

천연기념물 한란 보호구역의 개체군 구조 및 미세 서식처 선호성

신재권 · 구분열 · 김한결 · 권혜진 · 손성원 · 이종석 · 조현재¹ · 배관호² · 조용찬*

국립수목원 산림자원보존과, ¹한국산림생태연구소

²국립경북대학교 생태환경시스템학부

Population Structure and Fine-scale Habitat Affinity of *Cymbidium kanran* Protected Area as a Natural Monument. Shin, Jae-Kwon, Bon-Youl Koo, Han-Gyeoul Kim, He-Jin Kwon, Sung-Won Son, Jong-Seok Lee, Hyun-Je Cho¹, Kwan-Ho Bae² and Young-Chan Cho*(Plant Conservation Division, Korea National Arboretum, Pocheon 487-829, Korea; ¹Korea Forest Ecosystem Institute, Deagu 702-894, Korea; ²School of Ecology & Environmental System, Kyungpook National University, Sangju 742-711, Korea)

Abstract There are no population ecological research on the natural monument (No. 191) Jeju *Cymbidium kanran* in South Korea. In this study, we analyzed the population structure and fine-scale habitat affinity of *C. kanran* in Sanghyo-dong, Jeju Island from Oct. 2013 to Feb. 2014. We observed total of 1,237 individuals (4,341 pseudobulbs) of *C. kanran* (989.6 population ha⁻¹) within (1.25 ha) and only 17 (1.4%) individuals were inflorescent. In 60.9% of the entire populations, disease symptoms such as spots and blight leaves were observed. *C. kanran* populaton exhibited reverse-J shaped size distribution based on leaf area classes as individual size parameter. The three size related attributes of *C. kanran* (no. of pseudobulb $r_s = -0.159$, no. of leaves $r_s = -0.148$ and leaf arera $r_s = -0.114$) and soil temperature revealed a negative relationship ($p < 0.0001$). Most of *C. kanran* (95.4%) were grown under *Castanopsis cuspidata* and spatially, *C. kanran* were strongly clumped at all distances. Population characteristics of *C. kanran* in the study area were likely originated from species habitat affinity and successional environment. Through this study, base line data for *C. kanran*'s habitat monitoring was established and conservation measures based on population characteristics were discussed.

Key words : *Cymbidium kanran*, endangered species, habitat affinity, natural monument, protected area

서 론

천연기념물 제191호 한란 (*C. kanran*) (Makino, 1902)은 제한적인 접근으로 인하여 서식 환경에 대한 연구가

매우 제한적이며 (Lee *et al.*, 1981; Lee, 2004), 특히 한란 개체군 구조와 특성에 대한 연구는 찾아보기 어렵다. 한란은 우리나라 제주도를 비롯하여 일본과 중국의 남부 지방 그리고 대만 등의 지역에 분포하는 상록성 초본이며, 상록활엽수림 및 낙엽활엽수림에 분포한다 (Cribb and Bell, 1999; Tsuji and Kato, 2010). 우리나라에서는 야생 조건에서 개화를 관찰하는 것은 거의 불가능하며, 제주특별자치도 서귀포시에 위치한 한란 보호구역 (천연기념물 제432호)에서 일부 개화가 관찰되고 있다.

Manuscript received 5 August 2014, revised 4 September 2014, revision accepted 5 September 2014
* Corresponding author: Tel: +82-31-540-1062, Fax: +82-31-540-1060, E-mail: bz0288@forest.go.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.

한란은 제주 한라산 남쪽 사면에 해당하는 서귀포시 일원의 해발 120~850 m 사이의 상록수림대 또는 상록수와 낙엽성 수목의 혼합림 지대에 분포한다. 그러나 주변 환경 변화 및 개발 그리고 남획으로 인하여 개체수가 지속적으로 감소하고 있다(Lee, 2004). 이러한 개체군 및 자생 환경 감소로 인하여 한란은 산림청 희귀식물(KNA, 2008) 및 환경부 적색자료집(NIBR, 2012)에 기재되었으며, 환경부 법적보호종 1급 및 CITES에 포함되어 있다.

한란은 자생지에서 개화 및 종자 성숙이 관찰되지 않으므로 서식지 내에서 매토종자 형성이 매우 제한적이다. 따라서 종자 발아에 의한 개체 정착 가능성은 낮아, 개체 속성에 의해 개체군 지속가능성이 낮은 것으로 판단된다. 그리고 한란은 불법 채취 가능성이 극도로 높으며, 주요 서식지인 제주도 저지대에 대한 개발압력 역시 높다.

한란은 종 자체 및 서식지가 천연기념물로 지정되어 있어 종 생태에 대한 연구 접근이 매우 어렵다. 그리고 해외의 한란 개체군 연구 역시 찾아보기 힘들며, 한란 매개충에 관한 연구가 보고된 바 있다(Tsuji and Kato, 2010). 한란은 제주도 서귀포시 지역에 넓게 자생하고 있으나 자생 환경과 개체군 생태에 대한 관찰과 보고는 행정 절차가 선행되어야 가능하다. 본 연구는 문화재청과 서귀포시의 협력에 의해 수행될 수 있었다.

본 연구에서는 제주시 상호동 한란 보호구역 내 한란 개체군을 대상으로 개체군 구조 및 미세서식환경을 분석하여 모니터링 기반을 마련하였다. 연구의 주요 목적은 1) 보호구역 내 한란 개체군 구조, 2) 식생, 자생지 광환경 및 토양환경에 대한 한란의 미세 서식처 선호성, 그리고 3) 한란의 공간 분포특성을 분석하여 4) 한란 개체군 보전 전략을 마련하는 데 있다.

재료 및 방법

1. 연구 지역

제주도 서귀포시 상호동 한란 보호구역을 대상으로 2013년 10월부터 2014년 2월까지 현장 실험을 실시하였다. 조사 시기는 한란의 개화기에 해당한다. 상호동 한란 보호구역은 약 40 ha의 크기이며, 한란은 보호구역 내 일부 구역에 집중적으로 자라고 있다. 한란이 집중적으로 생육하고 있는 공간은 펜스를 통하여 6개 구역으로 세분되어 있으며, 일부 구역은 기증된 한란을 식재한

공간이다.

서귀포지역의 1961년부터 2013년의 평균기온 및 평균연강수량은 각각 16.3°C 및 1,844 mm로서 제주도 평균(15.1°C 및 1,438.4 mm)보다 높은 다우지역이며, 난온대림(warm temperate forest)에 속한다. 최근 서귀포 지역에서 평균기온, 온난야율(Warm nights), 열대야일수(tropical nights) 등의 증가가 뚜렷하게 나타나고 있으며, 최저기온의 변화가 최고기온의 변화보다 뚜렷하게 나타나고 있다(Kim *et al.*, 2010).

상호동 한란 보호구역은 구실잣밤나무림과 곰솔림, 그리고 초지로 이루어져 있으며, 돈내코 계곡을 따라 형성된 좁은 띠 모양이다. 한란은 주로 구실잣밤나무림과 곰솔림에 걸쳐 자라고 있다. 지역주민에 따르면, 과거 한란 보호구역 부근은 주로 소나무류로 이루어진 연로림으로 이용되었고, 소나무 아래에서 주로 한란이 관찰되었으며, 야생 개화는 거의 관찰할 수 없었다고 한다.

2. 비생물 요인

제주 상호동 한란자생지의 미세 미생물 환경을 분석하기 위하여 2013년 11월부터 2014년 2월까지 한란자생지의 임내 광량($\text{mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$), 수관열림도(%), 토양 습도(%) 및 온도(°C)를 측정하였다. 광량 및 수관열림도는 한란자생지 45개 지점에서 어안렌즈 이미지(Canon 5D-Mark III, Sigma 8 mm 1:3.5)를 수집한 후, Gap Light Analyzer 2.0 프로그램의 standard overcast sky model을 이용하여 분석하였다(Frazer *et al.*, 1999). 어안렌즈 촬영은 영상의 상단이 북쪽이 되도록 고정하여 촬영하였으며, 영상분석시 좌표와 해발은 중간값을 사용하였다. 식물의 생장기간 설정은, 낙엽활엽수 아래 영상은 4월 1일부터 10월 30일까지, 상록활엽수 아래 영상은 1월 1일부터 12월 31일까지 설정하였다. 토양 온도 및 습도는 1구역부터 7구역까지 계곡부, 중심부, 임연부 3지점에서 약 10 m 간격으로 토양수분계(AQUATERR EC-300)을 이용하여 120개 지점에서 측정하였다. 측정은 프로브(probe)를 증류수로 보정 후 토양속에 15~20 cm 삽입 후 측정하였으며, 측정센서가 안정화 될 때까지 2분 대기한 후 값을 기록하였다. 각 비생물 환경인자의 측정 지점을 이용하여 Arcgis 10.1의 IDW(Inverse Distance Weighted) 보간법을 적용한 후, 환경 인자 별 spatial distribution map을 작성하였다. 작성된 보호구역 내 환경인자 값을 각 한란 개체의 비생물 환경 값으로 설정하여 한란 개체 특성과의 상관성을 분석하였다.

3. 개체군 구조

한란 개체군 구조를 분석하기 위해 개체 수, 개화 개체 수, 위인경(pseudobulb) 수, 잎 길이(cm) 및 엽면적(cm^2), 그리고 잎 피해 유무를 측정 및 관찰하였다. 그리고 모든 한란 개체의 individual distribution map을 작성하였다. 잎 길이는 개체를 구성하는 각 위인경에서 가장 긴 잎을 대상으로 측정하였으며, 잎 넓이는 50개체를 대상으로 측정한 후, 평균값을 취하였다. 앞의 두 값을 토대로 각 개체의 엽면적(cm^2)을 구하였다.

엽면적 산출 공식은 아래와 같다.

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

여기에서, α =장축 반지름, β =단축 반지름, 그리고 π =3.14이다.

측정된 한란 개체 속성을 바탕으로 개체군 구조를 분석하였다. 기본적으로 한란의 위인경 수 및 잎 수, 그리고 엽면적과 같은 크기와 관련된 항목들은 개체의 연령 및 성숙을 직접적으로 의미하지 않기 때문에 개체군 연령 구조 분석에 한계가 존재한다. 따라서 본 연구에서는 한란 개체 크기를 잘 나타낼 수 있는 엽면적을 대표값으로 삼았으며, 측정된 전체 값의 범위를 5 등분하여 개체 크기 (소형, 0~50 cm^2 ; 준중형, 51~100 cm^2 ; 중형,

101~200 cm^2 ; 준대형, 201~300 cm^2 ; 대형, 301 cm^2 이상) 분포를 분석하였다. 한란의 상태이상(건강, 전체 잎마름, 부분 잎마름, 반점, 뒤틀림, 절단, 고사 등의 7개 형질을 이용하여 분석하였다.

4. 미세 서식처 선호성 및 공간 분포 양상

한란의 미세 서식처 선호성은 비생물 환경 및 한란의 상관관계, 그리고 교목 선호성에 대하여 평가하였다. 측정된 한란 속성과 비생물환경 요인과의 상관관계는 Spearman Rank Sum Coefficient (r_s)를 통하여 분석하였다.

한란 보호구역의 주요 구성 식생인 상록활엽수림인 구실잣밤나무림과 하록활엽수와 상록침엽수가 혼합된 곱솔-상수리나무림의 두 가지 서식지 유형에 대한 한란의 선호성을 분석하였다. 먼저, 보호구역 내 구실잣밤나무의 수관 연결선 및 줄기 연결선의 두 선을 설정한 후, 두 유형의 연결선 좌우에 분포하는 한란의 수를 분석하였다. 그리고 각 연결선으로부터 일정 거리 간격으로 분포하는 한란 개체수를 또한 측정하였다(Fig. 1).

한란 식재 구역을 제외한 나머지 한란 개체들을 대상으로 공간분포 양상(집중, 무작위 및 규칙 분포)을 분석하였다. 공간분포 양상은 일반적으로 단변량 및 이변량

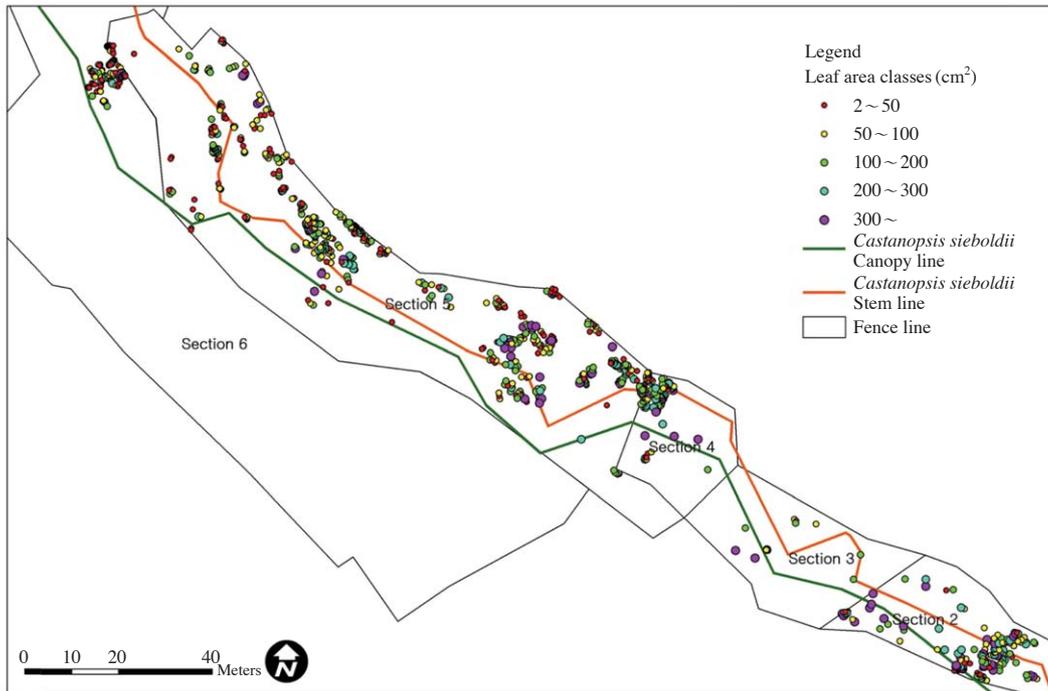


Fig. 1. Part of spatial distribution of *C. kanran* based on leaf area classes and linked line of stem (red) and canopy (green) of *Castanopsis sieboldii* as broad-leaved evergreen tree species in protected area.

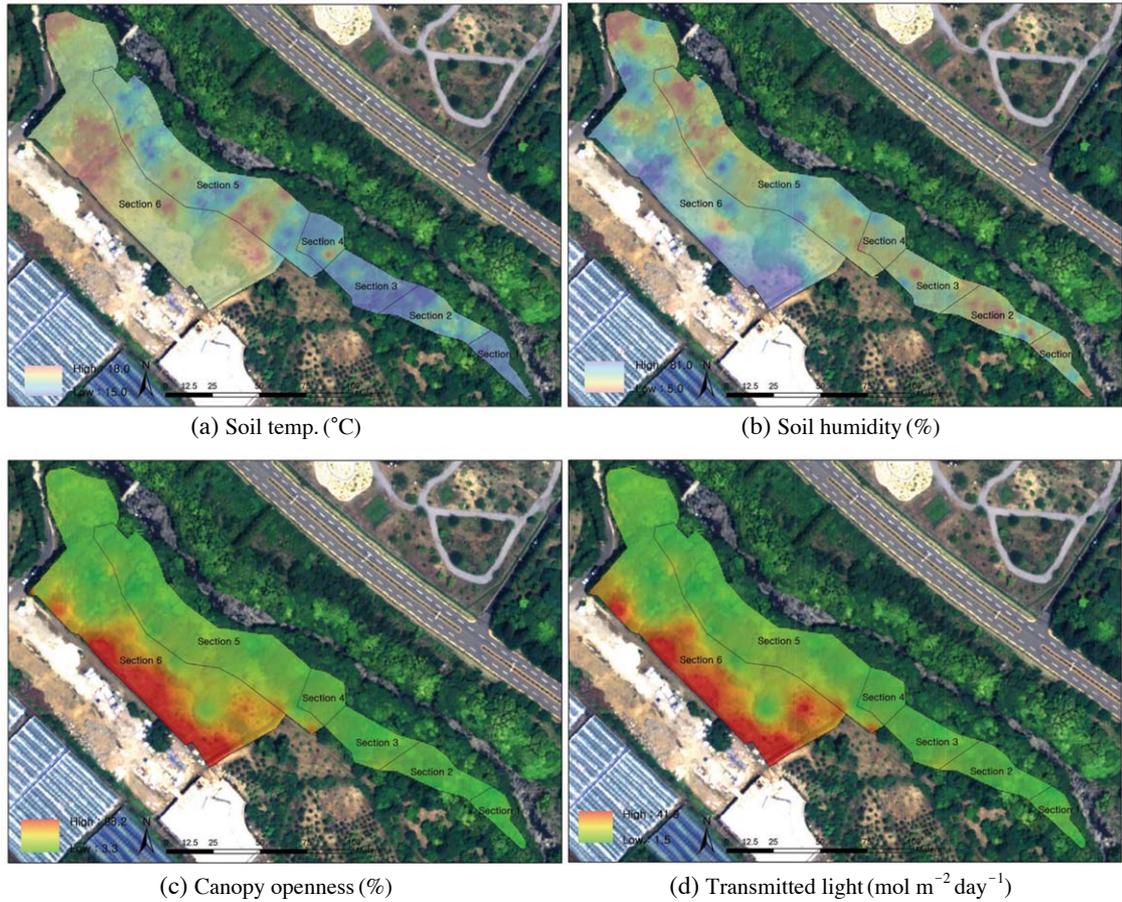


Fig. 2. Spatial distribution of abiotic factors (soil temperature and humidity and light availability and canopy openness) in *C. kanran* habitat by IDW (Inverse Distance Weighted) interpolation method.

점 양상분석에 사용되는 Ripley's K function (Ripley, 1976; Haase, 1995; Dale, 1999)을 이용하였다. 분석은 한란 개체군의 분포 양상을 위한 단변량 분석, 그리고 한란 주요 수종(구실잣밤나무 및 한란)과의 분포 양상을 위한 이변량 분석을 수행하였다.

기초 통계분석은 SPSS 11.0, 거리에 따른 한란의 분포는 Arcgis 10.1의 buffer 기능, 그리고 공간분포 양상은 SPPA 2.0 (Haase, 2001)을 사용하여 분석하였다.

결 과

1. 비생물 환경

한란 보호구역의 토양 온도는 평균 16.5°C, 토양습도는 평균 37.3%이었고, 수관열림도 평균은 15.5%, 그리고 임내 광량은 광량은 평균 8.5 mol m⁻² day⁻¹로 분석되었으며, 공간분포 양상을 다시 분석하였다(Fig. 2).

2. 한란 개체군 구조

돈내코 한란 보호구역에서 모두 1,237개체 (989.6개체 ha⁻¹)의 한란이 확인되었으며, 5구역 806개체, 2구역 152개체, 6구역 115개체, 4구역 98개체, 1구역 45개체, 그리고 3구역 21개체의 순으로 관찰되었다(Table 1 and Fig. 3). 조사 기간 중 확인된 개화 개체는 17개체이다.

각 한란 개체의 평균 위인경(pseudobulb) 수는 3.5개, 평균 엽 수는 2.6장, 그리고 평균 엽장은 28.7 cm로 나타났다. 포엽의 상태를 기준으로 판단하여 새로운 위인경 발생율은 평균 6.7%이었으며, 5구역에서 16.9%로 가장 높았다. 잎마름, 반점, 뒤틀림, 절단 및 고사 등의 형질로 판단한 상태이상 유무는 약 70%의 개체에서 발견되었으며, 6구역에서 70.8%로 가장 높았고, 1구역에서 47.4%로 가장 낮았다. 한란 상태이상 항목 중 끝마름이 30% 이상으로 가장 높은 비율을 차지하였으며, 마름, 반점, 그리고 뒤틀림 등의 순으로 높았다(Fig. 4).

측정된 한란의 전체 엽면적 범위를 대형 준대형 중형

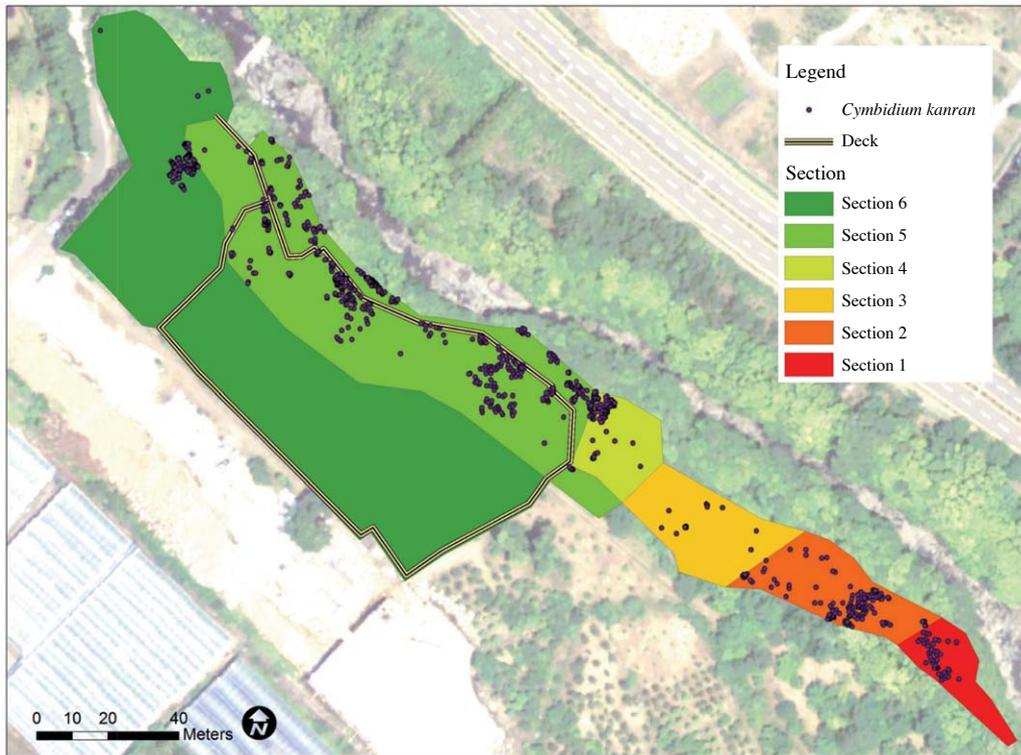


Fig. 3. Spatial distribution of *C. kanran* in Sanghyo-dong habitat.

Table 1. Analysis of Population size and attribute of *C. kanran*.

Section	Number of individuals (/ha)	Number of flowering	Number of pseudobulbs	Mean number of pseudobulbs per individual	Mean number of leaves	Mean of leaf length (cm)	Shoot generation (%)	Number of individuals in *disorder (%)
1	45 (1,125)	—	114	2.5	2.8	26.8	8.8	47.4 (52.6)
2	152 (2,171.4)	—	826	5.4	2.8	30.9	7.7	56.7 (43.3)
3	21 (233.3)	—	82	3.9	2.6	33.5	3.7	64.6 (35.4)
4	98 (1,960)	1	404	4.1	2.7	31.7	1.7	59.5 (40.5)
5	806 (2,302)	16	2,572	3.2	2.5	30.9	16.9	66.6 (33.4)
6	115 (176.9)	—	343	3.0	2.5	18.6	1.5	70.8 (26.2)
Total	1,237 (989.6)	17	4,341	3.5	2.6	28.7	6.7	60.9 (38.6)

*Disorder (all-blight, blight, tail-bright, spot, leaf distortions, good, cutted)

준중형 소형의 5개 구간으로 구분한 후, 크기 분포를 분석하였다(Fig. 5). 전체적으로 소형 개체 (30%)가 가장 많고, 준중형 (28%), 중형 (24%), 준대형 (9%) 및 대형

(9%)의 순으로 많았다. 1구역, 5구역 및 6구역의 경우 전체적인 크기 분포 양상(역-J형)과 동일하게 나타났으며, 3구역 및 4구역에서는 중형 개체가 가장 많이 구성

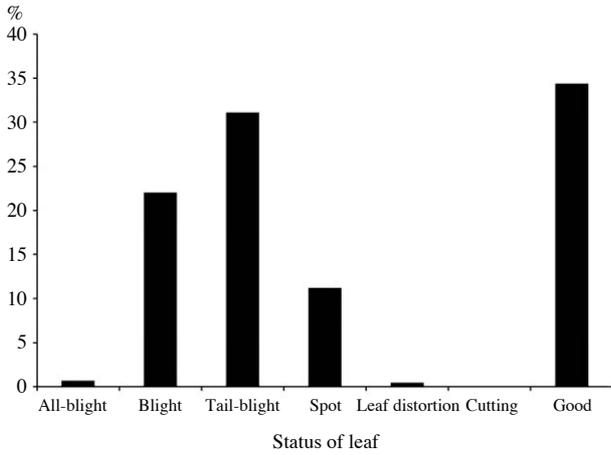


Fig. 4. Composition of the health status of *C. kanran* based on seven parameters.

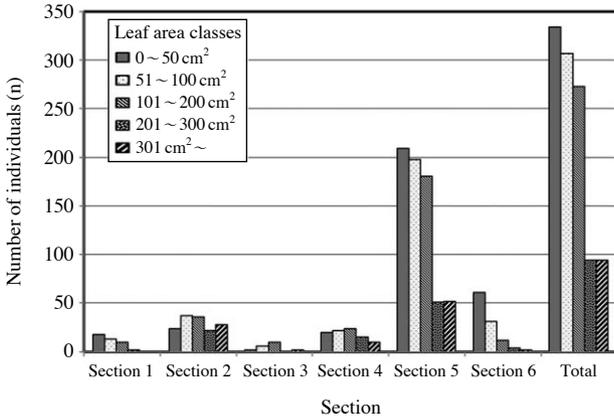


Fig. 5. Leaf area classes distribution of *C. kanran* in protected area.

하여 단봉형 분포를 보였다.

3. 미세 서식처 선호성

한란 자생지 환경 인자(광량, 수관열림도, 토양 온도 및 습도) 및 한란 개체 속성(원인경 수, 잎 수 및 엽면적) 사이의 상관관계를 분석하였다(Table 2). 토양온도는 한란 개체 속성(위인경 수 $r_s = -0.159$, 잎 수 $r_s = -0.148$, 그리고 엽면적 $r_s = -0.114$)과 약한 음의 상관을 나타내었고, 광량 및 수관열림도와 역시 약한 음의 상관을 나타내어(r_s 는 -0.088 에서 -0.014 범위) 큰 한란 개체들은 비교적 토양온도가 낮은 곳에 분포하는 특성을 보였다.

구실잣밤나무 수관 및 줄기 연결선에 대한 한란의 공

Table 2. Results of correlation analyses (Spearman's correlation coefficient) between *C. kanran*'s individual size and environment parameters.

	Number of pseudobulbs	Number of leaves	Leaf area
Transmitted light	-0.088**	-0.066*	-0.031
Canopy openness	-0.075*	-0.074*	-0.014
Soil humidity	0.031	0.040	0.042
Soil temperature	-0.159**	-0.148**	-0.114**

*= $p < 0.05$, **= $p < 0.0001$

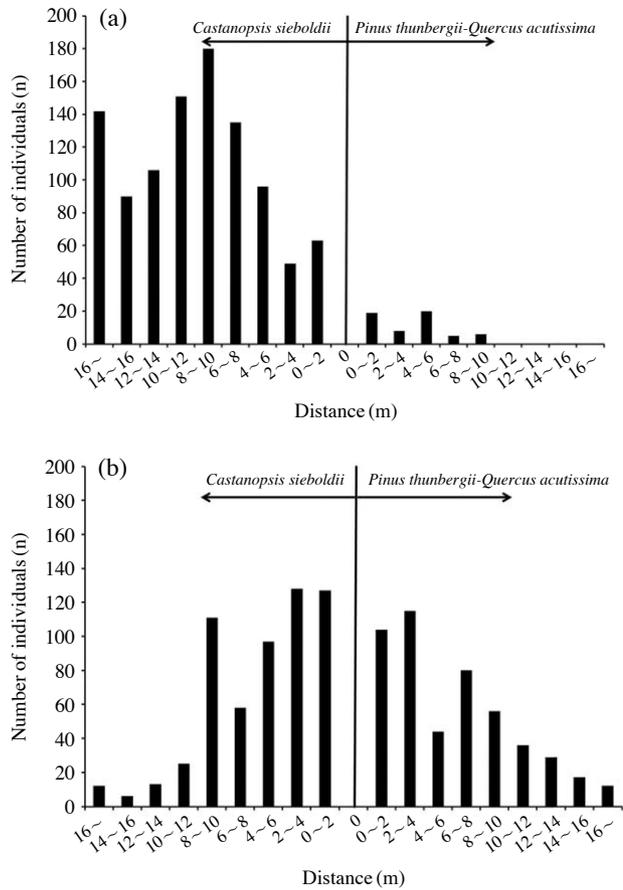


Fig. 6. Distribution pattern of *C. kanran* following distance from canopy line (a) and stem line (b) of *C. sieboldii* as broad-leaved evergreen tree species in protected area.

간 선호성을 분석한 결과, 구실잣밤나무의 줄기 경계를 기준으로, 한란은 돈대코 계곡에 접한 구실잣밤나무림 영역에 60.3%, 그리고 곰솔림 영역에 39.7%가 분포하여 약 2배 차이를 나타내었다. 그리고 구실잣밤나무 수관 경계를 중심으로, 구실잣밤나무림 수관 아래에 대부분(95.4%) 분포하고 있었다.

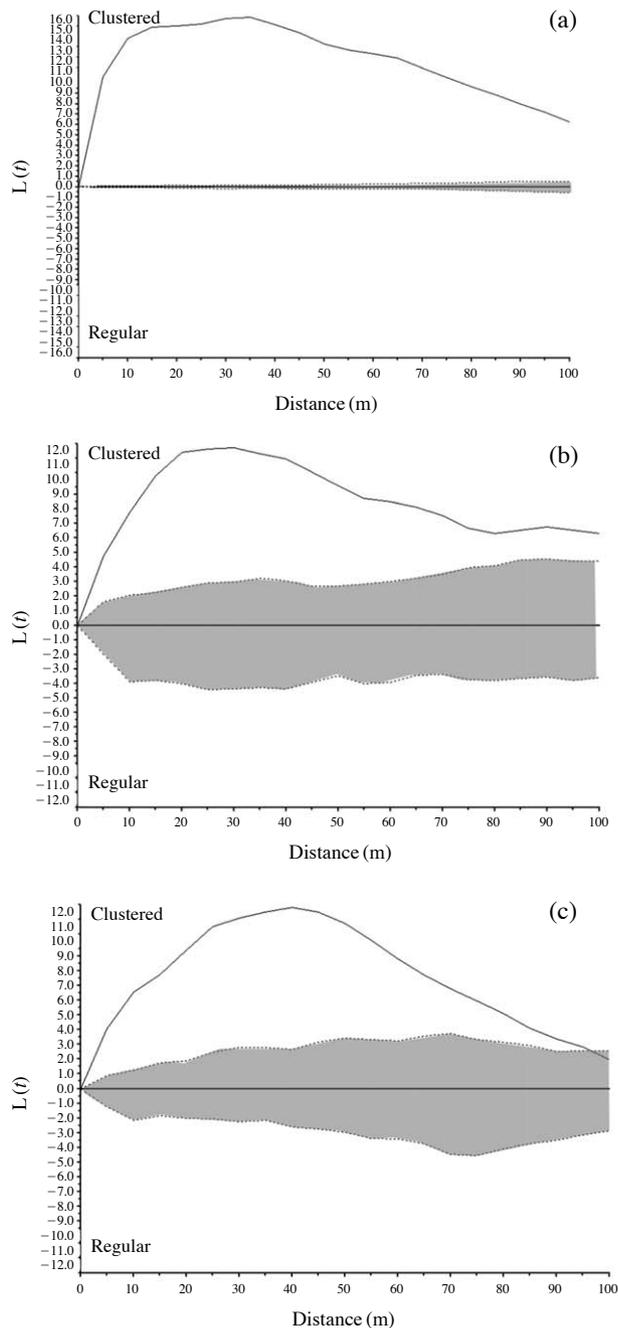


Fig. 7. Univariate spatial distribution for *C. kanran* (a) and bivariate spatial associations between *C. kanran* and *P. thunbergii* (b) and *C. sieboldii* (c) and confidence envelopes. Values of $L(t)$ outside the confidence envelope indicate significant departures from random: aggregation if above and repulsion if below the envelope.

구실잣밤나무 수관 연결선 (canopy line) 으로부터의 거리 별 한란 분포는 대부분의 개체가 상록활엽수인 구실잣밤나무 아래 위치한다는 것을 잘 나타내었다. 또한

구실잣밤나무 줄기 연결선 (stem line)의 경우, 거리 증가에 따른 한란 분포는 양방향 모두 거리가 증가함에 따라 개체수가 감소하는 양상을 보였다 (Fig. 6).

4. 한란의 공간 분포 특성

조사구역 내에서, 식재된 1구역을 제외한 나머지 한란 (일변량), 그리고 한란과 곶솔 및 구실잣밤나무 (이변량)를 대상으로 공간분포 특성을 분석하였다 (Fig. 7). 조사구역의 한란은 모든 거리 척도에서 강하게 모여서 자라는 특성을 나타내었다 (Fig. 7a). 한란은 곶솔 및 구실잣밤나무 모두 강한 공간 상관성을 나타내었다 (Fig. 7a, 7b).

고 찰

1. 한란 개체군과 환경

돈내코 계곡에 인접한 상호동 한란 자생지에서 모두 1,237개체 (989.6개체 ha^{-1})의 한란을 관찰하였다. 1구역의 식재한 45개체를 제외하면 1,192개체가 자연집단을 이루고 있다. 상호동 한란 개체군은 오랜 기간의 보호 관리로 인하여 높은 개체 밀도를 나타낸 것으로 판단되는데, 제주도의 다른 자생지에는 상호동과 같은 많은 수의 개체가 집단을 이루는 것을 관찰하지 못하였다. 따라서 제주도 내 한란 자생지 및 개체군에 대한 조사를 통하여 상호동 개체군의 밀도 수준에 대한 평가가 추가적으로 필요하다.

여름철 기상조건은 한란의 화아 발달 및 생장에 장애 요인으로 작용을 한다 (Lee *et al.*, 1981). 2013년 서귀포시의 여름 7월, 8월 및 9월의 일평균온도를 살펴본 결과 평균온도 $30^{\circ}C$ 이상의 일 수는 92일 동안 5일 있었으며, 측정최고온도 $30^{\circ}C$ 이상의 일 수는 59일이었다 (KMA, 2013). 그리고 자생지 내 미세기후 측정장치 (HOBO)를 이용한 측정기간 동안의 최저 일평균 습도는 55.6%로서 70% 이하로 떨어진 날은 62일 동안 14일로서 겨울철에도 비교적 높은 수준이었다. 한란 자생지의 공중습도는 서귀포시 보다 약 15% 높으므로 자생지의 여름철 공중습도가 70% 이하로 빈번히 떨어지는 않았을 것으로 판단된다.

조사된 한란 개체 중 60.9%에서 반점 및 잎마름 등의 엽교병이 관찰되었다. 과거 상호동 지역의 한란 조사 기록에서는 나타나지 않는데, 인접한 난 증식원 등에서 전파되어 온 병으로 생각된다. 그리고 연약 조직에 발생

하는 연부병은 어린 잎의 기부에서 주로 관찰되었는데, 이 병은 지방 역시 가해할 수 있는 병으로 알려져 있다. 주변 환경을 고려하여 적극적인 방제 방안을 마련할 필요가 있다.

또한 한란의 개화개체를 보면 2012년 100여 개체가 넘는 한란이 개화한 것과 비교하여, 2013년 개화 개체는 17개체 (1.4%)를 확인할 수 있었다 (Seogwipo-si, 2014). 한란의 매우 낮은 개화율은 해충 (난꽃대굴파리 [가칭]) 활동, 화아 분화에 영향을 미치는 여름철 고온, 그리고 이전 해 (2012년) 집단 개화로 인한 양분소모 등을 생각할 수 있다.

2012년은 난꽃대굴파리(가칭)의 한란 가해를 억제하기 위해 여름에 개체 보호망을 설치 한 후 많은 개체가 개화에 성공하였다. 2013년은 이러한 개체 보호활동이 적극적으로 이루어지지 않았다. 현재 확인된 난꽃대굴파리(가칭)는 한란의 꽃대 뿐만 아니라 지방에도 가해를 하는 것이 관찰되었고, 보춘화와 금난초 등 상호동 한란 자생지 내에 자라고 있는 모든 난초과 식물을 기주로 생활사를 유지하는 것이 확인되었다 (Seogwipo-si, 2014). 8월말, 일찍 성숙한 한란의 꽃대에서도 난꽃대굴파리(가칭) 성충의 우화공이 관측되므로, 이 시기 이전부터 한란에 대한 가해가 시작되는 것으로 생각된다.

측정된 한란의 전체 엽면적 범위 (소형, 준중형, 중형, 준대형 및 대형)를 토대로 크기 분포를 분석한 결과, 전체적으로 역-J자 형태를 나타내어, 지속적으로 작은 개체들이 이입하고 있는 것으로 분석되었다. 이것은 밀도가 낮은 소나무 연료림에서 자연림으로 천이가 진행되는 과정에서 자생지 환경 변화에 한란이 반응하고 있기 때문이다.

2. 미세 서식 환경과 한란

한란 자생지 내 일부 공간(5구역 및 6구역)에서 작은 개체 (소형 및 준중형)의 비율이 월등히 높은 것으로 관찰되었고, 특히 115개체가 확인된 6구역의 경우 좁은 면적 (113개체 100 m^{-2}) 내에 매우 많은 개체가 출현하고 있다. 이러한 개체들은 대부분 한란 뿌리를 통해 활발히 확산되고 있는 것을 알 수 있었다 (Fig. 3). 6구역의 한란 집중 분포구역은 상록수 식재 구역으로서 비교적 광량이 충분하지 않고 지온 역시 낮은 특징을 보이는데, 이러한 불리한 미세 서식지 조건은 한란이 유성번식에 집중하도록 유도한 것으로 판단된다. 5구역은 6구역과 다른 서식 환경이지만, 역시 구실잣밤나무가 많은 계곡 인접 장소를 중심으로 작은 개체가 많이 관찰되었다. 반면

곰솔 및 상수리나무와 같은 상록활엽수의 비율이 낮은 구역 (2, 3 및 4구역)의 경우 중형 개체들의 비율이 가장 높고 어린 개체들의 비율이 낮은 것은 이러한 판단을 뒷받침하고 있다 (Fig. 5).

전체적으로 한란의 크기와 토양온도 사이에는 약하지만 유의한 음의 상관을 나타내었는데, 앞서 논의한 개체 크기와 미세 서식처 특성을 일부분 나타내고 있는 것으로 생각된다. 한편, 앞서 조사방법에서 언급한 바와 같이, 개체의 크기가 연령을 대표하지 않는 것을 고려해야 한다.

인공 식재된 1구역을 제외한 2~6구역의 한란 일변량 공간분포 특성을 보면, 출현한 한란은 모든 거리척도에서 집중분포를 하고 있었다. 연구 결과에 제시하지 않았으나, 각 구역 별 한란의 공간 분포 특성 역시 모든 거리 척도 구간에서 집중분포 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 상호동 자생지의 한란이 대부분 뿌리줄기에 의해 확산하는 경향이 반영되었기 때문으로 판단된다. 그리고 비교적 길고 좁은 띠 모양의 자생지 역시 이러한 결과에 영향을 주었을 것으로 생각된다.

현재 한란 보호구역이 상록활엽수림으로 천이가 진행 중인 것을 고려하면, 이에 따른 다양한 환경 변화가 한란 개체군 급격한 변화를 유발하지는 않은 것으로 판단된다. 조사지역 내 한란이 대부분 구실잣밤나무 그늘 아래 분포하고 있는 것은 한란의 환경 적응성과 난근균과 같은 공생 생물과의 관계가 지속적으로 유지되고 있음을 의미한다. 과거 조사 지역이 밀도가 낮은 소나무 연료림과 경작지로 이용되어 밝은 환경이었음을 고려하면, 한란은 상록활엽수림 또는 하록활엽수림 모두에 생육하는 식물로서 뚜렷한 서식처 특수성을 갖지는 않은 것으로 판단된다 (Cribb and Bell, 1999; Tsuji and Kato, 2010).

한란과 공생관계를 형성하고 있는 외생균근균 유형은 소나무와 같은 침엽수 뿌리에 주로 공생하는 균근균으로서, 현재 자생지가 과거 소나무림 (곰솔 또는 소나무)이었음을 고려하면, 공생균근은 한란 자생지 지속성에 큰 역할을 하였을 것으로 판단된다 (Seogwipo-si, 2014). 그리고 현재 상호동 자생지에 상록침엽수 (곰솔 및 소나무)의 존재는 한란 공생 균근균의 다양성 및 활성을 확보하는데 도움을 줄 것으로 생각된다. 한란과 곰솔 및 구실잣밤나무와의 강한 공간 상관성은 이러한 판단을 뒷받침한다.

3. 연구의 함의

상호동 자생지의 한란 개체군 특성을 종합하면, 자생

지 내 상록수 밀도가 높은 구역에 영양번식에 의한 어린개체들이 많이 관찰되고 있으며, 개화 및 결실 개체의 빈도가 매우 낮은 것으로 나타났다. 어린개체의 풍부성은 변화한 서식지 조건과 유리한 조건의 장소로 이동하려는 대응전략에 의한 것으로 판단되는데, 자생지 보전 전략에서는 이러한 현재 개체군 특성을 고려해야 한다.

본 연구를 토대로 천연기념물 상호동 한란 개체군에 대한 모니터링 기반을 마련하였다. 현 연구 수준에서는 한란 개체군 및 관련 인자들의 동태를 언급할 수 없다. 따라서 지속적인 관찰을 통하여 자생지 및 한란 개체군의 변동 상황을 엄밀히 관찰할 필요가 있다. 엄밀한 한란 개체군 및 자생지 관리 방향의 제시는 개체군 및 자생지 동태에 기초하여 논의하는 것이 올바른 태도일 것이다.

보호구역 내의 한정된 장소에 사유지나 목장, 골프장, 집단시설지구, 산림개발지역 등에 자생하는 한란들을 인식하여 제주한란의 종 보전에 기여하고 개화시기에 다양성을 관찰할 수 있는 별도의 구역을 6구역 및 펜스 미설치 공간에 조성할 필요가 있다.

보호구역 외 한란 자생지에 대한 조사와 활력증진 활동이 필요하다. 현재 상호동 이외에 많은 한란 자생지가 존재하고 있지만(한라산연구소 의견), 상호동 한란 자생지에서만 관리가 이루어지고 있으며 기타 자생지에서는 관리가 되고 있지 않다. 그러므로 상호동 이외의 한란 자생지에 대한 식생 및 환경 기초 자료를 확보하며, 이후 개화와 같은 활력 증진을 가져올 수 있도록 인접 상층목 제거 등의 실험을 수행할 필요가 있다. 이러한 한란 자생지 보전 활동을 통하여 상호동 자생지의 환경 급변에 대비할 수 있는 위성 자생지를 확보하여야 할 것이다.

적 요

멸종위기종이며 식물지리학적으로 중요 종임에도 불구하고, 천연기념물 제191호 한란의 개체군 생태에 관한 연구는 우리나라에서 수행된 바 없다. 본 연구는 2013년 10월부터 2014년 2월까지 제주특별자치도 서귀포시 상호동 돈내코 계곡과 접한 한란 자생지의 환경 개체군 구조 및 미세 석시처 선호성을 분석하였다. 조사 지역(1.25 ha)에서 총 1,237 (989.6개체 ha^{-1})개체의 한란을 관찰하였으며, 위인경 (pseudobulb)은 모두 4,341개, 그리고 17개체 (1.4%)에서 개화를 확인하였다. 전체 개체 중 60.9%에서 잎마름 및 반점 등의 병징이 관찰

되었다. 엽면적의 경우 전체적으로 소형 개체가 가장 많고, 준중형, 중형, 준대형 및 대형의 순으로 많은 역-J자 형태로 나타났다. 한란의 크기(위인경 수 $r_s = -0.159$, 잎 수 $r_s = -0.148$, 그리고 엽면적 $r_s = -0.114$)는 토양은도와 약하지만 유의한 ($p < 0.0001$) 음의상관을 나타내었다. 한란은 거의 모든 개체 (95.4%)가 구실잣밤나무 아래에서 자라고 있었으며, 공간적으로 모여서 자라는 특성을 나타내었다. 연구 지역에 나타난 한란 개체군 특성은 종의 서식처 선호성과 자생지의 천이 진행에 의한 것으로 생각된다. 본 연구를 통하여 한란 자생지 모니터링 기반을 마련하였으며, 개체군 특성에 기초한 보전 방안을 논의 하였다.

사 사

본 연구는 제주특별자치도 서귀포시 ‘천연기념물 제주한란의 보전’ 연구개발사업의 지원으로 수행되었습니다. 천연기념물 한란 보호구역에 대한 연구의 시작 그리고 출입과 야외 실험에 편의를 제공해 주신 서귀포시청 윤봉택님과 김영관님께 감사 드립니다.

REFERENCES

- Cribb, P. and S. Bell. 1999. CYMBIDIUM KANRAN. Curtis's Botanical Magazine **16**(2): 98-103.
- Dale, M.R.T. 1999. Spatial pattern analysis in plant ecology. Cambridge University Press., Cambridge.
- 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.
- Haase, P. 1995. Spatial pattern analysis in ecology based on Ripley's K-function: Introduction and methods of edge correction. *Journal of Vegetation Science* **6**: 572-582.
- Haase, P. 2001. Can isotropy vs anisotropy in the spatial association of plant species reveal physical vs abiotic facilitation?. *Journal of Vegetation Science* **12**: 127-136.
- Kim, Y.J., C.Y. Park and Y.E. Choi. 2010. Characteristics and change of extreme climate events occurrence in Jeju-do Island. Conference proceeding of The Korean Association of Regional Geographers. **2010**: 213-219.
- KMA (Korea Meteorological Administration). 2013. <http://www.kma.go.kr>.

- KNA (Korea National Arboretum). 2008. Rare Plants Data Book in Korea. Korea National Arboretum. Pocheon.
- Lee, J.S. 2004. Habitat characteristics and distribution of *Cymbidium kanran* native to Jejudo, Korea. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology* **7**(1): 40-49.
- Lee, J.S., Y.J. Kim and B.H. Kwack. 1981. Studies on ecology of Korean native wild orchids - I. Observation of natural growth conditions in *Cymbidium kanran* and *Cymbidium lancifolium* Habitats. *Journal of Korean Society for Horticulture Science* **22**(1): 44-50.
- Makino, T. 1902. *Cymbidium kanran* Makino. *Botanical Magazine Tokyo* **16**: 10.
- NIBR (National Institute of Biological Resources). 2012. Red Data Book of Endangered Vascular Plants in Korea, NIBR.
- Ripley, B.D. 1976. The second-order analysis of stationary processes. *Journal of Applied Probability* **13**: 255-266.
- Seogwipo-si. 2014. The Conservation of *Cymbidium kanran* Makino in Jeju-do. Seogwipo-si. pp. 139.
- 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.