

국내에서 식물공장용 배지 재료로 유통되는 무기물의 토양 물리화학적 특성

신보경¹ · 손정익² · 최종명^{1*}

¹충남대학교 농업생명과학대학 원예학과, ²서울대학교 농업생명과학대학 원예학과

Physico-chemical Properties of Inorganic Materials Currently Used as Root Medium Components for Crop Production in Korean Plant Factories

Bo Kyoung Shin¹, Jung Eek Son², and Jong Myung Choi^{1*}

¹Department of Horticulture, College of Agriculture, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

²Department of Plant Science and Research Institute for Agriculture and Life Science,
Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

Abstract. Inorganic materials were commonly used as container media in domestic plant factories. Objective of this research was to secure the information in soil physical and chemical properties of inorganic materials such as vermiculites and perlites. To achieve this, 12 gold and silver vermiculites from China, Zimbabwe, and South Africa and 5 perlites from China were collected based on the marketing grades (MG) in particle sizes and analyzed for determination of their characteristics. The percentage of particles larger than 710 μm , in China perlite MG 3~5 mm, China silver vermiculites MG > 8 mm and MG 3~8 mm were 99.9%, 99.8%, and 99.7%, respectively, which were much higher than 28.4% in China gold vermiculite MG 0.3~1.0 mm, 14.0% in perlite MG < 1.0 mm, and 12.6% of Zimbabwe silver vermiculite MG < 1.0 mm. The container capacities of perlite MG < 1.0 mm and South Africa silver vermiculite MG 0.25~1.0 mm were 72.0% and 71.1%, respectively. The air space in China silver vermiculite MG 3~8 mm was 49.3% which was higher than other materials tested. However, the China gold and silver vermiculites MG 0.3~1 mm had 3.5% and 2.4% in air space indicating that possible problems could occur in soil aeration when they are used for container media. The percentage of easily available and buffering water of China gold vermiculite MG 0.3~1 mm and perlite MG < 1.0 mm were the highest among test materials. The ranges of pH and electrical conductivity were 6.36 to 10.7 and 0.032 to 0.393 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ in vermiculites and 7.78 to 8.62 and 0.030 to 0.041 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ in perlite, respectively. The cation exchange capacity of China silver vermiculite MG 0.3~1 mm were 14.7 $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ that was 10 times as high as 0.34 $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ in perlite MG 1~2.5 mm. The vermiculites had the higher contents of exchangeable cations such as Ca, K, and Na, than those of perlites.

Key words : air space, container capacity, container media, nutrient contents, pH

서 론

국내에는 최근 인공광형 또는 인공광 + 태양광을 이용한 식물공장형 작물생산 면적이 증가하고, 작물 생산을 위한 혼합배지의 사용량이 증가하고 있다. 작물 생산을 위해서는 작물을 정식 또는 파종하기 전 혼합배

지의 물리성 또는 화학성을 생장에 적합하도록 조절하고, 작물 재배기간 동안에도 적합한 상태를 유지할 수 있어야 한다. 즉, 통기성, 보수성, 그리고 배수성 등 물리적 특성과 안정된 pH, 적절한 EC 및 양분간의 적절한 균형 등 화학적 특성이 적절해야 한다. 또한 양분의 용탈이 적으며 비효가 오래 지속되는 것이 좋고, 성장저해물질이 함유되어 있지 않아야 한다(Choi 등, 2009; Nelson, 2003).

혼합배지는 유기물질과 무기물질을 적절한 비율로

*Corresponding author: choi1324@cnu.ac.kr
Received September 12, 2012; Revised October 22, 2012;
Accepted October 29, 2012

혼합하여 토양의 물리·화학적 특성을 식물생육에 적합하도록 조절하며 구성 재료들의 특성이 정확하게 구명되어야 이를 근거로 혼합비율을 조절할 수 있다(Argo, 1998a; 1998b). 그러나 현재 국내에 유통되는 각종 배지 재료의 물리·화학적 특성이 정확하게 구명되지 않아 작물 재배에 이용하기 위한 혼합배지 개발에서 많은 시행착오를 유발하고, 작물 재배에 이용할 때 생산량 저하의 원인이 된다(Choi 등, 2009). 무기물질이며 혼합배지 재료로 많이 쓰이는 버미큘라이트와 펄라이트는 유기물질인 피트모스와 코이어 더스트보다 입자의 직경이 크고 토양 통기성 및 보수성에 큰 영향을 미치며, 알칼리성물질로 알려져 있다(Choi 등, 2009). 그러나 국내에 유통되고 있는 버미큘라이트와 펄라이트는 원산지별로 그리고 유통규격 별로 물리·화학적 특성에 관한 정확한 내용이 보고되지 않았으며, 배지 조제 중 원하는 수준으로 물리·화학적 특성을 조절하거나 작물 재배중 그 특성들을 유지하기 어려운 상황이다.

이와 같은 상황을 고려하여 국내에서 무기물 중 혼합배지 재료로 가장 많이 이용되는 버미큘라이트와 펄라이트를 확보한 후 물리·화학적 특성을 구명하여 혼합배지 조제를 위한 기초자료를 제시하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 배지재료

본 연구를 위해 국내에서 유통되고 있는 버미큘라이트를 수집한 결과 모두 원석을 수입한 후 약 1,000°C의 온도로 조절한 로(爐)에서 소성한 것이었으며, 원산지와 유통 규격에 따라 다음과 같이 총 12점을 확보하였다. China gold 0.3~1mm, China gold 1.2~5mm, China silver 0.3~1mm, China silver 1~2mm, China silver 3~8mm, China silver 8mm < [이상 중국으로부터 수입한 원석을 (주)신성미네랄(Shinsung Mineral Co., Ltd. Jincheon, Korea)에서 가공함], Zimbabwe silver 0.7~1mm, Zimbabwe silver < 1mm [이상 짐바브웨로부터 수입한 원석을 (주)신성미네랄(Shinsung Mineral Co., Ltd. Jincheon, Korea)에서 가공함], South Africa silver 0.25~0.7mm, South Africa silver 0.35~1.0mm, South Africa silver 0.71~2.0mm, South Africa silver 1.41~4.0mm [이상 남아

프리카 공화국으로부터 수입한 원석을 (주)신성미네랄(Shinsung Mineral Co., Ltd. Jincheon, Korea)에서 가공함].

최근 국내에서 유통되는 펄라이트의 원석은 모두 중국에서만 수입되고 있으며 중국에서 수입된 원석을 가공한 총 5점을 확보하였는데 유통규격은 다음과 같았다. < 1mm, 0.7~1.5mm, 1~2.5mm, 2~3mm, 3~5mm [이상 중국산 원석을 가공한 후 (주)미성산업(Misung Co, Ltd, Yesan, Korea)에서 가공함].

2. 물리적 특성 측정

수집된 무기배지 재료들은 ROTAP-II sieve shaker(Model A.S.T.M.E-11, FISHER SCIENTIFIC COMPANY)를 이용하여 Choi 등(1999)의 방법에 따라 입도분포를 조사하였다. 이용된 체(sieve)는 미국 표준규격(American standard) 번호 3 1/2(직경 5.6mm), 7(2.8mm), 14(1.0mm), 25(710 μ m), 45(355 μ m), 100(150 μ m) 및 140(106 μ m)였으며 8등급으로 구분하였다. 배지들은 예비실험을 통해 실험 및 식물공장형 재배 시스템에 사용하기 적합한 수분함량을 판단하였고, 이 수분함량이 되도록 증류수를 가하였다. 각종 배지재료는 Choi 등(1997)의 방법에 준해 높이 및 직경 7.62cm, 그리고 내부용적 347.5mL인 알루미늄 실린더를 이용하여 공극률(total porosity), 기상률(air space), 용기용수량(container capacity), 가비중(bulk density)를 측정하였다. 또한 pF determination sand box(Model pF 0~2.0, Eijkelkamp Agriresrch Equipment, Netherland)를 사용하여 장력변화에 따른 수분 보유량 변화를 측정하였고 용기용수량~4.903kPa의 장력하에 존재하는 쉽게 흡수할 수 있는 수분(Easily available water; EAW)과 4.903~9.806kPa의 장력하에 존재하는 완충수분(Buffer water; BW)을 계산하였다(Milks 등, 1989; Wallach 등, 1992).

3. 화학적 특성 분석

배지재료의 pH 및 EC는 포화추출법(saturated paste method, Warncke, 1986)으로 측정하였다. 배지재료가 보유한 양이온교환용량의 분석은 ammonium acetate(pH 7.0) 방법(Hendershot 등, 1993)에 준하였다. 치환성양이온 함량은 양이온교환용량 분석을 위해 NH₄OAc로 치환시킨 용액 속에 존재하는 양이온

(Hendershot 등, 1993)을 원자흡광분석계(atomic absorption/flame emission spectrophotometer, Model 680, Shimadzu)로 분석하였다. NH₄-N(Chaney와 Marback, 1962), NO₃-N(Cataldo 등, 1975) 및 P₂O₅ (Chapman과 Pratt, 1961)는 라만분광광도계(Raman spectrophotometer, OPETIZEN 2120UV, Mecasys, Korea)로 분석하였다.

4. 통계처리 방법

두 종류 무기물의 물리화학적 특성을 분석한 후 CoStat 프로그램(Monterey, California, USA)을 사용하여 p < 0.05 수준의 Duncan 다중 검정을 한 후 각각의 표에 나타내었다.

결과 및 고찰

1. 물리적 특성

국내에서 유통되는 버미큘라이트는 크게 중국산과 아프리카산으로 구분할 수 있다. 중국산은 Silver와 Gold가 유통되고 있으며 0.3~1mm의 규격으로 유통되는 중국산 gold와 silver는 710µm 이상의 입경을 갖는 입자의 비율이 28.4% 및 37.3%였다. Gold 1.2~

5mm, silver 1~2mm, silver 3~8mm 그리고 silver 8mm 이상의 규격으로 유통되는 버미큘라이트는 710µm 이상의 크기를 갖는 입자의 비율이 각각 93.4%, 95.6%, 99.7% 및 99.8%로 조사되었다. 짐바브웨산의 경우 국내에는 0.7~1mm와 1mm 미만의 두 종류 규격으로 유통되고 있으며, 710µm 이상의 입경을 갖는 입자의 비율이 각각 84.7% 및 12.6%로 분석되었다. 남아프리카공화국에서 수입된 아프리카산 버미큘라이트는 유통규격에 따라 입경분포가 뚜렷하게 차이가 있었으며, 0.25~0.7mm, 0.35~1.0mm, 0.71~2.0mm 및 1.4~4.0mm의 규격에서 710µm 이상의 입자 비율이 각각 49.9%, 74.1%, 77.3% 및 98.6%였다.

펠라이트는 1mm, 0.7~1.5mm 또는 1~2.5mm 이상의 규격으로 유통되는 물질의 경우 710µm 이상의 입경비율이 14.0%, 71.5%, 99% 이상으로 조사되었다. 동일한 규격으로 유통되는 버미큘라이트와 비교할 때 펠라이트는 버미큘라이트보다 비교적 입경의 균일도가 높았고, 유통규격에 따른 차이가 뚜렷하였다(Fig. 1).

수집한 12종류 버미큘라이트의 공극률을 측정한 결과 65.1~74.7%의 범위에 포함되었고, 입경분포에 따른 공극률 차이가 크지 않았다(Table 1). 그러나 입경분포에 따라 용기용수량과 기상률은 뚜렷한 차이를 보

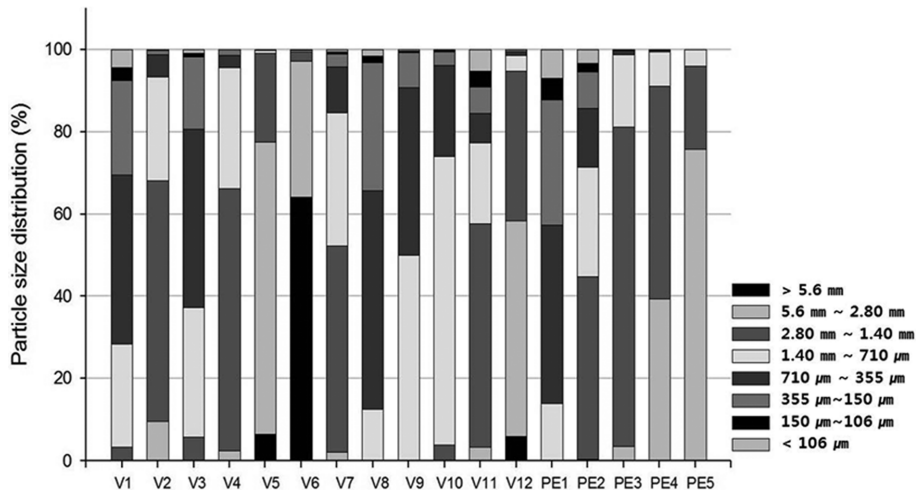


Fig. 1. Particle size distribution (%) of various vermiculites and perlites commonly used as root substrate components in Korean (V1: China gold 0.3~1 mm; V2: China gold 1.2~5 mm; V3: China silver 0.3~1 mm; V4: China silver 1~2 mm; V5: China silver 3~8 mm; V6: China silver 8 mm <; V7: Zimbabwe silver 0.7~1 mm; V8: Zimbabwe silver < 1 mm; V9: South Africa silver 0.25~0.7 mm; V10: South Africa silver 0.35~1.0 mm; V11: South Africa silver 0.71~2.0 mm; V12: South Africa silver 1.41~4.0 mm; PE1: China perlite < 1 mm; PE2: China perlite 0.7~1.5 mm; PE3: China perlite 1~2.5 mm; PE4: China perlite 2~3 mm and PE5: China perlite 3~5 mm).

Table 1. Soil physical properties of various vermiculites commonly used as root medium components in Korea.

Treatment ^z	TP ^y (%)	CC (%)	AS (%)	BD (g/cm)
V1	72.8 abc ^x	69.4 a	3.5 e	0.25 a
V2	69.4 cde	54.9 cd	14.6 d	0.18 d
V3	65.1 f	62.7 b	2.4 e	0.23 b
V4	69.9 bcd	53.2 d	16.7 d	0.18 d
V5	66.0 ef	16.7 h	49.3 a	0.15 ef
V6	73.5 ab	32.1 g	41.3 b	0.11 h
V7	69.4 bcde	63.5 e	5.9 c	0.23 e
V8	69.7 cde	48.6 b	21.1 e	0.16 b
V9	74.7 a	71.1 a	3.7 e	0.20 c
V10	70.8 bcd	65.0 b	5.9 e	0.12 g
V11	72.8 abc	57.5 c	15.4 d	0.14 f
V12	66.4 def	42.2 f	24.2 c	0.12 h

^zV1: China gold 0.3~1 mm; V2: China gold 1.2~5 mm; V3: China silver 0.3~1 mm; V4: China silver 1~2 mm; V5: China silver 3~8 mm; V6: China silver 8 mm <; V7: Zimbabwe silver 0.7~1 mm; V8: Zimbabwe silver < 1 mm; V9: South Africa silver 0.25~0.7 mm; V10: South Africa silver 0.35~1.0 mm; V11: South Africa silver 0.71~2.0 mm and V12: South Africa silver 1.41~4.0 mm.

^yTP: total porosity; CC: container capacity; AS: air space and BD: bulk density.

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $P < 0.05$.

였으며 중국산 silver 3~8mm의 용기용수량이 16.7%로 가장 낮았고, 남아프리카공화국산 0.25~0.7mm는 71.1%의 용기용수량을 가져 약 4.3배의 차이를 보였다. 기상률의 경우 중국산 Silver 0.3~1mm는 2.4%, 그리고 입경이 비교적 작은 짐바브웨산 silver 1mm 미만은 5.9%, 남아프리카공화국산 silver 0.35~1.0mm는 5.9%로 기상률이 비교적 낮았다. 그러나 중국산 silver 3~8mm 또는 중국산 silver 8mm 이상은 기상률이 49.3% 및 41.3%로 측정되었고, 기상률이 가장 낮았던 중국산 Silver 0.3~1mm의 2.4%와 비교할 때 무려 17.2~20.5배의 큰 차이가 있으며 배지 재료를 확보할 때 있어 신중해야 함을 나타내고 있다.

본 연구의 대상인 펄라이트는 공극률이 78.1~62.7%로 측정되었으며, 입경이 커질수록 오히려 공극률이 감소하는 경향을 보였다(Table 2). 그러나 펄라이트도 입경이 작아질수록 용기용수량이 증가하고 기상률이 감소하는 뚜렷한 경향을 보였으며, 0.7~1.5mm 이상의 입자에서는 기상률이 28.1% 이상으로 높게 측정되었다. 보수성의 지표인 용기용수량을 고려할 때 펄라이트를 단일 배지로서 작물재배에 이용할 경우 관수 조절

Table 2. Soil physical properties of various perlites commonly used as root medium components in Korea.

Treatment ^z	TP ^y (%)	CC (%)	AS (%)	BD (g/cm)
PE1	78.1 a ^x	72.0 a	6.1 d	0.11 b
PE2	67.8 bc	39.7 b	28.1 c	0.13 d
PE3	67.6 bc	24.3 c	43.3 b	0.12 c
PE4	68.1 b	21.3 cd	46.8 a	0.13 b
PE5	62.7 c	20.4 d	42.3 b	0.17 a

^zPE1: China perlite < 1 mm; PE2: China perlite 0.7~1.5 mm; PE3: China perlite 1~2.5 mm; PE4: China perlite 2~3 mm and PE5: China perlite 3~5 mm.

^yTP: total porosity; CC: container capacity; AS: air space and BD: bulk density.

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $P < 0.05$.

이 어렵고 관수를 자주 할 필요성이 있어 작물 생산 비가 증가하는 문제점을 가질 것으로 예상되었다 (Argo, 1998a; Choi 등, 2009).

Fonteno and Nelson(1990)이 보고한 바와 같이 수분 장력이 증가하면 배지의 수분 보유량이 감소한다. 본 연구에서도 sand box를 사용하여 수분장력에 따른 함수량 변화를 측정하고 쉽게 이용할 수 있는 수분(EAW)과 원층 수분(BW)량을 계산한 결과 버미큘라이트는 유통규격에 따라 EAW와 BW의 비율이 큰 차이를 보였다. 입경이 작은 중국산 gold 0.3~1mm, 남아프리카공화국산 silver 0.25~0.7mm의 EAW와 BW가 많았고, 입경이 굵은 중국산 silver 8mm 이상에서 EAW 15%, BW 약 8%로 가장 낮았다. 펄라이트 역시 입경에 따라 EAW나 BW의 비율이 달라졌지만 버미큘라이트와 유사한 경향을 나타내었다(Fig. 2).

2. 화학적 특성

중국산 버미큘라이트의 경우 silver가 gold보다 pH가 높았다, silver 버미큘라이트만 비교할 때 중국산, 짐바브웨산, 남아프리카공화국산 순으로 pH가 낮아졌으며 남아프리카공화국산의 경우 약산성 또는 중성 범위에 포함되어 중국산 silver의 10.74 및 10.37보다 월등히 낮음을 알 수 있었다(Table 3). EC는 중국산의 경우 silver가 gold보다 높았고, silver는 중국산, 짐바브웨산, 그리고 남아프리카공화국산 순으로 낮아지는 경향을 보였다.

치환성양이온 함량을 분석한 결과 중국산은 gold에 비해 silver의 치환성 Ca 농도가 높았다(Table 3).

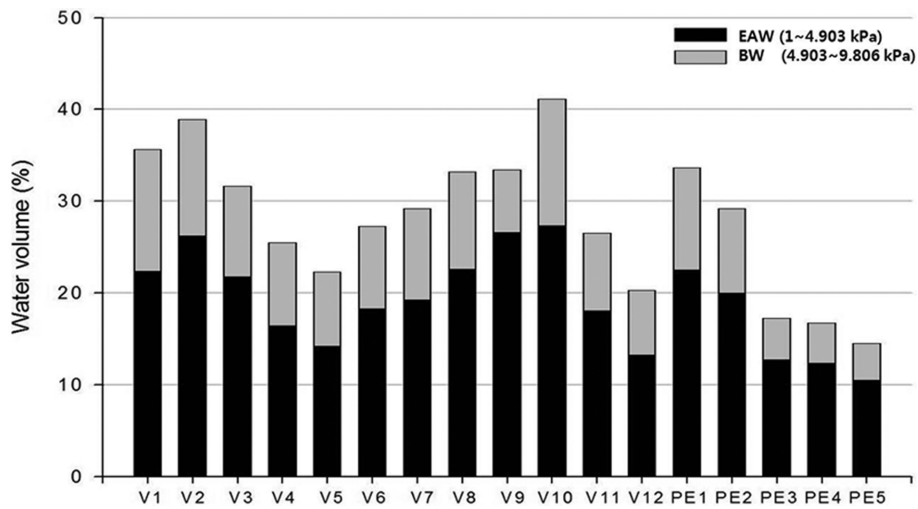


Fig. 2. The percentage of easily available water (container capacity ~4.903 kPa) and Buffering water (4.903~9.806 kPa) of various vermiculites and perlites (V1: China gold 0.3~1 mm; V2: China gold 1.2~5 mm; V3: China silver 0.3~1 mm; V4: China silver 1~2 mm; V5: China silver 3~8 mm; V6: China silver 8 mm <; V7: Zimbabwe silver 0.7~1 mm; V8: Zimbabwe silver < 1 mm; V9: South Africa silver 0.25~0.7 mm; V10: South Africa silver 0.35~1.0 mm; V11: South Africa silver 0.71~2.0 mm; V12: South Africa silver 1.41~4.0 mm; PE1: China perlite < 1 mm; PE2: China perlite 0.7~1.5 mm; PE3: China perlite 1~2.5 mm; PE4: China perlite 2~3 mm and PE5: China perlite 3~5 mm).

Table 3. Chemical properties of various vermiculites commonly used as root medium components in Korea.

Treatment ^z	pH	EC (dS · m ⁻¹)	CEC	Ca	K	Mg	Na	NH-N	NO-N	PO ₄ -P
V1	8.54 f ^y	0.100 de	1.67 g	0.51 e	0.11 cde	0.04 e	0.14 f	0.42 ab	0.55 bc	67.44 bc
V2	7.71 g	0.045 de	1.32 g	0.03 h	0.00 g	0.12 e	0.22 ef	0.23 bcd	0.45 cd	104.11 ab
V3	8.15 e	0.053 cd	7.58 ab	0.89 b	0.08 def	6.31 a	0.30 e	0.42 d	0.53 bcd	31.33 c
V4	10.74 a	0.393 a	2.68 e	0.74 c	0.10 cdef	0.19 e	1.65 a	0.23 bcd	0.73 a	55.78 bc
V5	10.37 b	0.124 c	2.19 f	0.80 bc	0.14 bc	0.02 e	1.23 c	0.23 bcd	0.42 de	44.67 bc
V6	9.45 c	0.230 b	2.78 e	1.08 a	0.19 ab	0.05 e	1.47 b	0.42 ab	0.48 cd	43.56 bc
V7	8.53 d	0.113 c	7.31 ab	1.02 d	0.07 fg	5.68 a	0.45 ef	0.38 ab	0.27 f	130.78 c
V8	8.86 e	0.126 c	7.22 b	0.61 a	0.05 def	6.36 b	0.28 d	0.23 bc	0.28 f	34.11 a
V9	6.52 i	0.048 de	7.62 ab	0.40 f	0.19 a	2.81 c	0.26 ef	0.42 ab	0.32 ef	60.78 bc
V10	6.37 i	0.054 de	7.78 a	0.38 f	0.21 a	2.30 d	0.26 ef	0.38 cd	0.32 ef	72.44 bc
V11	6.36 i	0.056 de	3.39 d	0.78 c	0.12 cd	2.25 d	0.24 ef	0.62 a	0.23 f	48.00 bc
V12	7.09 h	0.032 e	6.00 c	0.22 g	0.05 efg	2.40 d	0.24 ef	0.23 bcd	0.61 b	31.89 c

^zV1: China gold 0.3~1 mm; V2: China gold 1.2~5 mm; V3: China silver 0.3~1 mm; V4: China silver 1~2 mm; V5: China silver 3~8 mm; V6: China silver 8 mm <; V7: Zimbabwe silver 0.7~1 mm; V8: Zimbabwe silver < 1 mm; V9: South Africa silver 0.25~0.7 mm; V10: South Africa silver 0.35~1.0 mm; V11: South Africa silver 0.71~2.0 mm and V12: South Africa silver 1.41~4.0 mm.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test, *P* < 0.05.

Silver만 비교할 때 중국산과 짐바브웨산은 큰 차이를 보이지 않았지만 남아프리카공화국산 silver는 중국산이나 짐바브웨산 보다 Ca 농도가 뚜렷하게 낮았다. 치환성 K 농도의 경우 중국산 silver는 0.08~0.19cmol⁺ · kg⁻¹, 중국산 gold 0~0.11cmol⁺ · kg⁻¹, 짐바브웨산 silver

0.05~0.07cmol⁺ · kg⁻¹, 그리고 남아프리카공화국산 silver 0.05~0.19cmol⁺ · kg⁻¹으로 분석되었으며, gold에 비해 silver가, 그리고 남아프리카공화국산의 K 함량이 많았다. Mg 함량은 중국 silver 0.3~1mm가 6.31cmol⁺ · kg⁻¹, 짐바브웨산 5.68~6.36cmol⁺ · kg⁻¹, 그리고 남아

Table 4. Chemical properties of various perlites commonly used as root medium components in Korea.

Treatment ^z	pH	EC (dS · m ⁻¹)	CEC	Ca	K	Mg	Na	NH-N	NO-N	PO ₄ -P
		 (cmol ⁺ · kg ⁻¹) (mg · L ⁻¹)							
PE1	7.78 b ^y	0.035 a	0.46 bc	0.10 b	0.07 ab	0.06 a	0.23 a	0.62 a	0.53 a	61.89 a
PE2	7.57 c	0.030 a	1.51 a	0.33 a	0.06 c	0.04 b	0.20 ab	0.23 a	0.38 c	33.56 b
PE3	7.78 b	0.035 a	0.34 c	0.03 c	0.08 a	0.04 bc	0.19 ab	0.23 a	0.44 b	23.56 b
PE4	7.73 b	0.041 a	0.61 b	0.10 b	0.05 c	0.03 c	0.21 ab	0.81 a	0.42 b	21.89 b
PE5	8.62 a	0.040 a	0.36 c	0.08 bc	0.07 b	0.03 c	0.18 b	1.00 a	0.36 c	19.11 b

^zPE1: China perlite < 1 mm; PE2: China perlite 0.7~1.5 mm; PE3: China perlite 1~2.5 mm; PE4: China perlite 2~3 mm and PE5: China perlite 3~5 mm.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test, *P*<0.05.

프리카공화국산 2.25~2.81cmol⁺ · kg⁻¹으로 분석되어 짐바브웨나 남아프리카공화국산에서 높음을 알 수 있었다. Na 함량도 중국 silver에서 0.30~1.47cmol⁺ · kg⁻¹으로 높았고 중국 gold, 짐바브웨산 silver, 남아프리카공화국산 silver 간에는 차이가 크지 않았다.

버미큘라이트의 완충력은 원산지에 따라 차이가 컸다(Table 3). 중국산 버미큘라이트는 gold에 비해 silver의 양이온교환용량이 월등히 높았으며, Silver의 경우 짐바브웨산이 가장 높고, 중국산, 남아프리카공화국산 순으로 낮아지는 경향이였다. 또한 동일한 종류의 버미큘라이트 내에서는 입경이 작아질수록 양이온교환용량이 높아지는 경향을 보였다.

펄라이트 pH는 모두 7.57~8.62로 측정되어 약 알칼리의 범위에 포함되었다(Table 4). EC는 0.030~0.041dS · m⁻¹로 측정되어 매우 낮았으며, 혼합배지의 구성 재료로 사용함에 있어 큰 문제가 없을 것으로 예상하였다. 펄라이트는 치환성 양이온 중 Ca 함량이 버미큘라이트에 비해 월등히 낮았지만 K 함량은 짐바브웨산 silver 버미큘라이트와 유사한 수준이었고, Mg 함량은 중국산 silver 버미큘라이트, Na 함량도 중국산 gold 버미큘라이트와 유사한 수준이였다. 펄라이트도 버미큘라이트와 같이 입경이 작아질수록 양이온교환용량이 증가하였지만 모든 펄라이트가 0.34~1.51cmol⁺ · kg⁻¹의 양이온교환용량을 갖는 것으로 분석되었고, 버미큘라이트와 비교할 때 무시할 수 있는 수준이라고 판단하였다.

물리적 특성을 기준으로 식물 공장용 재배 시스템 및 혼합배지의 재료로 사용하기에 적합한 무기배지재료를 선발할 때 버미큘라이트는 1mm 미만, 0.3~1mm 또는 1~2mm의 규격으로 유통되는 물질의 경우 기상

률이 5.85%, 3.45% 또는 2.40%로 과도하게 낮아 혼합배지 구성 재료로 적합하지 못하다고 판단하였다. 또한 5mm 이상의 규격으로 유통되는 버미큘라이트 중 중국 silver 3~8mm, 중국 silver 8mm 이상, 그리고 남아프리카공화국산 2~5mm는 용기용수량 및 기상률이 각각 16.7%와 49.3%, 32.1%와 41.4%, 그리고 42.2%와 24.2%로 측정되었다. 이와 같이 용기용수량이 낮고 기상률이 지나치게 높을 경우 작물 재배 시 관수를 자주해야 하는 원인이 되어 작물 생산비의 증가 및 작물 성장량 저조의 원인이 된다(Choi 등, 2009). 또한 Argo(1998a) 및 Nelson(2003)의 보고내용을 고려할 때 1~5mm의 범위에 포함된 버미큘라이트가 혼합배지 구성 재료로 바람직하다고 판단하였다.

혼합배지 조제에서 펄라이트는 보편적으로 30% 이내를 혼합한다. 이와 같은 이유는 펄라이트의 양이온교환용량이 낮아 비율을 지나치게 높일 경우 화학적 완충력이 감소하기 때문이다(Choi 등, 2009; Nelson, 2003). 펄라이트의 비율이 30% 이내일 경우 1mm 미만이나 0.7~1.5mm의 규격으로 유통되는 물질을 배제하고, 1~2.5mm, 2~3mm, 3~5mm의 규격으로 유통되는 물질이 혼합배지 구성 재료로 이용될 수 있다고 판단하였다(Argo, 1998a; Nelson, 2003).

버미큘라이트나 펄라이트의 물리적 특성에서 설명한 바와 같이 1~5mm의 입경을 갖는 물질을 혼합배지 재료로 사용해야 한다는 기본 전제를 위주로 버미큘라이트는 용적 비율로 약 50%, 펄라이트는 약 30% 이내로 혼합하는 것이 일반적인 배지 조제 방법이었다(Nelson, 2003). 그러나 버미큘라이트와 달리 펄라이트의 경우 화학적 완충력이 낮으므로 완충력이 높은 유기배지 재료를 펄라이트와 조합해야 한다고 판단하였다.

적 요

국내에서 유통되고 있는 무기배지재료인 버미큘라이트(12점)와 펠라이트(5점)의 물리·화학적 특성을 분석하여 혼합배지 조제를 위한 기초자료를 얻기 위하여 본 연구를 수행하였다. 710 μ m 이상의 직경을 갖는 입자의 비율이 버미큘라이트 중 중국산 silver 3~8mm가 99.7%로 조사되어 가장 비율이 높았고, 펠라이트는 3~5mm에서 99.9%로 가장 높았다. 펠라이트(<1mm)와 남아프리카공화국산 silver 버미큘라이트(0.25~0.7mm)의 용기용수량은 각각 72.0 및 71.1%로 가장 높았고, 기상률은 중국산 silver 3~8mm가 49.3%로 뚜렷하게 높았다. 펠라이트 5종류의 공극률은 60% 이상으로 측정되었으며, 용기용수량은 1mm 이하의 규격을 갖는 물질을 제외하고 20.4~39.7%의 범위에 포함되었다. 버미큘라이트 중 중국산 gold 0.3~1mm와 남아프리카공화국산 0.25~0.7mm가 쉽게 이용할 수 있는 수분(EAW)과 완충수(BW)의 비율이 높았고, 펠라이트는 1mm 이하와 0.7~1.5mm의 EAW와 BW의 비율이 높았다. 화학적 특성에서 버미큘라이트는 pH가 6.36~10.74 범위에 포함되는 강알칼리성 물질이었고, 전기전도도(EC)는 0.032~0.393dS·m⁻¹로 측정되어 종류간 차이가 큼을 알 수 있었다. 펠라이트의 pH는 7.788.62 범위에 포함되어 약알칼리성이었으며, EC는 0.030~0.041dS·m⁻¹로 측정되었다. 양이온교환용량은 중국산 silver 버미큘라이트 0.3~1mm가 14.7cmol⁺·kg⁻¹으로 가장 높았고, 펠라이트는 0.71.5mm가 1.51cmol⁺·kg⁻¹로 가장 높았는데 버미큘라이트보다 약 10배 가량 낮았다. 버미큘라이트는 펠라이트보다 Ca, K 및 Na과 같은 치환성 양이온 함량이 많았다.

주제어 : 기상률, 무기원소함량, 배지, 용기용수량, pH

인 용 문 헌

1. Argo, W.R. 1998a. Root medium physical properties.

HortTechnology 8:481-485.
 2. Argo, W.R. 1998b. Root medium chemical properties. HortTechnology 8:486-494.
 3. 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.
 4. Chaney, A.L. and E.P. Marback. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. Clinical Chem. 8:130-132.
 5. Chapman, H.D. and P.F. Pratt. 1961. Method of analysis for soil, plants and waters. Univ. of Calif., Div. Agr. Sci., Berkeley, CA.
 6. Choi, J.M., I.Y. Kim, and B.K. Kim. 2009. Root Substrates. Hackyesa. Daejeon, Korea.
 7. Choi, J.M., J.H. Chung, and J.S. Choi. 1999. Physical properties of pine bark affected by peeling method and improving moisture retention capacity. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:363-367.
 8. 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(6):618-624.
 9. 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.
 10. 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.
 11. Nelson, P.V. 2003. Greenhouse operation and management. 6th ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
 12. 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.
 13. Warncke, D.D. 1986. Analyzing greenhouse growth media by the saturation extraction method. Hort-Science 21:223-225.
 14. Rowell, D.L. 1994. Soil science: Methods and applications. Longman Science & Technical. Bunt Mill, Harlow. England.
 15. Fonteno, W.C. and P.V. Nelson. 1990. Physical properties of and plant responses to rockwool-amended media. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115:375-381.