

## 불모지 내 활용 가능한 자생식물의 발아특성 연구

김동학<sup>1)</sup> · 김상준<sup>2)</sup> · 유승봉<sup>1)</sup> · 박기쁨<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>국립수목원 DMZ산림생물자원보전과 전문연구원 ·

<sup>2)</sup>국립수목원 DMZ산림생물자원보전과 연구사

## A Study of Germination Characteristics of Native Plants to be Utilized in DMZ Barren Land

Kim, Dong-Hak<sup>1)</sup> · Kim, Sang-Jun<sup>2)</sup> · Yu, Seung-Bong<sup>1)</sup> and Bak, Gippeum<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>DMZ Botanic Garden, Korea National Arboretum, Researcher fellow,

<sup>2)</sup>DMZ Botanic Garden, Korea National Arboretum, Researcher.

### ABSTRACT

This study suggested suitable soil textures that is proper to propagate native plants to manage and restore barren land in DMZ. Germination tests were conducted for 16 native herbaceous plants growing in the DMZ border area in accordance with FAO-BI (Biodiversity International) standards, and the germination rate and  $T_{50}$  in vitro were investigated. In order to examine the germination characteristics according to the soil textures, we used gravel, bed and mixed soil and investigated the germination characteristics under ordinary room temperature conditions in the greenhouse. As a result, it was observed that the germination rate in the greenhouse was significantly decreased compared to the germination rate in vitro of the species advertised due to soil textures.  $T_{50}$  between the in vitro and each soil texture showed significant differences whereas  $T_{50}$  between soil textures alone did not in all species advertised. The germination rate in vitro of *Aster koraiensis*, *Dendranthema zawadskii* var. *latilobum*, *Hosta clausa*, and *Hosta minor* there was no significant difference compared to ordinary room temperature conditions. In addition, as the germination rate is demonstrated more than 70%, which is relatively higher than other species advertised, it is considered to have strong environmentally

**First author** : Kim, Dong-Hak, DMZ Botanic Garden, Korea National Arboretum, Researcher fellow, 916-70, Punchbowl-ro, Haean-myeon, Yanggu-gun, Gangwon-do, 24564, Republic of Korea,  
Tel: +82-33-480-3015, Email: ddd9417@korea.kr

**Corresponding author** : Bak, Gippeum, DMZ Botanic Garden, Korea National Arboretum, Researcher fellow, 916-70, Punchbowl-ro, Haean-myeon, Yanggu-gun, Gangwon-do, 24564, Republic of Korea,  
Tel: +82-33-480-3035, Email: gpbak@korea.kr

**Received** : 16 April, 2021. **Revised** : 8 July, 2021. **Accepted** : 1 July, 2021.

adaptable. On the other hand, considering that the 6 species of *Leontopodium coreanum*, *Plantago major*, *Potentilla chinensis*, *Sedum kamtschaticum*, *Sedum lativalifolium*, and *Veronica kusiana* demonstrated less than 50% of germination rate in vitro, it is expected to be difficult to propagate without pre-treatment. In order to use these 6 species as restoration material plants, it needs to be considered to pre-treat to improve germination rate, or to enhance the vitality of seeds by improving the seed gathering period and storage method.

**Key Words :** DMZ barren land, DMZ restoration, Germination, Native plants, Soil characteristics

## I. 서 론

DMZ(demilitarized zone; 비무장지대) 지역은 한국전쟁 이후 60여년간 일반인의 접근이 제한되어온 지역으로 독특한 자연생태계를 형성하고 있다. DMZ 지역의 생태적 가치를 보전하기 위해 정부는 DMZ를 국가 핵심생태축으로 지정하였다(Ministry of Environment, 2015). 또한 유네스코 생물권보전지역(Biosphere Reserve)과 IUCN(International Union for Conservation of Nature; 세계자연보전연맹)의 KBA(Key Biodiversity Area; 핵심생물다양성지역)로 지정하려는 등 다양한 노력이 이루어져 왔다(Korea National Arboretum, 2017; Lee *et al.*, 2020a). 그러나 DMZ 지역은 수십 년간 지속된 군사적 활동, 자연적·인위적 산불 및 소음으로 인해 생태계 교란 및 훼손이 불가피한 상황이다(Kim, 2010; Hahn, 2019; Yu *et al.*, 2021). DMZ 남측 철책에 접하여 북쪽으로 50~100m 지역을 불모지라 일컫는다(Hahn, 2019). 국군은 DMZ 철책과 초소 등 군사시설 인접 지역에서 ‘초목 통제 프로그램’ 또는 ‘DMZ 불모지 작전’이라는 이름으로 시야 확보를 위한 주기적인 제초를 수행하고 있다(Hahn, 2019; Choi *et al.*, 2020; Lee *et al.*, 2020a). 불모지에서의 반복된 식생 제거작업은 주변 생태계에 악영향을 주고 있을 뿐만 아니라, 토양 노출에 의한 산사태 및 토사유실의 위험을 유발하고 있다(Kim and Cho, 2005;

Choi *et al.*, 2020). 이러한 문제를 인식한 군에서는 2014년도부터 재난방지 및 불모지 관리를 위해 DMZ 불모지 초지 조성 계획을 수립하였고, 해당 지역에 자생종으로 초지 조성을 추진하였다(Choi *et al.*, 2020). 그러나 식재한 자생종이 기대치에 비해 생존율이 낮고, 식재·관리 방법에서 어려움을 겪은 군은 2017년 국립수목원과 업무협약을 맺어 불모지 초지 조성 사업에 협력하고 있다(Choi *et al.*, 2020).

자생종을 활용한 복원은 복원 대상지의 종 다양성을 회복시키는데 기여하고 유전적 변이와 지역 적응성 측면에서 바람직하다(Turner, 1987; Knapp and Rice, 1994). 자생종은 우리나라의 기후 및 생태에 적합하고 경관적으로 우수해 최근 복원 사업에 이용하려는 시도가 증가하고 있다. 산림복원사업은 복원의 재료로 자생식물 및 자연재료를 사용하여야 한다고 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률 시행령」의 제48조의 8 항에 명시되어 있다. 그러나 지금까지의 녹화는 대부분 자생종이 아닌 외래종 위주로 이루어졌으며, 유전적 특성이 상이한 종의 남용으로 생태적인 연결성이 떨어지고 있다(Cho *et al.*, 2012). 자생종은 생태복원녹화 분야에서 몇몇 수종을 제외하고는 거의 사용되지 않고 있으며, 자생종의 생리·생태적 특성, 지역과 토지를 고려한 연구도 부족한 실정이다. DMZ 접경지역에 자생하는 식물 종은 2,504 분류군에 달하며, 현지에 자생하는 모든 종을 복원에 사용하는 것은

사실상 불가능하다. 더욱이 DMZ 불모지는 일반적인 복원과 다르게 군사 작전에 방해를 주지 않아야 한다는 제한 조건을 갖는다. 경계작전 시야 확보라는 군의 제한 조건과 DMZ의 지역적 특성에 따른 접근의 한계에도 불구하고, DMZ 불모지를 복원하기 위한 몇 가지 연구가 선행되었다. Choi *et al.*(2020)은 DMZ 불모지의 지속 가능한 관리를 위한 자생식물 선정에 관한 연구를 수행하였으며, Lee *et al.*(2020a)은 복원을 위한 기초자료 마련의 목적으로 고해상도 위성 영상과 기후-지형데이터를 통해 DMZ 불모지를 유형화하였다. Yu *et al.*(2021)은 불모지의 초본 식생 구조 특성에 관한 연구를 수행하였으며, Bak *et al.*(2021)은 토양의 이화학적 성질과 기후 데이터를 이용해 DMZ 주변 훼손지를 유형화하였다.

식생복원을 위한 식물 소재의 이용방법으로는 종자를 이용한 파종공법, 묘목이나 성목을 이용한 식재공법과 식생기반재 만을 포설하여 자연 침입을 촉진하거나 잠재종자원에 의한 복원을 기대하는 유도공법이 존재한다. 파종공법은 훼손된 지역을 빠른 시간 내에 경제적으로 복원하기 위해 주로 사용된다. 파종공법을 이용하여 복원공사 시점에 적절한 효과를 발휘하려면, 복원 대상 지역에서 채종된 종자가 발아할 수 있는 능력(발아율)을 파악하는 것이 중요하다. 종자의 발아 능력을 평가하려면 종자의 채종시기, 저장방법, 파종시기, 발아 환경 등 실생 번식에 필요한 모든 정보가 제공되어야 한다 (Lee *et al.*, 2015). 그러나 실생번식 연구는 주로 실험실 수준에서 이루어지는 실정이며, 실내 실험에서 입증된 발아증식기술이 실제 복원 대상지에서 재현되지 않는다면 실용화하는데 문제가 된다(Ro *et al.*, 2008; Cho *et al.*, 2013). 목표로 하는 복원 대상지역에 따라 토양조성이 달라질 수 있고, 이에 따라 종자 발아율의 차이가 발생할 수 있다는 연구가 보고된 바 있다(Lee *et al.*, 2012).

이에 본 연구에서는 DMZ 접경지역 자생식물의 종자를 대상으로 기내 및 토성별 발아특성 조사를 통해 발아에 용이한 적정 토양을 제시하고, DMZ 불모지 관리 및 복원계획 수립을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다. 본 연구결과는 토성에 따른 자생식물의 발아특성을 파악할 수 있는 자료로 향후 DMZ 불모지 복원에 필요한 자생식물의 대량증식, 식물 종 선정 등에 활용될 수 있을 것이라 기대한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 공시재료

종자 발아 특성연구에 공시한 식물은 모두 DMZ 접경지역에 자생하는 다년생 초본 식물이다. Choi *et al.*(2020)에 의해 선정된 56종의 DMZ 불모지 도입가능종을 대상으로 DMZ 접경지역에서 종자를 수집하였고, 충실률이 우수하고 실험을 진행하기에 수량이 충분히 확보된 16종을 공시하였다(Table 1). 공시한 종자는 2019년 7~10월에 DMZ 접경지역과 국립DMZ자생식물원 채종포에서 채종한 다음 실내에서 건조한 후 정선하였다. 정선된 종자는 4℃ 저온 저장고에서 3개월간 보관 후 발아검정을 실시하였다(Figure 1).

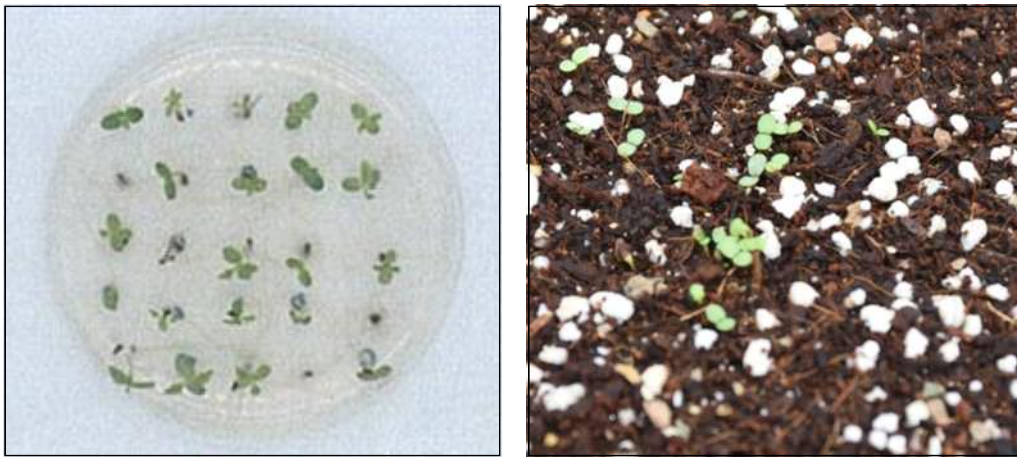
종자의 무게는 전자저울(PAG214, OHAUS, USA)을 이용하여 100립씩 10회 반복 측정하여 1,000립 중(g)을 조사하였다. 종자의 충실률 검정은 X-ray 촬영장치(EMT-F70, Softex, Japan)를 이용하여 25립씩 4반복으로 측정하였다.

### 2. 기내 발아특성

발아 검정을 위한 처리 온도와 습도는 국가생물종지식정보시스템(국립수목원 Nature), Kew SID(Kew Seed information data)를 참고하였고, 선행연구가 없는 경우 FAO-BI(Biodiversity International) 기준에 따라 성장상(Growth chamber, ESPEC Corp., Japan)에서 4반복으로

**Table 1.** List of plants used in germination experiments.

Genus name	Scientific name	Korean name
<i>Aster</i>	<i>Aster koraiensis</i> Nakai	벌개미취
<i>Dendranthema</i>	<i>Dendranthema sichotense</i> Tzvelev	바위구절초
	<i>Dendranthema zawadskii</i> (Herb.) Tzvelev	산구절초
	<i>Dendranthema zawadskii</i> var. <i>latilobum</i> (Maxim.) Kitam.	구절초
<i>Duchesnea</i>	<i>Duchesnea indica</i> (Andr.) Focke	뱀딸기
<i>Hosta</i>	<i>Hosta clausa</i> Nakai	주걱비비추
	<i>Hosta minor</i> (Baker) Nakai	좁비비추
<i>Leontopodium</i>	<i>Leontopodium coreanum</i> Nakai	솜다리
<i>Plantago</i>	<i>Plantago asiatica</i> L.	질경이
	<i>Plantago major</i> var. <i>japonica</i> (Franch. & Sav.) Miyabe	왕질경이
Potentilla	<i>Potentilla chinensis</i> Ser.	딱지꽃
<i>Sedum</i>	<i>Sedum kamschaticum</i> Fisch. & Mey.	기린초
	<i>Sedum latiovalifolium</i> Y.N.Lee	태백기린초
<i>Veronica</i>	<i>Veronica kiusiana</i> var. <i>diamantiaca</i> (Nakai) T.Yamaz.	봉래꼬리풀
<i>Viola</i>	<i>Viola mandshurica</i> W.Becker	제비꽃
	<i>Viola yedoensis</i> Makino	호제비꽃



**Figure 1.** Seed of *Dendranthema zawadskii* var. *latilobum* (Maxim.) Kitam. for germination tests. (Left) Germination of *D. zawadskii* through in vitro culture and (Right) photographs of the *D. zawadskii* germinating from the bed soil.

실시하였다(Table 3). 한천배지(1% Agar)에 대상 종자 25립씩 치상한 뒤, 최종발아율(Percent germination, %)과  $T_{50}$ (days)을 조사하였다. 발아의 기준은 유근이 종피를 뚫고 2mm 이상 돌출된 종자를 계수하여 발아율로 수치화하였고, 최종 발아율에 대한 50% 발아에 소요되는 일 수( $T_{50}$ )

는 Coolbear *et al.*(1984)의 방법에 따라 다음의 식을 사용하였다.

$$T_{50} = T_i + [(N+1)/2 - N_i] / (N_j - N_i) \times (T_j - T_i)$$

$N$ : 최종 발아 조사 기간까지 발아된 전체 종자 수,

**Table 2.** Soil hardness, soil humidity and pH of soil texture for each treatment. The soil hardness of gravel and mixed soil was significantly higher than that of bed soil, while the soil humidity was significantly lower than that of bed and mixed soil ( $p=0.05$ ). The pH averages 6.3-6.5, which is within the pH range (5.5-6.5) appropriate for plant growth in forest soils, and significance tests showed no significant differences in the three soils.

	Gravel	Bed soil	Mixed	<i>p</i>
Soil hardness	5.0±0.7 <sup>a</sup>	1.3±0.5 <sup>b</sup>	4.0±1.4 <sup>a</sup>	*
Soil humidity	44.0±2.9 <sup>b</sup>	67.3±3.8 <sup>a</sup>	72.7±11.1 <sup>a</sup>	*
pH	6.4±0.2 <sup>a</sup>	6.5±0.1 <sup>a</sup>	6.3±0.2 <sup>a</sup>	n.s

± means standard deviation. Means with different letters in a row are significantly different at  $p<0.05$  by Duncan's multiple test (\* $p<0.05$ , n.s. not significant).

$N_i$ :  $N_i$ 에 대한 50% 직전까지 발아된 종자 수의 합계,  
 $N_f$ :  $N_i$ 에 대한 50% 직후에 발아된 종자 수의 합계,  
 $T_i$ :  $N_i$  시점까지 소요된 발아 기간,  
 $T_f$ :  $N_f$  시점까지 소요된 발아 기간

### 3. 온실 발아특성

2020년 3월 27일 삼목상자(W520×D370×H90mm)에 원예상토, 마사토와 혼합토(상토:마사토=1:2)를 충진하여 토성이 발아에 미치는 영향을 살펴보았다. 충진한 각 토양의 물리적 특성은 관입식 토양경도계(351-EN, Fujiwara, Japan)와 토양수분계(DM-5, Takemura, Japan)를 이용해 측정하였다(Table 2).

파종 전으로부터 3일 동안 매일 관수하였고, 3월 30일에 공시한 종자를 이용하여 토성별로 100립씩 3반복으로 파종하였다. 최종발아율(percent germination, %)과  $T_{50}$ (days)의 항목을 조사하였으며, 발아의 기준은 자엽이 토양 위로 2mm 이상 돌출된 시기부터 발아한 것으로 간주하였다. 실험 종료일까지 발아된 종자의 수를 최종발아율로 계산하였다.

온실 발아 조사는 강원도 양구군 해안면에 위치한 국립DMZ자생식물원 내 증식 온실에서 2020년 3월 30일~6월 15일 동안 실시하였으며, 관수는 조사가 끝날 때까지 매주 2회 실시하였다. 실험은 개방된 비닐온실의 자연광 조건에서 수행하였으며, 실험 기간의 일일 평균온도와 평균 상대습도를 측정하였다(Figure 2).

### 4. 통계처리

통계처리는 SPSS version 12.0 (IBM Inc., USA)를 이용하여 ANOVA에 의한 Duncan's multiple range test( $p=0.05$ )로 처리 간의 유의성을 검정하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 기내 및 온실 내 발아율 비교

본 연구에 사용된 각 토양의 물리적 특성은 경도, 습도와 pH로 비교하였다(Table 2). 마사토와 혼합토의 경도는 상토에 비해 유의미하게 높은 반면, 토양습도는 마사토가 상토와 혼합토에 비해 현저히 낮았다. 토양의 경도는 공극량, 용적밀도 및 토양수분 등이 종합되어 나타나며, 경도가 높을수록 보수·보비력이 작아지고 통기·투수성이 높아져 수분이 감소하게 된다. Bak *et al.*(2021)에 따르면 DMZ 불모지의 토양 입경 분포 평균은 모래 69.1%, 미사 16.6%, 점토 14.3%로 나타나 사양토(sandy loam)에 해당하며, pH는 평균 5.91로 나타났다. 공시재료로 사용된 세 가지 토양의 pH는 평균 6.3~6.5로 산림 토양 적정 pH 범위(5.5~6.5)에 해당하였고, 유의성 검정 결과 세 가지 토양에서 유의미한 차이가 나타나지 않았다. DMZ 불모지의 토양은 사양토로 대표된다고 할 수 있는데, 사양토는 모래 함량이 높아 배수성과 통기성이 우수하지만 양분 보유력이 낮다(Bak *et al.*, 2021). 공시재료

**Table 3.** Germination test conditions. The temperature and humidity for germination tests were referred to the Korean Plant Names Index Committee and the Kew Seed information data, and in the absence of prior research, it was conducted according to the FAO-BI (Biodiversity International) criteria. All 12 species, except *S. kamtschaticum*, *S. latiovalifolium*, *D. sichotense* and *V. kiusiana*, showed a full seed rate of more than 90%.

Scientific name	Temperature (°C)	Light/Dark (h)	Full seed rate (%)	1,000 seed weight (g)
<i>A. koraiensis</i>	15	12/12	98±2.3	1.30
<i>D. sichotense</i>	25	12/12	79±12.4	0.44
<i>D. zavadskii</i>	25	12/12	100±0.0	0.48
<i>D. zavadskii</i> var. <i>latilobum</i>	25	12/12	100±0.0	0.42
<i>D. indica</i>	20	12/12	100±0.0	0.36
<i>H. clausa</i>	25/10	8/16	100±0.0	1.66
<i>H. minor</i>	25/10	8/16	92±4.6	0.22
<i>L. coreanum</i>	25	12/12	99±2.0	0.10
<i>P. asiatica</i>	20	8/16	100±0.0	0.56
<i>P. major</i> var. <i>japonica</i>	20	8/16	100±0.0	0.43
<i>P. chinensis</i>	25	12/12	97±3.8	0.35
<i>S. kamtschaticum</i>	20/10	12/12	*	0.07
<i>S. latiovalifolium</i>	20/10	12/12	*	0.08
<i>V. kiusiana</i> var. <i>diamantiaca</i>	20	8/16	*	0.14
<i>V. mandshurica</i>	15	12/12	100±0.0	0.64
<i>V. yedoensis</i>	15	12/12	100±0.0	0.71

\*Measurement cannot be performed with fine seeds.

로 사용된 세 가지 토양 중에서는 상토가 이와 유사한 물리적 특성을 가지며, 마사토는 사토와 유사하고 마사토와 상토가 섞인 혼합토는 양질 사토에 가깝다고 할 수 있다.

실험에 사용된 각 종자의 충실률은 바위구절초가 79%로 나타나 다른 공시종들에 비해 상대적으로 낮았고, 벌개미취 등 12종은 90% 이상의 충실률을 나타냈다(Table 3). 반면 기린초, 태백기린초, 봉래꼬리풀의 종자는 크기가 충분치 않아 충실률 검정을 수행할 수 없었다.

기내 발아율을 살펴보면, 산구절초, 제비꽃과 호제비꽃의 기내 발아율은 90% 이상으로 다른 종에 비해 매우 높게 나타났다. 반면 솜다리, 왕질경이, 딱지꽃, 기린초의 기내 발아율은 30% 미만의 상대적으로 낮은 발아율을 나타내 중간

의 발아율 차이를 확인할 수 있었다. 토성에 따른 온실 발아율을 조사하여 배지를 이용한 기내 발아율과 비교한 결과 9종(벌개미취, 바위구절초, 구절초, 주걱비비취, 좀비비취, 솜다리, 기린초, 태백기린초, 봉래꼬리풀)의 발아율은 서로 간에 유의미한 차이를 나타내지 않았다(Table 4). 반면 7종(산구절초, 뱀딸기, 질경이, 왕질경이, 딱지꽃, 제비꽃, 호제비꽃)의 기내 발아율과 온실 발아율은 서로 간에 유의미한 차이가 나타났다.

#### 1) *Aster* 속

벌개미취(*Aster koraiensis*)는 햇볕이 잘 들고 습기가 충분한 계곡에서 자라며, 생육의 최적지로는 배수가 잘되고 부식질이 많은 사양토로 알

**Table 4.** Germination rate according to soil textures of the material plants for the restoration of the DMZ barren land. There were significant differences between the in vitro and greenhouse germination rates of 7 species (*D. zawadskii*, *D. indica*, *P. asiatica*, *P. major*, *P. chinensis*, *V. mandshurica*, *V. yedoensis*) ( $p=0.05$ ). The greenhouse germination rate according to soil textures tends to decrease on average compared to the in vitro germination rate.

Scientific name	Germination in vitro (%)	Germination in greenhouse (%)			p
		Gravel	Mixed	Bed soil	
<i>A. koraiensis</i>	79±6.8 <sup>a</sup>	74±7.3 <sup>a</sup>	77±6.5 <sup>a</sup>	82±11.9 <sup>a</sup>	<i>n.s.</i>
<i>D. sichotense</i>	59±11.9 <sup>a</sup>	42±3.6 <sup>ab</sup>	41±14.8 <sup>ab</sup>	33±3.7 <sup>b</sup>	<i>n.s.</i>
<i>D. zawadskii</i>	93±3.8 <sup>a</sup>	87±2.1 <sup>a</sup>	78±2.9 <sup>b</sup>	78±2.8 <sup>b</sup>	**
<i>D. zawadskii</i> var. <i>latilobum</i>	78±6.9 <sup>ab</sup>	64±12.7 <sup>b</sup>	81±4.2 <sup>ab</sup>	85±1.9 <sup>a</sup>	<i>n.s.</i>
<i>D. indica</i>	74±12.4 <sup>a</sup>	7±2.2 <sup>c</sup>	37±5.9 <sup>b</sup>	43±4.0 <sup>b</sup>	***
<i>H. clausa</i>	53±11.5 <sup>a</sup>	60±6.5 <sup>a</sup>	70±1.7 <sup>a</sup>	66±9.1 <sup>a</sup>	<i>n.s.</i>
<i>H. minor</i>	70±2.3 <sup>ab</sup>	65±1.7 <sup>b</sup>	72±2.1 <sup>a</sup>	65±4.7 <sup>b</sup>	<i>n.s.</i>
<i>L. coreanum</i>	26±5.2 <sup>a</sup>	2±0.9 <sup>b</sup>	28±18.4 <sup>a</sup>	5±3.7 <sup>ab</sup>	<i>n.s.</i>
<i>P. asiatica</i>	44±8.6 <sup>b</sup>	62±8.6 <sup>a</sup>	70±2.1 <sup>a</sup>	70±2.5 <sup>a</sup>	**
<i>P. major</i> var. <i>japonica</i>	29±8.2 <sup>b</sup>	65±14.7 <sup>a</sup>	46±15.2 <sup>ab</sup>	69±4.6 <sup>a</sup>	*
<i>P. chinensis</i>	23±5.0 <sup>a</sup>	7±4.5 <sup>ab</sup>	8±4.5 <sup>b</sup>	6±2.2 <sup>b</sup>	*
<i>S. kamschaticum</i>	23±6.0 <sup>ab</sup>	18±1.4 <sup>b</sup>	18±5.7 <sup>b</sup>	31±3.6 <sup>a</sup>	<i>n.s.</i>
<i>S. latiovalifolium</i>	45±3.89 <sup>ab</sup>	46±12.5 <sup>ab</sup>	56±4.5 <sup>a</sup>	37±6.8 <sup>b</sup>	<i>n.s.</i>
<i>V. kiusiana</i> var. <i>diamantiaca</i>	31±7.6 <sup>a</sup>	5±4.5 <sup>b</sup>	24±11.7 <sup>ab</sup>	21±6.8 <sup>ab</sup>	<i>n.s.</i>
<i>V. mandshurica</i>	97±2.0 <sup>a</sup>	36±8.7 <sup>b</sup>	38±2.2 <sup>b</sup>	44±4.2 <sup>b</sup>	***
<i>V. yedoensis</i>	99±2.0 <sup>a</sup>	18±1.4 <sup>b</sup>	13±3.1 <sup>b</sup>	17±3.1 <sup>b</sup>	***

± means standard deviation. Means with different letters in a row are significantly different at  $p<0.05$  by Duncan's multiple test (\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$ , \*\*\* $p<0.001$ , *n.s.* not significant).

려져 있다. 습지는 물론 건조한 환경조건에서도 잘 자라는 것으로 알려져 있으며(Yang *et al.*, 2016), 이러한 생육환경은 DMZ 불모지의 평균적인 토양 환경과 유사하다(Bak *et al.*, 2021). 벌개미취의 온실 발아율을 토성별로 비교한 결과, 마사, 상토, 혼합토 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한, 온실 발아율과 기내 발아율의 차이도 나타나지 않았다. 이러한 결과는 토양의 물리적 특성이 벌개미취의 종자 발아에 큰 영향을 주지 않는다는 것을 시사한다.

## 2) *Dendranthema* 속

바위구절초(*Dendranthema sichotense*)와 구절초(*Dendranthema zawadskii* var. *latilobum*)는 기

내 발아율과 온실 발아율 간에 유의미한 차이를 보이지 않았다. 보습력이 약한 마사토에서 기내와 비슷한 발아율을 나타내는 것을 볼 때, 토성은 발아 요건에 큰 영향을 주지 않는 것으로 보인다. 반면 산구절초(*Dendranthema zawadskii*)는 기내와 온실 발아율 간에 유의한 차이가 나타났다. 산구절초 종자의 발아율은 상토와 혼합토에 비해 마사토에서 높은 것을 확인할 수 있었다. 마사토에 비해 상토와 혼합토의 토양습도가 높아 이러한 결과가 나타난 것으로 판단되며, 마사토의 발아율은 기내 발아율과 유의한 차이가 없었다. *Dendranthema* 속 식물은 과습에 취약한 것으로 알려져 있고, 과습한 토양환경이 발아에 악영향을 주는 것으로 보인다. Yoo

*et al.*(1997)은 구절초의 생육에 있어 혼합토가 적합하다고 하였으며, 본 연구에서도 구절초는 혼합토에서 가장 높은 발아율을 나타냈다.

### 3) *Duchesnea* 속

뱀딸기(*Duchesnea indica*)는 기내 발아율과 온실 발아율 간에 유의미한 차이가 나타났다. 기내에 비해 모든 토성에서 발아율이 감소하였고, 특히 마사토에서의 발아율이 현저히 급감하였다. 마사토는 상토와 혼합토에 비해 보습력이 약하며, 뱀딸기는 발아에 있어 충분한 수분을 요구하는 것으로 보인다. 한편 혼합토와 상토에서의 발아율은 서로 간에 유의한 차이가 나타나지 않았는데, 이러한 결과는 토양 경도가 뱀딸기의 발아에 큰 영향을 주지 않는 것으로 보인다.

### 4) *Hosta* 속

주걱비비추(*Hosta clausa*), 좀비비추(*Hosta minor*)의 온실 발아율은 기내 발아율과 비교했을 때 유의한 차이가 나타나지 않았고, 각 토성에 따른 발아율 또한 유의한 차이를 확인할 수 없었다. *Hosta* 속은 일반적으로 pH 6.0 정도의 부식이 풍부한 양토 및 사양토의 배수가 좋은 환경에서 잘 자라는 것으로 알려져 있고(Ryu *et al.*, 2018), 이와 유사한 토성을 지닌 상토에서 발아율이 양호함을 본 연구결과로 확인할 수 있다. 마사토의 발아율은 상토와 혼합토에 비해 소폭 감소하였는데, 보습력이 약해 수분이 적은 토양에서는 발아력이 저하되는 것으로 보인다.

### 5) *Leontopodium* 속

솜다리(*Leontopodium coreanum*)의 온실 발아율은 혼합토에서 비교적 높게 나타났으나 통계적으로 유의하진 않았다. 그러나 마사토와 상토에서의 솜다리 발아율은 기내 발아율과 비교해 현저히 감소하는 것으로 보이는데, 이러한 점을 미루어 보면 사토나 사양토보다 양질 사토에서의 증식이 유리할 것이라 판단된다. 보다 점토

함량이 높은 양토에서의 발아가 유리할 수도 있겠으나 본 연구에서는 이를 확인하지 못하였다. 한편 솜다리는 종자 발아율이 낮은 것으로 알려져 있는데(Im *et al.*, 2018), 본 연구결과에서도 기내 발아를 비롯한 온실 발아율이 다른 공시종에 비해 현저히 낮게 나타났다. Kim *et al.*(2019)은 솜다리의 발아율 향상을 위해서는 전처리를 적용해야 한다하였고, 본 실험결과에서도 추가적인 연구가 필요할 것으로 여겨진다.

### 6) *Plantago* 속

질경이(*Plantago asiatica*)와 왕질경이(*Plantago major* var. *japonica*)의 온실 발아율은 기내 발아율에 비해 모든 토양에서 높게 나타났다. 질경이는 15~30℃의 온도 범위에서 명암조건과 관계없이 발아하고(Jang and Lee, 2003), 변온조건에서 발아가 잘 된다고 알려져 있다. 본 연구에서는 변온조건을 고려하지 않았지만, 조사 기간 중 온실 내 평균기온이 질경이와 왕질경이의 기내 발아 온도 조건과 유사하였고 항온조건인 기내와 달리 온실에서는 변온조건이 갖춰지면서 발아율이 향상된 것으로 추측한다. 한편 토양 간에는 발아율의 차이가 유의하게 나타나지 않았는데, 왕질경이의 경우 토양의 습도가 가장 높았던 혼합토에서 발아율이 소폭 저하되었다. 질경이 종자는 물에 닿으면 점액성 피막이 형성되어 수분 흡수를 촉진하거나 수분 손실을 방지하는 역할을 하는데, 일정 수준 이상의 과습한 토양은 발아를 저해하는 것으로 보인다.

### 7) *Potentilla* 속

딱지꽃(*Potentilla chinensis*)은 개울가의 들이나 해변가에 주로 분포하는데, 이를 미루어 보면 배수가 용이한 사질토양에서도 생육이 유리하다고 판단된다. 딱지꽃은 혼합토에서 발아율이 비교적 높게 나타났는데, 이는 혼합토의 높은 습도가 발아율을 향상시킨 것으로 보인다. 그러나 딱지꽃의 온실 발아율은 모든 토성에서



**Table 5.** T<sub>50</sub> according to soil textures of the material plant for the restoration of the DMZ barren land (T<sub>50</sub>: Time required for 50% of all germinated seeds to germinate).

Scientific name	T <sub>50</sub> in vitro	T <sub>50</sub> in greenhouse (d)			p
		Gravel	Mixed	Bed soil	
<i>A. koraiensis</i>	5.6±0.6 <sup>b</sup>	36.6±3.3 <sup>a</sup>	40.6±2.3 <sup>a</sup>	39.9±1.3 <sup>a</sup>	***
<i>D. sichotense</i>	5.6±0.6 <sup>b</sup>	40.6±2.3 <sup>a</sup>	38.2±1.1 <sup>a</sup>	41.0±4.0 <sup>a</sup>	***
<i>D. zawadskii</i>	4.8±0.1 <sup>b</sup>	45.3±11.0 <sup>a</sup>	40.0±3.7 <sup>a</sup>	37.3±2.5 <sup>a</sup>	**
<i>D. zawadskii</i> var. <i>latilobum</i>	4.9±0.4 <sup>b</sup>	39.6±1.5 <sup>a</sup>	33.0±7.5 <sup>a</sup>	45.1±10.1 <sup>a</sup>	**
<i>D. indica</i>	8.4±0.3 <sup>b</sup>	48.3±11.9 <sup>a</sup>	40.8±2.6 <sup>a</sup>	40.3±1.8 <sup>a</sup>	**
<i>H. clausa</i>	12.3±1.7 <sup>b</sup>	41.3±3.8 <sup>a</sup>	31.2±11.0 <sup>a</sup>	35.4±5.0 <sup>a</sup>	*
<i>H. minor</i>	13.8±0.4 <sup>b</sup>	50.7±16.5 <sup>a</sup>	38.5±6.0 <sup>a</sup>	35.9±4.5 <sup>a</sup>	*
<i>L. coreanum</i>	8.1±1.4 <sup>b</sup>	49.5±8.6 <sup>a</sup>	39.0±0.1 <sup>a</sup>	44.4±6.4 <sup>a</sup>	***
<i>P. asiatica</i>	7.0±0.7 <sup>b</sup>	46.0±9.9 <sup>a</sup>	31.9±10.1 <sup>a</sup>	35.3±5.2 <sup>a</sup>	**
<i>P. major</i> var. <i>japonica</i>	14.3±2.3 <sup>b</sup>	39.0±0.0 <sup>a</sup>	39.3±0.2 <sup>a</sup>	38.9±1.1 <sup>a</sup>	***
<i>P. chinensis</i>	5.1±0.7 <sup>b</sup>	34.4±8.7 <sup>a</sup>	40.8±2.1 <sup>a</sup>	42.9±7.2 <sup>a</sup>	**
<i>S. kamtschaticum</i>	10.1±1.1 <sup>b</sup>	56.4±17.4 <sup>a</sup>	41.3±3.7 <sup>a</sup>	42.0±4.2 <sup>a</sup>	**
<i>S. latiovalifolium</i>	13.3±1.1 <sup>b</sup>	40.1±1.2 <sup>a</sup>	39.5±1.6 <sup>a</sup>	38.0±1.4 <sup>a</sup>	***
<i>V. kiusiana</i> var. <i>diamantiaca</i>	10.7±1.1 <sup>b</sup>	44.4±6.3 <sup>a</sup>	39.5±0.7 <sup>a</sup>	40.5±2.1 <sup>a</sup>	***
<i>V. mandshurica</i>	4.5±0.1 <sup>b</sup>	36.1±4.1 <sup>a</sup>	37.1±4.9 <sup>a</sup>	40.9±2.7 <sup>a</sup>	***
<i>V. yedoensis</i>	4.5±0.1 <sup>b</sup>	35.3±14.3 <sup>a</sup>	33.4±7.7 <sup>a</sup>	42.5±4.9 <sup>a</sup>	**

± means standard deviation. Means with different letters in a row are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple test (\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ ).

기내 발아율에 비해 현저히 감소한 10% 미만이었으며, 기내 발아율 또한 평균 23%로 다른 공시종들에 비해 현저히 낮게 나타났다. Kwon *et al.*(2019)은 양지꽃 속에 속하는 가락지나물, 털딱지꽃, 솜양지꽃, 양지꽃이 생리적 휴면종자(physiological dormancy)임을 규명하였는데, 이를 미루어 보면 같은 속에 해당하는 딱지꽃 또한 생리적 휴면종자일 것이라 추측한다. 이러한 점을 고려해 향후 DMZ 불모지 복원에 적용하기 위해서는 발아율 향상을 위한 전처리 구멍 등 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각한다.

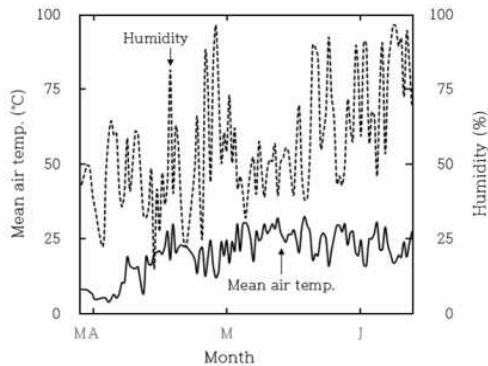
### 8) *Sedum* 속

기린초(*Sedum kamtschaticum*)와 태백기린초(*Sedum latiovalifolium*)의 온실 발아율은 기내 발아율과 비교해 유의한 차이가 없었고, 이를 보면 토성이 발아에 미치는 영향은 적은 것으로

보인다. *Sedum* 속의 증식에 관련하여 몇 가지 연구가 선행되었는데, *Sedum* 속은 과습에 약하며 배수성과 통기성이 좋은 사질토양에서 생육이 유리하다(Han and Ha, 2005). *Sedum* 속의 대량번식을 위해서는 종자 파종, 삽목, 분주와 조직배양이 가능한데, 실생번식의 경우 저장 기간 동안 활력이 감소하는 문제가 있다(Kim and Kim, 2015). 한편 본 연구에서는 기린초와 태백기린초 종자의 크기가 매우 작아 충실률을 조사할 수 없었는데, 건조-정선-저온저장 과정을 거치는 동안 활력이 저하해 발아율이 감소했을 가능성이 있다.

### 9) *Veronica* 속

자생 *Veronica* 속의 종자 발아에 관한 연구는 많지 않은데, Song *et al.*(2019)에 따르면 봉래꼬리풀(*Veronica kiusiana* var. *diamantiaca*)은 모



**Figure 2.** Mean daily temperature and humidity in greenhouse during experiment period (March 2020-July 2020).

든 온도 조건에서 50% 미만의 발아율을 나타냈으나, 저온층적 처리 또는 GA<sub>3</sub> 처리시 휴면이 타파되어 발아율이 향상된다고 하였다. 전처리를 수행하지 않은 본 연구에서도 마찬가지로 기내 발아율이 31%로 나타났다. 비록 통계적으로 유의하지 않았지만, 온실 발아율은 혼합토에서 가장 높았고, 마사토에서 현저히 저하되는 것으로 나타났다. 근연종에 속하는 산꼬리풀 (*Veronica rotunda* var. *subintegra*) 또한 혼합토에서의 생육이 우수한 것으로 보고되었는데(Lee *et al.*, 2020b), 이를 본 연구결과와 종합해보면 봉래꼬리풀의 증식은 혼합토를 이용하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

### 10) *Viola* 속

*Viola* 속의 식물은 주로 실생번식 또는 분주 등의 무성번식에 의해 증식되며, 특히 제비꽃은 원예용으로 가치가 높아 기존연구로 보고된 바가 많다(Song *et al.*, 2009). 이에 대한 기존연구를 보면 GA<sub>3</sub> 처리가 발아율 향상에 효율적이라는 보고가 존재하나, 본 연구에서 제비꽃(*Viola mandshurica*), 호제비꽃(*Viola yedoensis*)의 기내 발아율은 전처리를 하지 않았음에도 97, 99%의 발아율을 나타냈다. 반면 두 종의 온실 발아율은 모든 토양에서 현저히 저하되었는데, 이는 파종 직후의 낮은 기온이 종자의 활력을 감소시

킨 것으로 보인다(Kwon *et al.*, 2018). Kwon *et al.*(2018)에 따르면 호제비꽃은 어느 온도에서도 발아율 향상을 이루어낼 수 없었고, 제비꽃과 달리 GA<sub>3</sub> 처리 또한 발아율 향상에 영향을 주지 못했다. 제비꽃은 토성을 가리지 않고 잘 자라는 반면, 호제비꽃은 점토에 흔히 생육하는 것으로 알려져 있어 모래 함량이 높은 토양일수록 증식에 불리한 것으로 보인다(국립수목원 국가생물종지식정보시스템). 본 실험에 공시된 3가지 토양보다 점토 비율이 높은 토양을 사용하면 제비꽃과 호제비꽃의 발아율이 향상될 것이라 판단하며, 종자의 활력 저하를 방지하기 위해 적정 파종 온도를 구명하는 등 추가적인 연구가 필요할 것으로 여겨진다.

### 2. 기내 및 온실 내 T<sub>50</sub> 비교

T<sub>50</sub>은 최종발아율에 대한 50% 발아 소요일수를 말하며, 종자 활력의 지표가 된다. 먼저 기내 T<sub>50</sub>을 살펴보면 평균 8.3일이 소요되었으며, 제비꽃, 호제비꽃, 산구절초와 구절초 4종은 5일 이내의 T<sub>50</sub>을 나타냈다(Table 5). 반면 봉래꼬리풀, 기린초, 태백기린초, 주걱비비추, 좀비비추 5종은 10일 이상이 소요되었으며, 특히 왕질경이는 2주일 이상 소요되는 등 종간의 차이를 확인할 수 있었다. 온실에서의 T<sub>50</sub>은 평균 40일 이상이 소요되어 기내보다 약 4.8배 증가하였으며, 혼합토(37±3.3일), 상토(40±2.9일), 마사토(42±6.1일) 순으로 증가하였다. 온실 내 일평균 온도를 살펴보면 파종이 실시된 3월 27일과 31일까지의 일평균온도는 8.1°C이었고, 4월 초에는 오히려 감소하였다가 파종 후 4주가 지난 4월 23일이 되어서야 일평균기온이 15~25°C로 증가하였다(Figure 2). 생육환경이 조절된 기내에 비해 온실의 생육환경은 기상에 큰 영향을 받았고, 저온에 의한 종자휴면 때문에 발아가 지연된 것으로 판단한다. 본 연구에서는 최적 생육온도를 조사하지 않아 이를 특정할 수 없었지만, 이러한 사실은 본 실험에 사용한 공시종들의 적정

과중기온이 15~25℃ 이내임을 시사한다.

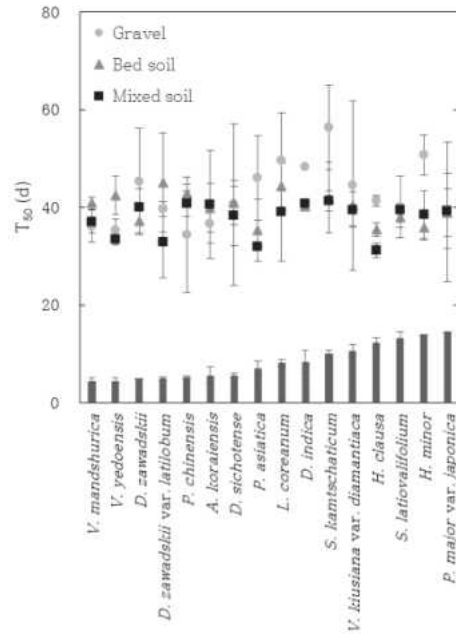
한편 토양에 따른 T<sub>50</sub>은 공시한 모든 종에서 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 5 & Figure 3). 종자의 활력이 감소할수록 T<sub>50</sub>이 증가하는데(Still, 1999), 토성이 종자의 발아 및 발아 직후의 영양생장에 영향을 줄 수 있어도 종자 자체의 활력에는 영향을 주지 않는 것으로 보인다. 종자의 활력을 온전히 보존하기 위해서는 채종시기, 저장방법 등을 고려해 휴면타파 및 발아가 적절한 시기에 진행될 수 있도록 적정 환경조건을 갖추어 주는 것이 더 중요하다고 판단한다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 DMZ 불모지 관리 및 복원을 위해 자생식물 증식에 용이한 적정 토양을 제시하고자 하였다. 이에 DMZ 접경지역에 자생하는 초본식물 16종을 공시하여 기내 및 온실 내 토성별 발아율과 T<sub>50</sub>을 조사하였다. 그 결과 공시 종들의 기내 발아율과 토성에 기인한 발아율 간의 유의한 차이를 확인하였다. 반면 T<sub>50</sub>은 공시한 모든 종에서 기내와 온실 간의 유의한 차이가 나타났으나, 토성별로는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 본 연구결과를 종합해보면 토성은 T<sub>50</sub>에 큰 영향을 주지 않는 것으로 확인되고, 종자의 활력을 보존하고 적정 환경조건을 갖추어 주는 것이 T<sub>50</sub> 향상에 더 중요한 것으로 보인다. 연구결과를 종합해보면 다음과 같다.

1) 벌개미취, 구절초, 뱀딸기, 질경이, 왕질경이와 기린초 6종은 상토에서 가장 높은 발아율을 나타냈으나, 뱀딸기를 제외한 5종은 배수가 양호한 사질양토에 주로 생육하는 점을 고려해 혼합토를 사용하거나 과중 시 상토를 사용하되 분갈이를 실시할 때 혼합토로 교체하는 것이 효율적이라 판단한다.

2) 바위구절초와 산구절초 2종은 마사토에서 높은 발아율을 나타냈으나, 모래 함량이 높은



**Figure 3.** T<sub>50</sub> in vitro and T<sub>50</sub> in each soil (gravel, bed soil and mixed soil). T<sub>50</sub> between soil texture did not show significant differences in all species advertised. These results appear to occur because the soil texture does not affect the T<sub>50</sub>.

토양에서는 유기물 함량이 낮고 보비력(nutrient holding capacity)이 약해 생장에 지장을 초래할 가능성이 있다. 바위구절초와 산구절초는 발아 이후의 생장을 고려해 혼합토에서 증식함이 유리할 것으로 보인다.

3) 주걱비비추, 쯤비비추, 솜다리, 태백기린초와 봉래꼬리풀 5종은 혼합토에서 증식시키는 것이 발아와 생육에 있어 효율적이라 판단한다.

4) 딱지꽃은 생리적 휴면종자로 판단되어 휴면타파를 위한 연구가 선행될 필요가 있다. 제비꽃과 호제비꽃 또한 종자의 활력 저하를 방지해 발아율을 향상시키는 등 추가적인 연구가 필요하다.

본 연구에 공시한 종들은 DMZ 불모지의 특수성을 고려해 군사적·생태적 목적을 모두 만족할 수 있도록 접경지역에 분포하는 자생식물로 구성되어 있다. 이들 중 특히 벌개미취, 구절초, 주걱비비추와 쯤비비추는 온실 내 자연 실온조

건에서도 기내 발아율과 비교해 유의한 차이가 나타나지 않았고, 발아율 또한 70% 이상으로 다른 공시 종들에 비해 높게 나타난바 종자의 활력과 환경 적응성이 우수한 것으로 판단한다. 본 연구에서는 불모지 토양의 물리적 특성을 고려한 발아율을 조사하여 자생식물 증식에 용이한 토성 정보를 제시할 수 있었다. 연구결과는 향후 불모지 복원용 소재식물 개발에 활용될 수 있을 것으로 기대되지만, 발아 이후의 생장, 식생 지피효과 및 지형적 요인을 고려하지 않아 실제 복원 대상지에서 재현하기 어렵다는 한계를 가진다. 따라서 향후 DMZ 불모지와 유사한 환경에 자생식물을 파종하여 생장 및 지피효과를 모니터링하는 후속 연구가 필요하며, 이를 기반으로 DMZ 불모지 유형별 적정 파종공법을 마련하여야 할 것이다.

## References

- Bak G., Kim SJ., Lee AY., Kim DH., and Yu SB. 2021. Classification of the Damaged Areas in the DMZ (Demilitarized zone) by Location Environments. *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*. 24(2): 71-84. (in Korean, with English abstract)
- Cho JS., Kwon HJ., Jeong JH., Kim SY., and Lee CH. 2013. Effect of environmental condition and priming treatment on seed germination of *Ranunculus trichophyllus* var. *kazusensis* (Makino) Wiegleb, endangered species in Korea. *Symposium of The Plant Resources Society of Korea 2013*. p. 33. (in Korean)
- Cho YH., Kim ES, Kang HK., and Cheong YM. 2012. A Study on Characteristics of Seed Germination of Native Plants for Revegetation on the Slope of River bank. *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*. 15(2): 103-115. (in Korean, with English summary)
- Choi J., Shin HT., Jung SY., Kim SJ., An JB., Lee A., and Bak G. 2020. Selecting Native Plants for the sustainable management of the Barren Land of the Korean DMZ (Demilitarized Zone). *Korean Journal of Military Art and Science*. 76(2): 367-389. (in Korean, with English summary)
- Coolbear P., FRANCIS A., and Grierson D. 1984. The effect of low temperature pre-sowing treatment on the germination performance and membrane integrity of artificially aged tomato seeds. *Journal of Experimental Botany*. 35(11): 1609-1617.
- Hahn M. 2019. The Process and Background of Militarizing in the Korean DMZ in the 1960s. *Sahak Yonku: The Review of Korean History*. 135: 163-206. (in Korean)
- Han IS., and Ha YM. 2005. 중부지방에서 상록지 피용 기린초의 조경용 소재 개발. *In Proceedings of the Korean Institute of Landscape Architecture Conference*. pp. 97-100. (in Korean)
- Im HJ., Song CH., Kim DH., Choi KS., Oh BS., Kim SG., Song KS., and Won CO. 2018. Influence of Medium Components Carbon Source of in vitro Culture System for *Leontopodium Japonicum*. *Korean Society For Horticultural Science*. p. 176. (in Korean)
- ISTA. 2008. International rules for seed testing. *International Seed Testing Association*.
- Jang HY., and Lee CH. 2003. Effect of Temperature and Light on Seed Germination of Korean Native Species Eligible for Vegetable Sprout. Jeonju: *Korean Society For Horticultural Science*. p. 40. (in Korean)
- Kim HJ., and Kim YJ. 2015. Effect of Shading

- Degree and Rooting Media on Growth of Cuttings in *Caragana sinica* (Buc'hoz) Rehder and *Sedum middendorffianum* Maxim. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 23(4): 271-276. (in Korean, with English summary)
- Kim KG. 2010. Land of Peace and Life, DMZ. Dreammedia. p. 471. (in Korean)
- Kim KG., and Cho DG. 2005. Status and ecological resource value of the Republic of Korea's De-militarized Zone. *Landscape and Ecological Engineering*. 1: 3-15.
- Kim SG., Kim DH., Song KS., Im HJ., Choi KS., Song CH., Oh BS., Kim YS., and Won CO. 2019. Temperature Control of Seed Germination in *Leontopodium japonicum* Miq. *Korean Society For Horticultural Science*. p. 155. (in Korean)
- Knapp E. E., and Rice K. J. 1994. Starting from Seed Genetic Issues in Using Native Grasses for Restoration. *Ecological Restoration*. 12(1): 40-45.
- Korea National Arboretum. "국가생물종지식정보 시스템." Korean Plant Names Index Committee. accessed 2021.02.20. <http://nature.go.kr> (in Korean)
- Korea National Arboretum. 2017. Plan for establishing Key Biodiversity Areas(KBAs) of DMZ area. p. 144. (in Korean)
- Kwon HH., Gil M., Kong I., Kim SY., Kwon HJ., and Lee YH. 2018. Seed Dormancy Breaking and Germination Characteristics in Five Species of *Viola* (*Violaceae*). *Korean Society For Horticultural Science*. pp. 172-173. (in Korean)
- Kwon HJ., Kim YR., and Kim SY. 2019. Morphological Characteristics and Germination Conditions of Seeds in Ten Genus *Potentilla* L. Pyeongchang: *Korean Society For Horticultural Science*. p. 156. (in Korean)
- Lee AY., Shin HT., Bak GP., Jung JY., and Sung CY. 2020a. Classification of the damaged areas in the DMZ (demilitarized zone) using high-resolution satellite images and climate and topography data. *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*. 23(1): 1-14. (in Korean, with English summary)
- Lee SG., Kim HY., Lee KC., and Ku JJ. 2015. Effects of Seed Storage Methods and Shading on Seed Germination and Seedling Growth of Endangered Species, *Iris dichotoma* and *Iris setosa*. *Journal of Korean Forest Society*. 104(1): 60-66. (in Korean, with English summary)
- Lee SH., Lee SG., Cho WU., Kwon SY., Kwon OM., and Kang HD. 2012. Effects of tray, soil characteristic, and shading rates for seed germination of *Angelica gigas* Nakai. Seoul: *Korean Society of Forest Science*. pp. 195-196. (in Korean)
- Lee SI., Yeon SH., Cho JS., and Lee CH. 2020b. Growth Characteristics of *Veronica rotunda* var. *subintegra* (Nakai) T.Yamaz. according to Several Cultivation Conditions. *Korean Journal of Plant Resources*. 33(1): 24-32. (in Korean, with English summary)
- Ministry of Environment. 2015. 3rd Basic Plan for Natural Environment Conservation 2016-2025. Nature Conservation Bureau, Ministry of Environment. p. 175. (in Korean)
- Ro NY., Song EY., Kim SC., Jang KC., Moon DY., and Kang KH. 2008. Characteristics of seed germination and promotion of germination rate in *Pollia japonica* Thunb. *Korean Journal of Plant Resources*. 21:

- 144-147. (in Korean, with English summary)
- Ryu S., Yoon SM., Choi H., Lee JS., Kim SY., and Yang JC. 2018. Comparison of Different Soil on the Growth of Hosta in Native to Korea. *Korean Society For Horticultural Science*. p. 185. (in Korean)
- Song JM., Kim CE., Lee GY., Ham GJ., Kim MS., and Lee JS. 2009. Effect of Temperature on Seed Germination and Growth of Endangered Plant, *Viola websteri* Hemsl. Seoul: *Korean Society of Forest Science*. pp. 243-244. (in Korean)
- Song SJ., Shin US., Oh HJ., Kim SY., and Lee SY. 2019. Seed Germination Responses and Interspecific Variations to Different Incubation Temperatures in Eight *Veronica* Species Native to Korea. *Horticultural Science and Technology*. 37(1): 20-31. (in Korean, with English summary)
- Still D. W. 1999. The development of seed quality in Brassicas. *HortTechnology*. 9(3): 335-340.
- Tunner M. G. 1987. Landscape Heterogeneity and Disturbance. Stringer-Veering; New York.
- Yang WH., Im HJ., Park DJ., Kim HG., Yong SH., Kang SM., Ma HS., and Choi MS. 2016. Selection of Drought Tolerant Plants by Drought the Physiological Characteristics and Biochemicals Material about the Compositae Plants. *Journal of Agriculture and Life Science*. 50(5): 51-60. (in Korean, with English summary)
- Yoo YK., Kang SW., and Kim KS. 1997. Development of Plug Seedling Medium for *Chrysanthemum zawadskii* ssp. *Latilobum*. *Korean Society For Horticultural Science*. 15(2): 386-387. (in Korean)
- Yu SB., Kim SJ., Kim DH., Shin HT., and Bak G. 2021. Characteristics of Herbaceous Vegetation Structure of Barren Land of Southern Limit Line in DeMilitarized Zone. *Korean Journal of Environment of Ecology*. 35(2): 135-153. (in Korean, with English abstract)