



A taxonomic note of the genus *Lilium* section *Martagon* in Korea

Ji-Hee Song and Woong-Bin Lee*

Department of Biological Sciences, College of Environmental Sciences, Yongin University, Yongin 17092, Korea
(Received 7 December 2016; Revised 27 January 2017; Accepted 16 March 2017)

한국산 백합속(*Lilium*) 내 말나리절의 분류학적 검토

송지희 · 이웅빈*

용인대학교 환경과학대학 생명과학과

ABSTRACT: The genus *Lilium* comprises about 100 species and is a major element of the family Liliaceae in temperate region of North Hemisphere. In the light of recent studies on the genus, we tried to examine the taxonomy of three Korean species (*L. hansonii*, *L. tsingtauense*, and *L. distichum*) belonging to section *Martagon*. The four available chloroplast regions (*rbcL*, *matK*, *ndhF*, and *atpB*) in *Lilium* species were selected and analyzed for a maximum likelihood phylogeny. As a results, three Korean species of section *Martagon* formed a monophyletic group. However, they nested within paraphyletic section *Sinomartagon*. Further, the discussions on taxonomic affinities of Korean species have made based on comparison between topology of phylogenetic tree and morphology.

Keywords: Liliaceae, *Lilium*, taxonomic note, *Martagon*, *Lilium tsingtauense* Gilg

적 요: 백합속(*Lilium*)은 백합과에 속하는 식물로 북반구의 온대지역에 100 종 이상이 분포하는 비교적 큰 분류군이다. 최근 수행된 백합속 식물에 대한 연구들을 참조하여 한국산 *Martagon*절의 3종(하늘말나리, 말나리, 섬말나리)에 대한 분류학적 검토를 진행하고자 하였다. 백합속에서 가용한 염기서열 중 엽록체 유전체의 4개 부위 *rbcL*, *matK*, *ndhF*, *atpB*를 선정하여 계통수를 작성하였다. 그 결과, 한국산 *Martagon*절 3종은 단계통군인 것으로 나타났다. 그러나 이들은 한편 측계통군인 *Sinomartagon*절에 속하는 것이었다. 추가적으로, 형태형질과 계통수의 분지양상에 대해 비교 분석하였고 한국산 식물들에 대한 분류학적 유연관계를 논의하였다.

주요어: 백합과, 백합속, 분류학적 검토, 말나리절, 하늘말나리

백합속(*Lilium*)은 백합과(Liliaceae)에 속하는 식물로서, 100종 이상이 북반구의 온대지역에 분포하는 비교적 큰 분류군이다. 백합속과 가장 근연인 것으로 평가되는 속은 *Fritillaria*와 *Nomocharis*로 이들은 공통조상에서 유래한 것으로 보여진다(Hayashi and Kawano, 2000).

백합속의 분류학적 연구는 Reichenbach(1830)가 뿌리, 줄기, 잎, 열매 등의 형태적 형질에 대한 연구를 수행한 바 있다(Endlicher, 1836; Baker, 1871, 1874; Wilson, 1925; Comber, 1949; Woodcock and Stearn, 1950; Wang and Tang,

1980; Baranova, 1988; Lee et al., 1993). 이후 Comber(1949)는 형태적 특성에 기초하여 백합속을 *Martagon* Rchb., *Pseudolirium* Wilson, *Liriotypus* Asch. & Graebn., *Archelirion* Baker, *Sinomartagon* H. F. Comber, *Leucolirion* Wilson, *Dauroilirion* H. F. Comber로 이루어진 7개의 하위분류군으로 분류하였다. 한국산 백합속은 Palibin (1901)이 *L. amabile*, *L. medeoloides*, *L. tigrinum*의 3종을 발표한 이래, *L. hansonii*와 *L. cernuum*, *L. dauricum* 등이 보고되었으며 (Komarov, 1901; Nakai, 1911, 1915, 1917, 1918, 1952) 이외

*Author for correspondence: wblee@yongin.ac.kr

Table 1. Collecting site of *Lilium* section *Martagon* in Korea.

Species	Date	Site	Voucher
<i>L. tsingtauense</i> Gilg (하늘말나리)	9 Jul. 2014	Korea, Gyeonggi-do, Yongin-si, Mt. Buisan	<i>Song14713</i>
	12 Jul. 2014	Korea, Jeollanam-do, Gurye-gun, Mt. Jirisan	<i>Song14717</i>
	13 Jul. 2014	Korea, Gyeongsangnam-do, Hadong-gun, Mt. Jirisan	<i>Song14723</i>
<i>L. distichum</i> Nakai ex Kamib. (말나리)	24 May 2014	Korea, Gangwon-do, Hoengseong-gun, Mt. Cheongtaesan	<i>Song14524</i>
	1 Jul 2014	Korea, Gyeongsangbuk-do, Sancheong-gun, Jungsan-ri, Mt. Jirisan	<i>Song14718</i>
	13 Jul 2014	Korea, Gyeongsangnam-do, Hadong-gun, Mt. Jirisan	<i>Song14727</i>
<i>L. hansonii</i> Leichtlin ex D. D. T. Moore (섬말나리)	28 May 2015	Korea, Gyeongsangbuk-do, Ulleung-gun, Jeodong-ri (Naesujeon)	<i>Song15328</i>
	29 May 2015	Korea, Gyeongsangbuk-do, Ulleung-gun, Nari-basin (Seonginbong Peak)	<i>Song15332</i>

에 *L. callosum*, *L. concolor*, *L. pumilum*, *L. leichtlinii*, *L. tsingtauense* 등 현재 한국에는 11종과 2변종이 분포하고 있는 것으로 알려져 있다(Lee, 2007). 또한 한국에 분포하는 모든 종은 *Martagon*절 또는 *Sinomartagon*절에 속한다.

백합속 *Martagon*절 식물은 한국 고유종인 섬말나리를 포함하여 전 세계에 4종이 분포하며, 섬말나리의 경우 5–6월, 하늘말나리와 말나리의 경우 6–8월에 개화한다. 특히 1–4층의 율생엽과 산생엽을 가지고, 율생엽의 연녹색 무늬가 뚜렷하며, 삭과에 날개를 형성하는 것이 백합속의 다른 절과 구분된다. 또한 종자가 다른 절에 비해 무겁고 화피편의 끝에 돌기가 있으며, 열매의 길이와 폭의 비율이 같다고 알려진 바 있다(Comber, 1949).

한국에 분포하는 백합속에 대한 분류학적 연구는 백합목이나 백합과 수준에서 부분적인 유전자인 *matK*, *rbcL* 및 nrITS 염기서열을 이용한 계통분류학적 연구 등이 다수 이루어져 왔으나(Nishikawa et al., 1999; Rønsted et al., 2005; Nishikawa, 2007; Lee et al., 2011; Kim et al., 2013), 여전히 한국산 백합속의 분류체계 수정에 대한 연구 및 분류군간 유연관계에 대한 연구 등이 부족한 실정이다.

한편 백합속 식물은 한국을 포함한 동아시아가 분포기 원지로 알려져 있으며, 구근은 식용으로, 꽃은 원예로 쓰이는 중요한 식물자원이다. 따라서 자원으로서의 가치가 높고 분포중심지인 한국산 백합속 *Martagon*절 식물들의 계통분류학적 연구를 수행하고자 한다. 이를 위해 엽록체 DNA 4개 유전자 구간(*rbcL*, *matK*, *ndhF*, *atpB*)의 염기서열을 기초로 *Martagon*절을 포함한 백합속 내 계통수가 작성되었다. 특히 이번 연구 결과는 Baker (1874), Wilson (1925), Comber (1949) 및 Lee (1989)의 백합속 분류체계와 비교하는 데 목적이 있다.

재료 및 방법

연구재료

본 연구의 사용된 백합속 *Martagon*절의 하늘말나리, 말나리, 섬말나리는 2014년부터 2015년까지 국내 자생지에

서 직접 관찰 및 채집하였고, 증거표본은 용인대학교 식물표본관에 보관하였다(Table 1). 백합속 내 *Martagon*절에 속한 *Lilium martagon* L.의 경우 국내에 분포하는 것으로 알려져 있으나(Nishikawa, 2007), 국내 자생분포지 확인이 불가능하여 본 연구에서 제외시켰다.

자료 분석

백합속 내 *Martagon*절 분류학적 위치를 밝히기 위해 백합속 식물들의 엽록체 DNA에 위치한 4개 유전자 부위(*rbcL*, *matK*, *ndhF*, *atpB*)에 대한 염기서열 정보를 이전 연구(Song et al., 2016) 및 Genbank 등으로부터 수집하였다(Table 2). 종 선정은 한국산 *Martagon*절 3종과 백합속 내 *Sinomartagon*절, *Leucolirion*절 및 *Pseudolirium*절에서 최소 한 종씩을 포함하였다. 또한 계통학적 분석에서 균의

Table 2. GenBank accession numbers of genes (or *plastid genome) used in the molecular phylogenetic analyses.

Taxa	Genes	GenBank no.
<i>Lilium tsingtauense</i> Gilg.	<i>rbcL</i> , <i>matK</i> , <i>atpB</i> , <i>ndhF</i>	*KU_230438
<i>Lilium hansonii</i> Leichtlin ex D. D. T. Moore	<i>rbcL</i> , <i>matK</i> , <i>atpB</i> , <i>ndhF</i>	*KM_103364
<i>Lilium distichum</i> Nakai ex Kamib.	<i>rbcL</i>	AB_034937
	<i>matK</i>	JF_972949
	<i>atpB</i>	JX_903928
	<i>ndhF</i>	JX_903509
<i>Lilium longiflorum</i> Thunb.	<i>rbcL</i> , <i>matK</i> , <i>atpB</i> , <i>ndhF</i>	*KC_968977
<i>Lilium superbum</i> L.	<i>rbcL</i> , <i>matK</i> , <i>atpB</i> , <i>ndhF</i>	*NC_026787
<i>Lilium amabile</i> Palib.	<i>rbcL</i>	JN_417418
	<i>matK</i>	AB_049496
	<i>atpB</i>	KM_085884
	<i>ndhF</i>	KM_085758

Table 2. Continued.

Taxa	Genes	GenBank no.
<i>Lilium regale</i> E. H. Wilson	<i>rbcl</i>	AB_088816
	<i>matK</i>	AB_049491
	<i>atpB</i>	KM_085896
	<i>ndhF</i>	KM_085770
<i>Lilium lancifolium</i> Thunb.	<i>rbcl</i>	AB_034937
	<i>matK</i>	JF_972949
	<i>atpB</i>	KM_085891
	<i>ndhF</i>	KM_085765
<i>Lilium concolor</i> Salisb.	<i>rbcl</i>	JN_417420
	<i>matK</i>	JN_417331
	<i>atpB</i>	KM_085887
	<i>ndhF</i>	JX_903509
<i>Lilium pensylvanicum</i> Ker Gawl.	<i>rbcl</i>	KM_085513
	<i>matK</i>	KM_085642
	<i>atpB</i>	KM_085894
	<i>ndhF</i>	KM_085768
<i>Lilium cernuum</i> Kom.	<i>rbcl</i>	JN_417419
	<i>matK</i>	AB_049506
	<i>atpB</i>	KM_085886
	<i>ndhF</i>	KM_085760
<i>Lilium leichtlinii</i> var. <i>maximowizii</i> (Regal) Baker	<i>rbcl</i>	AB_034932
	<i>matK</i>	AB_030860
	<i>atpB</i>	KM_085893
	<i>ndhF</i>	KM_085767
<i>Lilium pumilum</i> Delile	<i>rbcl</i>	KM_085514
	<i>matK</i>	KM_085643
	<i>atpB</i>	KM_085895
	<i>ndhF</i>	KM_085769
<i>Fritillaria davidii</i> Franch.	<i>rbcl</i>	KM_085477
	<i>matK</i>	KP_998197
	<i>atpB</i>	KM_085856
	<i>ndhF</i>	KM_085732
<i>Fritillaria japonica</i> Miq.	<i>rbcl</i>	KM_085481
	<i>matK</i>	KP_998199
	<i>atpB</i>	KM_085860
	<i>ndhF</i>	KM_085736
<i>Fritillaria taipaiensis</i> P. Y. Li	<i>rbcl, matK, atpB, ndhF</i>	*NC_023247

군으로 이용하기 위해 백합속의 근연속으로 알려진 패모속(*Fritillaria* L.)의 3종에 대한 염기서열정보들이 수집되

었다. 수집된 모든 염기서열은 Clustal W (Hall, 1999)를 통해 정렬시켰다. 정렬된 염기서열 정보들은 maximum likelihood 방식을 기반으로 10,000번의 반복과 계통수 내 각 분기점들에 대한 지지를 알아보기 위한 bootstrap 분석 방법(Felsenstein, 1985)에 따라 계통수가 작성되었다. 염기서열 치환모델로는 GTR+CAT+I가 선정되었고, 이는 Geneious s 7. 1 프로그램에 설치된 어플리케이션인 RAxML을 통해 수행되었다(Stamatakis et al. 2008).

결과 및 고찰

본 연구에서는 엽록체 DNA 내 유전자 4개 구간(*rbcl*, *matK*, *ndhF*, *atpB*)의 염기서열을 기초로 계통수를 작성하여 한국산 *Martagon*절의 중간 유연관계 및 속 내 분류학적 위치를 분석하였다(Fig. 1). 본 연구 결과는 *Martagon*절은 단계통군으로 나타나, 기존의 nrITS 염기서열에 근거한 계통학적 연구(Lee et al., 2011)와 유사하였다. 한편 Comber(1949)에 따르면, 백합속에서 *Martagon*절과 *Sinomartagon*절은 산생하는 잎을 가지고, 흙 위에서 발아하며, 전체 구근은 비늘모양으로 이루어져 있고, Turk's cap 모양의 꽃이 피며, 암술머리는 작고, 대부분의 종이 동아시아 주변에 분포하는 특성을 갖는 것으로 알려져 있다. 또한 Kim and Lee (1990a)는 *Martagon*절은 외부 형태적으로 뿌리 인경이 두꺼운 인편으로 영성하게 구성되며 폭이 길이보다 크거나 비슷하고, 화피편은 다른 절과 비교하여 두껍고 길이가 3.0–4.0 cm 사이로 나타나 다른 절과 형태적으로 구분되는 것을 밝혔다. 따라서 본 연구의 결과는 이전의 *Martagon*절의 형태학적 연구들의 결과 또한 지지하였다(Comber, 1949; Lee, 1989; Kim and Lee, 1990a, 1990b, 1990c, 1992).

*Martagon*절 내 중간 유연관계를 봤을 때, 형태형질에 기초한 분계분석(Lee, 1989)에서 하늘말나리와 말나리는 산생엽 이외에 한 층의 윤생엽을 갖지만, 섬말나리는 2–4층의 윤생엽을 갖는 점을 근거로 섬말나리는 절 내의 나머지 두 종과 구분되었다. 게다가 RAPD를 이용한 한국산 백합속의 종간의 유연관계 파악에 관한 연구에서(Lee et al., 1993), *Martagon*절의 3종 중에서도 하늘말나리와 말나리가 공유하는 마커가 가장 많아 분류학적 유연관계가 가장 가까운 것으로 여겨졌다. 하지만 본 연구에서는 말나리가 가장 먼저 분지되고, 이후 하늘말나리와 섬말나리가 분지하여, 이전의 의견과 다소 다른 결과를 보였다. 이는 형태학적 관점에서 하늘말나리가 말나리와 섬말나리에 비해 짧은 화주와 화피편이 좌우대칭이 아닌 방사대칭으로 이루어져 있고, 섬말나리는 화피편이 두꺼운 것이 말나리와 구분된다(Lee, 1989). 이를 현재의 연구결과와 종합적으로 판단하였을 때, 한국산 *Martagon*절 내 종들은 좌우대칭의 화피편에서 방사대칭으로, 또한 암술이 짧아지는 방향으로 진화하였을 가능성이 있다고 추측되며, 나리속에서 나

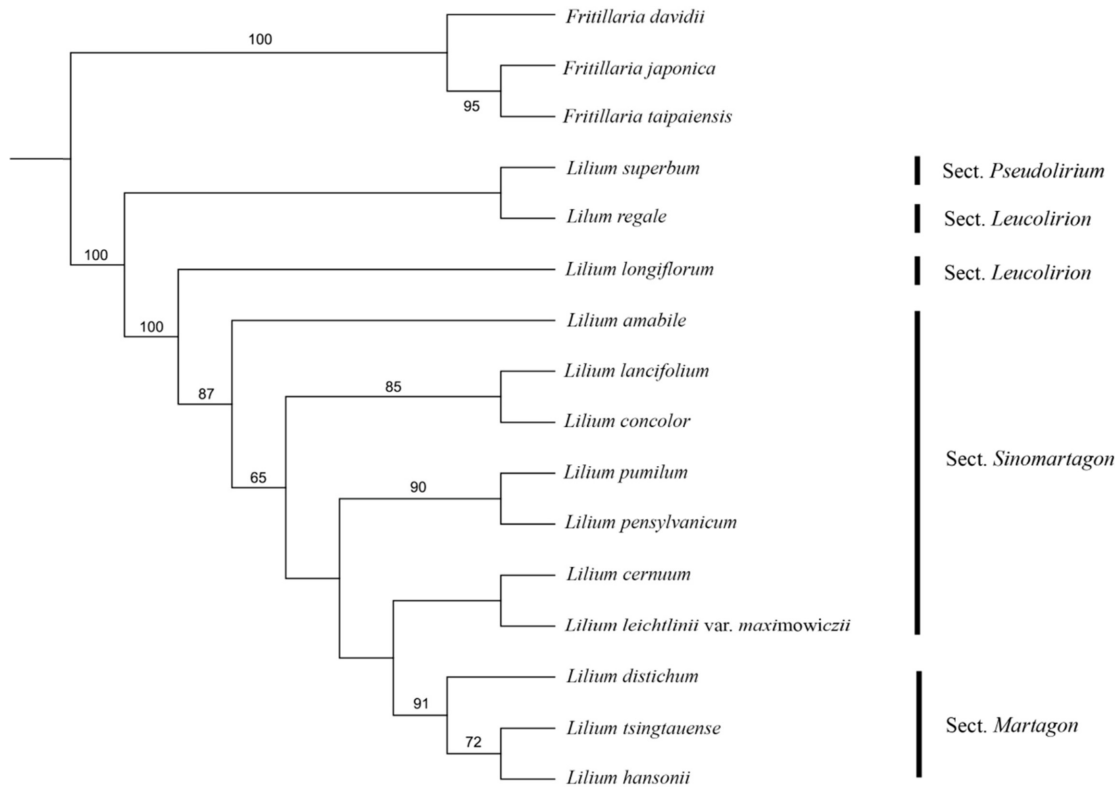


Fig. 1. Phylogenetic tree inferred by maximum likelihood tree using nucleotide sequences of *matK*, *rbcL*, *atpB*, *ndhF* in the genus *Lilium* section *Martagon*. Bootstrap values (>50) are shown above the branches.

타난 형질은 Bessey 원리의 진화양상과 다르게 나타난다고 보여진다(Bessey, 1897, 1915). 추가적으로 암술이 짧아지는 방향으로 진화하는 점은 하늘말나리 꽃의 개화 방향이 위를 향하기 때문에 비와 바람 등의 위험으로부터 피해를 최소화하기 위해 진화된 것으로 생각된다.

한편, 백합속 내 절간의 유연관계에서 *Martagon*절은 측계통군인 *Sinomartagon*절 내에 포함되었다. 이와 유사하게 nrITS를 이용한 연구결과에서도 *Martagon*절이 *Sinomartagon*절 등에 포함되었는데, *Martagon*절 외의 다른 절들이 측계통을 형성하는 것에 대해서는 추가적인 연구가 필요할 것이다. 한편 본 연구 결과는 분자적으로 *Martagon*절이 *Sinomartagon*절 내에서 단계통을 형성하는 것을 보임으로써, 형태학적으로 섬말나리가 수분 등의 생태환경이 양호한 곳에 생육하며, 윤생엽이 발달한다는 점을 근거로 *Martagon*절이 *Sinomartagon*절보다 대체적으로 하등하다는 이전 연구의 가설과는 대조되었다(Comber, 1949; Lightly, 1968; Lee, 1989).

결론적으로 이번 연구결과는 백합속 *Martagon*절 내 유연관계에서 이전의 연구결과와는 다른 진화방향을 제시하였다. 기존의 형태학적 연구와 현재의 분자생물학적 연구의 차이는 추후 세포학적 및 다른 마커를 이용한 유전학적 연구를 비롯한 다각적인 연구를 통해 추가적으로 논의되어야 할 것이다.

Acknowledgments

We thank to professor Joo-Hwan Kim at Gachon university for technical assistant and two anonymous reviewers for their valuable comments.

Literature Cited

- Baker, J. G. 1871. A new synopsis of all the known lilies. *Gardeners Chronicle* 104: 1650.
- Baker, J. G. 1874. Revision of the genera and species of Tulipeae. *Journal of the Linnean Society of London, Botany* 14: 211–310.
- Baranova, M. V. 1988. A synopsis of the system of the genus *Lilium* (Liliaceae). *BotŽurn* 73: 1319–1329.
- Bessey, C. E. 1897. Phylogeny and taxonomy of the angiosperms. *Botanical Gazette* 24: 145–178.
- Bessey, C. E. 1915. The phylogenetic taxonomy of flowering plants. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 2: 109–164.
- Comber, H. F. 1949. A new classification of the genus *Lilium*. *Lily Year-Book* 13: 86–105.
- Endlicher, M. 1836. *Genera Platarum* 141: 1960. Vienna.
- Felsenstein, J. 1985. Confidence limits on phylogenies: an

- approach using the bootstrap. *Evolution* 39: 783–791.
- Hall, T. A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series* 41: 95–98.
- Hayashi, K. and S. Kawano. 2000. Molecular systematics of *Lilium* and allied genera (Liliaceae): phylogenetic relationships among *Lilium* and related genera based on the *rbcL* and *matK* gene sequence data. *Plant Species Biology* 15: 73–93.
- Kim, J. S., J.-K. Hong, M. W. Chase, M. F. Fay and J.-H. Kim. 2013. Familial relationships of the monocot order Liliales based on a molecular phylogenetic analysis using four plastid loci: *matK*, *rbcL*, *atpB*, and *atpF-H*. *Botanical Journal of the Linnean Society* 172: 5–21.
- Kim, Y. S. and W. B. Lee. 1990a. A study of morphological characters on the genus *Lilium* L. in Korea. *Korean Journal of Plant Taxonomy* 20: 165–178. (in Korean)
- Kim, Y. S. and W. B. Lee. 1990b. A study of anatomical characters on the genus *Lilium* L. in Korea. *Korean Journal of Plant Taxonomy* 20: 179–189. (in Korean)
- Kim, Y. S. and W. B. Lee. 1990c. A study of epidermal characters on the genus *Lilium* L. in Korea by SEM. *Korean Journal of Plant Taxonomy* 20: 195–207. (in Korean)
- Komarov, V. L. 1901. Flora Manshuriae. *Acta Horti Petropolitani* 20: 461.
- Lee, C. S., S.-C. Kim, S. H. Yea and N. S. Lee. 2011. Major lineages of the genus *Lilium* (Liliaceae) based on nrDNA ITS sequences, with special emphasis on the Korean species. *Journal of Plant Biology* 54: 159–171.
- Lee, W. B. 1989. A systematic study on genus *Lilium* in Korea. PhD dissertation, Korea University, Seoul, Korea, 125 pp. (in Korean)
- Lee, W. B. and Y. S. Kim. 1992. A palynotaxonomic study on the genus *Lilium* in Korea. *Korean Journal of Botany* 35: 205–210. (in Korean)
- Lee, W. B., S. Y. Choe and Y. S. Kim. 1993. An application of random amplified polymorphic DNA (RAPD) to systematics of some species of *Lilium* in Korea. *Korean Journal of Plant Taxonomy* 23: 35–42. (in Korean)
- Lee, W. B. 2007. Liliaceae. In *The Genera of Vascular Plants of Korea*. Park, C.-W. (ed.), Academy Publishing Co., Seoul. Pp. 1286–1289.
- Lightly, R. W. 1968. Evolutionary trends in Lilies. *Lily Year Book* 31: 40–44.
- Nakai, T. 1911. Flora Koreana II. The Journal of the College of Science, Imperial University of Tokyo 31: 1–573.
- Nakai, T. 1915. Chosen Yuri Dzukai cited in Nakai, Korea, 1916–1917 pp.
- Nakai, T. 1917. Notulae ad plantas Japoniae. *Botanical Magazine in Tokyo* 31: 4–9.
- Nakai, T. 1918. Report on the Vegetation of Diamond Mountains, Korea, March, 1917. Government of Chosen, Seoul, 204 pp.
- Nakai, T. 1952. A synoptical sketch of Korean flora. *Bulletin of the National Sciences Museum* 31: 1–152.
- Nishikawa, T., K. Okazaki, T. Uchino, K. Arakawa and T. Nagamine. 1999. A molecular phylogeny of *Lilium* in the internal transcribed spacer region of nuclear ribosomal DNA. *Journal of Molecular Evolution* 49: 238–249.
- Nishikawa, T. 2007. Molecular phylogeny of the genus *Lilium* and its methodical application to other taxon. PhD dissertation, United Graduate School of Agricultural Science, Tokyo University of Agriculture and Technology, Tokyo, Japan, 127 pp.
- Palibin, J. 1901. *Conspectus Florae Koreae*. *Trudy Imperatorskago S.-Peterburskago Botaniceskago Sada* 19: 103–151.
- Reichenbach, H. G. L. 1830. *Flora Germanica Excursiora*. *Carolum Cnobloch, Lipsiae*. Pp. 103.
- Rønsted, N., S. Law, H. Thornton, M. F. Fay and M. W. Chase. 2005. Molecular phylogenetic evidence for the monophyly of *Fritillaria* and *Lilium* (Liliaceae; Liliales) and the infrageneric classification of *Fritillaria*. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 35: 509–527.
- Song, J. H., C. Y. Yoon, H. D. K. Do, W. B. Lee and J.-H. Kim. 2016. The complete chloroplast genome sequence of *Lilium tsingtauense* Gilg (sect. Martagon, Liliaceae). *Mitochondrial DNA Part B: Resources* 1: 318–320.
- Stamatakis, A., P. Hoover and J. Rougemont. 2008. A rapid bootstrap algorithm for the RAxML web servers. *Systematic Biology* 57: 758–771.
- Wang, F. Z. and J. Tang. 1980. *Lilium* L. In *Flora Reipublicae Popularis Sinicae*. Vol. 14. Wang, F.-T. and T. Tang (eds.), Science Press, Beijing. Pp. 116–157.
- Wilson, E. H. 1925. *The Lilies of Eastern Asia: A Monograph*. Dulau & Company, London, 110 pp.
- Woodcock, H. B. D. and W. T. Stearn. 1950. *Lilies of the World: Their Cultivation and Classification*. Country Life, Charles Scribner, NY, 431 pp.