

Research Report

국내 육성 신품종 딸기 '대왕'의 육묘기 적정 배양액 농도

전하준*, 전의환, 강수인, 배근혜
 대구대학교 생명환경대학 원예학과

Optimum Nutrient Solution Strength for Korean Strawberry Cultivar 'Daewang' during Seedling Period

Ha Joon Jun*, Eui Hwan Jeon, Soo In Kang, and Geun Hye Bae

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

Abstract: Raising seedlings is important for fruit crops and is especially significant for strawberries as it accounts for 80% of their cultivation. However, there are few studies on raising seedlings of strawberries by hydroponics. Since strawberries show clear differences in growth characteristics based on cultivar, it is necessary to develop suitable fertilizer formula, concentration and pH for each cultivar, and also to examine the amount of nutrient feeding appropriate for each medium type. A key to raising seedlings of strawberries by hydroponics is the development of strategies to manage the concentration of nutrient solution. The mother plants of 'Daewang' strawberries were planted on hydroponics benches filled with cocopeat on March 28, 2012. Three nutrient solution treatments were employed during the term of raising seedlings: a type that supplied EC $0.6 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ nutrient solution for 30 days and only water for 20 days [0.6 (30) + 20]; a type that supplied EC $1.2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ nutrient solution for 30 days and only water for 20 days [1.2 (30) + 20]; and a type that supplied EC $1.2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ nutrient solution for 50 days [1.2 (50)]. The plants were then planted on hydroponics benches filled with cocopeat on September 20, and managed with EC $0.6\text{-}0.8 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ strawberry nutrient solution developed by Yamazaki. After planting, shoot growth, flowering rate and fruit quality of the first cluster were investigated. The petiole length, leaf length, leaf width and crown diameter showed the highest grown in the [1.2 (50)] treatment, followed by [1.2 (30) + 20], and then [0.6 (30) + 20], indicating that the higher concentration of nutrient solution was preferable for raising seedlings. However, the growth differences among treatments gradually disappeared as growth continued, and the crown diameter especially grew to exhibit almost no difference at all among treatments. The point of flowering came first in [0.6 (30) + 20], followed by [1.2 (30) + 20] and then [1.2 (50)]. The [0.6 (30) + 20] treatment showed much earlier flowering than other treatments, which implies that low-concentration nutrient solution may be beneficial to the flowering of 'Daewang' strawberries while raising seedlings. There was no statistically significant difference among treatments in fruit length, fruit diameter and fruit firmness. Fruit weight in [1.2 (50)] treatment was significantly higher than other treatments. However, soluble solids of fruit was the lowest in [1.2 (50)] treatment. Together, the results of this experiment imply that it is better to supply EC $0.6 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ solution for 30 days and then supply only water for 20 days to adequately manage concentration of nutrient solutions during the period of raising seedlings of strawberries by hydroponics.

Additional key words: electrical conductivity, hydroponics, percent flowering

서 언

딸기의 총생산액은 1조원을 초과하고 매년 안정적인 생산을 유지하며, 수출 또한 계속적으로 신장세를 나타내어

3,000만불에 육박하고 있다(RDA, 2013). 지속적이고 안정적인 딸기 생산을 위해서는 무엇보다 고품질의 딸기를 안정적으로 생산할 수 있는 생산기반이 마련되어야 할 것이다. 최근 급속하게 면적이 확대되고 있는 딸기 수경재배는 토양

*Corresponding author: hjjun@daegu.ac.kr

※ Received 29 April 2014; Revised 28 June 2014; Accepted 3 July 2014. 본 연구는 대구대학교 교내연구비의 지원에 의하여 수행되었음.

병해와 연작장애의 회피, 작업자세를 개선할 수 있는 장점 외에도 토양재배에 비하여 수량 및 품질이 월등하게 높은 결과를 나타내고 있어 시설딸기 농가에게 유용하게 활용될 재배기술로 기대된다(Jun et al., 2013). 성공적인 딸기 수경재배를 위해서는 수경재배 육묘에 의한 우량묘 생산이 가장 중요하다. 과채류는 육묘의 중요성이 큰 것으로 알려져 있는데, 딸기는 육묘가 80%라고 말해질 정도로 육묘의 비중이 큰 것으로 인식하고 있다. 그러나 아직 딸기의 수경재배 육묘에 대한 연구는 국내외 모두 많지 않다. 딸기는 품종에 따라 생육 특성의 차이가 확연하게 다르기 때문에 품종에 맞는 적합한 비료 조성, 비료 농도와 pH 관리, 고품배지 종류에 따른 적절한 급액량 구멍이 필요한데, 딸기 수경재배 육묘에서 우선적으로 구멍할 사항은 배양액의 농도관리 기술이라고 할 수 있다. 특히, 딸기는 염류 농도에 매우 민감한 작물이기 때문에 높은 농도의 배양액에서는 뿌리의 생육이 억제되고 지상부의 생육도 저하한다는 보고(Chi et al., 1998; Udagawa et al., 1988) 등을 고려하면, 딸기 수경재배에서와 마찬가지로 육묘기에 적합한 배양액 농도의 구멍이 필요하다. 국내의 딸기 수경재배 연구에서 배양액의 농도에 대한 연구는 Chi et al.(1998)와 Jun et al.(2011)의 보고가 있으나, 아직 육묘기의 적절한 배양액 농도관리에 대한 연구는 전혀 찾아볼 수 없다.

본 연구에서는 최근 국내에서 육성되어 경도가 높고 초세가 우수하여 수출용 딸기 품종으로 가능성이 엿보이는 ‘대왕’의 수경재배 육묘에서 배양액 농도가 정식 후의 생육, 개화 그리고 과실의 품질에 미치는 영향을 구명하기 위하여 실험을 실시하였다. 특히 딸기에서는 육묘기에 화아분화라는 중요한 생리변화가 발생하므로 이와 관련된 관리기술에 주목하여 적정농도를 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

‘대왕(大王)’ 딸기 모주를 2012년 3월 28일에 코코피트를 충전한 고설수경재배 육묘벤치에 정식하였다. 정식 후 7일 간은 EC 0.6dS·m⁻¹의 야마자키(Yamazaki) 조성 딸기전용

배양액(Table 1)을 오전 8시부터 오후 5시까지 매 시간당 1회(3분)씩 급액하여 뿌리가 활착이 잘 되도록 유도하였다. 뿌리 활착 후에는 배양액을 주당 150-400mL를 하루 4-5회로 나누어 점적호수(Netafim, Israel)로 급액하였다. 모주의 관리는 적화, 노엽제거, 액아제거를 하여 균일하게 관리하고 4-7일 주기로 병해충 방제를 실시하였다. 5월 초순까지 발생한 런너는 모두 제거하고 그 이후에 발생한 런너를 증식시켜서 7월 2일부터 5일 사이에 포트에 채묘를 하고 7월 30일부터 8월 2일 사이에 런너를 절단하였다. 런너를 절단한 자모는 육묘상에 옮겨 3가지 처리로 배양액을 공급하여 육묘하였다. 처리구는 각각 EC 0.6dS·m⁻¹의 배양액을 30일간 공급한 후 20일간 물만 공급한 구[0.6(30) + 20], EC 1.2dS·m⁻¹의 배양액을 30일간 공급한 후 20일간 물만 공급한 구[1.2(30) + 20], 그리고 EC 1.2dS·m⁻¹의 배양액을 50일간 공급한[1.2(50)] 3가지 처리구로 하였다.

9월 10일에 코코피트 배지의 고설수경재배 벤치에 정식한 후 5일간 EC 0.6dS·m⁻¹의 배양액을 배액율이 80% 이상이 되도록 충분히 급액하여 새뿌리의 발달을 유도하였다. 2차근의 발달이 충분히 이루어진 것을 확인한 9월 26일부터 점적호스를 이용하여 EC 0.8dS·m⁻¹의 배양액을 매일 주당 약 150-400mL를 5-7회로 나누어 적절하게 조정하며 공급하였다. 정식 후에는 지속적으로 발생하는 액아를 제거하여 성장점을 1개로 관리하였으며 항상 완전히 전개한 새잎이 5장이 확보되면 주기적으로 노엽을 제거하였다. 개화하여 수정이 된 과실은 화방당 10개를 남기고 적과하였다. 개화하기 전까지는 4-7일 간격으로 병충해 방제를 주기적으로 실시하였다.

지상부의 생육조사는 9월 21일부터 10월 11일까지 처리별로 엽병장, 엽장, 엽폭, 크라운 직경을 조사하였는데, 조사 엽은 완전히 전개된 5매의 잎 중에서 신엽부터 세 번째 잎을 기준으로 하였다. 개화일은 1번화의 꽃잎이 완전히 전개된 상태의 일자를 조사하였다. 과실의 품질은 각 처리별로 완숙한 과실을 수확하여 과장, 과경, 과중, 경도 및 당도를 측정하였다. 경도는 과실경도계(FHR-1, Japan)를 사용하여 측정하였으며, 당도는 전자식 굴절당도계(PR-101, Atago, Japan)

Table 1. Yamazaki's hydroponic solution for strawberry.

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

로 측정하여 °Brix로 표시하였다.

실험구는 각 처리구별로 난괴법으로 배치하였으며, 각 처리구당 3반복으로 하고 반복당 10주로 하였다. 실험 결과의 통계처리는 SAS(Version 8.02) 프로그램을 이용하였고, LSD 5% 수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

과채류에서는 육묘의 중요성이 강조되고 있는데, 특히 딸기의 경우에는 육묘가 재배의 승패를 결정한다고 할 수 있다. 우량묘를 생산하기 위해서는 지상부 및 지하부의 다양한 제한요인에 대한 관리가 필요하며, 이에 대해서는 많은 작물에서 육묘기의 제한요인에 대한 연구가 행해져 왔다 (Chun et al., 2003; Kim et al., 1999; Lee et al., 2000). 본 연구에서는 육묘기의 제한요인의 영향이 정식 후의 생육, 개화 및 과실의 품질에 어떤 영향을 미치는가에 대하여 조

사하고자 하였다. 특히 최근에 국내에서 육종되어 고경도 딸기로 주목 받고 있는 ‘대왕’ 딸기를 공시하여 그 특성을 파악하고자 하였다. ‘대왕’ 딸기는 농촌진흥청에서 2010년에 육성한 특성재배용 품종으로서 맛과 향이 우수하며 경도가 강한 것이 특징이므로, 앞으로 수출용 딸기 품종으로서 기대가 크다(Na et al., 2013). 딸기는 크라운이 굵은 튼튼한 묘를 만드는 것이 정식 후의 불량환경을 이겨낼 수 있는 이점이 있으므로 시비량을 높이는 것이 유리할 수 있으나, 화아분화가 늦어질 수 있는 단점이 있다. 반대로 빠른 화아분화를 위하여 시비량을 줄이면 빠른 개화를 유도할 수는 있지만 묘의 생육이 불량하여 정식 후에 생육이 불량해지기 쉽다. 그러므로 딸기에서는 육묘기의 비료관리가 중요하면서도 어려운 재배기술이라고 할 수 있다.

우량묘를 생산하기 위해 필요하다고 생각되는 육묘기간으로서, 자묘가 활착을 완료한 시점부터 정식까지 50일 동안의 육묘기간 동안 EC $0.6\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 의 배양액을 30일간 공급

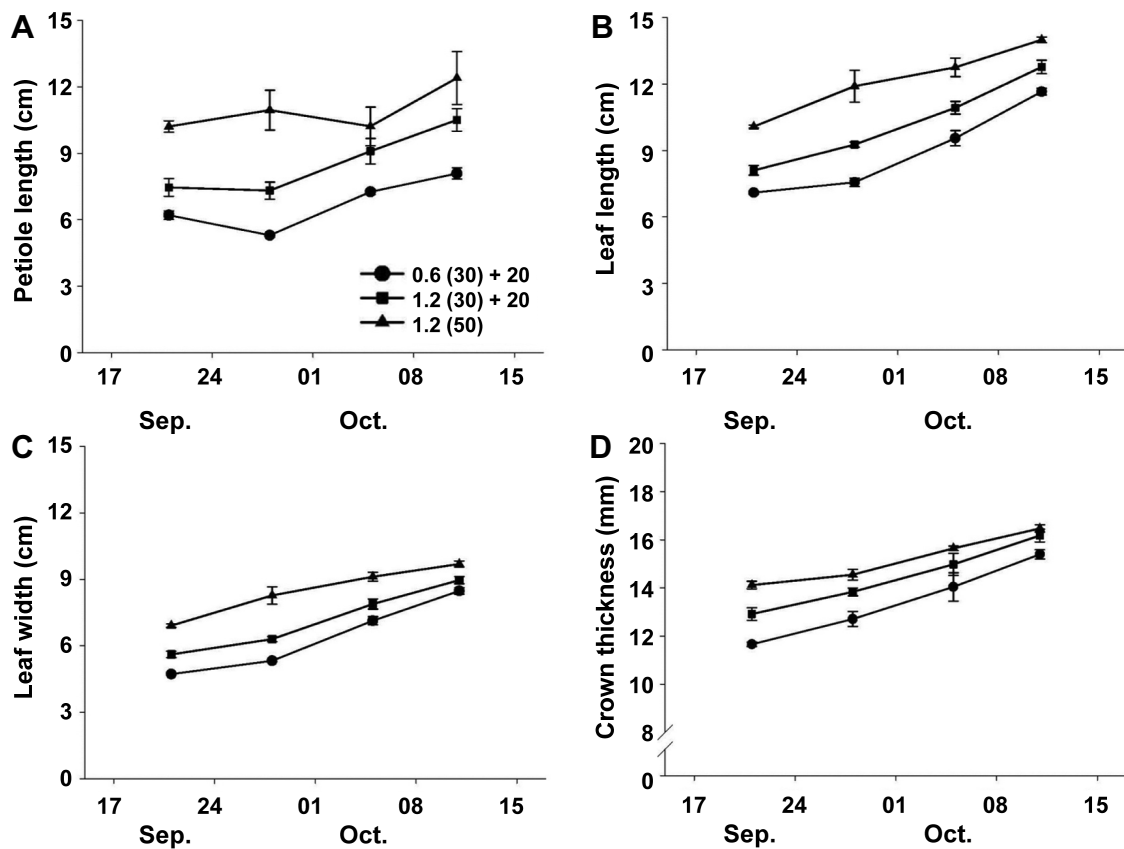


Fig. 1. Effects of nutrient solution strength during seedling period on petiole length (A), leaf length (B), leaf width (C) and crown thickness (D) of strawberry 'Daewang' after planting. Vertical vars indicate standard errors (n = 30). ● 0.6 (30) + 20, supply nutrient solution of EC $0.6\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ for 30 days, and water for 20 days; ■ 1.2 (30) + 20, supply nutrient solution of EC $1.2\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ for 30 days, and water for 20 days; ▲ 1.2 (50), supply nutrient solution of EC $1.2\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ for 50 days.

하고 그 후의 20일간은 물만 공급한 처리구[이하 0.6(30) + 20], EC 1.2dS·m⁻¹의 배양액을 30일간 공급하고 그 후의 20일간 물만 공급한 처리구[이하 1.2(30) + 20], 그리고 50일간의 육묘기간 동안 계속적으로 EC 1.2dS·m⁻¹의 배양액을 공급한 처리구[이하 1.2(50)]를 설정했는데, 2개의 처리구에서 육묘 후반부에 비료 공급을 중단한 것은 딸기가 저온단일을 감응하는데 있어서 체내의 비료농도가 직접적인 상관성이 있기 때문이다(Rho et al., 2007). 이상적인 우량묘는 화아분화가 조기에 유도되고 크라운이 굵고 충실한 지상부를 가진 묘이다. 그런데 화아분화의 조만과 비료농도는 서로 상반되는 관계이므로 우량묘 생산을 위한 시비관리에 어려움이 따른다고 할 수 있다.

정식 후의 지상부 생육은 육묘기의 비료농도가 높을수록 높은 수치를 나타내었다. 그러나 처리간의 지상부 생육의 차이는 한달 이내에 점차 차가 작아졌으며, 특히 크라운의 직경은 처리구 간의 차이가 없을 정도로 발달하였다(Fig. 1). 이 결과를 보면 딸기 ‘대왕’의 지상부 생육은 육묘기의 공급 배양액 농도 차이에 따라 일부 차이를 나타내긴 하였지만 그 차이는 미미하여 큰 영향을 받지 않는 것으로 생각되었다. 대부분의 과채류는 EC 1.0-3.0dS·m⁻¹에서는 농도가 높을수록 생육과 수량이 증가하는 편인데(Itaki et al., 1995), Tsukagoshi et al.(1994)은 딸기의 수경재배에서 배양액의 농도에 따른 지상부의 생육차이가 없었다고 하여, 지상부 생육을 고려한 배양액 농도 관리 측면에서는 높은 농도의 배양액이 필요 없을 것으로 판단된다.

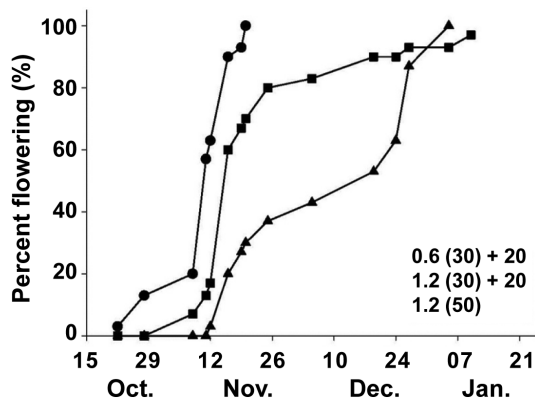


Fig. 2. Percentage of flowering of first cluster of strawberry 'Daewang' grown in three different nutrient solution strengths during seedling period. ● 0.6 (30) + 20, supply nutrient solution of EC 0.6 dS·m⁻¹ for 30 days, and water for 20 days; ■ 1.2 (30) + 20, supply nutrient solution of EC 1.2 dS·m⁻¹ for 30 days, and water for 20 days; ▲ 1.2 (50), supply nutrient solution of EC 1.2 dS·m⁻¹ for 50 days.

육묘기간 동안의 배양액 농도 처리에 따른 정식 후의 개화는 육묘기의 비료 농도가 낮았던 순서대로 0.6(30) + 20 처리구가 가장 먼저 시작되었으며, 1.2(50) 처리구가 가장 늦게 개화가 시작되었다(Fig. 2). 육묘기간 동안 지속적으로 높은 농도의 배양액을 공급한 1.2(50) 처리구는 11월 11일에 개화가 시작되어 12월 20일경에도 개화율이 50%에 지나지 않았는데, 가장 낮은 농도의 배양액을 공급한 0.6(30) + 20 처리구는 10월 20일부터 개화가 시작되고 11월 20일경에 100% 개화가 완료되어 두 처리간에는 20일 정도의 차이를 나타내었다. 1.2(30) + 20 처리구는 0.6(30) + 20 처리구보다 약간 늦게 개화가 시작되었으나 두 처리구는 비슷한 경향으로 짧은 기간 내에 일시에 개화가 진행되었다. 다만 1.2(30) + 20 처리구는 개화가 80% 정도 진행된 후부터 지연되는 경향을 나타내었다. 딸기는 조기출하 시에 가격이 급등하기 때문에 재배 농가들은 다수확만큼 조기 출하에 많은 노력을 기울이는 만큼 본 실험의 결과는 재배 현장에서 유용하게 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

육묘기의 배양액 농도 조절이 정식 후의 정화방의 과실의 품질에 미치는 영향을 보면, 과장, 과경, 과중 및 과실의 경도는 처리구 간에 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다(Fig. 3). 과실의 평균 과중은 다른 두 처리구에 비해서 1.2(50) 처리구가 높은 경향을 나타내었으나, 그 차이는 1g 정도로 미미하고 통계적으로 유의한 차이는 없었다. Jun et al.(2011)의 '설향' 딸기의 실험에서는 정식 후의 공급 배양액의 농도에 따라서는 과장, 과경 및 과중이 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다고 하여, 딸기는 품종에 따라서도 배양액의 농도에 따른 생육반응에 차이가 있겠지만 육묘기의 배양액 농도의 영향과 정식 후의 배양액 농도의 영향은 차이가 있는 것으로 생각되었다. 과실의 가용성 고형물 함량은 1.2(50) 처리구에 비해 0.6(30) + 20 처리구와 1.2(30) + 20 처리구가 높게 나타났다. 이러한 경향은 과채류에서 과실의 크기가 커지면 상대적으로 당도가 저하하는 현상에 기인하는 것으로 생각된다. Roh et al.(1995)과 Winsor et al.(1962)은 토마토의 수경재배에서 배양액의 농도가 높아지면 과실의 당도도 증가한다고 하였으며, 과채류에서는 일반적으로 배양액의 농도 또는 수분조절 등으로 과실의 크기가 작아져서 상대적으로 가용성 고형물의 함량이 높아지는 경우가 많다고 하였다(Chun et al., 2003; Jang and Nukaya, 1997). Chi et al.(1998)의 '宝交早生'의 실험에서는 배양액 농도가 증가하여도 당도의 상승효과도 인정되지 않았다고 하였고, Jun et al.(2013)은 딸기 '대향'에서 EC 0.6dS·m⁻¹의

낮은 농도에서 가장 높은 가용성 고형물 함량을 나타내었는데, 본 실험에서는 육묘기의 배양액의 농도의 영향이므로 그 결과는 차이가 있을 수 있지만 배양액의 농도와 딸기 과일의 당도의 상관관계에 대해서는 추후 다시 검토하여 확인할 필요가 있을 것으로 생각된다. 이러한 결과는 육묘기의

배양액 농도가 정식 후 정화방의 과실 품질에 미치는 영향은 과실의 평균 과중과 가용성 고형물 함량에서는 작은 차이를 나타내었지만 전체적으로는 처리구 간에 그 영향이 크지 않은 것으로 생각되어, 정식 후의 공급 배양액 농도의 영향이 더 클 것으로 생각되었다.

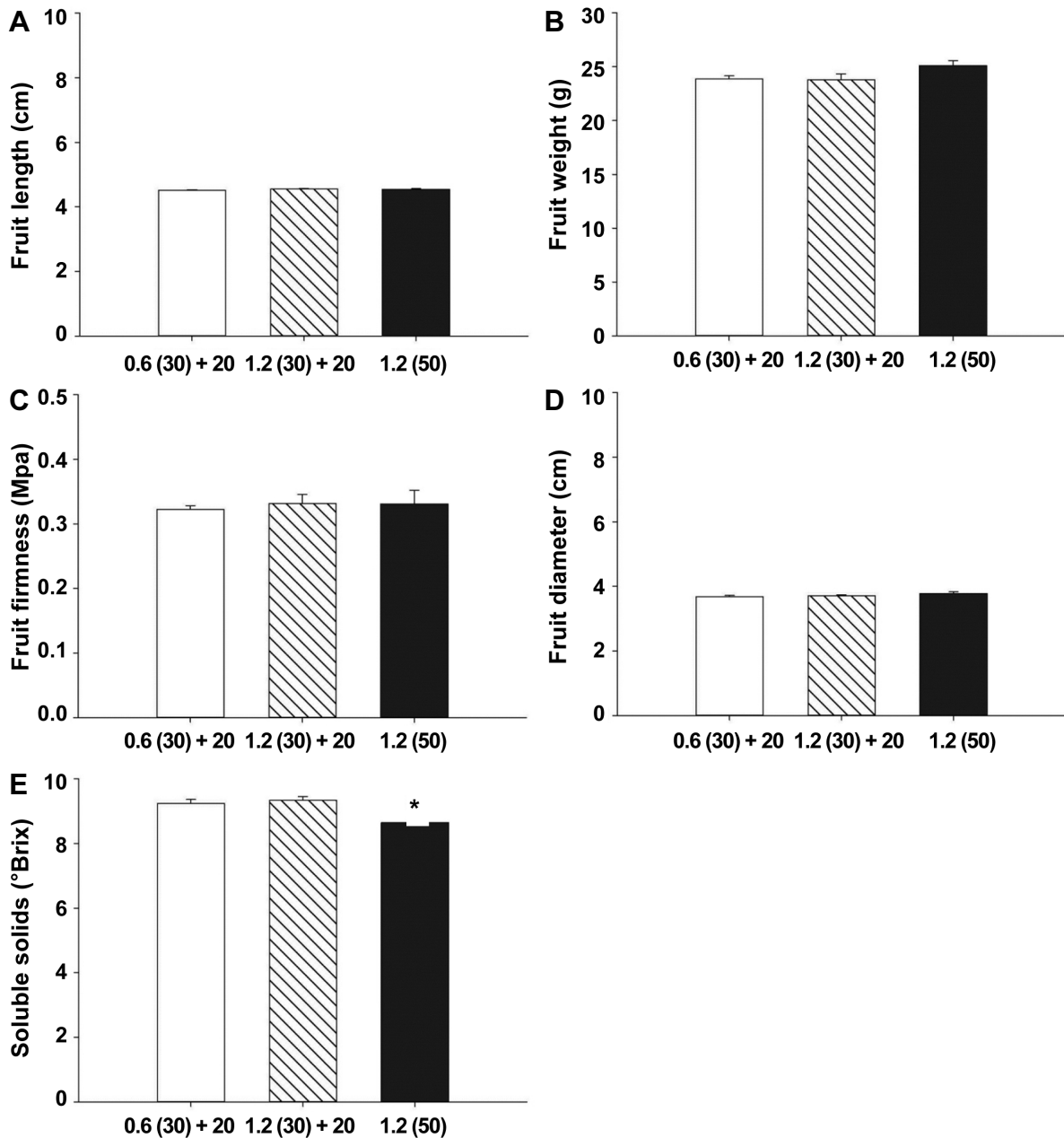


Fig. 3. Effects of nutrient solution strength during seedling period on fruit length (A), fruit diameter (B), fruit weight (C), fruit firmness (D) and soluble solids (°Brix) (E) of strawberry 'Daewang' after planting. Vertical vars indicate standard errors (n = 30). 0.6 (30) + 20, supply nutrient solution of EC 0.6 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ for 30 days, and water for 20 days; 1.2 (30) + 20, supply nutrient solution of EC 1.2 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ for 30 days, and water for 20 days; 1.2 (50), supply nutrient solution of EC 1.2 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ for 50 days. *Significant at $p = 0.05$ by LSD.

이상의 결과에서 ‘대왕’ 딸기의 육묘기의 배양액의 농도에 따라 정식 후의 지상부의 생육과 정화방의 과실 품질에는 처리구 간에 차이는 있었지만 그 차이는 미미하였고, 육묘기간 중에는 EC $0.6\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 의 극히 낮은 농도의 배양액으로도 크라운의 직경이 10mm 이상의 충실한 묘가 만들어질 수 있었으며, 정화방의 개화도 빠르며 월등하게 높은 개화율을 나타내어, 육묘기에는 EC $0.6\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 의 낮은 농도의 배양액을 30일, 그 후 20일간은 물만을 공급하는 것이 우량묘 생산과 비료비 절감에 유리한 것으로 생각되었다.

이러한 결과는 딸기 수경재배농가의 육묘기 배양액 관리 기술로 유용하게 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

초 록

과채류는 육묘의 중요성이 큰 것으로 알려져 있는데, 딸기는 육묘가 80%라고 할 정도로 육묘의 비중이 큰 것으로 인식하고 있다. 그러나 아직 딸기의 수경재배 육묘에 대한 연구는 국내외 모두 많지 않다. 딸기는 품종에 따라 생육 특성의 차이가 확연하게 다르므로 품종마다 적합한 비료 조성, 비료 농도와 pH 관리, 고형배지 종류별 적절한 급액량 구멍 등이 필요한데, 딸기 수경재배 육묘에서 우선적으로 구멍할 사항은 배양액의 농도관리 기술이라고 할 수 있다. ‘대왕(大王)’ 딸기 모주를 2012년 3월 28일에 코코피트를 충진한 수경재배 육묘 벤치에 정식하였다. 육묘기간 동안의 배양액 처리구는 각각 EC $0.6\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 의 배양액을 30일간 공급한 후 20일간 물만 공급한 구[0.6(30) + 20], EC $1.2\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 의 배양액을 30일간 공급한 후 20일간 물만 공급한 구[1.2(30) + 20], 그리고 EC $1.2\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 의 배양액을 50일간 공급한[1.2(50)] 3가지 처리구로 하였다. 9월 20일에 코코피트를 충진한 수경재배 벤치에 정식하고, 야마자키 조성 딸기배양액을 이용하여 EC $0.6\text{--}0.8\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 관리하였다. 정식 후 지상부 생육, 개화율 그리고 정화방의 과실 품질을 조사하였다. 엽병장, 엽장, 엽폭 그리고 크라운 직경 모두 [1.2(50)], [1.2(30) + 20], [0.6(30) + 20] 처리구 순으로 육묘기의 배양액 농도가 높을수록 생육이 양호하였다. 그러나 생육이 진전됨에 따라 처리구 간의 생육차이는 점차 사라졌고 특히, 크라운의 직경은 처리구 간에 거의 차이가 없을 정도가 되었다. 개화는 [0.6(30) + 20], [1.2(30) + 20], [1.2(50)] 처리구 순으로 빨랐는데, 특히 [0.6(30) + 20] 처리구는 다른 처리구보다 월등하게 빠른 개화율을 나타내어 육묘기의 저농도의 배양액 관리가 ‘대왕’ 딸기의 개화에는 유리한 것으로 생각되었다. 과장,

과경 및 과실의 정도는 처리구간에 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 과중은 [1.2(50)] 처리구가 다른 처리구보다 유의하게 높았다. 그러나 과실의 고형물 함량은 [1.2(50)] 처리구에서 가장 낮았고 다른 두 처리구에서 높은 수치를 나타내었다. 본 실험의 결과에서, 딸기의 수경재배 육묘기 동안 적절한 배양액의 농도 관리는 EC $0.6\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 30일간 공급한 후에 20일간 수분만 공급하는 것이 좋을 것으로 생각되었다.

추가 주요어 : 전기 전도도, 수경재배, 개화율

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.
- Itaki, T., K. Sasaki, and Y. Udagawa. 1995. Practical techniques for hydroponics. *Nougyoudenkyou*, Tokyo p. 93-101.
- Jang, H.K. and A. Nukaya. 1997. Relationship between concentration of nutrient solution and uptake of nutrients in muskmelon grown in rockwool. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 66:307-312.
- 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.
- 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.* 31:173-178.
- Kim, O.I., Y.S. Chae, and B.Y. Jeong. 1999. Effect of day/night temperature, and N concentration and $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratio of nutrient solution on the different of flower buds, node of early fruit set, and growth of ‘Sukwang’ tomato. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:287-293.
- Lee, J.W., B.I. Lee, K.Y. Kim, and S.H. Kang. 2000. Influence of rice hull ratio and nutrient solution strength on the growth of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) seedling in expanded rice hull-based substances. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41:31-35.
- Na, Y.W., H.J. Jeong, J.W. Cheong, H.G. Choi, H.Y. Jeon, D.S.

- Kim, and I.R. Rho. 2013. Breeding of 'Daewang' strawberry for forcing culture with good taste and fragrance. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 31:648-651.
- Rho, I.R., Y.S. Cho, J.W. Cheong, H.J. Jeong, and H.B. Jeong. 2007. Effect of low-temperature and short-photoperiod treatment during a high-temperature season on flower bud formation and generation acceleration of short-day strawberry. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 25:12-16.
- Rural Development Administration (RDA). 2013. Information of agricultural statistics. <http://www.rda.go.kr>
- Roh, M.Y., J.H. Bae, Y.B. Lee, K.W. Park, and Y.S. Kwon. 1995. Effects of the concentration of nutrient solution on early yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) in substrate culture. *J. Bio. Fac. Env.* 4:68-73.
- 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.
- Winsor, G.W., J.N. Davies, J.H.L. Messing, and M.I.E. Long. 1962. Liquid feeding of glasshouse tomatoes; The effects of nutrient concentration on fruit quality and yield. *J. Hort. Sci.* 37:44-57.