

겨울철 제설제(CaCl₂)농도처리에 따른 맥문동과 수호초의 내염성 평가^{1a}

주진희² · Xu Hui³ · 박지연³ · 최은영⁴ · 윤용한^{2*}

Evaluation of Salt Tolerance of *Liriope platyphylla* and *Pachysandra terminalis* to Deicing Salt (CaCl₂) Concentration in Winter^{1a}

Jin-Hee Ju², Xu Hui³, Ji-Yeon Park³, Eun-Young Choi⁴, Yong-Han Yoon^{2*}

요 약

본 연구는 겨울철 제설제 (CaCl₂) 농도처리에 따른 맥문동(*Liriope platyphylla*)과 수호초(*Pachysandra terminalis*)의 내염성을 평가하고자 수행하였다. 국내에서 제설제로 가장 많이 사용하는 염화칼슘을 각각 0%(Control), 0.5%, 1.0%, 3.0%, 5.0%로 처리한 실험구에 2015년 11월에 맥문동과 수호초를 정식한 후, 이듬해 이른 봄인 2016년 3월에 내염성을 평가하기 위해 초장, 엽장, 엽폭, 엽형지수, 생체중, 건물중, 엽록소함량, 광합성률, 기공전도도, 증산율 등을 측정하였다. 초장, 엽장, 엽폭, 엽형지수, 생체중, 건물중, 엽록소함량, 광합성률, 기공전도도, 증산율 등은 제설제 처리농도가 높을수록 감소되는 것은 두 식물이 동일하였으나, 맥문동이 수호초보다 좀 더 안정된 생육 및 생리적 특징을 보였다. 무엇보다, 맥문동은 3.0% 이상에서, 수호초는 1.0% 이상의 농도처리에서 생존이 불가능해 맥문동이 수호초보다 내염성이 높은 것으로 판단되었으며, 도시 내 제설제 피해지역에 활용이 가능할 것으로 기대된다.

주요어: 지피식물, 생육, 관상식물, 생리적 반응, 염류관리

ABSTRACT

It is important to know deleterious impact of deicing salt on plants for guidelines of planting along roads. The aim of this study was to determine the effect of calcium chloride (CaCl₂) on the growth and physiological characteristics of *Liriope platyphylla* and *Pachysandra terminalis*. The plants were grown from November of 2015 to March of 2016 in pots containing growing media with CaCl₂ at 0% (Control), 0.5%, 1.0%, 3.0%, and 5.0% (based on the weight). While plant growth and photosynthetic activity were significantly decreased in both plant species grown on the media with CaCl₂, the degree of sensitivity to CaCl₂ differed. The plant growth of *Liriope platyphylla* was considerably injured under higher than 3.0% of CaCl₂, whereas *Pachysandra terminalis* was all dead under higher than 1.0% of CaCl₂. This results indicate that *Liriope*

1 접수 2016년 2월 15일, 수정 (1차: 2016년 7월 19일, 2차: 2016년 8월 26일), 게재확정 2016년 8월 27일

Received 15 February 2016; Revised (1st: 19 July 2016, 2nd: 26 August 2016); Accepted 27 August 2016

2 건국대학교 녹색기술융합학과 Dept. of Green Technology Convergence, Konkuk University, 268 Chungwon-daero, Chungju-si 27478, Korea(jjhkkc@kku.ac.kr)

3 건국대학교 산림과학과 대학원 Dept. of Forest Science, Graduate School, Konkuk University, 268 Chungwon-daero, Chungju-si 27478, Korea

4 한국방송통신대학 농학과 Dept. of Agriculture Science, Korea National Open University, 86 Daehak-ro, Jongro-gu, Seoul 03087, Korea

a 이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(2015-A002-0095)임.

* 교신저자 Corresponding author: Tel: +82-43-840-3538, Fax: +82-43-851-4169, E-mail: yonghan7204@kku.ac.kr

platyphylla has higher degree of tolerance to the deicing salt than *Pachysandra terminalis*.

KEY WORDS: GROWDCOVER PLANT, GROWTH, ORNAMENTALS, PHYSIOLOGICAL RESPONSE, SALINITY MANAGEMENT

서론

제설제란 눈이나 얼음을 녹이는 화학약품으로, 종류는 크게 염화칼슘(CaCl_2), 염화나트륨(NaCl), 염화마그네슘(MgCl_2), 비염화물계 등이 있다(Shin *et al.*, 2001). 이중 염화칼슘은 염화나트륨보다 염소이온이 낮고, 발열량이 높아 단기간에 눈을 녹이는 효과가 클 뿐 아니라, 가격이 저렴하다는 장점을 가지고 있다. 이에 국내는 1980년 중반부터 염화칼슘을 사용하고 있으며, 2000년 이후 수입량이 꾸준히 늘어 약 4~5만 톤을 유지하고 있다(Kim and Lee, 2014). 하지만 염화칼슘의 염소이온(Cl^-)은 생물과 무생물에 부정적인 영향을 주는 것으로 보고되고 있다(Kwon *et al.*, 2014). 특히, 대기에서 분진의 형태로 식물과 접촉하거나 토양에 녹아 들어가 식물의 생장에 영향을 미치 수 있다(Jones *et al.*, 1986).

국외의 경우 1970년부터 제설제로 인한 도로변 교목과 관목의 피해가 보고되면서, 내염식물에 대한 관심이 높아지게 되었다(Davison, 1971), 이에 내염성식물은 약 1,560종으로 그 중 46.5%가 명아주과, 벼과, 국화과, 콩과식물이라고 보고된 바 있다(Zhao and Li, 1999). 뿐만 아니라 수종별 내염성 정도를 검증하고 손상 정도에 따른 세부적인 관리지침을 제시하고 있다(Laura and Susan, 2004). 근래에는 가로변과 도시의 경관성과 환경성을 고려해 6종의 관상용 지피식물(Eom *et al.*, 2007), 구근류인 히아신스(*Hyacinthus orientalis*)(Türkoglu *et al.*, 2011), 12종의 벼과 및 2종의 광엽초본에 대한 내염성을 검증한 바 있으나(Dudley *et al.*, 2014), 대부분 염화나트륨(NaCl) 또는 염화마그네슘(MgCl_2)에 대한 내염성 식물의 탐색에 치중하고 있어 국내에 적용하기에는 한계가 있다.

국내에서 내염성 식물의 탐색은 주로 벼(*Oryza sativa*), 보리(*Hordeum vulgare*), 옥수수(*Zea mays*), 녹두(*Phaseolus vulgaris*), 콩(*Glycine max*) 등과 같이 간척지에 재배할 수 있는 작물에 집중된 것이 사실이다(Shim *et al.*, 1998). 고염도 간척지 토양의 이화학적 개량하기 위해 국내외에서 수집한 총 18종의 내염성을 살펴보았으며(Lee *et al.*, 2007), 지피 및 초화류 6종, 목본류 3종, 구근류 4종 등에 대한 간척지 현장실증시험을 수행하였다(Lee *et al.*, 2008). 또한, 자생식물 중 사초과 4종, 붓꽃과 1종, 벼과 1종, 돌나물과 2종에 대한 내염성 정도를 구명(Shim *et al.*, 2012)한 바 있으나

대부분 양지식물인데다 간척지 염화나트륨(NaCl)에 대한 내염성 평가가 주를 이루고 있다. 뿐만 아니라, 염화칼슘과 관련된 내염성 평가는 주로 농작물(Shin *et al.*, 2010) 및 목본류(Kwon *et al.*, 2014)에 치우치거나 지피식물 또한 여름에 생육실험이 집중되어 있어(Lee *et al.*, 2013), 도시 내 다양한 공간에서 실제적으로 지침이 될 만한 자료가 부족하다고 하겠다.

고속도로 가로변의 경우 이격거리에 따라 제설제의 농도가 감소되는 현상이 뚜렷하나, 도시 내에서는 밀집된 도로망 체계와 대기중의 비산으로 인해, 식생과 토양미생물에 독성을 일으킬 정도로 치명적이라고 지적하고 있다(Cunningham *et al.*, 2008). 특히, 겨울에 살포하는 제설제는 봄에 식생구조와 분포를 변경시킬 뿐 아니라(Brauer and Geber, 2002), 내염성이 강한 잡초류로 뒤덮일 수 있어(DiTommaso, 2004), 다양한 지피식물에 대한 탐색 및 식재를 통한 대책 마련이 시급한 실정이다(Wang *et al.*, 2011). 이에 본 연구에서는 겨울철 염화칼슘 농도처리에 따른 맥문동(*Liriope platyphylla*)과 수호초(*Pachysandra terminalis*)를 내염성을 살펴봄으로써 제설제 피해지역의 관상용 지피식물로서의 활용성을 평가하고자 한다.

연구방법

1. 실험지 환경조건

본 실험은 2015년 10월부터 2016년 3월까지 충청북도 충주시 건국대학교 글로벌캠퍼스 내의 노지 실습장에서 수행되었다. 실험기간 중 환경조건은 평균기온 2.54℃, 최고기온 8.1℃, 최저기온 -2.48℃, 강수량 38.24mm, 상대습도 61.76%, 일조시간 141.32hr. 이었다. 이는 전년도 동일한 기간과 비교해 볼 때, 평균온도가 1℃정도 상승한 반면, 강수량은 약 15mm정도 더 적었다. 상대습도는 비슷하였으나, 일조시간은 약 26hr. 정도 감소해 전반적으로 건조하면서 흐린 기상을 보였다.

2. 실험재료 및 실험구 제작

식물재료는 상록 다년초이면서 내염성이 높아 수림하부에 지피식물로 군식이 가능한 맥문동(*Liriope platyphylla*)

Table 1. Physical and chemical characteristics sterilized growing medium used in this experiment

Soil water content (%)	Water holding capacity (%)	Bulk density (Mg/m ³)	pH	EC (dS/m)	NH ₃ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	Available phosphate (mg/l)	CEC (cmol/l)
50±10	70±10	0.3±0.1	5.5~7.0	≤ 1.2	≤ 600	≤ 300	≤ 500	20±10

과 수호초(*Pachysandra terminalis*)로 선정하였다(Ju and Yoon, 2014; Kwon *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2002). 2015년 10월에 초장의 길이와 분얼수가 균일한 식물을 충남 천안시 병천면에 위치한 산내식물원에서 구입하여 약 한 달간 30% 차광막 처리를 한 노지에서 순화시켰다. 토양재료는 제설제 처리외의 토양변수를 최소화하고 식물의 생육을 고려해 완제품인 상업용상토(한아름원예용상토, (주)신성미네랄, 한국)를 사용하였으며, 이에 대한 이·화학적 특성은 Table 1과 같다. 제설제는 국내에서 가장 많이 사용되는 염화칼슘(CaCl₂)으로 하였으며(Shin *et al.*, 2001), 본 실험에는 순도 74%의 분말 염화칼슘(공업용 CaCl₂, 동양제철공업화학, 한국)을 사용하였다. 서울시의 주요 가로변 토양의 염 농도 범위가 0.02~0.80%로(Kim *et al.*, 2002), 이는 염화칼슘(순도 74%) 농도로 환산하면 약 0.37~2.22%이다. 또한, 제설제 오염을 직접 받은 논의 염 농도가 0.87~5.00% 이상이 될 수 있어(Shin *et al.*, 2010), 염화칼슘 처리농도는 상토의 무게를 기준으로 각각 0%(Control), 0.5%, 1.0%, 3.0%, 5.0%로 총 5가지 실험구를 조성하였다. 처리구별로 염화칼슘을 여러 번 교반한 후 약 1주일간 상온에서 안정화시켰다. 플라스틱 포트(직경 12cm × 높이 11.5cm)에 농도별로 처리한 상토를 넣고 맥문동과 수호초를 정식한 후 초기 활착을 위해 표면흙이 마르지 않을 정도로 관수하였다. 염화칼슘이 외부로 방출되는 것을 막기 위해 삼목상자(52cm × 31cm × 높이 10cm) 하부에 방수포를 깔았으며, 그 위에 정식한 포트를 각 처리구별로 10개씩 3반복으로 완전임의배치(CRD, completely randomized design)하였다. 각각의 실험구는 2015년 11월부터 2016년 3월까지 약 5개월간 30% 차광막 처리를 한 노지에서 재배하였으며, 인위적인 관수는 하지 않았다.

3. 측정항목

가로변 지피식물의 내염성 정도는 겨울철에 살포된 제설제가 녹아 토양 내 염분이 높아지는 이른 봄에 알 수 있다는 선행연구(Eom *et al.*, 2007)를 근거로, 2015년 11월에 맥문동과 수호초를 정식한 후 이듬해 이른 봄인 2016년 3월에 생육과 생리를 측정하였다. 생육적 특성은 초장, 엽장, 엽폭, 생체중, 건물중 등을 중심으로 조사하였다. 초장은 기판을 중심으로 식물의 가장 끝이 되는 지점을 기준으로, 엽수는 잎이 완전히 전개된 잎을 육안으로 조사하였다. 수호초의 엽장과 엽폭은 식물체 및 줄기의 정단부로부터 아래 5번째

잎부터 3개의 잎을, 맥문동은 식물형태학적 특성상 짧고 굵은 뿌리줄기에서 잎이 모여 나오기 때문에 3개의 중간엽을 선택한 후 측정하고 평균을 냈다(Ju and Yoon, 2014). 엽형지수(LSI; leaf shape index)는 엽장/엽폭으로 구하였다(Cha *et al.*, 2013). 생체중(F.W.; fresh weight)은 각 처리구별 식물체를 채취하여 증류수로 세척한 후 지상부와 지하부를 각각 분리하여 전자저울(FG-150KAL- H, AND, Korea)로 잴다. 건물중(D.W.; dry weight)은 70℃의 열풍건조기(C-DF, Changshin Scientific Co., Korea)에서 더 이상의 건조무게가 변하지 않을 때까지 건조시킨 뒤 측정하였다. 생리적 특성은 엽록소함량, 광합성, 기공전도도, 증산율 등을 중심으로 조사하였다. 엽록소함량은 휴대용엽록소함량측정기(SPAD-502, Minolta, Japan)로, 광합성, 기공전도도, 증산율 등은 휴대용 광합성 측정기(LC pro+SD, ADC, UK)로 엽장과 엽폭을 잰 동일한 잎의 중심부위를 3반복 측정하여 평균값을 냈다. 각 처리별로 수집된 데이터의 통계분석은 SPSS(SPSS Inc., ver. 18.0 K, USA) 프로그램을 이용하여 Duncan 다중검정 ($p = 0.05$)으로 평균간의 유의성을 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 식물생육

맥문동은 염화칼슘 처리농도 3.0% 이상에서, 수호초는 1.0% 이상에서 모두 고사해, 생육측정이 불가능하였다. 나머지 처리구간별 생육을 비교해 본 결과, 맥문동의 엽장은 Control, 0.5, 1.0% 처리구에서 각각 8.49, 7.65, 4.10cm, 엽폭은 0.48, 0.22, 0.20cm, 엽형지수는 17.67, 15.98, 8.54로, 처리농도가 높아질수록 잎이 짧아지는 형상이 비교적 뚜렷하였다. 수호초의 초장은 Control, 0.5% 처리구에서 각각 19.5, 18.7cm로 대조구에 비해 약 4% 짧아졌다. 엽장은 4.11, 3.42cm, 엽폭은 2.62, 1.65cm, 엽형지수는 8.5, 7.1로 대조구에 비해 각각 17%, 37%, 16% 정도 감소되었으며, 엽장보다는 엽폭의 감소율이 더 높았다(Table 2). 일반적으로 식물체의 지상부가 짧아지는 원인은 오염, 건조, 광화학적 스트레스에 의해 발생되며, 오염지에서 식물체의 짧은 지상부는 평균적인 길이생장을 방해하고, 중국에서는 생존율이 감소된다고 지적하고 있다(Ju and Yoon, 2014; Samecka *et al.*, 2009). 잎이 짧아진다는 것은 엽면적이 감소된다는 것을 의미하며, 이는 증산율을 억제하기 위한 식물의 형태적 변화로 해석된다(Navetiyal *et al.*, 1989).

맥문동의 지상부의 생체중은 Control, 0.5, 1.0% 처리구에서 각각 1.07, 0.96, 0.84g, 건물중은 0.51, 0.48, 0.18g으로 처리농도가 높을수록 점차 낮아지는 경향은 비슷하였다. 지하부가 지상부보다 약 20배 정도 더 무거웠던 이유는 맥문동의 지하부의 형태학적 특성상 짧고 굵은 덩이뿌리로 주로 이루어졌기 때문인 것으로 본다(Ju and Yoon, 2014). 수호초의 지상부의 생체중은 Control, 0.5% 처리구 각각 2.60, 0.52g, 건물중은 2.20, 0.44g으로 대조구에 비해 약 80%가량 감소되었으며, 지하부의 생체중은 각각 10.40, 2.76g, 건물중은 7.04, 0.93g으로 염화칼슘 처리농도에 따라 감소폭이 컸다(Table 2). 건물중은 식물의 생육과 환경과의 관계를 표현하는데 있어 중요한 인자로서(Both *et al.*, 1997), 일반적으로 염 스트레스에 의해 식물의 잎, 줄기, 뿌리의 생체중 및 건물중이 감소되는 것으로 알려져 있다(Chartzoulakis and Klapaki, 2000). 실제로 5가지 농도처리(0%, 1%, 2%, 3%, 5%)로 염화칼슘의 용액을 살포한 후 건물중을 살펴본 결과 농도가 높을수록 소나무와 참새리, 열무, 강낭콩 등의 건물중이 감소하였는데, 특히, 3.0% 이상의 농도처리구에서 가장 큰 감소율을 보였다(Shin *et al.*, 2010). 대체 제설제로 개발된 PC-10과 EFD-1에 대한 밀, 보리, 시금치 등의 지상부 및 뿌리 발육에 있어서 1% 이하의 저농도 처리에서는 대조구와 큰 차이를 보이지 않았으나, 2% 이상의 농도에서는 어느 정도 영향을 미치는 것으로 보고되고 있어(Lee, 2015), 염분에 대한 내성 범위를 벗어나게 되면 지상부와 지하부의 생체중과 건물중 감소와 깊은 연관성이 있음을 알 수 있다.

2. 식물생리

맥문동의 엽록소함량은 Control, 0.5, 1.0% 처리구에서 각각

43.0, 26.9, 23.3(SPAD), 광합성률은 2.58, 1.47, 0.71 mmole CO₂·m⁻¹·s⁻¹, 기공전도도는 0.74, 0.60, 0.05 mol·H₂O·m⁻²·S⁻¹, 증산율은 0.07, 0.06, 0.06 μ mol·m⁻²·S⁻¹로 염화칼슘 처리농도가 높아질수록 감소하였다. 이중 광합성률과 기공전도도는 1.0% 처리구에서 대조구에 비해 각각 72, 93% 정도 유의적으로 감소하였다. 한편, 수호초의 엽록소함량은 Control, 0.5% 처리구에서 각각 24.5, 22.0(SPAD), 광합성률은 0.41, 0.03 mmole CO₂·m⁻¹·s⁻¹, 기공전도도는 0.01, 0.004 mol·H₂O·m⁻²·S⁻¹, 증산율은 0.16, 0.09μ mol·m⁻²·S⁻¹로 감소폭이 확인하였다. 특히 염화칼슘 처리농도가 높아질수록 감소하였으며, 특히 0.5% 처리구에서 광합성률과 기공전도도는 대조구에 비해 각각 60, 93% 정도 낮았다. 염화칼슘 처리농도가 높아질수록 맥문동과 수호초의 생리활성이 낮아지는 것은 두 식물 모두 유사하였으나, 맥문동이 수호초에 비해 전반적으로 활성수치가 안정된 경향을 보였다(Figure 1).

일반적으로 엽록소함량, 광합성률, 기공전도도, 증산율의 감소는 잎의 광합성 감소와 연관성이 있는데(Evans, 1996), 이는 건조를 포함한 염 스트레스가 인(P)과 질소(N)의 흡수를 막아서 식물체의 수분함량의 감소를 유발하고, 이런 현상은 광합성과 증산을 억제하기 때문이다(Jie *et al.*, 2010). 또한, 증산율과 기공전도도의 감소는 수분이용효율을 높여 식물체내 수분 손실을 막기 위한 일시적인 반응일 수 있으나, 장기적으로는 기공폐쇄로 인한 CO₂의 유입을 제한함으로써 광합성에 부정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Kwon *et al.*, 2014). 이에 반해 내염성 식물의 경우, 활성산소(ROS; reactive oxygen species)를 형성해 액포 내부로 삼투압 균형을 유지시키거나(Lee *et al.*, 2014), 전분(starch)을 축적함으로써 세포 내 자당의 농도를 낮추어 염 스트레스에 의한 생육 및 생리적 피해를 억제하는 것으로 보고되어

Table 2. Growth responses of *Liriope platyphylla*, and *Pachysandra terminalis* to deicing salt (CaCl₂) concentration (March, 2016)

Species	Concentration (%)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf shape index	Shoots		Roots	
						F.W. ^y	D.W.	F.W.	D.W.
<i>L.platyphylla</i>	Control	-	8.49a	0.48a	17.67a	1.07a ^z	0.51a	21.33a	10.36a
	0.5	-	7.65b	0.22b	15.98b	0.96a	0.48a	18.46b	8.63a
	1.0	-	4.10c	0.20b	8.54c	0.84a	0.18b	16.26b	3.30b
	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-
	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P.terminalis</i>	Control	19.5a ^z	4.11a	2.62a	8.5a	2.60a	2.20a	10.40a	7.04a
	0.5	18.7ab	3.42b	1.65a	7.1b	0.52b	0.44b	2.76b	0.93b
	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-
	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-

z Different letters in the same column indicate a significant difference at P<0.05 according to Duncan's multiple range test (n=9)

y F.W.; Fresh weight(g plant⁻¹), D.W.; Dry weight(g plant⁻¹)

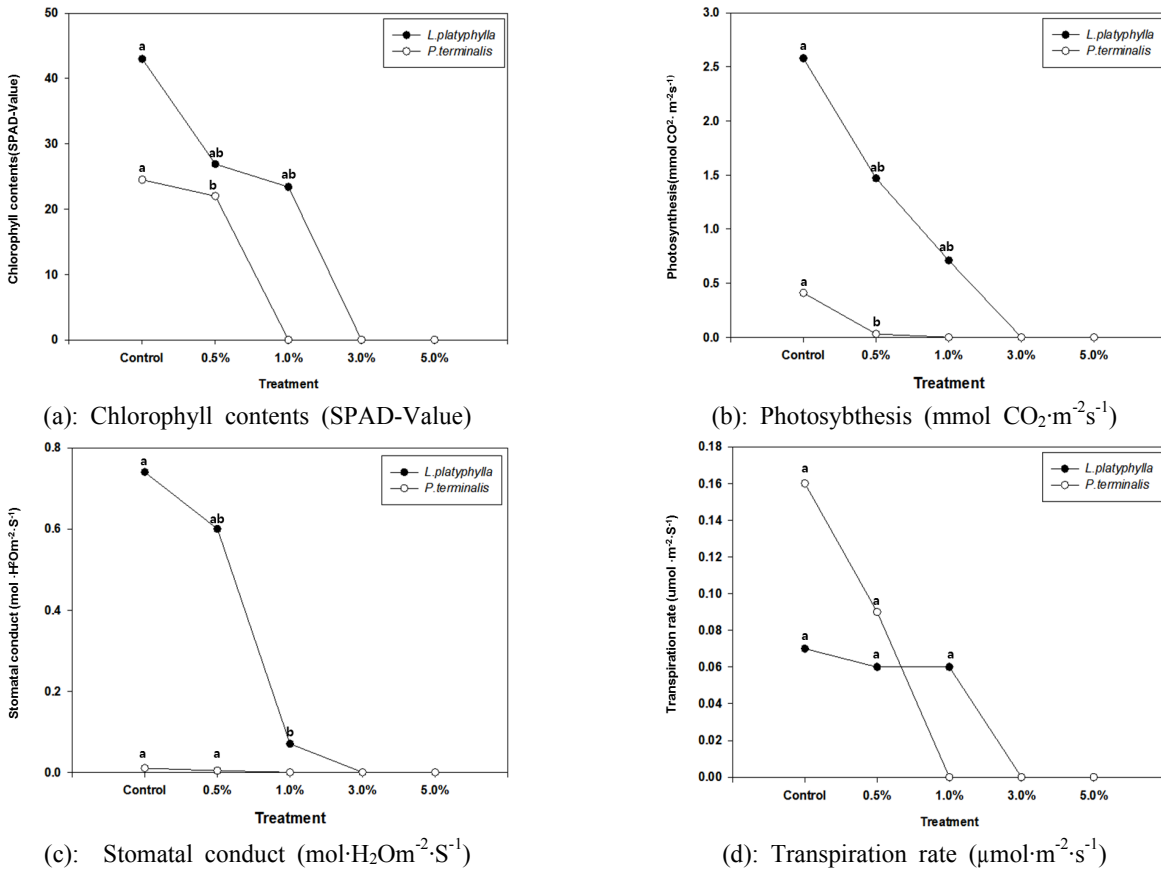


Figure 1. Physiological responses of *Liriope platyphylla*, and *Pachysandra terminalis* to deicing salt (CaCl₂) concentration (March, 2016). Different letters in the same column indicate a significant difference at p < 0.05 according to Duncan's multiple range test (n = 9)

있다(Pattanagul and Thitisaksakul, 2008). 해안가 식물인 동백, 자금우, 해국 등 간척지 토양 염 농도가 약 0.32%일 때, 엽록소함량이 증가한 식물로 알려져 있어(Lee *et al.*, 2008), 해안가 지피식물을 중심으로 한 염화칼슘 0~0.5% 범위에서의 재검증이 필요하다고 본다. 추후 염화칼슘에 대한 내염성 식물을 선발하기 지표로서 식물체내 염 스트레스 저항기작과 관련된 체내성분에 관한 정밀한 분석이 필요하다고 하겠다.

결과를 정리하면, 맥문동과 수호초 두 식물 모두 초장, 엽장, 엽폭, 엽형지수, 생체중, 건물중, 엽록소함량, 광합성률, 기공전도도, 증산율 등은 제설제 처리농도가 높을수록 감소되는 것은 두 식물이 동일하였으나, 맥문동이 수호초보다 좀 더 안정된 생육 및 생리적 특징을 보였다. 무엇보다, 맥문동은 3.0% 이상에서, 수호초는 1.0% 이상의 농도처리에서 생존이 불가능해, 맥문동이 수호초보다 내염성이 더 높은 것으로 판단된다. 실제 간척지에서 맥문동은 내염성이 높은 지피식물로 선발되었으며(Lee *et al.*, 2008), 도시 내 제설제 피해지역에도 활용이 가능할 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(2015-A002-0095)입니다.

REFERENCES

- Brauer, J. and M.A. Geber(2002) Population differentiation in the range expansion of a native maritime plant, *Solidago sempervirens* L.. International Journal of Plant Science 163:141-150.
- Both, A.J., L.D. Albright, R.W. Langhans, R.A. Reoser and B.G. Vinzant(1997) Hydroponic lettuce production influenced by integrated supplemental light levels in a controlled environmental facility: Experimental results. Acta Hort. 418:45-51.
- Chartzoulakis K. and G. Klapaki(2000) Response of two greenhouse pepper hybrid to NaCl salinity during different growth stages. Sci. Hort. 86:247-301.

- Cha, M.K., J.H. Cho and Y.Y. Cho(2013) Growth of leaf lettuce as affected by light quality of LED in closed-type plant factory system. *Protected Horticulture and Plant Factory* 12:291-297.
- Cunningham, M.A., E. Snyder, D. Yonkin, M. Ross, T. Elsen(2008) Accumulation of deicing salts in soils in an urban environment. *Urban Ecosyst.* 11:17-31.
- Davison, A.W.(1971) The effects of de-icing salt on roadside verges. *Journal of Applied Ecology* 8(2):555-562.
- DiTommaso, A.(2004) Germination behavior of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) populations across a range of salinities. *Weed Science* 52:1002-1009.
- Dudley, M.M., W.R. Jacobi and C.S. Brown(2014) Roadway deicer effects on the germination of native grasses and forbs. *Water Air Soil Pollut.* 225:1984-1996.
- Eom, S.H., T.L. Setter, A. DiTommaso and L.A. Weston(2007) Differential growth response to salt stress among selected ornamentals. *Journal of Plant Nutrition* 30:1109-1126.
- Jones, P.H., B.A. Jeffrey, P.K., Watler and H.H. Uhtchon(1986) Environmental impact of road salting-satte of the art. The Research and Development Branch, Ontario Ministry of Transporation and Communications, p.237.
- Jie, Z., Y. Yuncong, J.G. Streeter and D.C. Ferree(2010) Influence of soil drought stress on photosynthesis, carbohydrates and the nitrogen and phophorus absorb in different section of leaves and stem of Fugi/M.9EML, young apple seedling. *Afr. J. Biotechnol.* 9:5320-5325.
- Ju, J.H. and Y.H. Yoon(2012) Characteristics of heavy metal accumulation and removing from soil using Korean native plant, *Liriope platyphylla* for phytoremediation. *Journal of Environmental Science International* 23(1): 61-68. (in Korean with English abstract)
- Ju, J.H. and Y.H. Yoon(2014) Application of *Liriope platyphylla*, ornamental Korean native plants, for contaminated soils in urban areas. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 42(5):81-87. (in Korean with English abstract)
- Kim, K.R., H.H. Lee, C.W. Jung, J.Y. Kang, S.N. Park and K.H. Kim(2002) Investigation of soil contamination of some major roadsides in Seoul II. Major roadsides in Gangdong-, Gwangjin-, Nowon-, Seodaemum- and Seongdong-gu. *J. Korean Soc. Agri. Chem. Biotechnol.* 45(2):92-96. (in Korean with English abstract)
- Kim, S.L. and D.W. Lee(2014) Effect of chloride - deicers on growth of wheat, barley and spinach. *Korean J. Environ. Agric.* 33(4):350-357. (in Korean with English abstract)
- Kwon, M.Y., S.H. Kim and J.H. Sung(2014) The responses of growth and physiological traits of *Acer triflorum* on calcium chloride (CaCl₂) concentration, *Korean J. Environ. Ecol.* 28(5):500-509. (in Korean with English abstract)
- Kwon, C.G., S.Y. Lee and S.H. Lee(2011) A field experiment study of broadleaf *Liriope* planting width calculation for forest fires spread blocking. *Korean Institute of Fire Science & Engineering* 11:417-421. (in Korean with English abstract)
- Laura, L.B. and A.D. Susan(2004) Tolerance to salinity and manganese in three common roadside species. *International Journal of Plant Science* 165(1):37-51.
- Lee, J.S., S.J. Jeong, J.A. Heo, H.J. Kang, S.Y. Hwang, and Y.K. Kim(2002) Light intensity levels and growth inhibitors on growth of shade tolerant Japanese spurge (*Pachysandra terminalis*). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 43:137-142. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.B., J.G. Kang, J. Li, C.W. Park and J.D. Kim(2007) Evaluation of salt-tolerance plant for improving saline soil of reclaimed land. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 40(3):173-180. (in Korean with English abstract)
- Lee, J.J., S.G. Han, C.H. Kang, H.K. Cho, N.K. Oh, J.S. Jeong and K.B. Lee(2008) Adaptability of saline-tolerant plants selected indoors at reclaimed land. *Proceeding of the 2nd Symposium on the Korean Journal of Plant Resources.* Rep. Korea. pp. 111-111.
- Lee, S.Y., W.T. Kim, J.H. Ju and Y.H. Yoon(2013) Effect of calcium chloride concentration on roadside ground cover plant growth. *Journal of Korean Institute of Landscape Architecture.* 41(4):17-23. (in Korean with English abstract)
- Lee, G.H., J.G. Yu, J.H. Park and Y.D. Park(2014) Construction of a network model to reveal genes related to salt tolerance Chinese cabbage. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 32(5):684-693. (in Korean with English abstract)
- Lee, D.W.(2015) Effect of EFD-1 and PC-10 deicers on growth of wheat, barley and spinach. *Korean J. Environ Agric.* 34(1): 30-37. (in Korean with English abstract)
- Navetiya, R.C., V. Ravindra, and Y.C. Joshi(1989) Germination and early seedling growth of some groundnut (*Arachis hypogea* L.) cultivars under salt stress. *Indian J. Plant Physiol.* 32:251-253.
- Pttanagul, W. and M. Thitisaksakul(2008) Effect of salinity stress on growth and carbohydrate metabolism in three rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity tolerance. *Indian J. Exp. Biol.* 46:736-742.
- Sameka, C.A., K. Kolon and A. Kempers(2009) Short shoots of *Betula pendula* Roth as bioindicators of urban environmental pollution in Wroclaw (Poland). *Trees.* 20:923.
- Shim, S.I., S.G. Lee and B.H. Kang(1998) Screening of saline tolerant plants and development of biological monitoring technique for saline stress. II. Responses of emergence and early growth of several crop species to saline stress. *Korean Journal of Environmental Agriculture* 17(2):122-126. (in Korean with English abstract)
- Shim, M.S., Y.J. Kim, C.H. Lee and C.H. Shin(2012) Salt tolerance

- of various native plants under salt stress. *Journal of Bio-Environment Control* 21(4):478-484. (in Korean with English abstract)
- Shin, J.H., H.R. Heo, J.S. Shin, M.Y. Kim and J.Y. Shin(2001) A study of effects on environment from road deicings. *Korean J. Sanitation*. 16(4):31-37. (in Korean with English abstract)
- Shin, S.S., S.D. Park, H.S. Kim and K.S. Lee(2010) Effects of calcium chloride and eco-friendly deicer on the plant growth, *Korean Society of Environmental Engineers*. 32(5):487-498. (in Korean with English abstract)
- Türkoglu, N., M.E. Erez and P. Battal(2011) Determination of physiological responses on hyacinth (*Hyacinthus orientalis*) plant exposed to different salt concentrations. *African Journal of Biotechnology* 10(32):6045-6051.
- Wang, Z., X. Yang, X.M. Wang and H.W. Gao(2011) Growth and physiological response of tall oat grass to salinity stress. *African Journal of Biotechnology* 10(37):7183-7190.
- Zhao K. and F. Li(1999) *China halophytes plants*. Beijing Science Press, Beijing, 11pp.