

ORIGINAL ARTICLE

## 한라산 구상나무림의 사면별 식생구조와 치수발생 특성

송국만 · 강영제\* · 현화자

국립산림과학원 난대·아열대산림연구소

### Vegetation Structure at the Slope Direction and Characteristic of Seedlings of *Abies koreana* in Hallasan Mountain

Kuk-Man Song, Young-Je Kang\*, Hwa-Ja Hyeon

Warm-temperate and Subtropical Forest Research Center, Jeju 679-050, Korea

#### Abstract

This study surveyed *Abies koreana* to identify the correlation between its vegetation structure according to its slope direction and seedling establishment in a bid to build basic research data on the changes and conservation of the *A. koreana* in Hallasan Mountain. The findings of its vegetation structure revealed that in both areas, Importance value was given to the *A. koreana* for its tree layer, the *Taxus cuspidata* for its shrub layer, and the *Sasa quelpaertensis* for its herb layer. However, in the Youngsil area with the tree layer, high importance was given to deciduous broad-leaved trees such as *Prunus maximowiczii*, *Quercus mongolica*, and the young species of the *A. koreana* in the shrub layer that can maintain the *A. koreana* forest's greater importance in the Jindallebat than in the Youngsil. Thus, the *A. koreana* forest in the Jindallebat is believed to last longer. The findings of correlation between the quantity of seedlings and their location by area revealed that in each tiny quadrat, the *A. koreana* seedling averaged 5.3 in the Youngsil and 2.9 in the Jindallebat. Both areas were all found to have a positive correlation in terms of rock exposure ratio and dead tree ratio as well as a negative correlation with regard to the cover degree of *S. quelpaertensis*, the canopy gap, the total vegetation, and the herb layer. It was found that the cover degree of the herb layer in the Youngsil and the *S. quelpaertensis* in the Jindallebat had the largest impact on the *A. koreana* seedlings.

**Key words** : *Abies koreana*, Vegetation structure, Seedling, Hallasan Mountain,

#### 1. 서론

구상나무(*Abies koreana* E. H. Wilson)는 1920년에 우리나라의 특산종으로 발표된 수종으로서 분포 범위가 전라북도 덕유산 이남의 해발 1,000 m 이상의 고산지대에 주로 생육한다. 그러나 한라산 지역을 제외하고 구체적인 분포 면적에 대한 조사가 미흡하거

나 소수의 개체만이 드물게 분포하고 있다(Reserch Institute for Hallasan, 2007). 이들 지역에 비해 한라산 지역에는 광대한 면적의 순림을 형성하는 세계에서 유일한 구상나무림이 분포하고 있다(Song, 2011). 구상나무를 비롯한 고지대 수목의 생장은 기후와의 연관성이 매우 높아 온난화 등의 환경 변화 속도가 빨라짐에 따라 고사목 발생 빈도가 증가하고 성장량 감

Received 29 March, 2013; Revised 10 June, 2013;

Accepted 12 June, 2013

\*Corresponding author : Young-Je Kang, Warm-temperate and Sub-tropical Forest Research Center, Jeju 679-050, Korea

Phone: +82-64-730-7260

E-mail: yjkang@forest.go.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.

소의 다양한 악영향을 끼치고 있다. 따라서 이들 고산식물의 개체유지와 보존의 중요성이 높게 평가되고 있다(Binkley 등, 1994; Choung, 1998; Kong, 1999; Koo 등, 2001; Lee 등, 1993; Lim 등, 2006; Shin 등, 2008).

한라산 구상나무림에 대한 군락 생태학적 연구로는 Kang 등(1997), Lee 등(1993), Lee와 Hong(1995)은 식물사회학적 방법을 이용한 군락분류 결과 구상나무-제주조릿대 군락으로 구분하였고, 지리산(Kim과 Choo, 2000; Kim 등, 2000; Kim 등, 1997), 덕유산(Kim과 Choo, 2000), 가야산(Lee와 Cho, 1993) 등에서도 구상나무를 주요 군락으로 하는 군락 분류가 이루어졌다. 구상나무림의 확산과 쇠퇴에 관해서는 Koh 등(1996)이 치수발생과 층위별 분포 구배 조사결과 구상나무림이 점진적으로 확산된다는 보고와 이와 유사한 결과로서 Lee와 Cho(1993)는 교란이 발생한 구상나무림에서 교란이 발생하기 전 정착한 치수들이 그 공간을 메우는 Advance regeneration 방식으로 식생이 회복된다고 하였다. 또한 구상나무림이 기후 변화 등의 다양한 생태계 변화로 인해 쇠퇴한다는 연구로서 Kim 등(1998)은 구상나무가 기타 수종들과 수간 경쟁으로 인해 활력이 저조하여 고사목 발생빈도가 많아진다는 보고와 가까운 미래에 정상부에 구상나무가 점상으로 남아 멸종위기에 처하게 된다는 보고가 있다(Koo 등, 2001; Kim과 Kil, 1996).

식물을 포함한 대부분의 생물은 그들을 둘러싸고 있는 더 큰 지역의 일반적인 기후 특성과 일치하지 않는 국지적 기상에서 살아간다. 이런 미기상이 생물이 살아가는 조건을 규정하게 되며(Berry와 Bjorkman, 1980; Thomas와 Robert, 2011), 온도와 습도의 변화는 식물의 생장에 영향을 미치게 된다(Chmielewski 등, 2004; Chon 등, 1999; Jo와 Ahn, 2008; Shin 등, 2001; Shin 등, 2008). 제주도는 한라산의 지형적 특성으로 인해 지역별 기온, 풍속, 풍량, 상대습도, 강수량, 증발량 등에 많은 차이를 보인다(Moon, 1989). 뿐만 아니라 고도별 다양한 식물상과 식생구조가 나타난다(Cha, 1969; Lee 등, 2010; Kong, 1999; Oh 등, 2007).

한라산 아고산 지역은 열악한 환경조건, 빈약한 토양층 등으로 인해 매우 척박한 생존 환경을 가지고 있

기 때문에 자손개체를 만들고 번식시키기 매우 어렵다. 또한 천이 수준이 유사한 것으로 추정되는 두 지역에서 최근 빠르게 변하는 환경 변화에 의해 식생구조가 다양화 되고 구상나무림을 유지하는데 다양한 저해 요소가 발생하고 있다. 따라서 지역에 따라 다양하게 나타나는 식생구조의 차이와 안정적인 구상나무림 식생구조 유지에 필요한 구상나무의 치수 발생과의 상관관계를 분석함으로써 구상나무림의 변화 및 보존 연구에 필요한 기초 자료를 구축하기 위해 본 연구를 실시하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 조사지역

한라산의 백록담을 중심으로 동부 지역의 진달래밭 주변과 서부 지역의 영실 지역은 한라산의 단일 집단으로서 가장 큰 면적을 차지하고 있다(Song 등, 2010). 각 지역에서 구상나무림이 분포가 시작되는 지점에서 정상지역으로 동일한 거리 조건과 수관 상층부가 구상나무 우점하는 지역중에서 등반로 등의 인위적 요인에 의해 영향을 받지 않는 양호한 구상나무림과 주변부를 포함하는 400 m<sup>2</sup>의 소방형구 25개(1 ha)를 각각 설치하였다(Fig. 1).

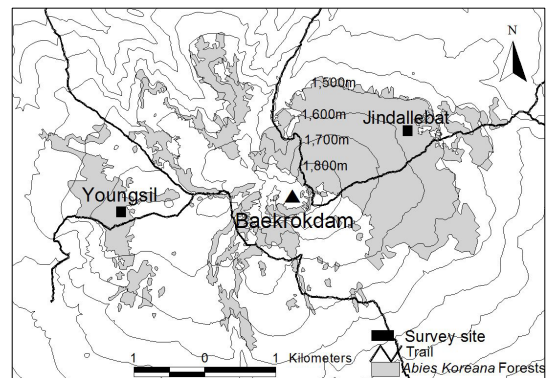


Fig. 1. The location map of the survey sites in Hallasan Mountain.

### 2.2. 조사방법

다양도와 중요도 등의 식생구조 분석을 위해 각 방형구에 출현하는 모든 개체의 수고, 흉고, 수관폭 등의 개체 형질과 암석 노출비율, 자갈 노출비율, 제주조릿

대의 피도, 낙엽피복도, 고사목의 피도, 숲틈의 피도, 식생 피도, 해발고도와 방위, 낙엽층 두께 등의 입지환경을 조사하였다. 또한 구상나무 치수 발생량을 조사하기 위해 400 m<sup>2</sup>의 소방형구를 25 m<sup>2</sup>의 미세소방형구로 다시 구획하여 초본층 이하에서 확인되는 모든 구상나무 치수의 개체수와 각 미세소방형구의 입지환경(암석노출도, 고사목 피도, 제주조릿대 피도, 상대광도(숲틈의 피도), 전체 식생피도, 초본층 피도)을 조사하였다.

2.3. 분석방법

조사된 결과를 바탕으로 방형구내에 존재하는 모든 종의 상대피도(Relative Coverage, RC), 상대밀도(Relative Density, RD), 상대빈도(Relative Frequency, RF)를 이용하여 층위별 출현종의 중요도지수(Importance value, IV)와 층위별 가중치를 부여하여 산출된 평균 중요도지수(Mean importance value, MIV)를 이용해 각 지역의 식생 구조 분석을 실시하였다. 조사된 중요도를 이용하여 다양성지수(Diversity index, H'), 최대 다양성지수(Max Diversity index, H' Max), 균등도지수(Evenness index, J)를 산출하여 비교하였다.

구상나무 치수 발생에 따른 동태를 분석하기 위해 구획된 각 미세소방형구에서 구상나무의 치수(초본층 이하), 입지환경[암석노출도, 고사목 피도, 제주조릿대 피도, 상대광도(숲틈의 피도), 전체 식생피도, 초본층 피도]을 변량으로 하는 상관분석(Correlation Analysis)을 실시[SPSS for Windows(SPSS Inc.) Release 10.0]하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 사면별 구상나무림의 식생구조

조사지역 방형구의 방위는 한라산 정상을 중심으로 위치한 방향을 잘 반영하고 있다. 영실 지역은 북서쪽을 중심으로 형성되어 있고, 진달래밭 지역은 동쪽을 중심으로 형성되어 있다. 영실 지역은 암석노출이 95%까지 높은 방형구는 제주조릿대의 피도가 매우 낮은 지역이다. 진달래밭 지역은 암석노출 비율이 40% 미만으로 조사되었으며, 모든 방형구에서 제주조릿대의 피도가 60%이상 매우 높게 나타나는 것으로 조사되었다. 두 지역의 교목층의 높이는 8 m까지 이루어져 있으며, 층위구분이 뚜렷하지 않고 초본층의 경우 제주조릿대의 영향으로 인해 1.2 m 정도로 높게 이루어져 있다(Table 1).

영실 지역 식생구조 분석결과 교목층은 구상나무가 가장 높은 중요도를 보이고 있으며, 주목과 산개벚나무, 신갈나무가 중요도가 비교적 높게 구성되어 있다. 관목층은 주목의 중요도가 가장 높았으며, 초본층에서는 제주조릿대의 중요도가 매우 높게 나타났다. 진달래밭 지역의 교목층에서는 상대적으로 구상나무의 중요도가 매우 높았으며, 관목층은 주목이 가장 높았지만 구상나무도 비교적 높게 나타나고 있다. 초본층은 제주조릿대의 중요도가 극히 높게 조사되었다.

영실과 진달래밭 지역은 현재 구상나무림의 식생구조가 큰 차이를 보인다(Table 3, Table 4). 진달래밭 지역은 비교적 구상나무 순림의 형태지만 영실 지역

Table 1. Vegetation features of *Abies koreana* forests on Youngsil and Jindallebat

Site	Youngsil	Jindallebat
Mean altitude(m)	1651	1546
Cardinal direction	WNW-N-NE	ENE-E-SE
slope(°)	0-10	4-15
Topography	Middle Slope	Middle Slope
Ratio of rock(%)	5-95	5-40
Ratio of gravel(%)	<1	<1
Ratio of sasa sp.(%)	0-95	60-98
Total vegetation cover(%)	70-98	95-98
Height(m)/coverage of tree layer(%)	4.5-8/30-80	6-8/20-65
Height(m)/coverage of shrub layer(%)	1.5-3/25-70	2-3.5/25-45
Height(m)/coverage of herb layer(%)	0.2-1.2/30-90	0.5-1.2/85-95

**Table 2.** Mean importance value of species distributed on tree, shrub and herb layer at Youngsil

Scientific name/Korean name	Layer			MIV
	Tree	Shrub	Herb	
<i>Abies koreana</i> 구상나무	106.23	38.76	4.6	66.80
<i>Taxus cuspidata</i> 주목	40.89	92.76	5.11	52.22
<i>Prunus maximowiczii</i> 산개벚나무	56.71	9.29	3.23	31.99
<i>Quercus mongolica</i> 신갈나무	45.24	4.26	1.27	24.25
<i>Sasa quelpaertensis</i> 제주조릿대	0	0	133.19	22.20
<i>Weigela florida</i> 붉은병꽃나무	6.23	36.01	3.85	15.76
<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i> 털진달래	2.46	29.86	1.79	11.48
<i>Magnolia sieboldii</i> 함박꽃나무	3.58	23.12	4.11	10.18
<i>Rhododendron yedoense</i> for. <i>poukhanense</i> 산철쭉	1.26	26.01	1.28	9.51
<i>Pourthiaea villosa</i> 윤노리나무	9.92	6.65	1.28	7.39
<i>Betula ermanii</i> 사스레나무	13.09	0	0	6.55
<i>Carex lanceolata</i> 그늘사초	0	0	36.25	6.04

The other species(MIV<5): *Symplocos chinensis* for. *pilosa* 노린재나무, *Juniperus chinensis* var. *sargentii* 눈향나무, *Sorbus commixta* 마가목, *Berberis amurensis* var. *quelpaertensis* 섬매발톱나무, *Lycopodium serratum* 뱀톱, *Viburnum furcatum* 분단나무, *Empetrum nigrum* var. *japonicum* 시로미, *Asarum maculatum* 개족도리, *Euonymus hamiltonianus* 참빗살나무, *Lycopodium chinense* 다람쥐꼬리, *Thalictrum filamentosum* var. *tenerum* 산팽의다리, *Dryopteris crassirhizoma* 관중, *Hosta minor* 줄비비추, *Oxalis acetosella* 애기괘이밥, *Parasenecio adenostyloides* 계박쥐나물, *Dryopteris naximowiczii* 진저리고사리, *Acer pseudosieboldianum* 당단풍, *Sorbus alnifolia* 팔배나무, *Asarum sieboldii* 족도리, *Lonicera maackii* 괴불나무, *Veratrum oxysepalum* 박새, *Agrostis flaccida* var. *trinii* 검정겨이삭, *Lycopodium obscurum* 만년석송, *Smilax sieboldii* 청가시덩굴, *Solidago virgaurea* subsp. *asiatica* 미역취, *Maianthemum bifolium* 두루미꽃, *Lepisorus ussuriensis* 산일엽초, *Arundinella hirta* var. *ciliata* 털새, *Schizophragma hydrangeoides* 바위수국, *Festuca arundinacea* 큰김의털, *Athyrium reflexipinnum* 거꾸리개고사리, *Festuca ovina* 산거울, *Lycopodium clavatum* 석송, *Carex ciliatomarginata* 털대사초, *Clematis koreana* 누른종덩굴, *Viola orientalis* 노랑제비꽃, *Trachelospermum asiaticum* 마삭줄, *Fallopia japonica* 호장근, *Ilex crenata* var. *microphylla* 좁쌀향나무, *Stephanandra incisa* 국수나무, *Dryopteris bissetiana* 산족제비고사리

**Table 3.** Mean importance value of species distributed on tree, shrub and herb layer at Jindallebat

Scientific name/Korean name	Layer			MIV
	Tree	Shrub	Herb	
<i>Abies koreana</i> 구상나무	151.54	57.71	2.40	95.41
<i>Taxus cuspidata</i> 주목	27.79	109.18	2.45	50.70
<i>Sasa quelpaertensis</i> 제주조릿대	0.00	0.00	199.25	33.21
<i>Prunus maximowiczii</i> 산개벚나무	35.77	11.84	0.00	21.83
<i>Sorbus commixta</i> 마가목	25.53	9.50	0.00	15.93
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i> 노린재나무	12.12	9.65	0.00	9.28
<i>Ilex crenata</i> var. <i>microphylla</i> 좁쌀향나무	0.00	21.86	5.51	8.21
<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i> 털진달래	0.00	20.93	2.41	7.38
<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i> 시로미	0.00	16.13	7.32	6.60
<i>Sorbus alnifolia</i> 팔배나무	11.47	0.00	0.00	5.74
<i>Euonymus alatus</i> 화살나무	3.82	9.93	0.00	5.22

The other species(MIV<5): *Malus sieboldii* 아그배나무, *Quercus mongolica* 신갈나무, *Acer pseudosieboldianum* 당단풍, *Rhododendron yedoense* for. *poukhanense* 산철쭉, *Berberis amurensis* var. *quelpaertensis* 섬매발톱나무, *Pourthiaea villosa* 윤노리나무, *Festuca ovina* 산거울, *Elaeagnus umbellata* 보리수나무, *Senecio nemorensis* 금방망이, *Parasenecio adenostyloides* 계박쥐나물, *Hydrangea petiolaris* 등수국, *Pourthiaea villosa* 윤노리나무, *Pinus densiflora* 소나무, *Smilax sieboldii* 청가시덩굴, *Lycopodium serratum* 뱀톱, *Euonymus hamiltonianus* 참빗살나무, *Zanthoxylum schinifolium* 산초나무, *Arundinella hirta* var. *ciliata* 털새, *Rosa multiflora* 짙레, *Smilax china* 청미래덩굴, *Mitchella undulata* 호자덩굴, *Smilax riparia* var. *ussuriensis* 밀나물, *Lepisorus ussuriensis* 산일엽초, *Asarum maculatum* 개족도리, *Athyrium niponicum* 개고사리, *Lycopodium chinense* 다람쥐꼬리, *Asarum sieboldii* 족도리, *Stegogramma mapozoi* subsp. *mollissima* 진퍼리고사리

**Table 4.** Species diversity indices of *Abies koreana* forests on Youngsil and Jindallebat

Type	Layer	No. of Species	Diversity index(H')	Maximum H' (H'max)	Evenness index(J')
Youngsil	Tree Layer	15	0.645	1.176	0.549
	Shrub Layer	17	0.817	1.230	0.664
Jindallebat	Tree Layer	13	0.511	1.114	0.459
	Shrub Layer	16	0.766	1.204	0.636

은 산개벚치나무와 신갈나무와 같이 낙엽활엽수가 높은 피도를 보이고 있는 것으로 조사되었다. 또한 구상나무림을 유지시킬 수 있는 관목층의 구상나무 어린 개체는 영실 지역 보다는 진달래밭 지역에서 중요도가 높게 나타나고 있기 때문에 현재 교목층의 구상나무가 고사되고 관목층의 구상나무가 교목층을 정상적으로 구성한다면 진달래밭 지역의 구상나무림이 더 오랫동안 유지될 것으로 판단된다.

출현종수는 진달래밭 지역보다 영실 지역이 많았으며, 다양도 지수는 영실 지역이 모든 층위에서 높게 나타나는 것으로 조사되었다. 하지만 식생 구조 분석에서의 결과와 같이 영실 지역보다는 진달래밭 지역이 구상나무의 중요도가 가장 높게 나타나는 것은 진달래밭 지역이 단순림에 가까운 상태를 보이는 것으로 판단할 수 있다.

**3.2. 치수발생과 입지환경과의 상관관계 분석**

구상나무의 치수는 각 미세소방형구에서 영실 지역에서는 평균 5.3개, 진달래밭 지역은 2.9개가 있는 것으로 조사되었다. 식생구조 분석결과를 연관시켜 보면 영실 지역이 치수 발생은 양호하지만 관목으로 성장하는 개체수가 적고, 진달래밭 지역의 구상나무 치수는 관목으로 성장한 개체가 영실 보다는 많은 것

으로 추정 할 수 있다. 두 지역 모두 암석노출비율, 고사목 비율과는 정의상관, 제주조릿대의 피도, 숲틈의 피도, 전체 식생피도, 초본층 피도와는 부의상관 관계에 있는 것으로 조사되었다. 제주조릿대를 제외한 초본층에 출현하는 종들의 피도에 따라 영실 지역에서 구상나무의 치수 발생에 가장 큰 영향을 끼치는 것으로 분석되었으며, 진달래밭 지역에서는 제주조릿대의 피도가 구상나무의 치수 발생에 가장 큰 영향을 끼치는 것으로 분석되었다.

Kim(1997)은 구상나무의 치수는 대부분 산림 주변에서 주로 발생하고 점진적으로 확산하는 것으로 보았다. Hong 등(2008)의 조사에서는 구상나무 치수는 임연부에서만 나타나고, 임내에서는 나타나지 않는다고 보고하였다. 구상나무의 치수 발생은 상층에 분포하는 개체의 수관 피도(Chung 등, 1996)와 상대광도(Cho 등, 2001)에 의해 영향을 받는다. 또한 식생 구조와 동태는 치수의 상태와 개체수에 따라 크게 결정되며, 자연림의 치수 발생은 환경 요인에 의해 크게 영향을 받는다(Reeder, 1993). 입지요인 중에서 암석노출도 등과 같은 미세지형이 유리하게 작용하여 그 주변에 집중되어 나타나기도 한다(Hong 등, 2008), 토심과는 부의 상관관계가 있다(Kim 등, 1998). 또한 Song(2011)은 암석노출의 경우 지역(만세동산과 방

**Table 5.** Correlation between number of seedling and vegetational conditions of each survey site on Hallasan Mountain

Factor	Yeongsil	Jindallebat
Coverage of rock	0.297**	0.260**
Coverage of dead tree	0.225**	0.168**
Coverage of <i>Sasa quelpaertensis</i>	-0.234**	-0.294**
Coverage of canopy gap	-0.303**	-0.225**
Total vegetation coverage	-0.080	-0.194**
Coverage of herb layer	-0.313**	-0.074

\* : p≤0.05, \*\* : p≤0.01

아오름 지역)별로 다양한 영향을 끼치는 것으로 보고 하였다. 본 연구에서도 한라산 동부 지역의 진달래밭과 서부 지역의 영실 지역에서 동일 입지환경이라 할 지라도 지역별로 다양하게 나타남을 확인할 수 있었다. Hong 등(2008), Kim 등(1998), Yamamoto(1993)는 임연부에서 주로 밀생하는 제주조릿대는 지하경과 낙엽이 지면을 두껍게 덮고 있기 때문에 종자의 발아와 치수의 생장이 저해될 가능성이 높다고 하였다. 본 연구에서도 산림의 주연부와 산림 내부에서도 활발히 자라고 있으며 모든 지역에서 제주조릿대와 부의 상관관계를 보이고 있는 것으로 조사되었다. 따라서 구상나무림과 주변에 형성된 제주조릿대 군락은 매우 높은 밀도를 보이고 있어 하부식생의 다양도지수를 급속히 감소시키고 있으며(Kim, 1997), 한라산 아고산 지역에서 제주조릿대의 밀도 증가는 임연부에서 구상나무 치수 발생을 급격하게 감소시킬 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

본 연구는 한라산 구상나무를 대상으로 사면별 식생구조와 치수 발생과의 상관관계를 조사함으로써 구상나무림의 변화 및 보존 연구에 필요한 기초 자료를 구축하기 위해 실시하였다. 식생구조 분석결과 두 지역 모두 교목층은 구상나무, 관목층은 주목, 초본층은 제주조릿대의 중요도가 가장 높게 나타났다. 하지만 영실 지역은 교목층에서 산개벚치나무와 신갈나무와 같이 낙엽활엽수의 중요도가 높았고, 구상나무림을 유지시킬 수 있는 관목층의 구상나무 어린 개체는 영실 지역 보다는 진달래밭 지역에서 중요도가 높게 나타나고 있기 때문에 진달래밭 지역의 구상나무림이 더 오랫동안 유지될 것으로 판단된다. 각 지역별로 치수 발생량과 입지환경과의 상관관계 분석 결과 구상나무의 치수는 각 미세소방형구에서 영실 지역에서는 평균 5.3개, 진달래밭 지역은 2.9개가 있는 것으로 조사되었다. 두 지역 모두 암석노출비율, 고사목 비율과는 정의상관, 제주조릿대의 피도, 숲틈의 피도, 전체 식생피도, 초본층 피도와는 부의상관 관계에 있는 것으로 조사되었다. 영실 지역은 초본층 피도, 진달래밭 지역에서는 제주조릿대의 피도가 구상나무의 치수 발

생에 가장 큰 영향을 끼치는 것으로 분석되었다.

#### 참고 문헌

- Berry, J., Bjorkman, O., 1980, Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher Plants, Annual Review of Plant Physiology, 31, 491-543.
- Binkley, D., Son, Y. W., Kim, Z. S., 1994, Impacts of Air pollution on forests; A Summary of current situations, Journal of Korean Forest Society, 83(2), 229-238.
- Cha, J. H., 1969, The vertical distribution of the vegetation on Mt. Hanla, Journal of Plant Biology, 12(4), 19-29.
- Chmielewski, F. M., Muller, A., Bruns, E., 2004, Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, Agricultural and Forest Meteorology, 121, 69-78.
- Cho, H. K., Hong, S. G., Kim, J. J., 2001, Studies on Growth and Production of *Abies koreana* Seedlings under Different Relative Light Intensity, Journal of Korea Forest Energy, 20(2), 58-68.
- Chon, S. K., Shin, M. Y., Chung, D. J., Jang, Y. S., Kim, M. S., 1999, Characteristics of the Early Growth for Korean White Pine(*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.) and Effects of Local Climatic Conditions on the Growth, -Relation between Periodic Annual Increment and Local Climatic Conditions-, Journal of Korean Forest Society, 88(1), 73-85.
- Choung, Y. S., 1998, Effects of a Dam Construction on the Radial Growths of *Pinus densiflora*, The Korean Journal of Ecology, 22(3), 221-229.
- Chung, J. M., Lee, S. W., Lee, K. Y., 1996, Vegetation Structure, Regeneration Niche, and Dynamics of the Saplings in *Abies koreana* Forest of the Mt. Chiri, Journal of Korean Forest Society, 85(1), 34-43.
- Hong, S. G., Kim, J. J., Cho, H. K., 2008, Studies on Natural Regeneration of *Abies koreana*, The National Academy of Sciences, 47(1), 71-84.
- Jo, H. K., Ahn, T. W., 2008, Differences in Phenological Phases of Plants Subsequent to Microclimatic Change, Korean Journal of Environment and Ecology, 22(3), 221-229.
- Kang, S. J., Kwak, A. K., Takao, K., 1997, A Phytosociological Description of the *Abies koreana* Forest on Mt. Halla in Cheju Island, Korean Journal of

- Environment and Ecology, 20(3), 293-297.
- Kim, D. S., 1997, Vegetation Structure and Dynamics of Korean Fir Forest Edges in Mt. Halla, Master's Thesis Dissertation, Jeju University, Jeju, Korea.
- Kim, G. T., Choo, G. C., 2000, Comparison of Growth Condition of *Abies koreana* Wilson by Districts, Korean Journal of Environment and Ecology, 14(1), 80-87.
- Kim, G. T., Choo, G. C., Baek, G. J., 1998, Studies on the Structure of Forest Community in Subalpine Zone of Mt. Halla, - *Abies koreana* Forest, Journal of Korean Forest Society, 87(3), 366-371.
- Kim, G. T., Choo, G. C., Baek, G. J., 2000, Studies on the Structure of Forest Community at Myungsunbong, Tokp'yongbong Area in Chirisan National Park, - *Abies koreana* Forest -, Korean Journal of Environment and Ecology, 13(4), 299-308.
- Kim, G. T., Choo, G. C., Um, T. W., 1997, Studies on the Structure of Forest Community at Cheonwangbong-Deokpyongbong Area in Chirisan National Park, - *Abies koreana* Forest -, Korean Journal of Environment and Ecology, 86(2), 146-157.
- Kim, J. U., Kil, B. S., 1996, Estimation for Changes of Net Primary Productivity and Potential Natural Vegetation in the Korean Peninsula by the Global Warming, Journal of Ecology Field Biology, 19(1), 1-7.
- Koh, J. G., Kim, D. S., Koh, S. C., Kim, M. H., 1996, Dynamics of Korean Fir Forest, Research of Cheju-do, 13, 223-241.
- Kong, W. S., 1999, The Vertical Distribution of Air Temperature and Thermal Amplitude of Alpine Plant on Mt. Halla, Cheju Island, Korea, The Korean Geographical Society, 34(4), 385-393.
- Koo, K. A., Park, W. K., Kong, W. S., 2001, Dendrochronological Analysis of *Abies koreana* W. Mt. Halla, Korea: Effects of Climate Change on the Growths, Journal of Ecology Field Biology, 24(5), 281-288.
- Lee, C. S., Cho, H. J., 1993, Structure and Dynamics of *Abies koreana* Wilson Community in Mt. Gaya, Journal of Ecology Field Biology, 16(1), 75-91.
- Lee, K. J., Cho, W., Cho, H. S., 1993, The Structure of Forest Community and Vegetation Deteriorations on Subalpine Zone in Mt. Halla, Korean Journal of Environment and Ecology, 6(1), 44-54.
- Lee, S. C., Choi, S. H., Kang, H. M., Cho, H. S., Cho, J. W., 2010, The Change and Structure of Altitudinal Vegetation on the East Side of Hallasan National Park, Korean Journal of Environment and Ecology, 24(1), 26-36.
- Lee, Y. W., Hong, S. C., 1995, Ecological Studies on the Vegetational Characteristics of the *Abies koreana* Forest, Journal of Korean Forest Society, 84(2), 247-257.
- Lim, J. H., Woo, S. Y., Kwon, M. J., Chun, J. H., Shin, J. H., 2006, Photosynthetic Capacity and Water Use Efficiency under Different Temperature Regimes on Healthy and Declining Korean Fir in Mt. Halla, Journal of Korean Forest Society, 95(6), 705-710.
- Moon, H. S., 1989, A Comparative Study of Climate in Cheju and Sögwipo, The Geographical Journal of Korea, 14, 51-73.
- Oh, K. K., Koh, J. H., Kim, T. H., 2007, Altitudinal Distribution of Plant Communities at Donnaeko Valley in The Mt. Hallasan, Korean Journal of Environment and Ecology, 21(2), 141-148.
- Reader, R. J., 1993, Control of seedling emergence by ground cover and seed predation in relation to seed size for some old-field species, The Journal of Applied Ecology, 81(1), 169-175.
- Reserch Institute for Hallasan, 2007, Korean Fir in Mt. Halla, Yeolim Inc., 59-88.
- Shin, M. Y., Chung, S. Y., Han, W. S., Lee, D. K., 2008, Effects of Microclimatic of Different Site Types on Tree Growth in Natural Deciduous Forest, Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology, 10(1), 9-16.
- Shin, M. Y., Chung, S. Y., Lee, D. G., 2001, Estimation of Microclimate by Site Types in Natural Deciduous Forest and Relation between Periodic Annual Increment of Diameter and the Microclimatic Estimates - A Case Study on the National Forest in Pyunhchung, Kangwon Province-, Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology, 3(1), 44-54.
- Song, K. M., Kim, C. S., Koh, J. G., Kang, C. H., Kim, M. H., 2010, Vegetation Structure and Distributional Characteristics of *Abies koreana* Forests in Mt. Halla, Journal of the Environmental Sciences, 19(4), 415-425.
- Song, K. M., 2011, Vegetation Structure and Dynamics

- of *Abies koreana* Forests on Mt. Halla, Ph. D. Dissertation, Jeju University, Jeju, Korea.
- Thomas, M. S., Robert, L. S., 2011, Elements of ecology (7th Edition), Life science, Seoul, 1-637.
- Yamamoto, S., 1993, Gap characteristics and gap regeneration in a subalpine coniferous forest on Mt. Ontake, central Honshu, Japan, Ecology Resources, 8, 277-285.