

세뽕투구꽃 서식지의 입지환경 및 식생구조

조선희^{1*} · 이계한²

¹서울대학교 학슬림, ²전남대학교 산림자원학과

Location Environment and Vegetation Structure of the *Aconitum austrokoreense* Habitat

Seon-Hee Cho^{1*} and Kye-Han Lee²

¹University forests of Seoul National University, Gwangyang 57702, Korea

²Department of Forest Resources, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

요약: 국내의 멸종위기생물(식물)에 대한 연구는 지속적으로 다양하게 이루어지지 않아서 종의 보존이나 서식지 확대를 위한 기본적 자료가 부족한 실정이다. 본 연구는 전라남도 광양시·구례군 백운산 내 서식하는 환경부 멸종위기 야생생물(식물) 2급인 세뽕투구꽃의 주요 서식지를 대상으로 서식에 영향을 미치는 중요 환경 인자인 기상, 입지, 토양, 임분구조를 조사하여 세뽕투구꽃이 선호하는 서식지와 위협 요인을 분석하였다. 백운산 내 5개 조사지를 선정해 입지환경을 조사한 결과 세뽕투구꽃 자생지의 해발고도는 420~675 m 구간, 방위는 북동쪽이 높은 경향을 보였고, 경사는 15~37°의 범위로 조사되었다. 평균 개체 수는 156개체였고, 조사지 4(550 m)에서 372개체로 가장 많이 분포했고, 높이는 평균 0.6 m이었다. 토양수분은 평균 20.48%, 상대광도는 평균 7.34%였다. A층 토양은 모래 함량이 많고 배수가 잘되는 사질양토(Sandy loam)를 선호한다고 판단된다. 서식지의 토양 pH는 평균 5.2이었고, 유기물은 평균 16.46%, 질소는 평균 0.86%, 유효인산은 평균 11.86 mg/kg, 전기전도도는 평균 0.44 dS/m, 양이온치환용량은 평균 37.04 cmolc/kg으로 분석되었다. 토양 내 총 탄소량의 평균은 10.68%로 나타났다. 세뽕투구꽃 서식지의 식생구조를 분석한 결과 조사지 1은 잣나무-비목나무, 조사지 2는 일본목련-서어나무, 조사지 3은 느티나무-굴참나무, 조사지 4는 고추나무-비목나무, 조사지 5는 산뽕나무-매죽나무-서어나무 우점군집으로 해석되었다. 대부분의 서식지가 등산로 및 고로쇠나무 수액채취 지역과 인접해 있어서 인위적 훼손과 교란의 잠재 위험 요소에 노출되어있는 상황이었다.

Abstract: Owing to the lack of consistent research on endangered plant species in Korea, there are insufficient data to preservespecies and expand habitats. This study analyzed the preferred habitat and threats to the survival of *Aconitum austrokoreense*, found on Baekwun Mountain in Gurye-gun, Gwangyang-si, Jeollanam-do Province, and classified as a level two endangered wild plant by the Ministry of Environment, by investigating major environmental factors such as climate, location, soil, and stand structure. By examining five selected sites inhabited by *Aconitum austrokoreense* on Baekwun Mountain, this study found that the habitat had an altitude of 420 to 675 m above sea level and showed a northeast tendency, spreading over a range of inclination angles between 15° and 37°. The average number of plants across the five sites was 156. Site 4 (550 m) had the highest density of 372 plants, with an average height of 0.6 m. The average soil moisture and relative light intensity were 20.48% and 7.34%, respectively. Layer soil was presumed to be sandy loam, characterized by high sand content and good drainage. The habitat had average soil pH of 5.2, average organic matter of 16.46%, average nitrogen of 0.86%, average available phosphate of 11.86 mg/kg, average electrical conductivity of 0.44 dS/m, and average cation exchange capacity of 37.04 cmolc/kg. The total carbon in soil averaged 10.68%. From the analysis of the vegetation structure of sites inhabited by *Aconitum austrokoreense*, the dominant populations were *Pinus koraiensis* and *Lindera erythrocarpa* in Site 1, *Magnolia obovata* and *Carpinus laxiflora* in Site 2, *Zelkova serrate* and *Quercus variabilis* in Site 3, *Staphylea bumalda* and *Lindera erythrocarpa* in Site 4, and *Morus bombycis*, *Styrax japonicus*, and *Carpinus laxiflora* in Site 5. With most habitats located near trails and sap collection sites of *Acer pictum*, the species were exposed to artificial damage and interference threats.

Key words: *Aconitum austrokoreense*, Mt. baekwun, Gwangyang-si, Gurye-gun, endangered plants, vegetable structure

* Corresponding author
E-mail: tl999@snu.ac.kr

ORCID
Seon-Hee Cho  <https://orcid.org/0000-0003-3159-481X>

서론

최근의 기후변화에 따른 식생 이동을 보면 지난 20세기에 이미 기온 상승으로 식생대의 이동과 수목한계선 상승에 대한 관찰 결과들이 많이 보고되고 있다. 스칸디나비아 산악지대에서 19세기 후반부터 20세기 후반까지 약 1세기 동안에 소나무류와 자작나무류 등의 한계 고도선이 100 m에서 165 m까지 상승하였는데 이 일대의 연평균 기온이 약 0.8°C 상승한 것이 그 원인이었다. 알프스의 26개 봉우리의 산악지형 식생을 과거 기록에 있는 분포와 비교해 보았을 때 고도 상승과 종풍부도의 상관관계가 온난화 효과와 일치하였다(Grabherr and Pauli, 1994). 지난 100년간(1912~2008)의 기후변화에 있어 우리나라의 평균 기온은 1.7°C 상승함으로써 세계 평균 0.74°C보다 크게 높은 경향을 보여주고 있다. 특히 강수량은 19% 증가하고, 강우일수는 14% 감소한 반면 강우강도는 18% 증가(한반도 남부 지역)하는 경향을 보였다. 이처럼 빈번한 이상기후 현상으로 인한 산림생태계 교란이 증가하는 추세로 산림에 심각한 위협 요인으로 나타나고 있다(National Institute of Forest Science, 2011). 우리나라 산림 기후대는 2°C 상승만으로 서울을 포함한 중부지역이 상록활엽수가 살 수 있는 난대 기후대로 변화할 것으로 추정된다(Lim et al., 2006). 지속적인 기후변화의 영향을 끊임없이 받게 되는 자연생태계에서 생물 종의 멸종 정도를 정확하게 파악하는 것은 어려운 일이다. 개체 수의 분포 현황, 개체군의 변동현황, 위협 요인 등의 종과 개체군의 수준에서 각 생물 종에 대한 정보가 축적되어야만 야생동식물의 멸종위기 정도와 그 보호 여부를 파악할 수 있다(Korea Resources Conservation Association, 2001). 세계적인 생물 종 멸종화 연구 결과인 0.5%(1년)를 적용하여 우리나라의 생물 종 수를 10만 종 정도로 추정하여 계산하면 매년 우리나라에서 500종의 생물이 멸종되고 있다는 결과가 보고된 바 있다(Ministry of Environment, 2001). 미국의 경우 자국의 생물 종뿐만 아니라 국외 생물 종을 포함하여 멸종위기 종으로 지정하여 관리하고 있고 지정된 2천여 종 중에서 50% 정도인 1,100여 종에 대해 복원계획을 수립하여 체계적으로 관리하고 있다(Oh, 2015).

우리나라는 2004년 야생동식물 보호법을 제정하였으며, 2012년 개정을 통해 멸종위기 야생생물(식물) I급 9종과 2급 68종을 지정하여 관리하고 있다. 세뿔투구꽃은 자연적 또는 인위적인 위협 요인으로 개체 수가 현저하게 감소되어 있는 멸종위기 야생생물(식물) 2급으로 관리와 보호가 절실히 요구되는 종이다(Park et al., 2016). 이러한 소수의 종을 보호하기 위해서는 그 종의 서식 환경을 이해하려는 연구가 다양하게 진행되어야 한다. 같은 멸종위기 야생

생물(식물) 2급인 나도승마는 최근 다수의 기관과 연구자들의 관심을 받으며 서식지에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있지만, 세뿔투구꽃에 관한 연구는 주로 계통 분류에 관한 연구가 진행됐으며, 서식지 보호와 서식지 외 보존에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 환경부 멸종위기 야생생물(식물) 2급인 세뿔투구꽃의 서식에 중요한 영향을 미치는 기상, 입지, 토양, 임분구조를 조사하고, 세뿔투구꽃이 선호하는 서식지와 위협을 미치는 요인을 분석하여, 서식지 보존 방안 수립 및 개체의 대량증식을 통한 서식지 확대의 기초자료로 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 조사 대상지

1) 연구지역 현황

본 연구는 전라남도 광양시·구례군 서울대학교 남부학술림 백운산에 서식하는 환경부 지정 멸종위기 야생생물(식물) 2급인 세뿔투구꽃을 대상으로 하였다. 백운산은 주봉인 상봉(1,222 m)을 중심으로 억불봉(990 m), 파리봉(1,153 m), 도솔봉(1,123 m)을 연결하는 고산지대의 능선을 이루고 있으며, 생물종다양성과 자연환경 자원이 풍부하여 각종 산림연구에 적합한 조건을 가지고 있는 산림이다. 또한, 백운산에는 세뿔투구꽃 외 나도승마, 제비동자꽃, 광릉요강꽃 등 다수의 멸종위기 식물이 서식하고 있다.

환경부에서 1993년 광양시 옥룡면, 진상면, 다압면의 백운산 일원으로 자연경관이 수려하고 원시 자연림 지역인 974 ha 면적에 대해 자연생태계 보호지역을 지정·고시하였다. 백운산은 태백산맥의 지맥인 소백산맥의 최남단에 있는 산지로서 위도상으로 온대 낙엽활엽수림대에 속하지만, 남서풍의 영향으로 해양성 난대림 식물이 함께 자생하고 있으며, 고도에 따라 해양성 난대수종부터 고산식물까지 다양한 식생을 형성하고 있다. 이 지역의 기후적 특징은 한반도 내 최대 강우 지역의 하나인 섬진강 유역과 인접해 있다는 것이고, 산복에는 산악형 강우를 동반하며 산지기상의 특수한 특성을 갖고 있다는 것이다(Woo, 1996). 연구 대상지는 북위 35° 04'~35° 03' 동경 127° 36'~127° 37'에 위치하고 있는 국유림으로서 그 면적이 10,961ha에 이르고, 특히 참나무류와 소나무가 넓게 분포해 있으며, 산록 지역에는 동백나무, 굴거리나무 등의 난대수종이 자생하고 있다.

2) 기상현황

식물이 생육하기 위해서는 적절한 온도를 필요로 하게 된다. 광양시의 평균 온량지수는 115.9로 온대성 기후를

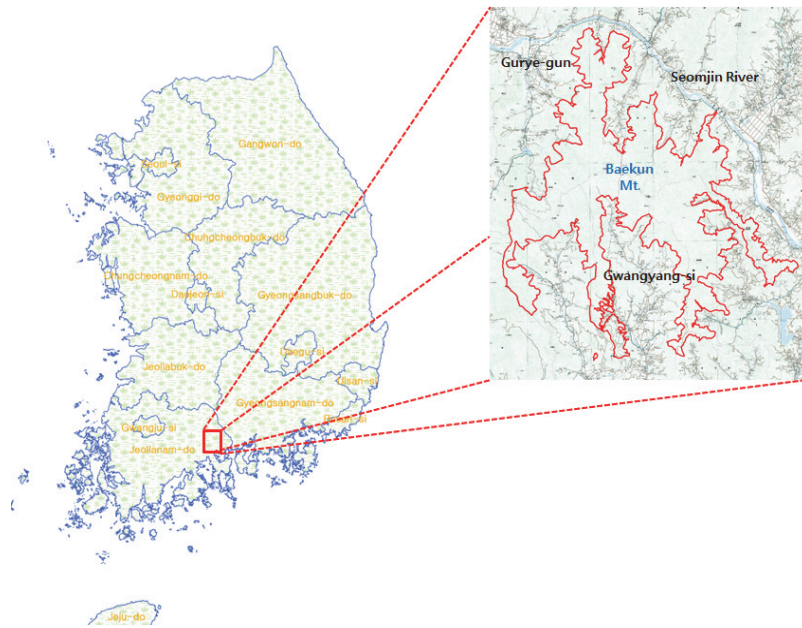


Figure 1. Location map of study area in Baekun Mt.

가진 온량지수 기준으로는 난대림에 속하며, 온대기후 중 남해안 기후의 환경을 가지고 있다(Park, 2011).

연구지의 기후 정보에서 과거 기상자료는 연구 대상지가 속한 서울대학교 남부학술림의 기상관측 자료(1918~2000)를 최근 기상자료(2001~2018)는 1991년 3월 기상청에서 광양시 매천로 일대에 설치한 AWS(Automatic Weather system)로 관측한 자료를 확보하여 기온과 강수 자료로 이용하였다. 1948년 여순민주화운동, 1950년 6.25사변 등 1957년까지 10여 년간 광복 후 혼란한 사회질서로 인해 당시 서울대학교 학술림의 수많은 자료가 화재로 인해 유실되어 기상자료 중 1933년부터 1957년까지 자료인 25년간의 기온, 강수 데이터는 취득할 수가 없었다.

2. 조사방법

1) 세뿔투구꽃의 현존분포 조사

서식지에 대한 참고 자료로 서울대학교 남부학술림에서 2007년부터 2011년 사이에 조사한 백운산지역 식물상 조사 자료를 기반으로 하였으며, 연구를 위해 2017년 4월부터 2018년 6월까지 서식지 현장 확인 조사를 통해서 확보된 백운산 내 세뿔투구꽃 서식지는 15개 지역이었다. 조사 과정에서 현존 분포도 제작과 데이터베이스 구축을 목적으로 GPS(Global Positioning System) MMCX Combo로 서식지 좌표를 기록하였다.

2) 식생 및 입지환경조사

식물 군락은 종 구성에 따라서 아주 다양한 크기의 조사구 면적이 채택될 수 있다. 본 연구에서는 군락구조에서

식생 높이의 자승 값에 준하는 면적 조사 방법에 따라 개체수 비중이 높고 생육상태가 좋은 5개 서식지를 선정하여 세뿔투구꽃의 집중된 서식지를 중심으로 20 m×20 m 방형구를 설치하고 서식지 목본 군집의 종류와 영향을 미치는 초본 출현 종을 조사했다.

식생조사는 20 m×20 m 방형구 내에서 교목층(8 m 이상), 아교목층(2~8 m), 관목층(2 m 이하), 초본층으로 구분해서 조사를 진행하였으며, 목본은 출현 종에 대한 수고, 수관폭, 흉고직경을 조사하였다. 초본은 출현 종만을 기록하였으며, 세뿔투구꽃의 분포 형태를 알고 생육 현황을 파악하고자 출현 개체 수(Number of populations)를 기록하고 서식 밀도가 높은 지점에 1 m×1 m 소형 방형구를 추가로 설치하여 세뿔투구꽃의 분포 패턴, 개체군의 높이(Height of populations)를 조사하였다.

입지 환경조건의 정보는 최종적으로 획득된 군락 분류 결과를 해석하고 이해하는 데 매우 중요하며, 출현한 식물 종 및 식물 군락에 대한 생태학적 데이터베이스 구축의 기초(Grime et al. 1988) 자료가 되기 때문에 다양하고 구체적인 정보를 확보하고자 분포 및 입지 환경요인으로 고도(Altitude/m), 방위(Aspect), 경사(Slope/°), 암 노출(Exposure of rock/%), 낙엽층 두께(Deciduous layer/cm), 낙엽층 피도(Cover degree of litter layer), 유효토양(Effective soil depth/cm), 서식지와 계곡과의 거리(Distance form valley/m), 등산로와의 거리(Distance form trail/m), 서식지 면적(Cluster area/m²), 토양수분(Soil moisture/%), 상대광도(Relative light intensity/%)를 조사하였으며, 상대광도는 LI 250 Light Meter로 기록하였다.

3) 토양분석

세뿔투구꽃 주요 서식지 5개 지역에 대한 토양의 시료 채취는 낙엽층을 제거하고 유효 토심 조사를 시행하였으며, A층(표층에서 15 cm 내외)에서 500 g 정도를 채취해 음지에서 자연 건조하였다. 건조된 토양 표본은 토양의 물리적 특성(Physical properties)과 화학적 특성(Chemical properties)을 분석하였다. 토양의 물리적 성질 중에서 가장 기본이 되는 토성(Soil texture)은 크기별로 점토(Clay), 미사(Silt), 모래(Sand)로 나누고 그 함유 비율에 따라 토양을 분류하였으며, 물리적 특성 외 화학적 특성(pH, OM, TN, P205, EC, CEC, TC, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, TOC, TIC, TC)을 분석하였다.

4) 임분구조 분석

임분구조 분석은 식생조사에 의해 수집된 자료를 분석하여 출현 종의 상대적인 중요치를 나타내는 척도로서 Curtis와 McIntosh(1951)이 제시한 방법에 따라 밀도(Density)를 계산하고 피도(Coverage)는 흉고 단면적으로 계산하였으며, 상대밀도(Relative Density, RD)와 상대피도(Relative Coverage, RC) 그리고 상대빈도(Relative Frequency, RF)를 이용해 상대우점치(Importance Value, IV)를 산출하였다.

상대밀도(RD) = 대상종의 밀도/전체종의 밀도합계 × 100%
 상대피도(RC) = 대상종의 피도/전체종의 피도합계 × 100%
 상대빈도(RF) = 대상종의 빈도/전체종의 빈도합계 × 100%
 상대우점치(IV) = (RD+RC+RF)/3

평균상대우점치(Mean Importance Value, MIV)는 식생조사의 결과 값으로 얻어진 자료에 의하여 각 수준의 상대적인 중요도를 나타내는 척도로서 상층, 중층, 하층으로 구분된 각층의 개체 크기를 고려하여 계산하였다(Choo, 2005).

상대 평균상대우점치(MIV) = (상층 IV×3+중층IV×2+하층IV)/6

결과 및 고찰

1. 세뿔투구꽃 서식지의 입지환경

1) 기상현황

기후와 식물 분포와의 연관성에 관한 연구는 19세기 초부터 연구되기 시작하였다(Bakker, 2005; Pickering, 1830). 식물의 분포를 결정하는 요소로서 식물의 생장에도 관여하는 가장 중요한 인자는 온도이며(Woodward, 1987), 기온, 강수 등의 관측 자료는 다양한 유형의 수치 및 기후모델의 검증자료로 사용될 뿐만 아니라 기후변화 연구의

중요한 기초자료로 활용될 수 있다(Park and Jang, 2011).

광양지역의 최근 15년(2004~2018)간 평균 기온은 14.37°C로 과거 15년(1918~1932)간과 비교했을 때 0.68°C 상승했다. 지난 100년간 지구의 기온변화(0.75°C 상승)에는 미치지 못하는 수준이기는 하지만 지구온난화 현상의 연장선에 있음을 확인할 수 있는 결과이다. 최근 15년간 연평균 강수량은 1,483.6 mm이고 과거 15년간의 연평균 강수량이 1513.4 mm로 확인되었다. 1964년 이후 55년간의 기상 현황을 살펴보면 다음과 같다. 이상기후의 증가로 지목되는 국지적 집중호우로는 2009년 7월 강수량 869 mm 중 7월 7일 하루 동안 242 mm의 강우가 기록되었고, 2011년 7월 강수량 670.5 mm 중 7월 9일 일강수량은 386 mm이었으며, 2014년 8월 강수량 769 mm 중 8월 2일 일강수량은 260 mm로 기록되었다. 또한 2011년 7월 9일 하루 동안 386 mm의 비가 내렸는데 이는 2011년 강수량의 19%에 이른다. 기상현황 중 극치를 살펴보면 최고 기온은 39.0°C(1994. 7. 20.), 38.9°C(2013. 8. 20.)이었고, 최저 기온은 -14.5°C(1970. 1. 31.), -13.5°C(1990. 1. 26.), -13.2°C(2018. 1. 27.)로 관측되었었다. 강수량을 보면 2008년이 835 mm로 최저 강수량으로 기록되었고 최고 강수량은 1985년에 관측된 2,497 mm이었다. 지구온난화는 대기

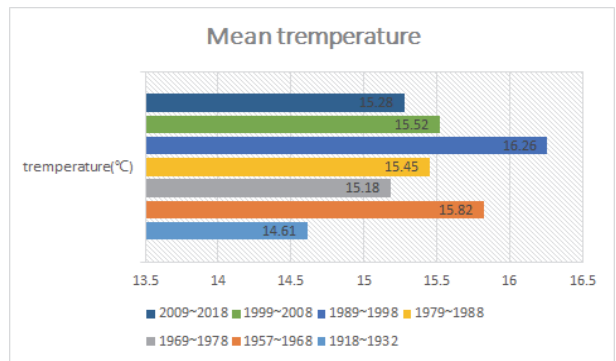


Figure 2. Temperature change over 100 years in Gwangyang (1918~2018).

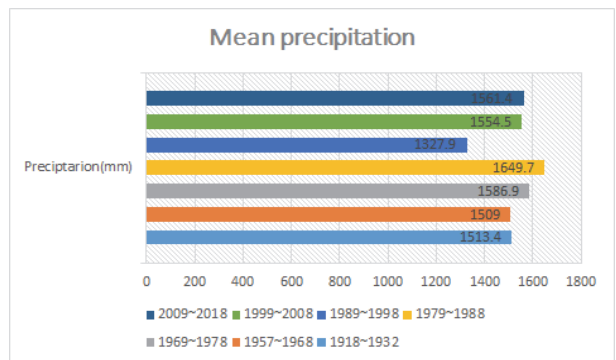


Figure 3. Change in precipitation over 100 years(1918~2018).

중의 수증기량의 증가를 불러오면서 평균 강수량이 증가할 것이며, 이는 홍수나 가뭄으로 이어질 것이라 보고 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007)하고 있지만 광양지역의 평균 강수량은 큰 값은 아니지만, 오히려 29.8 mm 감소한 수치이다. 다만 이상기후의 증가로 지목되는 국지적 집중호우는 지속적으로 발생하는 추세를 보이고 있다. 이처럼 집중호우의 빈번함은 지구온난화에 의한 바다와 하천의 증발량 증가와 함께 기후 시스템의 이상 징후인데 기후에 대한 지속적인 모니터링은 산림생태계 내 식물 군락의 변화를 예측하는데 중요한 자료로 활용할 수 있을 것이다.

2) 입지환경

세뽕투구꽃은 그 분포가 극히 한계적인 종으로 한반도의 특정 지역에서만 관찰할 수 있는 종으로 백운산 지역 세뽕투구꽃 서식지의 입지환경 분석 결과는 Table 1과 같다. 세뽕투구꽃은 해발고도 420 m~675 m 구간에 자생하고 있었고. 방위는 NE19°~SE134°로 분포하고 있었다. 경사는 15°~37°이었다. 낙엽층 깊이는 1.5 cm~3 cm로 조사되었으며, 조사지 1과 조사지 4의 낙엽층이 3 cm로 다른 지역보다 높게 조사되었다. 암석 노출률은 5%~35%이었고, 출현한 개체의 수는 조사지 중 해발고도가 가장 높은 지역인 조사지 1(675 m)이 258개체, 조사지 4(550 m)가 372개체로 가장 많은 개체가 분포하고 있었으며, 조사지 5(480 m)가 84개체, 조사지 3(485 m)이 55개체, 조사지(420 m)가 13개체로 가장 적은 개체가 분포해 있었다, 높이 또한 0.4 m~0.8 m로 조사지 1(675 m)이 0.8 m, 조사지 4(550 m)가 0.7 m, 조사지 5(480 m)가 0.6 m, 조사지 3(485 m)이 0.5 m, 조사지 2(420 m)가 0.4m로 평균 높이는 0.6m이었다. 세뽕투구꽃 서식지는 계곡에서 5 m~20 m 거리 내에 자생하고 있었고, 등산로와는 1 m~40 m 떨어져 있었으며, 가장 많은 개체가 분포하고 있는 조사지 4(550 m/372 개체)가 등산로와의 거리가 40 m로 가장 멀리 떨어져 있어서 비교적 다른 개체들보다 인위적 훼손에 의한 영향이 최소화되는 지역에 서식하고 있었다. 분포면적은 15 m²에서 최대 600 m²까지 분포하고 있었고, 토양수분은 13~24.9%로 평균 20.48%였으며, 상대광도는 3.6~18.2%로 평균 7.34%이었다.

Park et al.(2016)은 국내 7개 지역의 세뽕투구꽃 자생지의 해발고도를 248 m~744 m, 경사는 4°~39° 범위로 경사가 완만하고 가파른 지역까지 다양한 입지조건에 분포한다고 하였다. 본 연구 대상지인 백운산 지역 내 세뽕투구꽃의 서식지는 해발고도 420 m~675 m, 경사는 15°~37°로 고도나 경사 값은 기존 연구 결과와 거의 유사한 형태를 보여주고 있었다. 다만 400 m 이하의 낮은 경사와 고도에서는 서식지가 발견되지 않았는데 이번 연구는 백운산으로 한정된 연구이기 때문에 발생한 결과로 판단되며, 백운산 지역의

Table 1. Location environment of *Aconitum austrokoreense* in Mt. Baegun.

Category	Site1	Site2	Site3	Site4	Site5
Altitude (m)	675	420	485	550	540
Aspect	SE134	NE19	NE70	NE13	E92
Slope (°)	20	19	15	37	21
Deciduous layer (cm)	3	2	2.5	3	1.5
Rock exposure (%)	5	5	35	5	25
Effective soil depth (cm)	30	31	33	39	29
Population	258	13	55	372	84
Average height (m)	0.8	0.4	0.5	0.7	0.6
Distance form vally (m)	5	15	17	20	10
Distance form trail (m)	40	2	1	1	1
Cluster area (m ²)	600	15	30	500	100
Soil moisture (%)	22.5	21.6	20.4	24.9	13.0
Relative light ntensity (%)	18.2	5.5	6.0	3.4	3.6

산림 특성상 해발고도가 낮은 지역이 경사도 또한 낮아서 해발고도가 경사도에도 영향을 미친 것으로 보인다.

세뽕투구꽃의 서식지 5개 조사구 중에 3개 조사구가 북동쪽에 위치하고 있었고, 계곡과의 거리는 20 m 그리고 등산로와 거리는 최대 40 m 이내였다. 백운산에 생육하는 같은 환경부 멸종위기 야생생물(식물) 2급인 나도승마의 서식지의 경우 최대 계곡에서 50 m, 등산로와는 150 m 이내였으며, 6개의 조사구 중 5개의 조사구가 북동쪽이었다. 세뽕투구꽃 서식지의 방위는 나도승마와 비슷하게 북동쪽에 대한 비중이 높았으나 계곡 인근에 서식하는 특성상 증가하는 집중호우와 근접한 등산로로 인한 유실에 대한 위험성과 인위적 훼손에 의한 서식지 보존의 어려움은 나도승마보다 더 높은 수준이었다.

식물은 동물과 다르게 개체의 이동성이 느리게 나타난다. 식물 종들의 사회에서는 지상부와 지하부에서 매우 엄격한 경쟁과 공존의 법칙이 존재하며, 서식환경 조건에 잘 대응하고 있는 식물이 주변 식생에 강한 영향력을 행사하기도 한다(Groves and Williams, 1975). 또한 식물은 생육에 적절한 수분이 분포하고 숲틈이 형성되어 적당한 빛이 공급되는 생장에 유리한 곳에서 서식하려는 경향을 보인다. Lee et al.(1999)은 잎, 줄기 및 뿌리의 생장은 세포 수의 증가 및 수분 흡수에 의한 세포 수의 확대를 의미하고 체내의 수분 부족이 일어나면 체적 감소와 각 기관의 생장이 현저하게 억제된다고 하였으며, Kudoh et al.(1999)은 하층식생의 성장과 생식전략의 변화는 형성된 숲틈에 의

해 공급되는 빛의 양에 의해 결정된다고 하였다. 세뿔투구꽃 조사구의 토양수분 함량은 평균 20.48%이었고 상대광도는 평균 7.34%로 나도승마의 토양수분 함량 평균 16.11%, 상대광도 평균 3.80%에 비해 토양수분은 4% 이상, 상대광도는 2배 가까이 높은 조사 결과이다. 이러한 결과는 세뿔투구꽃이 나도승마보다 생장에 필요한 수분과 빛의 요구량이 많다는 것을 의미한다. Park et al.(2012)에 의해 조사된 광양지역의 세뿔투구꽃 서식지의 토양수분이 61.20%이었고 다른 지역을 포함한 7개 지역 전체 평균

토양수분 함량은 43.56%이었다. 기존 조사된 광양지역의 수분 함량은 본 연구지 평균(20.48%)보다 3배 이상 높은 결과이다. Park et al.(2012)의 연구에서 광양지역의 표본구가 해발 455 m 1개 조사지라는 한계점을 가지고 있지만, 전체 평균값 또한 2배 이상 높은 결과값을 보여주고 있다. Ahn et al.(2002)은 토양수분은 계곡부에서 멀어짐에 따라, 산악지의 정상부로 갈수록 감소하는 경향이 나타난다고 하였다. 향후 추가적인 검토와 보완 조사가 필요할 것으로 보인다. 백운산 내 세뿔투구꽃의 현존 분포는 Figure 5와 같다.



Figure 4. The morphological characteristics of the *Aconitum austrokoreense* habitat in Baekun Mt.

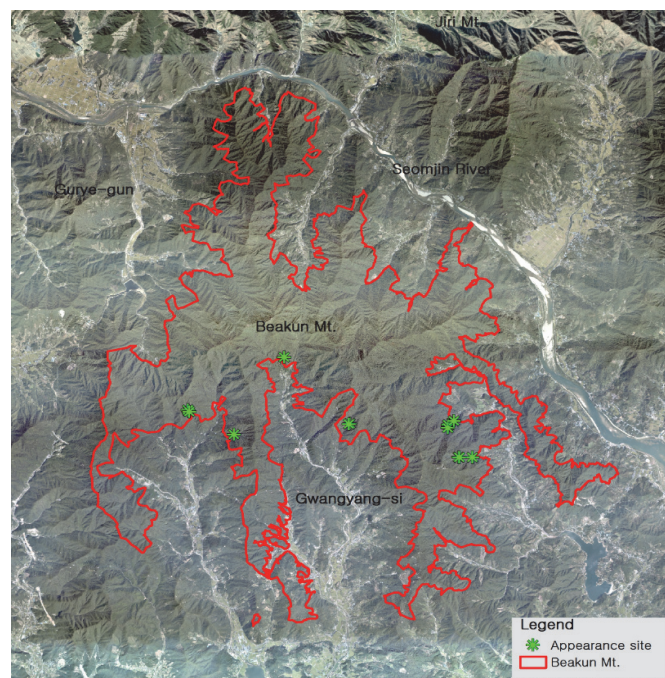


Figure 5. Current distribution of *Aconitum austrokoreense*.

2. 서식지 토양의 이화학적 특성

1) 토양의 물리적 특성

세뿔투구꽃 주요 서식지의 주된 생육 공간인 A층의 토양을 분석한 결과 토성이 Sand인 조사지가 1개소, Sandy Loam인 조사지가 4개소로 전체적으로 모래 함량이 많은 배수가 잘되는 토양을 선호하고 있다는 것을 알 수 있었다. 그중에서 토성이 사토(Sand)로 판단된 조사지 1은 모래 함량이 88.17%로 높은 비중을 차지하고 있었다. 미사는 10.00~47.33%의 범위 내에서 포함되어 있었고, 점토는 1.83~3.02%로 5개 조사지 전체가 낮은 비율로 포함되어 있었다(Table 2).

토양은 크기가 다양한 광물과 유기물질로 구성되어 있으며, 광물질의 크기가 2 mm 이하인 입자를 토양이라 한다. 세뿔투구꽃 서식지 토양의 물리적 특성은 박정근 등(2016)의 연구 결과에 의하면 7개 지역 표본구 중 미사질 양토(Silt loam) 4개 조사지, 사질양토(Sand Loam) 2개 조사지, 양토(Loam) 1개 조사지였다. 본 연구 대상지인 백운산 내 표본 조사구는 토양은 사질양토(Sand Loam) 4개 조사지, 사토(Sand) 1개 조사지였다. 이러한 이유는 백운산 세뿔투구꽃의 자생지가 계곡과 인접해 있고 전석시대가 많아 입경이 크기 때문이다(Kim et al., 2007). Kim(2018)이 장수군 계남면 일대에서 진행한 세뿔투구꽃 서식지 연구 결과에 의하면 사토(Sand) 49.80%, 미사(Silt) 43.30%, 점토(Clay) 6.90%이고 본 연구지역의 평균은 사토(Sand) 66.60%, 미사(Silt) 31.10%, 점토(Clay) 2.20%였다. 두 연구지를 비교해 보았을 때 본 연구지가 사토(Sand)의 함량이 더 높은 비율로 구성된 토양으로 배수에 유리한 토양으로 판단된다. 기존 연구 결과들을 살펴볼 때 결과적으로 세뿔투구꽃은 토양의 물리적 성질에는 많은 영향을 받지 않고 서식지를 결정하는 생육 특성이 있는 것으로 판단된다.

Table 2. Physical properties of soil in *Aconitum austrokoreense* habit.

Site No.	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil texture
Site1	88.17	10.00	1.83	Sand
Site2	69.84	28.26	1.90	Sandy Loam
Site3	58.86	39.02	2.12	Sandy Loam
Site4	49.65	47.33	3.02	Sandy Loam
Site5	63.02	34.88	2.10	Sandy Loam
Mean	65.91	31.90	2.19	

2) 토양의 화학적 특성

세뿔투구꽃 서식지의 토양 pH는 평균 5.2였으며, 서식지에 따라 4.5에서 5.9까지 조사되었다. 토양 구성물의 필수적인 요소로 토양미생물의 양과 토양산도와 상관관계를 가지고 있어 토양 호흡에 중대한 영향을 미치는데(Lee, 2003) 유기물은 평균 16.46%로 조사지 1이 13.60%로 가장 낮았고 조사지 3이 21.71%로 가장 높게 나타났다. 산림의 생산능력과 직접적인 영향을 가지고 있는 질소는 평균 0.86%로 조사지에 따라 0.57%에서 1.55%까지 함유되어 있었다. 식물체에 흡수되고 이용될 수 있는 유효인산은 6.58 mg/kg에서 19.99 mg/kg로 함유되어 있었으며 평균 11.86 mg/kg이었다. 전기전도도인 EC는 토양 속 염류가 얼마나 녹아있는지를 측정하는 것으로 전기전도도가 높으면 삼투압 현상이 발생하여 식물의 뿌리 활력이 저조해진다. 즉 삼투압 현상으로 인해 식물의 뿌리에서 물이 빠져나가는 탈수 현상이 나타나는 것이다. 측정 결과 EC는 0.34 dS/m에서 0.62 dS/m로 평균 0.44 dS/m이었고, 토양이 양이온을 흡수할 수 있는 능력을 말하는 CEC는 평균 37.04 cmolc/kg로 31.71 cmolc/kg에서 47.68 cmolc/kg이었다. 교환 가능한 양이온은 Ca²⁺가 평균 1220.90 mg/kg 조사지 1이 140.0 mg/kg으로 가장 낮았고, 조사지 3이 2531.0 mg/kg으로 가장 높았다. Mg²⁺는 22.88 mg/kg에서 103.30 mg/kg으로 평균 68.5 mg/kg이었고 K⁺는 54.69 mg/kg에서 137.60 mg/kg으로 평균 94.33 mg/kg이었으며, Na⁺는 18.99 mg/kg에서 71.37 mg/kg까지 분포해 평균 41.67 mg/kg으로 분석되었다. 토양탄소 저장은 대기 중의 이산화탄소가 포획되어서 토양에 유기탄소나 무기탄소 형태로 저장되는데 지구온난화를 완화하는 효과를 가지고 있다. 토양 유기탄소의 누적량은 평균 9.15%이었고, 무기탄소는 평균 1.53%로 나타났다.

세뿔투구꽃 서식지 토양의 화학적 특성을 살펴보면 토양 PH는 우리나라 산림토양 평균 5.48(Jeong et al., 2002)과 비슷하고 세뿔투구꽃 서식지를 대상으로 조사한 5.69(Park et al., 2016)과 5.90(Kim, 2018)보다는 약간 낮은 5.20으로 조사되었다. 토양의 PH는 겨울철에는 다른 계절에 비해 높고 여름철에 낮으며 연중 PH 1.0 범위 내에서 변화하기 때문에 위의 조사 자료는 오차 범위 내의 수치로 보여지며 우리나라의 대부분 산림토양은 조립질 산성모재인 운모와 장석의 비중이 높은 화강암 계열로 양이온치환용량(CEC)이 낮아 전반적으로 pH도 낮은 것으로 판단된다.

토양의 양이온치환용량을 높이는 중요한 역할(Jang, 2019)을 하는 유기물 함량은 평균 16.46%로 기존 연구와 비교했을 때 우리나라 산림토양 평균 4.49%(Jeong et al., 2002)의 3배 이상으로 높게 나타났고 7.83%(Park et al., 2016)의 약 2배, 11.32%(Kim, 2018)의 약 1.5배 높은 것

Table 3. Chemical properties of soil in *Aconitum austrokoreense* habitat.

	Site1	Site2	Site3	Site4	Site5	Mean
pH	5.2	4.5	5.2	5.2	5.9	5.20
OM(%)	13.60	13.89	27.71	13.23	13.86	16.46
TN(%)	0.65	1.55	0.88	0.57	0.65	0.86
P205(mg/kg)	19.99	6.58	8.98	7.67	16.09	11.86
EC(dS/m)	0.57	0.35	0.62	0.30	0.34	0.44
CEC(cmolc/kg)	32.94	31.71	47.68	37.11	35.76	37.04
Exchangeable (mg/kg)						
Ca ²⁺	1235.0	140.9	2531.0	334.6	1873.0	1,222.90
Mg ²⁺	83.11	37.45	103.30	22.88	95.57	68.46
K ⁺	100.40	54.69	105.10	73.89	137.60	94.34
Na ⁺	41.38	18.99	71.37	22.52	54.07	41.67
TOC(%)	7.89	8.06	14.07	7.68	8.04	9.15
TIC(%)	1.74	2.18	0.59	0.98	2.18	1.53
TC(%)	9.63	10.24	14.66	8.66	10.22	10.68

* OM : Organic matter, TN : Total nitrogen, P205. : Available phosphate, EC : Electrical conductivity, CEC : Cation exchange capacity, TOC : Total organic carbon, TIC : Total Inorganic Carbon, TC : Total carbon

로 나타났다. 세뿔투구꽃이 전체적으로 유기물 함량이 우리나라 산림토양 평균값보다 높은 지역에 생육하고 있었으며, 특히 백운지역의 서식지가 풍부한 유기물을 함유하고 있는 것으로 조사되었다.

식물의 성장에 밀접한 영향을 미치는 전질소는 평균 0.86%로 우리나라 평균값 0.19%보다 약 8배, Kim(2018)의 연구 결과 0.64%보다는 약간 높았고, Park et al.(2016)의 연구 결과 0.35%와 비교했을 때는 2배 이상 높은 생산능력을 가지고 있었다.

우리나라 산림 평균 유효인산 함유량은 25.6 mg/kg (Jeong et al., 2002)이다. 백운산 조사구 내 유효인산은 11.86 mg/kg으로 우리나라 산림 평균의 절반에도 미치지 못했고 13.00 mg/kg(Kim, 2018) 보다는 약간 낮은 값이고 8.0 mg/kg(Park et al., 2016)의 연구 결과보다 더 높은 결과인 3.86 mg/kg이었다. Jin(1994)은 토양 PH가 낮으면 유효인산의 함유량도 낮다고 하였다. 본 연구의 유효인산 함유량 또한 PH와의 상관관계가 성립되었다.

양이온교환용량은 일정량의 토양이나 교물질이 양이온을 흡착·교환할 수 있는 능력을 말하는데 점토 함량이나 점토광물 종류 및 유기물 함량에 따라 다르며, 토양의 물리적·화학적 특성을 변화시키고 작물에 필요한 영양소 공급 및 토양 내 미생물을 활성화하는 요소로 식물 영양소의 주된 공급원인 N, K, Mg, Ca, P 등을 흡착한다(Jang, 2019). 우리나라 평균 양이온교환용량은 12.50 cmolc/kg (Jeong et al., 2002)로 본 백운산 연구지의 조사 결과 평균인 37.4 cmolc/kg의 3분의 1 정도 수준이었고, Kim(2018)

의 조사 결과인 19.38 cmolc/kg은 본 연구지역 평균의 약 2분의 1 수준이었으며, Park et al.(2016)의 조사 결과인 13.04 cmolc/kg 또한 본 연구지역 조사결과의 약 3분의 1 정도 수준이었다. 이러한 결과는 양이온치환용량과 그리고 전질소 함량과 밀접한 관계가 있는 토양유기물 함량이 기존 연구자들의 값보다 더 높았던 것으로 인해 나온 결과이다. 치환성 양이온인 Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺의 평균값들도 비교 대상 연구 결과 값보다 높게 나타났다. 그 외 지구온난화를 완화하는 효과를 가지고 있는 유기탄소량과 무기탄소량은 9.15%와 1.53%이었다.

백운산 조사구 내 토양은 전체적으로 배수가 잘되는 마사 토양으로 다른 세뿔투구꽃 연구지역들보다 무기질, 양이온교환용량, 전질소 등 전체적으로 식물 생육에 더 적합한 지역으로 판단되며, 총탄소 저장량은 10.68%이었다.

3. 세뿔투구꽃 서식지의 산림식생구조

1) 군집구조

목본층에 출현한 종은 총 27과 44종으로 특산식물인 노각나무가 조사지 3의 교목층, 아교목층, 관목층에서 고르게 생육하고 있었고, 조사지 2에서는 아교목층, 관목층에서 생육하고 있었다. 조사지 3에서 가장 많은 18과 24종이 출현했으며, 조사지 5가 18과 24종, 조사지 1이 16과 17종, 조사지 4가 15과 15종, 조사지 2가 9과 10종으로 조사되었다.

조사지 1은 1978, 79년에 조성한 잣나무 조림지로 잣나무-비목나무 우점군집이다. 잣나무 조림지였다는 것을 고려해볼 때 22.3%라는 평균상대우점치는 조림 후 40년이

경과한 현재 타 수종과의 경쟁에서 명확한 우위를 점하지 못하고 있는 상황으로 많이 쇠퇴한 것으로 판단된다. 향후 조사지 1의 평균상대우점치는 아교목 층에서 출현하지 않은 잣나무 보다 오히려 아교목층에서 높은 상대우점치를 보이는 비목나무(30.7%) 서어나무(15.5%)의 서어나무의 영향력이 확대될 것으로 보인다.

조사지 2는 1920, 23년에 조성한 일본목련 조림지로 일본목련-서어나무 우점군집이다. 조사지 2를 대상으로 교목층, 아교목층, 관목층의 평균상대우점치를 분석해보면 일본목련이 조림과 천연하중 갱신으로 인해 교목층(72.9%), 아교목층(13.5%), 관목층(21.6%)에서 생태적 영향력을 가지고 지속적으로 출현하고는 있지만, 침입한 서어나무 또한 교목층(27.1%), 아교목층(21.6%), 관목층(9.7%)에 고르게 분포하고 아교목 층에서는 오히려 상대우점치가 일본목련과의 경쟁에서 압도적 우위를 차지하고 있다. 이러한 현상은 시간이 지남에 따라 일본목련에서 서어나무로의 자연적 천이가 진행될 수 있는 잠재적 가능성을 가지고 있다고 판단된다.

조사지 3의 느티나무-굴참나무 우점군집이다. 분포 분석 결과로 볼 때 교목층에서 굴참나무(41.0%)와 느티나무(28.7%)가 경쟁하고 있지만, 굴참나무는 상층 임관만 구성하고 있을 뿐 중층과 하층에는 출현하지 않고 있다. 결과적으로 상층만 구성하고 있는 굴참나무가 쇠퇴하고 교목(28.7%), 아교목(33.3%), 관목층(13.8%)에 고르게 큰 영향력을 미치고 있는 느티나무 우점군집으로의 변화가 진행될 것으로 판단된다.

조사지 4는 고추나무-비목나무 우점군집이다. 상층에서 출현하지 못한 고추나무가 중층(33.9%)과 하층(61.5%)에서 군집으로 출현해 고추나무의 평균상대우점치(21.5%)가 가장 높았지만, 고추나무의 생태적 특성상 교목으로 성장해 상층 임관에서 다른 종과 경쟁 관계를 형성할 가능성은 없다고 본다. 향후 고추나무는 단순히 아교목층과 관목층에서 영향력을 가질 것으로 보이며, 아교목층에서는 비목나무(26.2%), 때죽나무(10.8%)의 성장에 의해 고추나무의 상대우점치가 감소할 가능성도 있어 보인다. 조사지 4는 교목층, 아교목층에서 상대우점치가 높은 비목나무의 영향력이 확대될 것으로 보이고 아교목층과 관목층에서 출현한 팽나무의 상대우점치 또한 지속적으로 높아질 것으로 판단된다.

조사지 5는 산뿔나무-때죽나무-서어나무 군집으로 해석할 수 있다. 현재 교목층에서 서어나무(31.0%)가 산뿔나무(30.0%)와 경쟁의 관계를 가지고 있지만 향후 아교목층에서 출현하지 않은 서어나무보다 더 큰 영향력을 가지고 있는 산뿔나무(16.9%)의 성장을 통해 교목층에서 지속해서 상대우점치의 향상을 가지고 올 것으로 판단되며, 아교목층과 관목층에서 상대우점치가 높은 비목나무가 아교

목층에서 영향력을 확대하고 교목층에 임관 구성에도 관여할 것으로 보인다.

본 연구 결과에서 출현하는 평균상대우점치가 높은 수종들을 살펴보면 잣나무-비목나무, 일본목련-서어나무, 느티나무-굴참나무, 고추나무-비목나무, 산뿔나무-때죽나무-서어나무로 세뿔투구꽃이 낙엽활엽수림에 자생하는 빈도가 높은 것으로 나타났으나 조사지 1의 잣나무 조림지에서의 왕성한 번식으로 보아 평균상대우점치가 높은 잣나무 우점지역(침엽수림)에서도 자생이 가능한 것으로 판단된다. 특히 Park et al.(2016)과 Kim(2018)은 세뿔투구꽃이 졸참나무와 산뿔나무의 평균상대우점치가 높은 지역의 낙엽활엽수림에서 자생하고 이들이 서식하는 환경과 비슷한 환경을 선호한다고 하였으나 이번 연구 결과로 보면 특정 수종을 선호하는 비중이 크지 않다는 것을 알 수 있었다. 특히 조사지 1의 경우 78, 79년 잣나무 조림지로 조림 전에 세뿔투구꽃이 자생하고 있었는지 아니면 조림 이후 침입한 것인지에 대한 해석에 따라 향후 세뿔투구꽃이 선호하는 서식지를 규명하는 데 영향을 미칠 것으로 판단된다.

2) 초본층 중 구성

5개 조사지 내 초본 출현종은 총 25과 49종이었다. 조사지 1에서는 개감수, 기름새 등 19종이 출현하였고, 조사지 2는 꼭두서니, 단풍취 등 15종, 조사지 3은 뱀고사리, 송마 등 13종으로 출현 종수가 가장 적었으며, 조사지 4는 선밀나물, 천남성 등 18종, 조사지 5는 매미꽃, 애기나리 등 27종으로 가장 많은 종이 출현하였다. 뱀고사리, 제비꽃, 주름조개풀이 출현 빈도가 5회로 가장 잦은 출현 빈도를 보였고, 꼭두서니와 이삭여뀌가 4회의 출현 빈도를 보여주었다. 개감수와 도둑놈의갈고리는 조사지 1에서만 출현하였는데 조사지 1은 조사구 중 해발고가 가장 높은 675 m 지역이다. 단풍취와 우산나물은 조사지 2에서만 출현하였다. 조사지 2는 NE 방향으로 조사구 중 해발고가 가장 낮은 420 m 지역이다. 남산제비꽃, 물봉선, 짚신나물은 조사지 3에서만 출현했고 감자난초, 거북꼬리, 고사리삼, 나비나물, 덩굴개별꽃, 매미꽃, 밀나물, 바다나물, 청미래덩굴, 큰애기나리, 하늘말나리는 초본층이 가장 풍부한 조사지 5에서만 출현하였다. 초본층에서 특산식물은 조사지 5에서 1차례만 출현한 매미꽃 1종이었다. 주름조개풀과 뱀고사리가 5회의 출현 빈도를 보여 모든 조사구에 출현했으며, 다음으로 꼭두서니와 이삭여뀌가 4회의 출현 빈도를 보여주었다. 이러한 결과는 초본층에서 주름조개풀의 출현 빈도가 가장 높다는 Park et al.(2016)과 Kim(2018)의 연구 결과와 일치하는 부분이다. 세뿔투구꽃 외 특산식물로 매미꽃이 해발고도 540 m 인 조사지 5에서 1회 출현하였지만, 서식 환경에 대한 상관관계는 없는 것으로 판단된다(Table 5).

Table 4. Importance value and mean importance value of wood species in *Aconitum austrokoreense* habitat.

Scientific name	Site1			Site2			Site3			Site4			Site5				
	U	M	L	MIV	U	M	L	MIV	U	M	L	MIV	U	M	L	MIV	
<i>Juglans mandshurica</i> Maxim																	
<i>Cephalotaxus koreana</i> Nakai		4.8		1.6												5.2	0.8
<i>Carpinus tschonoskii</i> Maxim.		5.7		1.9												3.7	0.6
<i>Corylus heterophylla</i> Fisch. ex Trautv.		4.8		1.6		4.1	0.7										
<i>Philadelphus schrenkii</i> Rupr.																	
<i>Acer pictum</i> subsp. mono (Maxim.) Ohashi		5.0		1.7					4.9	3.4	2.2		4.9	9.6	3.2		
<i>Diospyros lotus</i> L.													7.9		3.9		
<i>Staphylea bumaldia</i> DC.									4.5		1.5		33.9	61.5	21.5	32.5	5.6
<i>Ligustrum japonicum</i> Thunb.																5.2	0.8
<i>Stephanandr aincisa</i> (Thunb.) Zabel																	
<i>Quercus variabilis</i> Blume									41.0		20.5				8.8		4.4
<i>Stewartia pseudocamellia</i> Maxim.									7.2	1.2	2.8	2.3	6.4				
<i>Clerodendrum trichotomum</i> Thunb.									2.8	29.9	5.9						
<i>Zelkova serrata</i> (Thunb.) Makino									28.7	33.3	13.8	27.7				5.0	0.8
<i>Acer pseudosieboldianum</i> (Pax) Kom.		5.1		1.7		13.7	4.4	5.3		2.8	2.3	1.3					
<i>Ilex macropoda</i> Miq.													4.9		1.6		
<i>Viburnum erosum</i> Thunb.									4.1	0.7							
<i>Syrax japonicus</i> Siebold & Zucc.		7.0		2.4					5.4		1.8		10.8	9.6	5.2	48.6	3.7
<i>Cornus walteri</i> F.T.Wangerin																10.7	5.3
<i>Maackia amurensis</i> var. <i>buergeri</i> C.K.Schneid.									10.1		5.1					3.7	0.6
<i>Deutzia grandiflora</i> var. <i>baroniana</i> Diels																3.7	0.6
<i>Alangium plataniifolium</i> var. <i>trilobum</i> (Miq.) Ohwi																	
<i>Lindera erythrocarpa</i> Makino		14.2	30.7	17.2					10.1	3.5	3.4	6.8	21.4	26.2	19.6	16.8	19.5
<i>Sapium japonicum</i> (Siebold & Zucc.) Pax & Hoffm.									2.8	16.4	3.7		4.9	1.6	17.7	5.2	6.7
<i>Prunus sargentii</i> Rehder													8.2		4.1		
<i>Morus bombycis</i> Koidz.		4.8		1.6					2.7	2.3	1.3		4.8	1.6	30.0	16.9	20.6

Table 4. (Continued).

Scientific name	Korean name	Site1			Site2			Site3			Site4			Site5			
		U	M	L	MIV	U	M	L	MIV	U	M	L	MIV	U	M	L	MIV
<i>Rhododendron yedoense</i> f. <i>poukhanense</i> (H.Lév.) M.Sugim. ex T.Yamaz.	산철쭉				16.5	2.7											
<i>Zanthoxylum schinifolium</i> Siebold & Zucc.	산초나무		19.1	3.2													
<i>Lindera obtusiloba</i> Blume	생강나무				5.5	0.9		3.4	0.6								
<i>Carpinus laxiflora</i> (Siebold & Zucc.) Blume	서어나무	11.1	15.5		10.7	27.1	72.8	9.7	39.4	3.5	2.3	1.5	15.2	7.6	31.0	3.7	16.1
<i>Magnolia obovata</i> Thunb.	일본목련				72.9	13.5	21.6	44.6									
<i>Albizia julibrissin</i> Durazz.	자귀나무								8.8				4.4				
<i>Callitcarpa japonica</i> Thunb.	작살나무	7.0	20.8	5.8						5.2	2.3	2.1		9.5	1.6		
<i>Pinus koraiensis</i> Siebold & Zucc.	잣나무	44.6		22.3													
<i>Quercus serrata</i> Murray	졸참나무	4.8		1.6	4.2	0.7				15.6	4.8	9.4					
<i>Sambucus sieboldiana</i> var. <i>miquelii</i> (Nakai) Hara	지령쿠나무									3.5	2.3	1.5					
<i>Styrax obassia</i> Siebold & Zucc.	쪽동백나무									2.8	0.5						
<i>Euonymus hamiltonianus</i> Wall.	참빗살나무									2.8	2.3	1.3					
<i>Euonymus oxyphyllus</i> Miq.	참회나무															3.7	0.6
<i>Zanthoxylum piperitum</i> (L.) DC.	초피나무									2.8	0.9						
<i>Cornus controversa</i> Hemsl.	층층나무	19.7		9.9													
<i>Celtis sinensis</i> Pers.	팽나무	10.4		5.2						13.9	4.6			4.8	9.8	3.2	9.1
<i>Meliosma oldhamii</i> Maxim.	합다리나무												10.4				5.2
<i>Euonymus sachalinensis</i> (F.Schmidt) Maxim.	회나무	4.8		1.6													
<i>Euonymus pauciflorus</i> Maxim.	회목나무										2.3	0.4					
<i>Euonymus alatus</i> f. <i>ciliatodentatus</i> (Franch. & Sav.) Hiyama	회잎나무									2.8	2.3	1.3					5.2

Table 5. Composition of species of the herb layer in *Aconitum austrokoreense* Habitat.

Scientific name	Korean name	Site1	Site2	Site3	Site4	Site5
<i>Carex humilis</i> var. <i>nana</i> (H.Lév. & Vaniot) Ohwi	가는잎그늘사초		○		○	○
<i>Oreorchis patens</i>	감자난초					○
<i>Oreorchis patens</i> (Lindl.) Lindl.	개감수	○				
<i>Boehmeria tricuspis</i> (Hance) Makino	거북꼬리					○
<i>Sceptridium ternatum</i> (Thunb.) Lyon	고사리삼					○
<i>Spodiopogon cotulifer</i> (Thunb.) Hack.	기름새	○			○	
<i>Rubia akane</i> Nakai	꼭두서니	○	○		○	○
<i>Elsholtzia splendens</i> Nakai ex F.Maek.	꽃향유	○			○	
<i>Vicia linearifolia</i> Y.N.Lee	나비나물					○
<i>Viola albida</i> var. <i>chaerophylloides</i> (Regel) F.Maek. ex Hara	남산제비꽃			○		
<i>Desmodium podocarpum</i> var. <i>oxyphyllum</i> (DC.) H.Obashi	도둑놈의갈고리	○				
<i>Astilbe rubra</i> Hook.f. & Thomson	노루오줌	○				
<i>Ainsliaea acerifolia</i> Sch.Bip.	단풍취		○			
<i>Commelina communis</i> L.	닭의장풀	○		○		
<i>Carex siderosticta</i> Hance	대사초		○			
<i>Codonopsis lanceolata</i> (Siebold & Zucc.) Benth. & Hook.f. ex Trautv.	더덕		○			
<i>Pseudostellaria davidii</i> (Franch.) Pax	덩굴개별꽃					○
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i> (Miq.) Ohwi	등굴레					
<i>Eupatorium japonicum</i> Thunb.	등골나물	○				○
<i>Coreanomecon hylomeconoides</i> Nakai	매미꽃					○
<i>Liriope platyphylla</i> F.T.Wang & T.Tang	맥문동	○			○	○
<i>Impatiens textori</i> Miq.	물봉선			○		
<i>Smilax riparia</i> var. <i>ussuriensis</i> (Regel) Hara & T.Koyama	밀나물					○
<i>Angelica decursiva</i> (Miq.) Franch. & Sav	바디나물					○
<i>Athyrium yokoscense</i> (Franch. & Sav.) Christ	뱀고사리	○	○	○	○	○
<i>Asparagus schoberioides</i> Kunth	비짜루	○		○		○
<i>Clematis apiifolia</i> DC.	사위질빵				○	○
<i>Corydalis speciosa</i> Maxim.	산괴불주머니	○				○
<i>Isodon inflexus</i> (Thunb.) Kudo	산박하	○		○		○
<i>Smilax nipponica</i> Miq.	선밀나물				○	
<i>Aconitum austrokoreense</i> Koidz.	세뿔투구꽃	○	○	○	○	○
<i>Potentilla freyniana</i> Bornm.	세잎양지꽃				○	○
<i>Cimicifuga heracleifolia</i> Kom.	승마			○		
<i>Disporum smilacinum</i> A. Gray	애기나리		○			○
<i>Syneilesis palmata</i> (Thunb.) Maxim	우산나물		○			
<i>Persicaria filiformis</i> (Thunb.) Nakai ex Mori	이삭여뀌	○		○	○	○
<i>Ajuga spectabilis</i> Nakai	자란초				○	
<i>Thalictrum uchiyamae</i> Nakai	자주깽의다리	○	○	○		
<i>Viola mandshurica</i> W.Becker	제비꽃	○	○	○	○	○
<i>Artemisia japonica</i> Thunb.	제비쑥				○	
<i>Oplismenus undulatifolius</i> (Ard.) P.Beauv.	주름조개풀	○	○	○	○	○
<i>Polygonatum lasianthum</i> Maxim.	죽대		○			
<i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb.	짚신나물			○		
<i>Aster scaber</i> Thunb	참취	○	○		○	
<i>Arisaema amurense</i> f. <i>serratum</i> (Nakai) Kitag.	천남성		○		○	
<i>Smilax china</i> L.	청미래덩굴					○
<i>Disporum viridescens</i> (Maxim.) Nakai	큰애기나리					○
<i>Aconitum jaluense</i> Kom.	투구꽃				○	○
<i>Lilium tsingtauense</i> Gilg	하늘말나리					○
Total	49	19	15	13	18	27

결 론

국내의 멸종위기생물(식물)에 대한 연구는 지속적으로 다양하게 이루어지지 않아서 종의 보존이나 서식지 확대를 위한 기본적 자료가 부족한 실정이다. 본 연구는 전라남도 광양시·구례군 백운산 내 서식하는 환경부 멸종위기 야생생물(식물) 2급인 세뿔투구꽃의 주요 서식지를 대상으로 서식에 영향을 미치는 중요 환경 인자인 기상, 입지, 토양, 임분구조를 조사하여 세뿔투구꽃이 선호하는 서식지와 위협 요인을 분석하였다.

입지환경조사 결과 백운산 내 세뿔투구꽃 자생지의 해발고도는 420~675 m 구간, 방위는 북동쪽이 높은 경향을 보였고, 경사는 15~37°의 범위로 조사되었다. 평균 개체수는 156개체였고, 조사지 4(550 m)에서 372개체로 가장 많이 분포했고, 높이는 평균 0.6 m이었다. 토양수분은 평균 20.48%, 상대광도는 평균 7.34%였다.

토양환경에서 세뿔투구꽃의 주된 생육 공간인 A층의 토양을 분석한 결과 물리적 특성은 토성이 사토(Sand)인 조사지가 1개소, 사양토(Sandy Loam)인 조사지가 4개소로 전체적으로 모래 함량이 많고 배수가 잘되는 토양을 선호하고 있다는 것을 알 수 있었다. 토양의 화학적 특성을 보면 세뿔투구꽃 서식지의 토양 pH는 평균 5.2였으며, 유기물은 평균 16.46%, 질소는 평균 0.86%, 유효인산은 평균 11.86 mg/kg, 전기전도도는 평균 0.44 dS/m, 양이온치환용량은 평균 37.04 cmolc/kg, 양이온은 Ca²⁺이 평균 1220.90 mg/kg으로 분석되었다. 지구온난화를 완화하는 효과를 가지고 있는 토양유기탄소의 누적량은 평균 9.15%이었고, 무기탄소는 평균 1.53%로 토양 내 총탄소량의 평균은 10.68%로 나타났다.

세뿔투구꽃이 자생하는 지역의 식생구조를 살펴보면 조사지 1의 군집은 잣나무-비목나무 우점군집으로 해석할 수 있었고, 잣나무의 상대우점치가 22.3%로 가장 높았으며, 비목나무가 17.2%이었다. 조사지 2는 일본목련-서어나무 우점군집으로 판단되며, 일본목련의 평균상대우점치가 44.6%, 서어나무의 평균상대우점치는 39.8%이었다. 조사지 3의 군집은 느티나무-굴참나무 우점군집으로 정의할 수 있었고, 평균상대우점치가 느티나무 27.7%, 굴참나무 20.5%이었다. 조사지 4는 고추나무-비목나무 우점군집으로 해석되고, 평상상대우점치는 고추나무 21.5%, 비목나무 19.6%이었다. 조사지 5의 군집은 산뽕나무-매죽나무-서어나무 우점군집으로 해석할 수 있었으며, 평균상대우점치는 산뽕나무 20.6%, 매죽나무 16.8%, 서어나무 16.1%로 나타났다. 목본의 출현 종은 총 27과 44종이었다.

백운산 지역에서 확인된 대부분의 현존 서식지는 등산로 및 고로쇠나무 수액채취 지역과 인접해 있어서 인위적

훼손과 교란의 잠재 위험 요소에 노출되어 있는 상황이었다.

감사의 글

본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업(2020183A00-2122-AA02)의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

References

- Ahn, Y.S., Chun, G.W., Park, W.G., Kim, C.U., An, G.W., Oh, K.I., 2002. Distribution of vegetation around watershed in the western part of yeonyeobsan. Journal of Korean Society of Forest Science(Journal Korean Forest Society). Journal of regular academic presentation 2002: 164-166 (in Korea).
- Bakker, J.P. 2005. Vegetation conservation, management and restoration. In *Vegetation Ecology*, edited by van der maarel. Malden, Oxford, Calton: Blackwell science Ltd. pp. 309-331.
- Choo, G.C., Kim, G.T. 2005. Vegetation structure of mountain ridge from bubong to poamsan in baekdudaegan, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 2005(2): 21-32 (in Korean with English abstract).
- Grabherr, G., Gottfried, M. and Pauli, H. 1994. Climate effects on mountain plants. Nature 369: 448.
- Grime, J., Hodgson, P. and Hunt, R. 1988. Comparative Plant Ecology. Unwinhyman. London. pp. 742.
- Groves, R.H. and Williams, J.D. 1975. Growth of skeleton weed as affected by growth of subterranean clove and infection by *Puccinia chondrilla* Bubak an and Syd. Australian Journal of Agricultural research 26(6): 975-983.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jang, S.W., 2019. Conceptual soilogy. Seoulgosigak Publisher. Seoul. pp. 460 (in Korea).
- Jeong, J.H., Koo, K.S., Lee, C.H. and Kim, C.S. 2002. Physico-chemical properties of Korean Forest Soils by Regions. Journal of Korean Society of Forest Science (Journal Korean Forest Society) 91(6): 694-700 (in Korean with English abstract).
- Jeong, Y.H. 1991. 91 Survey of natural ecosystems (Gwangyang Mt. Baegun). Ministry of Environment. pp. 47-93 (in Korean).

- Jin, H.H. 1994. Forest soil science. Hyanglim Publishing. Seoul. pp. 325.
- Kim, J.H. et al. 2007. Modern ecology. Gyomun publishers. Paju, Korea. pp. 434 (in Korean).
- Kim, W.C. 2018. Predictive analysis on natural habitat characteristics and potential habitat of *Aconitum austrokoreense* for the designation of the wildlife refuge: Focused on Mt. Jangan region in Jangsu gun. Jeonju. Jeonbuk National University. pp. 70 (in Korean with English abstract).
- Korea Institute for Environmental Policy Evaluation. 2001. A study on the effective preservation and management system of wildlife and plants. Ministry of Environment. pp. 338 (in Korean).
- Korea Resources Conservation Association. 2001. A study on the analysis and improvement of designation status of endangered wildlife and protected wildlife. Ministry of Environment. Seoul, Korea. pp. 162 (in Korean).
- Kudoh, H., Shibaie, H., Takasu, H., Whigham, D.F. and Kawano, S. 1999. Geant structure and determinants of clonal structure in a temperate deciduous woodland herb *Uvularia prefoliata*. *Journal of Ecology* 87: 244-257.
- Lee, G.J., Han, S.S., Kim, J.H. and Kim, E.S. 1999. Forest ecology. Hyangmun Publisher. Seoul, Korea. pp. 395 (in Korean).
- Lee, K.H. 2003. Soil respiration and microbial biomass in Sycamore (*Platanus occidentalis* L.) plantations treated with irrigation and nitrogen fertilization. *Journar of Korean Society of Forest Science (Journal Korean Forest Society)* 92(5): 435-443 (in Korean with English abstract).
- Lim, J.H., Woo, S.Y., Kwon, M.J., Chun, J.H. and Shin, J.H. 2006. Photosynthetic capacity and water use efficiency under different temperature regimes on healthy and declining Korean fir in Mt. Halla. *Journar of Korean Society of Forest Science (Journal Korean Forest Society)* 95(6): 750-710 (in Korean with English abstract).
- National Institute of Forest Science. 2011. Climate change, Forests and Humans. Research New book. Seoul, Korea 53: 178-179 (in Korean).
- Oh, H.G. 2015. Population dynamics and IUCN regional red list assessment of endangered plants in Korea. Chuncheon. Kangwon National University. pp. 153 (in Korean with English abstract).
- Park, J.G., Pi, J.H., Park, J.S., Yang, H.H., Lee, C.H., Suh, G.U., and Son, S.W. 2016. Environment and vegetation characteristics of *Aconitum austrokoreense* Koidz. habitats. *Korean Journal of Environmental and Ecology* 30(5): 896-907 (in Korean with English abstract).
- Park, J.S. 2011. Vascular plants of the Eokbulbong Baegunsan in Kwangyang-si. Suncheon. Suncheon National University. pp. 58 (in Korean with English abstract).
- Park, N.W. and Jang, D.H. 2011. Use of space-time autocorrelation information in time-series temperature mapping. *Journal of the Korean Geomorphological Association* 17(4): 432-442 (in Korean with English abstract).
- Pickering, C. 1830. On the geographical distribution of plants. *Transactions of the American Philosophical Society* 3: 274-284.
- Woo, B.M. 1996. 50 years of Seoul National University Forests, Jeongmin Publishing, Gyeonggi Province, Korea. pp. 386 (in Korean).
- Woodward, F.I. 1987, Stomatal numbers are sensitive to increases in CO₂ from pre-Industries levels, *Nature* 327: 617-618.

Manuscript Received : March 16, 2021

First Revision : April 13, 2021

Second Revision : May 26, 2021

Accepted : May 28, 2021