

연구논문

## 한반도 주요 산정의 식물종 분포와 기후변화 취약종<sup>1)</sup>

공우석\* · 김건옥\*\* · 이슬기\* · 박희나\* · 조수현\*\*\*

경희대학교 지리학과\*, 한국자생식물보존회\*\*, 국립생물자원관 생물자원총괄과\*\*\*

### Distribution of High Mountain Plants and Species Vulnerability Against Climate Change

Woo-seok, Kong\* · Kunok, Kim\*\* · Sleggee, Lee\* · Heena, Park\* · Soo-Hyun, Cho\*\*\*

Department of Geography, Kyung Hee University\*, Korean Plant Conservation Society\*\*  
Biological Resources Coordination Division, National Institute of Biological Resources, Korea\*\*\*

### Abstract

This work aims to select the potentially vulnerable plant species against climate change at alpine and subalpine belts of Mts. Sorak, Jiri, and Halla, from central, southern, southern insular high mountains of the Korean Peninsula, respectively. The selection of global warming related vulnerable plants were performed by adapting various criteria, such as flora, endemism, rarity, floristically specific and valuable species, species composition at mountain summits, horizontal and vertical ranges of individual species, and their distributional pattern in the Korean Peninsula. Line and quadrat field surveys along the major trails from all directions at height above 1,500 meters above sea level of Mts, Sorak, Jiri and Halla were conducted each year during spring, summer, and autumn from 2010 to 2011.

Based upon above mentioned eight criteria, high level of climate change related potentially vulnerable arboreal plants, such as *Rhododendron aureum*, *Taxus caespitosa*, *Pinus pumila*, *Oplopanax elatus*, *Vaccinium uliginosum*, and *Thuja koraiensis* are noticed from at subalpine belt of Mt. Sorak. Species of *Abies koreana*, *Rhododendron tschonoskii*, *Oplopanax elatus*, *Taxus cuspidata*, *Picea jezoensis*, and *Juniperus chinensis* var. *sargentii* belong to climate change concerned vulnerable species at subalpine belt of Mt. Jiri. High level of climate change related species vulnerability is found at alpine and subalpine belts of Mt. Halla from *Diapensia lapponica* var. *obovata*, *Salix blinii*, *Empetrum nigrum* var. *japonicum*, *Vaccinium uliginosum*, *Juniperus chinensis* var. *sargentii*, *Taxus cuspidata*, *Rhamnus taquetii*, *Abies koreana*, *Hugeria japonica*, *Prunus buergeriana*, and *Berberis amurensis* var. *quelpartensis*. Countermeasures to save the global warming vulnerable plants *in situ* are required.

1) 이 연구는 2011년 환경부 주관 “국립생태원 고산정원 조성 방안 수립 연구”에 의하여 수행되었음.

Corresponding Author: Woo-seok, Kong, Department of Geography, Kyung Hee University, Korea Tel: +82-2-961-0548 E-mail: wskong@khu.ac.kr

Received: 9 January, 2014. Revised: 21 February, 2014. Accepted: 3 April, 2014.

Keywords : species vulnerability, global warming related vulnerable plants, species composition, distributional pattern, alpine and subalpine belts

## I. 서론

지구 온난화로 인해 지구 평균 온도는 1861년 이후 계속 증가하여 20세기가 지나면서 약 0.75℃까지 상승하였고, 고도 8km 이하 대류권의 기온도 계속 높아지는 추세이다. IPCC의 A1B 시나리오에 따르면 한반도 전 지역에서는 기온이 4℃ 상승하고, 남한 내륙지역에서는 기온이 3.8℃ 상승할 것으로 예측되었다(국립기상연구소, 2009a).

기후변화에 따른 한반도에서의 기온 상승과 강수량 변화는 현재의 자연환경에 적응해온 서식 생물과 생태계에 다양한 영향을 미치게 된다. IPCC 제4차 보고서(2007)에 따르면 지구의 온도가 1.5~2.5℃ 상승하면 동식물의 20~30%가 멸종하고 지리적 분포 범위가 크게 변하는 등 생물다양성과 생태계에 되돌릴 수 없는 영향을 미치게 된다(국립기상연구소, 2009b).

앞으로 100년 동안 지구의 평균기온이 1.0~3.5℃ 상승하면 기후대는 북극 쪽으로 약 150~550km 이동하게 되고, 중위도 지방에서 평균기온이 1℃ 상승하면 기후대는 북으로 약 150km, 산의 위쪽으로 150m 이동하여야 한다. 과거 식생 자료를 바탕으로 나무들의 이동 속도는 100년에 4~200km 정도인 것으로 알려졌다(공우석, 2010). 지구 온난화는 극지, 고산, 아고산, 사막, 습지 등 특이한 환경조건이 요구되는 생물의 서식지에 사는 생물에 피해를 가져올 수 있다. 특히 극지와 고산 등 한랭한 기후에 적응하여 살아온 생물들에게 기온 상승은 결정적인 피해를 미치게 된다(공우석 등, 2011).

기후변화가 우리 식물의 분포에 미치는 영향에 대한 연구는 기후변화 지표종 선발에 대한 연구(서민환 등, 2006), 기후변화가 활엽수와 침엽수에 미치는 연구(이준석, 2009), 기후변화 적응대상 식물종 선발(국립수목원, 2010), 기후변화와 생태계 전반에 미치는 영향(한국생태학회 생태전반집위원회, 2011) 등이 있으며 최근에 이 분야에 대한 관심이 높아지고 있다.

기후변화가 높은 산의 식물에 미치는 영향에 대한 연구는 고산식물의 종구성과 분포(Kong, 1999, 공우석, 2002), 고산식물종의 온도역(공우석, 2005), 고산식물의 기후변화 취약성(이슬기, 2011) 등이 있다.

특정산지에서 기후변화와 식물의 관계 연구는 한라산 고산식물과 기온 분포(공우석, 1999), 설악산 고산식물과 기후의 분석(공우석, 2000), 한라산 구상나무의 연륜과 기후 영향(구경아 등, 2001), 홍천에 격리 분포하는 월굴과 기후(공우석, 임종환, 2008), 지리산 고도별 식물의 온도역(윤종학 등, 2010), 덕유산에서의 고산식물의 계절성 변화(김혁진 등, 2011), 설악산 분비나무와 기후변화 관계(이호영, 2013) 등 일부 수종에 대한 사례 연구 중심으로 진행되었다. 그러나 고산에서 조사의 어려움 등으로 현지 조사를 기초로 한 주요 산지에 대한 종합적 분석은 없는 실정이다.

높은 산의 정상 일대는 낮은 기온, 강한 바람, 많은 강수량, 강한 일사, 척박한 토양 등 혹독한 자연환경을 보인다. 최근에 기온이 상승하면서 산정에 분포하는 식물들이 서식지에서 생리적으로 스트레스를 받아 쇠퇴하거나 다른 식물들과의 경쟁에서 밀리는 것으로 알려졌다. 그러나 한반도 고산대와 아고산대에 어떤 식물이 자라고 이들이 어떠한 분포유형을 보이고 있는지에 대한 정보가 부족한 실정이다.

고산과 아고산 생태계는 상대적으로 미세한 기후 변화에도 쉽게 서식지가 파괴되고 서식지 내에 자생하는 식물종들이 사라질 위험성이 크다. 우리나라 고산이나 아고산에 분포하고 있는 생물종은 과거 기후 변화에 따라 북방에서 한반도로 이동해온 빙기의 잔존종(殘存種) 또는 유존종(遺存種 relict species)으로 식물지리학적으로 가치가 높다. 이들이 해당 서식지에서 사라지면 인위적인 복원, 복구가 힘들뿐 아니라 지구상에서 멸종할 위험성이 있는 종들이므로 고산의 생물다양성을 현지 내 보전(*in-situ conservation*)을

위해 관심이 필요하다. 이 연구는 한반도 산정에 분포하는 식물종의 구성과 분포 특성에 기초하여 기후변화에 잠재적으로 취약할 것으로 예상되는 종을 선별하는데 목적이 있다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 지역

우리나라 주요 산지에서 기후변화에 취약할 것으로 보이는 식물종을 선별하기 위한 현지조사는 중부지방의 설악산, 남부지방의 지리산, 제주도의 한라산 고산대와 아고산대에서 계절별로 진행되었다. 남한 지역의 고산식물은 한반도 최고봉인 백두산의 식물상과 식생과 비교 검토하였다(Figure 1).

백두산(2,744m)은 북한과 중국에 걸쳐서 위치하고 있으며 한반도에서 높이가 가장 높다. 해발고도 1,650~2,150m에 사스래나무림, 1,860~2,150m에 고산초원대가 분포하고 있으며 고산식물 130여종이 자란다(이창복, 1990). 본 연구에서는 여러 선행 문헌에 기초하여 주로 해발고도 1,500m 이상에 자라는 식물종을 분석하였다.

설악산(1,708m)은 대청봉(1,708m)과 중청봉(1,676m)의 설악 주능선이 있으며 행정구역상 강원도 속초시, 인제군에 속한다. 설악산에는 극지고산식

물(arctic-alpine plant), 고산식물(alpine plant), 북방계식물(boreal plant)인 눈잣나무, 털개불알꽃, 홍월굴, 월굴, 들쭉나무, 등대시호 등이 분포한다(공우석, 2000, 홍문표, 2004). 설악산 내 조사지역은 남사면 오색코스 해발고도 1,500m 이상에서부터 대청봉, 중청봉, 소청봉을 포함한 범위의 아고산대이다.

지리산(1,915m)은 행정구역상으로 전라북도 남원시, 전라남도 구례군, 경상남도 산청군, 하동군, 함양군 등 3개도 5개시와 군 15개면에 걸쳐 있다. 주봉인 천왕봉(1,915m), 반야봉(1,751m), 노고단(1,507m)등 3대 고봉을 비롯하여 해발고도 1,500m 이상의 봉우리가 11개이다. 지리산의 고산식물은 31과 63속 58종 23아종으로 모두 81종류이다(정영호, 1989). 지리산 내 조사지역은 남동사면 법계사코스 해발고도 1,450m 이상에서부터 천왕봉, 장터목산장까지의 능선을 포함한 범위이다.

한라산(1,950m)은 제주특별자치도에 있는 천연보호구역이며, UNESCO 세계자연유산으로 지정된 남한의 최고봉이다. 한라산천연보호구역에 자라는 고유 식물종은 27과 49속 53분류군이며, 제주도 고유종은 22과 35속 39종이다. 한라산천연보호지역에 분포하고 있는 식물 중 희귀종은 43과 92속 116분류군이며, 고산식물이 많다. 한라산 내 조사지역은 어리목코스 해발고도 1,500m 이상으로 백록담을 포함한

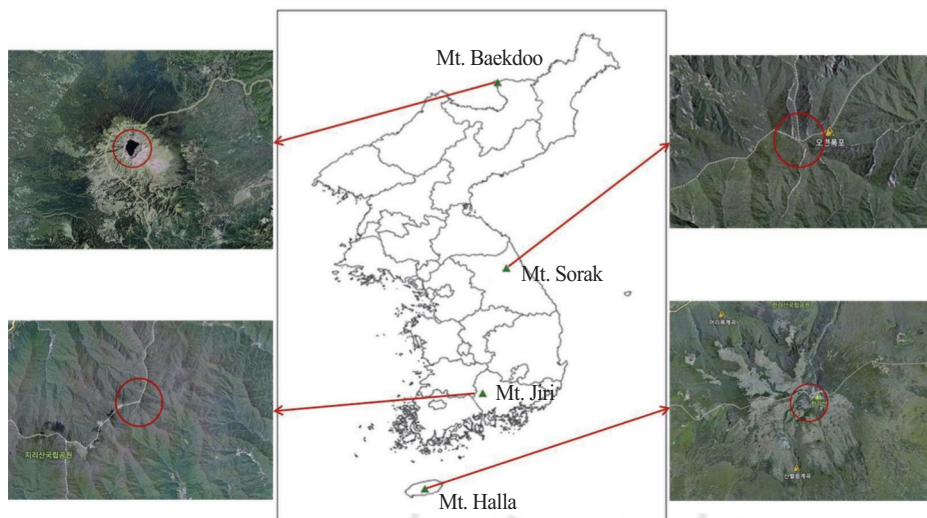


Figure 1. Study sites and remotely sensed images

아고산과 고산지역이다.

## 2. 연구 방법과 자료

북한의 백두산, 남한의 설악산, 지리산, 한라산 정상 일대의 자라는 목본류를 대상으로 식물상, 고유종, 법적 보호종, 멸종위기종, 위기종, 희귀종, 식물구계학적 특정식물종, 산정별 공통 식물 등 관련종의 특성과 주요 종의 수평적 분포와 수직적 분포역 등을 고려하여 기후변화에 잠재적으로 취약한 종을 선정하였다.

이 연구에서는 첫째, 주요 산지별로 고산식물이 분포하는 장소의 식물상 조사에 기초하여 산지별 고산식물의 종적 구성(species composition)과 관련종 특성을 파악하였다. 둘째, 고산식물의 지리적 분포 양상과 산지별 식물지리학적 특성을 규명하였다. 셋째, 지구 온난화가 조사지역 산지 내 고산식물에 미치는 영향을 바탕으로 잠재적인 취약종을 선발하였다.

산정 일대의 식물상과 식물분포에 대한 현지 조사는 2010~2011년에 걸쳐 설악산, 지리산, 한라산 해발고도 1,500m 이상에서 주 등산로를 중심으로 봄, 여름, 가을 매년 3차례씩 실시하였다. 조사구는 주 등산로를 중심으로 동·서·남·북의 4방위에서 고도별로 등산로를 따라서 식물상을 조사하였고, 동시에 10×10m 고정 방형구(quadrat)를 설치하였다. 고정 방형구는 설악산 19개소, 지리산 17개소, 한라산 31개소로 모두 67개소를 조사하였다. 현지 조사가 불가능한 백두산의 식물종 구성과 분포는 선행 문헌을 바탕으로 분석하였다.

식물상의 식물명과 과명, 학명은 원색대한식물도감(이창복, 2003)을 기본으로 하고 한국식물도감(이영노, 2006)을 참고해 정리하였다. 한반도에 자생하

는 고산식물의 목록은 박만규(1942), 정태현·이우철(1965), 김건옥 등(2007), 임록재(1997) 등을 바탕으로 작성하였다. 고산식물의 분포는 정영호(1989), Kong & Watts(1993, 1999), 공우석(2002), Kong(1998, 1999, 2006) 등의 자료와 함께 연구진의 현지 조사에 기초하였다. 백두산의 고산식물은 현지조사 대신 이창복(1990), 임록재(1997), 祝廷成 등(2003) 등 문헌조사 결과를 참조하였다.

고유식물(endemic plant)은 일반적으로 우리나라에만 자라는 식물로 특산식물이라고도 부른다. 고유종의 분류는 이창복(1982), 백원기(1994), 김무열(2004), 국립수목원(2005), 환경부(2005a), Flora of Korea Editorial Committee(2007)에 기초하였다. 희귀식물(rare plant)의 분류는 환경부(2005b), 국립수목원(2009)을 참고하였다. 특정식물 floristically specific plant)은 자생하는 관속식물 가운데 학술적, 생태적, 상업적, 사회적, 문화적, 심미적 가치 등이 높아 이미 멸종위기에 직면하였거나 급속히 감소될 우려가 있어 우선적인 보전대상이 되는 식물종이다(전승훈, 1997). 식물구계학적 특정식물종은 환경부(2006)의 식물구계학적 분포에 기초한 분류 기준에 따랐으며, 일부 종은 현지조사를 바탕으로 등급을 수정하였다(Table 1).

이 연구에서 기후변화 취약종은 고유종, 법적 보호종, 멸종위기종, 위기종, 희귀종, 식물구계학적 특정식물종으로 일부 산정에 제한적으로 자라고, 수직적으로 산지의 정상 가까이에서 자라 기후적으로 온도역(thermal amplitude)이 좁아 기후변화와 같은 외부에 대한 충격복원력(resilience)이 낮은 종이다.

Table 1. Floristically specific plants (Ministry of Environment, 2006)

Grades	Criteria
V	Isolated or disjunctively occurring plants with high conservation value
IV	Plant occurring at single subregion among four subregions
III	Plant occurring at two subregions among four subregions
II	Plants confined their distribution to above 1,000m a.s.l. of Baekdudaegan mountain range
I	Plant occurring at three subregions among four subregions

### III. 본 론

#### 1. 희귀 관련종과 식물구계학적 특정식물종

##### (1) 설악산

설악산 조사지역 내의 관속식물상은 45과 105속 122종 22변종 144분류군이다(Table 2). 양치식물은 3과 5속 5분류군(3.5%), 나자식물은 3과 4속 5분류군(3.5%), 피자식물은 39과 96속 112종 22변종 134분류군(93.0%)이다. 피자식물의 단자엽식물은 3과 11속 14종 1변종 15분류군(10.4%), 쌍자엽식물은 36과 85속 98종 21변종 119분류군(82.6%)이다. 쌍자엽식물 가운데 이관화는 24과 49속 57종 10변종 67분류군(46.5%)이고, 합관화는 12과 36속 41종 11변종 52분류군(36.1%)이다.

설악산 조사지역 내에 분포하는 식물 중 고유종은 16과 22속 16종 8변종 24분류군이다. 주목과 설악눈주목, 꿀풀과 참배암차즈기, 초롱꽃과 금강초롱꽃 등 3종이 앞에 소개한 고유종 관련 6개 문헌 모두에 포함되어 있다.

설악산 조사지역 내에는 19과 22속 22종 1변종 23분류군의 희귀식물종이 있다. 노랑만병초는 환경부의 법적보호종 멸종위기야생식물 II급이고, IUCN 평가기준에 의한 국립수목원(2009) 멸종위기종(CR, Critically Endangered Species)이다. 멸종위기종은 설악눈주목, 눈잣나무 등 2분류군이다. 위기종(EN, Endangered Species)은 가는다리장구채, 땃두릅나무, 까치수영, 만주송이풀 등 4분류군이다. 취약종(VU, Vulnerable Species)은 눈측백, 등대시호, 들쭉나무, 땃대시호, 금강초롱꽃 등 5분류군이다. 약

관심종(LC, Least Concerned Species)은 개석송, 세잎종덩굴, 도깨비부채, 꽃개회나무, 참배암차즈기, 금마타리, 계박쥐나물, 귀박쥐나물, 두메부추 등 9분류군이다. 자료부족종(DD, Data Deficient Species)은 토현삼, 도라지모시대 등 2분류군이다.

설악산 조사지역 내에는 환경부(2006)에서 지정한 식물구계학적 특정식물종(Floristically Specific Species) 32과 48속 52종 4변종 56분류군이 자란다. 설악산에서 식물구계학적으로 특정식물 V등급(보존 가치가 가장 높은 식물로 고립 혹은 불연속적으로 분포하는 식물)에 속하는 종은 설악눈주목, 눈잣나무, 눈측백, 가는다리장구채, 땃두릅나무, 등대시호, 노랑만병초, 들쭉나무, 금강초롱꽃 등 9종이다. IV등급(4개의 아구(亞區) 중 1개의 아구에만 분포하는 식물)에 속하는 종은 개석송, 덩불오리나무, 바람꽃, 도깨비부채, 덩불조팝나무, 둥근인가목, 돌갈매나무, 꽃개회나무, 좁새풀 등 9종이다.

III등급(4개 아구 중 2개의 아구에 분포하는 식물)에 속하는 종은 분비나무, 검종덩굴, 왜미나리아재비, 흰진범, 산오이풀, 부계꽃나무, 참당귀, 산앵도나무, 참배암차즈기, 토현삼, 땃대시호, 청과불나무, 계박쥐나물, 두메부추 등 14종이다. II등급(일반적으로 백두대간을 중심으로 1,000m 이상 지역에 분포하는 식물)에 속하는 종은 가래고사리, 매발톱나무, 난장이바위솔, 참바위취, 돌양지꽃, 산쥐손이, 노랑제비꽃, 쥐털이슬, 고본, 네귀쓴풀, 붉은병꽃나무, 금마타리, 정영영경귀, 곱취, 민박쥐나물, 귀박쥐나물, 왕쌀새, 두루미꽃, 박새 등 19종이다. I등급(4개의 아구 중에서 3개의 아구에 걸쳐 분포하는 식

Table 2. Vascular plants of Mt. Sorak

Taxa	Fam.	Gen.	Sp.	Var.	For.	Total
Pteridophyta	3	5	5			5
Gymnospermae	3	4	5			5
Angiospermae	39	96	112	22		134
Dicotyledoneae	36	85	98	21		119
Polypetalous flowers	24	49	57	10		67
Gamopetalous flowers	12	36	41	11		52
Monocotyledoneae	3	11	14	1		15
Total	45	105	122	22		144

물)에 속하는 종은 범꼬리, 투구꽃, 개구릿대, 까치수영, 소영도리나무 등 5종이다.

## (2) 지리산

지리산 조사지역 내의 관속식물상은 46과 106속 133종 25변종 1품종 159분류군이다(Table 3). 양치식물은 4과 10속 14종 1변종 15분류군(9.4%), 나자식물은 2과 4속 5분류군(3.2%)이고, 피자식물은 40과 92속 114종 24변종 1품종 139분류군(87.4%)이다. 피자식물 중 단자엽식물은 3과 14속 20분류군(12.6%), 쌍자엽식물은 37과 78속 94종 24변종 1품종 119분류군(74.8%)이다. 쌍자엽식물 가운데 이판화는 25과 50속 60종 10변종 1품종 71분류군(44.6%)이고, 합판화는 12과 28속 34종 14변종 48분류군(30.2%)이다.

지리산 조사지역 내에 분포하고 있는 식물 중 고유종은 14과 21속 14종 7변종 21분류군이다. 구상나무, 갈퀴아재비 등 2분류군이 고유종 관련 6개의 자료에 모두 포함되어 있다.

지리산 조사지역 내에는 13과 14속 12종 2변종 14분류군의 희귀식물종이 자란다. 환경부의 법적보호종은 조사되지 않았다. 국립수목원(2009)에 의한 IUCN 평가기준에 의한 위기종(EN)은 땃두릅나무, 흰참꽃, 까치수영 등 3분류군이다. 취약종(VU)은 주목, 가문비나무, 땃덩이나무, 나도옥잠화 등 4분류군이다. 약관심종(LC)은 구상나무, 세잎종덩굴, 금마타리, 한라부추 등 4분류군이다. 자료부족종(DD)은 큰고추나무, 도라지모시대, 백두사초 등 3분류군이다.

지리산 조사지역 내에는 환경부(2006) 지정한 식

물구계학적 특정식물종으로 27과 46속 47종 3변종 50분류군이다. 식물구계학적으로 특정식물 V등급에 속하는 종은 가문비나무 등 1종이다. IV등급 종은 구상나무, 가문비나무, 주목, 땃두릅나무, 흰참꽃 등 4종이다.

III등급 종은 진저리고사리, 흰진범, 산오이풀, 부계꽃나무, 노각나무, 산앵도나무, 긴산꼬리풀, 갈퀴아재비, 소영도리나무, 땃덩이나무, 청괴불나무, 가야산은분취 등 12종이다. II등급 종은 퍼진고사리, 가래고사리, 동자꽃, 난장이바위솔, 참바위취, 털팽이는, 들양지꽃, 회목나무, 복장나무, 노랑제비꽃, 쥐털이슬, 개시호, 네귀손풀, 금마타리, 정영영경귀, 곰취, 나래박쥐나무, 나도옥잠화, 박새, 한라부추, 말나리 등 21종이다. I등급 종은 지리산숲고사리, 잣나무, 물오리나무, 범꼬리, 투구꽃, 논쟁이냉이, 산돌배, 나래회나무, 개구릿대, 까치수영, 붉은병꽃나무, 일월비비추 등 12종이다.

## (3) 한라산

한라산 조사지역 내의 관속식물상은 53과 107속 125종 26변종 3품종 154분류군이다(Table 4). 양치식물은 5과 8속 12종 1변종 13분류군(8.5%), 나자식물은 3과 3속 2종 1변종 3분류군(1.9%), 피자식물은 45과 96속 111종 24변종 3품종 138분류군(89.6%)이다. 피자식물의 단자엽식물은 5과 15속 23종 2변종 25분류군(16.2%), 쌍자엽식물은 40과 81속 88종 22변종 3품종 113분류군(73.4%)이다. 쌍자엽식물 중 이판화는 26과 42속 50종 10변종 1품종 61분류군(39.6%), 합판화는 14과 39속 38종 12변종 2품종 52

Table 3. Vascular plants of Mt. Jiri

Taxa	Fam.	Gen.	Sp.	Var.	For.	Total
Pteridophyta	4	10	14	1		15
Gymnospermae	2	4	5			5
Angiospermae	40	92	114	24	1	139
Dicotyledoneae	37	78	94	24	1	119
Polypetalous flowers	25	50	60	10	1	71
Gamopetalous flowers	12	28	34	14		48
Monocotyledoneae	3	14	20			20
Total	46	106	133	25	1	159

Table 4. Vascular plants of Mt. Halla

Taxa	Fam.	Gen.	Sp.	Var.	For.	Total
Pteridophyta	5	8	12	1		13
Gymnospermae	3	3	2	1		3
Angiospermae	45	96	111	24	3	138
Dicotyledoneae	40	81	88	22	3	113
Polypetalous flowers	26	42	50	10	1	61
Gamopetalous flowers	14	39	38	12	2	52
Monocotyledoneae	5	15	23	2		25
Total	53	107	125	26	3	154

분류군(33.8%)이다.

한라산 조사지역 내에 분포하는 식물 가운데 고유종은 22과 30속 21종 7변종 2품종 30분류군이다. 구상나무, 제주산버들, 한라장구채, 한라개승마, 두메대극, 좁향유, 좁민들레 등 7분류군이 고유종을 발표한 6개의 자료에 포함되어 있다.

한라산 조사지역 내 희귀식물종은 22과 31속 21종 9변종 2품종 32분류군이다. 환경부의 법적보호종 멸종위기야생식물 I급이고 국립수목원(2009)에 의한 희귀종으로 IUCN 평가기준에 의한 멸종위기종(CR)은 돌매화나무(암매), 제주산버들, 좁갈매나무, 탐꽃, 구름송이풀, 한라솜다리 등 6분류군이다. 위기종(EN)은 눈향나무, 한라개승마, 한라장구채, 제주달구지풀, 설앵초, 바늘엉겅퀴, 구름떡쑥, 한라구절초, 좁민들레 등 9분류군이다. 취약종(VU)은 주목, 두메대극, 시로미, 들쭉나무, 덩굴용담, 백리향, 땀덩이나무, 섬잔대, 금방망이 등 9분류군이다. 약관심종(LC)은 구상나무, 개족도리풀, 계박쥐나물, 산솜방망이, 큰두루미꽃, 한라부추 등 6분류군이다. 그 외에 자료부족종(DD)은 섬매밭톱나무, 섬쥐개풀 등 2분류군이다.

한라산 조사지역 내에는 환경부(2006)에서 지정한 식물구계학적 특정식물종으로 33과 51속 46종 9변종 1품종 56분류군이다. 한라산 조사지역 내에서 식물구계학적으로 특정식물 V등급 종은 눈향나무, 한라장구채, 세바람꽃, 제주달구지풀, 두메대극, 시로미, 털기름나물, 돌매화나무, 들쭉나무, 설앵초, 덩굴용담, 구름송이풀, 섬잔대, 바늘엉겅퀴, 구름떡쑥, 금방망이 등 16종이다. IV등급 종은 주목, 구상나무,

제주산버들, 가는범꼬리, 제주양지꽃, 섬쥐손이, 산매자나무, 섬노린재, 섬쥐개풀, 눈개쑥부쟁이, 좁새풀, 한라돌창포 등 12종이다.

III등급 종은 흰진범, 등수국, 바위수국, 산앵도나무, 흰그늘용담, 백리향, 분단나무, 땀덩이나무, 산솜방망이, 계박쥐나물 등 10종이다. II등급 종은 석송, 가래고사리, 난장이바위솔, 들양지꽃, 털쥐손이, 애기괭이밥, 회목나무, 노랑제비꽃, 쥐털이슬, 고본, 네귀쓴풀, 광향, 붉은병꽃나무, 곰취, 두루미꽃, 한라부추 등 16종이다. I등급 종은 개족도리풀, 투구꽃 등 2종이다.

## 2. 산정별 공통 식물

백두산, 설악산, 지리산, 한라산 등 한반도 주요 산정에 자라는 목본 식물종은 Table 5와 같다. 백두산에만 있는 나무는 흰괴불나무 1종이다. 백두산, 설악산, 지리산, 한라산 등 4곳에 공통으로 자라는 종은 주목, 소나무, 사스래나무, 신갈나무, 함박꽃나무, 마가목, 땀덩이나무 등 7종이다. 백두산과 설악산에 생육하는 종은 눈жат나무, 눈측백, 덩굴오리나무, 매밭톱나무, 노랑만병초, 꽃개회나무, 백당나무 등 7종이다. 백두산, 설악산, 지리산에 분포하는 나무는 잣나무, 가문비나무(설악산 대신 인접한 계방산에 분포), 미역줄나무, 부계꽃나무, 소영도리나무 등 5종이다. 백두산, 설악산, 한라산에 자라는 종은 들쭉나무 1종이다. 백두산과 지리산에 분포하는 종은 물오리나무, 나래회나무, 고로쇠나무, 당단풍, 복장나무, 개다래, 다래 등 7종이다. 백두산, 지리산 그리고 한라산에 사는 종은 회목나무 1종이다. 백두산과 한라

산에 자라는 종은 화살나무, 물앵도나무 등 2종이다.

설악산에만 나는 종은 설악눈주목, 분비나무, 키버들, 덩굴조팝나무, 둥근인가목, 붉은인가목, 북개벗지나무, 돌갈매나무 등 8종이다. 설악산과 지리산에 사는 종은 호랑버들, 팻두릅나무, 털진달래, 지령쿠나무, 딱총나무, 청괴불나무, 조릿대 등 7종이다. 설악산, 지리산, 한라산에 분포하는 종은 국수나무, 산철쭉, 산앵도나무, 붉은병꽃나무 등 4종이다. 설악산과 한라산에 있는 종은 회나무 1종이다.

지리산에만 자라는 종은 오미자, 산수국, 산돌배, 칩, 만주작자래나무, 노각나무, 흰참꽃, 철쭉, 물푸레나무, 쇠물푸레 등 10종이다. 지리산과 한라산에 분포하는 종은 구상나무, 눈향나무 등 2종이다.

한라산에서 국한된 종은 제주산버들, 참개암나무, 섬매발톱나무, 탐라산수국, 등수국, 바위수국, 섬개벗나무, 산벗나무, 시로미, 좁쌀팥나무, 좁갈매나무,

보리수나무, 돌매화나무, 산매자나무, 섬노린재, 마삭줄, 분단나무, 산가막살나무, 제주조릿대, 청미래덩굴, 청가시덩굴 등 21종이다.

### 3. 수평적 분포 유형

백두산, 설악산, 지리산, 한라산 높은 산지에 자라는 식물종 가운데 조사지역 내에는 초본류 257종 포함 모두 341종이 분포한다. 이 연구에서는 목본류 84종(Table 5)을 대상으로 분포 특성을 분석하여 광포형, 내륙형, 중부형, 중남부형, 중남부제주형, 남부제주형, 격리형, 내륙 일부 부재형, 고립형 등 9가지 분포 유형으로 세분하였다.

광포형은 백두산, 설악산, 지리산, 한라산에 걸쳐 한반도 내륙과 제주도에 걸쳐 널리 분포하는 주목, 소나무, 사스래나무, 신갈나무, 함박꽃나무, 마가목, 땃대나무 등 7종이다. 내륙형은 한반도 내륙인 백

Table 5. Arboreal plants at mountain summits of the Korean Peninsula

Family Names	Korean Names	Species Names	Baek doo	Sorak	Jiri	Halla
Taxaceae 주목과	주목	<i>Taxus cuspidata</i> S. et Z.	◎	◎	◎	◎
	설악눈주목	<i>Taxus caespitosa</i> Nakai		◎		
Pinaceae 소나무과	분비나무	<i>Abies nephrolepis</i> Maxim.		◎		
	구상나무	<i>Abies koreana</i> Wilson			◎	◎
	가문비나무	<i>Picea jezoensis</i> Carr.	◎	계방	◎	
	잣나무	<i>Pinus koraiensis</i> S. et Z.	◎	◎	◎	
	눈잣나무	<i>Pinus pumila</i> Regel	◎	◎		
Cupressaceae 측백나무과	소나무	<i>Pinus densiflora</i> S. et Z.	◎	◎	◎	◎
	눈측백	<i>Thuja koraiensis</i> Nakai	◎	◎		
Salicaceae 버드나무과	눈향나무	<i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i> Henry			◎	◎
	호랑버들	<i>Salix caprea</i> Linn.		◎	◎	
	키버들	<i>Salix koriyanagi</i> Kimura		◎		
Betulaceae 자작나무과	제주산버들	<i>Salix blinii</i> Lev.				◎
	사스래나무	<i>Betula ermanii</i> Cham.	◎	◎	◎	◎
	물오리나무	<i>Alnus hirsuta</i> (Spach) Rupr.	◎		◎	
	덤불오리나무	<i>Alnus fruticosa</i> var. <i>mandshurica</i> Call.	◎	◎		
Fagaceae 참나무과	참개암나무	<i>Corylus sieboldiana</i> Bl.				◎
	신갈나무	<i>Quercus mongolica</i> Fisch.	◎	◎	◎	◎
Berberidaceae 매자나무과	매발톱나무	<i>Berberis amurensis</i> Rupr.	◎	◎		
	섬매발톱나무	<i>Berberis amurensis</i> Rupr. var. <i>quelpartensis</i>				◎
Magnoliaceae 목련과	함박꽃나무	<i>Magnolia sieboldii</i> K. Koch	◎	◎	◎	◎
	오미자	<i>Schisandra chinensis</i> Baill			◎	



Table 5. Continued

Family Names	Korean Names	Species Names	Baek doo	Sorak	Jiri	Halla
Saxifragaceae 범의귀과	산수국	<i>Hydrangea serrata</i> for. <i>acuminata</i> (S. et Z.) Wils.			○	
	탐라산수국	<i>Hydrangea serrata</i> for. <i>fertilis</i> Wils.				○
	등수국	<i>Hydrangea petiolaris</i> S. et Z.				○
	바위수국	<i>Schizophragma hydrangeoides</i> S. et Z.				○
Rosaceae 장미과	털불조팝나무	<i>Spiraea miyabei</i> Koidz.		○		
	국수나무	<i>Stephanandra incisa</i> Zabel		○	○	○
	등근인가목	<i>Rosa pimpinellifolia</i> Linn.		○		
	붉은인가목	<i>Rosa marretii</i> Lev.		○		
	섬개벚나무	<i>Prunus buergeriana</i> Miq.				○
	산벚나무	<i>Prunus sargentii</i> Rehder				○
	북개벚나무	<i>Prunus meyeri</i> Rehder		○		
	산돌배	<i>Pyrus ussuriensis</i> Maxim.			○	
	마가목	<i>Sorbus commixta</i> Hedl.	○	○	○	○
Leguminosae 콩과	췌	<i>Pueraria thunbergiana</i> Benth.			○	
Empetraceae 시로미과	시로미	<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i> K. Koch				○
Aquifoliaceae 감탕나무과	좀팡팡나무	<i>Ilex crenata</i> Thunb.				○
Celastraceae 노박덩굴과	화살나무	<i>Euonymus alatus</i> (Thunb.) Sieb.	○			○
	회목나무	<i>Euonymus pauciflorus</i> Maxim.	○		○	○
	회나무	<i>Euonymus schalinensis</i> (Fr. Schm.) Maxim.		○		○
	나래회나무	<i>Euonymus macroptera</i> Rupr.	○		○	
	미역줄나무	<i>Tripterygium regelii</i> Sprague et Takada	○	○	○	
Aceraceae 단풍나무과	고로쇠나무	<i>Acer mono</i> Maxim.	○		○	
	부계꽃나무	<i>Acer ukurunduense</i> Trautv. et Meyer	○	○	○	
	당단풍	<i>Acer pseudosieboldiaum</i> (Paxton) Kom.	○		○	
	복장나무	<i>Acer manshuricum</i> Maxim.	○		○	
Rhamnaceae 갈매나무과	좀갈매나무	<i>Rhamnus taquetii</i> Lev.				○
	돌갈매나무	<i>Rhamnus parvifolia</i> Bunge		○		
	만주짜자래나무	<i>Rhamnus yoshinoi</i> var. <i>mandshurica</i> T. Lee			○	
Actinidiaceae 다래나무과	개다래	<i>Actinidia polygama</i> (S. et Z.) Maxim.	○		○	
	다래	<i>Actinidia arguta</i> Planch.	○		○	
	노각나무	<i>Stewartia pseudocamellia</i> Maxim.			○	
Elaeagnaceae 보리수나무과	보리수나무	<i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb.				○
Araliaceae 두릅나무과	맛두릅나무	<i>Oplopanax elatus</i> Nakai		○	○	
Diapensiaceae 돌매화나무과	돌매화나무	<i>Diapensia lapponica</i> var. <i>obovata</i> Fr. Schm				○
Ericaceae 진달래과	노랑만병초	<i>Rhododendron aureum</i> Georgi	○	○		
	털진달래	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i> Nakai		○	○	○
	흰참꽃	<i>Rhododendron tschonoskii</i> Maxim.			○	
	산철쭉	<i>Rhododendron yedoense</i> var. <i>poukhanense</i> (Lev.) Nakai		○	○	○
	철쭉	<i>Rhododendron schlippenbachii</i> Maxim.			○	
	산매자나무	<i>Hugeria japonica</i> (Miq.) Nakai				○
	들쭉나무	<i>Vaccinium uliginosum</i> L.	○	○		○
산영도나무	<i>Vaccinium koreanum</i> Nakai		○	○	○	

Table 5. Continued

Family Names	Korean Names	Species Names	Baekdoo	Sorak	Jiri	Halla
Symplocaceae 노린재나무과	섬노린재	<i>Symplocos coreana</i> (Lev.) Ohwi				◎
Oleaceae 물푸레나무과	물푸레나무	<i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance			◎	
	쇠물푸레	<i>Fraxinus sieboldiana</i> Bl.			◎	
Apocynaceae 협죽도과	꽃개회나무	<i>Syringa wolffii</i> Schneid.	◎	◎		
	마삭줄	<i>Trachelospermum asiaticum</i> var. <i>intermedium</i> Nakai				◎
Caprifoliaceae 인동과	지렁कु나무	<i>Sambucus sieboldiana</i> var. <i>miquelii</i> (Nakai) Hara		◎	◎	
	딱총나무	<i>Sambucus williamsii</i> var. <i>coreana</i> Nakai		◎	◎	
	분단나무	<i>Viburnum furcatum</i> Bl.				◎
	산가막살나무	<i>Viburnum wrightii</i> Miq.				◎
	백당나무	<i>Viburnum sargentii</i> Koehne	◎	◎		
	붉은병꽃나무	<i>Weigela florida</i> (Bunge) A. DC.		◎	◎	◎
	소영도리나무	<i>Weigela praecox</i> Bailey	◎	◎	◎	
	물앵도나무	<i>Lonicera ruprechtiana</i> Regel	◎			◎
	댕댕이나무	<i>Lonicera caerulea</i> var. <i>edulis</i> Regel	◎	◎	◎	◎
	청괴불나무	<i>Lonicera subsessilis</i> Rehder		◎	◎	
	흰괴불나무	<i>Lonicera tatarinowii</i> var. <i>leptantha</i> (Rehder) Nakai	◎			
	Gramineae 벼과	제주조릿대	<i>Sasa quepaertensis</i> Nakai			
조릿대		<i>Sasa borealis</i> (Hack.) Makino		◎	◎	
Liliaceae 백합과	청미래덩굴	<i>Smilax china</i> L.				◎
	청가시덩굴	<i>Smilax sieboldii</i> Miq.				◎

두산, 설악산, 지리산에 자라는 가문비나무, 잣나무, 미역줄나무, 부계꽃나무, 소영도리나무 등 5종이다. 가문비나무는 설악산에서는 발견되지 않는 대신 설악산 서남쪽 인근인 계방산에 분포한다.

중부형은 백두산, 설악산에 자라는 눈잣나무, 눈측백, 덩굴오리나무, 매발톱나무, 노랑만병초, 꽃개회나무, 백당나무 등 7종이다. 중남부형은 설악산, 지리산에 자라는 호랑버들, 땃두릅나무, 지렁कु나무, 딱총나무, 청괴불나무, 조릿대 등 6종이다. 중남부제주형은 설악산, 지리산, 한라산에 자라는 국수나무, 털진달래, 산철쭉, 산앵도나무, 붉은병꽃나무 등 5종이다. 남부제주형은 한반도 남부 지리산과 제주도의 한라산에 자라는 구상나무, 눈향나무 등 2종이다.

격리형은 연구지역 4개 산지에서 지리적으로 멀리 떨어진 산정에 분포하는 백두산~지리산(물오리나무, 나래회나무, 고로쇠나무, 당단풍, 복장나무, 개다래나무, 다래), 백두산~한라산(화살나무, 물앵도나무), 설악산~한라산(들쭉나무, 회나무) 등 11종이

다. 내륙 산지 일부 부재형 종은 회목나무(설악산 부재), 들쭉나무(지리산 부재) 등 2종이다. 고립형은 4개 산지 중 한 장소에 고립되어 자라는 백두산(흰괴불나무), 설악산(설악눈쭉목, 분비나무, 키버들, 덩굴조팝나무, 동근인가목, 붉은인가목, 북개벗지나무, 돌갈매나무), 지리산(오미자, 산수국, 산돌배, 칩, 만주짜자래나무, 노각나무, 흰참꽃, 철쭉, 물푸레나무, 쇠물푸레), 한라산(제주산버들, 참개암나무, 섬매발톱나무, 탐라산수국, 등수국, 바위수국, 시로미, 줄팡팡나무, 줄갈매나무, 보리수나무, 돌매화나무, 산매자나무, 섬노린재, 마삭줄, 분단나무, 산가막살나무, 제주조릿대, 청미래덩굴, 청가시덩굴 등) 38종이다.

#### 4. 수직적 분포역

한반도에서 고산대와 아고산대가 출현하는 산지 가운데 백두산, 설악산, 지리산, 한라산에 분포하는 주요 식물종의 수직적 분포역을 구획하였다. 주요 산

정의 식물종별 수직적 분포역을 바탕으로 분포역이 좁고 산정 가까이에 한정되어 나타나는 종들이 지구 온난화 등 기후변화에 따라 분포지가 축소되어 생존에 영향을 받게 될 잠재적인 취약종으로 분류하였다.

백두산에서 종별 수직적 분포의 하한계선이 해발 고도 1,200m 이상이고 상한계선은 2,500m 사이에 위치하는 노랑만병초, 눈잣나무, 주목, 들쭉나무, 사스래나무, 물앵도나무 등은 지구 온난화의 피해를 받

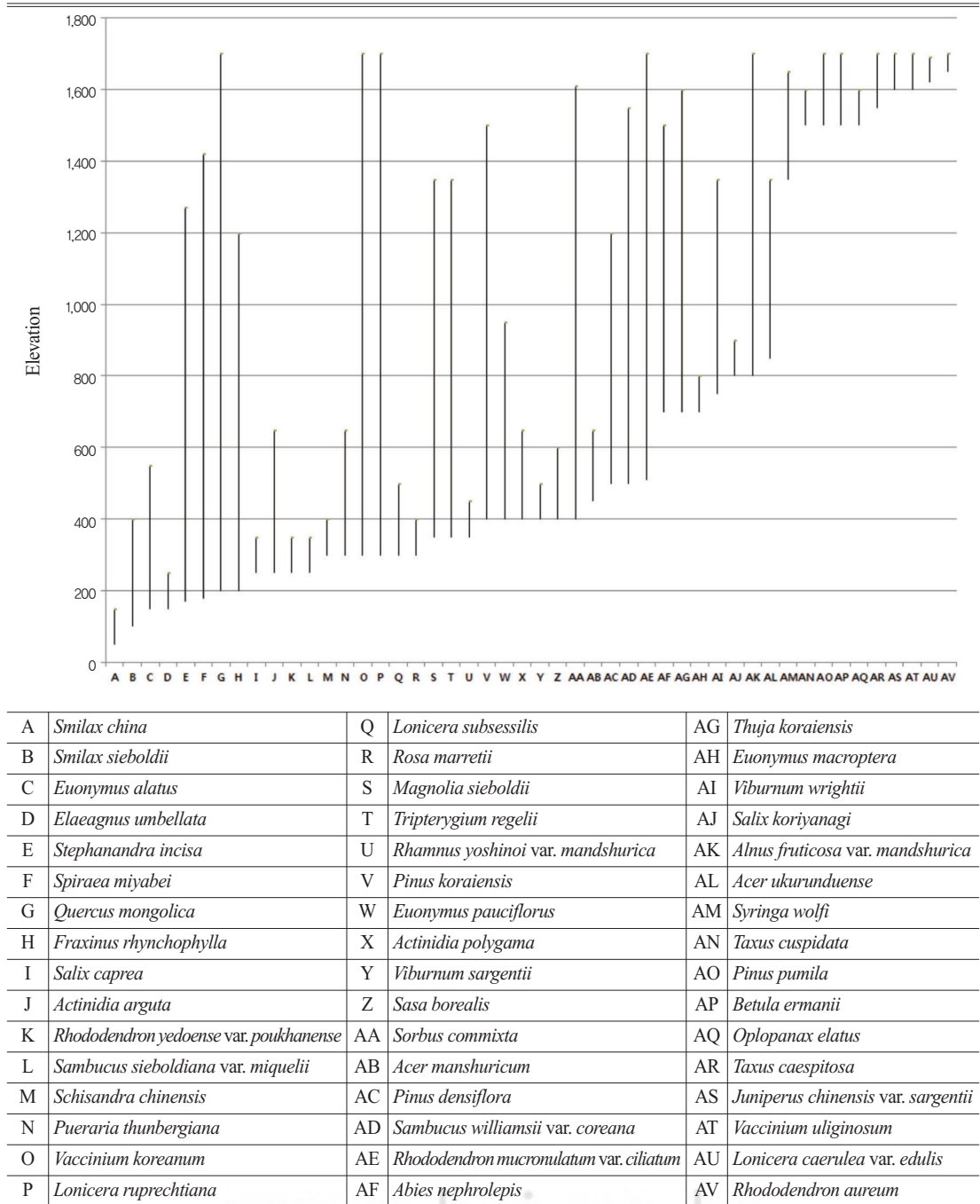
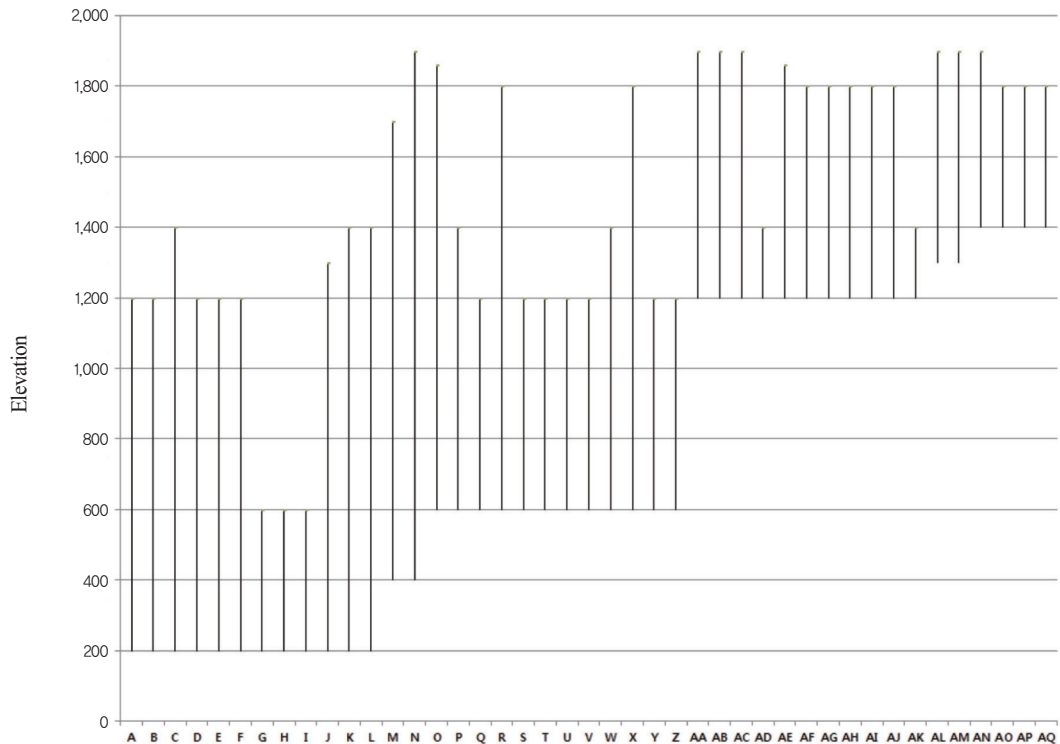


Figure 2. Vertical range of major species at Mt. Sorak

을 수 있는 취약종이다. 가문비나무, 부계꽃나무, 땃덩이나무 등도 지구 온난화의 피해를 받을 종이다. 반면에 분포역이 넓은 지렁कु나무, 잣나무, 꽃개회나무 등은 기후변화의 피해를 적게 받을 식물종이다. 설악산에서 종별 수직적 분포의 하한계선이 해발

고도 1,400m 이상이고 상한계선은 1,708m 사이에 위치하는 노랑만병초, 들쭉나무, 눈향나무, 설악눈주목, 사스래나무, 눈잣나무, 주목, 꽃개회나무 등은 지구 온난화의 피해를 받을 수 있는 취약종으로 분류된다. 반면에 수직적 분포역이 넓은 신갈나무, 물푸레



A	<i>Pinus densiflora</i>	P	<i>Magnolia sieboldii</i>	AE	<i>Betula ermanii</i>
B	<i>Alnus hirsuta</i>	Q	<i>Euonymus pauciflorus</i>	AF	<i>Corylus sieboldiana</i>
C	<i>Stephanandra incisa</i>	R	<i>Tripterygium regelii</i>	AG	<i>Sorbus commixta</i>
D	<i>Stewartia pseudocamellia</i>	S	<i>Acer mono</i>	AH	<i>Vaccinium koreanum</i>
E	<i>Elaeagnus umbellata</i>	T	<i>Acer manshuricum</i>	AI	<i>Syringa wolffi</i>
F	<i>Rhododendron yedoense</i> var. <i>poukhanense</i>	U	<i>Actinidia polygama</i>	AJ	<i>Lonicera ruprechtiana</i>
G	<i>Trachelospermum asiaticum</i> var. <i>intermedium</i>	V	<i>Actinidia arguta</i>	AK	<i>Sasa borealis</i>
H	<i>Smilax china</i>	W	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	AL	<i>Abies koreana</i>
I	<i>Smilax sieboldii</i>	X	<i>Weigela florida</i>	AM	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>
J	<i>Hydrangea serrata</i> for. <i>acuminata</i>	Y	<i>Schisandra chinensis</i>	AN	<i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i>
K	<i>Pueraria thunbergiana</i>	Z	<i>Pyrus ussuriensis</i>	AO	<i>Acer ukurunduense</i>
L	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	AA	<i>Taxus cuspidata</i>	AP	<i>Rhododendron tschonoskii</i>
M	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	AB	<i>Picea jezoensis</i>	AQ	<i>Oplopanax elatus</i>
N	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	AC	<i>Pinus koraiensis</i>		
O	<i>Quercus mongolica</i>	AD	<i>Salix caprea</i>		

Figure 3. Vertical range of major species at Mt. Jiri

나무, 산앵도나무, 물앵도나무, 함박꽃나무, 미역줄 나무, 잣나무, 소나무, 딱총나무, 덩굴오리나무, 부 게꽃나무 등은 기후변화의 피해가 크지 않을 것으로 보인다(Figure 2).

지리산(Figure 3)에서는 해발고도 1,400~1,915m 이상에 하한계선이 나타나는 흰참꽃, 부게꽃나무, 눈

향나무, 구상나무 등이 지구 온난화에 취약할 것으로 본다. 소나무, 물오리나무, 국수나무, 노각나무, 보 리수나무, 산철쭉, 신갈나무, 함박꽃나무, 미역줄나 무, 붉은병꽃나무 등은 기후변화에 덜 취약한 것으로 판단된다.

한라산에서 종별 수직적 분포의 하한계선이 해발

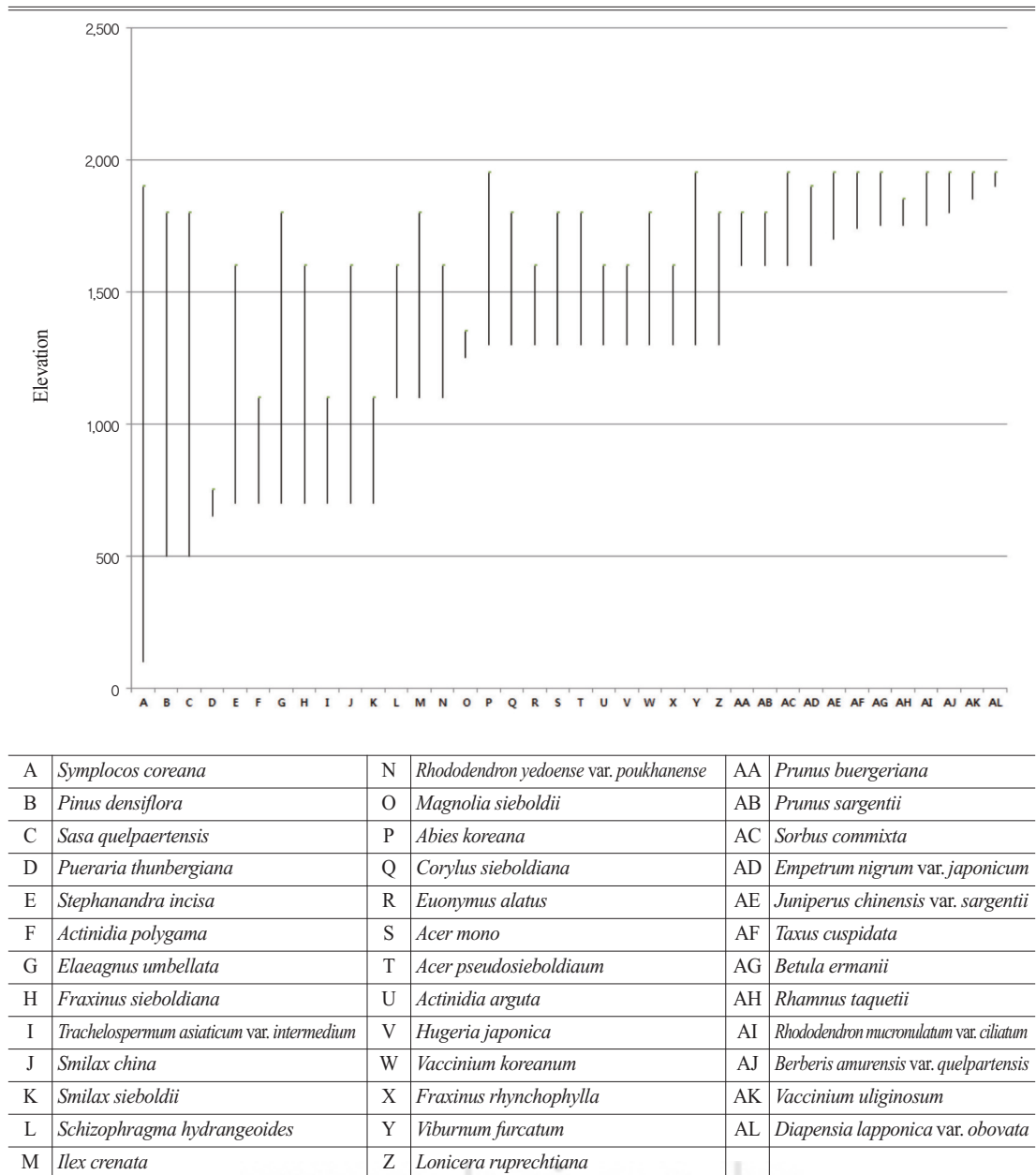


Figure 4. Vertical range of major species at Mt. Halla

고도 1,500m 이상이고 상한계선은 1,950m 사이에 위치하는 돌매화나무, 들쭉나무, 섬매발톱나무, 털진달래, 좀갈매나무, 사스래나무, 주목, 눈향나무, 시로미, 마가목, 산벚나무, 섬개벚나무 등은 지구 온난화의 피해를 받을 수 있는 취약종으로 분류된다. 수직적 분포역이 넓은 섬노린재, 소나무, 제주조릿대, 국수나무, 보리수나무, 청미래덩굴 등은 기후변화의 피해를 적게 받을 것으로 보인다(Figure 4).

#### IV. 토론

한반도 내에서 백두산과 함께 설악산, 지리산, 한라산의 식물상, 고유종, 희귀종, 식물구계학적 특정식물종, 산정별 공통 식물, 주요 종의 수평적 분포 유형과 수직적 분포역 등을 고려하여 기후변화의 잠재적인 취약종을 선별하였다(Table 6). 연구 대상종 가운데 고유종, 법적보호종, 멸종위기종, 위기종, 취약종, 특정식물로 지정되어 국내에서 분포가 매우 제한

Table 6. Criteria for the selection of climate change vulnerable plants and relevant species at high mountains of Korea

		Mt. Sorak	Mt. Jiri	Mt. Halla
Endemic Species		<i>Taxus caespitosa</i>	<i>Abies koreana</i>	<i>Abies koreana</i> , <i>Salix blinii</i>
Protected Species		<i>Rhododendron aureum</i>		<i>Diapensia lapponica</i> var. <i>obovata</i>
Critically Endangered Species		<i>Taxus caespitosa</i> , <i>Pinus pumila</i>		<i>Salix blinii</i> , <i>Rhamnus taquetii</i> , <i>Diapensia lapponica</i> var. <i>obovata</i>
Endangered Species		<i>Oplopanax elatus</i>	<i>Oplopanax elatus</i> , <i>Rhododendron tschonoskii</i>	<i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i>
Vulnerable Species		<i>Thuja koraiensis</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Lonicera caerulea</i> var. <i>edulis</i>	<i>Taxus cuspidata</i> , <i>Picea jezoensis</i> , <i>Lonicera caerulea</i> var. <i>edulis</i>	<i>Taxus cuspidata</i> , <i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Lonicera caerulea</i> var. <i>edulis</i>
Floristically Specific Species		<i>Taxus caespitosa</i> , <i>Pinus pumila</i> , <i>Thuja koraiensis</i> , <i>Oplopanax elatus</i> , <i>Rhododendron aureum</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> (Grade V)	<i>Picea jezoensis</i> (Grade IV), <i>Abies koreana</i> , <i>Taxus cuspidata</i> , <i>Oplopanax elatus</i> , <i>Rhododendron tschonoskii</i> (Grade V)	<i>Taxus cuspidata</i> , <i>Abies koreana</i> , <i>Salix blinii</i> , <i>Hugeria japonica</i> , <i>Symplocos coreana</i> (Grade IV), <i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i> , <i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i> , <i>Diapensia lapponica</i> var. <i>obovata</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> (Grade V)
Horizontal Range	Isolated (1 Mt.)	<i>Pinus pumila</i> , <i>Taxus caespitosa</i> , <i>Abies nephrolepis</i> , <i>Salix koriyanagi</i> , <i>Spiraea miyabei</i> , <i>Rosa pimpinellifolia</i> , <i>Rosa marretii</i> , <i>Prunus meyeri</i> , <i>Rhamnus parvifolia</i>	<i>Schisandra chinensis</i> , <i>Hydrangea serrata</i> for. <i>acuminata</i> , <i>Pyrus ussuriensis</i> , <i>Pueraria thunbergiana</i> , <i>Rhamnus yoshinoi</i> var. <i>mandshurica</i> , <i>Stewartia pseudocamellia</i> , <i>Rhododendron tschonoskii</i> , <i>Rhododendron schlippenbachii</i> , <i>Fraxinus rhynchophylla</i> , <i>Fraxinus sieboldiana</i>	<i>Salix blinii</i> , <i>Corylus sieboldiana</i> , <i>Berberis amurensis</i> var. <i>quelpartensis</i> , <i>Hydrangea serrata</i> for. <i>acuminata</i> , <i>Hydrangea petiolaris</i> , <i>Schizophragma hydrangeoides</i> , <i>Prunus buergeriana</i> , <i>Prunus sargentii</i> , <i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i> , <i>Ilex crenata</i> , <i>Rhamnus taquetii</i> , <i>Elaeagnus umbellata</i> , <i>Diapensia lapponica</i> var. <i>obovata</i> , <i>Hugeria japonica</i> , <i>Symplocos coreana</i> , <i>Trachelospermum asiaticum</i> var. <i>intermedium</i> , <i>Viburnum furcatum</i> , <i>Viburnum wrightii</i> , <i>Sasa quelpaertensis</i> , <i>Smilax china</i> , <i>Smilax sieboldii</i>
	Disjunct (2 Mts.)	<i>Salix caprea</i> , <i>Oplopanax elatus</i> , <i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i> , <i>Sambucus sieboldiana</i> var. <i>miquelii</i> , <i>Lonicera subsessilis</i> , <i>Sasa borealis</i> (Mt. Sorak & Mt. Jiri)	<i>Abies koreana</i> , <i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i> (Mt. Jiri & Mt. Halla)	<i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Euonymus schalinensis</i> (Mt. Sorak & Mt. Halla)
Vertical Range	Above 1,500m	<i>Rhododendron aureum</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i> , <i>Taxus caespitosa</i> , <i>Betula ermanii</i> , <i>Pinus pumila</i> , <i>Taxus cuspidata</i> , <i>Syringa wolffi</i>	<i>Rhododendron tschonoskii</i> , <i>Acer ukurunduense</i> , <i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i> , <i>Abies koreana</i>	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i> , <i>Diapensia lapponica</i> var. <i>obovata</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Berberis amurensis</i> var. <i>quelpartensis</i> , <i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i> , <i>Rhamnus taquetii</i> , <i>Betula ermanii</i> , <i>Taxus cuspidata</i> , <i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i> , <i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i> , <i>Sorbus commixta</i> , <i>Prunus sargentii</i> , <i>Prunus buergeriana</i>

적으로 나타나고, 수평적으로 고립되어 1곳에만 자라거나, 2곳에 격리되어 자라고, 해발고도 1,500m 이상의 고지대에 국한하여 분포하는 종은 지구 온난화가 진행될 때 수평과 수직적으로 분포역이 축소되고 기온 상승 때문에 생리적으로 피해를 받을 가능성이 높아진다.

한반도의 고산대와 아고산대에 자생종 가운데 고유종인 설악산의 설악눈주목, 지리산과 한라산의 구상나무, 한라산의 제주산버들은 분포역이 제한적이어서 기후변화를 비롯한 외적 충격에 생존에 큰 영향을 받을 수 있다. 희귀종 가운데 서식지가 좁고 개체수가 적고 법적보호종으로 지정된 종으로 기후변화에 잠재적으로 취약한 종은 설악산의 노랑만병초, 한라산의 돌매화나무이다. 멸종위기종으로 분류된 설악산의 설악눈주목, 눈잣나무, 한라산의 제주산버들, 좁갈매나무 등도 기후변화의 잠재적인 취약종으로 분류되었다. 위기종으로 구분된 설악산과 지리산의 땃두릅나무, 지리산의 흰참꽃, 한라산의 눈향나무 등도 기후변화에 취약한 식물종이다. 취약종으로 분류된 설악산의 눈측백, 들쭉나무, 맹맹이나마, 지리산의 주목, 가문비나무, 맹맹이나마, 한라산의 주목, 시로미, 들쭉나무, 맹맹이나마 등도 기후변화에 잠재적으로 취약하다.

식물구계학적으로 특정식물로 지정된 설악산의 설악눈주목, 눈잣나무, 눈측백, 땃두릅나무, 노랑만병초, 들쭉나무(V등급), 지리산의 가문비나무(IV등급), 구상나무, 주목, 땃두릅나무, 흰참꽃(V등급), 한라산의 주목, 구상나무, 제주산버들, 산매자나무, 섬노린재(IV등급), 눈향나무, 시로미, 돌매화나무, 들쭉나무(V등급) 등도 기후변화에 잠재적으로 취약한 종으로 분류되었다.

식물의 지리적인 분포 측면에서는 수평적으로 1곳에 고립되어 자라는 종이 기후변화에 보다 취약하고, 격리되어 2곳에 자라는 종이 다음으로 취약하고, 연속적으로 3곳 모두에 자라는 종이 상대적으로 덜 취약할 것으로 본다. 주요 산지 내에서 식물종별 수직적인 분포역을 기준으로 보면 1,500m 이상의 제한된 고도에 국한하여 자라는 설악산의 노랑만병초, 들쭉나무, 눈향나무, 설악눈주목, 사스래나무, 눈잣나무,

주목, 꽃개회나무 등 8종, 지리산의 흰참꽃, 부계꽃나무, 눈향나무, 구상나무 등 4종, 한라산의 돌매화나무, 들쭉나무, 섬매발톱나무, 털진달래, 좁갈매나무, 사스래나무, 주목, 눈향나무, 시로미, 마가목, 산벚나무, 섬개벚나무 등 12종이 기후변화에 잠재적으로 취약한 종으로 분류되었다.

요약하면 한반도 산정에 자라는 식물종 가운데 고유종, 법적보호종, 멸종위기종, 위기종, 취약종, 특정식물, 수평분포, 수직분포 등 8가지 기준을 기초로 기후변화에 대한 취약성을 평가한 결과 설악산에서는 설악눈주목(5개 기준 해당), 눈잣나무(4개 기준 해당), 노랑만병초, 땃두릅나무, 들쭉나무(3개 기준 해당), 눈측백(2개 기준 해당) 순으로 기후변화에 잠재적으로 취약한 것으로 분류되었다. 지리산에서는 구상나무, 흰참꽃(4개 기준 해당), 땃두릅나무, 주목, 가문비나무, 눈향나무(2개 기준 해당) 순으로 기후변화에 잠재적으로 취약한 종에 포함되었다. 한라산에서는 돌매화나무(5개 기준 해당), 제주산버들, 시로미, 들쭉나무(4개 기준 해당), 눈향나무, 주목, 좁갈매나무(3개 기준 해당), 구상나무, 산매자나무, 섬개벚나무, 섬매발톱나무(2개 기준 해당) 순으로 기후변화에 대한 잠재적 취약성이 높은 것으로 평가되었다.

일반적으로 기온이 상승하면 고산식물과 극지·고산식물의 호흡율도 상승하게 되며, 식물이 견딜 수 있는 범위인 내성범위(tolerance range) 이상으로 높은 기온이 계속되면 식물의 잎에서 증발산량이 많아지면서 식물의 세포조직에서 탈수나 건조 현상이 일어나 세포막이 손상되고, 체내 단백질이 변성된다. 동시에 식물이 호흡하는데 필요한 에너지가 광합성을 통해 생산하는 양보다 많아지면 식물은 생리적인 스트레스를 받아 말라죽게 된다.

고산식물은  $-6^{\circ}\text{C}$ 까지 광합성을 할 수 있고  $15^{\circ}\text{C}$  내외에서 광합성이 가장 활발한 것으로 알려졌다. 따라서 기온이 얼마나 높이 올라가고, 높은 온도가 얼마 동안 지속되는지는 고산대와 아고산대에서 식물의 분포에 매우 중요하다(공우석, 2007). 식물종은 기온이 상승하게 되면 생육에 적합한 온도를 찾아 보다 높은 고도로 이동하게 되는데 식물종이 분포하고 있는 각 산지의 최대 해발고도에서 적합한 생육 온도

를 초과할 경우 해당 식물종은 사멸하게 된다(이슬기, 2011).

과거 빙기(glacial period)에는 자연적인 현상으로 기후변화가 서서히 진행되었으므로 식물은 기후변화 속도에 적응하여 분포지를 옮겨 갈 수 있었다. 그러나 오늘날 인위적인 간섭에 의하여 기온이 가파르게 상승할 경우 식물은 기후변화의 속도를 따를 수 없기 때문에 식물종이 기온 상승 속도에 적응하지 못하고 쇠퇴할 가능성이 높다.

기온 상승은 특히 고산대와 아고산대에 고립되어 분포하는 중, 분포 범위가 좁거나 분포의 한계선에 자라는 종, 섬에 자라는 종, 기후변화에 민감한 종, 이동 속도가 느린 종 등에 큰 영향을 미치게 된다. 현재 한반도의 고산대와 아고산대에 분포하고 있는 식물종은 과거 빙기에 한반도로 남하하였다가 빙기가 끝남에 따라 수평적으로 북방으로 이동하지 못하고 남겨진 빙기의 유존종이다(공우석, 2005).

고산지대의 기후환경은 혹독하여 1년 중 반 이상이 차디찬 빙설에 덮여있다. 고산지대에서의 봄은 늦게 찾아오고 겨울은 일찍 찾아와 식물이 생육할 수 있는 기간은 짧다. 그 짧은 식물계절 동안 새잎을 내고 광합성을 하고 꽃을 피우고 열매를 맺으려 고산식물들은 분주하다. 미처 잎을 다 키우기 전에 다시 매서운 바람이 휘몰아쳐 어린잎들을 열게 할 수 있기 때문에 많은 고산식물들은 광합성에 유리하도록 상록성(evergreen) 잎을 가진다. 상록성 식물들은 봄이 시작되면 새잎을 키우는 준비단계를 생략하고 바로 광합성을 시작하므로 빠른 시간 내에 효과적으로 일을 마무리 할 수 있다. 다만 혹독한 추위를 이겨내려면 잎이 튼튼해야하므로 대부분 표피가 두텁고 큐티클 층이 발달한다. 또 잎이 치밀하고 털이 많이 나 있어 기공의 수분증발을 억제한다.

고산식물은 잎, 줄기 등 지상부보다 뿌리가 상대적으로 잘 발달한다. 일반적인 고산지대의 토양은 열대나 난·온대에 비해 매우 빈약해 유기물이 풍부한 표토층은 거의 없고 자갈밭이거나 사질 또는 암석부스러기인 토양이 대부분이다. 이처럼 유기물이 적고 보습력이 떨어지는 토양은 고산식물의 뿌리가 보다 깊고 두껍게 자라게 해 지상부보다 지하부가 더 발달하

는 현상이 나타나게 된다(김봉찬, 2011).

한반도의 고산대와 아고산대인 백두산(노랑만병초, 주목, 가문비나무 등), 설악산(노랑만병초, 눈잣나무, 눈측백, 분비나무, 주목 등), 지리산(구상나무, 가문비나무, 주목 등), 한라산(돌매화나무, 시로미, 구상나무, 눈향나무, 주목 등)에 상록성 수목들이 많이 분포하는 고산의 혹독한 환경에 상록성이 이른 봄과 늦은 가을까지 광합성을 할 수 있어 생리생태적으로 유리하기 때문이다.

매서운 바람을 피하기 위해 식물들은 지면 가까이 낮게 자란다. 목본식물의 경우 왜성(dwarf)으로 높이는 최대 1m를 넘기지 않고 대부분 15cm 이내로 키가 작다. 초본식물은 바닥에 가깝게 붙어 자라는 카페트(carpet)형이나 바위술처럼 잎이 돌아가며 붙어 나오는 로제트(rosette)형을 보인다.

설악산의 눈향나무, 설악눈주목, 눈잣나무, 분비나무, 노랑만병초, 지리산의 눈향나무, 구상나무, 한라산의 눈향나무, 구상나무, 들쭉나무, 돌매화나무, 시로미, 털진달래 등은 키가 작고 지면에 가까이 자라는 왜성변형수(krummholz)와 같은 형태적인 적응을 통하여 혹독한 고산대와 아고산대의 기후에 적응하여 살아 왔다. 그러나 근래 지구 온난화로 기온이 상승하면서 생리적인 스트레스에 시달릴 뿐만 아니라 온난한 기후에서 경쟁력을 갖는 식물들에게 밀려 생태적으로도 위기를 맞게 되므로 이를 보전하기 위한 대응책이 필요하다.

## V. 결론

한반도 내에서 백두산, 설악산, 지리산, 한라산의 식물종 구성, 희소성, 분포유형 등을 고려하여 기후변화에 잠재적으로 취약한 종을 선별하였다. 현지 조사는 2010~2012년에 걸쳐 설악산, 지리산, 한라산 해발고도 1,500m 이상에서 주 등산로를 중심으로 봄, 여름, 가을 년 3회에 걸쳐 67개소의 방형구에서 조사하였다. 백두산의 식물종 구성과 분포는 선형 문헌을 참고로 분석하였다. 설악산, 지리산, 한라산에서 고유종, 법적보호종, 멸종위기종, 위기종, 취약종, 특정식물, 수평분포, 수직분포 등 8가지 기준을



기초로 기후변화에 대한 취약성을 평가한 결과는 다음과 같다.

이 연구에서 선택한 8가지 기후변화 취약성 선정 기준을 바탕으로 평가한 결과 설악산에서 기후변화에 대한 취약성이 상대적으로 높은 식물종은 설악눈주목(5개 기준 충족), 눈잣나무(4개 기준 충족), 노랑만병초, 땃두릅나무, 들쭉나무(3개 기준 충족), 눈측백(2개 기준 충족) 순이었다. 지리산에서의 기후변화에 대한 상대적 취약성은 구상나무, 흰참꽃(4개 기준 충족), 땃두릅나무, 주목, 가문비나무, 눈향나무(2개 기준 충족) 순이었다. 한라산에서 취약성이 상대적으로 높은 것으로 평가된 식물종은 돌매화나무(5개 기준 충족), 제주산버들, 시로미, 들쭉나무(4개 기준 충족), 눈향나무, 주목, 좁갈매나무(3개 기준 충족), 구상나무, 산매자나무, 섬개벚나무, 섬매밭툭나무(2개 기준 충족) 순이었다.

한반도에서 기후변화가 생태계에 미치는 영향을 파악하고 기후변화에 적응하기 위해서는 국가가 주도하여 중장기적인 계획 아래 전문 연구자들이 학제적으로 자연환경과 생물의 관계를 연구하는 것이 바람직하다. 특히 지구 온난화에 가장 취약한 생태적 약자로 알려진 남·북한의 고산생태계에 대한 체계적인 정밀조사가 시급하다.

## 참고문헌

- 공우석, 1999, 한라산의 수직적 기온 분포와 고산식물의 온도적 범위, 대한지리학회지, 34(4), 385-393.
- 공우석, 2000, 설악산 아고산대 식생과 경관의 지생태, 대한지리학회지, 35(2), 77-187.
- 공우석, 2002, 한반도 고산식물의 구성과 분포, 대한지리학회지, 37(4), 357-370.
- 공우석, 2005, 지구온난화에 취약한 지표식물 선정, 한국기상학회지, 41(2-1), 263-273.
- 공우석, 2007, 생물지리학으로 보는 우리식물의 지리와 생태, 지오북.
- 공우석, 임종환, 2008, 극지고산식물 월굴의 격리 분포와 기온요인, 대한지리학회지, 43(4), 495-510.
- 공우석, 이슬기, 윤광희, 박희나, 2011, 풍혈의 환경 특성과 식물지리적 가치, 환경영향평가, 20(3), 381-395.
- 구경아, 박원규, 공우석, 2001, 한라산 구상나무의 연륜연대학적 연구 -기후변화에 따른 생장 변동 분석-, 한국생태학회지, 24(5), 281-288.
- 국립기상연구소, 2009a, 기후변화 이해하기 -IPCC 4차 평가보고서 실무그룹I, II, III 기술요약 보고서-, 국립기상연구소 기후연구과.
- 국립기상연구소, 2009b, 기후변화 이해하기 II -한반도 기후변화: 현재와 미래-, 국립기상연구소 기후연구과.
- 국립수목원, 2005, 한반도 특산 관속식물, 국립수목원, 포천, p.205.
- 국립수목원, 2009, 한국 희귀식물 목록집, 국립수목원, 포천, p.332.
- 국립수목원, 2010, 한반도 기후변화 적응 대상식물 300, 산림청 국립수목원.
- 김건옥 등, 2007, 고산식물의 환경과 생태, 자생식물회지, 65, 7-12.
- 김무열, 2004, 한국의 특산식물, 솔과학, 서울, p.408.
- 김봉찬, 2011, 희귀 특산식물 보존 및 복원 인프라 구축사업 중 희귀 특산식물 보존원 조성, 국립수목원.
- 김혁진, 홍정기, 김상철, 오승환, 김주환, 2011, 한반도 아고산지대내 기후변화 취약식물종의 식물계절성 변화 연구: 덕유산 정상 지역을 중심으로, 한국자원식물학회지, 24(5), 549-556.
- 박만규, 1942, 조선고산식물목록, 조선박물학회잡지, 9(33), 1-12.
- 백원기, 1994, 한국 특산식물의 실체와 분포 조사, 한국자연환경보존협회, 한국자연보존연구지, 13, 5-84.
- 서민환 등, 2006, 한반도 기후변화 진단지표 생물종 조사, 국립환경과학원.
- 윤종학, 김중현, 오경희, 이병운, 2010, 지리산 중산리계곡 관속식물의 고도별 온도구배에 따

- 른 수직 분포, 한국환경생태학회지, 24(6), 680-707.
- 이슬기, 2011, 기온 상승이 식물 분포에 미치는 영향과 취약성 분석, 경희대학교 석사학위논문.
- 이영노, 2006, 새로운 한국식물도감 전2권, 교학사.
- 이준석, 2009, 온난화에 따른 온도상승이 수종의 온대 목본식물 생장에 미치는 영향: 침엽수와 낙엽활엽수를 사례로, 건국대학교 석사학위논문.
- 이창복, 1982, 우리나라 특산식물과 분포, J. Natl. Acad. Sci., Vol. 11.
- 이창복, 1990, 대한식물도감, 향문사.
- 이창복, 2003, 원색대한식물도감, 향문사. 서울, 1권 p.914, 2권 p.910.
- 이호영, 2013, 설악산 분비나무군락의 식물사회학적 특성 및 기후환경 변화에 따른 개체군 동태, 동국대학교 박사학위논문.
- 임록재, 1997, 조선식물지, 과학기술출판사.
- 전승훈, 1997, 특정식물종 평가 및 조사지침, 환경부, p.216.
- 정영호, 1989, 우리나라 고산식물의 분포 특성, 자연보존, 66, 29-38.
- 정태현, 이우철, 1965, 한국산림식물대 및 적지적수론, 성균관대학교 논문집, 10, 329-366.
- 한국생태학회 생태편집위원회, 2011, 생태계와 기후변화, 한국생태학회.
- 홍문표, 2004, 설악산 삼림식생의 생태학적 연구, 건국대학교 박사학위논문.
- 환경부, 2005a, 한국의 고유종, 환경부, 서울, pp. 324-417.
- 환경부, 2005b, 한국의 법정관리 동식물, 환경부, 서울.
- 환경부(Ministry of Environment), 2006, 제3차 전국자연환경조사 지침, 환경부, pp.127-155.
- 祝廷成 등, 2003, 中國長白山植物, 北京科學技術出版社, 延辺人民出版社, p.559.
- Flora of Korea Editorial Committee, 2007, The Genera of Vascular Plants of Korea, Academy Publishing Co., Seoul.
- Kong, W.S., 1998, The alpine and subalpine geoeology of the Korean Peninsula, Korean Journal of Ecology, 21(4), 383-387.
- Kong, W.S., 1999, Global warming and alpine vegetation, Korean Journal of Ecology, 22(6), 1-7.
- Kong, W.S., 1999, Geoeological analysis of the Korean alpine and subalpine plants and landscape, Journal of Environmental Sciences, 11(1), 243-246.
- Kong, W.S., 2006, Impact of climate change on arctic-alpine and endemic plants at their global southernmost distributional limit in Korea, pp. 174-175, Price, M.F.(ed.), Global Change in Mountain Regions, Sapiens Publishing, U.K.
- Kong, W.S. and D. Watts, 1993, The Plant Geography of Korea, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp. 229.
- Kong, W.S. and D. Watts, 1999, Distribution of arboreal arctic-alpine plants and environments in NE Asia and Korea, Geographical Review of Japan, Vol. 72 (Series B), No. 2, 122-134.