

다양한 배양액 조성이 코이어 수경재배 딸기 '매향'의 생육과 수량에 미치는 영향

이정훈¹ · 이용범¹ · 최기영^{2*}

¹서울시립대학교 환경원예학과, ²강원대학교 시설농업학과

Effect of Various Composition of Nutrient Solution on Growth and Yield of Strawberry 'Maehyang' in Coir Substrate Hydroponics

Jeong Hun Lee¹, Yong-Beom Lee¹, and Ki Young Choi^{2*}

¹Department of Environmental Horticulture, University of Seoul, 90 Jeonnong-dong, Dongdaemun-gu, Seoul 02504, Korea

²Department of Controlled Agriculture, Kangwon National University, 1 Kangwonda-gil, Chuncheon, Korea

Abstract. This study aimed to investigate the nutrient solution developed by based on nutrient-water absorption rate of strawberry 'Maehyang' by comparing growth and yield for 8 months with 5 kinds of nutrient solution with different ion composition. Strawberry plants were planted at elevated bed and supplied with five kinds of nutrient solutions (RDA), Yamazaki, PBG, University of Seoul (UOS) and NewUOS from one month onwards. Five types of nutrient solution were supplied to the strawberry plants associated with EC 1.0dS·m⁻¹, pH 6.0, 150~300mL ·plant⁻¹ per day. At 60 days after planting, leaf width and leaf petiole of the strawberry plants showed significant differences among nutrient solution types and photosynthesis was higher in RDA and NewUOS nutrient solution and lower in PBG nutrient solution. The EC of the drainage on vegetative growth stage was 0.7~0.8dS·m⁻¹, which is lower than the supplied EC level, and to 1.0-1.2dS·m⁻¹, afterwards. The pH of the drainage was higher in Yamzaki solution as 6.2~6.8, while the pH of the UOS nutrient solution was lower in 5.1~5.2. Nitrate content was most absorbed in vegetative growth stage and after flower clusters development. The potassium uptake was highest at the NewUOS followed by UOS and Yamazaki nutrient solution. At six months after -planting fresh weight and dry weight of shoot and root were higher in UOS and NewUOS nutrient solution than other nutrient solutions, and the dry matter ratio was lower at 43.5% in Yamazaki nutrient solution and 30.6% in NewUOS nutrient solution than other solutions. Length, width, weight, and sugar content of the strawberries harvested from December to February were unaffected by treatment, but yield was higher in NewUOS nutrient solution due to increasing fruit number and average weight. From March to May, number of fruit was higher in Yamazaki nutrient solution. In conclusion, there was no difference in the growth of 'Maehyang' when 5 nutrient solutions were grown under hydroponics. But in order to improve the marketability, the NewUOS nutrient solution is appropriate to use from planting to February and it is suitable to use Yamazaki nutrient solution after March when temperature is high and the amount of fruit set per inflorescence.

Additional key words : NewUOS nutrient solution, Yamazaki nutrient solution, pH of drainage, photosynthesis, number of fruit

서 언

2015년 국내 딸기 재배 면적은 6,403ha이며, 생산량은 192,776톤, 생산액은 12,843억으로 대표적인 과채류 작물 중에 하나이다(MAFRA, 2016). 딸기의 시설재배는 98%인데 지역별 분포를 보면 경남 36.2%, 충남 32%, 전남·북 19.4%, 경북 7.8% 등 이들 지역이 95.4%를 차지하고 있다(MAFRA, 2016). 한편 신선 과채류 중에서 딸기 수출은 3,538톤, 수출액은 32,449천\$로 파프리카 다음으로 수출 실적이 높은 품목이지만(aT, 2017), 생산량에 비해 수출 비중은 1.8%로 매우 낮다. 딸기 주요 수출 품종인 '매향'의 주요특성은 화방 당 화서가 10~15개 정도이며, 당도가 높고 산도가 낮으며, 경도가 우수하여 저장성이 좋은 특징을 갖고 있다(Kim 등, 2004).

딸기 재배 방식은 기존 토경온실에 비해 고설수경재배에서 노동시간 30% 절감, 생산성 43% 향상 등으로 딸기의 수경재배 면적은 2012년 243ha에서 연평균 1.5배

*Corresponding author: choiky@kangwon.ac.kr
Received June 14, 2017; Revised July 26, 2017;
Accepted July 27, 2017

증가하면서 2016년 1,149ha로 4.7배 늘어났으며, 농림축산식품부는 앞으로 2022년까지 1,930ha까지 확대하겠다고 딸기산업육성계획을 발표한 바 있다(Jun, 2017). 딸기 재배 시 수경재배는 조절된 환경에서 연중 계획적인 관리시스템을 통해 고품질의 생산물을 생산할 수 있는 재배 방법으로 작물에 적합한 배양액 조성을 통한 배양액 관리는 생산과 품질을 결정짓는 주 요소라 할 수 있다.

작물의 양수분 흡수는 작물적 요인, 환경적 요인, 재배 기술 요인에 의해 달라진다. 특히 수경재배는 뿌리를 통한 양수분 흡수가 잘 이루어지도록 근권 환경을 조절하여 재배하는 특성을 갖고 있으며, 재배시기, 생육단계 뿐 아니라 작물의 품종, 배지 및 원수의 특성 등이 작물 생육에 영향을 줄 수 있다. 국내에서는 주요 원예작물을 중심으로 재배 시스템, 배지 특성을 고려하여 과채류 배지경 배양액(Kim, 1998), 토마토(Choi 등, 1998; Yu와 Bae, 2005), 파프리카(Choi 등, 2001), 허브(Yeo and Lee, 2004), 감자(Chang 등, 2000) 등의 배양액이 이미 개발되었다.

그러나 딸기 재배는 ‘설향’을 중심으로 국내 육성 품종이 70% 이상을 차지하고 있으며, ‘매향’도 수출 재배 농가의 90% 이상의 높은 비중으로 재배되고 있으나, 수경재배 배양액은 주로 네덜란드와 일본에서 개발된 배양액을 사용하고 있다. Yamzaki 배양액의 농도에 의한 ‘매향’의 생육과 수량(Jun 등, 2013), ‘설향’의 뿌리활성에 관하여 Jun 등(2011)은 보고하였고, Jang 등(2014)은 비료의 종류와 농도가 ‘매향’ 양분 흡수에 미치는 영향을 보고한 바 있으나, 품종 특성을 고려한 배양액 조성은 보고되지 않았다. 또한 수경재배에서 사용되는 배지도 ‘암면’, ‘펄라이트’ 중심의 무기배지에서 코이어 유기배지를 사용하는 면적이 증가하고 있다. 따라서 본 실험은 코이어 유기배지를 사용하는 수출 딸기 ‘매향’의 양수분 흡

수율을 고려하여 개발한 배양액의 검증을 위해 수행하였다. 이를 위해 이온 조성이 상이한 배양액의 3종과 개발 배양액 2종 등 총 5종 배양액을 공시하여 재배한 딸기 ‘매향’의 생육과 수량에 미치는 영향을 조사하여 적합한 배양액을 선발하고자 본 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

2015년 9월 22일 딸기 ‘매향’을 코이어 고설베드에 정식하여 1개월 후 5종류의 배양액으로 2016년 5월 31일까지 8개월 동안 수경재배 하였다. 재배 장소는 서울시립대학교 양지봉 유리 온실(120m²)이며, 재배 베드는 W690×L4150×H800mm로 재식간격을 20cm로 하여 베드 당 9주 씩 식재한 후 흑백 플라스틱 필름으로 베드를 피복하였다. 배양액 종류는 이온 조성이 상이한 5종류로 각 조성은 표 1과 같으며, 재배기간 동안 EC 1.0dS·m⁻¹, pH 6.0 수준으로 조절하여 공급하였다. 처리구는 완전임의 배치법으로 설계하였다. 배지는 코코넛 코이어(Dust:Chip=7:3)를 사용하였고, 급액시간은 09~17시, 일일 4~6회 타이머를 이용하여 1일 급액량은 150~300mL/plant로 동일하게 점적 관수하였다. UOS와 NewUOS배양액은 정식 후 1회방 개화 전까지는 초기 배양액을 공급하였으며, 그 이후에는 중·후기 배양액으로 공급하였다.

온실 내 온도, 상대습도(RH) 및 광합성유효광량은 환경계측기 데이터로거(Watch Dog 2450, Spectrum Technologies Inc., Illinois, USA)와 광합성 유효광센서(Quantum light 6 sensor bar, Spectrum Technologies Inc., Illinois, USA)를 사용하여 30분 간격으로 측정하여 딸기 재배 환경을 조성하였다. 온실 내 온도유지는 고정압 덕트형 에어컨(Samsung DVM-S, Samsung, Korea)의

Table 1. Compositions of Nutrient solution used in the experiment.

Nutrient Solution ²	NO ₃ -N	NH ₄ -N	P	K	Ca	Mg	SO ₄ -S	Fe	Cu	B	Mn	Zn	Mo
	----- (ppm) -----												
RDA	84	6.0	20.1	136.9	60.2	12.2	16.1	1.50	0.045	0.35	0.58	0.35	0.05
Yamazaki	70	7	15.1	117.3	40.1	12.2	16.1	3.00	0.02	0.50	0.50	0.05	0.01
PBG	161	14	30.1	215.1	130.3	30.4	48.2	1.12	0.05	0.27	0.55	0.46	0.05
Early	98	10.5	22.6	97.8	90.2	30.4	40.1						
UOS Middle - late	91	7	21.1	156.4	60.2	18.2	24.1	1.5	0.04	0.35	0.55	0.35	0.05
Early	133	11.2	24.1	176.0	100.3	30.4	40.1						
New UOS Middle - late	105	7	15.1	176.0	60.2	18.2	24.1	1.5	0.04	0.35	0.55	0.35	0.05

²RDA: Rural Development Administration in Korea, PBG:Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente in the Netherlands, UOS and NewUOS: University of Seoul in Korea.

온실바닥에 설치된 폴리에틸렌 필름덕트(지름 20cm)로부터 따뜻한 공기를 송풍하여 평균온도 21°C(17.8~24.4°C)로 유지하였다. 온실 내 평균야간습도는 40±2%였으며, 주간 평균상대습도는 겨울철 최저평균 27.4%, 봄철평균 18.1%로 덕트 공기순환으로 낮은 습도가 유지되었다. 평균 일사량은 겨울철 최고 430W·m⁻²였고, 봄철에는 500W·m⁻²였다.

정식 60일 후 잎 생육 특성, 엽록소함량, 광합성 특성을 측정하였고, 6개월 후 식물체의 생육을 조사하였다. 생육 조사항목은 엽장, 엽폭, 엽병장, 엽수, 지상부와 지하부의 생체중과 건물중 및 건물율을 농촌진흥청 생육조사 메뉴얼에 준하여 측정하였다(RDA, 2000). 엽록소 함량은 엽록소 측정기(SPAD-502, MINOLTA, Japan)로 완전 전개된 잎을 측정하였다. 광합성특성은 휴대용 광합성측정기(LI-6400XT, Li-COR Inc., USA)를 사용하여 광합성속도, 증산량, 기공전도도를 측정하였다. 측정 조건은 PPFD 1500μmol·m⁻²·s⁻¹, CO₂ 농도 400mol·mol⁻¹, 엽온 25±0.5°C, RH 50±2%, flow rate 500±0.5μmol·s⁻¹이었다.

배양액 종류에 따른 과실 특성 및 수확량은 2015년 12월부터 2016년 5월까지 과장, 과폭, 과실 수, 과중, 당도 등을 측정하였다. 화방당 화수는 5~7를 유지하면서 수정별로 착과를 유도하여 70% 이상 착과되었을 때 수확하였고, 기형과가 아닌 10g 이상의 과실을 상품수량으로 조사하였다. 재배 중 당도는 과실의 꽃받침을 제거한 후 과실의 중간부분 3g을 파쇄하여 당도계(PAL-1, Atago, Japan)로 측정하였다.

배액의 전기전도도, pH, 이온 함량 분석을 위해 2015년 11월부터 2017년 1월까지 총 3회 100ml씩 채취하여 42번 여과지로 걸러서 시료로 사용하였다. 전기전도도, pH는 휴대용 EC·pH 측정기(HI9813-6N, HANNA, USA)를 이용하여 측정하였다. 무기이온 양이온 분석은 원자흡광광도계(Analyst 400, Perkin-Elmer Co., USA)를 이용하였으며 음이온은 이온크로마토그래피(ICS-1600, Thermo Fisher, USA)를 이용하여 측정하였다. 통계분석은 통계 SAS Package(Statistical Analysis System, Version 9.9, SAS Institute Inc.) 프로그램을 이용하여 Duncan's Multiple Range test(DMRT)하였다.

결과 및 고찰

5종류의 배양액으로 재배한 '매향' 배액의 pH와 EC 변화를 측정한 결과 정식 후 영양생장기 동안 '매향'은 공급 EC 1.0dS·m⁻¹ 보다 모든 배양액에서 낮은 EC 0.69~0.81dS·m⁻¹ 범위를 나타냈다(Fig. 1). 5종류의 배액 pH는 5.2~6.2 범위로 편차를 나타내었다. 딸기를 비롯한

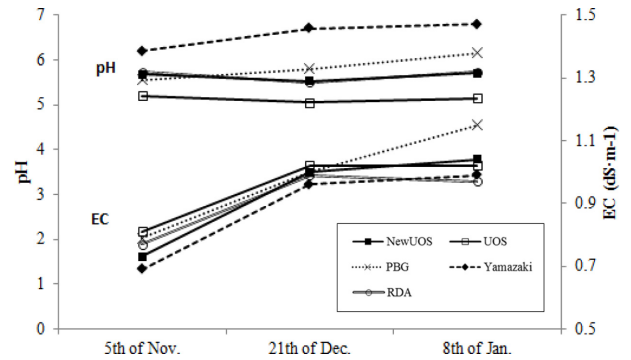


Fig. 1. Changes in EC and pH of drained solution analyzed at the 5th of November, 21th of December and 8th of January when plants were grown under five different nutrient solutions.

원예작물의 양분흡수에 적합한 근권 pH는 5.5~6.5 범위이지만 배지의 종류, 배양액 조성, 식물 생육단계나 뿌리 활성정도에 따라 달라질 수 있다(Nelson, 2003; Jun 등, 2009). Yamazaki 배양액에서 재배된 처리구의 배액은 EC 0.69dS·m⁻¹, pH 6.2로 다른 배양액보다 높은 pH를 나타냈으며, UOS 배양액은 pH 5.2로 낮았다. 일반적으로 배액의 pH가 낮은 것은 양이온의 흡수가 많아졌을 때, 반대로 음이온의 흡수가 많아지면 pH가 높아지는 경향이 있으며, 정식 초기 뿌리가 건전하여 활발히 양분을 흡수하는 경우는 양이온에 비해 음이온을 왕성하게 흡수하는 특성이 있어 배액의 pH가 상승하는 경향이 있다(Jun 등, 2011). 또한 코이어 유기 배지는 무기 배지에 비해 CEC가 높아서 이온의 흡수가 왕성하게 이루어지는 화학적 특성 외에도 딸기의 영양생장기 이온의 흡수가 이루어지면서 배액의 EC는 모든 처리구에서 공급 수준보다 낮게 나타난 것으로 보인다. 이후 개화와 정화방의 수확 시기의 배액은 0.96~1.15dS·m⁻¹ 이었으나, 배액 pH는 상이하였다. 특히 UOS 배양액과 Yamazaki 배양액은 적정 범위인 pH 5.5~6.5를 상회하였고, PBG 배양액의 EC가 높아지는 경향을 나타냈다.

또한 과채류 수경재배에서는 생육단계에 따라 다량원소의 흡수량이 달라지게 되는데(Ward, 1968; Kim 등, 2001) 배액의 무기이온을 분석한 결과 영양생장기에 속하는 시기에는 질산태 질소의 흡수가 가장 활발히 흡수되었으며 인과 칼륨의 흡수 또한 11월~1월까지 흡수가 활발히 이루어졌다(Table 2). 특히 화방전개 이후 칼륨 흡수가 NewUOS, UOS 및 Yamazaki 배양액 처리에서 높았다. 이는 딸기 정식 후 새 잎과 새 뿌리의 발달에 질소와 인의 요구와 함께 생식생장기 인과 칼륨 요구는 배양액 이온 조성에 따른 양분 흡수시 과채류 수량의 영향 인자가 될 수 있으리라 본다(Jun 등, 2011; Roh 등 2009). 반면 측정 시기 칼슘 흡수는 낮았으며, 모든 배양액 처리에서 티번도 발생하였다(자료 미제시). 양액

Table 2. Inorganic mineral contents of drained solution analyzed at the 5th of November, 21th of December and 8th of January when plants were grown under five different nutrient solutions.

Nutrient solution	NO ₃ -N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg	Na
	----- (ppm) -----					
5 th of November, 2016						
RDA	73.24 ^z	11.51	59.66	110.40	16.90	14.16
NewUOS	58.77	7.28	49.44	93.22	21.22	17.09
UOS	73.89	11.28	50.04	234.50	35.35	38.59
PBG	52.03	11.16	58.97	101.30	25.56	27.79
Yamazaki	49.18	9.05	69.98	144.36	29.66	33.98
21 th of December, 2016						
RDA	93.24	13.39	54.43	90.86	15.55	14.88
NewUOS	100.31	11.39	37.01	110.93	25.92	19.68
UOS	94.30	12.92	38.16	128.30	27.43	19.22
PBG	105.19	5.17	38.45	116.14	31.54	22.03
Yamazaki	98.12	5.52	35.57	95.90	26.78	24.62
8 th of January, 2017						
RDA	96.74	13.27	76.46	96.43	17.23	18.48
NewUOS	95.60	9.63	67.15	111.70	26.11	19.97
UOS	93.89	13.16	46.87	130.82	27.29	15.34
PBG	87.96	5.17	47.81	112.39	33.05	24.62
Yamazaki	78.07	-	49.68	107.28	30.53	25.92

^zMeans for 10 replications.

의 칼슘함량이 부족하기보다는 12월 평균온도가 17.8°C로 다른 시기에 비해 낮았으며, 특히 중하순에는 야간 온도가 12°C 이하로 낮아진 온도 환경의 영향, 주야간 낮은 저습 조건 (18~40%), 제한된 근권 등이 칼슘 흡수 저하에 영향을 줄 수 있으리라 추정된다(Lee 등, 2014a).

그러나 틱번 발생은 수분 흡수에 따른 증산과 밀접한 관계를 갖고 있어 환경 요인, 이온 흡수 정도, pH 등 다양한 요인이 관여하므로 틱번 발생을 단순 칼슘 흡수 인자로 단정하기는 어렵다. 또한 지상부 성장량과 흡비량이 다른 과채류 보다 적은 딸기는 이온의 적정 영역 수준을 벗어나면 양분 불균형에 의한 피해가 나타날 수 있으리라 보며(Choi 등, 2010), 특히 근권의 적정 pH 5.5~6.5를 벗어날 경우 이온의 흡수가 달라지므로 배양액 관리가 중요하다. 본 실험에서 측정시기 중 배양액 종류에 의한 배액 pH가 달라 이는 무기 이온 흡수에 영향을 주었다. 한편 코이어 유기배지는 무기배지보다 높은 영양소를 갖고 있어 생육 중 서서히 녹아나고, 유기물에 함유된 휴믹산 등이 생육을 촉진하는 역할을 하는 것과 같이 이온 조성에 따른 양분 흡수가 딸기 생육 특히 근권 뿌리 발달에 영향을 줄 수 있으리라 본다. 마그네슘은 엽록소의 구성성분으로 생육초기 요구량이 높다

가 후기에는 떨어지는 경향을 나타낸다고 하였으며(Yun 등, 1998), 본 실험에서도 같은 경향을 보였다. 또한 Ruth와 Kafkafi(1985)는 딸기에서 질산태질소의 비율이 높을수록 칼륨, 칼슘 및 마그네슘의 흡수량이 많아진다고 하였다. 이러한 결과들은 본 실험과 부분적으로 상통하는 부분이 있으나 전체적인 경향과는 일치하지 않아 더욱 조사가 필요할 것으로 생각된다.

딸기의 코이어 수경재배에서 배양액 종류에 따른 정식 60일 후 딸기 잎 생육을 측정된 결과 엽장, 엽수 및 엽록소 함량값은 차이가 없으나, 엽폭은 UOS 배양액에서, 엽병장은 PBG 배양액에서 길었다(Table 3). 처리에 따른 엽장은 11.9~12.7cm, 엽폭 9.0~10.1cm, 엽병장 14.4~16.3cm, 엽수 7.4~8.8개, SPAD 값은 41.7~42.6으로 엽수와 엽병장을 제외한 처리간 통계적 유의차가 없었다. 배양액 종류에 따라 엽폭과 엽병장은 차이가 있으나, 이것이 지상부 생육에 큰 영향을 주지는 못했다. Jun 등(2013)은 EC 농도 0.8~1.8dS·m⁻¹수준에서 '매향'의 생육 시기에 따라 엽 생육이 차이를 보였으나, 그 차이가 미미하였다. Tsukagoshi 등(1994)도 배양액 농도에 따른 딸기 지상부의 생육 차이가 없었고, 이온 조성이 다른 배양액으로 생육 단계별 EC를 달리하여 동일한 수준으로 공급한 수

Table 3. Growth characteristics and chlorophyll content (SPAD value) of strawberry leaves grown for 60 days after transplant under five different nutrient solutions.

Nutrient solution	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf petiole (cm)	Leaf number (ea/plant)	SPAD (value)
RDA	11.9 ^a	9.0 ^b	14.4 ^b	7.4 ^a	42.6 ^a
NewUOS	12.2 ^a	9.3 ^b	15.1 ^{ab}	8.8 ^a	42.0 ^a
UOS	12.4 ^a	10.1 ^a	15.1 ^{ab}	7.8 ^a	42.1 ^a
PBG	12.7 ^a	9.6 ^{ab}	16.3 ^a	8.3 ^a	41.7 ^a
Yamazaki	12.2 ^a	9.1 ^b	14.8 ^{ab}	7.8 ^a	42.6 ^a

^aMeans for 12 replications.

^bMeans with different letters in each columns are significantly different by Duncan's multiple range test at P<0.05.

Table 4. Photosynthesis rate^z (Pr), stomatal conductance (Sc), and transpiration rate (Tr) of strawberry plants grown for 60 days after planting under five different nutrient solutions.

Nutrient solution	Pr (μmol·CO ₂ ·m ⁻² ·s ⁻¹)	Sc (mol·H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹)	Tr (mol·H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹)
RDA	20.3 ^a	0.175 ^a	2.21 ^a
NewUOS	19.8 ^a	0.169 ^a	2.27 ^a
UOS	18.8 ^b	0.154 ^b	2.16 ^a
PBG	16.9 ^c	0.121 ^c	1.75 ^b
Yamazaki	18.5 ^b	0.150 ^b	2.15 ^a

^zMeasuring conditions : CO₂ 400μmol·mol⁻¹, PAR 1500μmol·m⁻²·s⁻¹. Air temp. 25±0.5°, RH 50±2% and Flow rate 500±0.5μmol·s⁻¹

^bMeans with different letters in each columns are significantly different by Duncan's multiple range test at P<0.05.

Table 5. Fresh and dry weight of strawberry plants grown for 6 month after transplant of under five different nutrient solutions.

Nutrient solution	Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)		Dry matter ratio (%)	
	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root
RDA	98.9 ^b	167.9 ^a	57.0 ^b	58.8 ^b	57.6 ^a	35.0 ^b
NewUOS	133.0 ^a	208.9 ^a	63.9 ^a	64.0 ^a	48.0 ^b	30.6 ^c
UOS	123.0 ^a	188.1 ^a	62.7 ^a	64.0 ^a	51.0 ^{ab}	34.0 ^b
PBG	106.1 ^{ab}	137.6 ^b	60.1 ^{ab}	64.0 ^a	56.6 ^a	46.5 ^a
Yamazaki	139.2 ^a	172.0 ^a	60.5 ^{ab}	61.0 ^{ab}	43.5 ^c	35.5 ^b

^bMeans with different letters in each columns are significantly different by Duncan's multiple range test at P<0.05.

경 재배한 오이 생육에서도 차이가 없음을 보고하였다 (Roh 등 2009). 본 실험도 배양액 종류에 따른 이온 조성은 상이하나, 공급 EC가 1.0dS·m⁻¹의 같은 수준으로 공급함에 따라 배액의 EC 변화가 크지 않아 지상부 생육에는 영향이 미미한 것으로 보인다.

정식 60일 째 배양액 종류에 따른 딸기 '매향'의 광합성, 기공전도도 및 증산율은 RDA와 NewUOS 배양액 처리에서 높았으며, PBG 배양액 처리에서 낮았다(Table 4). Yun과 Yoo(1992)는 생육 단계별 딸기 광합성은 달라 개화기가 가장 높고, 수확기에 가장 낮았으며, 15~20°C 온도, 700~800μmol·m⁻²·s⁻¹에서 광합성이 높다고 하였다. 본 실험에서 광합성 측정 조건은 이보다 높

은 온도와 광량에서 측정되었으며, 배양액 종류에 따른 처리간 광합성은 유의한 차이를 보였으나, 지상부 생육에 대한 영향은 낮아(Table 2), 광합성 특성 결과가 딸기 작물 생육에 영향을 주는 수준은 아니라고 생각된다.

정식 6개월 후 수확 시 딸기의 생체중과 건물중은 지상부와 지하부 모두 UOS와 NewUOS 배양액에서 높았다(Table 5). 그러나 지상부 건물중은 RDA 배양액에서 57.6%로 높았고, Yamazaki 배양액에서 43.5%로 낮았으며, 지하부 건물중은 PBG 배양액에서 46.5%로 높았고, NewUOS배양액에서 30.6%로 낮아 PBG 배양액에서 자란 딸기의 건물중이 높았다.

배양액 종류에 따른 과실 특성과 수량을 조사한 결과,

Table 6. Fruit characteristics and sugar content of strawberry grown under five different nutrient solutions. Plants were harvested from December 2016 to March, 2017.

Harvest (Month)	Nutrient solution	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Fruit weight (g/plant)	Sugar content (°Brix)
December to January	RDA	47.8a ^z	28.8a	18.0a	10.8a
	NewUOS	45.8a	27.6a	17.1a	11.2a
	UOS	44.8a	26.8a	16.0ab	10.7a
	PBG	43.6a	26.1a	14.7b	10.8a
	Yamazaki	44.9a	27.1a	16.7a	10.6a
February	RDA	47.4a	26.8a	19.3a	11.5a
	NewUOS	47.5a	27.2a	20.1a	11.5a
	UOS	48.1a	27.4a	20.8a	11.6a
	PBG	48.4a	27.2a	20.1a	11.7a
	Yamazaki	47.7a	26.8a	19.5a	11.3a
March	RDA	41.3c	26.4c	18.1a	13.1a
	NewUOS	42.8b	26.9b	16.8b	12.7ab
	UOS	41.6c	26.4c	17.1b	13.5a
	PBG	43.8a	24.7d	18.1a	12.0b
	Yamazaki	42.7b	27.4a	16.3b	12.3b

^zMeans with different letters in each columns are significantly different by Duncan's multiple range test at P<0.05.

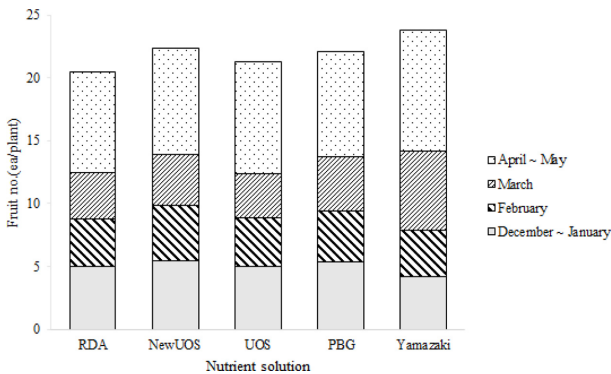


Fig. 2. Fruit number of strawberry grown under five different nutrient solutions. Plants were harvested from December 2016 to March, 2017.

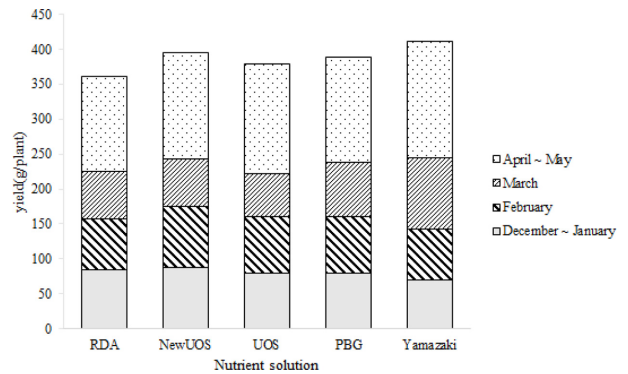


Fig. 3. Fruit yield of strawberry grown under five different nutrient solutions. Plants were harvested from December 2016 to March, 2017.

12월부터 2월까지 수확된 딸기의 과장, 과폭, 과중, 당도는 배양액 차이에 의한 유의성은 없으나, NewUOS 배양액에서는 주당 과수와 평균 과중이 높아 이 시기 다른 배양액에서 재배한 처리보다 높은 수량을 나타내었다 (Table 6, Fig. 2~3). 그러나 Yamazaki 배양액에서는 12월부터 2월까지의 과수와 생산량은 주당 과수가 적어 낮았으나, 3월부터 5월까지 수확한 과수의 증가로 중후기 생산량이 높았다.

관부의 수를 1~3개로 제한하여 수확하는 딸기는 영양 성장과 생식생장의 균형을 유지하는 것이 안정 생산에

필수적인 관리 작업이라 할 수 있다. 딸기의 화방별 과실 수는 상위 화방일수록 많고, 먼저 출현한 화방이 수확을 끝나기도 전에 다음 화방으로 연속적인 개화와 착과가 이루어지므로 한 화방에 착과량이 많아지면 과실의 크기는 작아지고, 식물체의 세력이 약화되어 다음 화방이 출현이 지연되어 수량에 영향을 미친다(Lee 등 2014a; Jeong 등, 2007). 본 실험에서는 화방당 5~7개를 유지하면서 착과시켜 12월부터 2월까지 배양액 종류에 따른 과 특성과 당도에는 차이를 나타내지 않았으나, 주당 과수 증가로 초기 수량은 NewUOS 배양액에서 높은

결과를 나타냈고, 이는 수확기 전체 과수 비중의 44.4%를 차지하였다. 한편 과다 착과로 양분소모가 많아지면, 즉 식물체 수용부위 활성이 높은 과실이 많을수록 잎이나 뿌리로 분배되는 동화산물이 줄어들어 결과적으로는 과실생장에 나쁜 영향을 미칠 수 있다(Lee와 Cha, 2009). Lee 등(2014b)은 주당 착과수가 많을수록 총 과실 수량은 증가하나 상품과수가 감소하고, 당도가 감소한다고 보고하여 착과량 조절이 상품수량에 매우 중요하다고 하였다. 본 실험에서도 초기 착과수가 적었던 Yamazaki 배양액에서 3월 이후 수량 증가로 가져왔으며, Yamazaki 배양액에서 배출된 배액의 pH는 pH 6.2~6.8로 높았다. Jun 등(2013)은 저온기 '매향' 수경재배에서 배양액의 EC 0.8~1.2dS·m⁻¹ 농도로 관리하는 것이 화방당 수량을 높일 수 있으며, EC 1.8dS·m⁻¹액에서는 딸기의 적정 pH 범위에 있으나 비교적 낮은 pH를 유지하여 뿌리 활성과 수량 저하에 영향을 줄 수 있다고 보고했다. 본 실험은 겨울과 봄의 평균온도가 15~30°C에서 재배하였고, 배액 측정 시기 수확된 Yamazaki 처리의 과실 착과는 다른 배양액 처리보다 적어 과실의 비대기 양이온 흡수로 인한 pH 저하에 의한 뿌리 활성 저하가 적었던 것이 후기 수량에 영향을 줄 수 있으리라 본다. 그러나 전 수확기의 평균과중은 17.3~17.8g으로 배양액 종류에 따른 차이가 없었으며, 마지막 수확기 NewUOS와 Yamazaki 배양액에서 재배된 딸기의 지상부와 뿌리의 건물율은 다른 배양액 처리보다 낮았으나(Table 4), 이것이 배양액 종류에 따른 과실 수량에 차이를 주지는 않았다. 그러나 온도가 상승하고 화방당 착과수가 많아지는 3월에 수확된 과실 특성은 배양액 종류에 따라 차이를 보여 PBG 배양액에서 수확된 과실은 과장이 긴 특성을, Yamazaki 배양액에서 수확된 과실은 과폭이 넓고 과수가 증가한 반면 과중은 작았다.

이상의 결과 무기이온 조성이 다른 5종의 배양액으로 수경재배 하였을 때 '매향'의 생육은 차이를 보이지 않았으며, 양수분 흡수 특성을 고려하여 개발한 NewUOS 배양액은 12월부터 2월 까지의 생산성을 높였으며, 고온과 화방당 착과량이 많아지는 3월 이후에는 Yamazaki 배양액에서 생산량이 높게 나타나 생육 시기에 따른 배양액 조성을 달리하여 수경재배하는 것이 생육과 상품성 향상에 도움이 될 것으로 생각된다.

초 록

본 연구는 딸기 '매향'의 양수분 흡수율을 고려하여 개발한 배양액을 검증하고자 이온 조성이 다른 5종 배양액으로 8개월 동안 수경재배하면서 생육과 수량에 미치는 영향을 조사하였다. 2015년 9월 22일 코이어 고설

베드에 딸기 묘를 정식하고 1개월 후 다섯 종류의 배양액 농촌진흥청 딸기 배양액(RDA), 야마자키 딸기 배양액(Yamazaki), PBG 딸기 배양액(PBG), 서울시립대 딸기 배양액(UOS) 및 새로 개발된 서울시립대 딸기 배양액(NewUOS)을 사용하여 EC 1.0dS·m⁻¹, pH 6.0으로 1일 주당 150~300mL 공급하였다. 정식 60일 후 엽폭, 엽병장은 배양액 종류에 차이를 보였으며, 광합성은 RDA와 NewUOS 배양액 처리에서 높았고, PBG 배양액 처리에서 낮았다. 영양생장기 배액의 EC는 공급수준보다 낮은 EC 0.7~0.8dS·m⁻¹, 이후는 EC 1.0~1.2dS·m⁻¹로 안정되었다. 배액 pH는 Yamazaki 배양액 처리에서 6.2~6.8로 높은 반면, UOS 배양액은 5.1~5.2로 낮았다. 영양생장기 배액의 무기이온은 질산태 질소의 흡수가 가장 활발하였으며, 화방전개 이후 칼륨 흡수가 NewUOS, UOS 및 Yamazaki 배양액 처리에서 높았다. 정식 6개월 후 지상부와 지하부 생체중과 건물중은 UOS와 NewUOS 배양액에서 높았으며, 지상부 건물율은 Yamazaki 배양액에서 43.5%로 낮았으며, 지하부 건물율은 NewUOS배양액에서 30.6%로 낮았다. 12월부터 2월까지 수확된 딸기의 과장, 과폭, 과중, 당도는 배양액 차이에 의한 유의성은 없으나, NewUOS 배양액에서는 주당 과수와 평균 과중이 높아 수량이 높았다. 3월부터 5월까지 Yamazaki 배양액에서 수확된 딸기는 주당 과수와 수량이 높았다. 따라서 이온 조성 차이에 따른 배양액 5종으로 수경재배하였을 때 '매향'의 생육은 차이를 보이지 않았으나, 시기별 상품성 향상을 위해 정식 후 ~2월까지 NewUOS 배양액을, 고온과 화방당 착과량이 많아지는 3월 이후에는 Yamazaki 배양액으로 재배하는 것이 적합하리라 본다.

추가 주요어: NewUOS배양액, Yamazaki 배양액, 배액 pH, 광합성, 과수

사 사

본 연구는 농림수산식품기술기획평가원 수출전략기술 개발사업의 지원(PJ314027-03)에 의해 수행되었습니다.

Literature Cited

- Chang, D.C., Kim, S.Y., Shin, K.Y, Y.R. Cho, and Y.B. Lee. 2000. Development of a Nutrient Solution for Potato (*Solanum tuberosum L.*) Seed Tuber Production in a Closed Hydroponic System. J.Kor. Hort. Sci. 18(1):334-341.
- Choi, E.Y., Y.B. Lee, and J.Y. Kim. 1998. Development of optimal nutrient solution for tomato substrate culture in closed system. J. Bio. Fac. Env.7(1):43-54.

- Choi, J.M., T.I. Kim, S.K. Jeong, M.K. Yoon, D.Y. Kim, and K.D. Ko. 2010. Causes, diagnosis, and corrective procedures of nutritional disorders in strawberry. Mirae Gihock, Suwon, Korea.
- Choi, K.Y., M.J. Kang, Y.B. Lee, S.O. Yu, and J.H. Bae. 2001. Development of optimal nutrient solution for sweet pepper substrate culture in closed system. J. Kor. Hort. Sci. 42(5):513-518.
- Jeong, H.J., J.W. Cheong, I.R. Roh, and Y.S. Cho. 2007. Effect of fruit thinning and axillary bud removal in strawberry cultivar 'Sunhong' and 'Maehyang'. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 32(4):484-492. 25(SUPPL.):49(Abstr.).
- Jun, H.J., J.G. Hwang, M.J. Son, and H.S. Yoon. 2009. Effect of NO₃-N:NH₄-N ratio in nutrient solution on growth, yield and fruit quality of strawberry 'Akihime' in hydroponic system. J. Bio. Fac. Env. 18(1):40-45.
- 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(1):23-28.
- Jun, H.J. 2017. Strawberry status of Kyongbok and Industry University Institute Collaboration. Vegetables Forum.
- Jun, H.J., M.S. Byun, S.S. Liu, E.H. Jeon, and Y.B. Lee. 2013. Effect of nutrient solution strength on growth, fruit quality and yield of strawberry 'Maehyang' in hydroponics. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 31(2):173-178.
- Kim, H.J., J.H. Kim, Y.H. Woo, W.S. Kim, and Y.I. Nam. 2001. Nutrient and water uptake of tomato plants by growth stage in closed perlite culture. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 42(3):254-258.
- Kim T.I., W.S. Jang, H.H. Choi, M.H. Nam, W.S. Kim, and S.S. Lee. 2004. Breeding of strawberry 'Maehyang' for forcing culture. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 22:434-437.
- Kim, Y.C. 1998. Development of Korean type nutrient solution, medium and automatic control system in horticultural crops. R.D.A. Suwon, Korea.
- Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corp. (aT). 2017. Import & export statistics.
- Lee, H.H., and J.C. Cha. 2009. Effects of removed flowers on day mass production and photosynthetic efficiency of sweet pepper 'Derby' and 'Cupra'. J. Kor. Hort. Sci. 27(4):584-590.
- Lee, H.C., H.S. Kim, W.S. Jang, M.H. Nam, and T.I. Kim. 2014a. Nutrient management of hydroponics for calcium deficiency reduction in strawberry. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 32(3):69.
- Lee, S.W., G.C. Hwang, J.G. Yun, J.K. Hong, and S.J. Park. 2014b. Effect of various fruit-loads on yield, fruit quality and growth of 'Seolhyang' strawberry. Protected Hort. Plant Fac. 23(3):205-211.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) 2016. Production statistics of Vegetables.
- Nelson, P.V. 2003. Greenhouse operation and management. 6thed. Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.
- Ruth, G.N., and U. Kafkafi 1985. The effect of root temperature and nitrate/ammonium ratio on strawberry plants. II. Nitrogen uptake, mineral ions, and carboxylate concentrations. Agro. J. 77:835-840.
- Rural Development Administration (RDA). 2000. Analysis of soil and plant. NIAST, Suwon.
- Roh, M.Y., G.L. Choi, H.C. Rhee, T.C. Seo, W.S. Kim, and Y.B. Lee. 2009. Changes in nutrient element concentrations and growth of cucumber plants (*Cucumis sativus L. cv. Joemun Baegdadagi*) as affected by nutrient solution composition in recirculating hydroponic systems. J. Bio. Fac. Env. 18(4):363-369.
- Tsukagoshi, S., T. Ito, and Y. Shinohara. 1994. The effect of nutrient concentration and NH₄-N ratio to the total nitrogen on the growth, yield and physiological characteristics of strawberry plants. J. Japan. Soc. Environ. Control Biol. 32:61-66.
- Ward, G.M. 1968. Growth and nutrient absorption in greenhouse tomato and cucumber. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 90:335-341.
- Yeo, K.H., and Y.B. Lee. 2004. Development of optimum nutrient solution for sweet basil in a closed systems. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 22(1):29-36.
- Yu, S.O., and J.H. Bae. 2005. Development of optimal nutrient solution of tomato in a closed soilless culture system. J. Bio-Environment Control 14(3):203-211.
- Yun, H.K., I. Kim, and K.C. Yoo. 1998. Effects of substrate on the growth and nutrient absorption characteristics of leafy vegetables in sand culture. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39(5):497-503.
- Yun, H.K., and K.C. Yoo. 1992. Photosynthetic character at various growing stages in strawberry. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 33(1):16-20.