

세뽕투구꽃의 자생지 식생과 환경특성^{1a}

박정근² · 피정훈² · 정지영² · 박정석² · 양형호² · 이철호² · 서강욱² · 손성원^{2*}

Environment and Vegetation Characteristics of *Aconitum austrokoreense* Koidz. habitats^{1a}

Jeong-Geun Park², Jung-hun Pi², Ji-young Jung², Jeong-seok Park², Hyung-ho Yang²,
Cheul-ho Lee², Gang-uk Suh², Sung-won Son^{2*}

요 약

본 연구는 희귀 및 특산식물과 멸종위기야생식물 II 급으로 지정되어 있는 세뽕투구꽃의 자생지 환경을 조사하여 보전 및 복원 시 기초자료를 제공하고자 한다. 조사결과 세뽕투구꽃의 자생지는 해발고도 260-728m범위와 경사 4-39°의 계곡부에 주로 생육하는 것으로 조사되었다. 식생 및 관속식물 조사결과 7개 지역의 20개 방형구내에서 조사된 관속식물은 총 147분류군이 출현하였으며, 각 조사구내 초본층 피도와 빈도를 기초로 한 세뽕투구꽃의 중요치를 산출한 결과 평균 24.3%로 나타났다. 종다양도는 1.23로 산출되었으며, 우점도와 균등도는 각각 0.22와 0.77로 확인되었다. 토양분석 결과 토성은 미사질양토(4site)와 사질양토(2site), 양토(1site) 순으로 나타났으며, 유기물함량은 7.83%, 전질소함량은 0.35%, pH는 5.69으로 측정되었다. 환경요인과 개체군특성에 기초한 상관분석에서는 세뽕투구꽃의 자생지에서 엽록소와 경사도간의 강한 부의상관이 인정되었고, 개화율과 토양습도는 부의상관이 인정되었다. 자생지의 안정적인 유지를 위해서는 서식지 보전이 중요하며 서식지 주변에 보호구역을 설정이 필요하다고 판단된다.

주요어: 특산식물, 희귀식물, 보존, 개체특성, 식생구조

ABSTRACT

The habitat characteristics of *Aconitum austrokoreense* Koidz. were investigated to provide basic data for conservation and restoration. The altitude ranged from 260m to 728m with inclinations of 4-39°. As a result of vegetation survey within natural populations, a total of 147 taxa were identified inside 20 quadrates in 7 natural habitats. The importance value of *Aconitum austrokoreense* was 23.0% based on the coverage and frequency of the herbaceous layer and sat is more dominant. Species diversity was 1.23, and dominance and evenness were found to be 0.22 and 0.77, respectively. The soil type were silty loam (four sites), sandy loam (two sites) and loam (one site). The average field organic matter was 7.83% and the total nitrogen and pH were 0.35, and 5.69. Correlation analysis between environmental factors and population characteristic showed the correlations between chlorophyll content and slope, flowering rate and soil humidity. Conservation on habitats conditions is important for stable maintenance the flora and the surrounding area including habitats has to be designated a protection area for habitats conservation.

1 접수 2016년 7월 6일, 수정 (1차: 2016년 8월 18일, 2차: 2016년 10월 11일), 게재확정 2016년 10월 12일

Received 6 July 2016; Revised (1st: 18 August 2016, 2nd: 11 October 2016); Accepted 12 October 2016

2 국립수목원 산림자원보존과 Plant Conservation Division, Korea National Arboretum, Pocheon 11186, Korea

a 이 논문은 산림청 국립수목원 희귀·특산 보존 및 복원 인프라 구축 연구과제에 의하여 연구되었음.

* 교신저자 Corresponding author: Tel: +82-31-540-1053, Fax: +82-31-540-1060, E-mail: ssw80@korea.kr

KEY WORDS: ENDEMIC PLANT, RARE PLANT, CONSERVATION, POPULATION CHARACTERISTIC, VEGETATION STRUCTURE

서론

제 10차 생물다양성협약(CBD; Conservation on Biological diversity)의 나고야의정서 채택에 따른 생물자원에 대한 개별국가의 배타적 권리가 인정됨으로써 국가 수준의 특산식물은 한 나라의 고유한 유전자원이라는 의미에서 매우 중요한 가치를 지닌다(Cheon *et al.*, 2010; Hong *et al.*, 2013).

우리나라의 특산식물은 한반도의 고유한 자연환경에 적응 진화해온 세계적으로 한국에만 분포하는 유일하고도 독특한 식물이다(Kim, 2004b). 따라서 국가의 고유의 유전자원인 특산식물에 대한 보전생물학적 기초 자료는 안정적인 보전과 자원의 지속가능한 이용이라는 측면에서 필수적이다. 한반도 특산식물은 종개념, 유효 학명의 인정 여부, 인접국 분포 등의 분류학적 문제에 따라 제시되는 분류군의 수가 학자 및 기관에 따라 상이하지만, 세뿔투구꽃은 현재까지 제시된 한반도 특산식물 지정 목록에서 대부분 특산식물로 기록되어 있다(Paik, 1999; Oh *et al.*, 2005; Kim, 2004b; Park, 2007; Chang *et al.*, 2014).

세뿔투구꽃(*Aconitum austrokoreense* Koidz.)은 미나리아재비과(Ranunculaceae) *Aconitum*속 *Austrokoreensia*절의 여러해살이풀로(Tamura, 1995), 경상북도(청량산, 금오산), 경상남도(지리산), 전라남도(백운산) 등 남부 지역을 중심으로 분포하며, 주로 낙엽활엽수가 우점하는 산지 숲속의 사면 및 가장자리의 서늘한 곳에 자생한다(Park, 2007). 하지만 분포범위에 비해 개체수가 많지 않아 희귀식물 취약종(VU)과, 멸종위기야생식물 II급으로 지정되어 있다(Korea National Arboretum, 2008; Ministry of Environment, 2005).

위협종에 대한 적절한 보전대책을 마련하기 위해서는 대상 식물의 생물학적 특성과 서식지의 환경 특성에 대한 정보가 필수적이다(Orians and Soulé, 2001; Chung *et al.*, 2013). 세뿔투구꽃에 대한 연구는 현재까지 주로 계통 및 분류(Noh, 2000; 2009)에 대한 연구가 진행되었으며, 생태 및 보전생물학적 측면에서 결과를 제시하는 연구는 미진한 실정이다. 따라서 본 연구는 한반도 특산식물이며 우리나라 고유의 유전자원인 세뿔투구꽃의 자생지 생태 환경 및 개체군 특성에 대한 자료를 제시하여 향후 적절한 현지 내의 보전 방안 수립에 기초자료로 활용하고자 수행되었다.

연구방법

1. 식생조사 및 분석

세뿔투구꽃 자생지에 대한 정보는 표본과 기존문헌에 기초하여 수집하였다. 표본 정보는 국가생물종지식정보시스템 (<http://www.nature.go.kr>)에 제공된 자료를 이용하였고, 문헌정보는 증거표본을 제시한 논문과 연구보고서 등을 이용하였다. 이렇게 수집된 자료를 토대로 자생지를 탐색한 후 대구(DG), 봉화(BH), 구미(GM), 창원(CW), 장수(JS), 순천(SC) 및 광양(GY) 등 총 7개 지역을 대상지로 선정하였다(Figure 1). 현장조사는 세뿔투구꽃의 개화시기를 중심으로 2014년 9월에서 2015년 11월까지 수행되었다. 각 지역별 자생지 내에 대방형구(15m×15m)를 설치하였다. 또한 대방형구 내에 초본방형구(2m×2m)를 설치하였다(대방형구 내의 세뿔투구꽃 개체수를 고려하여 SC는 2개 초본방형구 그 외 지역은 3개 초본방형구 설치).

식생조사는 층위별(교목·아교목·관목층·초본층)로 구분하여 Braun-Blanquet(1964; 1965)법을 적용하여 수행하

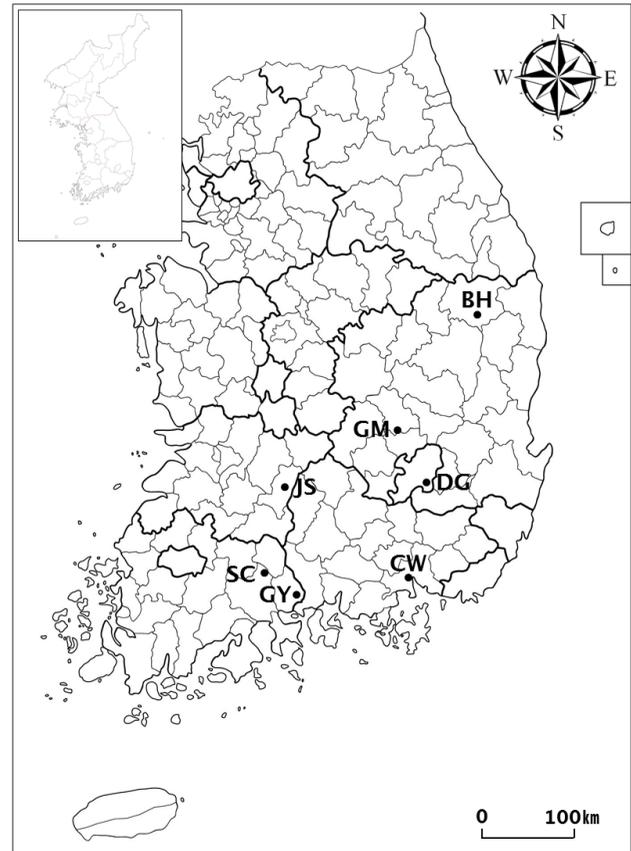


Figure 1. Distribution map of *Aconitum austrokoreense* in natural habitats

Table 1. Geographical characteristics of *A. austrokoreense* habitats

Site	Altitude (m)	Aspect (°)	Slope (°)	Rock exposure(%)	Bared soil (%)	Litter layer depth(cm)	Soil Temperature(°C)	Soil Humidity(%)
BH	326	188	39	26.7	23.3	3	20.4	31.0
GM	728	167	25	33.3	36.7	2	21.0	35.0
SC	260	75	8	17.5	45.0	1	17.8	49.0
GY	455	342	4	25.3	18.3	3	18.0	61.2
JS	626	131	29	15.0	22.3	4	15.8	42.0
DG	308	50	36	8.3	27.3	2	18.2	41.6
CW	358	320	13	35.0	31.0	1	21.0	45.1

였다. 임분구조는 방형구 내에 출현하는 흉고직경 2.5cm 이상의 모든 목본식물을 대상으로 지표면으로부터 1.3cm 지점에서 직경자를 이용하여 측정하였다. 교목층과 아교목층은 흉고직경을 바탕으로 기저면적(Basal area)을 산출하였다. 세뿔투구꽃과 실직적인 경쟁관계에 있는 초본층과 관목층은 종간 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis and McIntosh(1951)의 중요치(I.V.: Importance Value)를 백분율로 나타낸 상대우점치(I.P.: Importance Percentage)를 계산하였다. 이 과정에서 출현빈도 5%이하의 종은 제외하였다(Bower and Zar, 1977).

식물의 동정은 Lee(1996a), Lee(1996b), Lee(1980; 2003a; 2003b), Park(2009), Kim and Kim(2011) 등의 도감을 참고하였다. 양치류는 Korea Fern Society(2005)의 한국양치식물도감을 이용하였고, 벼과는 Korea National Arboretum(2004)의 한국식물도해도감1을 이용하였다. 그리고 학명과 국명은 Korea National Arboretum and The Plant Taxonomic Society of Korea(2007)가 제시한 국가표준식물목록에 준하였다.

2. 자생지 환경분석

세뿔투구꽃 자생지의 해발고도(m), 경도 및 위도는 GPS(GARMIN Oregon 300)를 이용하여 측정하였고, 각 방형구의 경사(°)와 방위(°)는 각각 Suunto社의 Clinometer를 이용하여 측정하였다.

수관열림도(Canopy Openness) 및 임내 광량(Light Availability) 측정을 위하여 어안렌즈로 영상을 촬영하였다(Canon 5D-Mark III, Sigma 8mm 1:3.5). 영상 분석은 Gap Light Analyzer 2.0 프로그램의 Standard overcast sky model을 이용하여 분석하였다. 각 장소의 측정값의 오류를 최소화하기 위하여 촬영지점의 해발고도, 경사 및 사면방향을 적용하여 보정하였다.

자생지 토양환경은 토양온도와 습도로 토양수분계(Aquater EC-300)를 이용하여 측정하였다. 토양 수분을 측정하기 전에 전 프로브(probe)를 물에 완전히 담근 후 보정을 실시하

였고, 측정은 프로브를 토양 속에 완전히 밀어 넣어 측정하였으며, 측정센서가 안정 될 때까지 2분 대기한 후 값을 기록하였다.

각 자생지 식생의 상대적인 양적지수를 비교하기 위해 종풍부도(Barbour *et al.*, 1987)와 종다양도(Shannon and Weaver, 1963), 균등도(Pielou, 1975), 우점도(Simpson, 1949)를 분석하였다. 환경요인, 식생조사 결과와 개체특성을 바탕으로 각 요인 간 상호연관성을 파악하기 위하여 상관분석을 실시하였으며(Pearson, 1895), 통계분석은 SPSS(ver. 18.0, IBM)을 활용하여 분석하였다.

3. 토양분석

토양분석 시료는 각 조사구에 임의의 5개 지점의 낙엽층을 제거한 후, 0-10cm 깊이에서 샘플을 채취하여 혼합하였으며, 실험실로 운반 후 음지에서 자연 건조한 후, 토양의 이화학적 특성을 분석하였다. 유기물함량 Walkley-Black wet oxidation 방법으로 분석하였고, 전질소함유량 micro-Kjeldahl법, 유효인산은 Ascorbic acid에 의한 몰리브덴 침법으로 정량하였으며, 치환성양이온분석(E.C.; exchangeable cation)은 1M Ammonium acetate로 침출 시킨 후 ICP(inductively couple plasma mass spectrometer)를 이용하여 분석하였다. 양이온치환용량(C.E.C.; cation exchange capacity)을 구하였으며, 토성은 hydrometer법을 이용하여 모래, 미사, 점토의 비율을 구한 후 미국농무성법에 의해 분류하였고, 토양 pH는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 분석하였다(Korea Forest Research Institute, 2007).

결과 및 고찰

1. 서식지 환경 특성

세뿔투구꽃의 자생지는 지리적으로 동경 127° 27' ~ 128° 55', 북위 35° 03' ~ 36° 46'에 위치하고 있다. 해발은 248m ~ 744m, 경사는 4° ~ 39° 범위로 경사가 완만하고 가

파른 지역까지 다양한 입지조건에 분포하는 것으로 확인되었다(Table 1). 조사지의 기후 분포는 조사지역과 가장 인접한 기상관측소에서 측정된 지난 30년간(1981년-2010년)의 자료를 이용하여 분석한 결과, 연평균기온(°C)은 9.9(BH)~14.9(CW), 연평균습도(%)는 61.6(DG)~73.9(JS), 그리고 연평균강수량(mm)은 1064.4(DG)~1545.4(CW)로 온대식물의 기후구에 속하며, 남해안형, 남부내륙형, 대구형 기후 등 다양한 기후에 분포하였다(Kim, 2004a; Kim and Lee, 2006; Korea Meteorological Administration, 2011).

토양노출도(%)는 SC(45.0)가 가장 높게 나타났고, 암석노출도(%)는 CW(35.0%)와 GM(33.3%)가 가장 높은 것으로 나타났다(Table 1). 토양습도(%)는 경사가 완만한 GY가 가장 높게 나타났고, 경사가 가파른 BH가 낮게 나타났다 이러한 결과는 경사가 급할수록 토양수분 유출량이 보다 크게 발생하기 때문인 것으로 판단된다(Bryan, 1999).

2. 세뿔투구꽃 개체특성

세뿔투구꽃의 개체밀도(stems/m²)는 평균 9.2로 나타났으며, DG에서 13.3으로 가장 높고, GM는 2.1로 가장 낮게 나타났다. 개체수(축)는 평균은 105.9로 나타났고, BH, GM, SC, GY, JS, DG 및 CW에서 각각 163, 25, 59, 93, 135, 165 및 106개체로 전체조사구에서 200개체 미만으로 적은 편이었다. 개화율(%)은 평균 43.0로 나타났고, BH가 62.0로 개체밀도가 높은 지역에서 가장 높게 나타났으며, GY는 22.6로 가장 낮게 나타났다(Table 2). 세뿔투구꽃에 대한 기존에 수행된 National Institute Environment Research(2004; 2005)의 연구결과에서는 개화율(%)이 평균 47.0로 나타나 본 연구결과와 유사한 것으로 나타났다. 하지만 개체밀도(stems/m²)는 평균 4.9로 본 연구와 약 2배의 차이를 보였다.

3. 세뿔투구꽃의 식생다양성

1) 임분구조 및 중요치 분석

세뿔투구꽃 자생지 7개 지역에 대한 매목조사, 식생조사를 통해 얻은 자료를 통해 흉고직경 2.5cm 이상의 목본층에 대해서는 흉고단면적을 분석하였고, 관목층과 초본층의 피도값과 빈도값을 바탕으로 중요치를 분석하였다. 먼저 흉고단면적을 분석한 결과(Table 3), GM는 46.0m²/ha로 높게 나타난 반면에 SC는 11.7m²/ha로 낮게 나타났다. 주요 목본층 수종구성은 졸참나무와 산팽나무가 대부분지역에서 출현하였으며, 지역별 주요수종은 생물기후계(Kim, 2004; Kim and Lee, 2006)에서 대구형에 속하는 BH에서 굴참나무(*Quercus variabilis* Blume) 12.0m²/ha, 느티나무(*Zelkova serrata* (Thunb.) Makino) 3.9m²/ha, 물푸레나무(*Fraxinus rhynchophylla* Hance) 2.2m²/ha 등이 우점하고 있었으며, 같은 생물기후계인 GM에서도 굴참나무는 13.3m²/ha, 서어나무(*Carpinus laxiflora* (Siebold & Zucc.) Blume) 9.3m²/ha, 갈참나무(*Q. aliena* Blume) 8.9m²/ha 등이 우점하는 것으로 나타났다. DG도 또한 같은 생물기후구계로 졸참나무(*Q. serrata* Thunb.) 9.0m²/ha, 비목나무(*Lindera erythrocarpa* Makino) 8.9m²/ha, 고욤나무(*Diospyros lotus* L.) 3.0m²/ha 등이 우점하고 있는 것으로 나타났다. JS의 생물기후구계는 중남부내륙형으로 산벚나무(*Prunus sargentii* Rehder) 19.9m²/ha, 소나무(*Pinus densiflora* Siebold & Zucc.) 8.6m²/ha, 졸참나무 3.21m²/ha등이 우점하는 것으로 나타났다. 남부내륙형의 생물기후구계인 SC에서 층층나무(*Cornus controversa* Hemsl. ex Prain) 4.3m²/ha, 이나무(*Idesia polycarpa* Maxim.) 2.0m²/ha, 때죽나무(*Styrax japonicus* Siebold & Zucc.) 1.9m²/ha 등이 우점하는 것으로 나타났다. 마지막으로 남해안

Table 2. Population characteristics of *A. austrokoreense* in different habitats

Site	No. of stems (ea)	Density (stems/m ²)	No. of flower per stem (ea)	Flower rate (%)	No. of inflorescence per stem (ea)
BH	163	13.6	101	62.0	5.0
GM	25	2.1	10	40.0	3.9
SC	59	7.4	22	37.3	7.5
GY	93	7.8	21	22.6	4.8
JS	135	11.3	67	49.6	5.5
DG	160	13.3	57	35.6	4.5
CW	106	8.8	57	53.8	5.5
Mean	105.9	9.2	47.9	43.0	5.2
NIER Mean	-	4.9	-	47.0	7.0

Table 3. Mean of Breast Height Area(BHA, m²/ha) and stem density(D, stem/ha) of woody species in overall and each site of *A. austrokoreense* habitats

Scientific name and Korea name	BH		GM		SC		GY		JS		DG		CW	
	BHA	D	BHA	D	BHA	D	BHA	D	BHA	D	BHA	D	BHA	D
<i>Prunus sargentii</i> Rehder 산뿔나무	12.0	222	13.3	89					19.9	267			10.4	89
<i>Quercus variabilis</i> Blume 굴참나무					0.2	44			3.2	267	9.0	267	6.3	89
<i>Quercus serrata</i> Thunb. 졸참나무	2.0	311	4.4	44					8.6	133				
<i>Pinus densiflora</i> Siebold & Zucc. 소나무					0.0	44					8.9	267	4.5	133
<i>Lindera erythrocarpa</i> Makino 비록나무									2.6	133				
<i>Carpinus laxiflora</i> (Siebold & Zucc.) Blume 서어나무	2.2	178	7.6	311	1.1	133	9.9	222	0.3	89				
<i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance 물푸레나무					0.3	44	6.3	133			3.0	133		
<i>Celtis sinensis</i> Pers. 팽나무														
<i>Diospyros lotus</i> L. 고욤나무					8.9	89								
<i>Quercus aliena</i> Blume 갈참나무														
<i>Cornus controversa</i> Hemsl. ex Prain 층층나무	0.2	44			4.3	222							3.1	178
<i>Morus bombycis</i> Koidz. 산뽕나무					1.4	44	0.9	133	3.2	44	1.1	133	0.5	44
<i>Meliosma oldhamii</i> Maxim. 할다리나무									4.7	89			1.8	44
<i>Zelkova serrata</i> (Thunb.) Makino 느티나무	3.9	267												
<i>Sapium japonicum</i> (Siebold & Zucc.) Pax & Hoffm. 사릅주나무							2.4	400						
<i>Larix kaempferi</i> (Lamb.) Carrière 일본잎갈나무											2.2	44		
<i>Styrax japonicus</i> Siebold & Zucc. 때죽나무					1.9	178	0.2	89						
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> (Rehder) Nakai 느릅나무	1.8	133	0.2	44										
<i>Idesia polycarpa</i> Maxim. 이나무					2.0	133								
<i>Cornus walteri</i> F.T.Wangerin 말채나무	1.5	178					0.1	89						
<i>Acer pseudosieboldianum</i> (Pax) Kom. 당단풍나무							0.4	267					0.6	178
others (15 species)	0.4	311	0.8	222	1.0	444	0.8	267	0.9	444	0.3	222	-	-
Total	24	1,644	45.9	1,243	11.7	1,375	28	1,600	38.4	1,733	23.4	933	27.2	755

other 15 species omitted : *Syrax obassia* Siebold & Zucc., *Meliosma myriantha* Siebold & Zucc., *Actinidia arguta* (Siebold & Zucc.) Planch. ex Miq., *Lindera obusiloba* Blume, *Acer pictum* subsp. *mono* (Maxim.) Ohashi, *Carpinus cordata* Blume, *Carpinus tschonoskii* Maxim., *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi, *Staphylea bumalda* DC., *Securinega suffruticosa* (Pall.) Rehder, *Zanthoxylum piperitum* (L.) DC., *Callicarpa japonica* Thunb., *Aralia elata* (Miq.) Seem., *Phitadelphus schrenkii* Rupr., *Rhus tricocarpa* Miq.

형에 속하는 GY에서 팽나무(*Celtis sinensis* Pers.) 10.0m²/ha, 고욤나무(*Diospyros lotus* L.) 6.3m²/ha, 합다리나무(*Meliosma oldhamii* Maxim.) 4.7m²/ha 등이 우점하였고, 같은 생물구계인 CW는 산벚나무가 10.4m²/ha, 졸참나무 6.3m²/ha, 비목나무 4.5m²/ha 등이 우점하는 것으로 나타났다. 이처럼 세뿔투구꽃은 한국내 다양한 생물기후구계 낙엽활엽수림에서 자생하고 있으며, 향후 식생천이에 따른 목본층의 밀도 증가와 식생 피압에 의해 세뿔투구꽃의 개화와 결실에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

관목층의 중요치 분석한 결과(Table 4), 초피나무(*Zanthoxylum piperitum* (L.) DC.)가 대부분의 지역에서 생육하는 것으로 나타났으며, BH는 매화말발도리(*Deutzia uniflora* Shirai)와 생강나무(*Lindera obtusiloba* Blume)가 38.3%로 우점하는 것으로 나타났다. GM는 작살나무(*Callicarpa japonica* Thunb.)와 매화말발도리가 12.5%로 우점하고, SC는 초피나무(*Zanthoxylum piperitum* (L.) DC.), 고로쇠나무(*Lindera erythrocarpa* Makino), 고추나무(*Staphylea bumalda* DC.) 그리고 고향나무(*Philadelphus*

Table 4. Importance percentage of major Shrub layer species

Scientific name and Korean name	BH	GM	SC	GW	JS	DG	CW
<i>Zanthoxylum piperitum</i> (L.) DC. 초피나무		6.3	13.5	11.2		24.5	16.4
<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> (Maxim.) Ohashi 고로쇠나무	23.5	6.3			10.8	12.6	
<i>Lindera erythrocarpa</i> Makino 비목나무			13.5		10.8	12.6	16.4
<i>Callicarpa japonica</i> Thunb. 작살나무		12.5		21.9		12.6	33.9
<i>Stephanandra incisa</i> (Thunb.) Zabel 국수나무		6.3	7.7	11.2	10.8		
<i>Deutzia uniflora</i> Shirai 매화말발도리	38.3	12.5		11.2			
<i>Lindera obtusiloba</i> Blume 생강나무	38.3	6.3			18.9		
<i>Staphylea bumalda</i> DC. 고추나무		6.3	13.5	11.2			
<i>Philadelphus schrenkii</i> Rupr. 고향나무		6.3	13.5				
<i>Cephalotaxus koreana</i> Nakai 개비자나무		6.3		11.2			
<i>Sambucus williamsii</i> var. <i>coreana</i> (Nakai) Nakai 딱총나무		6.3		11.2			
<i>Tilia manshurica</i> Rupr. & Maxim. 찰피나무		6.3		11.2			
<i>Prunus davidiana</i> (Carriere) Franch. 산복사나무			7.7				
<i>Diospyros lotus</i> L. 고욤나무							8.5
<i>Securinega suffruticosa</i> (Pall.) Rehder 광대싸리							8.5
<i>Zelkova serrata</i> (Thunb.) Makino 느티나무				7.7			
<i>Aralia elata</i> (Miq.) Seem. 두릅나무					10.8		
<i>Alangium platanifolium</i> var. <i>trilobum</i> (Miq.) Ohwi 박쥐나무						12.6	
<i>Pyrus ussuriensis</i> Maxim. 산돌배				7.7			
<i>Lonicera praeflorens</i> Batalin 울피불나무		6.3					
<i>Quercus serrata</i> Thunb. 졸참나무						12.6	
<i>Ligustrum obtusifolium</i> Siebold & Zucc. 쥐똥나무		6.3					
<i>Styrax obassia</i> Siebold & Zucc. 쪽동백나무					18.9		
<i>Euonymus oxyphyllus</i> Miq. 참회나무			7.7				
<i>Rhododendron schlippenbachii</i> Maxim. 철쭉						12.6	
<i>Cornus controversa</i> Hemsl. ex Prain 층층나무			7.7				
<i>Celtis sinensis</i> Pers. 팽나무					18.9		
<i>Magnolia sieboldii</i> K.Koch 함박꽃나무							16.4
<i>Euonymus alatus</i> f. <i>ciliatodentatus</i> (Franch. & Sav.) Hiyama 회잎나무		6.3					

Table 5. Importance percentage of major herbaceous layer species

Scientific name and Korean name	BH	GM	SC	GW	JS	DG	CW
<i>Aconitum austrokoreense</i> Koidz. 세뿔투구꽃	19.33	16.24	30.64	29.85	30.30	27.00	16.71
<i>Oplismenus undulatifolius</i> (Ard.) P.Beauv. 주름조개풀	8.67		13.36		6.64	4.86	3.84
<i>Akebia quinata</i> (Thunb.) Decne. 으름덩굴			15.52		2.54		6.91
<i>Hepatica asiatica</i> Nakai 노루귀		12.00				2.22	1.62
<i>Viola collina</i> Besser 둥근털제비꽃					8.71	2.36	3.72
<i>Lindera erythrocarpa</i> Makino 비목나무		7.22				4.75	1.60
<i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance 물푸레나무	5.33	2.90				2.91	
<i>Clematis apiifolia</i> DC. 사위질빵			6.37			2.22	1.60
<i>Acer pseudosieboldianum</i> (Pax) Kom. 당단풍나무				3.34		2.11	3.59
<i>Melica onoei</i> Franch. & Sav. 쌀새	3.33	3.84					1.57
<i>Galium trachyspermum</i> A.Gray 내잎갈퀴	2.68	3.14			2.41		
<i>Hylomecon vernalis</i> Maxim. 피나물			21.38	13.26			
<i>Lespedeza maximowiczii</i> C.K.Schneid. 조록싸리	6.13	5.02					
<i>Securinega suffruticosa</i> (Pall.) Rehder 광대싸리	6.00						4.75
<i>Sapium japonicum</i> (Siebold & Zucc.) Pax & Hoffm. 사람주나무				8.30			2.04
<i>Athyrium yokoscense</i> (Franch. & Sav.) Christ 뱀고사리		2.78	6.37				
<i>Euonymus oxyphyllus</i> Miq. 참회나무			6.37				2.78
<i>Viola rossii</i> Hemsl. 고깔제비꽃		6.20				2.22	
<i>Sambucus williamsii</i> var. <i>coreana</i> (Nakai) Nakai 딱총나무					6.01	2.36	
<i>Zanthoxylum schinifolium</i> Siebold & Zucc. 산초나무						5.61	2.29
<i>Stephanandra incisa</i> (Thunb.) Zabel 국수나무						5.61	2.04
<i>Mosla japonica</i> (Benth.) Maxim. 산들깨					5.39	2.11	
<i>Polygonatum lasianthum</i> Maxim. 죽대		3.14		3.34			
<i>Cornus walteri</i> F.T.Wangerin 말채나무	2.93			3.50			
<i>Euonymus alatus</i> f. <i>ciliatodentatus</i> (Franch. & Sav.) Hiyama 회잎나무	3.20	2.90					
<i>Festuca ovina</i> L. 산거울		3.14			2.41		
<i>Smilax sieboldii</i> Miq. 청가시덩굴					2.69	2.64	
<i>Zanthoxylum piperitum</i> (L.) DC. 초피나무				3.26			2.04
<i>Callicarpa japonica</i> Thunb. 작살나무				3.50			1.80
<i>Zelkova serrata</i> (Thunb.) Makino 느티나무	3.33						1.80
<i>Rubia akane</i> Nakai 꼭두서니					2.69	2.11	
<i>Pseudostellaria palibiniana</i> (Takeda) Ohwi 큰개별꽃	2.93						1.67
<i>Isodon inflexus</i> (Thunb.) Kudô 산박하						2.17	1.80
<i>Asparagus schoberioides</i> Kunth 비짜루						2.11	1.57
others(50 species)	36.13	31.46	-	31.66	30.22	24.64	34.25

other 50 species omitted : *Deutzia uniflora* Shira, *Acer pictum* subsp. *mono* (Maxim.) Ohashi, *Thalictrum filamentosum* var. *tenerum* (Huth) Ohwi, *Polystichum tripterum* (Kunze) C.Presl, *Philadelphus schrenkii* Rupr., *Rubus oldhamii* Miq., *Staphylea bumalda* DC., *Clematis brevicaudata* DC., *Malus baccata* Borkh., *Mentha arvensis* var. *piperascens* Malinv. ex Holmes, *Alangium platanifolium* var. *trilobum* (Miq.) Ohwi, *Quercus serrata* Thunb., *Geranium thunbergii* Siebold & Zucc., *Isodon excisus* (Maxim.) Kudô, *Magnolia sieboldii* K.Koch, *Carpinus cordata* Blume, *Hydrangea serrata* var. *acuminata* (Siebold & Zucc.) Makino, *Viola albida* var. *chaerophylloides* (Reg111el) F.Maek., *Ulmus davidiana* var. *japonica* (Rehder) Nakai, *Symplocos chinensis* for. *pilosa* (Nakai) Ohwi, *Torreya nucifera* (L.) Siebold & Zucc., *Pyrola japonica* Klenze ex Alef., *Syrax obassia* Siebold & Zucc., *Aster scaber* Thunb., *Actinidia arguta* (Siebold & Zucc.) Planch. ex Miq., *Thalictrum uchiyamai* Nakai, *Parthenocissus tricuspidata* (Siebold & Zucc.) Planch., *Oplismenus undulatifolius* (Ard.) P.Beauv., *Smilax china* L., *Boehmeria spicata* (Thunb.) Thunb., *Pseudostellaria heterophylla* (Miq.) Pax ex Pax & Hoffm., *Clematis fusca* var. *violacea* Maxim., *Corylus heterophylla* Fisch. ex Trautv., *Morus bombycis* Koidz., *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi, *Pteridium aquilinum* var. *latiusculum* (Desv.) Und. ex Heller., *Clerodendrum trichotomum* Thunb., *Rubus crataegifolius* Bunge, *Lysimachia clethroides* Duby, *Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Hyl., *Dioscorea quinqueloba* Thunb., *Viola verecunda* A.Gray, *Ligustrum obtusifolium* Siebold & Zucc., *Vicia unijuga* A.Braun, *Paederia scandens* (Lour.) Merr., *Sceptridium ternatum* (Thunb.) Lyon, *Galium spurium* var. *echinospermum* (Wallr.) Hayek, *Angelica decursiva* (Miq.) Franch. & Sav., *Cornus controversa* Hemsl. ex Prain, *Disporum smilacinum* A.Gray

schrenkii Rupr.)가 13.5%로 우점하는 것으로 나타났다. GY는 작살나무가 21.0%로 높게 나타났고, JS은 생강나무, 쪽동백나무, 팽나무가 18.9%로 우점하는 것으로 나타났다. DG에서는 초피나무가 24.5%로 높게 나타났고, CW는 작살나무가 33.9%가 중요치가 높게 나타났다.

초본층은 실질적으로 세뿔투구꽃과 다른종들이 경쟁 및 공존하는 층위이다(Byun *et al.*, 2013). 7개 지역의 세뿔투구꽃 중요치는 16.2-30.6%로 최우점종으로 분석되었다. 또한 주름조개풀(*Oplismenus undulatifolius* (Ard.) P.Beauv.)이 세뿔투구꽃과 함께 대부분의 지역에 함께 분포하는 것으로 나타났다(Table 5).

2) 종풍부도(Species richness), 종다양도(Species diversity), 우점도(Dominance) 및 균등도(Evenness)

세뿔투구꽃 자생지 7개 지역 총 20개 방형구에서 조사된 관속식물은 총 147분류군이 조사되었다. 층위별로는 교목층 22분류군, 아교층 23분류군, 관목층 29분류군 그리고 초본층 119분류군으로 나타났다. 자생지별로는 CW가 53분류군으로 종풍부도가 가장 높은 것으로 나타났고, GY는 30분류군으로 가장 적은 종풍부도로 조사되었다. 이는 GY의 아교목층에 당단풍나무의 밀도가 높아 상대적으로 낮은 광조건과 계곡과 인접한 전석지에 분포하여 비교적 식물의 생장에 불리한 생태적 환경에 기인된 결과로 판단된다(Cheon *et al.*, 2010).

조사된 분류군 중 희귀식물(Korea National Arboretum, 2008)은 광릉요강꽃(*Cypripedium japonicum* Thunb.), 산들개(*Mosla japonica* (Benth.) Maxim.), 세뿔투구꽃(*Aconitum austrokoreense* Koid.), 매미꽃(*Coreanomecon hylomeconoides* Nakai) 및 좀사위질빵(*Clematis brevicaudata* DC.) 등 5분류군이 출현하였다. 한국의 특산식물은 전 세계에서 한반도에만 자생하는 식물을 말하며, 328종이 분포하는 것으로 알려져있다(Oh *et al.*, 2005). 특산식물(Oh *et al.*, 2005)은 3분류군으로 세뿔투구꽃을 포함한 매미꽃과 고풍나무

(*Philadelphus schrenkii* Rupr.)가 출현하였다. 귀화식물(Lee *et al.*, 2011)은 1분류군으로 달맞이꽃(*Oenothera biennis* L.)이 출현하였다.

세뿔투구꽃 자생지 초본층 식생의 양적지수를 산출한 결과(Table 6), 종 다양도는 평균 1.23으로 산출되었으며, 지역별로는 SC가 1.32로 가장 높게 나타났고, BH가 1.15로 가장 낮게 나타났다. 이는 SC의 경사가 완만하고 계곡과 인접하여 다양한 식물이 나타나 다양도가 높게 나타났으며, BH는 경사가 가파르고 토양습도가 낮은 입지조건 때문에 낮게 나타난 것으로 판단된다.

Pielou(1975)는 군락내의 최대 다양도에 대한 종다양도의 값이 근접할수록 군락의 구조는 안정적이고, 값이 멀수록 구조가 불안정하다고 하였다. 조사지역중 GM와 SC가 가장 안정적이었고, DG와 JS가 가장 불안정한 것으로 나타났다. 이것은 DG와 JS 경우 임도와 인접하여 인위적 교란에 노출되어 있으며, GM와 SC의 경우 등산로와 거리가 먼곳에 위치하여 비교적 인위적 교란의 정도가 적은상태인 것으로 판단된다.

종다양성은 산림 발달의 척도가 되기도 한다. 교란이 발생한 후, 2차 천이가 진행되면서 산림의 안정성과 성숙도가 증가하기 때문에 많은 학자들은 산림의 속성과 그 천이 단계에서 종다양성과의 연관성을 연구하였다. 산림의 구조적인 복잡성, 외부 교란 요인으로부터의 안정성, 그리고 산림 발달 과정상의 성숙도는 종다양성과 비례하는 경향이 있다(Loucks, 1970; Bazzaz, 1979).

우점도는 평균 0.23로 산출되었으며, 지역별로는 CW가 0.27로 가장 높은 것으로 나타났고, GY가 0.18로 가장 낮은 것으로 나타났다. 종다양성지수(H')를 최대종다양성(H' max)으로 나눈 균등도는 1에 가까울수록 균일한 식생상태를 나타내는데(Brower and Zar, 1977), 조사지역 중 SC, GY과 GM은 0.79이상으로 비교적 균질한 식생형을 유지하는 것으로 나타났지만 반면에 나머지 지역은 평균 값 0.77보다 낮은 값을 나타내어 특정 분류군들에 편중된 식생형을 갖는

Table 6. Population characteristics of herbaceous layer in *A. austrokoreense* habitats

Site	Species richness	Species diversity(H')	H' max	Dominance(D)	Evenness(J')
BH	37	1.1525	1.5682	0.2651	0.7349
GM	38	1.2598	1.5798	0.2025	0.7975
SC	40	1.3199	1.6021	0.1761	0.8239
GY	30	1.2172	1.4771	0.1760	0.8240
JS	47	1.2196	1.6721	0.2706	0.7294
DG	40	1.2293	1.6021	0.2327	0.7673
CW	53	1.2522	1.7243	0.2738	0.7262
Mean	40.7	1.2358	1.6037	0.2281	0.7719

것으로 확인되었다. 우점도는 0.9이상일 경우에는 1종, 0.3-0.7일 경우 2-3종, 0.3 이하인 경우에는 다수의 종이 우점하는 것을 의미하는데(Whittaker, 1965), 세뿔투구꽃 자생지는 평균 0.2 이하로 여러 분류군이 함께 우점하는 식생형으로 나타났다.

4. 토양분석

1) 물리적 특성

세뿔투구꽃 자생지 토양의 물리적 특성을 분석한 결과 (Table 7), 토성은 미사질양토(Sity Loam)는 4개(SC, JS, CW, DG)지역, 사질양토(Sandy Loam)는 2개(BH, GY)지역 그리고 양토(Loam)가 1개(GM)지역으로 미사질양토가 우세하였다. 토양 입경분포는 모래 16.2%-63.2%, 미사 27.2%-64.6%, 점토는 9.6-21.2%의 범위로 평균 각각 35.2%, 48.7%, 16.1%로 확인되었다. 이러한 토양특성은 세뿔투구꽃의 근경 발달에 유리한 것으로 판단되며, 배수성이 높아 이를 개선할 수 있는 유기물의 공급이 지속적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다. 한편 7개 자생지 중 SC, JS, DG, CW의 경우 모래함량이 우리나라 산림토양의 평균보다 적은 것으로 나타났는데 이러한 결과는 세뿔투구꽃 자생지 입지가 전석지대로 입경이 크기 때문인 것으로 판단된다

(Kim *et al.*, 2007).

2) 화학적 특성

토양 이화학 특성에 있어 유기물 함량은 토양의 물리 특성변화와 증추적 역할을 한다. 또한 질소의 대부분과 유효인산의 50-60%를 공급하며, 양이온 치환용량을 개선시키는데 큰 영향을 미친다(Brady, 1990). 자생지 토양의 유기물함량은 SC가 11.3%로 가장 높게 나타났고, BH는 3.2%로 가장 낮게 나타났다, 평균 유기물함량은 7.83%로 우리나라의 산림토양 평균 4.49%에 비해서 유기물 함량이 풍부한 것으로 나타났다. BH의 경우 가파른 경사로 인하여 강우에 의해 용탈작용으로 낮은 유기물 함량을 보인 것으로 판단된다(Jeong *et al.*, 2002)(Table7).

토양 pH는 부식층의 발달이나 모암, 토양의 질산화율의 정도, 그리고 식생에 의한 양이온 흡수에 의해서 변화를 보인다(Jeong *et al.*, 2002). 세뿔투구꽃 자생지의 pH는 5.1-6.1범위 내 분포하였으며, 평균 pH는 5.69로 우리나라 산림토양 평균 pH 5.48 보다 높게 나타났다(Jeong *et al.*, 2002).

식물체에 흡수되어 식물의 발근, 착근 및 신진대사 등을 촉진하는 유효인산(mg kg^{-1})의 경우 4.4-12.9 범위 평균 8.0로 나타났다. 우리나라 산림토양의 A층의 평균 25.5와 B층

Table 7. Soil Characteristics of *A. austrokoreense* habitats

Site	Sand	Silt (%)	Clay	Soil texture	pH	O.M. (%)	T-N
BH	63.2	27.2	9.6	SL	6.1	3.22	0.152
GM	39.9	38.9	21.2	L	5.1	6.00	0.252
SC	27.3	53.7	19.0	SiL	5.5	11.34	0.487
GY	57.7	29.8	12.5	SL	5.7	8.15	0.403
JS	20.5	67.6	11.9	SiL	6.0	10.94	0.452
DG	21.6	59.5	19.0	SiL	5.8	4.53	0.257
CW	16.2	64.6	19.3	SiL	5.6	10.66	0.467
Mean	35.2	48.7	16.1	-	5.69	7.83	0.35

Site	Avail. P_2O_5 (mg/kg^{-1})	C.E.C.	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	E.C. (dS m^{-1})
				(cmolc kg^{-1})			
BH	4.4	7.59	0.22	0.17	6.19	1.54	0.21
GM	8.2	17.05	0.31	0.10	1.98	0.58	0.26
SC	9.4	14.30	0.23	0.06	7.55	1.46	0.41
GY	7.1	10.89	0.61	0.34	8.61	2.54	0.26
JS	12.9	14.96	0.53	0.06	6.09	1.26	0.37
DG	7.4	10.01	0.43	0.10	3.23	0.95	0.16
CW	6.4	16.50	0.92	0.06	10.50	1.70	0.34
Mean	8.0	13.04	0.22	0.06	1.98	0.58	0.16

SL: Sandy Loam, L: Loam, SiL: Silty Loam

의 평균 11.9보다 유효인산이 낮게 나타났다(Jeong *et al.*, 2002). 이와 같이 조사지의 유효인산 함량이 낮은 것은 조사구 대부분이 산성토양으로 유효인산이 용탈된 것으로 판단된다(Jeong *et al.*, 2002).

토양내의 전질소는 유기물함량과 밀접한 상관을 보이는 것으로 알려져 있다. 전질소함량은 BH(0.15%)을 제외한 모든 지역에서 0.25%-0.49%로 우리나라 산림토양의 전질소함량 0.19%에 비해 비교적 높은 것으로 나타났다.

토양의 치환성양이온은 pH와 밀접한 관계가 있다(Jeong *et al.*, 2002). 세뿔투구꽃 자생지의 치환성양이온(cmolc kg⁻¹)은 CW가 K⁺(0.92), Na⁺(0.06), Ca²⁺(1.70), Mg²⁺(0.34)으로 다른 지역에 비해 높은 값을 나타냈다. GM의 경우 상대적으로 낮게 나타났는데, 이러한 결과는 앞서 언급한 것처럼 GM의 낮은 토양 pH 값에 기인한 것으로 판단된다. 또한 치환성양이온의 감소패턴은 일반적으로 산림토양에서 치환성양이온은 Ca²⁺>Mg²⁺>K⁺>Na⁺순으로 감소한다는 Jeong *et al.*(2002)과 일치하는 결과를 보였다. GM의 초본층 피도가 다른지역에 비해 낮게 나타났는데, 이는 식물이 광합성에 필수적인 엽록소의 구성성분인 마그네슘의 함량이 낮기 때문인 것으로 판단된다(Jin *et al.*, 1994).

위의 결과를 종합해볼 때, 세뿔투구꽃은 유기물함량과 유효인산의 함량이 높고, 토양pH가 약산성이며 치환성양이온 함량이 높은 비옥한 토양을 선호하는 것으로 판단된다.

5. 상관분석

세뿔투구꽃의 자생지의 환경요인(해발, 경사, 방위, 수관 열림도, 광량, 토양 온습도, 낙엽층 높이 그리고 토양 및

암석 노출도)과 개체군특성(개체수, 개화율 및 엽록소)사이의 상관관계 분석을 실시하였다(Table 8).

분석결과 엽록소와 경사도간의 강한 음의 상관관계를 인정되고, 엽록소와 사면방향 양의 상관이 인정되었다. 이는 경사가 완만하고 사면방향이 북쪽인 조사구에서 엽록소 함량이 높게 나타났는데, 이들 지역의 수관열림도와 광도가 낮은 것으로 나타났다. Lee(1997)의 낮은 광도에서도 광합성을 효율적으로 하기 위하여 높은 광도에 노출된 식물보다 엽록소 함량이 더 많다는 경향과 일치하였다.

개화율과 토양습도에 음의 상관관계가 인정되었다. 과거 연구(Lee *et al.*, 1995; Oh *et al.*, 2013)에 의하면 세뿔투구꽃은 경사가 완만하고 습윤한 입지를 선호하는 것으로 알려져 있지만, 본 연구에서는 토양습도가 낮은 BH, GM, CW의 개화율이 높은 것으로 이전 연구들과 차이를 보였다. 토양노출도와 개체수간에도 음의 상관이 인정되는데, 이러한 결과는 세뿔투구꽃이 군반(軍班; Patch)형태로 분포하는 생육특성 때문에 개체수가 많으면 상대적으로 토양노출도가 낮게 나타났기 때문인 것으로 판단된다(National Institute Environment Research, 2005).

6. 보전방안

본 연구를 통하여 세뿔투구꽃의 자생지는 경북 봉화를 비롯하여 경북 구미, 대구, 경남 창원, 전북 장수, 전남 순천, 광양에 이르기까지 청량산과 지리산을 중심으로 세뿔투구꽃이 분포하는 것으로 조사되었다. 본 연구와 기존문헌에 따르면 세뿔투구꽃의 분포하는 지리적 특징은 전형적인 계곡사면, 계곡과 인접한 전석지에서 군반(Patch)형태로 분포

Table 8. Pair-wise correlation between environmental factor and population attributes of *A. austrokoreense*

	Asp	Slo	CO	LA	ST	SH	BS	RE	LD	NS	FR	CC
Alt	.111	.093	.348	.397	.017	-.189	-.126	.275	.458	-.426	-.067	.016
Asp		-.511	-.159	-.182	.383	.415	-.428	.718	.044	-.118	-.035	.725
Slo			.393	-.152	.013	-.835*	-.255	-.298	.391	.603	.563	-.880**
CO				.472	.151	-.612	.051	.263	.400	-.111	.460	-.454
LA					-.516	.025	.125	-.102	.406	-.240	.132	-.075
ST						-.398	.303	.820*	-.539	-.323	.322	.339
SH							-.147	-.130	-.079	-.210	-.756*	.631
BS								.115	-.778*	-.655	-.036	.194
RE									-.259	-.466	.282	.600
LD										.434	.088	-.486
NS											.419	-.566
FR												-.322

*: P ≤ 0.05, **: P ≤ 0.01

Alt: Altitude, Asp: Aspect, Slo: Slope, CO: Canopy openness, LA: Light availability, ST: Soil temperature, SH: Soil humidity, BS: Bared soil, RE: Rock exposure, LD: Litter-layer depth, NS: No of stems, FR: Flowering rate, CC: Chlorophyll content(SPAD Value)

하였으며, 개체수가 200개체 미만의 적은 개체수가 분포하는 것을 알 수 있다.

*Aconitum*속 식물은 뿌리에 알칼로이드 성분이 함유하는 것으로 널리 알려져 같은 속에 속하는 진범(*A. pseudolaeve*), 흰진범(*A. longecassidatum*), 줄바꽃(*A. albobolaceum*) 늦젓가락나물(*A. ciliare*), 백부자(*A. coreanum*), 투구꽃(*A. jaluense*) 등을 약제로 이용하기 위해서 채취에 노출된 것으로 알려져 있다. 인도의 경우 같은 속 식물이자 멸종위기식물인 *A. heterophyllum*은 1년에 80만 개체 정도 채취되고 있다(Rai, L.K. *et al.*, 2000). 세뿔투구꽃의 이용 정도는 알려지지 않으나, 강한채취 압력을 받을 가능성이 높다. 또한 *Aconitum*속 식물은 뿌리를 약재로 이용하고 있어 지상부위를 이용하는 식물들에 비해 더 심각한 피해를 입는다.

따라서 희귀·특산식물인 세뿔투구꽃의 절멸을 막기 위해서는 환경변화에 대한 취약성을 줄이고 자생지의 크기를 증가시킬 수 있는 효율적인 보전방안을 마련이 시급하다. 세뿔투구꽃의 자생지 대부분이 등산로 옆 사면, 계곡과 인접한 전석지 임은 감안하여 인위적·자연적 요인에 의해 자생지가 훼손이 이루어지지 않도록 서식지 보전이 중요하며 장기적인 유지를 위해서는 서식지 주변에 보호구역을 설정하여 현지 내 보존이 필요하다(Byun *et al.* 2013).

자생지 집단 중 유전적 다양성이 높은 집단에 보존의 우선권을 설정하고 이 집단으로부터 도입한 종자를 서식지외 보전기관에서 대량증식을 통하여 자생지와 비슷한 환경인 주변지역에서 도입실험을 통해 자생지의 크기를 늘려가는 체계적인 보전 방안의 수립을 적극적으로 고려해야 할 것이다(So & Song, 2012). 따라서 세뿔투구꽃의 종자 특성파악과 이를 이용한 발아 및 증식 연구를 수행하고 이를 토대로 최소 존속개체군 형성에 필요한 개체를 확보해야 할 것으로 판단된다(Pi *et al.*, 2016).

REFERENCES

- Barbour, M.G., J.H. Burk and W.D. Pitts(1987) Terrestrial Plant Ecology 2nd. The Benjamin Publishing Company, Inc., California, 406-433pp.
- Brady, N.C.(1990) The Nature and Properties of Soil. Macmillan, New York, 621pp.
- Braun-banquet, J.(1964) Pflanzensoziologie Grundzuge der Vegetation der Vegetation 3. Auf, Springer-Verlag. Wien. New York, 865pp.
- Braun-banquet, J.(1965) Plant sociology. The Study of the Plant Communities. (Transl. by G.D. Fuller and H.S. Conard). New York, 439pp.
- Brower J.E. and J.H. Zar(1977) Field and laboratory method for general ecology. Wm. C. Brown Co. Publ., Iowa, 194pp.
- Bryan R.B. and S.E. Brun(1999) Laboratory experiments on sequential scour/deposition and their application to the development of banded vegetation. *Catena*. 37: 147-163.
- Byun, J.G., K.I. Cheon, S.H. Oh, Y.M. Lee, J.W. Jang and S.H. Joo(2013) Vegetation Structure of *Pedicularis ishidoyana* Koidz. & Ohwi in South Korea Natural Habitats. *Korean J. Plant Res.* 26(2): 214-226. (in Korean with English abstract)
- Chang, J.S. H. Kim and K.S. Chang(2014) Provisional Checklist of Vascular Plant for The Korea Peninsula Flora(KPF). Designpost. Paju, 660pp.
- Cheon, K.S., J.S. Han, W.B. Seo, K.A. Kim and K.O. Yoo(2010) Environmental Characteristics of Habitats of *Iris odaesanensis* Y.N.Lee. *J. of the Environmental Sciences*. 19(11): 1337-1353. (in Korean with English abstract)
- Chung, J.M., S.W. Son, S.Y. Kim, G.W. Park and S.S. Kim(2013) Genetic diversity and geographic differentiation in the endangered *Pirmula farinosa* subsp. *modesta*, a subalpine endemic to Korea. *Korean J. Pl. Taxon* 43(3): 236-243. (in Korean)
- Curtis J.T. and R.P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the Prairie-Forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32(3): 476-496.
- Hong, H.D., H.T. Lim and E.S. Cho(2013) Evaluation and Challenges of Policy Responses to ABS (Nagoya Protocol) of Korea. *Jour. of Korea Technology Innovation Society* 16(2): 506-529. (in Korean with English abstract)
- Jeong, J.H., K.S. Koo, C.H. Lee and C.S. Kim(2002) Physico-chemical properties of Korean Forest Soils by Regions. *Jour. Korean For. Soc.* 91(6): 694-700. (in Korean with English abstract)
- Jin, H.O.(1994) Forest Soil Science. Hyangmunsa, Paju, 324pp. (in Korean)
- Kim, J.H., K.H. Seo, Y.S. Choung, K.S. Lee and S.D. Koh(2007) Contemporary Ecology. Gyomoon publish, Paju, 434pp. (in Korean)
- Kim, J.S. and T.Y. Kim(2011) Woody Plants of Korean Peninsula. Dolbegae. Paju, Korea, 68pp (in korean)
- Kim, J.W. and Y.K. Lee(2006) Classification and Assessment of Plant Communities. World Science, Seoul, Korea, 240pp. (in korean)
- Kim, J.W.(2004a) Vegetation Ecology. World Science, Seoul, 308pp. (in Korean)
- Kim, M.Y.(2004b) Korean Endemic Plants. Solkwahak. Seoul, 408pp. (in korean)
- Korea Forest Research Institute(2007) Forest Soil Carbon Investigation Test Standard Manual. Seoul, 48pp. (in Korean).
- Korea Meterological Administration(2011) Climatological Normals of Korea(1981-2010). Seoul, 678pp. (in Korean)
- Korea National Arboretum and The Plant Taxonomic Society of

- Korea(2007) A Synonymic List of Vascular Plants in Korea. Pocheon, 534pp. (in Korean)
- Korea National Arboretum Databases(2003) Korea Diversity Informations System. Retrieved Dec. 3, 2011, from <http://www.nature.go.kr>
- Korea National Arboretum(2004) Illustrated Grasses of Korea. Pocheon, 520pp. (in Korean)
- Korea National Arboretum(2008) Rare Plants Data Book in Korea. Pocheon, 332pp. (in Korean)
- Korean Fern Society(2005) Ferns and Fern Allies of Korea. Geobook. Seoul, 399pp. (in Korean)
- Lee, G.J.(1997) Tree Physiology(2nd). Seoul University Publishing. Seoul, 514pp (in Korean)
- Lee, T.B.(1980) Illustrated Flora of Korea. Hyangmunsa, Seoul, 990pp. (in Korean)
- Lee, T.B.(2003a) Coloured Flora of Korea 1 volumes. Hyangmunsa. Seoul, 914pp. (in Korean)
- Lee, T.B.(2003b) Coloured Flora of Korea 2 volumes. Hyangmunsa. Seoul, 910pp. (in Korean)
- Lee, W.T.(1996a) Standard Illustrations of Korean Plants. Academy press, Seoul, 1567pp. (in Korean)
- Lee, Y.M., S.H. Park., S.Y. Jung., S.H. Oh and J.C. Yang(2011) Study on the current status of naturalized plant in South Korea. Korean J. Pl. Taxon. 41(1): 87-101. (in Korean with English abstract)
- Lee, Y.N.(1996b) Flora of Korea. Kyohak Publishing Co., Seoul, 1237pp. (in Korean)
- Ministry of Enviroment(2005) Enforcement decrees drafted for the Wildlife Protection Act. Gwacheon, 83pp. (in Korean)
- National Institute Environment Research(2004) The conservation strategy for the endangered and reserved plants based on the ecological and genetic characteristics(IV). Incheon, 91pp. (in Korean)
- National Institute Environment Research(2005) The conservation strategy for the endangered and reserved plants based on the ecological and genetic characteristics(V). Incheon, 104pp. (in Korean)
- Noh, T.K.(2000) ITS Sequence Variation of Genus *Aconitum* L. in Korea(Ranunculaceae). Master's Thesis, biology, Seoul University. Seoul, 79pp. (in Korean with English abstract)
- Noh, T.K.(2009) Hybridization in *Aconitum* Subgenus *Aconitum* (Ranunculaceae) at Mt. Jiri in Korea. Ph'd Thesis, biology, Seoul University. Korea. 221pp. (in Korean with English abstract)
- Oh, B.U., D.G. Cho., K.S. Kim and C.G. Jang(2005) Endemic Vascular Plants in the Korean Peninsula. Korea National Arboretum. Daesin. Seoul, 205pp. (in Korean)
- Orians, G.H. and M.E. Soulé(2001) Whither conservation biology research?. Conservation Biology 15(4):1187-1188.
- Paik, W.K.(1999) The status of endemic plants in Korea and our tasks in the 21st century. Kor. J. Plant Tax. 29(3): 263-275. (in Korean with English abstract)
- Park, C.W.(2007) The Genera of Vascular Plants of Korea. Academy Publishing Co. Seoul, 176-182pp.
- Park, S.H.(2009) New Illustrations and Photographs of Naturalized Plants of Korea. Ilchokak, Seoul, 559pp. (in Korean)
- Pearson, K.(1895) Mathematical contributions to the theory of evolution, On Homotyposis in Homologous but differentiated organs. Proc. Royal Society of London. 71: 288-313.
- Pi, J.H., J.G. Park, J.Y. Jung, J.S. Park, G.U. Suh and S.W. Son(2016) Habitats Environmental and Population Characteristics of *Iris koreana* Nakai, a Rare and Endemic Species in Korea. Kor. J. Eco. Env. 49(2): 102-109. (in Korean with English abstract)
- Pielou, E.C.(1975) Mathematical ecology. John wiley & Sons, New York, 385pp.
- Rai, L.K., P. Prasad and E. Sharma(2000) Conservation threats to some important medicinal plants of the sikkim himalaya. Biological Conservation 93: 27-33.
- Shannon, C. E. and W. Weaver(1963) The Mathematical Theory of Communication. Univ. Illinois press. Urbana, Illinois. 144pp.
- Simpson, E. H.(1949) Measurement of diversity. Nature 169: 688-688.
- So, S.K. and H.K. Song(2012) A Study on Vegetation Structure and Soil Condition of *Bletilla striata* Population. Kor. J. Env. Eco. 26(2): 210-218. (in Korean with English abstract)
- Tamura, M.(1995) Systematic part. In Hiepko (eds.), Die Natürlichen Pflanzenfamilien Band 17a IV. Dunker & Humblot, Berlin, 374-291pp.
- Whittaker, R. H.(1965) Dominance and diversity in land plant Communities. Science 147: 250-260.