

원통형 종이포트 크기, 관수 방법 및 관수 주기에 따른 사과대목('M.26')의 초기 생육

김영선*, 김태웅

Early Growth Characteristics on Apple Rootstock ('M.26') Applying Cylindrical Paper Pot Size, Irrigation Method and Irrigation Frequency

Young-Sun Kim * and Tae-Wooung Kim

대구대학교 원예학과

Department of Horticultural Science, Daegu University, Gyeongsan 38453, Korea

* Correspondence: im0sunkim@daegu.ac.kr

<https://doi.org/10.5338/KJEA.2024.43.25>

Korean J. Environ. Agric. 2024, 43, 261-270

Received: October 15, 2024

Revised: November 6, 2024

Accepted: November 18, 2024

Published: December 5, 2024

Online ISSN: 2233-4173

Print ISSN: 1225-3537



Check for updates

© The Korean Society of Environmental Agriculture 2024



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: This study was conducted to evaluate the effects of cylindrical paper pot (CPP) size, irrigation method and irrigation frequency on the early growth of 'M.26' as a remarkable rootstock of apple in Korea. 'M.26' was utilized into 2, 3, and 4-inch CPPs, watering with overhead irrigation, subirrigation and their mixed method, and irrigation frequency was 1 time or 2 times every four days. Evapotranspiration amount of 'M.26' rootstock on July 25 and August 25 was 6,821 g/m²/day and 7,718 g/m²/day, respectively. Leaves number of 'M.26' in the 2-inch CPP treatment were increased by 23.2% than that of control (no CPP treatment), and leaves length 60.0%. As compared to control, leaves number, dry weight of leaves, and root length of 2-inch CPP watering overhead irrigation (2CPP-O) were increased by 23.2%, 60.0%, and 12.8%, respectively. Compared to control, leaves number and leaves dry weight of 2-inch CPP treatment watering 4 days interval with overhead irrigation method (2CPP-W1) was increased by 19.1% and 60.0%, respectively. These results indicated that when 'M.26' rootstock applying CPP was planted in 2-inch CPP, and then watered every 4 days with overhead irrigation method, it increased the growth of apple rootstock seedling by improving growth of root and leaf.

Keywords: Apple rootstock, Cylindrical paper pot (CPP), Leaves dry weight, Leaves number, Overhead irrigation

서론

사과(*Malus domestica*)는 국내 과수 중 가장 넓은 면적에서 재배되는 원예작물로서 2023년 농림축산식품 주요통계에 따르면 2022년 사과의 재배면적은 35,000 ha, 생산량은 56.6만 톤으로 알려져 있다. 국내에서 주로 재배되는 대표적인 사과 품종은 후지이며, 이외에도 홍로와 쓰가루 등이 재배되고 있다. 사과의 재배에 사용

하는 묘목은 왜성대목과 접수를 이용해 접목한 접목묘를 사용하고 있다[1].

사과를 비롯한 과수류는 묘목을 식재 후 채소류에 비해 장기간 재배되므로 묘목의 초기 생육 및 정착이 중요하며 과원에서 묘목의 초기 수확을 위해서는 접목묘 식재 및 식재 후 묘목 관리기술을 필요로 한다[2]. 사과묘목은 실생묘를 이용하기보다는 왜성대목에 접목하여 번식시키고 있으며, 대표적인 대목 품종은 ‘M.9’나 ‘M.26’ 등이 있다[3]. 사과대목은 영양번식을 이용하여 묘목을 생산하고 있으며 묘목의 생산성을 높이기 위해서는 번식 시 발근을 개선할 수 있는 토양 및 환경관리가 중요하다[4]. 사과 왜성대목에서 아브시스산(abscisic acid, ABA)의 생성은 묘목의 발근과 밀접한 관계가 있다고 알려져 있어 대목묘의 발근 정도는 묘목의 생산성과 품질을 결정하는 중요한 생리적 요인이라 할 수 있다[3].

사과대목은 주로 토양에서 밀식재배방법으로 번식하고 있으나 동일포장에서 연작하게 되면서 묘목의 생육이 불량해지고 묘목의 생산성이 감소한다[5]. 묘목의 연작장해의 원인으로는 묘목 굴착 시 절단된 뿌리에서 발생하는 hydrogen cyanide와 같은 독성물질이 잔류하게 되거나[6] 토양 내 발생한 병원균이 정착하게 되기 때문으로 알려져 있다[6,7]. 이 외에도 토양이나 해충의 오염으로 바이러스가 감염된 묘가 발생하기도 한다[8]. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 오염되지 않은 묘포장에서 묘목을 생산하는 것이 필요하나 묘목 생산단지가 밀집된 지역에서는 적용하기 어렵다. 따라서 사과묘목 생산 시 상토가 충전된 포트를 활용하는 묘목생산방법이 제안되었으며, 포트묘의 생산은 염류집적에 의한 연작장해와 경작지 토양으로부터 유래된 병해충이나 바이러스 오염을 방지할 수 있는 것으로 알려져 있다[9,10].

국내 사과묘목의 포트묘 연구는 필요에 따라 몇몇 연구자들에 의해 이뤄져 왔으나[9,10] 과수용 포트묘 생산을 위한 상토의 개발이나 묘목관리방법 등에 대한 연구는 미미한 실정이다. 사과묘목을 포트묘로 생산하기 위해서는 묘목 품질과 생산성을 결정하는 뿌리 생육을 개선할 수 있는 상토의 조성과 관리방법이 필요하다[3]. 일반적으로 포트묘 재배 시 사용하는 상토 원료는 코코넛코이어, 피트모스, 질석, 진주석, 제올라이트 등을 원료로 활용하며, 활엽수 용기묘는 코코넛코이어와 피트모스가 많이 함유된 상토에서 보수성 및 통기성이 우수하여 묘목의 뿌리 생육이 개선된다[11]. 또한, 원통형 종이포트(cylindrical paper pot, CPP)를 이용하여 오이(*Cucumis sativus* L.) 묘목을 재배하는 경우 초기 뿌리 생육이 촉진된다[12]. 사과묘목은 접목묘를 주로 이용하게 되므로 묘목의 생육과 생산량은 대목의 생육에 의해 결정된다고 볼 수 있다. ‘M.26’은 ‘M.9’와 더불어 사과묘목 생산에 사용하는 대표적인 왜성묘목으로 ‘M.9’보다 내동성이 강하고 번식력이 우수하나 발근이 느리고 뿌리가 약하다[3,13]. 고흡수성수지(super absorption polymer; SAP)는 실내식물의 상토로 활용할 때, 토양공극을 개선하고 보수성이 개선되어 식물의 지하부 생육이 개선되는 것으로 알려져 있다[14].

상토가 충전된 CPP를 이용한 연구는 주로 채소류를 중심으로 공정육묘 시 플러그묘 생산을 중심으로 진행되었다[11]. 채소의 육묘는 작물의 종류에 따라 차이가 있으나 30~60일 정도의 기간 동안 이뤄지지만 과수대목은 1~2년 정도 소요되는 점을 고려한다면 채소류의 육묘와는 다른 관리방법이 요구된다[11,13]. 과수묘목을 포트묘로 재배하는 과정에서 가장 어려운 점은 묘목의 품질을 유지하도록 수분과 양분을 관리하는 일이다. Ha et al. [10]이 ‘Fuji’/‘M.9’ 접목묘를 포트묘로 육성하기 위해 질소시비농도 결정에 관한 기초 연구를 수행한바 있으나 묘목의 뿌리 생육 개선을 위한 연구는 수행된 바 없다. CPP를 이용하는 경우 묘목의 뿌리 생육이 개선시키고[12], 상토에 SAP를 원료로 사용하는 경우 통기성과 보수성을 개선하는 것으로 알려져 있다[14]. 특히, 과수묘목을 포트묘로 조성하는 경우 초기 생육에서 수분관리는 대목의 발근 및 활착에 매우 중요하므로 과수대목의 생산 및 관리를 위해서는 생육에 적절한 CPP의 크기나 관수 방법에 관한 연구가 필요하다. 따라서 본 연구는 ‘M.26’ 대목을 번식시키기 위해 SAP와 원예용 상토를 혼합한 상토가 충전된 원통형 종이포트의 크기, 관수 방법 및 관수 주기에 따른 1년생 ‘M.26’ 대목의 생육을 조사하였다.

재료 및 방법

공시재료

본 연구는 대구대학교 부속농장(경상북도 영천시 금호읍)에 위치한 유리온실에서 2023년 7월부터 9월까지 약 3개월 동안 수행되었다. 공시작물은 사과(*M. pumila*)를 이용하였고, 대목으로 사용되는 품종인 ‘M.26’ (1년생 묘목)을 종묘회사로부터 구매하여 사용하였다. 공시토양은 원예용 상토(commercial substrate, CS; Shinsung Mineral Co., Ltd., Seongnam, Korea)와 SAP (Terra-green Co., Ltd., Hwaseong, Korea)를 각각 A사와 B사로부터 공여 받아 사용하였고, CS와 SAP가 혼합된 상토(CS+SAP)를 시험에

이용하였다. CS와 SAP를 고르게 혼합하기 위해 SAP를 수돗물에 포화시킨 후 혼합하였고, 포화된 SAP를 4% 이상 혼합할 때 원예용 상토의 공극이 10% 이상 증가하여 본 연구에서는 4% SAP를 혼합하였다(Table 1). 원통형 종이포트는 농가에서 공여받아 종이를 분리한 후 종이포트 재질과 유사한 재재를 구매하여 사용하였다.

Table 1. Properties of materials used in this experiment

Materials	pH (1:5)	EC (dS/m)	Bulk density (g/cm ³)
Commercial substrate (CS)	6.59	0.59	0.33
Saturated super absorbent polymer (SAP) ¹⁾	5.64	2.26	0.93
CS+SAP (96%+4%) ¹⁾	6.37	0.71	0.38

¹⁾A saturated SAP means a SAP swelling 200 folds after adding tap water, ²⁾CS+SAP was used as a substrate in this experiment.

원통형 종이포트 크기별 사과대목의 생육

원통형 종이포트의 크기는 육묘용 포트 크기 등을 고려하여 2, 3 및 4 inch 크기로 제작하여 처리구는 각각 2 inch CPP 처리구(2CPP), 3 inch CPP 처리구(3CPP) 및 4 inch CPP 처리구(4CPP)로 설정하였다. 제작된 원통형 종이포트에 공시 상토의 용적밀도를 고려하여 원예용 상토를 칭량한 후 충전하고, 사과묘목을 식재하였다. 식재된 원통형 종이포트는 다시 5인치 시험용 플라스틱 포트(직경 12.7 cm, 깊이 13 cm)에 공시상토를 이용하여 식재하였다. 사과대목의 수분 이용을 확인하기 위해 수분을 포화시킨 후 포트의 무게를 칭량하여 일일 소비되는 증발산량을 7월 25일과 8월 25일에 2회 조사한 후 관수량을 설정하였다. 관수 방법을 일반적으로 묘목 관리에 사용하는 두상관수 방법으로 매일 수행하였다. 증발량을 측정하기 위해 사과대목이 식재되지 않는 포트에 공시상토를 충전한 후 수분을 포화시켰고, 증발산량을 조사하기 위해 사과대목이 식재된 포트에 수분을 포화시킨 후 2시간 동안 중력수를 제거하였다. 이후 저울(ARB 120, OHAUS, NJ, USA)을 이용하여 무게를 칭량한 후 24시간 경과 시마다 무게를 칭량하였다. 7월 25일 증발산량 조사는 대목의 잎이 없어 일액현상과 증발에 의해 수분이 감소하므로 포트에 수분 공급 후 포트 무게가 항량을 나타내는 시기의 포트 무게를 측정하였고, 8월 25일 조사는 대목의 잎이 있어 관찰 시 일시위조가 발생하는 시기의 포트 무게를 측정하였으며, 두 시기 모두 96시간(4일) 정도 경과 시 포트 무게는 항량이 되었고, 식물 앞에서 일시위조 현상이 나타났다.

원통형 종이포트에서 관수 방법별 사과대목의 생육

원통형 종이포트의 크기는 육묘용 포트 크기 등을 고려하여 2 inch와 3 inch로 제작하였고, 제작된 원통형 종이포트에 공시 상토의 용적밀도를 고려하여 원예용 상토를 칭량한 후 충전하고, 사과묘목을 식재하였다. 처리구는 CPP 크기와 관수 방법에 따라 2 inch CPP에서 두상관수 처리구(2 inch CPP applying overhead irrigation, 2CPP-O), 저면관수 처리구(2 inch CPP applying subirrigation, 2CPP-S) 및 두상·저면 혼합관수 처리구(2 inch CPP applying both overhead irrigation and subirrigation, 2CPP-OS)로, 3 inch CPP에서 두상관수 처리구(3 inch CPP applying overhead irrigation, 3CPP-O), 저면관수 처리구(3 inch CPP applying subirrigation, 3CPP-S) 및 두상·저면 혼합관수 처리구(3 inch CPP applying both overhead irrigation and subirrigation, 3CPP-OS)로 설정하였다. 사과대목의 시기별 일일 증발산량을 7월 25일과 8월 24일에 각각 조사한 후 설정된 관수량을 공급하였다. 대목의 관수 주기는 증발산량 조사 시 포트묘의 무게가 항량이 되는 시기인 4일을 기준으로 관수 주기를 설정하였다. 대목의 관수량은 각 시기별 증발산량으로 설정하였고, 두상관수는 각 처리구별 포트 표면에 4일 간격으로 관수하였고, 저면관수는 포트 하면을 통해 4일 간격으로 공급하였으며, 두상과 저면 혼합관수는 증발산량의 50%는 두상으로, 50%는 저면관수로 4일 간격으로 공급하였다.

원통형 종이포트에서 관수 주기별 사과대목의 생육

원통형 종이포트의 크기는 육묘용 포트 크기 등을 고려하여 2 inch와 3 inch로 제작하였고, 제작된 원통형 종이포트의 부피와 공시 상토의 용적밀도를 고려하여 원예용 상토를 칭량한 후 충전하고, 사과묘목을 식재하였다. 사과대목의 시기별 일일 증발산량

을 7월 25일과 8월 25일에 각각 조사한 후 관수 주기별 관수량을 설정하였다. 조사된 관수량을 전량처리 후 4일 간격으로 관수 주기를 설정한 처리구(CPP-W1)와 관수량을 50%씩 나눠 2일 간격으로 관수 주기를 설정한 처리구(CPP-W2)로 구분하여 처리구는 2 inch 크기의 CPP에서 2CPP-W1 처리구와 2CPP-W2 처리구로, 3 inch 크기의 CPP에서 3CPP-W1 처리구와 3CPP-W2 처리구로 관수 방법은 두상관수법을 사용하였다.

조사 내용

사과묘목의 조사는 식재 후 30일 간격으로 8월 24일과 9월 24일에 총 2회 수행되었으며, 묘목의 생육 정도는 엽록소 함량, 엽장, 엽폭, 잎 건물중 및 뿌리 건물중을 조사하였다. 엽록소 함량은 엽록소 측정기(SPAD-501 plus, Minota, Tokyo, Japan)를 이용하여 값을 측정한 후 제조사에서 제공하는 식에 준하여 엽록소 함량을 계산하였다[15]. 엽장과 엽폭은 잎의 종경과 횡경을 측정용 자를 이용하여 조사하였다. 대목의 지상부와 지하부의 생육을 조사하기 위해 각각 잎과 뿌리의 건물중을 조사하였다.

통계 분석

통계처리는 SPSS (ver. 27.0, IBM, NY, USA)를 이용하여 Duncan 다중검정을 통해 처리구간 평균값의 유의차를 검정하였다.

결과 및 고찰

사과 묘목의 생육 시기별 증발산량

시험 장소인 영천지역의 시험 기간 동안의 평균기온, 상대습도 및 일조시간 등과 같은 기상자료는 Table 2와 같다. 1차 시험기간(식재 후 30일 경과, 7월 25일~8월 24일)의 평균온도, 상대습도 및 일조시간은 각각 27.0°C, 79.9%, 7.1 hr/day를, 2차 시험기간(식재 후 31~60일 경과, 8월 25일~9월 24일)에는 각각 23.2°C, 84.3%, 5.0 hr/day를 나타냈다. 시간의 경과에 따라 평균기온은 감소하였고, 상대습도는 2차 조사에서 높았고, 일조시간은 낮았다.

Table 2. Changes of temperature, relative humidity, and sunshine hour for this experiment

Period ¹⁾	Temperature (°C)	Relative humidity (%)	Sunshine hour (hr/day)
July 25- August 24	27.0	79.9	7.1
August 25-September 24	23.2	84.3	5.0

¹⁾Temperature, relative humidity, and sunshine hour were based on data from Korea Meteorological Administration, and their value averaged by each period.

시험시기별 사과대목 식재 포트의 증발량, 증산량 및 증발산량을 조사하였다(Table 3). 7월 25일과 8월 25일 증산량은 각각 5,245 g/m²/day와 4,049 g/m²/day를, 증발량은 각각 1,576 g/m²/day와 3,669 g/m²/day를, 증발산량은 각각 6,821 g/m²/day와 7,718 g/m²/day를 나타냈다. 식재 초기에는 증발량이 많았으나 식재 후 묘목의 생장이 발생하면서 증발량은 감소하였고, 반면에 증발량은 식재 직후보다 식재 후 31일 경과 시 증가하였다. 7월 25일 조사는 사과대목에 잎이 없어 증산작용이 아닌 일액현상에 의해 작물의 수분소비가 이뤄져 포트 내 증발산량에 의한 수분소모는 주로 증발현상에 의해 나타났다. 반면에 8월 25일 조사에서는 사과묘목에 잎이 발생하면서 잎과 일액현상에 의해 식물의 수분소비량이 증가하여 증발산량 중 식물의 수분소비량이 증가하였다. 7월 25일과 8월 25일에 조사된 증발산량은 원통형 종이포트에 식재된 사과대목의 관수량으로 설정하였다.

원통형 종이포트 크기별 사과대목의 생육

원통형 종이포트 크기별 사과대목의 생육을 비교하였다(Table 4). 8월 25일 조사에서 CPP 처리구의 엽장과 뿌리 건물중은 각각 5.9~6.5 cm와 1.2~1.3 g/plant를 나타내어 대조구와 비교할 때, 22.9~35.4%와 20.0~30.0%씩 증가하였고, 2CPP 처리구의 엽수

Table 3. Evapotranspiration amount of soil water in the substrate planting 'M.26'

Date ¹⁾	Evaporation	Transpiration	Evapotranspiration
	(g/m ² /day)		
July 25	5,245a ²⁾	1,576b	6,821b
August 25	4,049b	3,669a	7,718a

¹⁾Evapotranspiration amount was investigated on July 25 and August 25 for 4 days, ²⁾Means with same letters within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level.

Table 4. Growth of apple rootstock in the various size of cylindrical paper pot (CPP)

Treatments ¹⁾	Chlorophyll content	Number of leaves	Leaf length	Leaf width	Leaf dry weight	Root dry weight	Root length
	(mg/100cm ²)	(ea/plant)	(cm)		(g/plant)		(cm)
August 25 (31 DAP ²⁾)							
Control	3.70a ³⁾	21.8b	4.8b	3.2a	1.2b	1.0b	13.8ab
2CPP	3.77a	23.8a	6.5a	3.7a	1.9a	1.3a	15.2a
3CPP	3.70a	19.4b	5.9a	3.6a	1.5b	1.2a	14.4a
4CPP	3.63a	15.6c	5.9a	3.2a	1.7ab	1.2a	11.5b
September 25 (62 DAP)							
Control	3.70a	24.1b	5.7a	3.4a	1.5c	1.4a	14.8a
2CPP	3.70a	29.7a	5.8a	3.6a	2.4a	1.6a	16.7a
3CPP	3.77a	23.6b	5.7a	3.7a	2.0b	1.7a	15.4a
4CPP	3.57a	24.1b	5.8a	3.7a	1.9b	1.6a	14.8a

¹⁾Treatments were as follows; Control [No cylindrical paper pot (CPP)], 2CPP (2 inch CPP), 3CPP (3 inch CPP), and 4CPP (4 inch CPP). CPPs planting 'M.26' rootstock was planted into the plastic pot (5 inch pot). Watering into plastic pot was carried out every four days, ²⁾DAP means a day after planting 'M.26', ³⁾Means with same letters within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level.

는 23.8 ea/plant로 대조구보다 9.2%씩 증가하였다. 9월 25일 조사에서는 2CPP 처리구의 엽수와 잎의 건물중이 각각 29.7 ea/plant와 2.4 g/plant를 나타냈고, 대조구보다 각각 23.2%와 60%씩 증가하였다. 8월 25일과 9월 25일 조사에서 사과대목의 생육을 비교할 때, 2CPP 처리구에서 엽수와 잎 건물중 및 뿌리길이 등에서 생육이 증가하여 'M.26'의 생육이 가장 우수한 원통형 종이포트의 크기는 2 inch (50 mm)로 조사되었다.

Abebe [16]은 Neem (*Azadirachta indica*) 묘목 재배 시 3 inch 포트에서 초장의 생육이 가장 우수하고, Abera et al. [17]은 polybag 포트(직경 8, 10 및 15 cm)의 크기가 증가할수록 유묘의 초장이 증가한다고 보고하여 식물 묘목 생육을 개선하기 위해 최적 크기의 포트에 식재하는 것이 필요하다고 보고한 바 있다. 포트의 크기의 증가에 따라 묘목의 생육이 증가하는 것은 포트의 크기가 증가할수록 묘목의 뿌리가 생육할 수 있는 상토의 부피가 증가하기 때문이며, 이는 포트 내 식물이 이용할 수 있는 양분과 수분이 증가하기 때문이다[18]. 다만 본 연구에서는 'M.26'의 묘목 식재는 원통형 종이포트에 식재 후 이를 다시 5 inch 포트에 다시 식재하여 사과묘목이 자란 전체 포트의 크기는 동일하였고, 포트 내부의 종이포트 크기만 차이를 나타냈다. 선행 연구와 같이 포트 크기별 유묘의 생장 차이는 나타나는 것으로 잘 알려져 있으나 본 연구를 통해 포트 내 원통형 종이포트를 크기 차이에도 묘목의 생육 차이를 나타낼 수 있다는 것을 확인할 수 있었다[16,17].

원통형 종이포트에서 관수 방법별 사과대목의 생육

원통형 종이포트에서 관수 방법에 따른 대목의 생육을 비교하여 원통형 종이포트별 최적 관수 방법을 조사하였다(Table 5). 8월 25일 조사에서 엽장은 2CPP-O, 3CPP-O, 3CPP-S, 3CPP-OS 처리구에서 각각 6.5, 5.9, 5.9, 5.8 cm를 나타내어 대조구보다 35.4%, 22.9%, 22.9% 및 20.8%씩 증가되었다. 잎 건물중은 2CPP-O와 2CPP-OS 처리구에서 각각 1.9 g/plant와 2.0 g/plant를 나타냈고, 대조구와 비교 시 각각 58.3%와 66.7%씩 증가했고, 뿌리 길이는 2CPP-O와 3CPP-O 처리구에서 각각 15.2 cm와 14.4 cm를 나타냈고, 대조구와 비교 시 각각 10.1%와 4.3%씩 증가했다. 9월 25일 조사에서 2CPP-O 처리구의 엽수와 잎 건물중 및

Table 5. Growth of apple rootstock by irrigating method in the various size of cylindrical paper pot (CPP)

Treatments ¹⁾	Chlorophyll content (mg/100cm ²)	Number of leaves (ea/plant)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf dry weight (g/plant)	Root dry weight (g/plant)	Root length (cm)
August 25 (31 DAP ²⁾)							
Control	3.70a ³⁾	21.8ab	4.8b	3.2a	1.2b	1.0b	13.8b
2CPP-O	3.77a	23.8a	6.5a	3.7a	1.9a	1.3a	15.2a
2CPP-S	3.73a	25.7a	5.2ab	3.5a	1.3b	1.2a	12.8b
2CPP-OS	3.90a	25.3a	5.1ab	3.0a	2.0a	1.2a	11.6b
3CPP-O	3.70a	19.4b	5.9a	3.6a	1.5b	1.2a	14.4ab
3CPP-S	3.73a	24.0a	5.9a	3.8a	1.5b	1.3a	11.6b
3CPP-OS	3.80a	22.3ab	5.8a	3.6a	1.4b	1.3a	12.1b
September 25 (62 DAP)							
Control	3.70a	24.1b	5.7a	3.4a	1.5b	1.4a	14.8b
2CPP-O	3.70a	29.7a	5.8a	3.6a	2.4a	1.6a	16.7a
2CPP-S	3.50a	25.0b	5.9a	3.5a	1.7b	1.3a	14.5b
2CPP-OS	3.43a	23.0b	5.3a	3.4a	1.9b	1.4a	14.8b
3CPP-O	3.77a	23.6b	5.7a	3.7a	2.0b	1.7a	15.4ab
3CPP-S	3.57a	24.7b	5.4a	3.6a	1.7b	1.4a	13.3b
3CPP-OS	3.63a	21.7b	5.5a	3.5a	1.8b	1.5a	15.2ab

¹⁾Treatments were as follows; Control [No cylindrical paper pot (CPP)], 2CPP-O (2 inch CPP applying overhead irrigation), 2CPP-S (2 inch CPP applying subirrigation), 2CPP-OS (2 inch CPP applying both overhead irrigation and subirrigation), 3CPP-O (3 inch CPP applying overhead irrigation), 3CPP-S (3 inch CPP applying subirrigation), and 3CPP-OS (3 inch CPP applying both overhead irrigation and subirrigation). CPPs planting 'M.26' rootstock was planted into the plastic pot (5 inch pot). Watering into plastic pot was carried out every four days, ²⁾DAP means a day after planting 'M.26', ³⁾Means with same letters within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level.

뿌리 길이는 각각 29.7 ea/plant, 2.4 g/plant, 16.7 cm를 나타냈고, 대조구와 비교할 때 각각 23.2%, 60% 및 12.8%씩 증대되었다. 상기 결과들은 2 inch 원통형 종이포트에 두상관수 처리 시 엽수, 잎 건물중 및 뿌리 길이 등과 같은 대목 생육이 개선되는 것을 확인하였다.

유묘의 생장은 토양 내 수분 함량에 따라 지상부와 지하부의 생육에 영향을 미치며, 수분이 부족할 경우 건조 피해가 발생할 수 있어 묘목의 생육 시기에 따라 적절한 관수량 및 관수 방법의 변화는 필요하다[19]. 관수 방법에 따른 유묘의 생장은 시비량, 식재 토양 특성, 식물의 종류 및 생육 시기에 따라 차이를 나타낸다[16,20]. Koa (*Acacia koa*)의 유묘 생장에서 저면관수와 두상관수를 비교할 때, 시비량이 없는 경우에는 관수 방법의 차이가 미미했으나 일정량의 시비가 이뤄지는 경우 저면관수에서 생육 및 양분 이용이 증가하는 것으로 알려져 있다[20]. 이는 저면관수 후 시비가 이뤄지는 경우 토양 내 질소를 포함한 양분의 유실이 적어 식물의 질소 이용이 증가하기 때문으로 판단된다[20]. 하지만 본 연구에서는 두상관수 처리 시 유묘의 초기 생육이 개선된 것으로 조사되었다. 이는 본 연구에 사용한 상토가 원예용 상토와 보수력이 높은 SAP를 포함하고 있어 사과묘목에 충분한 수분을 공급하기 때문으로 판단된다. 또한, 수분의 공급량도 생육 시기별 증발산량을 산정하여 필요량을 공급하였기 때문에 수분부족에 의한 차이는 나타나지 않은 것으로 판단된다(Table 3). 저면관수에서 생육이 왕성했던 Koa와 달리 두상관수 처리 시 생육이 개선된 것은 연구에 사용한 묘목이 1년생으로 4년생 Koa 묘목을 사용한 선행연구와 다소 차이를 나타냈고, 재배 작물의 생육 특성이 다르며, 포트 내 사용한 상토의 보수성 및 통기성에서 차이가 있었기 때문으로 생각된다[20]. 그러나 본 연구는 사과대목의 생육 초기 활착에 관한 연구로 이후 시비를 통한 묘목의 생육이 진행되는 경우 포트묘 관리를 위한 최적 시비량 설정 및 관수 방법에 대한 추가 연구도 필요하다.

원통형 종이포트에서 관수 주기별 사과대목의 생육

원통형 종이포트에서 두상관수 처리 시 관수 주기별 'M.26' 묘목의 생육을 조사하였다(Table 6). 8월 25일 조사에서 대조구와 비교할 때, 엽장과 엽폭은 2CPP-W1, 2CPP-W2 및 3CPP-W1 처리구에서 각각 5.9~6.5 cm와 3.6~3.7 cm를 나타냈고, 각각 16.7~35.4%와 12.5~15.6%씩 증대되었다. 잎 건물중은 2CPP-W1 처리구에서 1.9 g/plant를 나타내어 대조구보다 58.8% 증대되었고,

Table 6. Growth of apple rootstock by irrigating method in the various size of cylindrical paper pot (CPP)

Treatments ¹⁾	Chlorophyll content (mg/100cm ²)	Number of leaves (ea/plant)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf dry weight (g/plant)	Root dry weight (g/plant)	Root length (cm)
August 25 (31 DAP ²⁾)							
Control	3.70a ³⁾	21.8ab	4.8b	3.2b	1.2b	1.0b	13.8a
2CPP-W1	3.77a	23.8a	6.5a	3.7a	1.9a	1.3a	15.2a
2CPP-W2	3.93a	17.0b	6.3a	3.7a	1.7ab	1.1ab	13.3a
3CPP-W1	3.70a	19.4b	5.9a	3.6a	1.5b	1.2ab	14.4a
3CPP-W2	3.83a	16.7b	5.6ab	3.3b	1.4b	1.4a	14.6a
September 25 (62 DAP)							
Control	3.70a	24.1b	5.7a	3.4a	1.5b	1.4a	14.8a
2CPP-W1	3.70a	29.7a	5.8a	3.6a	2.4a	1.6a	16.7a
2CPP-W2	3.50a	28.7a	6.1a	4.0a	2.2ab	1.5a	15.6a
3CPP-W1	3.77a	23.6b	5.7a	3.7a	2.0b	1.7a	15.4a
3CPP-W2	3.67a	24.3b	5.9a	3.5a	2.1b	1.5a	15.3a

¹⁾Treatments were as follows; Control [No cylindrical paper pot (CPP)], 2CPP-W1 (2 inch CPP applying with overhead every four days), 2CPP-W2 (2 inch CPP applying overhead irrigation every two days), 3CPP-W1 (3 inch CPP applying overhead irrigation every four days), 3CPP-W2 (3 inch CPP applying overhead irrigation every two days). CPPs planting 'M.26' seedling was planted into the plastic pot (5 inch pot), ²⁾DAP means a day after planting 'M.26', ³⁾Means with same letters within a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ level.

뿌리 건물중은 2CPP-W1과 3CPP-W2 처리구에서 각각 1.3과 1.4 g/plant를 나타냈고, 대조구보다 30%와 40%씩 증대되었다. 9월 25일 조사에서 2CPP-W1과 2CPP-W2 처리구의 엽수는 각각 29.7과 28.7 ea/plant를 나타내어 대조구보다 각각 19.1%와 23.2%씩 증대되었고, 잎 건물중은 2CPP-W1 처리구에서 2.4 g/plant로 대조구보다 60% 증가하였다. 8월 25일 조사와 9월 25일 조사 결과를 종합할 때, 원통형 종이포트는 2 inch 크기에 식재된 사과대목에 주 1회 두상으로 관수 시 생육이 가장 왕성한 것으로 판단된다.

관수 방법은 토양의 수분관리 특성에 따라 많은 양을 필요시 공급하는 deep and infrequent irrigation (DI)법과 적은 양을 빈번하게 관수하는 light and frequent irrigation (LI)으로 구분한다[21]. 두상관수는 적은 양으로 자주 공급할 수 있고 토양에 수분 공급량이 제한적이기 때문에 LI법과 유사하다면, 저면관수는 토양에 수분을 충분히 공급할 수 있어 DI법과 유사하다고 볼 수 있다. Cho et al. [22]은 2종의 활엽수에서 관수 주기별 유묘의 생육 특성을 비교할 때 1회/1일 관수하는 것이 생육을 개선한다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 수분의 증발산량을 비교할 때 토양에 수분을 공급하기 위해서는 약 4일 정도의 시간(96시간)이 필요하였고, 상토에서 1회/4일 처리구에서 사과대목의 생육이 개선되어 선행연구와 차이를 나타냈다(Table 5). 이는 Cho et al. [22]의 경우 보수력이 있는 상토원료(피트모스)가 단지 33% 정도 함유되어 있었으나 본 연구에 사용된 원예용 상토의 경우 보수력이 높은 상토 원료인 피트모스, 코코넛코이어 및 고흡수성 수지가 90% 이상의 함유하고 있어 상토 내 보수력이 높았기 때문으로 판단된다.

2022년 개정된 종자산업법에 따라 사과대목의 바이러스가 감염되지 않는 묘목을 생산하기 위해 무병화인증을 실시하고 있다. 무병묘를 생산하는 경우 주로 대목을 중심으로 생산하고 있으며, 조직배양을 통해 생산하는 경우가 많다[23]. 조직배양묘를 묘목으로 번식 후에는 순화과정을 거치며, 순화과정을 마친 후 농가에 공급된다[23]. 조직배양묘는 농가에서 묘목단지에 식재하여 활착 후 접수를 접목하여 사과대목을 생산한다[24]. 하지만 농가에서 관리 시 토양이나 주변 환경에 의해 바이러스에 감염되거나 엽류집적으로 생리장해가 발생할 수 있으므로 포트묘를 통한 묘목 관리를 필요로 하고 있다[10]. 포트묘는 좁은 면적에서 밀식하여 묘목을 관리하지만 지하부가 각각 격리되어 있어 토양으로부터 발생할 수 있는 병해 관리가 가능하고, 시비 및 수분관리가 용이하므로 추후 과수묘의 공정육묘가 가능하다.

묘목의 번식을 위한 공정육묘는 포트 크기별 묘소질을 조사하여 최적의 묘목을 생산하는 것이 중요하다[25]. 묘목의 공정육묘를 위한 포트 크기별 생육 연구는 채소를 중심으로 다양한 연구가 진행되고 있으나 과수묘목의 경우 국내에서 수행된 연구는 매우 미미하다[10,25]. CPP의 경우 채소에서 묘목의 발근을 촉진하고, 식재 시 근권상토의 붕괴를 억제시키는 효과가 있다[12]. 사과대목을 육묘하여 묘목으로 활용하기 위해서는 1년 이상의 시간을 필요로 한다. 따라서 채소와 같이 플러그에서 대목을 육성하더라도 접목묘를 포트묘로 생산하기 위해서는 사과대목을 위한 포트의 크기를 결정하는 것이 필요하다[25]. 또한, CPP의 경우

묘목의 발근을 향상시키므로 포트 내에서 처리되는 경우 사과묘목의 뿌리 생육을 개선할 것으로 판단된다. 본 연구에서 2 inch CPP를 처리하는 경우 상토만 처리하는 것보다 묘목의 지하부 생육이 우수한 결과를 나타냈다.

사과대목은 1년 이상의 생육기간을 갖게 되므로 포트 내에서의 수분관리가 필요하므로 적절한 수분 공급량 및 공급 방법을 결정하는 것은 공정육묘 관리를 위해 매우 중요하다[19]. 본 연구에서는 사과대목 'M.26'의 초기 생육 시 관수량을 증발산량으로 조사하여 사과묘목의 초기 관리 시 관수량을 결정하였다(Table 2). 증발산량은 묘목의 종류, 포트 크기, 생육시기 및 기상환경에 의해 영향을 받게 되므로 추가적인 연구가 필요하다.

사과대목의 번식을 위한 초기 생육 연구 결과, CPP를 이용하여 사과대목 번식 시 포트묘 재배가능성을 평가하기 위해 CPP의 적정 크기, CPP에 식재된 사과대목의 관수 방법 및 관수 주기 등을 조사한 결과 2 inch 크기의 CPP에 증발산량의 50% 정도를 2일 간격으로 처리하는 것이 적절하다는 결과를 얻었다. 하지만, 본 연구는 사과대목의 번식 시 2개월 정도의 초기 생육에 관한 연구이므로 사과묘목의 포트묘 생산에 대한 전 과정을 포함한다고 볼 수 없다. 따라서, 사과묘목에 대한 포트묘 생산을 위한 종합적인 연구를 위해서는 사과대목의 포트에서 삽목이나 접삽목 시 활착율을 조사하는 것이 우선되어야 하며[26], 이후 접목묘를 포트에서 관리하기 위한 포트 크기[27], 관수 방법[28] 및 시비 방법[9] 등에 대한 추가 연구가 필요하다. 그 외에도 사과묘목은 접목이나 접삽목묘 관리 시 병해충 및 바이러스 발생을 억제[7,8]하기 위한 종합적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

결론

본 연구는 원통형 종이포트(CPP)를 이용하여 사과대목 'M.26'의 포트묘 번식을 위해 CPP의 크기, 관수 방법 및 관수 주기 등을 조사하였다. CPP의 식재 후 시간의 경과에 따라 1차 조사(7월 25일~8월 24일)와 2차 조사(8월 25일~9월 24일)에서 증발산량은 각각 6,821 g/m²/day와 7,718 g/m²/day를 나타냈다. CPP의 크기별 시험에서 'M.26'은 2 inch CPP 처리 시 대조구보다 개엽수와 엽장이 각각 23.2%와 60.0% 증대되었다. 'M.26'을 식재한 CPP에서 2 inch CPP-두상관수 처리구(2CPP-O)에서 엽수, 잎 건물중 및 뿌리 길이가 대조구보다 각각 23.2%, 60% 및 12.8%씩 증대되었다. 'M.26'이 식재된 CPP에서 두상관수 처리 시 관수 처리 방법은 1회/4일 처리구(2CPP-W1)에서 엽수와 잎 건물중이 대조구보다 각각 19.1%와 60.0%씩 증대되어 생육이 증진되었다. 상기 결과를 종합할 때, 원통형 종이포트를 이용한 'M.26'의 포트묘는 2 inch CPP에 식재 후 두상관수 방법으로 1회/4일 관수 시 뿌리 생육 및 잎의 생육 개선으로 사과묘목 생육이 증대됨을 확인하였다.

Data Availability: All data are available in the main text or in the Supplementary Information.

Author Contributions: Y.-S. Kim conceived and designed the research, wrote the first manuscript, and revised the manuscript, provide critical feedback; T.-W. Kim led the growth experiment, collected the data, and performed the statistical analysis.

Notes: The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments: This work was supported by the Technology Development Program (S3367419) funded by the Ministry of SMEs and Startups (MSS, Korea).

Additional Information:

Supplementary information The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.5338/KJEA.2024.43.25>

Correspondence and requests for materials should be addressed to Young-Sun Kim.

Peer review information Korean Journal of Environmental Agriculture thanks the anonymous reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Reprints and permissions information is available at <http://www.korseaj.org>

References

- Yun CJ (1998) The present situation of research for densing cultivation as an apple rootstock in Korea. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 16, 261-264.
- Yang SJ, Park MY, Song YY, Sagong DH, Yoon TM (2010) Evaluation of early productivity of high density 'Fuji' apple orchards by planting well-feathered trees/M.9 EMLA. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 28(3), 374-380.
- Kwon SI, Kim MJ, Paek PN, Nam JC, Kang IK (2007) Physiological changes in rooting zone of dwarf apple rootstocks (*Malus domestica* Borkh.) after stem etiolation treatment. *Journal of Bio-Environment Control*, 16(2), 151-156.
- Kwon SI, Kim MJ, Paek PN, Nam JC, Choi C, Kang IK (2009) Factors involved in rooting response of M.9 (*Malus domestica*) dwarf apple rootstock to stem etiolation. *Journal of Life Science*, 19(6), 832-835.
- Kviklys D, Lanauskas J, Sakalauskaitė J, Kviklienė N, Uselis N (2008) Soil exhaustion and rootstock effect on the growth of apple planting material. *Agronomy Research*, 6, 511-516.
- Benizri E, Piutti S, Verger S, Pages L, Vercambre G, Poessel JL, Michelot P (2005) Replant diseases: Bacterial community structure and diversity in peach rhizosphere as determined by metabolic and genetic finger printing. *Soil Biology and Biochemistry*, 37, 1738-1746.
- Lee SB, Chung BK, Jang HI, Kim KH, Choi YM (1995) Incidence of soil-borne diseases in apple orchards in Korea. *Korean Journal of Plant Pathology*, 11(2), 132-138.
- Lee SK, Cha JS, Kwon YS, Lee YS, Yoo SE, Kim JH, Kim DE (2020) Occurrence status of five apple virus and viroid in Korea. *Research in Plant Disease*, 26, 96-102. <https://doi.org/10.5423/RPD.2020.26.2.95>.
- Ha W, Shin H, Lim HK, Oh Y, Han H, Kim K, Oh S, Kwon Y, Kim D (2019) Growth of one-year-old pot-cultivated 'Fuji'/M.9 apple trees under different concentrations of nitrogen fertilization. *Korean Journal of Plant Resources*, 32(5), 499-508. <https://doi.org/10.7732/kjpr.2019.32.5.499>.
- Chun JA, Gwon J, Lee SG (2022) Combining ex vitro thermotherapy with shoot-tip grafting for elimination of virus from potted apple plants. *Journal of Plant Biotechnology*, 49(3), 222-229. <https://doi.org/10.5010/JPB.2022.49.3.222>.
- Lee SW, Choi JH, Yoo SK, Kim SK, Bae JH, Kyo HS (2006) Effect of raw material properties on growth characteristics of broad-leaved container seedling. *Journal of Bio-Environment Control*, 15(3), 244-249.
- Jang DC, Kwon YW, Choi KY, Kim IS (2018) Comparison of growth characteristics fruit vegetable seedlings grown on cylindrical paper pot trays of plug trays. *Protected Horticulture and Plant Factory*, 27(4), 381-390. <https://doi.org/10.12791/KSBEC.2018.27.4.381>.
- Kim JH, Kwon SI, Shin IS, Cho KH, Heo S, Kim HR (2009) The apple rootstock transgenic M.26 (*Malus pumila*) with enhanced rooting ability. *Plant Breeding and Biotechnology*, 41(4), 482-487.
- Cho MJ, Nam JC, Kim YH (2018) The affect of soil mixed with polyacrylic acid sodium salt on indoor plant growth. *Journal of Environmental Policy and Administration*, 26(1), 155-173. <https://doi.org/10.15301/jepa.2018.26.1.155>.
- Kim YS, Lee JJ, Cho SH (2023) Growth response of lettuce after application of mixed organic fertilizer containing *Bacillus amyloliquefaciens* HSOB-7 and *Saccharomyces cerevisiae* HSOB-8. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 42(4), 338-345. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2023.42.4.38>.
- Abebe H (2021) Effects of pot size and planting media on the early seedling growth performance of *Azadirachta indica* A. Juss. *Journal of Plant Science*, 9(4), 208-213. <http://doi.org/10.11648/j.jps.20210904.21>.
- Abera B, Derebo A, Waktole S, Yilma G (2018) Effect of pot size and growing media on seedling vigour of four indigenous tree species under semi-arid climatic conditions. *Forests, Trees and Livelihoods*, 27(1), 61-67. <https://doi.org/10.1080/14728028.2017.1411839>.
- Omari MA (2010) Impact of pot sizes on seedling for some forest trees propagated in forest nursery. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 6(4), 534-546.
- Cha YG, Choi KS, Song KS, Sung HI, Kim JJ (2017) Growth characteristics of one-year-old container seedling of *Pinus densiflora* by irrigation level. *Protected Horticulture and Plant Factory*, 26(3), 167-174. <https://doi.org/10.12791/KSBEC.2017.26.3.167>.
- Dumroeses RK, Davis AS, Jacobs DF (2011) Nursery response of *Acacia koa* seedlings to container size, irrigation method, and fertilization rate. *Journal of Plant Nutrition*, 34, 877-887. <https://doi.org/10.1080/01904167.2011.544356>.
- Lee SK (2012) Irrigation frequency for Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*) growth. *Asian Journal of Turfgrass Science*, 26(2), 123-128.
- Cho MS, Lee SW, Hwang J, Kim JW (2012) Growth performance and photosynthesis of two deciduous hardwood species under different irrigation period treatments in a container nursery system. *Korean Journal of Agricultural and Forest meteorology*, 14(1), 28-38.
- An CH, Yi JS, Moon HK, Kim YW (2012) Morphological and physiological characteristics of acclimated *Liriodendron tulipifera* tree produced by several types of in vitro germination culture. *Journal of Korean Forest Society*, 101(1), 158-162.
- Park YG, Jeong BR (2010) Effect of topophysis and uniting method of rootstock and scion on rooting and subsequent growth of stenting-propagated (cutting-grafted) roses. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 28(3), 456-461.
- Jo HG, Jeong HW, Lee HR, Kwon SM, Hwang HS, Hwang SJ (2021) Growth of tomato and pepper grafted plug seedlings under different shading condition during acclimatization after graft-taking. *Journal of Bio-Environment Control*, 30(1), 10-18. <https://doi.org/10.12791/KSBEC.2021.30.1.010>.

26. Park JH, Sagong DH (2024) Influence of DMSO (dimethyl sulfoxide) and IBA (indole-3 butyric acid) treating concentrations by rootstocks on the production of potted nursery stock in the grape 'Heukboseok'. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 43, 61-71. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2024.43.06>.
27. Park EY, Choi JM (2013) Changes in soil physical properties in various sizes of container as influenced by packing amount of coir dust containing root media. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 31(6), 720-725. <https://doi.org/10.7235/hort.2013.13040>.
28. An JH, Choi EY, Lee YB, Choi KY (2023) Effects of temperature and irrigation intervals on photosynthesis, growth and growth analysis of pot-grown cucumber seedling. *Journal of Bio-Environment Control*, 32(2), 148-156. <https://doi.org/10.12791/KSBEC.2023.32.2.148>.