

무가온 하우스 재배 ‘듀크’ 블루베리에 대한 양분공급시기가 수체생육, 과실품질, 수량에 미치는 영향

천미건¹ · 이영숙¹ · 김영봉¹ · 헤라쓰 무디안셀라지² · 김진국^{3,4*}

¹경남농업기술원 연구개발국 연구원, ²경상대학교 농업생명과학대학 원예학과 대학원생,
³경상대학교 농업생명과학대학 원예학과 교수, ⁴경상대학교 농업생명과학연구원 책임연구원

Bush Growth and Fruit Quality of ‘Duke’ Blueberry Influenced by Nutrition Supply Periods in Unheated Plastic House

Mi Geon Cheon¹, Young Suk Lee¹, Young Bong Kim¹,
H. M. Prathibhani C. Kumarihami², and Jin Gook Kim^{3,4*}

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

²Graduate Student, Department of Horticulture, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

³Professor, Department of Horticulture, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

⁴Senior Researcher, Insti. of Agric. & Life Sci., Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

Abstract. In this study, we investigated the effect of nutrient supply periods on the fruit growth and quality of ‘Duke’ blueberry. The nutrient solution was contained with NO₃-N 4.6, NH₄-N 3.4, PO₄-P 3.3, K 3.0, Ca 4.6, and Mg 2.2 mmol·L⁻¹, and EC in the nutrient solution was 1.5 ds·m⁻¹. In 2017 and 2018, an individual blueberry bush was supplied with 8 L of the nutrient solution per week. In 2018, the drainage water quality of growing medium and fruit quality was investigated. The nutrient supply was started from April 01, and stopped at 15 days intervals as follows, 15 days before final harvest, at the final harvest date (June 30), 15 days after final harvest (DAFH), 30 DAFH, 45 DAFH, and 60 DAFH. The content of inorganic components in the growing medium was not significantly different by the stop time of nutrient supply, but the content of phosphorus (P₂O₅) tended to increase with the delay of stop time of nutrient supply. There were no significant differences in the fruit quality characteristics in terms of size, sugar content, and acidity among the different stop time of nutrient supply. The blueberry yield was tended to decrease with the delay of periods of nutrient supply, while the lowest yield of 1.8 kg was recorded when nutrient supply stopped at 45 and 60 DAFH.

Additional key words : bush growth, flower bud initiation, fruit quality, nutrient solution

서 론

블루베리는 항산화 및 항암의 가능성이 높고(Kalt 등, 2001; Pior 등, 1998), 소비자 수요가 급증하고 있으며, 전 세계적으로 재배면적이 증가하고 있다. 국내에서도 재배면적이 급격히 증가하여 2005년 35ha에서 2013년 1,516ha로 계속 증가하다가, 2012년 미국과 자유무역협정(FTA)을 체결한 이후 미국산 블루베리 생과가 한국에 수입되기 시작하였고, 2016년 FTA 피해보전 직불금과 폐업지원금 신청을 받으면서 재배면적이 24% 감소하였다. 폐원지원으로 재배면적이 감소했음에도 불구하고, 2017년 블루베리 재배면적은 약 3,700ha로

6대 과수를 제외하고 과수 산업에서 중요한 위치를 차지하는 과종이 되었다.

최근 양액재배 기술을 활용한 블루베리 시설재배 면적이 증가하고 있으며, 양액재배는 고품질 작물생산이라는 국민의 보건적 요구뿐만 아니라 과원 관리의 생력화, 토지의 고도 이용, 불모지 같은 특수 환경에서의 식물 생산 등 여러 가지 장점이 있다. 경남지역 블루베리 노지 재배면적은 감소하고, 시설재배면적은 2010년 3ha에서 2018년 61ha로 증가하였다. 또한 블루베리는 pH가 낮은 토양에서 잘 자라는 식물로 토양관리가 어려운 부분과 관목인 점을 고려하여 시설재배를 활용한 용기 재배면적이 증가하고 있는 추세이다. 우리나라에서 블루베리 재배농가들은 용기재배시 유박, 퇴비, 복합비료, 관비, 양액 등 여러 가지 형태의 양분을 공급하고 있다. 양액재배시 양분공급 과다로 영양생장이 과도하여 웃자람 현상이 발생하

*Corresponding author: jgkim119@gnu.ac.kr

Received August 24, 2020; Revised October 05, 2020;

Accepted October 09, 2020

고 꽃눈 분화에 부정적인 영향을 미치고 있으며(Claypool, 1975), 더불어 늦은 시기까지 양액을 공급하여 동해 및 저온피해를 입는 사례가 증가하고 있어(Ercoli 등, 2004), 용기재배 시 효율적인 양분공급을 위한 양액재배 방법 구명이 필요하다. 토양의 pH, 습도, 유기물 등은 수체의 영양상태에 영향을 미치며, 시비량을 증가시키는 것이 수량과 품질에 좋은 결과만을 가져오지 않지만, 안정적인 수량과 상품성을 확보하기 위해서는 블루베리 수체에 적정량의 양분이 공급되어야 한다.

따라서 국내 재배환경에 적합한 블루베리 시설하우스 양분 관리 체계 확립과 블루베리 양액재배 시 수량 확보, 품질 향상, 적정한 수체 생육을 기대할 수 있는 양분공급 시기를 알아보고자 본 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 시험은 2017년부터 2018년까지 2년간 경남농업기술원 내 무가온 하우스에서 수행하였다. 2017년 4년생 '듀크' 품종을 180L 용기(60 × 80 × 40cm)에 피트모스와 펄라이트를 각각 7:3으로 하여 용기에 넣고 톱밥으로 멀칭한(1cm) 후 주간 1.5m, 열간 1.0m로 배치하였다. 멀칭된 톱밥의 성분 분석 결과, 총 질소함량이 0.24%, P₂O₅ 0.08%, K₂O 0.22%, CaO 0.74%, MgO 0.10 Na₂O 0.15%로 각각 조사되었다. 추후 배액율을 조사하기 위하여 식재한 용기 아래 배액 받침대를 설치하였다.

2. 양액공급 방법

양분 공급시기는 4월 1일부터 양액을 공급하였으며 양분공급 중단시기는 과실 수확 종료 15일전을 기준으로 해서 수확 종료 후 60일까지 15일 간격으로 양분공급을 중단하였다. 수확 종료 15일전 처리는 4월 1일 공급을 시작하여 6월 15일까지 공급한 처리로 양분을 7일 간격으로 8L를 12회 공급하였다. 수확 종료 직후 처리는 4월 1일 공급을 시작하여 6월 30일까지 공급한 처리로 양분을 7일 간격으로 8L를 14회 공급하였다. 수확 종료 후 15일까지 공급한 처리는 4월 1일 공급을 시작하여 7월 15일까지 공급한 처리로 양분을 7일 간격으로 8L를 16회 공급하였다. 수확 종료 후 30일까지 공급한 처리는 4월 1일 공급을 시작하여 7월 30일까지 공급한 처리로 양분을 7일 간격으로 8L를 18회 공급하였다. 수확 종료 후 45일까지 공급한 처리는 4월 1일 공급을 시작하여 8월 15일까지 공급한 처리로 양분을 7일 간격으로 8L를 20회 공급하였다. 수확 종료 후 60일까지 공급한 처리는 4월 1일 공급을 시작하여 8월 30일까지 공급한 처리로 양분을 7일 간격으로 8L를 22회 공

급하였다.

양액은 NO₃-N 4.6, NH₄-N 3.4, PO₄-P 3.3, K 3, Ca 4.6, Mg 2.2 mmol·L⁻¹를 EC 1.5로 조절하여 주당 공급하였다. 블루베리 생육기간 중 공급된 순 질소함량은 수확 종료 15일전(4월 1일~6월 15일)이 26.4g, 수확 종료 직후(4월 1일~6월 30일) 30.8g, 수확 종료 후 15일(4월 1일~7월 15일) 35.2g, 수확 종료 후 30일(4월 1일~7월 30일) 39.6g, 수확 종료 후 45일(4월 1일~8월 15일) 44.0g, 수확 종료 후 60일(4월 1일~8월 30일) 48.4g 이었다. 과실 수확시기는 6월 1일부터 6월 30일까지였다.

3. 수체생육 조사

수체 성장량 조사는 신초 생육이 왕성한 5월 중순부터 15일 간격으로 8월 중순까지 처리구별로 생장이 균일한 묘목을 선정하여 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준(RDA, 2012)에 따라 신초경과 신초장을 조사하였다. 신초경은 신초 기부에서 0.5cm 떨어진 지점에서 버니어캘리퍼스(Mitutoyo CD-20CP, 0.001mm; Kawasaki, Kanagawa Prefecture, Japan)로 측정하였으며, 신초장은 나무 중간부위 높이의 자르지 않은 가지에서 기부로부터 신초 선단부의 길이를 측정하였다. 전년도 양액 공급이 꽃눈형성에 미치는 영향을 조사하기 위해 2018년 3월 10일에 완전임의배치된 포트 4주에 한 포트를 기준으로 전체 꽃눈 수를 조사하였다.

4. 과실품질 및 수량조사

과실품질 조사는 과립중, 가용성 고형물 함량, 산함량, 과피색을 조사하였다. 가용성 고형물 함량은 한주당 50과실을 채취하여 착즙한 다음 굴절당도계(PR-100, Atago, Japan)로 당도를 측정하였다. 산함량은 과즙 5mL를 채취하여 0.05N NaOH를 이용하여 pH 8.3까지 중화적정 후 소요된 NaOH양을 계산하여 주석산으로 계산하였다. 과실의 착색도는 색도 색차계(Minolta, CM-508i, Japan)를 이용하여 각 과방에서 무작위로 선발된 10개 과립의 적도부위의 Hunter value(L, a, b)를 측정하였다. 수량은 각각의 처리구에서 과실을 모두 수확하여 디지털 저울을 사용하여 측정하였다.

5. 양액 및 배액 조사

배액의 EC는 electric conductivity & pH meter(F-54BW, Horiba Co., U.S.A.)로 측정하였고, 배액률은 양액을 공급하고 6시간 후 배액 받침대 안에 남아있는 배액 무게를 측정하여 환산하였다. 배액의 NH₄-N, NO₃-N, P, K, Ca, Mg는 생육후반기(2017. 9. 20)에 채취하여 분광광도계(Shimadzu, UV-1800,

Japan)를 이용하여 APHA의 표준분석법(Clescri 등, 1998)에 의해 배액의 원액을 분석하였다.

6. 통계분석

통계분석은 SAS 9.1(SAS Institute., Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하여 5% 수준에서 LSD(Least significant difference) 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

양분공급시기별 신초경의 증가폭을 조사한 결과(Fig. 1), 4월 1일 양분 공급 개시 후 생육초반기(5월 30일)의 신초경은 수확 종료 15일전 처리구는 3.1mm, 수확종료 직후 처리구는 2.9mm, 수확종료 후 15일과 30일, 45일, 60일 처리구가 각각 3.3, 3.3, 2.9, 3.6mm로 모든 처리간 유의차를 보이지 않았으며($P \leq 0.05$), 생육후반기(9월 30일)에도 처리간 유의차를 보이지 않았으며($P \leq 0.05$) 모든 처리구에서 신초경이 두꺼워지는 경향이였다. 수확종료 후 30일 양분 중단처리에서는 신초경 생장이 다른 처리구에 비하여 낮았으나 통계적인 유의차를 보이지는 않았다($P \leq 0.05$). 블루베리에 있어 질소성분이 증가할수록 수세가 왕성해지는 결과(Ballinger와 Kushman, 1966, Ballinger 등, 1963)가 보고 되었으나, 본 조사 결과 투입된 질소 총량은 신초경의 비대와 상관성이 크지 않은 것으로 판단되었다.

블루베리 노지재배시 신초는 3차에 걸쳐 생장을 하는데 1차 신장(봄 가지)은 6월 하순부터 7월 상순까지, 2차 생장은 7월 상순부터 8월 중순까지, 3차 생장은 8월 하순에서 9월 하순까지 신장을 한다(Park 등, 2013). 신초 생장은 1차 생장은 수확 종료 15일 전이 108.7cm, 수확 종료 직후 처리가 108.2cm, 수확 종료 후 처리가 124cm, 수확 종료 후 30일 처리가 113.3cm, 수확 종료 후 45일 처리가 112.5cm, 수확 종료 후 60일 처리가 116.4cm 로 비슷한 경향이였고, 2차 생장은 수확 종료 15일 전이 190.8cm, 수확 종료 직후가 198cm 였고, 수확 종료 후 15일과 수확 종료 후 30일 처리가 각각 201.2, 201.9cm 였다. 수확 종료 후 45일 처리는 197.2cm, 수확 종료 후 60일 처리는 183.2cm 였다.

3차 생장량은 수확 종료 15일 전 중단한 처리보다 수확종료 직후와 수확종료 후 15일에 공급을 중단한 처리가 각각 15.4%, 15.6% 생장을 많이 하는 경향이였고, 수확종료 후 60일에 양분공급을 중단한 처리는 수확종료 15일전에 중단한 처리보다 3차 생장량이 53.2% 증가하는 경향으로 양분공급 시기가 길어질수록 신초의 길이가 길어서 도장하는 경향이였다(Table 1).

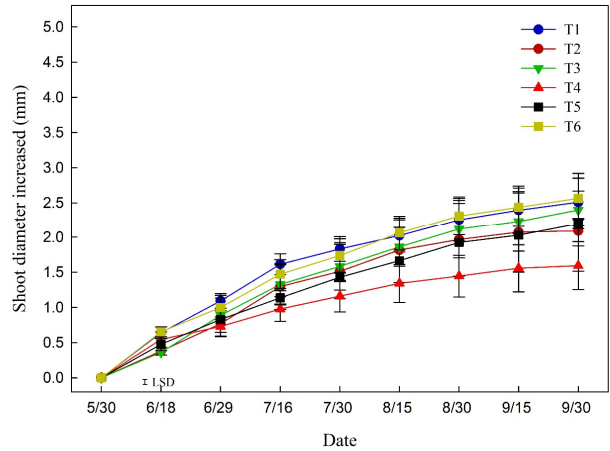


Fig. 1. Changes in shoot diameter of ‘Duke’ blueberry bushes according to the different stop times of nutrient supply. Vertical bars indicate SE (n = 3) at $P \leq 0.05$ according to LSD test analyzed by statistical analysis software (SAS 9.1). T1: 15 days before the final harvest, T2: at the final harvest date (June 30), T3: 15 days after the final harvest (DAFH), T4: 30 DAFH, T5:45 DAFH, and T6:60 DAFH.

Table 1. Effect of different stop times of nutrient supply on ‘Duke’ blueberry shoot length. Experimental data represent means (n=3) according to LSD test ($P \leq 0.05$) analyzed by statistical analysis software (SAS 9.1).

Nutrient supply treatment	Date		
	6/30	8/30	9/30
T1 ^y	36.2 ± 21.1a ^z	43.8 ± 22.5a	46.0 ± 20.4a
T2	34.3 ± 18.9a	42.2 ± 20.0a	54.2 ± 8.2a
T3	41.6 ± 24.6a	67.1 ± 11.0a	67.1 ± 11.0a
T4	37.5 ± 21.4a	65.7 ± 7.2a	68.0 ± 5.4a
T5	37.5 ± 21.4a	65.7 ± 7.2a	68.0 ± 5.4a
T6	32.6 ± 17.1a	53.4 ± 3.5a	61.9 ± 5.2a

^zDifferent letters in each column indicate a significant difference ($P \leq 0.05$) on each parameter.

^yT1: 15 days before the final harvest, T2: at the final harvest date (June 30), T3: 15 days after the final harvest (DAFH), T4: 30 DAFH, T5:45 DAFH, and T6:60 DAFH.

이는 관비수준에 따라 래빗아이 블루베리 ‘브라이트웰’의 수체생육 특성을 조사한 결과 시비량이 많을수록 수관 용적이 증가한다고 한 결과와 비슷한 결과였다(Kim 등, 2017). 영양 생장이 과도할 경우 생식생장에 큰 영향을 미치고, 일반적으로 수세가 지나치게 강하면 과실의 생산효율이 떨어지거나 품질이 나빠지기 때문에(Fukuda와 Takishita, 1993; Naito와 Kawashima, 1980) 질소 시비량 조절(Kim 등, 2009)이 필요하다.

처리별 양분공급 후 이듬해 꽃눈 수를 조사한 결과(Table 2) 수확종료 15일전 양분공급을 중단한 처리가 1,604개, 수확종료 직후가 1,817개, 수확종료 후 15일이 1,220개, 수확종료 후 30일이 1,305개, 수확종료 후 45일이 1,267개, 수확종료 후 60일이 952개로 수확종료 후 60일이 수확종료 후 45일보다 꽃눈수가 26% 적은 경향이였다. 이는 양분공급시기가 길어질수록 질소의 공급량이 많아져 가지의 웃자람이 증가하고 꽃눈형성이 감소한 것으로 판단되였다. 사과와 경우 질소를 과다 시용하면 가지의 웃자람으로 꽃눈형성이 불량하게 되고 (Kim 등, 2004), 질소가 과다하면 영양생장이 지나치게 되고 이로써 생기는 차광으로 꽃눈발달 저해 등으로 과실품질의 저하를 가져오는 결과와 유사하였다(Claypool, 1975; Raese와 Drake, 1997).

시기별 배액의 EC를 조사한 결과(Fig. 2), 비료의 농도가 증가할수록 EC의 상승폭이 증가하는 경향이 있는데(Tadesse 등, 1999), 본 시험의 경우 양액을 공급하기 전 물의 EC는 0.5 정도였고 양액을 공급한 4월 하순에는 EC가 1.0 이상으로 증가하였다. 이는 배액의 EC는 비료의 농도가 증가할수록 EC의 상승폭이 증가하는 경향과 유사한 결과로서 양액을 공급한 이후 EC 농도가 높아진 결과와 비슷한 경향이였다(Tadesse, 등, 1999). 7월 하순에는 EC가 2이상으로 증가하여 7월 하순에서 8월 하순 사이에는 물을 더 공급해 줘야할 것으로 판단되였다. 계절적으로 동절기보다 하절기로 갈수록 배액의 EC가 높았다. 이는 식물체의 수분 흡수량이 높으면 배액의 공급량이 많아지고 양분 흡수량 보다 수분 흡수량이 많아 근권내 양분이 축적되어 EC가 상승된 것으로 판단되였다. 이는 근권의 양분흡수량이 많으면 EC가 상승하는 결과와 유사하였다 (Adams, 1991; Adams 등, 1978)

처리에 따른 배액의 무기성분 함량을 조사한 결과(Table 3), 양분공급시기가 길어질수록 생육초반 질산태 질소 함량은 처리간 차이가 없었고, 암모니아태 질소 함량이 증가하는 경향이였으나, 생육후반에는 암모니아태 질소 함량이 처리간 크게 차이가 없었다.

다른 작물과 달리 블루베리의 경우 인산의 결핍이 발생할 가능성이 있으며, 인산 결핍은 낮은 토양 pH에서의 인산의 불용화, 사질토양에서의 인산의 용탈 가능성, 블루베리를 처음 심는 토양에서 인산 함량이 낮을 가능성이 있다(Hanson과 Hancock. 1996; Hart 등, 2006). 인산의 과잉장해는 좀처럼 나타나지 않고, 오레건주에서 토양재배시 인의 함량이 50ppm 이하일 경우 인산비료를 공급하는데(Stiles와 Reid, 1991) 본 실험의 경우 수확종료 후 60일에 배액의 인의 함량이 65.3ppm으로 많은 경향이였으나, 수확종료 15일전에서 수확종료 45일까지는 과잉장해가 나타나지 않을 것으로 판단되였다. 다

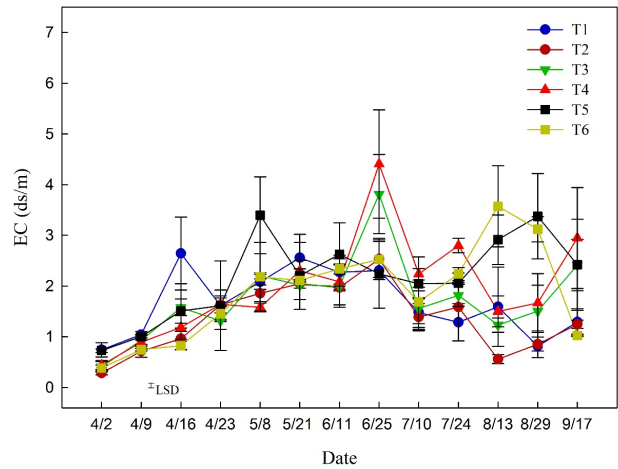


Fig. 2. Changes in electrical conductivity (EC) in ‘Duke’ blueberry growing medium according to the different stop times of nutrient supply. Vertical bars indicate SE (n = 3) at P ≤ 0.05 according to LSD test analyzed by statistical analysis software (SAS 9.1). T1: 15 days before the final harvest, T2: at the final harvest date (June 30), T3: 15 days after the final harvest (DAFH), T4: 30 DAFH, T5: 45 DAFH, and T6: 60 DAFH.

Table 2. Effect of nutrient supply on number of flower buds of ‘Duke’ blueberry bush counted on 10th March, 2018.

Nutrient supply treatment	Number of flower buds
T1 ^z	1,604 a
T2	1,817 a
T3	1,220 ab
T4	1,305 ab
T5	1,276 ab
T6	952 b

^zT1: 15 days before the final harvest, T2: at the final harvest date (June 30), T3: 15 days after the final harvest (DAFH), T4: 30 DAFH, T5: 45 DAFH, and T6: 60 DAFH.

른 성분에 비해 생육초반 양분공급시기가 길어질수록 인의 함량이 증가하는 경향이였고, 생육후반에도 인의 함량이 증가하는 경향이였다. 과도한 인산 시비는 토양내 인산 부영양화로 인한 지하수와 주변 하천에 미치는 부정적인 영향을 고려하여 가급적 결핍이 발생하지 않는 수준으로 낮춰 공급할 필요성이 있으며, 공급된 양분 흡수는 시설하우스내의 기상 및 온도 조건에 따른 증산 및 광합성 정도에 따라 수체내로의 흡수가 영향을 받을 수 있으므로 여러 요인에 대한 장기적인 조사와 분석이 필요할 것으로 판단되였다.

또한 생육초반에 비해 생육후반 다른 성분에 비해 배액의 칼슘함량이 증가하는 경향이어서 추후 장기적인 검토가 필요한 것으로 판단되였다. 블루베리는 칼슘 요구도가 높지 않으며

pH가 4.0~5.5 범위에서 최고의 생육과 수량을 얻을 수 있고 (Hanson과 Honcock, 1986), 칼슘이온이 충분히 존재하여도 칼슘이온의 흐름을 조절하기도 어렵다(Demarty, 1984). 또한 칼슘 요구량이 사과 1.40%, 체리 2.09%, 복숭아 2.12%, 포도 1.75%인 반면 블루베리는 0.34%로 매우 낮다 (Hanson과 Honcock, 1986). 또한 칼슘은 체내 이동성이 낮은 성분으로 이로 인해 다른 성분들에 비해 배액에 많이 배출되는 것으로 판단되었다.

블루베리 가지의 무기성분 함량을 조사한 결과(Table 4) 질소함량이 수확종료 15일전이 0.56%로 가장 작았고, 수확종료 직후부터 수확종료 후 60일까지는 처리간 큰 차이가 없었다. 칼륨함량은 수확종료 후 60일째가 0.5%로 가장 많았고, 인, 칼슘, 마그네슘 함량은 처리간 비슷한 경향이였다. 잎의 무기성분 함량은(Table 5) 질소, 인, 칼슘, 마그네슘 함량은 처리간 큰 차이가 없었으나, 칼륨함량은 수확종료 15일 전부터 수확종료 후 45일까지는 처리 간 큰 차이가 없었지만, 수확종료

후 60일째가 0.53%로 가장 많았다. 과수의 엽내 칼륨의 수준은 착과량에 많은 영향을 받는데 착과량이 적거나 유목기일때는 수체내 함량이 높지만 성목이 되거나 착과량이 증가하면 칼륨함량이 낮아진다고 하였는데(Kang 등, 2011), 본 시험에서도 착과량이 가장 적은 수확종료 후 60일 처리에서 잎과 가지의 칼륨 함량이 가장 적은 경향이였다.

수확 후 처리별 수량을 조사한 결과(Table 6) 수확종료 직후와 수확종료 후 15일이 주당 2.5kg으로 가장 많았고, 수확종료 15일전이 2.1kg, 수확종료 후 30일이 2.0kg, 수확종료 후 45일과 60일이 1.8kg으로 가장 작았다. 이는 수확종료 후 15일 전부터 수확종료 후 30일까지는 착과량이 많아 잎과 가지의 칼륨함량이 적게 나온 것으로 판단되었다.

Ballinger 등(1963)은 질소 시비가 증가할수록 수량이 증가한다고 하였지만, 본 시험에서는 수확종료 후 45일과 60일 공급한 처리가 주당 1.8kg로 가장 작았고, 수확종료 후 30일이 2kg, 수확종료 후 15일전까지 공급한 처리가 2.1kg이었고, 수

Table 3. Effect of different stop times of nutrient supply on quality of drainage water collected from the 'Duke' blueberry growing medium. Experimental data represent means (n=3) according to LSD test ($P \leq 0.05$) analyzed by statistical analysis software (SAS 9.1).

Nutrient supply treatment	NO ₃	NH ₄	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg
	(mg·L ⁻¹)		(cmol·L ⁻¹)			
T1 ^y	42.7 a ^z	1.4 a	36.0 b	7.0 a	142.0 b	54.0 b
T2	43.3 a	0.8 a	38.3 b	7.5 a	139.3 b	51.0 b
T3	49.7 a	1.2 a	52.0 ab	11.8 a	258.3 ab	61.0 b
T4	53.7 a	1.2 a	49.0 ab	13.0 a	294.0 ab	40.3 b
T5	56.7 a	1.0 a	49.0 ab	8.2 a	196.3 ab	94.0 ab
T6	70.7 a	1.7 a	67.3 a	8.3 a	348.3 a	137.7 a

^zDifferent letters in each column indicate a significant difference ($P \leq 0.05$) on each parameter.

^yT1: 15 days before the final harvest, T2: at the final harvest date (June 30), T3: 15 days after the final harvest (DAFH), T4: 30 DAFH, T5:45 DAFH, and T6:60 DAFH.

Table 4. Effect of different stop times of nutrient supply on nutrient compositions in shoots of 'Duke' blueberry bushes. Experimental data represent means (n=3) according to LSD test ($P \leq 0.05$) analyzed by statistical analysis software (SAS 9.1).

Nutrient supply treatment	Total N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)
T1 ^y	0.57 c ^z	0.53 a	0.40 ab	0.50 a	0.21 ab	0.15 a
T2	0.73 ab	0.54 a	0.35 b	0.56 a	0.24 a	0.14 a
T3	0.70 b	0.54 a	0.39 ab	0.57 a	0.24 a	0.15 a
T4	0.72 ab	0.53 a	0.42 ab	0.64 a	0.19 ab	0.17 a
T5	0.80 a	0.50 a	0.36 b	0.43 a	0.18 b	0.16 a
T6	0.71 ab	0.53 a	0.50 a	0.59 a	0.21 ab	0.16 a

^zDifferent letters in each column indicate a significant difference ($P \leq 0.05$) on each parameter.

^yT1: 15 days before the final harvest, T2: at the final harvest date (June 30), T3: 15 days after the final harvest (DAFH), T4: 30 DAFH, T5:45 DAFH, and T6:60 DAFH.

Table 5. Effect of different stop times of nutrient supply on nutrient compositions in leaves of 'Duke' blueberry bushes. Experimental data represent means (n=3) according to LSD test ($P \leq 0.05$) analyzed by statistical analysis software (SAS 9.1).

Nutrient supply treatment	Total N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)
T1 ^y	1.39 ab ^z	0.53 a	0.40 b	0.59 ab	0.48 a	0.14 b
T2	1.38 b	0.49 c	0.39 b	0.57 ab	0.53 a	0.15 ab
T3	1.57 ab	0.53 ab	0.41 ab	0.72 a	0.49 a	0.17 ab
T4	1.40 ab	0.51 abc	0.46 ab	0.51 b	0.40 a	0.17 ab
T5	1.56 ab	0.49 bc	0.43 ab	0.66 ab	0.39 a	0.2 a
T6	1.59 a	0.52 abc	0.53 a	0.67 ab	0.47 a	0.17 ab

^zDifferent letters in each column indicate a significant difference ($P \leq 0.05$) on each parameter.

^yT1: 15 days before the final harvest, T2: at the final harvest date (June 30), T3: 15 days after the final harvest (DAFH), T4: 30 DAFH, T5:45 DAFH, and T6:60 DAFH.

Table 6. Effect of different stop times of nutrient supply on 'Duke' blueberry fruit quality. Experimental data represent means (n=3) according to LSD test ($P \leq 0.05$) analyzed by statistical analysis software (SAS 9.1).

Nutrient supply treatment	Berry weight (g)	Soluble solids content (°Brix)	Acidity (%)	Yield per bush (kg)
T1 ^y	1.4 b ^z	13.2 a	0.39 a	2.1 ab
T2	1.9 a	13.7 a	0.40 a	2.6 a
T3	1.9 a	12.9 a	0.41 a	2.5 a
T4	2.3 a	13.3 a	0.38 a	2.0 b
T5	2.1 a	13.6 a	0.36 a	1.8 b
T6	2.0 a	12.9 a	0.43 a	1.8 b

^zDifferent letters in each column indicate a significant difference ($P \leq 0.05$) on each parameter.

^yT1: 15 days before the final harvest, T2: at the final harvest date (June 30), T3: 15 days after the final harvest (DAFH), T4: 30 DAFH, T5:45 DAFH, and T6:60 DAFH.

확종료 직후와 종료 후 15일까지 공급한 처리가 주당 2.5kg으로 가장 컸다. 수세가 너무 강하면 과실의 품질과 수량이 떨어진 반면, 과실생산이 너무 많으면 수세가 약하게 되어 다음해의 수확량도 감소하게 된다(Forshey와 Elfving, 1989). 또한 질소 시비량을 증가시키면 영양생장 과다로 꽃눈발달이 저해되는 결과와도 비슷한 결과였다(Claypool, 1975; Raese와 Drake, 1997)

따라서 이상의 결과를 종합해보면, 블루베리 무가온 하우스 양액재배시 양분공급시기는 수체 및 과실생육, 수량 등을 감안해 볼 때 4월 1일부터 공급을 시작해서 수확종료 직후까지 공급하는 것이 적당한 것으로 판단되었다

적 요

본 시험에서는 블루베리 양액재배시 양분공급시기가 수체생육과 과실품질에 어떤 영향을 미치는지 알아보려고 수행하

였다. 신초생장은 1차, 2차 생장량은 비슷한 경향이었으나, 3차 생장량은 수확종료 15일 전 중단한 처리에 비해 수확종료 직후와 수확종료 후 15일에 공급을 중단한 처리가 각각 15.4%, 15.6% 생장을 많이 하는 경향이었고, 수확종료 후 60일에 양분공급을 중단한 처리는 수확종료 15일전에 중단한 처리보다 3차 생장량이 53.2% 증가하는 경향이였다. 양액공급 후 이듬해 꽃눈수를 조사한 결과 수확종료 후 60일에 양분공급을 중단한 처리는 수확종료 15일전에 중단한 처리보다 26% 적었다. 처리별 과실특성은 과실중, 당도, 산도 등은 처리간 큰 차이가 없었으며, 주당 수량은 수확종료 15일전이 2.1kg, 수확종료 직후와 수확종료 후 15일에 양분을 중단한 처리가 2.5kg으로 가장 많았으며, 수확종료 후 45일과 60일에 양분을 중단한 처리는 1.8kg으로 가장 작았다.

추가 주제어: 과실품질, 배액성분, 수체생육, 화아분화

Literature Cited

- Adams, P. 1991. Effects of increasing the salinity of the nutrient solution with major nutrients or sodium chloride on the yield, quality and composition of tomatoes grown in rockwool. *J Hort Sci* 66:210-207.
- Adams, P., J.N. Davis, and G.W. Winsor. 1978. Effect of nitrogen, potassium and magnesium in the quality and chemical composition of tomatoes grown in peat. *J Hort Sci* 53:115-122.
- 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 hort Sci* 82:264-276.
- Ballinger, W.E. and L.J. Kushman. 1966. Factors affecting mineral-element content of leaves and fruit of Wolcott blueberries. *Proc Amer Soc hort Sci* 88:325-330.
- Clesceri, L.S., A.E. Greenberg, and A.D. Eaton. 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed.
- Claypool, L.L. 1975. Plant nutrition and deciduous fruit crop quality. *HortScience* 10:45-47.
- Demarty, M., C. Morvan, and M. Thellier. 1984. Calcium and the cell wall. *Plant, Cell & Environment* 7:441-448.
- Ercoil, L., Mariotti, M., Masoni, A., Arduini, I., 2004. Growth responses of sorghum plants to chilling temperature and duration of exposure, *Eur. J. Agron.* 21, 93-103.
- Forshey, C.G. and D.C. Elfving. 1989. The relationship between vegetative growth and fruiting in apple trees. *Hort Rev.* 11:229-287.
- Fukuda, H. and F. Takishita. 1993. Comparison in dry matter production and assimilate partitioning between 'Jonagold' apple trees on an invigorating rootstock versus a dwarfing rootstock. *J Jpn Soc Hort Sci* 62:513-517.
- Gough, R. 1980. Root distribution of Coville and Laterblue highbush under sawdust mulch. *J Am Soc Hort Sci* 105:576-578.
- Holzappel, E.A., R.F. Heppb, and M.A. Marino. 2004. Effect of irrigation on fruit production in blueberry. *Agricultural Water Management* 67:173-184.
- Honcock, J. and E. Hanson. 1986. Highbush blueberry nutrition Michigan State University Extension Bulletin E-2011.
- Hanson, E.J. and J.F., Hancock. 1996. Managing the nutrient of highbush blueberries. Bulletin E-2011. Michigan State University Extension.
- Hart, J., B. Strik, L. White, and W. Yang. 2006. Nutrient management for blueberries in Oregon. Publication No. EM 8918. Oregon State University Extension Service.
- Kalt, W., A. Howell, J.C. Duy, C.F. Forney and J.E. McDonald. 2001. Horticultural factors affecting antioxidant capacity of blueberries and other small fruit. *Hort Technology* 11: 523-528.
- Kang, S.B., I.B. Lee, J.M. Park, Y.I. Song, and H.J. Kween. 2011. Effect of potassium fertigation level on growth and yield of 'Campbell Early' grapevine (*Vitis labrusca* L.) in open field. *Korean J Environ Agric* 30:132-137.
- Kim, M.S. and G.C. Go. 2004. Effects of forms and levels of nitrogen and levels of calcium on bitter pit incidence in 'Fuji' apples (*Malus domestica* Borkh.). *Sci Hort* 22:200-205.
- Kim, Y.K., C.S. Lim, S.M. Kang, and J.L. Cho. 2009. Root storage of nitrogen applied in autumn and its remobilization to new growth in spring of persimmon trees (*Diospyros kaki* cv. 'Fuyu'). *Sci Hort* 119:193-196.
- Kwack, Y.B., W.B. Chae, M.H. Lee, H.W. Jeong, H.C. Rhee, J.G. Kim and H.L. Kim. 2017. Effect of nitrogen fertigation on the growth and nutrition uptake of 'Brightwell' rabbiteye blueberry. *J Agri Chem Environ* 36:161-168.
- Naito, R. and T. Kawashima. 1980. Promotion of berry set in grapes by growth retardants. IV. Comparison of SADH cluster dipping, shoot pinching and flower thinning with regard to their effects on berry set in 'Kyoho' grape. *J Jpn Soc Hort Sci* 49:297-310.
- Pior, R.L., Cao, A. Martin, E. Sofic, J. McEwen, C. O'Brien, N. Lischner, M. Ehlenfeldt, W. Kalt, G. Krewer, 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.
- Rural Development Administration (RDA). 2012. Cultivation of blueberry, Korea.
- 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.
- Stiles, W.C. and W.S. Reid. 1991. Orchard nutrition management. Information Bulletin 219. Cornell Cooperative Extension, Ithaca, New York.
- Tadesse, T., M.A. Nichols, and K.J. Fisher. 1999. Nutrient conductivity effects on sweet pepper plants grown using a nutrient film technique. 2. Blossom-end rot and fruit mineral status. *J. New Zealand Crop Hort Sci* 27:239-247.