

용기내 충전량 변화에 따른 코이어 더스트 혼합상토의 물리성 변화

최종명* · 이희수

충남대학교 농업생명과학대학 원예학과

Changes in soil physical properties of coir dust-mixed substrate as influenced by various filling amounts

Jong Myung Choi*, Hee Su Lee

Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Received on 21 August 2013, revised on 17 September 2013, accepted on 17 September 2013

Abstract : Differences in the filling amount of substrates in container can influence severely on the soil physical properties and crop growth. This research was conducted to secure the fundamental informations related to the changes in soil physical properties as influenced by the filling amount of coir dust-based substrates in container. For the experiment, three substrates were formulated by blending coir dust (CD) with expanded rice hull (CD+ERH, 8:2, v/v), carbonized rice hull (CD+CRH, 6:4, v/v) or ground and aged pine bark (CD+GAPB, 8:2, v/v). Based on the optimum bulk density, the amount of substrates filled in 347.5mL aluminum cylinder were adjusted to 90, 100, 110, 120, and 130%. Then the changes in total porosity (TP), container capacity (CC), and air-filled porosity (AFP) by various filling amounts were measured. The TP decreased linearly in CD+ERH and CD+GAPB and quadratically in CD+CRH as the filling amounts of the media increased from 90% to 130%. The CC in CD+ERH and CD+GAPB media increased as the filling amount increased from 90% to 120%, then decreased in 130%, showing quadratic change. The CC in CD+CRH was the highest in 90% filling amount and decreased gradually as the filling amount of root medea increased. The AFPs in CD+ERH and CD+GAPB media were 38 and 37%, respectively in 90% filling amount and they decreased drastically until 110% filling, then gradually in 120 and 130% filling amount showing the quadratic changes. The AFP of CD+CRH at 90% filling amount was 22% and it decreased as the filling amount increased until 130%, showing linear change. These results indicate that the increase in filling amount of substrates influenced more severely the AFP than CC, and careful consideration on container filling is required to provide a better root condition thus maximize crop growth.

Key words : Air-filled porosity, Container capacity, Total porosity

I. 서론

혼합 상토의 제작에 있어 혼합되는 물질의 종류 및 입도 분포, 미세공극을 보유한 정도 등 상토를 구성하는 재료의 특성과 혼합비율이 혼합상토의 물리성에 큰 영향을 미치지 만(Choi et al., 1999a, 1999b, 2000), 상토를 용기에 충전 할 때의 충전 방법도 큰 영향을 미친다. Lee(2011)는 20 곳의 육묘장에서 이용한 상토, 플러그트레이, 비료 그리고 시비농도를 동일하게 하여 육묘하도록 한 후 10주 후 묘의 생육을 조사하였다. 그 결과 육묘장에 따라 묘의 성장량에

서 큰 차이를 보였는데, 혼합상토를 플러그트레이에 충전 하는 과정에서 압력 차이로 인해 용기내의 토양물리성이 변한 것이 성장량 차이가 발생한 주요한 원인이라고 보고하였다.

용기 안으로 충전되는 상토량과 토양 물리성에 차이가 발생하는 것은 혼합상토의 주요 구성재료인 피트모스와 코 이어 더스트가 쉽게 수축되는 물질이기 때문이다. 코이어 더스트의 경우 약 4배로 압축시킨 상태에서 국내로 수입하 여 선박 수송비를 절감하고 있다(Choi et al., 2009). 다른 물질과 혼합하여 상토로 조제된 후에도 쉽게 수축되므로 충전하는 사람에 따라 용기 내부로 충전되는 상토량에서 차이가 발생하고 물리성이 변화된다(Hamrick, 2003;

*Corresponding author: Tel: +82-42-821-5736

E-mail address: choi1324@cnu.ac.kr

Styer and Koranski, 1997).

용기 내로 충전되는 상토의 양이 적을 경우 식물체를 지지하는 상토량이 적어 물리·화학적 완충력이 낮아지지만, 너무 많을 경우 기상률이 감소하고 토양통기성이 불량해진다(Hamrick, 2003).

국내에는 동남아시아 지역으로부터 수입되는 코이어 더스트의 양이 많으며, 이는 캐나다나 북유럽으로부터 수입되는 피트모스보다 수송비가 저렴하기 때문이다. 따라서 원예용 혼합상토 조제에서 가격이 비교적 저렴한 코이어 더스트가 주 원료로 이용되지만 관련 연구가 충분히 수행되지 않았다. 그러므로 이상의 내용을 고려하여 실험실에서 인위적으로 충전량을 변화시킨 후 물리성을 측정하여 코이어 더스트를 포함한 상토의 충전량 정도에 따른 물리성 변화를 예측하기 위한 기초자료를 확보하고자 본 연구를 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 혼합상토

국내에서 유통되는 원예용 상토는 고상률이 10~15%, 공극률이 85~95%, 용기용수량 상태의 액상률이 65~75%, 그리고 기상률이 10~20% 정도이다(Argo, 1998; Choi et al., 2009). 또한 국내에서 유통되는 대부분의 혼합상토가 코이어 더스트를 주 재료로 펄라이트, 버미큘라이트, 수피, 왕겨 등을 혼합하여 토양 물리성을 작물 재배에 적합하도록 조절하고 있다. 따라서 코이어 더스트, 팽연왕겨, 훈탄 및 분쇄된 부숙수피의 네 종류 재료를 확보한 후 다양한 비율로 혼합하고 물리성을 측정하였으며, 그 결과 원예용 상토로 적합하다고 판단하여 선발한 세 종류 혼합상토는 다음과 같았다: ① 코이어 더스트+팽연왕겨(8:2, v/v; coir dust + expanded rice hull, CD+ERH로 지칭), ② 코이어 더스트+훈탄(6:4, v/v; coir dust + carbonized rice hull, CD+CRH로 지칭), ③ 코이어 더스트+분쇄된 부숙수피(8:2, v/v; coir dust + ground and aged pine bark, CD+GAPB로 지칭).

2. 충전밀도의 조절

용량이 347.5 mL(높이 7.6 cm, 내경 7.6 cm)인 알루미늄

실린더를 사용하여 충전밀도 조절 연구를 수행하였다. 예비실험 과정에서 실험 대상인 3종류 상토에 토양습윤제인 Aquagro^G(Aquatrols Corporation of America, Paulsboro, NJ, USA)를 1 m³당 445 g씩 첨가하고 작물 재배에 적합하도록 함수량을 50~65%(Hamrick, 2003)로 조절하였다. 그리고 혼합상토를 347.5 mL 실린더에 충전하면서 서서히 증류수를 첨가해 상토를 충전하는 과정에서 인위적인 압력 조절없이 수분에 의해서만 상토가 침전되어 밀도를 유지할 수 있도록 하였다. 동일한 과정을 반복하면서 충전되는 상토의 양을 점차 증가시키고 알루미늄 실린더의 최상부와 상토의 실린더가 일치하도록 상토의 양을 조절하였다. 이 상태에서 30분간 배수시키고 부피의 변화가 발생하는지를 점검하였다. 관수 시 상토가 팽창하여 용적이 늘어나지만 배수 후 실린더와 동일한 높이로 변하는 상태를 작물 재배를 위한 최적 용적밀도(target bulk density)라고 판단하였다.

목표 용적밀도 상태에서 수분을 보유한 3종류의 상토는 중량을 측정하고, 105°C의 건조기에서 24시간을 건조시킨 후 다시 중량을 측정하여 습윤상태의 용적밀도(wet bulk density)와 건조상태의 용적밀도(dry bulk density)를 계산하였다(Nelson, 2003). 그리고 347.5 mL의 알루미늄 실린더에 목표 용적밀도의 중량을 기준으로 상토 중량이 90, 100, 110, 120 및 130%가 되도록 세 종류 상토를 충전한 후 물리성을 측정하였다.

3. 상토의 물리성 측정

공극률 및 용기용수량을 측정하기 위해 347.5 mL의 알루미늄 실린더에 Bilderback 등(1982)의 방법에 의해 목표 용적밀도가 되도록 상토를 채워 넣었다. 공극률(total porosity), 용기용수량(container capacity), 가비중(bulk density) 및 기상률(air filled porosity)은 각 상토를 5반복으로 하여 Karlovich와 Fonteno(1986)의 방법에 의해 측정하였다.

4. 통계분석

각 상토의 충전밀도 변화가 공극률, 기상률 및 액상률에 미치는 영향은 각 조사항목의 회귀분석을 하였다. 다항회귀분석을 통해 얻어진 1~2차항 회귀선중 최적예측 회귀함

수를 결정하기 위해 R square 값과 incremental F 값이 큰 회귀식을 최적회귀식으로 판단하였다. 통계분석은 CoStat 프로그램(Monterey, CA, USA)으로 수행하였다.

III. 결과 및 고찰

CD+ERH(8:2) 혼합상토의 충전량 변화는 상토의 물리성이 뚜렷하게 변하는 원인이 되었다. Fig. 1에 나타낸 바와 같이 90%를 충전한 처리의 공극률이 약 95%였지만 상토 충전량이 증가함에 따라 직선적으로 공극률이 감소하였으며($R^2=0.9459$) 0.1% 수준의 직선회귀가 성립하였다. CD+CRH(6:4) 혼합상토는 90% 처리가 약 94%의 공극률로 측정되었지만 충전량을 130%로 증가시킬 경우 약 79% 수준으로 낮아졌다. 상토 충전량 증가는 2차곡선회귀적으로 공극률이 감소하는($R^2=0.9541$) 원인이 되었으며 코이어더스트+팽연왕겨(8:2) 보다 감소하는 정도가 더 심하였다. CD+GAPB(8:2)도 상토 충전량이 증가함에 따라 공극률이 직선적으로 감소하였고($R^2=0.9372$) CD+ERH(8:2) 혼합상토와 매우 유사한 경향을 보였다.

Styer와 Koranski(1997)는 혼합상토 조제 과정에서 공

극률을 높이기 위해 펄라이트 등 직경이 큰 입자의 혼합비율을 높이면 전체 공극 중 대공극(직경 30~300 μm)의 비율이 높지만, 동일한 용적의 용기 안으로 충전되는 상토량이 많아지면 입자 사이에 형성된 대공극이 뚜렷하게 감소하여 미세공극(10~30 μm)으로 변한다고 하였다. 특히 물질의 수축성이 클 경우 공극률 감소는 크지 않지만 공극의 대부분이 직경이 작은 미세공극으로 변한다고 하였다. 본 연구의 재료인 혼탄은 팽연왕겨나 분쇄된 부숙수피에 비해 직경이 컸지만 물질의 특성상 수축이 잘 되지 않으며, 충전량이 증가하여도 대공극이 미세공극으로 변하지 않고 공극률 자체가 감소한 결과로 나타났다고 판단한다.

상토의 충전량 차이가 용기용수량(container capacity) 변화에 미치는 영향을 Fig. 2에 나타내었다. CD+ERH(8:2)와 CD+GAPB(8:2)는 상토 충전량에 따른 용기용수량이 90% 충전량에서는 낮고 120% 충전량까지 높아지다가 130% 충전량에서 다시 낮아지는 2차곡선회귀적 반응을 보였다(CD+ERH(8:2): $R^2=0.8277$; CD+GAPB(8:2): $R^2=0.7856$). 그러나 CD+CRH(6:4) 혼합상토의 용기용수량은 90% 충전량에서 약 74%로 가장 높았고, 상토 충전량 증가와 함께 직선적으로 낮아져($R^2=0.7597$) 130% 충전량에서 약 67%

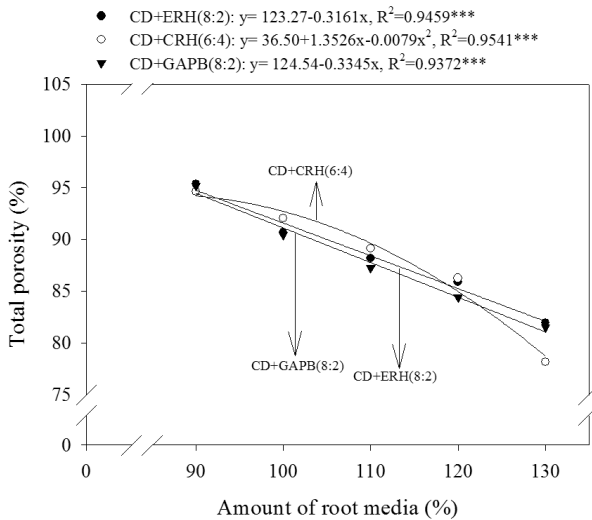


Fig. 1. Changes in total porosity of coir dust-based substrates as influenced by the various filling amounts in 347.5 mL aluminum cylinder. The 100% of root medium indicates the substrate amount when no volume change occurred after subirrigation of distilled water followed by drainage for 30 minutes. The 90, 110, 120, and 130% indicate the decrease or increase in the amount of substrates based on the weight during packing into the cylinder (***)Significance at $P < 0.001$; Abbreviations in substrates: CD, coir dust; ERH, expanded rice hull; CRH, carbonized rice hull; GAPB, ground and aged pine bark).

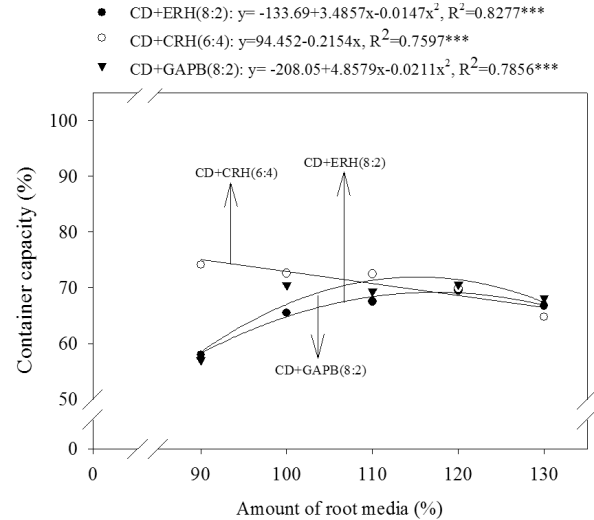


Fig. 2. Changes in container capacity of coir dust-based substrates as influenced by the various filling amounts in 347.5 mL aluminum cylinder. The 100% of root medium indicates the substrate amount when no volume change occurred after subirrigation of distilled water followed by drainage for 30 minutes. The 90, 110, 120, and 130% indicate the decrease or increase in the amount of substrates based on the weight during packing into the cylinder (***)Significance at $P < 0.001$; Abbreviations in substrates: CD, coir dust; ERH, expanded rice hull; CRH, carbonized rice hull; GAPB, ground and aged pine bark).

로 측정되었다.

이상과 같이 혼합상토의 충전량이 증가하여도 용기용수량이 증가하거나 감소하는 등 상토 종류별로 다른 경향을 보였으며, 이는 상토 재료의 물리적 특성에 기인한 결과라고 생각한다. 비교적 수축이 잘 되는 물질인 팽연왕겨나 분쇄된 부숙수피가 혼합된 CD+ERH(8:2) 또는 CD+GAPB(8:2) 혼합상토는 충전량에 대한 용기용수량의 변화가 2차 곡선회귀적 반응을 보였으나, 내부에 미세공극이 없고, 비교적 단단하며, 입자밀도가 높은 혼탄이 혼합된 CD+CRH(6:4) 혼합상토는 충전밀도가 높아짐에 따라 용기용수량이 직선적으로 감소하였다.

코이어 더스트에 팽연왕겨나 분쇄된 부숙수피를 혼합한 상토는 충전량이 많아짐에 따라 대공극의 비율이 감소하고 수분을 보유할 수 있는 미세공극의 비율이 증가하였다고 생각된다. 그러므로 관수 시 미세공극에도 수분이 보유되어 용기용수량이 심하게 감소하지 않았다고 판단된다. 그러나 혼탄이 혼합된 상토는 내부 미세공극의 비율이 낮고 충전량이 증가할수록 대공극이 미세공극으로 변하는 것이 아니라 공극 자체가 없어져 용기용수량이 뚜렷하게 감소하였다고 생각된다. Hamrick(2003)은 48-cell 플러그 트레이에 피트모스+버미큘라이트(1:1) 혼합상토를 약한 압력, 중간 압력 및 강한 압력으로 충전한 결과 용기용수량이 79%, 82%, 및 82%였지만 무효수의 비율이 21, 26 및 30%로 높아졌다고 하였다. 이는 강한 충전압력으로 인해 동일한 용적 안으로 충전되는 상토의 양이 많아지므로 대공극의 비율이 낮아지고 미세공극의 비율이 높아진 것이 주요 원인이라고 하였다. Styer와 Koranski(1997)도 피트모스와 펄라이트 혼합상토에서 유사한 보고를 한 바 있다. 그들의 보고를 고려할 때 직경이 작은 공극의 비율이 증가하고, 공극 내에 강한 장력으로 수분이 흡착되어 무효수의 비율이 높아졌음을 알 수 있다. 비록 본 연구에서 공극의 크기를 측정하기 위한 실험을 수행하지 않았지만 유사한 상황이 발생하였다고 추정된다.

상토 충전량 차이에 따른 세 종류 상토의 기상률 변화는 Fig. 3에 나타내었다. CD+ERH(8:2) 혼합상토에서 90% 충전량 처리는 약 38%의 기상률을 가졌고 110% 충전량까지 기상률이 급격히 낮아진 후 120%와 130% 충전량에서 완만하게 낮아지는 2차곡선회귀적 반응($R^2=0.9516$)을 보였다. CD+GAPB(8:2)는 90% 충전량에서 기상률이 약 37%, 그리고 120% 충전량에서 약 14%로 감소하였고 130%

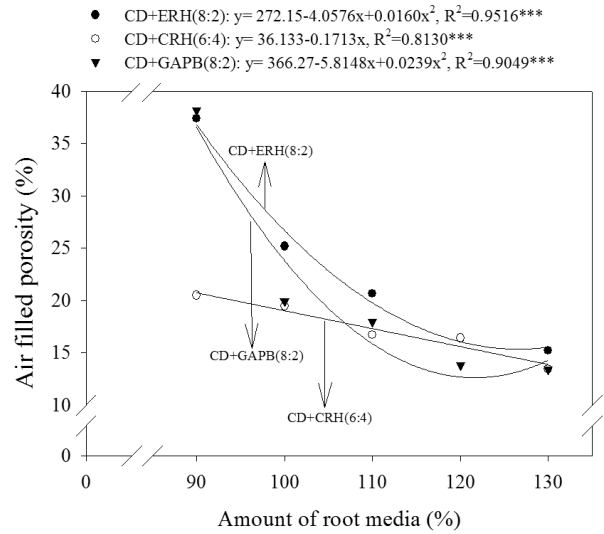


Fig. 3. Changes in air-filled porosity of coir dust-based substrates as influenced by the various filling amounts in 347.5 mL aluminum cylinder. The 100% of root medium indicates the substrate amount when no volume change occurred after subirrigation of distilled water followed by drainage for 30 minutes. The 90, 110, 120, and 130% indicate the decrease or increase in the amount of substrates based on the weight during packing into the cylinder (***Significance at $P < 0.001$; Abbreviations in substrates: CD, coir dust; ERH, expanded rice hull; CRH, carbonized rice hull; GAPB, ground and aged pine bark).

충전량 처리는 120% 충전량과 유사한 2차곡선회귀적 반응($R^2=0.9049$)을 보여 CD+ERH(8:2) 상토보다 기상률이 더 심하게 감소하였다. 그러나 CD+CRH(6:4) 혼합상토는 90% 충전량에서 기상률이 약 22%, 그리고 130% 충전량에서 약 16%로 직선적으로($R^2=0.8130$) 감소하는 경향을 보였다.

이상과 같이 코이어 더스트가 혼합된 세 종류 상토의 충전량이 증가할수록 기상률이 뚜렷하게 낮아졌다. Hamrick(2003)은 피트모스+버미큘라이트(1:1) 혼합상토를 약함, 중간 그리고 강한 압력으로 48-셀 플러그트레이에 충전할 경우 기상률이 각각 9%, 4%, 그리고 2%로 낮아졌다고 보고 하였다. 이와 같이 강한 충전압력으로 인해 기상률이 낮아지고 용기용수량이 높아지면 작물 재배중 상토가 과습한 상태를 유지하고 토양통기성이 불량하여 뿌리 생장이 심하게 억제된다고 하였다. Styer와 Koranski(1997)도 273-셀 플러그트레이에 상토를 충전할 때 기상률이 약한 압력은 4%로, 강한 충전압력에서는 1%로 측정되었으며, 압력에 따른 충전량 차이가 기상률로 표현되는 토양통기성에 큰 영향을 미침을 보고한 바 있다. Wallach(2008)도 유기

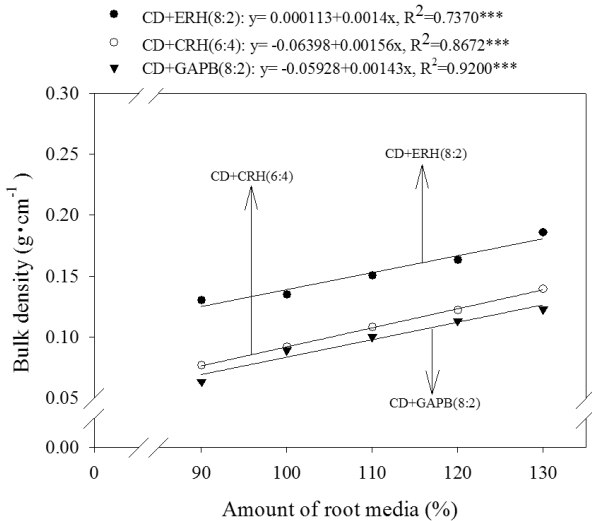


Fig. 4. Changes in bulk density of coir dust-based substrates as influenced by the various filling amounts in 347.5 mL aluminum cylinder. The 100% of root medium indicates the substrate amount when no volume change occurred after subirrigation of distilled water followed by drainage for 30 minutes. The 90, 110, 120, and 130% indicate the decrease or increase in the amount of substrates based on the weight during packing into the cylinder (**Significance at $P < 0.001$; Abbreviations in substrates: CD, coir dust; ERH, expanded rice hull; CRH, carbonized rice hull; GAPB, ground and aged pine bark).

물 혼합비율이 높은 상태는 수축이 잘 되며 이로 인해 물리성이 쉽게 변하고 물리성을 측정하는 자체의 어려움을 보고한 바 있다.

충전량에 따른 기상률 감소에서 혼합상도 종류별 차이가 발생하는 것은 앞에서 설명한 바와 같이 물질의 수축성 차이 때문으로 판단되며, 팽창과 수축이 비교적 어려운 훈탄이 혼합상도의 구성재료로 혼합될 경우 기상률의 변화폭이 적다고 판단한다. 그러나 Nelson(2003)은 상토의 통기성을 판단하는 지표는 기상률이며 적절한 기상률을 유지하기 위해서는 충전압력이 과도하게 높아지지 않도록 유의하여야 한다고 하였다. 본 연구에서도 120%와 130% 충전량에서 기상률이 뚜렷하게 감소하였으며 혼합상토를 용기에 충전할 때 충전량이 110% 이하를 유지할 수 있도록 충전 전 최적밀도를 판단하고 적절한 밀도를 갖도록 충전량을 조절해야 할 것으로 판단하였다.

상토 충전량 차이에 따른 세 종류 상토의 가비중 변화를 Fig. 4에 나타내었다. CD+ERH(8:2)와 CD+GAPB(8:2) 혼합상토는 상토 충전량이 증가할수록 직선적으로 가비중이 높아졌고, 각각 $y = -0.06398 + 0.00156x$ ($R^2 = 0.8672$)과 $y =$

$-0.05928 + 0.00143x$ ($R^2 = 0.9200$)의 회귀식을 보였다. 그러나 CD+CRH(6:4) 혼합상토도 충전량이 증가함에 따라 가비중이 직선적으로 증가하였지만 ($R^2 = 0.7370$) 동일한 조건의 CD+ERH(8:2) 또는 CD+GAPB(8:2) 보다 약 1.7배 정도 가비중이 무거웠다.

IV. 결론

상토를 용기에 충전할 때 충전량 차이는 토양 물리성과 작물의 생육에 큰 영향을 미치지 않지만 관련 연구가 수행되지 않았으며, 물리성 변화에 관한 기초자료를 확보하고자 본 연구를 수행하였다. 공극률이 약 90%가 되도록 코이어 디스트+팽연완겨(CD+ERH, 8:2, v/v), 코이어 디스트+훈탄(CD+CRH, 6:4, v/v) 및 코이어 디스트+분쇄부숙수피(CD+GAPB, 8:2, v/v)의 세 종류 상토를 조제하였다. 작물 재배를 위한 최적 가비중을 기초로 347.5 mL의 용기에 상토 중량이 90, 100, 110, 120 및 130%가 되도록 조절한 후 공극률, 용기용수량 및 기상률의 변화를 측정하였다. 충전량이 증가함에 따라 CD+ERH와 CD+GAPB는 직선적으로 공극률이 감소하였다. CD+CRH는 충전량의 증가가 공극률이 2차곡선회귀적으로 감소하는 원인이 되었으며 CD+ERH보다 그 정도가 더 심하였다. CD+ERH와 CD+GAPB는 용기용수량이 90% 충전량에서 낮고 120% 충전량까지 증가하다가 130% 충전량에서 다시 낮아지는 2차곡선회귀적 반응을 보였다. 그러나 CD+CRH 혼합상토의 용기용수량은 90% 충전량에서 약 74%로 가장 높았고, 충전량 증가와 함께 직선적으로 낮아져 130% 충전량에서 약 67%로 측정되었다. CD+ERH와 CD+GAPB는 90% 충전량에서 기상률이 각각 38% 및 37%였고, 110% 충전량까지 급격히 낮아진 후 120%와 130% 충전량에서 완만하게 낮아지는 2차곡선회귀적 경향을 보였다. 그러나 CD+CRH는 90% 충전량에서 약 22%, 그리고 130% 충전량에서 약 16%로 직선적으로 감소하였다. 이상의 결과를 요약하면 충전량 증가는 액상률보다 기상률에 더 심한 영향을 미쳤으며 작물 재배를 위해서는 기상률의 감소를 방지할 수 있도록 충전량을 조절해야 한다고 판단된다.

감사의 글

This work was carried out with the support of

“Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ907050)”, Rural Development Administration, Republic of Korea

참고 문헌

- Argo WR. 1998. Root medium physical properties. *HortTechnology* 8:481-485.
- Bilderback TE, Fonteno WC, Johnson DR. 1982. Physical properties of media composed of peanut hulls, pine bark, and peatmoss and their effects on azalea growth. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 107:522-525.
- Choi JM, Chung HJ, Choi JS. 2000. Physico-chemical properties of organic and inorganic materials used as container media. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* 18:529-535. [in Korean]
- Choi JM, Chung JH, Choi JS. 1999a. Physical properties of pine bark affected by peeling method and improving moisture retention capacity. *Journal of Korean Society for Horticultural Science* 40:363-367. [in Korean]
- Choi JM, Chung HJ, Seo BG, Song CY. 1999b. Improved physical properties in rice-hull, saw dust and wood chip by milling and blending of recycled rockwool. *Journal of Korean Society for Horticultural Science* 40:755-760. [in Korean]
- Choi JM, Kim IY, Kim BK. 2009. Root Substrates. Hackyesa, Daejeon, Korea.
- Hamrick D. 2003. Ball red book: Crop production. 17th ed. Ball Publishing, Batavia, IL.
- Karlovich PT, Fonteno WC. 1986. Effect of soil moisture tension and soil water content on the growth of chrysanthemum in 3 container media. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 111:191-195.
- Lee JM. 2011. Factors affecting the quality of grafted vegetable transplants. *International Symposium on Vegetable Grafting*. 3-5 October 2011. Viterbo, Italy. p. 13.
- Nelson PV. 2003. Greenhouse operation and management. 6th ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Styer RC, Koranski DS. 1997. Plug & transplant production: a growers guide. Ball Publishing, Batavia, IL.
- Wallach R. 2008. Physical characteristics of soilless media. p. 41-116. In: Raviv M, Leith JH. (eds.). *Soilless culture: Theory and practice*. Elsevier, San Diego, CA.