RESEARCH ARTICLE https://doi.org/10.7235/HORT.20190050

피트모스와 펄라이트 혼합상토의 용적수분함량 조절이 '설향' 딸기의 모주 생장 및 자묘 발생에 미치는 영향

박인숙[1] · 김대영[2] · 윤혜숙[3] · 최종명[1*]

[1]충남대학교 농업생명과학대학 원예학과, [2]농촌진흥청 국립원예특작과학원, [3]경상남도 농업기술원

Influence of Volumetric Water Content in a Peat-Perlite Medium on Mother Plant Growth and Daughter Plant Occurrence during 'Seolhyang' Strawberry Propagation

In Sook Park[1], Dae Young Kim[2], Hae Suk Yoon[3], and Jong Myung Choi[1*]

[1]Department of Horticultural Sciences, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea
[2]National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Wanju 55365, Korea
[3]Department of Horticulture Research, Gyeongnam ARES, Jinju 52733, Korea

*Corresponding author: choi1324@cnu.ac.kr

Received: January 30, 2019
Revised: April 30, 2019
Accepted: May 3, 2019

OPEN ACCESS

HORTICULTURAL SCIENCE and TECHNOLOGY
37(4):499-508, 2019
URL: http://www.kjhst.org

pISSN : 1226-8763
eISSN : 2465-8588

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright©2019 Korean Society for Horticultural Science.

본 연구는 농촌진흥청 농업과학기술 연구개발사업 (과제명: 딸기 수경재배 급·배액 관리방법 연구, 과제번호: PJ01188602)의 지원으로 수행되었음.

Abstract

This study was carried out to investigate the controlling effects of volumetric water content (VWC) in a medium consisted of peat moss and perlite (7:3, v/v) on the growth of mother plants and occurrence and growth of daughter plants in 'Seolhyang' strawberry propagation. The medium was treated with a solution of 20-20-20 compound fertilizer (20-20-20 + 2MgO + micronutrients) with the concentration of 250 mg·L^{-1} N as a pre-planting fertilizer. Each of the square shaped containers [64.3 cm (L) × 23.5 cm (W) × 17 cm (H)] were filled with the root medium and four mother plants were transplanted, then all the containers were placed in a glasshouse. VWC of the medium was measured by GS3 moisture sensor and the treatment set-up points in VWC were 30, 39, 48, 57, and 66%. When the VWC was lower than the value set in each treatment, the nutrient solution was supplied for 5 minutes. On the 110 days after the transplanting, the growth of mother plants as well as the occurrence and growth of daughter plants were investigated. The growth of mother plants in plant height, fresh and dry weights all indexes except leaf width and SPAD value were significantly influenced by the VWC set-points. As the VWC set-points were elevated from 30% to 66%, the plant heights, petiole lengths and fresh weights tended to get longer and heavier. Petiole lengths in the treatments of 57% or 66% showed 4 cm longer than those in the treatments of 48% or lower in VWC set-points. The elevation of VWC set-points also influenced significantly on the number of daughter plants occurred from mother plants and their fresh weights with the increasing tendencies. The drastic increases were also observed in number and length of runners per mother plant when the VWC set-points were raised from 48% to 57%. The amount of fertilizer solution supplied to each plant per day increased drastically when the VWC set-points were 48% or higher compared to 30 or 39%. In conclusion, the higher the VWC set points, the better the growth of mother and daughter plants. However, considering the nutrient and water consumption, it is reasonable to control VWC set-point to 57%.

Additional key words: growth of mother plants, GS3 sensor, occurrence and growth of daughter plants, root medium water content, total daughter plant

서 언

딸기 수경재배 시 양액의 조성, 농도 및 급액방법은 근권환경과 작물의 생장에 큰 영향을 미친다. 국내의 딸기 재배에서 양액 공급의 자동화를 통한 노동비용 절감을 위해 타이머를 사용한 급액 조절방법이 활용되었다. 그러나 타이머를 사용한 조절은 온도, 광도 또는 작물의 생육상태 등의 고려없이 급액의 횟수나 시간을 조절함으로써 상토의 수분이 과하거나 부족한 상태로 변하는 경우가 많고, 이러한 문제를 통해 작물 생장과 수확량이 감소하는 경우가 빈번하게 발생하는 단점을 가진다(Matsuno, 1990). 타이머에 의한 급액 조절이 갖는 단점을 개선하기 위해 다양한 방법이 활용되었다. 누적일사량제어법의 경우 시설물 내부로 입사되는 광량을 감안하여 관수량 및 횟수를 계절별로 조절할 수 있으나(Choi et al., 2016a) 상토 내 수분상태는 정확하게 추정되지 못한다. 심지법(passive법)은 배양액의 소모량은 적으나 상토에 염류가 집적되는 문제가 발생할 수 있다(Albaho and Green, 2004). 배액전극제어법(Kim et al., 2010)의 경우 재배틀을 제작하고(Kim et al., 2011) 하부에 배액을 재활용할 수 있는 친수성 매트를 깔아 급액을 제어하는 방법으로, 양액의 소모량을 줄이고 심지법의 염류 집적문제를 감소시킬 수 있는 대안으로 활용되기도 하였다.

이상의 급액관리 방법들은 상토 내의 함수량을 실시간으로 측정하는 것이 불가능하며, 이를 개선하기 위해 다양한 종류의 토양수분센서를 활용하기 위한 시도가 있었다(Nemali and van Iersel, 2008; Park et al., 2014; Choi et al., 2016b; Rhie and Kim, 2017). 최근에는 작물 재배를 위해 time domain reflectometry(TDR)와 frequency domain reflectometry(FDR)의 수분센서가 활용되고 있다. TDR 센서는 재배자의 초기 투자 비용이 많고 보정작업이 난해한 단점이 있으며, 이를 보완한 것이 FDR 센서이다(Kim, 2014). FDR 방식은 고주파를 토양에 송출 및 수신하여 수분함량별 유전율(dielectric constant)에 따라 정전용량(electric capacity)을 평가함으로써 토양수분함량을 측정하는 것이다(Choi et al., 2016a). 그러나 아직 많은 채소작물에 적용되지 않고 있으며, Choi et al.(2014, 2015, 2016a)과 Choi et al.(2016b)이 각각 토마토와 딸기 수경재배에 FDR 방식을 적용한 바 있다.

따라서 피트모스와 펄라이트 혼합 배지로 '설향' 딸기를 영양번식할 때 FDR 방식의 GS3 센서를 사용한 상토의 용적수분함량 조절이 근권부 화학성 변화와 모주 생장 및 자묘 발생에 미치는 영향을 구명하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

실험을 위해 피트모스(5-20mm)와 펄라이트(입경 2-3mm)가 7:3(v/v)으로 혼합된 상토를 조제하여 Choi et al.(2012)의 방법에 따라 물리성을 측정한 결과 공극률 83.6%, 용기용수량 69.3%, 기상률 14.3%, 가비중 0.11g·cm^{-3}이었다. 그리고 Wallach et al.(1992)의 방법에 준하여 토양 수분장력별 혼합상토의 함수량 변화를 sand box(Model pF 0-2.0, Eijkelkamp Agrisearch Equipment, EM Giesbeek, The Netherlands)로 측정하였다. 혼합된 상토는 Ferticare222[20-20-20+2MgO+micro, Dof Ltd., Pyeongtaek, Korea]를 사용하여 질소 기준 250mg·L^{-1}로 용해시킨 후 관주하여 배액이 발생할 정도로 기비를 처리하였다. 또한 비료를 용해시킬 때 액상 토양습윤제(AquaPro, Shinsung Mineral Co., Ltd., Goesan, Korea)를 1/2,500 첨가하여 동시에 처리하였으며, 처리 후 24시간 이상 수분평형시켰다. 수분평형된 혼합상토를 64.3cm(L)×23.5cm(W)x 17cm(H)인 사각초화박스에 충전하고 '설향' 딸기 모주용 식물체를 박스 당 4주씩 2018년 3월 15일에 정식하였다.

본 실험은 용적수분함량을 30, 39, 48, 57 및 66%로 조절한 5처리를 두었으며, 각 처리당 3반복, 각 반복당 초화박스 4개, 그리고 각 초화박스 당 4주의 식물체로 총 240주를 정식하여 유리온실에 난괴법으로 배치하였다. 모주 정식 후 4월 18일까지 지

하수로 관수하여 식물체의 무기원소 함량을 최저수준으로 조절하고 본엽 3매를 남긴 채 적엽하였으며 GS3 센서를 설치하였다(Fig. 1A). 이후 110일간 재배한 후 모주의 생장 그리고 런너 및 자묘발생과 생장을 조사하였다(Fig. 1B-D).

상토의 함수량 변화에 따른 GS3 토양수분센서(Decagon Devices, Pullman, WA, USA)의 출력값 변화를 파악하고 보정하였으며 Rhie and Kim(2017)의 방법에 따라 수행하였다. 작물재배 중 혼합상토의 함수량은 GS3 센서를 꽂은 후 Loggernet 프로그램(CR1000, Campbell Scientific Inc., Logan, UT, USA.)을 사용하여 조절하였다. 관수 후 상토 내의 수분이 줄어들어 용적수분함량이 30, 39, 48, 57 및 66%에 미달되면 5분간 자동관수가 되도록 프로그램을 조절하였으며, 데이터 로거(CR1000, Campbell Scientific Inc., Logan, UT, USA.)를 사용하여 데이터를 수집하였다. 재배 중 Kristalon Lilac [20-8-8+2MgO+micro, Dof Ltd., Pyeongtaek, Korea]과 Kristalon Green(18-18-18+Extra micro, Dof Ltd., Pyeongtaek, Korea) 비료를 정식 후 각각 2주간, 이후 실험종료까지 중성비료를 시비하였고, 비료용액을 공급할 때 pH와 EC는 각각 5.8 및 0.6dS·m^{-1}로 조절하였다. 시비를 위한 세 종류 비료의 조성은 다음과 같았다: 20-8-8(%), NO_3-N 6.8, NH_4-N 13.2, P_2O_5 8, K_2O 8, MgO 2, SO_3 25, B 0.05, Mo 0.002, 킬레이트 구리 0.005, 킬레이트 철 0.05, 킬레이트 망간 0.03, 킬레이트 아연 0.01; 18-18-18(%), NO_3-N 9.8, NH_4-N 8.2, P_2O_5 18, K_2O 18, B 0.05, Mo 0.008, 킬레이트 구리 0.02, 킬레이트 철 0.14, 킬레이트 망간 0.08, 킬레이트 아연 0.05; 중성비료(g/100L), KNO_3 25.88, NH_4NO_3 11.69, $MgSO_4$ 13.06, $Ca(NO_3)_2$ 14.76, $NH_4H_2PO_4$ 3.74, micronutrient mix(Nutrichem Kombi-F, NU3 N.V., Industrieweg 20 B-2280 Grobbendonk, Belgium) 10.

정식 110일 후 모주 생장, 런너 및 자묘의 발생 및 생장에 대한 생육조사를 하였으며 Lee et al.(2014)의 방법에 따랐다. 조사항목은 모주의 초장, 초폭, 엽장, SPAD 값(SPAD-502 Plus, Konica Minolta, Inc., Japan), 지상부 생체중과 건물중, 런너 발생, 발생된 자묘의 수와 무게 등이었다. 엽장과 엽폭은 최근에 완전히 전개된 엽 중에서 가장 큰 것으로 측정하였으며, 동일한 엽으로 엽록소 함량을 측정하였다. 모주 및 자묘의 건물중은 건조기를 75°C로 설정하여 24시간 건조시킨 후 무게를 측정하였으며, 처리별 각 개체의 모주는 건조하기 전에 신엽 6매 정도를 별도로 분리하였다. 분리 건조시킨 모주의 신엽을 막자사발에 넣어 막자봉으로 마쇄한 다음 20mesh 스크린을 통과시킨 분말을 총 질소와 식물체 무기원소 함량 분석에 사용하였다. 충실도

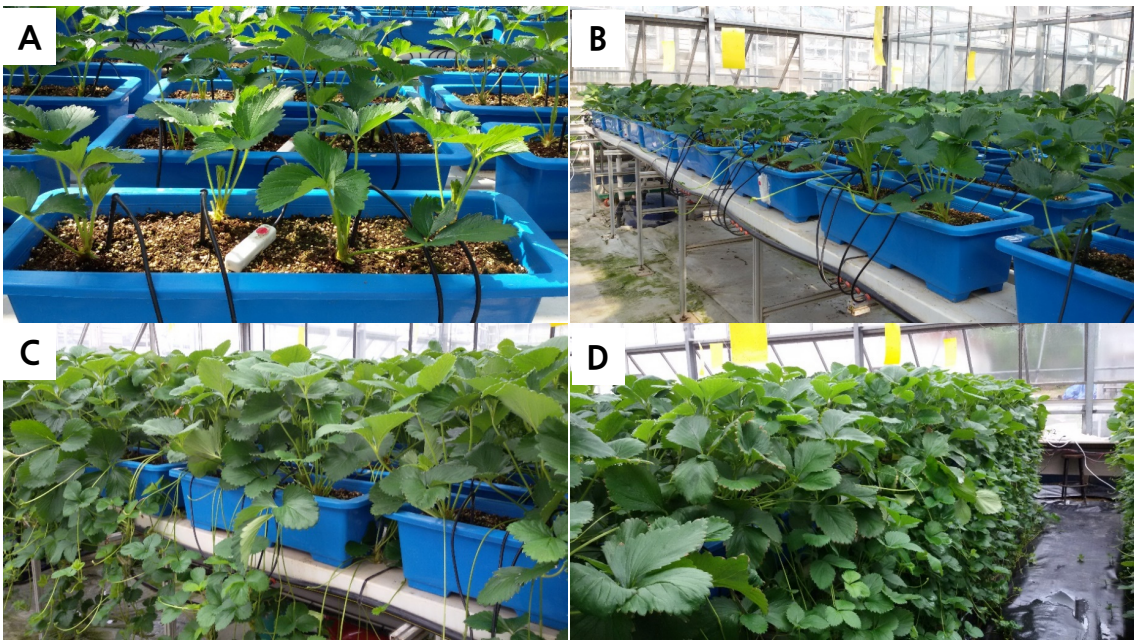

Fig. 1. Mother plant growths and daughter plant occurrences after transplanting of the 'Seolhyang' strawberry as influenced by controlling of the volumetric water contents (VWC) in the peat moss + perlite (7:3, v/v) substrates. (A) 36 days (beginning of nutrient solution supply), (B) 48 days (runner occurrence), (C) 78 days (daughter plant occurrences), (D) 110 days after transplanting (daughter plant growths).

는 모주의 건물중을 초장으로 나누어 계산하였다. 상토의 무기이온 농도를 분석하기 위해 수확 당일 표토를 제거한 후 식물체 주변의 3곳의 상토를 채집하고, 이를 포화추출(Warncke, 1986)하여 측정하였다. 식물체 분석과 상토 무기이온 농도의 분석 방법과 기자재는 Lee(2015)의 방법에 준하였다.

용적수분함량별 딸기 모주의 생육 및 무기원소 함량은 Duncan의 다중검정방법으로 처리간 차이를 비교하였고, 1차 및 2차 회귀분석을 하여 식물생장 반응의 경향을 파악하였다. 통계분석은 CoStat 프로그램(Ver. 6.3, CoHort Software, Monterey, CA, USA)을 사용하였다.

결과 및 고찰

피트모스와 펄라이트를 7:3(v/v)으로 혼합한 상토는 수분장력이 높아짐에 따라 식물이 이용할 수 있는 수분이 급격하게 감소하였다(Fig. 2). 식물이 쉽게 이용할 수 있는 수분(용기용수량-4.9kPa의 토양수분 장력 하에 존재하는 수분)과 완충수분(4.9-9.8kPa의 장력 하에 존재하는 수분)은 각각 26.4%와 7.3% 이었다. 상토의 함수량을 변화시킨 후 GS3 센서를 꽂고 센서의 측정값을 확인한 결과, 결정계수 값($R^2 > 0.94$)이 가장 컸던 로그형 회귀방정식을 얻었다(Fig. 3). 이는 Rhie and Kim(2017)이 FDR 방식의 다른 종류 토양수분센서(EC-5, Decagon device, Pullman, WA, USA)를 사용하여 동일한 방법으로 센서 측정값과 실제 상토 함수량의 관계를 조사하여 상토 함수량이 높아질수록 센서 측정값이 직선적으로 증가한다고($R^2 > 0.93$) 보고한 내용과 차이가 있었다.

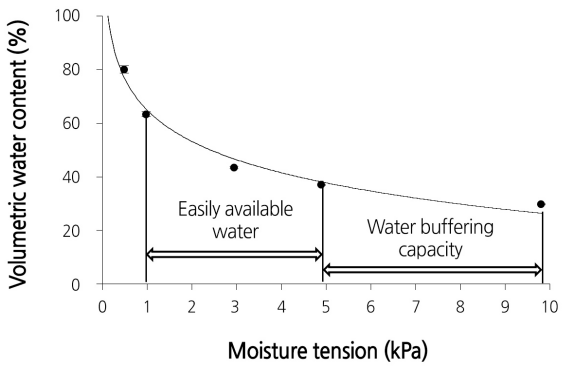

Fig. 2. Regression curve of volumetric water content (VWC) in peat moss + perlite (7:3, v/v) substrates as influenced by changes in moisture tension.

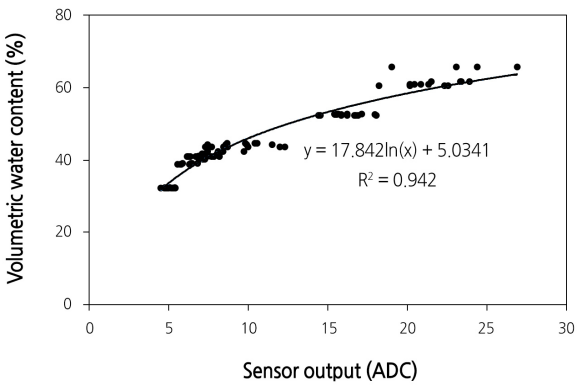

Fig. 3. Regression curve of peat moss + perlite substrates corresponding to the sensor reading (analog-to-digital converter, ADC) with volumetric water contents (VWC).

정식 110일 후 조사한 모주의 생장은 엽폭과 SPAD 값을 제외한 모든 조사항목에서 용적수분함량을 기준으로 설정한 처리별로 유의한 차이를 보였다(Table 1). 모주의 초장, 초폭, 엽병장 및 엽수는 용적수분함량이 30%에서 66%로 증가할수록 길어지거나 많아졌으며, 특히 엽병장의 경우 용적수분함량이 57% 이상인 처리구에서 48% 이하인 처리구들보다 4cm 이상 길어졌다. 이는 상토의 함수량이 높은 상태를 유지하면서 식물체의 물 흡수량이 증가하고, 식물체의 생장 증가의 원인이 되었다고 판단하며 Nemali and van Iersel(2008)도 유사한 보고를 한 바 있다. 또한 상토의 함수량을 높게 유지한 처리에서 식물체의 생체중, 건물중 및 충실도가 무겁거나 높아지는 경향이었다. Choi et al.(2016a)과 Choi et al.(2016b)은 각각 토마토와 딸기 수경재배 시 비순환식 수경재배의 문제점으로 지적받고 있는 환경오염을 줄이기 위해 FDR 센서를 사용하여 급액을 조절하므로써 배액 발생량을 줄이고자 시도한 바 있다. Choi et al.(2016b)은 코코피트 배지를 이용하여 생식생장기의 '설향' 딸기를 수경재배하면서 배지의 함수량 조절을 위한 FDR 센서와 timer system을 비교하였다. 그들은 FDR 센서를 사용하였을 때 급·배액량이 감소하였으나 수확량이나 가용성 고형물 함량은 차이가 없었다고 보고하였다. Choi et al.(2016a)은 5월 하순의 환경조건에서 적산일사량 제어구는 식물체당 2,000mL의 급액이 이루어졌으나 FDR 센서구는 식물체당 1,500mL의 급액이 이루어져 식물체당 급액량이 500mL 적었음에도 식물 생육에는 유의한 차이가 없었다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서 영양생장 중인 '설향' 딸기 모주의 생장을 기준으로 판단할 때 VWC 57% 이상으로 양액을 공급한 처리의 생장이 우수하였으며(VWC 57% 및 66%인 처리의 양액 공급량이 급증함, Fig. 7) Choi et al.(2016b)의 보고와 차이가 있었다. 이와 같이 빈번하게 양액을 공급한 처리에서 생장이 우수하였던 원인은 Raviv and Lieth(2008)의 보고 내용을 고려하여 판단할 수 있다. Raviv and Lieth(2008)는 작물을 재배하면서 상토 내 양액을 공급하면 식물의 흡수나 증발에 의해 상토 내의 물량이 감소하고 무기원소 또한 식물에 의한 흡수로 인해 낮아지며, 다음 관수에 의해 부족한 물과 양분이 보충된다고 하였다. 본 연구에서도 Fig. 4에 나타낸 바와 같이 VWC를 66%나 57%로 높게 설정한 처리의 상토 내 함수량이 높게 유지되었다. 또한 Table 3에 나타낸 실험 후 상토의 화학성 분석에서도 양액을 빈번하게 공급했던 처리에서 무기원소 농도가 높게 분석되었으며, 무기원소 농도가 높게 유지된 것이 작물 생장량 증가의 원인이 되었다고 생각한다. 그러나 함수량을 과도하게 높은 상태로 유지하면 가스 확산 불량에 의해 생장이 저해될 수 있으며 상토의 물리적 특성을 고려하여 변화시켜야 할 것으로 판단한다(Raviv and Lieth, 2008; Sonneveld and Voogt, 2009).

Table 1. Influence of controlling of the volumetric water contents (VWC) in peat moss + perlite (7:3, v/v) substrate on the growth of mother plants 110 days after transplanting in 'Seolhyang' strawberry propagation

VWC (%)	Plant height (cm)	Plant width (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves	Petiole length (cm)	SPAD value	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	Fidelity[z] ($g \cdot cm^{-1}$)
30	39.3	34.3	11.9	9.1	35.4	24.8	41.9	58.8	12.5	0.32
39	40.3	38.5	12.3	9.4	34.5	25.5	42.4	61.9	13.5	0.33
48	41.3	42.1	12.9	9.7	44.7	25.7	42.1	74.7	16.0	0.39
57	45.8	42.5	13.9	10.5	53.7	30.0	42.0	104.4	19.6	0.43
66	46.3	47.1	13.3	10.3	60.9	31.2	41.0	125.5	22.1	0.48
F-sig.	***	***	*	NS	***	***	NS	***	***	***
L	***	***	**	**	***	***	NS	***	***	***
Q	***	***	**	*	***	***	NS	***	***	***

[z]Dry weight·plant height^{-1}.

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

L, linear; Q, quadratic.

용적수분함량에 영향을 받은 식물체 무기원소 함량을 분석하여 Table 2에 나타내었다. 용적수분함량을 높게 설정한 처리에서 총 질소와 K의 함량이 높아지는 경향이었으며, VWC가 57% 이상인 처리에서 각각 2.7-2.8% 및 1.0-1.3%의 범위로 분석되었다. 두 원소를 제외한 P, Ca 및 Mg 함량은 처리 간 차이가 없었다. 용적수분함량을 높게 설정한 처리에서 Fe을 제외한 Mn, Zn 및 Cu 등 미량원소 함량이 높아져 처리 간 유의한 차이가 인정되었으며, VWC 57% 이상에서 48% 이하보다 뚜렷하게 높아지는 경향이었다.

모주 정식 110일 후 상토 내 무기이온 농도를 분석한 결과(Table 3), NO_3-N, K 및 Ca은 처리구 간 유의한 차이가 인정되었고, VWC 57% 이상 처리구부터 증가하기 시작하여 66% 처리구에서 가장 높았다. VWC를 48% 이하로 설정하여 급액량이 적었던 처리의 경우 식물체가 흡수할 수 있는 이온의 양보다 공급되는 양이 많지 않아 상토 내 농도가 낮게 유지되었으며, 57%와 67%로 조절한 처리는 빈번한 관비를 통해 무기원소의 공급량이 많아 상토 내 무기원소 농도를 높게 유지시켰다고 생각한다. 그러나 음이온인 SO_4-S의 경우 양액 내 농도가 낮을 뿐만 아니라 상토의 양이온치환 부위에 흡착되지 못하여 쉽게 용탈되므로 관수횟수가 많아질수록 상토 내 농도가 낮아졌다고 생각한다.

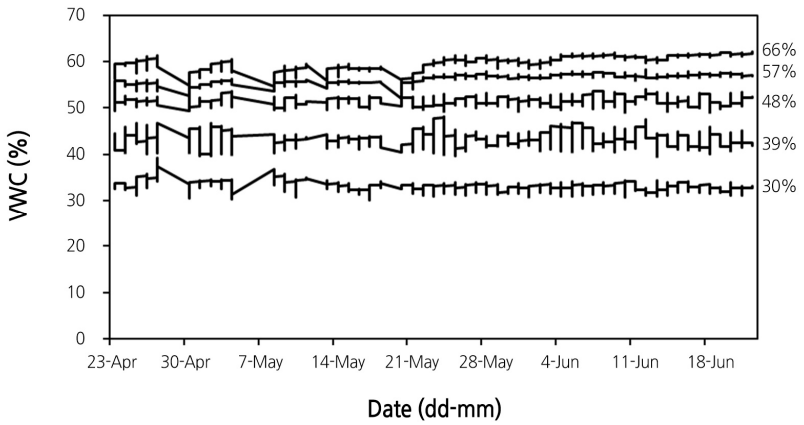

Fig. 4. Changes in the volumetric water contents (VWC) of the peat moss + perlite (7:3, v/v) substrates as influenced by fertigation set points during vegetative propagation of the 'Seolhyang' strawberry.

Table 2. Influence of controlling of the volumetric water contents (VWC) in peat moss + perlite substrates (7:3, v/v) on the tissue nutrient contents of 'Seolhyang' strawberry based on the dry weight of recently fully expanded leaves at 110 days after transplanting

VWC (%)	T-N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
	(%)					(mg·kg^{-1})			
30	2.2	0.3	0.64	0.25	0.41	140	161	33.5	4.5
39	2.3	0.3	0.61	0.25	0.38	249	151	45.8	4.5
48	2.3	0.4	0.66	0.28	0.42	130	160	32.8	3.9
57	2.8	0.3	1.02	0.31	0.36	232	252	70.6	5.8
66	2.7	0.4	1.32	0.31	0.34	265	273	106.9	6.1
F-sig.	**	NS	***	NS	NS	NS	***	***	*
L	***	NS	***	NS	NS	NS	***	***	*
Q	**	NS	***	NS	NS	NS	***	***	*

NS,*,**, ***Nonsignificant or significant at $p \leq 0.05$, 0.01, and 0.001, respectively.
L, linear; Q, quadratic.

Table 3. The characteristics in soil chemical properties of peat moss + perlite substrates (7:3, v/v) 110 days after transplanting of 'Seolhyang' strawberry as influenced by controlling of the volumetric water contents (VWC)

VWC (%)	NO_3-N	NH_4-N	K	Ca	Mg	PO_4-P	SO_4-S
	(mg·L^{-1})						
30	8.3	12.8	15.6	0.0	2.2	23.7	105.3
39	19.5	12.1	14.0	0.8	3.3	23.4	103.5
48	7.4	17.5	11.8	3.8	4.0	23.8	120.0
57	57.9	5.6	12.5	8.5	2.1	21.0	42.8
66	83.4	4.0	20.5	23.2	4.1	22.2	42.2
F-sig.	*	NS	*	*	NS	NS	***
L	**	*	NS	**	NS	NS	**
Q	**	NS	**	**	NS	NS	**

NS,*,**, ***Nonsignificant or significant at $p \leq 0.05$, 0.01, and 0.001, respectively.
L, linear; Q, quadratic.

용적수분함량 조절이 모주에서 발생한 총 자묘수에 미치는 영향에서(Fig. 5) VWC 30% 처리의 자묘 발생수가 가장 적었고, 48% 이하의 처리들에서 15개 이하였다. 57%와 66% 처리는 자묘수가 20개 이상으로 늘어났지만 57%와 66%의 두 처리구 간에는 통계적 차이가 인정되지 않았다. 본 연구의 57% 이상 처리구들의 결과와 타이머법으로 관비횟수를 조절한 Lee et al.(2014)의 결과와 비교할 때 '설향' 딸기 모주 식물체당 발생한 총 자묘수는 유사하였으나, 유사한 자묘수에 도달하는 기간이 본 연구와 달랐다. 용적수분함량을 높게 설정할수록 자묘의 생체중과 건물중 또한 무거워졌으며, 자묘수도 비슷한 경향을 나타내었다. 자묘의 생체중 및 건물중 변화와 자묘수 증가는 모주 생육에서 설명한 바와 동일한 원인에 기인한 결과라고 생각한다.

VWC를 높게 설정할수록 모주로부터 발생한 런너의 수가 많아지는 경향이었으며, VWC 48% 이하인 처리들에서는 모주당 6개 이하였으나 57% 이상에서 약 10개가 발생하였다(Fig. 6). 런너 발생수가 증가함에 따라 식물체당 총 런너 길이가 길어졌지만 VWC 57%와 66% 처리구 간에는 유의한 차이가 인정되지 않았으며, 식물체당 런너의 개수와 길이는 VWC 48%에서 57%로 높아졌을 때 변화폭이 가장 컸다.

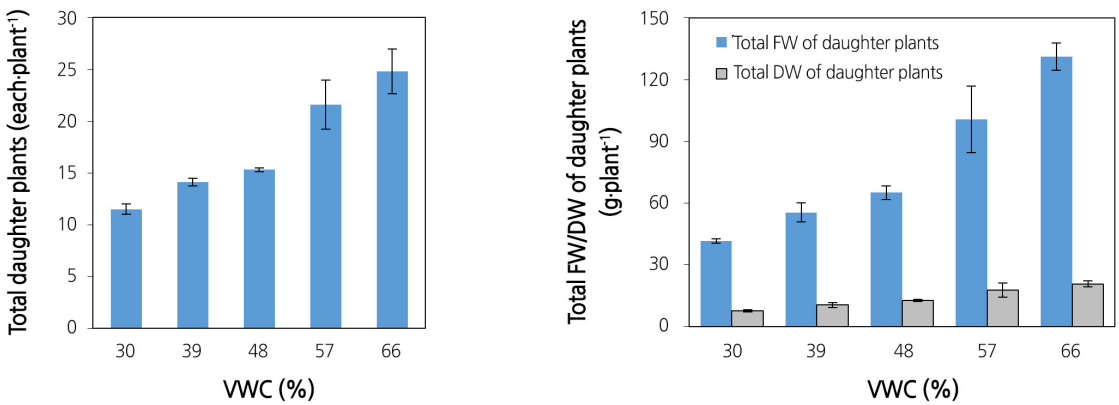

Fig. 5. Influence of controlling of the volumetric water contents (VWC) in peat moss + perlite substrates (7:3, v/v) on the occurrences (left figure) and growths (right figure) of daughter plants in individual mother plant 110 days after transplanting of 'Seolhyang' strawberry mother plants. Values represent the mean ± SE (n=3).

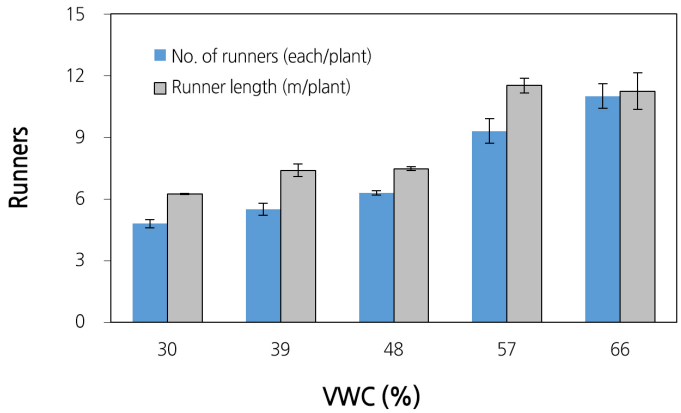

Fig. 6. Influence of controlling of the volumetric water contents (VWC) in peat moss + perlite substrates (7:3, v/v) on the occurrences and growths of runners in individual mother plant 110 days after transplanting of 'Seolhyang' strawberry mother plants. Values represent the mean ± SE (n=3).

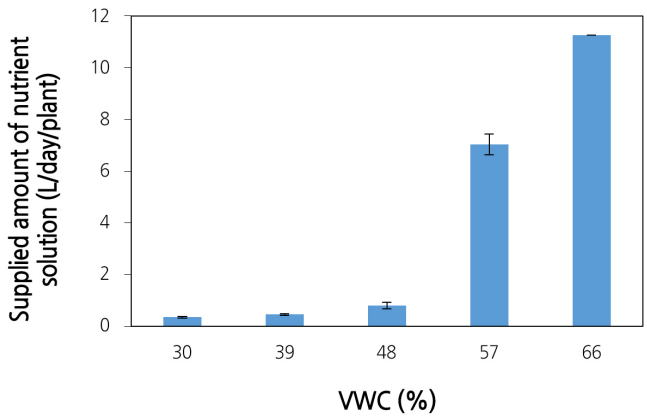

Fig. 7. Mean amount of nutrient solution supplied to each of mother plants in every day during the vegetative propagation of 'Seolhyang' strawberry as influenced by various fertigation set points to control the volumetric water contents (VWC) in peat moss + perlite substrates (7:3, v/v). Values represent the mean ± SE (n=3).

영양생장기간 중 일평균 관비량을 조사한 결과(Fig. 7), VWC 값을 높게 설정할수록 급액량이 지수함수형태로 증가하여 VWC 39%까지 하루 평균 0.4L/plant가 급액되었으나 48%에서 약 2배, 57% 이상부터 급격하게 증가하여 66% 처리구에서 식물체당 11L가 급액되었다. Park et al.(2015)은 '매향' 딸기의 영양번식 시 한아름상토[Shinsung Mineral Co., Ltd., Goesan, Korea]에 토양수분센서를 이용하여 함수량을 조절하였을 때, 용적수분함량이 가장 높았던 50%에서 모주 및 런너의 생장량이 제일 우수하였다고 보고하였다. 본 실험에서는 식물재료가 '설향' 품종으로 달라졌으나 용적수분함량을 높게 설정할수록 식물 생육이 양호하여 유사한 결과를 나타내었다. 이상의 결과, 피트모스와 펄라이트를 7:3(v/v)으로 혼합한 상토에서 '설향' 딸기의 모주 생장과 자묘의 발생 및 생장관점에서 VWC 48% 이하는 적정한 자묘를 획득할 수 없었다. 한편 VWC 57% 이상에서 영양번식이 양호하였으나 57%와 66%를 비교해 볼 때 개체당 총 자묘수와 자묘의 건물중은 두 처리 간 오차범위 내에 있었다. 따라서 양·수분 소모량이 낮은 VWC 57%로 조절하는 것이 적합하다고 판단한다.

초 록

피트모스와 펄라이트를 7:3(v/v)으로 혼합한 배지의 용적수분함량 조절이 '설향' 딸기의 영양생장에 미치는 영향을 구명하기 위해 본 연구를 수행하였다. 딸기 모주 정식 전 20-20-20 복합비료를 질소 기준 250mg·L^{-1}로 혼합상토에 기비로 첨가하였다. 사각초화박스 [64.3cm(L) × 23.5cm(W) × 17cm(H)]에 상토를 충전한 후 박스당 4주씩 모주를 정식하고 유리온실에 배치하였다. 상토의 용적수분함량(VWC)은 GS3 수분센서를 사용하여 조절하였고, 30, 39, 48, 57 및 66%로 VWC를 조절한 5처리를 두어 실험하였다. 각 초화박스에 설정된 값 보다 VWC가 낮아졌을 때 5분간 양액이 공급되도록 하였다. 정식 후 110일째 모주의 지상부 생장과 런너 및 자묘의 발생 및 생장을 조사하였다. 모주의 생장은 엽폭과 SPAD 값을 제외한 모든 조사항목에서 VWC 설정에 따른 처리별로 유의한 차이를 보였다. VWC가 30%에서 66%로 높아질수록 초장, 엽병장 및 생체중이 길어지거나 무거워지는 경향이었다. 또한 VWC 57% 이상 처리구에서는 48% 이하 처리구들보다 엽병장이 4cm 이상 길어졌다. 모주 생장과 유사하게 VWC가 높을수록 총 자묘 발생수와 자묘 생체중 또한 많아지거나 무거워졌다. 모주당 발생한 런너수와 길이는 VWC 설정값이 48%에서 57%로 높아졌을 때 변화폭이 가장 컸다. 한편 식물체당 급액량은 VWC 48%부터 급격히 증가하였으며 66% 처리구는 일 평균 11L가 소요되었다. 이상의 결과를 종합하면 모주 및 자묘의 생장은 VWC를 높게 설정할수록 우수하였으나 양액 소비량을 감안한다면 VWC를 57%로 조절하는 것이 합리적이라고 판단한다.

추가 주요어 : 모주 생장, GS3 센서, 자묘 발생 및 생장, 상토 함수량, 총 자묘

Literature Cited

Albaho MS, Green JL (2004) Comparative study on the effect of two greenhouse production system on selected tomato cultivars. Acta Hortic 648:91-98. doi:10.17660/ActaHortic.2004.648.11

Choi EY, Kim HY, Choi KY, Lee YB (2016a) Comparisons in volumes of irrigation and drainage, plant growth and fruit yield under FDR sensor-, integrated solar radiation-, and timer-automated irrigation systems for production of tomato in a coir substrate hydroponic system. Protec Hortic Plant Fac 25:63-70. doi:10.12791/KSBEC.2016.25.1.63

Choi EY, Seo SK, KY Choi, YB Lee (2014) Development of a non-drainage hydroponic system with a coconut coir substrate by a frequency domain reflectometry sensor for tomato cultivation. J Plant Nutr 37:748-764. doi:10.1080/01904167.2013.868479

Choi EY, Yoon YH, Choi KY, Lee YB (2015) Environmentally sustainable production of tomato in coir substrate hydroponic system using a frequency domain reflectometry sensor. Hortic Environ Biotechnol 56:167-177. doi:10.1007/s13580-015-0036-y

Choi JM, Lee CW, Chun JP (2012) Optimization of substrate formulation and mineral nutrition during the production of vegetable seedling grafts. Hortic Environ Biotechnol 53:212-221. doi:10.1007/s13580-012-0108-1

Choi KY, Choi EY, Kim IS, Lee YB (2016b) Improving water and fertilizer use efficiency during the production of strawberry in coir substrate hydroponics using a FDR sensor-automated irrigation system. Hortic Environ Biotechnol 57:431-439. doi:10.1007/s13580-016-0072-2

Kim JY (2014) Efficient irrigation practice through soil moisture sensor based automated irrigation system in ornamental plant production. Flower Res J 22:48-53. doi:10.11623/frj.2014.22.2.2

Kim SE, Kim YS, Sim SY (2011) Design of measuring trays in the irrigation system using drainage electrodes for tomato perlite bed culture. Korean J Hortic Sci Technol 29:568-574

Kim SE, Sim SY, Kim YS (2010) Control of daily first drainage time by irrigation management with drainage level sensor in tomato perlite bag culture. Korean J Hortic Sci Technol 28:409-414

Lee HS (2015) Effect and management of bicarbonate concentration in nutrient solution for the growth and physiological disorders in strawberry seedling production. Ph.D. Diss., Chungnam Natl. Univ., Daejeon, Korea

Lee HS, Choi JM, Kim TI, Kim HS, Lee IH (2014) Influence of bicarbonate concentrations in nutrient solution on the growth, occurrence of daughter plants and nutrient uptake in vegetative propagation of 'Seolhyang' strawberry. Korean J Hortic Sci Technol 32:149-156. doi:10.7235/hort.2014.13074

Matsuno A (1990) The guide book of rockwool culture-retarding culture of tomato plant. The National Agricultural Cooperative Union, Tokyo, Japan, pp 33-41

Nemali KS, van Iersel MW (2008) Physiological responses to different substrate water contents: screening for high water-use efficiency in bedding plants. J Am Soc Hortic Sci 133:333-340. doi:10.21273/JASHS.133.3.333

Park SS, Park SY, Kim JY, Chung SO, Choi JM (2015) Controlling of substrate water content using FDR sensor influenced the growth of

mother and daughter plants during the propagation of 'Maehyang' strawberry. Korean J Hortic Sci Technol 33:112 (Abstract)

Park ST, Jung GH, Yoo HJ, Choi EY, Choi KY, Lee YB (2014) Measuring water content characteristics by using frequency domain reflectometry sensor in coconut coir substrate. Proctected Hortic Plant Fac 23:158-166. doi:10.12791/KSBEC.2014.23.2.158

Raviv M, Lieth JH (2008) Soilless culture: Theory and practice. Elsevier, NY, USA

Rhie YH, Kim JY (2017) Changes in physical properties of various coir dust and perlite mixes and their capacitance sensor volumetric water content calibrations. HortScience 52:162-166. doi:10.21273/HORTSCI11362-16

Sonneveld C, Voogt W (2009) Plant nutrition of greenhouse crops. Springer, NY, USA. doi:10.1007/978-90-481-2532-6

Wallach R, da Silva FF, Chen Y (1992) Hydraulic characteristics of tuff (Scoria) used as a container medium. J Am Soc Hortic Sci 117:415-421. doi:10.21273/JASHS.117.3.415

Warncke DD (1986) Analyzing greenhouse growth media by the saturation extraction method. HortScience 21:223-225