

## Dry Weight and Inorganic Nutrient Contents in Different Parts of Container-Grown Highbush Blueberry 'Duke' with or without Hydroponic Solution Supply

Mi Geon Cheon<sup>1\*</sup>, Seo Hyoun Lee<sup>1</sup>, Kyung Mi Park<sup>1</sup>, Seong-Tae Choi<sup>2</sup>, Yeon Hyeon Hwang<sup>2</sup>, and Young Ho Chang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Researcher, Research and Development Bureau, Gyeongnam Agricultural Research & Extension Services, Jinju 52733, Korea

<sup>2</sup>Senior Researcher, Research and Development Bureau, Gyeongnam Agricultural Research & Extension Services, Jinju 52733, Korea

\*Corresponding author: [mg1000ok@korea.kr](mailto:mg1000ok@korea.kr)

### ABSTRACT

**Received:** August 11, 2021

**Revised:** August 21, 2021

**Accepted:** August 25, 2021

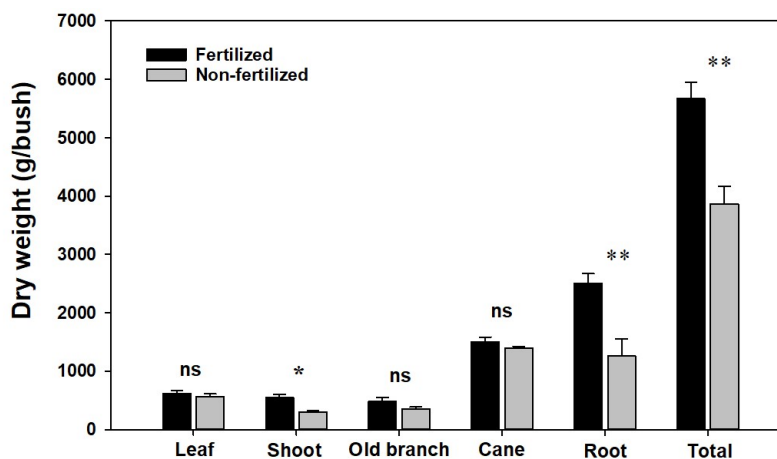
### ORCID

Mi Geon Cheon

<https://orcid.org/0000-0002-5548-4060>

This experiment was conducted to understand nutrient uptake of container-grown highbush blueberries in plastic film house. In March 2013, one-year-old 'Duke' was planted in a 180-L container mixed with peatmoss (130 L) and perlite (40 L), and hydroponic solution was supplied (fertilization) or not (non-fertilization) until October 2020. Hydroponic solution consisted of NO<sub>3</sub>-N 4.6, NH<sub>4</sub>-N 3.4, PO<sub>4</sub>-P 3.3, K 3, Ca 4.6, and Mg 2.2 mmol L<sup>-1</sup> and the non-fertilization was supplied with only underground water. In October 2020, total dry weight of a blueberry increased 1.5-fold more in the fertilization than in the non-fertilization. Dry weight and inorganic nutrient content were the greatest in root than in leaf, shoot, old branch, and cane, indicating importance of root as a reserve storage organ. Fertilization increased dry weight by 2-fold and inorganic nutrient contents of root by 2.2 - 2.6-fold. Total content of each nutrient in a bush increased 1.8 - 2.2-fold more by the fertilization. In non-fertilized treatment, maintaining dry weight and nutrient contents for 8 years indicated that plants absorbed the nutrients to some extent through mineralization of peatmoss medium and underground water.

**Keywords:** Blueberry, Dry weight, Fertilization, Nutrient, Underground water



Dry weight in different parts of 8-year-old blueberry bush as affected by fertilization treatment for 8 years.



## Introduction

블루베리는 다른 과수에 비해 토양 적응성이 낮아 적정 토양 pH와 충분한 유기물 함량이 유지되어야 건전한 수체 생육을 할 수 있다 (Kim et al., 2010; Ahn et al., 2013). 블루베리 소비 증가와 함께 국내 재배면적도 확대되어 왔는데, 노지에 바로 심을 경우 몇 년 후 수세가 약해지고 고사하는 경우가 많아 용기에 상토로 피트모스와 펄라이트를 혼합 후 나무를 심어 용기재배를 하는 농가가 늘고 있다 (RDA, 2020). 또한 조기출하로 판매가격을 높이고 강우에 의한 비상품 발생을 줄이기 위해 무가온 및 비가림 시설재배가 증가하는 추세이다 (RDA, 2020). 한편, 시설 내 용기재배에서는 관비 또는 양액으로 양분을 공급하는 방법이 일반화되고 있으나 적절한 양분조절 방법이 정립되지 않은 실정이다.

상토로 사용하는 피트모스 (peatmoss)와 펄라이트 (perlite) 혼합물은 양분관리 측면에서 배수성이 높고 pH가 낮아 양분 이용률이 낮은 편으로 알려져 있으나 (Kim et al., 2017), 용기재배 기간이 길어짐에 따라 피트모스도 부식이 되어 분해되면 무기성분들이 방출되어 양분으로 활용될 수 있다 (Kim et al., 2010). 용기재배에서는 노지에 비해 관수량이 많은데, 대개 관수에 사용되는 지하수에는 여러 가지 무기성분들이 포함되어 있어 양분공급원이 될 수도 있다 (Lee et al., 2005). 그러나 블루베리 용기재배에서 피트모스 및 지하수로 공급되는 양분의 이용에 대해서는 알려진 바가 없다.

낙엽과수는 이듬해 초기생장을 위한 영구기관 내 저장양분의 축적이 대단히 중요한데 (Titus and Kang, 1982; Oliveira and Priestley, 1988; Cheng et al., 2004), 시설 내 용기재배에서 뿌리의 성장과 양분축적 연구는 찾기 어렵다. 수확이 끝나고 신초의 생장이 둔화된 가을에 수체의 성장과 무기양분 상태를 파악하는 것은 블루베리의 수체 생리를 이해하고 과학적인 양분관리에 단서를 제공할 수 있다. 본 연구는 무시비구와 시비구로 나누어 장기간 재배한 블루베리의 수체 부위별 건물 및 양분 함량을 조사하여 양분흡수 양상을 이해하고자 수행되었다.

## Materials and Methods

**시험재료 및 처리** 시험재료로 경상남도 진주 소재 무가온 온실에서 재배한 북부하이부쉬 (northern highbush) 블루베리 ‘듀크’ (*Vaccinium corymbosum* L., cv. Duke)를 대상으로 하였다. 시험주는 2013년 3월에 1년생 묘목을 180 L 원형 플라스틱 용기에 피트모스와 펄라이트를 각각 130 L와 40 L로 혼합한 상토에 재식하였고, 2013년부터 2020년까지 양액을 공급하는 시비구와 지하수만 공급하는 무시비구로 나누어 관리하였다. 시험에 사용한 나무는 처리별로 4주였으며 온실 내 완전임의로 배치하였다. 양액은 유럽의 블루베리 재배용 양액을 약간 변형시켜 4월 중순부터 7월 하순까지  $\text{NO}_3\text{-N}$  4.6,  $\text{NH}_4\text{-N}$  3.4,  $\text{PO}_4\text{-P}$  3.3, K 3, Ca 4.6, Mg 2.2  $\text{mmol L}^{-1}$ 를 EC 1.5로 조절하여 나무별로 8 L씩 7일 간격으로 공급하였다. 시비구는 2016년 성과기부터 2020년까지 수량의 큰 변화 없이 수체생육이 양호하였으나 무시비구는 2018년부터 시비구 수량의 50% 정도를 유지하여 시험을 계속할 수 있었다. 시험주의 만개기는 4월 상순경이었으며, 수확은 5월 하순경에 종료되었다. 관행에 따라 휴면기에 동계전정을 하였고, 과다 착과한 결과지에 한해 결과지당 화층이 8개 이상 되지 않도록 개화 전에 꽃봉오리를 솎아주었다.

**시료채취 및 분석** 시험주에 관수 및 양액 공급을 위해 사용한 지하수를 2013년 2월에 채취하여 분석한 결과는 Table 1과 같았다. 상토의 화학적 특성은 2020년 7월 20일에 처리별로 3개의 용기에서 표면으로부터 30 cm 깊이까지 상토 시료를 채취 후 농촌진흥청 표준분석법 (RDA, 2002)에 따라 분석하였다 (Table 2).

**Table 1.** Chemical property of underground water used for irrigation or fertilization in the experiment. Water sample was collected in February, 2013.

pH	EC	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	P	K	Ca	Mg	Na	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>
	(dS m <sup>-1</sup> )	(mg L <sup>-1</sup> )									
7.4	0.19	1.21	0.48	0.06	3.11	21.8	4.36	14.2	24.5	8.17	47.8

**Table 2.** Effect of fertilization treatment for 8 years on chemical properties of mixtures of peatmoss and perlite within container on July 20 in 2020, where 'Duke' blueberries were planted.

Fertilized	pH (1:5)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	T-N (%)	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Ex. cation (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		
					K	Ca	Mg
Yes	4.26 ± 0.03	0.29 ± 0.03	1.10 ± 0.06	44.55 ± 0.37	0.19 ± 0.02	6.12 ± 1.05	1.11 ± 0.19
No	4.37 ± 0.03	0.07 ± 0.00	0.89 ± 0.04	6.88 ± 0.05	0.06 ± 0.01	0.88 ± 0.02	0.48 ± 0.01
	ns	*	*	***	*	**	*

Data represent the means of 5 replications with SE.

ns, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05$ , 0.01, or 0.001, respectively.

2020년 10월 8일에 처리별로 4주씩 나무를 굴취하여 잎, 신초, 2년 이상 묵은 가지, 주축지, 뿌리로 분리하였으며 80°C에서 48시간 건조시킨 후 부위별 건물중을 측정하였다. 수체 부위별 건조된 시료 중 일부를 무작위로 채취하여 40 mesh에 통과하도록 분쇄 후 질소 (N), 인산 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 칼륨 (K<sub>2</sub>O), 칼슘 (CaO), 마그네슘 (MgO) 등 무기성분 분석에 사용하였다. 질소는 Kjeldahl법에 따라 질소분석기 (Foss, Kjeltec auto 1035, UK)로, 인산은 Lancaster법으로 비색계 (UV-1650PC, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)로 분석하였고, 칼륨, 칼슘, 마그네슘은 Inductively Coupled Plasma Spectrometer (ICP, Analyst 300, Perkin-Elmer, Norwalk, USA)를 이용하여 Lee and Ha (2011)의 방법으로 측정하였다. 부위별 건물중과 각각의 무기성분의 농도를 곱하여 부위별 양분 함량과 주당 총 함량을 구하였다.

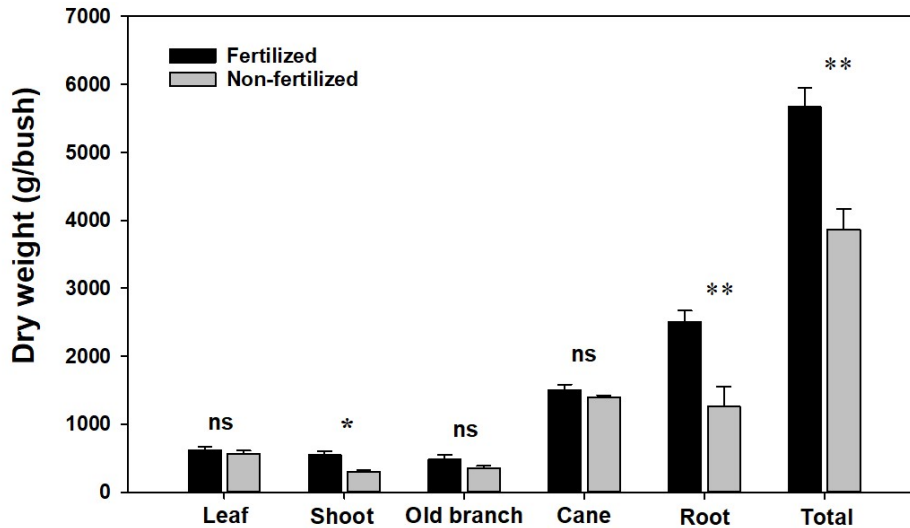
시비 유무에 따른 토양 화학성, 수체 건물중 및 양분 함량을 비교하기 위하여 R 통계프로그램 (i386 4.1.0)를 이용하여 1% 및 5% 유의수준에서 T-test를 수행하였다.

## Results

Table 2는 2013년 시비처리 후 7년이 지난 2020년 7월에 채취한 상토의 화학적 특성을 나타낸 것이다. pH는 유의적 차이가 없었으나 시비구가 무시비구보다 EC 4.1배, 총 질소 1.2배, 유효인산은 6.5배 및 치환성양이온들은 2.3 - 7.0배로 유의적으로 증가하였다. 2020년 10월 8일에 채취한 블루베리 나무의 부위별 건물중은 Fig. 1과 같다. 부위별 건물중은 시비구가 무시비구보다 1.1 - 2.0배 컸는데, 통계적 유의성은 신초와 뿌리에서만 나타났으며 뿌리에서 가장 큰 차이를 보였다. 주당 총 건물중은 시비구가 1.5배로 컸다. 나무 부위별로 분석한 질소, 인산, 칼륨, 칼슘, 마그네슘의 농도는 시비구에서 높은 경향이었으나 유의성은 부위별로 무기성분에 따라 다르게 나타났다 (Table 3).

부위별 각 무기성분의 함량은 뿌리에서 가장 높았으며, 시비구가 모든 부위에서 무시비구보다 높은 경향이었고 그 차이는 뿌리에서 가장 컸다 (Table 4). 시비구의 질소와 인산 함량은 잎에서는 무시비구보다 각각 1.2, 1.3배 높았으나 뿌리에서는 각각 2.2, 2.6배의 차이가 있었다. 뿌리의 칼륨, 칼슘, 마그네슘 함량은 시비구가 무시비구보다 2.3배

높았다. 무기성분별 주당 총 함량은 시비 유무와 관계없이 질소가 가장 많고, 다음으로 칼슘, 칼륨, 인산, 마그네슘 순이었으며, 시비구가 무시비구보다 1.8 - 2.2배였다.



**Fig. 1.** Dry weight in different parts of 8-year-old blueberry bush on October 8, 2020 as affected by fertilization treatment for 8 years. Vertical bars represent the means of 4 replications with SE. <sup>ns, \*, \*\*</sup> Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05$  or  $0.01$ , respectively.

**Table 3.** Effect of fertilization treatment for 8 years on inorganic nutrient concentration of different parts of 8-year-old blueberry bush on October 8, 2020.

Bush part	Fertilized	Inorganic nutrient concentration (% DW)				
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
Leaf	Yes	1.89 ± 0.07	0.13 ± 0.01	0.74 ± 0.01	0.79 ± 0.04	0.31 ± 0.02
	No	1.74 ± 0.04	0.11 ± 0.01	0.52 ± 0.01	0.75 ± 0.05	0.31 ± 0.03
		ns	ns	*	ns	ns
Shoot	Yes	0.88 ± 0.02	0.15 ± 0.01	0.73 ± 0.03	0.69 ± 0.18	0.11 ± 0.01
	No	0.78 ± 0.06	0.14 ± 0.02	0.73 ± 0.04	0.64 ± 0.09	0.10 ± 0.01
		ns	ns	ns	ns	ns
Old branch	Yes	0.74 ± 0.02	0.18 ± 0.01	0.56 ± 0.06	0.69 ± 0.03	0.10 ± 0.01
	No	0.47 ± 0.03	0.15 ± 0.02	0.47 ± 0.02	0.45 ± 0.01	0.07 ± 0.01
		**	ns	ns	**	*
Cane	Yes	0.53 ± 0.01	0.16 ± 0.01	0.42 ± 0.02	0.36 ± 0.02	0.08 ± 0.01
	No	0.36 ± 0.03	0.15 ± 0.01	0.35 ± 0.01	0.27 ± 0.02	0.06 ± 0.01
		*	ns	ns	*	ns
Root	Yes	2.19 ± 0.06	0.67 ± 0.05	0.70 ± 0.01	0.94 ± 0.07	0.37 ± 0.01
	No	2.02 ± 0.05	0.51 ± 0.01	0.64 ± 0.04	0.83 ± 0.07	0.33 ± 0.02
		ns	*	ns	ns	ns

Data represent the means of 4 replications with SE.

<sup>ns, \*, \*\*</sup> Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05$  or  $0.01$ , respectively.

**Table 4.** Effect of fertilization treatment for 8 years on dry weight and inorganic nutrient content of different parts of a 8-year-old blueberry bush.

Bush part	Fertilized	Inorganic nutrient content (g/bush)				
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
Leaf	Yes	11.77 ± 0.97	0.84 ± 0.05	4.57 ± 0.20	4.90 ± 0.04	1.92 ± 0.08
	No	9.79 ± 0.68	0.64 ± 0.04	2.97 ± 0.29	4.21 ± 0.33	1.73 ± 0.05
		ns	*	*	ns	ns
Shoot	Yes	4.85 ± 0.33	0.80 ± 0.06	4.03 ± 0.21	3.87 ± 1.24	0.61 ± 0.07
	No	2.31 ± 0.26	0.44 ± 0.11	2.19 ± 0.33	1.87 ± 0.34	0.30 ± 0.07
		**	**	**	ns	*
Old branch	Yes	3.55 ± 0.34	0.84 ± 0.09	2.78 ± 0.51	3.37 ± 0.55	0.47 ± 0.08
	No	1.65 ± 0.05	0.54 ± 0.05	1.67 ± 0.19	1.59 ± 0.13	0.25 ± 0.04
		**	*	ns	*	ns
Cane	Yes	7.98 ± 0.49	2.45 ± 0.12	6.38 ± 0.68	5.45 ± 0.30	1.15 ± 0.06
	No	5.07 ± 0.49	2.08 ± 0.18	4.91 ± 0.14	3.73 ± 0.32	0.84 ± 0.06
		**	*	ns	*	*
Root	Yes	54.74 ± 2.62	16.84 ± 1.95	17.58 ± 0.93	23.54 ± 2.32	9.39 ± 0.84
	No	25.02 ± 5.21	6.44 ± 1.51	7.79 ± 1.30	10.25 ± 2.31	4.07 ± 0.75
		**	*	**	**	*
Total	Yes	82.90 ± 3.62	21.77 ± 2.01	35.33 ± 2.00	41.12 ± 1.67	13.54 ± 0.94
	No	43.84 ± 5.96	10.14 ± 1.83	19.53 ± 1.33	21.65 ± 2.53	7.20 ± 0.87
		**	**	*	**	*

Data represent the means of 4 replications with SE.

ns, \*, \*\* Nonsignificant or significant at  $p \leq 0.05$  or  $0.01$ , respectively.

## Discussion

시비 유무에 따른 건물중 차이가 뿌리에서 가장 큰 것으로 보아 무기양분의 부족이 뿌리의 생장에 가장 큰 영향을 주었음을 알 수 있었다. 그 원인으로 무시비구의 무기양분 부족이 광합성량을 감소시켜 (Boussadia et al., 2010) 건물 생산량이 적어졌을 것이다. 또한 무시비구에서도 과실 착과가 계속되었으므로 광합성 동화산물이 수용부위 활성화 (sink activity)이 가장 높은 과실에 우선적으로 공급되고, 수용부위 활성이 상대적으로 낮은 기관인 뿌리에는 공급이 적었기 때문 (Inglese et al., 2002; Choi and Kang, 2007)으로 판단된다. 다른 부위보다 뿌리의 무기성분 함량이 높은 것은 뿌리의 건물중이 크고 (Fig. 1) 양분의 농도도 높았기 때문 (Table 3)으로 뿌리의 양분 저장 기관으로서 역할 (Loescher et al., 1990)이 큼을 알 수 있다. 시비 유무에 따른 뿌리의 양분 함량 차이는 이듬해 블루베리의 초기 생육에도 영향을 줄 것 (Loescher et al., 1990)으로 예상된다.

한편 8년간 시비를 하지 않았음에도 무시비구의 건물중이 시비구의 68%에 달하고 주당 무기성분별 함량도 시비구의 약 1/2 정도에 달했던 것으로 나타났다. 이는 무기성분의 천연공급량 때문으로 (Kim, 2011; Park and Kim, 2014), 관수에 사용한 물에 포함된 무기영양 (Table 1), 피트모스 상토의 무기화 (Table 2)를 통해 양분공급이 계속된 것으로 판단된다. 처리 후 8년 동안 수확된 과실, 전정 가지, 낙엽 등으로 없어진 부분을 제외한다면, 본 시험의 경우 천연공급

으로 흡수된 비율은 시비구에 대한 무시비구의 주당 무기성분 함량으로 볼 수도 있다. 이 경우 질소의 천연공급량으로 흡수한 비율은 53%였고, 인산은 46%, 칼륨, 칼슘, 마그네슘은 53 - 55%였다. 이러한 비율은 상토의 종류, 지하수 수질, 강우 노출 정도 등에 따라 달라질 수 있을 것이다. 인산의 경우 비율이 낮은 것은 시험에 사용하였던 지하수나 상토로부터 공급된 양이 적었기 때문으로 볼 수 있다. 시비구의 경우 양액으로 공급된 양이 상당하였음에도 양분흡수율이 낮아 주당 무기성분 함량이 무시비구의 1.8 - 2.2배 수준에 머물렀을 것으로 판단된다. 그러므로 블루베리 양액 재배를 할 때 양분공급량은 수질 및 상토의 특성, 양액의 양분흡수율을 감안하여 조절해야 할 것이다.

## Conclusions

본 시험을 통해 시비 유무가 과실을 제외한 수체 부위별 생장에 미치는 영향은 뿌리에서 가장 뚜렷하였고, 무시비에 의해 뿌리의 생장뿐만 아니라 저장양분 감소가 커짐을 확인하였다. 또한 시비를 하지 않고 지하수만 공급하더라도 건물중이 증가하고 무기영양분의 흡수가 시비구의 46 - 53%까지 이루어지는 것은 관수, 상토의 무기화 등을 통해 양분이 공급되기 때문으로 추론할 수 있었다. 이러한 결과로 시비 부족 조건에서 블루베리의 양분흡수 특성이 어떻게 달라질 수 있는지 이해하고, 온실 내 양액재배에서 지하수 및 상토를 통해 흡수할 수 있는 무기양분의 비율을 가늠할 수 있었다.

## References

- 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.
- Boussadia, O., K. Steppe, H. Zgallai, S. Ben El Hadj, M. Braham, R. Lemeur, and M.C. Van Labeke. 2010. Effects of nitrogen deficiency on leaf photosynthesis, carbohydrate status and biomass production in two olive cultivars 'Meski' and 'Koroneiki'. *Sci. Hortic.* 123:336-342.
- Cheng, L., F. Ma, and D. Ranwala. 2004. Nitrogen storage and its interaction with carbohydrates of young apple trees in response to nitrogen supply. *Tree Physiol.* 24:91-98.
- Choi, S.T. and S.M. Kang. 2007. Effects of defoliation and defruiting in early September on partitioning of nonstructural carbohydrates in 'Fuyu' persimmon at harvest. *Hortic. Environ. Biotechnol.* 48:359-364.
- Inglese, P., T. Caruso, G. Gugliuzza, and L.S. Pace. 2002. Crop load and rootstock influence on dry matter partitioning in trees of early and late ripening peach cultivars. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 127:825-830.
- Kim, C.K. 2011. A study on the rainwater quality monitoring and the improvement, collection and storage system. *Clean Technol.* 17:353-362.
- Kim, H.L., H.D. Kim, J.G. Kim, Y.B. Kwack, and Choi, Y.H. 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., Y.B. Kwack, W.B. Chae, M.H. Lee, H.W. Jeong, H.C. Rhee, and J.K. Kim. 2017. Effect of nitrogen fertigation on the growth and nutrition uptake of 'Brightwell' rabbiteye blueberry. *Korean J. Environ. Agric.* 36:161-168.
- Lee, Y.H. and S.K. Ha. 2011. Impacts of chemical properties on microbial population from upland soils in Gyeongnam Province. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44:242-247.
- Lee, Y.H., S.T. Lee, S.D. Lee, and Y.B. Kim. 2005. Chemical characteristics of soil and groundwater in plastic film

- house fields under fertigation system. *Korean J. Environ. Agric.* 24:326-333.
- Loescher, W.H., T. McCamant, and J.D. Keller. 1990. Carbohydrate reserves, translocation, and storage in woody plant roots. *HortScience* 25:274-281.
- Oliveira, C.M. and C.A. Priestley. 1988. Carbohydrate reserves in deciduous fruit trees. *Hortic. Rev.* 10:403-430.
- Park, H.S. and S.P. Kim. 2014. The study for the long-term rainwater storage quality effect after chlorination. *J. Wetlands Res.* 16:33-39.
- RDA. 2002. Standard analysis of substrate. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- RDA. 2020. Blueberry guide. Rural Development Administration, Jeonju, Korea.
- Titus, J.S. and S.M. Kang. 1982. Nitrogen metabolism, translocation, and recycling in apple trees. *Hortic. Rev.* 4:204-246.