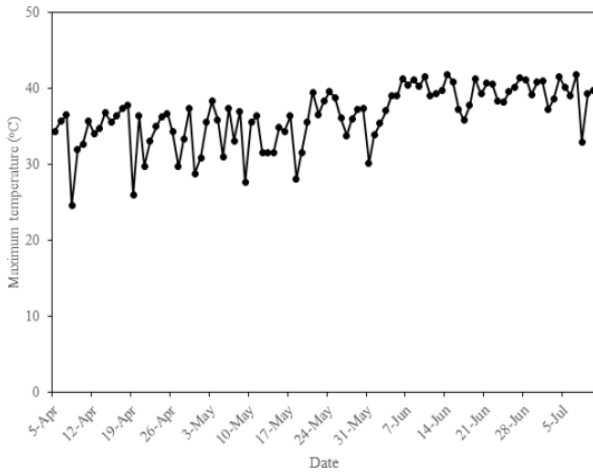


Fig. 4. Maximum air temperature in the greenhouse used for this experiment from April to July, 2019.

이도 톱밥 처리구보다 긴 것으로 조사되었으며, 총 신초 수도 마찬가지로의 양상으로 나타났다.

### 과실 특성

과실의 특성 중 과실의 중량, 과경, 횡경, 경도는 유기자재 처리 간에 통계적 차이가 나타나지 않았다(Table 4). 그러나 과실의 당도, 산도, 수확량에서는 처리 간에 차이를 보였다. 과실의 당도는 일반적으로 ‘Duke’의 경우 10 ~ 11 °Brix 정도로 나타나는데 본 실험의 결과에서는 12 ~ 14 °Brix 정도로 나타나 당도가 대체적으로 높은 것으로 나타났다. 과실의 수확량은 톱밥 처리구가 가장 낮은 것으로 나타났으며 피트모스와 이탄토 처리구는 비슷한 양상으로 나타났다. 블루베리 품종 중 ‘Duke’는 자가 수분율이 70% 정도로 높은 품종이나(Aryal *et al.*, 2019) 블루베리 화기 구조상 수술의 약이 개약하면 꽃가루가 바깥쪽으로 방출되는 구조로 되어 있어 방화곤충에 의한 수분이 수정에 있어 필수적인 요건이다(Kim *et al.*, 2015; Ritzinger and Lyrene, 1998). 실험을 수행한 하우스 내 개화기 고온으로(Fig. 4) 벌 등의 방화곤충 활동량이 감소하면서 수분·수정이 잘되지 않아 본

실험 처리구들의 과실 수확량이 전체적으로 적은 것으로 판단되었다.

다양한 유기자재의 토양 환경에 따른 수체 및 과실 특성을 종합하여 검토한 결과 수체 생육과 토양 환경에서는 유기자재에 따른 큰 차이가 나타나지 않았지만 과실의 수확량이나 수확량과 관계한 줄기 수, 과실 특성 중 당도 등에서 차이를 보였다. 따라서 국내 블루베리 재배 시 안정적인 생산을 위해서 피트모스를 이탄토로 대체하여 사용할 수 있을 것이라 판단되었다.

### 적 요

블루베리 재배 토양 개선에 적합한 유기자재를 선정하고자 대표적인 하이부쉬블루베리 품종인 ‘Duke’를 대상으로 피트모스, 이탄토, 소나무 발효톱밥 등 유기자재를 활용한 토양에서 블루베리의 생육 및 과실 특성을 조사하였다. 토양 산도는 4.2 ~ 4.8로 톱밥 > 이탄토 = 피트모스 순이었다. 토양 중 유기물 함량은 톱밥의 경우 2.5%, 피트모스와 이탄토를 섞은 토양의 경우는 4.1%로 나타났다. 토양 경도는 토양 깊이 40 cm 위치까지 측정된 결과 1 ~ 5 kgf cm<sup>-2</sup>으로 작물이 자라기에 적합한 것으로 나타났다. 흡지 수와 주축지 수는 이탄토 > 피트모스 > 톱밥 유기자재 처리구 순으로 많았다. 또한 피트모스와 이탄토 처리구의 흡지 굵기와 길이도 톱밥 처리구보다 긴 것으로 조사되었으며, 총 신초 수도 마찬가지로의 양상으로 나타났다. 과실의 특성 중 과실의 중량, 과경, 횡경, 경도는 유기자재 처리 간에 통계적 차이가 나타나지 않았다. 가용성고형물 함량은 이탄토 > 피트모스 > 톱밥 유기자재 처리구 순으로 높게 나타났다. 과실의 수확량은 톱밥 처리구가 가장 낮은 것으로 나타났으며 피트모스와 이탄토 처리구는 비슷한 양상으로 나타났다. 따라서 토양 환경에 따른 수체 및 과실 특성을 종합하여 검토한 결과 국내 블루베리 재배 시 안정적인 생산을 위해서 피트모스를 이탄토로 대체하여 사용할 수 있을 것이라 판단되었다.

## 사 사

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농촌진흥청(과제 번호: PJ01127302)의 지원을 받아 연구되었음.

## Conflicts of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

## References

- Abad, M., P. Noguera, R. Puchades, A. Maquieira and V. Noguera. 2002. Physico-chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerised ornamental plants. *Bioresour. Technol.* 82: 241-245.
- Ahn, I., S.H. Kim, W.Y. Maeng, I.E. Lee, K.W. Chang and J.J. Lee. 2013. Effects of soil acidity and organic matter by application of organic materials and soil mulching with pine needles for soil surface management in blueberry eco-friendly farming. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 46:556-562.
- Argo, W.R. 1998. Roots medium chemical properties. *Horttechnology* 8:481-490.
- Aryal, R., A. Nelson, L. Farruggio, D. Lipscomb and H. Ashrafi. 2019. Evaluation of self-compatibility in ten highbush blueberry cultivars by controlled crossing in greenhouse. National Association of Plant Breeders Meeting, Aug 25-29, 2019. Pine Mountain, GA (USA).
- Beardsell, D.V., D.G. Nichols and D.L. Jones. 1979. Physical properties of nursery potting-mixtures. *Sci. Hortic.* 11:1-8.
- Coville, F.V. 1910. Experiments in blueberry culture. United States Department of Agriculture, Bureau of Plant Industry, Bulletin 193.
- Gough, R.E. 1994. The highbush blueberry and its management. Food Products Press, New York, USA, Chapter 1.
- Ha, S.K., M.S. Kim, J.S. Ryu, G.L. Jo, S.C. Choi, Y.S. Kim, M.T. Choi, B.K. Ahn, H.W. Kim, C.Y. Kim, Y.H. Lee and S.H. Yang. 2010. Monitoring of chemical properties for the upland soils in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43:357.
- Hanson, E. and J. Hancock. 1996. Managing the nutrition of highbush blueberries. Michigan State University, Department of Horticulture. Extension Bulletin E-2011.
- Haynes, R.J. and R.S. Swift. 1985. Effects of soil acidification on the chemical extract ability of Fe, Mn, Zn and Cu and their uptake by highbush blueberry plants. *Plant and Soil* 84:201-212.
- Horisawa, S., M. Sunagawa, Y. Tamai, Y. Matsuoka, T. Miura and M. Terazawa. 1999. Biodegradation of nonlignocellulosic substances II: Physical and chemical properties of sawdust before and after use as artificial soil. *J. Wood Sci.* 45:492-497.
- Jeffery. S.K. 1995. Evaluation of soil water retention models based on soil physical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59: 1134-1141.
- Kim, H.L., H.D. Kim, J.G. Kim, Y.B. Kwack and Y.H. Choi. 2010. Effect of organic substrates mixture ratio on 2-year-old highbush blueberry growth and soil chemical properties, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43:858-863.
- Kim, H.L., J.H. Lim, B.K. Sohn and Y.J. Kim. 2003. Chemical properties of cut-flower rose-growing soils in plastic film houses. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 36:113-118.
- Kim, S.H., I.M. Choi, S.K. Yun, J.G. Cho, T.J. Lim and H.K. Yun. 2009. Contribution of soil physico-chemical properties to fruit quality of 'Campbeel Early' grapes in the vineyards. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42:187-191.
- Kim, S.J., D.H. Lee, Y.Y. Hur, D.J. Im, S.J. Park, S.M. Jung and K.H. Chung. 2020. Growth and fruit characteristics of highbush blueberry by mulching materials. *Korean J. Org. Agric.* 28:209-221.
- 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.
- Kim, S.J., K.S. Bae, S.W. Koh, H.C. Kim and T.C. Kim. 2015. Morphological and characteristics of floral organ in highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum*) cultivars. *Korean J. Plant Res.* 28:235-242.
- Korcak, R.F. 1989. Variation in nutrient requirements of blueberries and other Calcifuges. *Hort. Sci.* 24:573-578.
- Kreij, C. and J.L. Leeuwen. 2001. Growth of pot plants in treated core dust as compared to peat. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 32:2255-2265.
- Lee, H.H., S.K. Ha and K.H. Kim. 2007. Optimum condition of the coir-based substrate for growth of red pepper (*Capsicum annuum* L.) plug seedlings. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 40:369-376.
- Lee, Y.H., S.T. Lee, J.Y. Heo, M.G. Kim, K.P. Hong, W.D. Song, C.W. Rho, J.H. Lee, W.T. Jeon, B.G. Ko, K.A. Roh and S.K. Ha. 2010. Monitoring of chemical properties from

- paddy soil in Gyeongnam province. Korean J. Soil Sci. Fert. 43:140-146.
- 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.
- RDA. 2000. Methods of analysis of soil and plant. National Institute of Agricultural Science and Technology, Rural Development Administration, Korea.
- Ritzinger, R. and P.M. Lyrene. 1998. Comparison of seed number and mass of southern highbush blueberries vs. those of their F<sub>1</sub> hybrids with *V. simulatum* after open pollination. Hort. Sci. 33:887-888.
- Shinohara, Y., T. Hata, Y. Maruo, M. Hohjo and T. Ito. 1999. Chemical and physical properties of the coconutfiber substrate and the growth and productivity of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants. Acta Hort. 481:145-149.
- Sohn, B.K., J.S. Cho, J.G. Kang, J.Y. Cho, K.Y. Kim, H.W. Kim and H.L. Kim. 1999. Physico-chemical properties of soils at red pepper, garlic and onion cultivation areas in Korea. Korean J. Soil Sci. Fert. 32:123-131.
- Spiers, J.M. 1986. Root distribution of ‘Tifblue’ rabbiteye blueberry as influenced by irrigation, incorporated peatmoss, and mulch. J. Am. Soc. Hort. Sci. 111:877-880.

(Received 1 April 2021 ; Revised 7 July 2021 ; Accepted 7 July 2021)