

한국산 택사과 식물의 분류학적 연구 : 벗풀-보풀군의 수리분류학적 접근

신현철¹·차현철²·최홍근*

(¹순천향대학교 생명과학부, ²단국대학교 생명과학부, *아주대학교 자연과학부)

한국산 택사과 식물의 분류학적 연구의 일환으로, 잎의 형태적 변이가 심한 보풀속의 벗풀-보풀군을 대상으로 형태 변이 분석을 시도하여, 각 분류군간의 한계를 규명하고자 하였다. 한국산 벗풀-보풀 군은 잎의 폭과 엽선과 엽저의 형태에 의하여 세 무리로 구분됨을 확인하였다. 즉, 보풀은 잎의 폭이 좁고 열편의 선단부가 뾰족한 특징을 지니고 있으나, 소귀나물은 다른 분류군에 비해 비교적 잎의 폭이 크고 열편의 선단부가 비교적 뾰족한 특징을 지니고 있는 반면, 벗풀은 이 두 분류군의 중간 형태를 취하고 있는 것으로 파악되었다.

주요어 : 택사과, 보풀속, 보풀, 벗풀, 수리분류

보풀속(Genus *Sagittaria* L.)은 택사과(*Alismataceae*)에 속하는 일년생 또는 다년생 수생 관속식물로 꽃은 단성이고, 수술이 많이 달리며, 열매가 나선상으로 달리는 점에서 택사과의 다른 속들과 구분된다(Yuzepchuk, 1934). 전 세계에 20여 종이 온대와 아열대 지방에 분포하나, 몇몇 분류군은 근경을 먹기 위해 재배하기도 한다(Mabberley, 1990). 본 속 식물들은 두 가지 서로 다른 잎을 지니는 이형엽현상(*heterophyllism*)을 보여주며, 또한 식물체의 침수 정도나 토양 환경에 따라 극심한 형태적 변이를 보이고 있어(Sculthorpe, 1967; Wooten, 1986), 분류학적으로 매우 곤란한 분류군으로 취급되고 있다(Bogin, 1955). 그럼에도 불구하고, 잎은 보풀속 식물들을 구분짓는 중요한 형질로 간주되고 있다(Beal *et al.*, 1982; Bogin, 1955; Smith, 1894).

한국산 보풀속 식물은 Nakai(1911)가 울미(*Sagittaria pygmaea* Miquel)와 가는벗풀(*S. sagittifolia* var. *longiloba* Turczaninov) 등 2 종을 보고한 이래, 여러 학자들에 의해 연구되어 왔으며, 현재 5 종(Chung, 1957) 또는 3 종(Lee, 1979; Lee, 1987)이 분포하고 있는

*교신저자 : 전화 0331) 219-2618, 전송 0331) 219-1615

것으로 보고되어 있다. 이 중 잎 중앙부가 갈라지지 않은 올미(*S. pygmaea* Makino)에 대해서는 커다란 분류학적 문제점이 제기되고 있지는 않으나, 잎 중앙부가 갈라지는 특징을 가지고 있는 분류군인 *S. sagittifolia* L.(= *S. trifolia* L.)의 두 변종[즉, 벚풀(*S. sagittifolia* var. *leucopetala* Siebold ex Miquel) 및 소귀나물(*S. sagittifolia* var. *edulis* (Schlecht.) Miquel)]과 보풀(*S. aginashi* Makino)의 경우 잎의 특징에서 심한 개체 변이양상이 나타나고 있어 종내 또는, 종간 분류군간의 한계가 모호한 실정으로 많은 분류학적 문제점이 야기되었다(Bogin, 1955). 그러나, 지금까지 이 분류군들을 단순히 잎 길이와 폭의 비(Lee, 1987), 엽선 형태와 주아의 유무(Kitamura *et al.*, 1986) 또는 두 갈래로 갈라진 열편 선단 형태(Ohwi, 1984) 등 정량화할 수 있는 한 두가지 특징으로 구분하고 있을 뿐이다.

따라서, 본 연구에서는 한국산 보풀속 분류군들 가운데, 잎 중앙부가 두 갈래로 갈라지는 분류군들을 대상으로 하여, 이들이 보이는 변이 양상을 파악하고, 이를 토대로 각 분류군의 한계를 보다 명확하게 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 재료는 1993년 7월부터 9월까지 전국 32장소의 하천과 저수지 및 연못에서 채집된 431개체로, 채집된 식물들은 건조표본으로 제작하여 아주대학교 표본관에

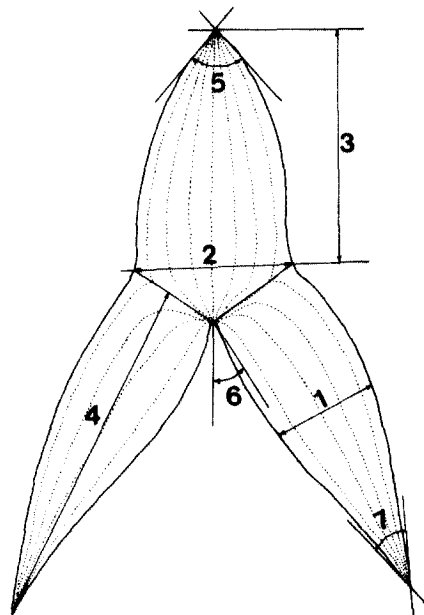


Fig. 1. Diagram showing leaf characters. Numbers correspond to characters in Table 1.

소장시켰다. 이들 개체중 58개체는 소귀나물[*S. sagittifolia* var. *edulis* (Schlecht.) Miquel]이며, 142개체는 벃풀(*S. sagittifolia* var. *leucopetala* Miquel), 그리고 나머지 231개체는 보풀(*S. aginashi* Makino)이었다.

벃풀-보풀 군에서 나타나는 잎의 변이 양상을 파악하기 위하여 채집된 표본들을 대상으로 하부 열편의 폭 등 7개 형질을 잎에서 측정하였고(Fig. 1), 이들 7개 형질로부터 상부 열편 길이와 하부 열편 길이 비율 등 4 가지 비율 형질(Table 1)을 계산하여, 변이 양상을 파악하였다. 그리고, 채집된 표본들 중 duplicate를 제외한, 55개 표본을 대상으로 11개 형질을 가지고 중간 한계를 파악하기 위한 주성분분석을 수행하였다. 55개체중 14개체는 *S. sagittifolia* var. *edulis*, 20개체는 *S. sagittifolia* var. *leucopetala*, 21개체는 *S. aginashi*였다. 이들 분석에는 SAS program(SAS institute 1990, Release 6.04)를 이용하였으며, 주성분분석에 사용된 표본들은 Appendix에 실려있다.

Table 1. Characters used in morphological analyses of *Sagittaria sagittifolia*-*S. aginashi* complex in Korea. See Fig. 1 for further clarification.

1. Width of lower lobe (cm)
2. Distance between two concaved points (cm)
3. Length of upper lobe (cm)
4. Length of lower lobe (cm)
5. Angle of upper lobe apex (degree)
6. Half angle of between two lower lobes (degree)
7. Angle of lower lobe base (degree)
8. Length of upper lobe/length of lower lobe (character 3/character 4)
9. Length of lower lobe/width of lower lobe (character 4/character 1)
10. Length of upper lobe/width of middle portion (character 3/character 2)
11. Width of middle portion/width of lower lobe (character 2/character 1)

결과 및 고찰

본 연구 기간에 채집된 431개체 전부를 대상으로 하여, 11개 잎의 주요 형질들을 분석한 결과(Table 2), 하부 열편 폭(형질 1), 잎에서 오목한 두 지점 사이의 거리(형질 2), 잎의 상부 열편의 엽선 각(형질 5), 하부 열편 사이 각의 절반(형질 6), 하부 열편의 엽저 각(형질 7) 등 다섯 개 형질과, 하부 열편 폭과 관련된 두 개의 비율 형질(형질 9과 11) 등의 평균값은 각 분류군간 유의성 있는 차이가 나타나는 것으로 밝혀졌다. 그러나, 상부 열편의 길이(형질 3)와 하부 열편의 길이(형질 4)와 같은 두 개의 형질과 상부 열편과 관련

된 두 개의 비율 형질(형질 8과 10) 등의 평균값은 각 분류군간 유의성이 없는 것으로 파악되었다.

Table 2. Ranges and means for 11 characters of *Sagittaria sagittifolia* – *S. aginashi* complex in Korea. Character numbers correspond to those in Table 1. LEU = *S. sagittifolia* var. *leucopetala*; EDU = *S. sagittifolia* var. *edulis*; AGI = *S. aginashi*.

Character No.	EDU	LEU	AGI
1	(0.9) 1.90 ± 0.57(3.6)	(0.4) 1.19 ± 0.39(2.3)	(0.3) 0.77 ± 0.27(1.7)
2	(1.7) 3.74 ± 1.16(7.6)	(0.8) 2.30 ± 0.78(4.9)	(0.3) 1.44 ± 0.56(3.4)
3	(2.4) 8.27 ± 2.84(15.2)	(3.2) 8.21 ± 3.11(15.5)	(3.5) 9.49 ± 2.96(19.5)
4	(5.1)10.42 ± 3.14(18.5)	(4.0) 9.93 ± 3.39(17.0)	(0.5)10.40 ± 3.28(20.5)
5	(5.0)44.80 ± 12.13(74.0)	(16.2)35.28 ± 10.81(61.0)	(11.7)31.75 ± 9.85(62.0)
6	(10.0)25.01 ± 6.77(55.0)	(2.5)13.45 ± 5.19(30.0)	(3.0) 7.78 ± 3.38(30.0)
7	(4.0) 8.62 ± 2.66(15.0)	(1.5) 4.79 ± 2.11(12.0)	(0.3) 3.32 ± 1.24(7.0)
8	(1.7) 1.96 ± 0.16(2.6)	(1.4) 1.93 ± 0.14(2.2)	(0.4) 1.85 ± 0.23(2.3)
9	(1.8) 4.42 ± 1.23(7.8)	(3.6) 7.05 ± 2.13(16.4)	(3.2)13.10 ± 4.38(26.0)
10	(0.9) 1.29 ± 0.23(2.7)	(0.9) 1.23 ± 0.14(1.6)	(0.1) 1.10 ± 0.17(1.6)
11	(1.8) 2.83 ± 0.59(4.8)	(2.2) 4.46 ± 1.24(9.3)	(0.6) 7.99 ± 4.23(56.7)

이러한 결과는 지금까지 벼풀-보풀군을 동정하는 데 사용된 엽선의 형태와 관련지을 수 있는 상부 열편 엽선의 각(형질 5), 하부 열편 엽저의 형태와 관련지을 수 있는 하부 열편 엽저의 각(형질 7) 등이 벼풀-보풀 군을 구분지워주는 유용한 형질이었음을 뒷받침하는 증거라고 여겨진다. 한편, 잎의 크기와 관련지을 수 있는 하부 열편의 폭(형질 1), 오목한 두 곳 사이의 거리(형질 2) 등은 비교적 유의성있는 형질로 파악되었으나, 길이와 관련된 형질(형질 3과 4)은 유의성이 없는 것으로 나타났다. 특히 하부 열편 길이의 평균값(형질 4)들은 세 분류군간에 유의성있는 차이가 없는 것으로 파악되었다. 그런데, 이들 4 가지 형질중 형질 4를 제외한 나머지 세 개의 형질들은 *S. sagittifolia* 내 분류군 사이의 변종 간에는 유의성이 없었으나, *S. aginashi*와 *S. sagittifolia* 사이에는 어느 정도 유의성이 있는 것으로 조사되었다.

그러나, 조사된 일곱 개 형질들은 모두 변이 폭이 겹치고 있는 것으로 조사되었으며, 특히 유의성이 있는 형질들로 파악된 다섯 개 형질들도 연속적 변이 양상과 분류군간에 중복 현상을 보여주었다(Fig. 2). 즉, 상부 열편의 엽선 각(형질 5)의 경우, 소귀나물의 변이 범위 안에 다른 두 분류군의 변이 범위가 완전히 포함되었다. 또한, 하부 열편의 너비 형질 경우(형질 1)에는 *S. sagittifolia* var. *leucopetala*의 변이 범위 안에 *S. aginashi*의 변이

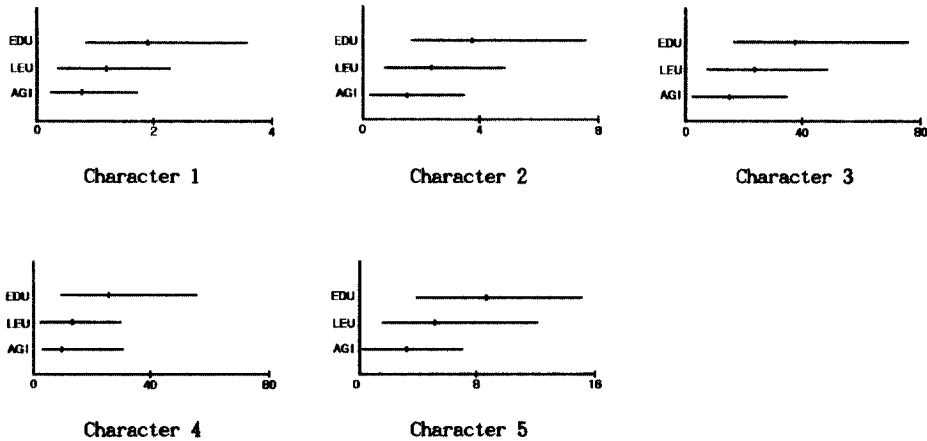


Fig. 2. Range and mean for five morphological characters of *Sagittaria sagittifolia*-*S. aginashi* complex in Korea. The range of leaf variation observed is indicated by the length of the horizontal line and, vertical lines represent the mean. Character numbers correspond to those in Table 1. LEU=*S. sagittifolia* var. *leucopetala*; EDU=*S. sagittifolia* var. *edulis*; AGI=*S. aginashi*.

폭이 거의 겹친 것으로 조사되었다. 비록 평균 수준에서는 벼풀-보풀 군에 속하는 3 분류군이 어느 정도 구분되나, 변이 폭 수준에서 보면 이들은 뚜렷히 구분되지 않은 것으로 파악되었다.

따라서, 형질 하나하나에 나타나는 분류군간의 중복 현상을 규명하기 위하여, 55개 개체를 대상으로 7개 형태 형질과 4개의 비교 형질 등 총 11개 형질을 이용하여 주성분분석으로 수행하였다. 주성분분석 결과, 처음 3 개의 주성분(PC 1, 2, 3)이 전체 분산의 약 82%를 설명하는 것으로 나타났으며(Table 3), 나머지 주성분들은 그 기여율이 9% 미만이었다. 주성분 1은 전체 분산의 약 48%를 설명하는 데, 오목한 두 지점 사이의 거리(형질 2), 하부 열편의 폭(형질 1), 상부 열편 엽선 각(형질 5) 등이 높은 양의 부하값(loadings)을 지니고 있었으며, 상하부 열편 길이의 비(형질 9)와 오목한 두 곳 지점의 거리와 하부 열편의 폭(형질 11) 등이 높은 음의 부하값을 나타내었다. 주성분 2는 상하부 열편 길이(형질 3, 4)가 높은 양의 부하값을 나타내었다. 즉, 주성분 1은 잎의 엽선과 엽저의 각과 잎 폭과 관련된 형질들과, 주성분 2는 잎의 길이와 관련된 형질들과 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

주성분 1과 2를 기준으로 하여, 조사된 표본들을 배열한 결과(Fig. 3), 벼풀-보풀 무리가, 비록 서로 약간은 겹치지만, 어느 정도 뚜렷하게 구분되었다. 즉, 주성분 1에 의해, 음의 부하값 부위에는 *S. aginashi* 개체들이 주로 위치하고 있으며, 양의 부하값 부위에는

Table 3. Loadings of the first three principal components for 11 characters from the analysis of 55 individuals of *Sagittaria sagittifolia*-*S. aginashi* complex in Korea. Characters numbers correspond to those in Table 1.

Character No.	Components		
	1	2	3
1	0.39060	0.22271	-0.012388
2	0.40245	0.19659	-0.06137
3	-0.07414	0.57877	-0.07045
4	0.00044	0.57265	0.26581
5	0.23356	0.36417	0.05144
6	0.38298	-0.04994	-0.02977
7	0.36419	-0.01022	0.11489
8	0.19372	-0.07398	0.43719
9	-0.38498	0.17988	0.17771
10	0.16137	-0.19779	0.75556
11	-0.36648	0.19144	0.30810
Eigenvalue	5.31806	2.66075	1.01517
Cumulative % of eigenvalue	48.3	72.5	81.8

S. sagittifolia var. *edulis*가, 그리고 이 두 분류군의 경계 부위에 *S. sagittifolia* var. *leucopetala*가 위치하였다. 이러한 결과는 *S. aginashi*가 *S. sagittifolia*에 비해 잎의 폭이 좁고 열편의 선단부가 뾰족한 특징을 지니고 있으나, *S. sagittifolia* var. *edulis*는 다른 분류군에 비해 비교적 잎의 폭이 크고 열편의 선단부가 비교적 뾰족한 특징을 지니고 있는 반면, *S. sagittifolia* var. *leucopetala*는 이 두 분류군의 중간 형태를 취하고 있기 때문에 보인다. 이러한 경향성은 형질들의 평균값을 비교해 보아도 알 수 있다(Fig. 2). 주성분 2에 의해서는 벼풀-보풀 군이 전혀 구분이 되지 않고 있는데, 따라서 잎의 길이에 관한 특징으로는 한국산 벼풀-보풀 군을 구분할 수 없는 것으로 판단된다.

위와 같은 분석 결과로 보아 벼풀-보풀 군에 속하는 세 분류군들 사이에 있어서 잎의 특징에 의한 구분이 심한 변이 양상을 나타내기는 하지만(Fig. 2), 이들을 하나의 분류군으로 처리하는 것 보다는(Bogin, 1955), 어느 정도 독립된 분류군으로 인정해야 할 것으로 보인다. 그러나, 이들을 모두 종 수준에서 구분하여야 하는 지, 또는 변종 수준에서 구분하여야 하는 지에 대해서는 생식기관의 주요 특징들을 좀 더 조사비교한 다음에야 결정해야 할 것이다.

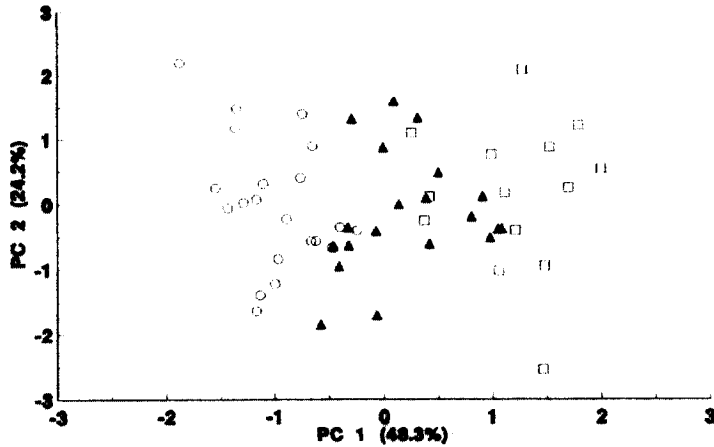


Fig. 3. Principal components analysis of *Sagittaria sagittifolia*-*S. aginashi* complex in Korea. Some individuals are hidden due to the same values. Symbols: open circles=*S. aginashi*, closed triangles=*S. sagittifolia* var. *leucopetala*, open squares=*S. sagittifolia* var. *edulis*.

사 사

이 논문은 교신 저자에게 수여된 1994학년도 학술연구진흥재단의 자유공모과제에 의하여 연구되었고 일부는 교육부 기초과학육성연구비(BSRA-95-4427)에 의하여 수행되었다. 또한, 본 연구에 도움을 준 아주대학교 대학원 김호준군에게 감사한다.

인 용 문 헌

- Beal, E.O., J.W. Wooten and R.B. Kaul. 1982. Review of the *Sagittaria engelmanniana* complex (Alismataceae) with environmental correlations. *Syst. Bot.* 7:417-432.
- Bogin, C. 1955. Revision of the genus *Sagittaria* (Alismataceae). *Mem. New York Bot. Gard.* 9:179-233.
- Chung, T.H. 1957. Korean Flora. I. Herbaceous plants. Sinjisa, Seoul (in Korean).
- Kitamura, S., G. Murata and T. Koyama. 1986. Colored Illustrations of Herbaceous Plants of Japan (Monocotyledoneae). Hoikusha Publishing Co., Ltd., Osaka (in Japanese).
- Lee, T.B. 1980. Illustrated Flora of Korea. Hyangmunsa, Seoul (in Korean).
- Lee, S.M. 1987. A systematic study of Alismataceae in Korea. MS thesis at Kyungnam

University, Masan (in Korean).

- Marbberley, D.J. 1990. The Plant Book. Cambridge University Press, Cambridge.
- Nakai, T. 1911. Flora Koreana II. J. Coll. Sci. Univ. Tokyo 26:1-573.
- Ohwi, J. 1984. Flora of Japan. Smithsonian Institute, Washington DC.
- Sculthorpe, C.D. 1967. The Biology of Aquatic Vascular Plants. Edward Arnold Publishers, Ltd., London.
- Smith, J.G. 1894. A revision of the north American species of *Sagittaria* and *Lophocarpus*. Ann. Rep. Missouri Bot. Gard. 6:27-64.
- Wooten, J.W. 1986. Variations in leaf characteristics of six species of *Sagittaria* (Alismataceae) caused by various water levels. Aquat. Bot. 23:321-327.
- Yuzepchuk, S.V. 1934. Family XXI. Alismataceae. in Flora of USSR, Vol. 1 (Komarov, V.L. ed.), pp.218-228, (English edition).

Appendix. A list of specimens used for the principal components analyses.

벗풀 *Sagittaria sagittifolia* var. *leucopetala* Miquel

강원. 상오저수지 (93. 8. 9) AJOU 6634; 양평군 용문면 미룡리 마천 (93. 8. 9) AJOU 6608 ; 인제군 어촌리 상촌 (93. 8. 9) AJOU 6640; 철원군 갈미읍 평촌동 문혜리 (93. 8. 10) AJOU 6624, 근남면 육단리 (93. 8. 10) AJOU 6665. **경기.** 수원시 원천저수지 (93. 7. 15) AJOU 6735, (93. 8. 21) AJOU 6772; 용인군 기흥읍 신갈저수지 (93. 7. 15) AJOU 6697, (93. 8. 21) AJOU 6736, 이동저수지 (93. 7. 15) AJOU 6699, 왕송저수지 (93. 7. 15) AJOU 6760, 왕산리 석자포 (93. 8. 9) AJOU 6653; 파주군 파평면 울곡 4리 (93. 8. 10) AJOU 6597; 포천군 관인면 냉저수지 (93. 8. 9) AJOU 6586. **전남.** 광양군 원전리 (93. 8. 27) AJOU 6525; 장성군 삼서면 대곡리 (93. 8. 28) AJOU 6519. **전북.** 정읍군 소성면 동래리 (93. 8. 28) AJOU 6532). **충남.** 당진군 대난지도 용늪 (93. 9. 18) AJOU 6690; 서산시,군 경계 29번 도로옆 (93. 8. 4) AJOU 6563. **충북.** 옥천군 마신리 기곡 (93. 8. 9) AJOU 6643.

소귀나물 *Sagittaria sagittifolia* var. *edulis* (Schlecht.) Siebold ex Miquel

강원. 양평군 용문면 미룡리 마천 (93. 8. 10) AJOU 6642; 철원군 근남면 육단리 (93. 8. 10) AJOU 6666, 철원읍 학저수지 (93. 8. 10) AJOU 6619; 화천군 신포리 (93. 8. 10) AJOU 6605. **경기.** 수원시 원천저수지 (93. 8. 21) AJOU 6716; 용인군 기흥읍 신갈저수지 (93. 7. 17) AJOU 6717, 왕송저수지 (93. 9. 19) AJOU 6707, 이동저수지 (93. 8. 22) AJOU 6714; 고삼저수지 (93. 8. 22) AJOU 6720; 파주군 파평면 울곡 4리 (93. 8. 10) AJOU 6601. **경남.** 함안군 범수면 질날늪 (93. 8. 16) AJOU 6503. **전남.** 광양군 다압면 신원리 (93. 8. 28) AJOU 6512; 장성군 삼서면 대곡리 (93. 8. 28) AJOU 6517. **충남.** 당진군 대난지도 용늪 (93. 8. 18) AJOU 6683.

보풀 *Sagittaria aginashi* Makino

강원. 인제군 서화면 천도리 음지촌 (93. 8. 9) AJOU 6671, 어촌리 상촌 (93. 8. 9) AJOU 6637; 철원군 철원읍 학저수지 (93. 8. 10) AJOU 6617. **경기.** 고양군 봉일천 (93. 8. 10) AJOU 6723; 수원시 원천저수지 (93. 7. 15) AJOU 6730, (93. 8. 21) AJOU 6701; 용인군 기흥읍 신갈저수지 (93. 7. 15) AJOU 6755, (93. 8. 21) AJOU 6722, 왕산리 석자저수지 (93. 8. 9) AJOU 6656, 이동저수지 (93. 7. 15) AJOU 6703, 왕송저수지 (93. 7. 15) AJOU 6738, (93. 9. 19) AJOU 6706; 포천군 관인군 냉저수지 (93. 9. 10) AJOU 6576. **전남.** 구례군 초당리 (93. 8. 27) AJOU 6537; 영암군 학산면 천혜리 (93. 8. 27) AJOU 6557; 장흥군 장동면 만년리 (93. 8. 27) AJOU 6547; 해남면 계곡면 신죽리 (93. 8. 27) AJOU 6548. **전북.** 남원군 주생면 (93. 8. 28) AJOU 6530; 정읍군 소성면 동래리 (93. 8. 28) AJOU 6528. **충남.** 당진군 대난지도 용늪 (93. 9. 18) AJOU 6684; 서산시,군 경계 29번도로 옆 (93. 8. 4) AJOU 6566.

**Taxonomic studies of the Korean Alismataceae :
Numerical Analyses of *Sagittaria sagittifolia*-
S. aginashi complex**

Shin¹, Hyunchur, Hyeon Cheol Cha² and Hong-Keun Choi*

¹Division of Biological Science, Soonchunhyang University, Asan 337-880 ;

²Department of Biological Sciences, Dankook University, Cheonan 330-714 ;

*Division of Natural Sciences, Ajou University, Suwon 442-749)

As a part of comprehensive study on the taxonomy of the Korean Alismataceae, the patterns of morphological variation of *Sagittaria sagittifolia*-*S. aginashi* complex which showing the complicated variation patterns in leaf character were examined using numerical analyses to determine the species limits based on leaf morphology. As a results, this complex could be identified as three taxa. *S. aginashi* has the more narrow and acute leaves, whereas *S. sagittifolia* var. *edulis* has the more broad and obtuse leaves, and *S. sagittifolia* var. *leucopetala* showed the intermediate leaf morphology between *S. aginashi* and *S. sagittifolia* var. *edulis*.

Key words: Alismataceae, *Sagittaria*, *S. aginashi*, *S. sagittifolia*, numerical analyses.

*Corresponding author : Phone +82-331-219-2618, Fax +82-331-219-1615