

한국산 등굴레속의 형태적 진화와 유연관계

장창기* · 김윤식

(고려대학교 이과대학 생물학과)

한국산 등굴레속 14종, 2변종 총 16분류군에 대하여 지하경의 형태, 줄기의 성상, 엽서, 엽형, 엽선, 잎 이면과 엽연의 털, 화서, 포의 유무 및 형태, 포가 달리는 위치, 포의 소질 및 털의 유무, 화피의 모양, 개화시 관연의 방향, 수술대의 형태, 수술대 표면의 털과 돌기의 분포양상 등 전반적인 외부형태형질들을 재검토하였다. 그 결과를 토대로 각 분류형질의 특수화 및 진화경향성을 고찰하였고, 또한 분류군들간의 유연관계와 계통을 추구하였다. 진화경향성이 있는 형질은 지하경의 형태, 엽서, 화서, 포, 수술대 등이다. 지하경의 형태는 미세형에서 비후형으로 발달하였고 다시 특수화하여 염주형으로 발달한 것으로 보여진다. 타원형의 잎은 호생엽서에 달리고 선형의 잎은 운생엽서에 달리며, 엽서는 호생형에서 운생형으로 분화되었다. 화서는 총상형에서 산방형, 산형으로 발달하고, 포는 없어지는 방향으로 분화하였으며, 수술대는 납작한 것이 원시적이다. 한편, 엽서와 엽형은 절을 구분해 주는 분류형질이고, 포의 존재유무는 Sect. *Polygonatum*에서 Ser. *Bracteata*와 Ser. *Inflata*를 Ser. *Polygonatum*과 구분해 주며, 화서와 엽선의 형태는 Sect. *Verticillata*에서 Ser. *Verticillata*와 Ser. *Sibirica*를 구분해 주는 중요한 분류형질이다. 수술대의 형태는 지하경의 형태, 화피의 모양 및 잎이면의 털이나 돌기 등과 함께 종을 구분해 주는 좋은 식별형질이다.

주요어 : 등굴레속, 형태형질, 진화경향성, 식별형질, 유연관계

등굴레속은 백합과(Liliaceae) 비짜루아과(Asparagoideae) 등굴레족(Polygonateae)에 속하는 분류군으로서 북반구에만 있으며, 특히 본 속의 기원지로 추정되는 중국을 중심으로, 중국 남서부 및 중국 북부의 중일구지역(Sino-Japanese region)에 70% 이상이 집중적으로 분포한다.

본 속의 분류체계는 엽서, 지하경의 모양, 엽선의 형태, 포의 존재유무 등에 의해서 절

*교신저자 : 전화 (02) 953-1729, 전송 (02) 923-9522, 전자우편 : cgjang@kucncx.korea.ac.kr

이나 계열이 결정되어져 왔다(Baker, 1875; Franchet & Savatier, 1878; Komarov, 1935; Abramova, 1975; Jeffrey, 1980). 그리고 종의 식별형질로서만 사용되었던 수술대의 모양이나 수술대 표면의 돌기나 털의 분포양상 등을 분류형질로 사용하여 Satake (1942)는 수술대의 형태와 함께 포의 존재여부와 포의 소질을 기준으로 속내분류체계를 설정하였고, Hara(1944)는 수술대 표면의 털과 돌기의 분포양상을 속내 분류군을 구분하는 가장 중요한 형질이라고 인식하였다. 한편 Tang(1978)은 화피의 크기와 판연과의 비율을 계열을 구분하는 주요 분류형질로 사용하여 본 속을 8개의 계열체계로 정리하였으며, Tamura(1993)는 수술대의 비후부위와 함께 수술대 표면의 털과 돌기분포양상을 기준으로 본 속을 3개의 group으로 나누고 염색체수와 연관시켜서 논의한 바 있다. 최근에 Jang(1998)은 엽서와 기본염색체수에 의해서 3개의 절을 구분하고, 그 아래에 10개의 계열을 포의 유무, 화피의 크기, 수술대의 크기 및 형태, 수술대표면의 돌기나 털의 분포양상 등을 기준으로 설정한 바 있다.

한국산 등굴레속에는 모두 14종 2변종이 있으며, 이들 분류군들은 엽서, 포의 존재여부, 기본염색체수, 지하경의 형태, 줄기의 능각유무 등에 의해서 2절 5계열로 분류된 바 있다(Jang, 1998). 그러나 지금까지 한국산 본 속에 대한 연구는 주로 고전적인 기재나 분포에 대한 연구에 국한되어 있으며(Palibin, 1901; Mori, 1921; Chung *et al.*, 1937; Kitagawa, 1939; Park, 1949; Nakai, 1952; Chung, 1957; Lee, 1979; Lee, 1996), 형질 분석이나 분류체계에 대한 연구, 속내분류군에 대한 유연관계 규명 등의 계통분류학적 연구결과는 찾아 볼 수 없었다.

따라서 본 연구에서는 외부형태형질의 고찰을 통해 종의 식별이나 유연관계의 규명에 있어서 혼란이 있어 온 등굴레속의 제문제점들을 해결하고 각 분류형질의 분화 및 진화경향을 고찰하며, 더 나아가 각 형질들의 분류학적 적용을 규명하기 위하여 한국산 등굴레속을 대상으로 지하경의 형태, 줄기의 성상, 엽서, 엽형, 엽선, 잎 이면과 엽연의 털, 화서, 포의 유무, 포를 가지는 분류군에서 포의 형태, 포가 달리는 위치, 포의 소질 및 털의 유무, 화피의 모양, 개화시 판연의 방향, 수술대의 형태, 수술대 표면의 털과 돌기의 분포양상 등 전반적인 형태형질들을 재검토하였으며, 이 결과를 토대로 속내 분류군들 간의 유연관계를 논하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

외부형태학적 형질은 국내에서 KUS, CBU, SNU, KWU, KNU, SKK 및 HNU 등 7개 표본관에 소장된 표본 2000여점과, 아시아에서 중국의 KUN, HNWP, SCFI, HWA, 일본의 MAK, TI, 인도의 CAL, 필리핀의 PNH, 싱가포르의 Sing, 유럽에서 핀란드의 H,

스웨덴의 GB, UPS, 폴란드의 KRA, 덴마크의 C, 독일의 DR, M, B, FR, GAT, HAL, 오스트리아의 W, 프랑스의 P, 이탈리아의 PAV, PI, 영국의 BM, OXF & FHO, K, 북미에서 미국의 BH, F, ILLS, NY, TEX, US, UC와 JEPS, A(GH), UMO 등 37지역의 표본관에 소장된 한국산 약 500여점의 석엽표본과 본인 등이 수집한 생체재료를 사용하였다. 생체재료의 증거표본은 고려대학교 생물학과 표본관(KUS)과 충북대학교 생물학과 표본관(CBU)에 보관하였다.

분류형질의 도해에 사용된 재료의 종류와 채집지는 Jang(1998)의 Table 1과 같다.

2. 방법

주요형질 즉, 지하경의 형태, 줄기의 성상, 잎 이면과 엽연의 털, 엽서, 엽형, 엽선, 포의 유무, 포를 가지는 분류군에서 포의 형태, 포가 달리는 위치, 포의 소질 및 포연의 털의 유무, 화서, 화피의 모양, 개화시 판연의 방향, 수술대의 형태, 수술대 표면의 털과 돌기의 분포양상 등은 야외관찰 및 석엽표본의 관찰을 통하여 유형화하고 그 특징을 모식화하였다.

관찰 및 결과

1. 지하경의 형태(Shapes of rhizome)

본 속의 지하경은 다년생으로 지면과 수평으로 뻗으며, 약간 돌출된 연흔을 가지고, 분지하기도 한다. 지하경의 형태에 따라서 다음의 3가지 유형으로 구분된다(Table 1)

- 1) 미세형(thin type) : 가는 실모양으로 신장되어 있다.
- 2) 비후형(thick type) : 직경이 1cm 내외로 비후되어 있다.
- 3) 염주형(beaded type) : 절간이 짧고 마디가 구형으로 비후되어 생강뿌리와 유사한 모양이고 마디의 직경이 1.2cm 정도로 절간의 2배정도이다.

2. 줄기(Stem)

1) 줄기의 성상(Types of stem)

줄기의 성상은 잎이 달리는 부분의 방향에 따라 두가지 유형으로 구분된다(Table 1).

- (1) 직립형(erect type) : 어릴때 부터 줄기가 곧바로 자라서 지면과 수직이다.
- (2) 경상형(ascending type) : 잎이 달리지 않은 부위는 직립하다가 잎이 달리는 지점에서부터 45°나 그 이상으로 구부러지는 것으로 특히 늦둥굴레는 잎이 달리는 부위가 대부분 직립하지만 줄기의 상부에서 갑자기 구부러진다.

Table 1. Qualitative Characters of external morphology of the genus *Polygonatum*.

Taxa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Section <i>Polygonatum</i>																
Series <i>Polygonatum</i>																
<i>P. lasianthum</i>	thick	ascending	alternate	elliptical	acute	smooth	racemose	obsolete	prickle	based	herbaceous	glabrous	tubular	sloping	cylindroid	pubescent
<i>P. humile</i>	thin	erect	alternate	elliptical	acute	pubescent	racemose	absent	*	*	*	*	tubular	sloping	cylindroid	densely papillose
<i>P. odoratum</i>	thick	ascending	alternate	elliptical	acute	smooth	racemose	absent	*	*	*	*	tubular	sloping	cylindroid	glabrous
var. <i>odoratum</i>																
<i>P. odoratum</i>	thick	ascending	alternate	elliptical	acute	smooth	racemose	absent	*	*	*	*	tubular	sloping	cylindroid	densely papillose
var. <i>meri-florum</i>																
<i>P. infundibuliformum</i>	thick	ascending	alternate	elliptical	acute	smooth	racemose	absent	*	*	*	*	constrict	sloping	cylindroid	densely papillose
<i>P. thunbergii</i>	thick	ascending	alternate	elliptical	acute	pubescent	racemose	absent	*	*	*	*	constrict	sloping	cylindroid	sparsely papillose
<i>P. robustum</i>	thick	ascending	alternate	elliptical	acute	pubescent	racemose	absent	*	*	*	*	tubular	sloping	cylindroid	sparsely papillose
<i>P. grandicaule</i>	thick	erect	alternate	elliptical	acute	pubescent	racemose	absent	*	*	*	*	tubular	sloping	cylindroid	sparsely papillose
<i>P. foliatum</i>	beaded	ascending	alternate	elliptical	acute	pubescent	corymbose	obsolete	prickle	based	herbaceous	glabrous	tubular	sloping	cylindroid	glabrous
Series <i>Bracteata</i>																
<i>P. cryptanthum</i>	thin	ascending	alternate	elliptical	acute	pubescent	corymbose	present	ovate	based	herbaceous	glabrous	urceolate	recurved	cylindroid	sparsely papillose
<i>P. desoulavii</i>	thin	ascending	alternate	elliptical	acute	smooth	racemose	present	elliptical	pedicellate	herbaceous	glabrous	urceolate	recurved	cylindroid	sparsely papillose
<i>P. involucratum</i>	thin	ascending	alternate	elliptical	acute	smooth	racemose	present	ovate	based	herbaceous	glabrous	urceolate	recurved	flattened	densely papillose
Series <i>Inflata</i>																
<i>P. inflatum</i>	thin	ascending	alternate	elliptical	acute	smooth	umbellate	present	elliptical	based	membranaceous	glabrous	urceolate	recurved	flattened	pubescent
<i>P. acuminatifolium</i>	thin	ascending	alternate	elliptical	acute	smooth	umbellate	present	elliptical	based	membranaceous	glabrous	urceolate	recurved	flattened	pubescent
Section <i>Verticillata</i>																
Series <i>Sibirica</i>																
<i>P. sibiricum</i>	thick	erect	verticillate	linear	cirrhose	smooth	umbellate	present	elliptical	based	membranaceous	glabrous	tubular	sloping	cylindroid	sparsely papillose
Series <i>Verticillata</i>																
<i>P. stenophyllum</i>	thick	erect	verticillate	linear	acute	smooth	racemose	present	elliptical	based	membranaceous	glabrous	tubular	sloping	short	densely papillose

* 1 = shapes of rhizome, 2 = stem type, 3 = phyllotaxis, 4 = leaf shape, 5 = leaf apex, 6 = abaxial surface and margin of leaf, 7 = inflorescence type, 8 = presence of bract, 9 = bract shape, 10 = bearing position of bract, 11 = bract texture, 12 = pubescence of bract, 13 = pubescence of bract, 14 = orientation of perianth limb, 15 = filament shapes, 16 = patterns of filament surface.

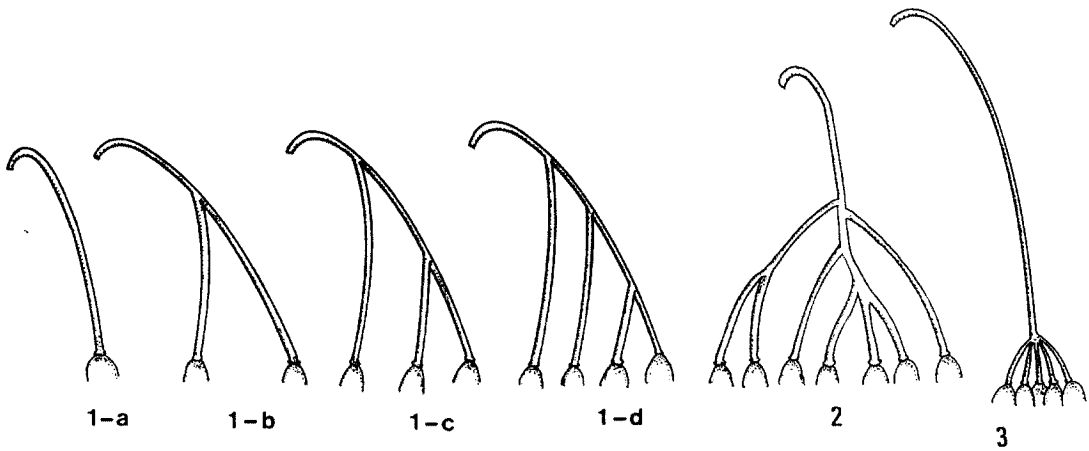


Fig. 1. Types of inflorescence.

1-a:racemose type (solitary) 1-b:racemose type (bi-furcated), 1-c:racemose type (tri-furcated), 1-d:racemose type (tetra-furcated), 2:corymbose type, 3: umbellate type

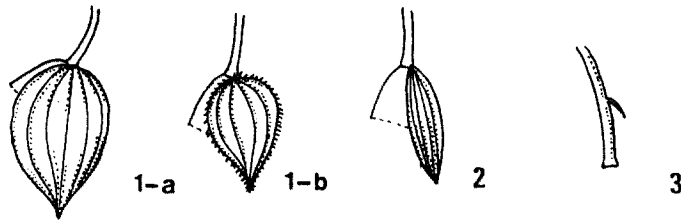


Fig. 2. Types of bract shape.

1-a:ovate type, 1-b:ovate type (with trichome), 2:elliptical type, 3:prickle type

3. 잎(Leaf)

1) 엽서(Phyllotaxis)

엽서는 잎의 배열상태에 따라서 두가지 유형으로 구분된다(Table 1).

- (1) 윤생형(verticillated type) : 줄기의 최하부 및 최상부에서는 1-2개의 잎이 달리지만 두번째 마디부터 4-6장의 잎이 윤생한다.
- (2) 호생형(alternated type) : 잎 전부가 호생한다.

2) 엽형(Shapes of leaf)

잎의 크기는 분류군간에 상이하지만 잎의 형태는 각 분류군에 따라 고정되어 있으며

2가지 유형으로 구분된다(Table 1).

- (1) 선형(linear type) : 잎의 길이와 나비가 6:1 이상이고 잎이 운생하는 분류군에서 관찰된다.
- (2) 타원형(elliptical type) : 잎의 길이와 나비가 6:1-3:2이고 잎이 호생하는 분류군들에서 관찰된다.

3) 엽선(Leaf apex)

엽선은 잎끝이 말리는가의 여부에 따라서 2가지 유형으로 구분된다(Table 1).

- (1) 예형(acute type) : 잎끝이 말리지 않고 뾰족하다.
- (2) 권형(cirrihose type) : 잎끝이 뒤로 말려 나선상 고리를 형성한다.

4. 화서(Inflorescence)

본 속의 화경은 엽액에서 1개가 나와 아래로 늘어지며, 화서형은 아래로 늘어진 소화경의 분지양상에 따라서 3가지 유형으로 구분된다(Table 1, Fig. 1).

- 1) 총상형(racemose type) : 단정화에서부터 소화경이 2개나 3-4개로 분지하며, 이때 줄기에서 가까운 쪽으로만 분지한다. 분지된 소화경은 끝부분이 거의 같은 위치에 있다. 단정화와 2분지하는 경우가 같은 분류군에서 발견되며, 또한 3-4개가 분지하는 총상형이 같은 분류군에서 보인다(Fig. 1-1).
- 2) 산방형(corymbose type) : 화경의 서로 다른 지점에서 분지하지만 소화경의 끝이 거의 같은 지점까지 늘어난다(Fig. 1-2).
- 3) 산형(umbellate type) : 다수의 소화경이 거의 한지점에서 분지되어 산형을 이룬다(Fig. 1-3).

5. 포(Bract)

1) 포의 유무(Presence of bract)

포의 존재유무에 따라 2가지 유형으로 구분된다(Table 1).

- (1) 존재형(bracteate type) : 초질이나 막질의 포를 가지고 죽대와 진황정의 일부 개체에서는 침상으로 포의 흔적기관처럼 존재하기도 한다.
- (2) 부재형(nonbracteate type) : 포를 가지지 않는다.

2) 포의 형태(Shapes of bract)

포의 형태에 의해서 3가지 유형으로 구분된다(Table 1, Fig. 2).

- (1) 난형(ovate type) : 길이와 나비의 비가 2:1 이하로 특히 목포용둥굴레에서는 포연과 포맥에 단세포성 털이 밀생한다(Fig. 2-1).
- (2) 타원형(elliptical type) : 길이와 나비의 비가 2:1 이상이다(Fig. 2-2).
- (3) 침형(prickle type) : 흔적기관처럼 존재하는 침상 거치이다(Fig. 2-3).

3) 포가 달리는 위치(Bearing position of bract)

포가 화경이나 소화경에 달리는 위치에 따라서 2가지 유형으로 구분된다(Table 1).

- (1) 기부형(based type) : 포가 화경이나 소화경의 기부에 달린다.
- (2) 중상부형(nonbased type) : 포가 소화경의 중부나 상부에 달린다.

4) 포의 소질(Texture of bract)

포의 두께와 조직내의 엽록소 존재유무에 따라서 2가지 유형으로 구분된다(Table 1).

- (1) 막질형(membraneous type) : 투명하고 얇은 막질로 화피가 시들 때까지 달려 있다가 탈락된다.
- (2) 초질형(herbaceous type) : 포의 소질이 잎과 유사한 것으로 화피가 탈락하고 난 이후에 과실이 성숙할 때까지 잔존하다가 잎이 탈리되는 시기에 탈리된다. 죽대와 진황정에서 관찰되는 침상의 거치도 역시 초질이다.

5) 포연의 털 또는 돌기의 유무(Presence of papillae or pubescence on bract vein) 초질의 포를 가진 분류군 중에서 포 전체, 특히 포의 가장자리에 털이 있느냐 돌기가 있느냐에 따라서 2가지 유형으로 구분된다(Table 1). 한편 막질의 포에는 돌기가 전혀 관찰되지 않는다.

- (1) 돌기형(papillose type) : 돌기가 밀생한다.
- (2) 모형(pubescent type) : 털이 밀생한다.

6. 화피(Perianth)

1) 화피모양(Shapes of perianth)

화피통의 모양에 따라서 3가지 유형으로 구분된다(Table 1, Fig. 3)

- (1) 통형(tubular type) : 실린더모양으로 상부와 하부의 직경이 동일하다(Fig. 3-1).
- (2) 호형(urceolate type) : 중앙부위와 상부가 볼록하다(Fig. 3-2).
- (3) 협착형(constrict type) : 상부는 볼록하고 중앙부 이하가 잘록하다(Fig. 3-3).

2) 개화시 판연의 방향(Orientation of perianth limb)

개화시의 화피엽편의 방향에 따라서 2가지 유형으로 구분된다(Table 1, Fig. 4).

- (1) 누두형(funnel type) : 화피의 바깥쪽으로 벌어지지만 뒤집어지지 않는다(Fig. 4-1).
- (2) 반곡형(recurved type) : 화피의 기부쪽으로 완전히 뒤집어지는 것으로 끝이 말린다(Fig. 4-2).

7. 수술대(Filament)

1) 수술대의 형태(Shapes of filament)

수술대의 모양에 따라서 4가지 유형으로 구분된다(Table 1, Fig. 5).

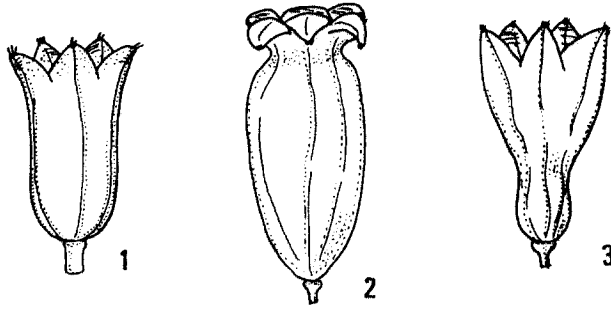


Fig. 3. Types of perianth.

1: tubular type, 2: urceolate type, 3: constrict type

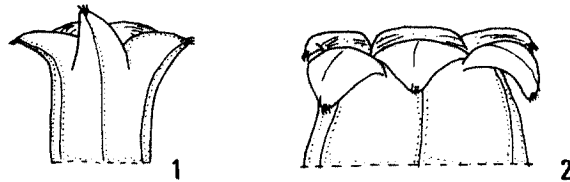


Fig. 4. Types of lobe posture.

1: sloping type, 2: recurved type

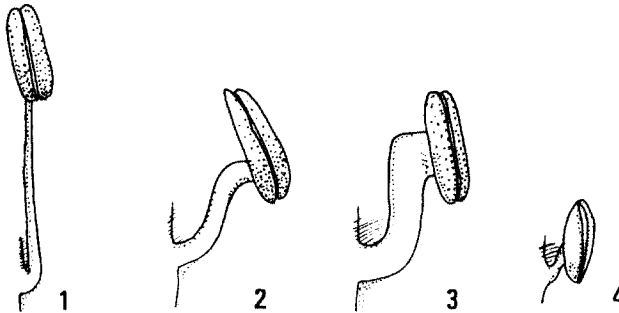


Fig. 5. Types of filament shape.

1: cylindric type, 2: cylindroid type, 3: flattened type, 4: short type

(1) 직원주형(cylindric type) : 구부러지지 않고 곧바른 실린더모양이다(Fig. 5-1).

(2) 만원주형(cylindroid type) : 구부러진 실린더모양이다(Fig. 5-2).

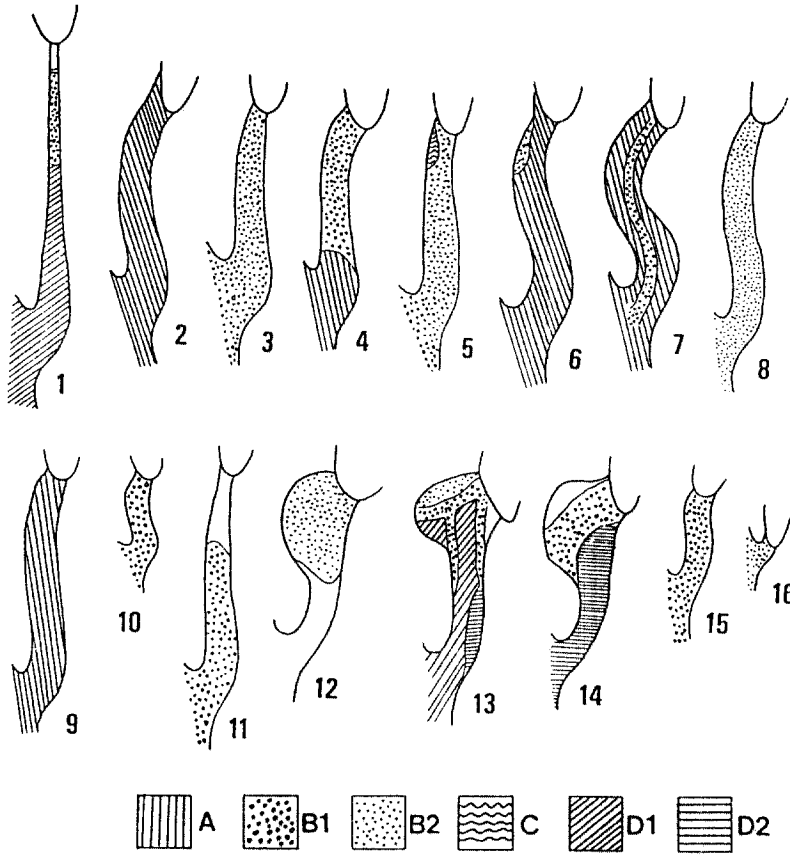


Fig. 6. Various filament types of *Polygonatum* species.

1. *P. lasianthum*, 2. *P. humile*, 3. *P. odoratum* var. *odoratum*, 4. *P. odoratum* var. *pluriflorum*, 5. *P. infundiflorum*, 6. *P. thunbergii*, 7. *P. robustum*, 8. *P. grandicaulium*, 9. *P. falcatum*, 10. *P. cryptanthum*, 11. *P. desoulavyi*, 12. *P. involucreatum*, 13. *P. inflatum*, 14. *P. acuminatifolium*, 15. *P. sibiricum*, 16. *P. stenophyllum*. [Type of trichome and papillae are referred in Jang(1998)]

(3) 편평형(flattened type) : 수술대 전체가 납작하고 특히 종동굴레에서는 거가 있는 모양으로 다른 분류군과는 뚜렷이 구분된다(Fig. 5-3).

(4) 단축형(short type) : 길이가 5-10mm 정도로 작다(Fig. 5-4).

2) 털이나 돌기의 분포양상(Patterns of filament surface)

수술대 표면에 털이나 돌기가 분포하는 양상에 따라서 4가지 유형으로 구분된다 (Table 1, Fig. 6).

- (1) 윽기형(**glabrous type**) : 돌기나 털이 없고 세포가 단순히 윽기되어 있다.
- (2) 돌기소생형(**sparse papillose type**) : 미세한 돌기가 산생하고 특히 산동굴레는 소수의 돌기가 수술대의 윽부분에만 국한되어 분포하고, 왕동굴레에서는 수술대 전체에 종열을 이루면서 분포한다.
- (3) 돌기밀생형(**densely papillose type**) : 수술대 전체에 돌기가 조밀하게 분포하고 특히 늦동굴레의 수술대의 윽부분에는 다세포성의 털이 극히 소수 분포한다.
- (4) 모밀생형(**trichome type**) : 돌기와 더불어 다세포성의 털이 수술대의 중·하부에 밀생한다. 죽대는 수술대 상부에 주로 돌기가 있으며 중부와 하부에 다세포성의 털이 돌기와 함께 밀생하고 세포의 연결부위가 부풀어 있다. 통동굴레와 종동굴레 역시 중부 이상에서는 돌기가, 중부이하는 돌기와 털이 혼재하며 털은 죽대의 것보다 짧다.

고 찰

한국산 동굴레속의 2절 5계열 14종 2변종에 대해 전반적인 외부형태학적 분류형질의 재검토를 수행하였으며(Table 1), 이들 형질은 분류군들간에 공통적으로 나타나기도 하고 서로 독립적으로 나타나기도 하여 형질의 특수화나 진화경향성에 대한 추론도 가능하게 하고, 분류군들간의 유연관계를 반영하기도 한다.

형질분석 및 진화경향성 : 지하경은 6-12년 정도의 간격으로 새로운 지상줄기가 난 큰 흔적을 만들며 절절의 두께가 두꺼워지므로 환경변화에 대비하여 새로운 개체로 독립할 수 있는 준비를 하는 것으로 보여진다. 동굴레속내의 두루미꽃속(*Maianthemum*), 애기나리속(*Disporum*), 죽대아재비속(*Streptopus*) 등의 근연분류군들이 가지는 일반적인 지하경은 가늘고 마디가 없는 단순한 형태로 되어 있다. 그러나 본 속의 지하경은 형태가 복잡하고, 직경이 굵으며, 연륜을 나타내는 특수화된 돌출부를 가지는 형태를 가지고 때로는 절간이 아주 짧게 축소된 염주형으로 변형되기도 한다. 근연분류군과 비교해 볼 때, 본 속의 지하경 형태는 미세형이 가장 원시적이고 그 다음 직경이 굵어진 비후형으로, 마지막으로 절간이 아주 짧아지고 마디가 심하게 비후한 염주형으로 발달되었다고 사료된다.

줄기의 성상은 잎의 배열형식과 아주 밀접한 관계를 가진다. 직립하는 분류군의 잎배열형식은 줄기와 거의 직각방향으로 배열하여 더 많은 광을 흡수할 수 있도록 되어 있다. 반면에 줄기가 구부러지는 분류군들은 잎의 배열이 약간 기울어지게 배열하고 있어 역시 효율적인 광흡수를 위한 형태를 갖추고 있다. 잎이 운생하는 분류군과 호생하는 분류군 중에서 각시동굴레(*P. humile*)와 선동굴레(*P. grandicaule*)는 줄기가 직립하여 이들을 구분해 주는 좋은 식별형질이 된다.

본 속 전체에서 엽서는 대생하는 유형까지 포함하여 3개로 나눌 수 있다(Baker, 1875;

Abramova, 1975; Jang, 1998). 엽서는 호생하는 분류군이 보다 더 원시적이고(Hallier, 1912) 호생하는 분류군으로부터 대생하는 분류군과 윤생하는 분류군이 유도되었으며 역진화의 가능성이 아주 드물다(Cronquist, 1988; Takhtajan, 1991)는 일반적인 경향성에 비추어 윤생형이 호생형보다 진화된 것이라고 볼 수 있으므로 주요 계통형질이 될 수 있다고 여겨진다. 또한 핵형분석결과에서도 호생엽을 가진 분류군에서 윤생엽을 가지는 분류군으로 갈수록 짧은 엽색체의 수가 많아지고 기본엽색체수가 증가함으로써 상기한 진화경향을 지지해 준다(Han *et al.*, 1998).

엽면적으로 볼 때 잎이 윤생하는 분류군에서 볼 수 있는 선형의 잎은 수가 많기 때문에 좁아진 엽면적을 보상할 수 있고 좁은 공간에 많은 잎을 달고 있어야 하는 윤생형 엽서의 잎 배열구조상 스스로 밀도를 조절하기 위한 기작으로 만들어진 것이라고 사료된다. 죽대(*P. lasianthum*)는 관찰된 한국산 분류군들중에서 잎표피세포가 가장 크고 세포연접부위에 굴곡이 없이 밋밋한 형태로 배열되어 있어 다른 분류군들보다 큐우티클층이 두껍게 침적됨으로써 항상 광택이 나고(Jang, 1998), 또한 이면엽은 분백색을 띠고 있어 다른 분류군들과 구별되는 식별형질이 된다(Ohwi, 1965). 잎이면과 엽연의 털은 북방계인 각시동굴레와 주로 남부지방 바닷가 근처의 산지에 생육하는 목포용동굴레(*P. cruptanthum*)에서 관찰되어 이들을 식별하는 좋은 형질이 된다.

본 속의 화서는 총상에서, 소화경의 간격이 좁아져서 원추형으로 분지되고 길거나 짧은 화경의 끝에 달린 소화경이 같은 위치까지 늘어지는 산방상으로 되며, 다시 간격이 더 짧아져 소화경이 산형으로 달리게 되는 것으로 사료된다.

포는 잎이 호생하는 분류군은 아직 분화의 초기단계에 있으므로 이러한 포의 형질이 중요한 분류형질이 될 수가 있지만, 분화가 상당히 진행되었다고 보아지는 잎이 윤생하는 분류군에서 나타나는 막질의 포는 분류군의 한계를 결정하는 데는 아무런 영향을 끼치지 못한다. Goldberg(1986)는 포가 수분자를 유인한다는 측면에서 유리하게 작용한다고 하여 파생형질이라고 하였지만 엽서나 기본엽색체수 등의 비교적 분화의 방향이 일정한 형질들과 비교해 볼 때, 동일한 보호기능을 지니는 탁엽의 진화여부와 같이 포 역시 없어지는 방향으로 분화한다고 보는 것이 옳은 것 같다. 이런 견해에 비추어 보면 뚜렷한 초질의 포가 퇴화하여 막질의 얇은 포로 분화되었으며 결국에는 포가 없어지는 방향으로 분화되었다고 볼 수 있다. 한편 초질의 포를 가지는 분류군에서 안면용동굴레(*P. desoulavyi*)는 포가 소화경의 중부 또는 상부에 달리고 포의 형태가 타원형으로 용동굴레(*P. involucratum*)와 목포용동굴레와는 구별되기 때문에 종을 식별하는 뚜렷한 형질이 된다. 또한 목포용동굴레의 포는 잎, 소화경과 더불어 포연과 포맥에 털이 있기 때문에 쉽게 식별할 수 있다.

통형의 화피는 두껍지만 호형의 화피는 얇기 때문에 화피의 중앙부분이 볼록해져서 항아리모양을 형성하고, 수술대는 다소 넓고 층이 있는 것이 원시형이라고 한 Hallier(1905)

나 Parkin(1923)의 견해에 따라 통둥굴레(*P. inflatum*)나 종둥굴레(*P. acuminatifolium*)에서 나타나는 납작하고 다세포성의 털이 있는 편평형이 원시적이라고 생각된다.

이상의 사실들을 종합해 볼 때, 둥굴레속은 지하경의 형태, 줄기의 성상, 엽서, 엽선의 모양, 잎이면과 엽연의 털, 화서, 포의 존재유무 및 형태, 화피의 모양, 수술대의 형태 등이 분류군을 구분하는 주요한 식별형질이다(Table 1).

형질의 분류학적 적용: 본 속의 속내 분류체계로서 절을 구분하는 중요한 형질은 엽서와 엽형으로 둥굴레절(Sect. *Polygonatum*)은 잎이 모두 호생하지만 층층둥굴레절(Sect. *Verticillata*)은 모두 윤생하여 엽서는 절을 구분하는 중요한 분류형질이고, 또한 잎이 윤생하는 분류군에서 선형의 엽형을, 호생하는 분류군에서는 타원형의 엽형을 가져 각 엽형은 엽서와 같은 경향성으로 절을 구분하는 중요한 형질로 판명되었다(Table 1). 각 절내의 계열을 나누는 형질로서 포의 존재유무, 엽선, 지하경의 형태, 화서, 화피의 모양 등을 들 수 있는데, 둥굴레절내에서 포를 가지는 용둥굴레계열(Ser. *Bracteata*)과 통둥굴레계열(Ser. *Inflata*)은 미세형의 지하경을 가져 포를 가지지 않는 둥굴레계열(Ser. *Polygonatum*)과 뚜렷이 구분되어 계열의 분류형질로서 가치가 충분하다(Table 1). 한편 층층갈고리둥굴레계열(Ser. *Sibirica*)은 권형의 엽선을 가져 층층둥굴레절내에서 층층둥굴레계열(Ser. *Verticillata*)과 구분되어 계열을 구분해 주는 분류형질로서 가치가 있다(Table 1). 둥굴레절내에서 진황정과 통둥굴레계열을 구분해 주는 식별형질과 분류형질로서, 층층둥굴레절내의 각 계열을 구분해 주는 분류형질로서 화서는 아주 유효하다(Table 1). 포의 존재유무는 절 수준의 분류형질이 되는 엽서와 같은 비중을 가지는 중요한 형질로 취급되어 학자에 따라서 포의 유무에 따라 속을 독립시키기도 하였고(Franchet and Savatier, 1878), 아속으로 구분하기도 한 바 있다(Satake, 1942). 잎이 호생하는 분류군에서 포의 존재유무에 따라 화피의 모양이나 수술대의 모양, 수술대 표면에 있는 돌기나 털의 분포양상 등이 많이 달라지므로 초질의 포를 가진 분류군은 계열 이상의 수준에서 취급되어지는 것이 바람직하다(Satake, 1942; Tamura, 1990; Jang and Kim, 1998). 또한 호형의 화피는 화피의 관연이 반곡되며, 포를 가진 용둥굴레계열과 통둥굴레계열에서만 관찰되어, 화피의 형태는 둥굴레절내에서 계열을 구분하는 형질로 사용된다(Table 1).

상기한 식별형질들 중에서 특히 엽서와 엽형은 절 수준에서, 지하경의 형태, 포의 존재유무, 엽선의 형태, 화서 등은 계열 수준에서 분류체계를 결정하는 중요한 분류형질이라 여겨진다(Abramova, 1975; Tang, 1978; Jang and Kim, 1998). 이상과 같이 둥굴레속에서 중요한 몇몇 식별형질들의 분화 및 진화경향성을 근거로 한국산 분류군들의 유연관계 및 진화경향성을 추구해 볼 수는 있지만, 속 전체 나아가 둥굴레속, 백합과 전체에 대한 자연적인 분류체계를 수립하기 위해서는 아직 다루지 못한 해부학적, 생태학적, 발생학적 및 식물지리학적 연구 등과 더불어 전세계에 분포하는 둥굴레속 식물전체에 대한 광범위한 연구가 이루어 질 필요가 있다고 생각된다.

사 사

이 논문은 1995년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비(과제번호 : 01-D-0449)에 의하여 연구되었음.

인 용 문 헌

- Abramova, L. I. 1975. On the taxonomical structure of the genus *Polygonatum* Mill. Bot. Zhurn. (Moscow & Leningrad) 60: 490-497 (in Russian with English summary).
- Baker, J. G. 1875. *Polygonatum*. Revision of the Species and Genera of Asparagaceae. Journ. Linn. Soc. Lond. 14: 552-561. pl. 17-20.
- Chung, T. H. 1957. Korean Flora II. 947-951. Schinzisa, Seoul. (in Korean).
- Chung, T. H., P. S. To, D. B. Lee and F. J. Lee. 1937. Nomina Plantrum Korearum. Chos. Nat. Hist. Inst. (in Korean).
- Cronquist, A. 1988. The Evolution and Classification of Flowering Plants. 2nd. ed. Allen Press, New York. 555 Pp.
- Franchet, A. and L. Savatier. 1878. Enumeratio Plantarum Jap. vol. 2: 54-55, 524. 789Pp. F. Savy, Bibliopolam, Paris.
- Goldberg, A. 1986. Classification, Evolution, and Phylogeny of the Families of Dicotyledons. Smithsonian Institution Press, Washington. Pp. 314.
- Hallier, H. 1905. Provisional scheme of the natural (phylogenetic) system of flowering plants. New Phytol. 4: 151-162.
- Hallier, H. 1912. L'origine et le systeme phyletique des angiospermes. Arch. Neerl. Sci. Exact. Nat., Ser. III B, 1: 146-234 (in Germany).
- Han, M. K., C. G. Jang, B. U. Oh and Y. S. Kim. 1998. A cytotaxonomic study of genus *Polygonatum* in Korea. Kor. J. Plant Tax. 28: 187-208 (in Korean).
- Hara, H. 1944. *Polygonatum* § *Eupolygonatum* in Nippon. Journ. Jap. Bot. 20: 94-102 (in Japanese).
- Jang, C. G. 1998. A systematic study of the genus *Polygonatum* (Liliaceae): with a special reference to Korean species. Ph. D. dissertation, Korea University Seoul. Pp. 458 (in Korean with English abstract).
- Jang, C. G. and Y. S. Kim. 1998. Cluster and cladistic analyses of the Korean *Polygonatum* (Liliaceae). Kor. J. Plant Tax. 28: 357-370 (in Korean).
- Jeffrey, C. 1980. The genus *Polygonatum* (Liliaceae) in eastern Asia. Kew Bull.

34: 435-471.

- Kitagawa, M. 1939. Lineamenta Florae Manchuricae. Inst. Sci. Res. Manchoukuo. vol 3, appendix 1: 141, 487pp.
- Komarov, V. L. 1935. *Polygonatum* (Tourn.) Adans. In Komarov, V. L. (ed.) Flora USSR. Vol. 4: 456-467. Leningrad: Academiae Scientiarum USSR.
- Lee, T. B. 1979. Illustrated Flora of Korea. Hyangmoonsa, Seoul. Pp. 213-214 (in Korean).
- Lee, W. T. 1996. Lineamenta Florae Koreae. Academy Press, Seoul. Pp. 1271-1276 (in Korean).
- Mori, T. 1921. An Enumeration of Plants Hitherto Known from Corea. Gov. Chos. 92-93, Pp. 372.
- Nakai, T. 1952. A synoptical sketch of Korean flora. Bull. Nat. Sci. Mus. Tokyo 31: 1-152.
- Ohwi, J. 1965. Flora of Japan. Pp. 301-303. Smithsonian Institution, Washington, D. C.
- Palibin, J. 1901. Conspectus Florae Koreae III. Trudy Imp. S. -Peterburgsk. Bot. Sada 19: 103-105.
- Park, M. K. 1949. An Enumeration of Korean Plant. 340Pp. (in Korean).
- Parkin, J. 1923. The strobilus theory of angiospermous descent. Proc. Linn. Soc. London 153: 51-64.
- Satake, Y. 1942. Fragmentary news from the Herbarium of the Tokyo Science Museum (4). *Polygonatum involucreatum* Maxim. and its allies. Journ. Jap. Bot. 18: 29-38 (in Japanese).
- Takhtajan, A. 1991. Evolutionary trends in flowering plant. Columbia University Press, New York.
- Tamura, M. N. 1990. Biosystematic studies on the genus *Polygonatum* (Liliaceae) I. Karyotype analysis of species indigenous to Japan and its adjacent regions. Cytologia 55: 443-466.
- _____. 1993. Biosystematic studies on the genus *Polygonatum* (Liliaceae) III. Morphology of staminal filaments and karyology of eleven European species. Bot. Jahrb. Syst. 115: 1-26.
- Tang, Y. C. 1978. *Polygonatum* Mill. In Wang, F. T. and T. Tang (eds.), Flora Reipublicae Popularis Sinicae, vol. 15, 52-81. 250. Science Press, Beijing. (in Chinese).

Morphological evolution and relationships of Korean *Polygonatum*

Jang, Chang-Gee* and Yun-Shik Kim

(Department of Biology, Korea University, Seoul 136-701, Korea)

Sixteen taxa of Korean *Polygonatum*, including 14 species and two varieties were reviewed for external morphological characters (i.e. rhizome shape, stem type, phyllotaxis, leaf and its apex shape, presence of trichomes on abaxial surface and leaf margin, inflorescens, the presence and shapes of bract, bract bearing position, bract texture, perianth shape, the posture of perianth limb, filament shape, and the patterns of filament surface). Based on these results, the specialization and the evolutionary trends of taxonomic characters were examined, and the taxonomic relationships and system of Korean *Polygonatum* were studied. The characters that show evolutionary trend were rhizome shape, phyllotaxis, inflorescens, bract, and filament shape. It seemed that both thick type and beaded type of rhizomes were developed from thin type. The alternate phyllotaxis with elliptical leaf evolved into verticillate one with linear leaf. The inflorescence have differentiated from the racemose type to the corymbose and the umbellate type. The bract was disappeared along the evolutionary trend, and the flattened filament was the plesiomorphic type. In addition, the phyllotaxis and leaf shapes were taxonomic characters with the level of the section in this genus. The presence of the bract discriminated both ser. *Bracteata* and ser. *Inflata* from ser. *Polygonatum* in sect. *Polygonatum*. The inflorescence and the leaf apex were taxonomic characters for classifying into ser. *Sibirica* and ser. *Verticillata* in sect. *Verticillata*. Shapes of the filament were the diagnostic characters for species level along with shapes of rhizome and perianth, trichomes and papillae on both abaxial surface and margin of leaf.

Key words: *Polygonatum*, morphological characters, evolutionary trend, diagnostic characters, taxonomic relationships

*Corresponding author: Phone +82-2-953-1729, Fax +82-2-923-9522,
e-mail : cgjang@kuccnx.korea.ac.kr