

## 딸기 수경재배 시 '베리스타'와 '죽향'의 생육과 품질 향상을 위한 적정 양액농도 설정

최수현<sup>1\*</sup> · 최경이<sup>1</sup> · 정호정<sup>1</sup> · 김승유<sup>1</sup> · 이성찬<sup>2</sup> · 최효길<sup>3</sup>

<sup>1</sup>국립원예특작과학원 시설원예연구소, <sup>2</sup>국립원예특작과학원 기술지원과, <sup>3</sup>공주대 원예학과

### Optimum Nutrient Concentration to Improve Growth and Quality of Strawberry Cultivars 'Berrystar' and 'Jukhyang' in Hydroponics

Su Hyun Choi<sup>1\*</sup>, Gyeong Lee Choi<sup>1</sup>, Ho Jeong Jeong<sup>1</sup>, Seung Yu Kim<sup>1</sup>,  
Seong Chan Lee<sup>2</sup>, and Hyo Gil Choi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Protected Horticulture Research Institute, NIHHS, RDA, Haman, 52054

<sup>2</sup>Technology Services Division, NIHHS, RDA, Wanju, 55365

<sup>3</sup>Department of Horticulture, Kongju National University, Yesan, 32439

**Abstract.** This study was conducted to set the optimum nutrient solution concentration by growth stage for new strawberry cultivars 'Berrystar' and 'Jukhyang' (*Fragaria × ananassa* Duch. cvs. 'Berrystar', 'Jukhyang') grown through hydroponics to improve the quality and yield. Three different EC levels were applied to the nutrient solution. The treatment levels were 0.7, 1.0 and 1.3 times higher than the nutrient concentration standard for 'Seolhyang' based on the 'Manual for strawberry cultivation' of Rural Development Administration. Based on the results, there were no significant differences in growth of 'Berrystar' by EC level. 'Jukhyang' showed the most vigorous growth grown in 1.3 times higher nutrient concentration. While the growth of 'Berrystar' and 'Jukhyang' grown in higher EC level has leaves with more chlorophyll concentration. However the quantum yield of leaves was not affected by the treatments. On the treatment with 1.3 times higher EC level, the weight, length, width and firmness of 'Berrystar' and 'Jukhyang' were significantly high. The sugar contents of the harvest analyzed by HPLC did not differ particularly, but the percentage composition of reducing sugar and non-reducing sugar were presented differently depending on the treatments. Marketable fruit yield increased as nutrient concentration increases. However, there were no large differences by treatments. Meanwhile, 'Jukhyang' showed significant difference by nutrient concentration and had the largest yield for a treatment grown in 1.3 times higher EC level. Based on these results, it is recommended to provide the same nutrient solution concentration level to the nutrient concentration standard of 'Seolhyang' for 'Berrystar', and the 1.3 times higher level for 'Jukhyang'.

**Additional key words :** chlorophyll, HPLC, non-reducing sugar, quantum yield

## 서 론

원예 작물 중 2015년 시설과채류의 재배 면적은 45,301ha이고 생산량은 약 2백만 톤에 달한다. 그 중 딸기(*Fragaria × ananassa* Duch.)의 시설재배 면적은 6,306ha, 생산량은 19.2만 톤으로 전체 시설 과채류 면적의 13.9%, 생산량의 9.3%를 차지하고 있다(MAFRA, 2016). 축성 재배 딸기의 경우 10a당 소득은 11,690천 원으로 전체 시설채소 중 토마토, 파프리카 다음으로 고

소득 작물이며 소득률은 52.9%로 높다(RDA, 2016).

2005년 국산 딸기 품종의 재배 비율은 9.2%로 낮은 수준이었으며 일본 도입 품종인 '레드퀵' 과 '아끼히메'가 높은 점유율을 나타내어 31.6억 원의 로열티 지불액이 발생할 것으로 추정되었다. 로열티 문제를 해결하기 위한 지속적인 노력으로 국산 품종의 개발과 보급이 진전되어 현재 국산 품종의 국내 점유율은 92.9%에 달한다. 국내에서 육성된 '설향'의 보급이 빠르게 확산되면서 '설향'의 보급률이 83.4%에 이르렀지만 획일화된 내수용 품종 편중에 대한 우려가 증대하고 있다. 또한 수출용 품종인 '매향'은 수출 물량의 90% 이상을 차지하고 있으나 재배가 까다롭고 2화방의 기형과 발생률이 높아

\*Corresponding author: choishn94@korea.kr

Received August 17, 2017; Revised October 24, 2017;

Accepted October 27, 2017

신선 딸기 수출 확대에 어려움이 있다. 중앙기관과 지자체에서 ‘설향’과 ‘매향’을 대체할 다양한 품종을 육성하고 있지만 농가 보급률은 저조한 실정이다. 수출용 및 내수용 품종의 다양화로 돌발 병해충 및 이상기상에 대비해야 하며 단일 품종의 품질 저하 및 생산량 저하에 의한 딸기 소비 위축에 대응하기 위해 우수 신품종의 개발 및 보급이 시급하다.

딸기의 수경재배 면적은 2017년 1,575ha로 전체 채소 수경재배 면적의 56%를 차지하며 2011년 243ha에 비해 6.5배 증가하였다. 딸기는 수경재배에서 다른 과채류에 비해 염류 농도에 민감하기 때문에 고농도의 배양액에서 뿌리 생육과 지상부 생육이 저하하는 등 생리장해를 받는다(Chi et al., 1998). 그러나 품종별 배양액 농도 관리 매뉴얼이 개발되지 않아 모든 품종에서 ‘설향’에 준하는 급액 농도로 관리하고 있는 실정이다. 품종별 적정 양액 농도를 설정하여 딸기 재배 농가에 제시하여 적절한 배양액 농도 관리 기술을 통해 우량 품종의 보급과 우수한 품질의 딸기 생산이 이루어지도록 해야 한다.

본 연구는 신품종 딸기 ‘베리스타’와 ‘죽향’의 생육단계별 적정한 양액 농도가 품질과 생산성에 미치는 영향을 구명하기 위해 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 양액농도에 따른 생육 특성

본 실험은 국내에서 육성된 딸기 품종인 ‘설향’, ‘베리스타’, ‘죽향’(Fragaria × ananassa Duch. cvs. ‘Seolhyang’, ‘Berrystar’ and ‘Jukhyang’)을 대상으로 경상남도 함안군에 소재한 국립원예특작과학원 시설원예연구소의 플라 스틱 온실(폭 10m, 길이 40m)에서 수행되었다. 시험에 사용한 국내 육성 딸기 신품종은 ‘베리스타’(Cheong et al., 2015)와 ‘죽향’(Seo et al., 2016)이며 과실이 단단하고 수출에 적합한 품종으로 선발하였다. 높이 1m, 폭 33cm의 수경재배용 베드를 설치하고 원예용 상토(딸기 조은, 팜한농)를 충진 하였다. 2016년 9월 20-26일에 묘

를 정식하였다. 원수 EC는 0.49dS·m<sup>-1</sup>이며(Table 1), 생육 단계별로 Table 2의 표준농도 EC 1.7dS·m<sup>-1</sup> 네덜란드 PBG 배양액(딸기 전용)을 처리별로 급액 하였다. 정식 후 생육 초기에 새 뿌리의 발달을 유도하기 위하여 EC 0.68dS·m<sup>-1</sup>의 저농도로 배양액을 지속적으로 공급 하였다. 생육 단계를 생육초기-개화기-수확초기-수확후기로 나누어 처리 2는 ‘설향’ 급액 농도 기준인 EC 0.68-1.0-1.2-1.0dS·m<sup>-1</sup>, 처리 1은 처리 2보다 30% 낮은 농도인 EC 0.68-0.8-0.85-0.7dS·m<sup>-1</sup>, 처리 3은 처리 2보다 30% 높은 농도인 EC 0.68-1.2-1.55-1.3dS·m<sup>-1</sup>로 급액 하였다.

시험구는 난괴법을 이용하여 각 처리 당 10주씩 3반 복으로 배치하였다. 배액은 각 처리별로 10일 간격으로 수집한 후 pH 미터(Orion Star A211, Thermo Fisher Scientific, Massachusetts, USA)와 EC 미터(CT-54101B, DKK-TOA, Tokyo, Japan)를 사용하여 pH와 EC를 측정 하였다. 과실은 화방 당 3-5개를 남기고 적과하였다. 생육조사는 2016년 11월 1일, 2017년 1월 3일에 각각 실시하였고, 처리별로 엽수, 엽병장, 엽장, 엽폭, 관부직경을 측정하였다. 완전히 전개된 5매의 잎 중에서 신엽부터 세 번째 잎을 조사용으로 하였다.

딸기 잎의 엽록소 함량을 조사하기 위해 Pellet Press (2811 Pellet Press, Parr instrument company, Moline, USA)를 이용하여 잎을 직경 1.3mm의 원형으로 잘라 1g을 측정하였다. 이를 100% acetone 50mL에 암상태로 일주일 간 추출하였다. 분광광도계(Sorvall WX, Thermo Fisher Scientific, Massachusetts, USA)를 이용하여 470nm, 661.6nm, 644.8nm에서 시료액의 흡광도를 측정 하였다. 각 엽록소의 계산식은 아래와 같다(Hartmut K. et al., 1987; Yu, 2005).

$$\text{Chl a}(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})=11.24\times A_{661.6}-2.04\times A_{644.8}$$

$$\text{Chl b}(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})=20.13\times A_{644.8}-4.19\times A_{661.6}$$

$$\text{Chl a+b}(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})=7.05\times A_{661.6}+18.09\times A_{644.8}$$

**Table 1.** The composition of raw water for strawberry cultivation in this experiment.

NO <sub>3</sub> -N	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub> -S	Na	Cl
1.43	0.7	56.6	9.3	37.7	31.2	8.1

**Table 2.** The composition of PBG nutrient solution for strawberry in hydroponics.

Macro element (me·L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub> -S
		11.5	1.0	3.0	5.5	6.5	2.5
Micro element (me·L <sup>-1</sup> )	Fe	B	Mn	Zn	Cu	Mo	
	1.12	0.27	0.55	0.46	0.05	0.05	

엽록소 형광반응은 휴대용 엽록소 형광 측정기 (FluorPen FP 100, PSI, Drasov, Czech)를 이용하여 측정하였다. 처리별로 조사엽을 암적응 클립을 이용하여 15분 동안 암적응 시킨 후 형광 반응을 측정하여  $Q_y$ (양자수율, quantum yield)값을 구하였다.  $Q_y$ 값은 처리별로 3반복으로 실시하였으며 아래 계산식으로 계산하였다 (Genty et al, 1989; Yu, 2005).

$$Q_y = F_v / F_m = (F_m - F_0) / F_m$$

## 2. 딸기 과실의 품질 및 수량 조사

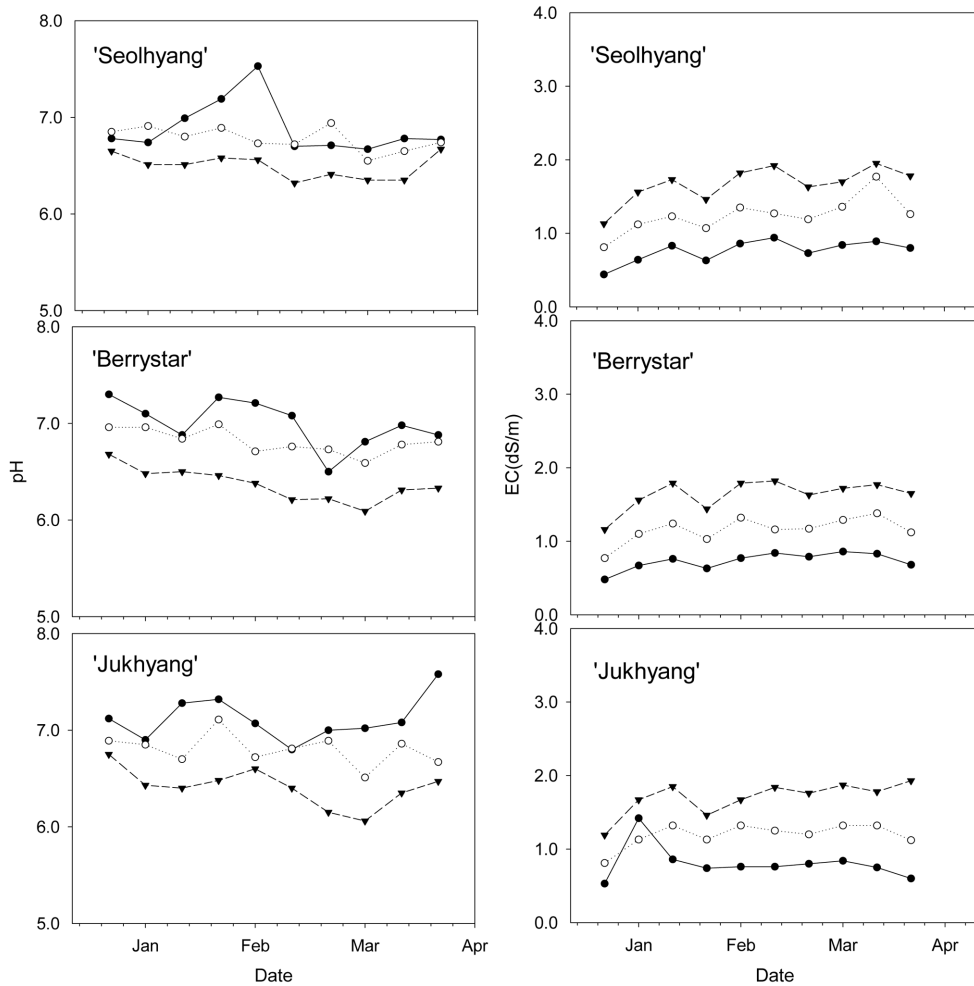
2016년 11월 24일 부터 2017년 3월 30일까지 과실을 수확하여 과중, 과장, 과폭, 당도, 경도, 수량을 조사하였다. 수량은 일주일에 1-2회 간격으로 90% 이상의 완숙 과를 수확하여 상품과(10g 이상)와 비상품과(10g 미만 및 기형과)로 구분하여 조사하였다. 과실 경도는 경도계

(FHM-1, Takemura, Japan)를 이용하여 측정한 후 단위 면적당 압력의 단위( $N \cdot mm^{-2}$ )로 환산하였다.

유리당의 함량은 HPLC (YL 9100, Younglin, Anyang, Korea)로 분석하였다. 분석조건으로 Sugar-Pak(4.6mm × 250mm, Supelco, USA)을 column으로 이용하였으며 이동상으로 acetonitrile과 물(75:25,v/v)을  $1 mL \cdot min^{-1}$ 의 속도로 흘려보냈다. RI detector (YL 9170, Younglin, Anyang, Korea)를 이용하여 검출하였으며, fructose, glucose, sucrose를 표준물질로 사용하였다.

## 3. 통계분석

본 실험은 통계분석 SAS 프로그램(SAS, ver. 9.1.3, Institute Inc., USA)을 이용하여 95% 유의수준에서 Duncan의 다중검정(Duncan's multiple range test,  $P < 0.05$ )을 실시하였다.



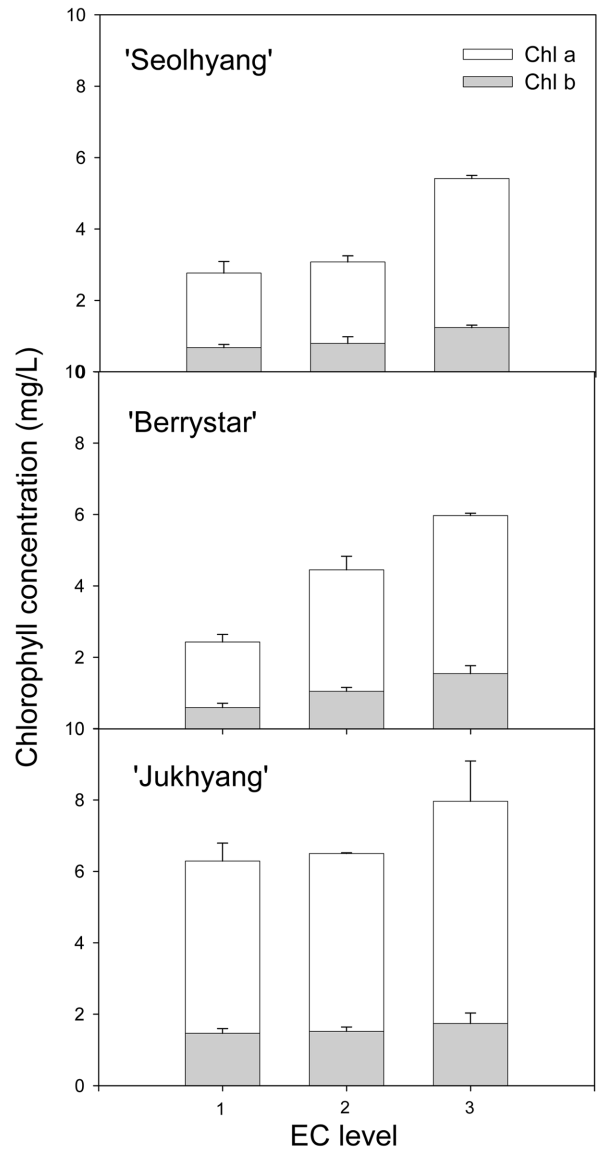
**Fig. 1.** Changes of pH and EC in the drainage solution in strawberry cultivars 'Seolhyang', 'Berrystar' and 'Jukhyang' as affected by EC level [EC level 1 (EC 0.68-0.8-0.85-0.7  $dS \cdot m^{-1}$ , ●), EC level 2 (EC 0.68-1.0-1.2-1.0  $dS \cdot m^{-1}$ , ○), EC level 3 (EC 0.68-1.2-1.55-1.3  $dS \cdot m^{-1}$ , ▼)].

## 결과 및 고찰

‘베리스타’, ‘죽향’ 및 ‘설향’을 생육초기-개화기-수확초기-수확후기 생육 단계 별로 나누어 처리 1은 EC 0.68-0.8-0.85-0.7 dS·m<sup>-1</sup>, 처리 2는 EC 0.68-1.0-1.2-1.0 dS·m<sup>-1</sup>, 처리 3은 EC 0.68-1.2-1.55-1.3 dS·m<sup>-1</sup>으로 급액 하였다. 2016년 12월 26일부터 2017년 3월 26일까지 배액의 pH와 EC를 조사한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 배액의 pH는 급액의 EC가 높아질수록 더 낮아지는 경향을 보였다. 이는 Jun et al.(2011)의 연구에서 ‘설향’의 급액 농도를 EC 0.5 dS·m<sup>-1</sup>에서 1.0 dS·m<sup>-1</sup>과 1.5 dS·m<sup>-1</sup>로 높여주었을 때 배액의 pH가 낮아졌다는 결과와 동일하다. 딸기 수경재배에서 근권의 적정 pH 범위는 5.5-6.2이지만 pH 5.0-7.0 범위에 있는 경우도 가능하다고 하였다(Adams, 2002; Sonneveld, 2002). 세 품종 모두 2번 처리구와 3번 처리구는 pH 6.0-7.0의 범위 내에서 안정적으로 pH 수준을 유지하였다. 그러나 저농도인 1번 처리구에서는 pH 변화폭이 가장 크게 나타났고 적정 범위를 넘는 재배 구간도 있었다. 근권의 pH 변화는 배지와 식물체의 생육 및 배양액 조성에 따라 다른데 주로 음이온과 양이온의 균형에 의하여 결정된다(Ikeda, 2001). 작물은 배양액 내의 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>이온을 우선적으로 흡수하면서 일시적으로 근권의 pH가 낮아지는데 그 후 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>이온을 급속하게 흡수하면서 근권의 pH가 높아진다. 저농도의 1번 처리구에서 이러한 pH의 상승효과가 크게 나타났기 때문에 pH 변화의 폭이 크게 나타난 것으로 생각된다(Yeo et al, 1997). pH가 높으면 인산과 칼슘은 인산칼슘이 되어 침전하고 철은 수산화철로 침전하므로 근권 내 P, Ca, Fe 함량이 감소하여 식물체 내 흡수가 저해된다(RDA, 2013). 1번 처리구에서 잎 끝이 검게 변하는 틸만 현상이 발생하는 등 양분결핍 증상이 나타난 것은 높은 pH에 의한 양분 흡수 장애로 생각된다.

근권의 EC 변화를 살펴보면, 급액의 EC가 높을수록 배액의 EC도 높게 나타났다. 1월 16일과 1월 25일 사이에 모든 처리에서 EC가 감소하였는데 이 시기에 식물체의 양분 요구도가 증가하여 공급된 배양액 내 양분 보다 작물에 의한 양분 흡수가 더 왕성하게 일어났기 때문으로 판단된다. 근권의 EC가 2.0 dS·m<sup>-1</sup> 이상이면 뿌리의 신장이 악화되어 칼슘 결핍이 일어나기 쉽지만 너무 낮으면 엽색이 옅어진다(RDA, 2013). 1번 처리구에서 엽록소 함량이 가장 낮고 엽색이 옅은 것은 식물체의 요구도 보다 낮은 EC를 급액 했기 때문인 것으로 보인다(Fig. 2 and 3).

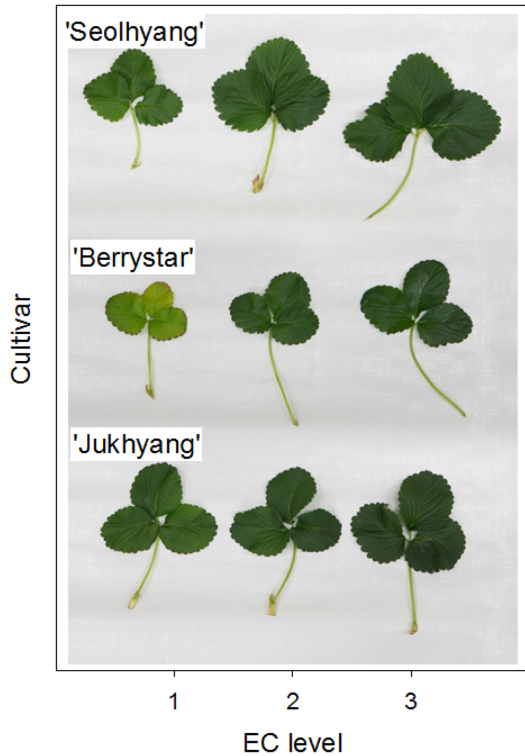
2016년 11월 1일과 2017년 3월 23일에 각각 조사한 생육 특성은 Table 3과 같다. ‘베리스타’는 초기 생육에서 엽수, 엽장, 엽폭, 관부직경에서 처리 간 차이가 없었



**Fig. 2.** Chlorophyll concentration of strawberry cultivars ‘Seolhyang’, ‘Berrystar’ and ‘Jukhyang’ as affected by EC level in March 2017 [EC level 1 (EC 0.68-0.8-0.85-0.7 dS·m<sup>-1</sup>), EC level 2 (EC 0.68-1.0-1.2-1.0 dS·m<sup>-1</sup>), EC level 3 (EC 0.68-1.2-1.55-1.3 dS·m<sup>-1</sup>)].

고, 엽병장은 2번 처리구가 유의한 차이로 길었다. 후기 생육에서 급액농도가 낮은 1번 처리구의 생육은 다른 처리구에 비해 저하되는 경향을 보였으며 관부직경을 제외한 나머지 생육에서 2번 처리구와 3번 처리구는 비슷한 생육을 보였다. ‘죽향’은 초기 생육에서 엽수, 엽장, 엽폭의 처리 간 차이가 없었고 엽병장은 3번 처리구가 가장 길었다. 생육 후기에는 1번 처리구의 생육이 다른 처리구보다 유의하게 낮았다. 엽병장, 엽장, 엽폭, 관부직경은 급액 농도가 높은 3번 처리구에서 유의하게 가

장 높은 수치를 나타냈다. 2번 처리구와 3번 처리구를 비교해 볼 때, '죽향'의 관부 직경은 초기 생육에서 2번 처리구에서 13.4mm, 3번 처리구에서 11.5mm로 2번 처



**Fig. 3.** Chlorophyll concentration of strawberry cultivars 'Seolhyang', 'Berrystar' and 'Jukhyang' as affected by EC level in March 2017 [EC level 1 (EC 0.68-0.8-0.85-0.7 dS·m<sup>-1</sup>), EC level 2 (EC 0.68-1.0-1.2-1.0 dS·m<sup>-1</sup>), EC level 3 (EC 0.68-1.2-1.55-1.3 dS·m<sup>-1</sup>)].

리구보다 3번 처리구에서 16.3% 작은 값을 나타냈지만 생육 후기에는 2번 처리구에서 16.9mm, 3번 처리구에서 18.1mm로 7.0% 큰 값을 나타냈다. '베리스타'는 저농도로 급액한 1번 처리구에서 가장 낮은 생육을 보였으나 2번, 3번 처리구에서는 지상부 생육이 배양액 농도 간 큰 차이가 나타나지 않았다. '죽향'은 3번 처리구에서 가장 높은 생육을 보였으며 생육이 진전될수록 처리 간 차이가 증가하였다. '죽향'은 생육 후기로 갈수록 '설향'의 기준 농도보다 높은 양액을 급액 하였을 때 생육의 진전 정도가 더 큰 것으로 보인다.

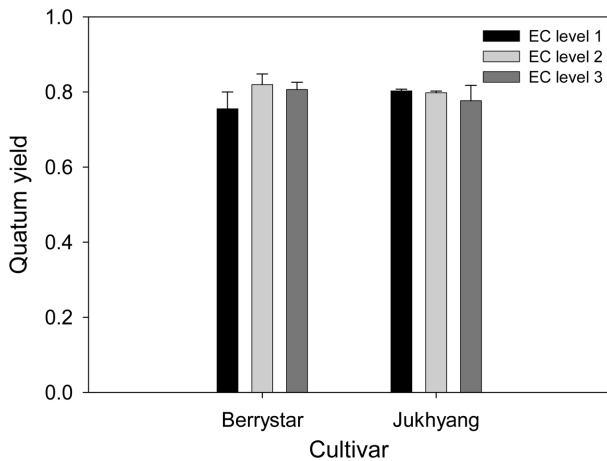
Fig. 2에 베리스타와 죽향의 처리별 엽록소 a와 엽록소 b 함량을 나타내었다. Evans(1989)와 Terashima and Hikosaka(1995)에 따르면 엽록소 a는 광화학계와 탄소고정계의 다양한 단백질복합체를 구성하며, 엽록소 b 대부분은 광화학계의 집광성단백질복합체 구성에 사용된다. '베리스타'는 전체 엽록소 함량이 급액 농도가 높아질수록 증가하였는데 2번 처리구에 비해 3번 처리구에서 엽록소 a 함량은 3.40mg/L에서 4.43mg/L로 30% 증가하였고, 엽록소 b 함량은 1.05mg/L에서 1.54mg/L로 46% 증가하였다. 엽록소 b 함량이 엽록소 a 함량보다 증가 폭이 큰 것으로 보아 '베리스타'는 3번 처리구가 2번 처리구보다 광화학계의 활성이 더욱 증가했을 것으로 생각된다. '죽향'은 2번 처리구에 비해 3번 처리구에서 엽록소 a 함량은 4.98mg/L에서 6.22mg/L로 24% 증가하였고 엽록소 b 함량은 1.52mg/L에서 1.74mg/L로 14% 증가하였다. '죽향'은 3번 처리구가 2번 처리구에 비해 엽록소 a 함량이 현저하게 증가한 것으로 보아 광화학계보다 탄소고정계 활성이 더욱 증가된 것으로 추측된다(Lee et al., 2014).

**Table 3.** Growth of strawberry cultivars 'Seolhyang', 'Berrystar' and 'Jukhyang' as affected by EC level.

Cultivar	EC level <sup>y</sup>	Nov. 1, 2016.					Mar. 23, 2017.				
		No. of leaves	Petiole length (mm)	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	Crown diameter (mm)	No. of leaves	Petiole length (mm)	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	Crown diameter (mm)
Seolhyang	1	3.4 a <sup>z</sup>	7.1 b	8.7 a	7.6 a	13.6 b	5.7 b	9.1 c	8.6 b	7.7 a	14.3 c
	2	3.4 a	9.4 a	9.2 a	8.1 a	16.8 a	7.4 a	12.2 b	9.7 a	7.7 a	16.3 a
	3	3.2 a	10.5 a	9.2 a	8.2 a	12.9 b	7.5 a	14.1 a	10.4 a	8.3 a	15.4 b
Berrystar	1	3.3 a	16.6 b	9.2 a	7.5 a	14.1 a	5.8 b	11.5 b	7.2 b	5.8 b	15.0 b
	2	3.0 a	19.2 a	9.1 a	7.2 a	12.8 a	8.2 a	14.5 a	8.0 a	6.4 a	15.7 b
	3	3.1 a	16.6 b	8.7 a	7.3 a	13.4 a	7.5 a	15.4 a	8.5 a	7.0 a	17.5 a
Jukhyang	1	3.2 a	12.4 ab	9.1 a	8.1 a	12.3 ab	7 a	10.9 c	7.9 b	7.3 b	16.1 b
	2	3.1 a	11.6 b	8.8 a	7.8 a	13.4 a	6.4 a	12.3 b	8.3 b	7.4 b	16.9 b
	3	3.0 a	13.9 a	9.1 a	8.0 a	11.5 b	6.9 a	13.7 a	8.9 a	8.8 a	18.1 a

<sup>y</sup>EC level 1 (EC 0.68-0.8-0.85-0.7 dS·m<sup>-1</sup>), EC level 2 (EC 0.68-1.0-1.2-1.0 dS·m<sup>-1</sup>), EC level 3 (EC 0.68-1.2-1.55-1.3 dS·m<sup>-1</sup>).

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.



**Fig. 4.** Quantum yield of strawberry cultivars ‘Berrystar’ and ‘Jukhyang’ as affected by EC level in April 2017 [EC level 1 (EC 0.68-0.8-0.85-0.7 dS·m<sup>-1</sup>), EC level 2 (EC 0.68-1.0-1.2-1.0 dS·m<sup>-1</sup>), EC level 3 (EC 0.68-1.2-1.55-1.3 dS·m<sup>-1</sup>)].

양자수율은 식물체 잎의 엽록소 형광반응을 이용하여 F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub> 계산식으로 환산한 값이다. 처리별 딸기 품종의 양자수율(Q<sub>y</sub>)을 분석한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. ‘베리스타’와 ‘죽향’ 모두 급액 농도에 따른 차이가 통계적으로 유의하지 않았다. 엽색이 진하고 엽록소 함량이 높더라도 광화학 반응에 대한 광합성 효율은 높아지지 않았다. 조사를 수확 후기에 진행하여 처리 간 차이가 유의하지 않았으나 생육 시기별로 조사를 진행하여 양자수율의 변화를 나타내는 연구가 추가적으로 필요하다.

양액 농도에 따른 품종별 과실 품질에 대한 조사결과를 Table 4에 나타내었다. ‘베리스타’는 과중, 과장, 과폭, 경도가 3번 처리구에서 유의하게 가장 높은 값을 나타

내었다. ‘죽향’은 과중, 과장, 과폭이 3번 처리구에서 유의하게 높은 값을 나타내었으며 과실의 경도는 처리 간 차이가 없었다. 당산비는 당도를 산도로 나눈 수치로서 식미의 중요한 지표로 이용된다. ‘베리스타’는 2번 처리구가 3번 처리구보다 높은 당산비를 나타내었으며 ‘죽향’의 당산비는 처리 간 차이가 나지 않았다.

식품에 존재하는 당류는 환원당과 비환원당으로 이루어지며 과실의 향기와 감미에 주요한 영향을 끼친다 (Kim et al., 2013). 총 당 함량과 당 조성 형태는 당산비와 함께 과실의 식미와 기호성에 크게 영향을 미치는데, 딸기는 주로 환원당인 glucose, fructose와 비환원당인 sucrose로 이루어져 있다. 과실 품질의 주요 지표인 당 함량을 HPLC를 이용하여 분석한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. Jeong(2009)은 환원당과 비환원당의 비율이 품종에 따라 차이가 뚜렷하며 당 조성 비율 또한 품종에 따라 차이가 있다고 하였다. ‘베리스타’는 처리 간 당 함량의 차이가 유의하지 않았으나 급액 농도가 높은 3번 처리구가 전체 당 중 sucrose의 비율이 감소하여 전체 당 함량이 세 처리 중 가장 낮았다. 3번 처리구에서 sucrose가 전체 당 중 차지하는 비율은 19.6%로 가장 낮았고 2번 처리구는 26.7%로 가장 높은 비율을 나타냈다. ‘죽향’은 sucrose 함량이 처리별로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 총 당 함량을 보면 ‘죽향’은 ‘설향’의 기준 급액 농도 2번 처리구에서 가장 높은 당 함량을 나타냈다. 그러나 sucrose가 차지하는 비율은 3번 처리구가 60.4%로 가장 높았고 2번 처리구는 56.0%로 가장 낮았다.

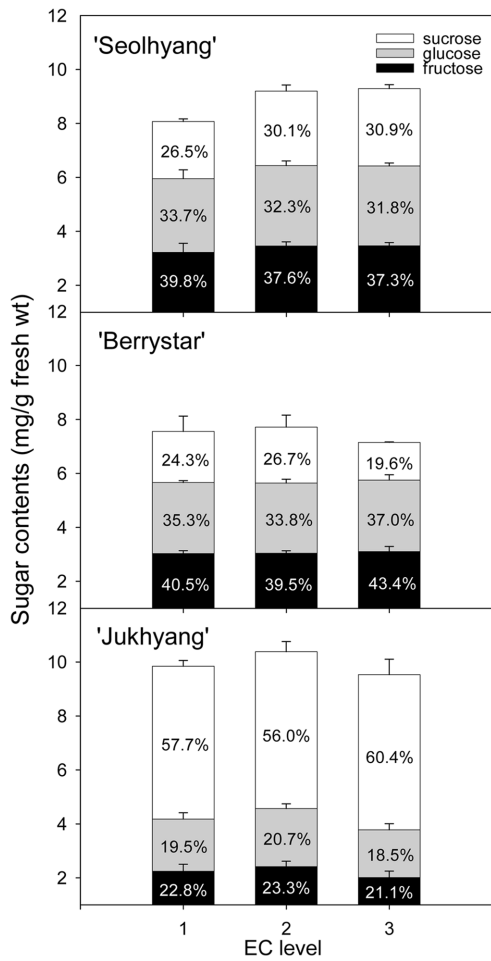
90% 이상 성숙한 과실을 수확한 후 상품과(10g 이상)와 비상품과(10g 미만 및 기형과)로 나누어 수량조사를 실시하였다(Table 5). ‘베리스타’와 ‘죽향’ 모두 급액 농

**Table 4.** Fruit characteristics of strawberry cultivars ‘Seolhyang’, ‘Berrystar’ and ‘Jukhyang’ as affected by EC level in March 2017.

Cultivar	EC level <sup>y</sup>	Fruit weight	Fruit height	Fruit width	Fruit hardness	soluble solid-acid ratio
		(g)	(mm)	(mm)	(N·mm <sup>-2</sup> )	
Seolhyang	1	23.1 b <sup>z</sup>	42.0 a	39.0 a	0.31 b	15.4 a
	2	26.2 a	47.2 a	39.4 a	0.33 b	15.0 a
	3	27.0 a	46.4 a	41.0 a	0.41 a	15.9 a
Berrystar	1	30.0 b	48.3 b	39.9 b	0.34 c	20.0 a
	2	27.8 b	47.9 b	39.7 b	0.60 b	18.4 ab
	3	39.9 a	52.4 a	46.1 a	0.69 a	16.5 b
Jukhyang	1	23.6 b	47.1 a	35.2 b	0.39 a	15.9 a
	2	19.6 c	43.8 b	34.0 b	0.46 a	15.0 a
	3	29.3 a	49.4 a	38.7 a	0.46 a	15.6 a

<sup>y</sup>EC level 1 (EC 0.68-0.8-0.85-0.7 dS·m<sup>-1</sup>), EC level 2 (EC 0.68-1.0-1.2-1.0 dS·m<sup>-1</sup>), EC level 3 (EC 0.68-1.2-1.55-1.3 dS·m<sup>-1</sup>).

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at 5% level.



**Fig. 5.** Sugar contents and composition of strawberry cultivars 'Seolhyang', 'Berrystar' and 'Jukhyang' as affected by EC level in March 2017 [EC level 1 (EC 0.68-0.8-0.85-0.7 dS·m<sup>-1</sup>), EC level 2 (EC 0.68-1.0-1.2-1.0 dS·m<sup>-1</sup>), EC level 3 (EC 0.68-1.2-1.55-1.3 dS·m<sup>-1</sup>)].

도가 높은 3번 처리구에서 가장 많은 상품과 개수를 나타내었으며 급액 농도가 낮아질수록 상품과 개수가 감소하는 경향을 보였다. '베리스타'는 품종 특성 상 과실의 중량이 17g 이상인 대과를 많이 생산하여 총 수량은 과실 개수와 달리 처리 별로 큰 차이가 나타나지 않았다. '죽향'의 상품과 개수와 수량의 차이는 급액 농도별로 뚜렷했으며 급액 농도가 높아질수록 수량이 증가하는 경향을 나타내어 3번 처리구의 수확량이 가장 많았다. '죽향'은 반축성 품종으로 12월에는 '설향'과 '베리스타'에 비해 수량이 적었지만 1월 수확량은 두 품종보다 높았으며 3번 처리구에서 생육 후기의 수량이 초기 수량보다 증가하였다. '죽향'은 5월에서 6월 초까지 재배할 수 있는 품종이므로 급액농도에 따른 4월 이후 수확량의 변화에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

### 적 요

최근 국내에서 육성된 딸기 신품종 '베리스타'와 '죽향'의 수경재배 시 생육 단계별 적절한 양액 농도가 품질과 생산성에 미치는 영향을 구명하기 위하여 연구를 수행하였다. 길이 40m, 폭 10m의 플라스틱 온실 내에 높이 1m, 폭 33cm의 수경재배용 베드를 설치하고 원예용 상토를 충진한 후 '설향', '베리스타', '죽향' 묘를 정식하였다. 배양액은 네덜란드 PBG 배양액을 사용하였으며, 생육 단계를 생육초기-개화기-수확초기-수확후기로 나누어 처리 2는 '설향' 기준 급액 농도 EC 0.68-1.0-1.2-1.0dS·m<sup>-1</sup>, 처리 1은 30% 낮은 농도인 EC 0.68-0.8-0.85-0.7dS·m<sup>-1</sup>, 처리 3은 30% 높은 농도인 EC 0.68-1.2-1.55-1.3dS·m<sup>-1</sup>으로 급액 하였다. 재배기간 동안 딸기 품종별 생육과 수량 등을 조사하였다. '베리스타'는 2번

**Table 5.** Number of marketable and unmarketable fruits and yield of strawberry cultivars 'Seolhyang', 'Berrystar' and 'Jukhyang' as affected by EC level.

Cultivar	EC level <sup>y</sup>	Marketable fruit yield (Above 10g)		Unmarketable fruit yield (Below 10g, Malformed)	
		Yield (g/plant)	No. of fruit	Yield (g/plant)	No. of fruit
Seolhyang	1	241.2	13.2	16	117
	2	316.4	15.55	15	118
	3	313	15.45	11	92
Berrystar	1	303.4	12.95	7	54
	2	308.8	13.75	17	131
	3	309.7	14.3	15	116
Jukhyang	1	156.8	9.5	12	102
	2	186.8	10.2	6	48
	3	226.45	12.35	5	38

<sup>y</sup>EC level 1 (EC 0.68-0.8-0.85-0.7 dS·m<sup>-1</sup>), EC level 2 (EC 0.68-1.0-1.2-1.0 dS·m<sup>-1</sup>), EC level 3 (EC 0.68-1.2-1.55-1.3 dS·m<sup>-1</sup>).

처리구와 3번 처리구 간의 지상부 생육에 차이가 없었으며, ‘베리스타’와 ‘죽향’ 모두 양액 농도가 높을수록 엽색이 짙었으나 양자 효율은 차이가 나지 않았다. ‘죽향’은 급액농도에 따라 3월 이후 생육 후기에 생육 차이가 뚜렷하였고, 3번 처리구에서 가장 생육이 왕성하였다. ‘베리스타’와 ‘죽향’ 모두 과중, 과장, 과폭 및 과실 경도가 3번 처리구에서 유의하게 높은 값을 나타냈다. 수확과의 총 당 함량은 처리 간에 차이가 없었으나 환원당과 비환원당의 조성 비율은 처리별로 다르게 나타났다. 수량을 조사한 결과, ‘베리스타’는 급액 농도가 높아질수록 수확과의 수가 많았으나 수량은 처리별로 큰 차이가 나타나지 않았다. 반면, ‘죽향’은 급액농도 간에 뚜렷한 차이를 보였으며, 3번 처리구에서 가장 수확량이 많았다. 생육 특성과 과실 품질을 종합적으로 고려해 본 결과, ‘베리스타’는 ‘설향’ 표준 급액농도와 동일하게 EC 0.68-1.0-1.2-1.0dS·m<sup>-1</sup>로 관리하는 것이 경제적이며, ‘죽향’은 ‘설향’ 기준 급액농도보다 30% 높은 EC 0.68-1.2-1.55-1.3dS·m<sup>-1</sup>로 공급해 주는 것이 고품질의 과실을 많이 수확할 수 있는 방법으로 판단된다.

**추가 주제어** : 비환원당, 양지수율, 엽록소, HPLC

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ012418)의 지원에 의해 수행되었음.

## Literature Cited

- Adams P. 2002. Nutritional Control in Hydroponics. In D. Savva and H.C. Passam, eds. Hydroponic production of vegetables and ornamentals p. 211-261.
- Cheong, J.D., Y.S. Shin, H.W. Do, J.E. Lee, I.K. Yeon, D.W. Suh, S.D. Park, J.H. Chae. 2015. ‘Berrystar’, A new high firmness fruit strawberry cultivar. Korean J. Hortic. Sci. Technol. 33:92-92.
- Chi, S.H., K.B. Ahn, S.W. Park, and J.I. Chang. 1998. Effect of ionic strength of nutrient solution on the growth and fruit yield in hydroponically grown strawberry plants. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39:166-169.
- Evans, J. R. 1989. Partitioning of nitrogen between and within leaves grown under different irradiances. Australian Journal of Plant Physiology 16:533-548.
- Genty, B., J.M. Briantais, and N.R. Baker. 1989. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. Biochim. Biophys. Acta General Subject. 990:87-92.
- Hartmut K., Lichtenthaler. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods Enzymology 148:350-382.
- Ikeda H, Wen YX, Ao Y, Oda M. 2001. Effects of soilless medium on the growth and fruit yield of tomatoes supplied with urea and/or nitrate. Acta Hort. 548:15-164.
- Jeong, H.J. 2009. Changes in content of major component by cultivar, harvest time and fruit maturity on strawberries. PhD Diss. Kyungpook National Univ., Daegu, Korea p. 31-42.
- Jun, H.J., M.S. Byun, S.S. Liu, and M.S. Jang. 2011. Effect of nutrient solution strength on pH of drainage solution and root activity of strawberry ‘Sulhyang’ in hydroponics. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 29:23-28.
- Kim, J.W., K.S. Youn. 2013. Effects of ripeness degree on the physicochemical properties and antioxidative activity of banana. Korean J. Food Preserve. 20:475-481.
- Lee, S.J., C.Y. Oh, S.H. Han, K.W. Kim, P.G. Kim. 2014. Photosynthetic responses of *Populus alba* × *glandulosa* to elevated CO<sub>2</sub> concentration and air temperature. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology. 16:22-28.
- MAFRA (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs), 2016. Present status of greenhouse and vegetable production. Sejong, Rep. of Korea p. 79-85 (in Korean).
- RDA (Rural Development Administration), Nonsan Strawberry Experiment Station. Chungcheongnam-do Agricultural Research & Extension Services. 2013. Manual for strawberry cultivation. Suwon, Rep. of Korea p. 35-170 (in Korean).
- RDA (Rural Development Administration). 2016. Agro and livestock products income data. Jeonju, Rep. of Korea p. 12 (in Korean).
- Seo, J.B., G.H. Shin, Y.S. Lee, M.H. Jang, B.K. Yoon, C.G. Lee. 2016. Effects of planting times on the yield characteristics in domestic strawberry cultivar ‘Jukhyang’. Korean J. Hortic. Sci. Technol. 34:65-65.
- Sonneveld C. 2002. Composition of nutrient solution. In D. Savvas and H. Passam, eds. Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals p. 179-210.
- Terashima, I., and K. Hikosaka, 1995. Comparative ecophysiology of leaf and canopy photosynthesis. Plant and Cell Physiology 18:1111-1128.
- Yeo, K.H., Y.B. Lee. 1997. Development of optimum nutrient solution for Dill (*Anethum graveolens* L.) in hydroponics. Journal of biological production facilities & environmental control 6:299-309.
- Yu, D.J. 2005. Photosynthetic characteristics and antioxidative enzyme activities in the leaves of *Vitis vinifera* × *V. labrusca* ‘Campbell Early’ and ‘Kyoho’ grapevine cultivars as exposed to low temperature. PhD Diss., Seoul Nat. Univ., Seoul, Korea p. 31-35.