

블루베리 ‘듀크’ 품종의 무기온 하우스 재배에서 질소비율 조절에 따른 수체생육 및 과실품질 변화

천미건¹ · 김영봉¹ · 홍광표¹ · 헤라쓰 무디안셀라지² · 김진국^{2,3*}

¹경남농업기술원 연구개발국, ²경상대학교 농업생명과학대학 원예학과, ³경상대학교 농업생명과학연구원

Bush Growth and Fruit Quality of ‘Duke’ Blueberry Influenced by Nutritional Composition in Unheated Plastic House

Mi Geon Cheon¹, Yeong Bong Kim¹, Kwang Pyo Hong¹,
H.M. Prathibhani C. Kumar², and Jin Gook Kim^{2,3*}

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

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

³Insti. of Agric. & Life Sci., Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

Abstract. The aim of the present study was to determine the influence of different fertilizer combinations on the growth, yield, and fruit quality of ‘Duke’ blueberry cultivar and the water quality of growth medium. The experiment was carried out with three year old ‘Duke’ blueberry bushes which were cultivated in containers (60×80×40 cm) filled with 130 L peat moss and 40 L perlite (v/v). Sawdust was used as the mulch in growth containers. Three different fertilizer combinations (FC) i.e., FC-1 consisted with standard solution, FC-2 consisted with nitrogen reduced by 10% from FC-1, and FC-3 consisted with nitrogen reduced by 20% from FC-1 were tested while, the ground water used as the control. The effects of different fertilizer combinations on shoot diameter, shoot length, number of shoots, leaf length, SPAD value (the relative content of chlorophyll), berry weight, soluble solids content, titratable acidity, and yield per bush in ‘Duke’ blueberry were examined. Also, the effects of different fertilizer combinations on pH, EC, NH₄ and NO₃ in ‘Duke’ blueberry growth medium were monitored. The highest pH and lowest EC, NH₄ and NO₃ in growth medium was recorded with control treatment during the experiment period. The maximum shoot diameter (3.7 mm) and shoot length (35.7 cm) was recorded for the FC-1. Highest number of shoots (47%) were recorded from ‘Duke’ blueberry bushes supplemented with FC-1 compared to other treatments. The fertilizer combinations supplemented with nitrogen showed significant influence on leaf length and SPAD value compared to control ‘Duke’ blueberry bushes. However, the fruit quality attributes, i.e., berry weight, soluble solids content, and titratable acidity were not significant different among fertilizer treatments. The significantly highest yields per bush were recorded for FC-1, FC-2, and FC-3, as 2.2, 2.9, and 2.7 kg, respectively compared to control (0.2 kg). Although, the FC-1 was supplemented with highest nitrogen content it resulted low yield per bush while having high number of shoots and vigorous growth.

Additional key words : fertilizer combination, hydroponics, vine growth, yield

서 론

블루베리는 항산화 및 항암의 가능성이 높고(Kalt 등, 2001; Pior 등, 1998), 2002년 타임지가 선정한 세계 10대 슈퍼푸드로 알려지면서 국내 및 국외에서 재배면적이 급속하게 증가되고 있다. 블루베리는 키가 낮은 관목으

로 결과연령에 빨리 도달하고 병해충이 비교적 적어 타 과수작목에 비하여 재배관리가 쉬운 장점을 지니고 있다. 또한 블루베리는 재배특성상 피트모스에서 잘 자라며 관목인 점을 고려하여 용기 재배면적이 증가하고 있는 추세이다. 용기재배는 근역제한으로 수분과 양분의 조절이 가능하며, 토양 물리성이 나쁜 지역에서 재배가 가능하며, 재배장소의 이동이 용이한 장점이 있다. 또한 관수 또는 관비 시스템을 이용하여 수분과 시비를 효율적으로 관리하고, 품질이 균일한 묘목을 생산할 수 있다(Poffley, 2004). 일본에서는 용기 재배시 두더지 피해를 줄일 수

*Corresponding author: jgkim119@gnu.ac.kr

Received September 10, 2018; Revised October 6, 2018;

Accepted October 8, 2018

있고 밀식재배로 좁은 공간에서도 공간 활용도를 높일 수 있어 많이 재배하고 있으며 호주, 일본에서는 블루베리 양액재배를 하고 있는 중이다.

블루베리는 세균이 없는 뿌리구조를 하고 있으며, 배수가 좋은 산성토양에서 잘 자란다. 이러한 이유로 블루베리 재배농가에서 토양의 물리성 개선과 토양산도 관리를 위해 가장 많이 사용하는 재료가 피트모스이다. Spiers(1986)도 일반 밭 토양에서 블루베리 재배를 하기 위해서는 피트모스를 처리하는 것이 가장 효과적이라고 하였는데, 원예용 상토로 널리 사용 중인 피트모스는 강우가 많고, 연평균 온도가 낮은 지역에서 물이끼가 산소가 불충분한 땅속에서 오랫동안 부분적으로 분해된 것으로 통기성과 보수력이 우수하며 세포표면에 COOH-기가 CEC를 높여 보비력이 좋다. 또한 분해에 안정하여 수분과 질소가 첨가된 상태에서도 분해가 느리게 일어나므로 장기간 이화학성이 안정적으로 유지될 수 있다. 하지만 블루베리 용기재배시 피트모스를 사용 할 경우 피트모스가 토양보다 양이온치환능력이 떨어지기 때문에 적정 양분관리 방법 구명이 필요하다.

질소는 블루베리 생장에 중요한 요소로 식물체내로 흡수된 후 동화되어 아미노산, 단백질, 엽록소 등과 같은 유기화합물로 변환되어 이용되고(Bray, 1983; Coruzzi와 Last, 2000), 다른 비료요소에 비하여 수체 생장에 미치는 영향이 매우 크다(Im 등, 2002). 질소가 과다하면 식물체 도장, 내한성 및 내병성이 저하되고(Faust, 1989), 꽃눈 발달 및 당도 감소 등의 과실품질이 저하된다(Raese와 Drake, 1997). 반면 질소가 부족하면 생육이 억제되고(Marschner, 1995), 결실을 저하 등 품질이 불량하게 되기 때문에(Claypool, 1975) 블루베리 용기재배에 따른 양액특성 구명이 필요하다.

블루베리는 다른 과수보다 양분요구량이 낮고, 산성토양에서 잘 자라는 특성으로 질산태 질소보다는 암모니아태 질소를 주 질소형태로 이용한다(Claussen와 Lenz, 1999). 따라서 본 시험에서는 암모니아태 질소를 조성액으로 사용하여 질소농도별 수체생육과 과실특성을 비교하고, 블루베리 양액재배시 수세의 적극적인 조절로 과실 품질향상 및 노동력 절감효과를 기대할 수 있는 조성액 개발을 위한 기초자료를 마련하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험재료 및 처리방법

본 시험은 2013년부터 2016년까지 4년간 경남농업기술원 블루베리 재배연구 포장에서 수행하였다. 2013년 3년생 '듀크' 품종을 대상으로 피트모스와 펄라이트 용량을 각각 130L, 40L(v/v)로 하여 용기(60×80×40cm)에 식재하

고 톱밥으로 멀칭한 후 양액은 4월 중순부터 7월 하순까지 양액 조성액을 달리하여 처리별 7일 간격으로 8L 공급하였다. 배양액의 조성은 Nascimento 등(2011)이 제시한 블루베리 재배 표준양액(NO₃-N 5.1, NH₄-N 3.8, PO₄-P 3.3, K 3, Ca 4.6, Mg 2.2mmol·L⁻¹)을 기준으로 하였고, 질소를 표준액(Fertilizer combination 1)의 10%(Fertilizer combination 2), 20%(Fertilizer combination 3) 수준으로 낮추어 3가지 수준과 양액을 공급하지 않은 무처리(Control)로 나누어 시험을 수행하였다. 무처리는 일반 지하수를 공급하였고, 공급하기 전 수질분석 결과는 Table 1과 같다. 양액 표준액(조성액 1, Fertilizer combination 1)은 NO₃-N 5.1, NH₄-N 3.8, PO₄-P 3.3, K 3, Ca 4.6, Mg 2.2mmol·L⁻¹를 주당 공급하였고, 조성액 2(Fertilizer combination 2)는 NO₃-N 4.6, NH₄-N 3.4, PO₄-P 3.3, K 3, Ca 4.6, Mg 2.2mmol·L⁻¹를 주당 공급하였다. 조성액 3(Fertilizer combination 3)은 NO₃-N 4.1, NH₄-N 3.0, PO₄-P 3.3, K 3, Ca 4.6, Mg 2.2mmol·L⁻¹를 주당 공급하였다. 무처리구(Control)는 4년간 양액을 주지 않고 지하수만 공급하였다.

2. 수체특성 조사

수체 성장량 조사는 신초생육이 왕성한 5월 중순부터 15일 간격으로 8월 중순까지 처리구별로 생장이 균일한 묘목을 선정하여 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준(RDA, 2012)에 따라 신초경과 신초장을 조사하였다. 신초경은 신초기부에서 0.5cm 떨어진 지점에서 버니어캘리퍼스(Mitutoyo CD-20CP, 0.01mm; Kawasaki, Kanagawa Prefecture, Japan)로 측정하였으며, 신초장은 나무 중간부위 높이의 자르지 않은 가지에서 기부로부터 신초 선단부의 길이를 측정하였다. 잎의 질소함량은 엽록소 함량 측정기(SPAD-502, Konika Minolta, Japan)를 사용하여 측정하였다.

3. 과실특성 조사

과실 특성으로는 가용성 고형물 함량, 산함량, 색도 등을 조사하였다. 가용성 고형물 함량은 채취한 과실 30립을 착즙한 다음 굴절당도계(PR-100, Atago, Japan)로 측정 후 °Brix로 표기하였다. 산 함량은 과즙 5mL를 채취하여 0.05N NaOH를 이용하여 pH 8.3까지 중화조정 후 소요된 NaOH양을 계산하여 주석산 함량으로 계산하였다.

4. 배액특성 조사

배액의 EC와 pH는 electric conductivity & pH meter(F-54BW, Horiba Co., U.S.A.)로 측정하였고, 치환성 양이온(K, Ca, Mg)은 원자흡광분광도계(Analyst 300, Perkin-Elmer Co., U.S.A.)를 이용하여 측정하였다. NH₄-N, NO₃-N, H₂PO₄는 APHA의 표준분석법(Clescriet 등, 1998)에 의해 분석하였다.

5. 통계분석

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

결과 및 고찰

처리에 따른 시기별 신초생육 변화는 Fig. 1과 같다. 블루베리에 있어 질소성분이 증가할수록 수세가 왕성해지는 것으로 알려져 있는데(Ballinger 등, 1966; Ballinger 등, 1963) 신초경과 신초장은 생육 초반보다 생육 후반기에 커지는 경향이었으며, 신초경은 질소를 10%, 20% 감소한 처리가 3.4mm로 처리간 비슷한 경향이었으며, 질소 성분이 가장 많았던 표준액 처리가 3.7mm로 가장 컸다. 신초수 또한 표준액 처리가 주당 28.8개로 가장 많았는데(Fig. 2) 이는 Yun 등(2014)이 보고한 결과지 굵기와 길이가 증가할수록 신초수가 증가한다는 연구 결과와 비슷한 경향이였다.

질소 중 질산태 질소는 영양생장을 증가시키고, 암모니태 질소는 측지발생을 증가시킨다고 하였는데(Gao 등, 1992), 본 시험에서도 질소함량이 가장 많은 표준액이 신초수가 가장 많아 이와 비슷한 경향이였다. 블루베리 신초는 3번에 걸쳐 성장을 하는데, 질소 성분이 가장 많

은 표준액 처리는 4차 성장까지 하여 내년 꽃눈분화에 부정적인 영향을 미칠 것으로 판단되었다.

조성액별 엽의 특성을 조사한 결과(Fig. 3) 엽장은 표준액과 질소 10%, 20% 감한 처리가 각각 7.2mm,

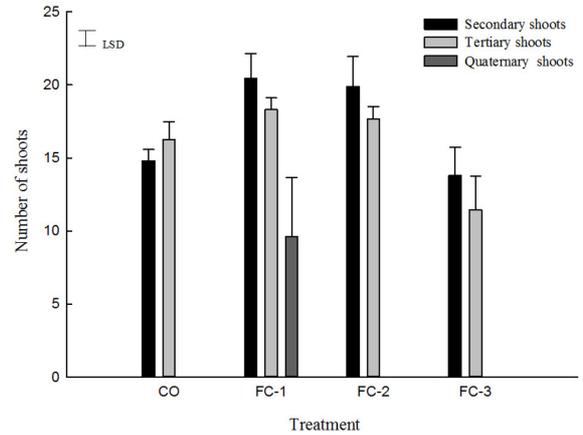


Fig. 2. Effect of different fertilizer combinations on number of shoots of 'Duke' blueberry bushes. Vertical bars indicate SE (n = 3) at P ≤ 0.05 according to LSD test analyzed by statistical analysis software (SAS 9.4). CO: Control; FC-1: fertilizer combination-1; FC-2: fertilizer combination-2; FC-3: Fertilizer combination-3.

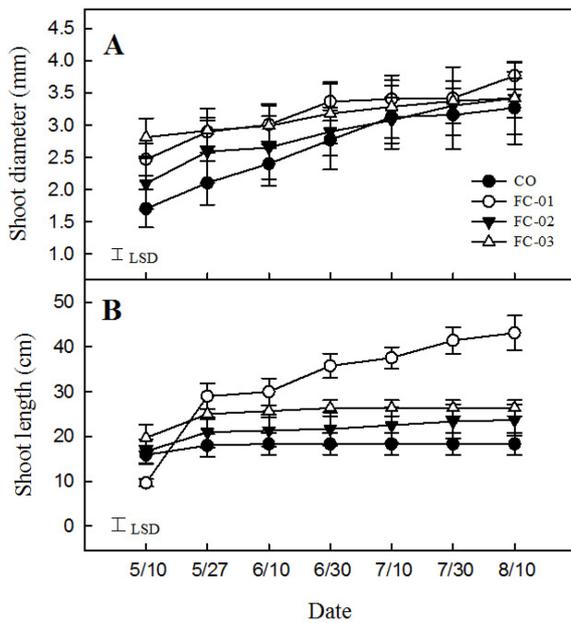


Fig. 1. Effect of different fertilizer combinations on shoot diameter (A) and shoot length (B) of 'Duke' blueberry bushes. Vertical bars indicate SE (n = 3) at P ≤ 0.05 according to LSD test analyzed by statistical analysis software (SAS 9.4). CO: Control; FC-1: fertilizer combination-1; FC-2: fertilizer combination-2; FC-3: Fertilizer combination-3.

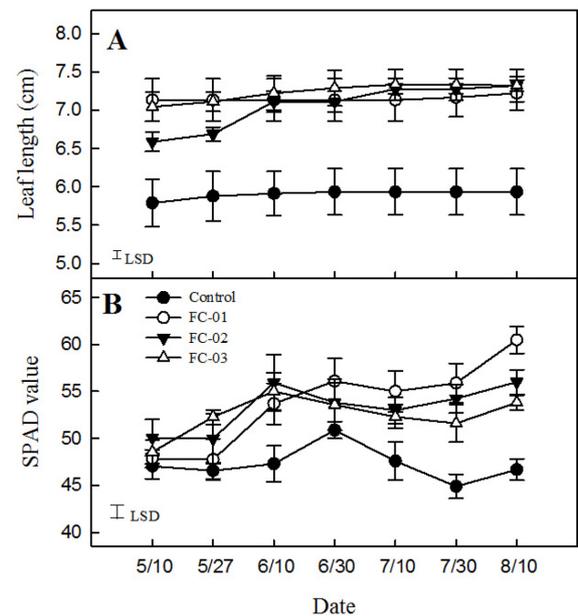


Fig. 3. Effect of different fertilizer combinations on leaf length (A) and SPAD value (B) of 'Duke' blueberry bushes. Vertical bars indicate SE (n = 3) at P ≤ 0.05 according to LSD test analyzed by statistical analysis software (SAS 9.4). CO: Control; FC-1: fertilizer combination-1; FC-2: fertilizer combination-2; FC-3: Fertilizer combination-3.

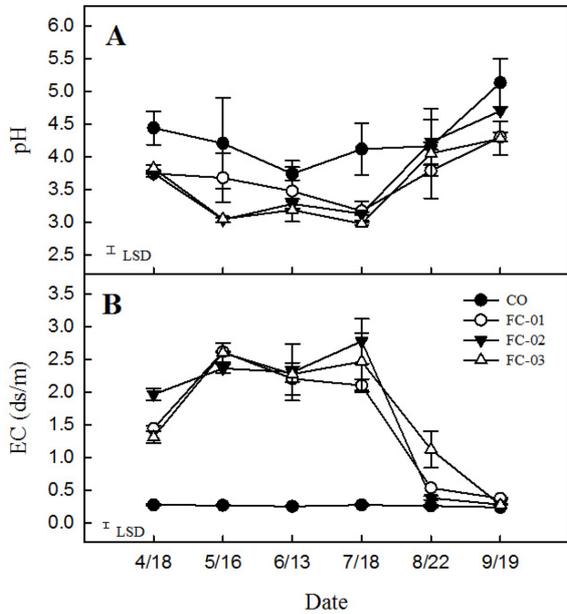


Fig. 4. Effect of different fertilizer combinations on pH (A) and EC (B) in 'Duke' blueberry growth medium. Vertical bars indicate SE (n = 3) at P ≤ 0.05 according to LSD test analyzed by statistical analysis software (SAS 9.4). CO: Control; FC-1: fertilizer combination-1; FC-2: fertilizer combination-2; FC-3: Fertilizer combination-3.

7.3mm, 7.3mm로 처리간 비슷한 경향이였으나, 엽폭이 표준액 처리가 4.3mm로 가장 컸으며, 질소를 10% 감한 처리가 3.8mm, 20% 감한 처리가 3.5mm였으며, 무처리가 2.9mm로 가장 작았다. 잎의 엽록소 함량은 질소 흡수량에 비례한다는 원리를 이용하는 엽록소 검정은 측정의 간편성으로 인해 옥수수(Piekielek 등, 1995), 벼(Lee 등, 2003) 등 다양한 작물에서 식물체 생육 검정법으로 활용되고 있다. 일반적으로 질소 시비량이 증가할수록 SPAD 값이 증가하는 경향이 있다고 하였는데(Lee 등, 2003), 본 시험에서도 질소성분이 가장 많은 표준액 처리가 60.5로 가장 많았으며, 질소를 10%감한 처리가 56.0, 질소를 20% 감한처리가 53.8, 무처리가 46.7이었다.

배지의 pH에 영향을 미치는 요인은 양액, 공급되는 물, 양이온치환능력 등 여러 가지가 있지만 그중에서도 양이온은 pH를 상승시키고, 음이온은 pH를 낮춰 산성화시키는 경향이 있다고 보고되었으며(Mengel 등, 1987), 시기별 배액의 pH 및 EC를 조사한 결과(Fig. 4) pH는 3.8에서 4.0으로 유지되는 경향이였는데, 이는 피트모스 자체의 pH가 3.5정도로 양액의 pH는 배지의 pH에 크게 영향을 주지 않는 것으로 판단되었다. 보통 암모늄태 질소는 배지의 pH를 낮춘다고 알려져 있는데(Tamada, 2004) 이에 관하여는 추가적인 연구가 필요할 것으로 판

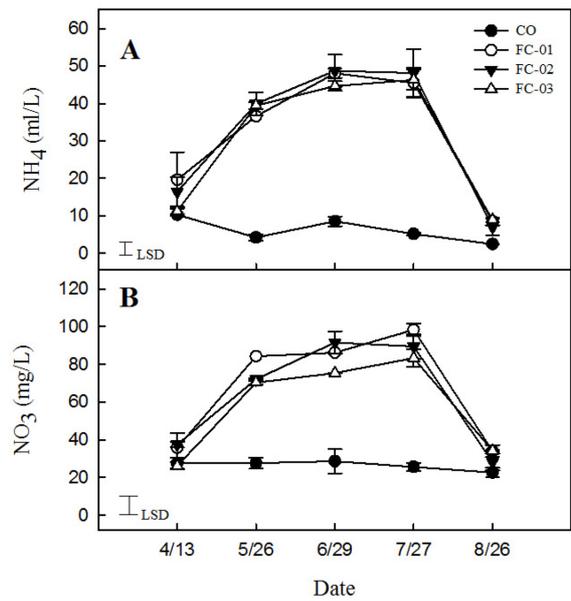


Fig. 5. Effect of different fertilizer combinations on NH₄ (A) and NO₃ (B) in 'Duke' blueberry growth medium. Vertical bars indicate SE (n = 3) at P ≤ 0.05 according to LSD test analyzed by statistical analysis software (SAS 9.4). CO: Control; FC-1: fertilizer combination-1; FC-2: fertilizer combination-2; FC-3: Fertilizer combination-3.

단되었다. 배액의 EC는 비료의 농도가 증가할수록 EC의 상승폭이 증가하는 경향이 있는데(Tadesse 등, 1999), 본 시험의 경우 양액을 공급하기 전 물의 EC는 0.5 정도였는데 양액을 공급한 4월 하순에는 EC가 1.0 이상으로 증가하였고, 7월 하순에는 EC가 2이상으로 증가하여 7월 하순에서 8월 하순 사이에는 물을 더 공급해 줘야 할 것으로 판단되었다. 배액의 pH는 3.5에서 4.5정도로 유지가 되었고, 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 판단되었다.

작물은 환경요인 변화에 따라 질소형태에 따른 흡수양상도 달라질 것이므로 질소 형태별 흡수량을 밝히는 것은 수량 확보와 품질향상을 위해 중요한데, 그러한 질소 형태별 처리에 따른 시기별 배액의 무기성분 함량을 조사한 결과(Fig. 5) 질소함량은 암모니아태 질소는 거의 적었고, 질산태질소 함량이 생육초반에는 질소함량이 많을수록 증가 하였지만, 생육후반으로 갈수록 즉 나무가 커질수록 배액의 질산태질소 함량은 감소하였다. 일반적으로 암모늄태 질소와 질산태 질소를 각각 단독으로 사용하는 것보다 두 형태가 공존할 때 흡수율이 높게 나

Table 1. Water quality of growth medium of ‘Duke’ blueberry control (CO) bushes.

Treatment	pH	EC	NO ₃ -N	NH ₄ -N	K	Ca	Mg	Na	Cl	SO ₄	HCO ₃
		ds/m	mg/L								
CO	7.4	0.19	1.21	0.48	3.11	21.8	4.36	14.2	24.5	8.17	47.8

Table 2. Effect of different fertilizer combinations on berry weight, soluble solids content, acidity, and yield per bush in ‘Duke’ blueberry. Experimental data represent means according to LSD test ($P \leq 0.05$) analyzed by statistical analysis software (SAS 9.4).

Treatment ^y	Berry weight (g)	Soluble solids content (°Brix)	Acidity (%)	Yield per bush (kg)
CO	2.1 a	10.4 a	0.27 a	0.2 b ^z
FC-1	2.0 a	10.5 a	0.19 a	2.2 a
FC-2	2.2 a	9.7 a	0.19 a	2.9 a
FC-3	2.0 a	9.4 a	0.23 a	2.7 a

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

^yCO: Control; FC-1: fertilizer combination-1; FC-2: fertilizer combination-2; FC-3: Fertilizer combination-3.

타난다고 알려져 있으나 작물의 종류에 따라서는 암모늄태 질소 또는 질산태 질소를 단용하는 것이 더 효과적인 것도 있는데 Townsend(1967)는 블루베리에서 암모니아태 질소시비가 질산태 질소시비보다 영양생장과 뿌리 발달에 더 효과적이라고 하였고, 블루베리는 체내에 질산환원효소가 생성되지 않기 때문에 암모늄태 질소를 절대적으로 선호하는 것으로 알려져 있다. 이러한 부분은 암모니아태 질소를 주로 이용하는 블루베리에 있어 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

조성액별 과실특성을 조사한 결과(Table 2), 질소농도 차이에 따른 과실의 가용성 고형물 함량과 산함량은 유의적인 차이를 보이지 않았다. Katakura 등(1995)은 블루베리에서 고농도 질소투여가 가용성 고형물 함량을 증가시켰다고 보고하였지만, Uhe(1957)는 질소처리에 의한 고형물 함량과 산함량 변화는 나타나지 않는다고 하였고, Kwack 등(2017)도 무 질소구와 기준 시비량의 50, 100, 200%로 처리하였을 때 고형물 함량 및 산 함량은 처리 간 유의적인 차이가 없는 것으로 보고하였다. 이러한 결과는 블루베리 품종과 재배환경에 따라 과실로의 당전류 및 산함량 변화에 차이를 유발하는 것으로 판단되며, 보다 면밀한 추가조사가 필요할 것으로 사료된다.

질소함량 증가와 과실크기와의 관계가 미비하다는 보고와(Townsend, 1973) 달리 Katakura 등(1995)은 질소 공급량이 증가할수록 과일의 무게가 줄어들었다고 하였는데, 이는 본 시험결과와 유사한 경향이었다. 수확과실의 과립중은 2.0~2.2g으로 표준액이 2.2g으로 가장 컸으며, 수량은 질소를 10% 감한 처리구가 주당 2.9kg으로 가장 많았고, 표준액 처리가 2.2kg, 질소를 20% 감한 처리가 2.7kg이었다. 이는 고농도보다는 저농도나 중간농도에서 수량이 많은 것으로 보아 꽃눈이 형성되었다

도 질소과잉에 의하여 착과가 잘 되지 않은 것으로 판단되었으며, 또한 질소함량이 가장 많은 표준액 처리가 신초가 가장 많이 발생하여 영양생장은 왕성했으나 꽃눈 착생은 감소해 수량이 감소한 것으로 판단되었다. 무처리에서 주당 수량이 0.2kg이었는데 이는 식재시 블루베리가 기본적으로 생육하기에 적합한 피트모스(pH 4.0)를 혼합하였기 때문에 어느 정도 생육이 가능하여 일부 수량이 산출된 것으로 판단된다. 또한 래빗아이 품종인 ‘브라이트웰’ 품종 관비 재배시 무 질소구 대비 질소를 50% 증가시켰을 때 수량이 52% 증가하였으며, 100% 이상 증가 시켰을 때는 수량이 오히려 감소하여 시비효과가 감소하는 경향이었다(Kwack 등, 2017). 이는 블루베리의 낮은 염저항성에 기인한 것으로 판단된다(Vargas와 Bryla, 2015). 이상을 종합해보면 ‘듀크’ 블루베리 양액재배시 수체생육은 질소비율이 중간정도에서 가장 좋았으며, 과실의 수량과 크기에서는 저농도나 중간농도가 고농도에 비하여 우수하였다.

적 요

블루베리의 재배면적은 증가추세이고 재배특성상 피트모스에서 잘 자라며 관목인 점을 고려하여 용기재배를 많이 하고 있다. 또한 안정적으로 생산할 수 있는 재배 기술 개발이 요구되고 있다. 본 시험에서는 블루베리 양액재배시 양액조성이 수체생육과 과실품질에 미치는 영향을 알아보고자 수행하였다. 시험방법은 3년생 ‘듀크’ 품종을 대상으로 피트모스와 펄라이트의 용량을 각각 130L, 40L(v/v)로 하여 용기(60×80×40cm)에 식재하고 톱밥으로 멀칭한 후 2015년과 2016년에 3종의 조성이 다른 용액을 4월 중순부터 7월 하순까지 공급하여 수체

생육 및 과실품질을 조사하였다. 처리내용은 무시비구, 조성액 1(표준액), 조성액 2(표준액보다 10%질소 감소), 조성액 3(표준액보다 20%질소 감소)을 처리하였다. 블루베리의 생육을 보면, 신초경은 표준액 처리가 3.7mm로 가장 컸으며, 신초장 또한 35.7cm로 가장 길었다. 신초수는 표준액 처리가 질소를 20% 감소한 처리 대비 47%로 가장 많았다. 질소함량이 많은 처리에서 엽장과 엽폭이 길거나 넓어졌으며, 엽록소 함량도 증가하였다. 처리별 과실특성은 과립중, 고형물 함량, 산함량 등은 처리간 큰 차이가 없었으며, 수량은 질소를 10% 감소한 처리가 주당 2.9kg으로 가장 많았고, 표준액 처리가 2.2kg, 질소를 20% 감소한 처리가 2.7kg였다. 이는 질소 함량이 가장 많은 표준액 처리가 신초가 가장 많이 발생하여 영양생장은 왕성했으나 꽃눈 착생은 감소해 수량이 오히려 감소한 것으로 판단되었다. 따라서 블루베리 양액재배시 생육은 질소비율이 중간정도에서 가장 좋았으며, 과실의 수량과 크기에서도 저농도나 중간농도가 고농도에 비하여 우수하였다.

추가 주요어 : 비료배합, 양액, 수세, 수량

Literature cited

- Bray, C.M. 1983. Nitrogen metabolism in plants. Longman, London, UK.
- 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.
- 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.
- Coruzzi, G. and R. Last. 2000. Amino acids. In biochemistry and molecular biology of plants. Amer. Soc. Plant Biol. 358-410.
- Claussen, W. and F. Lenz. 1999. Effect of ammonium or nitrate nutrition on net photosynthesis, growth, and activity of the reductase and glutamine synthetase in blueberry, raspberry and strawberry. Plant and Soil, 208:95-102.
- Claypool, L.L. 1975. Plant nutrition and deciduous fruit crop quality. HortScience 10:45-47.
- Faust, M. 1989. Physiology of temperate zone trees. John Wiley & Sons, Inc., NY, USA.
- Gao, Y.P., H. Motosugi, and A. Sugiura. 1992. Rootstock effects on growth and flowering in young apple trees grown with ammonium and nitrate nitrogen. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117:446-452.
- Im Y.J., J.Y. Jang, S.G. An, S.H. Youn, J.H. Im, J.M. Park, and B.H. Lee. 2002. Studies on suitable tree growth and standard levels of leaf mineral nutrient for the best fruit production in high density orchard. Konkuk University (in Korean).
- 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. HortTechnology 11: 523-528.
- Katakura, Y. and H. Yokomizo. 1995. Effects of nitrogen form on nutrient uptake, growth and fruit yield of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei*). Jap. J. Soil Plant Nutri. 66:506-512.
- 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. Korean J Environ Agric. 36:161-168
- Lee. H.S. and K.U. Kim. 2003. Dry matter, nitrogen content, chlorophyll and yield maps of rice by different rates of nitrogen application and their correlations. J. Biosyst. Eng. 28(4) p361-368 (in Korean).
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press. Inc., San Diego, CA, USA, p. 436-478.
- Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition. 4th ed. Int'l. Potash Inst., Bern, Switzerland.
- Nascimento, D.C. M.W. Schuch, and R.M.N. Nogueira. 2011. Growth and mineral nutrient content of blueberry transplants in conventional and semi-hydroponic systems. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal. 33:1155-1161.
- Pior, R.L., G. Cao, A. Martin, E. Sofic, J. McEwen, C. O'Brien, N. Lischner, M. Ehlenfeldt, W. Kalt, G. Krewer, 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.
- Piekielek, W.P., R.H. Fox, J.D. Toth, and K.E. Macneal. 1995. Use of chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. Agronomy J. 87:403-408.
- 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.
- Spiers, J.M. 1986. Root distribution of 'Tifblue' rabbiteye as influenced by irrigation, incorporated peat moss and mulch. J. Am. Soc. Hort. Sci. 111:877-880.
- Townsend, L.R. 1973. Effects of N, P, K, and Mg on the growth and productivity of the highbush blueberry. Can. J. Plant Sci. 53:161-168.
- Townsend, L.R. 1967. Effect of ammonium nitro and nitrate nitrogen, separately and in combination on the growth of the highbush blueberry. Can. J. Plant Sci. 47:555-562.
- 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.
- Tamada, T. 2004. Effects of nitrogen sources on growth and leaf nutrient concentrations of 'Tifblue' rabbiteye blueberry under water culture. *Food Products Press.* 3:149-158.
- Uhe, G. 1957. The influence of certain factors on the acidity and sugar content of the Jersey blueberry. MS Thesis, Oregon State University.
- Vargas, O.L. and D.R. Bryla. 2015. Growth and fruit production of highbush blueberry fertilized with ammonium sulfate and urea applied by fertigation or as granular fertilizer. *HortScience.* 50:479-485.
- Yun, S.K., I.K. Yoon, E.Y. Nam, J.H. Jun, T.H. Kwon, H.J. Bae, H.C. Kim, and T.C. Kim. 2014. Shoot growth and fruit characteristics according to bearing branch direction and thickness in 'Kawanakajima Hakuto' peach trees. *Kor. J. Hort Sci. Technol.* 32:421-426 (in Korean).