Korean J. Pl. Taxon. (2009)
Vol. 39 No. 4, pp. 237-246

한국산 현삼속(현삼과)의 분류학적 연구

한경숙 · 소순구 · 이정희[1] · 김무열*
전북대학교 자연과학대학 생물과학부 & 생물다양성연구소, [1]국립수목원

Taxonomy of the genus *Scrophularia* (Scrophulariaceae) in Korea

Kyeongsuk Han, Soonku So, Chung-Hee Lee[1] and Muyeol Kim*

Division of Biological Sciences and Korean Institute for Biodiversity Research, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea
[1]National Arboretum, Pocheon, Gyeonggi-do 487-821, Korea

적 요: 한국산 현삼속(*Scrophularia* L.) 6종 2변종에 대한 외부 형태와 ITS 염기서열에 의한 분자계통학적 연구를 수행하여 종의 한계와 유연관계를 살펴보았다. 섬현삼(*S. takesimensis*)은 개현삼(*S. grayana*)과 유사하나 뚜렷이 구별되는 독립된 한국 특산종임을 지지해주었다. 개현삼은 그동안 한국의 분포에 대한 논쟁이 많았으나 이번 연구를 통해 러시아에서 동해안을 따라 속초까지 남하한다는 사실을 알게 되었다. 몽울토현삼(*S. cephalantha*), 일월토현삼(*S. koraiensis* var. *velutina*), 좀현삼(*S. kakudensis* var. *microphylla*)은 ITS 염기서열이 큰개현삼(*S. kakudensis*)과 거의 같아 형태적 변이가 있지만 큰개현삼에 통합해야함을 지지해 주었다. 토현삼(*S. koraiensis*)은 분류학적 위치가 불분명했으나 ITS 염기서열 결과 큰개현삼과 뚜렷이 구별되어 별개의 한국 특산종임을 지지해 주었다. 따라서 한국산 현삼속을 5종으로 재정리하였다.

주요어: 현삼속, 현삼과, ITS, 분자계통

ABSTRACT: Inter-specific relationships among six species and two varieties, belonging to *Scrophularia* (Scrophulariaceae), in Korea were re-examined based on both morphological and molecular data. *Scrophularia takesimensis,* a Korean endemic species, should be separated from *S. grayana* as an independent species based upon unique morphological characters such as non-winged stems, thickened leaves and glabrous surfaces of leaves, even though they share a lot of other features. It was found that *S. grayana* is distributed in Sokcho in Korea and along the coast of the East Sea north to far eastern Russia. Although some morphologies of three taxa, *S. cephalantha, S. koraiensis* var. *velutina* and *S. kakudensis* var. m*icrophylla* appeared to differ from each other, their ITS DNA sequence data was similar to that of *S. kakudensis*, suggesting that they might better be designated with the later species. The taxonomic position of *S. koraiensis,* only found in Korea, has been ambiguous, but ITS DNA sequence data in this study revealed that this species is distinct from *S. kakudensis*. Consequently, we conclude that the genus *Scrophularia* in Korea includes five species.

Keywords: *Scrophularia*, Scrophulariaceae, ITS, molecular systematics

현삼속(*Scrophularia* L.)은 현삼과(Scrophulariaceae)에 속하는 속으로 북반구의 온대지역에 500여종이 자란다(Kim and Choi, 2007). 최근 분자적 자료를 이용한 APG 분류체계는 현삼과를 핵심진정쌍자엽군(Core eudicots)에 속하는 진정국화군(Euasterids) I의 꿀풀목(Lamiales)에 위치시키고 있다(Kim et al., 2008). 한국산 현삼속은 섬현삼(*S. takesimensis*), 큰개현삼(*S. kakudensis*), 토현삼(*S. koraiensis*), 현삼(*S. buergeriana*), 몽울토현삼(*S. cephalantha*), 개현삼(*S. alata*) 6종과 좀현삼(*S. kakudensis* var. *microphylla*), 일월토현삼(*S. koraiensis* var. *velutina*) 2변종이 분포한다(Lee, 1997).

현삼속은 초본이고 1개의 의웅예가 있으며 종자에 날개가 없는 특징으로 현삼과의 다른 속과 구분되어진다(Kim and Choi, 2007).

현삼은 한방에서 널리 사용되는 약용식물로서 가치가 높아 본 속에 관한 연구는 성분에 관한 연구(Lee et al., 2007)와 효능에 관한 연구(Kim et al., 2007)가 주로 이루어졌다. 한

*Author for correspondence: mykim@jbnu.ac.kr

국산 현삼속의 종분류에 관한 연구는 Miquel(1865)이 현삼을 기재한 것을 시점으로 Nakai(1909, 1938)는 토현삼과 좀현삼을 Yamazaki(1949)는 제주현삼(*S. buergeriana* var. *quelpartensis*)을 새로운 분류군으로 추가하였다. Park(1974)은 본 속의 분류체계를 섬현삼, 큰개현삼, 토현삼, 현삼, 몽울토현삼, 개현삼(*S. boreali-koreana*), 좀현삼, 털개현삼(*S. pilosa*) 7종 1변종으로 Lee(1980)는 섬현삼, 큰개현삼, 토현삼, 현삼, 설령개현삼(*S. alata* var. *boreali-koreana*), 일월토현삼 4종 2변종이 분포한 것으로 하였다. Lee(1997)는 설령개현삼을 개현삼의 이명처리한 후 섬현삼, 큰개현삼, 토현삼, 현삼, 몽울토현삼, 개현삼(*S. alata*), 좀현삼, 일월토현삼 6종 2변종으로 정리하고 있다. 또한 Lee(2006)는 섬현삼, 큰개현삼, 토현삼, 현삼, 설령개현삼, 일월토현삼 5종 1변종으로 Kim(2004)은 섬현삼, 큰개현삼, 토현삼, 현삼 4종, Kim and Choi(2007)는 섬개현삼, 큰개현삼, 현삼, 개현삼 4종으로 정리하는 등 종의 한계가 학자에 따라 많은 견해 차이를 보이고 있다.

따라서 종의 한계나 유연관계에 있어 논쟁이 있어온 한국산 현삼속 6종 2변종과 근연종인 일본의 *S. grayana* var. *grayanoides*에 대하여 외부 형태와 ITS 염기서열에 의한 분자계통학적 형질을 조사하여 종의 한계와 유연관계를 밝히기 위해 본 연구를 시도하였다.

재료 및 방법

재료: 본 연구에 사용된 재료는 2006년 3월부터 2009년 8월까지 국내와 일본 자생지에서 채집하여 관찰하였다. 본 연구기간 중 채집된 개체는 석엽표본으로 제작하여 전북대학교 생물과학부 표본관(JNU)에 보관하였다. 일부 개체는 생육과정을 관찰하기 위해 묘포장에 이식 재배하였다. 연구에 사용된 분류군 및 채집지 정보는 Table 1과 같다. *S. buergeriana* 1은 Genbank로부터 data를 얻었다. 한국산 현삼속식물중 제주현삼은 현삼에 비해 키가 작고 잎이 소형인 특징으로 Yamazaki에 의해 현삼의 변종으로 발표되었으나 종의 기준이 불분명하고 채집이 되지않아 본 연구에서 제외하였다.

외부형태: 외부 형태학적 형질은 직접 채집한 재료를 사용하여 관찰 및 측정하였다. 분류학적 주요형질은 해부현미경(Nikon SMZ-10)으로 관찰하였고, Carl Zeiss Axio Cam을 이용하여 촬영하였다. 꽃은 화서형태, 화경과 소화경 길이, 꽃잎의 색, 꽃받침열편 끝의 형태, 꽃받침열편의 길이와 폭, 잎은 엽신의 길이와 폭, 잎의 모용 유무, 엽병의 날개 유무 등을 관찰하여 정성적 형질과 정량적 형질을 취했다.

DNA 추출: DNA 추출은 생체표본을 이용하였다. 야외에서 채집한 생체의 경우, 실험실로 운반하여 즉시 잎을 채취하여 엽병과 주맥을 제거시킨 후 –70°C에 냉동 보관하였다. 냉동 보관된 재료를 액체 질소를 이용하여 분쇄시킨 후, DNeasy Plant Mini Kit (QIAGEN, Germany)를 사용하여 추출하였다. 재료의 양은 0.1 g을 사용하였으며 모든 과정은 manual (DNeasy Plant Mini Handbook, 2000; QIAGEN; Germany)을 따라 수행하였다. 추출한 DNA는 일부를 1.5% agarose gel에 전기영동한 뒤 ethidiumbromide (EtBr)로 staining후, destaining하여 UV조명하에서 밴드를 확인하고 Spectrophotometer를 이용하여 농도를 확인하였다.

PCR: PCR은 template DNA 5 μl (20-40 ng), Taq DNA polymerase 0.25 μl, 10X buffer 5 μl, 2.5 mM dNTP 3 μl,

Table 1. Materials and collection data used for this study of the genus *Scrophularia* in Korea.

Taxa	GenBank Accession No.	Vouchers (Localities)
S. kakudensis 1 (큰개현삼)	GU175295	*MKS7221* (Sep. 18, 2007 Sokcho, Korea)
S. kakudensis 2	GU175298	*MKS8071* (Aug. 30, 2008 Mt. Deokhang, Korea)
S. kakudensis 3	GU175299	*MKS7211* (Sep. 17, 2007 Keumdaebong, Korea)
S. kakudensis var. *microphylla* 1 (좀현삼)	GU175297	*CLee2801* (Sep. 15, 2008 Is. Jeju, Korea)
S. cephalantha 1 (몽울토현삼)	GU175296	*MKS7171* (Aug. 31, 2007 Mt. Mireuk, Korea)
S. koraiensis var. *velutina* 1 (일월토현삼)	GU175300	*MKS8056* (Aug. 17, 2008 Mt. Ilwol, Korea)
S. koraiensis var. *velutina* 2	GU175301	*MKS7156* (Aug. 24, 2007 Mt. Dukyu, Korea)
S. koraiensis 1 (토현삼)	GU175304	*MKS8021* (Aug. 15, 2008 Mt. Odae, Korea)
S. koraiensis 2	GU175305	*MKS7101* (Aug. 20, 2007 Mt. Seorak, Korea)
S. takesimensis 1 (섬현삼)	GU175288	*MKS6001* (Aug. 13, 2006 Is. Ulleung, Korea)
S. takesimensis 2	GU175286	*MKS7001* (May. 28, 2007 Is. Ulleung, Korea)
S. takesimensis 3	GU175289	*MKS7011* (Jun. 24, 2007 Is. Ulleung, Korea)
S. grayana 1 (개현삼)	GU175293	*MKS7051* (Aug. 1, 2007 Same, Hachinohe, Japan)
S. grayana 2	GU175291	*MKS7052* (Aug. 1, 2007 Same, Hachinohe, Japan)
S. grayana 3	GU175290	*MKS7053* (Aug. 1, 2007 Same, Hachinohe, Japan)
S. grayana 4	GU175292	*MKS7121* (Aug. 20, 2007 Sokcho, Korea)
S. grayana var. *grayanoides* 1	GU175303	*MKS7031* (Jul. 31, 2007 Onagawa, Ishinomaki, Japan)
S. grayana var. *grayanoides* 2	GU175302	*MKS7032* (Jul. 31, 2007 Onagawa, Ishinomaki, Japan)
S. grayana var. *grayanoides* 3	GU175294	*MKS7033* (Jul. 31, 2007 Onagawa, Ishinomaki, Japan)
S. buergeriana 1 (현삼)	EU165339	GenBank data
S. buergeriana 2	GU175287	*MKS8001* (Jul. 22, 2008 Pohang, Korea)

primer ITS1 2.5 μl, primer ITS4 2.5 μl (White et al. 1990)를 포함한 총 50 μl의 반응액을 95°C에서 3분 동안 pre-denaturation 시킨 후, 95°C에서 30초의 denaturation, 48°C에서 30초간 annealing, 72°C에서 60초의 extension으로 이루어지는 thermal cycle을 40회 반복하였으며 72°C에서 10분간 final extension 과정을 거쳐 완료하였다. 한편 군외군(outgroup)은 현삼속을 포함하는 현삼과 내 여러 분류군들의 Genbank data를 가지고 계통수를 작성한 예비실험의 연구결과를 토대로 현삼을 선정하였다.

염기서열의 정렬 및 자료분석: Direct sequencing을 통하여 직접 얻은 8분류군 20개체의 염기서열과 Genbank를 통하여 얻은 1분류군 1개체를 포함하여 총 8분류군 21개체를 확보하였다. 얻어진 ITS 염기서열은 Clustal X program (Thompson et al., 1997)을 이용하여 정렬하였으며 최종적으로 육안에 의하여 결과를 검토하였다. ITS 1, ITS 2 구간의 염기서열은 기존에 보고된 연구 결과(Kelly, 1998, Yamaji et al., 2007) 등을 비교하여 결정하였으며 ITS구간의 G+C 비율은 PAUP* program ver. 4.0b (Swofford, 2002)의 base frequency option을 사용하여 계산하였다. 또한 형질에 있어서 가중치는 모두 동일하게 처리하였고, 전체 염기서열 중 gap은 모두 결여형질(missing character)로 처리하였으며 정렬된 염기서열의 모든 character는 unordered, unweighted character로 설정하였다. 분석조건은 heuristic search와 Tree Bisection Reconection (TBR) branch swapping을 적용하여 Maximum-Parsimony tree를 제작하였고, Kimura's two-parameter method (Kimura, 1980)로 계산된 염기변이 값을 기초로 한 Neighbor-Joining tree (NJ)를 산출하였다(Saitou and Nei, 1987; Farris et al., 1996). Bootstrap value는 1000회 반복하여 얻었다(Felsenstein, 1985).

결 과

1. 외부형태학적 특징

한국산 현삼속 분류군의 외부형태학적 형질을 조사한 결과를 Table 2에 나타내었다. 몽울토현삼과 일월토현삼, 좀현삼은 큰개현삼과 형태적 형질의 차이가 뚜렷하게 나타나지 않아 큰개현삼에 포함하여 비교하였다.

줄기: 개현삼의 줄기는 날개가 있어 근연종인 섬현삼과 뚜렷이 구별되었다.

잎: 한국산 현삼속 분류군들은 우상맥을 가진 단엽이다. 섬현삼과 개현삼은 잎에 털이 없으며 잎이 두툼하고 윤기가 나나, 나머지 큰개현삼, 토현삼, 현삼은 잎에 털이 있고 잎이 얇으며 윤기가 나지 않는다. 또한 섬현삼과 개현삼은 엽병에 날개가 있으나 나머지 현삼속 분류군에는 없다.

화서: 현삼속 대부분의 종들은 원추상 총상화서이나 현삼은 특이하게 수상상 총상화서이다. 한국의 특산종인 토현삼은 엽액형 화서이나 큰개현삼은 정단형 화서를 가져 뚜렷이 구별되었다.

꽃: 현삼속의 종들은 2개의 상순과 3개의 하순으로 이루어진 순형화관이며 1개의 의웅예를 가지고 있다. 현삼은 나머지의 종들이 홍자색의 화관을 가지고 있는데 반하여 황녹색의 화관을 가지고 있다. 토현삼의 꽃받침열편은 길고 끝이 뾰족한데 반하여 큰개현삼은 짧고 끝이 둥근 특징을 가지고 있다.

2. 분자계통학적 특징

현삼속의 분류학적 위치를 결정하기 위해 근연분류군과 분자계통학적 연구를 수행한 결과 현삼속의 ITS 1은 218-220 bp, ITS 2는 210-211 bp로 ITS 1이 ITS 2보다 길었고, 길이 변이는 ITS 1이 ITS 2에 비해 높게 나타났다. 또한 염기조

Table 2. Comparison of Korean *Scrophularia* species.

Characters	*S. grayana*	*S. takesimensis*	*S. kakudensis*	*S. koraiensis*	*S. buergeriana*
Winged stem	present	absent	absent	absent	absent
Suffruticose rhizome	absent	absent	present	present	present
Leaf trichome	glabrous	glabrous	pubescent	pubescent	pubescent
Winged petiole	present	present	absent	absent	absent
Inflorescence	paniculate	paniculate	paniculate	paniculate	spikelike raceme
Tip of calyx lobe	round	round	round	pointed	round
Corolla color	purple	purple	purple	purple	greenish yellow
Calyx lobe length (mm)*	2.5 (2.8±0.3) 3.0	1.8 (2.4±0.4) 2.7	1.3 (2.4±0.8) 4.5	2.5 (2.8±0.2) 3.1	2.7 (3.0±0.3) 3.3
Calyx lobe width (mm)	2.4 (2.6±0.2) 2.8	2.6 (2.9±0.3) 3.2	0.5 (1.7±0.8) 4.0	1.2 (1.4±0.1) 1.5	1.7 (2.0±0.3) 2.3
Inflorescence length (cm)	16.0 (46.9±17.5) 68.0	25.0 (32.9±6.7) 43.2	11.0 (21.0±6.5) 37.4	18.7 (30.2±7.8) 43.5	32.0 (41±7.5) 49.8
Bract length of inflorescence (cm)	2.8 (6.3±2.1) 10.0	1.4 (2.2±0.7) 3.2	1.5 (6.0±2.7) 10.3	9.5 (11.8±1.8) 15.5	1.0 (1.2±0.2) 1.5
Bract width of inflorescence (cm)	1.1 (3.0±1.1) 4.5	0.3 (0.4±0.1) 0.6	0.7 (3.1±1.8) 6.0	3.0 (4.5±1.0) 6.6	0.3 (0.4+0.1)0.6
Peduncle length (cm)	7.0 (9.3±3.1) 16.2	3.6 (6.1±1.6) 9.0	2.7 (5.2±1.8) 9.2	4.6 (7.1±1.5) 9.5	0.7 (1.0±0.1) 1.3
Pedicel length (cm)	1.1 (1.4±0.2) 1.7	0.9 (1.3±0.4) 2.1	1.1 (2.3±0.9) 4.0	1.6 (2.5±0.5) 3.0	0.3 (0.4±0.1) 0.6
Leaf blade length (cm)	9.0 (13.7±3.2) 18.5	13.4 (16.8±2.7) 21.0	6.0 (11.1±2.4) 17.0	9.5 (11.4±1.8) 14.4	6.1 (7.2±0.8) 8.6
Leaf blade width (cm)	5.7 (10.3±3.4) 15.2	8.4 (10.0±2.1) 13.8	2.7 (6.2±1.6) 9.3	5.0 (5.6±0.6) 6.7	4.3 (4.7±0.5) 5.3

*minimum (mean±SD) maximum

Table 3. Size and G+C% of ITS 1 and 2 of Korean *Scrophularia* species.

Taxa	ITS 1		ITS 2		ITS 1+ITS 2	
	Length (bp)	G+C (%)	Length (bp)	G+C (%)	Length (bp)	G+C (%)
S. buergeriana 1	219	62.6	211	61.1	430	61.8
S. buergeriana 2	219	62.6	211	60.9	430	61.7
S. cephalantha 1	218	60.1	210	62.4	428	61.2
S. kakudensis 1	219	60.3	210	62.4	429	61.3
S. kakudensis var. *microphylla* 1	219	60.3	210	62.4	429	61.3
S. kakudensis 2	219	60.3	210	62.4	429	61.3
S. kakudensis 3	219	60.3	210	62.4	429	61.3
S. koraiensis var. *velutina* 1	219	59.8	210	62.4	429	61.1
S. koraiensis var. *velutina* 2	219	60.3	210	62.4	429	61.3
S. koraiensis 1	219	62.6	211	61.6	430	62.1
S. koraiensis 2	219	62.6	211	61.6	430	62.1
S. grayana var. *grayanoides* 1	219	63.1	210	64.6	429	63.9
S. grayana var. *grayanoides* 2	218	63.3	211	64.0	429	63.6
S. grayana var. *grayanoides* 3	218	63.3	211	64.0	429	63.6
S. grayana 1	219	63.0	211	63.0	430	63.0
S. grayana 2	219	63.0	211	63.0	430	63.0
S. grayana 4	219	63.0	211	64.0	430	63.5
S. grayana 3	219	63.0	211	63.0	430	63.0
S. takesimensis 1	220	62.3	211	61.6	431	61.9
S. takesimensis 2	220	62.3	211	61.4	431	61.8
S. takesimensis 3	220	62.6	211	62.3	431	62.4
Mean	219	61.9	210.6	62.5	429.62	62.2

성의 평균은 A가 17.4%, C가 32.9%, G가 29.3%, T가 20.4%였고, G+C 염기조성은 ITS 1이 61.9%이며 ITS 2는 62.5%로 계산되어 ITS 2가 1에 비해 약간 높았으며 전체적으로 약 62.2%로 계산되었다(Table 3). ITS 지역은 정렬에 의해 gap이 발생했으며 그 결과 ITS 1, 2는 각각 220, 211 bp로 재정리되었다. ITS 1과 ITS 2의 전체길이는 428개에서 431개의 염기로 구성되었으며 계통학적으로 정보를 갖는 부분은 40부위였다. MP 분석 결과 50단계로 구성된 20개의 최대절약계통수가 얻어졌으며 계통학적으로 의미가 있는 부위만을 포함한 이들 계통수들의 CI는 0.827, RI는 0.950 그리고 RC는 0.785이었다.

Kimura's two parameter method를 이용한 분류군 간 유전적 거리(pairwise distance)를 계산한 결과는 Table 4에 정리하였다. 한국산 현삼속 분류군 간에는 0.000-5.825%의 거리를 나타내었다. 군외군인 현삼과 군내군 분류군 사이에 유전적 거리가 가장 먼 종은 섬현삼으로 5.825%이었고, 가장 가까운 분류군은 토현삼으로 3.256%이었다.

분류군 간 Maximum-Parsimony tree (Fig. 1)에서 현삼은 나머지 종들과 뚜렷이 구별되었으며 큰개현삼과 토현삼이 깊은 유연관계를 보였고, 섬현삼과 개현삼 그리고 일본의 특산식물인 *S. grayana* var. *grayanoides*가 함께 묶여져 2개의 분계조로 나누어졌다. 섬현삼은 100%의 높은 bootstrap 수치로 개현삼과 뚜렷이 구별되는 독립된 분류군임을 지지해 주었다. 또한 개현삼은 일본에 분포하는 개현삼과 0.465%의 가까운 유전적 거리를 나타내어 한국에도 개현삼이 분포함을 입증해 주었다. 여러 학자에 의해 종 또는 변종으로 기재되었던 몽울토현삼, 일월토현삼 2, 좀현삼은 큰개현삼과 염기서열이 똑같고, 일월토현삼 1 또한 큰개현삼과 0.233%의 매우 가까운 유전적 거리를 나타냄으로서 형태적 변이가 있지만 큰개현삼에 통합해야 함을 지지해 주었다. 토현삼은 자매종인 큰개현삼과 먼 유전적 거리(2.799-3.033%)와 99%의 높은 bootstrap 수치를 나타내며 단계통을 형성하는 독립된 종임을 지지해 주었다. Neighbor-Joining tree (Fig. 2) 분석 결과에 있어서도 최대절약계통수 분석과 같은 분계조를 형성하였다.

3. 분류학적 처리

한국산 현삼속 6종 2변종에 대한 외부 형태학적 형질을 기초로 새로운 종 검색표를 만들었으며 ITS 염기서열에 의한 분자계통학적 연구를 통한 분석을 종합하여 한국에 분포하는 현삼속의 종들을 5종으로 재정리하였다.

한국산 현삼속(*Scrophularia* L.)에 대한 종 검색표

1. 잎은 털이 없고 두꺼우며 윤기가 난다.
   2. 줄기에 날개가 있다 ····· *S. grayana* 개현삼
   2. 줄기에 날개가 없다 ····· *S. takesimensis* 섬현삼
1. 잎은 털이 있고 얇으며 윤기가 나지 않는다.
   3. 꽃은 홍자색이다.
      4. 꽃받침열편은 길이가 폭과 비슷하며 끝은 둔하다 ····· *S. kakudensis* 큰개현삼
      4. 꽃받침열편은 길이가 폭보다 2배이상 길며 끝은 뾰족하다 ····· *S. koraiensis* 토현삼
   3. 꽃은 황녹색이다 ····· *S. buergeriana* 현삼

1) ***Scrophularia grayana*** Maxim. ex Kom., Trudy Imp. S.-Peterburgsk. Bot. Sada 25: 416 (1907) Fig. 3D

S. boreali-koreana Nakai, J. Jap. Bot. 14: 632 (1938)

S. grayana var. *boreali-koreana* (Nakai) Yamazaki, J. Jap. Bot. 37: 264 (1962)

S. alata var. *boreali-koreana* (Nakai) Kitagawa, Neo-Lineam. Fl. Mansh. 570 (1979)

국명: 개현삼(Chung, 1957)

설령개현삼(Lee, 1980)

다년생 초본이다. 줄기는 사각형이며 70-160 cm이고 줄기의 각진 부분이 0.1-0.2 cm이며 날개처럼 발달한다. 줄기의 마디를 엽병 기부의 좁은 날개가 감싼다. 지하경은 육질 괴

Table 4. Pairwise sequence divergence values(×100) of ITS regions based on Kimura's two parameter method.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	*S. buergeriana* 1	-																				
2	*S. buergeriana* 2	0.233	-																			
3	*S. kakudensis* 1	3.729	3.504	-																		
4	*S. cephalantha* 1	3.735	3.509	0.000	-																	
5	*S. kakudensis* var. *microphylla* 1	3.729	3.504	0.000	0.000	-																
6	*S. kakudensis* 2	3.729	3.504	0.000	0.000	0.000	-															
7	*S. kakudensis* 3	3.729	3.504	0.000	0.000	0.000	0.000	-														
8	*S. koraiensis* var. *velutina* 1	3.729	3.504	0.233	0.233	0.233	0.233	0.233	-													
9	*S. koraiensis* var. *velutina* 2	3.729	3.504	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.233	-												
10	*S. koraiensis* 1	3.256	3.030	2.799	2.805	2.799	2.799	2.799	3.033	2.799	-											
11	*S. koraiensis* 2	3.256	3.030	2.799	2.805	2.799	2.799	2.799	3.033	2.799	0.000	-										
12	*S. grayana* var. *grayanoides* 1	4.224	4.003	4.228	4.235	4.228	4.228	4.228	4.463	4.228	3.286	3.286	-									
13	*S. grayana* var. *grayanoides* 2	4.658	4.440	4.674	4.681	4.674	4.674	4.674	4.908	4.674	3.510	3.510	0.237	-								
14	*S. grayana* var. *grayanoides* 3	4.658	4.440	4.674	4.681	4.674	4.674	4.674	4.908	4.674	3.510	3.510	0.237	0.000	-							
15	*S. grayana* 1	4.651	4.432	5.133	5.140	5.133	5.133	5.133	5.367	5.133	4.186	4.186	1.633	1.864	1.864	-						
16	*S. grayana* 2	4.651	4.432	5.133	5.140	5.133	5.133	5.133	5.367	5.133	4.186	4.186	1.633	1.864	1.864	0.000	-					
17	*S. grayana* 4	4.186	3.967	4.667	4.675	4.667	4.667	4.667	4.901	4.667	3.721	3.721	1.168	1.399	1.399	0.465	0.465	-				
18	*S. grayana* 3	4.651	4.432	5.133	5.140	5.133	5.133	5.133	5.367	5.133	4.186	4.186	1.633	1.864	1.864	0.000	0.000	0.465	-			
19	*S. takesimensis* 1	5.813	5.593	5.126	5.131	5.126	5.126	5.126	4.893	5.126	5.114	5.114	2.567	3.263	3.263	3.258	3.258	3.258	3.258	-		
20	*S. takesimensis* 2	5.825	5.605	5.137	5.143	5.137	5.137	5.137	4.904	5.137	5.125	5.125	2.578	3.035	3.035	3.036	3.036	3.034	3.036	0.000	-	
21	*S. takesimensis* 3	5.590	5.370	5.146	5.152	5.146	5.146	5.146	4.914	5.146	4.891	4.891	2.109	2.805	2.805	2.799	2.799	2.800	2.799	0.232	0.232	-

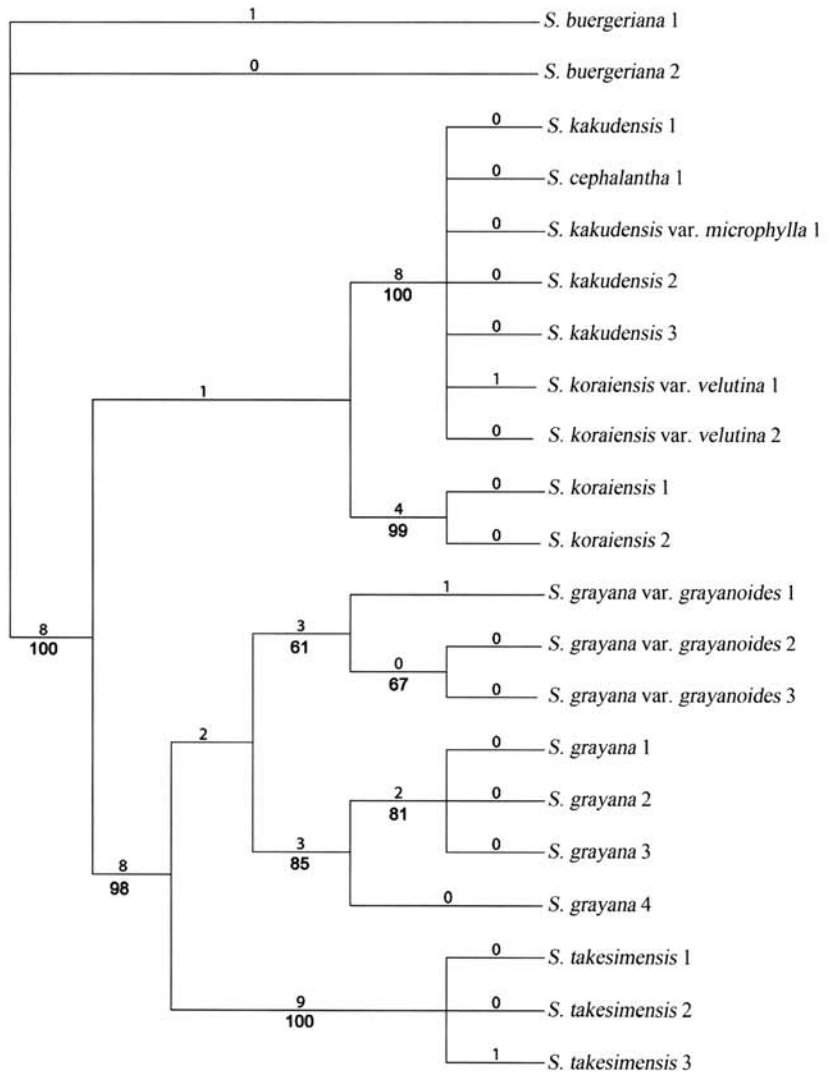

Fig. 1. One of the most parsimonious trees based on ITS sequences of 9 taxa. The number of changes is indicated above branches and bootstrap values are found below branches.

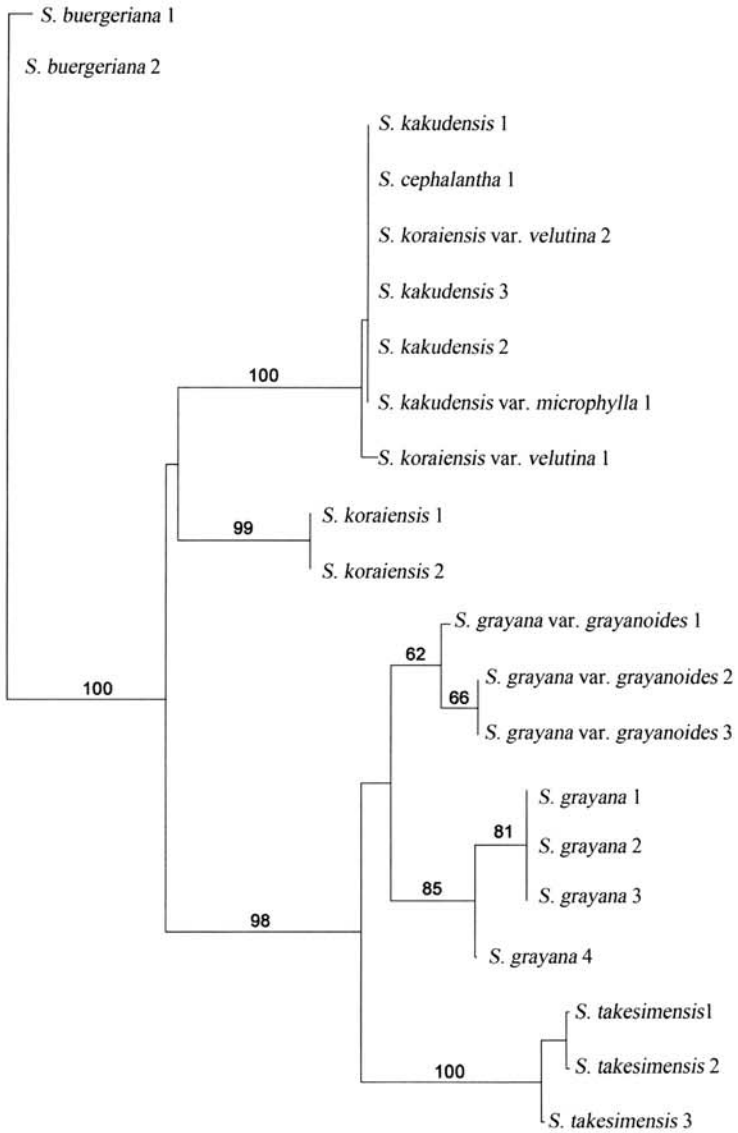

Fig. 2. Neighbor-Joining (NJ) tree of ITS sequences of 9 taxa. Numbers above branches are bootstrap support (%).

근이 없다. 잎은 대생이며 두껍고 윤기가 난다. 엽신은 난형이고 길이는 9-20 cm, 너비는 5-15 cm이며 표면과 이면에 털이 없다. 엽연은 둔거치연이다. 엽병은 2-5 cm이며 털이 없다. 화서는 취산화서로 이루어진 원추화서이며 15-80 cm이다. 꽃은 7-9월에 흑자색으로 피며 소화경의 길이는 1-2 cm이다. 꽃받침은 5개의 열편으로 갈라진다. 꽃받침열편은 삼각상 난형으로 길이는 2.5-3.0 mm이고 너비는 2.4-2.8 mm이다. 꽃잎은 상순 2개와 하순 3개로 이루어진 순형화관이다. 화통은 단지형으로 길이는 8.35-10.5 mm이고 직경은 4.5-5.6 mm이다. 상순의 길이는 3.9-5.0 mm이고 너비는 1.4-2.3 mm이다. 하순의 길이는 1.3-1.9 mm이고 너비는 3.0 mm이다. 의웅예는 길이 2.0-2.8 mm이고 너비는 2.2-3.1 mm이다. 수술은 2개는 길고 2개는 짧은 이강웅예이다. 화사는 흰색이며 4-5 mm이다. 약은 노란색이다. 암술은 1개이고 정생화주이다. 자방은 연녹색이며 2-4 mm이다. 화주는 흰색이며 3-4 mm이다. 주두는 봉상이며 미세돌기가 밀생한다. 과실은 원추형인 삭과이며 8-10월에 성숙한다. 종자는 미립상이며 수가 많다.

국내분포: 강원(속초), 함남, 함북
국외분포: 러시아, 일본
비고: 개현삼은 그동안 한국에 분포한다는 사실에 의구심이 많았으나, 이번 연구를 통해 러시아에서 동해안을 따라 속초까지 남하한다는 사실을 확인하게 되었다.

Fig. 3. Korean *Scrophularia* species. A. *S. koraiensis*; B. *S. takesimensis*; C. *S. kakudensis*; D. *S. grayana*; E. *S. buergeriana*. Scale bars 5 cm for A-C, 1 cm for D-E.

관찰표본: KOREA: Gangwon: Sokcho, 20 Aug. 2007, *K. Han MKS7121, MKS7122* (JNU), 18 Sep. 2007, *K. Han MKS7236-MKS7251* (JNU), 29 Sep. 2007, *K. Han MKS7271* (JNU), 25 Jul. 2008, *K. Han MKS8006-MKS8015* (JNU)

JAPAN: Hachinohe: Same, 1 Aug. 2007, *K. Han MKS7051-MKS7060* (JNU); Hokkaido: Nemuro-shi, 27 Jul. 1987, *M. Amano 490* (CNU)

2) ***Scrophularia takesimensis*** Nakai, J. Jap. Bot. 14: 635 (1938) Fig. 3B

S. grayana var. *takesimensis* (Nakai) Yamazaki, J. Jap. Bot. 37: 264 (1962)

국명: 섬현삼(Park, 1974)

다년생 초본이다. 줄기는 사각형이며 80-160 cm이다. 지하경은 육질 괴근이 없다. 잎은 대생이며 두껍고 윤기가 난다. 엽신은 난형이고 길이는 12-21 cm, 너비는 7-18 cm이며 표면과 이면에 털이 없다. 엽연은 둔거치연이다. 엽병은 2-7 cm이며 털이 없다. 화서는 취산화서로 이루어진 원추화서이며 20-45 cm이다. 꽃은 7-9월에 흑자색으로 피며 소화경의 길이는 1-2 cm이다. 꽃받침은 5개의 열편으로 갈라진다. 꽃받침

열편은 삼각상 난형으로 길이는 1.8-2.7 mm이고 너비는 2.6-3.2 mm이다. 꽃잎은 상순 2개와 하순 3개로 이루어진 순형화관이다. 화통은 단지형으로 길이는 1.0-1.5 mm이고 직경은 4-6 mm이다. 상순의 길이는 2.0-3.5 mm이고 너비는 1.8-3.5 mm이다. 하순의 길이는 0.8-1.6 cm이고 너비는 1.9-3.0 cm이다. 의웅예는 길이 1.4-1.8 mm 너비, 1.1-1.5 mm이다. 수술은 2개는 길고 2개는 짧은 이강웅예이다. 화사는 흰색이며 3.3-4.6 mm이다. 약은 노란색이다. 암술은 1개이고 정생화주이다. 자방은 연녹색이며 1.3-2.3 mm이다. 화주는 흰색이며 1.5-2.3 mm이다. 주두는 봉상이며 미세돌기가 밀생한다. 과실은 원추형인 삭과이며 9-10월에 성숙한다. 종자는 미립상이며 수가 많다.

국내분포: 경북(울릉도), 한국특산식물

비고: 섬현삼은 근연종인 개현삼과 외부형태와 ITS 염기서열에 의해 뚜렷이 구별되는 울릉도에서만 한정분포하는 한국 특산식물이다.

관찰표본: KOREA: Gyeongbuk: Is. Ulleung, 13 Aug. 2006, *M. Kim MKS6001* (JNU), 28 May 2007, *K. Han MKS7001-MKS7006* (JNU), 24 Jun. 2007, *K. Han MKS7011-MKS7016* (JNU), 3 Jul. 2007, *K. Han MKS7021-MKS7026* (JNU)

3) ***Scrophularia kakudensis*** Franch., Bull. Soc. Bot. France 26: 87 (1879) Fig. 3C

S. cephalantha Nakai, J. Jap. Bot. 14: 634 (1938)

S. kakudensis var. *microphylla* Nakai, J. Jap. Bot. 14: 637 (1938)

S. koraiensis var. *velutina* Sakata ex Uyeki, Acta Phytotax. Geobot. 7: 16 (1938)

국명: 큰개현삼(Chung, 1957)

몽울토현삼(Park, 1974), 좀현삼(Park, 1974), 일월토현삼(Lee, 1997)

다년생 초본이다. 줄기는 사각형이며 60-150 cm이다. 지하경은 육질 괴근을 형성한다. 잎은 대생이며 얇고 윤기가 나지 않는다. 엽신은 난형이고 길이는 7-17 cm, 너비는 4-11 cm이며 표면과 이면에 털이 있다. 엽연은 둔거치연이다. 엽병은 1-7 cm이며 털이 있다. 화서는 취산화서로 이루어진 원추화서이며 10-30 cm이다. 꽃은 7-9월에 홍자색으로 피며 소화경의 길이는 1-2 cm이다. 꽃받침은 5개의 열편으로 갈라진다. 꽃받침열편은 삼각상 난형으로 길이는 0.7-4.0 mm이고 너비는 0.5-4.0 mm이다. 꽃잎은 상순 2개와 하순 3개로 이루어진 순형화관이다. 화통은 단지형으로 길이는 6.8-11.3 mm이고 직경은 3.5-4.5 mm이다. 상순의 길이는 2.0-3.8 mm이고 너비는 1.6-2.7 mm이다. 하순의 길이는 0.6-2.0 mm이고 너비는 1.8-3.1 mm이다. 의웅예는 1.0-1.7 mm이다. 수술은 2개는 길고 2개는 짧은 이강웅예이다. 화사는 흰색이며 2.2-4.8 mm이다. 약은 노란색이다. 암술은 1개이고 정생화주이다. 자방은 연녹색이며 0.8-1.6 mm이다. 화주는 흰색이며 2.0-4.2 mm이다. 주두는 봉상이며 미세돌기가 밀생한다. 과실은 원추형인 삭과이며 8-10월에 성숙한다. 종자는 미립상이며 수가 많다.

국내분포: 제주, 전남, 전북, 경남, 경북, 충남, 충북, 경기, 강원

국외분포: 일본

비고: 몽울토현삼은 토현삼에 비해 화서가 짧고 9개의 꽃이 머리모양으로 모여 달리며 잎에는 짧은 삼각형의 톱니가 있어서 신종으로 기재된 분류군이나 미륵산 채집개체를 관찰한 결과 짧은 화서를 가지는 특징 외에는 큰개현삼과 구별되는 형질이 없고 ITS 염기서열 또한 같아 큰개현삼에 포함하는 것이 타당하다고 판단된다. 일월토현삼은 식물체에 털이 많아 토현삼의 변종으로 기재되었으나 털이 많고 적음 외에는 큰개현삼과 형태적 차이가 없으며 유전적 거리의 차이가 없거나 매우 가까워 큰개현삼으로 포함해야함을 나타내 주었다. 좀현삼은 큰개현삼에 비해 줄기가 가늘고 잎의 길이가 2-4 cm인 특징을 가져 큰개현삼의 변종으로 처리되었으나 ITS 염기서열이 같아 큰개현삼에 통합하는 것을 지지해 주었다.

관찰표본: KOREA: Chungbuk: Mt. Songni, 5 Sep. 2007, *K. Han MKS7186-MKS7199* (JNU); Gangwon: Keumdaebong, 17 Sep. 2007, *K. Han MKS7211-MKS7220* (JNU), 30 Aug. 2008, *K. Han MKS8076-MKS7079* (JNU), Mt. Deokhang, 30 Aug. 2008, *K. Han MKS8071* (JNU), Sokcho, 18 Sep. 2007, *K. Han MKS7221-MKS7234* (JNU), 25 Jul. 2008, *K. Han MKS8006-MKS8015* (JNU); Gyeongbuk: Mt. Ilwol, 19 Sep. 2007, *K. Han MKS7256-MKS7268* (JNU), Mt. Ilwol, 17 Aug. 2008, *K. Han MKS8056-MKS8064* (JNU); Gyeongnam: Mt. Mireuk, 11 Aug. 2007, *K. Han MKS7081-MKS7082* (JNU), Mt. Mireuk, 31 Aug. 2007, *K. Han MKS7171* (JNU); Jeonbuk: Mt. Dukyu, 22 Aug. 2006, *K. Han MKS6006* (JNU), 13 Aug. 2007, *K. Han MKS7091-MKS7100* (JNU), 24 Aug. 2007, *K. Han MKS7156-MKS7170* (JNU), Mt. Gubong, 5 Sep. 2007, *K. Han MKS7181-MKS7182* (JNU), 27 Aug. 2008, *K. Han MKS8066-MKS8070* (JNU); Jeonnam: Mt. Ipam, 4 Sep. 1993, *H. Im N. 22231-1* (CNU), Mt. Jiri, 23 Aug. 2007, *K. Han MKS7131-MKS7154* (JNU); Jeju: Kyorae, 5 Sep. 2008, *C. Lee CLee2801* (KH)

4) ***Scrophularia koraiensis*** Nakai, Bot. Mag. Tokyo 23: 189 (1909) Fig. 3A

국명: 토현삼(Chung, 1957)

다년생 초본이다. 줄기는 사각형이며 75-140 cm이다. 지하경은 육질 괴근을 형성한다. 잎은 대생이며 얇고 윤기가 나지 않는다. 엽신은 난형이고 길이는 8-18 cm, 너비는 5-8 cm이며 표면과 이면에 털이 있다. 엽연은 둔거치연이다. 엽병

은 1-5 cm이며 털이 있다. 화서는 취산화서로 이루어진 원추화서이며 15-40 cm이다. 꽃은 8-9월에 홍자색으로 피며 소화경의 길이는 1-2 cm이다. 꽃받침은 5개의 열편으로 갈라진다. 꽃받침열편은 삼각상 난형으로 길이는 2.5-3.1 mm이고 너비는 1.2-1.5 cm이다. 꽃잎은 상순 2개와 하순 3개로 이루어진 순형화관이다. 화통은 단지형으로 길이는 8.4-10.4 mm이고 직경은 3.3-5.0 mm이다. 상순의 길이는 2.2-3.1 mm이고 너비는 2.0-3.0 mm이다. 하순의 길이는 0.5-2.0 mm이고 너비는 2.1-2.8 mm이다. 의웅예는 길이 1.5-2.2 mm이고 너비 1.5-2.1 mm이다. 수술은 2개는 길고 2개는 짧은 이강웅예이다. 화사는 흰색이며 3.3-4.4 mm이다. 약은 노란색이다. 암술은 1개이고 정생화주이다. 자방은 연녹색이며 1.8-2.2 mm이다. 화주는 흰색이며 1.7-4.2 mm이다. 주두는 봉상이며 미세돌기가 밀생한다. 과실은 원추형인 삭과이며 8-10월에 성숙한다. 종자는 미립상이며 수가 많다.

국내분포: 강원(설악산, 오대산, 대암산), 한국특산식물

비고: 토현삼은 강원도 오대산 이북에 분포하며 큰개현삼과 외부형태가 비슷하나, 꽃받침열편은 길이가 폭보다 2배 이상 길며 끝은 뾰족한 점에서 구별된다.

관찰표본: KOREA: Gangwon: Mt. Seorak, 20 Aug. 2007, *K. Han MKS7101-MKS7119* (JNU), 16 Aug. 2008, *K. Han MKS8036-MKS8045* (JNU), Mt. Odae, 15 Aug. 2008, *K. Han MKS8021-MKS8034* (JNU),

5) ***Scrophularia buergeriana*** Miq., Ann. Mus. Bot. Lugd.-Bat. 2: 116 (1865) Fig. 3E

국명: 현삼(Chung, 1957)

다년생 초본이다. 줄기는 사각형이며 150-190 cm이다. 지하경은 육질 괴근을 형성한다. 잎은 대생이며 얇고 윤기가 나지않는다. 엽신은 난형이고 길이는 10-15 cm, 너비는 8-10 cm이며 표면과 이면에 털이 없다. 엽연은 둔거치연이다. 엽병은 2-5 cm이며 털이 없다. 화서는 취산화서가 아주 짧아 수상화서처럼 보이며 30-40 cm 이다. 꽃은 8-9월에 황녹색으로 피며 소화경의 길이는 0.3-0.6 cm이다. 꽃받침은 5개의 열편으로 갈라진다. 꽃받침열편은 삼각상 난형으로 길이는 2.7-3.3 mm이고 너비는 1.7-2.3 mm이다. 꽃잎은 상순 2개와 하순 3개로 이루어진 순형화관이다. 화통은 단지형으로 길이는 7.1-7.5 mm이고 직경은 3.5-3.9 mm이다. 상순의 길이는 1.4-2.4 mm이고 너비는 2.6-2.8 mm이다. 하순의 길이는 1.3-1.8 mm이고 너비는 1.6-2.2 mm이다. 의웅예는 길이 0.9-1.2 mm이고 1.2-1.4 mm이다. 수술은 2개는 길고 2개는 짧은 이강웅예이다. 화사는 흰색이며 3.6-4.0 mm이다. 약은 노란색이다. 암술은 1개이고 정생화주이다. 자방은 연녹색이며 1.0-1.4 mm이다. 화주는 흰색이며 2.8-4.5 mm이다. 주두는 봉상이며 미세돌기가 밀생한다. 과실은 원추형인 삭과이며 8-10월에 성숙한다. 종자는 미립상이며 수가 많다.

국내분포: 강원(해금강), 함남, 함북

국외분포: 일본, 중국, 러시아, 대만

비고: 현삼은 나머지 현삼 분류군들과 수상상 총상화서와 황녹색의 화관을 가져 구별되어진다. 분포지는 강원도 이북이며 남한에는 분포하지 않는다. 따라서 남한에서는 약용식물로 활용하기 위해 주로 재배한다. 현삼에 비해 소형인 특징으로 변종 처리된 제주현삼(*S. buergeriana* var. *quelpartensis*)은 본 연구에서 채집을 시도하였으나 발견하지 못했다.

관찰표본: KOREA: Gyeongnam: Pohang, 22 Jul. 2008, *MKS8001-MKS8003* (JNU); Jeonbuk: Jinan, 11 Aug. 2007, *M. Kim MKS7071* (JNU)

고 찰

한국산 현삼속 6종 2변종과 근연종인 *Scrophularia grayana* var. *grayanoides*에 대한 외부 형태와 분자계통학적 연구를 수행하였다. 본 연구를 통하여 외부형태형질을 기초로 새로운 종 검색표를 작성하였으며 ITS 염기서열에 의한 분자계통학적 연구결과를 고려하여 한국산 현삼속의 종의 범위를 재검토하였다.

그동안 한국산 현삼속의 분류는 종의 한계나 종간 유연관계에 있어서 논쟁거리였으나, 본 연구의 외부형태학적 연구결과와 ITS 염기서열에 의한 분자계통학적 연구 결과를 통해 한국산 현삼속의 계통학적 유연관계가 확실해졌다.

섬현삼(*S. takesimensis*)은 울릉도에만 분포하는 한국의 특산식물로 개현삼(*S. grayana*)과 유사하여 변종으로 취급된 경우도 있었으나(Yamazaki, 1962), ITS 염기서열의 결과는 뚜렷이 구별되는 독립된 분류군임을 지지해 주었다. 이같은 사실은 섬현삼이 줄기에 날개가 없는데 반하여 개현삼은 뚜렷한 날개가 있는 점에서 외부형태학적으로도 지지해 주었다.

개현삼(*S. grayana*)은 그동안 한국의 분포에 대한 논쟁이 많았으나 일본에 분포하는 개현삼과 속초에서 채집된 개체가 매우 가까운 유전적 거리를 가져 단일 분류군으로 판단되어 한국에 분포함을 입증해 주었다. 또한 속초의 새로운 자생지를 발견함으로서 개현삼이 러시아와 일본뿐만 아니라 우리나라의 속초에도 분포한다는 사실을 알게 되었고 이는 러시아에서 동해안을 따라 속초까지 남하했을 가능성을 시사한다.

여러 학자에 의해 종 또는 변종으로 기재되었던 몽울토현삼(*S. cephalantha*), 일월토현삼(*S. koraiensis* var. *velutina*), 좀현삼(*S. kakudensis* var. *microphylla*)은 ITS 염기서열이 큰개현삼(*S. kakudensis*)과 일치하거나 거의 같아 형태학적으로 변이가 있지만 큰개현삼에 통합해야함을 지지해 주었다.

토현삼(*S. koraiensis*)은 큰개현삼과 형태적으로 아주 유사하여 분류학적 위치가 불분명했으나, ITS 염기서열의 결과 뚜렷이 구별되어 별개의 독립적인 한국 특산종임을 지지해 주었다. 이같은 결과는 토현삼은 꽃받침열편이 길고 뾰족하며 엽액형 화서를 가진데 반하여 큰개현삼은 꽃받침열편이 짧고 끝이 둥글며 정단형 화서를 가진 점에서 외부 형태학적

으로도 지지해 주었다.

S. grayana var. *grayanoides*는 일본 혼슈의 동북부지방에 한정 분포하는 일본의 특산식물로 그동안 개현삼의 변종으로 간주되어 왔으나(Kamada et al., 2007; Iwatsuki et al., 1993), ITS 염기서열 결과 독립적인 종으로 처리하는 것(Kikuchi, 1968)을 지지해 주었다.

이러한 연구 결과에 의하면 현삼속내 분류에 있어 형태형질 기반의 연구보다 DNA 염기서열에 기초한 분자계통학적 연구가 훨씬 유용한 방법으로 판단되며 따라서 이상의 ITS 연구결과는 한국산 현삼속의 계통을 이해하는데 매우 유용한 형질인 것으로 판명되었다. 이로써 외부형태와 ITS를 기초로 한 분자계통학적 연구결과를 종합하여 한국산 현삼속 식물들을 5종으로 재정리하였다. 끝으로 중국과 일본을 포함하는 동아시아의 현삼속에 대한 계통학적 유연관계를 규명하기 위해 외부형태와 nuclear ribosomal DNA의 ITS region 이외에 chloroplast DNA의 염기분석을 통한 추가적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

인용문헌

Chung, T. H. 1957. Korean Flora Vol. II. Sinjisa, Seoul. Pp. 591-592.

Farris, J. S., V. A. Albert, M. Kallersjo, D. Lipscomb and A. G. Kluge. 1996. Parsimony jackknifing outperforms neighbor-joining. Cladistics 12: 99-124.

Felsenstein, J. 1985. Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. Evolution 39: 783-791.

Iwatsuki, K., T. Yamazaki, D. E. Boufford and H. Ohba. 1993. Flora of Japan Vol. IIIa. Kodansha, Tokyo. Pp. 329-331.

Kamada, T., T. Yamashiro and M. Maki. 2007. Intraspecific morphological and genetic differentiation in *Scrophularia grayana* (Scrophulariaceae). J. Plant Res. 120: 437-443.

Kelly, L. M. 1998. Phylogenetic relationships in *Asarum* (Aristolochiaceae) based on morphology and ITS sequences. Am. J. Bot. 85: 1454-1467.

Kikuchi, M. 1968. A new species of the genus *Scrophularia* from the Kitakami Mountains in northern Honshu, Japan. Mem Nat Sci. Mu Tokyo 1: 67-70.

Kim, D. B., C. S. Cho and C. J. Kim. 2007. Gene expression of hyperthyroid rats treated by *Scrophularia buergeriana* Miquel. Kor. J. Herbology 22: 9-19.

Kim, K. J., Y. D. Kim, J. H. Kim, S. J. Park, C. W. Park, B. Y. Sun, K. O. Yoo, B. H. Choi and S. T. Kim. 2008. Phylogentic classification of Korean vascular flora according to the recent APG classification system. Korean J. Pl. Taxon. 38: 197-222.

Kim, K. J. and H. K. Choi. 2007. Scrophulariaceae. *In* The Genera of Vascular Plants of Korea. Flora of Editorial Committee (eds). Academy Publishing Co, Seoul. Pp. 864-865.

Kim, M. Y. 2004. Korean Endemic Plants. Solkwahak, Seoul. Pp. 159-160.

Kimura, M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. J. Mol. Evol. 16: 111-120.

Lee, H., S. Park, B. Choo, J. Chun, A. Lee and H. Kim. 2007. Quantitative Analysis Comparison of Korea and China Scrophulariae Radix. Kor. J. Phamacogn. 38: 15-18.

Lee, T. B. 1980. Coloured Flora of Korea Vol. II. Hyangmunsa, Seoul. Pp. 161-163.

Lee, W. T. 1997. Lineamenta Florae Koreae. Academy Publishing Co, Seoul. Pp. 1006-1008.

Lee, Y. N. 2006. New Flora of Korea Vol. II. Kyohaksa, Seoul. Pp. 182-183.

Miquel, F. W. 1865. Prolusio Florae Iaponicae. Ann. Mus. Bot. Lugd.-Bativ. 2: 69-212.

Nakai, T. 1909. Plantae novae Asiaticae. Bot. Mag. Tokyo 23: 185-192.

Nakai, T. 1938. Plantae Novae Asiaticae. J. Jap. Bot. 14: 635.

Park, M. K. 1974. Herbaceous plants in Korea (Dicotyledoneae). Jungeumsa, Seoul. Pp. 414-415.

Saitou, N. and M. Nei. 1987. The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees. Mol. Biol. Evol. 4: 406-425.

Swofford, D. L. 2002. PAUP*: Phylogenetic analysis using parsimony and other methods(ver. 4.0). Sinauer Associates, Sunderland, MA.

Thompson, J. D., T. J. Gibson, F. Plewniak, F. Jeanmougin and D. G. Higgins. 1997. The Clustal X windows interface: Flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tool. Nucleic. Acids Res. 25: 4876-4882.

White, T. J., T. Birns, 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. Academic Press, San Diego. Pp. 315-322.

Yamaji, H., T. Fukuda, J. Yokoyama, J. H. Pak, C. Z. Zhou, C. S. Yang, K. Kondo, T. Morota, S. Takeda, H. Sasaki and M. Maki. 2007. Reticulate evolution and phylogeography in *Asarum* sect. *Asiasarum* (Aristolochiaceae) documented in internal transcribed spacer sequences (ITS) of nuclear ribosomal DNA. Mol. Phylogenet. Evol. 44: 863-884.

Yamazaki, T. 1949. *Scrophularia* Asiae Orientalis (1). J. Jap. Bot. 23: 79-88.

Yamazaki, T. 1962. Note on Scrophulariaceae of Asia. J. Jap. Bot. 37: 263-273.