



과제구분	기관고유	수행시기	전반기	
전략체계	4-1-2	기술분야 및 품목표준코드	C05	
과제번호	LP0046982023		FT050659	
과 제 명		수행기간	과제책임자	
블루베리 시설재배 양분관리 방법 개발		'20~'22	원예연구과	천미건
1) 블루베리 가온재배 시 생육단계용 배양액 개발		'20~'22	원예연구과	천미건
책임용어	블루베리, 시설, 양액재배			

블루베리 가온재배 시 생육단계용 배양액 개발

Plant growth in highbush blueberry 'Scintilla' grown with different N and K compositions of nutrient solution in heated cultivation

Mi Geon Cheon*, Seo Hyoun Lee*, Kyung Mi Park*, Seong-Tae Choi*,
Yeon Hyeon Hwang*, and Hye Suk Yoon*

*Gyeongnam Agricultural Research and Extension Services, Jinju, Korea

ABSTRACT : This study was conducted to improve a nutrient solution to pot-grow southern highbush blueberry 'Scintilla' in heated cultivation. From September 2020 to late May (about 40 days after harvest) 2022, young blueberry plants were supplied with different compositions of nutrient solution, 25% increase (NK increase) and 25% reduction (NK reduction) of N and K concentrations, compared with a nutrient solution for the unheated cultivation (control). The nutrient compositions did not affect fruit size except for the small size of the NK reduction in 2021. Yield in both 2021 and 2022 increased by 14~22% for the NK increase but decreased by 13~59% for the NK reduction, compared with the control. The total shoot length per plant was 28~56% longer for the NK increase than the control, while it was 33~47% shorter for the NK reduction. Total dry weight per plant increased by 25% for the NK increase, especially 2.4-fold more in the root, in contrast to a 17% decrease of the total for the NK reduction. 7.2% and 51.2% of the total dry weight of a plant were partitioned into root and fruit for the control, respectively. It was noted that the root partitioning of the dry weight increased to 14.1% for the NK increase, while the fruit increased to 54.1% for the NK reduction. The NK increase led to an increase of 49% and 30% of the total N and K contents per plant, respectively, compared with those of the control, while the NK reduction caused a decrease of 41% and 21% of the respective total content. When N and K increased in the nutrient solution, the root partitioning increased with higher leaf and fruit partitioning of inorganic elements, compared with

the control. However, the root partitioning decreased with higher fruit partitioning for the NK reduction. The result indicated that the NK 25% increase of nutrient solution helps active root growth with higher nutrient absorption, increasing plant growth and yield.

Key word : Fruit characteristic, dry weight, nitrogen, potassium, pot cultivation

1. 연구목표

블루베리 과실은 항산화 및 항암효과가 큰 것으로 알려져 왔고(Kalt et al., 2001; Prior et al., 1998) 생과 및 다양한 가공품 형태 소비가 증가하고 있어 우리나라에 중요한 과종이 되었다. 블루베리 재배면적은 2010년 534ha에서 2020년 3,368ha로 지난 10년 간 6.3배나 증가하였다. 재배작형도 노지 위주에서 가온, 무가온, 비가림 등 시설재배 비중이 높아지고 있는데, 2020년 시설재배 면적은 471ha로 2016년 대비 시설재배면적은 20% 증가하였다. 또한 시설 내에서는 토경보다 용기를 활용한 양액재배가 증가하고 있다. 용기 양액재배는 배수가 불량한 곳에서도 가능하고, 정밀한 양수분 관리로 단위면적당 생산성을 높일 수 있다(Bucks et al., 1981; Shalhevet et al., 1983). 양액재배는 나무가 필요로 하는 적당량의 수분과 양분을 적기에 공급할 수 있어 비료의 과다사용을 줄일 수 있는 좋은 방안도 된다(Poffly, 2004; Warren and Bilderback, 2004).

가온 시설재배는 조기출하에 의한 소득 증대를 목적으로 저온요구도가 낮은 남부하이부시 품종을 이용하는데, 경남 지방에서는 ‘신틸라’ 품종이 가장 많이 재배되고 있다. 블루베리 용기재배에서 양액 조성은 수체의 건전한 생육(Claypool, 1975; Raese and Drake, 1997) 및 과실 생산(Cheon et al., 2021) 측면에서 매우 중요한데, 무가온 재배용으로는 Cheon 등(2018)이 개발한 조성 양액이 농가에 활용되고 있다. 무가온 재배용 양액은 나무가 낙엽이 된 상태에서 1~2월부터 보온하여 새로 싹을 틔워 재배하는 형태에 적합하게 개발되었으므로, 대부분의 잎이 겨울 동안에서 붙어 있는 아열대성 품종 ‘신틸라’를 대상으로 12월부터 가온하여 재배하는 경우에는 이 양액이 맞지 않다. 가온재배의 경우 아직 제시된 조성 양액이 없어 농가에서는 해외 블루베리 양액 기준이나 비료 업체의 자료를 참고하여 임의로 조성액을 만들어 사용하고 있는 실정이다.

블루베리는 뿌리털이 없는 수염뿌리 구조로 토양 pH, 수분 함량, 비료 성분 구성, EC 등에 매우 민감하게 생장 반응을 하는 것으로 알려져 있어(Gough, 1980; Haman et al., 1994; Eck, 1988) 양액의 양분 조성이 매우 중요하다. 그러나 가온재배를 위한 양액의 양분 조성에 따른 블루베리 생장 반응에 대한 연구결과는 찾기 어렵다. 과수에서 적절한 영양 생장과 생식생장의 균형이 장기적 안정생산에 매우 중요한데, 일반적으로 낙엽과수에서는 양분의 과다공급이 양분의 과실 분배비율을 감소시켜 생산효율을 낮출 수 있다(Forshey and Elfving, 1989). 많은 블루베리 농가에서 재식 후 점진적인 수세 약화를 자주 볼 수 있으므로 장기적인 수세 안정 및 안정생산을 위해 양분관리를 통한 적절한 건물 및 양분 분배를 도모할 필요가 있다. 본 연구는 블루베리 가온재배 시 적절한 양액 조성을 위해 무가온 재배용 양액을 토대로 N과 K 조성 비율을 달리하여 수체 및 과실 생장에 미치는 영향을 비교하여 적정 양액조성액을 알아보고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 2020년부터 2022년까지 3년간 경상남도 진주 소재 가온재배 비닐하우스에서 수행하였다. 2020년 7월에 2년생 ‘신틸라’ (*Vaccinium corymbosum* hybrids) 묘목을 피트모스와 펠라이트 상토를 8:2(v/v)로 혼합한 32L 원형 플라스틱 용기에 재식하였고 시험주는 열간 1.5m, 주간 1.0m로 배치하였다. 배양액은 Cheon 등(2018)이 개발한 블루베리 무가온재배용 양액($\text{NO}_3\text{-N}$ 4.6, $\text{NH}_4\text{-N}$ 3.4, $\text{PO}_4\text{-P}$ 3.3, K 3, Ca 4.6, Mg $2.2\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$)을 대조구로 하였고, N과 K를 대조구보다 25% 증가시킨 처리구(NK 증)와, 25% 감소시킨 처리구(NK 감)로 나누어 공급하였다. 시험구는 한 주를 반복으로 5반복을 완전임의로 배치하였다.

양액은 재식 당년 2020년 9월부터 이듬해 5월 하순(수확종료 후 40일 경)까지, 2021년 12월 상순(개화 시작 전 20일경)부터 이듬해 5월 하순(수확종료 후 40일 경)까지 양액 공급기로 EC를 1.0으로 조절하여 일주일에 주당 4L씩 1회 공급하였다. 양액을 공급하지 않는 날에는 상토가 마르지 않을 정도로 지하수로 1~3일 간격으로 주당 4L씩 관수를 하였다. 비닐하우스의 가온은 시험기간 동안 12월 1일에 시작하여 겨울에는 주야간 온도를 10°C 이상, 봄에는 추운 야간에만 가온하여 기온이 8°C 이하가 되지 않도록 관리하였다. 여름에는 온실 내 낮 온도가 35~45°C 범위로 높아졌기 때문에 환기를 통해 고온장해가 발생하지 않도록 하였다. 2년간 동안 개화는 12월 25일경 시작되었으며, 수확은 2월 중순에 시작하여 4월 하순에 종료하였다. 과다착과가 되지 않도록 개화 전에 곁과지당 화충이 5개 이상이 되지 않도록 화충을 숙았으며, 개화기에는 수정벌을 방사하여 수분을 촉진시켰다. 그 외 관리방법은 농촌진흥청 블루베리 재배법(RDA, 2002)에 준하였다.

2년간 2~4월 동안에 5회로 나누어 과실을 수확한 후 주당 총 수량을 합산하였으며, 각 연도의 4월 22일과 4월 25일에 주당 50개의 과실을 무작위로 채취하여 과실 특성을 조사하였다. 평균 과중을 조사 후 나무별로 과실을 사발에 으깨어 즙액을 모아 굴절당도계(PR-100, Atago, Japan)로 가용성 고형물을 측정하고, 과즙 5mL를 채취하여 0.05N NaOH로 pH 8.3까지 중화적정 후 소요된 NaOH 양으로 산출한 주석산을 산 농도로 간주하였다. 수확 과실의 일부는 생체중을 측정한 후 60°C에서 48시간 건조시켜 건물질을 구하여 주당 총 과실 건물중을 산출하였으며, 건조시료는 무기원소 분석에 사용하였다.

수체 성장 조사는 2021년과 2022년 6월 12일에 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준(RDA, 2012)에 따라 나무 중간부위 높이의 자르지 않은 가지에서 발생한 신초를 주당 20개씩 선정하여 신초경과 신초장을 조사하였다. 신초경은 신초기부에서 0.5cm 떨어진 부위에서 버니어캘리퍼스로 측정하였으며, 신초장은 기부로부터 신초 선단부까지 길이를 측정하였다. 또한 주당 총 신초수를 세고 모든 신초의 길이를 측정하여 주당 총 신초장을 구하였다. 2022년 6월 30일에 처리별로 3주씩을 굴취하여 잎, 신초, 목은 가지(old branch), 주축지(cane), 뿌리로 나누어 60°C에서 96시간 이상 건조시킨 후 수체 부위별 건물중을 구하였다. 시험처리에 따른 무기원소 흡수 차이를 조사하기 위하여 건조 시료를 40mesh에 통과하도록 분쇄하여 그 일부를 분석에 사용하였다. N은 CNS 원소분석기(Vario MAX CNS, Elementar Analysensysteme GmbH, Germany)를 사용하여 분석하였다. 그 외 다른 무기원소는 건조시료 1g에 H_2SO_4 와 HClO_4 분해액을 첨가하여 전열판에서 분해한 후, P는 Lancaster법으로 비색계(UV-1650PC, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)로 분석하였고, K, Ca, Mg는 유도결합플라스마분광분석기(ICP, Analyst 300, Perkin-Elmer, Norwalk, USA)를 이용하여 Lee and Ha(2011)의 방법으로 측정하였다. 분석 후 얻은 부위별 무기원소 농도에 건물중과 곱하여 수체 부위별 무기원소 함량과 부위별 분배비율을 산출하였다. 통계분석

은 SAS 9.1(SAS Institute, Cary, NC, USA)프로그램을 이용하여 5% 수준에서 최소유의차 (least significant difference) 검정을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

양액의 NK 25% 증가는 처리 후 첫 수확한 2021년의 과중, 가용성고형물, 산 함량 및 수량에는 영향을 주지 않았으나 NK 25% 감소는 과중과 주당 수량을 감소시켰다(표 1). 첫째 평균과중은 대조구가 2.4g인데 반해 NK 수준을 낮춘 처리구는 21% 작아졌다. 2022년에는 처리간 과실 특성 차이가 없었고 산 농도가 NK 증 처리구에서 전년도 일관되게 높은 경향이었다. 주당 수량이 대조구가 2,014g일 때 NK 증 처리구는 22% 증가하였고, NK 감 처리구는 13% 감소하는 것으로 나타났으나 유의적 수준은 아니었다.

2021년에 처리별 과실 크기와 수량 차이 비율이 다른 것은 과실 크기와 주당 착과수의 차이에 의한 것으로 판단되었다. 남부하이부시 블루베리의 꽃눈분화는 가을까지 지속되므로 (Kovaleski et al., 2015), 본 시험에서 2020년 9월부터 양액 공급 처리로 잎의 활력이 꽃눈분화에 영향을 주어(Williamson et al., 2012) 이듬해 착과량이 달라졌을 것이다. 2022년 처리 간 수량 차이는 과실 크기의 영향보다 전년도 꽃눈분화 정도 및 수관의 크기에 따라 착과량이 달랐기 때문으로 여겨진다.(Table 1).

표 1. 조성액에 따른 과실특성

N, K 비율	과실특성			수량 (g/plant)
	과중 (g)	당도 (°Brix)	산도 (%)	
On April 22, 2021				
Control	2.4 a†	13.7 a	0.36 a	522 a
25% 증가	2.4 a	13.0 a	0.44 a	595 a
25% 감소	1.9 b	12.7 a	0.43 a	212 b
On April 25, 2022				
Control	2.2 a	13.1 a	0.35 a	2,014 ab
25% 증가	2.4 a	13.7 a	0.43 a	2,459 a
25% 감소	2.3 a	13.0 a	0.42 a	1,747 b

†Different letters in each column indicate significant difference at $p \leq 0.05$.

양액의 NK 수준에 따른 가운데배 ‘신틸라’의 2021년과 2022년 6월에 조사한 신초 생장은 Table 2와 같다. 유의적 차이는 아니었으나 신초 생장은 대조구에 비해 NK 증 처리구가 많고, NK 감 처리구가 적은 경향이었는데, 평균 신초장과 주당 총신초장은 2021년보다 2022년에 처리간 차이가 크게 나타났다. 주당 총신초장은 NK 증 처리구가 2021년에 대조구에 비해 10%, 2022년에는 56% 더 길었고, NK 감 처리구는 2021년에 대조구보다 33% 감소하였으나 이듬해에는 47%가 감소하여 양액 조성 처리효과가 커졌다.

신초의 초기 생장은 수체 내 저장양분이나 상토에 존재하는 양분의 영향을 받아, 시험처리 이듬해는 처리의 영향이 작을 것으로 예상되지만, 시험처리 이듬해부터 NK 조성에 따른 차이를 보인 것은 양분 공급량이 당년의 수체 생장에 미치는 영향이 큼을 의미한다 (Ballinger et al., 1966; Ballinger et al., 1963). 또한 2022년에 신초생장 차이가 더 커진

것은 수관 크기에 따른 광합성량 및 무기원소 흡수 차이가 신초생장에 미친 영향(Furukawa and Yamashita, 1974; Lee et al., 2002; Lee et al., 2007)으로 볼 수 있을 것이다(표 2).

표 2. 조성액에 따른 수체특성

N, K 비율	신초경 (mm)	신초장 (cm)	신초수 (개/주)	전체 신초수 (m/주)
On June 12, 2021				
Control	2.1 a [†]	18.9 ab	113.7 b	21.1 ab
25% 증가	2.3 a	19.7 a	175.5 a	27.0 a
25% 감소	1.4 b	16.8 b	78.7 b	14.1 b
On June 12, 2022				
Control	2.4 ab	18.5 ab	176 ab	30.1 ab
25% 증가	2.6 a	21.5 a	214 a	47.0 a
25% 감소	1.7 b	13.1 b	93 b	16.1 b

[†]Different letters in each column indicate significant difference at $p \leq 0.05$.

표 3은 양액의 NK 조성을 달리하여 2020년 9월부터 공급한 후 2022년 과실 수확 66일 후 나무 전체를 채취하여 부위별 건물량을 조사한 결과이다. 통계적 유의성은 없었지만 NK 증 처리구가 대조구보다 모든 부위에서 건물량이 증가하였는데 특히 뿌리가 2.4배나 증가하였으며, 주당 총건물량은 대조구 551.9g보다 25%가 많았다. NK 감 처리구는 모든 부위에서 대조구보다 건물량이 작아 총 건물량은 17% 감소하였다.

시험구들의 부위별 건물중 분포를 보면 총 건물중에서 잎이 15~18%, 신초가 13~16% 차지하였으며, 시험구들이 유목이어서 목은 가지와 주축지의 비율은 4% 이하로 낮았다. 뿌리는 7~14%로 차이가 커 처리효과가 큼을 나타냈다. 과실은 총 건물중에서 48~59%로 가장 많은 건물량을 차지하였다.

NK 증 처리구는 잎의 건물 분배율은 낮고 저장양분 기관인 뿌리의 건물 분배율이 대조구의 2배로 높았다. 일반적으로 다른 과수에서 영양생장기관보다 과실로 건물 분배를 높이는 것이 과실 생산 효율 측면에서 유리한 것으로 알려져 있다(Forshey and Elfving, 1989). 그러나 블루베리를 대상으로 한 본 연구에서 수량이 가장 많았던 NK 증 처리구는 뿌리로 탄수화물의 분배가 높아 수세 유지 및 수관 확대를 촉진되어 과실 생산에 유리하게 작용한 것으로 판단된다. 한편 NK 감 처리구는 과실의 건물 분배율이 가장 높았는데, 이로 인해 상대적으로 가지나 뿌리의 생장이 나빠져 수세 유지 및 수관 확대가 불리하였을 것이다. 과실이 차지하는 건물의 비율이 높은 것은 다른 과수에서 보고된 결과와 마찬가지로 착과에 의한 건물 분배율 증가가 수세 약화로 쉽게 이어질 수 있다(Forshey and Elfving, 1989). 이러한 뿌리 생장 감소는 장기적인 과실 안정생산에 불리하게 작용할 가능성이 높다(Loescher et al., 1990).

표 3. 조성액에 따른 건물중

N, K 비율	건물중 (g/plant)						
	잎	신초	2년생 이상가지	주축지	뿌리	과실	전체
Control	99.8 a [†]	89.2 ab	22.3 a	18.3ab	40.0 a	282.3 ab	551.9 ab
	(18.1)	(16.2)	(4.0)	(3.3)	(7.2)	(51.2)	(100)
25% 증가	101.5 a	101.8 a	25.4 a	20.0a	96.7 a	342.2 a	687.7 a
	(14.8)	(14.8)	(3.7)	(2.9)	(14.1)	(49.8)	(100)
25% 감소	80.4 b	60.6 b	15.1 a	15.0b	38.3 a	247.2 b	456.7 b
	(17.6)	(13.3)	(3.3)	(3.3)	(8.4)	(54.1)	(100)

[†]Different letters in each column indicate significant difference at $p \leq 0.05$.

Plants were sampled on June 30, 2022, except fruits harvested on April 25.

표 4는 양액의 N과 K 조성에 따른 수체 부위별 무기원소 함량과 분배 비율을 나타낸 것이다. N과 K 수준을 높였을 때 무기원소 흡수는 N과 K 뿐만 아니라 다른 무기원소의 흡수량도 증가한 것을 알 수 있다. NK 증 처리구는 N의 주당 총 함량이 6.487g, K는 1,179g으로 대조구보다 각각 49%, 30% 많았으며, 특히 P 함량은 99%까지 증가하였다. NK 감 처리구의 주당 총 N과 K 함량은 대조구보다 각각 41%, 21% 감소했고 다른 원소도 23~33% 감소하였다. 양액의 N과 K 수준이 다른 무기원소의 흡수에 영향을 준 것은 나무의 생장 정도에 따라 전체 양분의 흡수량이 달라졌음을 반영한다. 부위별 양분함량의 차이가 Table 3의 건물중 차이보다 큰 것은 NK 수준이 높을수록 수체의 무기원소의 농도도 높아졌기 때문으로 판단된다.

무처리구에서 각 부위별 N 분배 비율을 보면 잎이 45.5%로 가장 많이 차지하였으며 다음으로 과실이 32.4%, 신초가 12.7%를 차지하여 이들 조직에 분배되는 양이 전체의 90.6%에 달하였고, 목은 가지, 주축지, 뿌리가 차지하는 비율은 9.4%에 불과하였다. 양액의 NK를 25% 증가시켰을 때는 잎과 과실의 분배율을 낮아졌으나 뿌리는 21.1%로 대조구보다 2.6배 높아졌다. NK를 25%를 감소시켰을 때는 잎, 신초, 뿌리의 분배비율이 모두 낮아진 반면 과실은 43.8%로 대조구의 1.4배로 높아졌다. P는 대조구에서 잎이 23.7%, 신초가 21.0%를 차지하였고 과실이 42.5%를 차지한 반면 뿌리는 9.4%에 불과하였다. 양액의 NK 25% 증가에 의해 잎과 신초의 P 분배비율은 감소한 반면 뿌리는 23.8%로 대조구보다 2.5배 이상 높아졌다. 양액의 NK가 감소했을 때에는 P의 신초 분포 비율은 감소하고, 과실은 대조구보다 16% 높아졌다. K는 과실 분배가 특히 많아 대조구에서 53.1%를 차지하였으며 뿌리는 2.8%로 낮았다. K가 과실의 무기원소 중 차지하는 비율이 가장 높았는데 이는 과실의 당 축적에 수반되는 역할과 관련지을 수 있을 것이다(Hansen, 1982). 그러나 NK 수준 증가로 뿌리의 분포비율이 3.2배 높아졌고 과실은 50.1%로 낮아졌으며, NK 수준을 25% 감소시켰을 때는 과실 분배가 60.3%로 높아졌다. Ca와 Mg 분배도 양액의 NK 수준이 높아지면 뿌리 분배가 2.5배 이상 증가하는 반면 과실은 감소하였으며, NK 수준이 낮아지면 과실 분배가 증가하였다. 무기원소의 분배에서 공통적으로 양액의 NK 수준을 높이면 뿌리로 분배되는 비율은 증가하고 과실은 감소하는 반면 NK 수준을 감소시키면 영양 기관의 분배가 감소하고, 과실 분배는 증가하는 것으로 나타났다.



표 4. 조성액에 따른 수체 부위별 무기성분 함량

성분	N, K 비율	무기성분 함량 (mg/plant)						
		잎	신초	2년생 아상가지	주축지	뿌리	과실	전체
N	Control	1979.7 a† (45.5)	552.7 b (12.7)	27.6 b (0.7)	8.5 a (0.2)	370.2 b (8.5)	1409.0 b (32.4)	4,347.7 ab (100)
	25% 증가	2308.5 a (35.6)	917.4 a (14.1)	67.4 a (1.0)	16.0 a (0.3)	1432.0 a (22.1)	1746.1 a (26.9)	6,487.4 a (100)
	25% 감소	1051.3 b (41.0)	209.2 c (8.2)	8.2 c (0.3)	6.5 a (0.3)	165.5 b (6.4)	1121.4 b (43.8)	2,562.1 b (100)
P	Control	140.6 a (23.7)	124.9 a (21.0)	15.0 ab (2.5)	5.2 a (0.9)	55.6 b (9.4)	252.4 b (42.5)	593.7 b (100)
	25% 증가	141.1 a (12.0)	166.3 a (14.1)	19.4 a (1.6)	5.0 a (0.4)	280.4 a (23.8)	566.3 a (48.1)	1178.5 a (100)
	25% 감소	97.5 a (21.2)	72.9 b (15.9)	9.1 b (2.0)	0.9 b (0.2)	52.7 b (11.5)	225.9 b (49.2)	459.0 b (100)
K	Control	956.5 a (28.5)	495.7 a (14.8)	23.0 b (0.7)	4.5 a (0.1)	93.9 b (2.8)	1782.9 ab (53.1)	3356.5 ab (100)
	25% 증가	1121.7 a (25.8)	617.8 a (14.2)	40.0 a (0.9)	5.0 a (0.1)	387.3 a (8.9)	2180.7 a (50.1)	4352.5 a (100)
	25% 감소	588.8 a (23.9)	274.2 b (11.2)	14.2 b (0.6)	2.4 a (0.1)	96.3 b (3.9)	1481.3 b (60.3)	2457.2 b (100)
Ca	Control	503.3 a (39.4)	303.4 ab (23.8)	20.8 b (1.6)	14.1 a (1.1)	158.3 b (12.4)	276.8 a (21.7)	1276.7 ab (100)
	25% 증가	506.5 a (27.1)	388.4 a (20.7)	41.7 a (2.2)	16.2 a (0.9)	606.5 a (32.4)	312.2 a (16.7)	1871.6 a (100)
	25% 감소	231.4 b (26.6)	228.7 b (26.2)	15.7 b (1.8)	2.3 b (0.3)	151.1 b (17.3)	241.9 a (27.8)	871.1 b (100)
Mg	Control	129.6 a (35.3)	42.9 a (11.7)	5.8 a (1.6)	2.7 a (0.7)	31.1 b (8.5)	154.9 ab (42.2)	367.0 ab (100)
	25% 증가	134.0 a (26.5)	53.6 a (10.6)	7.8 a (1.5)	1.6 a (0.3)	139.1 a (27.5)	170.4 a (33.6)	506.5 a (100.0)
	25% 감소	77.4 a (31.4)	21.0 b (8.5)	2.1 a (0.9)	8.7 a (3.5)	28.8 b (11.7)	108.3 b (44.0)	246.3 b (100)

†Different letters in each column indicate significant difference at $p \leq 0.05$.

Content of inorganic elements was calculated from dry weight and inorganic element concentration in different parts.

Numbers in parentheses are percentages of a plant total in each treatment.

4. 결과요약

본 시험은 블루베리 시설재배 양분관리 기술 확립을 위해 2020년부터 2022년까지 가운재배용 양액조성액 개발 시험을 수행하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 가. 주당 수량이 대조구가 2,014g일 때 NK 증 처리구는 22% 증가하였고, NK 감 처리구는 13% 감소하였음
- 나. 신초 생장은 대조구에 비해 NK 증 처리구가 많고, NK 감 처리구가 적은 경향이었는데, 평균 신초장과 주당 총신초장은 2021년보다 2022년에 처리간 차이가 크게 나타났다. 주당 총신초장은 NK 증 처리구가 2021년에 대조구에 비해 10%, 2022년에는 56% 더 길었고, NK 감 처리구는 2021년에 대조구보다 33% 감소하였으나 이듬해에는 47%가 감소하여 양액 조성 처리효과가 커졌음
- 다. 양액의 NK 수준을 높이면 양분흡수량이 많아지고 수체 생장 특히 뿌리 생장이 촉진되어 다른 양분의 흡수도 많아졌음
- 라. 양액의 NK 수준 25% 높였을 때, 흡수된 각 무기원소 함량은 30~99% 증가하였고, 양액의 NK 수준이 25% 감소하였을 때는 무기원소 흡수가 23~41%까지 감소하였음
- 마. 기존 무가운재배용 양액에서 NK 수준을 25% 높인 양액은 ‘신틸라’ 블루베리 가운재배에서 조기 성원화에 유리한 것으로 판단되었음

5. 인용문헌

- Ballinger, W.E. and L.J. Kushman. 1966. Factors affecting mineral-element content of leaves and fruit of Wolcott blueberries. Proc. Amer. Soc. Hortic. Sci. 88:325-330.
- 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. Amer. Soc. Hortic. Sci. 82:264-276.
- Buck, D.A., L.J. Erie, O.F. French, F.S. Nakayama, and W.D. Pew. 1981. Subsurface trickle irrigation management with multiple cropping. Trans ASAE. 24:1482-1489.
- Claypool, L.L. 1975. Plant nutrition and deciduous fruit crop quality. HortScience 10:45-47.
- Cheon M.G., Y.B.Kim, K. P. Hong, H.M.Prathibhani C. Kumar and J.G. Kim. 2018. Bush growth and fruit quality of Duke' blueberry influenced by nutritional composition in unheated plastic house. Protected Hortic Plant Fact. 27:319-325.
- Cheon M.G., S.H. Lee, K.M. Park, S.T. Choi, Y.H. Hwang, and Y.H. Chang. 2021. Dry weight and inorganic nutrient contents in different parts of container-grown highbush blueberry 'Duke' with or without hydroponic solution supply. Korean J. Soil Sci. Fert. 54:359-365.
- Eck P.1988. Blueberry Science. Rutgers University Press, NewBrunswick, New Jersey pp. 106-109.
- Forshey, C.G. and D.C. Elfving. 1989. The relationship between vegetative growth and fruiting in apple trees. Hortic. Rev.11:229-287.
- Furukawa, Y. and N. Yamashita. 1974. Effect of autumnal application of N, P and



- K on the photosynthesis of Delaware grape (*Vitis labruscana* Bailey) with special reference to the translocation and distribution of photosynthates within yhe Vine. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* 43:1-6.
- Gough, R. 1980. Root distribution of Coville and Later blue highbush under sawdust mulch. *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.* 105:576-578.
- Haman, D.Z., A. G. Smajstrla, R. T. Pritchard, F.S. Zazueta, and P.M. Lyrene. 1994. Water use in establishment of young blueberry plants. *Bulletin 296*. Gainesville, Fla. Univ. of Florida Coop.
- Hansen, P. 1982. Assimilation and carbohydrate utilization in apple. *Proc. 21st Int. Hortic. Congr.* 1:257-268.
- Kalt W., A. Howell, J.C. Duy, C.F. Forney, and J.E. McDonald. 2001. Horticultural factor affecting antioxidant capacity of blueberries and other small fruit. *HortTechnology*. 11:523-528.
- Kovaleski, A.P., Williamson, J.G., Olmstead, J. W., and Darnell, R.L. 2015. Inflorescence bud initiation, development, and bloom in two southern highbush blueberry cultivars. *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.* 140: 38-44.
- Lee H.C., K.H. Kang, Y.H. Choi, K.B. Keum and H.T. Kim. 2002. Effect of NaCl stress on the growth, photosynthetic rate and mineral uptake of tomato, red pepper, and egg plant in pot culture. *Protected Hortic. Plant Fact.* 11:133-138.
- Lee H.C., K.H. Choi, J.H. Lee, M.W. Cho and S.Y. Lee. 2007. Effect of Salt Concentration in Soil on the Growth, Yield, Photosynthetic Rate, and Mineral Uptake of Tomato in Protected Cultivation. *Protected Hortic. Plant Fact.* 16:328-332.
- 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.
- Loescher, W.H., T. McCamant and J. D. Keller. 1990. Carbohydrate reserves, translocation, and storage in woody plant roots. *HortScience*. 25:274-281.
- 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 is influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species. *J. Agric. Food Chem.* 46:2686-2693.
- Poffley, M. 2004. Raising vegetable seedling in containers. Northern territory government. 384.
- Raese, J.T. and S.R. Drake. 1997. Nitrogen fertilization and elemental composition affects fruit quality of 'Fuji' apples. *J. Plant Nutr.* 20:1797-1809.
- Rural Development Administration (RDA). 2020. Blueberry. Rural Development Administration, Korea.
- Rural Development Administration (RDA). 2002. Standard analysis of substrate. Rural Development Administration, Korea.

Shalhevet, J., D. Shimshi, and T. Meir. 1983. Potato irrigation requirements in a hot climate using sprinkler and drip methods. *Agron. J.* 75:13-16.

Warren, S.L. and T.E. Bilderback. 2004. Irrigation timing: Effect on plant growth, photosynthesis, water-use efficiency and substrate temperature. *Acta Hort.* 644:29-37.

Williamson, J.G., J.W. Olmstead, and P.M. Lyrene. 2012. Reproductive growth and development of blueberry. *EDIS*, 2012(2).

6. 연구결과 활용

연도 (연차)	활용구분	제 목
2020년도 (1년차)	논문게재	○ Effects of Different Pruning Time on Bush Growth and Fruit Production of Southern Highbush Blueberry ‘Scintilla’ Cultivated in a Heated Plastic House
2021년도 (2년차)	영농기술정보	○ 블루베리 ‘신틸라’ 가온재배용 ‘개화기~수확기’공급양액 개발 및 활용 ○ 블루베리 ‘신틸라’ 가온재배 시 당년발생 2차 결과지 과실 활용 수량증대
	저서발간	○ 스마트농업을 위한 블루베리 양액재배 기술
	논문게재	○ Bush Growth and Fruit Quality of ‘Duke’ Blueberry Influenced by Nutrition Supply Periods in Unheated Plastic House
		○ Effect of Peatmoss-Based Organic Material Mixtures on Soil pH, Growth and Fruit Quality of Highbush Blueberry(Vaccinium corymbosum L.) Plants
		○ Bush Growth and Yield of Highbush Blueberry ‘Duke’ as Influencedby Different Pruning Times in Unheated Plastic House
○ Growth and Yield Response of Highbush Blueberry ‘Duke’ toHydroponic Cultivation		
○ Effects of Different Pruning Time on Bush Growth and Fruit Production ofSouthern Highbush Blueberry ‘Scintilla’ Cultivated in a Heated Plastic House		
2022년도 (3년차)	영농기술정보	○ 블루베리 가온재배용 양액 활용 시 적정공급 EC농도
	논문게재	○ Plant Growth and Partitioning of Dry Matter and InorganicElements in Highbush Blueberry (Vaccinium corymbosum L.) ‘Scintilla’ Grown with Different N and K Compositions of Nutrient Solution in Heated Greenhouse Cultivation
	특허등록	○ 블루베리 가온재배 시 개화기에서 수확기에 공급하는 양액 조성액 제조방법 ○ 블루베리 가온재배 시 경화기에서 화아분화기에 공급하는 양액 조성액 제조방법



7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
						'20	'21	'22
1) 블루베리 가온 재배 시 생육 단계용 배양액 개발	책임자	원예연구과	농업연구사	천미건	총괄수행	○	○	○
	공동연구자	원예연구과	농업연구사	박경미	조사분석		○	○
	공동연구자	원예연구과	농업연구사	이서현	조사분석	○	○	○
	공동연구자	원예연구과	농업연구관	최성태	결과검토	○	○	○
	공동연구자	원예연구과	농업연구관	황연현	총괄검토	○	○	○
	공동연구자	원예연구과	농업연구관	윤혜숙	총괄검토			○