

한라산국립공원 동사면의 구상나무숲 내 주요 하층식물이 구상나무 유묘 발생에 미치는 상관성 분석

이종원¹, 이수홍², 임원택³, 강신호^{4*}

¹국립수목원 DMZ자생식물원, 박사연구원, ²세명대학교 대학원, 대학원생, ⁴교수, ³국민대학교 산림자원학과, 대학원생

The Correlation Analysis between Occurrence of Seedlings of Korean fir (*Abies koreana* E.H. Wilson) and Understory on the Eastern Slope of Mt. Halla

Jong-Won Lee¹, Su-Hong Lee², WonTaek Im³ and Shin-Ho Kang^{4*}

¹Post-doc, DMZ Botanic Garden, Korea National Arboretum, Yanggu 24564, Korea

²Postgraduate School Student and ⁴Professor, Graduate School, Semyung University, Jecheon 27136, Korea

³Postgraduate School Student, Graduate School, Kookmin University, Seoul 02707, Korea

Abstract - This study was carried out to investigate the occurrence of seedlings of Korean fir (*Abies koreana*) in Korean fir forest located on the eastern slope of Mt. Halla National Park. Between June and August in 2016, the systematic sampling method was applied to 125 plots of 5 m × 5 m quadrats and field survey was carried out to measure the characteristics of sites and understory vegetation. Correlation analysis was applied to the variables quantified from the data collected. Total number of flora found at the study site is 31 in families, 44 in genera, and 56 in species. The main lower layer vegetation was investigated such as Jeju dwarf bamboo, Toothed club moss (*Lycopodium serratum*), Pacific fir moss (*Lycopodium chinense*), Climbing hydrangea (*Hydrangea petiolaris*) etc. Among these plant species, the vegetation which had a high positive correlation with the frequency and the coverage of seedlings of Korean fir were Jeju dwarf bamboo, Toothed club moss and Pacific fir moss.

Key words – Correlation analysis, Jeju dwarf bamboo, Korean fir, Seedlings, Understory

서 언

구상나무(*Abies koreana*)는 1917년 Wilson and Nakai의 현장조사에서 구상나무가 신종임을 확인하고 1920년에 최초 보고되었다(Wilson, 1920). 그 후로 한국, 중국, 일본 및 러시아의 한대지역과 아한대지역에 주로 분포하는 40여 종류의 전나무속(genus *Abies*) 중 한국의 특산식물로 인정되어 왔다(Chung *et al.*, 2017; Lee, 1970; 1982). 구상나무는 아고산형 나무로 높이가 18m 정도까지 자라는 상록침엽교목으로 6월에 개화하여 열매가 9 ~ 10월에 성숙한다고 보고하였다(Kong, 2014). 전나무속 식물이 3 ~ 5년의 개화결실 주기성을 가진다고 보고하였고

(Lee *et al.*, 2014; Shin *et al.*, 2010), 5 ~ 6월에 1차 생장을 7 ~ 8월에 2차 생장을 각각 하는 것으로 보고되었다(Chung, 1998). 구상나무는 지리산 등에서도 자생하고 있지만, 지구상에서 유일하게 한라산에 약 800 ha의 대규모 면적으로 분포하고 있다(Song *et al.*, 2010; Song, 2011).

구상나무는 2011년부터 세계자연보전연맹(IUCN, International Union for Conservation of Nature)의 적색목록(Red List)에 위기종(endangered species)으로 분류되어 있다(IUCN, 2020). 국내에서도 환경부는 국가 적색목록의 위기종(endangered species) 및 기후변화 생물지표종으로 지정(NIBR, 2020)하였고, Korea National Arboretum (2008)에서도 약관심종(LC-least concerned)으로 지정하여 관리하고 있다. 한라산의 구상나무숲은 작은 유묘, 치수 등의 어린 개체가 부족하여 후계림이

*교신저자: E-mail idec5974@semyung.ac.kr

Tel. +82-43-649-1412

조성되기 어려워 분포면적이 감소하고 있다고 여러 연구에서 보고되었다(Kim *et al.*, 1991, 1997, 2007, 2015, 2016, 2017; Kim, 1994, 1996, 2015).

구상나무 숲 면적의 감소 원인에 관한 연구보고는 첫째, 기후 변화가 집중호우나 태풍을 더 빈번하게 발생시켜 현지토양에 활착하지 못하고 있는 어린나무가 쓸려가고, 강수량 감소로 인한 고사에 의해 어린나무의 발생 및 활착의 교란과 고사에서 원인을 찾아볼 수 있다(Korea National Arboretum, 2014; Lee, 2017). 둘째, 제주조릿대의 확산이다. Kang (2013)은 1970년 한라산이 국립공원으로 지정되면서 우마(牛馬) 방목의 중단으로 제주조릿대가 확산하였다고 주장하였다. 이러한 제주조릿대 분포와 세력의 확산으로 구상나무 종자의 발아가 억제되고 유묘생장이 피압되어 정상적인 치수발생이 저해된다(Kim *et al.*, 2007; Kong and Watts, 1993; Lee and Hong, 1995; Park and Kim, 1986; Song *et al.*, 2010). 셋째, 제주조릿대 외에 다른 식물 종과의 경쟁이다. 넷째, 유제류인 노루에 의한 유묘와 치수의 섭식 피해이다(Lee, 2017). 1987년 제주도에서 시행된 노루 보호캠페인 이후 노루의 개체수가 급격히 증가하여 농작물 등에 대한 피해가 크게 늘어서 최근에 노루는 유해조수로 지정되었다. 따라서 노루의 섭식이 구상나무의 치수발생에 큰 교란으로 작용했을 것으로 고려할 수 있다. 또한, Potvin *et al.* (2003)은 캐나다 퀘벡지역 Anticosti섬 지역의 캐나다 발삼젓나무(*Abies balsamea*)가 유제류 때문에 결국 150년 후에는 절멸할 것으로 추정하여 노루 등 야생 동물의 섭식과 종보전 관계에 대한 우려를 보고하였다. 더욱이 KBS에서 2016년 11월 17일에 방영된 KBS스페셜 “유네스코세계유산 8부작 프롤로그” 자연의 캡슐에서 섬지역인 제주도 한라산에 자생하는 구상나무와 그 치수 등을 노루가 섭식하는 것으로 보도하였다(KBS, 2020). 따라서 구상나무에 천연갱신연구에 있어 유제류의 섭식에 의한 피해도 배제해서는 안 될 것이다. 본 연구에서는 세 번째로 언급된 부분에 대해 자세히 살펴보고자 한다.

아직까지 한라산 구상나무숲에서 유묘 및 치수 발생에 대한 상태를 정성적으로 정밀하게 조사한 사례는 많지 않다. 다만 일부 선행 연구에서 그 원인에 대한 언급이 되긴 하였지만, 정확한 원인을 밝히는 데에는 많은 한계가 따른다. 한라산 구상나무숲에서 구상나무 유묘 및 치수발생의 현황을 연구하는 것은 결국 구상나무의 천연갱신을 유지하게 하는 가장 기본이 되는 연구이기 때문에 다른 어떤 연구보다 더 절실하다고 판단된다. 하지만 이와 같은 연구들이 진행되었음에도 한라산 구상나무의 유묘와 치수발생 현황에 대한 의문점들은 크게 해결되지 않은

것이 현실이다. 유묘 및 치수의 개체군 동태를 정밀히 살펴 한라산 구상나무숲의 당면한 과제인 천연갱신 가능성과 제한사항에 관한 문제를 정확히 진단하고 그 해결책을 찾아내는 것은 구상나무들의 쇠퇴를 막는 데 중요한 열쇠가 될 수 있다(Kim, 2015, 2016; Kim *et al.*, 2016, 2017).

본 연구는 2016년에 조사된 내용을 기본으로 작성되었으나 본 조사 이후 상세한 조사보고가 이루어지고 있지 않은 상황에서 구상나무숲 내 유묘 및 하층식물과의 상관관계 및 보전과 복원을 위한 기초 자료 제공을 목적으로 본 논문을 작성하였다.

재료 및 방법

연구 조사 지역

본 연구는 제주도 한라산국립공원 동사면 성판악코스 해발고도 1,480 m 부근에 위치한 진달래밭대피소 인근 구상나무가 우점하는 숲에서 수행되었다(Fig. 1). 이 지역은 백록담의 동쪽에 있고, 해발고도 1,520 ~ 1,710 m 사이에 위치한 한라산 아고산지대이다. 최근 10년간 이 일대의 연평균 기온은 7.1 ~ 10.8°C로 서늘한 편이고, 연평균 강수량은 해발고도에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 일일 강수량이 800 mm 이상이 기록되기도 한 산간의 연평균 강수량은 3,100 ~ 5,000 mm로 제주도 저지대의 연평균 강수량인 2,000 mm 및 본토의 내륙지방 연평균 강수량인 약 1,250 mm 보다 2 ~ 4배 많은 것으로 보고되었다(KMA, 2020). 하지만 지표에 내린 물이 잘 스며드는 특성을 보여서 수분 보유가 잘 이뤄지지 않아 주변 계곡부 하천의 형태도 건천이 대부분이다. 특히 이 지역은 한라산 전체 구상나무숲의 약 800 ha 중에서 56.5%를 차지하고 있으며(Song *et al.*, 2009, 2010; Song, 2011), 조사 대상지가 포함된 해발고도 1,500 ~ 1,600 m 사이에 해당하는 지대는 한라산 분포 구상나무숲 전체 면적의 약 39%가 해당 된다고 보고되었다(Korea National Arboretum, 2014; Song *et al.*, 2010).

조사는 환경부 한국환경산업기술원에서 지원한 ‘기후변화에 따른 한국 아고산 생태계 모니터링을 위한 센서네트워크 기반 플랫폼 기술 개발’ 연구의 세부과제인 ‘연산 가시화 기술을 이용한 식물 군집구조 및 생태계 기능평가 기술 개발에 관한 연구’에서 구축된 5 ha 장기생태연구(LTER, Long-Term Ecological Research)모니터링 시범지역을 이용하였다(Ministry of Environment, 2016). 이 장기생태연구모니터링 시범지역은 면적이 20 × 20 m 방형구 125개로 이뤄진 5 ha의 연구지이며, 2016년 6월부터 8월까지 약 3개월에 걸쳐 수행되었다. 진달래밭대

피소에서 가장 가까운 I 지역을 기준으로 백록담 방향으로 각 II, III, IV 및 V로 1 ha 방형구 5개가 구획되었다(Fig. 1).

조사방법 및 분석방법

이 연구에서 표본구 선정은 100 × 500 m의 조사구 내에서 20 m 간격으로 5 × 5 m 방형구 125개를 설치하였다(Fig. 2). 5 × 5 m 방형구 조사는 계통추출법(systematic sampling)을 활용하였다. 5 ha 장기생태모니터링 조사 지역 125개 방형구에 대해서 사전 관목층 및 초본층으로 구획된 지역을 조사하였다. 5

ha에 구축된 125개의 20 × 20 m의 방형구 내에 각 5 × 5 m의 소형 방형구를 설치하여 표본구 임황 및 지황을 조사하였다.

표본구 식생 조사는 5 ha에 구축된 125개의 각 5 × 5 m의 방형구 내의 하층에 있는 식물을 대상으로 조사하였다. 조사는 Z-M 학과 식물사회학적인 방법(Becking, 1957; Braun-Blanquet, 1964)을 적용하여 실시하였다. 또한, 구상나무숲에 자생하는 제주조릿대 등 주요 하층식생이 유묘발생에 미치는 상관관계를 조사하였고, 구상나무와 제주조릿대 등 조사구 내 식물과의 상관관계를 파악하기 위하여 상관분석(SAS 9.4)을 실시하였다.

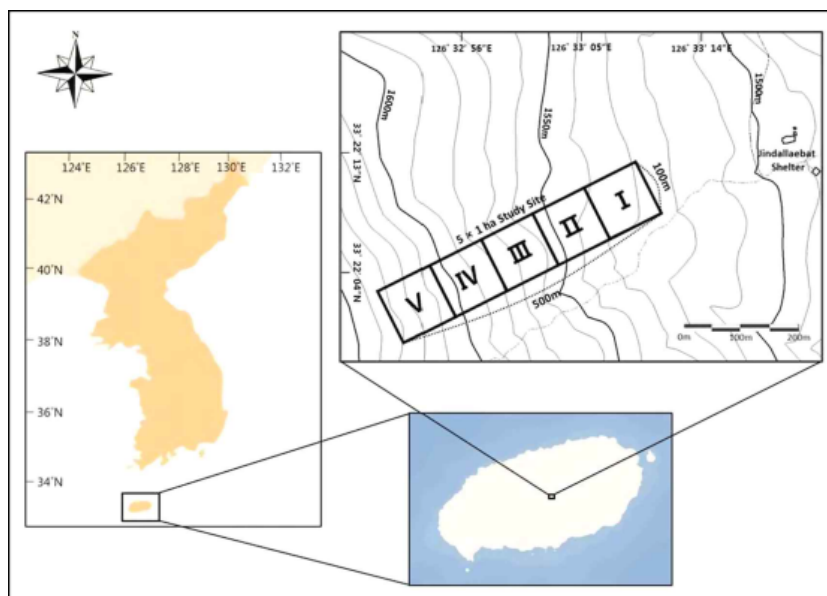


Fig. 1. Map of study area and sites on Mt. Hallasan, Jeju Island, Korea.

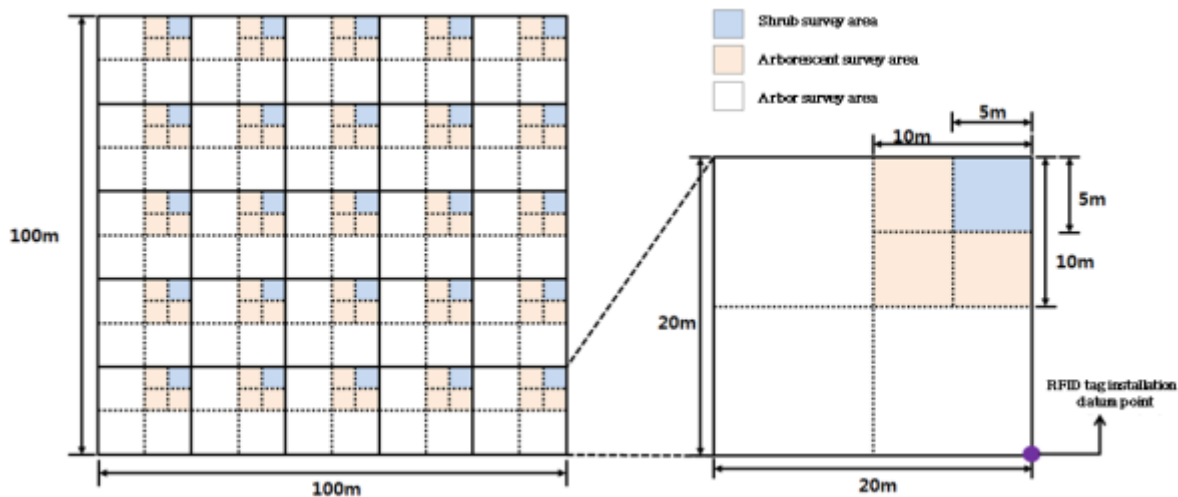


Fig. 2. Schematic diagram of systematic sampling for the study.

결 과

유묘는 어린묘나 모종이고 치수는 천연생의 어린나무라고 정의할 수 있는데(Korea Forest Service and Korean Society of Forest Science, 2011), 한라산에 자생하는 유묘 및 치수는 주로 숲 가장자리에서만 나타났고(Koh *et al.*, 1996), 바위 주변에서 발견되었다(Hong *et al.*, 2008). 이는 제주조릿대와의 경쟁에서 발생된 작은 숲 틈이 한정적으로 종자발아와 치수의 생장에 적합한 조건을 제공한 결과라 예상한다(Kim *et al.*, 2007; Lee, 1974, 1992). 특히 요(凹)자 형태의 지형에서는 발아가 용이하며, 종자의 발아와 생존에 지형적인 요인과 연관된 토양 수분이 크게 영향을 끼치게 된다는 보고도 있었다(Harper, 1977).

Song *et al.* (2014)은 구상나무 치수의 사면별 발생은 동사면보다 서사면에서 2.4개 더 많이 발생했다고 보고하였다. 구상나무 종자발아에 있어 타감작용이 일어나 81%의 발아가 억제되었다는 연구도 보고되었다(Kim *et al.*, 1998). 그리고 구상나무 중

자가 유묘나 치수로 성장하는 경우에서도 노루 등의 개체수가 보호정책과 맞물려 늘어난 유제류의 섭식, 수피를 갉아 일으키는 피해가 국외에서 다수 보고되고 있다(Gill, 1992; Kupferschmid *et al.*, 2013, 2014).

구상나무숲 유묘 및 치수 현황

조사대상 125개 방형구 중 54개의 방형구에서 616개의 유묘 및 치수가 관찰되었다(Table 1, Fig. 3). 각각의 방형구에서 확인된 유묘 및 치수의 개체수는 해발고도가 가장 낮은 지역인 I 지역 25개 방형구에서 가장 적게 발생한 것으로 파악되었다. I 지역 25개의 방형구 중 5개 방형구에서 단지 6개체의 유묘만이 관찰되어 가장 적게 나타나는 것으로 조사되었다. 반면에, II ~ V 지역은 25개 방형구 중 10 ~ 14개 방형구에서 98 ~ 184개체의 유묘가 각각 출현하였다.

구상나무숲의 주요 식물종

구상나무숲의 주요 식물종에 대한 동정은 원색대한식물도감(Lee, 2006), Korea National Arboretum (2020) 목록 등을 참고하였고, 초본층 출현빈도를 기록하였다(Koh *et al.*, 2008; Yim *et al.*, 1991). 식생조사를 통해서 조사된 식물종은 총 31과 44속 56종이다(Table 2). 방형구 125개의 조사 결과 제주조릿대(*Sasa quelpaertensis*)가 125개 모든 방형구에서 발견되었고, 마가목(*Sorbus commixta*), 다람쥐꼬리(*Lycopodium chinense*), 털새(*Arundinella hirta* var. *ciliata*), 뱀톱(*Lycopodium serratum*), 계박쥐나물(*Parasenecio adenostyloides*) 및 산개벚치나무(*Prunus maximowiczii*)가 절반 이상의 방형구에서 출현하였다.

Table 1. The number of seedlings found at the study sites

Site	Sites found seedlings	Seedlings
I	5	6
II	14	164
III	14	96
IV	10	166
V	11	184
Sum	54/125	616

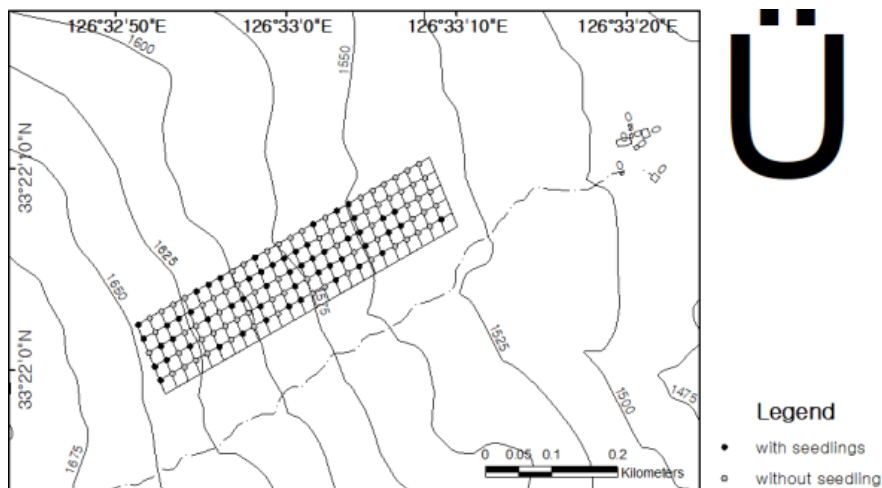


Fig. 3. The Map of sampling plots with and without seedlings of Korean fir in the study area.

Table 2. List and frequency of plants in the study area

Scientific name	Korean name	Frequency	Scientific name	Korean name	Frequency
<i>Sasa quelpaertensis</i> Nakai	제주조릿대	125	<i>Lepisorus thunbergianus</i> (Kaulf.) Ching	일엽초	7
<i>Sorbus commixta</i> Hedl.	마가목	76	<i>Quercus mongolica</i> var. <i>crispula</i> (Blume) H. Ohashi	물참나무	6
<i>Lycopodium chinense</i> H. Christa	다람쥐꼬리	74	<i>Berberis amurensis</i> var. <i>quelpaertensis</i> Nakai	섬매발톱나무	6
<i>Arundinella hirta</i> var. <i>ciliata</i> Koidz.	털새	71	<i>Malus sieboldii</i> (Regel) Rehder	아그배나무	6
<i>Lycopodium serratum</i> Thunb.	뱀톱	67	<i>Liparis krameri</i> Franch. et Sav.	나나별이난초	6
<i>Parasenecio adenostyloides</i> (Franch. et Sav. ex Maxim.) H. Koyama	개박쥐나물	64	<i>Cephalanthera erecta</i> (Thunb.) Blume	은난초	6
<i>Prunus maximowiczii</i> Rupr.	산개벚나무	63	<i>Magnolia sieboldii</i> K. Koch	함박꽃나무	5
<i>Mitchella undulata</i> Siebold et Zucc.	호자덩굴	56	<i>Arundinella hirta</i> (Thunb.) Tanaka	새	5
<i>Hydrangea petiolaris</i> Siebold et Zucc.	등수국	55	<i>Goodyera schlechtendaliana</i> Rchb. f.y.	사철란	5
<i>Abies koreana</i> E.H. Wilson	구상나무	54	<i>Lepisorus ussuriensis</i> (Regel et Maack) Ching	산일엽초	4
<i>Deparia conilli</i> (Franch. et Sav.) M. kato	좁긴고사리	47	<i>Oxalis acetosella</i> L.	애기괭이밥	4
<i>Festuca ovina</i> L.	김의털	43	<i>Acer pseudosieboldianum</i> (Pax) Kom.	당단풍나무	4
<i>Asarum sieboldii</i> Miq.	족도리풀	41	<i>Platanthera mandarinorum</i> var. <i>brachycentro</i> (Franch. et Sav.) Koidz. ex Ohwi	산제비란	4
<i>Smilax sieboldii</i> Miq.	청가시덩굴	40	<i>Betula ermanii</i> Cham.	사스래나무	3
<i>Ophiopogon japonicus</i> KER-GAWL.	소엽맥문동	37	<i>Malus baccata</i> (L.) Borkh.	야광나무	3
<i>Asarum maculatum</i> Nakai	개족도리풀	30	<i>Primula modesta</i> var. <i>hamasanensis</i> T. Yamaz.	설앵초	3
<i>Dryopteris bissetiana</i> (Baker) C. Chr.	산족제비고사리	23	<i>Smilax china</i> L.	청미래덩굴	3
<i>Taxus cuspidata</i> S. et Z.	주목	23	<i>Selaginella rossii</i> (Baker) Warb.	구실사리	2
<i>Lycopodium obscurum</i> L.	만년석송	21	<i>Osmunda japonica</i> Thunb.	고비	2
<i>Asplenium incisum</i> Thunb.	꼬리고사리	17	<i>Thalictrum aquilegifolium</i> L. var. <i>sibiricum</i> Regel et Tiling	평의다리	2
<i>Arisaema amurense</i> Maxim.	둥근잎천남성	16	<i>Potentilla dickinsii</i> Franch. et Sav.	돌양지꽃	2
<i>Carex humilis</i> var. <i>nana</i> (H. Lev. et Vaniot) Ohwi	가는잎그늘사초	16	<i>Sorbus alnifolia</i> (Siebold et Zucc.) K. Koch	팔배나무	2
<i>Asplenium varians</i> Wall. ex Hook. et Grev.	애기꼬리고사리	14	<i>Symplocos chinensis</i> var. <i>leucocarpa</i> for. <i>pilosa</i> (Nakai) Ohawi	노린재나무	2
<i>Pourthiaea villosa</i> (Thunb.) Decne.	윤노리나무	13	<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i> K. Koch	시로미	2
<i>Galium kamtschaticum</i> Steller	털둥근갈퀴	12	<i>Sanguisorba officinalis</i> Linnaeus	오이풀	1
<i>Euonymus alatus</i> (Thunb.) Siebold	화살나무	10	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> (Maxim.) Ohashi	고로쇠나무	1
<i>Majanthemum bifolium</i> (L.) F.W. Schmidt	두루미꽃	10	<i>Hypericum laxum</i> (Blume) Koidz.	좁고추나물	1
<i>Carex nervata</i> Franch. et Sav.	양지사초	9	<i>Lonicera sachalinensis</i> (F. Schmidt) Nakai var. <i>stenophylla</i> Nakai	홍괴불나무	1

구상나무 유묘의 출현과 우점종의 피도와의 관계

구상나무 유묘 및 치수의 출현과 연구조사에서 나타나는 주요 6가지 수종의 피도와의 관계를 파악하기 위하여 주요 상층 수종인 구상나무, 마가목, 산개벚나무, 주목(*Taxus cuspidata*), 물참나무(*Quercus mongolica* var. *crispula*) 및 아그배나무(*Malus sieboldii*)와의 피도와 구상나무 유묘의 피도 및 빈도와의 상관분석을 실시하였다.

상관분석 결과, 구상나무 유묘의 빈도 및 피도는 마가목의 피

도와 각각 $r = -0.33(p = 0.0006)$ 및 $r = -0.31(p = 0.0017)$ 로 매우 유의한 음의 상관성이 있음이 나타났다. 구상나무의 유묘의 빈도는 주목의 피도와 유의한 음의 상관($r = -0.27, p = 0.018$)이 있음이 나타났다. 구상나무를 포함한 다른 4가지 수종의 피도는 구상나무 유묘 및 피도와 빈도에 대해 유의한 상관을 보이지 않은 것으로 분석되었다. 따라서 구상나무 유묘 및 치수는 마가목과 주목이 없는 곳에 주로 발생한 것으로 예측해 볼 수 있다. 하지만 특히, 구상나무 모수와의 상관관계가 낮은 것에 대해서

는 타감작용 등 추가적인 연구가 필요하다(Table 3).

그리고 주요 6가지 수종의 피도와 정량화가 가능한 입지환경 요인들과 주요 우점종과 입지환경의 상관성을 간접 비교하여, 구상나무 유묘, 주요 우점종 그리고 입지환경과의 상관관계 등의 연결성을 살펴보고자 비교하였다(Table 5). 우선 주요수종의 피도와 입지환경과의 상관관계를 분석한 결과, 구상나무는 암석노출도와 높은 양의 상관 $r = 0.60(p < 0.0001)$ 을 보였고, 경사도와 수관노출도와는 각각 $r = -0.32(p = 0.0005)$ 와 $r = -0.21(p = 0.026)$ 로 음의 상관을 보였다.

구상나무 유묘 및 치수와 비교해 본 결과, 경사도와 가장 관련이 있는 것으로 분석되었다. 마가목과 주목의 피도는 입지환경요인과 비슷한 상관성 경향을 보여주었다. 마가목과 주목의 피도는 경사도와 매우 높은 수준에서 음의 상관을 보여주었는데,

그 상관관계의 값은 각각 $r = 0.88(p = < 0.001)$ 및 $r = 0.60(p < 0.001)$ 이었다. 마가목과 주목의 피도는 토양수분과 높은 양의 상관을 보여주었는데, 그 상관관계는 각각 $r = 0.50(p = < 0.001)$ 및 $r = 0.45(p = < 0.001)$ 였다. 하지만 수관노출도와는 높은 음의 상관을 보여주었는데, 그 상관관계 값은 각각 $r = -0.47(p < 0.001)$ 및 $r = -0.41(p < 0.001)$ 이었다. 산개벚치나무의 피도는 경사도와 매우 유의한 수준에서 $r = 0.40(p < 0.001)$ 으로 유의 상관을 보였다(Table 4).

구상나무 유묘와 치수의 빈도와 피도, 주요 상층 수목의 피도 및 조사지 내 방형구의 경사도 및 토양수분 등의 입지환경요인들 사이에 보여주는 높은 수준에서 유의한 상관관계(Table 5)에 대해서는 추가적인 연구가 필요한 것이라고 할 수 있다.

Table 3. Correlation between seedlings of Korean fir and the coverage of major 6 tree species

Species	A.k ^z	S.c ^y	P.m ^x	T.c ^w	Q.m ^v	M.s ^u
Correlation coefficient with coverage	-0.01	-0.34**	-0.17	-0.07	0.02	0.17
Correlation coefficient with frequency	-0.06	-0.31**	-0.17	-0.27*	0.01	0.17

*0.01 < p < 0.05, ** 0.001 < p < 0.01.

^zA.k: *Abies koreana*, ^yS.c: *Sorbus commixta*, ^xP.m: *Prunus maximowiczii*, ^wT.c: *Taxus cuspidata*, ^vQ.m: *Quercus mongolica* Fischer var. *crispula*, ^uM.s: *Malus sieboldii*.

Table 4. Correlation coefficients between the coverage of 6 major species of Korean fir forest with rock exposure, slope, soil moisture, and canopy gap

Species	Rock exposure	Slope	Soil moisture	Canopy gap
A.k ^z	0.60***	-0.32**	-0.04	-0.21*
S.c ^y	0.28	0.88***	0.50***	-0.47***
P.m ^x	-0.06	0.41***	0.17	-0.17
T.c ^w	0.09	0.60***	0.45***	-0.41**
Q.m ^v	-0.22	0.17	-0.07	0.12
M.s ^u	-0.28	0.23	-0.19	0.03

*0.01 < p < 0.05, ** 0.001 < p < 0.01, *** p < 0.001.

^zA.k: *A. koreana*, ^yS.c: *S. commixta*, ^xP.m: *P. maximowiczii*, ^wT.c: *T. cuspidata*, ^vQ.m: *Q. mongolica* Fischer var. *crispula*, ^uM.s: *M. sieboldii*.

Table 5. Correlation coefficients between the coverage and frequency of the seedlings of Korean fir with rock exposure, slope, soil moisture, and canopy gap

Site information	Rock exposure	Slope	Soil moisture	Canopy gap
Correlation coefficient with coverage	0.10	-0.23*	-0.17	0.19*
correlation coefficient with frequency	-0.07	-0.38***	-0.30**	0.25**

*0.01 < p < 0.05, ** 0.001 < p < 0.01, *** p < 0.001.

구상나무 유묘와 하층식생에 대한 빈도 및 분포에 따른 상관관계

구상나무 유묘의 피도 및 빈도가 하층을 구성하는 주요 식물 종들의 피도와 상관성을 분석하였다. 구상나무 유묘의 피도와 하층을 구성하는 주요 식물들의 피도와의 상관성을 보면, 두루미꽃($r = 0.90, p < 0.001$), 등수국($r = 0.37, p < 0.001$) 등의 식물과 높은 상관성을 보여주었다. 또한, 구상나무 유묘의 빈도와 하층을 구성하는 주요 식물들의 피도와의 상관성을 살펴보면,

제주조릿대($r = 0.46, p < 0.001$), 털새($r = 0.38, p < 0.001$) 등의 식물과 높은 상관성을 보여주었다(Table 6).

한편, 구상나무 유묘의 피도 및 빈도와 하층을 구성하는 식물 종들의 빈도와의 상관성을 분석하였다. 구상나무 유묘의 피도와 하층을 구성하는 주요 식물들의 빈도와의 상관성을 보면, 다람쥐꼬리($r = 0.35, p < 0.001$), 두루미꽃($r = 0.34, p < 0.001$) 등의 식물과 높은 상관성을 보여주었다. 구상나무 유묘의 빈도와 하층을 구성하는 주요 식물들의 빈도와의 상관성을 살펴보면, 다

Table 6. Correlation of coverage and frequency of the seedlings of Korean fir with the coverage of understory

Scientific name	A ^z	B ^y	Scientific name	A ^z	B ^y
<i>Lycopodium chinense</i> H. Christa	0.28**	0.35***	<i>Sorbus commixta</i> Hedl.	0.06	0.22*
<i>Lycopodium obscurum</i> L.	-0.08	-0.13	<i>Oxalis acetosella</i> L.	0.02	0.08
<i>Lycopodium serratum</i> Thunb.	0.18	0.19	<i>Symplocos chinensis</i> var. <i>leucocarpa</i> for. <i>pilosa</i> (Nakai) Ohawi	-0.04	-0.07
<i>Selaginella rossii</i> (Baker) Warb.	-0.03	-0.05	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> (Maxim.) Ohashi	-0.08	-0.13
<i>Osmunda japonica</i> Thunb.	-0.15	-0.25*	<i>Acer pseudosieboldianum</i> (Pax) Kom.	-0.03	-0.03
<i>Deparia conilli</i> (Franch. et Sav.) M. kato	-0.04	-0.02	<i>Hypericum laxum</i> (Blume) Koidz.	-0.21*	0.35***
<i>Dryopteris bissetiana</i> (Baker) C. Chr.	0.04	0.14	<i>Euonymus alatus</i> (Thunb.) Siebold	-0.09	-0.15
<i>Asplenium incisum</i> Thunb.	-0.01	0.03	<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i> K. Koch	-0.06	-0.11
<i>Asplenium varians</i> Wall. ex Hook. et Grev.	0.10	0.30**	<i>Primula modesta</i> var. <i>hannasanensis</i> T. Yamaz.	-0.08	-0.14
<i>Lepisorus thunbergianus</i> (Kaulf.) Ching	0.02	0.10	<i>Galium kamschaticum</i> Steller	0.06	-0.06
<i>Lepisorus ussuriensis</i> (Regel et Maack) Ching	0.06	0.18	<i>Lonicera sachalinensis</i> (F. Schmidt) Nakai var. <i>stenophylla</i> Nakai	-0.04	-0.07
<i>Abies koreana</i> E.H. Wilson	.	0.55***	<i>Mitchella undulata</i> Siebold et Zucc.	0.08	0.20*
<i>Taxus cuspidata</i> S. et Z.	-0.03	-0.04	<i>Parasenecio adenostyloides</i> (Franch. et Sav. ex Maxim.) H. Koyama	0.13	0.37***
<i>Betula ermanii</i> Cham.	-0.06	-0.10	<i>Majanthemum bifolium</i> (L.) F.W. Schmidt	0.90***	0.21*
<i>Quercus mongolica</i> var. <i>crispula</i> (Blume) H. Ohashi	-0.12	-0.19	<i>Ophiopogon japonicus</i> KER-GAWL.	-0.01	0.03
<i>Magnolia sieboldii</i> K. Koch	-0.13	-0.22*	<i>Smilax china</i> L.	-0.06	-0.10
<i>Thalictrum aquilegifolium</i> L. var. <i>sibiricum</i> Regel et Tiling	-0.08	-0.14	<i>Smilax sieboldii</i> Miq.	-0.11	-0.17
<i>Berberis amurensis</i> var. <i>quelpaertensis</i> Nakai	-0.04	-0.07	<i>Arundinella hirta</i> (Thunb.) Tanaka	-0.03	-0.06
<i>Asarum maculatum</i> Nakai	-0.20*	-0.34**	<i>Arundinella hirta</i> var. <i>ciliata</i> Koidz.	0.29**	0.38***
<i>Asarum sieboldii</i> Miq.	-0.01	-0.10	<i>Festuca ovina</i> L.	-0.01	-0.07
<i>Hydrangea petiolaris</i> Siebold et Zucc.	0.37***	0.29**	<i>Sasa quelpaertensis</i> Nakai	0.28**	0.46**
<i>Potentilla dickinsii</i> Franch. et Sav.	-0.16	-0.26**	<i>Arisaema amurense</i> Maxim.	-0.08	-0.09
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	-0.03	-0.05	<i>Carex nervata</i> Franch. et Sav.	-0.04	-0.12
<i>Prunus maximowiczii</i> Rupr.	0.04	0.16	<i>Carex humilis</i> var. <i>nana</i> (H. Lev. et Vaniot) Ohwi	-0.09	-0.16
<i>Pourthiaea villosa</i> (Thunb.) Decne.	-0.06	-0.11	<i>Liparis krameri</i> Franch. et Sav.	0.01	0.08
<i>Malus baccata</i> (L.) Borkh.	-0.01	0.03	<i>Cephalanthera erecta</i> (Thunb.) Blume	0.06	0.19
<i>Malus sieboldii</i> (Regel) Rehder	-0.11	-0.19	<i>Goodyera schlechtendaliana</i> Rchb. f.y.	-0.10	-0.13
<i>Sorbus alnifolia</i> (Siebold et Zucc.) K. Koch	-0.02	-0.10	<i>Platanthera mandarinorum</i> var. <i>brachycentro</i> (Franch. et Sav.) Koidz. ex Ohwi	-0.05	-0.05

*0.01<p≤0.05, **0.001<p≤0.01, ***p≤0.001.

^zA: with coverage of the seedlings of Korean fir, ^yB: with frequency of the seedlings of Korean fir.

Table 7. Correlation of coverage and frequency of the seedlings of Korean fir with the frequency of understory

Scientific name	A ^z	B ^y	Scientific name	A ^z	B ^y
<i>Lycopodium chinense</i> H. Christa	0.35***	0.48***	<i>Sorbus commixta</i> Hedl.	0.24**	0.28**
<i>Lycopodium obscurum</i> L.	0.02	-0.16	<i>Oxalis acetosella</i> L.	0.02	0.08
<i>Lycopodium serratum</i> Thunb.	0.24**	0.31**	<i>Symplocos chinensis</i> var. <i>leucocarpa</i> for. <i>pilosa</i> (Nakai) Ohwi	-0.04	-0.07
<i>Selaginella rossii</i> (Baker) Warb.	-0.02	-0.05	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> (Maxim.) Ohashi	-0.10	-0.19
<i>Osmunda japonica</i> Thunb.	-0.16	-0.28**	<i>Acer pseudosieboldianum</i> (Pax) Kom.	0.01	-0.02
<i>Deparia conilli</i> (Franch. et Sav.) M. kato	-0.06	-0.02	<i>Hypericum laxum</i> (Blume) Koidz.	-0.24**	-0.40***
<i>Dryopteris bissetiana</i> (Baker) C. Chr.	0.05	0.19	<i>Euonymus alatus</i> (Thunb.) Siebold	-0.12	-0.19
<i>Asplenium incisum</i> Thunb.	0.06	0.23*	<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i> K. Koch	-0.07	-0.12
<i>Asplenium varians</i> Wall. ex Hook. et Grev.	0.10	0.30**	<i>Primula modesta</i> var. <i>hamasanensis</i> T. Yamaz.	-0.09	-0.16
<i>Lepisorus thunbergianus</i> (Kaulf.) Ching	-0.05	-0.06	<i>Galium kamschaticum</i> Steller	-0.02	-0.10
<i>Lepisorus ussuriensis</i> (Regel et Maack) Ching	-0.02	-0.01	<i>Lonicera sachalinensis</i> (F. Schmidt) Nakai var. <i>stenophylla</i> Nakai	-0.06	-0.11
<i>Abies koreana</i> E.H. Wilson	0.55***	.	<i>Mitchella undulata</i> Siebold et Zucc.	0.27**	0.33**
<i>Taxus cuspidata</i> S. et Z.	-0.01	0.01	<i>Parasenecio adenostyloides</i> (Franch. et Sav. ex Maxim.) H. Koyama	0.05	0.27**
<i>Betula ermanii</i> Cham.	-0.03	-0.11	<i>Majanthemum bifolium</i> (L.) F.W. Schmidt	0.34***	0.09
<i>Quercus mongolica</i> var. <i>crispula</i> (Blume) H. Ohashi	-0.16	-0.24**	<i>Ophiopogon japonicus</i> KER-GAWL.	-0.01	0.03
<i>Magnolia sieboldii</i> K. Koch	-0.16	-0.25**	<i>Smilax china</i> L.	-0.10	-0.17
<i>Thalictrum aquilegifolium</i> L. var. <i>sibiricum</i> Regel et Tiling	-0.13	-0.22	<i>Smilax sieboldii</i> Miq.	-0.13	-0.16
<i>Berberis amurensis</i> var. <i>quelpaertensis</i> Nakai	-0.04	-0.07	<i>Arundinella hirta</i> (Thunb.) Tanaka	-0.05	-0.10
<i>Asarum maculatum</i> Nakai	0.03	0.05	<i>Arundinella hirta</i> var. <i>ciliata</i> Koidz.	0.25**	0.37***
<i>Asarum sieboldii</i> Miq.	0.24**	0.21*	<i>Festuca ovina</i> L.	0.09	-0.03
<i>Hydrangea petiolaris</i> Siebold et Zucc.	0.30**	0.29**	<i>Sasa quelpaertensis</i> Nakai	0.25**	0.44***
<i>Potentilla dickinsii</i> Franch. et Sav.	-0.19	-0.31**	<i>Arisaema amurense</i> Maxim.	-0.08	-0.09
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	-0.01	-0.09	<i>Carex nervata</i> Franch. et Sav.	-0.07	-0.12
<i>Prunus maximowiczii</i> Rupr.	0.05	0.27**	<i>Carex humilis</i> var. <i>nana</i> (H. Lev. et Vaniot) Ohwi	-0.03	-0.05
<i>Pourthiaea villosa</i> (Thunb.) Decne.	-0.07	-0.12	<i>Liparis krameri</i> Franch. et Sav.	-0.02	0.04
<i>Malus baccata</i> (L.) Borkh.	-0.01	0.03	<i>Cephalanthera erecta</i> (Thunb.) Blume	0.06	0.22*
<i>Malus sieboldii</i> (Regel) Rehder	-0.13	-0.18	<i>Goodyera schlechtendaliana</i> Rchb. f.y.	-0.10	-0.13
<i>Sorbus alnifolia</i> (Siebold et Zucc.) K. Koch	-0.06	-0.15	<i>Platanthera mandarinorum</i> var. <i>brachycentro</i> (Franch. et Sav.) Koidz. ex Ohwi	-0.12	-0.19

*0.01<p≤0.05, **0.001<p≤0.01, ***p≤0.001.

^zA: with coverage of the seedlings of Korean fir, ^yB: with frequency of the seedlings of Korean fir.

람쥐꼬리(r = 0.48, p<0.001), 제주조릿대(r = 0.44, p<0.001) 등의 식물과 높은 상관성을 보여주었다(Table 7).

구상나무 유묘의 피도 및 빈도와 하층을 구성하는 주요 식물 종들의 피도 및 빈도의 상관관계를 비교해본 결과, 구상나무의 유묘와 치수는 제주조릿대 뿐만 아니라 다른 주요 식물 분류군들과도 유의한 상호관계를 유지하고 있는 것을 확인할 수 있는데, 이러한 상호관계에 대한 내용은 추후 연구가 필요하다. 두

분석에 모두 유의한 하층식물은 제주조릿대, 다람쥐꼬리, 등수국, 털새 및 좁고추나무 등으로 나타났다.

고 찰

연구 조사지 125개의 5×5 m 방형구를 대상으로 조사해 본 결과, 치수 발생이 교란되어 높이가 30 cm 이상이 되는 치수를

볼 수 없었다는 것이다. 유묘는 615개체가 발견되었고, ha 당 대략 2,000개체가 5 ha 전체로 보면 약 10,000개체가 발생했을 것으로 추정해 볼 수 있다. II-5 지역 주변에 유묘가 다수 발생한 경우가 가끔 발견된다. 따라서 구상나무 유묘는 전체적으로 발생한 개체수는 많지 않지만 발생은 계속되고 있는 것으로 예측해 볼 수 있다. 하지만 구상나무 유묘가 30 cm 이상 치수 및 1 m 이상 유목이 되는 과정에서 어떠한 교란 현상이 발생하는지에 대한 장기모니터링이 이루어져야 할 것으로 생각된다. 본 연구에서 주목할 만한 사항은 연구 조사지에서 구상나무의 유묘와 치수의 피도와 빈도는 제주조릿대의 피도와 빈도와 유의한 양의 상관관계를 보인다는 것이다. 이는 연구 조사지의 하층에 가장 우점하여 분포하는 제주조릿대가 구상나무의 유묘 및 치수 발생을 억제하는 경쟁적 상호관계를 보이지 않는다는 것이다. 이러한 사항들을 종합해 보았을 때, 현재 이 연구 조사지를 포함한 한라산국립공원의 구상나무숲에서 구상나무의 치수가 발생하지 않은 가장 중요한 요인은 제주조릿대가 아니라 다른 요인이 있을 수 있다는 것이다. 1) Park *et al.* (2021)의 연구에 따르면, 한라산 구상나무는 지리산과 덕유산에 비하여 흉고단면적이 큰 것으로 분석되었다. 이것은 한라산 구상나무가 타 지역에 비하여 노쇠했을 가능성이 높다. 따라서 한라산 구상나무의 큰 치수와 유목이 존재하지 않는다는 것은 구상나무숲에서 현재 구상나무의 천연갱신이 멈춘 것이라고 할 수 있다. 구상나무 유묘 발생부터 시작하여 치수가 형성되어가는 천이과정에 대하여 전반적인 생태계 연구가 필요하다. 2) 특히, 구상나무 종자의 발아를 포함하여 유묘가 치수로 되는 과정에서 어떤 요인 때문에 종자의 발아가 제한되고, 유묘의 숫자가 줄어드는지에 대한 교란원인을 규명해야 할 것이다. 3) Lee (2017)은 본 조사에서 발생한 총 616개의 유묘 중에서 140개체(22.7%)가 섭식 피해 본 징후가 나타난 것으로 파악되었고, 국내·외 연구 사례에 비추어 보았을 때 유제류에 의한 섭식 피해 가능성과 그 기작에 대한 연구를 수행해야 할 것으로 판단한다. 4) 유제류에 의하여 구상나무 유묘와 치수에 대한 섭식피해를 파악하기 위하여 구상나무숲에 울타리(fence)를 설치하여 그 영향 정도와 기작을 알아나가는 배제(exclosure) 실험 및 밀도(enclosure) 관련 실험 연구를 시행할 필요가 있다. 5) 구상나무숲의 생물다양성과 생태적 건강성을 증진하기 위하여 하층식생의 보전과 생물종다양성의 유지가 필요한 연구도 병행되어야 한다. 6) 따라서 이러한 연구는 진달래밭대피소 인근(동사면)뿐만 아니라 한라산국립공원 구상나무숲 전체로 연구가 확대되어 시행되어야 할 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 한라산국립공원 동사면에 위치한 구상나무숲에서 구상나무의 유묘 및 치수발생 현황을 파악하기 위하여 수행되었다. 2016년 6 ~ 8월 사이에 5 × 5m 방형구 125곳을 대상으로 계통추출법을 적용하여 임황, 지황, 구상나무 유묘와 치수 발생 현황과 발달 상황 및 제주조릿대를 비롯한 하층식생 등에 대한 조사를 실시하였고, 수집된 자료를 중심으로 상관분석을 실시하였다. 조사한 전체 125개 방형구 중에서 유묘가 나타난 곳은 43.2%인 54개 방형구에서 616개체 발견되었다. 71개 방형구에서는 유묘를 확인하지 못하였으며, 각 방형구의 유묘 개체수는 평균 4.9개로, 치수발생은 거의 없는 것으로 나타났다. 조사된 전체 125개 방형구 내의 주요 식물종은 31과 44속 56종으로 조사되었으며, 상층목으로는 구상나무, 마가목, 산개벚치나무, 주목 등이 주요 우점종으로 파악되었다. 주요 하층식생은 제주조릿대, 뱀톱, 다람쥐꼬리 및 등수국 등이 조사되었다. 이들 식물 중에서 구상나무 유묘의 빈도와 피도에 대해서 높은 양의 상관성이 있는 식생은 제주조릿대, 뱀톱, 다람쥐꼬리 순으로 나타났다. 구상나무 유묘의 빈도 및 피도는 제주조릿대의 빈도 및 피도와 양의 상관성이 있는 것이었는데, 이는 구상나무의 유묘는 제주조릿대의 피도가 높은 곳에 더 많이 나타나는 것으로 추정할 수 있으며, 이에 대한 추가적인 연구가 필요한 것으로 생각된다. 본 연구를 통해서 한라산국립공원 동사면 구상나무숲 내에서 구상나무 유묘의 발생은 이루어지고 있으나 치수로 발달하는 과정에서 교란이 일어나는 것이 파악되었고, 구상나무 유묘 발생 및 치수 발달에 교란을 야기하는 한 가지 요인으로 유제류에 의한 섭식일 가능성을 추정해 볼 수 있다. 따라서 유제류 섭식 등의 연구를 추후 한라산 전반에 걸쳐 유묘 및 치수의 발생 현황을 파악하고, 식생 천이와 생태계 발달 상황을 모니터링하며, 그 교란 원인을 파악하여, 구상나무의 천연갱신이 원활하게 일어나도록 하는 것은 우리나라 특산식물인 구상나무를 보전함에 핵심적으로 중요한 사항이라고 할 수 있다.

Conflicts of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

References

Becking, R.W. 1957. Zurich-Montpellier School of Phyto-

- sociology. Bot. Rev. 23:411-488.
- Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensozologie. 3rd ed. Wien, Springer, New York, USA. p. 865.
- Chung, G.Y., K.S. Chang, J.M. Chung, H.J. Choi, W.K. Paik and J.O. Hyun. 2017. A checklist of endemic plants on the Korean Peninsula. Korean J. Pl. Taxon. 47(3):264-288 (in Korean).
- Chung, Y.S. 1998. Effects of seed weight level on the germination and seedlings growth of *Abies koreana*. Kon-Kuk J. Nat. Sci. Tech. 9(1):7-14 (in Korean).
- Gill, R.M.A. 1992. A review of damage by mammals in north temperate forests: 1. deer. Forestry 65(2):145-169.
- Harper, J. 1977. Population Biology of Plants. Academic Press, New York, USA. p. 892.
- Hong, S.G., J.J. Kim and H.K. Cho. 2008. Studies on natural regeneration of *Abies koreana*. The National Aca. Sci. 47(1): 71-84 (in Korean).
- IUCN. 2020. The IUCN Red List of Threatened Species. (accessed on 10 April 2020). <https://www.iucnredlist.org/species/31244/9618913>.
- Kang, M.I. 2013. Stock-farming folklife and extinction of Mt. Halla Sangsan-graze during the modern and contemporary. Research Institute for the Tamla Culture 43:137-195 (in Korean).
- KBS. 2020. KBS Special UNESCO World Heritage 8-part Prologue Nature's Time Capsule. (accessed on 20 April 2020). <http://www.kbs.co.kr>.
- Kim, C.S., J.G. Koh and S.W. Lee. 2007. Korean Fir in Mt. Halla. Research Institute for Hallasan, Jeju Special Self-Governing Province. Jeju, Korea. pp. 1-184 (in Korean).
- Kim, D.S., S.H. Ko, J.G. Kim and J.G. Koh. 2015. Growth dynamics of Korean fir in Mt. Hallasan. Proc. Korea Soc. Environ. Ecol. Con. 25(1):12.
- Kim, E.S. 1994. Decline of tree growth and the changes of environmental factors on high altitude mountains. National Research Foundation of Korea. Daejeon, Korea. pp. 1-89 (in Korean).
- _____. 2015. Preservation/restoration problem of Hallasan Korean fir (*Abies koreana*) forest, stands at the crossroads of decline/degeneration. presentation of case studies on ecosystem monitoring in response to climate change and discussion of measures for conservation and restoration of Hallasan Korean fir forest. National Institute of Forest Science. Seoul, Korea. pp. 7-48 (in Korean).
- _____. 2016. Forest Ecological Considerations for Restoration of Korean fir (*Abies koreana*) forest: an Approach to Aging and Low Fertility Problems in Hallasan Korean fir forest. Symposium source-book for Conservation of Endangered & Korean endemic Coniferous Tree Species Due to Climate Change. National Institute of Forest Science. Seoul, Korea. pp. 1-144.
- Kim, E.S., C.H. Oh, H.C. Park, S.H. Lee, J.H. Choi, S.H. Lee, H.B. Cho, W.T. Lim, H.J. Kim and Y.K. Yoon. 2016. Disturbed regeneration of saplings of Korean fir (*Abies koreana* Wilson), an endemic tree species, in Hallasan National Park, a UNESCO Biosphere Reserve, Jeju Island, Korea. JMIC 5:68-78.
- Kim, E.S., J.W. Lee, I.J. Choi, W.T. Lim, J.H. Choi, C.H. Oh, S.H. Lee and Y.S. Kim. 2017. Disturbance in seedling development of Korean fir (*Abies koreana* Wilson) tree species on higher altitude forests of Mt. Hallasan National Park, the central part of Jeju Island, Korea. J. Ecol. and Environ. 41:22.
- Kim, G.B., K.J. Lee and J.O. Hyun. 1998. Regeneration of seedlings under different vegetation types and effects of allelopathy on seedling establishment of *Abies koreana* in the Banyabong Peak, Mt. Chiri. J. Korean Soc. For. Sci. 87(2):230-238 (in Korean).
- Kim, G.T., G.C. Choo and T.W. Um. 1997. Studies on the structure of forest community at Cheonwangbong - Deokpyungbong area in Chirisan National Park - *Abies koreana* Forest -. J. Korean Soc. For. Sci. 86(2):146-157 (in Korean).
- Kim, G.T., G.C. Choo and T.W. Um. 2007. Studies on the structure of *Abies koreana* Community at subalpine zone in Hallasan. Korean J. Env. Eco. 21(2):161-167 (in Korean).
- Kim, G.T., J.S. Kim and G.C. Choo. 1991. Studies on the structure of forest community at Banyabong area -*Abies koreana* forest-. Kor. J. Env. Eco. 5(1):25-31 (in Korean).
- Kim, Y.S. 1996. Study on the Change of Forest Type and the Diameter Growth Characteristics of Korean Fir (*Abies koreana* Wilson) on Mt. Halla. Department of Forest Resources, MS. Thesis, Kookmin Univ., Korea. pp. 1-42 (in Korean).
- KMA. 2020. Korean Meteorological Administration. <http://www.data.kma.go.kr/>
- Koh, J.G., D.S. Kim, S.C. Koh and M.H. Kim. 1996. Dynamics of *Abies koreana* forests in Mt. Halla. Society for Jeju Studies 13:223-241 (in Korean).
- Koh, J.G., O.M. Myung and C.S. Kim. 2008. Flora of Baengnokdam Crater and Dongsuak Crater of Mt. Halla, Korea. J. Korean Plant Environ. 4(1):1-11 (in Korean).
- Kong, W.S. 2014. Species composition and distribution of native Korean conifers. J. Korean Geo. 39(4):528-543 (in Korean).

- Kong, W.S. and D. Watts. 1993. The plant Geography of Korea with Emphasis on the Alpine Zones. Kluwer Academic Publishers Dordrecht, Czech Republic. pp. 1-244.
- Korea Forest Service and Korean Society of Forest Science. 2011. Forest and Forestry Terminology and Concepts Dictionary. Daejeon, Korea. pp. 1-921 (in Korean).
- Korea National Arboretum. 2008. Rare Plants Data Book in Korea. Pocheon, Korea. pp. 1-296 (in Korean).
- _____. 2014. Forest of Korea(I) Conservation of Korean fir (*Abies Koreana*) in a Changing Environment. Pocheon, Korea. pp. 1-231.
- _____. 2020. Korean Biodiversity Information System. (accessed on 10 April 2020). <http://www.nature.go.kr>.
- Kupferschmid, A.D., S. Zimmermann and H. Bugmann. 2013. Browsing regime and growth response of naturally regenerated *Abies alba* saplings along light gradients. For. Ecol. Manage. 310:393-404.
- Kupferschmid, A.D., U. Wasem and H. Bugmann. 2014. Light availability and ungulate browsing determine growth, height and mortality of *Abies alba* saplings. For. Ecol. Manage. 318:359-369.
- Lee, D.G., K.W. Kwon, J.H. Kim and G.T. Kim. 2014. Silviculture: sustainable Ecological Management of Forest. Hyangmunsa. Seoul, Korea. pp. 1-334 (in Korean).
- Lee, G.Y. 1992. Diameter distribution and community structure of Korean fir (*Abies Koreana*) stand in Mt. Jiri. Res. Bull. Exp. Forests. Gyeongsang National Univ. 2:1-15 (in Korean).
- Lee, J.W. 2017. A study on the Occurrence of Seedlings and Saplings of Korean fir (*Abies koreana* E.H. Wilson) on Mt. Hallasan National Park. Department of Forest Resources, MS. thesis, The Kookmin Univ., Korea. p. 64 (in Korean).
- Lee, K.Y. 1974. The Influence of seed-size on the growth of seedlings and some characters in *Pinus koraiensis*. J. Agric. Life Sci. 8:19-24 (in Korean).
- Lee, T.B. 1970. *Abies koreana* and its new forms discovered. J. Korean Soc. For. Sci. 10(1):5-6 (in Korean).
- _____. 1982. Endemic plants and their distribution in Korea. Bulletin of the Kwanak Arboretum, Seoul, Korea. pp. 71-113 (in Korean).
- _____. 2006. Coloured Flora of Korea, Vol I , II. Hyangmunsa, Seoul, Korea. pp. 1-914 (in Korean).
- Lee, Y.W. and S.C. Hong. 1995. Ecological studies on the vegetation characteristics of the *Abies koreana* forest. J. Korean Soc. For. Sci. 84(2):247-257 (in Korean).
- Ministry of Environment. 2016. Plant community structure and ecosystem function assessment techniques developed by the computing visualization techniques. Korea Environmental Industry & Technology Institute, Seoul, Korea. pp. 1-372 (in Korean).
- NIBR. 2020. Korean Endangered Species. (accessed on 10 April 2020). <https://species.nibr.go.kr/>
- Park, B.J., J.D. Kim, J.W. Lee, S.W. Cho, T.I. Heo, D.H. Lee and J.G. Byun. 2021. A study on correlation between species composition and environmental factors in *Abies koreana* forest. Korean J. Plant Res. 34(2):144-155 (in Korean).
- Park, I.H. and G.D. Kim. 1986. Forest structure, biomass, and net production in a natural forest ecosystem at Mt. Baekun area. Forest Bioenergy 6(1):1-45 (in Korean).
- Potvin, F., B. Pierre and L. Gaétan. 2003. The eradication of balsam fir stands by white-tailed deer on Anticosti Island, Quebec: a 150-year process. Ecoscience 10(4):487-495.
- Shin, H.T., N.H. Yoo, J.S. Shin and H.G. Kang. 2010. A study on the physiological cycle of the Korean fir (*Abies koreana*) according to climate change: focusing on the Gyeong-sangnam-do Area. Proc. Pl. Res. So. Korea. 5:65.
- Song, J.H., K.H. Jang and S.D. Hur. 2010. variation of seed and germination characteristics of *Abies koreana* Wilson populations in Korea. Jour. Korean For. Soc. 99(6):849-854 (in Korean).
- Song, K.M. 2011. Vegetation structure and dynamics of *Abies koreana* forests on Mt. Halla. Department of Biological Science, Ph.D. Thesis, Jeju National University, Korea. p. 97.
- Song, K.M., C.S. Kim, J.G. Koh, C.H. Kang and M.H. Kim. 2009. A study on topographic characteristics of the distribution area of Hallasan Korean fir (*Abies koreana*) forest through image analysis. Proc. Pl. Res. So. Korea. 5:66.
- _____. 2010. Vegetation structure and distributional characteristics of *Abies koreana* forests in Mt. Halla. J. Environ. Sci. Int. 19(4):415-425 (in Korean).
- Song, K.M., Y.J. Kan and H.J. Hyeon. 2014. Vegetation structure at the slope direction and characteristic of seedlings of *Abies koreana* in Hallasan mountain. J. Environ. Sci. Int. 23(1):39-46 (in Korean).
- Wilson, E.H. 1920. Four new conifers from Korea. J. Arnold Arbor. 1:186-190.
- Yim, Y.J., G.S. Back and N.J. Lee. 1991. The Vegetation of Mt. Halla. A Study of Flora and Vegetation. CAU Publisher, Seoul, Korea. p. 103 (in Korean).

(Received 19 March 2021 ; Revised 19 April 2021 ; Accepted 28 April 2021)