

한국산 바위솔속(돌나물과) 식물의 수리분류학적 연구

이강우, 김형덕, 박기룡*

(경남대학교 생물학과)

한국산 돌나물과 바위솔속 내의 종 내 변이를 조사하고 종간의 유연관계를 밝히고자 4종 14집단으로부터 28개의 형태형질을 측정하여 수리분석을 실시하였다. 유집분석 결과, 크게 3개의 유집을 형성하였고, 둥근바위솔, 연화바위솔, 좁바위솔 집단은 가까운 유집을 형성하여 유연관계가 깊은 것으로 생각된다. 객산리(I)와 가덕도에서 채집된 바위솔은 나머지 바위솔 집단과는 독립된 유집을 형성하여 바위솔 내 형태적 분화가 심하며 이는 기존의 세포학적인 변이와도 연관이 있을 것으로 추측된다. 정동진에서 채집된 둥근바위솔 집단은 기존의 동일종 집단과 유집되지 않고, 바위솔 집단에 가깝게 유집되어 형태학적으로 이질적 집단임을 알 수 있다. 형태형질을 이용한 주성분분석 결과, 바위솔 집단과 나머지 집단들로 크게 둘로 나누어지며, 둥근바위솔과 좁바위솔, 연화바위솔 집단은 서로 가깝게 배열되었다.

주요어: 바위솔속, 형태형질, 수리분석

돌나물과(Crassulaceae) 바위솔속(*Orostachys*) 식물은 세계적으로 약 10-13종 정도가 우랄 산맥에서 일본까지 분포한다(Uhl and Moran, 1972; Ohba, 1990). 바위솔속은 de Candolle(1828)에 의해 *Umbilicus*속, Bentham and Hooker(1865)에 의해서 *Cotyledon*속에 포함되었으며, 이후 Berger(1930), Borissova(1939), Webb(1964)은 독립된 속으로 다루었다.

Ohba(1978)는 바위솔속을 *Orostachys*절과 *Schoenlandia*절로 구분하였고, *Orostachys*절 아래에 엽두의 부속지 유무에 따라서 *Orostachys*아절과 *Appendiculatae*아절로 분류하였다. 바위솔속 식물은 단심피를 갖는 다육성의 다년초로, 기저부의 동아상태에서 뚜렷한 로제트 모양을 형성하다가 경엽이 분화되어 나온다. 화서는 총상화서로 신장된 중앙축 위쪽에서 나와 원추상을 이룬다. 꽃은 5수성이고, 화관은 흰색, 홍색 또는 황색을 띠며 전체 길이의 1/4 정도가 합생한다. 수술은 2륜으로 10개이고, 심피는 5개가 떨어져 있으며, 기부는 병모양을 하고 있어 형태학적으로 *Hylotelephium*과 유연 관계가 있음을 시사한다(Moran, 1972; Ohba, 1978).

Berger(1930)는 바위솔속이 *Sedum*속의 *Prometheum*, *Cyprosedum*절과 유연관계가

* 교신저자: 전화: (055) 249-2240, 전자우편: park@kyungnam.ac.kr
(접수: 2003년 9월 5일, 완료: 2003년 11월 8일)

Table 1. Classification systems of Korean *Orostachys* proposed by Lee (2000), Ohba (1978), Park (1974) and Jung (1957).

Lee (2000)	Ohba (1978)	Park (1974)	Jung (1957)
<i>Meterostachys</i>	<i>Orostachys</i>	<i>Orostachys</i>	<i>Meterostachys</i>
<i>M. sikokianus</i>	Sect. <i>Schoenlandia</i>	<i>O. sikokianus</i>	<i>M. sikokianus</i>
<i>Orostachys</i>	Sect. <i>Orostachys</i>	<i>O. erubescens</i>	<i>Orostachys</i>
<i>O. iwarenge</i>	Subsect. <i>Orostachys</i>	<i>O. malacophyllus</i>	<i>O. japonicus</i>
<i>O. japonicus</i>	<i>O. malacophyllus</i>	<i>O. saxatilis</i>	<i>O. malacophyllus</i>
<i>O. malacophyllus</i>	<i>O. iwarenge</i>	<i>O. minutus</i>	<i>O. minutus</i>
<i>O. minutus</i>	Subsect. <i>Appendiculatae</i>		
<i>O. ramosus</i>	<i>O. japonicus</i>		
<i>O. latiellipticus</i>	<i>O. minutus</i>		
<i>O. chongsunensis</i>			
<i>O. margaritifolius</i>			

있음을 주장하였고, Fröderström(1931)은 바위솔속이 *Hylotelephium*속과 유연 관계가 있다고 지적하였다. Moran(1972)은 *Meterostachys*와 매우 유사하나 뚜렷이 구분되어 독립된 속으로 처리하는 것이 타당하다고 주장하였다. 최근 엽록체 DNA수준의 분자적 연구에 의하여 바위솔속 식물은 *Hylotelephium*과 가까운 유연 관계를 보여주고 있다(Hart, 1995).

한국산 바위솔속 식물에 대한 연구는 오(1985)에 의해 식물지리학적 연구가 수행되었으며, 이 연구에서 한국산 바위솔속 식물 8종의 분포를 기재하였고, 고유종으로 애기바위솔(*O. filifera*), 갈미바위솔(*O. kanboensis*), 모란바위솔(*O. saxatilis*) 3종을 보고하고 있다. 이(2000)는 종속지적 연구를 통해 연화바위솔(*O. iwarenge*), 바위솔(*O. japonicus*), 둥근바위솔(*O. malacophyllus*), 쯤바위솔(*O. minutus*), 난장이바위솔(*Meterostachys sikokiana*) 외에 흰썸바위솔(*O. minutus* for. *albus*), 울릉연화바위솔(*O. iwarenge* for. *magna*), 가지바위솔(*O. ramosus*), 포천바위솔(*O. latiellipticus*), 정선바위솔(*O. chongsunensis*), 진주바위솔(*O. margaritifolius*) 등을 한국 특산 신종으로 기재한 바 있다(Table 1). 최근 들어 Eggli(2003)는 돌나물과 전체에 대한 분류학적 정리를 통해 이(2000)에 의해 신종보고되었던 대부분의 종을 바위솔, 연화바위솔, 쯤바위솔의 동종이명으로 처리하고 있어 본 종들에 대한 심층적인 검증이 필요하다.

한국산 바위솔속 식물에 대한 세포학적 연구는 Uhl and Moran(1972)과 Kim(1996)에 의해 이루어졌는데, 기본 염색체수는 $x=12$ 로, 바위솔은 $2n=24, 36, 48$ (Japan), 84 (Japan) 둥근바위

Table 2. Location of populations of *Orostachys* species using cluster and PCA analyses. Abbreviation for species is given in parentheses.

Scientific name	Locality	Specimen Number	Population Number
<i>Orostachys japonicus</i> (JAP)	Sangchuja-do	Kim 001	POP 01
	Hachuja-do	Kim 002	POP 02
	Chuja-bridge	Kim 003	POP 03
	Gaeksanri I	Kim 004	POP 04
	Gaeksanri II	Kim 005	POP 05
	Gadeuk-do	Kim 006	POP 06
	Bosung	Kim 008	POP 08
	Anmean-do	Kim 009	POP 09
	HaunPung	Kim 010	POP 10
	<i>Orostachys malacophyllus</i> (MAL)	Gampo	Kim 012
Nulcha-do		Kim 007	POP 07
Jungdongjin		Kim 013	POP 13
<i>Orostachys minutus</i> (MIN)	Mt. Dobong	Kim 011	POP 11
<i>Orostachys iwarenge</i> (IWA)	Jeju-do	Lee 014	POP 14

솔은 $n=12$, 좀바위솔은 $n=12$, $2n=24$, 36, 48로 대부분 이배체로 $2n=24$ 를 가지고 있으나 일부 종에서는 다배체가 나타나고 있어, 이러한 세포학적 다양성은 종내 변이와도 무관하지 않을 것으로 생각된다.

최근 신 등(2002)은 한국산 들나물과 식물에 대한 화분학적 연구를 통하여 바위솔속의 종들이 꿩의비름속 식물과 유연 관계가 깊어 기존의 분자적 연구와 일치하는 결과를 보여주었으며, 분자적 연구로는 RAPD를 이용한 유연 관계에 대한 연구가 수행된바 있다(이 등, 2001).

한국산 바위솔속 식물들은 종의 한계와 이들의 유연관계가 불분명하고, 최근 많은 신종이 보고되고 있어 이들에 대한 분류학적 검토가 필요하다. 본 연구는 한국산 바위솔속 식물 4종 14 집단을 대상으로 형태형질을 이용한 수리분류학적 연구를 통해 기존의 바위솔속 종들의 종 내 변이를 조사하고 중간 유연관계를 밝히고자 한다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 재료는 2001년 6월에서 2003년 3월까지 도봉산, 추자도, 보성, 정동진, 정선, 가덕도, 안면도 등지에서 채집된 바위솔속 내의 바위솔 9개 집단, 둥근 바위솔 3개 집단, 좀바위솔 1개 집단, 연화바위솔 1개 집단을 채집하여 만든 표본(Table 2)을 대상으로 28개의

Table 3. Morphological characters (abbreviation) of Korean *Orostachys* using for numerical analyses.

-
1. Width of the largest leaf (WLL)
 2. Length / width of the largest leaf (LWL)
 3. Spine length (SL)
 4. Petal width (PW)
 5. Petal length / width (PLW)
 6. Corolla tube width (CW)
 7. Sepal width (SW)
 8. Sepal length/width (SLW)
 9. Inner anther width (IAW)
 10. Inner anther length / width (IALW)
 11. Outer anther length (OAL)
 12. Outer anther width (OAW)
 13. Outer anther length / width (OALW)
 14. Length of the first filament (LFF)
 15. Length of the second filament (LSF)
 16. Stigma width (SW)
 17. Style length (SL)
 18. Ovary width (OW)
 19. Ovary length / width (OLW)
 20. Bracteole length (BL)
 21. Basal stem width (BSW)
 22. Pedicel width (PW)
 23. Inflorescence length (IL)
-

형태 형질을 측정하여 이 중 비율을 나타내는 중복 형질 5개를 제외하고 23개 형질을 분석에 이용하였다(Table 3). 형태 형질의 측정은 14개 지역에서 채집된 표본을 대상으로 하였으며 측정 부위는 Fig. 1과 같다. 바위솔속 내의 식물은 잎의 크기와 모양이 다양하므로 화서의

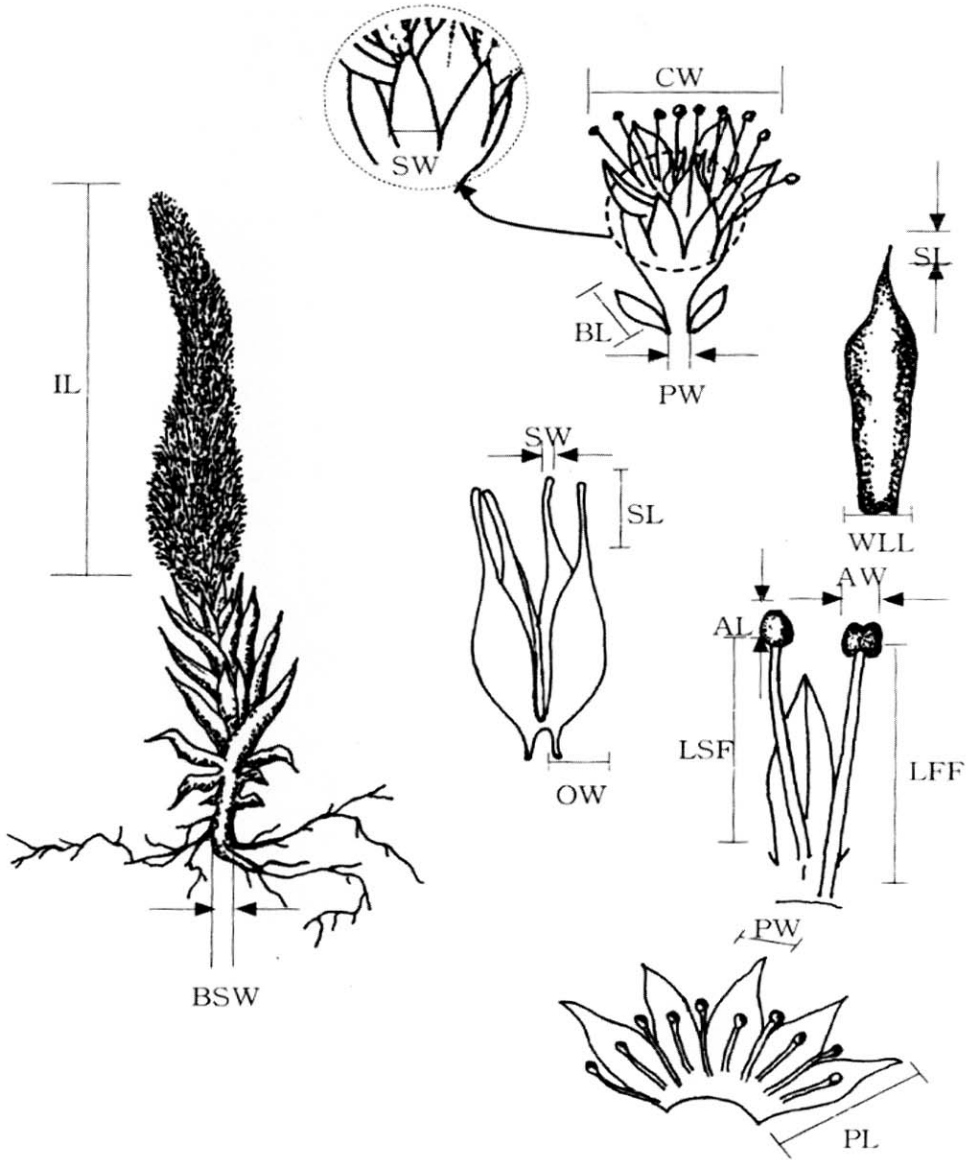


Fig. 1. Measurement of morphological characters of Korean *Orostachys* species. Character abbreviation from table 3.

Table 4. Morphological character measurements of 14 populations of Korean *Orostachys* species (Character and population abbreviation from the tables 2, 3). All units = mm

Character	POP1	POP2	POP3	POP4	POP5	POP6	POP7	POP8	POP9	POP10	POP11	POP12	POP13	POP14
1 WLL	6.06	5.98	8.96	8.63	11.29	11.46	11.09	5.62	9.58	7.46	6.13	20.19	8.57	13.51
2 LWL	2.39	5.67	2.58	4.16	1.95	1.64	2.30	2.96	2.44	4.00	4.30	1.62	1.47	1.93
3 SL	1.22	0.77	0.97	1.34	1.14	1.03	0.43	1.02	0.99	2.75	0.41	0	0	0
4 PW	1.26	2.30	2.24	2.36	1.65	2.58	0	1.98	1.01	2.53	2.27	2.91	2.21	2.21
5 PLW	3.13	3.01	2.71	2.99	4.01	2.36	2.96	3.16	5.75	2.04	2.73	1.90	2.23	2.63
6 CW	6.33	4.80	4.91	5.26	7.67	5.76	3.95	6.33	4.80	4.91	5.26	7.67	5.76	3.95
7 SW	1.57	1.54	1.58	1.83	1.62	1.23	2.30	1.13	1.57	1.44	1.66	2.14	1.40	1.91
8 SLW	3.40	3.03	2.63	2.58	2.83	4.17	2.36	3.95	2.50	2.32	2.20	2.43	3.29	2.97
9 IAW	0.22	0.44	0.66	0.66	0.54	0.48	0.74	0.58	0.27	0.55	0.32	0.81	0.51	0.42
10 IALW	3.09	0.95	1.27	1.39	1.98	2.06	1.72	2.19	1.96	1.58	1.97	1.42	1.02	1.43
11 OAL	0.73	0.53	0.86	0.94	0.95	0.88	0.85	1.13	0.52	0.81	0.64	0.75	0.44	0.56
12 OAW	0.37	0.46	0.65	0.67	0.75	0.57	0.69	0.51	0.32	0.49	0.39	0.56	0.31	0.31
13 O A L W	1.97	1.15	1.32	1.40	1.27	1.54	1.23	2.22	2.60	1.65	1.64	1.34	1.42	1.81
14 LFF	3.01	5.35	3.18	4.36	3.58	3.14	5.16	6.16	5.62	5.74	4.01	4.30	4.37	5.78
15 LSF	3.20	6.64	5.47	4.82	5.21	3.01	3.20	0.34	0.11	0.38	0.19	1.05	0.24	0.29
16 SW	0.23	0.25	0.18	0.23	0.28	0.19	0.13	1.83	1.93	1.37	1.09	0.98	1.12	1.74
17 SL	1.47	1.70	1.50	1.33	1.54	2.06	1.33	4.70	5.01	3.36	3.10	4.02	2.80	3.25
18 OW	1.37	1.30	0.99	1.48	1.41	1.35	1.00	1.23	1.85	1.22	1.10	1.55	1.29	1.29
19 OLW	2.18	2.57	3.69	3.84	3.46	2.30	3.30	3.82	2.71	2.75	2.81	2.59	2.17	2.52
20 BL	4.41	3.22	4.27	9.35	3.70	4.20	5.57	2.38	1.94	3.53	3.45	5.97	3.49	2.85
21 BSW	8.44	4.51	6.43	6.30	3.61	5.28	4.39	4.11	4.40	5.31	4.13	7.20	4.09	4.86
22 PW	1.52	1.11	1.53	1.91	1.56	1.14	0.85	0.56	1.03	1.33	0.89	1.03	1.24	0.83
23 IL	124.66	101.34	122.92	194.21	126.13	184.82	61.62	85.91	101.15	145.23	52.18	89.19	109.92	83.65

하단 첫 번째 잎을 기준으로 측정하였다. 꽃과 관련된 형질은 미세하고 쉽게 부서지므로 70%-ethyl alcohol에 3일간 담근 후에 측정하였다.

측정된 형질의 평균값(Table 4)을 이용하여 형질격자를 작성하였으며, NTSYS Program(Rohlf, 1992)을 이용하여 유집 분석(Cluster analysis)과 주성분 분석(Principal Components Analysis: PCA)을 실시하였다. 유집 분석을 위해 측정된 형질들은 표준화하였으며, 이 값을 기초로 각 집단간의 분류 거리(Taxonomic distance)를 계산하였고, 최종적으로

Table 5. Eigenvector and eigenvalues for the three principal components from analysis of 23 characters of 14 Korean *Orostachys* populations.

Character	PC1	PC2	PC3
1. Width of the largest leaf (WLL)	0.51447	-0.18178	0.56875
2. Length/Width of the largest leaf (LWL)	-0.01497	0.03934	-0.59762
3. Spine length (SL)	-0.17921	0.64678	-0.16808
4. Petal width (PW)	0.73250	-0.23417	-0.00534
5. Petal length / width (PLW)	-0.61913	0.27509	-0.15630
6. Corolla tube width (CW)	0.18468	-0.37280	-0.72735
7. Sepal width (SW)	0.57685	-0.30090	0.13908
8. Sepal length / width (SLW)	-0.36962	0.20002	0.13229
9. Inner Anther width (IAW)	0.86575	0.03380	-0.21741
10. Inner Anther length/width (IALW)	-0.47604	0.38510	0.28062
11. Outer Anther length (OAL)	0.29645	0.65815	-0.31286
12. Outer Anther width (OAW)	0.64621	0.51671	-0.32706
13. Outer Anther length/width(OALW)	-0.79471	0.12464	0.13907
14. Length of the first filament (LFF)	-0.22823	-0.34776	-0.45456
15. Length of the second filament (LSF)	0.59327	-0.12551	0.39741
16. Stigma width (SW)	-0.62765	0.31574	-0.12238
17. Style length (SL)	0.05623	0.62502	-0.23181
18. Ovary width (OW)	-0.31369	0.26207	0.45522
19. Ovary length / width (OLW)	0.31207	0.48184	-0.65383
20. Bracteole length (BL)	0.75896	0.40448	0.15009
21. Basal stem width (BSW)	0.27378	0.31646	0.59017
22. Pedicel width (PW)	0.28966	0.66935	0.19444
23. Inflorescence length (IL)	0.12115	0.78222	0.21974
Eigenvalues	5.58	3.96	3.17
% Variance explained (cumulative)	24.26	41.52	55.32

비가중-산술법(UPGMA: Unweighted pair-group method using arithmetic average)을 이용하여 전형질도를 그렸다. 집단간의 총체적인 유집 경향 분석을 위해 주성분 분석을 실시하였으며, 이를 위해 형질 격자를 표준화하고 상관계수(correlation coefficient)를 측정한 다음 이를 기초로 대부분의 형질 변이를 대표하는 3개의 주요인 축을 추출하고, 형질에 대한 eigenvector 값을 계산하였다. 마지막으로 3개의 주요인 축에 대해 집단을 투영하여 이들의 총체적인 유집 경향을 분석하였다.

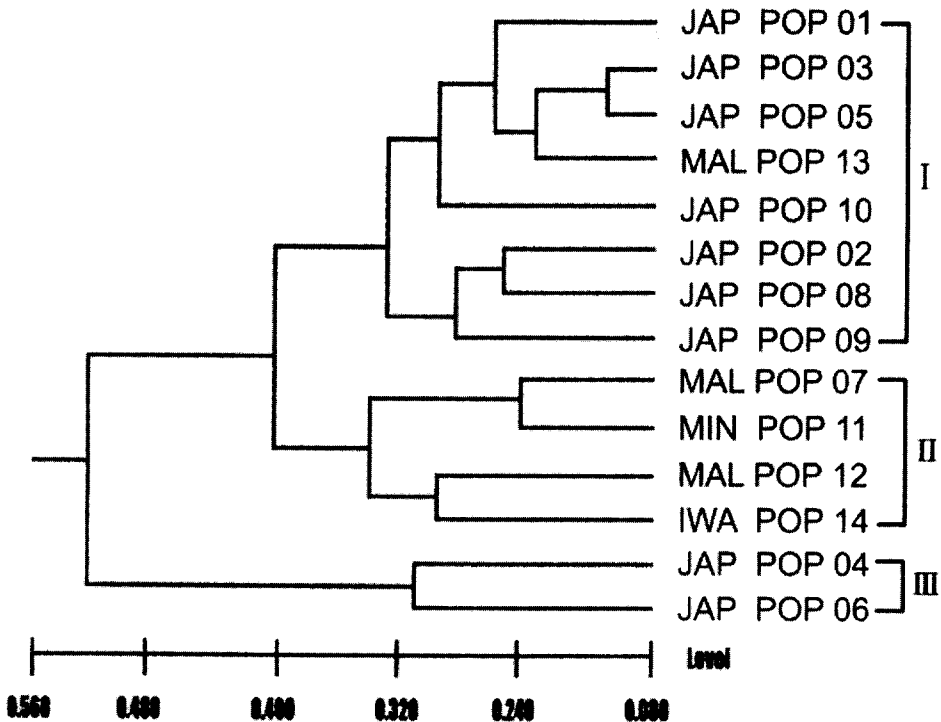


Fig. 2. UPGMA phenogram based on average taxonomic distance coefficients using 23 morphological characters from 14 populations of Korean *Orostachys* species.

결 과

한국산 들나물과 바위솔속에 속하는 4종 14개 집단에 대한 유집분석을 실시한 결과는 Fig. 2와 같다. 이 전형질도에 의하면 한국산 바위솔 집단은 크게 3개의 유집으로 구분되었다(Fig. 2, I, II, III). 바위솔집단(POP 1, POP 3, POP 5, POP 10, POP 2, POP 8과 POP 9) 들은 하나의 유집을 형성하였으며, 등근바위솔(POP 7과 POP 12), 좀바위솔(POP 11), 연화바위솔(POP 14)도 하나의 유집을 형성하였다. 정동진에서 채집한 등근바위솔(POP 13)은 바위솔 집단에 가깝게 유집되었다. 객산리와 가덕도에서 채집한 바위솔(POP 4, POP 6)은 바위솔 집단에서 떨어진 독립된 유집을 형성하고 있다.

유집분석에 이용된 23개의 동일한 형질을 기초로 주성분분석을 실시한 결과, 전체 변이 55.32%를 나타내는 주요인 3개를 선별하였다(Table 5). 안쪽 약의 폭(형질 9)과 소포엽의 길이(형질 20)와 바깥쪽 약의 폭(형질 12), 화변의 폭(형질 4), 약편의 폭(형질 7), 엽폭(형질 1)

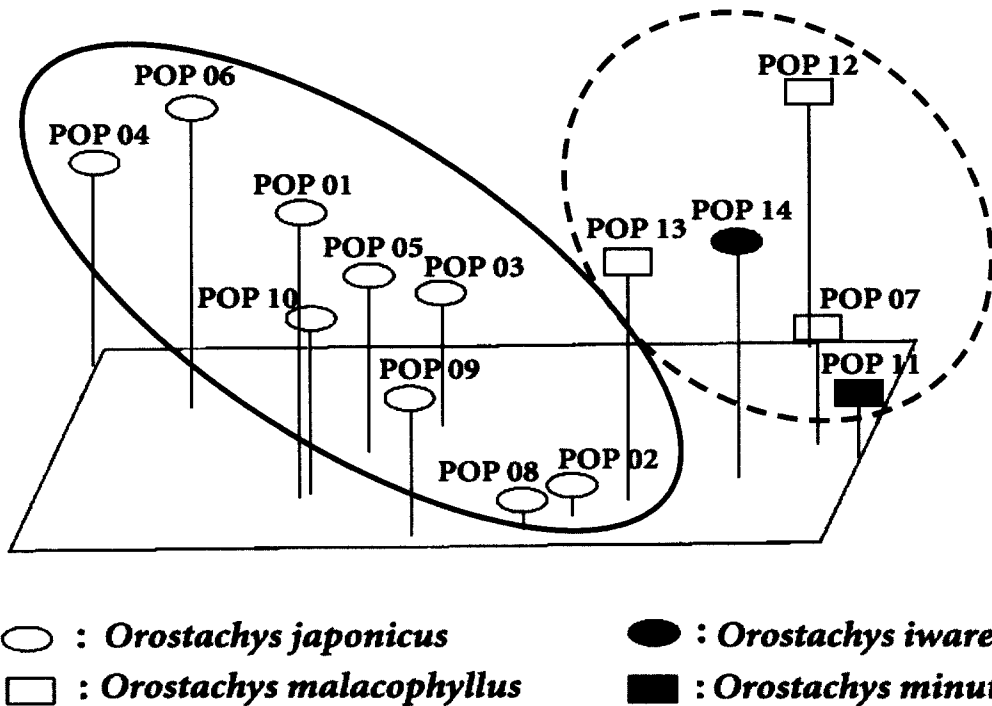


Fig. 3. Three-dimensional model of numbered populations derived from principal components analysis of 23 morphological characters of Korean *Orostachys* species.

에 관련된 특징이 PC1의 축을 결정하는데 가장 큰 요인으로 작용하였으며, PC2의 축은 화서의 길이(형질 23)와 화병의 폭(형질 22), 바깥쪽 약의 길이(형질 11)가, PC3의 축에서는 줄기의 폭(형질 21),과 엽폭(형질 1), 자방의 폭(형질 18)이 주요인 축을 결정하는 중요 형질로 밝혀졌다. 세 개의 주요인축(Principal components axis)으로 구성된 3차원적 공간에 투영한 OTUs(운영분류단위)들의 분포를 보면, 바위솔 집단과 나머지 집단으로 나뉘어지며, 바위솔 집단은 다시 POP 4와 POP 6을 한 군으로 나머지 바위솔을 또 다른 한 군으로 세분되어 졌다(Fig. 3). 그리고 등근바위솔과 좀바위솔, 연화바위솔 집단은 서로 가까운 공간에 위치하였다.

고 찰

기존의 분류학적 연구에 의하면 Ohba(1978)는 바위솔속을 *Orostachys*절과 *Schoenlandia*절로 구분하였고, 우리나라 종들이 대부분 포함된 *Orostachys*절은 엽두 부속지 유무에 따라

*Orostachys*아절과 *Appendiculate*아절로 구분하였으며 *Orostachys*아절에는 연화바위솔, 둥근바위솔을 포함시켰고, 나머지 종들은 *Appendiculate*아절에 포함시켰다. 본 연구 결과에 의하면 *Orostachys*아절에 속하는 연화바위솔과 둥근바위솔이 아주 가깝게 유집이 되어 본절의 분류학적 타당성을 지지한다고 할 수 있으나 *Appendiculate*아절에 속하는 쯤바위솔의 경우 연화바위솔, 둥근바위솔과 함께 유집되고 있기 때문에 엽두 부속지의 유무로 아절을 구분한 Ohba(1978)의 분류체계와 상이한 점이 있다.

기존에 둥근바위솔로 동정된 정동진 집단이 경우 나머지 감포, 눌차도 집단과 함께 유집되지 않고 바위솔 집단들과 유집되고 있어 정동진 집단은 기존의 둥근바위솔 집단들과 매우 이질적인 군임을 시사하고 있다. 특히 잎 형질에 있어 정동진 집단의 경우 나머지 둥근바위솔 집단에 비해 잎의 폭이 뚜렷이 넓고, 폭과 길이의 비가 현저히 차이가 나고 있다(Table 4). 이와 같은 결과는 기존의 화분학적 연구(신 등, 2002)결과와도 일치하고 있어 본 집단이 이제까지 우리나라에서는 보고된바 없는 미기록 종 혹은 새로운 종일 가능성을 시사하고 있다. 하지만 북한에 자생하는 종과 이(2000)에 의해 신 분류군으로 보고된 종들에 대한 면밀한 검토 후 분류학적 처리가 바람직하다고 생각된다.

기존의 한국산 바위솔속 식물의 세포학적 연구에 의하면 바위솔의 경우 $x=12$ 로 $2n=24, 36, 48, 84$ 등 다양한 다배체가 보고되고 있고(Uhl and Moran, 1972; Kim, 1996), 본 연구 결과에 서도 바위솔 집단은 크게 서로 다른 2개의 유집을 형성하고 있어 바위솔 종 내 형태학적 변이가 매우 심하며 이와 같은 변이는 염색체수의 다양성과 연관이 있을 수 있을 것이다. 특히 가덕도의 바위솔 집단의 경우 화서가 분지하는 독특한 특징을 갖고 있고, 객산리 집단은 동아를 감싸는 로젯트 잎이 상향하는 특징을 보여주고 있어 기존 바위솔 개체들과는 뚜렷한 형태적 차이를 보여준다. 이와 같은 형태적 이질성과 염색체 변이와의 상관관계에 대한 세포학적 연구가 요구된다.

이 등(2001)의 RAPD를 이용한 분석 결과에 의하면 한국산 바위솔속 집단은 크게 4개의 유집으로 구분되고, 특히 연화바위솔은 둥근바위솔과 매우 가까운 군임을 보여주었다. 이와 같은 결과는 본 연구의 결과와도 잘 일치한다. 그러나, 이 등(2001)은 쯤바위솔이 위 종들과 유연 관계가 먼 것으로 보고하고 있으나 본 연구 결과에서는 연화바위솔, 둥근바위솔과 가깝게 유집 되어 상이한 결과를 보여주고 있다.

결론적으로 본 연구를 통해 한국산 돌나물과 바위솔속은 크게 둥근바위솔, 연화바위솔, 쯤바위솔 군과 두개의 바위솔 군으로 유집 되었다. 쯤바위솔은 기존의 연구 결과와는 다르게 둥근바위솔, 연화바위솔과 가까운 유연관계를 보여주고 있으며, 둥근바위솔의 정동진 집단은 바위솔 군과 가까운 유연관계를 보여주고 있어 기존의 둥근바위솔 집단과는 이질적인 군임을 시사하였다. 따라서 이들 종의 한계를 명확히 규명하기 위해 북한에 분포하는 종과 국내에서 최근에 신종보고 된 분류군과의 비교연구와 더불어 세포학적 연구와 유전학적 분석을 통해 종의 한계를 심층적으로 분석할 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 2003년도 경남대학교 학술논문게재연구비 지원으로 이루어졌습니다.

인 용 문 헌

- Bentham, G. and J. D. Hooker. 1865. Genera plantarum. Vol. 1, part 2. London.
- Berger, A. 1930. Crassulaceae. *In Die Natürlichen Pflanzenfamilien*, eds 2, 18a. Engler, A. and K. Prantl (eds.). Pp. 352-483.
- Borissova, A. G. 1939. Crassulaceae. *In Flora U.R.S.S., Leningrad (SU)*, Komarov, V. L. (ed) vol. 9, Academiae Scientiarum, URSS. Pp. 8-134.
- Chung, T. H. 1957. Korean Flora 1. Shinjisa, Seoul (in Korean).
- De Candolle, A. P. 1828. Crassulaceae DC. *In Prodromus Systematis Naturalis Regni Vegetabilis* 3: 381-414.
- Eggli, U. 2003. Illustrated handbook of succulent plants: Crassulaceae. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. Pp. 186-190.
- Fröderström, H. 1931. The genus *Sedum* L. A systematic essay. Part 2. *Acta Horti Gothob.* 6: 1-111.
- Hart, H. 1995. Intrafamilial and generic classification of the Crassulaceae. *In Evolution and Systematics of the Crassulaceae*. Hart, H. and U. Eggli (eds.), Backhuys Publishers, Leiden. Pp. 159-172.
- Kim, I. S. 1996. Chromosome studies of Korean *Orostachys* species (Crassulaceae). *Kor. J. Plant Tax.* 26: 183-190.
- Moran, R. 1972. The genus *Meterostachys* Nakai (Crassulaceae). *Cact. Succ. J.* 44: 262-273.
- Ohba, H. 1978. Generic and infrageneric classification of the Old World Sedoideae (Crassulaceae). *J. Fac. Sci. Univ. Tokyo III.* 12: 139-198.
- _____. 1990. Notes towards a monograph of the genus *Orostachys* (Crassulaceae) (1). *J. Jap. Bot.* 65: 1-11.
- Park, M. K. 1974. Keys to the herbaceous plants in Korea (Dicotyledoneae). Chungunsa, Seoul. Pp. 199-205.
- Rohlf, F. J. 1992. NTSYS-pc: numerical taxonomy and multivariate analysis system (version 1.70). Exeter Software, New York.

- Uhl, C. H. and R. Moran. 1972. Chromosomes of Crassulaceae from Japan and South Korea. *Cytologia* 37: 59-81.
- Webb, D. A. 1964. Crassulaceae. *In* *Flora Europaea* 1: 350-364.
- 신진환, 유영기, 박기룡. 2002. 한국산 돌나물과의 화분분류학적 연구. *한국전자현미경학회지* 32: 345-360.
- 오수영. 1985. 한국산 돌나물과식물에 관한 식물분류·지리학적연구. *경북대학교 논문집* 39: 123-159.
- 이영노. 2000. 한국산 연화바위솔속 식물. *한국식물연구원보* 1: 31-47.
- 이병애, 김학현, 조용구, 이철희. 2001. RAPD를 이용한 자생 바위솔속(*Orostachys*) 식물의 유연관계 분석. *원예과학기술지* 19: 159-162.

Numerical Taxonomy of Korean *Orostachys* (Crassulaceae)

Lee, Kang-Woo, Hyung-Deok Kim, Ki-Ryong Park *

Department of Biology, Kyung-Nam University, Masan 631-701, Korea

ABSTRACT

Numerical analyses using 28 morphological characters from 14 populations of four Korean *Orostachys* species were conducted to investigate infra-specific variation and to test species relationships. The resulting phenogram recognized three distinct clusters, and the populations of *O. malacophyllus*, *O. iwarenge* and *O. minutus* were closely related each other. The populations of *O. japonicus* from Gaeksanri (I) and Gadeuk-do were isolated from the remaining populations of the species, and it suggests that the ranges of morphological variation within the species are significant, and related to the previous cytological variation. The Jungdongjin population of *O. malacophyllus* was not grouped together with the same species, but was clustered with the populations of the *O. japonicus*, and suggested that it seems to be an unrelated population in *O. malacophyllus*. The results of the PCA analysis recognized two distinct groups: the populations of *O. japonicus* and remaining species populations. The populations of *O. malacophyllus*, *O. minutus* and *O. iwarenge* placed within the closely related species.

Key words: *Orostachys*, Morphological Characters, Numerical analysis

*Corresponding author: Phone: +82-55-249-2240, e-mail: park@kyungnam.ac.kr