

협의의 *Polygonum*속과 *Polygonella*속 (마디풀족—마디풀과)의 잎표피 미세구조의 분류학적 검토

홍석표* · 오일찬
(경희대학교 생물학과)

협의의 *Polygonum* L.속과 *Polygonella* Michx.속 식물의 잎표피의 미세구조를 조사하기 위하여 16종 1아종 1변종(총 28개체)의 잎을 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였다. 조사된 분류군의 기공은 향축면과 배축면에 모두 존재하였으며 초생달 모양을 나타내고 크기는 10—25 μm 범위이었다. *Polygonum*속 *Polygonum*절의 기공형은 대부분 불균등형이고 드물게 불균등형, 평행형, 불규칙형이 같이 나타났다. *Tephis* 절은 불균등형의 기공을 가졌으며, *Duravia* 절은 대부분 불균등형이고 드물게 불균등형, 불규칙형이 섞여 있었다. *Polygonella*속 *Thysanella*아속과 *Polygonella*아속에서의 기공은 모두 불균등형이었다. 조사된 분류군 중 일부(*Tephis* 절, *Duravia* 절)에서만 원뿔형 또는 타원체 모양의 단세포 모용이 나타났고, 나머지 분류군은 모용이 존재하지 않았다. 표피세포는 향축면과 배축면에서 거의 유사한 모양으로 대부분의 분류군에서 직선형의 다각형 구조이었고, 예외적으로 *Duravia* 절은 파상형이었다. 외각피층은 *Tephis* 절에서 잘 발달되었고, *Duravia* 절과 *Polygonella*속 *Polygonella*아속의 일부 분류군에서는 간상형이나 판상형의 왁스가 발달되었다. 조사된 분류군내의 종간의 동정과 식별을 위한 잎의 미세형태학적 형질(표피세포의 구조, 외각피층, 모용)의 분류학적 가치를 검토하였다.

주요어 : 잎 표피미세구조, 마디풀과, *Polygonella*속, 협의의 마디풀속, 주사전자현미경

마디풀과(Polygonaceae)는 분류학적으로 매우 어려운 분류군으로 여겨져왔고, 그 중에서 특히 Linnaeus (1753)가 설정한 광의의 *Polygonum* L.속은 그 자연적 분류체계를 수립하기 위해 오랫동안 많은 분류학자들에 의해 여러 분류계급(특히 아속, 절 혹은 속 단위) 중에서 어느 계급을 채택하여야 할 것인가에 대하여 논쟁하여왔다(Brandbyge, 1993). 광의의 마디풀속의 여러 형질(해부학적 형질—Haraldson, 1978; 화분형태—Hedberg, 1946; Nowicke and Skvarla, 1977; Hong and Hedberg, 1988; 염색체 수—Jaretszky,

*교신저자 : 전화 (02) 961-0842, 전송 (02) 966-5495, 전자우편 : sphong@nms.kyunghee.ac.kr

1928. Fedorov, 1969; 꽃의 구조 형질: Ronse Decraene & Akeroyd, 1988; Hong *et al.* 1998, etc.)에 대한 연구가 시도되어왔다. 최근의 분류체계 (Haraldson, 1978)는 광의의 마디풀속을 크게 2개의 족으로 구별하고 있다: Persicarieae Dum.족 [*Aconogonon* (Meisn.) Reichenb., *Bistorta* Mill., *Koenigia* L., *Persicaria* Mill.]과 Polygonaceae족 [*Atraphaxis* L., *Calligonum* L., *Fagopyrum* Mill., *Oxygonum* Burch. ex Campd., *Pteropyrum* Jaub. & Spach, *Polygonum* L. s. str., *Polygonella* Michx.]. Ronse Decraene & Akeroyd (1988)는 꽃의 형질을 이용하여 Haraldson (1978)의 분류체계를 일부 수정하였는데, Coccolobeae Dum.족에 포함된 *Fallopia* Adans.속을 Polygonaceae족으로 이동시켰고, *Fagopyrum*속을 Persicarieae족으로 위치 변경을 하였을 뿐이다.

협의의 *Polygonum* L.(이하의 속 기재는 모두 협의, 즉 'sensu stricto'의 개념임)은 전 세계적으로 약 30 여종이 주로 북반구 온대에 서식하고 있고, 일부는 아프리카 남동부 고산지대와 이란 및 북미대륙에 제한적으로 분포하며 남반구에도 일부가 귀화된 잡초로 분포한다(Haraldson, 1978; Brandbyge, 1993). *Polygonum*속 식물은 대부분 일년생 초본이고 포복성이며 드물게 반직생으로 많은 가지를 뻗으며 자란다. 잎은 대개 호생이며 길이가 3-60mm로 변이가 많으며 턱엽은 얇은 엽초로 변해 은백색의 초상탁엽(ochrea)을 형성한다. 초상탁엽은 식물체가 성숙하면서 대체로 갈색을 띠며 여러 갈래로 갈라지고 길이는 1-10mm이다. 화서는 주로 액생의 꽃이 모여있거나, 단독으로 총상화서를 이루기도 한다. 화피는 대개 5개이나 드물게 4개이며 성숙한 후 과실을 완전히 감싸지 않는다. 식물체 전체에 대부분 모용이 없으나, 드물게 단세포의 원뿔형 또는 방패상이고 자루가 있는 선상모용을 가진다. 과실의 기본적인 형태는 3능형의 수과이며 드물게 렌즈모양의 수과를 가지기도 한다(Haraldson, 1978; Wolf and McNeill, 1986; Brandbyge, 1993).

*Polygonum*속에 대한 속내 분류는 Linnaeus(1753) 이후 여러 학자들에 의해서 분류가 시도되었으나, 최근까지도 이 분류군에 대한 분류체계는 여전히 일치하지 않고 있다 (Meisner, 1856; Dammer, 1893; Small, 1895; Hedberg, 1946; Haraldson, 1978; Ronse Decraene and Akeroyd, 1988, etc., Table 1 참조). 최근에 Haraldson(1978)은 줄기, 엽병, 모용을 포함한 해부학적 형질을 이용하여 마디풀아과(Polygonoideae)의 분류를 시행하였는데, 이 중 *Polygonum*속을 3개의 절[sect. *Polygonum*, sect. *Tephis* (Adans.) Meisn., sect. *Duravia* S. Wats.]로 나누는 것을 제안하였다. 또한 Ronse Decraene and Akeroyd(1988)는 수술의 수와 화피형태 등을 포함한 꽃의 다양한 형질들을 조사하여 *Polygonum*속을 2개의 절(sect. *Polygonum*, sect. *Tephis*)로 분류하였다 (Table 1).

*Polygonum*속과 근연 분류군인 *Polygonella* Michx.속은 일년생 혹은 다년생 초본으로 여러 갈래의 가지와 대부분 직생으로 약 9종이 미대륙 북동부에 주로 분포한다(Horton, 1963). Horton(1963)은 *Polygonella*속을 악편과 화사 등의 형태학적 특징을 가지고 2개의 아속(subgen. *Polygonella*, subgen. *Thysanella* A. Gray)으로 나누었으며, 화분의 크기

Table 1. Summary of the most important delimitation of *Polygonum* s. str. and *Polygonella*

Meisner (1857)	Dammer (1893)	Small (1895)	Hedberg (1946)	Haraldson (1978)	Ronse Decraene and Akeroyd (1988)
Sect. <i>Avicularia</i>	Sect. <i>Avicularia</i>	Subg. <i>Polygonum</i>	Sect. <i>Polygonum</i>	Sect. <i>Polygonum</i>	Sect. <i>Polygonum</i>
Sect. <i>Tephis</i>	Sect. <i>Tephis</i>		Sect. <i>Tephis</i>	Sect. <i>Tephis</i>	Sect. <i>Tephis</i>
Sect. <i>Avicularia</i>	Sect. <i>Pseudomollia</i>	Sect. <i>Pseudomollia</i>	Sect. <i>Polygonum</i>	Sect. <i>Polygonum</i>	
Sect. <i>Avicularia</i>	Sect. <i>Avicularia</i>	Subg. <i>Duravia</i>	Sect. <i>Duravia</i>	Sect. <i>Duravia</i>	Sect. <i>Polygonum</i>
<i>Polygonella</i>	<i>Polygonella</i>	<i>Polygonella</i>	<i>Polygonella</i>	<i>Polygonella</i>	<i>Polygonella</i> subg. <i>Polygonella</i>
		<i>Dentoceras</i>	<i>Gonopyrum</i>		
		<i>Delopyrum</i>			
		<i>Thysanella</i>	<i>Thysanella</i>		<i>Polygonella</i> subg. <i>Thysanella</i>

도 이 두개 아속의 분류체계를 지지한다. 또한 *Polygonella*속과 비교하여 마디풀과의 다른 분류군과의 차이점을 절간분지(internodal branching)를 하는 것으로 구분한 바 있다. 그러나 최근에 이르러 여러 형질 (특히 화분형태, 내화피편 세포구조 등)에 있어서 *Polygonella*속과 *Polygonum*속의 *Duravia*절의 유사성이 제시된 바 있다 (Ronse Decraene and Akeroyd, 1988; Oh, 1998; Ronse Decraene, Hong, Smets, *in prep.*).

잎 표피의 미세구조에 대한 데이터는 때때로 분류체계 (특히 속 혹은 절간)의 수정 혹은 개정에 도움이 되는 형질을 제공할 수 있다 (Heywood, 1984). *Polygonum*속과 *Polygonella*속의 일부 분류군에 대한 잎표피의 광학현미경적 연구는 Haraldson (1978)에 의하여 이루어졌다. 그녀는 잎표피세포의 모양은 *Duravia*절에서 파형의 구조를 가지며, *Polygonum*절과 *Polygonella*속에서 직선형 혹은 완곡형으로 기재하였지만, 각 속내 분류군에 대한 자세한 기재는 제시되지 못하였다. 또한 기공형의 경우 *Duravia*절에서는 불균등형(anisocytic type), 불균등형(anomocytic type) 및 평행형 (paracytic type)이 한잎에 함께 나타난다고 하였고 (예외적으로 *Polygonum shastense* Brewer ex Gray에서는 불균등형만 나타남), *Polygonum*속의 나머지 분류군과 *Polygonella*속은 모두 불균등형만 나타난다고 보고하였다 (Haraldson, *op. cit.*). 그러나 *Polygonum*속과 *Polygonella*속에 포함된 분류군에 대한 주사전자현미경을 이용한 잎의 미세구조연구는 지금까지 전혀 이루어진 바 없다. 따라서 본 연구에서는 *Polygonum*속과 *Polygonella*속의 잎표피를 전자현미경적 미세구조 관찰을 통해 보다 상세히 기재하고, Haraldson (*op. cit.*)의 결과를 재검토하며, 나아가 이들 데이터가 종간, 속내 혹은 속간 분류군 사이에 식별형질로 써의 적용가

능성 및 그 분류학적 중요성을 검토하고자 시도되었다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 *Polygonum*-속 3절(*Polygonum*절, *Tephis*절, *Duravia*절 포함)과 *Polygonella*-속 2아속(*Thysanella*아속, *Polygonella*아속) 분류군을 대표하는 총 16종 1아종 및 1변종(총 28 개체)에 대한 외부형태학적 재료들은 국외 3개 표본관 LV(Catholic University, Leuven, Belgium), NY(New York Botanical Garden, New York, USA), UPS(Botanical Museum, Uppsala University, Sweden)으로부터 대여 받은 식물표본으로부터 사용하였다(Apexix 참조). 인용된 국외 표본관의 약자는 Holmgren *et al.* (1990)을 따랐다.

본 연구에 포함된 분류군들 중 *Polygonum*-속은 Haraldson(1978)의 분류체계를, *Polygonella*-속은 Horton(1963)의 분류체계를 따랐다. 잎표피 미세구조에 대한 용어는 주로 Stace(1965)와 Wilkinson(1979)을 따랐다.

잎표피의 미세구조 관찰을 위해서는 건조된 식물표본으로부터 직접 재료를 취하여 알루미늄 스터브(aluminum stub)에 올려놓은 후, 이온증착기/ion sputter, JEOL JFC-1100)로 금이온 증착하여 주사전자현미경(SEM, JEOL JSM-5200)을 이용하여 15 KV 또는 20 KV에서 관찰 및 사진촬영 하였다.

결 과

Polygonum s. str.-속 및 *Polygonella*-속 잎 표피형질 기재

Polygonum 속

A. *Polygonum* 절 (Figs. 1-4, 8; Table 2)

잎의 기공(stomata)은 향축면(adaxial side)과 배축면(abaxial side)에 모두 존재(amphistomatic)하며 크기는 약 10-14 μm 이고, 공변세포(guard cell)의 모양은 둥근 끝을 가진 초생달 모양의 형태이다. 불균등형(anisocytic)인 기공형이 가장 많이 나타난다(Figs. 2-3; *P. aviculare* L. subsp. *heterophyllum*, *P. achoretum* Blake, *P. agrestinum* Jord., *P. maritimum* L., *P. plebeium* R. Br.). *P. aviculare* L.에서는 불균등형과 평행형(paracytic)이 나타났고(Fig. 1), *P. ramosissimum* Michx.에서는 불균등형, 평행형 및 불규칙형(anomocytic)이 한잎에 같이 나타나는 것도 있다(Fig. 4). 기공은 표피세포에 약간 파묻혀 있으나, *P. plebeium*의 경우에는 기공이 파묻혀 있지 않다(Fig. 3). 표피세포는 향축면과 배축면에서 거의 유사한 모양이며, 크기가 약 22-67 μm 로 직선형의 다각형 구조(Figs. 1-3) 또는 다소 곡선형이 직선형과 혼합된 다각형의 세포모양을 가진다(Fig. 4).

Table 2. Leaf epidermal characters of the genera *Polygonum* s. str. and *Polygonella*-AS (anisocytic), PC (paracytic), AM (anomocytic).

Taxon	Stomata type	Size(μm)	Epidermal cells	Epicuticle	Trichome
<i>Polygonum</i> s. str.					
Sect. <i>Polygonum</i> AS/ (AS+PC+AM)		22-67	straight/± curved	weakly developed	absent
Sect. <i>Tephis</i>	AS	19-42	straight	well developed	present
Sect. <i>Duravia</i>	AS/ (AS+AM)	40-78	mostly undulate	weakly developed (in part)	present
<i>Polygonella</i>	AS	22-38	straight	weakly developed	absent
Subg. <i>Thysanella</i>					
Subg. <i>Polygonella</i> AS		24-40	straight	weakly developed	absent

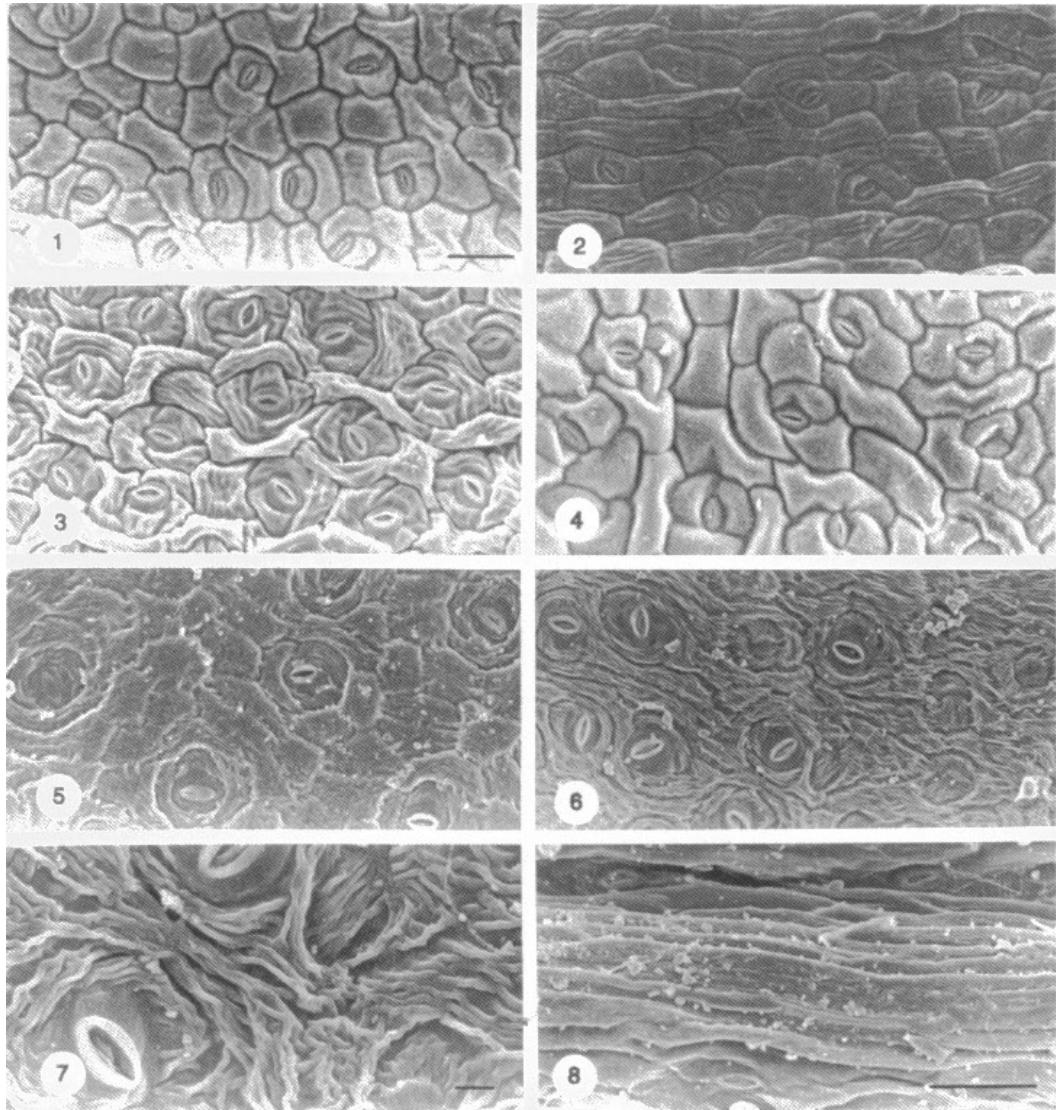
외각피층(epicuticle)은 선모양 또는 불규칙적으로 미약하게 발달되어 있다(Figs. 2-3, 8; *P. agrestinum*, *P. molliaeforme* Boiss., *P. plebeium*). 외각피층 표면에 작은 판상의 왁스(wax platelets)를 가지는 것도 나타난다(Figs. 1, 4).

B. *Tephis* (Adans.) Meisn. 절 (Figs. 5-7; Table 2)

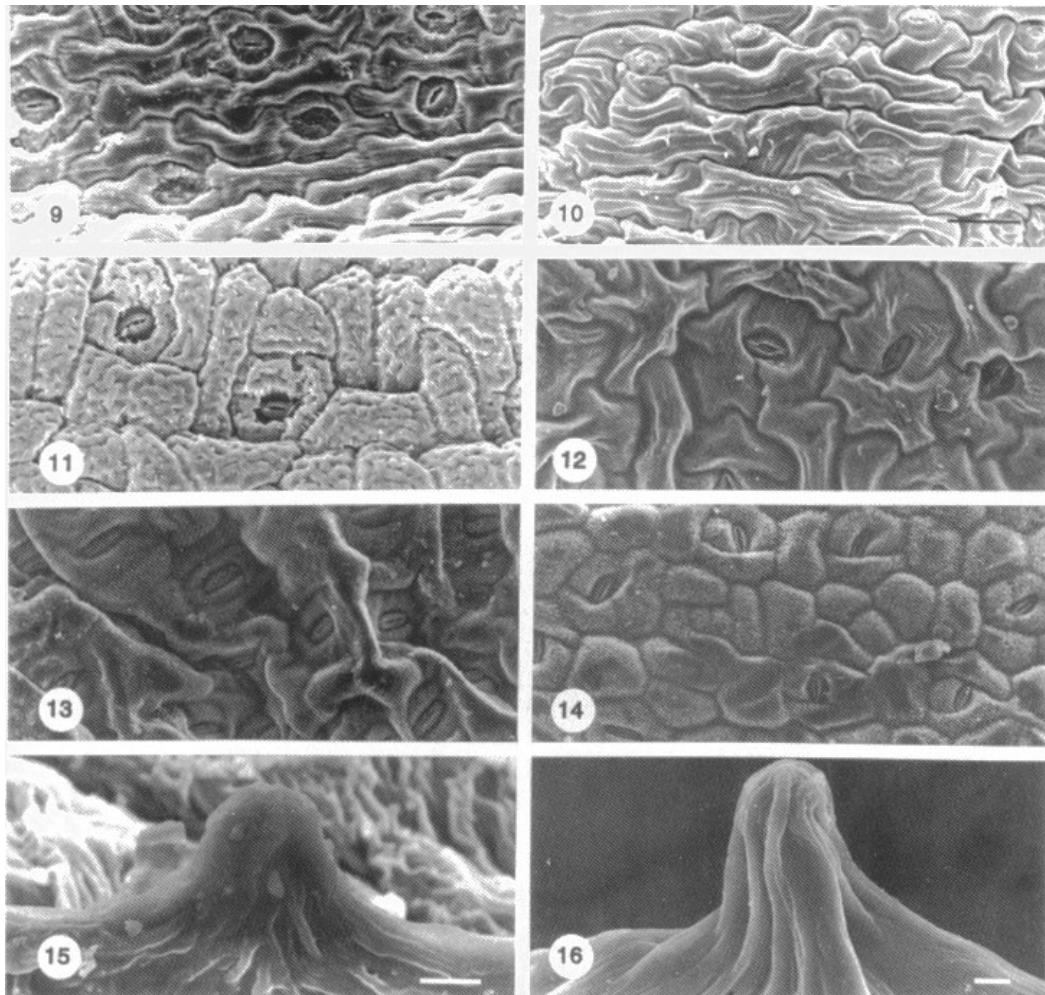
잎의 기공은 향축면과 배축면에 모두 존재하며 크기는 약 12-15μm이고 공변세포의 모양은 둥근 끝을 가진 초생달 모양의 단순한 형태이다. 기공은 불균등형 구조를 나타낸다(Figs. 5-6; *P. afromontanum* Greenway). 기공은 표피세포에 약간 파묻혀 있다. 표피세포는 향축면과 배축면에서 거의 유사한 모양이며, 크기가 약 19-42μm로 직선형의 다각형 구조를 나타낸다(Fig. 5). 외각피층은 향축면과 배축면에서 조밀하게 발달된 선 모양의 구조를 보인다(Fig. 7). 잎의 중앙에는 단세포의 타원체 구조를 가지는 모용[Haraldson (1978)의 'Type VII']이 나타난다(Fig. 15).

C. *Duravia* S. Wats. 절 (Figs. 9-12; Table 2)

잎의 기공은 향축면과 배축면에 모두 존재하며 크기는 약 20-25μm이고, 공변세포는 둉근 끝을 가진 초생달 모양의 단순한 형태이다. 불균등형(anisocytic)인 기공형이 많이 나타난다(Figs. 9, 11-12; *P. californicum* Meisn., *P. douglasii* Greene, *P. minimum* S. Wats., *P. paronychia* Cham. & Schlecht., *P. shastense* Brewer ex Gray.). 드물게 불균등형과 불규칙형이 같이 섞여 있는 것도 있다(Fig. 10; *P. confertiflorum* Nutt. ex Piper). 기공은 표피세포에 약간 파묻혀 있다. 표피세포는 향축면과 배축면에서 거의 유사한 모양이며, 크기가 약 40-78μm로 대부분 파상형의 세포구조를 가지지만(Figs. 9-10, 12;



Figs. 1-8. SEM micrographs of leaf epidermis of *Polygonum* sect. *Polygonum* (1-4, 8), *P.* sect. *Tephis* (5-7). 1: *P. aviculare* (Brueckner 771, UPS). 2: *P. agrestinum* (de Bulleniont 8341, LV). 3: *P. plebeium* (Hedberg 4724, UPS). 4: *P. ramosissimum* (Porter & Porter 9070, UPS). 5-7: *P. afromontanum* (Hedberg 4320, UPS). 8: *P. molliaeforme* (Kotschy 778, UPS). 1-3, 5-6, 8 (Adaxial side of leaves) and 4, 7 (Abaxial side of leaves). 1-6 to same scale; scale bars on 1 = 50 μm ; 7 = 10 μm ; 8 = 50 μm .



Figs. 9-16. SEM micrographs of leaf epidermis and indumentum of *Polygonum* sect. *Duravia* (9-12), *Polygonella* (13-14), *Polygonum* sect. *Tephis* (15), *P.* sect. *Duravia* (16). 9: *P. californicum* (Abrams 6754, NY). 10: *P. confertiflorum* (Munz 10607, UPS). 11: *P. paronychia* (Rose 47103, UPS). 12: *P. shastense* (Nygren s.n., LV). 13: *Polygonella americana* (Fisher s.n., UPS). 14: *Polygonella polygama* (M. A. Curtis s.n., UPS). 15: *P. afromontanum* (Hedberg 4320, UPS). 16: *P. minimum* (Sandberg & Leiberg 799, UPS). 10, 13-14, 16 (Adaxial side of leaves) and 9, 11-12, 15 (Abaxial side of leaves). 10-14 to same scale; scale bars on 9 and 10=50 μ m; 15 and 16=10 μ m.

P. californicum, *P. confertiflorum*, *P. shastense*) 드물게 직선형의 다각형 구조를 가진다(Fig. 11; *P. paronychia*). 외각피총은 선모양으로 미약하게 발달되어 있거나(Fig. 10; *P. confertiflorum*, *P. minimum*), 세포표면이 움푹 패인 구조의 외각피총 표면에 작은 간상형 왁스(wax rodlets)들이 산재해 있는 것이 나타난다(Fig. 11; *P. paronychia*). *P. minimum*과 *P. tenue* Michx.에서는 *Tephritis*절에서 처럼 잎의 가장자리를 따라 세로로 된 줄무늬 모양을 가지는 단세포이며 원뿔형인 모용[Haraldson (1978)의 'Type VII']이 나타난다(Fig. 16).

*Polygonella*속

A. *Thysanella* (A. Gray) Horton아속 (Table 2)

잎의 기공은 향축면과 배축면에 모두 존재하며 크기는 약 17-25 μm 이고, 공변세포는 등근 끝을 가진 초생달 모양의 단순한 형태이다. 기공형은 불균등형(anisocytic)이다 [*Polygonella fimbriata* var. *robusta* (Small) Horton]. 기공은 표피세포에 파묻혀 있지 않다. 표피세포는 향축면과 배축면에서 거의 유사한 모양이며, 크기가 약 22-38 μm 이며 대부분 직선형의 다각형 구조를 가진다. 외각피총은 발달정도가 미약하다. 잎의 가장자리를 따라 모용과 유사한 구조를 가진 원뿔형 표피세포들이 나타나기도 한다.

B. *Polygonella* 아속(Figs. 13-14; Table 2)

잎의 기공은 향축면과 배축면에 모두 존재하며 크기는 약 10-20 μm 이고, 공변세포는 등근 끝을 가진 초생달 모양의 단순한 형태이다. 대부분 3개의 부세포를 가지며 기공형은 불균등형이며 [Fig. 14; *Polygonella polygama* (Vent.) Engelm. & Gray], 기공형의 구분이 어려우나 비교적 불균등형에 가까운 세포 유형을 가지는 것도 있다 [Fig. 13; *Polygonella americana* (Fisch. & Mey.) Small]. 기공은 표피세포에 약간 파묻혀 있다. 표피세포는 향축면과 배축면에서 거의 유사한 모양이며, 크기는 24-40 μm 로 대부분 직선형의 다각형 구조를 가지나(Fig. 14), 불규칙한 세포 구조를 갖는 것도 있다 (Fig. 13). 조사된 분류군에서 외각피총은 발달정도가 미약하고 표면에 작은 판상의 왁스가 흘어져 있는 모양을 가진다.

고 찰

*Polygonum*속과 *Polygonella*속에 포함된 18 분류군에 대해서 잎표피의 여러 미세형태형질(기공의 유형, 기공의 크기, 기공의 핵물정도, 잎표피의 세포구조, 외각피총의 발달정도, 모용의 유무 및 유형)들을 기준으로 관찰하고 기재하였다.

조사된 분류군의 잎표피에서 기공은 향축면과 배축면 표피세포에서 모두 관찰되었으며

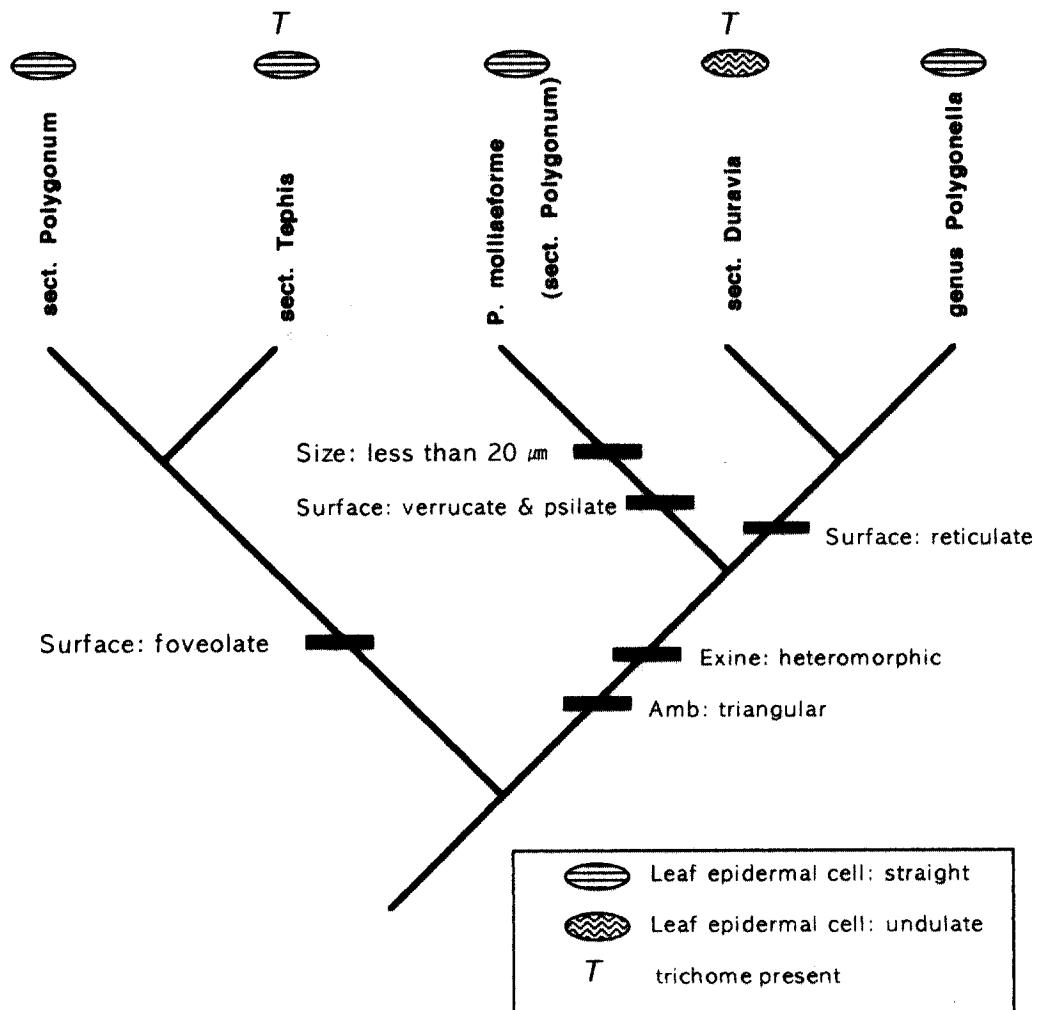


Fig. 17. One of the three equally parsimonious trees on the basis of 22 morphological characters which is re-drawn from Oh (1998). Symbols are showing two types of leaf epidermal cell. Apomorphic characters, mainly palynological data, are mapped onto the tree by solid bars.

기공유형은 불균등형(anisocytic)이 가장 많이 나타났다. *Polygonum*절은 불균등형 이외에도 평행형 및 불규칙형이 나타나고 있어, *Polygonum*절에서 불균등형만 나타난다고 제시한 Haraldson (1978)의 의견과는 일치하지 않았다. 또한 Haraldson(1978)은 *Duravia*절은

여러 가지의 기공형(불균등형, 평행형, 불규칙형)이 하나의 잎에 나타나지만 예외적으로 *Polygonum shastense* Brewer ex Gray.만이 불균등형의 기공형이 나타난다고 하였다. 그러나 본연구 결과에서는 *P. californicum* Meisn., *P. douglasii* Greene, *P. minimum* S. Wats.에서 모두 불균등형의 기공형이 관찰되어, Haraldson(1978)의 결과와는 다르게 나타나, *Duravia*절의 표피형질에 대한 보다 더 자세한 조사가 요구되어진다. *Polygonum* 절에 포함된 분류군 중 *P. molliaeforme* Boiss.는 여러 화분학적 형질 (이형화 표벽, 삼각형의 화분 형태, 과립상 및 평활상의 혼합된 표면무늬, 20 μm 이하의 작은 화분 크기, 등) 이 *Polygonum*절과는 뚜렷이 구별되며, 오히려 *Duravia*절과 *Polygonella*속의 화분에 유사성이 크다 (Fig. 17; Oh, 1998). 그러나 잎 표피형질로서는 큰 차이를 찾을 수 없었다.

기공크기와 표피세포의 크기는 분류군간에 뚜렷한 연관성이 없었으나, *Duravia*절의 경우 다른 분류군들과 비교할 때 기공과 표피세포의 크기가 큰 것으로 나타났다. 그러나 잎 표피세포의 크기는 분류학적으로 그다지 중요한 형질이 아니라고 여겨진다 (Stace, 1965). 조사되어진 모든 분류군에서 잎표피 세포는 향축면과 배축면에서 거의 동일한 모양으로 나타났다. *Duravia*절을 제외한 대부분의 조사된 분류군에서 직선형의 다각형 구조로 나타났고, *Duravia*절의 *P. paronychia* Cham. & Schlecht.를 제외한 대부분의 분류군은 파상형(undulate)의 세포구조를 가져 다른 분류군과 뚜렷하게 구분되어지는 형질이었다 (Table 2). 반면에 Oh (1998, Fig. 17)에 의하면 *Duravia*절은 *Polygonella*속과 자매분류군으로 나타나며, 화분의 형태 (이형화의 표벽, 반복성의 망상구조, 등) 및 해부학적 특징 (clustered vessel; Haraldson, 1978)의 공통파생형질로 지지된다. 따라서 *Duravia*절의 파상형의 표피세포는 단독파생형질로 타 분류군과는 구별되는 식별형질로 여겨진다. 또한 이는 *Duravia*절의 대부분이 북미의 서부지역에 분포하며, 그곳의 건조한 생태조건에 잘 적응하기 위하여 좀 더 밀집된 유형의 표피 구조를 지니게 되었을 것으로 추정된다. 반면에 서식지가 좀 더 습한 북미 동부 및 일부 남부에 분포하는 *Polygonella*속은 유사한 형질을 지녔음에도, 대부분 직선형의 다각형 구조의 세포구조를 가지며, 기공도 표피조직에 파묻혀있지 않다.

외각피층의 발달정도의 차이는 분류군을 식별하는 형질(특히 종수준)로써 어느 정도 사용될 수 있었다. 아프리카 남동부 고산지대에 서식하는 목질화된 초본인 *P. afromontanum* Greenway (*Tephis*절)와 이란의 일부지역에 제한적으로 분포하는 *P. molliaeforme* Boiss. (*Polygonum*절)는 잘 발달된 선모양의 외각피층으로 덮혀져 있는데, 이것은 이를 분류군 서식지의 건조기후에 적응하기 위한 것으로 보인다. *P. paronychia* (*Duravia*절)는 간상형 왁스가 발달한 외각피층이 관찰되었으며, *P. aviculare* L.와 *P. ramosissimum* Michx. (*Polygonum*절) 그리고 *Polygonella americana* (Fisch. & Mey.) Small와 *Polygonella polygama* (Vent.) Engelm. & Gray에서는 잘 발달된 판상형 왁스가 관찰되어 다른 분류군들과 구분되어지는 형질을 가졌다.

모용은 *Tephis*절과 *Duravia*절의 일부 분류군(*P. afromontanum*, *P. minimum* S. Wats., *P. tenue* Michx.)에서 관찰되어, *Tephis*절에 대한 내용은 Haraldson(1978)의 의견과 일치하였지만, *Duravia*절에서 모용이 나타나지 않는다고 제시한 것과는 일치하지 않았다. 또한 Haraldson(1978)은 *Polygonum*속에서 단세포의 원뿔형(type VII)과 다세포의 방패형(type XIII)의 2가지 유형의 모용이 나타난다고 하였으나, 본 연구에서는 단세포의 원뿔형인 모용만이 관찰되었다. 모용이 나타나는 *Tephis*절은 화분 형태(전복성, 유공상 및 미립상 돌기를 가진 표면구조) 및 과실의 구조에 있어서 *Polygonum*절과 유사하게 나타나, 두 분류군이 계통적으로 근연임을 나타낸다(Oh, 1998; Ronse Decraene, Hong and Smets, *in prep.*; Fig. 17). 반면에 *Duravia*절은 *Polygonella*속의 화분형태(반복성, 표면무늬 이형화 및 삼각형의 화분)와 거의 유사하여 *Tephis*절과는 분명히 구별된다(Fig. 17). 따라서 *Tephis*절과 *Duravia*절의 일부 분류군에서 나타나는 모용은 각 분류군의 서식지의 생태적 조건에 따른 평형진화의 결과로 생각된다. *Polygoneae*족내의 다른 분류군의 경우 오직 *Fallopia* Adans. 속의 일부 분류군에서 단세포 원뿔형의 모용이 나타난다(Haraldson, 1978). 그런데 흥미있는 한가지는 *Fallopia*속의 일부 분류군에서도 *Polygonella*속과 *Duravia*절에서 나타나는 화분이형화를 보여 주어, 이들 사이의 계통적 유연관계에 대하여 더 연구할 필요가 있겠다.

따라서 Table 2와 Fig. 17에서 보면, 모용의 유무와 표피세포의 모양 등의 형질은 *Polygonum*속과 *Polygonella*속의 근연관계의 규명에는 크게 도움이 되지 못하였고, 생태적 조건에 따른 적응 결과로 판단된다. 그러나 두속의 잎표피 미세구조형질(특히 표피세포의 구조, 외각피층의 발달정도, 모용의 유무 및 유형)은 연구되어진 분류군사이(특히 종수준)에서 어느 정도 유용한 식별형질로 제시되었다.

사 사

본 연구는 1997년도 한국학술진흥재단의 '97 학술연구조성비 자유공모과제 연구비(과제 번호: 1997-001-D00332)에 의하여 연구되었으며 이에 깊이 감사드립니다. 귀중한 표본 대여를 허락해 주신 LV, NY, UPS의 각 표본관장 및 관계자에게 감사를 드립니다. 또한 논문의 심사과정 중 유용한 조언을 주신 익명의 두분 심사자들과 편집과정에 도움을 주신 고성철 교수님(한남대), 장진성 교수님(서울대), 그리고 본 연구과정에 여러모로 도움을 준 경희대 생물학과 식물분류학연구실원들에게 고마움을 전합니다.

인 용 문 현

Brandbyge, J. 1993. *Polygonaceae*. In The Families and Genera of Vascular

- Plants. Kubitzki, K. (eds.), Springer Verlag, Berlin. Pp. 531-544.
- Bentham, G. and J. D. Hooker. 1883. Genera Plantarum. 3(1). London.
- Dammer, U. 1893. Polygonaceae. In Die natürlichen Pflanzenfamilien. Engler, A. and K. Prantl (eds.), Engelmann Verlag, Leipzig. Pp. 1-36.
- Fedorov, A. A. 1969. Chromosome numbers of flowering plants. Leningrad, Nauka.
- Haraldson, K. 1978. Anatomy and taxonomy in Polygonaceae subfam. Polygoideae Meisn. emend. Jaretzky. Symb. Bot. Upsal. 22: 1-95.
- Hedberg, O. 1946. Pollen morphology in the genus *Polygonum* L. s. lat. and its taxonomic significance. Svensk Bot. Tidskr. 40: 371-404.
- Heywood, V. H. 1984. The current scene in plant taxonomy. In Current concepts in plant taxonomy. Heywood, V. H. and D. M. Moore (eds.), Academic Press, London. Pp. 3-21.
- Holmgren, P. K., N. H. Holmgren. and L. C. Barnett. 1990. Index Herbariorum. The herbaria of the world, ed. 8. Regnum Veg. 120: 1-693.
- Hong, S.-P. and O. Hedberg. 1988. Parallel evolution of aperture numbers and arrangement in the genera *Koenigia*, *Persicaria* and *Aconogonon* (Polygonaceae). Grana 29: 177-184.
- _____, L. P. Ronse Decraene and E. Smets. 1998. Systematic significance of tepal surface morphology in tribes Persicarieae and Polygoneae (Polygonaceae). Bot. J. Linn. Soc. 127: 91-116.
- Horton, J. H. 1963. A taxonomic revision of *Polygonella* (Polygonaceae). Brittonia 15: 177-203.
- Jaretzky, R. 1928. Histologische und karyologische Studien an Polygonaceen. Jahrb. Wiss. Bot. 69: 357-490.
- Linnaeus, C. von. 1753. Species Plantarum. Ed. 1. - Holmiae.
- Meisner, C. F. 1856. Polygonaceae. In Prodr. Syst. Nat. Regni Veg. A. De Candolle (ed.). 14: 1-186, 693-695. - Paris.
- Nowicke, J. W. and J. J. Skvarla. 1977. Pollen morphology and the relationship of the Plumbaginaceae, Polygonaceae and Primulaceae to the order Centrospermae. Smithsonian Contr. Bot. 37: 1-64.
- Oh, I.-C. 1998. Systematic study of the genera *Polygonum* L. s. str. and *Polygonella* Michx. (Polygonaceae) with special reference to pollen, leaf and seed characters. M.S. thesis. Kyung Hee Univ, Seoul. 81p.
- Ronse Decraene, L.-P. and J. R. Akeroyd. 1988. Generic limits in *Polygonum* and related genera (Polygonaceae) on the basis of floral characters. Bot. J. Linn. Soc. 98: 321-371.

- Small, J. K. 1895. A monograph of the North American species of the genus *Polygonum*. Mem. Dept. Bot. Columbia College 1: 1-183.
- Stace, C. A. 1965. Cuticular studies as an aid to plant taxonomy. Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.), Bot. 4: 3-78.
- Wilkinson, H. P. 1979. The plant surface (mainly leaf). In Anatomy of the dicotyledons. 2nd ed. Vol. I. Metcalfe, C. R. and L. Chalk (eds.), Clarendon Press, Oxford. Pp. 97-165.
- Wolf, S.-J. and J. McNeill. 1986. Synopsis and achene morphology of *Polygonum* section *Polygonum* (Polygonaceae) in Canada. Rhodora. 88: 457-479.

Appendix : A list of specimens examined for this study

Genus *Polygonum* s. str.

Sect. *Polygonum*

***Polygonum achoretum* Blake:** U.S.A., Wyoming, Crook Co., 2 miles E of Sundance, 13 July 1960, *Porter & Porter* 8384 (UPS). ***Polygonum agrestinum* Jord.:** Without country name, Chateau-chierry, 11 July 1883, *de Bulleniont* 8341 (LV). ***Polygonum aviculare* L.:** South Africa, Kimberley region, Kalkdrift, Feb. 1947, *Brueckner* 771 (UPS). ***Polygonum aviculare* L. ssp. *heterophyllum*:** China, Chili prov. Hsiano-wu-kai-shan, Yang-kia-ping, 12 Sept. 1921, *H. Smith* 709 (UPS). ***Polygonum maritimum* L.:** France, Gallica, Bouches-du-Rhone, Petike, Camargue, Etang d'Illand, 29 June 1959, *Nordin* 102 (UPS); U.S.A., New York, Wadding river, 10 Sept. 1875, *Miller* 17 (LV). ***Polygonum molliaeforme* Boiss.:** S. Iran ("Persia"), Kuh-Daena, 1 Aug. 1842, *Kotschy* 778 (UPS). ***Polygonum plebeium* R. Br.:** Tanzania, Dodoma distr., c. 60km E of Dodoma Ikowa dam, 1 Aug. 1970, *Hedberg* 4715 (UPS); ibid., 15km S of Dodoma, 1 Aug. 1970, *Hedberg* 4724 (UPS). ***Polygonum ramosissimum* Michx.:** U.S.A., Nebraska, Fillmore Co., 20 Sept. 1879, *Wibbe* s.n. (LV); Wyoming, Weston Co., 10 miles north of Upton, 7 July 1962, *Porter & Porter* 9070 (UPS).

Sect. *Tephis* (Adans.) Meisn.

***Polygonum afromontanum* Greenway:** Kenya, Nanyuki distr., Mt. Kenya, NW slope along Sirimon, 14 Oct. 1967, *Hedberg* 4320 (UPS).

Sect. *Duravia* S. Wats.

***Polygonum californicum* Meisn.:** U.S.A., California, Butte Co., N of Oroville, 4 Sept. 1914, *Hellen* 11763 (NY); Oregon, Grants Pass., 24 Nov. 1884, *Howell* s.n. (LV); Roseville and Pearlyn, places Co., 10 Sept. 1911, *Abrams* 6754 (NY). ***Polygonum confertiflorum* Nutt. ex Piper:** U.S.A., California, Modoc Co., 9 miles NW of Camby, 27 Nov. 1957, *Bacigalupi & Smith* 5982 (UPS); California, San Bernardino Co., San Bernardino Mts. 4 July 1926, *Munz* 10607 (UPS). ***Polygonum douglasii* Greene var. *douglasii*:** U.S.A., Idaho, Nez Perces Co., Clearwater River, 30 May 1892, *Sandberg et al.* 271 (UPS). ***Polygonum minimum* S. Wats.:** U.S.A., Washington, Cascades, Sterens Pass, 23 Aug. 1893, *Sandberg & Leiberg* 799 (UPS). ***Polygonum paronychia* Cham. & Schlecht.:** U.S.A., California, San Francisco, Golden Gate Heights, 19 Sept. 1947, *Rose* 47103 (UPS). ***Polygonum shastense* Brewer ex Gray:** U.S.A., California, without precise locality, 14 Sept. 1951, *Nygren* s.n. (UPS). ***Polygonum tenue* Michx.:** U.S.A., Nebraska, York Co., 15 July 1884, *Wibbe* s.n. (LV); Oregon, Columbia River, 46° ~ 49°N, near Thbolville, 2 Sept. 1860, *Lyall* s.n. (UPS).

Genus *Polygonella* Michx.

***Polygonella americana* (Fisch. & Mey.) Small:** U.S.A., Texas, Cat Springs, 17 July 1930, Fisher s.n. (UPS). ***Polygonella fimbriata* var. *robusta* (Small)** Horton: U.S.A., Florida Windemere, 15 Oct. 1930, Blanton 6469 (UPS). ***Polygonella polygama* (Vent.) Engelm. & Gray:** U.S.A., California, without date, Curtis s.n. (UPS); Florida without precise date and locality, A. Gray s.n. (UPS); North Carolina, Brunswick Co., 8 miles N of Southpart, 29 Sept. 1940, Godfrey 1046 (UPS).

The taxonomic study of leaf epidermal microstructure in the genera *Polygonum* L. s. str. and *Polygonella* Michx. (Polygoneae-Polygonaceae)

Hong, Suk-Pyo* and Il-Chan Oh

(Department of Biology, Kyung Hee University, Seoul 130-701, Korea)

Abstract

To examine the leaf epidermal microstructures in the genera *Polygonum* L. s. str. and *Polygonella* Michx. (Polygonaceae), leaves of 16 species including 1 subspecies and 1 variety (28 specimens in total) were investigated by the scanning electron microscopy (SEM). The stomata of taxa were amphistomatic, crescent shape and the size range was 10-25 μm . The stomatal type of *Polygonum* sect. *Polygonum* leaf epidermis was mostly anisocytic but, rarely present together with anisocytic, paracytic and anomocytic; *P.* sect. *Tephis*-anisocytic; *P.* sect. *Duravia*-mostly anisocytic, rarely combined with anisocytic and anomocytic; *Polygonella* subg. *Thysanella*-anisocytic; *Polygonella* subg. *Polygonella*-anisocytic. Leaves of the examined taxa are mostly glabrous, but sometimes the conical or oval shape of unicellular trichome is present in some taxa (i.e. sect. *Tephis*, sect. *Duravia*). The shapes of epidermal cells are similar in both adaxial and abaxial sides, and are mostly straight polygonal, except for sect. *Duravia* which is undulate. Epicuticle was well developed in sect. *Tephis*. Wax rodlets and platelets are present in some species of sect. *Polygonum*, sect. *Duravia* and subg. *Polygonella*. The taxonomic significance of the leaf micromorphological features (epidermal cell shape, epicuticle, trichome) in identification and elucidation of taxa within *Polygonum* s. str. and *Polygonella* is discussed.

Key words: Leaf epidermal microstructure, Polygonaceae, *Polygonella*, *Polygonum* s. str., SEM

*Corresponding author: Phone +82-2-961-0842, Fax +82-2-966-5495,
e-mail: sphong@nms.kyunghee.ac.kr