

ORIGINAL ARTICLE

## 수경재배 시 염소흡착을 위한 활성탄 처리가 실내식물인 개운죽(*Dracaena braunii*)의 생육 및 생리에 미치는 영향

주진희 · 손혜미<sup>1)</sup> · 김원태<sup>2)</sup> · 윤용한\*

건국대학교 녹색기술융합학과, <sup>1)</sup>건국대학교 녹색기술융합학과 대학원, <sup>2)</sup>연암대학교 환경조경전공

### Effects of Activated Carbon on Growth and Physical Responses of Indoor Plant *Dracaena braunii* to Alleviate Salt-induced Stress in Water Culture

Jin Hee Ju, Hye Mi Son<sup>1)</sup>, Won Tae Kim<sup>2)</sup>, Yong Han Yoon\*

Department of Green Technology Convergence, College of Science & Technology, Konkuk University, Chungju 27478, Korea

<sup>1)</sup>Department of Green Technology Convergence, Graduate School of Konkuk University, Chungju 27478, Korea

<sup>2)</sup>Department of Environment and Landscape Architecture, Yonam College, Cheonan 31005, Korea

#### Abstract

This study aimed to analyze the growth and physical responses of *Dracaena braunii* in response salt accumulation in ornamental water culture and to examine the effect of activated carbon on this growth response. The experiment was conducted in a plant growth chamber and the indoor environmental conditions of the chamber were set at  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  temperature,  $70 \pm 3\%$  humidity, and 1,000 lux brightness. The observation of the growth response of plants in the presence of activated carbon showed that the pH with activated carbon maintained sub-acidic to neutral (6.27~7.32) conditions and showed decreased electric conductivity in the media. As the treatment with added activated carbon showed good growth and physical responses, this indicated that absorption effect of activated carbon had a positive influence on the growth of plants. However, as the absorption effect of activated carbon may decrease over time and the use of high concentrations of activated carbon might cause nutrition shortage, various concentration of activated carbon and their absorption effects need to be investigated in the future.

**Key words** : Chloride ion, Indoor plants, Inorganic salt, Remediation, Salinization

#### 1. 서론

염소(Cl)는 가장 널리 사용되고 있는 소독제로서,

수중의 유기물질과 반응하여 인체에 유해한 소독부산물  
을 생성함에 따라 수돗물 잔류염소는 0.1~4.0  
mg/L의 범위로 규정하고 있다(Lee, 2013). 이에 염소

Received 28 August, 2018; Revised 22 January, 2019;  
Accepted 25 March, 2019

\*Corresponding author: Yong-Han Yoon, Dept. of Green Technology  
Convergence, Konkuk University, Chungju 27478, Korea  
Phone : +82-43-840-3538  
E-mail : yonghan7204@kku.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.  
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the  
Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://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.

소독부산물의 제어는 염소처리 전에 NOM과 같은 유기 전구물질을 제거하는 방법, 대체 산화제인 이산화염소나 오존을 사용하는 방법 및 생성된 염소 소독부산물을 입상활성탄, 오존/생물활성탄 등을 이용하여 직접 제거하는 방법 등이 있는데, 그 중 활성탄을 이용하여 제거하는 방법이 국내에서는 널리 이용되고 있다(Seo et al., 2007). 활성탄(activated carbon)은 화학적 또는 물리적 방법에 의하여 흡착성을 높인 분상 또는 입상의 탄소로서, 탄소질 원료를 수증기로 활성화하기 때문에 내부의 세공이 생겨 표면적이 넓어지고 흡착력이 강하다(Kang and Ju, 2013a). 이러한 특성으로 인해 수중에 존재하는 유해한 물질들을 처리하는 흡착공정 방식에 널리 활용되고 있다(Ra et al., 2008).

염소는 식물의 생육에 필수 미량영양소로, 토양에 충분히 들어 있어 결핍증이 나타나는 경우는 드물긴 하나 고농도에서 식물체의 삼투압을 높이며 식물체에 독성을 나타내 생육과 생산성 저하의 원인이 될 수 있다(Genc et al., 2014). 특히, 시설재배지에 염소가 함유된 관개수를 사용한 경우 염류축적이 발생됨에 따라 이를 완화하기 위한 흡착재로 활성탄을 처리하기도 한다(Kim et al., 2004). 또한 토양에 배합하여 사용하였을 경우 보수력과 보비력을 증가시키고, 다른 무기성분들을 흡착하여 식물 생육에 긍정적인 영향을 준다고 보고되고 있다. 이에 활성탄이 토란(*Colocasia antiquorum* var. *esculenta*)(Choi et al., 2002), 참외(*Cucumis melo* var. *makuwa*)(Kim et al., 2004), 황금(*Scutellaria baicalensis*)(Lee et al., 2001) 등 작물의 생육과 생산성에 미치는 영향에 대해 연구가 진행되나 대부분 토경재배에 집중되어 있어 실내 관상용 수경재배에 적용하기에는 한계가 있다.

수경재배 시 활성탄의 첨가는 Kangaroo Paw 유묘의 발근 촉진(Lee, 1990), 오이의 엽면적 신장속도 및 과실수량과 중량 증가(Han et al., 2000), 자생 양치식물의 기내 포자발아율에 긍정적 효과(Yoon et al., 2012)가 있는 것으로 알려져 있다. 관상용 수경재배에서는 첨가매질에 따른 관엽식물의 생장(Jang et al., 2009), 무배수구 용기재배 시 배수층 조성에 따른 싱고니움(*Syngonium podophyllum*)의 생장(Jang et al., 2010), 활성탄 첨가비율에 따른 스킨답서스(*Epipremnum aureum*)의 생육반응을 살펴본바 있

나(Kang and Ju, 2013b), 염해를 완화하기 위한 활성탄 처리와 관련된 연구는 미흡한 실정이다. 무엇보다 실내에서 배수구멍이 없는 수경재배에서 염소가 함유된 수돗물을 장기적으로 수원으로 할 경우 염류축적으로 인한 실내식물의 염해가 우려된다고 하겠다(Ju et al., 2017). 활성탄이 통수량 10,000 L까지 98%의 염소 제거율을 보인다고 볼 때(Kang and Ju, 2013a), 실내 관상용 수경재배 시 염류축적으로 인한 피해를 완화시켜줄 수 있는 biofilter로서의 활용가능성이 높다고 하겠다.

개운죽(*Dracaena braunii*)은 드라세나(*Dracaena*)속으로 잎의 색깔과 형태가 다양하고(Ko et al., 2011), 수경재배에서도 잘 자랄 뿐 아니라 공기정화 효과도 탁월해 매우 대중적인 실내식물로 활용되고 있다(Pranab and Kaustubha, 2018). 이에 본 연구에서는 고농도의 염소용액에 활성탄의 첨가여부에 따른 수용액 및 개운죽의 생육 및 생리적 반응을 통해 효용성을 평가함으로써 향후 실내 관상용 수경재배에 있어 염해 방지를 위한 관리기법에 활용하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 재료

관상용 수경재배 용기는 250 mL 투명 삼각플라스틱(AO205, Dongsung Science, Korea)로 하였다. 수용액 내 염소농도 처리는 염화물계 중 식물 감수성이 가장 낮고(Kim and Lee, 2014), 용해도가 높은 염화칼슘( $\text{CaCl}_2$ ) 중 순도 74%의 분말로 된 시제품( $\text{CaCl}_2$ , Oriental Chemical Industries, Korea)으로 하였다. 활성탄은 입자크기가 8×30 mesh인 정수용 입상 활성탄(Granular Activated Carbon, YAKURI Pure Chemicals Co. LTD, Japan)을 활용하였다. 식물재료는 줄기의 길이가 약 20 cm, 엽면이 2~3개 붙어 크기가 비교적 균일한 개운죽을 구입하여 1개월간 순화시킨 후 생육 및 생리 실험을 수행하였다.

### 2.2. 방법

실험은 2016년 5월부터 10월까지 약 6개월 동안 생장상(Growth chamber, JSGC-420C, JS Research inc., Korea)내에서 실시하였다. 내부 환경조건은 개운죽의 생육조건과 실내 환경 조건을 고려하여 온도 23 ±

1°C, 상대습도 70 ± 3%, 광도 1,000 lux로 일장 14/10 (명/암)시간으로 설정하였다.

수돗물 내 염소이온 농도는 0.1~4.0 mg/L 범위이나(Lee, 2013), 활성탄처리 유무에 따른 수용액과 실내식물의 생육 및 생리적 반응에 초점을 맞추기 위해 고농도로 처리하였다. 선행연구인 관상용 수경재배에서 개운죽의 염해 한계수준의 농도인 10 g/L(Son et al., 2017)을 기준으로, 염화칼슘 10 g을 증류수 1L에 녹인 후 각각의 250 mL 삼각플라스크에 100 mL씩 동일하게 분배하였다. 활성탄처리는 기존 연구를 참고하여(Kang and Ju, 2013), 각각의 100 mL 수용액에 무 처리구(활성탄 0 g, 이하 Non-AC)와 처리구(활성탄 10 g, 이하 AC)로 구분하여 각각의 염류용액에 투여하였다. 개운죽은 각 처리구마다 10반복씩 분배한 후 삼각플라스크 하단에 안착시켜 고정하였다.

활성탄의 처리유무에 따른 수용액의 산도(pH)와 전기전도도(Electrical Conductivity : EC)의 변화를 알아보기 위해, 개운죽을 안착하기 전(5월)과 후(10월)에 산도는 pH meter(86505, AZ, China)로, 전기전도도는 여과지(Whatman No.2, WF2-1100, UK)로 여과 후 EC meter(CON510, EUTECH instruments, Singapore)로 초기값과 나중값을 각각 측정하였다. 개운죽의 생육은 엽장, 엽폭, 엽수 등을 5월부터 10월까지 매달 마지막 주에 모니터링 하였다. 엽장, 엽폭 등은 디지털캘리퍼스(Digital calipers, Korea)를 이용하였다. 실험 종료 후 근장(뿌리길이)과 근수(뿌리수)로 측정하였으며, 근장은 디지털캘리퍼스로, 근수는 2 mm이상의 뿌리를 각각 육안으로 세었다. 생체중은 지상부와 지하부로 나누어 무게를 잰 뒤, 72°C의 열풍건조기(Dry oven, C-DF, CHANGSHIN Sci CO, Korea)에서 48시간 건조한 후 건물중을 측정하였다. 식물체의 수분함량(Water content, %)은 {(생체중-건물중)/건물중}×100로 분석하였다. 또한 개운죽의 생리반응은 상대엽록소함량, 광합성률, 증산량, 기공 내 CO<sub>2</sub> 농도 등을 실험종료 시점에 수행하였으며, 상대엽록소함량은 휴대용엽록소함량측정기(SPAD-502, Minolta, Japan)로, 광합성률, 증산량, 기공 내 CO<sub>2</sub> 농도 등은 광합성측정기(LCI-SD, ADC BioScientific Ltd., UK)로 한 식물 당 5반복으로 평균값을 계산하였다. 염류 수용액 내 활성탄 첨가유무에 따른 개운죽의

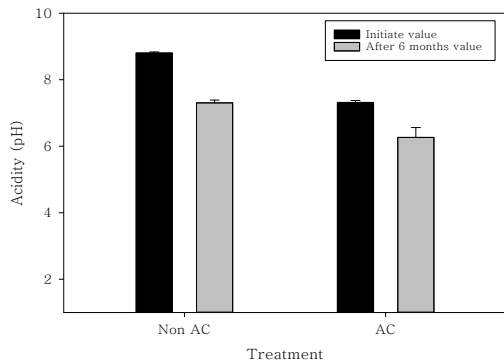
생육 및 생리적 차이를 살펴보기 위해 PASW Statistics 18(SPSS Inc., USA)을 활용하여 독립표본 T검정을 실시하였다.

### 3. 결과 및 고찰

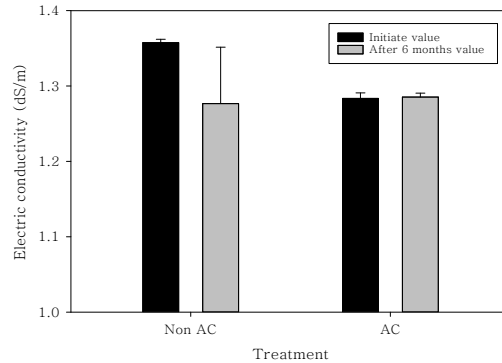
#### 3.1. 활성탄의 첨가여부에 따른 수경재배 수용액의 산도 및 전기전도도 변화

수용액의 산도는 개운죽을 안착하기 전에는(5월) 무 처리구인 Non-AC의 pH가 8.80으로 약알칼리성인 반면, 활성탄 처리구인 AC는 7.32로 중성에 가까운 것으로 조사되었다. 이에 비해 개운죽을 안착한 후 6개월이 지난 시점(10월)에서 무 처리구는 7.32, 활성탄 처리구는 6.27로 약산성으로 낮아졌다(Fig. 1). 이러한 결과는 강한 알칼리성 수용액의 산도를 활성탄의 첨가로 인해 좀 더 안정화시킬 있음을 보여준다고 하겠다. 뿐만 아니라 염화칼슘 수용액에서 개운죽 식재 후 처리 농도간 유의적 차이가 없이 중성으로 되었다는 보고가 있어(Son et al., 2017) 개운죽의 안착만으로도 산도를 저감할 수 있음을 보여주고 있다. 약산성에서 중성의 범위가(5.5 ~ 7.0) 식물의 생육에 적합한 조건이라고 볼 때(Jun et al., 2011), 활성탄 첨가로 배지 내 pH를 조절함으로써 식물생육에 긍정적인 효과를 줄 수 있음을 시사하고 있다.

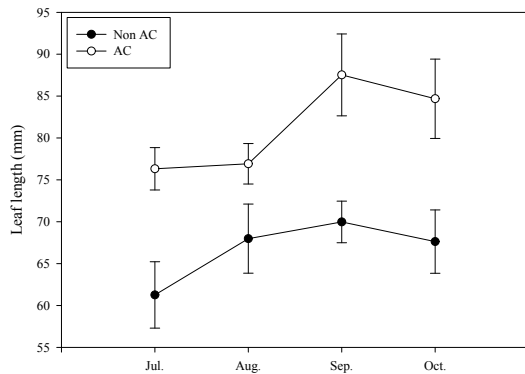
무 처리구에서 개운죽을 안착하기 전 초기값(5월)이 1.36 dS/m인 반면, 안착 후 6개월이 지난 나중값(10월)은 1.28 dS/m로, 약 0.08 dS/m 감소하는 경향으로 나타났다. 반면, 활성탄 처리구에서 개운죽 수용액 내 초기값과 나중값이 각각 1.28, 1.29 dS/m으로 큰 차이를 보이지 않았다(Fig. 2). 일반적으로 전기전도도는 염류농도를 나타내는 지표로서, 수경재배에서 0.25 dS/m이하일 때 염류 피해는 낮으며, 0.25 ~ 0.75 dS/m는 중간 정도, 0.75 ~ 2.25 dS/m는 높음, 2.25 dS/m이상일 경우 매우 높다고 본다(Jun et al., 2011). 이에 수용액의 염소농도가 일반 수돗물에 비해 고농도임에도 불구하고 활성탄의 처리로 인해 식재 초기부터 염류이온을 낮출뿐 아니라 안정된 농도를 유지하고 있음을 알 수 있다. 한편, 초기값은 활성탄 처리구가 무 처리구보다 더 낮은 값을 보이고 있는 반면, 나중값은 활성탄처리 유무에 따른 확연한 차이를 보



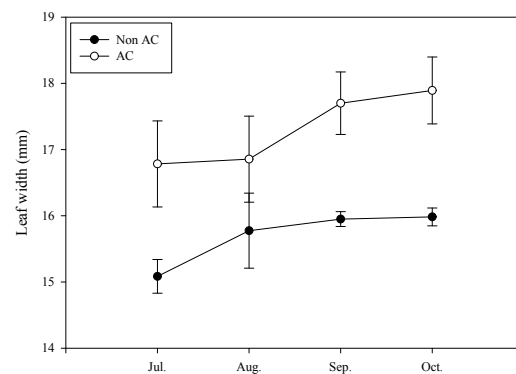
**Fig. 1.** Effect of activated carbon additives on acidity in substrate grown *Dracaena braunii* in hydro-culture. Non AC; untreated activated carbon(0g/L), AC; Treat with activated carbon(10g/L). Vertical bars represent mean ± standard error.



**Fig. 2.** Effect of activated carbon additives on electric conductivity in substrate grown *Dracaena braunii* in hydro-culture. Non AC; untreated activated carbon(0g/L), AC; Treat with activated carbon (10g/L). Vertical bars represent mean ± standard error.



**Fig. 3.** Change in leaf length of *Dracaena braunii* influenced by activated carbon additives in hydro-culture. Non AC; untreated activated carbon(0g·L<sup>-1</sup>), AC; Treat with activated carbon(10g·L<sup>-1</sup>). Vertical bars represent mean ± standard error.



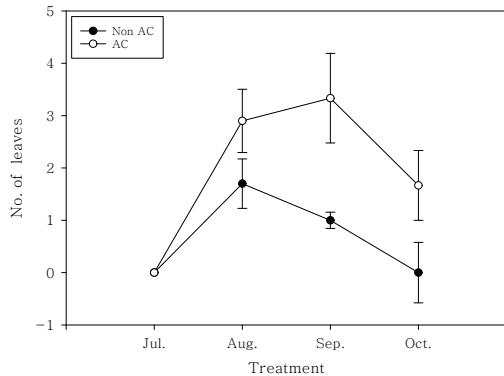
**Fig. 4.** Change in leaf width of *Dracaena braunii* influenced by activated carbon additives in hydro-culture. Non AC; untreated activated carbon(0g·L<sup>-1</sup>), AC; Treat with activated carbon(10g·L<sup>-1</sup>). Vertical bars represent mean ± standard error.

이지 않아 시간이 경과됨에 따라 흡착능은 저감되는 것으로 보여진다. 그럼에도 불구하고 실제로 활성탄 투입으로 염소 감소속도를 기존 정수처리에 비해 1/2로 줄일 수 있다고 볼 때(Baek et al., 2007), 실내 관상용 수경재배 시 염류축적의 피해를 완화시킬 수 있음을 시사하고 있다. 이외도 식물의 뿌리에서 전해질 이온의 흡수로 인해 수치가 낮아질 수 있어(Lacerda et

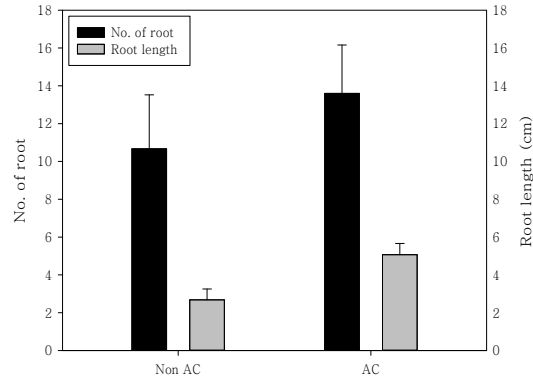
al., 2015), 흡착제와 식물간의 제거효과와 관련되어 좀 더 장기적이고 세부적인 모니터링이 필요하다고 하겠다.

### 3.2. 활성탄의 첨가여부에 따른 개운죽(*Dracaena braunii*) 생육 및 생리적 반응

실험 종료시점에서 개운죽의 지상부인 엽장은 무



**Fig. 5.** Change in number of leaves of *Dracaena braunii* influenced by activated carbon additives in hydro-culture. Non AC; untreated activated carbon (0g·L<sup>-1</sup>), AC; Treat with activated carbon(10g·L<sup>-1</sup>). Vertical bars represent mean ± standard error.



**Fig. 6.** Effect on number of roots and root length of *Dracaena braunii* influenced by activated carbon additives in hydro-culture. Non AC; untreated activated carbon(0g·L<sup>-1</sup>), AC; Treat with activated carbon(10g·L<sup>-1</sup>). Vertical bars represent mean ± standard error.

처리구와 활성탄 처리구에서 각각 67.6, 76.6 mm(Fig. 3), 엽폭은 15.4, 16.8 mm(Fig. 4), 엽수는 9.8, 12개(Fig. 5)로 활성탄 처리구에서 높은 경향을 보였다. 지하부인 근수는 무 처리구와 활성탄 처리구에서 각각 0.7, 13.6개, 근장은 2.7, 5.1 cm(Fig. 6)로 조사되어, 수경재배에서 활성탄의 첨가는 지상부보다 지하부의 생육에 좀 더 영향을 주는 것으로 보인다. 황금(*Scutellaria baicalensis*)의 지하부 생장이 무 처리에 비해 활성탄 30% 처리에서 가장 근장이 길었으며 근수가 많은 것으로 보고되고 있어(Lee et al., 2001), 적정량의 활성탄의 첨가는 지하부의 생장을 양호하게 하는 것으로 판단된다. 내염성 감귤류의 경우 뿌리의 염소흡수 저항성이 높아 수분흡수를 더 빨리 감소시

켜 식물체내로 낮은 염소농도를 유지함으로써 내염성을 유지하는 것으로 보고되고 있다(Moya et al., 2003). 이에 수용액 내 식물체 뿌리주변의 염소농도와 수분흡수와는 매우 밀접한 관계가 있음을 시사하고 있다.

개운죽의 생체중은 각각 18.3 g, 23.2 g으로 차이를 보인 반면, 건조중은 각각 4.16 g, 4.25 g으로 수치적으로 활성탄 처리에서 높았으나 유의적인 차이는 보이지 않았다. 식물체내 수분함량은 무 처리구 71.6%, 활성탄 처리구 81.2%, 활성탄 처리구가 무 처리구보다 9.53% 더 높았으나 유의적인 차이는 보이지 않았다(Table 1). 식물이 염 스트레스에 직면했을 때 줄기나 뿌리가 짧아지고 생체중 및 건물중의 감소하며

**Table 1.** Physiological characteristics of *Dracaena braunii* as affected by activated carbon treatment in ornamental hydro-culture

Treatments	Fresh weight (g per plant)	Dry weight (g per plant)	Water content (%)	Chlorophyll contents (SPAD-value)	Photosynthetic rate (μmolCO <sub>2</sub> ·m <sup>2</sup> /s)	Transpiration (μmol/m <sup>2</sup> ·s)	Intercellula CO <sub>2</sub> concentration (μmol/mol)
Non AC <sup>z</sup>	18.3±1.98a <sup>y</sup>	4.16±0.00a	71.6±0.00a	22.2±0.12a	0.51±0.10a	0.14±0.01a	565.2±45.56a
AC	23.2±1.46a	4.25±0.24a	81.2±1.54a	27.1±2.95a	0.57±0.07a	0.16±0.01a	505.3±23.94a

<sup>z</sup> : Non AC; untreated activated carbon(0g/L), AC; Treat with activated carbon(10g/L)

<sup>y</sup> : Different letters indicate significant differences at *p* < 0.05 by T-test.

(Nam et al., 2007), 수분함량이 낮아진다고 볼 때 (Rhee et al., 2007), 관상용 수경재배에서 활성탄의 첨가는 지속적인 수돗물 관수로 인한 개운죽의 염류피해를 저감할 수 있는 방안임을 알 수 있다. 식물체내 염소함량 독성농도의 범위에 대해 민감성 수종은 4,000 ~ 7,000 mg/kg DW, 내염성 수종은 15,000 ~ 50,000 mg/kg DW로 제시된바 있어(Xu et al., 2000), 건조증을 중심으로 한 염소이온 농도변화를 알아봐야 할 것이다. 뿐만 아니라 활성탄이 수용액 내 무기염류(양분)도 동시에 흡착할 수 있어 추후, 식물체 내 염소이온 농도 흡수이행성 또한 살펴볼 필요가 있다.

상대염록소함량은 무 처리구와 활성탄 처리구가 각각 22.2, 27.1 SPAD-value로 활성탄 처리구에서 더 높았으나 유의적인 차이는 보이지 않았다. 광합성률은 각각 무 처리구 0.51, 활성탄 처리구 0.57  $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 로 상대염록소함량과 같이 활성탄 처리구에서 수치적으로 높으나 유의차는 없었다. 고농도의 염류에서 자란 식물의 경우 엽록체 내에 그라나(grana)의 수가 감소하며, 이는 광합성을 감소시켜 잎과 식물체의 성장을 저해시킨다고 보고되고 있어(Keiper et al., 1998; Chung and Choi, 2003), 과다한 염류집적에 의해 기인한 것으로 해석된다. 증산량 또한 무 처리구 0.14, 활성탄 처리구 0.16  $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 로 활성탄 처리구에서 증산량이 더 높은 것으로 조사되었다. 증산량은 대기와 식물체 내의  $\text{CO}_2$  농도에 따라 달라지며 뿌리활력의 지표로 사용된다. 또한 증산량의 감소는 수분스트레스 상황에서 나타나는 현상으로 수분이용 효율을 높여 수분손실을 막기 위한 반응이라고 할 수 있다(Hichem et al., 2009). 한편, 기공 내  $\text{CO}_2$  농도는 무 처리구 565.2, 활성탄 처리구 505.3  $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 로 무 처리구가 활성탄 처리구보다 59.89  $\mu\text{mol}/\text{mol}$  더 높은 것으로 나타났다. 이 또한 증산량과 같이 식물체가 기공을 닫아 이용효율을 높임으로써 수분손실을 막기 위한 반응으로 가스교환능력이 떨어져 기공 내  $\text{CO}_2$ 의 농도가 증가한 것으로(Barhoumi et al., 2007) 풀이된다. 전반적으로 수경재배에서 활성탄의 첨가는 배지 내 염류이온을 초기에 흡착하여 개운죽 생리적 활성에도 긍정적인 영향을 주는 것으로 보이나 좀 더 깊은 연구를 위해서는 장기적인 모니터링이 요구된다고 하겠다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 고농도의 염소용액에 활성탄의 첨가여부에 따른 수용액 및 개운죽(*Dracaena braunii*)의 생육 및 생리적 반응을 통해 효용성을 평가함으로써 향후 실내 관상용 수경재배에 있어 염해 방지를 위한 관리기법에 활용하고자 한다.

활성탄 유무에 따른 수용액의 변화를 살펴본 결과, 활성탄 처리구의 산도가 약산성에서 중성(6.27 ~ 7.32)으로 유지되었으며, 전기전도도의 초기값은 감소되었으나 나중값은 처리유무에 따른 차이가 뚜렷하지 않았다. 개운죽의 엽장, 엽폭, 엽수, 근장, 근수, 생체중, 건물중 등 지상부와 지하부의 생육 모두 활성탄 처리구가 무 처리구보다 증가하는 경향을 보였다. 생리적으로 기공 내  $\text{CO}_2$  농도를 제외하고, 상대염록소함량, 광합성률, 증산량 등은 활성탄 처리구에서 수치적으로 높았으나 유의적인 차이는 없었다.

이에 실내 수경재배 시 수용액 뿐 아니라 개운죽의 생육 및 생리적 측면에 긍정적인 영향을 준 것으로 보여 지속적인 수돗물 공급에 의한 염류축적 완화효과가 있음을 보여주었다. 하지만 활성탄의 염소이온 흡착능은 시간이 지남에 따라 감소할 수 있고, 양분흡착으로 인한 식물에게 부정적인 결과를 초래할 수 있어, 첨가량에 따른 활성탄의 효용성 및 장기적인 실내식물 생육 및 생리적 모니터링을 좀 더 면밀하게 수행되어야 할 것이다. 또한 활성탄 첨가량에 따른 농도 및 처리 전후의 배지 내 염소이온의 제거율과 식물체내 성분의 변화를 살펴보는 것도 필요하다고 본다.

#### 감사의 글

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 2018R1A1A3A04079467)

#### REFERENCES

- Baek, Y. A., Joe, W. H., Kim, J. M., Choi, Y. J., 2007, Reduced post-chlorine dosage required for disinfection: Improvement with ozonation and GAC

- process, J. Korean Soc. Water Wasterwater, 21(4), 445-452.
- Barhoumi, Z., Djebali, W., Smaoui, A., Chaïbi, W., Abdelly, C., 2007, Contribution of NaCl excretion to salt resistance of *Aeluropus litoralis* (Willd) Parl., J. Plant Physiol., 164(7), 842-850.
- Choi, S. K., Park, Y. T., Yun, K. W., 2002, The effect of activated charcoal on growth and yield in Taro, *Colocasia antiquorum* var. *esculenta* Engl., Korean J. Plant Res., 15(3), 293-297.
- Chung, H. D., Choi, Y. J., 2003, Ultrastructural changes in leaves of chinese cabbage (*Brassica campestris* ssp. *pekinensis*) and radicle tissues of radish (*Raphanus sativus*) grown in high soil EC., Hort. Environ. Biotechnol., 44(5), 582-587.
- Genç, Y., Taylor, J., Rongala, J., Oldach, K., 2014, A Major locus for chloride accumulation on chromosome 5A in bread wheat, PLoS ONE, 9(6), 1-12.
- Han, M. K., Cho, K. C., Park, S. G., Lee, B. S., Seo, B. S., Chung, S. J., 2000, Shoot growth and root activities of cucumber plants as affected by activated carbon supplemented into perlite, Kor. J. Hort. Sci. Technol., 18(2), 177-177.
- Hichem, H., Naceur, A. E., Mounir, D., 2009, Effects of salt stress on photosynthesis, PSII photochemistry and thermal energy dissipation in leaves of two corn (*Zea mays* L.) varieties, Photosynthetica, 47(4), 517-526.
- Jang, H. S., Lee, S. G., Moon, J. H., Park, C. H., 2009, Effect of applied substrates on foliage growth in hydro-culture, Protected Hort. and Plant Fact. 18(4), 460-467.
- Jang, H. S., Lee, S. G., Moon, J. H., Park, C. H., 2010, Growth of *Syngonium podophyllum* in drainless cotainers fitted with drainage layers, Kor. J. Hort. Sci. Technol., 28(2), 192-199.
- Ju, J. H., Son, H. M., Yoon, Y. H., 2017, Responses of substrates and salt stress on *Dracaena braunii* to high chloride ions concentrations in ornamental hydro-culture, J. People Plants Environ., 20(2), 117-123.
- Jun, H. J., Byun, M. S., Liu, S. S., Jang, M. S., 2011, Effect of nutrient solution strength on pH of drainage solution and root activity of strawberry 'Sulhyang' in hydroponics, Kor. J. Hort. Sci. Technol., 29(1), 23-28.
- Kang, G. C., Ju, J. H., 2013a, Adsorption characteristics of activated carbon blocks for water purifier varying binder particle size, Appl. Chem. Eng., 24(6): 668-671.
- Kang, G. C., Ju, J. H., 2013b, Growth responses of *Epipremnum aureum* as affected by different water and activated carbon ratios in ornamental hydro-culture, J. People Plants Environ., 16(6), 377-382.
- Keiper, F. J., Chen, D. M., De Filippis, L. F., 1998, Respiratory, photosynthetic and ultrastructural changes accompanying salt adaptation in culture of *Eucalyptus microcorys*, J. Plant Physiol., 152(4-5), 564-573.
- Kim, S. I., Lee, D. H., 2014, Effect of chloride-deicers on growth of wheat, barley and spinach, Korean J. Environ. Agric., 33(4), 350-357.
- Kim, K. C., Uhm, M. J., Moon, Y. H., Choi, Y. G., 2004, Changes in the physico-chemical properties of growing media and the growth of oriental melon seedlings (*Cucumis melo* L.) by charcoal application, Protected Hort. and Plant Fact. 13(1), 61-66.
- Ko, J. E., Kim, Y. G., Kim, H. S., Kim, H. M., Seo, B. S., 2011, Mass propagation of *Dracaena fragrans* from leaf explant culture, J. Agri. Life Sci., 42(2), 8-14.
- Lacerda, L. D. L., Lange, L. C., Franca, M. G. C., Zonta, E., 2011, Salinity reduction and biomass accumulation in hydroponic growth of purslane (*Portulaca oleracea*), Int. J. Phytoremediation, 17, 235-241.
- Lee, J. G., Choi, S. K., Yoon, K. W., 2001, The effect of activated charcoal on growth and yield in *Scutellaria baicalensis* G. Korean J. Plant. Res., 14(2), 148-151.
- Lee, J. S., 1990, Effect of cytokinin and activated charcoal on multiplication and rooting of Kangaroo Paw in vitro, Kor. J. Hort. Sci. Technol., 8, 172-173.
- Lee, J. W., 2013, An Analysis of the effect of information disclosure on drinking water quality: focused on Seoul water-now system, Kor. J. Local Govern. Stud., 17(2), 141-168.
- Moya, J. L., Aurelio, G. C., Eduardo, P. M., Manuel, T., 2003, Chloride absorption in salt-sensitive *Carrizo citrange* and salt-tolerant *Cleopatra mandarin* citrus rootstocks is linked to water use, J. Exp. Bot., 54(383), 825-833.
- Nam, Y. K., Baik, J. A., Chiang, M. H., 2007, Effects of different NaCl concentrations on the growth of *Suaeda*

- asparagoides*, *Suaeda maritima*, and *Salicornia herbacea*, Korean J. Soil Sci. Fert. 40(5), 349-353.
- Pranab, J. S., Kaustubha, M., 2018, *Epipremnum aureum* and *Dracaena braunii* as indoor plants for enhanced bio-electricity generation in a plant microbial fuel cell with electrochemically modified carbon fiber brush anode, J. Biosci. Bioeng., 4, 1-7.
- Ra, D. G., Kim, E. S., Cheong, C. J., Jung, S. C., Lee, G. D., 2008, Comparison of methylene blue adsorption by activated carbon, J. of Korean Society for Environmental Technology, 9(1), 75-79.
- Rhee, H. C., Cho, M. W., Lee, S. Y., Choi, G. L., Lee, J. H., 2007, Effect of salt concentration in soil on the growth, yield, photosynthetic rate, and mineral uptake of tomato in protected cultivation, Protected Hort. and Plant Fact. 16(4), 328-332.
- Seo, I. S., Son, H. J., Choi, Y. I., Ahn, W. S., Park, C. K., 2007, Removal characteristics of nitrogenous organic chlorination disinfection by-products by activated carbons and biofiltration, Environ. Eng. Res., 29(2), 184-191.
- Son, H. M., Park, J. Y., Yoon, Y. H., Ju, J. H., 2017, Growth response in hydroponic cultured *Dracaena braunii* grown under various chloride ion concentrations, J. Environ. Sci. Int., 26(9), 1081-1086.
- Xu, G., Magen, H., Tarchitzky, J., Kafkafi, U., 2000, Advances in chloride nutrition, Adv. Agron., 68, 96-150.
- Yoon, N. H., Jo, H. O., Shin, C. H., 2012, Effects of culture media and activated charcoal on in vitro spore germination of several Korean native ferns, Kor. J. Hort. Sci. Technol., 30, 161.

- 
- 주진희, 건국대학교 녹색기술융합학과 교수  
jjhkcc@kku.ac.kr
  - 손혜미, 건국대학교 녹색기술융합학과 대학원생  
hemi4414@kku.ac.kr
  - 김원태, 연암대학교 환경조경전공 교수  
midori66@hanmail.net
  - 윤용한, 건국대학교 녹색기술융합학과 교수  
yonghan7204@kku.ac.kr