

희귀식물 광릉요강꽃 자생지 환경 및 개체군 특성

피정훈 · 정지영 · 박정근 · 양형호 · 김은혜 · 서강욱 · 이철호 · 손성원*

국립수목원 산림자원보존과

Habitats Environmental and Population Characteristics of *Cypripedium japonicum* Thunb., a Rare Species in Korea. Pi, Jung-Hun, Ji-Young Jung, Jeong-Geun Park, Hyung-Ho Yang, Eun-Hye Kim, Gang-Uk Suh, Cheul-Ho Lee and Sung-Won Son* (Plant Conservation Division, Korea National Arboretum, Pocheon 11186, Korea)

Abstract The sustainability of *Cypripedium japonicum*, a rare plant designated by the Korea Forest Service, is threatened due to artificial factors such as habitat loss and climate change etc. and internal factors such as changes in biological properties of the habitat etc. but conservation research has not been performed in South Korea. The objective of this study is to establish the species conservation strategies by analyzing the characteristics of their habitats, including: 1) Population characteristics, and 2) habitat analysis of the vegetation and abiotic environments. From April to September, 2014, population characteristics [density (stems m^{-2}), flowering rate (%), and leaf area (cm^2)] in *Cypripedium japonicum* habitats such as Chuncheon (CC), Hwacheon (HC), Muju (MJ), and Gwangyang (GY) and vegetation characteristics (plant sociological research and ordination analysis), and abiotic environments [temperature ($^{\circ}C$), relative humidity (%), transmitted light ($mol \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$) and canopy openness (%)] were measured. *Cypripedium japonicum* was mainly distributed at elevation 450 to 990 m and 5 to 30 $^{\circ}$ slope. Slope direction was shown as 0 to 110 $^{\circ}$. Habitats temperature (mean 18.94 $^{\circ}C$) was well matched to seasonal changes. Differences among sites showed greater level according to latitude difference. It showed the highest in habitat, GY located in the South. On the other hand, relative humidity (77.38%) didn't show much difference among sites. The average degree of canopy openness was 18.17%. It showed the highest at HC (22.1%) and the lowest at MJ (16.1%). The average degree of transmitted light was 9.1 $mol \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$. It showed the highest at CC (10.6 $mol \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$) and the lowest at GY (6.87 $mol \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$). Chlorophyll content showed average 26.12 SPAD. It showed the highest at MJ (30.64 SPAD value) and the lowest at HC (23.69 SPAD value). Leaf area was average 253.35 cm^2 . It showed the highest at CC (281.51 cm^2) and the lowest at HC (238.23 cm^2).

Key words: conservation, *Cypripedium japonicum*, habitats, population, vegetation structure

서론

최근 지구환경의 악화와 인간에 의한 개발 행위에 따른 생물종의 감소와 멸종 그리고 서식지의 파괴로 인한 생물학적 다양성의 감소는 이미 심각한 수준에 이르게 되었으며, 여러 학자들은 향후 50년 이내에 지구상에 생육하

Manuscript received 16 November 2015, revised 16 November 2015, revision accepted 24 November 2015
* Corresponding author: Tel: +82-31-540-1053, Fax: +82-31-540-1060, E-mail: ssw80@korea.kr

고 있는 25만종의 관속식물 중에 약 20%가 멸종될 가능성이 있다는 의견을 같이하고 있다(Wilson, 1992; Falk and Olwell, 1992; Bames, 1993; Australian Nature Conservation Agency, 1994).

1975년 멸종 위기에 처한 야생동식물의 국제거래에 관한 협약(Conservation on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora; CITES) 발효를 시작으로 생물종 보전을 위한 국제사회의 활동이 활발해지고 있다(Lee and Choi, 2006). 특히 국제자연보존연맹(IUCN)은 전 세계 희귀 및 멸종위기종의 객관적인 위협요인 평가를 위한 적색목록(Red List)의 범주(category) 및 기준(criteria)을 지속적으로 제시함으로써 희귀 및 멸종위기종에 대한 보전 이슈를 제공해오고 있다.

희귀생물종(rare species)이란 지리적인 분포역에 있어서 생물종이 어떤 제한된 지역에만 생육하는 경우를 가리키는데(KFRI, 1996). 우리나라의 경우 희귀식물이 수목원·정원의 조성 및 진흥에 관한 법률에 의해 571종류로 지정되어 있다.

최근 기후변화와 자생지 훼손으로 인해 식물종 감소가 지속적으로 이루는 가운데 이러한 변화에 특히 민감한 난초과 식물은 다른 어떤 식물보다 위협받고 있는 속 및 종의 비율이 높다. 우리나라의 경우, KNA(2008)는 광릉요강꽃, 나도풍란, 석곡, 한란 등 50 분류군이 희귀식물로 지정되어 있으며, 이는 전체 희귀식물 571종류의 8%를 차지한다.

광릉요강꽃은 전 세계적으로 한국, 일본, 중국에만 자생하는 동아시아 특산식물이다. 우리나라에서는 대표적인 희귀식물로 알려져 있으며, 광릉숲을 포함하여 경기도, 전라남도, 전라북도 및 충청북도에 자생한다. 하지만 집단이 파편화 되어 있고 개체수도 매우 적으며 특히 꽃과 잎의 형태가 특이하고 아름다워 자생지가 알려지는 즉시 남획에 의한 피해를 심각하게 받고 있는 식물이다. IUCN의 적색목록 기준 및 범주에 의하면 지역수준(한국)에서는 CR (Critically Endangered)로 평가되면, 지구수준에서는 EN (Endangered)로 평가되고 있다(KNA, 2008; Rankou, 2014).

생물 서식지와 개체군의 보전은 그 자생지 환경, 구조 및 종조성 특성을 이해하며, 보전 핵심이 되는 생물 개체군의 속성과 인자(생물 및 비생물)와의 상관관계를 이해하는 작업에서 시작된다(Shin *et al.*, 2014). 지금까지 광릉요강꽃에 대한 연구는 자생지 생육환경에 관한 연구(Park and Kim, 1995), 종자발아에 관한 연구(Bae *et al.*, 2009), 난근근균 특성에 관한 연구(Sim *et al.*, 2010) 및 광릉요강꽃 자생지의 식물상에 관한 연구(Seo *et al.*, 2011) 등 다양

한 연구가 지속적으로 진행되어 왔다. 하지만 광릉요강꽃 개체군동태와 자생지 환경 그리고 식생구조를 포함한 포괄적인 생태학적 특성에 대한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 지금까지 우리나라에 광릉요강꽃 자생지로 확인된 지역 중 집단을 이루어 분포하고 있는 지역을 대상으로 입지환경 특성, 식생구조 분석 및 개체군에 대한 동태를 파악함으로써 광릉요강꽃의 장기적인 보전전략 및 복원을 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황

광릉요강꽃 자생지가 확인된 강원도 춘천시(CC), 화천군(HG), 전라북도 무주군(MJ) 및 전라남도 광양시(GY) 등 총 4개 지역을 대상으로 선정하였다(Fig. 1). 현장조사는 광릉요강꽃의 개화시기를 중심으로 2014년 5월 14일(춘천시), 20일(화천군), 27일(광양시), 28일(무주군)에 수행되었다. 춘천시와 화천군은 국립수목원 보호시설 내에 분포하는 식물을 대상으로 조사하였고 무주군과 광양시는 자생지 내에 15×15 m 크기의 정방형구를 설치하여 조사하였다.

2. 연구방법

1) 자생지 환경

광릉요강꽃 자생지의 해발고도(m), 경도 및 위도는 GPS(GARMIN GPSMAP 60CSx)를 이용하여 측정하였고, 각 방형구의 경사(°)와 방위(°)는 각각 경사계(SUNNTO)와 나침반(SUNNTO)을 이용하여 측정하였다. 조사구의 미기상 변화를 분석하기 위해 기온(Temperature, °C)과 공중습도(relative humidity, %)를 측정하였다(HOBO PRO Relative Humidity and Temperature Data Logger, Onset Computer Cooperation). HOBO 설치가 불가하였던 무주군과 광양시는 조사지역으로부터 가장 인접한 기상관측소의 data를 적용하였다. 수관열림도(Canopy Openness) 및 광량(Light Availability) 측정을 위하여 어안렌즈 영상을 촬영하였다(기종 Nikon D80, 렌즈 Sigma 4.5 mm; F2.8 EX DC CIRCULAR FISHEYE). 영상 분석은 Gap Light Analyzer 2.0 프로그램을 이용하였다. 각 장소의 측정값의 오류를 최소화하기 위하여 촬영지점의 해발고도, 경사 및 사면방향을 적용하여 보정하였다. 자생지 토양환경은 토양온도와 습도로 토양수분계를 이용하여 측정하였다. 토양수분을 측정하기 전에 전 프로브(probe)를 물에 완전히 담근 후 보

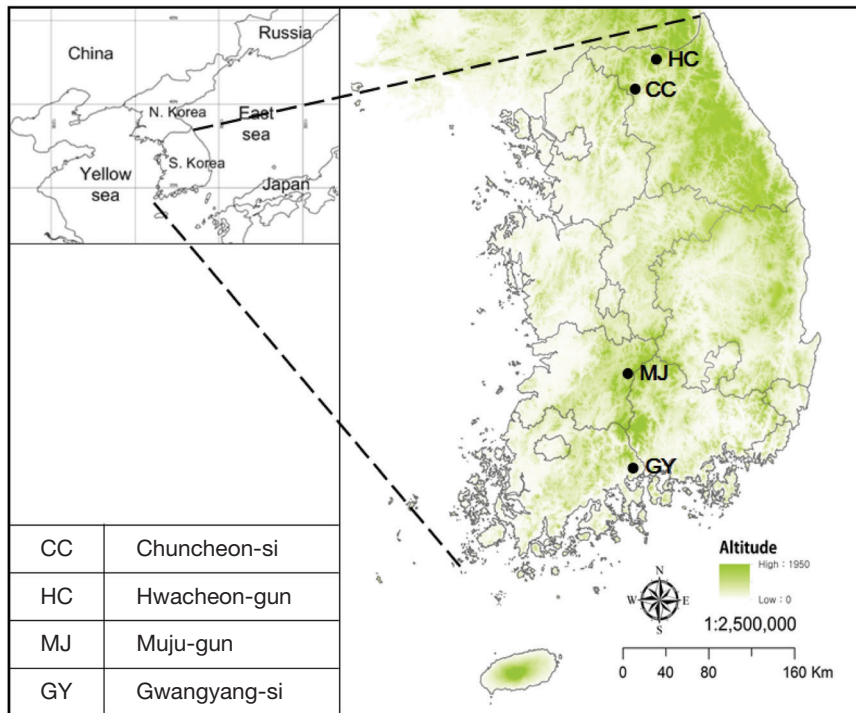


Fig. 1. A map showing the location of study site in South Korea.

정을 실시하였고, 측정은 측정센서가 안정 될 때까지 2분 대기한 후 값을 기록하였다.

2) 개체군 특성

광릉요강꽃의 엽면적(cm²)을 분석하기 위해 플라스틱자를 이용하여 장축과 단축을 0.1 cm 단위로 측정하여 구하였다.

엽면적 산출 공식은 아래와 같다.

$$\text{엽면적 (Leaf area, cm}^2\text{)} = \alpha\beta\pi$$

여기에서, α = 장축 반지름, β = 단축 반지름, 그리고 $\pi = 3.14$ 이다.

3) 식생자료의 수집 및 분석

식생조사는 Braun-Blanquet (1964)법을 적용하여 수행하였다. 방형구 (2 m×2 m) 내에 출현한 식생에 대한 식피율을 조사하였다. 임분구조는 방형구 내에 출현하는 흉고직경 2.5 cm 이상의 모든 목본식물을 대상으로 지표면으로부터 1.3 m 지점에서 직경자를 이용하여 측정하였다. 식물의 동정은 Lee (1985), Park (1995) 및 Park (2001)을 따랐다.

Ordination은 CA (correspondence analysis)의 확장인 DCCA (detrended canonical correspondence analysis)로 환경인자를 이용하여 분석하였고(Hill, 1979; Hill and Gauch,

1980), 자료의 분석은 Ter Braak and Šmilauer (1998)의 CANOCO for Windows program (version 4.5)을 이용하였다. 분석용 자료는 수집된 식생자료에서 각종의 피도계급을 그 계급이 나타내는 식피율 범위의 중간 값으로 전환한 후 전체 출현종의 합에 대한 각종의 상대 값으로 구한 중요치(importance value)로 삼았다. 이 과정에서 출현빈도 5% 이하의 종은 제외하였다. 자료의 통계 분석은 Statistix7과 Sigmaplot 12.0을 활용하여 분석하였다.

결 과

1. 자생지 환경 특성

1) 기온 및 상대습도

광릉요강꽃 자생지의 미기상 조건(기온 및 상대습도)의 변화를 분석하였다(Fig. 2). 각 측정 지점에서 2014년 4월부터 2014년 9월까지의 월 평균기온을 측정한 결과 광릉요강꽃 자생지 CC, HC, MJ 및 GY의 평균 기온은 각각 15.37°C, 16.17°C, 17.5°C 및 19.15°C로 나타났다. 기온은 계절의 변화와 동일하게 증가하는 경향이었고 지역간의 차이는 위도에 따른 차이로 가장 남쪽에 위치한 GY에서 가장 높게 나타났다. 각 측정지점에서 동일한 기간 동안

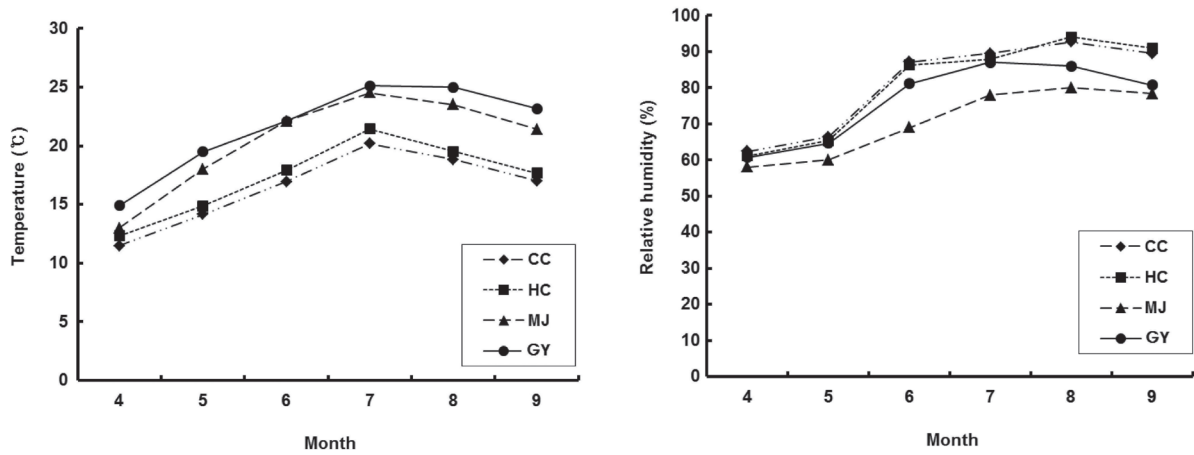


Fig. 2. A change of temperature (°C) and relative humidity (%) in *Cypripedium japonicum* habitats.

Table 1. Geographical characteristics of *C. japonicum* Habitats.

Site	Altitude (m)	Direction (°)	Slope (°)	Rock exposure (%)	Bared soil (%)	Litter layer (cm)	Soil temperature (°)	Soil humidity (%)
CC	779	100	25	8	8.3	4	15.5	46.3
HC	611	33	12	16	37.5	4.8	15.6	27.6
MJ	983	65	22	1	38.7	3.4	21	61.8
GY	466	88	10	47.8	13.6	2.4	21.3	29.57

월 평균상대습도를 분석한 결과, CC, HC, MJ 및 GY의 평균 상대습도는 75.74%, 74.72%, 74.33% 및 74.23%로 나타났다. 지역간의 차이는 크지 않았다.

2) 지리적 환경 특성

광릉요강꽃은 주로 해발 450~990 m, 경사는 5~30°의 범위에 분포하였고, 사면향은 0~110°로 나타났다. 이전 문헌에 의하면 해발 700 m 이상의 비교적 고산지대에 자생한다고 보고된 바 있다. 그러나 본 조사를 통하여 상대적으로 해발(450 m)이 낮은 지역까지 분포하는 것이 확인되어 보다 폭넓은 범위의 생육환경을 갖는 것으로 파악되었다. 사면방향은 모든 자생지에서 북동(NE)방향을 나타내었다. 암석노출도는 큰 암석들이 넓게 분포한 GY에서 가장 높게 나타났고, 토양습도는 MJ에서 가장 높게 나타났다(Table 1).

3) 수관열림도 및 광량

광릉요강꽃 자생지의 수관열림도(Canopy Openness) 및 광량(Light Availability)을 측정하였다(Fig. 3). CC, HC, MJ 및 GY에서 측정된 수관열림도(%)의 평균은 각각 17.98 ± 0.74, 22.05 ± 2.41, 16.05 ± 1.72 및 16.59 ± 2.26으로 나타났다. HC에서 가장 높게 나타났고, MJ에서 가장 낮게 나타났다. 동일한 측정 지점에서 측정된 광량(mol · m⁻² · day⁻¹)의

평균은 각각 10.6 ± 0.61, 9.54 ± 1.54, 9.41 ± 1.75 및 6.87 ± 2.21로 나타났다. CC에서 가장 높게 나타났고 GY에서 가장 낮게 나타났다.

2. 개체군 특성

1) 광릉요강꽃 개체수, 개화수 및 결실수

광릉요강꽃의 개체수(축)는 CC, HC, MJ 및 GY에서 각각 75, 28, 23 및 12축이 출현하였다. 개체밀도(/m²)는 CC에서 3.13으로 가장 높았고 GY는 0.46으로 가장 낮았다. 개화개체수는 CC에서 가장 많았고, GY에서는 개화개체가 출현하지 않았다. 개화율(%)은 MJ에서 가장 높게 나타났다(Table 2).

2) 엽면적 크기

각 지역에서 엽면적의 크기(cm²)를 측정하였다(Fig. 4). 그 결과, 춘천지역(281.51 ± 86.64)에서 가장 높게 나타났고 반면에 화천 지역(238.23 ± 138.13)에서 가장 낮게 나타났다.

3) 환경요인과의 상관관계

광릉요강꽃 자생지의 환경요인과 개체군특성(엽록소함량, 엽면적, 개체수 및 개화율) 사이의 상관관계를 실시하

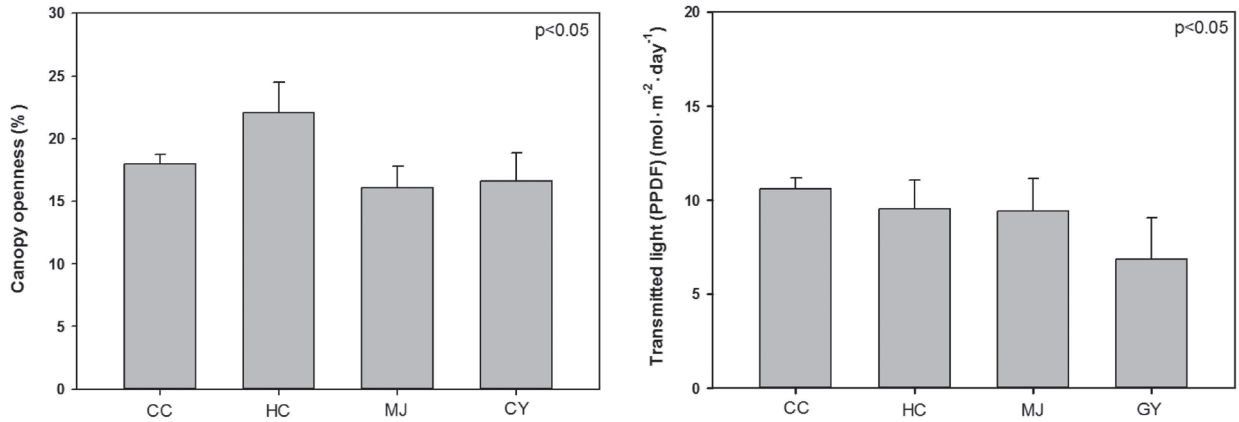


Fig. 3. A comparison of canopy openness (%) and transmitted light ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$) in *C. japonicum* habitats.

Table 2. Density, No of Stems, Flowering and Flowering rate of *C. japonicum* Habitats.

Site	No. of Stems	Density $\cdot \text{m}^{-2}$	Flowering	Flowering rate (%)
CC	75	3.13	37	49.33
HC	28	0.92	4	14.29
MJ	23	1.93	12	52.17
GY	12	0.46	0	—

였다(Table 3). 분석 결과, 엽록소함량은 토양온도와 양의 상관을 형성하였고, 반면에 고도, 수관열림도 및 광량과는 음의상관을 형성하였다. 광릉요강꽃 개체수는 해발, 경사, 광량 및 토양습도와 양의 상관을 형성하였고, 반면에 암석 노출도는 음의상관을 형성하였다. 광릉요강꽃의 개화개체수는 개체수와 유사한 경향으로 나타났다.

3. 광릉요강꽃 자생지의 임분 및 식생구조

광릉요강꽃 자생지의 흉고단면적 및 밀도를 분석한 결과(Table 4), CC는 층층나무가 가장 높은 흉고단면적($13.26 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$)을 나타내어 우점하는 것으로 분석되었고 가래나무(흉고단면적 $10.0 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ 및 밀도 329 개체 ha^{-1}), 산뽕나무(흉고단면적 $7.84 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ 및 밀도 988 개체 ha^{-1}) 및 찰피나무(흉고단면적 $5.35 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ 및 밀도 494 개체 ha^{-1})의 순으로 높은 흉고단면적을 나타내었다. HC는 물푸레나무가 가장 높은 흉고단면적($2.01 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$)을 나타내어 우점하는 것으로 분석되었고 가래나무(흉고단면적 $1.48 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ 및 밀도 31 개체 ha^{-1}), 산뽕나무(흉고단면적 $1.00 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ 및 밀도 78 개체 ha^{-1}) 및 층층나무(흉고단면적 $0.84 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ 및 밀도 31 개체 ha^{-1}) 순으로 높은 흉고단면적을 나타내었다. MJ는 물푸레나무가 가장 높은 흉고단면

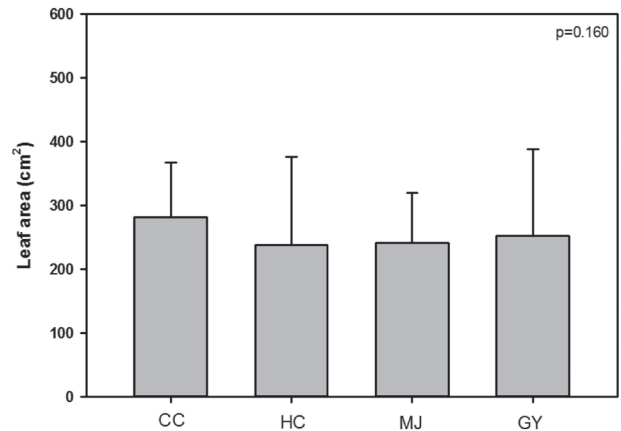


Fig. 4. A comparison of leaf area (cm^2) in *C. japonicum* in each study site.

적($14.62 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$)을 나타내어 우점하는 것으로 분석되었고 고로쇠나무(흉고단면적 $9.89 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ 및 밀도 455 개체 ha^{-1}), 신갈나무(흉고단면적 $7.37 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ 및 밀도 114 개체 ha^{-1}) 및 층층나무(흉고단면적 $2.77 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ 및 밀도 114 개체 ha^{-1}) 순으로 높은 흉고단면적을 나타내었다. GY는 물푸레나무가 가장 높은 흉고단면적($22.42 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$)을 나타내어 우점하는 것으로 분석되었고 고로쇠나무(흉고단면적 $9.12 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ 및 밀도 208 개체 ha^{-1}), 당단풍나무(흉고단면적 $7.40 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ 및 밀도 2222 개체 ha^{-1}) 및 산뽕나무(흉고단면적 $5.67 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ 및 밀도 69 개체 ha^{-1}) 순으로 높은 흉고단면적을 나타내었다. 종합적으로 볼 때, 광릉요강꽃 자생지 대부분은 물푸레나무, 고로쇠나무, 층층나무 및 가래나무가 우점하는 것으로 나타나 전형적인 계류하천 식생이 분포하는 것으로 판단된다.

Table 3. Correlation coefficients between environmental factors and population attribute of *Cypripedium japonicum*.

	Ele	Slo	RE	BS	CO	Lav	ST	SH	Lar	CC	NS	FP
Ele	1.000											
Slo	.711**	1.000										
RE	-.805**	-.568**	1.000									
BS	.176	.199	-.049	1.000								
CO	.020	.061	-.036	.034	1.000							
Lav	.523**	.544**	-.562**	-.167	.334*	1.000						
ST	-.142	-.279	.168	.063	-.714**	-.413*	1.000					
SH	.766**	.650**	-.639**	.135	-.305	.371*	.179	1.000				
Lar	-.177	.007	.189	-.232	-.169	-.212	-.020	-.244	1.000			
CC	-.421*	-.220	.319	-.168	-.520**	-.433*	.589**	-.127	.136	1.000		
NS	.615**	.721**	-.584**	-.087	.220	.491**	-.346*	.476**	-.026	-.269	1.000	
FP	.672**	.667**	-.574**	-.191	.053	.388*	-.228	.571**	.074	-.133	.816**	1.000

* $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$

Ele: Elevation (m), Slo: Slope ($^{\circ}$), RE: Rock exposure (%), BS: Bared soil (%), LL: Litter layer depth (cm), CO: Canopy openness (%), Lav: Light availability ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$), ST: Soil temperature ($^{\circ}\text{C}$), SH: Soil humidity (%), Lar: Leaf area (cm^2), CC: Chlorophyll content (SPAD value), NS: Number of stems, FP: Flowering population

Table 4. Means of Breast Height Area (BHA, $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) and stem density (D, stem/ha) of woody species in overall and each site in *C. japonicum* habitats.

Species	CC		HC		MJ		GY		Total	
	BHA	D	BHA	D	BHA	D	BHA	D	BHA	D
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	—	—	2.01	141	14.62	455	22.42	278	39.05	873
<i>Acerpictum</i> subsp. <i>Mono</i>	2.32	1646	0.06	172	9.89	455	9.12	208	21.39	2481
<i>Cornus controversa</i>	13.26	823	0.84	31	2.77	114	4.32	139	21.19	1107
<i>Juglans mandshurica</i>	10.00	329	1.48	31	—	—	—	—	11.48	360
<i>Morus bombycis</i>	7.84	988	0.31	156	—	—	—	—	8.15	1144
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	—	—	0.05	47	0.12	170	7.40	2222	7.57	2440
<i>Quercus mongolica</i>	—	—	—	—	7.37	114	—	—	7.37	114
<i>Prunus sargentii</i>	—	—	1.00	78	0.49	57	5.67	69	7.16	205
<i>Tilia manshurica</i>	5.35	494	—	—	—	—	—	—	5.35	494
<i>Maackia amurensis</i>	—	—	—	—	—	—	5.11	139	5.11	139
<i>Celtis sinensis</i>	—	—	—	—	—	—	4.78	69	4.78	69
<i>Acer triflorum</i>	3.72	494	—	—	—	—	—	—	3.72	494
<i>Sapium japonicum</i>	—	—	—	—	—	—	2.58	625	2.58	625
<i>Cornus kousa</i>	—	—	—	—	—	—	1.42	69	1.42	69
<i>Meliosma myriantha</i>	—	—	—	—	—	—	1.20	278	1.20	278
Other species (16)*	0.42	494	1.59	454	0.51	1136	1.56	347	4.08	2431
Total	42.91	5268	7.34	1111	35.77	2500	65.59	4444	151.61	13323

*Other species: Total BHA < 0.1

4. Ordination 분석

식생자료와 10개의 환경인자(해발, 사면방향, 경사, 암석노출도, 토양노출도, 낙엽층 깊이, 수관열림도, 광량, 지온 및 토양습도) 간의 상관관계를 비교분석하기 위하여 DCCA법으로 식분을 서열화한 결과(Fig. 5), 식분의 배열은 환경요인에 따라 지역이 같은 식분들이 서로 가까이 위치하여 지역별 배열되는 양상을 보였다. I상에서는 수관열림도, 토양습도 및 해발고, II축상에서는 암석노출도 등의

환경요인이 높은 상관관계를 보였다.

고찰

1. 광릉요강꽃 자생지의 비생물 환경

국내에 분포하는 광릉요강꽃 자생지의 연평균 기온은 $15.37^{\circ}\text{C} \sim 19.15^{\circ}\text{C}$ 범위로 나타났고, 지역 간 차이는 대부

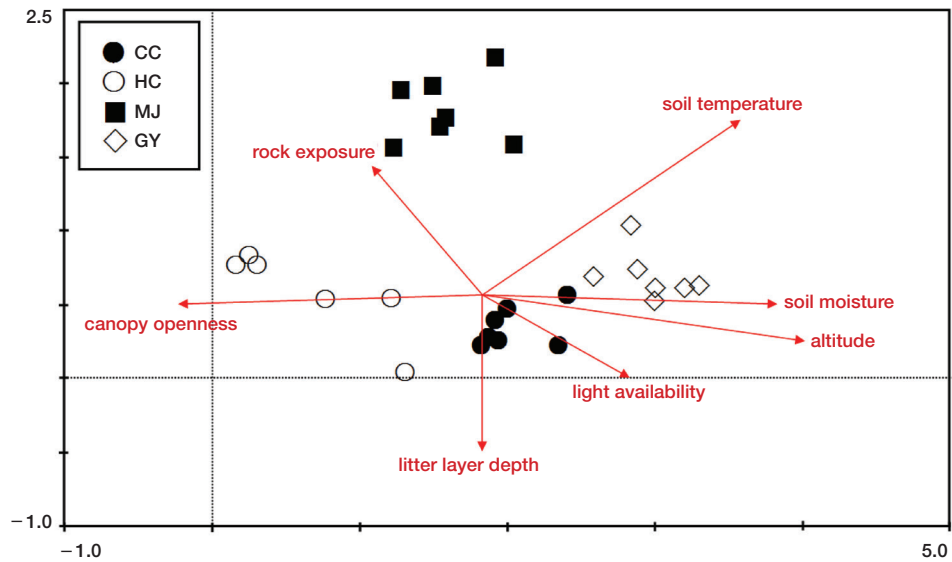


Fig. 5. The result of DCCA ordination of *C. japonicum* habitat stands.

분 자생지의 위도 차이와 일치하였다.

상대습도는 모든 자생지에 74% 이상의 높은 값을 나타내었다. 이러한 결과는 광릉요강꽃과 같은 난초과 식물은 충분한 공중습도가 유지되는 환경에 분포하는 것을 의미한다. 충분한 공중습도가 유지될 수 있는 원인은 사면방향으로 뒷받침할 수 있다. 국내에서 조사된 모든 광릉요강꽃 자생지의 사면 방향은 북동향을 나타내었고 일본 광릉요강꽃 자생지(Nagamatus, 2011)에서 북동향으로 나타났다. 북동사면은 일반적으로 토양수분 및 숲 내 공중 습도가 높게 나타내는 특성을 보인다(KFRI, 2013). 식물종들의 자연 분포에 영향을 미치는 주요 환경요인은 기후와 토양조건 등이며 이는 동일 산지 내에서도 해발, 사면방위 및 지형적 위치에 따라 다르다(Oh and Jee, 2000). 특히 동일 해발고에서도 지형적 위치 즉, 사면의 방향에 따라 식물종 분포는 다르게 나타나기도 하는데(Webster, 1961; Katagiri and Tsutsumi, 1978), 광릉요강꽃 자생지의 경우도 사면방향의 특이성이 서식지의 중요한 환경 조건인 것으로 판단된다.

광릉요강꽃의 자생지의 수관열림도는 대부분 16.1%~17.9% 범위였지만 이와는 달리 화천 자생지는 비교적 높은 값(22.1%)을 나타내었는데 이는 자생지 내에 분포하는 대부분의 층층나무가 단식성 해충인 황다리독나방(*Ivela auripes*)에 의해 섭식의 피해를 입어(Choi et al., 2006), 수관이 열렸기 때문인 것으로 판단되며, 이러한 영향이 향후 자생지 건강성에 미치는 영향에 대한 모니터링과 분석이 필요할 것으로 보인다.

2. 광릉요강꽃 개체군 특성

광릉요강꽃의 개체수는 해발, 경사, 광량 및 토양 습도와 밀접한 관련성을 가지고 있는 것으로 나타났다. 토양습도가 양의 상관관계를 형성하는 것은 광릉요강꽃이 비교적 습도가 높은 지역을 선호한다는 분석 결과를 재확인할 수 있었다. 개체수와 암석노출도가 음의상관을 형성하였는데 이는 광양자생지가 다른 지역에 비하여 암석노출도가 높아 토양기반이 부족하여 생육기반을 저해했기 때문인 것으로 생각된다. 광양자생지의 경우 개화개체가 출현하지 않았는데 이 지역 식생은 다른 지역과 다르게 야고목층에 당단풍나무의 밀도가 높게 나타나 상대적으로 낮은 광조건이 개화에 불리한 조건으로 작용되었기 때문으로 생각된다. 광릉요강꽃 생육에 대표적인 제한요인 광량(Park and Kim, 1995)을 충분히 확보하기 위하여 수목밀도가 높은 광양지역은 가지치기나 솎기 등의 관리로 자생지 내의 밀도를 조절하여 충분한 광조건을 확보해야 될 필요성이 있다. 한편, Takayuki (2014)은 광릉요강꽃 자생지의 광조건이 개체수 및 건강성에 대한 영향을 파악하기 위해서는 자생지 내 억새를 제거하는 실험을 수행하였으며 이후 개체수 및 개화개체수 모두 증가되는 것을 확인하기도 하였다.

3. 광릉요강꽃 자생지의 식생구조와 종조성

우리나라 광릉요강꽃 자생지는 고로쇠나무, 물푸레나무, 가래나무 및 층층나무와 같은 계류하천식생이 우점하여 분포하는 것으로 나타났다(Table 4). 이러한 종들은 광

롱요강꽃 자생지가 계곡부 주변에 분포한다는 것을 의미하고, 이러한 결과가 자생지 연평균 습도가 74% 이상의 높은 습도를 유지한다는 내용을 뒷받침하고 있다. Park and Kim (1995)과 Seo *et al.* (2011)의 연구에도 고로쇠나무, 물푸레나무, 들메나무 및 층층나무와 같은 계곡부식생이 출현하는 것으로 보고된 바 있어 본 연구 결과와 유사하였다. 국외의 경우 일본 광릉요강꽃 자생지는 국내의 자생지 식생과 유사한 층층나무와 가래나무가 우점하는 자생지와 삼나무 조림지로 두 가지 유형으로 구분되어 (Nagamatus, 2011) 분포하는 것으로 나타났다.

Ter Braak and Šmilauer (1998)는 ordination의 목적이 군집 및 개체군의 구조를 밝히고 식생과 환경과의 상호작용에 대한 가정을 유출해 내는 것이라고 하였다. 따라서 ordination은 식생들을 한 개 또는 그 이상의 생태학적 구배에 배열하는 과정 (Goodall, 1954; Austin, 1976)으로 말할 수 있다. 지역별 소방형구 (2 m × 2 m)에서 수집된 식생 자료에 근거하여 서열화한 결과, 식분의 배열은 지역 간의 뚜렷한 차이를 보였다. 환경요인들과의 관계를 보면 화천 지역은 수관열림도가 높은 곳에 분포하고, 무주지역은 해발고가 높고 토양습도가 높은 곳에 분포하는 것으로 나타났다. 광양지역은 암석노출도가 높은 곳에 분포하는 것으로 나타났다. 대부분의 지역에서 상관식생이 유사한 특성을 가진 점을 고려하면 이러한 종조성의 차이는 앞에서 언급한 환경요인과 관계되는 것으로 판단된다.

4. 광릉요강꽃 개체군 건강성 확보와 보전관리 방안

한반도 *Cypripedium*속 자생지에서 공통적으로 나타난 것은 낙엽활엽수가 우점하여 이른 한반도에 자생하는 *Cypripedium*속 식물의 자생지 환경은 모두 낙엽활엽수가 우점하는 특징을 보이며, 이는 이른 봄에 충분한 햇빛이 입지 내에 들어와 지중온도를 상승시켜 초기생장을 촉진하여 상층수관의 피도가 70~80%로 높아진 5월 하순 전에 개화하여 결실이 가능하게 한다 (Park and Kim, 1995). 특히, 광릉요강꽃 생육 적합지로 토양은 물이 잘 빠지고 적당한 습기가 유지되어야 하며, 개화시기까지 충분한 햇빛이 들고 그 후에 그늘이 지는 곳이어야 한다 (NIC, 2014).

멸종위기에 처한 광릉요강꽃은 자생지 내에 개체수가 극히 적고 자생지의 환경이 극도로 악화되고 있을 뿐만 아니라 무분별한 남획과 불법채취 등에 노출되어 있다. 따라서 광릉요강꽃 보존을 도모하기 위해서는 이에 대한 합리적인 모니터링 및 조사가 필요하다.

특히 광릉요강꽃은 자생지에서 개체수가 많지 않아 향후 전체 개체군에 대한 demographic 모니터링이 지속적으

로 이루어져야 할 것이다. 이를 통해 개체군의 증감에 대한 객관적인 자료와 서식지의 환경변화에 대한 이해를 바탕으로 개체군 생존 시뮬레이션 통해 향후 멸절에 대한 정확한 예측이 필요할 것이다.

광릉요강꽃의 현지 내 보전은 대부분은 보호시설을 설치하는 방법을 우선적으로 선택하고 있다. 이러한 방법은 일차적으로 인간의 직접적인 훼손을 차단할 수 있는 장점을 가지고 있어 희귀식물의 현지 내 보전에 있어 단기적인 효과가 있을 수 있다. 하지만 시설 설치 및 관리에 있어 많은 비용과 시간이 소요된다는 단점도 가지고 있다 (Seogwipo-si, 2014). 따라서 좀 더 효율적인 방법으로 국민들에게 사라져 가는 희귀식물에 대한 경각심을 유도하고, 희귀식물의 중요성에 대한 인식 제고가 이루어져야 한다. 또한 식물의 정보를 공개해 보전의 바람직한 방법에 대해서 논의를 심화시키고 합의를 거쳐 보전대책을 마련해 갈 필요가 있다 (Takayuki, 2014).

광릉요강꽃은 자연 상태에서 종자의 결실율이 낮으며 또한 굴파리 섭식의 피해로 충실율이 높지 않아 높은 활력을 가지는 종자 확보가 매우 어렵다. 따라서 결실 종자를 이용한 증식 기술이 아직까지 개발되지 않아 현지 외 보전 및 복원(재도입) 연구도 매우 제한적이다. 따라서 광릉요강꽃의 현지 외 보전을 위해서는 무엇보다 종자 특성 파악과 이를 이용한 발아 및 증식 연구가 필수적이라 할 수 있다.

적 요

연구결과에 기초하여 내린 시험적 결론은 다음과 같다.

광릉요강꽃은 주로 해발 450~990 m, 경사는 5~30°의 범위에 분포하였고, 사면향은 0~110°로 나타났다. 자생지 기온 (18.94°C)은 계절 변화와 유사한 경향이었고 장소 간의 차이는 위도에 따른 차이가 강하였으며, 가장 남쪽에 위치한 GY에서 가장 높게 나타났다. 반면에 상대습도는 지역 간의 차이는 크지 않았다. 수관열림도 (%)는 평균 18.17이었으며, HC (22.1)에서 가장 높게 나타났고 MJ (16.1)에서 가장 낮게 나타났다. 광량 ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)은 평균 9.1이었으며, CC (10.6) 가장 높게 나타났고 GY (6.87)에서 가장 낮게 나타났다. 엽록소 함량 (SPAD value)은 평균 26.12로 나타났으며, MJ (30.64)에서 가장 높았고 HC (23.69)에서 가장 낮았다. 엽면적 (cm^2)은 평균 253.35 cm^2 이었으며, CC (281.51)에서 가장 높았고, HC (238.23)에서 가장 낮았다. 자생지 층위별 우점식생으로 교목층 식생은 물푸레나무, 고로쇠나무 및 층층나무가 우점하는 것으로

나타났고, 관목층은 고추나무, 초본층은 십자고사리, 단풍취가 우점하는 것으로 나타났다. 식분의 서열화 결과, I상에서는 수관올빼미와 지온, II축상에서는 토양노출, 해발고도 등의 환경요인이 높은 상관관계를 보였다. 우리의 연구 결과는 개체군 동태 예측 및 광릉요강꽃의 장기적인 보전 전략 및 복원에 중요한 역할을 할 것으로 생각된다.

REFERENCES

- Austin, M.P. 1976. On non-linear species response models in ordination. *Vegetation* **33**: 33-41.
- Australian Nature Conservation Agency. 1994. Action plants and recovery plant funding proposal. Guideline for endangered and vulnerable species and ecological communities.
- Bae, K.H. and Y.Y. Choi. 2009. Effect of in vitro seed germination from cytokinin of *Cypripedium japonicum*. Proceedings of The Plant Resources Society of Korea pp. 73. (in Korean)
- Bames, B.V. 1993. The landscape ecosystem approach and conservation of endangered species. *Endangered Species Update* **10**: 13-19.
- Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Ed. 3. Springer. Verlag.
- Choi, K.S., W.I. Choi, C.S. Kim, I.K. Park, Y.J. Chung, S.J. Jang, S.J. Shim and S.C. Shin. 2006. Life history of *Ivela auripes* (Lepidoptera: Lymantriidae). *Korean Journal of Applied Entomology* **45**(3): 371-373. (in Korean)
- Falk, D.A. and P. Olwell. 1992. Scientific and policy consideration on reintroduction of endangered species. *Rhodora* **94**: 287-315.
- Goodall, D.W. 1954. Vegetational classification and vegetational continua. In Festschrift für Erwin Aichinger. Springer, Vienna **1**: 168-182.
- Hill, M.O. 1979. TWINSpan - A FORTRAN program for arranging multivariate data in an order two-way table by classification of the individuals and attributes. Ithaca, N.Y. Cornell Univ. Press, 50pp.
- Hill, M.O. and H.G. Jr. Gauch. 1980. Detrended correspondence analysis and improved ordination technique. *Vegetatio* **42**: 47-58.
- Katagiri, S. and T. Tsutsumi. 1978. The relationship between site condition and circulation of nutrients in forest ecosystem (v). The difference in nutrients circulation between stands located on upper of slope and lower part of slope. *Journal of Japan Forestry Society* **60**: 195-202.
- KFRI (Korea Forest Research Institute). 1996. Rare and endangered plant-conservation guideline and target plant species. (in Korean)
- KFRI (Korea Forest Research Institute). 2013. Composition and management of mountains cultivation. *Forest science news* **13**(4) p. 20. (in Korean)
- KNA (Korea National Arboretum). 2008. Rare plants data book in Korea. Korea National Arboretum. Pocheon. (in Korean)
- Lee, J.S. and B.H. Choi. 2006. Distributions and Red Data of Wild Orchids in the Korean Peninsula. *Journal of Korean Plant Taxonomy* **36**(4): 335-360. (in Korean)
- Lee, T.B. 1985. Illustrated Flora of Korea. Hyangmoonsa Seoul. (in Korean)
- Nagamatus, D. 2011. The present condition of *Cypripedium japonicum* Thunb. (Orchidaceae) population in Tottori Prefecture, Japan. *Natural History Research of San'in* **6**: 9-15. (in Japanese)
- NIC (Nature Information Center). 2014. *Cypripedium marcanthum* var. *rebunense* Samrim Research Institute 15p. (in Japanese)
- Oh, K.K. and Y.K. Jee. 2000. Plant community structure by aspect and altitude at eastern district in chirisan national park. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology* **14**(1): 67-79. (in Korean)
- Park, K.W. and S.S. Kim. 1995. Studies on the wild *Cypripedium japonicum* in Korea (I); Especially on the growth environment in Natural forest. *Journal of Korean Forestry Society* **51**: 64-73. (in Korean)
- Park, S.H. 1995. Colored Illustrations of Naturalized Plant of Korea. Ilchokak, Seoul. (in Korean)
- Park, S.H. 2001. Colored Illustrations of Naturalized Plants of Korea. Ilchokak, Seoul. (in Korean)
- Rankou, H. 2014. *Cypripedium japonicum*. In: IUCN 2014. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.
- Seo, K.E., H.C. Cha, Y.S. Kim, S.H. Lee and J.J. Jang. 2011. A Study on Vascular Plants of *Cypripedium japonicum* Community in Deogyusan National Park. *Journal of National Park Research* **2**(4): 209-217. (in Korean)
- Seogwipo-si. 2014. The Conservation of *Cymbidium kanran* Makino in Jeju-do. Seogwipo-si. pp. 139. (in Korean)
- Sim, M.Y., J.Y. Youm, J.M. Chung, B.C. Lee, C.D. KOO and A.H. Eom. 2010. Characteristic of orchid mycorrhizal fungi from roots of *Cypripedium japonicum* and *C. macranthum*. *The Korean Journal of Mycology* **38**(1): 1-4. (in Korean)
- Shin, J.K., B.Y. Koo, H.G. Kim, S.W. Son, H.J. Cho, K.H. Bae, H.H. Ryang, J.G. Park, J.S. Lee and Y.C. Cho. 2014. Vegetation and environment of the natural monument (No. 432) Jeju Sanghyo-dong *Cymbidium kanran* habitat. *Journal of Korean Forestry Society* **103**(3): 321-338. (in Korean)
- Takayuki, B., K. Itoko, Y. Itse, S. Hanako, Y. Gorda, Y. Shoji, H. Takahashi, S. Naohhito and S. Murayama. 2014. Attention points for habitat restoration of endangered species. Samrim Research Institute 28p. (in Japanese)

Ter Braak, C.J.F. and P. Šmilauer. 1998. CANOCO-Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows. Microcomputer Power, Ithaca, USA. p. 352.

Webster, G.L. 1961. The altitudinal limits of vascular plant. *Ecology* **42**(3): 587-590.

Wilson, E.O.C. 1992. The diversity of life. Harvard Univ. Press.