

삼목 조건이 '설향' 딸기의 묘소질 및 과실 수량에 미치는 영향

이상우^{1*} · 이용혁² · 홍점규¹ · 최성환¹ · 박수정³

¹경상국립대학교 원예과학부 교수, ²바이엘크롭사이언스, ³경남도립거창대학 스마트 귀농귀촌학과 교수

Effects of Cutting Condition on Quality of Nursery Plant and Fruit Yield in 'Sulhyang' Strawberry

Sang Woo Lee^{1*}, Yong Hyuk Lee², Jeum Kyu Hong¹, Sung Hwan Choi¹, and Soo Jeong Park³

¹Professor, Division of Horticultural Science, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Korea

²Bayer Crop Science Ltd. Changwon 51380, Korea

³Professor, Division of Smart Return to Farm and Rural Affairs, University of Gyeongnam Geochang 50147, Korea

Abstract. This study was conducted to investigate optimal conditions for cutting propagation of the strawberry cultivar "Sulhyang" through the collection methods of cuttings (runners tips), leaf number of cuttings, and cutting time. Cuttings were collected from the mother plant in the nursery bed (MP) and plants after fruit harvest (HP); the leaf number of cuttings was 0, 1, and 2, and the cutting time was at one-week intervals from June 4 to July 9. The survival rates for MP and HP cuttings were notably high, reaching 99.5% and 98.7%, respectively, but no significant difference was found. The number of roots were higher in MP cuttings, and there was no significant difference in crown and leaf growth. The fruit yields were 419.2 and 428.4 g, for MP and HP cuttings, respectively. The survival rates according to leaf number of cuttings were 98.1% and 98.3% for 1 and 2 remaining leaves, respectively, and remarkably lower at 25.3% for no remaining leaves. The root numbers were 26.0 and 26.3 for 1 and 2 remaining leaves, respectively, compared with 23.5 for no remaining leaves, with no significant differences in crown and leaf growth. The fruit yields were 424.4 and 421.5 g for 1 and 2 remaining leaves, respectively, and 396.7 g for no remaining leaves. The survival rates according to cutting time was over 97.2% in all cutting time without any difference in each treatment. The root, shoot, and crown of the nursery plant before planting showed the best growth in the cuttings on June 4 and 11, resulting in the highest fruit yields of 433.3 and 426.4 g, respectively, with the lowest yields at 384.5 g for cutting time on July 9. Both MP and HP materials proved suitable for strawberry cuttings. The optimal leaf number for cuttings was at least 1, and the optimal cutting time in Gyeongnam area was evaluated as around June 4-11.

Additional key words: crown, cutting time, cutting propagation, pinning propagation, vegetative propagation

서 론

딸기(*Fragaria* × *ananassa* Duch.)는 맛과 향기가 우수하고 비타민C, 플라보노이드, 엘라직산 등의 기능성 물질이 풍부하여 겨울철에 소비량이 많은 과채류이다(Bae 등, 2019; Jun 등, 2011; Kim과 Lee, 1992; Lee 등, 2018; Mass 등, 1991). 현재 재배되고 있는 딸기는 중간교잡에 의해 육성된 이형접합체이기 때문에 영양번식을 통해 육묘한 후 재배하고 있으며(Bish 등, 2001), 종자번식 작물에 비해 육묘 기간이 길고 묘 생산에 많은 노동력이 투입된다. 특히, 딸기는 묘소질에 따라 정식 후 과실 수량과 품질을 결정하기 때문에 육묘기 안전

하고 우량한 묘 생산이 중요하다(Jun 등, 2014).

딸기 육묘 방식은 런너를 고정시키는 방법에 따라 차근 육묘, 유인 육묘, 삼목 육묘 등의 다양한 방법으로 분류된다. 차근 육묘는 모주에서 발생한 런너의 자묘를 방임한 상태에서 발근을 유도하여 50 - 60일 경과한 후 채묘하는 전통적인 방식으로, 노동력은 절감되지만 묘소질이 떨어지고 병원균 감염이 높다(Durner 등, 2002; Usanmaz, 2019). 유인 육묘는 10월 하순 재배상에서 발생한 런너를 채취하여 삼목한 모주를 휴면상태로 월동시켜 이듬해 4월 상순경 육묘장에 정식하고 5월 중순부터 6월 말까지 모주에서 발생한 런너의 자묘를 육묘용 트레이에 핀으로 고정시켜 육묘한다. 이 육묘 방식은 우리나라 딸기 재배농가에서 대부분 적용하고 있지만, 육묘 기간이 길고 노동력이 많이 투입되며, 묘의 생육과 화아분화가 균일하지 못한 단점을 가지고 있다. 삼목 육묘는 모주에서 발생

*Corresponding author: straw3259@gnu.ac.kr

Received August 29, 2023; Revised October 25, 2023;

Accepted October 26, 2023

하는 런너의 자묘를 채취한 후 육묘용 트레이에 일시적으로 고정시켜 육묘하는 방식으로 차근 육묘와 유인 육묘에 비해 묘의 균일도가 높고, 노동력이 경감되어 유럽에서 일반화된 육묘 방식이다(Hwang 등, 2021b; Kim 등, 2018). 삼목 묘는 자가 독립영양체로 성장하기 때문에 묘소질이 유인 묘보다 떨어진다라는 인식을 가지기도 하지만, 묘 생육에 있어서는 유의적인 차이가 없고, 딸기 육묘장 1개동(825m²) 작업 시 9시간 21분 정도의 노동력이 단축되었다(Hwang 등, 2021b). 우리나라에서도 딸기 육묘장 시설이 현대화되고 육묘장 환경을 인위적으로 조절할 수 있는 다양한 시스템이 개선되면서 일부 농가에서는 삼목 육묘로의 전환을 시도하고 있다.

딸기는 삼목 후 1-2주 동안 뿌리 활착과 생존율을 높이기 위한 관수와 환경 관리가 중요하며(Bish 등, 1997; Kim 등, 2018; Saito 등, 2008), 두상관수와 안개관수가 발근율과 묘 생육에 효과적이었고(Kim 등, 2018), 삼목 후 가슴 처리와 무차광에서 묘의 지하부 생체중과 건물중이 증가하였다(Kang 등, 2019; Hwang 등, 2020). 딸기 삼목에서는 IBA, IAA 처리는 발근에 효과가 없었으며(Hwang 등, 2021a), NAA 처리는 무처리보다 발근율이 낮아서(Kim 등, 2020) 삼목 상의 환경 관리가 생장조절제 처리보다 삼목 묘 생산에 효과적이었다. 딸기 삼수 재료는 런너 끝에서 발생하는 자묘를 사용하는데, 딸기는 다른 식물에 비해 자묘 관부의 하단에서 부정근이 잘 발달하기 때문에 삼목상의 공중 습도를 높여주면 발근이 잘되고 생존율도 높다(Hwang 등, 2020; Kanamori 등, 2019; Saito 등, 2008; Zheng 등, 2019).

삼수의 잎은 발근 유도에 중요한 기관이지만, 적정 엽수를 초과하면 증산 작용으로 쉽게 시들어지면서 잎은 황화하게 되고 묘의 품질이 떨어지게 되는데(Davis와 Potte, 1989; Tchoundjeu 등, 2004), Rho 등(2009)은 딸기 삼수의 엽수는 1매 이상 남긴 것이 활착률이 높았으며, Saito 등(2008)은 엽수 2.5장이 1.5장보다 발근 후 뿌리 수가 많지만 엽수 2.5장과 3.5장은 유의적인 차이가 없다고 보고하였다.

삼목 시기는 발근과 육묘 일수를 결정하는 요인이며, 육묘 기간이 충분히 길어야 뿌리와 잎의 생육이 좋고 동화산물의 축적량이 많으며, 정식 후에도 식물체 생장과 발육이 좋았다(Cocco 등, 2010). ‘설향’ 딸기의 삼목 시기는 6월 초순에 실시해야 충분한 삼수를 채취할 수 있고, 고품질의 묘 생산 그리고 과실 수량 확보에도 안정적이다(Kim 등, 2023). 이와 같이 우리나라에서 딸기 삼목 육묘에 관한 연구는 대부분 발근과 생존율 향상을 위한 환경 관리에 관하여 수행되어 왔으며, 삼수 재료 선택, 삼수의 엽수 그리고 고온기 적정 삼목 시기에 관한 연구는 미흡한 실정으로 이에 관한 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료 및 장소

본 연구는 ‘설향’(*Fragaria x ananassa* Duch. cv. Sulhyang) 딸기 품종을 사용하여 경상국립대학교 종합농장 딸기 전용 육묘장과 딸기 재배용 플라스틱 온실에서 2019년 4월부터 2022년 3월까지 수행되었다.

2. 육묘장 삼수와 재배 식물체 삼수의 묘소질 및 과실 수량 비교

유인 묘는 2020년 4월 5일 딸기 전용 육묘장의 고설베드에 혼합상토(펄라이트 40%, 코코피트 30%, 피트모스 30%; 참존, 호현바이오, 대한민국)를 채우고 전년도에 삼목한 후 월동 시킨 모주를 정식하였다. 모주의 양수분 관리는 딸기 아마자키 처방 양액 비료를 물과 혼합하여 EC(Electric conductivity) 0.8-1.0dS·m⁻¹, pH 6.0로 설정한 자동 양액공급기(SH-2000, 신한에이텍, 대한민국)를 사용하여 매일 3-4회, 3분간 공급하였다. 4월부터 5월 중순까지 모주에서 발생하는 액아와 세력이 약한 런너는 제거한 후 세력이 좋은 런너 끝의 자묘를 딸기 전용 육묘 트레이(지그포트 27, 대승, 대한민국)에 혼합상토를 채우고 6월 2일, 6월 9일, 6월 23일, 6월 30일, 4회에 걸쳐서 런너 끝의 자묘를 고정핀(런너 고정핀, 화성산업, 대한민국)으로 고정시켜 육묘하였다. 자묘는 뿌리가 완전히 활착될 때까지 매일 물만 3회, 3분간 공급하였고, 7월 상순부터 8월 초순까지는 딸기 아마자키 전용 양액을 EC 0.8dS·m⁻¹, pH 6.0으로 설정한 자동 양액공급기를 사용하여 매일 3회, 3분간 공급하였다. 육묘기 동안 1주일 간격으로 적엽을 진행하면서 묘의 엽수를 3장으로 유지하였고, 8월 1일 모주와 자묘를 1차로 분리시킨 후 8월 10일 자묘와 자묘 간의 런너를 절단하여 완전히 독립된 개체로 자묘를 관리하였으며, 9월 5일 육묘 트레이에서 묘를 분리시켜 뿌리를 세척한 후 묘의 생육을 조사하였다.

삼목 묘는 딸기 육묘장의 모주에서 발생한 런너를 채취하여 삼수로 사용한 처리구와 과실 수확을 끝내고 재배 식물체에서 런너를 채취하여 삼수로 사용한 처리구로 구분하여 수행하였다. 각각의 삼수는 5월 30일 채취하여 잎을 2장 남기고 물로 깨끗이 세척한 후 4°C에 냉장고에 보관하면서 2020년 6월 10일 혼합 상토를 채운 딸기 전용 육묘 트레이에 90주씩 3반복으로 삼수를 고정핀으로 고정시켜 삼목하였다. 삼목 후 2주 동안은 소형 터널을 설치한 후 외부에는 투명 PE 비닐(0.05mm, 남진비니루, 대한민국)을 씌워서 삼목상의 상대습도를 2주 동안 95% 이상 유지되도록 에어포그 시스템(CP 500, 해강삼우, 대한민국)을 사용하여 가슴하였고, 주야간 평균 온도는 25°C 유지되도록 하였다. 삼목 2주 후에 소형 터널의 PE 비닐을 제

거한 후 유인 육묘와 동일한 조건으로 관리하였고, 정식 전에 묘의 생육을 조사하였다. 9월 10일 딸기 수경 재배용 고설베드에 혼합상토를 채우고 유인 묘와 삼목 묘를 각각 3반복 20주씩 주간 18cm 간격으로 정식한 후 수경재배 하였다. 양액은 아마자키 처방 비료를 조성한 후 EC 0.8 - 1.2dS·m⁻¹, pH 6.0으로 설정한 자동 양액공급기를 이용하여 매일 4 - 5회, 4분씩 공급하였고, 기타 식물체 재배 및 관리는 딸기 표준 양액 재배법에 준하여 관리하면서 과실 수량을 조사하였다.

3. 삼수의 엽수 차이에 따른 묘소질 및 과실 수량 비교

삼목용 삼수는 과실 수확을 끝내고 재배 식물체에서 발생한 런너 끝의 자묘를 삼목 당일 채취하여 엽수 0, 1, 2장으로 조제한 후 6월 15일 혼합상토(펄라이트 40%, 코코피트 30%, 피트모스 30%; 참존, 호현바이오, 대한민국)를 채운 딸기전용 육묘 트레이(지그포트 27, 대승, 대한민국)에 처리별로 60주씩 3반복으로 삼목하였다. 삼목 후 2주 동안 상대습도를 95% 이상 유지하였고, 뿌리가 완전히 활착된 이후에는 유인 묘와 같은 환경과 방법으로 관리하면서 정식 전에 묘의 생육을 조사하였다. 9월 5일 수경 재배용 고설베드에 혼합상토를 채우고 처리별로 3반복 10주씩, 주간 18cm 간격으로 정식한 후 수경재배 하면서 과실 수량을 조사하였다.

4. 삼목 시기에 따른 묘소질 및 과실 수량 비교

딸기 전용 육묘장에서 모주를 2019년 4월 2일에 정식하였고, 6월 - 7월 초순까지 발생한 런너 끝의 자묘를 삼목 시기에 맞춰서 채취하였다. 삼수는 잎을 2장 남기고 조제하여 처리별로 60주씩 3반복으로 삼목하였다. 삼목 시기는 6월 4일(육묘일수 87일), 6월 11일(육묘일수 80일), 6월 18일(육묘일수 73일), 6월 25일(육묘일수 66일), 7월 2일(육묘일수 59일), 7월 9일(육묘일수 52일)에 실시하였다. 육묘 일수는 삼목 후 10일이 경과 하면서 뿌리가 활착되고 수분 흡수 능력을 가지게 되었는데 이 시점을 기준으로 9월 6일 정식일까지 일수를 계산하였다. 삼목 후 2주 동안 상대습도를 95% 이상 유지하였고, 뿌리가 완전히 활착된 이후에는 유인 묘와 같은 환경과 방법으로 관리하면서 정식 전에 삼목 시기별로 묘의 생육을 조사하였다. 9월 5일 수경 재배용 고설베드에 혼합상토를 채우고 처리별로 3반복 10주씩, 주간 18cm 간격으로 정식한 후 수경재배 하면서 과실 수량을 조사하였다.

5. 조사 항목 및 방법

묘의 생육조사는 정식 전에 육묘용 트레이에서 묘를 분리시켜서 물로 뿌리 부분을 깨끗이 세척한 후 처리별로 10주씩 3반복으로 조사하여 묘소질을 비교하였다. 조사항목은 엽수, 엽

면적, 엽병장, 엽신과 엽병의 생체중과 건물중, 근수, 근장, 뿌리의 생체중과 건물중, 관부 직경 그리고 관부의 생체중과 건물중을 측정하였다. 식물체 기관 별로 생체중은 분석용 저울(XT3200C, Precisa, Switzerland)을 사용하여 측정하였고, 건물중은 열풍건조기(HQ-FDO 260, 대한과학, 대한민국)를 사용하여 80°C에서 24시간 건조시켜 측정하였다. 관부의 직경은 뿌리와 엽병을 분리한 후 버니어캘리퍼스(CD-20CPX, Mitutoyo, Japan)를 사용하여 관부의 외경을 측정하였다. 과실은 꽃받침 아래부분까지 80% 정도 붉게 착색되었을 때 주 2 - 3회 수확하였고, 과실 수량은 1화방과 2화방을 대상으로 11월부터 3월까지 수확하여 무게를 측정한 후 식물체 1주당 g 단위로 수량을 표시하였다.

6. 통계처리

자료의 통계분석은 SAS 프로그램(SAS 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석하였고, 처리 평균간 비교는 덩컨다중 검정(Duncan's multiple range test) 방법으로 5% 유의수준에서 검증하였다. 그래프는 SigmaPlot 프로그램(SigmaPlot 12.5, Systat Software Inc, San Jose, CA, USA)을 이용하여 나타냈다.

결과 및 고찰

1. 육묘장 삼수와 재배 식물체 삼수의 묘소질 및 과실 수량 비교

딸기 육묘 전용 고설베드에 삼목용 소형 터널을 설치하였고, 삼목 후 14일간 뿌리가 완전히 활착될 때까지 터널 내부의 온도와 상대습도를 측정하였다(Fig. 1). 상대습도는 뿌리가 활착될 때까지 98.1% 이상을 유지하였고, 평균 온도는 25.6°C였으며, 주간의 최고 온도는 39.8°C까지 상승하였다. 정식 전 최종 생존율과 묘소질을 비교한 결과(Table 1, 2, Fig. 2), 육묘장 모주에서 런너를 채취하여 삼목한 묘와 과실 수확을 끝내고 식물체에서 런너를 채취한 후 삼목한 묘의 생존율은 각각 99.5%, 98.7%로 높았으며, 유의적인 차이는 없었다. 근수는 육묘장 모주의 삼목 묘가 37.1개로 가장 많았고, 유인 묘는 24.7개로 적었다. 근중은 삼목 묘가 유인 묘 보다 증가하였으나 삼목 묘 간에는 유의적인 차이가 없었다. 관부 크기와 건물중에서도 육묘 방법에 따른 생육의 차이가 없었다. 엽중과 엽면적은 삼목 묘가 유인 묘보다 크나 엽병장에서는 차이가 없었다. 딸기는 관부 하단의 근경 부위에서 부정근이 잘 발달하기 때문에 삼목상의 상대습도를 충분히 높여주면 발근이 잘되고 생존율도 높았다.

'매향' 딸기 삼목에서 공기 온도보다는 상대습도가 발근율

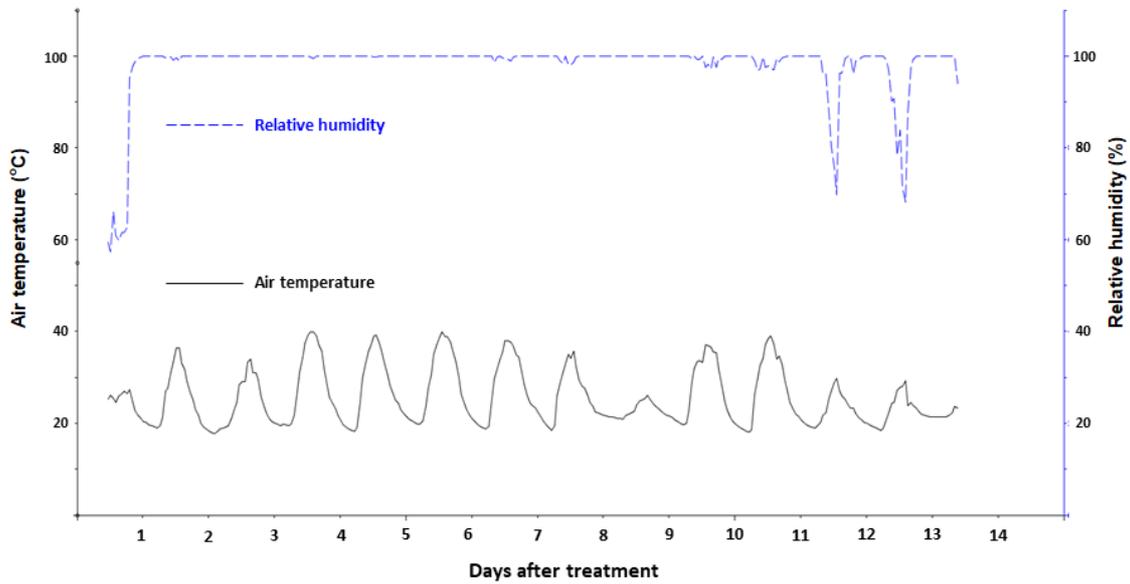


Fig. 1. The changes of air temperature and relative humidity in plastic tunnels during 14 days after cutting.

Table 1. Root and crown characteristics of ‘Sulhyang’ strawberry nursery plants as affected by propagation method and collection of cuttings (n=10).

Propagation method	Origin of collected cutting ^z	Survival rate (%)	Root number (ea./plant)	Root length (cm)	Root weight (g/plant)		Crown diameter (mm)	Crown weight (g/plant)	
					Fresh	Dry		Fresh	Dry
Cutting	Mother plant	99.5 a	37.1 a ^y	11.5 a	4.31 a	0.63 a	11.3 a	1.61 a	0.43 a
	Plant after fruit harvest	98.7 a	34.0 b	11.5 a	3.94 ab	0.51 ab	10.5 a	1.53 a	0.38 a
Pinning	-	-	24.7 c	12.0 a	2.89 b	0.42 b	11.3 a	1.70 a	0.39 a

^zMother plant, cuttings were collection from the mother plant in the nursery bed; Plant after fruit harvest, cuttings were collection from the fruit harvested plant.

^yMean separation within columns followed by different letters are significantly different by Duncan’s multiple range test at $p \leq 0.05$.

Table 2. Leaf and petiole characteristics of ‘Sulhyang’ strawberry nursery plants as affected by propagation method and collection of cuttings (n=10).

Propagation method	Origin of collected cutting ^z	Leaf weight (g/plant)		Leaf area (cm ² /plant)	Petiole weight (g/plant)		Petiole length (cm)
		Fresh	Dry		Fresh	Dry	
Cutting	Mother plant	10.26 a ^y	3.00 a	399.7 a	3.95 ab	0.77 ab	10.9 a
	Plant after fruit harvest	10.43 a	3.00 a	406.9 a	4.69 a	0.93 a	11.5 a
Pinning	-	9.76 b	2.86 b	372.4 b	3.71 b	0.59 b	11.1 a

^zMother plant, cuttings were collection from the mother plant in the nursery bed; Plant after fruit harvest, cuttings were collection from the fruit harvested plant.

^yMean separation within columns followed by different letters are significantly different by Duncan’s multiple range test at $p \leq 0.05$.

과 생존율에 더 큰 영향을 주었으며(Kim 등, 2018), 삼목 번식에서는 뿌리가 수분을 흡수할 때 까지 상대습도를 높게 유지하면서 삼수의 수분을 유지시켜 주는 것이 중요하였다(Mudge 등, 1995). 딸기 삼목번식에서 상대습도를 높게 유지하면 잎의 증산량을 막고 보수력을 높여 삼목 초기 지하부 생

육에 긍정적인 영향을 주었고, 삼목 묘의 생존율과 발근율을 높일 수 있었다(Hwang 등, 2020; Kang 등, 2019; Kim 등, 2018)는 기존의 연구 결과와 일치하였다. 딸기는 발근에 적합한 온도가 15–25°C 이지만, 여름철 고온기에는 냉각 시스템 없이 이와 같은 온도를 유지하기 어렵기 때문에 5°C 냉장고에

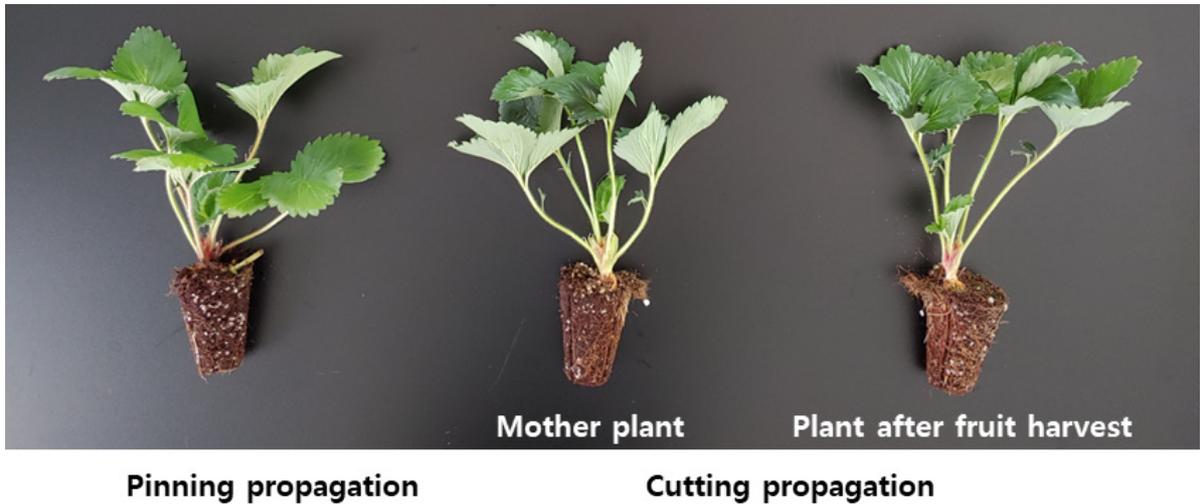


Fig. 2. Comparison of nursery plant quality according to propagation method and collection of cuttings at 90 days after cutting. Mother plant, cuttings were collection from the mother plant in the nursery bed; Plant after fruit harvest, cuttings were collection from the fruit harvested plant.

2일간 전처리한 후 삼목하면 묘의 생존율을 높일 수 있다 (Saito 등, 2008).

딸기 묘의 관부 크기는 정식 후 과실 수량에 직접적인 영향을 미치기 때문에(Fagherazzi 등, 2021; Menzel와 Smith, 2011; Menzel와 Smith, 2012; Torres-Quezada 등, 2015) 묘소질을 결정하는 중요한 요인이다. 삼목 묘는 모주로부터 양분 유입 없이 홀로 자가독립영양체로 성장하기 때문에 묘의 생육이 유인 묘보다 떨어진다는 인식이 일반적이지만(Hwang 등, 2021b), 본 연구 결과 유인 묘와 삼목 묘 간의 관부 크기는 차이가 없었다. 특히 과실 수확이 끝난 식물체에서 채취한 삼수는 과실 생산에 많은 에너지가 소비되어 묘의 세력이 떨어질 것으로 생각되었지만 육묘장 모주에서 채취한 후 삼목한 묘와 묘소질에 있어서도 유의적인 차이가 없었다. Yamazaki 등(2006)은 유인 묘가 삼목 묘보다 초기 7일 동안은 뿌리 수와 잎의 광합성율은 좋지만, 7일 이후부터는 육묘 방법에 따른 묘 생육에 차이가 없으며, 재배용 고설 베드에 직접 삼목하는 육묘 방법에서도 관행적인 유인 묘와 차이가 없었다(Kanamori 등, 2019)고 한 결과는 본 연구와 유사하다. 삼목 묘는 유인 묘와 비교하여 육묘기 관부 직경과 잎의 생육에 차이가 없었고, 묘소질의 손실 없이 육묘장 1개동 작업시간을 9시간 21분 정도 절약하였다(Hwang 등, 2021b)는 연구 결과 등을 종합해 볼 때, 우리나라에서도 삼목 육묘 방식의 적용이 가능할 것으로 판단된다.

삼목 묘와 유인 묘에 대해 정식 후 과실 수량을 비교한 결과 (Fig. 3), 1화방에서는 육묘장 모주의 삼목 묘가 119.3g, 수확을 끝내고 식물체에서 채취한 삼목 묘는 118.7g으로 유의적인 차이는 없었고, 유인 묘에서도 117.6g으로 유사하였다. 2

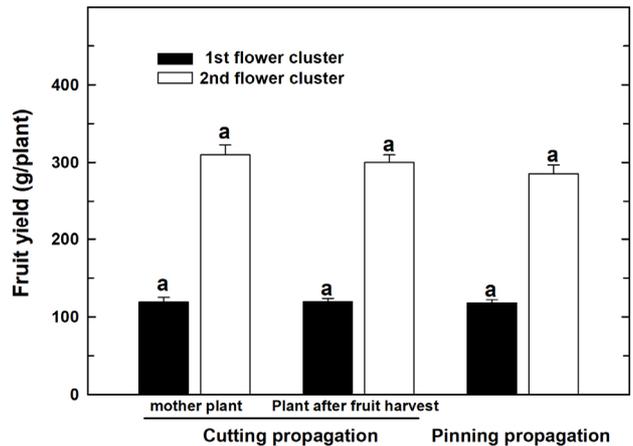


Fig. 3. Fruit yield of ‘Sulhyang’ strawberry as affected by propagation method and collection of cuttings. Mother plant, cuttings were collection from the mother plant in the nursery bed; Plant after fruit harvest, cuttings were collection from the fruit harvested plant. Vertical bars represent the SE (n=20). Different letters at the top of the vertical bar indicate a statistical difference according to the Duncan’s multiple rang test at $p \leq 0.05$.

화방의 삼목 묘는 299.9 – 309.7g, 유인 묘는 285.4g 으로 육묘 방법에 따른 수량 차이가 없었다.

Kang 등(2020)은 삼목 묘와 유인 묘는 정식 후에도 식물체 생육에 차이가 없었으며, 과실 수량은 유인 묘가 주당 516g, 삼목 묘는 463g으로 유의적인 차이가 없었다고 보고한 결과는 본 연구와 일치하였다. 과실 수확을 마친 식물체에서 발생한 런너를 정식 베드에 직접 꽂아서 키운 묘는 초기 뿌리 활착률이 증가하였고, 과실 수량은 관행의 유인 묘와 차이가 없었다는 Kanamori 등(2019)의 연구도 본 결과와 유사하다. 따라

서 딸기 삼목 육묘는 묘소질 및 과실 수량에 있어서 관행 유인묘와 차이가 없었고, 삼수는 과실 수확을 마친 식물체에서 채취한 후 삼목을 하여도 묘 생산에 문제가 없는 것으로 판단되었다.

2. 삼수의 엽수 차이에 따른 묘소질 및 과실 수량 비교

삼수의 잎은 발근 유도에 중요한 기관이지만, 엽수가 너무 많으면 증산 작용으로 수분 스트레스를 받아 발근이 늦어지고 묘소질이 떨어진다(Davis와 Potte, 1989; Tchoundjeu 등, 2004). 딸기 삼목 육묘 시 삼수의 적정 엽수를 구명하고자 실험한 결과(Table 3, 4, Fig. 4), 엽수 차이에 따른 묘의 최종 생존율은 엽수 1, 2장에서 각각 98.1%, 98.3%로 높았지만, 잎

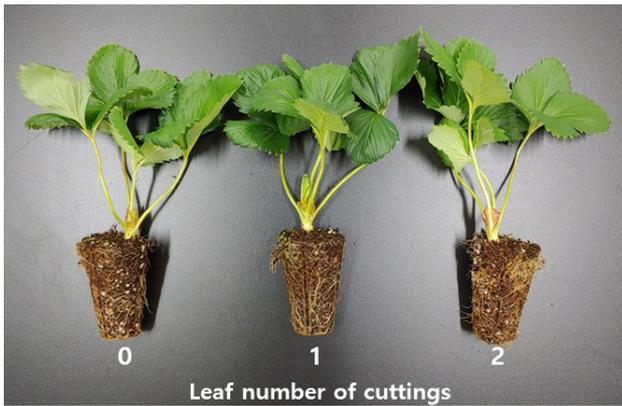


Fig. 4. Comparison of strawberry nursery plant according to No. of remaining leaves at 80 days after cutting.

없이 근경 부분만 삼목한 삼수는 생존율이 25.3%로 현저히 낮았다. 뿌리수는 엽수 1장과 2장에서 각각 26.0개, 26.3개로 엽수를 남기지 않는 처리의 23.5개에 비해 많았다. 뿌리의 생체중과 건물중은 엽수 1장과 2장 간에는 유의적인 차이가 없었지만, 엽수를 남기지 않는 처리는 1, 2장에 비해 뿌리의 생육이 부진하였다. 관부 크기와 무게 그리고 잎의 생육에서는 엽수에 따른 유의적인 차이는 없었다. 엽수를 남기지 않는 처리의 1화방 과실 수량은 185.5g으로 적었고, 엽수 1장과 2장은 211.3 – 215.2g으로 많았다. 2화방은 엽수에 관계없이 211.2

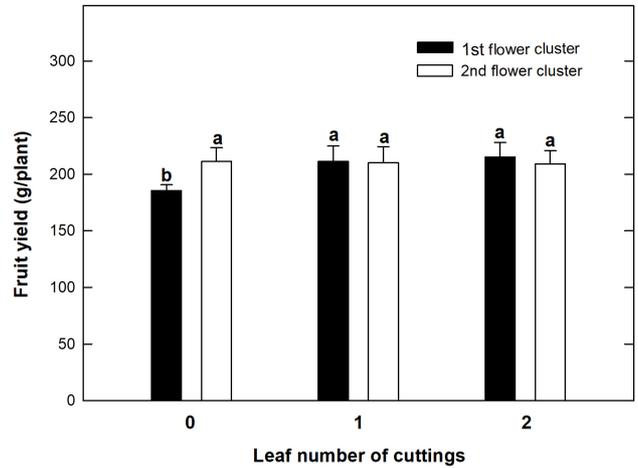


Fig. 5. Fruit yield of ‘Sulhyang’ strawberry as affected by leaf number of cuttings. Each bar represents SE (n=10). Different letters at the top of the vertical bar indicate a statistical difference according to the Duncan’s multiple range test at $p \leq 0.05$.

Table 3. Survival rate, root and crown of characteristics ‘Sulhyang’ strawberry nursery plants as affected by leaf number of cuttings (n=10).

Leaf number	Survival rate (%)	Root number (ea./plant)	Root length (cm)	Root weight (g/plant)		Crown diameter (mm)	Crown weight (g/plant)	
				Fresh	Dry		Fresh	Dry
0	25.3 b ^z	23.5 b	10.5 a	2.65 b	0.35 b	7.98 a	1.17 a	0.34 a
1	98.1 a	26.0 a	10.5 a	3.01 a	0.42 a	8.19 a	1.24 a	0.38 a
2	98.3 a	26.3 a	10.0 a	2.95 a	0.44 a	8.11 a	1.18 a	0.37 a

^zMean separation within columns followed by different letters are significantly different by Duncan’s multiple range test at $p \leq 0.05$.

Table 4. Leaf and petiole of characteristics ‘Sulhyang’ strawberry nursery plants as affected by leaf number of cuttings (n=10).

Leaf number	Leaf number (ea./plant)	Leaf weight (g/plant)		Leaf area (cm ² /plant)	Petiole weight (g/plant)	
		Fresh	Dry		Fresh	Dry
0	3.9 a ^z	5.34 a	1.70 a	218.1 a	2.45 a	0.48 a
1	3.8 a	5.49 a	1.76 a	224.8 a	2.47 a	0.52 a
2	3.6 a	5.78 a	1.81 a	233.3 a	2.45 a	0.51 a

^zMean separation within columns followed by different letters are significantly different by Duncan’s multiple range test at $p \leq 0.05$.

- 209.2g으로 유의적인 차이가 없었다(Fig. 5).

딸기 런너의 자묘는 엽수가 0 - 1.5장의 발육 초기단계에서 뿌리 분열조직이 활성화되면서 근원기를 형성하고, 엽수 2장이 이상이 되면 뿌리가 내피, 피층, 표피를 거쳐 표면 밖으로 뚫고 나온다(Saito 등, 2008). 본 연구에서도 잎을 제거한 상태의 관부 부분만 삼목하여도 생존율이 25.3%을 보였던 것은 삼목 전에 이미 근원기가 발달하였고, 관부가 탄수화물의 중요한 저장 기관으로서(Macias-Rodriguez 등, 2002) 발근할 때 까지 기본적인 에너지가 공급되기 때문이었다. 딸기 삼수의 잎은 최소한 1매 이상 남긴 삼수에서 활착률이 높았고(Rho 등, 2009), 엽수 2.5장은 1.5장보다 발근 후 뿌리 수가 많았지만, 엽수 2.5장과 3.5장은 유의적인 차이가 없었다(Saito 등, 2008). 그러나 본 연구에서는 엽수 1장과 2장에서도 최종 생존율과 뿌리 생육에 있어서 차이가 없었는데, 이는 삼목 후 14일 동안 뿌리가 완전히 활착할 때까지 상대습도를 98% 정도 유지시켜 삼수가 수분 스트레스를 받지 않았기 때문이었다.

산수국 녹지 삼목에서 엽수 0장은 발근율과 생존율이 각각 13.3%, 10.0%로 엽수 1장(63.3%, 93.3%)과 2장(53.3%, 80.0%)에 비해 현저히 낮은 결과를 보였는데, 초기에 발달한 잎은 발근을 유도하기에 부족하였고, 에너지의 손실과 증산 장소의 부재로 인해 발근에 부정적인 영향을 주었기 때문이라고 하였다(Lee 등, 2009). Tchoundjeu 등(2004)은 *Pausinystalia johimbe*(K. Schum) 삼수의 엽면적이 0cm²와 50cm²에서 발근율이 각각 8.3%와 86.7%로 잎이 클수록 발근율이 향상되었고, 100cm²와 200cm²에서는 각각 76.7%, 70.0%로 잎이

클수록 발근율이 감소하였는데, 이것은 증산 작용에 의한 과다한 수분 손실과 동화산물 생성의 불균형 때문이라고 추정하였다.

잎은 부정근 형성에 필수적인 동화산물 합성과 내생 옥신을 공급해 주는 기관이며, 증산 작용을 통해 식물체 내 수분량을 조절해 주는 역할을 한다(Haissig, 1974; Tchoundjeu 등, 2004). 삼목에서 엽수와 엽면적이 증가하면 삼수의 부정근 형성과 발근율이 향상되지만(Ofori 등, 1996), 증산 작용의 표면적이 커져서 수분 손실로 인해 발근과 활착에 부정적인 영향을 미칠 수 있다(Davis 와 Potte, 1989). 그러나 엽면적 감소는 수분 스트레스를 감소시키고(Leakey와 Coutts, 1989; Ofori 등, 1996), 습도 조절에 필요한 삼목 환경을 조절할 수 있으며(Aminah 등, 1997), 습도가 낮거나 불안정한 환경조건에서는 엽수가 적으면 증산량이 감소하기 때문에 삼수가 뿌리를 내리는데 더 좋은 조건이 될 수 있다(Caplan 등, 2018). 딸기는 관부 상태에서 근원기가 형성되기 때문에 잎이 없어도 발근이 가능하였지만, 삼목이후 뿌리 생장에 필요한 에너지를 안정적으로 공급하기 위해서는 엽수가 최소 1장 이상 필요하였다.

3. 삼목 시기에 따른 묘소질 및 과실 수량 비교

유인 육묘에서는 우량한 묘를 양성하기 위해 55 - 90일 정도의 육묘 일수가 필요하다(Choi 등, 2017; Seo 등, 2009; Yoon 등, 2018). 육묘 일수가 너무 길면 뿌리가 노화되어 정식 후 활착이 늦어지고, 육묘 일수가 짧으면 대묘 양성이 어려워 초기 수량이 감소한다. 삼목 묘는 삼목 시기에 따라 육묘 일수

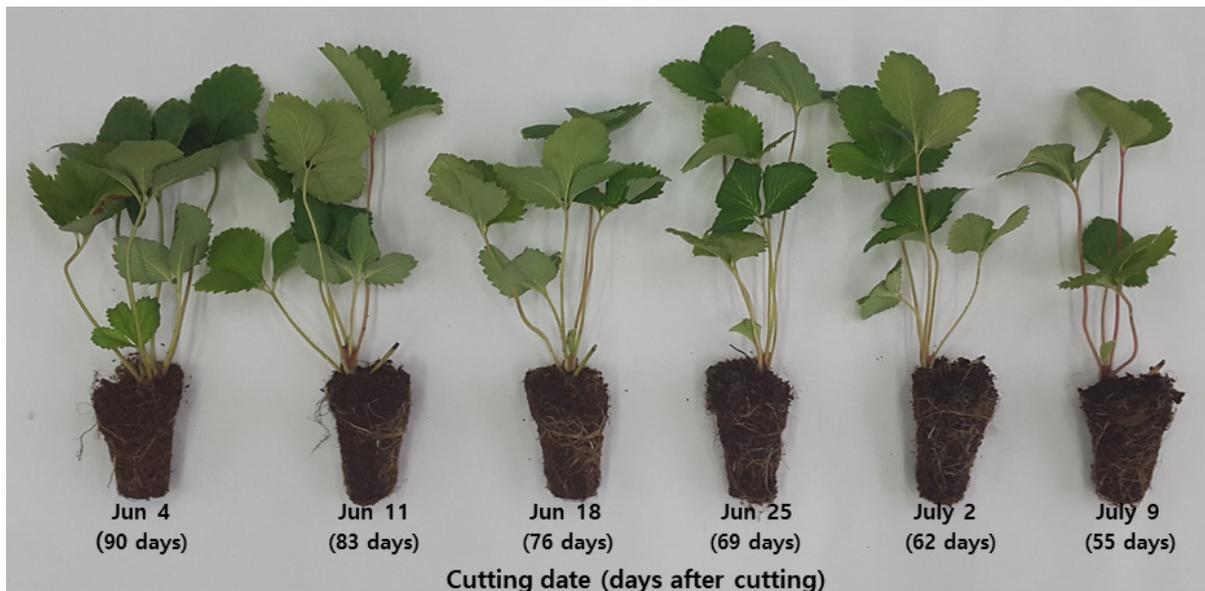


Fig. 6. Comparison of quality of nursery plant according to cutting time from 90 to 55 days after cutting.

가 결정되는데, 본 연구는 6월 4일부터 7월 9일까지 1주일 간격으로 삽목하여 삽목 시기와 육묘 일수에 따른 묘소질을 비교하였다(Table 5, 6, Fig. 6). 삽목 후 생존율은 삽목 시기와 관계없이 97.2% 이상으로 높았으며, 처리 간의 유의적인 차이는 없었다. 근수는 6월 4일 삽목에서 28.8개로 가장 많았고, 삽목이 가장 늦은 7월 9일은 20.5개로 적었다. 뿌리의 생체중은 6월 4일과 6월 11일 삽목에서 각각 5.64g과 5.68g이었고, 건물중은 각각 1.05g과 1.10g으로 가장 많았다. 잎의 생육에서도 6월 4일, 6월 11일 삽목에서 가장 좋았으며, 삽목 시기가 빠를수록 지상부 생육이 좋았다. 관부 크기는 삽목 시기가 빠를수록 커져 대묘가 양성되었는데, 6월 4일, 6월 11일 삽목에서 각각 11.76mm, 11.36mm로 가장 크고, 7월 9일 삽목에서는 9.77mm로 작았다. 크라운의 생체중과 건물중은 6월 4일 삽목에서 각각 1.63g, 0.53g으로 가장 많았다.

딸기 ‘설향’ 품종의 삽목 시기는 6월 4일- 11일이 적합하였으며, 삽목 후 발근과 뿌리 활착에 필요한 10일 정도의 기간을 고려하면 육묘 일수는 80-87일로 판단되었다. ‘설향’ 딸기는 6월 초순에 삽목해야 묘 품질이 우수하고 과실 수량도 안정적이며(Kim 등, 2023), 조기수확과 다수확을 고려할 때 ‘설향’ 품종의 적정 육묘일수는 75-90일이 가장 유리하였다는 Choi 등(2017)의 결과와 일치하였다. 딸기는 4월 상순 육묘장

에 모주를 정식하고 6월 하순부터 런너를 채취하여 삽수로 사용한다. 식물의 삽목 번식에 있어서 삽수 채취시기는 발근에 있어서 중요한 역할을 하며(Bassuk와 Howard, 1980), 삽수 채취시기에 따라 식물체 내에 존재하는 오옥신 이동 및 농도 차이가 발생하여 생존율에 차이가 있다고 하였다(Kim 등, 2020). Hicklenton과 Reekie(2002)는 육묘 일수가 적정한 딸기 묘는 어리거나 오래된 묘보다 생장이 우수하여 과실 수확량이 많았고, 식물체를 관리하는데 있어서도 노동력을 줄일 수 있다고 하였다. 그러나 육묘 기간이 너무 길면 자묘 간의 광경쟁이 발생할 수 있고, 육묘용 포트 크기에 따라 뿌리 생육이 제한되거나 발육이 지연되어 정식 후에는 크라운 크기와 관계없이 생존율과 과실 수량에도 영향을 미칠 수 있다고 하였다(Bish 등, 2001; Hochmuth 등, 2006a, 2006b). Kim 등(2020)은 딸기 삽목 시 모주에 저장되어 있던 탄수화물이 런너를 통해 새로 발생하는 자묘 쪽으로 이동하여 축적되는데, 1개의 모주에서 자묘 수가 적고 탄수화물 함량이 높았던 6월 삽목이 7월 삽목에 비해 발근이 잘 되고 생존율이 높았다고 하였지만, 본 연구에서는 삽목 시기와 상관없이 생존율이 97.2-99.2%로 매우 높았다. Rho 등(2009)은 삽수를 채취한 후 3, 8, 13°C의 냉장고에 7일간 저장한 후 삽목하여도 저장온도와 관계없이 활착률이 100%로 높았으며, 저장온도 3°C에서 5, 10, 15,

Table 5. Survival rate, root and crown of characteristics ‘Sulhyang’ strawberry nursery plants as affected by cutting time (n=10).

Cutting date	Survival rate (%)	Root number (ea./plant)	Root length (cm)	Root weight (g/plant)		Crown diameter (mm)	Crown weight (g/plant)	
				Fresh	Dry		Fresh	Dry
Jun 4	97.5 a ^z	28.8 a	23.3 a	5.64 a	1.05 a	11.76 a	1.63 a	0.53 a
Jun 11	98.4 a	28.2 a	20.1 b	5.68 a	1.10 a	11.36 ab	1.41 b	0.45 b
Jun 18	99.1 a	27.4 a	16.8 c	4.46 b	0.90 ab	10.87 bc	1.35 b	0.43 bc
Jun 25	97.3 a	24.5 b	13.2 d	4.41 b	0.84 b	10.58 cd	1.28 b	0.38 bc
July 2	99.2 a	22.5 bc	14.2 d	4.65 b	0.80 b	10.00 de	1.32 b	0.37 c
July 9	97.2 a	20.6 c	14.9 cd	3.98 bc	0.57 c	9.77 e	1.01 c	0.30 d

^zMean separation within columns followed by different letters are significantly different by Duncan’s multiple range test at $p \leq 0.05$.

Table 6. Leaf and petiole length of characteristics ‘Sulhyang’ strawberry nursery plants as affected by cutting time (n=10).

Cutting date	Leaf number (ea./plant)	Leaf weight (g/plant)		Leaf area (cm ² /plant)	Petiole length (cm)
		Fresh	Dry		
Jun 4	5.7 a ^z	4.06 a	0.89 a	301.2 a	12.98 ab
Jun 11	5.4 ab	3.86 ab	0.81 a	291.2 ab	13.94 a
Jun 18	5.3 ab	3.60 bc	1.01 a	261.5 bc	12.24 ab
Jun 25	5.1 bc	3.33 bc	0.83 a	249.0 c	12.52 ab
July 2	5.0 c	3.08 cd	0.81 a	257.1 c	12.87 bd
July 9	4.7 c	2.54 d	0.45 a	209.3 d	11.11 b

^zMean separation within columns followed by different letters are significantly different by Duncan’s multiple range test at $p \leq 0.05$.

20일간 삼수를 저장한 후 삼목하여도 활착률은 95%로 높았다. 딸기는 런너 끝 자묘에서 본엽 1-2장이 발생하면 뿌리의 원기가 발생하므로(Saito 등, 2008), 삼목 후 삼수의 위조 방지와 뿌리 활착을 위한 삼목상 상대습도를 95% 이상으로 관리하면, 삼목 시기와 관계없이 생존율은 높은 것으로 판단되었다(Kang 등, 2019; Kim 등, 2018).

딸기 묘의 관부 직경은 과실 수량과 정의 상관관계가 있으며(Faby, 1997), 관부가 큰 묘는 작은 묘보다 조기수량도 많았다(Albregts, 1968; Cocco 등, 2010; Durner 등, 2002). Durner 등(2002)은 묘의 관부 직경이 8mm 이상 되어야 과실의 품질 향상과 수량을 증대시킬 수 있다고 하였는데, 본 실험에서도 7월 9일 삼목에서도 관부 직경이 9.77mm의 묘 생산은 가능하지만, 6월 상순 삼목이 우량 묘 양성에 더 유리한 것으로 판단되었다.

삼목 시기에 따른 정식 후 과실 수량과의 관계를 조사한 결과(Fig. 7), 6월 4일, 6월 11일 삼목에서 1화방 수량은 각각 230.5g, 230.8g으로 가장 많았으며, 삼목 시기가 가장 늦은 7월 9일 삼목에서는 181.6g으로 적었다. 2화방 수량은 197.8g - 202.0g으로 삼목 시기에 따른 유의적인 차이가 없었지만, 7월 9일 삼목은 1화방에서 수량이 감소하나 2화방에서는 증가하였다.

Kim 등(2023)은 7월 삼목 묘는 묘가 불균일하고 육묘 기간이 짧아서 6월 삼목 묘보다 식물체 생육이 부진하고 수확량이 적어, 6월 초에 삼목하는 것이 충분한 삼수 채취량 확보와 고품질의 묘 생산 그리고 과일 수확량에 유리하였다는 결과와 본 연구가 일치한다. 육묘 일수가 69일 된 딸기 삼목 묘는 54

일, 39일, 24일 묘에 비해 식물체 성장과 발육이 우수하고 건물중도 증가하였으며, 화아 형성 전 생리적 조건에 필요한 동화산물 생성과 축적량이 많아서 개화가 빠르고 과실 수량도 많았다(Cocco 등, 2010)는 결과를 고려하면, 경남 지역의 딸기 삼목 시기는 6월 4일-11일에 실시해야 육묘 일수가 충분히 확보되어 묘소질이 우수하고 조기 수량도 증가될 것으로 판단된다.

적 요

딸기 ‘설향’ 품종에 대해 삼목 육묘의 조건을 확립하고자 삼수 채취용 모주 선택, 삼수의 적정 엽수 및 삼목 시기를 구명하였다. 삼수 채취는 육묘장 모주와 과실 수확 후 재배 식물체에서 채취하였고, 삼수의 엽수는 0, 1, 2장 그리고 삼목 시기는 6월 4일부터 7월 9일까지 1주일 간격으로 하였다. 육묘장 삼수와 재배 식물체 삼수의 최종 생존율은 각각 99.5%, 98.7%로 높았으며, 유의적인 차이는 없었다. 근수는 육묘장 삼수에서 3.1개 많았고, 관부와 잎의 생육은 차이가 없었다. 과실 수량은 육묘장 삼수와 재배 식물체 삼수에서 각각 419.2g, 428.4g이었지만 유의적인 차이는 없었다. 삼수의 엽수별 생존율은 엽수 1, 2장에서 각각 98.1%, 98.3%로 높았고, 0장은 25.3%로 현저히 낮았다. 근수는 엽수 1, 2장에서 각각 26.0개, 26.3개로 엽수 0장의 23.5개에 비해 많았다. 관부와 엽의 생육에서는 엽수에 따른 유의적인 차이가 없었다. 과실 수량은 엽수 1, 2장에서 각각 424.4g, 421.5g으로, 0장 396.7g 보다 많았다. 삼목 시기에 따른 삼목 후 생존율은 97.2% 이상으로 높았으며, 처리 간의 유의적인 차이는 없었다. 묘의 지하부와 지상부 그리고 관부의 생육은 6월 4일과 11일 삼목에서 가장 좋았다. 과실 수량은 6월 4일, 6월 11일 삼목에서 각각 433.3g, 426.4g으로 가장 많았으며, 삼목 시기가 가장 늦었던 7월 9일 삼목에서는 384.5g으로 적었다. 딸기 삼목용 삼수 재료는 육묘장 삼수와 과실 수확을 마친 재배 식물체 삼수 모두 가능하였고, 삼수의 적정 엽수는 최소 1장 이상 그리고 경남 지역의 삼목 시기는 6월 4일-11일이 적합하였다.

추가주제어: 관부, 삼목시기, 삼목육묘, 영양변식, 유인육묘

Literature Cited

- Albregts E.E. 1968, Influence of plant size at transplanting on strawberry fruit yield. Proc Florida State Hort Soc 81:163-166.
 Aminah H., J.M. Dick, and J. Grace 1997, Rooting of shorea

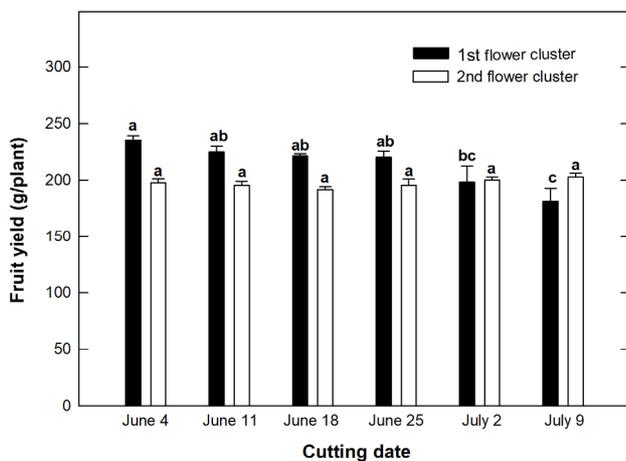


Fig. 7. Fruit yield of ‘Sulhyang’ strawberry as affected by cutting time. Each bar represents SE (n=10). Different letters at the top of the vertical bar indicate a statistical difference according to the Duncan’s multiple range test at $p \leq 0.05$.

- leprosula stem cuttings decreases with increasing leaf area. For Ecol Manag 91:247-254. doi:10.1016/S0378-1127(96)03857-1
- Bae M.J., E.N. Kim, H.K. Choi, M.S. Byun, K.H. Chung, J.A. Yoon, and J.H. An 2019, Quality characteristics and antioxidant activities of strawberries according to various extraction methods. J Korean Soc Food Sci Nutr 48:728-738. (in Korean) doi:10.3746/jkfn.2019.48.7.72
- Bassuk N.L., and B.H. Howard 1980, Seasonal rooting changes in apple hardwood cuttings and their implications to nurserymen. Proc Inter Plant Prop Soc 30:289-293.
- Bish E.B., D.J. Cantliffe, G.J. Hochmuth, and C.K. Chandler 1997, Development of containerized strawberry transplants for Florida's winter production system. Acta Hortica 439: 461-468.
- Bish E.B., D.T. Cantliffe, and C.K. Chandler 2001, A system for producing large quantities of greenhouse grown strawberry plantlets for plug production. HortTechnology 11:636-638.
- Caplan D., J. Stemeroff, M. Dixon, and Y. Zheng 2018, Vegetative propagation of cannabis by stem cuttings: effects of leaf number, cutting position, rooting hormone, and leaf tip removal. Can J Plant Sci 98:1126-1132. doi:10.1139/cjps-2018-0038
- Choi Y.J., S.J. Eum, and H.J. Jun 2017, Effect of raising duration of daughter plants on growth after transplanting in 'Seolhyang' strawberry. Korean J Hortica Sci Technol 35(Suppl II):59. (in Korean)
- Cocco C., J.L. Andriolo, L. Erpen, F.L. Cardoso, and G.S. Casagrande 2010, Development and fruit yield of strawberry plants as affected by crown diameter and plantlet growing period. Pesqui Agropecu Brasileira 45:730-736. doi:10.1590/S0100-204X2010000700014.
- Davis T.D., and J.R. Potte 1989, Relations between carbohydrate, water status and adventitious root formation in leafy pea cuttings rooted under various levels of atmospheric CO₂ and relative humidity. Physiol Plant 77:185-190. doi:10.1111/j.1399-3054.1989.tb04967.x
- Durner E.F., E.B. Poling, and J.L. Maas 2002, Recent advances in strawberry plug transplant technology. HortTechnology 12:545-550.
- Faby R. 1997, The productivity of graded 'Elsanta' frigo plants from different origin. Acta Hortica 439:449-455.
- Fagherazzi A.F., D.S. Zanin, M.F. Soares dos Santos, J. Martins de Lima, P.D. Welter, A.F. Richter, and G. Baruzzi 2021, Initial crown diameter influences on the fruit yield and quality of strawberry pircinque. Agronomy 11:184. doi:10.3390/agronomy 11010184.
- Haissig B.E. 1974, Influences of auxins and auxin synergists on adventitious root primordium initiation and development. N Z J For Sci 4:311-323.
- Hicklenton P.R., and J.Y.C. Reekie 2002, The nursery connection: exploring the links between transplant growth and development, establishment, and productivity. In Strawberry research to 2001. Proceedings of the 5th North American Strawberry Conference. ASHS Press p.136-146.
- Hochmuth G., D. Cantliffe, C. Chandler, C. Stanley, E. Bish, E. Waldo, D. Legard, and J. Duval 2006a, Containerized strawberry transplants reduce establishment period water use and enhance early growth and flowering compared with bare root plants. HortTechnology 16:46-54.
- Hochmuth G., D. Cantliffe, C. Chandler, C. Stanley, E. Bish, E. Waldo, D. Legard, and J. Duval 2006b, Fruiting responses and economics of containerized and bare root strawberry transplants established with different irrigation methods. HortTechnology 16:205-210.
- Hwang H.S., H.W. Jeong, H.R. Lee, and S.J. Hwang 2020, Rooting rate and survival rate as affected by humidification period and medium type of 'Maehyang' strawberry on cutting propagation. Protected Hort Plant Fac 29:219-230. (in Korean) doi:10.12791/KSBEC.2020.29.3.219
- Hwang H.S., H.W. Jeong, H.R. Lee, H.G. Jo, and S.J. Hwang 2021a, Rooting and survival rate as affected by various types and concentrations of auxin on 'Maehyang' strawberry in cutting propagation. J Bio-Env Con 30:56-64. (in Korean) doi:10.12791/KSBEC.2021.30.1.056
- Hwang H.S., H.W. Jeong, J.H. Kang, and S.J. Hwang 2021b, Comparison of labor period, work time, and seedling growth in cutting and pinning transplants on 'Maehyang' strawberry. J Bio-Env Con 30:257-262. (in Korea) doi:10.12791/KSBEC.2021.30.4.257
- Jun H.J., E.H. Jeon, S.I. Kang, and G.H. Bae 2014, Optimum nutrient solution strength for Korean strawberry cultivar 'Daewang' during seedling period. Hortica Sci Technol 32: 812-818. (in Korean)
- Jun H.J., H.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. Hortica Sci Technol 29:23-28. (in Korean)
- Kanamori K., F. Ishizu, H. Tanaka, and T. Asao 2019, Strawberry cultivation by direct planting using runner plantlets propagated from fruit harvested plants. Hortica Res (Japan). 18:33-38. doi:10.2503/4wjJ833
- Kang D.I., H.K. Jeong, Y.G. Park, H. Wei, J. Hu, and B.R. Jeong 2019, Humidification and shading affect growth and development of cutting propagated 'Maehyang' strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) at propagation stage. Protected Hort Plant Fac 28:429-437. (in Korean) doi:10.12791/KSBEC.2019.28.4.429.
- Kang D.I., J. Hu, Y. Li, and B.R. Jeong 2020, Growth, productivity, and quality of strawberry as affected by propagation method and cultivation system. Protected Hort Plant Fac 29:326-336. (in Korean) doi:10.12791/KSBEC.2020.29.4.326
- Kim E.J., M.J. Uhm, H.S. Jung, J.Y. Kim, and J.G. Lee 2020,

- Determination of optimal collecting date and exogenous auxin dipping treatments in cutting transplants of ‘Seolhyang’ strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.). Protected Hort Plant Fac. 29:252-258. (in Korean) doi:10.12791/KSBEC.2020.29.3.252
- Kim E.J., S.Y. Jin, H.S. Jung, C.S. Kim, S.H. Guak, and J.G. Lee 2023, Comparison of propagation methods and cutting collection time focusing on transplant growth, fruit quality, and yield in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.). Hort Sci Technol 41: 1-10. doi:10.7235/HORT.20230001
- Kim H.M., H.M. Kim, H.W. Jeong, H.R. Lee, B.R. Jeong, N.J. Kang, and S.J. Hwang 2018, Growth and rooting rate of ‘Maehyang’ strawberry as affected by irrigation method on cutting propagation in summer season. Protected Hort Plant Fac 27:103-110. (in Korean) doi:10.12791/KSBEC.2018.27.2.103.
- Kim J.H., and S.K. Lee 1992, Comparative analysis of ellagic acid, anticarcinogen, in strawberry. J Korean Soc Hortic Sci 10:62-63. (in Korean)
- Leakey R.R.B., and M.P. Coutts 1989, The dynamics of rooting in *Triplochiton scleroxylon* cuttings: their relation to leaf area, node position, dry weight accumulation, leaf water potential and carbohydrate composition. Tree Physiol 5: 135-146. doi:10.1093/treephys/5.1.135.PMID:14973005.
- Lee D.S., K.H. Kim, and H.S. Yook 2018, Antioxidant effects of fractional extracts from strawberry (*Fragaria ananassa* var. ‘Seolhyang’) leaves. J Korean Soc Food Sci Nutr 47:263-270. (in Korean) doi:10.3746/jkfn.2018.47.3.263
- Lee S.Y., N.H. Yoon, J.H. Gu, S.J. Jeong, K.J. Kim, J.C. Rhee, T.J. Lee, and J.S. Lee 2009, Effect of leaf number and rooting media on adventitious rooting of softwood cuttings in native *Hydrangea serrata* for. *acuminata*. Hort Sci Technol 27:199-204. (in Korean)
- Macias-Rodriguez L., E. Quero, and M.G. Lopez 2002, Carbohydrate differences in strawberry crowns and fruit (*Fragaria × ananassa*) during plant development. J Agric Food Chem 50:3317-3321.
- Mass J.L., G.J. Galletta, and G.D. Stoner 1991, Ellagic acid, anticarcinogen in fruits, especially in strawberries. HortScience 26:10-14.
- Menzel C.M., and L. Smith 2011, Effect of time of planting, plant size, and nursery growing environment on the performance of ‘Festival’ strawberry in a subtropical environment. HortTechnology 21:56-66.
- Menzel C.M., and L. Smith 2012, Effect of time of planting and plant size on the productivity of ‘Festival’ and ‘Florida Fortuna’ strawberry plants in a subtropical environment. HortTechnology 22:330-337.
- Mudge K.W., V.N. Mwaja, F.M. Itulya, and J. Ochieng 1995, Comparison of four moisture management systems for cutting propagation of bougainvillea, hibiscus, and kei apple. J Am Soc Hortic Sci 120:366-373.
- Ofori D.A., A.C. Newton, R.R.B. Leakey, and J. Grace 1996, Vegetative propagation of *Milicia excelsa* by leafy stem cuttings: effects of auxin concentration, leaf area and rooting medium. For Ecol Manag 84:39-48. doi:10.1016/0378-1127(96)03737-1.
- Rho I.R., Y.S. Cho, H.J. Jeong, and J.W. Cheong 2009, Collecting and storage method of cutting plant for successful rooting on strawberry nursery. Korean J Hortic Sci Technol 27(Suppl I):54. (in Korean)
- Saito Y., M. Imagawa, M.K. Yabe, N. Bantog, K. Yamada, and S. Yamaki 2008, Stimulation of rooting by exposing cuttings of runner plants to low temperatures to allow the raising of strawberry seedlings during summer. J Jpn Soc Hortic Sci 77:180-185.
- Seo J.B., G.H. Shin, H.G. Kim, J.W. Lee, and J.K. Kim 2009, Optimum rearing period of new strawberry cultivar ‘Sulhyang’. Korean J Hortic Sci Technol 27(Suppl I):52. (in Korean)
- Tchoundjeu Z., M.L.N. Mpeck, E. Asaah, and A. Amougou 2004, The role of vegetative propagation in the domestication of *Pausinystalia johimbe* (K. Schum), a highly threatened medicinal species of west and central Africa. For Ecol Manag 188:175-183.
- Torres-Quezada E.A., L. Zotarelli, V.M. Whitaker, B.M. Santos, and I. Hernandez-Ochoa 2015, Initial crown diameter of strawberry bare-root transplants affects early and total fruit yield. HortTechnology 25:203-208.
- Usanmaz S. 2019, Effects of different propagation methods on the strawberry cv. ‘Florida Fortuna’ yield grown under low tunnel. Int J Agric Environ Food Sci 3:257-264. doi:10.31015/jaefs.2019.4.10
- Yamazaki K., H. Hamamoto, and T. Ikeda 2006, Comparison between two methods of raising daughter plants on initial growth and photosynthetic rate in strawberry. Acta Hortic 771:157-160.
- Yoon H.S., A.J. An, K.H. Jong, H.J. Jin, and H.D. Kim 2018, Effects of raising duration of daughter plants on flowering and fruit yield in ‘Kuemsil’ strawberry. Korean J Hortic Sci Technol 36(Suppl II):73. (in Korean)
- Zheng J., F. Ji, D. He, and G. Niu 2019, Effect of light intensity on rooting and growth of hydroponic strawberry runner plants in a LED plant factory. Agronomy 9:875-887. doi:10.3390/agronomy9120875.