

ORIGINAL ARTICLE

고농도 제설제 처리에서 토양 및 자생 초화류에 미치는 Blanket 식생매트의 효용성

주진희 · 이재만¹⁾ · 김원태²⁾ · 임병옥³⁾ · 서남규¹⁾ · 윤용한*

건국대학교 녹색기술융합학과, ¹⁾건국대학교 대학원 녹색기술융합학과, ²⁾연암대학교 환경조경전공,
³⁾세명대학교 바이오제약산업학부

Efficacy of Blanket Vegetation Mats on Soil and Native Groundcover Plants under Treatment of High Concentration Deicing Salt

Jin Hee Ju, Je Man Lee¹⁾, Won Tae Kim²⁾, Byung Ok Lim³⁾, Nam Kyu Seo¹⁾, Yong Han Yoon*

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

¹⁾Department of Green Technology Convergence, Graduate School of Konkuk University, Chungju 27478, Korea

²⁾Department of Environment and Landscape Architecture, Yonam College, Cheonan 31005, Korea

³⁾School of Industrial Bio-Pharmaceutical Science, Semyung University, Jecheon 27136, Korea

Abstract

This study investigated the effect of vegetation mat on plant growth and salt reduction in the soil treated with high concentration deicing salt. In order to measure soil chemical characteristics and plant growth, three native groundcover plants (*Dendranthema zawadskii* var. *latilobum*, *Dendranthema boreale*, and *Kalimeris yomena*) were grown in each of the three plastic containers (50.0 cm width × 35.0 cm length × 8.5 cm deep) with a high concentration treatment of calcium chloride deicing salt. There were two treatments: control, and BVM that combines B (blanket) and VM (vegetation mat). 1,600 g of soil was placed on the top of the drainage layer with 290 g of perlite, 100 seeds each of the three native plants with three repetitions were sowed, and 10 g/L of calcium chloride deicing salt was added in the treatment. As a result of the chemical properties of soil, soil in control treatment was acidic and soil electrical conductivity in BVM was the lowest. Also, exchangeable cations (K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , and Mg^{2+}) in soil and all the three plants were significantly decreased in the BVM treatment. Meanwhile, the germination rate of *Dendranthema zawadskii* var. *latilobum* was the highest under high concentration deicing salt in compared to the two plants. Overall, three native groundcover plant growth was higher in the BVM than control treatment significantly. These results suggest that the treatment of blanket vegetation mat has a positive effect on soil and plant growth in soil damaged by deicing salt.

Key words : Vegetation mat, Exchangeable cations, Soil salinity, Soil-plant continuum

Received 19 January, 2022; Revised 28 February, 2022;
Accepted 3 March, 2022

*Corresponding author: Yong Han Yoon, Department of Green Technology Convergence, College of Science Technology, 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.

1. 서론

식생매트란 종자와 천연재료 또는 합성섬유를 일체로 구성하여 자연적 또는 인위적 식생 활착을 유도하는 공법이다. 이에 성토 및 절토지의 사면보호 뿐만 아니라 하천의 침식 및 세굴 방지용으로 국내에서 널리 사용되고 있다(Lee et al., 2013). 또한 최근 대도시에서 녹지 확보를 위해 건물의 옥상 및 벽면에 식생매트를 적용하고 있는 사례가 증가하고 있지만(Nam et al., 2012), 가로변 제설제 피해지의 염분저감을 위한 연구는 미흡한 실정이다. 제설제로 인한 염화물은 가로수나 도로변의 식물 생육뿐 아니라 옥상식생 조성에 영향을 미치는데, 이는 대기에서 분진의 형태로 직접 접촉하거나 토양에 녹아 들어가 식물의 뿌리로 흡수되기 때문이다. 토양에 축적된 제설제는 식물 뿌리와 접촉할 경우 전반적인 생육 장애, 가지 등과 같은 특정 부분의 고사 등을 유발하고, 심지어 식물 자체의 고사를 일으키기도 한다(Shin et al., 2010). 이러한 피해를 저감하기 위해 토양개량제 처리(Ju et al., 2021), 지피 초화류 식재(Ju et al., 2019) 등이 있으나, 대단위 적용 및 조기녹화에 있어 한계를 가지고 있다. 한편, 식생매트와 관련된 연구는 인공녹지에 적용되는 매트형 식생기반재 개발을 위한 왕겨 섬유(Kim et al., 2017), 거대억새(*Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*)(Kwon et al., 2014), 수질정화(Song and Han, 2016), Adphos 여재의 인 흡착 특성(Kim et al., 2016), 건축물의 에너지절약을 위한 조경용 식생매트의 열전도율(Cha and Yang, 2018), 생분해성 플라스틱 식생매트의 특성(Park et al., 2016) 등이 진행되어 왔다. 특히, 비점오염 부하 저감을 위한 식생매트의 충전재에 따른 수질정화능 평가에서 입자성 오염물질인 부유물질(SS)와 부영양화 원인 영양물질인 총질소(T-N)와 총인(T-P)을 살펴본 결과, 발포여재가 SS 46.3%, T-N 29.9%, T-P 33.3%로서 제올라이트나 구조토보다 수질정화가 우수한 것으로 보고되었다(Song and Han, 2016). 또한 Adphos 여재와 노란꽃창포(*Iris pseudacours* L.)를 결합한 수질정화기술에 적용한 결과 SS, T-N, T-P 각각 94%, 41%, 64%로 제거됨으로써, 오염물질 저감효과가 있음을 입증하였다(Kim et al., 2016). 하지만 가로변의 대표적인 비점오

염물질이라고 볼 수 있는 제설제에 대한 식생매트의 제염효과 및 식물생육과 관련된 자료는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 고농도의 제설제 처리하에 Blanket 식생매트로 토양의 제염 및 자생 초화류의 생육에 미치는 영향을 살펴봄으로써, 현장 적용에 대한 선행 검증자료로 활용하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 재료

본 연구는 2019년 5월부터 10월까지 내부 환경조건이 온도 $30\pm 3^{\circ}\text{C}$, 상대습도 $66\pm 2\%$, 조도 21,947 lux 인 전공 유리온실에서 수행하였다. 본 실험에 사용된 토양은 펄라이트(New PerlShine No. 3, Green Fire Chemicals Co., Ltd., Korea)와 원예용 상토(Hanpanseung, SGtech, Korea)를, 제설제는 국내에서 구입이 용이한 순도 74% 염화칼슘 분말(CaCl_2 , Oriental Chemical Industries, Korea)을 사용하였다. 자생 초화류 종자는 2017년 국립백두대간수목원채종 임분에서 채취한, 내염성이 강하고 환경적응성이 높은 구절초(*Dendranthema zawadskii* var. *latilobum*), 산국(*Dendranthema boreale*), 측부쟁이(*Kalimeris yomena*) 등 국화과 3종을 선정하였다.



Fig. 1. Overview on experiment control (front) and blanket vegetation mat (back) in greenhouse.

2.2. 방법

토양의 괴습 방지와 배수층 조성을 위해 펄라이트 290 g을 삼목상자(50.0 × 35.0 × 8.5 cm) 하단에 깔아준 뒤, 원예용 상토 1,600 g 씩 고르게 포설한 후 우량종자 100

립을 세 가지 수준 모두 3반복 파종하였다. B(blanket)와 VM(vegetation mat)를 재조합하여 제작한 Blanket 식생매트는 천연섬유로 경제적이고 내열성과 내알칼리성이 강할 뿐 아니라 강도가 우수한 황마(coir net layer)(Kim et al., 2007), 식생 블랑켓(blanket layer), 망(net layer) 등 다층의 레이어로 구성되어 있다. 이러한 BVM가 상토를 완전히 덮힐 정도로 멀칭 한 뒤 고농도인 염화칼슘(CaCl_2) 10 g/L 수용액으로 두상관수 처리하였다(Fig. 1).

토양 및 식물체의 제염과 관련된 화학적 특성을 살펴보기 위해, 토양 시료를 드라이 오븐에서 72시간 105°C로 건조시킨 후 2 mm 체에 걸러내었다. 식물체는 드라이 오븐에 72시간 동안 70°C로 건조한 후 자동믹서기를 이용해 분쇄하였다. 토양 산도(pH)와 전기전도도(EC) 분석은 농촌진흥청 토양화학분석법(NAAS, 2010)에 따라 pH와 EC 측정은 토양시료 5 g과 식물체 0.5 g을 증류수 비율을 1:5로 하여 30분간 진탕한 후 5B여과지(Adventec filter paper No. 5B, 110 mm)로 여과하여 pH meter(ST3100, OHAUS, Japan) 및 EC meter(ST3100, OHAUS, Japan)를 이용하여 조사하였다. 토양 및 식물체 내 염류계 치환성양이온인 K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} 함량을 살펴보기 위해, CH_3COOH 와 NH_4OH (pH7.0)로 추출한 액을 ICP-OES(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer:perkin-elmer OES-5300DV)를 사용하여 분석하였다. 생육은 발아율, 초장, 엽장, 엽폭, 엽수, 지상부 및 지하부 생체중과 건물중, 상대엽록소함량 등을 조사하였다. 발아수는 유근이 2 mm 이상 신장한 것을 발아개체로 산정하였으며, 발아율(Percent Germination: PG)은 $(N/S) \times 100$ (N: 총 발아수; S: 총 공시 종자수)으로 Han et al.(2014)의 방법으로 계상하였다. 또한 초장, 엽장, 엽폭은 디지털캘리퍼스(Digital calipers, Korea)로, 엽수는 육안으로 조사하였다. 상대엽록소함량은 엽록소측정기(SPAD-502, Minolta, Japan)를 통해 식물의 잎을 5반복 측정하여 평균값을 산출하였다. 지상부 및 지하부의 생체중은 각각 처리구별 식물체를 채취하여 뿌리의 흙을 제거한 후 미세전자저울(FX-200i, AND, Korea)로 생체중을 각각 조사한 뒤 70°C의 드라이오븐(CD-F, Changshon Sci. Co., Ltd., Korea)에 72시간 열풍 건조한 후 건물중을 잰다.

2.3. 통계분석

측정된 모든 데이터는 IBM SPSS Statistics 25(SPSS Inc, Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 통계 분석하였다. 토양 화학성(pH, EC, K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+})은 5% 수준에서 일원배치 분산분석 후 DMRT(Duncan's Multiple Range Test)과 대응표본 T검정 PST(Paired Sample T-test)로 분석하였으며, 이러한 결과를 SigmaPlot 12.3(Systat, San Jose CA, USA)를 이용하여 그래프로 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 토양 내 화학적 변화 및 제염 효과

3.1.1. 산도(pH)와 전기전도도(EC)

BVM 식생매트 처리구와 무 처리구에서 파종하지 않은 대조구의 토양산도는 각각 4.53, 4.41로 강산성을 띄었다. 이는 제설제의 염소이온이 물분자인 수소이온과 결합하여 강산성인 염산을 생성하게 됨으로써 발생된 결과라 하겠다(Yoon et al., 2021). 한편, 구절초를 파종한 토양 산도는 BVM(4.66) > 대조구(4.42), 산국은 BVM(4.71) > 대조구(4.56), 쑥부쟁이는 BVM(4.61) > 대조구(4.51)로 BVM 식생매트 처리구가 무 처리구에 비해 유의적으로 높았으나, 큰 차이를 보이지 않았다. 전기전도도(EC)의 경우 무 처리구에서 대조구가 5.00, BVM 식생매트 처리구에서 4.07로 조사된 반면, 구절초는 대조구와 BVM 처리구가 각각 4.98, 3.58, 산국은 6.09, 3.45, 쑥부쟁이는 5.00, 3.31로 약 29~66%의 감소율을 보였다(Fig. 2). 이는 Blanket 식생매트가 황마네트, 식생 블랑켓, 망 등 다층의 레이어로 구성되어 있어, 고농도의 제설제를 토양 내 침투 시 여과할 수 있는 기능으로 인해 토양산도의 강산성이 다소 약화된 반면, 전기전도도는 낮아진 것으로(Lee et al., 2013) 해석된다.

3.1.2. 토양 내 염화물계 치환성양이온 함량

고농도 염화칼슘 처리 후 토양 내 염화물계 치환성양이온 함량을 살펴본 결과, 무 처리구의 칼륨(K^+)은 69.36(산국) > 62.94(쑥부쟁이) > 61.54(구절초) > 51.31(대조구) cmol/kg 순으로, BVM 처리구는 46.34(쑥부쟁이) > 45.23(구절초) > 44.99(대조구) > 32.48(산국) cmol/kg 순이었다. 칼슘(Ca^{2+})은 무 처리구에서 58.11(산국) > 54.50(구절초) > 53.58(쑥부쟁이) >

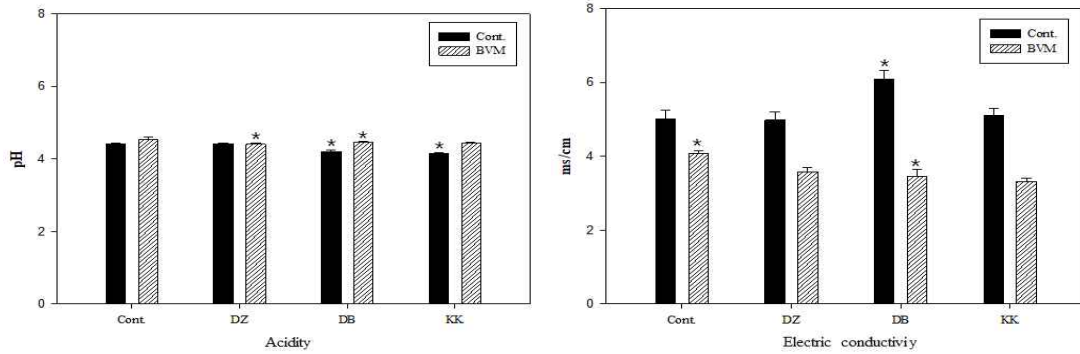


Fig. 2. Soil acidity and electric conductivity between control and blanket vegetation mat under treatment of high concentration deicing salt. Different letters in each bar show significant difference between Cont., DZ, DB, and KK ($p < 0.05$ by DMRT). Vertical bars represent mean \pm standard error. Cont.; non-sowing, DZ; *Dendranthema zawadskii* var. *latilobum*, DB; *Dendranthema boreale*, KK; *Kalimeris yomena*.

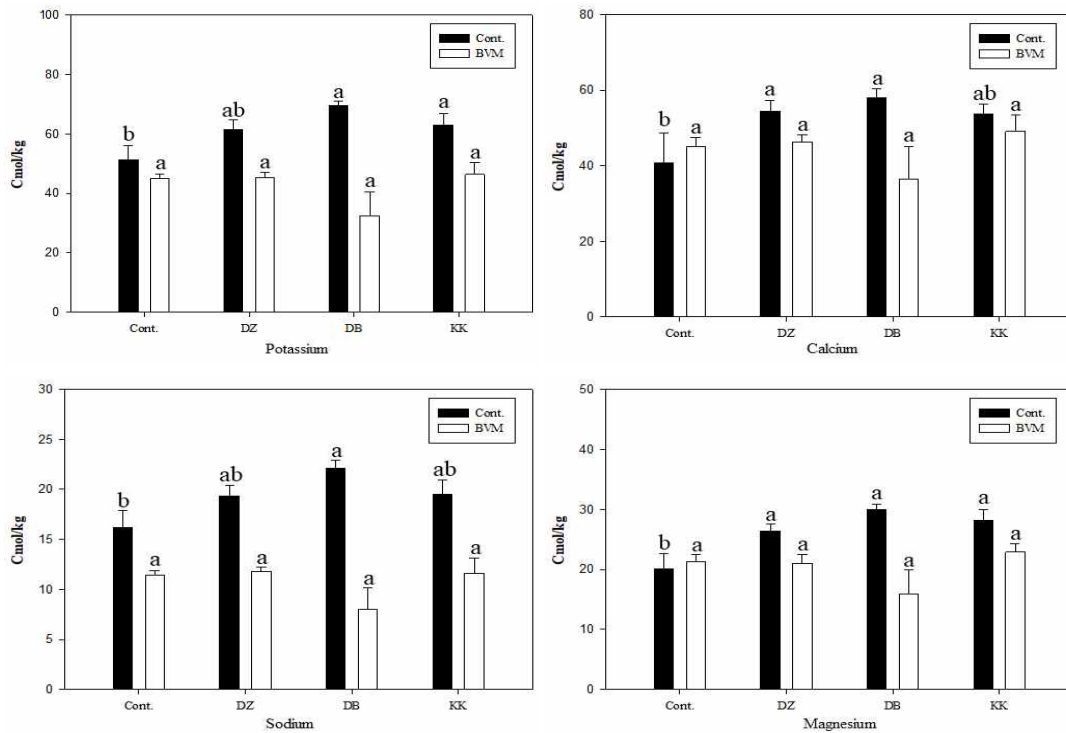


Fig. 3. Influence of blanket vegetation mat (BVM) on the chloride based cation (K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , and Mg^{2+}) in soil grown three groundcover plants under treatment of high concentration deicing salt. Different letters in each bar show significant difference between Cont., DZ, DB, and KK ($p < 0.05$ by DMRT). Vertical bars represent mean \pm standard error. Cont.; non-sowing, DZ; *Dendranthema zawadskii* var. *latilobum*, DB; *Dendranthema boreale*, KK; *Kalimeris yomena*.

Table 1. Comparison of three groundcover plants germination and growth in response to blanket vegetation mat under treatment of high concentration deicing salt

Treatment	Percent germination (%)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No.of leaves	
Cont.	<i>Dendranthema zawadskii</i> var. <i>latilobum</i>	28**	9.73**	5.02**	3.58**	17.00
	<i>Dendranthema boreale</i>	20**	7.34**	4.75**	3.75**	12.29
	<i>Kalimeris yomena</i>	6**	2.89**	3.65**	1.60**	14.38
BVM	<i>Dendranthema zawadskii</i> var. <i>latilobum</i>	20**	6.64*	3.66**	2.43**	16.11*
	<i>Dendranthema boreale</i>	14**	12.41*	5.43**	3.63**	19.88*
	<i>Kalimeris yomena</i>	3**	5.24*	4.02**	1.67**	6.25*

* : Indicate significant at the 0.05 level

** : Indicate significant at the 0.01 level

40.84(대조구) cmol/kg 순인 반면, BVM 처리구는 49.11(쑥부쟁이) > 46.28(구절초) > 45.12(대조구) > 36.38(산국) cmol/kg 순으로, 산국의 경우 BVM 식생매트 유무에 따라 큰 차이를 보였다. 무 처리구에서 나트륨(Na^+)은 22.11(산국) > 19.52(쑥부쟁이) > 19.33(구절초) > 16.17(대조구) cmol/kg 순으로, BVM 처리구는 11.77(구절초) > 11.62(쑥부쟁이) > 11.39(대조구) > 8.04(산국) cmol/kg 순으로 분석되었다. 마그네슘(Mg^{2+})은 무 처리구에서 29.90(산국) > 28.10(쑥부쟁이) > 26.42(구절초) > 20.04(대조구) cmol/kg 순으로, BVM 처리구에서는 22.88(쑥부쟁이) > 21.22(대조구) > 21.04(구절초) > 15.88(산국) cmol/kg 순이었다(Fig. 3). 전반적으로 무 처리구에서는 산국에서 가장 높은 값을 나타냈으나, BVM 처리구에서는 수종별 유의적인 차이를 보이지 않았다. 반면, BVM 처리구가 무 처리구에 비해 수중에 관계없이 염화물계 치환성양이온 함량이 유의적으로 감소하는 경향을 보여 토양 내 제염 효과가 있는 것으로 판단된다.

3.2. 식물체의 생육 변화 및 제염 효과

3.2.1. 발아율 및 생육

발아율의 경우 구절초는 무 처리구에서 28%, BVM 처리구에서 20%로 나타났다. 산국은 무 처리구와 BVM 처리구에서 각각 20%, 14%로 조사되었다. 쑥

부쟁이는 무 처리구에서 6%, BVM 처리구에서 3%로 가장 낮은 발아율을 보였다. 반면 생육의 경우 전반적으로 BVM 처리구에서 양호한 결과를 보였다. 수종별로 살펴보면, 초장과 엽폭에서는 산국이, 엽수에서 구절초와 산국이, 엽장은 쑥부쟁이가 높았다(Table 1). 지상부 생체중에서는 BVM 처리구의 쑥부쟁이가, 지하부 생체중은 무 처리구의 산국이 무거웠다. 지상부 건물중은 무 처리구에서, 지하부 건물중은 BVM 처리구에서, 상대엽록소함량은 무 처리구에서 산국이 가장 높은 값을 보였다(Table 2). 자생식물의 경우 대부분 자연방치 상태로 발아하는 경우가 많아(Yim et al., 1999), 식생매트로 인한 차광률의 증가로 발아율에 영향을 미침으로서 무 처리구에서 다소 높은 발아율을 보인 것으로 해석된다. 반면, 산국의 생육에 있어서 Blanket 식생매트 처리는 긍정적인 영향을 준 것으로 파악된다. 이는 꽃범의꼬리, 접시꽃, 산국 및 포천구절초 등의 지피초화류의 생육이 염처리구에서 낮았으며 특히 엽수의 감소가 뚜렷하다고 볼 때(Kim et al., 2012), 식생매트 처리를 통한 현장 적용의 효용성은 높을 것으로 예측된다.

3.2.2. 식물체 내 염화물계 치환성양이온 함량

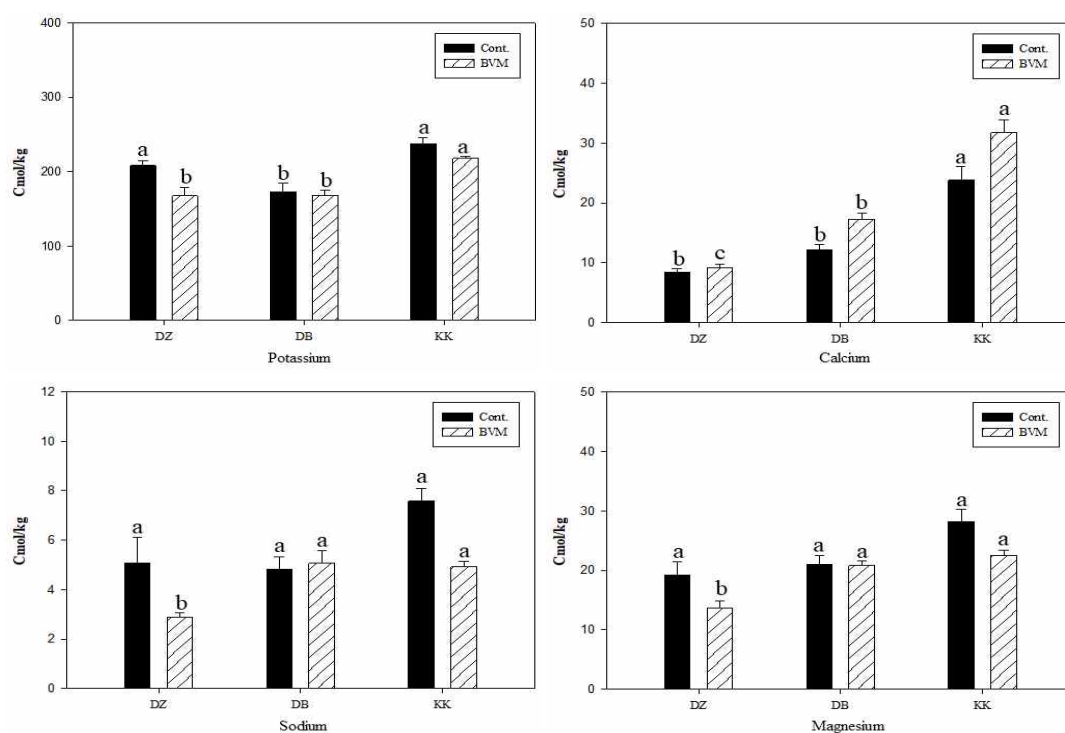
고농도 염화칼슘 처리 후 식물체 내 염화물계 치환성 양이온 함량을 살펴본 결과, 무 처리구의 칼륨(K^+)은

Table 2. Comparison of three groundcover plants fresh weight, dry weight, and chlorophyll contents in response to blanket vegetation mat under treatment of high concentration deicing salt

Treatment	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		Chlorophyll contents (SPAD Value)	
	Shoot	Root	Shoot	Root		
Cont.	<i>Dendranthema zawadskii</i> var. <i>latilobum</i>	0.41**	0.03**	0.30**	0.03**	-
	<i>Dendranthema boreale</i>	5.42**	2.80**	1.98**	0.32**	36.93**
	<i>Kalimeris yomena</i>	12.22**	0.92**	1.68**	0.26**	45.23**
BVM	<i>Dendranthema zawadskii</i> var. <i>latilobum</i>	7.80**	0.29**	1.09**	0.07**	34.81**
	<i>Dendranthema boreale</i>	8.68**	1.48**	1.78**	0.39**	35.53**
	<i>Kalimeris yomena</i>	17.53**	0.81**	1.25**	0.17**	34.91**

* : Indicate significant at the 0.05 level

** : Indicate significant at the 0.01 level

**Fig. 4.** Influence of blanket vegetation mat (BVM) on the chloride based cation (K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , and Mg^{2+}) in three groundcover plants under treatment of high concentration deicing salt. Different letters in each bar show significant difference between Cont., DZ, DB, and KK ($p < 0.05$ by DMRT). Vertical bars represent mean \pm standard error. Cont.; non-sowing, DZ; *Dendranthema zawadskii* var. *latilobum*, DB; *Dendranthema boreale*, KK; *Kalimeris yomena*.

237.11(쭉부쟁이) > 208.14(구절초) > 172.47(산국) cmol/kg 순으로, BVM 처리구에서는 217.97(쭉부쟁이) > 167.72(산국) > 167.31(구절초) cmol/kg 순이었다. 칼슘(Ca^{2+})은 무 처리구에서 23.79(쭉부쟁이) > 12.19(산국) > 8.38(구절초) cmol/kg 순이었으며, BVM 처리구에서는 31.70(쭉부쟁이) > 17.25(산국) > 9.18(구절초) cmol/kg 순으로 나타났다. 나트륨(Na^+)은 무 처리구에서 7.56(쭉부쟁이) > 5.05(구절초) > 4.83(산국) cmol/kg 순으로, BVM 처리구에서는 5.06(산국) > 4.91(쭉부쟁이) > 2.89(구절초) cmol/kg 순으로 분석되었다. 마그네슘(Mg^{2+})은 무 처리구에서 28.17(쭉부쟁이) > 20.97(산국) > 19.12(구절초) cmol/kg 순으로, BVM 처리구에서 22.54(쭉부쟁이) > 20.79(산국) > 13.62(구절초) cmol/kg 순으로 조사되었다(Fig. 4). 전반적으로 BVM 처리구가 무 처리구의 자생 초화류 보다 낮은 염화물계 치환성양이온 함량을 보였으며, 특히 쭉부쟁이가 산국과 구절초보다 높게 나타나 생육 불량에 영향을 주었을 것으로 본다.

4. 결론

고농도의 제설제 처리하에 Blanket 식생매트(BVM) 처리가 토양의 제염 및 자생 초화류의 생육에 미치는 영향을 살펴보고, 현장 적용에 대한 사전 검증 자료로 활용하기 위해 본 연구를 수행하였다. 토양 내 산도와 전기전도도를 조사한 결과, BVM 처리구가 무 처리구보다 토양산도의 강산성이 다소 약화된 반면, 전기전도도는 낮아지는 경향을 보였다. 염화물계 치환성양이온 함량은 BVM 처리구가 무 처리구에 비해 수중에 관계없이 유의적으로 감소하는 경향을 보여 토양 내 제염 효과가 있는 것으로 판단된다. 3가지 자생 초화류의 발아는 무 처리구에서 다소 높았으나 생육에 있어서는 BVM 처리구가 무 처리구에서 비해 산국 > 구절초 > 쭉부쟁이 순으로 생육이 양호했다. 식물체 내 염화물계 치환성양이온 함량에 있어서는 전반적으로 BVM 처리구가 무 처리구보다 낮은 염화물계 치환성양이온 함량을 보였다. 이는 Blanket 식생매트가 다층의 레이어로 구성되어 있어, 고농도의 제설제를 토양 내 침투 시 여과할 수 있는 기능으로 인해 토양 내 축적을 방지해 식물의 발아 및 생육에 긍정적

인 영향을 준 것이라 판단된다. 따라서, 가로변 제설제 피해를 중심으로 식생매트의 적용은 토양의 제염축척 방지 뿐 아니라 식생의 발아 및 생육에 바람직할 것으로 보나, 가로변 피해지 현장 적용을 통해 실제적인 효용성을 살펴볼 필요가 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2021년도 건국대학교 KU학술연구비 지원에 의한 결과임

REFERENCES

- Cha, U. J., Yang, G. S., 2018, A Study on the thermal conductivity measurement for planting mats of landscaping, Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture, 46(6), 85-96.
- Han, J. J., Lee, K. S., Park, Y. B., Yang, G. M., Bae, E. J., 2014, Comparison of germination characteristics and various pre-treatment methods for enhancing germination on Zoysia grass, Weed Turf. Sci., 3(3), 232-239.
- Ju, J. H., Yang, J., Park, S. Y., Yoon, Y. H., 2019, Assessing effects of calcium chloride (CaCl_2) deicing salt on salt tolerance of *Miscanthus sinensis* and leachate characterizations, J. Korean Inst. Landsc. Archit., 47(4), 61-67.
- Ju, J. H., Yang, J., Park, S. Y., Yoon, Y. H., 2021, Growth of *Dendranthema zawadskii* in chloride-containing de-icing salt areas upon treatment with soil amendments, Int. J. Environ. Sci., 30(3), 235-243.
- Kim, Y. J., Han, S. H., Jung, S. J., Son, Y. W., Kim, S. J., Son, M. R., Chiang, M. H., 2012, Effect of NaCl in the nutrient solution on the growth of *Chrysanthemum zawadskii* var. *tenuisectum*, *Chrysanthemum boreale*, *Astilbe chinensis* var. *dauidii*, and *Althaea rosea*, Proceedings of the Kor. J. Hort. Sci. Technol. 30, 64-65.
- Kim, D. S., Sung, Y. J., Kim, B. M., Kim, J. Y., Soiehuiddin, R., Park, Y. S., Seo, Y. G., 2017, Application of rice husk fiber to the vegetation media, J. of Korea TAPPI, 49(4), 74-81.
- Kim, J. A., Joo, G. J., Choi, I. S., Chang, K. H., Oh, J. M., 2016, Phosphate adsorption characteristics of a filter medium, adphos, and its efficiency by the filtration experiment combined with the vegetation mat, Ecol.

- Resil. Infrastruct., 3(4), 231-237.
- Kim, S. W., Lee, M. H., Seo, C. H., 2007, Research for yielding the best mixture design and complementary strength of jutes mixed extrusion molding cement complex, *JAIK_SC*, 23(10), 115-122.
- Kwon, G. J., Kim, E. J., Park, H. J., Kim, D. Y., 2014, Characteristics of the vegetation mat prepared from *Miscanthus sinensis* var. *Purpurascens*, *J. Korean Wood Sci. Tech.*, 42(1), 27-33.
- Lee, D. H., Lee, D. S., Kim, M. H., 2013, Determination of permissible shear stresses on vegetation mats by soil loss evaluation, *J. Acad. -ind. Technol.*, 14(11), 5956-5963.
- Lee, K. B., Kang, J. G., Lee, K. D., Lee, S. H., Hwang, S. A., Hwang, S. W., Kim, H. K., 2013, Soil characteristics of newly reclaimed tidal land and its changes by cultivation of green manure crops, *Korean J. Soil Sci. Fert.*, 46(2), 129-135.
- NAAS (National Academy of Agricultural Science), 2010, Method of soil chemical analysis, Rural Development Administration., Wanju, Korea.
- Nam, Y. K., Lee, J. H., Park, Y. S., 2012, Effects of vegetation mat conditions on growth characteristics of six *Sedum* cultivars, *J. Agric. Life Sci.*, 46(2), 35-42.
- Park, J. O., Kim, H. S., Lee, S. H., 2016, Characteristics of biodegradable plastic vegetation mats, *J. Rec. Const. Resources* 4(2), 112-117.
- Shin, S. S., Park, S. D., Kim, H. S., Lee, K. S., 2010, Effects of calcium chloride and eco-friendly deicer on the plant growth, *Journal of Korean Society of Environmental Engineers.*, 32(5), 487-498.
- Song, K. S., Han, S. H., 2016, Assessment of water purification capacity of vegetation mats for the reduction of nonpoint-source pollution loads, *Ecol. Resil. Infrastruct.*, 3(1), 070-075.
- Yim, J. H., Kim, D. W., Jang, S. W., 1999, Seed germination characteristics of Korean native plants for slope restoration and revegetation, *J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech.*, 2(3), 25-31.
- Yoon, Y. H., Yang, J., Park, J. M., Ju, J. H., 2021, Synergistic effects of soil amendment and *Dendranthema zawadskii* var. *latilobum* on reduction of salt concentration for the treatment containing high calcium chloride (CaCl₂), *J. Environ. Sci. Int.*, 30(8), 605-612.
-
- Professor. Jin-Hee Ju
Department of Green Technology Convergence, College of Science Technology, Konkuk University
jjhkkc@kku.ac.kr
 - Master's course. Je-Man Lee
Department of Green Technology Convergence, Graduate School of Konkuk University
offense90@naver.com
 - Professor. Won-Tae Kim
Department of Environment and Landscape Architecture, Yonam College
midori66@hanmail.net
 - Professor. Byung-Ok Lim
School of Industrial Bio-Pharmaceutical Science, Semyung University
imok5912@semyug.ac.kr
 - Doctor's course. Nam-Kyu Seo
Department of Green Technology Convergence, Graduate School of Konkuk University
tjkskarb007@naver.com
 - Professor. Yong-Han Yoon
Department of Green Technology Convergence, College of Science Technology, Konkuk University
yonghan7204@kku.ac.kr