

염화칼슘 농도에 따른 자생 구절초의 종자발아 및 유묘생장 반응

주진희
건국대학교 녹색기술융합학과

Responses of Seed Germination and Seedling Growth of *Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum* with Different CaCl₂ Concentrations

Jin-Hee Ju
Department of Green Technology Convergence, Konkuk University

요약 구절초는 경관적, 의약적, 환경적, 산업적 이용 가치가 높은 자생 다년생 초본이다. 본 연구는 제설제 피해지의 식생복원을 위한 내염성 자생 초화류를 개발하기 위해 염화칼슘(CaCl₂) 제설제 농도에 따른 구절초의 종자발아 및 유묘생장 반응을 살펴보았다. 염화칼슘 농도는 총 5가지 처리(무 처리, CaCl₂ 1, 2, 3, 5 g/L, 이하 Cont., CC1, CC2, CC3, CC5)의 수용액을 성장상 내 구절초 파종 배양토 표면에 주 3회로 관수하였다. 종자발아의 경우 Cont. 처리구에서 발아율, 발아일수, 발아속도 등이, CC2처리구에서는 발아세가 가장 높았다. 반면, 유묘 생육은 염화칼슘 농도가 높을수록 확연히 감소하는 경향을 보였다. 전반적으로 농도가 높아질수록 종자발아보다 유묘생장 억제효과가 더 뚜렷했다. 이러한 결과로 볼 때, 제설제로 인한 염 스트레스는 종자보다 유묘에 더욱 부정적인 영향을 미치는 것으로 보인다. 따라서, 종자파종이 유묘식재보다 제설제 피해지에 식생복원을 위해 좀 더 효율적인 녹화기법인 것으로 판단된다.

Abstract *Dendranthema zawadskii* var. *latilobum* (the Korean chrysanthemum) is a native herbaceous perennial plant of considerable ornamental, medicinal, environmental, and industrial value. This study was undertaken to investigate the seed germination and seedling growth responses of Korean chrysanthemum treated with different concentrations of the deicing salt (CaCl₂) to obtain data on revegetation in areas damaged by deicing. Five concentrations of CaCl₂ (0, 1, 2, 3, and 5 g/L referred to as Cont., CC1, CC2, CC3, and CC5) were applied to substrate sown Korean chrysanthemum under growth chamber conditions. Results revealed that seed germination, mean germination time, and mean daily germination decreased as the concentration of CaCl₂ increased. On the other hand, germination energy peaked at CC2. Seedling growth parameters rapidly decreased on increasing CaCl₂ concentration, and CaCl₂ dose-dependently inhibited seed germination and seedling growth. However, its inhibitory effects affected seedling growth more than seed germination. Thus, the study shows seeding-based revegetation is probably more effective than seedling planting for areas damaged by deicing salts.

Keywords : Deicing Salts, Germination Characteristics, Korean Native Plants, Seedling Growth, Revegetation

본 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2018R1A1A3A0)임

*Corresponding Author : Jin-Hee Ju(Konkuk Univ.)

email: jhkkc@kku.ac.kr

Received February 11, 2022

Accepted May 6, 2022

Revised April 1, 2022

Published May 31, 2022

1. 서론

전 세계적으로 구절초(*Dendranthema zawadskii* var. *latilobum*)는 한국 국화로 알려져 있으며, 경관적, 환경적, 산업적 가치가 높으나 오래전부터 의약적인 용도로 사용되었기에 대부분 약리학적인 연구에 집중되고 있다[1]. 한편, 제설제란 겨울철 눈이나 얼음을 녹이는 화학약품으로, 염화칼슘(CaCl_2), 염화나트륨(NaCl)과 같은 염화물계 제설제가 주성분을 이루고 있다[2]. 이중 염화칼슘은 염화나트륨보다 염소이온(Cl^-)이 낮고, 발열량이 높아 단기간에 눈을 녹일 뿐 아니라, 가격이 저렴하다는 장점을 가지고 있다[3]. 염화칼슘의 칼슘(Ca^{2+})과 염소(Cl^-)이온은 식물의 필수영양소임에도 불구하고, 그 사용량이 과도할 경우 토양을 염류화시킴으로써 주변 식생과 환경에 악영향을 줄 수 있다. 따라서, 장기적이고 친환경적 정화기술이 필요하며, 이에 적합한 녹화식물 선발에 대한 중요성이 높아지고 있다.

자생종은 생태적으로 자연스러운 식생천이를 유도할 뿐 아니라 환경적응성이 높아 유지관리가 용이하고, 경관미를 조기에 회복할 수 있다는 장점을 가지고 있다[4]. 하지만 실제 녹화수종으로 적용 시 높은 종자 발아율과 유효 생장율이 뒷받침되어야 함에도 불구하고, 이와 관련된 연구는 미미한 실정이다. 따라서 본 연구는 염화칼슘 농도에 따른 자생 구절초의 종자발아 및 유효생장을 살펴봄으로써 제설제 피해지의 식생복원을 위한 자생 초화류로서 적합성을 제시하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 식물 및 토양재료

종자발아 및 유효생육 실험에 사용된 구절초 종자는 길이와 폭, 1,000립 중량은 각각 2.1, 1.0 mm, 2.5 g으로 2017년 10월 국립 백두대간 수목원 채종 임분에서 채취하였으며, 그늘에서 건조한 후 사용하였다. 배양토는 인공배합토(HanPanSeung, Sgtech, Korea)를, 염화칼슘은 국내에서 보편적으로 활용되는 있는 순도 74% 염화칼슘 분말(CaCl_2 , Oriental Chemical Industries, Korea)을 사용하였다.

2.2 처리구 조성

염화칼슘 제설제 수용액의 농도처리에 따른 종자발아 및 유효생장 특성은 생장상(Growth chamber, JSGC-420C,

JS Research Inc., Korea) 내에서 2020년 5월부터 10월까지 실시하였다. 내부 환경조건은 명조건 13시간 23°C, 암조건 11시간 18°C, 상대습도 70%로 설정하였다. 각 처리구는 플라스틱 포트(직경 9 cm × 높이 9 cm)에 하단에 2 cm 펄라이트(New-pearlshine, GFC, Korea)로 배수층을 조성하고, 그 위에 인공배합토 100 g을 채운 뒤 구절초 종자를 20립씩 각각 처리구별로 파종하여 5반복 완전임의배치 하였다. 염화칼슘 농도처리 는 가로변에서 제설제가 직접 닿는 눈의 염농도 범위가 0.8~5%라고 볼 때[5], 염화칼슘 0, 1, 2, 3, 5 g로 정량하여 상온에서 증류수 각 1 L씩 첨가하여 총 5가지 농도로 조제하였다. 각 수용액은 주 3회 80 mL씩 처리구별 배양토 표면에 관수하였다.

2.3 측정 및 분석방법

토양산도와 전기전도도는 구절초 파종 후 30일 경과된 각 처리구별 배양토를 105°C에서 72시간 건조 후, 2 mm체에 걸러 내었다. 이러한 토양 5 g과 증류수 25 mL를 플라스크에 혼합한 뒤, 30분간 교반한 다음 5B여과지로 거른 후 산도는 pH meter(ST-3100, OHAUS Cor., USA)로, 전기전도도는 EC meter(ST-3100C, OHAUS Cor., USA)로 측정하였다.

종자발아는 총 30일 동안 발아수는 토양 밖으로 띄웠을 내는 식물체를 발아 개체로 산정하여 발아수로 산출하였으며, 발아율(germination percentage), 발아세(germination energy), 평균발아일수(mean germination time), 평균발아속도(mean daily germination)를 다음과 같이 산출하였다[7]. N은 총 발아수, S는 총 공시종자수, Ti는 치상 후 조사일수, Ni는 조사 당일의 발아수이다.

- 1) 발아율(GP) = $(N/S) \times 100$
- 2) 발아세(GE) = 치상 후 가장 많이 발아한 날까지의 발아율
- 3) 평균발아일수(MGT) = $\sum(TiNi)/N$
- 4) 평균발아속도(MDG) = $\sum Ni/Ti$

유효생장은 초장, 엽장, 엽폭, 엽수 등을 총 3차례 측정하였다. 수집된 데이터는 PASW statistics 18(SPSS Inc., USA) 프로그램을 이용하여 각 처리 간 차이를 분석하기 위하여 ANOVA test 하였고, 사후검정으로 Duncan's multiple range test를 이용하여 5 % 유의수준에서 처리평균 간 차이를 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 배양토 산도 및 전기전도도 특성

토양산도(pH)는 염화칼슘 농도처리가 높을수록 산성을 띄었으며, 전기전도도(EC)는 높아지는 경향을 보였다 (Table 1). 이러한 결과는 염화칼슘이 물에 녹으면 Ca^{2+} 와 $2Cl^-$ 로 이온화되기 때문에, 염소이온이 물 분자에서 수소이온과 결합하여 염화수소, 즉 강산성인 HCl을 생성하기 때문인 것으로[6] 해석된다.

Table 1. Acidity (pH) and Electrical conductivity (EC) of substrate seeded *Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum* treated with different calcium chloride ($CaCl_2$) in growth chamber.

Treatments	Acidity (pH)	Electrical conductivity (dS/m)
Cont. ^y	4.4 a ^z	5.4 e
CC1	4.2 b	15.2 d
CC2	4.1 c	17.9 c
CC3	3.9 d	23.3 b
CC5	3.7 e	39.3 a

^z Values with different lowercase letters are significantly different at $p \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

^y Cont.: Control, CC1: $CaCl_2$ 1 g/L, CC2: $CaCl_2$ 2 g/L, CC3: $CaCl_2$ 3 g/L, and CC5: $CaCl_2$ 5 g/L, respectively.

3.2 종자발아 특성

염화칼슘 제설제 수용액 농도처리에 따른 구절초의 종자발아 특성은 Table 2와 같다. 모든 처리구에서 발아가 확인되었고, 치상 후 6일 만에 가장 활발하게 발아하였다. 무 처리구(Cont.)에서 81%로 가장 높은 발아율을 보였으며, 염화칼슘 처리농도가 높아질수록 발아율이 감소하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 반면, CC2처리구의 경우

지정된 날까지의 발아율을 알 수 있는 발아세는 가장 높았으나 평균발아일수가 가장 낮게 나타났다. 이에 Cont. 처리구에서 발아율은 높고 평균 발아일수는 길어 지속적으로 발아한 반면, CC2처리구에서는 반대의 경향을 보여주고 있어, 적정량의 염화칼슘 처리는 초기 발아를 향상시키는 것으로[5] 풀이된다. 실제로, petri-dish 상에서 구절초 종자에 5가지(0, 9, 18, 45, 90 mM)로 염화칼슘 수용액을 처리한 결과, 9-45 mM 처리구에서 76-77.33%의 비교적 높은 발아율을 보인 결과와 유사하다고 하겠다[7]. 더불어 종자발아에 영향을 미치는 환경요인 중 수분흡수는 새로운 세포의 구성물질을 합성하는데 필요한 효소를 생산하기 때문에 반드시 필요하다 [8]. 이에 염화칼슘은 수분을 끌어당기는 특징으로 종피로 유입될 수 있는 수분이 조절될 수 있어[9], 종자발아에 영향을 미치는 것으로 분석된다.

3.3 유묘생장 특성

구절초 유묘의 초장은 Cont.(8.09 cm) > CC1(7.95 cm) > CC2(6.29 cm) > CC3(4.9 cm) > CC5(4.55 cm) 순으로 염화칼슘 농도가 높아질수록 낮았다. Cont. 처리구의 최대 길이는 11.5 cm로 모든 처리구에서 가장 우수한 생장을 보였다. CC5 처리구는 대다수 고사하였으며, CC3 처리구에서는 2.9 cm로 전체 처리구에서 가장 짧은 길이를 보였다. 엽수는 Cont.(11.47) > CC1(10.33) > CC2(9.6) > CC3(8.89) > CC5(8.5) 순으로 Cont. 처리구에서 가장 많았다. 염화칼슘 농도가 높아질수록 엽수가 적어지는 경향을 보였다. 엽장은 Cont.(1.59 cm) > CC2(1.47 cm) > CC1(1.4 cm) > CC3(1.16 cm) > CC5(0.7 cm) 순으로 초장과 유사하게 염화칼슘 농도가 높아질수록 짧아졌다. 엽폭은 Cont.(1.11 cm) > CC1(1.01 cm) > CC2(0.91 cm) >

Table 2. Seed germination characteristics of *Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum* treated with different calcium chloride ($CaCl_2$) in growth chamber.

Treatment ^y	Germination rate (%)	Germination energy (%)	Mean germination time (day)	Mean daily germination (ea/day)
Cont. ^y	81.0 a ^z	32.0 b	12.0 a	0.4 a
CC1	68.0 ab	35.0 b	11.3 a	0.3 ab
CC2	64.0 b	52.0 a	9.4 a	0.3 b
CC3	69.0 ab	33.0 b	9.6 a	0.3 ab
CC5	67.0 ab	24.0 b	10.0 a	0.3 ab

^z Values with different lowercase letters are significantly different at $p \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

^y Cont.: Control, CC1: $CaCl_2$ 1 g/L, CC2: $CaCl_2$ 2 g/L, CC3: $CaCl_2$ 3 g/L, and CC5: $CaCl_2$ 5 g/L, respectively.

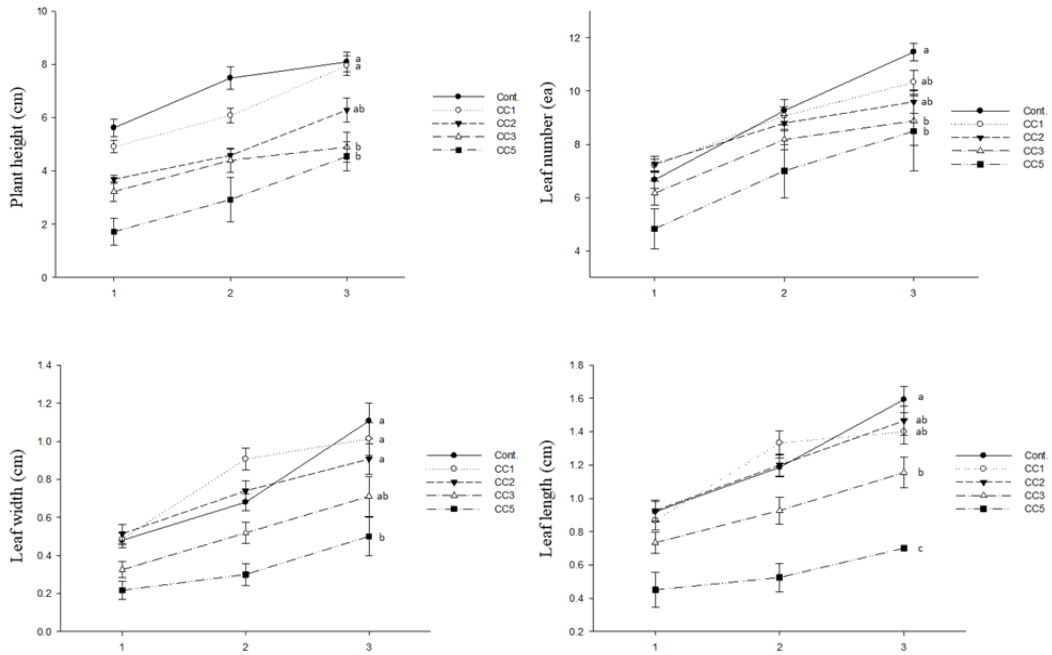


Fig. 1. Seedling growth characteristics of *Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum* treated with different calcium chloride (CaCl₂) in growth chamber. Cont.; Control, CC1; CaCl₂ 1 g/L, CC2; CaCl₂ 2 g/L, CC3; CaCl₂ 3 g/L, and CC5; CaCl₂ 5 g/L, respectively. Vertical bars give the standard error (se) of the mean. Each sampling data column with the same letters was not significantly different at $p \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

CC3(0.71 cm) > CC5(0.5 cm) 순으로 초장과 같은 경향을 보였다(Fig. 1). 이상의 결과로 볼 때, 염화칼슘 처리농도가 높아질수록 지상부의 생장이 억제되는 경향을 보이는데, 이는 식물체가 염 스트레스를 받으면 염면적을 감소시키고 기공을 폐쇄하여 증산작용 및 광합성을 억제함으로써 체내 수분을 유지하기 위한 기작인 것[10]으로 해석된다.

4. 결론

본 연구는 제설제 피해지 토양복원을 위한 종자 파종용 자생 초화류를 개발하기 위해 구절초를 대상으로 염화칼슘(CaCl₂) 제설제 농도처리별 종자발아 및 유묘생장 특성을 살펴보았다. 총 5가지 염화칼슘 수용액 농도처리(무 처리, CaCl₂ 1, 2, 3, 5 g/L)에 따른 구절초 종자발아 및 유묘생장 특성을 살펴본 결과, 농도가 높아질수록 종자발아에 비해 유묘생장 억제효과가 더 뚜렷했다. 이는 제설제로 인한 염 스트레스는 종자발아보다 유묘생장

에 더욱 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이에 구절초의 경우 종자파종이 유묘식재보다 염해지에 적용할 수 있는 좀 더 효율적인 녹화기법인 것으로 판단된다. 하지만 이러한 결과는 환경조건이 제어되는 성장상 내에서 진행된 바, 추후 정밀한 제설제 피해지 현장적용 연구가 필요하다고 본다.

References

- [1] H. Hadizadeh, L. Samiei, A. Shakeri, "Chrysanthemum, an ornamental genus with considerable medicinal value: A comprehensive review", *South African Journal of Botany*, Vol.144, pp.23-43, Sept. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.09.007>
- [2] H. S. Heo, B. J. Lee, "Evaluation of the properties of an environment-friendly de-icing agent based industrial by-products", *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, Vol.21, No.6, pp.132-139, Nov. 2017. DOI: <https://doi.org/10.11112/jksmi.2017.21.6.132>

- [3] J. H. Ju, J. Yang, S. Y. Park, Y. H. Yoon, "Assessing effects of calcium chloride (CaCl₂) deicing salt on salt tolerance of *Miscanthus sinensis* and leachate characterizations", *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, Vol.47, No.4, pp.61-67, Aug. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.9715/KILA.2019.47.4.061>
- [4] K. S. Ham, S. S. Shim. "Effects of mixed seedling of main revegetation plants treated with different seeding amounts of *Pennisetum alopecuroides* on cut-slope revegetation", *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*, Vol.18, No.1, pp.25-35, Feb. 2015.
DOI: <https://doi.org/10.13087/kosert.2015.18.1.25>
- [5] S. S. Shin, S. D. Park, H. S. Kim, K. S. Lee, "Effects of calcium chloride and eco-friendly deicer on the plant growth", *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, Vol.32, No.5, pp.487-498, Jun 2012.
- [6] J. W. Soh, S. Y. Soh, S. Y. Nam, "pH variance model depending on phosphate ion form", *Horticultural Science & Technology*, Vol.33, No.6, pp.854-859, Dec. 2015.
DOI: <https://doi.org/10.7235/hort.2015.15058>
- [7] G. Yang, J. M. Lee, H. Y. Song, S. Y. Park, Y. H. Yoon, J. H. Ju, "Effect of chloride-containing deicing salts concentration on the germination characteristics of six species of Asteraceae and Poaceae seeds", *Journal of Environmental Science International*, Vol.28, No.11, 907-915, Nov. 2016.
DOI: <https://doi.org/10.5322/JESI.2019.28.11.907>
- [8] G. N. Kim, S. H. Han, S. J. Shin, D. H. Kim. "Allelopathic effect against seed germination and seedling growth of *Picea jezoensis* of leaf aqueous extracts from competition species", *Journal of Korean Society of Forest Science*, Vol.105, No.1, pp.86-92, Mar. 2016.
DOI: <https://doi.org/10.14578/jkfs.2016.105.1.86>
- [9] L. Fay, X. Shi, "Environmental impacts of chemicals for snow and ice control: state of the knowledge", *Water, Air, & Soil Pollution*, Vol.223, pp.2751-2770, Jan. 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-011-1064-6>
- [10] J. Y. Lee, B. C. Jang, S. Y. Lee, J. H. Park, G. H. Choi, S. K. Kim, T. W. Kim, "Growth responses and changes of nitrate and sucrose content in tomato under salt stress condition", *Korean Society of Soil Science and Fertilizer*, Vol.41, No.3, pp.164-169, Jun 2008.

주 진 희(Jin-Hee Ju)

[정회원]



- 1998년 2월 : 상명대학교 일반대학원 환경조경 전공(이학석사)
- 2004년 8월 : 상명대학교 일반대학원 환경조경 전공(이학박사)
- 2013년 4월 ~ 현재 : 건국대학교 녹색기술융합학과 교수

<관심분야>

환경조경, 녹색식물 환경조절 및 디자인