

경남지역 둥굴레속의 Cluster 분석에 의한 종간 유연관계

심재석* · 박정민* · 전병삼** · 강진호**,**†

*경남농업기술원, **경상대학교 농생대, ***경상대학교 생명과학연구원

Interspecific Relationship of *Polygonatum* Species Collected from Gyeongnam Area Using Cluster Analysis

Jae Suk Shim*, Jeong Min Park*, Byong Sam Jeon**, and Jin Ho Kang**,**†

*Gyeongnam Agricultural Research & Extension Services, Jinju 660-370, Korea.

**College of Agriculture & Life Sci., Gyeongsang Natl. Univ., Jinju 660-701, Korea.

***Research Institute of Life Sci., Gyeongsang Natl. Univ., Jinju 660-701, Korea.

ABSTRACT : *Polygonatum* species are a useful medical crop in Korea but basic study in the species was not well conducted. The study was carried out to analyse genetic diversity and intraspecific relationship of 47 *Polygonatum* species collected from Gyeongnam province. Their analysis was done through principle component analysis and average linkage cluster analysis with their twelve morphological traits. The result of principle component analysis showed the Prin 1, Prin 2 and Prin 3 represented 79% of total variation. By the 0.7 average distance of the cluster analysis and the calculated Euclidian distance, the 47 collected species were grouped into five groups. Group I included 22 collected species representing *P. odoratum* var. *pluriflorum*, group II did 5 ones representing *P. involucratum*, group III was divided into two subclasses, 2 species including *P. inflatum* and 7 species including *P. thunbergii*, group IV also consisted of 2 subclasses, a species similar to *P. thunbergii* and *P. involucratum*, respectively, and finally group V included 8 species representing *P. lasianthum* var. *coreanum*. meaning that the useful germplasm can be collected from relatively small area.

Key words : *Polygonatum* species, interspecific relationship, principle component analysis, cluster analysis

서 언

우리나라에 자생하고 있는 둥굴레속 (*Polygonatum*)에는 많은 종이 분포하고 있으며, 이들 종은 생육특성이 다른 것으로 알려져 있다 (Jang, 1998). 줄기는 둥굴레의 경우 비스듬히 자라나, 층층둥굴레, 각시둥굴레, 황정은 직립하며, 엽형에서는 둥굴레는 타원형, 산둥굴레는 장타원형, 용둥굴레와 통둥굴레는 난형, 죽대는 피침형이며 층층둥굴레는 협피침형이며, 포의 형태로는 용둥굴레는 난형, 통둥굴레와 층층둥굴레는 피침형, 진황정은 침상이다 (Han *et al.*, 1998b; Jang & Kim, 1998b). 화사는 용둥굴레와 통둥굴레 모두 편평하나 통둥굴레에는 연한 털을 가지고 있으며 그 외의 종들은 실린더 모양이며, 종자는 직생배주에서 형성되는 구형이고, 가공 부위인 지하경은 2개의 정아가 신장과 함께 분지되어 생장한다 (Han *et al.*, 1998a, b; Jang & Kim, 1998b; 구, 1996; 류, 1997). 이와 같이 둥굴레속 식물은 엽, 화기, 포와 관련된 형질들에서 상당

한 차이를 보이고 있기 때문에 산야로부터 수집된 종을 분류하는 데에 이러한 형질들을 활용할 수 있을 것이다.

둥굴레속 식물의 염색체수는 배수체 (2n)로서 용둥굴레, 산둥굴레와 진황정은 18개, 둥굴레, 왕둥굴레와 죽대는 20개, 각시둥굴레는 20개 또는 22개, 통둥굴레는 22개, 황정은 24개, 층층둥굴레는 30개로 이들은 5개의 소그룹으로 분류되고 있다 (Han *et al.*, 1998a, b; Kim & Kim, 1979). 이와 더불어 RAPD에 의한 계통학적 유연관계를 다시 분석한 결과 둥굴레속 식물은 63.2%의 유사도 수준에서 황정과 층층둥굴레 (*P. stenophyllum*)와 같은 운생엽과 호생엽의 2개군으로 분류되고 있다 (Jang & Kim, 1998a). 이보다 더욱 세분하여 호생엽군 중에서 포의 존재유무로 다시 2개군으로 재분류되고 있으며, 포가 있는 것 중에서도 통둥굴레와 용둥굴레와 같이 염색체수가 달라 다른 종으로 분류되는 경우도 있다. 그러므로 둥굴레속 식물을 자원화하기 위하여는 이를 체계적으로 분류하여야만 할 것이다.

†Corresponding author: (Phone) +82-55-751-5427 (E-mail) jhkang@nongae.gsnu.ac.kr
Received December 2, 2004 / Accepted February 19, 2005

결과 및 고찰

우리나라 산야에는 많은 둥굴레속 식물이 자생하고 있다. 이들은 외부형태와 RAPD 분석 등에 있어서 서로 유사점을 가지고 있더라도 염색체 수가 다를 수도 있으며 염색체 수가 같더라도 형태에서는 많은 차이를 보일 수도 있다. 현재까지 우리나라에 자생하고 있는 둥굴레속 식물을 수집하여 이들의 유연관계를 분석하여 보고한 경우는 일부 있으나 한정된 지역에서 집중적으로 수집하여 이를 체계적으로 분류한 경우는 없다. 본 연구는 전보 (Shim et al., 2005)에 보고한 경남지역에 자생하고 있는 둥굴레의 47개 수집종의 주요 형질특성을 이용하여 Cluster 방법으로 수집종간 유연관계를 분석하여 육종을 위한 기초자료로 활용하고자 수행되었다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 재료는 경상남도농업기술원 함양약초사업장에서 수집·선발한 47개 수집종의 엽, 줄기 및 화기 등의 형질을 대상으로 하였다. 주성분과 군집분석에 이용된 형질들은 Table 1과 같이 환경의 영향을 거의 받지 않은 능수, 줄기 형태, 줄기모양, 줄기색, 줄기의 털, 엽색, 엽형, 화색, 화형, 화경색, 화사 및 포 형태의 12개로서 이를 수치로 전환하여 분석에 활용하였다.

주성분 분석은 통계프로그램 SAS를 이용하였다. 각 변량의 측정단위 차이에서 오는 오류를 피하면서 변량을 표준화하는 효과를 얻기 위해 상관행렬로 주성분을 계산하였으며, euclidian distance를 이용하여 average linkage cluster 방법에 따라 dendrogram으로 나타낸 후 적절한 거리수준에서 모든 수집종들을 몇 개군으로 분류하는 방법으로 유연관계를 분석하였다 (김과 전, 1991, 1993).

Table 1. Characters and degrees examined in the collected species.

Characters	Degrees
1. Stem angularity number (SAN)	
2. Stem type (ST)	1, ascending; 2, erect
3. Stem shape (SS)	1, angulate; 2, terete
4. Stem color (SC)	1, purple green; 2, green; 3, darkpurple green
5. Stem trichome (ST)	1, absent; 2, present
6. Leaf color (LEC)	1, green; 2, dark green; 3, dark green with purple to leaf margin
7. Leaf shape (LS)	1, elliptic; 2, ovate; 3, orbicular-ovate; 4, lanceolate; 5, oblong-lanceolate
8. Flower color (FLC)	1, white; 2, greenish white; 3, light-green
9. Flower shape (FLS)	1, campanulate; 2, tubular funnel form; 3, urceolate.; 4, gourd bottle-shaped
10. Peduncle color (PDC)	1, purple; 2, red purple; 3, green
11. Filament shape (FMS)	1, cylindrical; 2, flattened
12. Bract shape (BTS)	1, ovate; 2, oblong lanceolate; 3, oblanceolate; 4, absent

1. 수집종간 유연관계를 위한 주요형질 분석

경남지역에서 수집된 둥굴레속 47종의 군집분류에 필요한 주 성분 분석에 이용된 12개 형질의 조사치는 Table 2와 같다. 줄기에 형성된 능의 수 (SAN), 엽의 형태 (LS), 화경의 색깔 (PDC), 포의 형태 (BTS)에서는 표준편차가 1 이상인 것으로 조사되었다. 따라서 이러한 형질들은 다른 8개 형질 (0.20~0.88)보다 커서 이들을 이용하여 유전분석을 할 때 먼저 유전적인 특성에 기인되는 것인지 아니면 환경적인 요인에 기인되는가를 결정하여야 유전분석의 정확성을 기할 것으로 사료된다.

2. 특성분석에 의한 수집종간 유연관계

경남지역에서 수집된 둥굴레속 47종에서 조사된 12개 주요

Table 2. Mean values and standard deviations (SD) for twelve traits of forty seven collected species used in experiment.

No.	Traits	Mean±SD	Range
1	Stem angularity number	4.1±2.23	0~7
2	Stem type	1.1±0.25	1~2
3	Stem shape	1.5±0.50	1~2
4	Stem color	1.8±0.88	1~3
5	Stem trichome	1.1±0.25	1~2
6	Leaf color	1.4±0.53	1~3
7	Leaf shape	2.4±1.58	1~5
8	Flower color	1.4±0.65	1~3
9	Flower shape	1.6±0.85	1~4
10	Peduncle color	2.1±1.13	1~3
11	Filament shape	1.1±0.20	1~2
12	Bract shape	3.4±1.14	1~4

Table 3. Eigen values and their contribution for total variation of the first-twelve principle components (Prin) for the 47 lines of Polygonatum species collected from Gyeongnam area.

Principle components	Eigen value	Contribution (%)	Cumulative contribution (%)
Prin 1	6.12	51.0	51.0
Prin 2	2.15	17.9	68.9
Prin 3	1.19	9.9	78.8
Prin 4	1.15	9.5	88.4
Prin 5	0.53	4.4	92.8
Prin 6	0.32	2.7	95.5
Prin 7	0.27	2.3	97.7
Prin 8	0.12	1.0	98.7
Prin 9	0.07	0.6	99.3
Prin 10	0.05	0.4	99.7
Prin 11	0.02	0.2	99.9
Prin 12	0.01	0.1	100

형질을 이용한 군분류를 위한 각 주성분의 기여율은 Table 3에서 보논바와 같이 제1주성분 (Prin 1)은 6.12에서 제12주성분 (Prin 12) 0.01의 범위에 속하는 값을 가지고 있었다. 이러한 결과에 의하여 제3주성분 (Prin 3)까지의 합계치가 9.46으로서 이 값은 전체 주성분 값인 12.0의 79%에 해당되는 것으로 분석되었다. 따라서 이상에서 제시된 여러 가지 형질특성으로 각종의 연관군을 분석한다는 것은 어려운 것으로 보이나 주성분 분석을 통하여 제3주성분까지만 분석하여도 수집된 등골레속의 군분류는 가능할 것으로 사료된다.

경남지역에서 수집된 등골레속 47종의 12개 주요 형질에 대한 제5주성분까지의 eigen vector를 분석한 결과는 Table 4와 같다. 등골레속을 분류하는데 필요한 제3주성분까지 각 형질이 미치는 영향으로서 다른 형질에 비하여 제1주성분은 줄기의 형태, 제2주성분은 줄기의 능 (angularity) 수, 제3주성분은 화사 (filament) 형태가 가장 큰 값을 가져 각 주성분에 상대적으로 크게 영향을 미치는 형질은 달랐다. 따라서 이러한 시

험결과로부터 수집된 등골레의 유연관계 분석은 줄기의 형태, 능의 수 및 화사의 형태를 이용하는 것이 바람직한 방법으로 판단된다.

특성치와 주성분 score와의 상관을 인자부하량이라고 하며 인자부하량을 계산하여 각 주성분과 관련된 형질들을 정리한 것은 Table 5와 같다. 전체적인 측면에서 제5주성분까지 각 주성분과 12개 형질간의 인자부하량은 조사된 형질중에서 줄기모양, 줄기색깔, 엽색, 엽형, 포 형태, 능수, 화색, 화형 등의 특성들이 높은 상관을 보였다.

경남지역에서 수집한 등골레속 47종에 대한 능수, 줄기형태 등 12개 질적형질을 기초로 euclidian distance를 계산하여 average linkage cluster 방법으로 품종간 유연관계를 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 그림으로부터 서로 낮은 위치, 즉 낮은 수치로 연결되는 것일수록 비교적 유사한 계통이라고 할 수 있는데 0.7을 기준으로 할 경우 5개군으로 분류되었다.

Distance를 0.7로 하여 수집된 종들을 5개군으로 분류하여

Table 4. Twelve agronomic characters of forty seven lines used in the principal component analysis and the eigen vectors for each character in the first-five components (Prin).

No.	Characters	Prin 1	Prin 2	Prin 3	Prin 4	Prin 5
1	Stem angularity number	-0.236	0.527	0.106	-0.001	-0.201
2	Stem type	0.136	0.045	0.577	0.526	0.554
3	Stem shape	0.379	-0.187	-0.001	-0.005	-0.066
4	Stem color	0.307	-0.338	-0.011	-0.247	-0.083
5	Stem trichome	0.136	0.227	0.080	-0.707	0.590
6	Leaf color	0.340	0.285	0.097	0.042	-0.336
7	Leaf shape	0.281	-0.467	0.054	0.104	-0.038
8	Flower color	0.335	0.328	-0.146	0.055	-0.067
9	Flower shape	0.325	0.241	0.291	0.040	-0.220
10	Peduncle color	0.344	0.123	-0.042	-0.092	-0.014
11	Filament shape	0.130	0.148	-0.714	0.357	-0.348
12	Bract shape	0.348	0.134	-0.135	0.085	0.075

Table 5. Relationships between the principal components and the agronomic characters.

Principal components	Correlation (+ : -)	Corresponding characters (Entry no [†] ; Eigen vectors, above ± 0.2)
Prin 1	+ (8)	Stem shape, Stem color (3, 4); Leaf color, Leaf shape (6, 7) Flower color, Flower shape (8, 9); Peduncle color, Bract shape (10, 12)
	- (1)	Stem angularity number (1)
Prin 2	+ (5)	Stem angularity number (1); Leaf color (6); Flower color, Flower shape (8, 9); Stem trichome (5)
	- (2)	Stem color, Leaf shape (4, 7).
Prin 3	+ (2)	Stem type, Flower shape (2, 9)
	- (1)	Filament shape (11)
Prin 4	+ (2)	Stem type & Filament shape (2, 11)
	- (2)	Stem trichome (5); Stem color (4)
Prin 5	+ (3)	Stem type (2); Stem trichome (5); Filament shape (11)
	- (3)	Leaf color, Flower shape (6, 9), Stem angularity number (1)

[†] Refer to the Table 2.

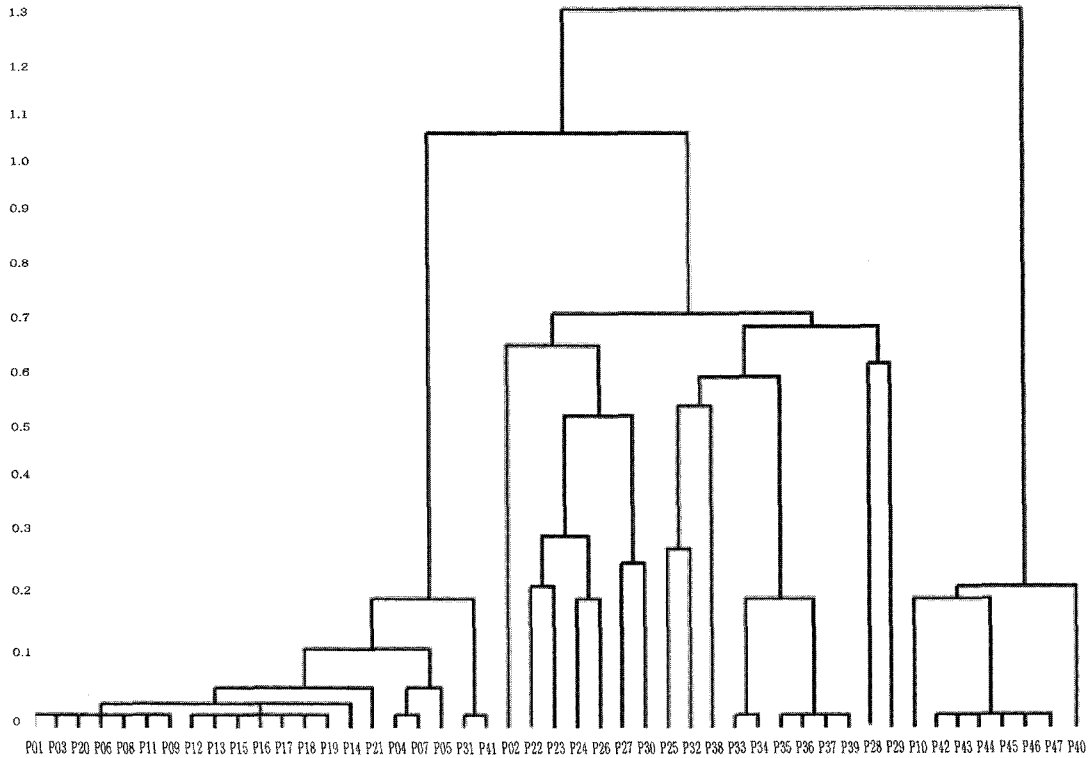


Fig. 1. Dendrogram of *Polygonatum* spp. collected from Gyeongnam area based on 12 characters.

Table 6. Genetic classification for forty-seven lines of *Polygonatum* species based on correlation coefficient.

Collected lines	Collected number	Scientific name
I	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 31, 41	<i>P. odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>
II	22, 23, 24, 26, 27, 30, 25, 32	<i>P. involucreatum</i> <i>P. inflatum</i>
III	33, 34, 35, 36, 37, 38, 39	<i>P. thunbergii</i>
IV	28, 29	<i>P. thunbergii</i>
V	10, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47	<i>P. lasianthum</i> var. <i>coreanum</i>

각 군에 속하는 종들을 정리한 결과는 Table 6과 같다. 이들 5개군 중에서 이미 학계에 보고되어 종으로서 정착되어 있는 종을 기준으로 보면 I군은 둥굴레, II군은 용둥굴레, III군은 2개의 아군(亞郡)으로 구분되어 산둥굴레와 통둥굴레가 각각 이에 속하였으며, IV군은 각각 산둥굴레와 용둥굴레의 근연종이, V군은 죽대가 이에 속하였다. 따라서 III군과 IV군에서는 이미 학계에 알려진 특징종과는 상당히 다른 변이체로 이루어진 것으로 분석되어 추후 이들에 대한 세심한 관찰이 필요할 것으로 판단된다. 각 군별로는 I 군에 22종, II군에 6종, III군에 9종, IV군에 2종, V군에 8종이 분포하는 것으로 집계되었다. 한편 다른 군에 비하여 I군의 수가 많았던 것은 둥굴레가

경남지역에 주로 분포하고 이로부터 변이체가 많이 형성된 것에 기인된 것으로 추측된다.

적 요

경남지역 자생 둥굴레속 수집종의 유연관계를 구명하여 품종육성을 위한 기초자료로 활용하고자 47개 수집종의 12개 형질을 대상으로 주성분 분석 및 average linkage cluster 방법으로 군을 분류한 결과는 다음과 같다.

1. 주성분 분석에서 줄기형태, 줄기색깔, 엽색, 포의 형태, 화색, 화형 등 12개 주요 형질의 주성분의 고유치에 기여율은 제3주성분까지 분석하여도 전체의 79%정도 설명할 수 있어서 47개 수집종의 분류가 가능함을 알 수 있었다.
2. 47개 수집종의 12개 주요형질을 대상으로 average linkage cluster 방법에 의한 분석치의 거리 0.7을 기준으로 군을 분류한 결과 5개군으로 분류되었다. I군은 둥굴레, II군은 용둥굴레, III군은 산둥굴레 및 통둥굴레, IV군은 산둥굴레와 통둥굴레, 산둥굴레와 용둥굴레 특성의 중간형태를 각각 지닌 P28과 P29였으며, 제V군은 죽대로 분류되었다.
3. 경남일대 둥굴레의 특성조사와 수집종 분류결과 둥굴레와 죽대는 중간 변이가 거의 없었던 반면, 용둥굴레, 통둥굴레와 산둥굴레는 다양한 변이종이 분포하고 있는 것으로 나타났다.

LITERATURE CITED

- Han MK, Oh BU, Kim YS** (1998a) C-banded karyotype of five taxa of genus *Polygonatum*. Korean J. Plant. Taxa. 28(3):313-329.
- Han MK, Jang CG, Oh BU, Kim YS** (1998b) A cytotoxic study of genus *Polygonatum* in Korea. Korean J. Plant Tax. 28(2):187-208.
- Jang, KH, Park JM, Kang JH, Lee ST** (1998) Growth and flowering characteristics of *Polygonatum* spp. Korean J. Medicinal Crop Sci. 6(2):142-148.
- Jang CG** (1998) A systematic study of the genus *Polygonatum* (*Liliaceae*): with a special reference to Korean species. Ph.D. Dissertation, Korea Univ., Korea.
- Jang CG, Kim YS** (1998a) Cluster and cladistic analyses of the Korean *Polygonatum* (*Liliaceae*). Korean J. Plant Tax. 28(4):357-370.
- Jang CG, Kim YS** (1998b) Taxonomic relationships of the Korean *Polygonatum* (*Liliaceae*) using the RAPDs analysis. Korean J. Plant Tax. 28(4):371-384.
- Kang JH, Kim DI, Ryu YS, Bae KS, Han KS** (1998) Characteristics of seed structure and seedling development in *Polygonatum odoratum* Druce. Korean J. Medicinal Crop Sci. 6(2):102-107.
- Kim YS, Kim JH** (1979) A taxonomic study of the genus *Polygonatum* in Korea (1). Korean J. Plant Taxa. 9:27-41.
- Shim JS, Park JM, Jeon BS, and Kang JH** (2005) Classification by Morphological Characteristics of *Polygonatum* Species Collected from Gyeongnam Area and their Correlation. Korean J. Medicinal Crop Sci. 13(1): submitted.
- 구관효** (1996) 등골레 재배기술. 산림(7월호). 임업 협동조합. p. 52-58.
- 김기영, 전명식** (1991) SAS 군집분석. 자유아카데미. p. 13-35.
- 김기영, 전명식** (1993) SAS 인자분석. 자유아카데미. p. 29-101.
- 류영섭** (1997) 등골레 종자의 발아특성과 상배축 휴면타파. 석사 학위논문. 경상대학교 대학원.