

## 한국 제주도 한란의 생태 진단에 기초한 보전 및 서식지 복원에 관한 연구

정지영 · 신재권 · 김한결 · 변준기 · 피정훈 · 구본열 · 박정근 · 서강욱 · 이철호 · 손성원 · 김준수<sup>1</sup>  
조현재<sup>1</sup> · 배관호<sup>2</sup> · 오승환<sup>3</sup> · 김현철<sup>4</sup> · 강승태<sup>5</sup> · 조용찬\*

국립수목원 산림자원보존과, <sup>1</sup>(주)자연과숲연구소, <sup>2</sup>경북대학교 생태환경대학,  
<sup>3</sup>국립수목원 연구기획팀, <sup>4</sup>세계유산·한라산연구원 한라수목원, <sup>5</sup>제주특별자치도 서귀포시

**Study on Conservation and Habitat Restoration Based on Ecological Diagnosis for *Cymbidium kanran* Makino in Jeju Island, Korea.** Jung, Ji-Young (0000-0003-2393-1222), Jae-Kwon Shin (0000-0001-5536-199X), Han-Gyeoul Kim (0000-0002-5970-9511), Jun-Gi Byun (0000-0002-1170-4877), Jung-Hun Pi (0000-0002-2383-3991), Bon-Yeol Koo (0000-0002-0486-1188), Jeong-Geun Park (0000-0001-8841-2082), Gang-Uk Suh (0000-0003-0987-5455), Cheul-Ho Lee (0000-0002-3483-4420), Sung-Won Son (0000-0002-3018-9321), Jun-Soo Kim<sup>1</sup> (0000-0002-3800-9671), Hyun-Je Cho<sup>1</sup> (0000-0003-0390-9386), Kwan-Ho Bae<sup>2</sup> (0000-0003-0463-6906), Seung-Hwan Oh<sup>3</sup> (0000-0003-2190-0967), Hyun-Cheol Kim<sup>4</sup> (0000-0002-9583-0802), Seung-Tae Kang<sup>5</sup> (0000-0002-3311-9855) and Yong-Chan Cho\* (0000-0003-4054-3328) (Plant Conservation Division, Korea National Arboretum, Pocheon 11186, Korea; <sup>1</sup>Nature and Forest Research Institute, Daegu 41476, Korea; <sup>2</sup>Faculty of Ecology & Environment System, Kyungpook National University, Sangju 37224, Korea; <sup>3</sup>Research Planning Team, Korea National Arboretum, Pocheon 11186, Korea; <sup>4</sup>Halla Arboretum, Research Institute for Mt. Halla, Jeju 63341, Korea; <sup>5</sup>Soegwipo-si, Jeju Special Self-Governing Province, Seogwipo 63584, Korea)

**Abstract** *Cymbidium kanran* Makino is being threatened in its own habitats due illegal collecting and habitat changes by vegetation growth along historical landuse change. In this study, we established habitat restoration model for conservation of *C. kanran* based on ecological diagnosis. Through exploration to Jeju Island in 2014 and 2015, we identified 27 unknown habitats of *C. kanran* and in there, abiotic variables and vegetation structure and composition were quantified. Altitudinal distribution of *C. kanran* was between 200 m ~700 m a.s.l. and compared to distribution in 2004, Area of Occupation (AOO) decreased at 82%. Specific habitat affinity was not observed by evenly found in mountain slope and valley and summergreen and evergreen broadleaved forests, but likely more abundant in valley habitats with higher soil and ambient moisture. Total of 96 individual of *C. kanran* was observed with an average density of 942.6 individuals ha<sup>-1</sup>. The plants showed relatively short leaf length (average = 10.7 cm ± 1.1 cm) and small number of pseudo bulbs (1.2 ± 0.2). Flowering and fruiting individuals were not observed in field. *C. kanran* was classified into endangered plant species as CR (Critically Endangered) category by IUCN criteria. Phenotypic plasticity of *C. kanran* was likely support to sustain in more shaded habitat environment and recent habitat changes to closed canopy and low

Manuscript received 27 October 2015, revised 15 December 2015,  
revision accepted 24 December 2015  
\*Corresponding author: Tel: +82-31-540-1062, Fax: +82-31-540-1062,  
E-mail: bz0288@korea.kr

© The Korean Society of Limnology. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provide the original work is properly cited.

light availability may exhibit negatively effects to *C. kanran*'s life history. Restoring *C. kanran* habitat should create open environment as grassland and low woody species density.

**Key words:** *Cymbidium kanran*, endangered species, red list, restoration, reintroduction

## 서 론

한란(*Cymbidium kanran* Makino)은 제주도를 비롯하여 일본과 중국의 남부지방 그리고 대만 등의 지역에 분포하는 다년생 상록 초본식물로서 상록활엽수림 및 낙엽활엽수림에 분포하며(Cribb and Bell, 1999; Tsuji and Kato, 2010), 종(1967년)과 자생지(2002년)를 천연기념물로 지정해 보호하는 국내 유일한 멸종위기식물이다(Shin *et al.*, 2014a, b).

한란은 토지 이용 변화와 불법 채집과 같은 인위적 요인으로 서식지 감소 및 환경 변화의 내적 요인이 유발되어 개체군 지속성이 위협받고 있다. 과거 제주도 지역은 저지대부터 고산지대까지 소와 말의 방목과 경작에 이르기까지 활발하게 산림자원을 이용해 왔으며, 농경과 같은 인간 문화 활동의 변화, 자연 보호 사상의 확산, 그리고 엄격한 산림 자원의 보호는 제주도를 비롯하여 남한지역의 경관의 구조와 기능뿐만 아니라 전반적인 생태계를 변화시켜왔다(KNA, 2014). 이러한 변화에 따라서 생물종, 개체군, 군집, 그리고 경관의 적응 양상은 긍정적면과 부정적면에서 다양한 결과를 가져왔으며, 특히 광조건을 선호하는 한란과 같은 식물들은 서식지 변화 및 감소가 발생하고 적응 및 절멸 또는 이동의 과정을 거치고 있는 것으로 판단된다(Shin *et al.*, 2014a, b).

천연기념물 제주 상호동의 한란 보호구역에는 매우 많은 한란 개체들이 분포하고, 비교적 밝고 따뜻한 미세 입지에서 개화하는 특성이 관찰된다(Shin *et al.*, 2014a). 과거 상호동 지역은 군사기지 및 농경(방목 등) 활동으로 인하여 초지 또는 참꽃나무와 같은 관목류가 우점하는 식생 유형을 보였으며 많은 한란을 관찰할 수 있던 지역이었다(Shin *et al.*, 2014b). 현재는 식생 천이에 의해 소나무류와 구실잣밤나무가 혼생하는 숲이 성립해 있으며, 이러한 서식지 환경 변화에 의해 한란의 지속성은 하층식생 제거와 같은 보전관리의 효과뿐만 아니라 한란 뿌리에 공생하는 난균근균이 지속적으로 도움을 주기 때문인 것으로 알려져 있다(Seogwipo-si, 2014). 특히 한란은 관상 가치가 높아 불법채취로 인하여 보호구역 외 자생 개체군이 극히 드물며, 최근에는 서식지 변화와 대체 서식지 조성과 같은 지역 수준에서 종의 확보 및 증식기술개발의 필요성을 증가시키고 있다(Shin *et al.*, 2014a).

복원은 생태학과 농학의 이론을 결합한 응용생태학 분야

로서 자연을 치유하고 증진하는 환경 기술이다(Aronson *et al.*, 1993; Berger, 1993; Lee and You, 2001). 서식지(habitat)는 특정 생물 또는 공간에 기초한 개념으로서(SER, 2004), 유사한 식생 유형(vegetation type), 토지 피복(Daubenmire, 1968), 그리고 생물개체나 집단생활사 유지에 필요한 자원과 환경 조건을 담고 있는 지표 공간의 두 가지 의미로 활용되고 있고, 두 의미의 혼용 또는 혼란이 존재하고 있다(Hall *et al.*, 1997; Morrison *et al.*, 1998; SER, 2004). 이러한 점에서 한란의 서식지 복원(habitat restoration)은 후자를 의미하는 복원이 되며, 이러한 서식지 복원에서 생태, 문화 및 사회 가치에 대한 복합적 평가를 통하여 목표를 설정하는 것이 중요하다(Miller and Hobbs, 2007). 그리고 생태계의 비가역성과 환경 변화를 고려하여, 이전에 존재했던 구조와 종조성 또는 참조 생태계(reference ecosystem)를 온전히 되돌리는 것을 목표로 하는 것을 주의해야 한다(Choi, 2004; Miller and Hobbs, 2007; Choi *et al.*, 2008). 앞서 언급한 바와 같이, 현재 한란 자생지는 토지 이용 변화에 의해 서식지가 개방 환경에서 산림 환경으로 변화한 상태인 것을 고려할 필요가 있다(Shin *et al.*, 2014a). 따라서 한란 개체군은 과거 서식 환경을 고려한 서식지 조성을 통하여 복원하는 것이 가능하지만, 스스로 지속성을 확보하는 것은 제주지역에서 행해졌던 과거의 토지이용 양상을 도입하는 것이 거의 불가능하기 때문에 지속적인 인간 관리를 필요로 할 수밖에 없다.

본 연구는 천연기념물 제주도 한란의 분포 변화와 개체군 및 서식지 특성을 분석하였다. 그리고 개체군 및 군집생태학적 특성에 관한 연구 결과를 토대로 보전 및 서식지 복원 모델을 제안하고자 한다. 연구의 목적은 아래와 같다. 1) 한란의 분포 범위(Extent of Occurrence, EOO) 및 점유 면적(Area of Occurrence, AOO)의 변화, 2) 한란의 크기 분포 등 개체군 특성, 그리고 3) 서식지의 비생물 및 군집 특성과 4) 한란의 보전 및 서식지 복원 모델을 제안하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 연구 지역

한란 자생지 조사는 2014년 11월부터 2015년 3월까지

총 5회에 걸쳐 제주도 전역을 대상으로 실시하였고, 제주도 서귀포시 상호동에 위치한 한란 보호구역 내 자생 한란 개체군을 포함하였다. 제주도에서 주로 한란이 관찰되는 상록활엽수림의 면적은 제주도 전체면적의 83.2%를 차지하는 넓은 지역이지만 현재는 대부분 취락 및 농경지로 조성되어 있어 일부지역에서만 자연림으로 존재하고 있다 (Song, 2007).

## 2. 종

한란은 제주 한라산 남쪽 경사면에 해당하는 서귀포시 일원의 해발 120 m 지점으로부터 850 m 사이의 상록수림 대 또는 상록수와 낙엽성 수목의 혼합림 지대에 분포하며, 주변환경의 변화와 무분별한 개발 그리고 남획으로 인하여 개체수가 지속적으로 감소하고 있다 (Lee, 2004). 이러한 자생지 감소 및 개체군 감소로 인하여 산림청 희귀 식물 목록 (KNA, 2008) 및 적색자료집 (National institute of Biological Resource, 2012)에 기재되었으며, 환경부 법적 보호종 1급 및 CITES 식물에 포함되어 있다. 한란은 일반적으로 지면에서 자생하며 간혹 썩은 나무 그루터기에 착생하기도 한다 (Seogwipo-si, 2014). 한란은 10월과 12월 사이에 꽃이 피지만 최근 개화하는 개체는 거의 관찰할 수 없다. 제주도에서 개화하는 개체를 볼 수 있는 곳은 일반인의 출입이 제한되어 있는 서귀포시 상호동의 천연기념물 보호구역이 유일하다.

## 3. 분포 및 비생물요인

한란의 분포 및 점유 면적 변화는 2004년 (Lee, 2004)의 보고와 비교하였으며, GeoCat 프로그램을 활용하여 분포 범위 (Extent Of Occupancy, EOO) 및 점유 면적 (Area Of Occupancy, AOO) 변화를 분석하였다. 한란의 공간 분포 변화 및 개체군 속성을 종합하여 IUCN 적색식물 범주에 따라 멸종위기성을 평가하였다 (IUCN, 2012).

그리고 한란 자생지에서 해발 (m), 임내 광량 ( $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ) 및 수관열림도 (%), 토양 습도 (%) 및 온도 ( $^{\circ}\text{C}$ ), 낙엽층 두께 (cm)를 측정하였다. 토양온도 및 습도는 토양수분계 (AQUATERR EC-300)를 이용하여 측정한다.

수관열림도 및 임내 광량을 분석하기 위해 각 조사 장소의 중심 지점에서 디지털 카메라 및 어안렌즈를 활용하여 화상자료 (Canon 5D-MarkIII, Sigma 8 mm 1 : 3.5)를 수집하였다. 촬영된 자료의 분석은 Gap Light Analyzer 2.0 프로그램을 사용하였으며 standard overcast sky model을 이용하여 분석하였다 (Frazer *et al.*, 1999).

## 4. 개체군

한란 개체군 속성을 분석하기 위해 개체 수, 위구경 (pseudobulb) 수, 개화 수, 잎 길이 (cm) 및 엽면적 ( $\text{cm}^2$ ), 잎 피해 유무 (건강성), 잎 무게 및 엽록소 함량에 대하여 측정 및 분석하였다. 또한 잎 길이 (장축)와 잎폭 (단축)을 측정하여 각 개체의 엽면적 ( $\text{cm}^2$ )을 구하였다.

엽면적 산출 공식은 아래와 같다.

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

여기에서,  $\alpha$  = 장축 반지름,  $\beta$  = 단축 반지름, 그리고  $\pi = 3.14$ 이다.

측정된 한란 개체 속성을 바탕으로 개체군 구조를 분석하였다. 한란의 측 수 및 잎 수, 그리고 엽 면적과 같은 크기와 관련된 항목들이 개체의 연령 및 성숙을 의미하지 않기 때문에 연령 구조와 같은 개체군 구조 분석에 한계가 존재하였다. 따라서 본 연구에서는 개체 크기를 대표할 수 있는 엽면적을 대표값으로 삼았으며, 그것의 값 범위를 5등분하여 크기 분포 (소형:  $0 \text{ cm}^2 \sim 50 \text{ cm}^2$ , 준중형:  $51 \text{ cm}^2 \sim 100 \text{ cm}^2$ , 중형:  $101 \text{ cm}^2 \sim 200 \text{ cm}^2$ , 준대형:  $201 \text{ cm}^2 \sim 300 \text{ cm}^2$  및 대형:  $> 301 \text{ cm}^2$ )를 분석하였고, 한란 잎의 상태에 따라 완전마름, 마름, 끝마름, 반짐, 뒤틀림, 양호, 고사 및 짚림의 8개 지표로 건강상태를 분석하였다 (Shin *et al.*, 2014a).

서식 환경이 다른 사면 (2개소 10개체) 및 계곡부 (2개소 11개체)의 한란을 대상으로 단위 면적별 잎 무게 (Leaf Mass per Area, LMA), 엽록소 (Chlorophyll, chl) 함량을 측정 및 분석하였다. LMA는 각 채집 장소에서 양호한 상태의 잎을 무작위로 선택한 후 동일한 크기 (약  $0.186 \text{ mm}^2$ )로 잘라내었다. 이후 건조기에서  $70^{\circ}\text{C}$ 로 48시간 동안 건조시킨 후 마이크로 저울을 사용하여 측정하였다. LMA의 산출공식은 다음과 같다.

$$\text{LMA} = \text{건중량} / \text{엽면적}$$

한란의 엽록소 함량은 잎을 일정한 크기로 자른 후 엽록소 추출을 위해 80% 아세톤 용액 (8 mL)에 담근 후 차광된 상태로 7일 동안  $4^{\circ}\text{C}$  냉장 보관하였으며, 이후 흡광도를 측정하였다. 엽록소 (total chl 및 chl a : chl b)는 분광광도계 (SPECTRA max PLUS)를 사용하여 645 nm에서 663 nm의 파장을 추출하였다. 엽록소 함량은 Arnon (1949)을 따랐다.

$$\text{Chlorophyll a} = 12.7 A_{663} - 2.69 A_{645}$$

$$\text{Chlorophyll b} = 22.9 A_{645} - 4.68 A_{663}$$

$$\text{Total Chlorophyll (a + b)} = 20.29 A_{645} + 8.02 A_{663}$$

엽록소 함량 및 LMA의 분석을 수행하였고, 두 항목의

사면 및 계곡 서식지의 평균 비교는 Statistix 7 프로그램 (Analytical Software)을 사용하였다. 한란의 공간 분포특성은 6개 지역에서 한란이 풍부한 1개소를 선발하여 방형구를 설치한 후 한란의 공간 위치를 기록하였다.

### 5. 식생

한란 자생지의 수목 공간 분포와 임분 단면은 방형구를 설치 한 후 작성하였다. 방형구를 설치한 후 교목 종의 공간 분포를 비롯하여 흉고직경, 수고, 수관폭을 조사하였다. 방형구에서 조사된 자료를 토대로 각 조사 지역의 임분 구조와 종조성을 분석하였다. 이에 더하여, 한이 관찰된 지점의 전반적인 식생 특성은 식물사회학적 조사법 (Braun-Blanquet, 1964)을 적용하였으며, 각 지역별 구성 종의 상대 중요치 (%)를 구한 후 Non-metric Multidimensional Scaling (NMS) (Kruskal, 1964)을 적용하여 분석하였다. NMS 분석은 PC-ord 4.0 프로그램을 활용하였고, 거리 지수는 Soreson distance, 그리고 Autopilot mode를 적용하였다 (McCune and Mefford, 1999).

## 결 과

### 1. 한란의 분포 및 보전 지위 평가

제주도 전역에 대한 한란 자생지 조사 결과, 한란의 분포범위 (EOO) 및 점유면적 (AOO)은 각각 60.4 km<sup>2</sup> 및 24 km<sup>2</sup>로 분석되었다. 특히 EOO는 Lee (2004)의 문헌에 나타난 334.8 km<sup>2</sup>와 비교하여 80% 이상 감소한 것으로 분석되었다. 과거 제주시에서 관찰되었으나 (Lee, 2004), 본 연구 결과에서 한란은 서귀포시에서만 분포를 확인할 수 있었다.

따라서 IUCN (2012)에 따른 한란의 보전 지위 평가는 멸

종위기 등급 (Critically Endangered, CR)으로 분류되었다. 등급 분류의 세부 EOO의 < 100 km<sup>2</sup> 이하, 그리고 EOO의 급격한 하락과 성숙 개체가 관찰되지 않음으로써 CR 등급으로 판단하였다.

### 2. 한란 서식지 비생물 환경

제주도 한란 자생지는 해발 200 m~800 m 사이에서 확인되었으며, 완만한 사면의 선돌 지역 (500 m~800 m)을 제외한 모든 자생지가 계곡 인접 장소에서 관찰되었다 (Table 1). 암석노출도는 15%~50%로 조사되었으며, 계곡부의 신레천, 파라비오름, 색달천은 40% 이상의 급경사 입지였다. 낙엽층 깊이는 4 cm~18 cm 범위에 속하였고, 토양 나출도는 4%~18%로 나타났다.

### 3. 한란의 특성

제주도 전역에서 모두 96개의 한란 개체를 확인한 후 개체군 특성 조사를 실시하였다 (Table 2). 상호동 한란 보호구역을 제외하면, 선돌 지역에서 가장 많은 25개체가 확인되었으며, 파라비오름 19개체, 신레천 18개체, 제5산록교 13개체 및 색달천에서 가장 적은 3개체의 한란이 관찰되었다.

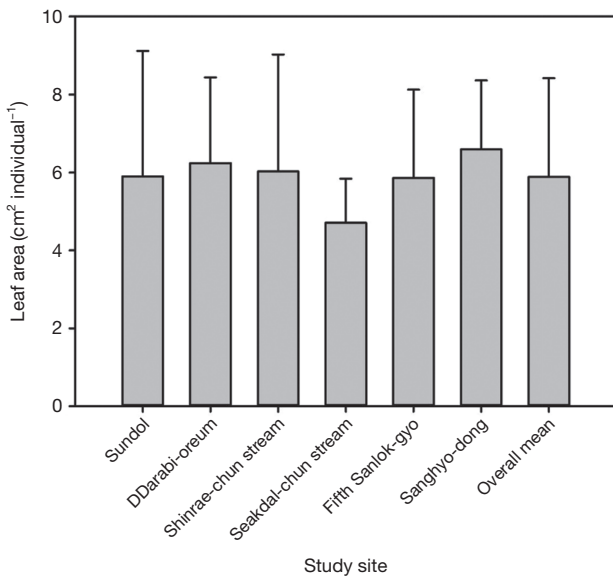
각 조사구 내의 평균 축수는 1.2개이며, 평균 엽수는 1.9장이었다. 평균 엽장은 10.7 cm, 포엽의 상태를 기준으로 판단한 신축 발생률은 32.5%이었으며, 선돌에서 56.0%로 가장 높았다. 잎마름, 반점, 뒤틀림, 절단 및 고사 등의 형질로 판단한 상태이상은 약 27%의 개체에서 발견되었으며, 선돌에서 약 71.4%로 가장 높았고, 색달천에서는 모든 개체가 양호한 것으로 나타났다. 대부분의 한란은 불리한 환경에서 스트레스로 인해 신축을 발생시키는 것으로 판단된다. 관찰된 대부분의 한란이 큰 뿌리에도 불구하고 크기가 작았다.

**Table 1.** Mean values for abiotic factors and topographical position of *C. kanran* habitat in Jeju Island.

Parameters	Study area (plots)						Mean
	Sundol (9)	DDarabi-oreum (4)	Sinrae-chun stream (4)	Saekdal-chun stream (3)	Fifth Sanlok-gyo bridge (1)	Sanghyo-dong (6)	
Alltitude	676	200	289	537	510	242	409.0
Slope direction (°)	135	127	154	165	160	68	134.8
Slope degree (°)	17	20	13	9	5	26	15.0
Rock exposure (%)	33	40	45	50	15	22	34.2
Litter layer depth (cm)	5	2	2	3	7	3	3.7
Bared soil (%)	4	18	9	10	5	10	9.3
Transmitted light (mol · m <sup>-2</sup> · d <sup>-1</sup> )	6.6	2.8	5.0	2.0	9.3	8.5	5.7
Canopy openness (%)	13.7	12.8	14.3	6.6	18.8	26.0	15.4
Topographical position	Middle slope	Valley	Valley	Valley	Middle slope	Valley	

**Table 2.** Population size and attributes of *C. kanran* in natural habitat in jeju Island.

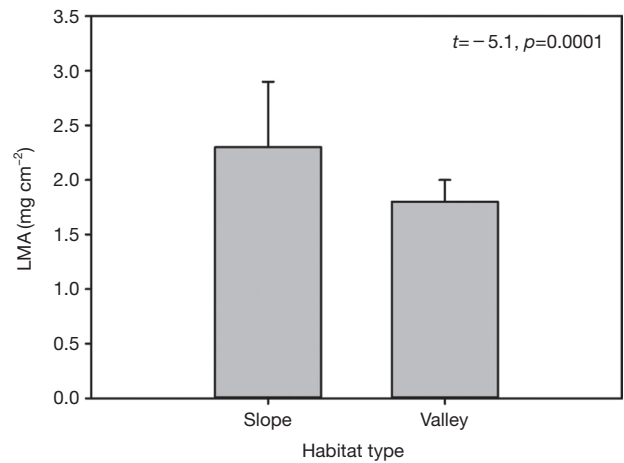
Study area	Number of individuals	Number of individuals ha <sup>-1</sup>	Number of pseudobulbs	Mean number of pseudobulbs bulbs ha <sup>-1</sup>	Mean number of leaves	Mean of leaf length (cm)	Shoot generation (%)	Number of individuals in disorder (%)
Sundol	25	2,500	32	1.3	2.5	10.7	56	71.4/28.6
DDarabi-oreum	19	844.4	21	1.1	2.6	11.4	36.8	19/81
Shirae-chun stream	18	800.0	19	1.1	1.5	11.0	22.2	11.1/88.9
Saekdal-chun stream	3	133.3	3	1	1.7	8.6	33.3	0/100
Fifth Sanrok-gyo bridge	13	577.8	17	1.3	1.6	10.7	7.7	29.4/70.6
Sanghyo-dong	18	800.0	46	1.6	1.7	12.0	38.9	31/69
Total	96	942.6	138	1.2	1.9	10.7	32.5	27/73



**Fig. 1.** Mean ( $\pm$  standard deviation) leaf area (cm<sup>2</sup>) of *C. kanran* for six studied semi-natural habitats in Jeju Island.

관찰된 전체 개체를 대상으로 평가한 한란의 건강성은 상태양호가 68%로 나타났고, 상태이상 항목 중에서는 끝마름 유형이 19.7%로 가장 높은 비율을 차지하였으며, 마름(9.1%), 튼틀림(3.0%)의 순으로 높게 나타났다. 완전마름, 반점 및 고사의 유형은 관찰되지 않았다.

조사된 한란의 엽면적은 평균  $5.9 \pm 2.5$  cm<sup>2</sup>로서 모두 소형(엽면적 50 cm<sup>2</sup> 이하, Shin *et al.* 2014a 참고) 등급만으로 구성되어 있었으며, 상호동(6.6  $\pm$  1.8 cm<sup>2</sup>)에서 가장 높았고, 임내 광량이 가장 낮은 색달천(4.7  $\pm$  1.1 cm<sup>2</sup>)이 가장 낮은 평균 엽면적을 보였다(Fig. 1). 상호동의 한란은 사면 및 계곡 서식지에서 모두 관찰되며, 엽면적은 두 서식처의



**Fig. 2.** Mean leaf mass per area (LMA) of leaves of *C. kanran* for two semi-natural habitat types in Jeju Island.

개체를 모두 포함한 평균 값으로 나타내었다.

한란의 LMA는 상대적으로 광량이 풍부한 사면(2.3  $\pm$  0.2 mg cm<sup>-2</sup>) 서식지에서 계곡(1.8  $\pm$  0.2 mg cm<sup>-2</sup>) 서식지보다 뚜렷하게 높았다( $p < 0.0001$ ) (Fig. 2). 반면, 한란의 총 엽록소 함량은 상대적으로 광량이 많은 사면(1.1  $\pm$  0.4 mg  $\cdot$  g<sup>-1</sup>  $\cdot$  dry wt) 서식지가 계곡(0.9  $\pm$  0.4 mg  $\cdot$  g<sup>-1</sup>  $\cdot$  dry wt)보다 높았다( $p = 0.2984$ ). 엽록소 a : b 비율은 엽록소 함량과는 반대로 계곡(2.4  $\pm$  0.2 mg  $\cdot$  g<sup>-1</sup>  $\cdot$  dry wt)이 사면(2.2  $\pm$  0.1 mg  $\cdot$  g<sup>-1</sup>  $\cdot$  dry wt)보다 뚜렷하게( $p = 0.0263$ ) 높게 나타나 상대적으로 밝은 사면 서식지 한란의 엽내 엽록소 b의 비율이 높은 것을 알 수 있다(Fig. 3).

각 지역의 조사구 내 한란은 모두 근경 확장에 의해 모여서 자라고 있었으며, 상록수 또는 활엽수와 같은 특정 식물과의 공간 상관성을 나타내지 않았다. 모든 관찰된 개

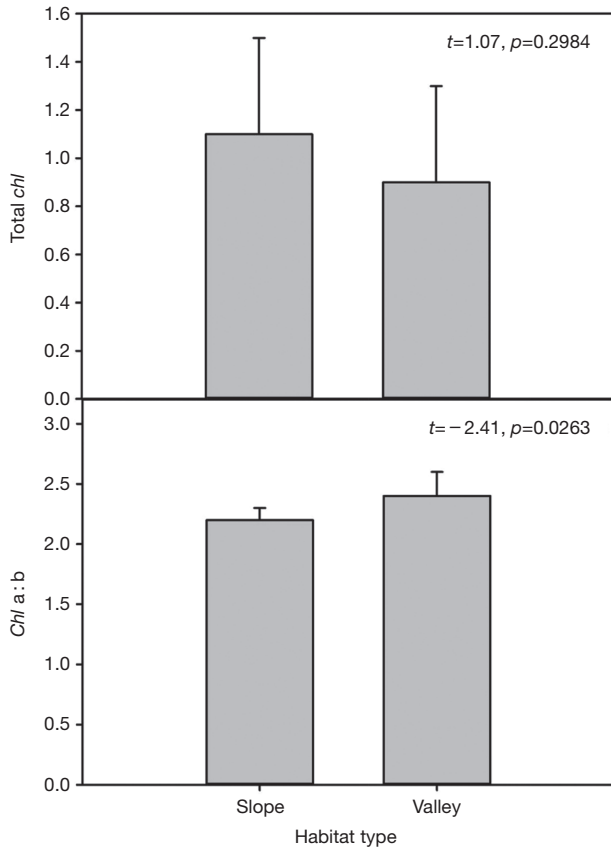


Fig. 3. Mean total chl (upper) and chl a : b ratios (lower) of leaves of *C. kanran* for two semi-natural habitat types in Jeju Island.

체에서 개화 및 결실 흔적은 찾아볼 수 없었다.

#### 4. 식생 구조 및 종조성

한란 분포가 확인된 6개 지역 중 비교적 한란이 풍부한 1개 장소에서 방형구를 설치하여 식생 구조와 종조성 (Table 3), 그리고 임분 단면을 분석하였다(Fig. 4). 방형구조사 자료에 기초하면, 가장 낮은 해발에 위치한 상호동의 한란 자생지는 가장 높은 줄기 흉고단면적( $73.9 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) 및 가장 낮은 줄기 밀도( $1,734.0 \text{ stems ha}^{-1}$ )를 나타내었다. 제5산록교에서는 가장 낮은 줄기 흉고단면적( $36.9 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) 높은 줄기 밀도( $3,466.0 \text{ stems ha}^{-1}$ )를 나타내었다. 가장 높은 해발의 선돌 자생지에서는  $54.8 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ 의 줄기 흉고단면적 및  $3,400.0 \text{ stems ha}^{-1}$ 의 줄기 밀도를 나타내었다.

조사된 식생 자료의 서열분석 결과, AXIS I, AXIS II 및 AXIS III의 설명률( $r^2$ )은 각각 36.5%, 11.9% 및 26.3%로 나타났으며, 설명률이 높은 AXIS I과 III로 서열분석 결과를 제시하였다(Fig. 5). 선돌 지역을 제외한 나머지 한란

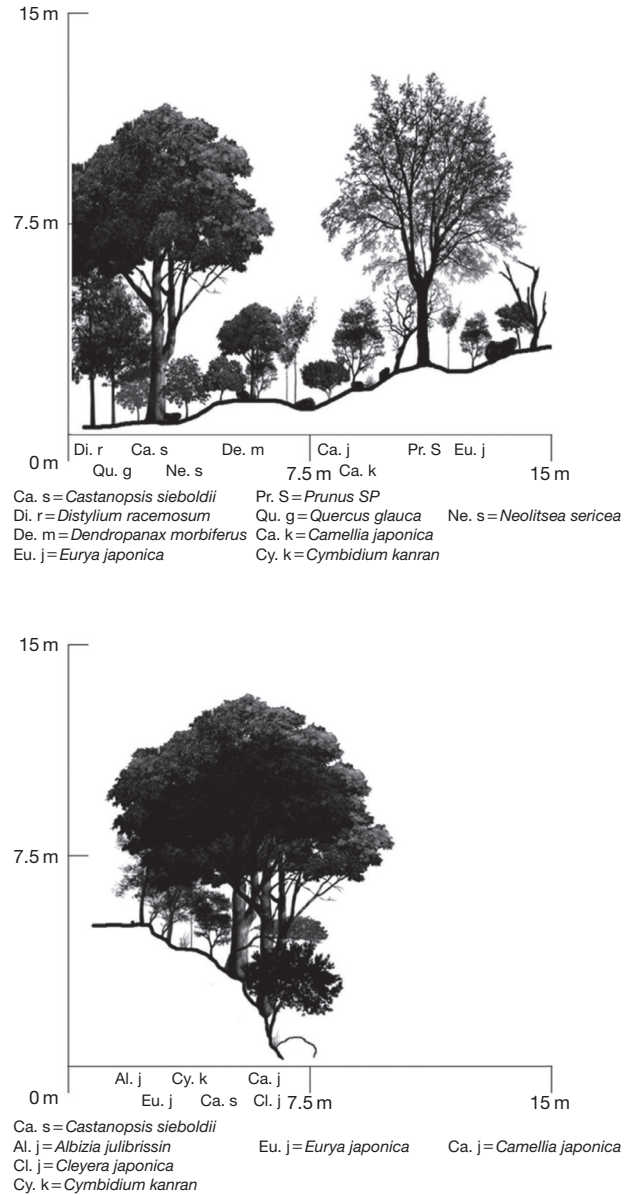


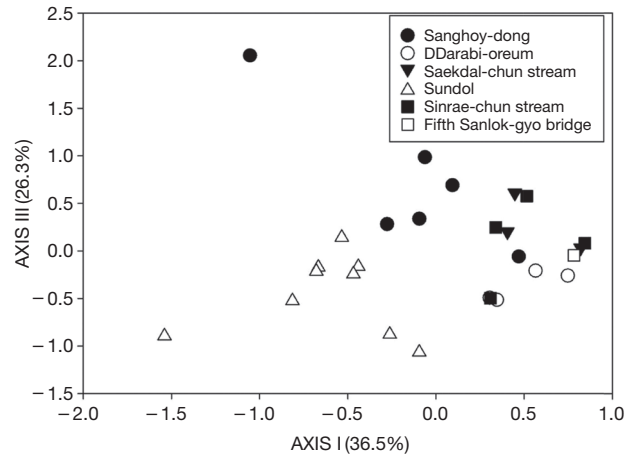
Fig. 4. Stand profile for two habitat types (slope type at Sundol and valley type at Ddarabi-oreum) of *C. kanran* in Jeju Island.

서식 지역의 식생은 상록활엽수림 지역의 이차림에서 조사되어 유사한 종조성을 나타내었으며, 상대적으로 고해발 지역으로 이동하면서 조사된 선돌 지역의 종조성이 나머지 저지대 조사 지역과 점진적으로 이질적인 종조성을 나타냈다. 서열 공간의 좌상단에 위치한 상호동 조사 지점은 묵발 내 해송 군반의 가장자리에 한란이 확인된 장소에서 조사되어 나머지 조사 지점들과 매우 이질적인 종조성을 나타내었다.

조사된 한란 서식지의 식생은 대부분 구실잣밤나무나

**Table 3.** Vegetation structure (Breast height area [BHA, m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>] and stem density [D, stems ha<sup>-1</sup>]) and composition in natural habitat of *C. kanran* in Jeju Island.

Species	Sundol		Shirae-chun stream		Saekdal-chun stream		Fifth Sanlok-gyo bridge		Sanghyo-dong	
	BHA	D	BHA	D	BHA	D	BHA	D	BHA	D
<i>Castanopsis sieboldii</i>	10.9	600	25.6	133	40.6	711	18.9	400	66.2	578
<i>Distylium racemosum</i>	3.0	100	12.0	1,422	3.7	756	8.8	1,156	3.0	178
<i>Quercus glauca</i>	0.7	300	22.7	311	2.7	178	0.5	178	0.3	44
<i>Eurya japonica</i>	14.4	800	0.1	44	0.6	89	3.4	622	0.2	133
<i>Camellia japonica</i>	16.5	800	0.4	178	0.6	133	1.1	444	0.4	178
<i>Cleyera japonica</i>	1.4	100	0.1	44	0.1	89	-	-	1.1	267
<i>Albizia julibrissin</i>	-	-	-	-	2.9	89	-	-	-	-
<i>Dendropanax moribiferus</i>	4.2	300	-	-	-	-	-	-	0.3	89
<i>Prunus spp.</i>	3.1	300	-	-	-	-	0.0	44	-	-
<i>Ilex integra</i>	-	-	0.1	44	-	-	-	-	-	-
<i>Carpinus tschonoskii</i>	-	-	-	-	-	-	2.3	311	-	-
<i>Q. acutta</i>	-	-	-	-	0.1	44	1.2	133	0.8	89
<i>Daphniphyllum macropodum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5	89
Others	0.6	100	0.7	44	0.5	133	0.7	178	0.1	89
Total	54.8	3,400.0	51.2	2,310.0	61.7	2,220.0	36.9	3,466.0	73.9	1,734.0



**Fig. 5.** Result of species composition analysis by NMS ordination for 27 semi-natural habitat in Jeju Island.

종가시나무와 같은 상록활엽수가 우점하는 지역으로서, 구성종 중 진달래류와 같은 관목성 수종이 거의 출현하지 않았다. 그리고 조사 장소 대부분 매우 높은 줄기 밀도를 나타내어 임분 발달 초기 상태 또는 상록활엽수림으로의 천이가 활발히 진행되는 상태인 것으로 나타났다.

## 논 의

### 1. 한란과 자생지의 이해

본 연구를 통하여 확인된 제주도의 한란 자생지는 대부분 상록활엽수림 지역의 이차림 내에 성립해 있었다. 천연기념물인 상호동 한란 보호구역은 돈내코 계곡을 따라 구실잣밤나무 및 소나무류가 우점하고 있다(Shin *et al.*, 2004b). 본 연구 결과에서 한란 자생지는 구실잣밤나무가 우점하는 지역 역시 존재하지만 해발 700 m 이상 고지대 자생지의 경우 졸참나무 및 서어나무류의 낙엽활엽수 세력이 우세한 곳과 낙엽활엽수 및 상록활엽수가 혼생하는 지역에 분포하고 있었다. 조사된 한란 서식지 인근에 소나무류 등의 천이 초기 종이 상존하는 것은 조사 지역 대부분이 1960~70년대 이후 발달한 식생이기 때문이다. 선돌 지역에서 연륜채취를 통한 소나무(지상 30 cm 지점에서 채취, 흉고직경 38 cm)의 연령은 38년으로 나타났으며, 이를 통하여 비교적 최근에 발달한 식생인 것으로 추정할 수 있었다. Lee (2004)의 연구에 따르면 한란은 제주도 지역 내 서귀포시와 일부 제주시에 자생하고 있는 것으로 확인되었으나 이번 연구에서는 제주시 지역에서 한란을 확인할 수 없었다.

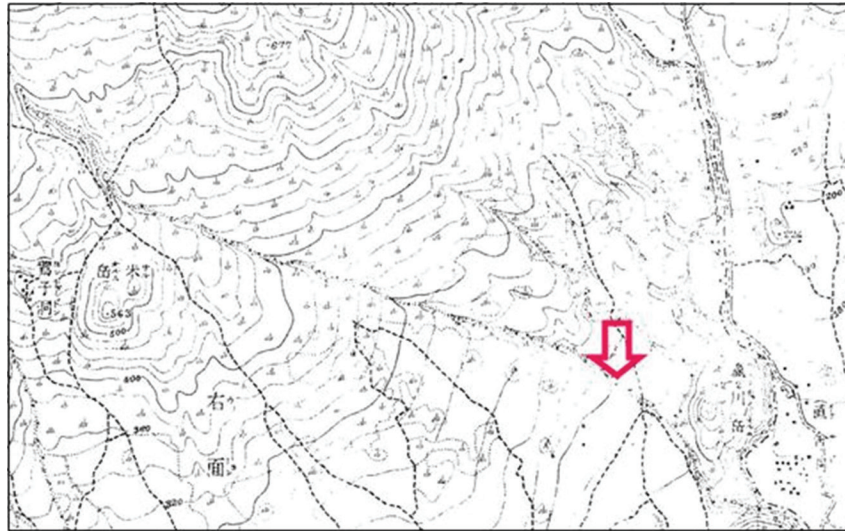


Fig. 6. Land use of Sanghyo-dong area in Jeju Island in 1918. ≡ Symbols on the map mean barren area. Most of upper area of the Seogwipo-si covered by barren area in 1918. Red arrow indicates protected area for *C. kanran* at Sanghyo-dong.

과거 제주도 그리고 특히 한란이 풍부하였던 서귀포 지역의 자연자원 이용과 식생 환경을 고려하면, 한란은 초지 또는 낮은 식생의 구성 요소로 존재하였을 것으로 판단된다. 확인된 한란 자생지의 공통 특징은 개화 개체가 관찰되지 않는 것, 그리고 천이 초기 환경을 선호하는 소나무류의 성숙 개체가 항상 인접한 장소에 존재하고 있는 것이다. 1918년 조선총독부에 의해 제작된 지도를 살펴보면, 서귀포 지역에는 숲이 존재하지 않고 대부분 황무지인 것(Fig. 6), 그리고 1960년대 상호동 지역에 한란이 풍부하였다는 주민들의 증언은 이러한 판단을 뒷받침한다. 현재 우리가 관찰할 수 있는 대부분의 한란이 숲의 하층식생 구성종으로 변화한 것은 1970년대 연료혁명 및 산림자원 이용 제한에 의해 급속히 진행된 천이에 의한 것으로 생각된다.

한란의 개화 및 결실이 관찰되지 않지만, 광량이 부족한 상록수림 내에서 지속적으로 잔존할 수 있는 것은 점진적인 잎 형태(leaf morphology) 및 생화학적 적응 기작에 의한 것으로 생각된다. 제주 지역의 토지이용 변화에 따른 점진적인 식생 성장은 잎의 수명이 1년 이상인 한란이 보다 어두운 환경에 적응하는 시간을 제공했을 것이다. 광환경 변화에 대한 식물의 적응은 다양한 양상을 나타낸다(Osborne *et al.*, 1994). 식물은 광량 변화 조건에 대한 다양한 형태의 광합성 순응(photosynthetic acclimation)을 나타내는데, 강한 광 환경에서 책상조직을 두텁게 생성하여 LMA를 조절하고(Gamon and Pearcy, 1989), 잎 내 엽록소 a:b 비율을 증가시킨다(Lambers *et al.*, 1998). 한란은 이것과 반대의 기작으로서 어두운 환경에서 잎을 보다 가볍게 하

고(Fig. 2), 잎 내 엽록소 a:b 비율을 뚜렷하게 낮게 조절하는 생리 적응을 나타내었다(Fig. 3). 어두운 환경에서 한란은 엽록소 a의 역할을 강화함으로써 효과적으로 잔존하고 있는 것으로 판단된다. 한편, 한란은 난균근균의 우점종인 *Tulasnella*속 등 몇몇 균류와 상호작용(Seogwipo-si, 2014) 역시 한란의 식생 변화에 대한 적응에 도움을 줄 것으로 생각된다. 한편, 상대적으로 밝은 낙엽활엽수림 지역과 어두운 상록활엽수림 모두 작은 크기의 한란만을 관찰할 수 있었는데(Fig. 1), 제주 지역에서 진행된 토지이용 변화 후 식생 발달은 한란의 성장에 부정적인 영향을 주고 있다는 것을 알 수 있다. 또는 불법적이고 지속적인 한란의 도체에 의해 작은 개체만이 관찰되고 있을 가능성도 배제할 수 없다.

## 2. 한란의 생태 진단에 기초한 복원

한란은 사면형 및 계곡형의 잔존 서식지 유형이 존재하는 것으로 나타났으며, 표현형 유연성(phenotypic plasticity)에 의해 다양한 광 환경에 잔존할 수 있는 종으로 분석되었다. 이러한 잔존 한란 개체들은 개화 및 결실이 없어 개체 및 개체군 사이에 유전자 교환이 거의 불가능하며, 불법 채취에 항상 노출되어 있다. 또한 불리한 환경에 대한 반응 기작으로 근경에 의한 확산만이 관찰되고 있다. 따라서 한란의 서식지 복원을 통한 종 보전 노력이 필요하다.

본 연구에서는 제주의 환경 변화에 대한 한란의 적응 생태에 대한 진단을 토대로 세 가지 유형의 복원 모델을 제



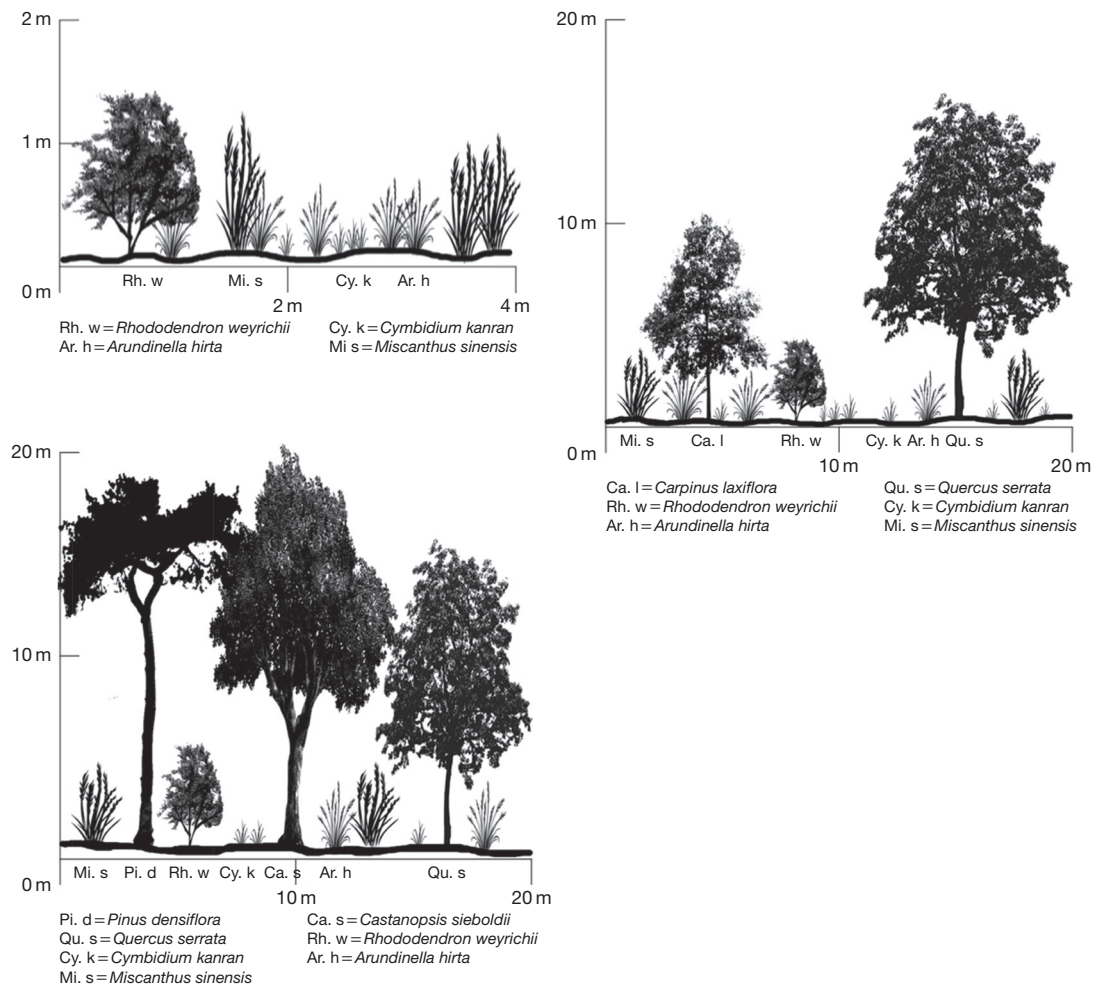


Fig. 7. Habitat restoration models for endangered *C. kanran* in Jeju Island based on ecological diagnosis. Upper left: Low vegetation habitat type, upper right: broadleaved forest habitat type and lower left: evergreen broadleaved forest type.

시하고자 한다(Fig. 7). 한란의 복원 모델은 첫째, 초지형 한란 복원 모델, 둘째, 낙엽활엽수형 한란 복원 모델, 셋째, 혼합림형 한란 복원 모델이다. 한란은 기본적으로 개방된 환경을 조성하는 것이 중요하며, 공생하는 진달래속 난균 균균을 고려하여 진달래과 식물의 도입을 고려하였다.

초지형 및 두 가지 산림형 한란 복원 모델에 있어서 목본 식물의 밀도는 전자에서는 현저히 낮게, 후자에서는 비교적 낮게 도입하는 것, 그리고 한란은 항상 균반을 형성하여 도입하는 것이 중요하다. 초지형 한란 복원 모델은 제주도의 휴경지 및 목장(폐목장) 지역에 성립된 초지 식생을 활용하여 조성할 수 있으며, 낮은 밀도의 관목종(참꽃나무)의 도입과 역새 및 새와 같은 대형 초본류는 한란에게 적합한 수준의 경쟁 스트레스를 줄 수 있고, 이와 반대로 강한 광에 의한 수분 스트레스를 감소시킬 수 있다. 한란 식재 시 균반(patch) 양식으로 식재를 해야 한다. 낙

엽활엽수형 한란 복원 모델은 상대적으로 높은 해발의 위치에 조성할 수 있으며, 매우 낮은 수목 밀도 및 제주의 초지 식생을 도입한 모델이다. 한란 식재 시 균반(patch) 양식으로 식재를 해야 한다. 혼합림형 한란 복원 모델은 상대적으로 낮은 해발의 위치에 조성할 수 있으며, 낮은 수목 밀도 및 제주의 초지 식생을 도입한 모델로 한란은 균반(patch) 양식으로 식재를 해야 한다.

제주 한란은 과거 존재했던 서식지 구조와 종조성을 나타내는 참조 생태계(reference ecosystem)에 대한 자료가 존재하지 않고, 또한 변화한 토지이용 양상에 의해 그러한 서식지 특성과 특정 개체군을 온전히 되돌리는 것은 불가능하다(Choi *et al.*, 2008). 우리나라는 1970년 대부터 확산된 자연보호운동과 산림보호에 의해 급속하게 숲이 재생되었다. 그 결과 농경 문화 및 산림이용 문화와 함께 진화해 온 경관 역시 빠른 속도로 변화하였다. 그리고 농경 문

화에 적응하며 변화해 온 한란의 풍부성과 지속성에 큰 영향을 미치게 되었다. 이러한 과거의 개방되고 낮은 식생을 유지할 수 있었던 기작을 되돌리기는 쉽지 않다. 따라서 제안된 서식지 조성과 한란의 재도입은 자기 유지성(self sustainability)이 낮으며, 지속적인 관리와 모니터링을 필요로 한다.

### 3. 한란의 보전

우리나라 멸종위기 식물의 서식지 보전 전략은 대부분의 데크 및 펜스와 같은 보호시설을 설치하는 방법을 우선적으로 선택하고 있다. 이러한 방법은 일차적으로 인간의 직접적인 훼손과 접근을 차단하거나 관리할 수 있는 장점을 갖고 있지만 유지관리에 상당한 비용이 소요되는 단점을 갖고 있다. 또한 종 및 식생 동태, 그리고 환경 인자의 동태에 대한 이해가 충분하지 않은 상태에서 진행되고 있다. 따라서 과학에 기초한 정책(Science-based policy)을 마련하고, 시민들과 함께할 수 있는 합리적인 보전관리 방법으로 천연기념물, 멸종위기의 희귀식물에 대한 인식 증진을 통하여 종의 지속성을 확보해야 한다.

한란은 최근 남부 도서 지역에서 발견되는 것으로 알려져 있으나 학계에 보고된 것은 제주도에에서만 분포하고 있는 것으로 확인되고 있다. 특히 토지이용 변화 및 불법 채취로 인하여 개체수가 급속히 감소하고 있다. 그리고 자생지 확보 활동의 미진함과 한란 종자 확보의 어려움으로 인해 종의 유전다양성에 대한 체계적인 연구가 매우 부족하다. 따라서 우리나라 한란과 자생지의 지속성을 확보하기 위해서는 자생지의 체계적 조사와 모니터링 실시를 통한 서식지 보전이 필요하다. 현재 한란은 종과 자생지(서귀포시 상호동 1616번지 일대)가 천연기념물로 지정되어 보호시설에 의해 엄격한 관리가 이루어지고 있으나, 보호시설 외 한란은 자생지 내에서 개체수가 극히 적고 광량이 부족한 상록활엽수림 내에서 자생지 환경이 악화되어 있을 뿐만 아니라 무분별한 남획과 불법채취 등에 노출되어 있다. 한란은 자생지에서 개체수가 많지 않아 체계적 조사와 개체군의 증감에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다. 국민에게 사라져 가는 희귀식물에 대한 경각심을 유도하고 서식지 복원을 통하여 자생지 환경의 급변에 대비할 수 있는 대체 서식지를 다양하게 조성하는 것이 필요하다.

## 적 요

한란은 불법 채취 및 서식 환경 변화에 의해 지속성 확

보가 위협받고 있음에도 불구하고, 종의 분포 변화, 개체군 및 자생 특성, 그리고 이에 따른 서식지 복원에 관한 연구가 부족하다. 본 연구에서는 2014년 제주도 일원의 한란 자생지 탐사를 통하여 확인된 27개의 한란 자생지를 대상으로 분포 면적의 변화, 개체군 및 자생 환경을 분석하였으며, 한란의 종 특성을 고려한 대체 서식지 조성 전략을 마련하였다. 조사된 한란은 제주도 해발 200 m~700 m 사이에 위치하였다. 2004년과 비교하여 한란의 분포 범위는 크게 감소(-82%)하였다. 한란은 사면형(예, 선돌지역) 및 계곡형(예, 따라비오름) 서식지, 그리고 졸참나무 및 개서어나무가 우점하는 낙엽활엽수림(선돌) 및 구실잣밤나무가 우점하는 상록활엽수림 모두에서 자라고 있어 특정한 서식 환경 선호성은 관찰되지 않았고, 공중습도가 높은 계곡부에서 보다 많이 관찰되었다. 조사된 총 96개체의 한란의 평균 밀도는 942.6 개체 ha<sup>-1</sup>로 조사되었고, 모두 소형(평균 잎 길이=10.7±1.1 cm 및 축 수=1.2±0.2) 개체였으며, 개화 및 결실 개체는 관찰되지 않았다. 연구 결과에 의하면, 제주 한란은 멸종위기(Critically Endangered, CR) 식물로 분류된다. 한란의 표현형 유연성(Phenotypic plasticity)은 한란이 그늘진 서식지 환경에서 지속할 수 있도록 도움을 준 것으로 판단되며, 최근의 닫힌 임과 및 낮은 광환경은 한란의 생활사에 부정적인 영향을 주고 있었다. 한란 서식지 복원은 초지 또는 낮은 관목수종의 개방된 환경을 조성하는 것이 중요하다.

## 사 사

본 천연기념물 한란의 보전과 서식지 복원에 관한 연구는 문화재청 및 서귀포시의 지원으로 이루어질 수 있었습니다. 관련 행정 및 연구비 지원에 깊게 감사드립니다.

## REFERENCES

- Aronson, J., C. Floret, E.L. Floch, C. Ovalle and P. Pontainer. 1993. Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. I. A review from the South. *Restoration Ecology* 1: 8-17.
- Berger, J.J. 1993. Ecological restoration and nonindigenous plant species: A review. *Restoration Ecology* 1: 74-82.
- Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Springer-Verlag, Wien and New York.
- Choi, Y.D. 2004. Theories for ecological restoration in changing environment: toward "futuristic" restoration. *Ecological*

- Research* **19**: 75-81.
- Choi, Y.D., V.M. Temperton, E.B. Allen, A.P. Grootjans, M. Halassy, R.J. Hobbs, M.A. Naeth and K. Torok. 2008. Ecological restoration for future sustainability in a changing environment. *Ecoscience* **15**: 53-64.
- Cribb, P. and S. Bell. 1999. CYMBIDIUM KANRAN. *Curtis's Botanical Magazine* **16**(2): 98-103.
- Daubenmire, R. 1968. Plant communities. Harper & Row, New York.
- Frazer, G.W., C.D. Canham and K.P. Lertzman. 1999. Gap light analyzer (GLA), version 2.0: imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation. Simon Fraser University, Burnaby, BC, and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook., NY.
- Gamon, J.A. and R.W. Pearcy. 1989. Leaf movement, stress avoidance and photosynthesis in *Vitis californica*. *Oecologia* **79**: 475-481.
- Hall, L.S., P.R. Krausman and M.L. Morrison. 1997. The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin* **25**: 173-182.
- IUCN. 2012. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition. Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- KNA (Korea National Arboretum). 2014. Conservation of Korean fir in a changing environment, p. 205-215. In: Forest of Korea (I) Conservation of Korean fir in a changing environment. Sumengil, Seoul, Korea.
- KNA (Korea National Arboretum). 2008. Rare Plants Data Book in Korea. Korea National Arboretum. Pocheon.
- Kruskal, J.B. 1964. Nonmetric multidimensional scaling: a numerical method. *Psychometrika* **29**: 115-129.
- Lambers, H., F.S. Chapin, III and R.L. Pons. 1998. Plant physiological ecology. Springer-Verlag, New York, New York, USA.
- Lee, C.S. and Y.H. You. 2001. Development and outlook of restoration ecology as an ecology for the future. *Journal of Ecology and Environment* **245**: 191-202. (in Korean and English abstract)
- Lee, J.S. 2004. Habitat characteristics and distribution of *Cymbidium kanran* native to Jeju, Korea. *Journal of Korean Environmental Restoration and Revegetation Technology* **7**: 40-49.
- McCune, B. and M.J. Mefford. 1999. PC-ORD. Version 4.0. Multivariate analysis of ecological data. MjM Software Design, Gleneden Beach, Ore.
- Miller, J.R. and R.J. Hobbs. 2007. Habitat restoration-Do we know what we're doing? *Restoration Ecology* **15**: 382-390.
- Morrison, M.L., B.G. Marcot and R.W. Mannan. 1998. Wildlife-habitat relationships. University of Wisconsin Press, Madison.
- National Institute of Biological Resources. 2012. Red Data Book of Endangered Vascular Plants in Korea. National Institute of Biological Resources.
- Osborne, B.A., G.T. Clabby, D. Horsley and P.F. Nolan. 1994. Is acclimation required for success in high light environment? A case study using *Mycelis muralis* (L.) Dumort (Asteraceae). *New Phytologist* **127**: 363-375.
- Seogwipo-si. 2014. The conservation of *Cymbidium kanran* Makino in Jeju-do. Sumengil, Seoul, Korea.
- SER (Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group). 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. Society for Ecological Restoration International, Tucson, Arizona. (www.ser.org)
- Shin, J.K., B.Y. Koo, H.G. Kim, H.J. Kwon, S.W. Son, J.S. Lee, J.H. Cho, K.H. Bae and Y.C. Cho. 2014a. Population structure and fine-scale habitat affinity of *Cymbidium kanran* protected area as a Natural Monument. *Korean Journal of Ecology and Environment* **47**: 71-81.
- 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. 2014b. Vegetation and environment of the Natural Monument (No. 432) Jeju Sanghyo-dong *Cymbidium kanran* habitat. *Journal of Korean Foerist Society* **103**: 1-18.
- Song, G.P. 2007. The flora and vegetation of evergreen broad-leaved forest zone on east-facing and west-facing slopes of Mt. Halla. Ph D Dissertation, Jeju National University. Jeju.
- Tsuji, K. and M. Kato. 2010. Odor-guided bee pollinators of two endangered winter/early spring blooming orchids, *Cymbidium kanran* and *Cymbidium goeringii*, in Japan. *Plant Species Biology* **25**: 249-253.