

블루베리 ‘듀크’ 품종의 양액재배 시 수체 성장과 수량 반응

천미건¹ · 이서현¹ · 박경미¹ · 최성태² · 황연현² · 장영호² · 김진국^{3,4*}

¹경남농업기술원 연구개발국 농업연구사, ²경남농업기술원 연구개발국 농업연구관,

³경상국립대학교 농업생명과학대학 원예학과 교수, ⁴경상국립대학교 농업생명과학연구원 책임연구원

Growth and Yield Response of Highbush Blueberry ‘Duke’ to Hydroponic Cultivation

Mi Geon Cheon¹, Seo Hyoun Lee¹, Kyung Mi Park¹, Seong-Tae Choi², Yeon Hyeon Hwang²,
Young Ho Chang², and Jin Gook Kim^{2,3*}

¹Researcher, Research and Development Bureau, Gyeongnam Agricultural Research & Extension Services, Jinju 52733, Korea

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

³Professor, Department of Horticulture, College of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University,
Jinju 52828, Korea

⁴Senior Researcher, Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

Abstract. The hydroponic culture for growing ‘Duke’ blueberry was evaluated in a protective greenhouse provided with similar environmental conditions to the conventional blueberry cultivations. One year old ‘Duke’ blueberry bushes planted in 180 L containers filled with 130 L peat moss and 40 L perlite (v/v) were selected for the experiment. A nutrient solution consisted with NO₃-N 4.6, NH₄-N 3.4, PO₄-P 3.3, K 3, Ca 4.6, and Mg 2.2 mmol⁻¹ was supplied to the plants, comparing non-hydroponic treatment (provided with only underground water). Hydroponic culture increased number of shoot per bush by 18% and total shoot length by 24% compared with non-hydroponic culture. Total dry weight of a bush increased in the hydroponic with vigorous root growth 1.4-fold more than the non-hydroponic. Higher concentrations of inorganic elements and organic compounds were found in the hydroponic, indicating active nutrient absorption of the bush. The hydroponic produced high yield similar to adult bush from 4 years old age, maintaining the yield until 8 years old age. The findings of this study indicated that hydroponic cultivation systems will be useful for growing blueberry crop.

Additional key words : container cultivation, dry weight, inorganic element, organic compound

서 론

블루베리 과실은 항산화 및 항암 효과가 큰 것으로 알려져 있고(Kalt 등, 2001; Prior 등, 1998), 2002년 타임지가 10대 슈퍼푸드 중 하나로 선정하면서 세계적으로 소비량과 재배면적이 증가하고 있다. 우리나라에서는 2000년대 초부터 본격적인 상업재배가 시작되었는데(KBA, 2008), 재배면적은 2010년 534ha에서 2018년도는 3,700ha로 급속히 증가하여 현재 과수산업에서 중요한 위치를 차지하는 과종이 되었다(KBA, 2019).

블루베리는 대다수의 과수 작물과 달리 근모가 없는 형태학

적 특성을 지니고 있으며, 배수가 좋은 산성토양에서 잘 자란다(Retamales와 Hancock, 2012). 이러한 이유로 블루베리 재배 농가에서 토양의 물리성 개선과 산도 관리를 위해 가장 많이 사용하는 재료가 피트모스이다. 그러나 현재까지도 피트모스를 이용한 용기재배 시 비료량과 수분관리 기준이 없어 농가마다 임의대로 하고 있는 실정이다. 피트모스는 토양보다 양분보유력이 낮으므로 양수분 공급량과 시기를 달리해야 할 필요가 있다.

양액재배는 토경재배가 어려운 지역이거나 작물을 재배할 수 없는 환경 조건에서 토양을 사용하지 않고 암면, 펄라이트, 피트모스, 버미큘라이트 등 토양 이외의 배지에서 작물별 배양액을 식물에 공급하여 작물을 안전하고 고품질로 수확할 수 있는 방법이다(Jensen, 1997). 미국의 Gericke가 최초로 수경재배를 상업적으로 시도하면서 실용화되기 시작하였고, 프랑

*Corresponding author: jgkim119@gnu.ac.kr

Received July 6, 2021; Revised July 26, 2021;

Accepted July 27, 2021

스, 독일, 영국, 이스라엘 등에서 상업적인 재배에 이용되기 시작했다(Gericke, 1945). 양액재배는 영양분이 식물체가 이용할 수 있는 상태로 배양액 내에 녹아있고, 이들의 공급과 제어가 쉽게 조절될 수 있는 장점이 있다.

반면에 배양액의 조제, 농도 조절, 환경 관리 등에 있어 알맞은 관리가 요구되고 장기 재배 시 배지 내 염류 축적 등을 고려해야 하지만 체계적인 블루베리 양액재배를 시도하는 농가는 찾기 어렵다. 양분관리 측면에서 블루베리 재배 토양은 높은 배수성과 낮은 토양 pH로 인하여 양분의 이용률이 매우 낮은 편이다(Kim 등, 2017). 블루베리 재배 과정 중 양분 공급은 수량 증진과 과실 품질을 향상시키는데 목적이 있으며, 이러한 양분 공급은 토양의 pH, 습도, 유기물 함량 변화와 같은 근권부 환경에도 영향을 미치게 된다. 피트모스 자체는 양이온치 환용률이 높으나 부피 대비 중량이 낮아 실제 보비력은 낮다.

최근 시설 내 블루베리 용기재배가 증가하면서 과학적이고 생력적인 양분관리 방법이 요구되고 있다. 양액재배는 이에 부합할 수 있는 기술이지만 장기적으로 블루베리 생육에 미치는 영향은 조사된 바 없다. 본 시험에서는 블루베리 양액재배 실용화 가능성을 파악하기 위하여 재식 후 8년간 양액 처리에 따른 수체 성장과 수량 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

1. 시험재료

본 시험은 2013년부터 2020년까지 8년간 경상남도 진주 소재 무가온 재배 온실에서 수행하였다. 2013년 3월에 180L 원형 플라스틱 용기에 피트모스와 펄라이트 용량을 각각 130L, 40L(v/v)로 혼합하여 넣었으며, 이때 혼합한 상토 배지의 용적 밀도는 0.08 weight/v였다. 이 용기에 1년생 ‘듀크’(*Vaccinium corymbosum* L., cv. Duke) 묘목을 심은 후 톱밥으로 1cm 두께로 멀칭을 하고 열간 1.5m, 주간 1.0m로 배치하였다. 톱밥의 성분을 분석한 결과, 총 질소 함량이 0.24%, P₂O₅ 0.08%, K₂O 0.22%, CaO 0.74%, MgO 0.10%, Na₂O 0.15%였다. 결실량은 결과지 당 화충이 8개 이상 되지 않도록 꽃봉오리를 솥아 조절하였고, 전정, 병해충 방제 등 관리는 농촌진흥청 블루베리 영농교본(RDA, 2020)에 준하여 실시하였다.

2. 시험처리

시험처리는 양액을 공급하는 양액처리와 지하수만 공급하는 무처리로 구분하여 2013년부터 2020년까지 실시하였다. 양액은 유럽의 블루베리 양액재배에 사용하는 조제 방법을 약간 변형시켜 4월 중순부터 7월 하순까지 NO₃-N 4.6, NH₄-N 3.4, PO₄-P 3.3, K 3, Ca 4.6, Mg 2.2mmol⁻¹를 EC 1.5로 조절하여 7일 간격으로 8L씩 나무별로 공급하였으며, 양액을 공급하지 않는 기간에는 지하수만 공급하였다. 시험에 사용한 지하수를 2013년 2월에 채취하여 분석한 결과는 Table 1과 같았다. 양액재배가 배지의 화학성에 미치는 영향을 파악하기 위하여 시험 처리 전인 2013년 3월 11일과 시험처리 후 8년째인 2020년 7월 20일에 처리별로 3개의 용기에서 표면으로부터 30cm 깊이에서 배지 시료를 채취 후 분석에 사용하였다. 톱밥과 배지의 화학성은 농촌진흥청 표준분석법에 따라 분석하였다(RDA, 2002). 시험에 사용한 나무는 처리별로 5주였으며 온실 내 완전임의로 배치하였다.

3. 수체 성장 및 수량 조사

수체 성장 조사는 시험처리 8년째인 2020년에 한하여 조사하였다. 7월 20일에 처리별로 5주씩 굴취하여 주당 10개의 신초를 대상으로 신초경을 측정하고, 주당 총 신초수, 총 신초에 대하여 평균 신초장과 총 신초장을 조사하였다. 또한 잎, 신초, 묵은 가지, 뿌리로 분리하여 80°C에서 48시간 건조시킨 후 부위별 건물중을 측정하였다. 과실은 2016년(재식 후 4년차)부터 본격적으로 수확하였는데, 2020년까지 5-6월 수확기에 주당 수량을 조사하였다.

4. 수체 성분 분석 및 통계처리

2020년 7월 20일에 채취한 잎, 가지, 뿌리의 건조 시료를 40mesh에 통과하도록 분쇄하여 무기성분과 유기화합물을 분석하였다. 무기성분은 시료 1g에 H₂SO₄와 HClO₄ 분해액을 첨가하여 전열판에서 분해한 후 질소(N)는 질소분석기(Foss, Kjeltac auto 1035, UK)로 Kjeldahl법에 따라 분석하였다. 인산(P)은 Lancaster법으로 비색계(UV-1650PC, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)로 분석하였고, 다량원소인 칼륨(K), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg)은 Inductively Coupled Plasma

Table 1. Chemical property of underground water used for growing blueberry plants in the experiment.

pH	EC (dS·m ⁻¹)	NO ₃ -N	NH ₄ -N	K	Ca	Mg	Na	Cl	SO ₄	HCO ₃
		mg·L ⁻¹								
7.4	0.19	1.21	0.48	3.11	21.8	4.36	14.2	24.5	8.17	47.8

Water sample was collected in February, 2013.

Spectrometer(ICP, Analyst 300, Perkin-Elmer, Norwalk, USA)를 이용하여 Lee와 Ha(2011)의 방법으로 측정하였다.

유기화합물 중 가용성당은 건조시료 50mg을 80% ethanol (v/v)로 80-85°C에서 30분간 용출시킨 다음, 15,000 × g에서 15분간 원심분리하여 얻은 상징액으로부터 정량하였다. 원심분리로 얻은 잔사는 9.2N HClO₄를 2mL 첨가하여 30분간 분해시킨 후, 15분간 원심분리하여 얻은 상징액으로부터 가용성당을 정량하였는데, 이 분획을 전분으로 간주하였다. 가용성당은 Anthrone반응으로 측정하였으며(McCready 등, 1950), 포도당을 표준당으로 사용하였다.

아미노산은 각 부위별로 건조시료 0.5g을 채취하여 80% ethanol(v/v)을 사용하여 균질화한 다음, 10,000 × g에서 10분 동안 원심분리하여 얻은 상징액으로부터 Ninhydrin 방법으로 측정하였으며(Pieterzyk와 Frank, 1979), 표준아미노산으로 L-leucine을 사용하였다. 원심분리 결과 얻어진 잔사에 0.1N NaOH를 2mL 첨가하여 단백질을 용출시킨 다음 10,000 × g에서 10분 동안 원심분리한 후 상징액으로부터 Bradford 방법(Bradford, 1976)에 따라 단백질을 정량하였다. 표준단백질은 bovine-albumin을 사용하였다.

양액처리 8년 동안의 효과를 무처리와 비교하기 위하여 SAS 9.3(Cary, North Carolina, USA)를 이용하여 시험성적에 대하여 T-test를 수행하였다.

결과 및 고찰

1. 배지의 화학성 변화

양액처리 전 1년차(2013년)부터 8년차(2020년) 배지의 pH는 뚜렷한 변화가 없었고 무처리구와도 차이가 없었다(Table 2). 배지의 EC는 2013년에 0.03이었는데, 2020년 무처리구는 0.07로 증가한데 반해, 양액처리구는 0.29로 상승하여 무처리구와 유의적인 차이를 보였다. 배지의 무기성분은 지하수만 공급한 무처리구에서는 8년 동안 질소와 인산은 약간씩 증가한 반면, 칼륨, 칼슘, 마그네슘은 65-78%가 감소하였다.

이 기간 동안 양액처리구에는 질소와 인산이 월등히 높아졌다. 칼륨은 변화가 미미한 반면 칼슘은 199% 증가하고 마그네슘은 오히려 48%가 감소하였다. 무기원소를 양액을 통해 지속적으로 공급한 양액처리구의 무기성분이 무처리구보다 많은 것이 당연하지만, 그 정도는 무기성분에 따라 달랐다. 질소는 양액처리구가 무처리구보다 1.2배로 차이가 크지 않았으나 인산은 6.5배, 칼슘은 7.0배로 큰 차이를 보였다.

그러나 양액재배 시 해가 거듭됨에 따라 배지에 비료성분 축적이 많아지는 것은 장기적으로 블루베리 생육에 좋지 못할 수 있다(Choi 등, 2012). 특히 인산의 증가가 가장 큰 것으로 보아 양액 조성을 달리하여 특정 성분이 과다하게 축적되지 않도록 조정해야 할 것으로 판단되었다.

2. 수체 생육

양액처리 8년차(2020년)에 신초 생장과 건물중을 조사한 결과, 양액처리구에서 뚜렷하게 생장량이 많은 것으로 나타났다(Table 3). 신초경과 평균 신초장은 무처리구와 차이가 없었으나 신초수와 총신초수는 양액처리구에서 유의적으로 증가하였다. 양액처리구의 주당 신초수는 433개로 무처리구보다 18% 많았으며, 주당 총신초장은 648cm로 24%가 더 길었다. 건물중의 분포비율을 보면, 양액처리구의 경우 뿌리가 총건물중의 44.1%를 차지하여 가장 높고, 목은 가지 37.5%, 잎 11.5%, 신초 6.9% 순이었다. 처리간의 건물중을 비교하면 양액처리가 무처리구보다 목은 가지가 1.8배로 큰 차이를 보였고 잎은 1.2배로 차이가 크지 않았다. 양액처리구의 주당 총 건물중은 4,974g으로 무처리구보다 1.4배 컸다.

블루베리 수체의 건전한 생장을 위해서는 비료성분 중 대량요소와 미량요소 모두가 적정량 공급되는 것이 중요하다(Ballinger 등, 1963; Hanson과 Retamales, 1992; Kim 등, 2017). 양액처리구의 신초 및 건물의 생장량이 무처리구보다 훨씬 많았던 것으로 보아 양액재배를 통해 블루베리에 필요한 양분의 공급이 원활하여 수체 생장이 건강하게 유지되었음을 알 수 있다. 특히 뿌리의 건물중이 무처리구보다 유의적으로 큰 것

Table 2. Chemical property of mixtures of peatmoss and perlite used for root media of container-growing 'Duke' blueberry.

Year	Treatment	pH	EC (dS·m ⁻¹)	T-N (%)	P ₂ O ₅ (mg·kg ⁻¹)	K			Ca		Mg	
						(cmol·kg ⁻¹)		(cmol·kg ⁻¹)		(cmol·kg ⁻¹)		
2013		4.12 ± 1.1	0.03 ± 0.1	0.01 ± 1.3	2.74 ± 1.1	0.17 ± 2.3		3.07 ± 2.1		2.14 ± 1.1		
	Non-hydroponic	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		
2020	Hydroponic	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		
		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.

은 양액의 염기성분으로 인한 뿌리의 성장장애(Back 등, 2012) 등 부작용이 없었음을 의미한다.

3. 식물체 성분

시험 마지막 해인 2020년 7월 20일에 채취한 식물체의 부위별 무기성분과 유기화합물을 분석한 결과, 전체적으로 무처리보다 양액처리구에서 이들 성분의 농도가 높았다(Table 4). 잎, 묵은 가지, 뿌리 등의 질소 농도는 무처리구 보다 양액처리구에서 각각 0.15%, 0.44, 0.17% 높았다. 인산은 잎과 뿌리에서, 칼륨은 잎에서만, 마그네슘은 묵은 가지에서만 양액처리구의 농도가 더 높았고 다른 부위에서는 유의적인 차이에 이르지 못했다. 부위별로 보면 뿌리에서 칼륨을 제외한 모든 무기성분의 농도가 높은 특징을 보였다. 부위별 유기화합물에

서는 가용성당과 전분 농도는 잎에서 가장 높고 신초에서 가장 낮았으며, 단백질은 뿌리에서 가장 높았다. 가용성당은 잎, 신초, 묵은 가지에서 양액처리가 무처리보다 1.8–2.6배, 전분은 잎과 뿌리에서 각각 1.4, 1.9배의 차이가 있었다. 아미노산은 신초를 제외한 각 부위에서 1.5–1.8배, 단백질은 1.4–1.7배 차이로 양액처리구가 더 높았다.

양액처리구의 수체 내 무기 및 유기 성분이 무처리구 보다 많은 것은 양액으로부터 양분의 흡수가 원활하게 이루어졌고, 이 후에도 건전한 수체 생육이 지속될 수 있을 것으로 판단된다. 본 실험에서 조사된 블루베리 잎의 무기원소 농도를 농촌진흥청에서 제시한 잎의 무기성분 적정 범위(RDA, 2020)와 비교해 보면 양액처리구는 무기성분 농도가 적정 범위 안에 있거나 약간 높아 앞선 고찰의 논리적 근거로 제시될 수 있다. 여름철 수체 내 무기원소 함량을 적절히 유지하는 것은 나무

Table 3. Shoot growth and dry weights of different parts of ‘Duke’ blueberry plants grown for eight years in a hydroponic cultivation.

Treatment	Shoot growth				Dry weight (g/bush)				
	Diameter (mm)	Number per bush	Average length (cm)	Total length (cm/bush)	Leaf	Shoot	Old branch	Root	Total
Non-hydroponic	2.4 ± 0.1	366.0 ± 0.1	15.0 ± 0.1	523 ± 3	514 ± 10	244 ± 10	1003 ± 10	1688 ± 16	3449 ± 12
Hydroponic	2.4 ± 0.1	433.2 ± 0.1	15.2 ± 0.1	648 ± 4	573 ± 10	342 ± 15	1863 ± 15	2196 ± 18	663.2 ± 15
	ns	*	ns	*	*	*	***	**	**

Data represent the means of 5 replications.

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

Table 4. Concentrations of inorganic element and organic compound in different parts of ‘Duke’ blueberry plants grown for eight years in a hydroponic cultivation.

Bush part	Treatment	Inorganic element (% DW)					Organic compound (% DW)			
		Total N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Soluble sugars	Starch	Protein	Amino acids
Leaf	Non-hydroponic	1.74 ± 0.04	0.11 ± 0.00	0.52 ± 0.04	0.79 ± 0.04	0.31 ± 0.03	26.3 ± 2.0	43.4 ± 6.5	3.6 ± 0.2	0.4 ± 0.1
	Hydroponic	1.89 ± 0.15	0.13 ± 0.01	0.74 ± 0.02	0.75 ± 0.02	0.31 ± 0.02	50.3 ± 4.6	61.8 ± 4.1	6.1 ± 1.7	0.6 ± 0.1
		*	**	***	ns	ns	**	*	*	*
Shoot	Non-hydroponic	0.78 ± 0.07	0.15 ± 0.01	0.73 ± 0.02	0.64 ± 0.10	0.11 ± 0.01	8.8 ± 0.8	2.5 ± 0.6	4.7 ± 0.8	0.3 ± 0.1
	Hydroponic	0.88 ± 0.02	0.14 ± 0.02	0.73 ± 0.03	0.69 ± 0.18	0.10 ± 0.01	16.1 ± 1.1	3.6 ± 0.5	6.1 ± 1.7	0.2 ± 0.1
		ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns
Old branch	Non-hydroponic	0.83 ± 0.06	0.30 ± 0.03	0.82 ± 0.04	0.72 ± 0.12	0.13 ± 0.01	12.0 ± 0.9	5.5 ± 0.6	4.1 ± 0.5	0.5 ± 0.1
	Hydroponic	1.27 ± 0.16	0.34 ± 0.02	0.99 ± 0.09	1.05 ± 0.10	0.17 ± 0.02	31.4 ± 4.9	7.3 ± 2.5	7.1 ± 0.3	0.9 ± 0.3
		*	ns	ns	ns	*	**	ns	*	*
Root	Non-hydroponic	2.02 ± 0.10	0.51 ± 0.03	0.64 ± 0.03	0.83 ± 0.02	0.33 ± 0.02	24.9 ± 1.4	18.3 ± 0.4	9.1 ± 2.6	0.4 ± 0.1
	Hydroponic	2.19 ± 0.14	0.67 ± 0.02	0.70 ± 0.01	0.94 ± 0.11	0.37 ± 0.02	28.1 ± 6.5	34.2 ± 3.8	13.1 ± 1.4	0.6 ± 0.2
		**	*	ns	ns	ns	ns	*	*	*

Data represent the means of 5 replications.

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

의 영양생장과 생식생장에 매우 중요하며, 목질부에 축적된 유기화합물은 내한성을 증진시키고(Dowler와 King, 1966; Gagnon 등, 1990) 저장양분으로서 이듬해 초기 생장에 중요한 역할(Cheng 등, 2004; Oliveira와 Priestley, 1988; Titus와 Kang, 1982)을 한다. 반면 무처리구는 잎의 질소와 인산농도가 농촌진흥청 기준 범위보다 낮았는데(RDA, 2020), 이로 인해 수체의 영양생장이 감소하고 꽃눈분화도 나빠졌을 것이다(Choi 등, 2013).

4. 과실 수량

재식 후 4년차인 2016년(4년생)부터 본격적인 수확이 이루어졌는데, 양액처리구는 주당 수량이 2,689g으로 8년생일 때까지 큰 변화가 없어 일찍 성과기에 도달하는 것으로 나타났다(Table 5). 반면, 무처리구는 4년생일 때 146g으로 양액처리구보다 현저히 적었고 6년일 때 1,362g에 도달하여 이후에는 정체되는 양상이었다. 8년생일 때 양액처리구는 2,478g으로 무처리구보다 1.8배가 많았다.

양액처리구의 수량이 4년생일 때부터 높게 유지된 것은 성과기에 일찍 도달하였음을 의미하므로 재식 후 수체의 초기 생장이 매우 좋았음을 짐작할 수 있다. 무처리 및 양액처리구의 수량이 8년생일 때까지 지속적으로 증가하지 않은 것은 시험포 내 재식거리 1.5 × 1.0m에서 수관 확대를 시키지 않고 일정한 크기로 전정을 했기 때문이었다. 무처리구는 양액처리구에 비해 주당 총신초장은 19%, 총건물중은 31%가 적었지만(Table 3) 수량은 44%나 적었다. 이를 통해 무처리의 수량이 낮은 것은 나무의 크기 감소뿐만 아니라 결과지당 착과수의 부족도 원인을 유추할 수 있다. 북부하이부쉬 블루베리의 꽃눈분화는 7-9월에 이루어지는데, 무처리구는 수체 내 양분 부족(Table 4)으로 꽃눈분화가 나빠져(Choi 등, 2013; Han 등, 2016; RDA, 2020) 이듬해 개화수가 적어졌을 것이다.

본 시험의 주당 수량을 10a당 재식 주수가 666주일 때의 단위면적 기준으로 환산해 보면 4년생일 때 1.79톤/10a으로 산출된다. 이는 2019년 노지를 포함한 국내 블루베리 과원의 평균 수량 0.49톤/10a(RDA, 2021)보다 3.6배나 높다. 따라서

적절한 양액재배가 블루베리의 초기 수체 발육을 촉진하여 수량성을 높일 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 10년 이상 장기적으로 양액재배를 계속했을 때 수체 생장과 생산성에 대해서는 추가적인 조사가 필요할 것이다. 해가 거듭될수록 배지의 물리화학적 성질이 바뀌게 되면 수체 생장이 영향을 받기 때문(Lee 등, 2018)이다. 양액의 조성, 공급량, EC, pH 등을 달리할 경우 수체 발육이 달라질 수도 있을 것이다. 본 시험에 사용한 양액은 유럽의 블루베리 재배에 사용하는 양액 조제방법을 약간 변형한 것이므로 금후 우리나라 블루베리 재배 환경에 적합한 양액을 만들면 건전한 수체 생장과 수량 증진에 기여할 것으로 판단된다.

양액처리 8년차에 배지의 인산을 비롯한 양분 농도가 1년차에 비해 높아진 것(Table 2)은 금후 양액 조제방법 개선이 필요함을 암시한다. 양액재배에는 일반적인 관비나 토경재배와 달리 양액공급기 설치비가 부담이 될 수 있지만, 양액 조제에 드는 비료 가격이 저렴하고 나무의 생육 상태에 맞추어 양액의 농도나 양, pH를 쉽게 제어할 수 있어 양분관리의 과학화 및 노동력 절감이 장점이 될 수 있을 것이다.

이상의 연구 결과를 종합하면, 북부하이부쉬 블루베리 ‘듀크’는 8년간 양액재배에서 수체 생장이 양호하였고 유목기부터 높은 수량성을 나타내어 경제적으로 활용 효과가 높은 것으로 확인되었다. 양액 조성 및 공급량 조절, 배지 관리 등 추가적인 연구로 기술을 보완해 간다면 양액재배는 시설 내 블루베리 생산성을 높이는데 기여할 것으로 기대된다.

적 요

본 시험은 국내에 가장 많이 보급되어있는 북부하이부쉬 블루베리 ‘듀크’ 품종에 대한 시설하우스 양액재배 가능성을 평가하기 위해 실시하였다. 블루베리 용기재배에 보편적으로 활용되는 피트모스(130L)와 펄라이트(40L) 배지를 180L 플라스틱 용기에 혼합하여 1년생 묘목을 심은 후 8년간 양액을 지속적으로 공급하는 양액처리구와 지하수만 공급하는 무처리구를 비교하였다. 양액은 NO₃-N 4.6, NH₄-N 3.4, PO₄-P 3.3, K 3, Ca 4.6, Mg 2.2mmol⁻¹를 EC 1.5로 조절하여 공급하

Table 5. Yield from 2016 (4 years old) to 2020 (8 years old) in ‘Duke’ blueberry plants grown in a hydroponic cultivation.

Treatment	Yield at bush age (g)				
	4 yr	5 yr	6 yr	7 yr	8 yr
Non-hydroponic	146	781	1,362	1,371	1,398
Hydroponic	2,689	2,740	2,569	2,530	2,478
	***	**	**	**	**

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

였다. 양액처리구는 처리 후 8년차까지 수체 생장이 양호하였으며, 무처리구보다 주당 신초수가 18% 많고 주당 총신초장은 24%가 길었다. 양액처리구는 무처리구에 비해 뿌리 발달이 양호하였으며 주당 총건물중은 1.4배로 컸다. 식물체의 잎, 신초, 묵은 가지의 무기원소나 유기화합물이 양액처리구에서 대체로 높게 나타나 양액을 통한 양분흡수가 원활하였음을 확인되었다. 수량은 양액처리구에서 4년생 때부터 성과기에 달하여 시험이 종료될 때까지 높게 유지되었다. 이와 같은 결과로 양액재배기술은 블루베리 재배에 유용하게 활용 가능할 것으로 평가되었다.

추가주제어: 건물중, 무기원소, 용기재배, 유기화합물

Literature Cited

- Back S.E., D.S. Kim, and Y.S. Park 2012, Inactivation of *Ralstonia Solanacearum* using aquatic plasma process. J Environ Sci 21:797-804. doi:10.5322/JES.2012.21.7.797
- Ballinger W.E., L.J. Kushman, and J.F. Brooks 1963, Influence of crop load and nitrogen applications upon yield and fruit qualities of Wolcott blueberries. Proc Am Soc Hort Sci 82:264-276.
- Bradford M.M. 1976, A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal Biochem 72:248-254.
- 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. doi: 10.1093/treephy/24.1.91
- Choi G.L., M.W. Cho, J.W. Cheong, H.C. Rhee, Y.C. Kim, M.Y. Roh, and Y.I. Kang 2012, Effect of EC levels in nutrient solution on the growth of juvenile rose in hydroponics using coir substrate. J Bio Env Con 21:317-321.
- Choi S.T., D.S. Park, G.H. Ahn, S.C. Kim, and T.M. Choi 2013, Tree growth and nutritional changes in senescing leaves of ‘Fuyu’ persimmon as affected by different nitrogen rates during summer. Kor J Hort Sci Technol 31:706-713. doi:10.7235/hort.2013.13082
- Dowler W.M., and F.D. King 1966, Seasonal changes in starch and soluble sugar content of dormant peach tissues. J Am Soc Hort Sci 89:80-84.
- Gagnon B., Y. Desjardins, and R. Bedard 1990, Fruiting as a factor in accumulation of carbohydrates and nitrogen and in fall cold hardening of day-neutral strawberry roots. J Amer Soc Hort Sci 115:520-525
- Gericke W.F. 1945, The meaning of hydroponics. Science 105:542-143. doi:10.1126/science.101.2615.142
- Han J.H., H.H. Han, Y.H. Kwon, J.H. Jung, S.H. Ryu, K.R. Do, H.C. Lee, I.M. Choi, and T.C. Kim 2016, Effect of early defoliation on fruit yield, reserve accumulations and flower bud formation in ‘Sinano Sweet’ apple trees. J Bio Env Con 25:133-137. doi:10.12791/KSBEC.2016.25.2.133
- Hanson E.J., and J.B. Retamales 1992, Effect of nitrogen source and timing on highbush blueberry performance. HortScience 27:1265-1267.
- Jensen M.H. 1997, Hydroponics. HortScience 32:1018-1021.
- Kalt W., A. Howell, J.C. Duy, C.F. Forney, and J.E. Donald 2001, Horticultural factors affecting antioxidant capacity of blueberries and other small fruit. Hortic Technol 11:523-528.
- 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. doi:10.5338/KJEA.2017.36.3.28
- Korea Blueberry Association (KBA) 2008, Blueberry newsletter. Korea.
- Korea Blueberry Association (KBA) 2019, Blueberry newsletter. Korea.
- Lee S.G., E.Y. Choi, G.H. Lim, and K.Y. Choi 2018, Yield and inorganic ion contents in drained solution by different substrate for hydroponically grown strawberry. Hortic Sci Technol 36:337-349. doi:10.12972/kjhst.20180033
- 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.
- McCready R.M., J. Guggolz, V. Silveira, and H.S. Owens 1950, Determination of starch and amylose in vegetables. Anal Chem 22:1155-1158. doi:10.1021/ac60045a016
- Oliveira C.M., and C.A. Priestley 1988, Carbohydrate reserves in deciduous fruit trees. Hortic Rev 10:403-430.
- Pieterzyk D.J., and C.W. Frank 1979, Analytical Chemistry. Academic Press, New York, pp 190, pp 315, pp 645
- 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. doi:10.1021/jf980145d
- Retamales J.B., and J.F. Hancock 2012, Blueberries. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp 51-54.
- Rural Development Administration (RDA) 2002, Standard analysis of substrate. RDA, Suwon, Korea.
- Rural Development Administration (RDA) 2020, Blueberry. RDA, Jeonju, Korea.
- Rural Development Administration (RDA) 2021, Income data for agricultural and livestock products. Available via <https://nongsaro.go.kr/portal>. Accessed 15 July 2021
- Titus J.S., and S.M. Kang 1982, Nitrogen metabolism, translocation, and recycling in apple trees. Hortic Rev 4:204-246.