

## Research Report

## 팽연왕겨와 훈탄을 포함한 원예작물 용기재배용 혼합상토의 개발

박은영, 최중명\*, 심창용

충남대학교 원예학과

## Development of Root Media Containing Carbonized and Expanded Rice Hull for Container Cultivation of Horticultural Crops

Eun Young Park, Jong Myung Choi\*, and Chang Young Shim

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

**Abstract:** Objective of this research was to develop root media containing expanded rice hull (ERH) and carbonized rice hull (CRH). To achieve this, the physico-chemical properties of two materials were analysed and blended with peatmoss (PM) or coir dust (CD) with various ratio. Based on the physical properties of the blended materials, 4 root media were selected for future experiment. After the analysis of pH and EC of the selected root media, the kinds and amount of pre-planting nutrient charge fertilizers (PNCF) incorporated into each root medium were varied, and then, final chemical properties of the root media were analysed. The total porosity (TP), container capacity (CC), and air-filled porosity (AFP) were 81.3%, 39.9%, and 41.4% in ERH and 77.6%, 64.1%, and 13.5% in CRH, respectively. The percentage of easily available water (EAW, from CC to 4.90 kPa tension) and buffering water (BW, 4.91-9.81 kPa tension) were 11.37% and 5.27%, in ERH and 17.26% and 14.28% in CRH, respectively. The pH of ERH was 7.1, but it was extremely high in CRH such as 11.2. The EC and CEC were  $1.31 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  and  $12.1 \text{ meq}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$  in ERH and  $6.53 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  and  $7.79 \text{ meq}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$  in CRH, respectively. The ranges of TP, CC and AFP in 4 selected media (PM + ERH, 6:4, v/v; CD + ERH, 8:2; PM + CRH, 7:3; CD+CRH 6:4) were 89.2-90.3%, 67.3-81.8%, and 8.3-21.9%, respectively. The pHs and ECs in root media containing peatmoss such as PM + ERH (6:4) and PM + CRH (7:3) were 4.0-4.3 and 0.33-0.365  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , whereas those of CD + CRH were 7.4-7.9 and  $1.282 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ . The pHs and ECs, however, analysed before and after the incorporation of PNCF in each root medium were not significant different. This result indicated that the incorporated fertilizers in PNCF to adjust medium pH did not dissolve enough to influence medium pH, but it is very normal in root media containing dolomitic lime and sulfur powder in adjusting pH. The Information obtained in this study may facilitate an effective formulation of root media containing rice hulls.

**Additional key words:** air space, chemical properties, container capacity, nutrient contents, physical properties

## 서 언

포트 및 플러그 재배 등 용기재배를 위한 혼합상토의 구성재료로서 국내에서 사용량이 많은 피트모스나 코이어 더스트는 전량 외국에서 수입되고 있으며, 재료의 구매비용, 구매 후의 운송비로 인해 국내 유통가격이 높게 형성되고 있다. 구성재료들을 적절한 비율로 혼합하여 조제된 혼합상토를 수입하는 경우에도 비싼 운송비를 부담해야 한다. 아

울러 수입되는 혼합상토의 경우 상토조제 과정에서 pH 교정이나 무기원소 공급 등을 목적으로 많은 비료가 포함되며, 비료 비용을 상토 가격에 포함시킴으로써 상토 구입비용이 증가하는 원인이 된다. 따라서 유럽이나 미국으로부터 수입되는 원예용 혼합상토의 국내 가격은 국내에서 유사한 목적으로 생산된 혼합상토보다 일반적으로 2-4배 높게 형성되고 있다(미발표된 자료).

피트모스 등 일부 물질은 단일재료를 용기재배용으로 이

\*Corresponding author: [choi1324@cnu.ac.kr](mailto:choi1324@cnu.ac.kr)

※ Received 19 January 2013; Revised 10 April 2013; Accepted 30 April 2013.

© 2014 Korean Society for Horticultural Science

용하기도 하지만, 보편적으로 2-3종류의 물질을 혼합하여 용기재배용 상토를 조제하고, 이들을 용기에 충전한 후 작물을 재배하며, 이를 혼합상토라고 부르고 있다(Choi et al., 2009; Nelson, 2003). 플러그나 포트재배 방법으로 작물을 재배할 때 사양토 등 노지토양을 용기재배에 이용하면 용기의 특성으로 인해 노지와는 다르게 용기 내의 물리적 환경이 조성되고 작물 생장에 악영향을 미치며 이러한 이유로 공극률이 높은 혼합상토를 용기재배에 이용한다(Argo, 1998a; Nelson, 2003). 국내에서 혼합상토의 구성재료로 이용되는 주요 물질들은 피트모스, 코이어 더스트, 펄라이트 또는 버미큘라이트이다. 이들 재료의 혼합비율을 조절하여 작물 생육에 적합하도록 물리·화학적 특성을 조절하지만 상기한 물질들이 전량 수입되고 있어 이들 재료들을 혼합하여 조제한 혼합상토도 가격이 높게 형성되고 있다(Choi et al., 2009).

우리 나라에서 산업부산물로 생산되는 물질을 혼합상토 구성재료로 활용할 수 있다면 수입되는 상토재료의 양을 줄일 수 있고, 상토가격의 하락과 저렴한 상토를 이용한 작물 생산비용의 절감효과를 유발할 수 있다. 국내에는 넓은 면적에서 벼가 재배되고, 벼의 도정과정에서 부산물로 생산되는 왕겨의 양이 많으며, 축사용, 토양개량제용 등 다양한 목적으로 활용되고 있다. 또한 왕겨를 원예용 상토로 개발하기 위한 연구가 오래 전부터 수행되어 왔다(Choi et al., 1999b, 2000, 2002; Song et al., 1996).

왕겨는 그 자체의 C/N율이 높고 또한 도정과정에서 미생물에 쉽게 분해되는 많은 양의 탄수화물을 포함하고 있다(Choi et al., 1999b, 2009; Song et al., 1996). 그러므로 팽연왕겨, 부숙왕겨 또는 훈탄의 형태로 가공된 후 혼합상토의 구성재료로 활용되고 있지만 과거에 수행된 연구들은 상토 원료로써 왕겨의 가공 전과 가공 후의 물리·화학적 특성을 정확하게 설명하지 못하여 혼합상토의 개발에 걸림돌이 되

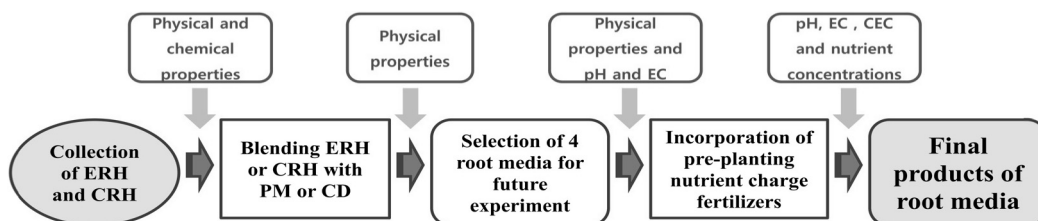
어왔다. 아울러 재료의 물리·화학적 특성을 정확하게 분석한 후에 기초하여 플러그, 포트 또는 벤치 재배 등의 목적에 적합하도록 물리·화학적 특성을 조절하기 위한 혼합비율이 결정되어야 하나 정확한 관련 연구가 수행되지 않았다.

상기한 바와 같은 연구 배경을 고려할 때 왕겨를 가공한 팽연왕겨 또는 훈탄을 혼합상토의 구성재료로 활용하기 위해서는 정확한 물리·화학적 특성의 측정 및 분석이 이루어지고, 보수성 향상을 위해 다른 물질과 혼합한 후에도 이들 특성이 정확하게 구명되어야 한다. 또한 국내·외에서 유통되는 대부분의 혼합상토가 기비를 포함하고 있으며, 혼합한 물질의 물리·화학적 구명을 통해 첨가될 비료의 종류나 양이 결정될 수 있다. 따라서 이와 같은 내용을 고려하여 왕겨 가공물인 팽연왕겨 및 훈탄과 이들을 다른 재료와 혼합상토를 개발하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 상토 개발 과정

국내에서 부산물로 생산되는 팽연왕겨와 훈탄을 활용하여 혼합상토를 개발하기 위해 Fig. 1에 나타난 과정을 통해 본 연구를 진행하였다. 수집한 팽연왕겨와 훈탄은 물리성 및 화학성을 측정 및 분석한 후 다양한 비율로 피트모스 또는 코이어 더스트와 혼합하였다. 이후 물리성을 측정하여 원예용 상토로 적합한 공극률 및 용기용수량을 갖는 4종류의 상토를 선발하였다. 이들 4종류의 혼합물은 pH와 EC를 측정한 후 기비로 혼합할 비료의 종류 및 양을 결정하였으며, 또한 첨가되는 모든 비료는 건조시킨 상태에서 혼합하였다. 기비가 혼합된 상토들은 화학적 특성을 분석하여 혼합상토로서의 적절함을 판단하였다.



**Fig. 1.** Schematic diagram of procedure for root medium developments based on physical and chemical properties of materials (physical properties: particle size distribution, total porosity, container capacity, air-filled porosity, the percentage of easily available water and buffering water; chemical properties: pH, EC, CEC, nutrient concentrations and the amount of growth suppression materials. ERH, expanded rice hull; CRH, composted rice hull; PM, peat moss; CD, coir dust.

## 배지 재료와 혼합 비율

팽연왕겨와 혼탄은 대원GSI(Daewon Co., Ltd., Chilgok, Gyeongbuk, Korea)로부터 확보하였고, 두 물질과 혼합하여 상토를 조제하기 위하여 피트모스(Imported from Latvia, Shinsung Mineral Co., Ltd., Jincheon, Korea)와 코이어 더스트(Imported from India, Shinsung Mineral Co., Ltd., Jincheon, Korea)도 확보하였다. 팽연왕겨와 혼탄은 수집한 상태에서 물리·화학적 성을 측정하였고, 두 물질을 피트모스 또는 코이어 더스트와 건조시킨 상태에서 6:4, 7:3, 또는 8:2(피트모스 또는 코이어 더스트의 용적/팽연왕겨 또는 혼탄의 용적 비율)로 혼합한 후 다시 물리·화학적 성을 분석하였다.

## 물리성 측정

수집된 팽연왕겨와 혼탄의 입도분포는 ROTAP-II sieve shaker(Model A.S.T.M.E-11, FISHER SCIENTIFIC CO., USA)로 조사하였고, 사용된 체(sieve)는 미국 표준규격(American standard) 번호 3 1/2(직경 5.6mm), 7(2.8mm), 14(1.0mm), 25(710 $\mu$ m), 45(355 $\mu$ m), 100(150 $\mu$ m) 및 140(106 $\mu$ m)였다. 입도 분포 조사의 전반적인 방법은 Choi et al.(1999a)이 설명한 방법을 따랐으며 4반복으로 수행하였다.

팽연왕겨와 혼탄 또는 이들을 피트모스 또는 코이어 더스트와 혼합한 후 공극률, 기상률, 액상률 및 가비중 등 물리성을 측정하였다. 347.5mL의 알루미늄 실린더(직경 7.6cm, 높이 7.6cm)를 사용하여 측정하였는데 예비실험을 통해 작물 재배에 적합한 용적밀도를 구한 후 목표 용적밀도가 되도록 실린더에 상토를 채워 넣고 측정하였으며, 3반복으로 수행하였다. 물리성 측정의 전반적인 방법은 Choi et al.(1999a)의 방법에 준하였다.

수집된 물질 또는 이들과의 혼합물이 보유한 수분 중 쉽게 이용할 수 있는 수분(4.903kPa보다 낮은 장력 하에 존재하는 수분, easily available water, EAW)과 완충수분(4.903kPa-9.806kPa 장력 하에 존재하는 수분, buffering water, BW)의 양을 측정하였다. 두 수분 장력 범위에 존재하는 수분은 sand box(Eijkkelkamp Model 08.27, Netherlands)로 측정하였고, Milks et al.(1989)와 Wallach et al.(1992)의 방법에 준하여 수행하였다.

## 화학적 특성 분석

팽연왕겨와 혼탄 또는 혼합물의 pH 및 EC는 포화추출법으로 측정하였다. 시료를 일정한 용기에 담은 뒤 증류수로 saturated paste를 만든 후 화학평형상태에 도달하였다

고 판단된 2시간 후에 측정하였으며 3반복으로 수행하였다(Warncke, 1986).

양이온교환용량은 ammonium acetate(pH 7.0) 방법(Hendershot et al., 1993)에 준하여 분석하였고, 치환성양이온 함량은 양이온교환용량 분석을 위해 NH<sub>4</sub>OAc로 치환시킨 용액 속에 존재하는 양이온을 원자흡광분석계(atomic absorption/flame emission spectrophotometer, Model 680, Shimadzu)로 분석하였다. NH<sub>4</sub>-N(Chaney and Marback, 1962), NO<sub>3</sub>-N(Cataldo et al., 1975) 및 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(Chapman and Pratt, 1961) 함량은 분광광도계(Raman spectrophotometer, OPETIZEN 2120UV, Mecasys, Korea)로 비색정량하였다.

회분함량과 상토재료의 성장저해물질 함량은 TAPPI(1975) 분석법에 준하여 수행하였다. 냉수추출물(불가용성 탄수화물, 탄닌, 배당체 등이 추출), 온수추출물(냉수추출보다 양이온 많은 불가용성 탄수화물, 탄닌, 배당체 등이 추출), 그리고 알칼리 추출물(냉수추출 및 온수추출물에 포함된 물질과 함께 폴리페놀류, 저분자 리그닌, 수지산, 유지 등이 추출됨)의 양을 정량함으로써 간접적인 방법으로 판단하였다.

## 혼합상토별 기비(Pre-planting Nutrient Charge Fertilizers)로 첨가된 비료의 종류 및 양

팽연왕겨와 혼탄에 피트모스 또는 코이어 더스트를 혼합한 후 물리성을 측정하였고, 원예작물의 용기재배에 적합하다고 판단한 네 종류 상토(피트모스 + 팽연왕겨, 6:4, v/v; 코이어 더스트 + 팽연왕겨, 8:2; 피트모스 + 혼탄, 7:3; 그리고 코이어 더스트 + 혼탄, 6:4)를 대상으로 본 실험을 수행하였다. 네 종류 상토는 혼합한 후 pH 및 EC를 측정하였고, 측정결과를 기초로 다음과 같이 기비로 혼합되는 비료의 종류 및 양을 조절하였으며, 이 과정은 Nelson(2003)이 보고한 내용에 기초하였다.

피트모스 + 팽연왕겨(6:4)와 피트모스 + 혼탄(7:3)(각각 pH가 4.2 및 4.7로 측정됨): dolomitic limestone(백운석계 고토석회) 3g·L<sup>-1</sup>, 용과린 0.6g·L<sup>-1</sup>, micronutrient mix(미량원소복합제) 2g·L<sup>-1</sup>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O 0.6g·L<sup>-1</sup>, KNO<sub>3</sub> 0.6g·L<sup>-1</sup>.

코이어 더스트 + 팽연왕겨(8:2, pH가 5.6으로 측정됨): CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O 0.75g·L<sup>-1</sup>, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.15g·L<sup>-1</sup>, 용과린 0.6g·L<sup>-1</sup>, micronutrient mix(미량원소복합제) 2g·L<sup>-1</sup>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O 0.6g·L<sup>-1</sup>, KNO<sub>3</sub> 0.6g·L<sup>-1</sup>.

코이어 더스트 + 혼탄(6:4, pH가 7.5 이상으로 측정됨): CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O 0.75g·L<sup>-1</sup>, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.15g·L<sup>-1</sup>, 용과린 0.6g·L<sup>-1</sup>, micronutrient mix(미량원소복합제) 2g·L<sup>-1</sup>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·

$4\text{H}_2\text{O } 0.6\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $\text{KNO}_3 \text{ } 0.6\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ , 분말 유향:  $3\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 였다.

### 통계처리 방법

물리·화학적 특성을 분석한 후 처리간 평균은 CoStat 프로그램(Monterey, California, USA)을 사용하여 세 처리 이상일 경우  $p \leq 0.05$  수준의 Duncan 다중 검정으로, 두 처리간 비교는 T-검정으로 수행한 후 해당되는 각각의 표에 나타내었다.

## 결과 및 고찰

### 물리적 특성

입도분포를 조사한 결과 팽연왕겨와 훈탄은  $710\mu\text{M}$  이상

**Table 1.** The total porosity, container capacity, air space porosity and bulk density of carbonized and expanded rice hull.

| Treatment <sup>z</sup> | TP <sup>y</sup> (%) | CC (%) | AS (%) | BD ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) |
|------------------------|---------------------|--------|--------|--------------------------------------|
| ERH                    | 81.3                | 39.9   | 41.4   | 0.11                                 |
| CRH                    | 77.6                | 64.1   | 13.5   | 0.12                                 |
| Significant            | ***                 | ***    | **     | **                                   |

<sup>z</sup>ERH, expanded rice hull; CRH, carbonized rice hull

<sup>y</sup>TP, total porosity; CC, container capacity; AS, air space; BD, bulk density.

\*\*\*, \*\* Significant at the  $P \leq 0.01$  or  $0.001$  respectively, by t-test.

의 직경을 갖는 입자의 비율이 각각 86.8과 54.8%,  $710\mu\text{M}$  이하는 13.2와 45.2%로 조사되었다(Fig. 2). 상토 또는 상토의 구성재료로 팽연왕겨를 이용할 경우 훈탄에 비해 토양통기성이 높고, 보수성이 낮을 것으로 예상하였다. 훈탄은 팽연왕겨에 비교하여 입경의 균일도가 높고, 작은 입자의 비율이 높았지만 국내에서 유통되는 피트모스나 코이어 더스트보다 직경이 큰 입자의 비율이 월등히 높았다. 따라서 보수성보다는 토양 통기성을 향상시키기 위하여 혼합될 수 있는 물질이라고 판단하였다(Choi et al., 1999a, 1999b, 2000).

물리성 측정 결과 팽연왕겨는 공극률 81.3%, 용기용수량 39.9%, 기상률 41.4% 그리고 가비중  $0.11\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 였지만, 훈탄은 공극률 77.6%, 용기용수량 64.1%, 기상률 13.5% 그리고 가비중은  $0.12\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 로 측정되었다(Table 1). 이와 같은 결과는 팽연왕겨가 훈탄에 비해 보수성이 매우 낮고 토양통기성이 우수함을 의미한다, 그러나 폐쇄형 식물공장 또는 온실에서 원예 작물 재배를 위한 혼합상토의 공극률이 85-95%, 용기용수량이 75-85%에 도달함을 감안할 때(Milks et al., 1989; Nelson, 2003) 팽연왕겨는 용기용수량이 너무 낮으며 작물 재배에 이용할 경우 식물이 수분 부족에 직면할 가능성이 높고 관수를 자주해야 된다. 훈탄도 공극률이 비교적 낮은 편이며 단독으로 작물 재배에 이용하기보다는 다른 물질을 혼합하여 공극률을 증가시켜야 하며, 이 때 공극률 증가와 함께 용기용수량도 증가시킬 수 있는 물질을

**Table 2.** Influence of various blending ratio (in volume) of peatmoss or coir dust to expanded rice hull or carbonized rice hull on total porosity, container capacity, air space and bulk density.

| Treatment <sup>z</sup> | TP <sup>y</sup> (%)   | CC (%)   | AS (%)  | BD ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) |
|------------------------|-----------------------|----------|---------|--------------------------------------|
| PM + ERH (6:4)         | 89.2 bcd <sup>x</sup> | 67.3 d   | 21.9 bc | 0.11 a                               |
| PM + ERH (7:3)         | 88.3 cd               | 69.7 bcd | 18.6 cd | 0.11 a                               |
| PM + ERH (8:2)         | 87.1 cd               | 72.4 b   | 14.7 d  | 0.11 a                               |
| CD + ERH (6:4)         | 84.4 d                | 59.9 e   | 24.5 ab | 0.11 a                               |
| CD + ERH (7:3)         | 89.2 bcd              | 60.0 e   | 29.2 a  | 0.12 a                               |
| CD + ERH (8:2)         | 89.5 abcd             | 67.5 cd  | 22.0 bc | 0.12 a                               |
| PM + CRH (6:4)         | 94.5 ab               | 78.8 a   | 15.6 d  | 0.12 a                               |
| PM + CRH (7:3)         | 90.3 abc              | 81.8 a   | 8.4 e   | 0.13 a                               |
| PM + CRH (8:2)         | 92.3 abc              | 82.9 a   | 9.4 e   | 0.12 a                               |
| CD + CRH (6:4)         | 90.5 abc              | 74.1 b   | 16.4 cd | 0.12 a                               |
| CD + CRH (7:3)         | 90.8 abc              | 72.2 bc  | 18.5 cd | 0.11 a                               |
| CD + CRH (8:2)         | 95.0 a                | 70.5 bcd | 24.5 ab | 0.11 a                               |

<sup>z</sup>PM, peatmoss; CD, coir dust; ERH, expanded rice hull; CRH, carbonized rice hull

<sup>y</sup>TP, total porosity; CC, container capacity; AS, air space; BD, bulk density.

<sup>x</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test,  $P < 0.05$ .

적절한 비율로 도입해야 작물 재배에 이용할 수 있다고 판단하였다(Argo, 1998a; Choi et al., 1997, 1999a).

피트모스 또는 코이어 더스트를 팽연왕겨나 혼탄에 다양한 비율로 혼합하여 조제한 혼합상토의 물리적 특성을 Table 2에 나타내었다. 팽연왕겨에 피트모스의 혼합 비율이 높아질수록 공극률과 기상률이 감소하였다. 그러나 팽연왕겨에 코이어 더스트의 혼합비율을 높일 경우 공극률과 용기용수량이 증가하였다. 피트모스 + 팽연왕겨(6:4)는 공극률과 기상률이 각각 89.2% 및 21.9%로 높았고, 코이어 더스트 + 팽연왕겨(8:2)는 공극률 89.5%와 용기용수량 67.5%로 측정되었다. 다양한 비율로 피트모스 + 팽연왕겨를 혼합한 처리들의 공극률, 기상률 및 용기용수량을 고려할 때 피트모스 + 팽연왕겨(6:4)와 코이어 더스트+팽연왕겨(8:2)가 식물공장내의 작물 재배를 위한 혼합상토로서 적합하다고 판단하였다(Argo, 1998a; Choi et al., 1997, 1999b, 2000).

혼탄에 대한 피트모스의 혼합 비율이 많아질수록 용기용수량이 증가하였고 피트모스 + 혼탄을 6:4로 혼합한 상토는 공극률이 94.5%로, 8:2 상토는 용기용수량이 82.9%로 피트모스와 혼탄을 혼합한 상토 중 가장 높았다. 그러나 혼탄에 대한 코이어 더스트의 혼합 비율이 높아질수록 용기용수량이 감소하였다. 코이어 더스트 + 혼탄을 혼합한 상토들 중 8:2로 혼합한 상토는 용기용수량이 70.5%였지만, 6:4로 혼합한 상토는 74.1%로서 코이어 더스트와 혼탄을 혼합한 상토 중 가장 높았다. 피트모스 또는 코이어 더스트를 혼탄과 혼합한 상토들 중에서는 피트모스 + 혼탄(7:3)과 코이어 더스트 + 혼탄(6:4)이 혼합상토로서 적합하다고 판단하였다(Argo, 1998a; Choi et al., 1997, 1999b, 2000).

상토 재료로서 팽연왕겨와 혼탄, 그리고 물리적 특성이 용기재배에 적합하다고 판단하여 선발한 네 종류 상토의 쉽게

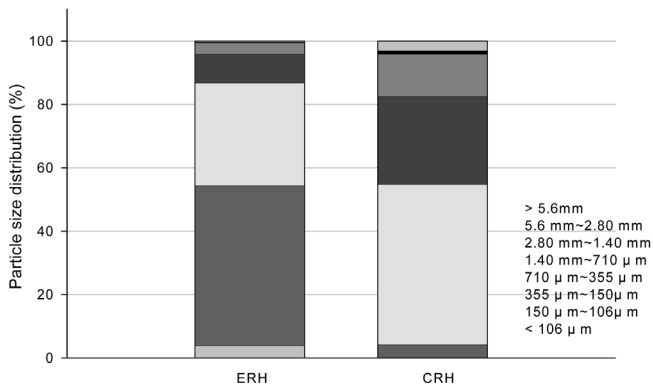


Fig. 2. Particle size distribution of ERH and CRH. ERH, expanded rice hull; CRH, composted rice hull.

흡수할 수 있는 수분(EAW)과 완충수(BW)의 비율을 Fig. 3 및 Fig. 4에 나타내었다. EAW와 BW가 팽연왕겨는 각각 11.4% 및 5.3%, 혼탄은 17.3% 및 14.3%로 측정되었다.

EAW와 BW의 비율은 피트모스 + 팽연왕겨(6:4)가 각각 50.9% 및 33.4%로, 코이어 더스트 + 팽연왕겨(8:2)는 각각 49.7% 및 28.8%로 피트모스 + 혼탄(7:3)은 각각 51.2% 및 34.3%로, 그리고 코이어 더스트 + 혼탄(6:4)는 각각 45.1% 및 26.3%로 측정되었다. 비록 팽연왕겨나 혼탄에 대한 피트모스와 코이어 더스트의 혼합비율이 동일하지 않았지만 피트모스를 혼합한 상토의 EAW나 BW 비율이 코이어 더스트를 혼합한 상토보다 높았으며 이는 Maher et al.(2008)이 보고한 바와 같이 피트모스의 EAW나 BW가 코이어 더스트보다 높은 것이 원인이라고 판단하였다.

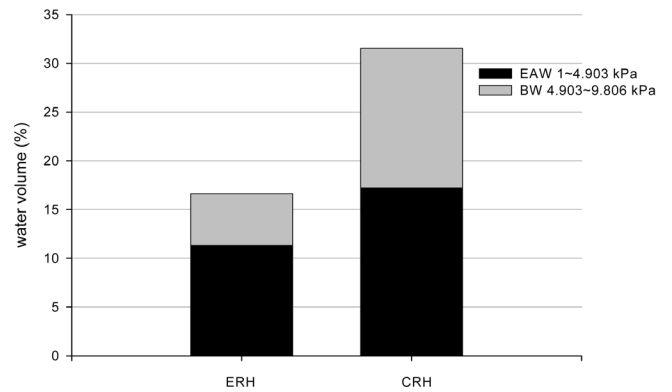


Fig. 3. The percentage of EAW and BW in ERH and CRH. EAW, easily available water; BW, buffering water, ERH, expanded rice hull; CRH, composted rice hull.

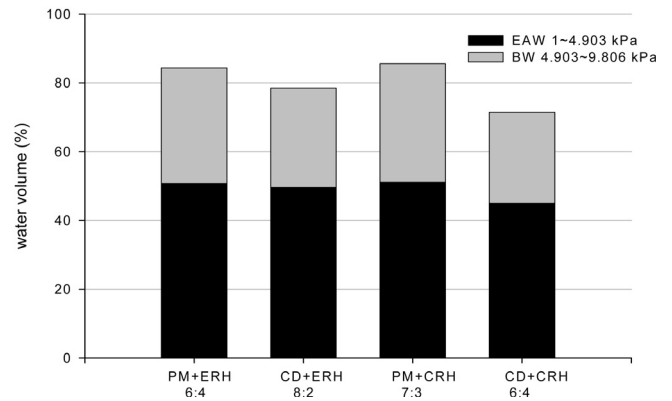


Fig. 4. The percentage of EAW and BW in PM + ERH, CD + ERH, PM + CRH and CD + CRH. EAW, easily available water; BW, buffering water, PM, peat moss; ERH, expanded rice hull; CRH, composted rice hull; CD, coir dust.

**Table 3.** pH, EC, CEC and nutrient contents of carbonized and expanded rice hull.

| Treatment <sup>z</sup> | pH   | EC<br>(dS·m <sup>-1</sup> ) | CEC<br>(cmol <sup>+</sup> ·kg <sup>-1</sup> ) | NH <sub>4</sub> -N    | NO <sub>3</sub> -N | PO <sub>4</sub> -P | K    | Ca   | Mg   | Na   |
|------------------------|------|-----------------------------|---|-----------------------|--------------------|--------------------|------|------|------|------|
|                        |      |                             |   | (mg·L <sup>-1</sup> ) |                    |                    |      |      |      |      |
| ERH                    | 7.13 | 1.31                        | 12.10   | 1.13                  | 5.42               | 1305               | 0.05 | 0.12 | 0.34 | 0.09 |
| CRH                    | 11.2 | 6.53                        | 7.79  | 0.67                  | 1.00               | 688.2              | 0.02 | 0.17 | 0.10 | 0.10 |
| Significant            | ***  | *                           | ***   | NS                    | NS                 | ***                | **   | **   | **   | **   |

<sup>z</sup>ERH, expanded rice hull; CRH, carbonized rice hull.

NS,\*,\*\*,\*\*\* Nonsignificant or significant at the  $P \leq 0.05$ , 0.01 and 0.001, respectively, by t-test.

**Table 4.** The percentage of ash contents and cold water, hot water, and alkali extracts of expanded and carbonized rice hull.

| Treatment <sup>z</sup> | Ash contents | Cold water extracts | Hot water extracts | Alkali extracts |
|------------------------|--------------|---------------------|--------------------|-----------------|
|                        | (%)          |                     |                    |                 |
| ERH                    | 11.33        | 5.53                | 6.50               | 18.83           |
| CRH                    | 38.50        | 4.83                | 6.67               | 9.00            |
| Significant            | *            | *                   | **                 | **              |

<sup>z</sup>ERH, expanded rice hull; CRH, carbonized rice hull.

\*,\*\* Significant at the  $P \leq 0.05$  or 0.01, respectively, by t-test.

### 화학적 특성

팽연왕겨는 pH와 EC가 각각 7.13 및 1.31dS·m<sup>-1</sup>였지만 혼탄은 11.2 및 6.53dS·m<sup>-1</sup>로 측정되었다(Table 3). 상토의 적절한 pH가 5.6-6.2의 범위임을 고려할 때(Bunt, 1988; Nelson, 2003) 두 종류 물질 모두 적절한 범위보다 pH가 높았다. 또한 포화추출법으로 측정된 상토의 적절한 EC 범위를 유묘생장을 위해서는 0.75-2.00dS·m<sup>-1</sup>로, 일반적인 작물 재배를 위해서는 2.0-4.00dS·m<sup>-1</sup>로 추천되고 있다(Bunt, 1988; Nelson, 2003). 따라서 혼탄의 EC가 과도하게 높았으며, 이는 혼탄 생산과정에서 열처리를 하여 탄수화물량이 감소함과 동시에 혼탄 표면에 많은 무기물이 집적되어 pH와 EC가 높아진 원인이 되었다고 판단한다. 그러므로 혼탄은 pH와 함께 EC를 낮추기 위한 적극적인 조치가 수반되어야 상토재료로서 사용이 가능하다고 판단하였다.

팽연왕겨는 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 1.13, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 5.42 및 PO<sub>4</sub>-P 1,305mg·L<sup>-1</sup>였으며 혼탄은 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 0.67, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 1.00 및 PO<sub>4</sub>-P 688.2 mg·L<sup>-1</sup>로 분석되었다. 팽연왕겨의 치환성양이온 함량을 측정된 결과 Ca 0.05, K 0.12, Mg 0.34 및 Na 0.09cmol<sup>+</sup>·kg<sup>-1</sup>, 양이온교환용량(CEC) 12.1cmol<sup>+</sup>·kg<sup>-1</sup>였고, 혼탄은 Ca 0.02, K 0.17, Mg 0.10 및 Na 0.10cmol<sup>+</sup>·kg<sup>-1</sup>, CEC 7.79cmol<sup>+</sup>·kg<sup>-1</sup>로 분석되었다.

본 연구에서는 생장을 저해 시키는 폴리페놀류 및 탄닌 등의 함량을 개별적으로 분석하지 않고, 냉수, 온수 및 알칼리 추출물을 분석하여 간접적으로 판단하였으며 그 결과를 Table 4에 나타내었다. 팽연왕겨는 회분함량 11.33%, 냉수추출물 5.53%, 온수추출물 6.50%, 알칼리추출물 18.83%의 범위였고, 혼탄은 회분함량 38.50%, 냉수추출물 4.83%, 온수추출물 6.67%, 알칼리추출물 9.00%로 분석되었다. TAPPI (1975) 분석법에 의하면 냉수추출물에는 불가용성 탄수화물, 탄닌, 배당체 등이 포함되고, 온수추출물에는 냉수추출물보다 양이 많은 불가용성 탄수화물, 탄닌, 배당체 등이 포함된다. 알칼리추출물에는 냉수 및 온수추출에서 포함되는 모든 물질과 함께, 폴리페놀류, 저분자 리그닌, 수지산 및 유지 등이 추출된다. 본 연구의 분석 결과 혼탄은 팽연왕겨보다 회분 함량이 월등히 높고, 냉수추출물과 알칼리 추출물이 적은 반면 온수추출물의 양이 많았다. Nelson(2003)과 Maher et al.(2008)은 수피나 왕겨 등 산업부산물에는 resin, tannin, turpentine 및 polyphenol류의 함량이 높으며 유기물질을 상토로 이용할 경우 이들 물질이 식물 생장을 저해할 수 있으므로 충분히 부숙시켜 유해물질을 제거해야 한다고 보고한 바 있다. 따라서 본 연구에서도 알칼리 추출물의 양이 많았던 팽연왕겨에서 성장저해를 유발할 수 있는 물질 함량이 많았다고 추정할 수 있다.

### 혼합상토의 화학적 특성 및 기비 혼합

본 연구는 물리성 측정결과 우수하다고 판단한 네 종류 상토를 대상으로 수행하였다. Argo(1998b)와 Nelson(2003)이 보고한 바와 같이 모든 원예용 상토는 파종된 종자의 발아 후 또는 유묘 정식 후의 초기생장을 촉진하기 위하여 식물이 필요로 하는 필수원소를 기비로 혼합하며, 물리성을 조절하기 위하여 상토재료의 비율을 조절하여 혼합한 후 혼합물의 pH와 EC를 고려하여 첨가할 비료의 종류 및 양을 결정한다.

본 연구에서 피트모스 또는 코이어 더스트와 팽연왕겨 또는 훈탄을 혼합한 후 혼합물의 pH 및 EC를 측정된 결과 피트모스와 팽연왕겨를 혼합한 모든 상토의 pH가 4.0-4.3 범위에 포함되는 강산성을 띄었고, 전기전도도(EC)는 0.330-0.364dS·m<sup>-1</sup>에 포함되었다(data 미제시). 코이어 더스트와 팽연왕겨를 혼합할 경우 pH는 약 6.2로, 전기전도도(EC)는 0.522-0.707dS·m<sup>-1</sup>로 측정되었다. 피트모스와 훈탄을 혼합한 모든 상토의 pH가 4.5-5.1 범위에 포함되는 산성물질이었고, EC는 0.221-0.303dS·m<sup>-1</sup>였다. 코이어 더스트 + 훈탄의 pH는 7.4-7.9, EC는 0.814-1.282dS·m<sup>-1</sup>로 측정되었다.

이상의 결과를 고려할 때 팽연왕겨나 훈탄보다 피트모스나 코이어 더스트가 혼합한 후의 pH 및 EC에 더 큰 영향을 미쳤다고 판단한다. 또한 피트모스를 팽연왕겨나 훈탄과 혼합한 상토들은 pH를 높여야 하며, 코이어 더스트와 훈탄을 혼합한 상토들은 pH를 낮추기 위해 기비로 첨가되는 비료의 종류 및 양을 조절해야 한다고 판단하였다. 이상의 분석 결과를 기초로 재료 및 방법에서 나타난 바와 같이 기비로 혼합된 비료의 종류 및 양을 조절하였다.

기비를 첨가한 후 분석한 화학적 특성에서 피트모스 + 팽연왕겨(6:4)는 pH 4.3, EC 2.957dS·m<sup>-1</sup>로, 코이어 더스트 + 팽연왕겨(8:2)는 pH 5.7, EC 2.957dS·m<sup>-1</sup>로 분석되었다. 그리고 피트모스 + 훈탄(7:3)은 pH 4.8, EC 3.230dS·m<sup>-1</sup>으로, 코이어 더스트 + 훈탄(6:4)는 pH 7.4, EC 3.790dS·m<sup>-1</sup>로 분석되었다(Table 5).

피트모스 + 팽연왕겨 6:4의 CEC는 81.4cmol<sup>+</sup>·kg<sup>-1</sup>이고, 치환성양이온 함량은 Ca 17.5, K 27.7, Mg 4.0 및 Na 32.2 cmol<sup>+</sup>·kg<sup>-1</sup>였고, 코이어 더스트 + 팽연왕겨 8:2는 CEC가 95.2cmol<sup>+</sup>·kg<sup>-1</sup>이고, Ca 18.5, K 40.0, Mg 3.0 및 Na 30.4 cmol<sup>+</sup>·kg<sup>-1</sup>로 분석되었다. 피트모스 + 훈탄(7:3)은 CEC 83.1 cmol<sup>+</sup>·kg<sup>-1</sup>이고, 교환성 양이온 함량은 Ca 16.0, K 32.8, Mg

3.0 및 Na 31.3cmol<sup>+</sup>·kg<sup>-1</sup>였으며, 코이어 더스트 + 훈탄(6:4)은 CEC 104.0cmol<sup>+</sup>·kg<sup>-1</sup>이고, Ca 16.5, K 52.8, Mg 2.5 및 Na 32.2mg·L<sup>-1</sup>로 분석되어 두 물질 모두 K 함량이 높음을 알 수 있었다(Table 5).

혼합상토의 pH 교정을 위해 고토석회 또는 유황을 첨가한 후 측정된 pH는 두 종류 물질을 첨가하기 전에 측정된 pH와 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 Lee et al.(2001) 및 Choi et al.(2001)의 연구결과를 통해 어느 정도 예상된 내용이었다. Lee et al.(2001)은 플러그 육묘를 위해 탄산석회(CaCO<sub>3</sub>)와 고토석회(CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)를 다양한 비율로 혼합한 후 8주간 pH 변화를 측정된 결과 탄산석회는 종자 파종 2주 후부터 pH가 원하는 수준으로 유지된 반면 고토석회는 파종 후부터 점차 상승하여 약 5주 후에 최고 정점에 도달하였다고 보고하였다. 이들의 내용을 고려할 때 본 연구에서 pH를 조절하기 위하여 고토석회나 유황을 혼합하였지만 이들이 상토의 pH를 변화시킬 만큼 충분한 시간을 갖지 못한 상태에서 pH 및 EC가 측정되어 기비를 혼합하기 전과 큰 변화를 나타내지 않았다고 판단한다. 그러나 화학비료를 기비로 첨가한 N 및 K의 농도는 첨가한 직후 분석한 결과에서도 비교적 농도가 높아 용해도가 높은 물질이라고 판단하였다.

## 초 록

국내에서 유통되고 있는 팽연왕겨(ERH)와 훈탄(CRH)을 포함한 혼합상토를 개발하기 위하여 두 종류 물질 또는 이들을 피트모스(PM) 또는 코이어 더스트(CD)와 혼합한 상토의 물리·화학성을 분석하여 원예용 상토로 적합한 4종류 혼합상토를 선발하였다. 이 후 기비를 첨가한 후 화학성을 분석하여 혼합상토로서의 적합함을 판단하였다. 공극률, 용기용수량 및 기상률에서 ERH는 81.3%, 39.9%, 41.4% 그리고

**Table 5.** The pH and EC of peatmoss (PM) + expanded rice hull (ERH), coir dust (CD) + expanded rice hull (ERH), peatmoss (PM) + carbonized rice hull (CRH), coir dust (CD) + carbonized rice hull (CRH) media analysed at the just after incorporation of pre-planting fertilizer.

| Treatment <sup>z</sup> | pH                 | EC<br>(dS·m <sup>-1</sup> ) | CEC<br>(cmol <sup>+</sup> ·kg <sup>-1</sup> ) | NH <sub>4</sub> -N | NO <sub>3</sub> -N | PO <sub>4</sub> -P | Ca     | K       | Mg     | Na     |
|------------------------|--------------------|-----------------------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------|---------|--------|--------|
|                        |                    |                             |   |                    |                    |                    |        |         |        |        |
| PM + ERH (6:4)         | 4.3 d <sup>y</sup> | 2.95 c                      | 81.4 c  | 5.7 a              | 47.1 a             | 1,401 a            | 17.5 a | 27.7 c  | 4.0 a  | 32.2 a |
| CD + ERH (8:2)         | 5.7 b              | 2.95 c                      | 95.2 b  | 1.9 b              | 33.1 c             | 679 c              | 18.5 a | 40.0 b  | 3.0 bc | 30.4 b |
| PM + CRH (7:3)         | 4.8 c              | 3.23 b                      | 83.1 bc                                       | 5.2 b              | 39.8 b             | 816 b              | 16.0 a | 32.8 bc | 3.0 b  | 31.3 b |
| CD + CRH (6:4)         | 7.4 a              | 3.79 a                      | 104.0 a                                       | 0.4 c              | 26.4 d             | 499 d              | 16.5 a | 52.8 a  | 2.5 c  | 32.2 a |

<sup>z</sup>PM, peatmoss; CD, coir dust; ERH, expanded rice hull; CRH, carbonized rice hull.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, *P* < 0.05.

CRH는 77.6%, 64.1%, 13.5%로 측정되었다. 쉽게 이용할 수 있는 수분(EAW)과 완충수(BW)의 비율은 ERH가 각각 11.37% 및 5.27%로, CRH는 각각 13.5% 및 8.8%였다. 화학적 특성에서 ERH는 pH 7.13, EC  $1.31\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , 양이온교환용량(CEC)  $12.1\text{meq}\cdot 100\text{g}^{-1}$ 였지만 CRH는 pH 11.2, EC  $6.53\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , 그리고 CEC  $7.79\text{meq}\cdot 100\text{g}^{-1}$ 로 분석되었다. ERH와 CRH를 PM 또는 CD와 다양한 비율로 혼합한 후 원예용 상토로 적합하다고 판단한 네 종류 상토(PM + ERH, 6:4, v/v; CD + ERH, 8:2; PM + CRH, 7:3; CD + CRH 6:4)의 공극률, 용기용수량 및 기상률은 각각 89.2-90.3%, 67.3-81.8%, 그리고 8.3-21.9%의 범위에 포함되었다. 그러나 피트모스가 혼합된 PM + ERH 또는 PM + CRH 혼합상토는 pH가 4.0-4.3, EC가  $0.33\text{-}0.36\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 강산성 물질이었지만, CD + CRH 상토는 pH 7.4-7.9, EC  $0.814\text{-}1.282\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 pH와 EC가 높았다. 따라서 이들 상토에 포함될 기비의 종류 및 양을 변화시켜 혼합하고 다시 화학적 특성을 분석한 결과 기비로 혼합하기 전과 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 그러나 기비로 혼합된 고토석회나 유황이 상토 pH에 미치는 영향이 매우 느리게 나타남을 고려할 때 우려할 상황은 아니라고 판단하였다.

**추가 주요어 :** 기상률, 화학성, 용기용수량, 무기물 함량, 물리성

## 인용문헌

- Argo, W.R. 1998a. Root medium physical properties. HortTechnology 8:481-485.
- Argo, W.R. 1998b. Root medium chemical properties. HortTechnology 8:486-494.
- Bunt, A.C. 1988. Media and mixes for container grown plants. Unwin Hyman, London.
- Cataldo, D.A., M. Haren, L.E. Schrader, and V.L. Young. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 6:71-80.
- Chaney, A.L. and E.P. Marback. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. Clinical Chem. 8:130-132.
- Chapman, H.D. and P.F. Pratt. 1961. Method of analysis for soil, plants and waters. Univ. of Calif., Div. Agr. Sci., Berkeley, CA.
- Choi, J.M., J.W. Ahn, J.H. Ku, and Y.B. Lee. 1997. Effect of medium composition on physical properties of soil and seeding growth of red pepper in plug system. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38:618-624.
- Choi, J.M., J.H. Chung, and J.S. Choi. 1999a. Physical properties of pine bark affected by peeling method and improving moisture retention capacity. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:363-367.
- Choi, J.M., H.J. Chung, and J.S. Choi. 2000. Physico-chemical properties of organic and inorganic materials used as container media. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 18: 529-535.
- Choi, J.M., H.J. Chung, B.G. Seo, and C.Y. Song. 1999b. Improved physical properties in rice-hull, saw dust and wood chip by milling and blending of recycled rockwool. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:755-760.
- Choi, J.M., I.Y. Kim, and B.K. Kim. 2009. Root substrates. Hackyesa, Daejeon, Korea.
- Choi, J.M., C.Y. Shim, and J.S. Choi. 2002. Effect of phosphorus fertilization on changes in concentrations of nutrients in rice-hull based root media, crop growth, and nutrient contents of chrysanthemum. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 43:235-238.
- Choi, J.M., C.Y. Shim, and H.J. Chung. 2001. Effect of liming fertilization on changes in concentrations of nutrients in rice-hull based root media, crop growth, and nutrient uptake of chrysanthemum. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 42:553-556.
- Hendershot, W.H., H. Lalonde, and M. Duquette. 1993. Ion exchange and exchangeable cations, p. 167-176. In: M.R. Carter (ed.). Soil sampling and methods of analysis. Can. Soc. Soil Sci., Lewis Publisher, Toronto.
- Lee, P.O., J.S. Lee and J.M. Choi. 2001. Effect of liming fertilization on changes in medium pH, nutrient concentrations, and seed germination of 'Potomac Red' snapdragon in plug production. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 42:596-600.
- Maher, M., M. Prasad, and M. Raviv. 2008. Organic soilless media components, p. 459-504. In: M. Raviv and J.H. Leith (eds.). Soilless culture: Theory and practice. Elsevier, London.
- Milks, R.R., W.C. Fonteno, and R.A. Larson. 1989. Hydrology of horticultural substrates: II. Predicting physical properties of media in containers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114:53-56.
- Nelson, P.V. 2003. Greenhouse operation and management. 6th ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Song, C.Y., J.M. Park, J.M. Choi, C.S. Bang, and J.S. Lee. 1996. Effect of composted rice-hull on physic-chemical properties of growing media and growth of *Petunia hybrid*. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 37:451-454.
- Technical Association of Pulp and Paper Industry (TAPPI). 1975. Tappi standards and suggested methods. TAPPI, Georgia, USA.
- Wallach, R., F.F. da Silva, and Y. Chen. 1992. Hydraulic characteristics of Tuff (Scoria) used as a container medium. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117:415-421.
- Warncke, D.D. 1986. Analysing greenhouse growth media by the saturation extraction method. HortScience 211:223-225.