

열매 특성에 의한 한국산 마름과 큰마름에 대한 분류학적 검토

나혜련 · 김창균 · 정종덕 · 최흥근*

아주대학교 생명과학과

A taxonomical examination of *Trapa japonica* and *T. bispinosa* based on nut characters

Hye Ryun Na, Changkyun Kim, Jongduk Jung and Hong-Keun Choi*

Division of Natural Sciences, Ajou University, Suwon 443-749, Korea

(Received 30 March 2010 : Accepted 3 June 2010)

적 요: 국내에서 채집된 마름속 식물들을 동정한 결과, 열매가 대형인 *Trapa bispinosa* Roxb.가 확인되었다. *Trapa bispinosa*는 국내에서 마름(*T. japonica* Flerow)으로 동정되어 보고된 바 있으나, 마름속 식물의 중요 식별 형질인 열매 형태와 크기에 대한 검토가 이루어지지 못하였다. 두 분류군의 열매에 대한 16개 정량형질을 조사하고, 이에 대한 주성분분석을 수행하였다. 열매 형질의 분석 결과, *T. bispinosa*는 마름에 비하여 열매의 너비와 두께가 크고, 열매의 뿔이 길고 비후된 특징을 가진다. 또한 전체 변이의 42.3%를 설명하는 주성분1에 의해서 마름과 뚜렷하게 구별되었다. 이번에 조사된 *T. bispinosa*는 마름과 구별되는 독립된 분류군으로 취급하는 것이 타당한 것으로 파악되며 일반명으로 '큰마름'을 부여하였다.

주요어: 마름속, 마름, 큰마름, 열매, 주성분분석

ABSTRACT: We examined the sixteen quantitative characters of *Trapa* and conducted principal component analysis for *T. japonica* Flerow and *T. bispinosa* Roxb. in South Korea. *Trapa bispinosa* has been recorded as 'Ma-reum (*T. japonica* Flerow)' in the Korean flora, but this taxon is distinct from *T. japonica* in terms of width, thickness and upper horns of its nuts. Principal component analysis (PCA) confirms the morphologically distinct status for the two species. We suggest the common name 'Keun-ma-reum' for *Trapa bispinosa* to the Korean flora.

Keyword: *Trapa japonica*, *Trapa bispinosa*, nut, principal component analysis

마름속(*Trapa* L.)은 온대 및 열대지역에 분포하는 일년생 부엽성 수생식물로, 마름과(Trapaceae)의 단일속(monotypic genus)으로 분류되었으나(Cronquist, 1981), 최근의 분자계통학적 연구에 의해 부처꽃과(Lythraceae)에 포함되었다(Graham et al., 2005). 마름속 식물은 주로 열매의 특성에 의해 분류되었는데(Miki, 1952; Nakano, 1964), 열매 형태에서 나타나는 다양한 변이로 인해 학자에 따라 한 종에서 20종 이상으로 분류되기도 한다(Cook, 1996; Vasil'ev, 1986).

한국산 마름속 식물은 열매의 뿔이 4개인 네마름(*Trapa natans* L. var. *natans*), 포평마름(*T. natans* var. *japonica*

Nakai), 애기마름(*T. incisa* Siebold & Zucc.), 만주애기마름(*T. maximowicii* Korsh.), 물마름(*T. pseudoincisa* Nakai)과 뿔이 2개인 마름과(*T. japonica* Flerow), 유전마름(*T. bicornis* L.f. var. *coreanus* Chung & Choi) 등 도합 6종으로 정리된 바 있다(Chung et al., 1987b; Choi, 2007).

국내에서 채집된 마름속 식물의 표본을 검토하는 중에 마름(*T. japonica*)에 비하여 열매가 대형인 *T. bispinosa* Roxb.로 추정되는 분류군이 확인되었다. 본 연구에서는 마름과 *T. bispinosa*로 동정된 분류군들의 열매를 대상으로 정량형질에 대한 수리분류학적인 비교 결과를 분석하였으며(Chung et al. 1987a), 이를 근거로 하여 국내에서 발견된 *T. bispinosa* 분류군에 대한 분류학적 실체를 검토하였다.

*Author for correspondence: hkchoi@ajou.ac.kr

재료 및 방법

본 연구에 사용된 재료는 2001년부터 2009년까지 국내의 마름 생육지에서 채집한 표본으로서 아주대학교 표본관(AJOU)에 보관되어 있다(Appendix). 성숙한 열매의 외과피를 제거한 뒤에 정량형질 측정에 사용하였다(Fig. 1). 열매의 너비가 45 mm 미만인 *T. japonica* ($N=54$)와 열매의 너비가 45 mm 이상인 *T. bispinosa* ($N=46$)에 대하여, Chung et al. (1987a)과 Kadono (1987)의 연구에서 사용된 아홉 개의 형질(characters no. 1-3, 6-11)과 부화관의 특성에 관련된 두 개의 형질(characters no. 4, 8), 그리고 열매 크기의 상대적인 비율에 관련된 다섯 개의 형질(characters no. 12-16) 등 총 16개의 정량형질을 측정하였다(Figs. 1 & 2; Table 1). 분류군별로 측정된 정량형질은 평균과 표준편차, 중앙값을 구하고, 분류군 간 형질 차이의 유의성을 평가하였다(단측 t-검정). 또한 분류군별로 측정된 정량형질을 표준화한 뒤, SAS 9.1 (SAS Institute, 2004)를 이용하여 주성분분석(principal component analysis)을 수행하였다.

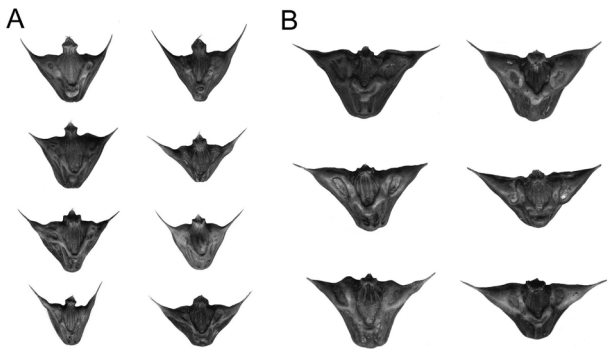


Fig. 1. Nuts of *Trapa japonica* (A) and *T. bispinosa* (B) collected in Korea. Scale bar = 2 cm.

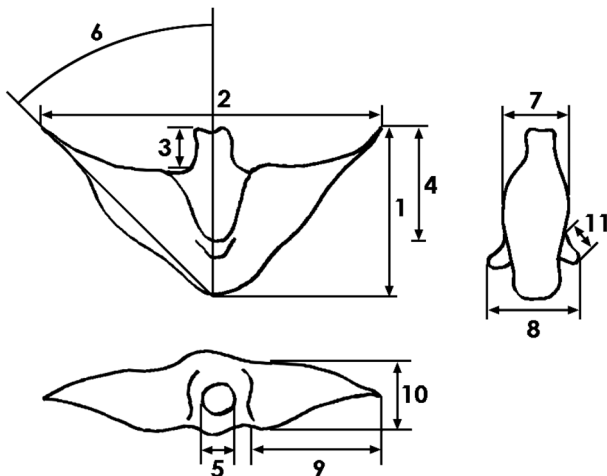


Fig. 2. Diagram showing the quantitative characters of *Trapa* nut. Numbers correspond to character numbers in Table 1.

Table 1. Quantitative characters used in morphological analysis of *Trapa* nut in Korea.

Character
1. Nut height (mm)
2. Nut width across upper horns (mm)
3. Nut neck height (mm)
4. Length from apical corona to lower projection (mm)
5. Corona width (mm)
6. Inclination of upper horn (°)
7. Nut thickness (mm)
8. Width across lower projection (mm)
9. Upper horn length (mm)
10. Upper horn width (mm)
11. Lower projection length (mm)
12. Character 2/character 1
13. Character 2/character 8
14. Character 2/character 5
15. Character 1/character 4
16. Character 10/character 9

결 과

*Trapa japonica*와 *T. bispinosa*는 열매의 너비 (character no. 2), 부화관의 너비(no. 5), 열매의 두께(no. 7), 열매 하부의 너비 (no. 8), 빨의 길이(no. 9), 빨의 너비(no. 10), 하부돌기 길이 (no. 11), 그리고 열매 하부의 너비에 대한 열매의 너비 비율 (no.13)을 제외한 모든 비율에 관련된 형질(no. 12, 14, 15, 16)에서 유의한 차이를 보였다(Table 2; Fig. 2). 비교된 이들 형질 모두에서 *T. bispinosa*가 *T. japonica*에 비해 큰 값을 가진다. 그러나 열매의 높이(no. 2), 목의 높이(no. 3), 빨의 축과의 각도 (no. 6), 열매의 너비와 높이 비(no. 11)에서는 유의한 차이를 나타내지 않았다(Table 2).

주성분 1, 2, 3은 전체 변이의 42.3%, 18.9%, 12.6%를 각각 설명하며, 이들 3개 주성분에 의한 3차원 plot에서 두 개의 분류군으로 뚜렷하게 식별되었다(Fig. 3). 변이에 대한 가장 높은 설명력을 가지는 주성분 1에서 *T. japonica*는 음의 값을 가지고 *T. bispinosa*는 양의 값을 나타내며, 열매의 너비, 두께, 하부 돌기를 포함한 너비, 빨의 길이와 너비에 대한 형질이 높은 양의 부하값으로 기여하는 것으로 나타났다 (Table 3).

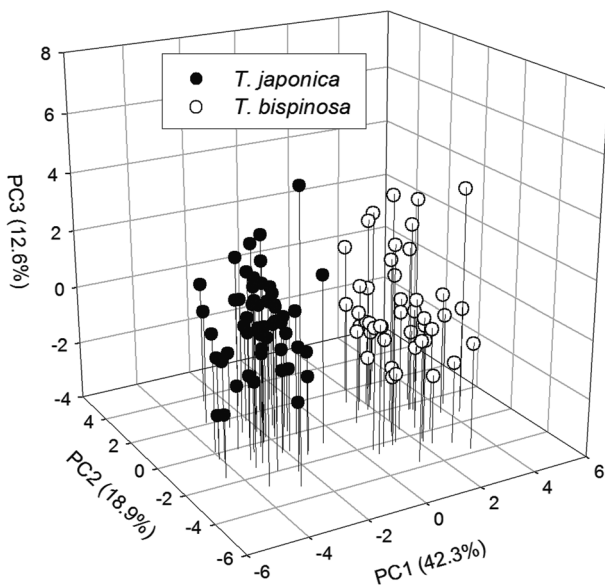
고 찰

마름의 학명으로 국내에서 *T. japonica* Flerow (Choi, 2007; Chung et al., 1987a, 1987b; Lee, 2003; Lee, 2006)가 사용되고 있으며, 열매의 너비는 29–44 mm에 해당하는 것으로 보고되었다(Chung et al., 1987b). 반면, 본 연구에서

Table 2. Comparison of morphological characters between nuts of *Trapa japonica* and *T. bispinosa* from Korea. Character numbers correspond to those in Table 1.

Character	<i>T. japonica</i> (N = 54)		<i>T. bispinosa</i> (N = 46)		P
	Mean ± SD	Median	Mean ± SD	Median	
1	21.3 ± 2.7	21.2	23.6 ± 2.9	24.1	n.s.
2	32.9 ± 4.6	33.7	51.4 ± 4.6	50.7	***
3	4.0 ± 1.2	3.9	3.6 ± 1.4	3.1	n.s.
4	15.4 ± 1.9	15.3	14.8 ± 1.8	15.1	n.s.
5	5.1 ± 0.7	5.2	7.3 ± 1.9	6.7	***
6	41.0 ± 6.9	40.0	52.0 ± 8.8	51.0	n.s.
7	8.5 ± 1.3	8.8	12.4 ± 1.6	12.3	***
8	11.2 ± 2.5	11.0	17.7 ± 3.4	17.5	***
9	13.6 ± 1.7	13.7	20.4 ± 2.4	19.9	***
10	7.5 ± 1.1	7.5	12.2 ± 1.6	12.0	***
11	2.0 ± 1.1	1.8	2.9 ± 1.7	2.4	*
12	1.6 ± 0.2	1.6	2.2 ± 0.3	2.2	***
13	3.1 ± 0.8	2.9	3.0 ± 0.6	2.9	n.s.
14	6.5 ± 0.7	6.4	7.4 ± 1.5	7.6	**
15	1.4 ± 0.1	1.4	1.6 ± 0.1	1.6	***
16	0.5 ± 0.1	0.5	0.6 ± 0.1	0.6	***

*** $P < 0.001$; ** $P < 0.01$; * $P < 0.05$; n.s. not significant.

**Fig. 3.** Three-dimensional principal component analysis (PCA) plot of 54 samples of *Trapa japonica* (●) and 46 samples of *T. bispinosa* (○) based on 16 morphological characters (see Table 1). Axes PC1, PC2 and PC3 accounted for 42.3%, 18.9% and 12.6% of the total variance, respectively (see Table 2).

확인된 *T. bispinosa* Roxb.는 마름에 비하여 열매의 너비가 길고(45 mm 이상) 두꺼우며, 빨이 수평 또는 위를 향하면서 길

Table 3. Loadings of the first three principal components for 16 morphological characters of 100 individuals of *Trapa* in Korea. Character numbers correspond to those in Table 1.

Character no.	Component		
	1	2	3
1	0.2137	0.3899	0.1803
2	0.3684	-0.0844	0.1421
3	0.0106	0.3167	0.4481
4	0.0076	0.4719	0.1868
5	0.2608	0.0929	0.3071
6	0.2250	-0.2977	0.2094
7	0.3285	0.0902	-0.2441
8	0.3333	0.1981	-0.1661
9	0.3553	-0.0864	0.1234
10	0.3510	0.0027	-0.1653
11	0.1917	0.2296	-0.0290
12	0.2925	-0.3339	0.0590
13	-0.0514	-0.3553	0.4487
14	0.1403	-0.2407	-0.1883
15	0.2815	-0.0789	0.0077
16	0.0865	0.1054	-0.4501
Eigenvalue	6.7665	3.0235	2.0175
Cumulative % of eigenvalues	42.3	61.2	73.8

고 비후된 특징을 가진다(Fig. 1; Table 2).

*Trapa bispinosa*는 인도, 중국, 일본 등지에 서식하는 분류군으로 알려져 있으며(Roxburg, 1820; Clarke, 1879; Yan, 1983; Kadono, 1994), 국내에서는 Nakai (1911)에 의해 처음으로 보고되었으나 이후에 *T. japonica*로 재동정되었다(Nakai, 1942). 또한 Lee (1996)는 한국산 마름의 학명으로 *T. bispinosa*를 채택하고 *T. japonica*를 이명으로 처리한 바 있다.

그러나 *T. bispinosa*와 *T. japonica*는 열매의 크기에 의해서 구분되는 독립된 분류군으로 취급되고 있으며(Kadono, 1987; Takano and Kadono, 2005), 본 연구에서 사용된 열매의 정량형질에 대한 주성분분석 결과에서도 서로 다른 분류군으로 식별되었다(Fig. 3). 마름속 식물의 종 분류에서 열매의 형태와 크기는 주요 식별형질로 간주되고 있으며 (Nakano, 1964), 본 연구에서도 열매의 너비와 두께, 부화관의 너비, 그리고 빨의 길이와 너비 등이 유용한 식별형질임이 확인되었다 (Tables 2 & 3).

이상의 마름속의 두 분류군에서 검토된 열매의 식별형질에 근거하여 국내에 분포하는 *T. bispinosa*는 마름(*T. japonica*)과 독립된 분류군으로 취급하는 것이 타당한 것으로 보여지며, 이에 대한 국명으로 '큰마름'을 보고한다.

분류군의 기재

Trapa bispinosa Roxb., Pl. Coromandel, t. 234. 1815.

일년생 부엽성 수생식물. 부수엽은 호생, 로제트형으로 달림; 엽병은 길이 8–18 cm, 장타원형의 기낭이 발달함, 털이 있거나 없음; 엽신은 광난형, 길이 3.5–4.5 cm, 너비 5.0–6.5 cm, 엽선방향은 치아상 거치연, 엽저방향은 전연, 엽선은 둔두, 엽저는 둔저에서 원저, 향측면은 광택이 있으며, 털이 없음, 배측면의 엽맥에 털이 발달함. 꽃은 양성, 부수엽 사이에 액생하며 단생; 화경은 길이 약 1 cm 내외로 꽃잎이 탈락한 후에 신장함, 털이 있음; 꽃받침잎은 4장, 삼각상 좁은 피침형, 길이 약 0.5 cm; 꽃잎은 4장, 타원형, 백색, 길이 약 1 cm, 너비 0.5 cm 미만; 수술은 4개; 암술군은 함생심피, 암술머리는 두상, 자방실은 2개, 이중 한 개만 발달함. 열매는 견과, 2개의 역자가 있는 뿔이 있음, 높이 2.0–3.0 cm, 너비 4.5–6.5 cm, 두께 10–16 mm; 뿔의 열매의 축과 각도 34–75°, 길이 16–27 mm, 너비 9–16 mm (Fig. 1B).

개화기: 6-9월

국명: 큰마름(Keun-ma-reum)(국명신칭)

분포: 한국(경기, 충청, 경상 지역의 저수지와 늪), 인도, 중국, 일본

관찰표본: Appendix 참조

사 사

본 연구는 교육과학기술부의 ‘생물자원 확보, 관리 및 활용사업 (M10867010003)’의 연구비지원으로 수행되었습니다.

인용문헌

- Choi, H.-K. 2007. Trapaceae. In The Genera of Vascular Plants of Korea. Park, C.-W. (ed.), Academy Publishing Co., Seoul. Pp. 637-638.
- Chung, Y. H., H.-K. Choi, K. H. Suh and H. Shin. 1987a. Numerical taxonomic study of the nuts of genus *Trapa* in Korea. Korean J. Pl. Taxon. 17: 45-54.
- Chung, Y. H., H.-K. Choi and H. Shin. 1987b. Monographic study of the endemic plants in Korea - VIII. Taxonomy and interspecific relationships of the genus *Trapa*. Proc. Coll. Natur. Sci., SNU 12: 69-82.
- Clarke, C. B. 1879. *Trapa*. In The Flora of British India. J. D. Hooker (ed.), (Reprinted by M/s. International Book Distributions, DEHRA Dun, India.
- Cook, C. D. K. 1996. Aquatic Plant Book. SPB Academic Publishing, Amsterdam.
- Cronquist, A. 1981. Integrated System of Classification of Flowering Plants, New York. Pp. 638-639.
- Graham, S. A., J. Hall, K. Sytsma and S. Shi. 2005. Phylogenetic analysis of the Lythraceae based on four gene regions and morphology. Int. J. Plant Sci. 166: 995-1017.
- Kadono, Y. 1987. A preliminary study on the variation of *Trapa* in Japan. Acta Phytotax. Geobot. 38: 199-210 (in Japanese with English summary).
- Kadono, Y. 1994. Aquatic Plants of Japan. Bun-chi Sohgo Shuppan, Tokyo (in Japanese).
- Lee, T. B. 2003. Coloured Flora of Korea. Hyangmun Publishing Co., Seoul (in Korean).
- Lee, W. T. 1996. Lineamenta Florae Koreae. Academy Publishing Co., Seoul. Pp. 750-751 (in Korean).
- Lee, Y. N. 2006. New Flora of Korea (in Korean).
- Miki, S. 1952. *Trapa* of Japan with special reference to its remains. J. Inst. Polytech. Osaka City Univ., Ser. D 3: 1-29, pls. 2.
- Nakai, T. 1911. Flora Koreana. J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo 31: 1-573.
- Nakai, T. 1942. Notulae ad Plantas Asiae Orientalis (XXI). J. Jap. Bot. 18: 421-437.
- Nakano, H. 1964. Further studies on *Trapa* from Japan and its adjacent countries. Bot. Mag. Tokyo 77: 159-167.
- Roxburg, W. 1820. Flora Indica. Mission Press, Calcutta. Pp. 449-450.
- SAS Institute. 2004. Base SAS 9.1 Procedure Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Takano, A. and Y. Kadono. 2005. Allozyme variations and classification of *Trapa* (Trapaceae) in Japan. Aquat. Bot. 83: 108-118.
- Vasil'ev, V. N. 1986. Hydrocaryaceae. In Flora of U.S.S.R. Volume XV. Bishen Singh Mahendra Pal Singh and Koeltz Scientific Books. Pp. 477-495.
- Yan, S.-Z. 1983. Higher Water Plants of China. Science Press, China. Pp. 121-130 (in Chinese).

Appendix. List of voucher specimens examined in this study. Most of specimens are deposited in AJOU.

***Trapa bispinosa* Roxb.** 큰마름: **Gyeonggi:** Yangpyeong Dumulmeori, 37°32'21"N, 127°19'18"E, 30 Sep. 2009, H.R. Na 90299-1, 2, 3, 4, 5. **Chungbuk:** Cheongwon Doldarimot 36°37'26"N, 127°19'34"E, 25 Sep. 2009, H.R. Na, J. Jung & C. Kim 90286-1, 2, 3, 4. **Chungnam:** Buyeo Deogyong Reservoir, 36°8'35"N, 126°49'41"E, 24 Sep. 2009, J. Jung & C. Kim 90267-1, 2, 3, 4. **Gyeongbuk:** Yeongcheon Daenaegi, 36°2'28"N, 128°56'24"E, 25 Oct. 2007, J. Jung & G. Jung 881, 882, 884, 885, 886, 888, 889, 891, 894. **Gyeongnam:** Miryang Gasan Reservoir, 35°32'17"N, 128°42'3"E, 9 Oct. 2008, Y. Ryu & J. Jung 0810014-1, 2, 3, 0810013-1; Changnyeong Beongyeoneup, 35°26'33"N, 128°28'44"E, 9 Oct. 2008, Y. Ryu

& *J. Jung* 0810013-2, 5, 8, 9, 13; Changwon Junam Reservoir, 35°18'29''N, 128°40'39''E, 26 Oct. 2007, *J. Jung & G. Jung* 896, 900, 901; Haman Jayeon Reservoir, 35°18'1''N, 128°25'8''E, 10 Oct. 2008, *Y. Ryu & J. Jung* 0810009-1, 3; Jangjiri, 35°18'11''N, 128°19'47''E, 9 Oct. 2008, *Y. Ryu & J. Jung* 0810007-2; Taepyeongneup, 35°33'1''N, 128°9'53''E, 9 Oct. 2008, *Y. Ryu & J. Jung* 0810005-1, 2; Jillalneup, 35°19'15''N, 128°20'52''E, 9 Oct. 2008, *Y. Ryu & J. Jung* 0810006-2, 4, 5; Hapcheon Jeongyangji, 35°33'1''N, 128°9'53''E, 9 Oct. 2008, *Y. Ryu & J. Jung* 0810004-4; Yeondangji, 35°33'29''N, 128°7'59''E, 9 Oct. 2008, *Y. Ryu & J. Jung* 0810002-1, 2, 3.

***Trapa japonica* Flerow** 마름: **Gangwon:** Gangneung Hyangho, 37°54'17''N, 128°48'37''E, 25 May 2001, *H.-K. Choi & C. Kim* 20948, 20950, 20952. **Gyeonggi:** Gapyeong Bukhan Riv., 37°44'38''N, 127°31'5''E, 29 Sep. 2009, *H.R. Na* 90297-1, 2, 3, 4; Namyangju Neungnaeri, 37°30'43''N, 127°18'0''E, 30 Sep. 2009, *H.R. Na* 90301-5; Yeosu Namhan Riv, 37°13'59''N, 127°42'17''E, 30 Sep. 2009, *H.R. Na* 90302-1, 2, 3, 4, 5. **Chungbuk:** Jincheon Sagokje, 36°46'23''N, 127°31'3''E, 25 Sep. 2009, *H.R. Na, J. Jung & C. Kim* 90288-2, 3, 4, 5; Cheongwon Doldarimot, 36°37'26''N, 127°19'34''E,

25 Sep. 2009, *H.R. Na, J. Jung & C. Kim* 90286-5. **Chungnam:** Gongju Haewolri, 36°30'35''N, 127°0'49''E, 24 Sep. 2009, *H.R. Na, J. Jung & C. Kim*, 90276-3, 5; Dongdaeri, 36°28'37''N, 127°3'3''E, 24 Sep. 2009, *H.R. Na, J. Jung & C. Kim* 90272-1, 3; Buyeo Manggul Reservoir, 36°10'24''N, 126°58'28''E, 24 Sep. 2009, *J. Jung & C. Kim* 90271-2, 3, 4, 5. **Gyeongbuk:** Munkyeong Keum Stream, 36°36'27''N, 128°15'50''E, 22 Sep. 2009, *J. Jung & C. Kim* 90265-1, 2, 3, 4, 5; Yeongcheon Hwanggangri, 36°1'33''N, 128°59'42''E, 25 Oct. 2007, *J. Jung & G. Jung* 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879. **Jeonbuk:** Gochang Yongdae Reservoir, 35°25'37''N, 126°28'14''E, 23 Sep. 2009, *J. Jung & C. Kim* 90266-1, 2, 3, 4. **Jeonnam:** Goksung Seomijn Riv., 35°18'40''N, 127°12'22''E, 29 Sep. 2008, *H.R. Na* 0810001-1, 2, 4, 5; Gangjin Imcheon Reservoir, 34°36'40''N, 126°44'27''E, 30 Oct. 2008, *Y. Ryu & J. Jung* 0810024-6; Hampyeong Mokgyo Reservoir, 35°6'37''N, 126°28'43''E, 30 Oct. 2008, *Y. Ryu & J. Jung* 0810023-2, 3, 4, 5, 6; Muan Wangsan Reservoir, 34°51'2''N, 126°25'29''E, 30 Oct. 2008, *Y. Ryu & J. Jung* 0810022-4. **Jeju:** Bukjeju Seobu Reservoir, 33°19'8''N, 126°11'20''E, 12 Nov. 2008, *J. Jung & C. Kim* 0811012-2.