

한라산 고유 한라송이풀의 분류학적 위치

조원범 · 최병희*

인하대학교 자연과학대학 생명과학과

Taxonomic position of *Pedicularis hallaisanensis* Hurusawa, an endemic plant of Mt. Halla

Won-Bum Cho and Byoung-Hee Choi*

Department of Biological Sciences, Inha University, Incheon 402-751, Korea

(Received 31 May 2011 : Accepted 11 June 2011)

적 요: 제주도 한라산에 자라는 한라송이풀은 고유종 *Pedicularis hallaisanensis* Hurusawa로 인식되고 있다. 한편 이 식물은 근연종인 *P. amoena*, 구름송이풀 또는 이삭송이풀과 형태적으로 유사하여 분류학적 처리가 혼동되어왔다. 본 연구는 이 식물의 분류학적 위치를 파악하기 위하여 한라송이풀과 근연종을 대상으로 외부형태 및 핵 리보솜 DNA 염기서열을 조사하였다. 한라산의 이 식물은 꽃받침 열편, 화관 상순과 하순의 길이 비, 식물체의 선모 밀도, 개화기 근생엽의 유무 및 염기서열 자료에서 *P. amoena* 및 구름송이풀과는 뚜렷한 차이를 보였다. 하지만 한라송이풀은 외부형태 및 ITS 염기서열에서 동북아에 분포하는 이삭송이풀과 뚜렷이 구별되지 않았다. 본 연구의 형태 및 분자생물학적 자료는 한라송이풀이 이삭송이풀로 통합되는 것을 지지하였다.

주요어: 분류학적 위치, 이삭송이풀, 외부형태형질, 한라산, 한라송이풀, 핵 리보솜 ITS 염기서열

ABSTRACT: *Pedicularis* growing at Mt. Halla of Jeju Island is known as an endemic species of *P. hallaisanensis* Hurusawa. On the other hand, the plant is morphologically similar to *P. amoena*, *P. spicata*, and *P. verticillata* in gross morphology, so the taxonomic treatment of the taxon remains controversial. To clarify the taxonomic position of the plants, we examined external morphological characters and nuclear ribosomal DNA ITS sequences for *P. hallaisanensis* and its related species. The plants of Mt. Halla are clearly different from *P. amoena* and *P. verticillata* in the morphology of calyx lobes, the length of galea and lower lip, density of glandular hairs on plants, presences of the radical leaves after anthesis and molecular data. However, *P. hallaisanensis* is not clearly separated from *P. spicata* distributed in N. E. Asia on external morphological characters and DNA sequences of internal transcribed spacers. In this study, the morphological and molecular data suggested that *P. hallaisanensis* should be merged into the former species.

Keywords: Internal transcribed spacer sequences of nuclear ribosomal DNA, morphological characters, Mt. Halla, *Pedicularis hallaisanensis*, *Pedicularis spicata*, taxonomic position

서 론

현삼과(Scrophulariaceae)에 속하는 송이풀속(*Pedicularis* L.)은 세계적으로 600여종이 북반구의 극지 지역이나 온대 고산지역에 분포하는 반기생성 식물이다(Yang et al., 1998). 송이풀속의 ser. *Verticillatae*는 줄기에 3-4장씩 잎이 윤생하는 것이 특징인데, 이 열(series)에 속하는 종들 간에 형태적

차이가 뚜렷하지 않아 분류학적 한계를 짓는데 어려움이 있다. 이 열에는 37종이 속해 있는데, 주로 북반구의 고산 지역 및 극지에 분포하고 있으며, 중국 30종, 일본 3종, 한국 3종 등 동아시아에 집중 분포하고 있다(Yamazaki, 1993; Yang et al., 1998). 한반도에는 구름송이풀, 이삭송이풀, 한라송이풀이 이 열에 속한다(Li, 1948; Tsoong, 1954). 구름송이풀(*P. verticillata* L.)은 우리나라 북부지역(백두산, 부전고원) 및 일본, 중국, 대만, 러시아, 몽골, 유럽, 북아메리카 등 이 열 종들 중에서 가장 넓은 분포역을 가진다. 이삭송이풀(*P.*

*Author for correspondence: bhchoi@inha.ac.kr

spicata Pallas)은 구름송이풀과 유사한 분포역을 가지지만 동북아시아에 국한되어 나타나며 주로 구름송이풀보다 낮은 고도에서 자란다(이삭송이풀 : 1500–2600 m, 구름송이풀 : 2100–3350 m). 한라송이풀(*P. hallaisanensis* Hurusawa)은 한라산 특산식물로 현재 백록담 주변 및 영실기암에 소수의 개체만 남아있는 멸종위기식물이다.

한라송이풀은 학자에 따라 서로 다른 종으로 취급되어 왔다. Nakai(1911)는 1905년 S. Ichikawa에 의해 제주도 한라산에서 채집된 식물이 수상화서의 길이가 짧고 포가 3갈래로 갈라진다는 특징으로 *P. spicata* Pallas와는 다르다는 점을 들어 *P. amoena* Adams ex Steven으로 보고하였다. Hurusawa(1947)는 *P. amoena*는 포가 3갈래로 갈라지지 않는 것으로 한라산에서 채집된 것을 신종 *P. hallaisanensis* Hurusawa로 기재하였다. 한편 Tsoong(1954)은 서식지와 줄기 잎의 밀생정도, 화판 하순의 형태 등이 *P. spicata*와는 다르다는 점을 들어 이 식물을 *P. taquetii* Tsoong으로 신종 기재하였다. 또한 Lee(1996)는 본종을 줄기에 털이 많은 구름송이풀의 변종으로 보고 *P. verticillata* var. *hallaisanensis* (Hurusawa) Y. Lee로 취급하였다(Table 1).

본 연구는 한반도에 분포하는 한라송이풀과 근연종들을 대상으로 기존 분류형질들을 검토하고 DNA염기서열을 토대로 근연종과의 유연관계를 파악하여 한라송이풀의 분류학적 위치를 밝히고자 한다.

재료 및 방법

1. 재료수집

외부형태 관찰을 위해 2008년 8월부터 2010년 9월 사이에

남한의 1500m이상 산에서 ser. *Verticillatae*에 속하는 식물들을 조사하였다. 채집된 표본들은 인하대학교 생명과학과 식물표본실(IUI)에 보관하였다. 그밖에 *P. verticillata*, *P. spicata*, *P. amoena*는 中國科學院(PE), 일본 교토대학(KYO), 국립수목원(KH), 강원대(KWNU), 서울대 자연과학대학(SNU), 국립생물자원관(NIBR)등 국내외 식물표본관에 보관된 표본을 관찰·조사하였다.

DNA 분석을 위해 설악산, 가야산, 방태산, 한라산과 중국 陝西省 太白山(Mt. Taibai)등에서 잎을 채집하였다(Table 2). 채집된 잎은 silica gel에 넣어 건조 시킨 후 -70°C freezer에서 보관하였다.

2. 형태변이관찰

외부 형태학적 형질은 개화기나 결실기의 생식기관이 있는 생체 및 석엽표본을 사용하여 관찰하거나 측정하였다. 원기재문과 기존 문헌들에서 다루어진 분류형질들을 주로 검토하였다. 본 연구에서는 한라송이풀, 이삭송이풀, 구름송이풀, *P. amoena* 4종의 화판 상순과 하순의 길이, 포의 형태, 선모의 유무, 꽃받침의 열편, 화서의 길이, 수술대의 선모, 하순 열편의 형태 등을 주로 조사하였다.

3. DNA추출 및 염기서열 분석

DNA는 silica gel에 건조된 잎으로부터 CTAB method(Doyle and Doyle, 1987)의 변형된 방법을 사용하거나, G-spin™ Genomic DNA extraction kit(Intron Biotechnology)를 사용하여 추출되었다. PCR은 전체 반응 액을 50 µl로 하여 5–10 ng total genomic DNA, 10X reaction buffer, dNTP mix (2.5 mM), primer (10 pmole/µl), SP-Taq polymerase(2.5 U/µl)

Table 1. Historical change of scientific name, related species and its diagnostic characters for *P. hallaisanensis*.

	Nakai (1911)	Hurusawa (1947)	Tsoong (1954)	Lee (1996)
Scientific name	<i>P. amoena</i>	<i>P. hallaisanensis</i>	<i>P. taquetii</i>	<i>P. verticillata</i> var. <i>hallaisanensis</i>
Related species	<i>P. spicata</i>	<i>P. amoena</i>	<i>P. spicata</i>	<i>P. verticillata</i>
Diagnostic characters	length of spica & form of bract	form of bract	corolla lip & habit	hairs on stem

Table 2. Collection site, voucher, and GenBank accession numbers of *Pedicularis hallaisanensis* and related taxa investigated in this study. Voucher specimens except GenBank data were deposited at the herbarium of the Inha University (IUI). An asterisk(*) indicates data from the GenBank.

Species	Collection site	Voucher specimen	GenBank Accession
Ser. <i>Verticillatae</i>			
<i>P. spicata</i>	Mt. Seorak, Gangwon-do, Korea	Cho.98401 & 98402	
	Mt. Bangtae, Gangwon-do, Korea	Cho.98411 & 98412	
	Mt. Gaya, Gyeongsangnam-do, Korea	Cho.80937 & 80938	
	Mt. Taibai, Shanxi, China	Cho.108001 & 108002	
	Mentougao, W. Beijing, China	YANG0401	AY881148 ^{*)}
<i>P. hallaisanensis</i>	Mt. Halla, Jeju-do, Korea	Cho.98454 & 98456	
<i>P. verticillata</i>	Garze, Sichuan, China	YANG0121	AY155291 ^{*)}
Ser. <i>Microchillae</i>			
<i>P. metaszetschuanica</i>	Sichuan, China	DEB 27898	AY949665 ^{*)}
<i>P. microchila</i>	Xiaojin, N. Sichuan, China	YANG2121	AY155286 ^{*)}

를 사용하여 수행하였다. PCR반응은 속내 및 종내 분류군들의 계통분석에 자주 이용되는 핵DNA의 ITS1, 5.8S, ITS2 부위를 ITS5, ITS4 프라이머(White et al., 1990)로 증폭하였다. 반응은 94°C에서 5분간 initial denaturation 시킨 후, 94°C에서 1분(denaturation), 52°C에서 1분(annealing), 72°C에서 2분(polymerization)을 35회 반복하고, 최종적으로 72°C에서 7분(extension) 동안 반응 시켰다. 증폭된 PCR product는 purification한 후 ABI PRISM(model 3700, version 3.6.1) Automatic Sequencer에 의해 염기서열이 결정되었다.

얻어진 DNA 염기서열들은 Clustal X program(Thompson et al., 1994)을 이용하여 정렬하였으며 최종적으로 수작업을 통해 수정하였다. 분류군들 간의 유전적 차이를 알기위해 Mega 4.1(Tamura, 2007)을 사용하여 sequence divergence와 G+C%를 구하였다. 한라송이풀과 근연종들의 유연관계를 확인하기 위해 ser. *Verticillatae* 종들을 대상으로 핵DNA에 의한 계통도가 maximum parsimony방법에 의해 얻어졌다. Maximum parsimony(MP)는 PAUP version 4.0b10(Swofford, 2002)을 이용하였다. Heuristic search는 1000번 반복의 random stepwise addition method, TBR, branch-swapping algorithm 조건에서 수행하였고, gap은 missing data로 처리하였다. 구해진 tree의 bootstrap값은 1000번 반복으로 얻었다. Outgroup은 송이풀속의 계통과 진화에 관한 선행연구(Ree, 2005; Yang et al., 2003)에서 ser. *Verticillatae*의 자매군으로 밝혀진 ser. *Microchilae*에 속하는 *P. metaszetschuanica* P. C. Tsoong과 *P. microchila* Franchet ex Maximowicz가 분석에 사용되었다.

결 과

1. 한라송이풀과 근연종들의 형태적 차이점

1) 줄기의 선모

구름송이풀은 주로 줄기의 능각을 따라 선모가 밀생한다. 한라송이풀은 줄기전체에 선모가 밀생하고 구름송이풀에 비해 선모의 밀도가 높다(Fig. 1H). 이삭송이풀의 경우 선모의 분포는 지역적 또는 개체들 간에도 차이가 나타났다. 예로 가야산의 개체(Fig. 1I)에서는 선모의 수가 적고 줄기의 능각을 따라 짧은 선모가 있지만 설악산과 방태산의 것은 줄기 전체에 밀생하였다.

2) 화서의 길이

관찰된 화서의 길이는 한라송이풀(2-4.5 cm)이 이삭송이풀(2-8 cm)보다 다소 짧지만 이삭송이풀의 변이 범위 내에 포함되었다. 두 종 모두 화서의 길이는 개화 초기보다 결실기 때 길어지는 경향을 보였다.

3) 포의 형태

한라송이풀의 포의 형태는 세 갈래로 갈라지는 것(Fig. 1A), 잎과 유사한 삼각형 및 장상형이 한 개체에서 모두 관

찰되었다. *P. amoena*의 포의 형태는 삼각형(Yang et al., 1998) 또는 3-5개의 장상형(Tsoong, 1963)등으로 기재되어 한라송이풀과 구별되지 않으며, 이삭송이풀도 극형, 삼각형(Fig. 1B), 장상형(Fig. 1C, 1D)등의 형태가 관찰되었다. 그러므로 포의 형태는 종간에 뚜렷한 차이를 보이지 않는다(Table 3).

4) 꽃받침 열편의 형태

한라송이풀, 이삭송이풀 및 구름송이풀의 꽃받침은 하나의 능선을 가진 열편 1개와 2개의 능선을 가진 열편 2개 등 비대칭적인 3개의 열편을 갖는다. 그러나 *P. amoena*의 꽃받침은 5개의 열편으로 갈라지며 각 열편에 1개씩의 능선이 있는 점에서 다른 분류군들과 구별된다(Table 3).

5) 화판 하순 열편의 형태

표본 및 현지조사 결과 이삭송이풀의 하순은 대부분 수평으로 퍼지거나(Fig. 1F) 안으로 굽었으나(Fig. 1G) 간혹 아래로 처지는 하순이 관찰되기도 하였다. 이와 반대로 한라송이풀의 하순은 아래로 처지는 것(Fig. 1E)이 대부분이었으나, 개화기 초기 하순이 직선인 개체들도 발견되었다.

6) 화판 상순과 하순의 길이

한라송이풀의 상순은 약 3.5-5 mm로 이삭송이풀 2-4 mm에 비해 약간 길었다. 하순에 대한 상순의 비는 0.4-0.7로 두 분류군 모두 상순에 비해 하순이 더 길다. 구름송이풀과 *P. amoena*는 상순과 하순의 길이가 5 mm로 비슷하다. 화판의 길이는 상순에 비해 하순이 더 긴 한라송이풀과 이삭송이풀 그리고 상하순 길이가 비슷한 구름송

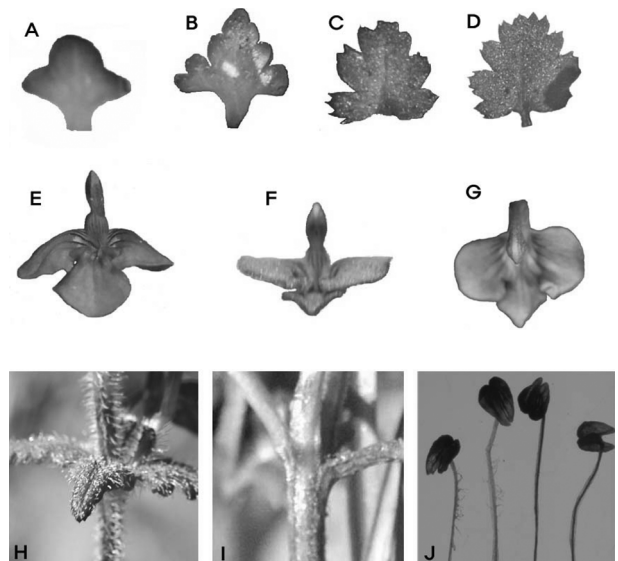


Fig. 1. Morphological variations of *P. hallaisanensis*(A, E, H, J) and *P. spicata*(B, C, D, F, G, I). A-D: shape of bract; E-G: form of corolla. H-I: hairs on stem; J: hairs on 4 filaments.

이풀과 *P. amoena*로 나눌 수 있는 주요한 형질이었다 (Table 3).

7) 수술대의 다세포성 선모

4개의 수술대를 가지는 송이풀속내의 분류군들은 4개 모두 선모를 가지는 분류군, 선모가 없는 분류군, 4개 중 두 개 수술대에만 있는 분류군으로 나누어진다. 이삭송이풀은 두 개의 수술대에만 선모가 있다. 관찰결과 한라송이풀은 2개의 수술대에는 선모가 전혀 없고 2개의 수술대에는 중부와 상부에 선모가 약간 있으며 기부 특히 통부와 연결되는 곳에는 선모가 다소 밀생하였다(Table 3, Fig. 1J).

2. 핵 리보솜 ITS부위의 DNA염기서열 변이 분석

1) 염기서열 특징

한라송이풀과 근연분류군들의 3분류군 12개체의 핵 리

보솜 DNA ITS1, 5.8S, ITS2 부위에 대한 염기서열이 분석되었다. 총길이는 570–574 bp로 ITS1은 210–211 bp, 5.8S는 166 bp, ITS2부위는 194–197 bp이었다. 염기조성은 평균 T 21.3%, C 30.0%, A 19.2%, G 29.5%이었고, G+C 비율은 59.19–59.72%로 평균 59.4%이었다. 염기서열 정렬 결과 38부위의 치환과 2부위의 indel이 나타났다(Table 4). 정렬된 길이는 574 bp이었으며, 이중 parsimony informative character는 5.7%로 나타났다. ITS1부위보다 ITS2부위에서 더 많은 치환과 indel이 발견되었으며 5.8S부위에서는 1개의 치환만 나타났다. 정렬된 염기서열간에 유전적 차이는 군외군을 제외하면 6.3%로 구름송이풀과 중국 陕西省 Mt. Taibai의 이삭송이풀간에 가장 큰 차이를 보였다. 한라송이풀과 근연분류군들 간의 유전적 차이는 0–5.5%이었다. 구름송이풀을 제외하면, 이삭송이풀의 방태산 집단과 중국 Mt. Taibai 집단 간에 차이가 1.8%로 가장 높게 나타났으며, 이삭송이풀과 한라송이풀간의 차이는 0–1.2%이었다.

Table 3. Comparison of morphological characters among *Pedicularis hallaisanensis* and related taxa. ¹⁾: based on specimens examined and Tsoong (1963), ²⁾: means $\pm$ SD.

Species	Characters	Leaf segment	Length of galea /low lip(mm) ²⁾	Shape of upper bracts	Type & length(mm) ²⁾ of inflorescence	Hairs on 4 filaments	Calyx lobes
<i>P. hallaisanensis</i>		8-9 pairs	4.36 $\pm$ 0.73/6.55 $\pm$ 1.52	flabellate, trifid	spicate, 26.8 $\pm$ 8.77	2 pubescent, 2 glabrous	3, unequal
<i>P. spicata</i> (Korea)		7-11 pairs	3.24 $\pm$ 1.05/5.72 $\pm$ 1.43	flabellate, trifid	spicate, 38.5 $\pm$ 34.04	2 pubescent, 2 glabrous	3, unequal
<i>P. spicata</i> (China) ¹⁾		9-20 pairs	3-4/6-10	flabellate, trifid	spicate, up to 120	2 pubescent, 2 glabrous	3, unequal
<i>P. verticillata</i> ¹⁾		6-10 pairs	as long as (5 mm)	leaflike	racemose	2 pubescent, 2 glabrous	3-5, unequal
<i>P. amoena</i> ¹⁾		8-12 pairs	as long as (5 mm)	3-5 subpalmatifid	racemose, 20-80	2 pubescent, 2 glabrous	5, equal



Fig. 2. Type specimens of *P. hallaisanensis* and *P. taquetii*. Left: Holotype of *P. hallaisanensis* Hurusawa(Taquet 5843, TI), Right: Isotype of *P. taquetii* Tsoong(Taquet 1168, PE)

생엽의 유무 등 많은 형질에서 뚜렷한 차이를 보이는 서로 독립된 분류군이 확인되었다. ITS부위의 염기서열변이에 서 구름송이풀과 한라송이풀의 평균 sequence divergence (5.4%)가 이삭송이풀과 한라송이풀 간 차이(0–1.8%)보다 크게 나타났다. 하지만 송이풀속의 중간 ITS부위의 평균 차이 7.6%(Yang et al., 2003)보다는 낮게 나타났다. 또한 ITS 계통수에서 한라송이풀과 이삭송이풀은 단계원으로 묶이고 이는 100%의 높은 bootstrap값으로 지지되며, 구름송이풀과는 자매군을 형성하였다(Fig. 3). 이와 같이 외부 형태와 DNA 염기서열 분석 결과에서 한라송이풀은 구름송이풀보다는 이삭송이풀에 가깝게 나타났다. 그러므로 한라송이풀을 구름송이풀의 변종으로 처리한 *P. verticillata* var. *hallaisanensis* (Hurusawa) Y.N. Lee는 잘못으로 보인다.

이삭송이풀(*P. spicata*)은 동북아시아에 넓은 분포역을 가지면서 다양한 서식환경에 자라며, 많은 종내 분류군으로 나누어지기도 한다(Tsoong, 1956). 생육환경에 따라 고산습지에 자생하는 것들은 60–70 cm(Vvedenskii, 1997; Yang et al., 1998)까지 자라고 암벽주변부에 자라는 것들은 10 cm정도 밖에 되지 않을 정도로 다양한 형태적 변이를 보이고 있다. 한라송이풀은 *P. spicata*에 비해 수상화서의 길이가 짧고 포의 형태 또한 세 갈래로 갈라지는 특징으로 Nakai(1911)에 의해 *P. amoena*로 보고된 바 있다. 그러나 한라송이풀의 수상화서의 길이와 포의 형태는 이삭송이풀의 종내 변이 안에 포함되었다. 즉 이삭송이풀의 화서길이는 보통 2–8 cm지만 12 cm까지 길어지며(Yang et al., 1998) 중국 陕西省 Mt. Taibai의 암벽에 서식하고 있는 이삭송이풀의 개체들처럼 화서의 길이가 2 cm보다 작은 개체들도 있다. 한라송이풀은 2–4.5 cm로 이삭송이풀의 화서 길이 범위 안에 포함된다. 포

의 형태 또한 이삭송이풀과 한라송이풀에서 잎과 같은 형태, 세 갈래로 갈라진 형태, 삼각형, 장상형과 같은 여러 형태들(Fig. 1)이 두 종에서 모두 발견되어 서로 구분되지 않았다. 본인들의 표본 관찰에 의하면 한라송이풀과 이삭송이풀 모두 포의 형태는 점차적으로 잎과 유사한 형태에서 삼각형으로 되고 이것이 다시 세 갈래로 갈라지는 극형으로 변화된 것으로 판단된다. 한라송이풀과 이삭송이풀은 선모의 밀도에서 차이점이 나타나지만 지역이나 종내 분류군에 따라 뚜렷이 구별되지는 않는다. 한라송이풀의 줄기에 털이 더 밀생하는 것은 산 정상부의 바람등과 같은 서식지 환경에 영향을 받은 것으로 추정된다.

한편 한라송이풀은 1954년 *P. taquetii* Tsoong(Isotype: *Taquet 1168*, Fig. 2)으로 기재된 바 있는데, 이는 1947년 기재된 *P. hallaisanensis*의 이명이다. 한라송이풀을 *P. taquetii*로 기재한 Tsoong(1954)에 의하면 이삭송이풀(*P. spicata*)의 화판 하순은 수평이거나 안으로 굽지만 한라송이풀의 것은 아래로 처지는 것이 다르다. 관찰결과 하순의 형태는 안으로 굽는 것과 아래로 처지는 것으로 구분되었지만 시기에 따라 여러 형태가 발견되는 등 두 종간에 뚜렷이 구별되지 않았다. 이러한 하순이 아래로 처지는 현상은 개화시기에 따른 시기적 변이 또는 기온 및 바람과 같은 기후에 영향을 받은 것으로 보인다. Tsoong(1956)은 이삭송이풀을 중생식물, 한라송이풀은 건생식물로 판단하고 한라송이풀을 이삭송이풀의 각각의 서식지에 적응한 독특한 생육형이나 종분화의 단계에 있는 분류군으로 보았다. 위에 언급된 한라송이풀과 이삭송이풀의 형태적 차이로 보면 한라송이풀이 한라산 정상부의 강한 바람과 해안성 기후와 같은 특이한 환경에 적응된 생육형이나 종분화 단계에 있는 식물로 보인다.

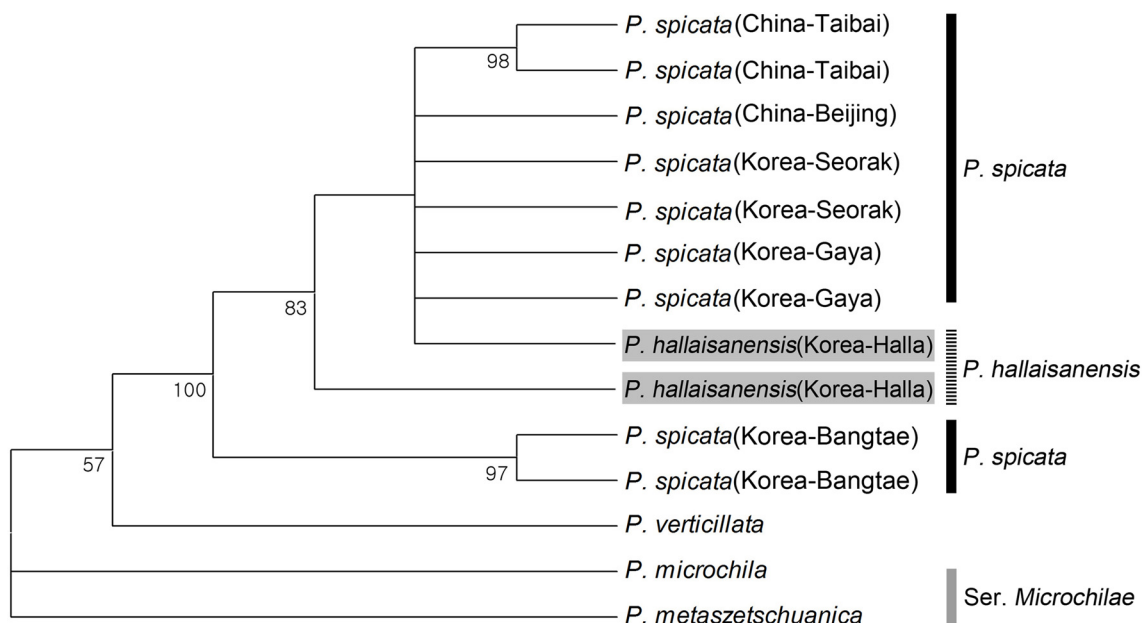


Fig. 3. The single most parsimonious tree obtained from a parsimony analysis (steps = 80, CI = 0.912, RI = 0.851) based on nrDNA ITS1, ITS2 and 5.8S sequences for *Pedicularis hallaisanensis* and related taxa (ser. *Verticillatae*). Bootstrap proportions >50% are shown below branches.

핵 리보소움 DNA ITS부위는 송이풀속의 선행연구에서 종간 유연관계를 규명하는데 좋은 마커로 이용되어 왔다 (Yang et al., 2003). 본 연구에서 ITS부위의 염기서열에 기초한 MP tree에서 한라송이풀은 독립된 분계조를 이루지 않고 이삭송이풀내에 포함되었다(Fig. 3). 이삭송이풀과 한라송이풀은 높은 지지도(bootstrap 100%)로 단계원을 이루었다. 즉 ITS부위의 분석결과는 한라송이풀과 이삭송이풀을 독립된 종으로 구별하지 않았다. 한편 지역적으로 가까운 설악산과 방태산 지역의 이삭송이풀이 다른 지역에 비해 유전적 거리에서 큰 차이를 보인 것은 주목할 만한 특징이었다.

본 연구에서 한라송이풀의 실체에 대하여 검토해 보았다. 한라송이풀은 *P. amoena*, 구름송이풀에 비해 이삭송이풀과 근연관계임이 밝혀졌다. 그러나 외부형태 형질 및 DNA 염기서열자료에서 한라송이풀은 이삭송이풀과 뚜렷이 구별되지 않았다. 한라송이풀은 이삭송이풀의 종내 분류군으로 처리되거나 이삭송이풀에 통합되어야 한다고 판단된다. 하지만 한라송이풀의 분류학적 처리는 동아시아 종들에 대한 종합적 검토 후에 이루어 질 수 있을 것이다.

관찰표본(Specimens examined)

Pedicularis spicata Pallas

Korea, Gyeongsangnam-do: Mt. Gayasan, Hapcheon-gun, *W. T. Lee et al.* 17589 -17591 (KGNU); *J. O. Hyun & H. G. Park* 2004122 & 2004123 (KH); *G. Koizumi s.n.* (KYO); *S. Kitamura s.n.* (KYO); *J. O. Hyun & H. K. Park* 2005161 & 2005166 (KH); *J. O. Hyun et al.* NAPI-0435 (KH); *B. H. Choi & B. Y. Lee* 2610 & 2611 (IUI); *W. B. Cho* 80937-80938 (IUI). **Gangwon-do:** Mt. Seoraksan, Sokcho-si, *J. O. Hyun & H. K. Park* 2005168 & 2005169 (KH); *K. H. Jung s.n.* (IUI); *W. B. Cho & D. H. Lee* 98401-98405 (IUI); Mt. Bangtaesan, Inje-gun, *W. B. Cho & D. H. Lee* 97022 (IUI); *W. B. Cho & D. H. Lee* 98406-98414 (IUI). **Hamgyeong-do:** Mt. Gwanmobbong, *J. Ohwi s.n.* (KYO); *B. S. Do* 12933 (SNU); Mt. Duryusan, *J. Ohwi* 2793 (KYO); Gaemagowon, *B. S. Do* 12927 (SNU). **Pyeongang-do:** Pyeongnam, *B. S. Do* 12936 (SNU).

China, 太白山, 陕西省, *W. B. Cho* 108001-108002 (IUI); 吉祥峰, 黑江省, *中德* 8001 (PE); 西山, 鹿 河北省, *朝* 626 (PE); 百花山, 北京市, *王文采* 731 (PE); *S. H. Park s.n.* (KH); 山, 甘省, *何琪* 6077 (PE); 白山北坡, 吉林省, *延一* 333 (PE).

Russia, Kamchatka, *B. Y. Sun* 2443 (KH).

P. hallaisanensis Hurusawa

Korea, JeJu-Do: Mt. Hallasan, *T. B. Lee & M. Y. Cho* 9157 (KH); *B. S. Do* 12935 (SNU); *W. T. Lee* 20637 (SKK); *J. H. Park et al.* 8054 (KNU); *Y. M. Lee & S. H. Park s.n.* (KH); *B. S. Do* 12935 (SKK); *W. B. Cho & D. H. Lee* 98454-98456 (IUI).

P. verticillata L.

Korea, Hamgyeong-do: Mt. Gwanmobbong, *B. S. Do* 12943-

12944 (SNU). **Pyeongang-do:** Mt. Myohyangsan, ? (KH). **China,** 白山, 吉林省, *C. H. Lee* 80650(KH); *K. W. Park* 61234 (KH). **Japan,** 至佛山, 上野國, *大次三郎 s.n.* (KYO). **Russia,** SW end of lake Baikal, *H. H. Iltis et al.* 649 (KYO); Tardoki-Yani, Khabarovskiy, *S. Kharkevich et al. s.n.* (SNU).

P. amoena Adams ex Steven

Russia, Kamchatskiy, *S. Kharkevich et al.* 236 (PE).

사 사

본 연구의 재료수집에 도움을 준 인하대 식물계통분류학 연구실 대학원생들에게 감사드립니다. 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0005008).

인용문헌

- Doyle, J. J. and J. L. Doyle. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochem. Bull.* 19: 11-15.
- Hurusawa, I. 1947. *Spicilegium plantarum Asiae Orientalis I*. Bot. Mag. (Tokyo) 60: 703-714.
- Lee, Y. N. 1996. Flora of Korea. Kyo-hak Pub. Co. Ltd., Seoul. Pp. 726-727 (in Korean).
- Li, H. L. 1948. A revision of the genus *Pedicularis* in China. Part I. *Proc. Acad. Sci. Phila.* 100: 300-323.
- Nakai, T. 1911. Flora Koreana. Pars. Secunda. J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo 31: 124-126.
- Ree, R. H. 2005. Phylogeny and the evolution of floral diversity in *Pedicularis* (Orobanchaceae). *Int. J. Plant Sci.* 166: 595-613.
- Swofford, D. L. 2002. PAUP*: Phylogenetic Analysis Using Parsimony (*and other methods). Version 4.0b10. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Tamura, K., J. Dudley, M. Nei and S. Kumar. 2007. MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis(MEGA) software version 4.0. *Mol. Biol. Evol.* 24: 1596-1599.
- Thompson, J. D., D. G. Higgins and T. J. Gibson. 1994. Clustal W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Res.* 22: 4673-4680.
- Tsoong, P. C. 1954. Some new species of Scrophulariaceae from Eastern Asia. *Kew Bulletin* 9: 443-450.
- Tsoong, P. C. 1956. A new system for the genus *Pedicularis*. *Acta Phytotax. Sin.* 5: 252-274.
- Tsoong, P. C. 1963. Scrophulariaceae (Para II). In *Flora Reipublicae Popularis Sinicae* (68). Chien, S. S. and W. Y. Chun (eds.), Science Press, Beijing. Pp. 1-378.
- Vvedenskii, A. I. 1997. *Pedicularis*. In *Flora of the USSR*, Vol. 22.

- Shishchkin, B. K. and E. G. Bobrov (eds.), Moskva, Leningrad. Pp. 763-885.
- White, T. J., T. Bruns, S. Lee and J. Taylor. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *In* PCR protocols: A guide to methods and applications. Innis, M., K. Gelfand, J. Sninsky and T. White (eds.), Academic Press, San Diego, California. Pp. 315-322.
- Yamazaki, T. 1993. *Pedicularis* L. *In* Flora of Japan, Vol. IIIa. Iwatsuki, K., T. Yamazaki, D. E. Boufford and H. Ohba (eds.), Kodansha, Tokyo. Pp. 364-371.
- Yang, F. S., X. Q. Wang and D. Y. Hong. 2003. Unexpected high divergence in nrDNA ITS and extensive parallelism in floral morphology of *Pedicularis*(Orobanchaceae). *Pl. Syst. Evol.* 240: 91-105.
- Yang H. B., N. H. Holmgren and R. R. Mill. 1998. *Pedicularis*. *In* Flora of China, Vol. 18. Wu, Z. Y. and P. H. Raven (eds.), Science Press & Missouri Botanical Garden, Beijing & St. Louis. Pp. 97-209.

K C I