Protected Horticulture and Plant Factory, Vol. 29, No. 3:219-230, July (2020)
DOI https://doi.org/10.12791/KSBEC.2020.29.3.219
pISSN 2288-0992
eISSN 2288-100X

'매향' 딸기의 삽목 번식 시 가습 기간 및 배지 종류에 따른 발근율과 생존율

황희성[1] · 정현우[2] · 이혜리[2] · 황승재[3,4,5]*

[1]경상대학교 대학원 작물생산과학부 대학원생, [2]경상대학교 대학원 응용생명과학부 대학원생,
[3]경상대학교 농업생명과학대학 농업식물과학과 교수, [4]경상대학교 농업생명과학연구원 교수, [5]경상대학교 생명과학연구원 교수

Rooting Rate and Survival Rate as Affected by Humidification Period and Medium Type of 'Maehyang' Strawberry on Cutting Propagation

Hee Sung Hwang[1], Hyeon Woo Jeong[2], Hye Ri Lee[2], and Seung Jae Hwang[3,4,5]*

[1]Graduate Student, Division of Crop Science, Graduate School of Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea
[2]Graduate Student, Division of Applied Life Science, Graduate School of Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea
[3]Professor, Department of Agricultural Plant Science, College of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea
[4]Professor, Institute of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea
[5]Professor, Research Institute of Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

Abstract. This study was conducted to determine the optimum medium and humidification period for the strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch. cv. Maehyang) cutting seedling production. The cuttings were planted in coir (CO), rockwool (RW), phenolic foam (PF), and organic foam medium (OFM) with fogging treatment in 0, 3, 6, 9, or 12 days on February, 2019. And, as the field verification examination research, cuttings were planted in CO, RW, PF, and OFM, with misting treatment in 0, 6, 9, 12, or 15 days on June, 2019. In fogging treatments, rooting and survival rates of seedlings tended to increase with longer fogging periods, and rooting and survival rates were showed significantly higher in CO medium with more than 9 days of fogging periods. In misting treatments, rooting rate was significantly higher in CO and RW medium with more than 9 days of misting periods, and survival rate was significantly higher with more than 12 days of misting periods. There was no significantly difference by growth medium and humidification period in shoot and root growth. Therefore, when considering the rooting and survival rate the CO medium with 9 days of humidification period could be beneficial for the production of the 'Maehyang' strawberry cutting seedlings.

Additional key words : coir, fogging, misting, phenolic foam, rockwool

서 론

딸기(*Fragaria* × *ananassa* Duch.)는 동절기에 수확되는 대표적인 시설원예 작물로 6,421ha의 생산면적을 가지고 있으며, 맛과 향이 좋고 비타민 C와 항산화 물질을 다량 함유한 영양학적으로 우수한 과채류 작물이다(Bae 등, 2019; KOSIS, 2019). 국내 딸기는 대부분의 농가에서 자가 육묘로 묘를 생산하고 있으며, 종자의 낮은 발아율과 품종 유지의 어려움과 같은 이유로 종자 번식이 아닌 영양 번식을 이용한 육묘를 하고 있다(Jurik, 1985; Rugienius와 Stanys, 2001; Park 등, 2016). 딸기의 영양 번식 방법에는 유인과 삽목 등의 방법들이 보급되어 왔다. 국내에서 일반적으로 사용되는 방법인 유인 방법은 10월 하순에 채취한 런너를 삽목 및 휴면시킨 후, 이듬해 3-4월 경에 모주로 정식하여 9월에 정식할 자묘를 생산하는 방법이다(Park 등, 2016). 유인 방법은 런너에서 발생한 초기 자묘가 완전한 자가 독립 영양체로 성장할 때까지 모주로부터 수분 및 양분을 공급받기 때문에 안정적으로 자묘를 생산할 수 있다는 장점이 있지만, 11개월 이상의 긴 육묘기간과 높은 재식 밀도에 따른 자묘의 도장, 런너의 발생 시기 및 유인 일자의 차이에 의한 불균일한 묘소질 등의 단점이 있다(Kang 등, 2019; Liu 등, 2019; Zheng 등, 2019).

완전히 독립된 묘가 생산될 때까지 겨울에 생산한 육묘용 모주를 여름까지 관리해야 하는 유인 방법과 달리, 딸기의 삽목은 모주에서 발생하는 런너를 삽수로 채취하여 모주와 관계없이 자묘만 관리하여 묘를 생산하기 때문에 육묘기간이 짧고

*Corresponding author: hsj@gnu.ac.kr
Received March 27, 2020; Revised April 27, 2020;
Accepted May 13, 2020

노동력이 절감되며 균일한 묘를 생산할 수 있다는 장점이 있어 유럽에서 흔히 활용되고 있다(Kim 등, 2018). 또한, 가지나 잎을 삽수로 사용하는 다른 원예작물과 달리 뿌리가 형성된 자묘를 삽수로 사용하기 때문에 관리가 쉽고 발근율이 높다(Saito 등, 2008; Zheng 등, 2019). 딸기 삽목묘 생산의 성공률을 높이기 위한 가장 중요한 요소는 삽수의 탈수를 방지하는 것이다(Kang 등, 2019). 식물의 수분은 기공을 통한 증산작용으로 가장 많이 소실되기 때문에(Lee와 Han, 2012), 미리 포습시킨 배지에 삽수를 고정한 후 밀폐된 공간에서 공중 습도를 높여 증산작용을 억제하는 방법으로 삽수의 탈수를 방지하며 관리한다(Saito 등, 2008; Tetsumura 등, 2017).

삽목상의 공중 습도를 높이기 위해 보편적으로 사용되는 방법으로 포깅과 미스팅 처리가 있다(Miller, 2014; Suraj 등, 2019). 포깅과 미스팅을 구분하는 기준은 삽목상에 공급되는 수분 입자의 직경으로, 40μm를 기준으로 그 이하의 직경을 가진 수분 입자를 공급하면 포깅 처리, 그 이상의 직경을 가진 수분 입자를 공급하면 미스팅 처리로 구분하고 있다(Miller, 2014; Tetsumura 등, 2017). 미스팅 처리는 수분 입자의 크기가 상대적으로 크기 때문에 식물과 배지에 수분 입자가 흡착되어 식물의 생육에 영향을 끼칠 수 있는 반면, 포깅 처리는 공급된 수분 입자의 크기가 작아 식물에 영향을 끼치지 않고 공중 습도를 높일 수 있다는 장점을 가지고 있다(Harrison- Murray 등, 1988; Priapi, 1993). 하지만 포깅 처리는 시설의 비용이 많이 들고 유지 및 관리가 어려우며, 넓은 공간을 균일하게 가습하기 힘들다는 단점을 가지고 있지만, 미스팅 처리는 시설의 설치가 쉽고 비용이 저렴하며 넓은 재배 면적을 동시에 가습할 수 있다는 장점이 있다(Peterson 등, 2018). 이러한 이유로 농가에서는 재배 규모와 경제성을 고려하여 미스팅 혹은 포깅 처리를 이용하여 딸기를 삽목 번식시키고 있다. 삽목의 성공률은 적절한 가습 기간에 따라 크게 달라질 수 있으며, 적정 가습 기간을 초과할 경우, 과습에 의한 무름병과 곰팡이 발생 등으로 삽수의 발근율과 생존율이 저하될 수 있다(Ku와 Cho, 2014). 하지만, 딸기 삽목묘 생산을 위한 적정 가습 기간에 관한 연구가 부족하며 이에 따라 농가마다 가습 기간이 달라 삽목묘의 묘소질 저하 등과 같은 문제가 발생하고 있다. 따라서, '매향' 딸기 삽목묘를 생산하는 데 있어 적절한 가습 기간에 대한 구명이 필요하다.

공중 습도 관리와 함께 삽수가 고정되어 직접적으로 수분을 공급받는 배지 또한 성공적인 삽목묘 생산에 있어 중요한 요소이다. 딸기 삽수의 발근율은 삽수의 기저부에 닿는 배지의 수분 및 온도 환경에 따라서 달라지며, 건조하거나 과습한 배지에서 발근시킬 경우 삽목묘의 주근 발생 및 생육이 지연되어 뿌리 형성이 불량하게 된다(Saito 등, 2008). 따라서, 딸기 삽수의 발근에 적절한 환경을 제공할 수 있는 배지의 선정은 매우 중요하다. 딸기의 수경재배에는 암면, 코이어, 피트모스 등 다양한 고형배지들이 사용되며, 배지마다 물리성, 화학성, 수분 이동 특성 등이 달라 식물에 서로 다른 근권환경을 제공한다. 하지만 피트모스는 한정된 자원을 사용하여 만드는 배지이기 때문에 채굴 과정에서 자연환경을 파괴하며, 코이어는 제염 처리 및 품질의 불균일성에 대한 문제가 존재하고, 암면은 부식되지 않아 폐기가 어렵다는 단점이 있다(Shin과 Son, 2015; Park과 Kim, 2017). 그러므로, 기존에 사용되고 있던 배지들의 단점을 개선하기 위해 생분해가 되어 폐기가 쉬운 폐놀폼 배지와 기존 유기 배지의 불균일한 품질을 개선한 유기성형배지와 같은 다양한 신 배지들이 개발되었으나(Kim 등, 2016; Lee 등, 2019a), 신 배지들을 딸기 육묘에 적용한 데이터 및 자료들은 부족한 실정이다.

따라서, 본 연구는 수출 딸기 '매향' 삽목묘 생산 시, 삽수의 발근율과 생존율을 높일 수 있는 적절한 가습 기간과 배지를 구명하고 농가 현장에서도 적용 가능한지에 대한 가능성을 파악하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

1. '매향' 딸기 삽목 번식 시 포깅 기간 및 배지 종류에 따른 삽목묘의 생육(실험 1)

본 연구는 경상대학교에 위치한 벤로형 유리 온실에서 수행되었다. 2018년 9월 3일에 '매향'(*Fragaria* × *ananassa* Duch. cv. Maehyang) 딸기 모주를 육묘 베드에 정식하고, 이듬해 2019년 2월 13일에 발생한 런너를 채취하여 80mL씩 코이어(CO, Coir; Cocopeat Co. Ltd., Dummalasuriya, Sri Lanka), 암면(RW, Rockwool; Grodan Co. Ltd., Roermond, The Netherlands), 폐놀폼(PF, LC grow foam; Smithers-Oasis Co. Ltd., OH, USA), 그리고 유기성형배지(OFM, Terra Plug; Smithers-Oasis Co. Ltd., OH, USA)를 각각 충진한 40구 트레이에 삽목하였다. 이후 산업용 가습기(분사 입자크기, 4-7μm; 분무량, 3.3kg·h^{-1})(UH-303, JB Natural Co. Ltd., Gunpo, Korea)를 설치한 소형 삽목 터널에 각각 0, 3, 6, 9 및 12일간 포깅 처리하였으며, 포깅 처리가 끝난 삽목묘의 재배 관리를 위해 2019년 2월 25일까지 수돗물을 이용하여 저면관수 하였다. 상대습도 조절장치(LITE-C, JB Natural Co. Ltd., Gunpo, Korea)를 이용하여 설정치를 80%로 설정하여 가습기를 가동하였다. 온습도 데이터 로거(TR-74Ui, T&D Co. Ltd., Matsumoto, Japan)를 이용하여 측정된 실험 기간 동안 소형 삽목 터널 내부의 주간 평균 온도와 야간 평균 온도, 평균 상대습도는 각각 22.2℃와 14.5℃, 97.3%였다(Fig. 1).

2. ‘매향’ 딸기 삽목 번식 시 미스팅 기간 및 배지 종류에 따른 삽목묘의 생육(실험 2)

본 연구는 경남에 위치한 딸기 재배 농가의 플라스틱 온실에서 수행되었으며 실험 1의 결과에 대한 현장 실증 실험으로 진행되었다. 2019년 5월 27일에 완전히 전개된 3-4매의 잎을 가진 균일한 품질의 삽수를 채취하여 5℃의 농업용 저온 냉장고에서 저온 보관 후, 2019년 6월 2일에 꺼내어 73mL씩 CO, RW, PF, 그리고 OFM 배지를 50구 트레이에 각각 충진하여 삽목하였다. 삽목한 묘들은 분무 노즐 구경 0.2mm의 미스트 노즐과 고온 및 강광 방지를 위한 80% 차광막이 설치된 가로 6m, 세로 60m, 높이 3m의 삽목용 플라스틱 온실에서 각각 0, 6, 9, 12 및 15일간 미스팅 처리를 하였다. 미스팅 처리가 끝난 처리구는 수돗물을 이용하여 저면관수 하여 배지가 마르지 않도록 관리하였다. 온습도 데이터 로거(TR-74Ui, T&D Co. Ltd., Matsumoto, Japan)를 이용하여 측정된 실험 기간 동안 삽목 온실 내부의 평균 주간 온도와 야간온도, 상대습도는 각각 26.6℃와 16.9℃, 92.4%였다(Fig. 2).

3. 조사항목

가습 처리가 끝난 각 처리 별 삽목묘의 발근율과 생존율, 근장, 주근 수, 초장, 엽장, 엽폭, 엽수, SPAD, 엽면적, 관부 직경, 지상부, 지하부 생체중 및 건물중을 측정하였다. SPAD값은 엽록소 측정기(SPAD-502, Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 생장점을 기준으로 완전히 전개된 세 번째 잎에서 측정하였다. 엽면적은 엽면적 측정기(LI-3000, LICOR Inc., NE, USA)를 이용하여 측정하였다. 관부 직경을 측정하기 위해 버니어캘리퍼스(CD-20CPX, Mitutoyo Co., Ltd., Kawasaki, Japan)를 사용하였으며, 생체중과 건물중은 전자저울(EW220-3NM, Kern&Sohn GmbH., Balingen, Germany)을 이용하여 측정하였다. 건물중은 시료를 항온

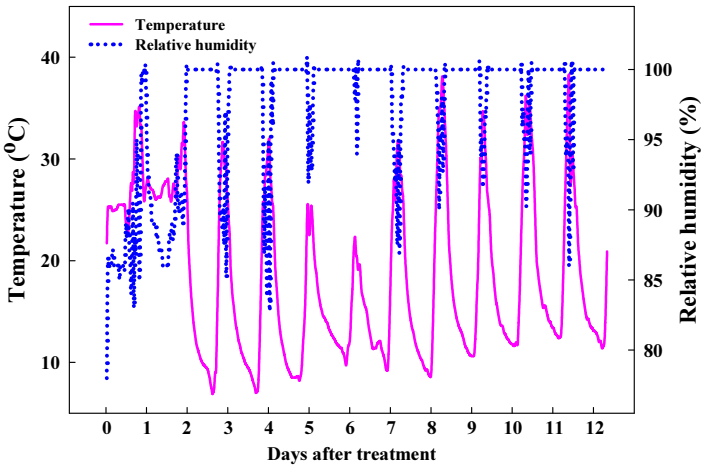

Fig. 1. The changes of temperature and relative humidity in small plastic tunnel during 12 days after cutting in fogging experiment.

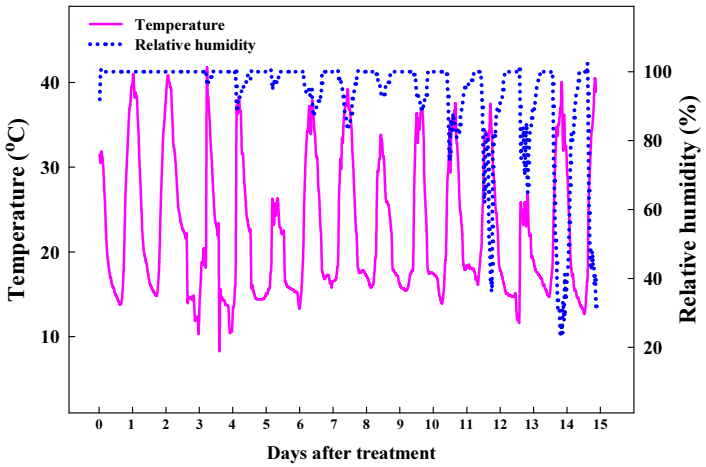

Fig. 2. The changes of temperature and relative humidity in plastic greenhouse during 15 days after cutting in misting experiment.

건조기(Venticell- 222, MMM Medcenter Einrichtungen GmbH., Planegg, Germany)를 이용하여 70℃에서 72시간 건조 시킨 후 측정하였다.

4. 배지 이화학성 측정

실험에 사용한 배지의 물리성(총 공극, 용기용수량, 기상률, 가비중)과 화학성(EC, pH)을 Kim과 Jeong(2003), Kim 등(2016)의 방법으로 측정하였다(Fig. 3과 Table 1). 배지 화학성은 pH/EC meter(Enzo 8200M, GOnDO Electronic Co. Ltd., Taipei, Taiwan)로 측정하였다. 배지의 물리성은 다음 식을 이용하여 계산하였다(Fonteno, 1996; Choi 등, 1997).

- 총 공극(TP, total porosity) = 용기용수량 + 기상률
- 용기용수량(CC, container capacity) = [습윤중량(wet weight) - 건조중량(dry weight)] / 배지의 용적(volume of sample) × 100
- 기상률(AS, air space) = 배수된 용적량(volume of drained water) / 배지의 용적(volume of sample) × 100
- 가비중(BD, bulk density) = 건조중량(dry weight) / 배지의 용적(volume of sample)

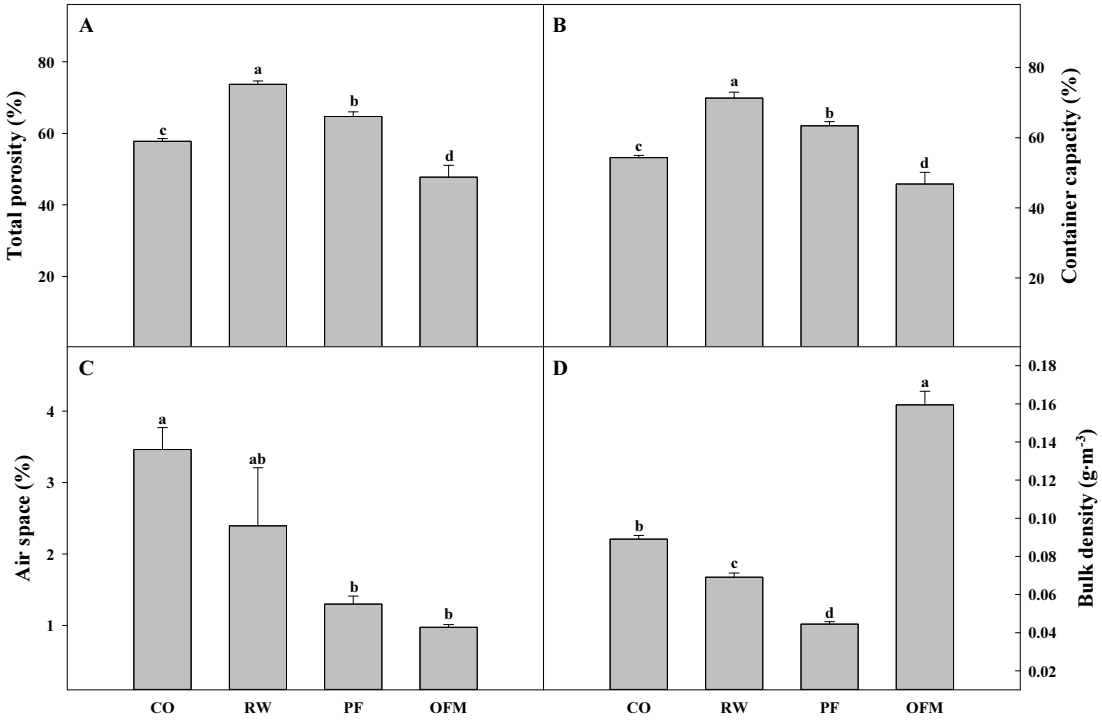

Fig. 3. Total porosity (A), container capacity (B), air space (C), and bulk density (D) of the media used in experiments for 'Maehyang' strawberry cutting seedlings rooting. CO (Coir; Cocopeat Co. Ltd., Dummalasuriya, Sri Lanka); RW (Rockwool; Grodan Co. Ltd., Roermond, The Netherlands); PF (LC grow foam; Smithers-Oasis Co. Ltd., OH, USA); and OFM (Terra Plug; Smithers-Oasis Co. Ltd., OH, USA). Vertical bars indicate standard errors of the means (n = 6). Fisher's least significant difference test at $p \leq 0.05$.

Table 1. EC and pH of growing media used in experiments for 'Maehyang' strawberry cutting seedlings rooting (n = 15).

Medium[z]	EC (dS·m^{-1})	pH
CO	0.25 a[y]	6.5 c
RW	0.09 c	7.1 a
PF	0.11 bc	6.9 b
OFM	0.14 b	6.3 c

[z]CO (Coir; Cocopeat Co. Ltd., Dummalasuriya, Sri Lanka); RW (Rockwool; Grodan Co. Ltd., Roermond, The Netherlands); PF (LC grow foam; Smithers-Oasis Co. Ltd., OH, USA); and OFM (Terra Plug; Smithers-Oasis Co. Ltd., OH, USA).
[y]Mean separation within columns by Fisher's least significant difference test at $p \leq 0.05$.

5. 실험설계 및 통계분석

실험은 처리당 12개체씩 3반복의 난괴법으로 배치하였으며 균일한 6개체의 삽목묘를 채취하여 조사를 실시하였다. 통계분석은 SAS 프로그램(SAS 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 평균간 비교는 피셔의 최소유의차검정(Fisher’s least significant difference test)을 이용하여 5% 유의수준에서 각 처리 간 유의성을 검증하였다. 그래프는 SigmaPlot 프로그램(SigmaPlot 12.5, Systat Software Inc., San Jose, CA, USA)을 이용하여 나타냈다.

결과 및 고찰

1. 배지의 이화학적 특성

실험에 사용된 4종류의 배지의 물리적 특성은 Fig. 3과 같다. 배지의 총 공극은 배지가 포함할 수 있는 수분과 산소의 함량을 결정한다(No 등, 2012). 총 공극은 RW 배지에서 73.7%로 유의적으로 가장 높았으며, PF, CO, OFM 배지에서 각각 64.7%, 57.8%, 47.8% 순으로 낮았다. 용기용수량은 배지에서 함유 가능한 최대 양수분의 양을 나타내는 것으로 용기용수량이 높은 배지는 관수 빈도를 줄일 수 있다는 장점을 가지고 있다(Kim 등, 2018). 용기용수량은 RW 배지에서 71.3%로 가장 높았으며, PF, CO, OFM 배지에서 각각 63.4%, 54.3%, 46.8%인 것으로 나타났다. 식물의 생장을 위한 근권 환경을 조성하기 위해서는 고상, 액상, 기상의 적절한 균형이 중요하며, 총 공극에 대한 기상률에 따라 배지의 통기성이 결정된다(Kim 등, 2004; Kim 등, 2006; Park 등, 2012). 기상률은 CO 배지에서 3.5%로 유의적으로 가장 높았으며, PF와 OFM 배지에서 각각 1.3%, 1.0%로 가장 낮았다. 가비중은 배지의 부피당 무게를 나타낸 것으로 가비중이 높을수록 정식된 식물체를 지지하는 능력이 높은 것을 의미한다(No 등, 2012; Lee 등, 2019b). 가비중은 OFM 배지에서 0.16g·m^{-3}으로 가장 높았으며, CO, RW, PF 배지에서 각각 0.09g·m^{-3}, 0.07g·m^{-3}, 0.04g·m^{-3} 순으로 낮았다. 실험에 사용된 배지의 화학적 특성은 Table 1과 같다. 배지의 EC는 CO 배지에서 유의적으로 가장 높았으며, OFM, PF, RW 배지 순으로 낮아졌다. 일반적으로 유기 배지는 무기 배지와 비교해 EC가 높은 것으로 알려져 있으며, CO 배지는 유기 배지이기 때문에 EC가 높게 나타난 것으로 판단된다

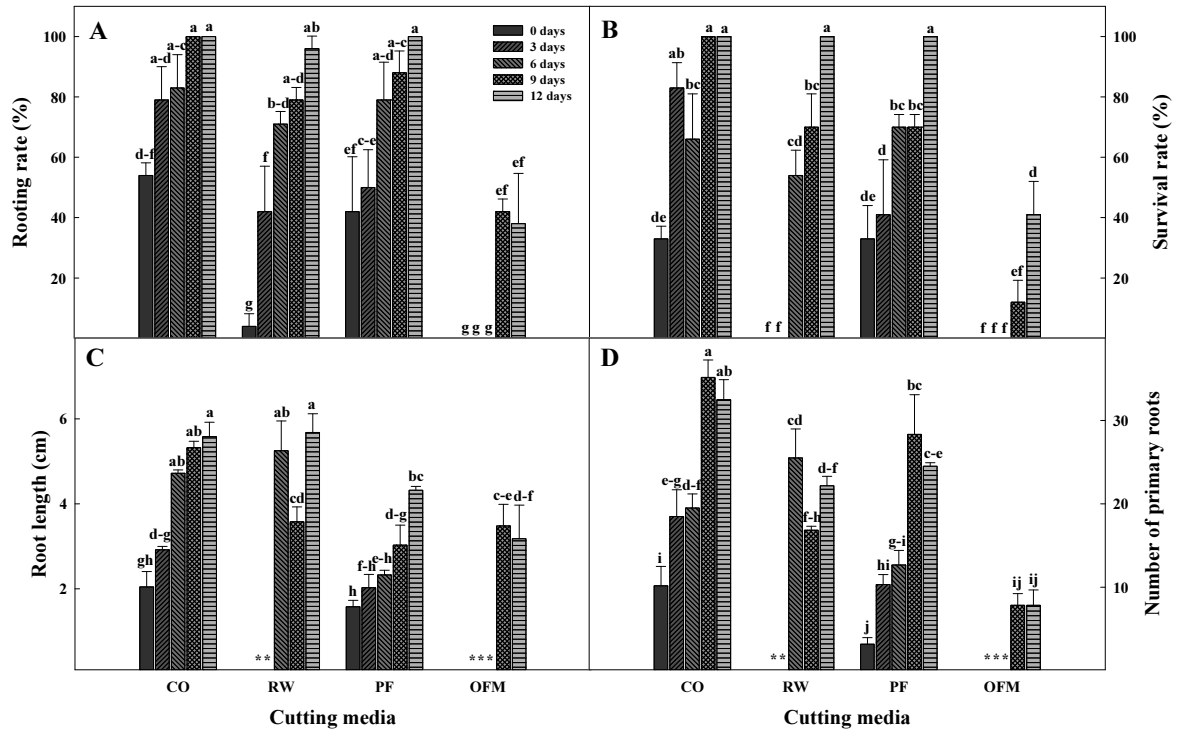

Fig. 4. The rooting rate (A), survival rate (B), root length (C), and number of primary roots (D) of ‘Maehyang’ strawberry cutting seedlings as affected by different types of growing media and fogging period at 12 days after cutting in fogging experiment. CO (Coir; Cocopeat Co. Ltd., Dummalasuriya, Sri Lanka); RW (Rockwool; Grodan Co. Ltd., Roermond, The Netherlands); PF (LC grow foam; Smithers-Oasis Co. Ltd., OH, USA); and OFM (Terra Plug; Smithers-Oasis Co. Ltd., OH, USA). Vertical bars indicate standard errors of the means (n = 6). Fisher’s least significant difference test at $p \leq 0.05$. *Not measured because plants were dead.

(Kim 등, 2018; Lee 등, 2019b). 실험에서 사용된 배지들의 pH 범위는 6.3-7.1로 딸기의 수경재배가 가능한 pH 범위인 5.0-7.0에 근접한 것으로 나타났다(Choi 등, 2017).

2. '매향' 딸기 삽목 번식 시 포깅 기간 및 배지 종류에 따른 삽목묘의 생육(실험 1)

Fig. 4는 포깅 처리 12일 후, 조사한 '매향' 딸기 삽목묘의 발근율, 생존율, 근장 및 주근 수를 나타낸 것이다. CO 배지는 포깅 기간 9일째부터 100%의 발근율과 생존율을 보였고 OFM 배지에서는 유의적으로 낮은 발근율과 생존율을 확인할 수 있었다. CO 배지는 타 배지에 비해 기상률이 높았으며(Fig. 3C), 기상률이 높은 배지는 통기성이 좋아 삽수의 발근 및 생존에 유리하다고 알려져 있다(Kim 등, 2004). 반면, OFM 배지는 다른 배지에 비해 유의적으로 총공극과 용기용수량, 기상률이 가장 낮았다(Figs. 3A, 3B와 3C). 추가적인 배지의 수분공급이 이뤄지지 않는 삽목 터널 안에서 OFM은 수분 함유량과 통기성이 떨어져 삽수의 발근이 원활히 이뤄지지 않은 것으로 보인다. 따라서 통기성이 좋은 CO 배지를 이용하는 것이 포깅 기간을 단축시키면서 삽목묘의 발근율과 생존율을 높게 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

모든 배지 처리에서 포깅 기간이 증가할수록 발근율과 생존율이 높아지는 경향을 보였다. Mudge 등(1995)은 성공적인

Table 2. The growth characteristics of 'Maehyang' strawberry cutting seedlings as affected by different types of growing media and fogging period at 12 days after cutting in fogging experiment ($n = 6$).

Medium[z] (A)	Fogging period (B)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm^2/plant)	SPAD	Crown diameter (mm)
CO	0	13.18 a-c[y]	4.98 a-c	3.85 b-d	4.5 ab	89.18 c-f	56.75 a	11.27 ab
	3	11.45 c	5.38 ab	4.58 a	4.3 a-c	122.75 a-d	55.55 a-c	8.62 ef
	6	13.95 a-c	5.61 a	4.22 a-d	4.7 ab	137.39 a	50.65 d-f	11.87 a
	9	13.05 a-c	5.08 a-c	3.95 b-d	4.7 ab	123.29 a-c	53.52 a-d	9.73 c-e
	12	14.35 ab	5.42 ab	4.05 a-d	4.5 ab	114.33 a-e	52.08 c-e	10.21 b-d
RW	0	-[x]	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-
	6	11.85 bc	5.22 a-c	4.12 a-d	5.0 a	115.39 a-e	56.28 ab	10.16 b-d
	9	15.48 a	5.62 a	4.35 ab	4.3 a-c	136.10 ab	50.65 d-f	10.62 a-c
	12	14.05 a-c	5.35 ab	4.12 a-d	4.3 a-c	102.88 b-f	55.65 a-c	8.92 d-f
PF	0	12.42 bc	5.48 ab	3.75 c-e	4.0 b-d	88.09 ef	44.62 g	8.03 f
	3	13.13 a-c	4.43 c	3.17 e	3.7 cd	76.38 f	53.10 c-e	7.63 f
	6	11.60 c	4.93 a-c	3.67 c-e	3.5 d	105.01 a-f	54.47 a-c	7.81 f
	9	13.00 a-c	4.93 a-c	3.90 b-d	4.3 a-c	100.81 c-f	54.53 a-c	8.92 d-f
	12	13.02 a-c	5.35 ab	4.25 a-c	4.7 ab	136.58 ab	53.35 a-d	9.12 d-f
OFM	0	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-	-
	9	12.22 bc	5.08 a-c	4.18 a-d	4.3 a-c	117.45 a-e	48.78 ef	9.06 d-f
	12	12.98 a-c	4.78 bc	3.65 de	4.3 a-c	88.86 d-f	47.65 fg	7.85 f
Significance	A	NS	NS	*	*	NS	***	***
	B	NS	NS	NS	NS	*	*	**
	A × B	NS	NS	**	NS	*	***	**

[z]CO (Coir; Cocopeat Co. Ltd., Dummalasuriya, Sri Lanka); RW (Rockwool; Grodan Co. Ltd., Roermond, The Netherlands); PF (LC grow foam; Smithers-Oasis Co. Ltd., OH, USA); and OFM (Terra Plug; Smithers-Oasis Co. Ltd., OH, USA).

[y]Mean separation within columns by Fisher's least significant difference test at $p \leq 0.05$.

[x]Not measured because plants were dead.

[NS,*,**,***]Nonsignificant or significant at $p \leq 0.05$, 0.01 or 0.001, respectively.

삽목을 위해 가장 중요한 것은, 공중 습도를 높게 유지하여 뿌리가 수분을 흡수할 수 있을 때까지 삽수의 수분 퍼텐셜을 유지시키는 것이라고 보고하였다. 딸기의 뿌리 활착에는 약 10일 정도가 소요되는 것으로 알려져 있으며(Kim 등, 2018), 12일 포깅 처리에서 삽수의 발근율과 생존율이 유의성 있게 가장 높았던 것은 딸기의 뿌리가 활착될 때까지 공중 습도를 높게 유지시켰기 때문인 것으로 판단된다. CO 배지와 PF 배지에서 근장과 주근 수는 포깅 기간의 증가에 따른 정의 상관관계를 보였다. 이는 식물의 삽목 시, 공중 습도를 높게 유지하는 기간이 길수록 발근율 및 뿌리 생육량이 증가했다는 Kim 등(2015)의 보고와 유사하다. 일반적으로 식물의 수분 퍼텐셜이 낮아지면 세포의 팽압이 낮아지면서 증산률 저하, 잎의 위조, 물질 이동 장애에 따른 광합성 저하 등으로 전반적인 식물 생육이 감소한다고 알려져 있다(Kang과 Lee, 2003). 특히, 딸기와 같은 잎이 넓은 삽수를 이용한 삽목은 증산으로 발생하는 수분 유출이 비교적 심한 편이기 때문에 이를 막기 위한 공중 습도의 관리가 더욱 중요하다(Nam 등, 2017). 따라서, 포깅 기간이 길수록, 공중 습도를 높게 유지하는 기간이 길어져 딸기 삽수의 수분 퍼텐셜을 안정적으로 유지시켰기 때문에 근장 및 주근 수 또한 증가한 것으로 보인다.

Table 2와 Table 3은 포깅 처리 12일 후 삽목묘의 지상부 및 지하부 생육을 조사한 것이다. SPAD와 관부직경을 제외한

Table 3. The fresh and dry weights of ‘Maehyang’ strawberry cutting seedlings as affected by different types of growing media and fogging period at 12 days cutting in fogging experiment ($n = 6$).

Medium[z] (A)	Fogging period (B)	Shoot		Root	
		Fresh wt. (g/plant)	Dry wt. (g/plant)	Fresh wt. (g/plant)	Dry wt. (g/plant)
CO	0	4.77 c-e[y]	1.90 ab	3.08 e-g	0.74 b-d
	3	4.78 b-e	1.74 a-c	3.79 c-f	0.84 a-d
	6	7.56 a	2.09 a	4.37 a-d	0.87 a-c
	9	5.70 b-d	1.63 a-c	4.62 a-c	0.84 a-c
	12	5.82 bc	1.44 b-d	5.05 ab	0.78 b-d
RW	0	-[x]	-	-	-
	3	-	-	-	-
	6	4.98 b-e	1.46 b-d	3.31 d-g	0.69 cd
	9	6.37 ab	1.83 a-c	5.09 a	1.09 a
	12	5.10 b-e	1.50 a-d	4.88 a-c	1.00 ab
PF	0	4.14 de	1.34 cd	2.57 g	0.59 cd
	3	3.53 e	1.08 d	2.57 g	0.63 cd
	6	4.87 b-e	1.56 b-d	2.82 fg	0.67 cd
	9	4.83 b-e	1.40 b-d	3.84 b-f	0.78 b-d
	12	6.17 a-c	1.73 a-c	4.19 a-e	0.78 b-d
OFM	0	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	6	-	-	-	-
	9	5.67 b-d	1.90 ab	2.37 g	0.60 cd
	12	4.89 b-e	1.60 a-c	2.49 g	0.57 d
Significance	A	NS	***	*	***
	B	**	NS	NS	**
	A × B	*	NS	NS	*

[z]CO (Coir; Cocopeat Co. Ltd., Dummalasuriya, Sri Lanka); RW (Rockwool; Grodan Co. Ltd., Roermond, The Netherlands); PF (LC grow foam; Smithers-Oasis Co. Ltd., OH, USA); and OFM (Terra Plug; Smithers-Oasis Co. Ltd., OH, USA).

[y]Mean separation within columns by Fisher’s least significant difference test at $p \leq 0.05$.

[x]Not measured because plants were dead.

[NS,*,**,***]Nonsignificant or significant at $p \leq 0.05$, 0.01 or 0.001, respectively.

삽목묘의 지상부 생육은 배지 종류 및 포깅 기간의 증가에 따른 유의적인 차이가 없는 것을 확인할 수 있는데, 이는 '매향' 딸기 삽목 후 26일째 생육 결과, 가습 처리 유무에 따른 지상부 생육에는 유의적인 차이가 없었다는 Kang 등(2019)의 연구와 유사하다. SPAD와 관부직경은 배지의 종류에 영향을 받았으며, CO 배지에서 다른 배지에 비해 우수한 경향을 보였다. 이는 CO 배지에서 지하부 생육이 우수하여 지상부의 생육에 영향을 끼친 것으로 판단된다(Fig. 4). 지하부 건물중은 포깅 기간이 증가함에 따라 모든 배지에서 증가하는 경향을 보였으며, 이는 본 연구에서 포깅 기간이 증가함에 따라 발근율, 근장 및 주근 수가 증가한 것에 따른 결과인 것으로 판단된다.

3. '매향' 딸기 삽목 번식 시 미스팅 기간 및 배지 종류에 따른 삽목묘의 생육(실험2)

미스팅 처리 15일 후에 '매향' 딸기 삽수의 발근율, 생존율, 근장 및 주근 수를 조사하였다(Fig. 5). 미스팅 처리를 하지 않은 처리구의 삽수는 모두 발근과 생존을 하지 못하였다. 다른 배지 처리에서와 달리, CO 배지와 RW 배지에서 9일 이상 미스팅 처리하였을 때 100% 발근되었으며, 12일 이상 미스팅 처리하였을 때 100%의 높은 생존율을 확인할 수 있었다. 코이어는 밀도에 비해 공극률이 크고, 암면은 직조 방향에 따른 배액 배출의 경로를 조절할 수 있으므로 배액의 배출이 쉬운 장점이 있다(Shin과 Son, 2015). 한편, 미스팅 처리는 포깅 처리보다 수분 입자가 3-7배 가량 크기 때문에 식물의 잎이나 배지 등에 흡수되기 쉬우며, 공급된 수분 입자는 배지를 과습하게 만들 수 있다(Fernandez 등, 1992; Miller, 2014; Tetsumura 등, 2017). 그러므로, 지속해서 배지에 수분이 공급되는 상황에서 CO와 RW 배지는 기상률과 총 공극이 높고 배액 배출이 쉬운 특성을 가져 삽수의 발근과 생존에 유리했을 것으로 판단되며, 최소 9일 이상 미스팅 처리를 해주는 것이 삽수의 발근율과 생존율을 높이기 위한 적절한 처리로 판단된다. 실험1에서 발근율과 생존율이 현저히 낮았던 것과 달리 실험2에서는 OFM 배지에서도 높은 발근율과 생존율을 확인할 수 있었는데, 이는 포깅 처리와 달리 미스팅 처리에 의해 공급된 크기가 큰 수분입자에 의해 배지가 마르지 않고 적정한 수분함량을 유지함에 따라, 총공극과 용기용수량이 낮았던 OFM 배지에서도 삽수가 발근하기 적절한 근권환경이 갖춰진 것으로 판단된다. '매향'

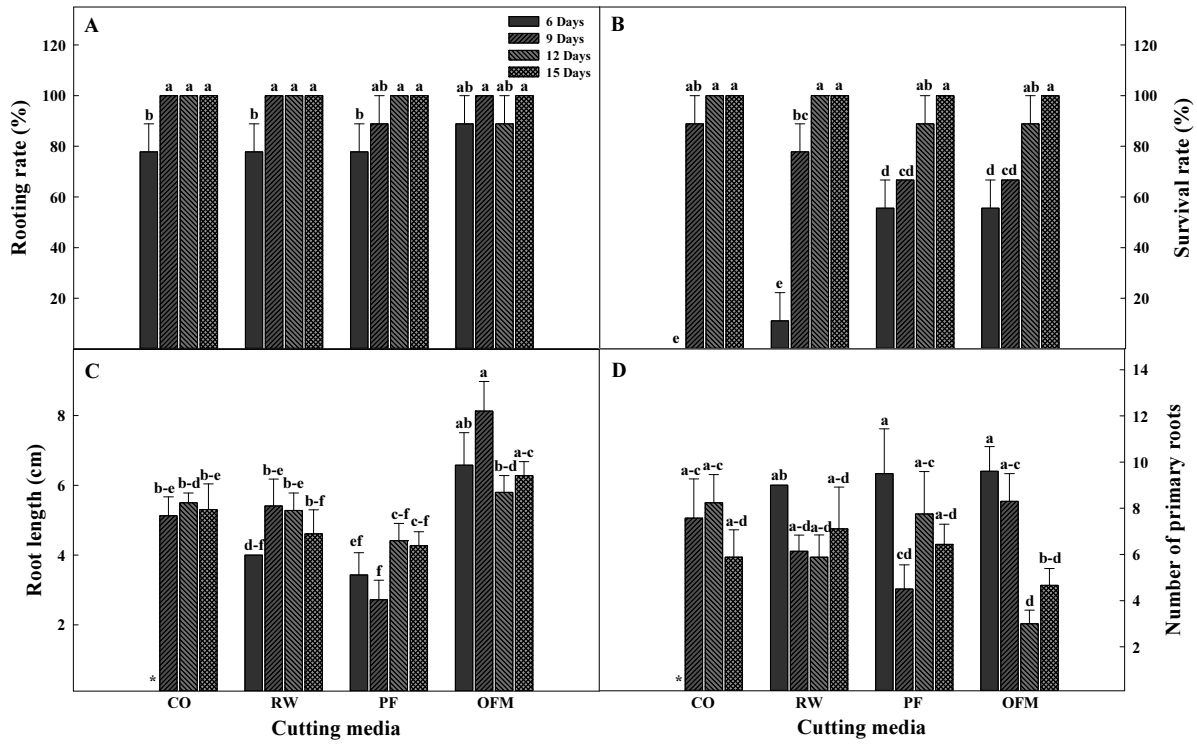

Fig. 5. The rooting rate (A), survival rate (B), root length (C), and number of primary roots (D) of 'Maehyang' strawberry cutting seedlings as affected by different types of growing media and misting period at 15 days after cutting in misting experiment. CO (Coir; Cocopeat Co. Ltd., Dummalasuriya, Sri Lanka); RW (Rockwool; Grodan Co. Ltd., Roermond, The Netherlands); PF (LC grow foam; Smithers-Oasis Co. Ltd., OH, USA); and OFM (Terra Plug; Smithers-Oasis Co. Ltd., OH, USA). Vertical bars indicate standard errors of the means (n = 6). Fisher's least significant difference test at $p \leq 0.05$. *Not measured because plants were dead.

딸기 삽목묘의 근장은 전체적으로 미스팅 기간이 길어질수록 증가하였으며 9-12일 기준으로 감소하는 경향을 보였다. 주근수는 미스팅 기간이 증가함에 따라 대체로 감소하는 경향을 보였다. Ku와 Cho(2014)는 배지가 과습할 경우 삽수의 발근 및 근수에 부정적인 영향을 끼칠 수 있다고 보고하였으며, 본 연구에서 발생한 근장 및 주근 수의 감소도 미스팅 처리로 발생한 배지 과습이 원인으로 여겨지나, 미스팅 기간에 따른 각 배지 내 수분 이동 특성에 대한 데이터는 조사하지 않았기 때문에 향후 추가실험이 이뤄져야 할 것으로 판단된다.

Table 4와 Table 5는 미스팅 처리 15일 후 삽목묘의 지상부 및 지하부 생육을 조사한 것이다. 미스팅 처리에 따른 삽목묘의 지상부 및 지하부 생육은 앞서 수행한 포깅 처리 실험과 유사하게 배지와 미스팅 기간에 따른 유의적인 차이가 없었다. 딸기는 런너가 지면에 닿으면, 활발한 발근과 초기 주근의 확보를 위한 생육이 진행되며 그동안 유관속조직의 발달 및 잎과 꽃의 생성이 지연된다고 알려져 있다(Mann, 1930). 또한, 뿌리가 완전히 활착된 딸기 묘에서 신엽이 발생하기까지 약 8일의 기간이 소요되는 것으로 알려져 있다(RDA, 2009). 따라서, 실험이 이뤄진 15일 동안 딸기 삽수는 지상부 생장보다 발근과 뿌리 활착을 위해 생장 에너지가 주로 사용되었을 것으로 판단되며, 이에 따라 지상부 생육에 유의적인 차이가 발생하지 않은 것으로 보인다. 따라서, 미스팅 처리로 삽목묘를 생산하더라도 포깅 처리로 생산되는 삽목묘와 유사한 품질을 가질 수 있을 것으로 보이며, 이를 통해 미스팅 처리를 이용하여 재배 면적이 넓은 현장에서 고품질의 ‘매향’ 딸기 삽목묘를 생산하는 것이 가능할 것으로 판단된다.

이상의 결과를 종합하면, 배지 종류 및 가습 기간에 따른 ‘매향’ 딸기 삽수의 발근율과 생존율은 가습기간이 길어질수록 유의적으로 증가하였으며, 배수성과 통기성이 다른 배지에 비해 우수했던 CO 배지에서 안정적으로 높은 발근율과 생존

Table 4. The growth characteristics of ‘Maehyang’ strawberry cutting seedlings as affected by different types of growing media and misting period at 15 days after cutting in misting experiment ($n = 6$).

Medium[z] (A)	Misting period (B)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm^2/plant)	SPAD	Crown diameter (mm)
CO	6	-[y]	-	-	-	-	-	-
	9	18.01 a-c[x]	6.81 a	4.94 ab	3.14 a-c	138.63 a	43.57 ab	7.56 ab
	12	18.68 ab	6.78 ab	5.39 a	3.44 a-c	158.06 a	40.97 b	6.45 a-c
	15	15.59 a-d	5.53 a-c	4.38 ab	3.11 bc	108.29 a	41.36 b	4.48 de
RW	6	13.40 c-e	5.60 a-c	4.10 b	4.00 a	127.89 a	46.80 a	7.81 a
	9	17.57 a-c	5.97 a-c	4.67 ab	2.71 bc	98.80 a	41.30 b	5.32 cd
	12	18.00 a-c	6.20 a-c	4.64 ab	3.00 bc	116.95 a	40.89 b	3.72 e
	15	14.84 a-e	5.60 a-c	4.12 b	3.56 ab	105.98 a	42.60 ab	5.14 c-e
PF	6	10.48 e	5.53 bc	4.60 ab	2.63 c	100.16 a	41.15 b	5.66 cd
	9	12.38 de	4.82 c	4.42 ab	2.67 c	92.74 a	40.62 b	5.82 cd
	12	13.63 b-e	6.14 a-c	4.65 ab	2.88 bc	124.78 a	43.80 ab	4.62 de
	15	12.43 de	6.33 a-c	5.05 ab	3.22 a-c	133.45 a	41.58 b	5.22 cd
OFM	6	17.30 a-d	6.46 ab	4.82 ab	3.20 a-c	111.91 a	42.46 ab	6.27 bc
	9	13.55 c-e	6.27 a-c	4.65 ab	2.83 bc	115.03 a	42.08 b	5.38 cd
	12	17.61 a-c	6.39 a-c	4.91 ab	2.63 c	116.78 a	42.06 b	4.65 de
	15	19.03 a	6.20 a-c	4.69 ab	3.11 bc	110.33 a	41.92 b	5.02 c-e
Significance	A	***	NS	NS	NS	NS	NS	**
	B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***
	A × B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***

[z]CO (Coir; Cocopeat Co. Ltd., Dummalasuriya, Sri Lanka); RW (Rockwool; Grodan Co. Ltd., Roermond, The Netherlands); PF (LC grow foam; Smithers-Oasis Co. Ltd., OH, USA); and OFM (Terra Plug; Smithers-Oasis Co. Ltd., OH, USA).

[y]Not measured because plants were dead.

[x]Mean separation within columns by Fisher’s least significant difference test at $p \leq 0.05$.

[NS,**,***]Nonsignificant or significant at $p \leq 0.01$ or 0.001, respectively.

Table 5. The fresh and dry weights of 'Maehyang' strawberry cutting seedlings as affected by different types of growing media and misting period at 15 days after cutting in misting experiment ($n = 6$).

Medium[z] (A)	Misting period (B)	Shoot		Root	
		Fresh wt. (g/plant)	Dry wt. (g/plant)	Fresh wt. (g/plant)	Dry wt. (g/plant)
CO	6	-[y]	-	-	-
	9	5.90 a[x]	0.30 ab	1.29 a	0.029 ab
	12	6.88 a	0.28 a-c	1.39 a	0.023 a-c
	15	3.73 a	0.21 a-d	0.90 a	0.014 a-c
RW	6	5.42 a	0.10 b-d	1.21 a	0.010 bc
	9	4.66 a	0.28 a-c	0.98 a	0.025 a-c
	12	7.13 a	0.21 a-d	1.08 a	0.015 a-c
	15	3.86 a	0.18 a-d	1.15 a	0.018 a-c
PF	6	4.52 a	0.18 a-d	1.01 a	0.018 a-c
	9	4.44 a	0.06 cd	0.91 a	0.008 bc
	12	4.44 a	0.16 a-d	1.38 a	0.020 a-c
	15	4.88 a	0.10 b-d	1.32 a	0.016 a-c
OFM	6	4.43 a	0.29 ab	1.02 a	0.024 a-c
	9	3.99 a	0.34 a	0.93 a	0.031 a
	12	3.54 a	0.04 d	1.17 a	0.005 c
	15	4.23 a	0.15 a-d	1.00 a	0.011 a-c
Significance	A	NS	*	NS	NS
	B	NS	NS	NS	NS
	A × B	NS	NS	NS	NS

[z]CO (Coir; Cocopeat Co. Ltd., Dummalasuriya, Sri Lanka); RW (Rockwool; Grodan Co. Ltd., Roermond, The Netherlands); PF (LC grow foam; Smithers-Oasis Co. Ltd., OH, USA); and OFM (Terra Plug; Smithers-Oasis Co. Ltd., OH, USA).
[y]Not measured because plants were dead.
[x]Mean separation within columns by Fisher's least significant difference test at $p \leq 0.05$.
[NS,*]Nonsignificant or significant at $p \leq 0.05$, respectively.

율을 확인하였다. 딸기 '매향' 삽목묘의 근장과 주근수는 가습 기간이 12일 이상으로 길어질수록 감소하는 경향을 보여 9일간 가습 처리하는 것이 우수한 뿌리 확보에 유리한 것으로 나타났다. 따라서 근장 및 주근 수와 가습 시설의 가동시간을 고려하였을 때, CO 배지에서 9일간 가습 처리하는 것이 안정적으로 높은 발근율과 생존율을 유지하면서 경제적인 '매향' 딸기 삽목묘의 생산에 유리할 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 시설 딸기(*Fragaria* × *ananassa* Duch. cv. Maehyang)의 삽목묘 생산을 위해 적절한 배지 및 가습 기간을 구명하기 위해 수행되었다. 2019년 2월에 코이어(CO), 암면(RW), 페놀폼(PF), 유기성형배지(OFM)에 삽수를 삽목하여 0, 3, 6, 9, 12일간 포깅 처리를 하였으며, 2019년 6월에 현장 실증 실험으로 코이어(CO), 암면(RW), 페놀폼(PF), 유기성형배지(OFM)에 삽수를 삽목하여 0, 6, 9, 12, 15일간 미스팅 처리를 하였다. 포깅 처리에서 삽목묘의 발근율과 생존율은 포깅 기간이 길어질수록 증가하는 경향을 보였으며, CO 배지에서 9일 이상 포깅 처리하였을 때 발근율과 생존율이 유의적으로 높았다. 미스팅 처리에서 발근율은 CO와 RW 배지에서 9일 이상 미스팅 처리하였을 때, 생존율은 12일 이상 미스팅 처리하였을 때 유의적으로 높았다. 육묘기에 배지 및 가습 처리에 따른 지상부와 지하부의 생육은 유의적인 차이가 없었다. 따라서 발근율과 생존율을 고려하였을 때, CO 배지에서 9일간 가습 처리하는 것이 안정적인 삽목묘의 생산에 유리할 것으로 판단된다.

추가 주제어 : 미스팅, 암면, 코이어, 포깅, 페놀폼

사 사

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 농산물산지유통센터(APC) 기반 딸기 연중 재배를 위한 삽목묘 대량번식과 화아분화 기술 개발 사업의 지원을 받아 연구되었음(118078-2).

Literature Cited

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).

Choi, J.M., J.W. Ahn, J.H. Ku, and Y.B. Lee. 1997. Effect of medium composition on physical properties of soil and seedling growth of red pepper in plug system. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 36:618-624 (in Korean).

Choi, S.H., G.L. Choi, H.J. Jeong, S.Y. Kim, S.C. Lee, and H.G. Choi. 2017. Optimum nutrient concentration to improve growth and quality of strawberry cultivars ‘Berrystar’ and ‘Jukhyang’ in hydroponics. Protected Hort. Plant Fac. 26:424-431 (in Korean).

Fernandez, J., S. Pereira, and E. Miranda. 1992. Fog and substrate conditions for chestnut propagation by leafy cuttings, In: Mass production technology for genetically improved fast growing forest tree species: syntheses. AFOCEL. Bourdeaux, France. p. 379-383.

Fonteno, W.C. 1996. Growing media; types and physical/ chemical properties. In: D.W. Reed. Water, media, and nutrition for greenhouse crops. Ball Publishing. IL. USA. p. 93-122.

Harrison-Murrey, R.S., B.H. Howard, and R. Thompson. 1988. Potential for improved propagation by leafy cuttings through the use of fog. Acta Hortic. 227:205-210.

Jurik, T.W. 1985. Differential costs of sexual and vegetative reproduction in wild strawberry populations. Oecologia. 66:394-403.

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).

Kang, D.J., and I.J. Lee, 2003. Water deficit in salt- and drought-stressed rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. Agric. Res. Bull. Kyungpook Natl. Univ. 21:1-9 (in Korean).

Kim, G.H., and B.R. Jeong. 2003. Hydroponic culture of a pot plant *Ficus benjamina* ‘King’ using mixtures of used rockwool slab particles and chestnut woodchips. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 44:251-254 (in Korean).

Kim, G.H., E.J. Won, and B.R. Jeong. 2006. Use of cellular glass foam (CGF) as a propagation medium of *Dendranthema grandiflorum* ‘Backgwang’ and *Euphorbia pulcherrima* ‘Freedom Red’. Flower Res. J. 14:186-190 (in Korean).

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).

Kim, H.M., K.O. No, and S.J. Hwang. 2016. Use of pellet of cube-type phenolic foam as an artificial medium for production of tomato plug seedlings. Korean J. Hortic. Sci. Technol. 34:414-423 (in Korean).

Kim, H.M., Y.J. Kim, and S.J. Hwang. 2018. Physicochemical properties of newly developed artificial medium and proper irrigation interval for production of tomato plug seedlings. Protected Hort. Plant Fac. 27:71-79 (in Korean).

Kim, I.J., M.J. Kim, S.Y. Nam, C.H. Lee, and H.S. Kim. 2004. Effects of bedsoil and growth regulator on cutting propagation of *Cudrania tricuspidata* bureau. Korean J. Medicinal Crop Sci. 12:285-288 (in Korean).

Kim, T.K., H.C. Kim, J.Y. Song, H.S. Lee, S.H. Ko, Y.M. Lee, and C.K. Song. 2015. Cutting propagation and seedling growth effect according to fertilizer application of *Elsholtzia minima* Nakai. Korean J. Plant Res. 28:243-252 (in Korean).

Korean Statistical Information Service (KOSIS). 2019. Agricultural area survey. http:// kosis.kr/index/index.do (in Korean).

Ku, B.S., and M.S. Cho. 2014. Effects of IBA and rooting media on rooting of cut *Hydrangea macrophylla*. Flower Res. J. 22:60-67 (in Korean).

Lee, H.R., H.M. Kim, H.M. Kim, S.H. Park, and S.J. Hwang. 2019a. Applicability of artificial light source and newly developed growing medium for lettuce cultivation in a closed-type plant production system. Protected Hort. Plant Fac. 28:134-142 (in Korean).

Lee, H.R., H.M. Kim, H.W. Jeong, G.G. Kim, C.I. Na, M.M. Oh, and S.J. Hwang. 2019b. Growth characteristics of *Adenophora triphylla* var. *japonica* Hara seedlings as affected by growing medium. Plants. 8:446-455.

Lee, K.C., and S.S. Han. 2012. Evaluation of drougth tolerance of *Pleurospermum camtschaticum*, *Cirsium setidens* and *Parasenecio firmus* obtained from pressure-volume curves. Korean J. Medicinal Crop Sci. 20:36-41 (in Korean).

Liu, C., Z. Guo, Y.G. Park, H. Wei, and B.R. Jeong. 2019. PGR and its application method affect number and length of runners produced in ‘Maehyang’ and ‘Sulhyang’ strawberries. Agronomy. 9:59-75.

Mann, C.E.T. 1930. Studies in the root and shoot growth of the strawberry. V. the origin, development, and function of the roots of the cultivated strawberry (*Fragaria Virginiana* × *Chiloensis*). Ann. Bot. 44:55-86.

Miller, R. 2014. Evaluation and propagation of Chinese wingnut, *Pterocarya stenoptera*, as a new bioenergy feedstock. http://ideals.illinois.edu.

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. Amer. Soc. Hort. Sci. 120:366-373.

Nam, S., Y.H. Rhie, and J. Kim. 2017. Effect of substrate volumetric water content levels on rooting and growth of hydrangea cuttings. Flower Res. J. 25:47-53 (in Korean).

No, K.O., J.H. Kang, H.M. Kim, C.G. An, B.R. Jeong, and S.J. Hwang. 2012. Use of pellet type phenolic foam as a medium for production of plug seedlings of 'Madison' tomato. J. Bio-Environ. Control 21:199-206 (in Korean).

Park, G.S., Y.C. Kim, and S.W. Ann. 2016. Impact of transplant timing of mother plants for seedling strawberries on growth and development of daughter plants and initial field stage. J. Environ. Sci. Int. 25:289-294 (in Korean).

Park, G.W. and Y.S. Kim. 2017. Theory and reality of hydroponic cultivation. World science, Seoul, Korea. p. 185-259 (in Korean).

Park, J.E., C.G. An, B.R. Jeong, and S.J. Hwang. 2012. Use of phenolic foam as a medium for production of plug seedlings of paprika. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 30:34-41 (in Korean).

Peterson, B.J., O. Sanchez, S.E. Burnett, and D.J. Hayes. 2018. Comparison of four systems for propagation of coleus by stem cuttings. HortTechnology. 28:143-148.

Priapi, V.M. 1993. Outdoor mist propagation. Amer. Nurseryman. 178:30-38.

Rural Development Administration (RDA). 2009. Strawberry. 1st ed. Human culture Arirang, Yangpyeong, Korea. p. 64-68 (in Korean).

Rugienius, R., and V. Stanys. 2001. *In vitro* screening of strawberry plants for cold resistance. Euphytica. 122:269-277.

Saito, Y., M. Imagawa, K. Yabe, N. Bantog, K. Yamada, and S. Yamaki. 2008. Stimulation of rooting by exposing cuttings of runner plants to low temperatures to allow raising of strawberry seedlings during summer. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 77:180-185.

Shin, J.H., and J.E. Son. 2015. Comparisons of water behavior and moisture content between rockwools and coir used in soilless culture. Protected Hort. Plant Fac. 24:39-44 (in Korean).

Suraj, P.G., M. Suresh, P.R. Babu, and M. Varghese. 2019. Variation in rooting pattern of *Leucaena leucocephala* in relation to propagation system and stock mother plants. J. Trop. For. Sci. 9:7-18.

Tetsumura, T., S. Ishimura, C. Honsho, and H. Chijiwa. 2017. Improved rooting of softwood cuttings of dwarfing rootstock for persimmon under fog irrigation. Sci. Hortic. 224:150-155.

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.