

배양액의 농도가 배액의 pH와 딸기 ‘설향’ 뿌리의 활성에 미치는 영향

전하준* · 변미순 · 류승생 · 장미순

대구대학교 생명환경대학 원예학과

Effect of Nutrient Solution Strength on pH of Drainage Solution and Root Activity of Strawberry ‘Sulhyang’ in Hydroponics

Ha Joon Jun*, Mi Soon Byun, Shi Sheng Liu, and Mi Soon Jang

Department of Horticulture, Daegu University, Gyungsan 712-714, Korea

Abstract. Experiments were conducted to investigate the optimum concentration of the nutrient solution in strawberry ‘Sulhyang’ with hydroponics in relationship between root activity and nutrient concentrations. Nutrient solutions for strawberry, made by Yamazaki, were supplied EC 0.5, 1.0, 2.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ during experiment period. Growth of shoot and root of strawberries grown in visible plastic pot was observed during experiment. Petiole length was longest in plants grown in EC 1.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, followed by 2.0 and 0.5 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$. Leaf width was longest in plants grown in EC 1.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, followed by 0.5 and 2.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$. Fruit length, fruit diameter, fruit weight and yield were higher in EC 0.5 and 1.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ than 2.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ treatment but, soluble solids of the fruit did not show statistical differences among treatments. Shoot dry weight was heaviest in EC 1.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, followed by 0.5 and 2.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$. Root dry weight was heavier in EC 0.5 and 1.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ but significantly light in 2.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$. pH of the drainage solution was elevated in low nutrient concentration and lowered in high concentration. Also root activity was high in low nutrient concentration and low in high concentration. As a result, the optimum EC for strawberry ‘Sulhyang’ was EC 1.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ in this experiment. It was confirmed that there was high relationship between root activity and pH of drainage solution. This result will be utilized as an indicator for strawberry hydroponics.

Additional key words: concentration, electric conductivity, indicator

서 언

딸기는 재배기간이 1.5년으로 다른 과채류보다 길고 단위 면적당 노동력이 많이 든다. 그러나 저온성 작물이라, 저온 기에도 난방비의 부담이 적고 단위면적당 수익이 높아서 시설재배의 중요한 채소 중의 하나로 꼽힌다. 맛과 향기가 좋아 국내에서 주로 생과로 이용되는 딸기는 비타민 C가 다량(100g 중 약 70-80mg) 함유되어 있고, 당분과 다양한 형태의 유기산, 항암물질로 알려진 ellagic acid 등이 함유되어 있어(Kim and Lee, 1992; Mass et al., 1991) 건강채소로 주목 받고 있다. 최근에는 수출이 2,000만불 가까이 증대되고 있어서 앞으로도 성장가능성이 높은 주요 과채류로 평가된다. 그러나 딸기는 초장이 낮아서 관리 및 수확작업 등을 불편한 자세로 하지 않으면 안 되며 수확, 선별, 포장에 많은

노동력을 필요로 하는 어려움이 있어 재배기피 작물로 인식되기도 한다. 특히 연작에 약하고 토양전염병인 위황병의 피해가 심각하여 이에 대한 적절한 대책이 시급하다.

이러한 문제를 해결하는 가장 효과적인 방법으로 딸기의 고설식 수경재배가 권장되고 있다. 딸기를 수경재배 할 경우, 재배베드를 높게 설치할 수 있어 작업자세가 개선되며, 위황병 등의 토양전염성 병해를 회피 할 수 있을 뿐만 아니라, 화아분화 촉진을 위한 질소질 비료의 조절이 용이하다(Jun et al., 2006). 딸기 수경재배는 일본에서 1970년대 후반부터 실용화를 시도하여 다양한 수경재배방식이 개발되었으며, 유럽에서도 딸기 수경재배가 증가하여 암면배지 재배가 주류를 이루고 있다. 그러나 국내에서는 아직 딸기 수경재배의 연구가 충분하지 않으므로 하루 빨리 우리 실정에 맞는 딸기 수경재배기술의 확립이 필요하다.

*Corresponding author: hjjun@daegu.ac.kr

※ Received 8 November 2010; Accepted 23 December 2010. 본 연구는 농림부의 농림기술개발사업 수출연구사업단 연구과제의 일부임.

성공적인 딸기 수경재배를 위해서는 적절한 배양액 관리 기술의 구멍이 가장 중요하다. Tsukagoshi et al.(1994)은 딸기 수경재배에서 배양액의 농도에 따른 지상부 생육은 차이가 없었다고 하였으나, 딸기가 다른 과채류에 비해서 염류 농도에 매우 민감한 작물로서 높은 농도의 배양액에서는 뿌리의 생육이 억제되고 지상부의 생육도 저하한다는 보고(Chi et al., 1998; Udagawa et al., 1988) 등을 고려할 때, 국내 딸기 수경재배의 확립을 위해서는 우선적으로 딸기에 적절한 배양액 농도의 구멍이 필요하다.

작물에 적합한 배양액 농도를 구멍하는 방법은 여러 가지가 있으나, 본 연구에서는 배양액 농도에 따라 가장 민감하고 직접적으로 영향을 받게 되는 뿌리의 활성을 조사함으로써 딸기에 적절한 배양액의 농도를 구멍하고자 하였다.

또한, 참외, 멜론 등의 박과 채소와 토마토, 파프리카 등의 가지과 채소는 근권부 환경의 변화가 지상부 생육에 비교적 빠르게 나타나는 반면, 딸기는 그 반응이 늦게 나타나므로 재배 중에 지상부에 나타나는 변화를 보고 정확한 생육의 상태를 파악하기에는 많은 어려움이 있다(Udagawa, 1988). 그래서, 본 연구에서는 EC, pH 등의 근권부 환경의 변화와 지상부 생육, 뿌리 활성과의 관계를 비교 분석함으로써 좀 더 빠르고 정확하게 딸기의 생육을 진단할 수 있는 기술을 개발하기 위한 기초자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

‘설향(雪香)’딸기 자묘를 2008년 7월에 삼목하여 육묘한 후, 12월 23일에 펠라이트를 충전한 지름 20cm 플라스틱 포트에 정식하였다. 배양액은 Table 1의 야마자키(Yamazaki) 조성 딸기 전용배양액(EC 0.8dS·m⁻¹)을 압력 보상형 점적단추와 드리퍼를 이용하여 각각의 포트에 매일 200mL씩 공급하였다. 그리고 투명 플라스틱 포트에 코코피트를 충전하고 처리별로 5주씩 정식하여 재배기간 중 뿌리의 발달 정도를 관찰하였다.

배양액은 정식 후 새로운 잎이 발생하여 완전히 전개된 잎이 5장이 된 2009년 2월 6일부터 배양액의 농도를 0.5,

1.0, 및 2.0dS·m⁻¹로 공급하였다. 처리구는 농도처리별로 10 포트씩 완전임의배치로 3반복하였다. 배액의 수집은 매일 각 처리와 반복별로 배양액 수집 장치를 설치하여 배액을 수집한 후에 배양액의 EC와 pH를 EC meter(Orion 3-Star meter, Thermo, USA)와 pH meter(Inolab pH/cond level 1, Wissenschaftlich Technische Werkstätten, Germany)를 사용하여 측정하였다(Table 1).

재배기간 중에 잎은 주기적으로 적엽하여 완전히 전개된 잎이 5장이 되도록 하였고, 과실은 개화하여 수정이 된 과실을 주당 7개를 남기고 적과하였다.

처리별 생육조사는 배양액 농도처리 후 2월 16일부터 4월 9일까지 처리별로 엽병장, 엽폭, 엽수를 측정하여 지상부 생육을 8회 조사하고, 과실을 4월 3일부터 4월 30일까지 5회 수확하여 과장, 과경, 당도를 측정하여 수량과 품질을 조사하였다. 당도는 전자식 굴절당도계(PR-101, Atago, Japan)로 측정하여 °Brix로 표시하였다.

실험 종료 후에는 딸기를 지상부와 지하부로 나누어 열풍 건조기를 이용하여 80℃에 3일간 건조시킨 후 건물중을 측정하였다.

근활력 측정은 2009년 4월 3일, 4월 10일, 4월 23일, 5월 8일, 5월 20일에 딸기 재배 포트에서 뿌리를 채취하여 TTC법(Triphenyl-tetrazolium chloride method)으로 Formazan을 추출하고, Formazan의 농도를 Spectro-photometer(LR-45227, Spectronic Unicam, USA)로 측정하여 근활력을 조사하였다. TTC법(Yoshida, 1966)은 딸기 재배 포트에서 뿌리를 채취하여 증류수로 세척한 후에 여과지로 가볍게 싸서 물기를 제거하고 뿌리를 2cm 길이로 절단하였다. 뿌리 시료 1g(생체중)을 filtering flask에 넣고 1% TTC(2, 3, 5 tri-phenyl tetrazolium chloride)용액, 0.1M 인산나트륨완충액(0.1M Na₂H₂PO₄ 39mL와 0.2M Na₂HPO₄ 61mL를 혼합하여 pH 7.0로 조정하여 200mL로 정량), 증류수를 각각 1:4:5의 비율로 혼합하여 20mL로 정량한 다음 뿌리를 액 속에 침지하였다. 그리고 흡입기(Aspirator, A-3S, Eycla, Japan)를 이용해서 용액 중에 기포발생이 없어질 때까지 충분히 탈기하였다. 탈기한 filtering flask를 30℃의 항온수조(LWB-122D, Daihan Labtech,

Table 1. Yamazaki's hydroponic solution for strawberry.

Element	N		PO ₄ -P	K	Ca	Mg	SO ₄ -S
	NO ₃ -N	NH ₄ -N					
Macro (me·L ⁻¹)	5	0.5	1.5	3	2	1	1
Micro (mg·L ⁻¹)	Fe	B	Mn	Zn	Cu	Mo	
	3	0.5	0.5	0.05	0.02	0.01	
EC (dS·m ⁻¹)	0.8						

Korea)에 넣고 어두운 곳에서 2시간 동안 반응 시켰다. 반응 종료 후 2N 황산(H₂SO₄) 4mL를 가해서 반응을 정지 시켰다. 뿌리를 filtering flask에서 꺼내어 가제로 수분을 잘 닦아 유발에 넣고, 초산에틸(ethyl acetate, Merck, Germany) 10mL와 석영사(sea sand)를 첨가하여 마쇄하였다. 마쇄된 뿌리를 거름종이(Whatman No.2)로 걸러서 최종 20mL가 되게 초산에틸(ethyl acetate)로 정량하여 formazan을 추출하였다. 추출한 formazan의 상등액을 분리하여 Spectrophotometer(LR-45227, Spectronic Unicam, USA)로 470nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 TPF(Triphenyl Formazan)을 초산에틸(ethyl acetate)에 녹여 1, 2, 5, 10, 15, 20ppm 농도의 표준용액을 만들어 Spectrophotometer를 이용하여 470nm에서 흡광도를 측정하여 표준곡선을 만들었다.

근활력은 뿌리 1g의 1시간당의 생성 formazan(mg)으로 표시하였다.

$$\text{근활력}(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}) = \frac{\text{생성된 formazan}(\text{mg})}{\text{뿌리무게}(\text{mg FW}) \times \text{반응 시간}(\text{h})}$$

시험 결과의 통계처리는 SAS(Version 8.02)프로그램을 이용하여 LSD 5% 수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

배양액의 농도 처리별 엽병장의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 엽병장은 실험 초기에는 처리 간에 유의한 차이를 나타내지 않았으나, 실험기간이 경과함에 따라 EC 1.0dS·m⁻¹ 처리구에서 가장 길었으며, 그 다음 EC 2.0, 0.5dS·m⁻¹ 순으로 나타났다. Chi et al.(1998)은 딸기 ‘보교조생’의 실험에

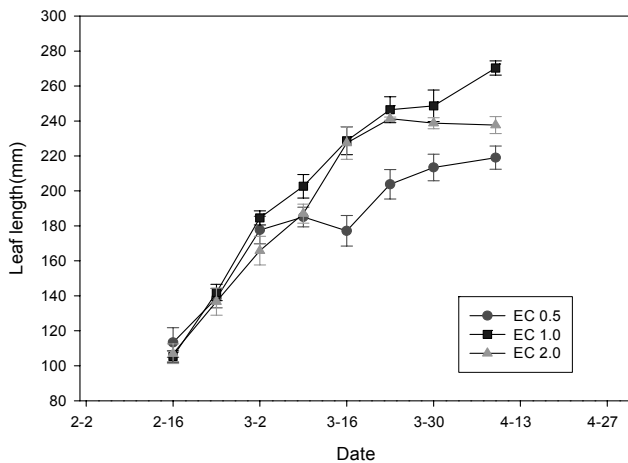


Fig. 1. Changes of petiole length of strawberry ‘Sulhyang’ grown in three kinds of nutrient concentrations in hydroponics during experiment period. Bars represent standard error (n = 3).

서 배양액의 농도가 1.0-1.5dS·m⁻¹에서 가장 양호하였고, 그보다 높은 농도에서는 어린잎의 tipburn과 뿌리의 갈변현상이 나타났다고 보고한 것과 같이 딸기는 다른 과채류에 비해서 배양액의 적정농도가 낮은 것을 알 수 있다.

배양액 농도처리별 엽폭의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 엽폭은 실험 초기에는 처리 간에 유의한 차이가 없었고, 3월 2일부터는 EC 1.0dS·m⁻¹ 처리구에서 가장 넓어 엽병의 결과와 같았다. 그 다음은 EC 0.5, 2.0dS·m⁻¹ 순으로 나타나 배양액 농도에 대한 생육반응은 엽병과 다른 결과를 나타내어 조사항목간 차이가 있었다. Chun et al.(2003)의 배양액의 농도에 따른 오이의 생육 조사에서는 저농도 보다는 고농일수록 엽면적이 높게 나타난다고 하였고, 대부분의 과채류는 EC 1.0-3.0dS·m⁻¹에서는 농도가 높을수록 생육과 수량이 증가하는 편이다(Itaki et al., 1995). 즉 수경재배에 있어 배양액 농도의 선택은 반드시 작물의 종류별로 예비실험 후 적용되어야 한다.

육안으로 관찰한 지상부 생육상태도 EC 1.0dS·m⁻¹ 처리구에서 가장 양호하였고 그 다음은 EC 2.0dS·m⁻¹ 처리구보다는 EC 0.5dS·m⁻¹ 처리구가 양호한 생육을 나타내었다. EC 2.0dS·m⁻¹ 처리구에서는 엽폭이 좁고 잎의 갈변현상이 나타났는데, 이것은 딸기는 높은 농도에서는 양수분의 흡수가 원활하지 않음을 나타내는 것으로 생각된다(Fig. 3).

급액농도별 과실의 품질과 수량을 Table 2에 나타내었다. EC 0.5와 1.0dS·m⁻¹ 처리구에서 EC 2.0dS·m⁻¹ 처리구보다 과장, 과경, 과중 및 수량이 통계적으로 유의하게 높게 나타났다. 그러나, 당도는 처리 간에 유의한 차이를 나타내지 않았다. Chi et al.(1998)의 딸기 ‘보교조생’의 실험에서도 총과실중과 10g 이상의 상품 과실중이 원시배양액 2/4와 3/4 배 농도에서 가장 많았고, 두배 이상의 고농도에서 배양액

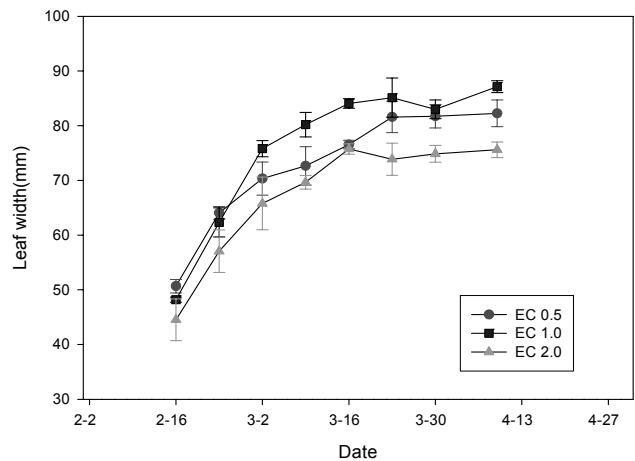


Fig. 2. Changes of leaf width of strawberry ‘Sulhyang’ grown in three kinds of nutrient concentrations in hydroponics during experiment period. Bars represent standard error (n = 3).

Table 2. Effect of nutrient concentrations on fruit quality and yield strawberry 'Sulhyang' in hydroponics.

Strength of nutrient solution (dS·m ⁻¹)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Fruit weight (g)	Soluble solids (°Brix)	No. of fruit (ea/plant)
0.5	42.43	33.45	23.10	8.85	5.26
1.0	41.42	32.12	20.99	8.85	5.54
2.0	36.30	29.32	15.04	8.65	4.23
LSD (<i>P</i> < 0.05)	2.32	1.42	2.46	NS	0.96

Table 3. Effect of nutrient concentrations on dry weight of shoot and root of strawberry 'Sulhyang' in hydroponics.

Strength of nutrient solution (dS·m ⁻¹)	Shoot (mg)	Root (mg)
0.5	19.83	12.73
1.0	27.59	11.69
2.0	15.45	6.10
LSD (<i>P</i> < 0.05)	3.50	2.47



Fig. 3. Effect of nutrient concentrations on shoot growth of strawberry 'Sulhyang' in hydroponics.

농도가 증가함에 따라 과실의 수량이 저하했다고 하였다. 그리고 고농도에서 과실수도 적었고 당도의 상승효과도 인정되지 않았다고 한 결과와도 일치하였다. Rhee et al.(2006)의 사계성 딸기인 '페치카'의 실험에서도 EC 0.75dS·m⁻¹에서 생육과 수량이 가장 많았고 배양액의 농도가 증가할수록 감소한다고 하여 본 실험의 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

배양액 농도별 지상부 및 지하부의 건물중을 Table 3에 나타내었다. 지상부 건물중은 EC 1.0dS·m⁻¹ 처리구에서 가장 높았으며 다음이 0.5dS·m⁻¹ 처리구, 2.0dS·m⁻¹ 처리구 순으로 나타났다. 지하부의 건물중은 배양액의 농도가 0.5와 1.0dS·m⁻¹에서 높게 나타났으며, 2.0dS·m⁻¹에서는 현저하게 낮았다. 이러한 결과는 Fig. 4를 보면 알 수 있듯이, 배양액의 농도가 높아짐에 따라 투명 포트 표면에 보이는 흰색의 새 뿌리의 양이 현저하게 적은 것을 볼 수 있다. 이것은 배양액의 농도가 높아질수록 딸기는 뿌리의 노화가 빨라지고 새로운 뿌리가 발달하지 않는다는 것을 알 수 있다. 국화의 수경재배에서도 배양액의 농도가 낮을 때 뿌리의 신장이 빠르고 근량이 많아지며 세근의 신장이 두드러진다는 결과와 같은 경향이였다(Kang et al., 1995).

배양액 농도 처리별 배액의 EC 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 배액의 농도변화는 EC 2.0dS·m⁻¹의 고농도 처리구에서



Fig. 4. Effect of nutrient concentrations on root growth of strawberry 'Sulhyang' in hydroponics.

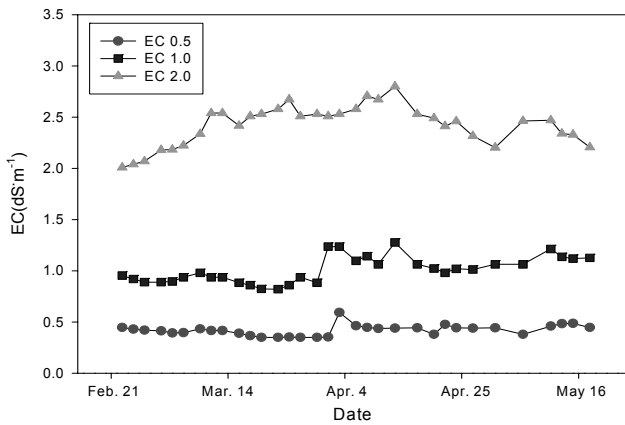


Fig. 5. Changes of EC of drainage nutrient solution in three kinds of nutrient concentrations in hydroponics during experiment period.

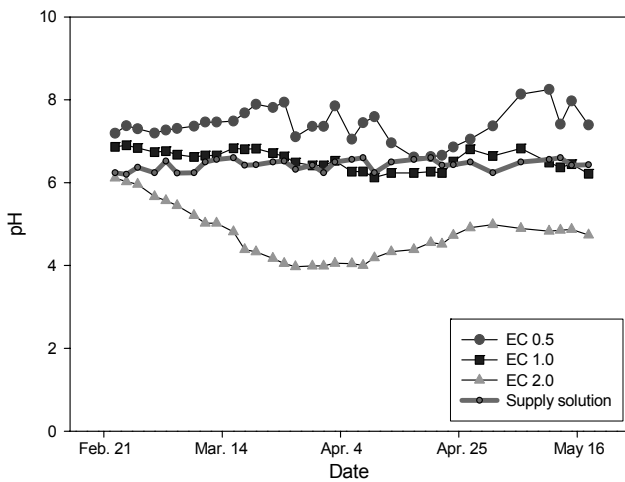


Fig. 6. Changes of pH of drainage nutrient solution in three kinds of nutrient concentrations in hydroponics during experiment period.

전 생육기간 동안 변화폭이 비교적 크게 나타났으며 EC 0.5와 1.0dS·m⁻¹ 처리구에서는 변화폭이 작았다.

배양액 농도 처리별 배액의 pH 변화를 Fig. 6에 나타내었다. 배액의 산도 변화는 EC 1.0dS·m⁻¹ 처리구는 공급배양액의 pH와 비슷한 경향을 나타내었으나, EC 0.5dS·m⁻¹ 처리구에서는 상승하는 경향을 보였고 EC 2.0dS·m⁻¹ 처리구에서는 현저하게 낮아지는 경향을 보였다. 이것은 Chi et al. (1998)의 연구에서 ‘보교조생’의 수경재배에서 생육후기에 고농도의 배양액에서 EC가 높으면 pH가 4 이하로 현저하게 낮아진다고 하여 본 실험과 유사한 결과를 나타내었다.

배양액의 농도 처리별 근활력을 Fig. 7에 나타내었다. formazan의 농도는 EC 1.0dS·m⁻¹ 처리구에서 전 생육기간 동안 가장 높게 나타났으며, EC 2.0dS·m⁻¹ 처리구에서는 현저하게 낮은 경향을 보였다. Rhee et al.(2006)도, EC 1.25dS·m⁻¹ 처리구에서 딸기 뿌리의 갈변이 심하고 근활력이 낮았다고

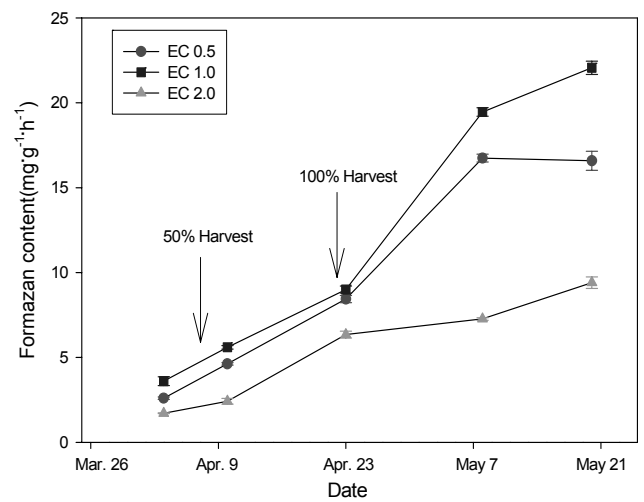


Fig. 7. Changes of root activity of strawberry ‘Sulhyang’ grown in three kinds of nutrient concentrations in hydroponics during experiment period. Bars represent standard error (n = 3).

하여 본 실험의 결과와 동일한 경향을 나타내었다. EC 0.5dS·m⁻¹ 처리구는 근활력 측정 초기에는 근활력의 증가 경향이 1.0dS·m⁻¹ 처리구와 비슷한 기울기를 나타내지만 5월 7일 이후에는 근활력의 증가 정도가 낮아지는 경향을 나타내었다. 이는 딸기의 생육이 왕성한 시기에 배양액의 농도가 낮아서 충분한 양분이 공급되지 못했기 때문으로 생각된다.

Fig. 5, 6 및 7의 결과를 보면 높은 농도에서는 뿌리의 활성이 저하하며 배액의 pH가 저하하는 것을 볼 수 있는데, 이것은 배양액의 농도에 대한 배액의 pH변화와 딸기 뿌리의 활성의 반응이 상관이 있는 것으로 생각된다. Lee et al.(2004)의 장미의 수경재배 실험에서는 pH 3에 비해서 pH 5에서 뿌리의 활성이 높았다고 하였는데, 이는 뿌리 세포의 효소 활성이 H⁺의 농도에 영향을 받으며, pH가 낮아짐에 따라 옥신이나 사이토카이닌의 활성이 낮아져서 발근이나 뿌리의 신장이 나쁘다고 하였다. Hwang et al.(2003)은 국화에서 낮은 농도의 배양액에서는 pH가 상승하고 높은 농도의 배양액에서는 pH가 저하한다고 하여 배양액의 농도와 pH의 변화가 상관이 있음을 시사하였다.

배양액 농도처리에 상관없이 뿌리의 활성이 4월 하순경에 과실의 수확이 끝난 후에는 착과에 의한 부담이 줄어들어 따라 현저하게 증가하는 것을 관찰할 수 있다. 이것은 지상부 생육 특히 과실의 착과와 뿌리의 발달은 현저한 상관관계가 있다는 것을 시사하는 것이라고 볼 수 있을 것이다. Fig. 6에서도 EC 0.5와 2.0dS·m⁻¹ 처리구에서는 수확이 끝난 시기인 4월말 이후에는 배액의 pH가 상승하는 경향을 보였는데, 딸기의 착과수와 배액의 pH 변화의 상관에 대해서도 추후 검토할 여지가 있는 것으로 생각된다.

이상의 결과에서 ‘설향’ 딸기는 배양액의 농도를 낮게 관리하는 것이 높게 관리하는 것 보다 뿌리의 발달과 지상부 생육에 유리한 것을 알 수 있었으며, 가장 적합한 배양액 농도는 EC 1.0dS·m⁻¹에 가까운 것으로 생각되었다. 또한, 배액의 pH는 뿌리의 활성과 직접적인 상관을 가지고 있다는 것을 확인할 수 있어서, 배액의 pH가 높은 것은 뿌리의 활성이 양호한 것을 시사하고, 배액의 pH가 낮은 것은 뿌리의 활성이 낮은 것을 알 수 있는 지표가 될 수 있다는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 딸기 수경재배농가의 딸기 생육진단의 지표로 유용하게 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

초 록

딸기에 적합한 수경재배기술을 개발하기 위하여, 배양액 농도와 뿌리의 활성과의 상관관계를 조사함으로써 딸기에 적절한 배양액의 농도를 구명하고자 하였다. ‘설향(雪香)’ 딸기를 재료로 하여 야마자키 조성 딸기 전용배양액을 0.5, 1.0, 2.0dS·m⁻¹ 농도로 처리하였다. 그리고 투명 플라스틱 포트에 코코피트를 충전하고 처리별로 5주씩 정식하여 딸기의 지상부 및 뿌리의 발달을 관찰하였다. 뿌리의 활력은 TTC(Triphenyl-tetrazoliumchloride)법으로 조사하였다.

엽병장은 EC 1.0dS·m⁻¹ 처리구에서 가장 길었으며, 그 다음 EC 2.0, 0.5dS·m⁻¹ 순으로 나타났다. 엽폭은 EC 1.0dS·m⁻¹ 처리구에서 가장 넓었으며, EC 0.5, 2.0dS·m⁻¹ 순으로 나타났다. 과장, 과경, 과중 및 수량은 EC 0.5와 1.0dS·m⁻¹ 처리구에서 EC 2.0dS·m⁻¹ 처리구 보다 통계적으로 유의하게 높게 나타났다. 그러나, 당도는 처리 간에 유의한 차이를 나타내지 않았다. 지상부 건물중은 EC 1.0dS·m⁻¹ 처리구에서 가장 높았으며 다음이 0.5dS·m⁻¹ 처리구, 2.0dS·m⁻¹ 처리구 순으로 나타났다. 지하부의 건물중은 배양액의 농도가 0.5와 1.0dS·m⁻¹에서 높게 나타났으며, 2.0dS·m⁻¹에서는 현저하게 낮았다. 배액의 산도 변화는 EC 1.0dS·m⁻¹ 처리구는 공급배양액의 pH와 비슷한 경향을 나타내었으나, EC 0.5 처리구에서는 상승하는 경향을 보였고 EC 2.0 처리구에서는 현저하게 낮아지는 경향을 보였다. Formazan의 농도는 EC 1.0dS·m⁻¹ 처리구에서 전 생육기간 동안 가장 높게 나타났으며, EC 2.0dS·m⁻¹ 처리구에서는 현저하게 낮은 경향을 보였다.

이상의 결과에서 ‘설향’ 딸기에 가장 적합한 배양액 농도는 EC 1.0dS·m⁻¹에 가까운 것으로 생각되었다. 또한, 배액의 pH는 뿌리의 활성과 직접적인 상관이 있어서, 배액의 pH가 높은 것은 뿌리의 활성이 양호한 것을 시사하고, 배액의 pH가 낮은 것은 뿌리의 활성이 낮은 것을 나타내는 지표가 될 수 있다는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 딸기 수경재배

에서 생육진단의 지표로 유용하게 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

추가 주요어 : 농도, 전기전도도, 지표

인용문헌

- 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.
- Chun, Y.T., K.C. Cho, and W.S. Kim. 2003. Effect of nutrient solution management by growing stage on the development of hydroponically grown cucumber plants. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 44:17-22.
- Hwang, I.T., K.C. Cho, K.S. Kim, S.J. Chung, and K.B. Ahn. 2003. Growth responses as affected by different ion strength of nutrient solution with growth stage of hydroponically grown *Dendranthema grandiflorum* cv. Chungwoon. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 44:233-237.
- Itaki, T., K. Sasaki, and Y. Udagawa. 1995. Practical techniques for hydroponics. Nougyoudenkyou. Tokyo. p. 93-101.
- Jun, H.J., J.G. Hwang, I.G. Kim, M.J. Son, K.M. Lee, and Y. Udagawa. 2006. Effect of double layered substrate on the growth, yield and fruit quality of strawberry in elevated hydroponic system. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 24:157-161.
- Kang, J.G., S.U. Chon, and S.J. Chung. 1995. Effects of cultural system, root zone temperature and ionic strength on morphological and anatomical changes of chrysanthemum root. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 36:548-554.
- Kim J.H. and S.K. Lee. 1992. Comparative analysis of ellagic acid, anticarcinogen, in strawberry. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 10:62-63.
- Lee, H.J., E.Y. Yang, K.S. Park, Y.B. Lee, J.H. Bae, and K.S. Jeon. 2004. Effect of EC and pH of nutrient solution on the growth and quality of single stemmed rose in cutted rose production factory. *J. Bio-Env. Cont.* 13:258-265.
- Mass, J.L., G.J. Galletta, and G.D. Stoner. 1991. Ellagic acid, anticarcinogen in fruits, especially in strawberries. *HortScience* 26:10-14.
- Rhee, H.C., N.J. Kang, I.R. Rho, H.J. Jung, J.K. Kwon, K.H. Kang, J.H. Lee, and S.C. Lee. 2006. Hydroponic culture possibility and optimal solution strength of ‘Pechika’ ever-bearing strawberry on highland in summer. *J. Bio-Env. Cont.* 15:250-256.
- 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.
- Udagawa, Y., C. Dogi, and H. Aoki. 1988. Studies on the practical use of nutrient film technique in Japan. (3) Concentration of nutrient solution and quality of strawberry seedling. *Bull. Chiba. Agr. Exp. Stn.* 29:37-47.
- Yoshida, O.K. 1966. Analytical method of root activity. *J. Japan Soc. Soil Sci. and Plant Nutrition.* 37:63-68.