

광의의 미치광이풀속 (*Scopolia* Jacq. s.l., 가지과— *Hyoscyameae*족)의 잎표피 미세구조와 이의 계통분류학적 중요성

홍석표* · 백진협

(경희대학교 생물학과 및 기초과학연구소, 식물분류학연구실)

세계산 *Scopolia* Jacq. s.l.에 포함되는 세 개의 속인 *Scopolia* s.s., *Anisodus*, *Atropanthe*와 근연 군외군으로 선택된 *Przewalskia* 식물의 잎표피 미세구조를 조사하기 위하여 4속 10종 (37개체)의 잎을 광학현미경 및 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였다. 연구 분류군의 기공은 향측면과 배측면 모두에 존재하는 양면기공엽 (amphistomatic type)으로 밝혀졌다. 공변세포의 크기는 $18-64 \times 11-48 \mu\text{m}$ 로 속과 종에 따라 다소 차이를 보이는데, 가장 작은 공변세포는 군외군으로 포함시킨 단형속인 *Przewalskia tangutica* ($24-27 \times 16-17 \mu\text{m}$)이었고, 가장 큰 공변세포는 *Anisodus carniolicoides* ($62-64 \times 43-48 \mu\text{m}$)에서 나타났다. 기공복합체의 형태는 대부분 불규칙형 (anomocytic: *Scopolia* s.s., *Anisodus taxa*: *A. luridus*, *A. carniolicoides*, *A. acutangulus*)과 불균등형 (anisocytic: *Anisodus tanguticus*, *Przewalskia*, *Atropanthe*)이 나타난다. 공변세포의 모양은 대부분 초생달 모양의 타원형이나, *Przewalskia tangutica*에서는 거의 원형으로 나타난다. 부세포의 수층벽 (anticlinal wall)은 대부분 파상형 (undulate)이며, *Przewalskia tangutica*에서는 다소 아치형을 이루었다. 표피세포의 형태는 거의 불규칙한 다각형 (polygonal)으로 수층벽은 다소 또는 심하게 굴곡을 이루는 undulate/sinuate형이었다. 표피세포의 표면은 왁스층이 대부분의 분류군에서는 잘 발달되지 않았고, 일부의 분류군 (e.g., *Anisodus tanguticus*)에서만 기공 주변으로 발달한 양상을 보였다. *Scopolia* s.s.와 *Przewalskia* 분류군에서는 독특하게 다세포로 구성된 'elongate-headed' 선모가 존재하였고, *Atropanthe* 및 *Anisodus*의 대부분의 분류군은 모용이 존재하지 않았고, 단지 1종 (*A. luridus*)에서는 단순 (simple) 또는 가지를 친 (branched: dendritic-type) 비선모가 존재하는 것으로 나타났다. 끝으로 조사된 *Scopolia* s.l. (*Przewalskia* 포함)의 분류군내의 속간 그리고 종간의 동정과 식별을 위한 잎의 미세형태학적 형질 (기공복합체, 모용, 등)의 계통분류학적 또는 생태학적 가치를 검토하였다.

주요어 : 잎표피미세구조 (기공복합체, 모용), 광의의 미치광이풀속, *Przewalskia*, 가지과, SEM

*교신저자 : 전화 (02) 961-0842, 전송 (02) 966-5495, e-mail: sphong@khu.ac.kr

세계산 미치광이풀屬(*Scopolia* Jacq.)은 가지과(Solanaceae)내의 Hyoscyameae DC.속에 속하는 분류군이다. Hyoscyameae속에는 *Scopolia* s.s.(4-5종)을 포함하여 모두 6속(e. g., *Anisodus* Link in Sprengel:4종, *Atropanthe* Pascher:1종, *Przewalskia* Maxim.:1종, *Hyoscyamus* L.:20종, *Physochlaina* G. Don:9종)으로 구성된 분류군이다(Lu and Zhang 1986).

이러한 Hyoscyameae속내의 대부분의 분류군은 북반구에 주로 분포하는데, *Scopolia* s.s.의 경우 동부유럽과 서아시아(Alps, Carpathian Mts., Caucasus 등) 그리고 한국과 일본에 격리 분포한다. 또한 *Scopolia* s.s.의 가장 밀접한 분류군으로 여겨지는 *Anisodus*는 SW China와 Nepal, Xizang, India(Himalaya 지역)를 중심으로 분포하며, 또 다른 單型屬인 *Atropanthe*는 중국의 N. Yunnan, W. Hubei, S. Sichuan 지역에 아주 제한적으로 서식한다(Lu and Zhang, 1986; Lu, 1986; D'Arcy, 1991).

Hyoscyameae속내의 분류군에 대한 간단한 계통적인 유연관계는 Lu and Zhang(1986)에 의해 주로 외부형태학적 특징(corolla와 calyx의 크기차이, 화관의 형태, 등)을 바탕으로 제시되었는데, 크게 2개의 group으로 나누었다: *Scopolia* s.s.을 원시적인 분류군으로 처리하고 이것으로부터 *Anisodus*, *Atropanthe* 그리고 *Przewalskia*을 묶었고, 나머지 두 개의 속(*Hyoscyamus*와 *Physochlaina* G. Don)을 묶었다. 그러나 화분학적 형질은 전자의 group에서 *Przewalskia*는 3-colporate의 발아구와 망상의 표벽구조를 가져, *Scopolia* s.s.과 그 근연속이 3-colporate/nonaperturate의 발아구와 과립상(verrucate)의 표벽구조를 가져 분명하게 구별되며, 후자의 2속 중 *Physochlaina*의 화분과 유사하다(Lu and Zhang, 1986).

Scopolia s.l. 분류군에 포함되는 3속(*Scopolia* s.s., *Anisodus*, *Atropanthe*)들은 계통학적으로 단계통군(monophyletic taxon)으로 여겨지고 있지만(Hoare and Knapp, 1997), 각 분류군 간의 한계 및 계급에 대한 분류학적 체계가 잘 정립되지 못하고, 오랫동안 많은 분류학자들에게 어려움을 주었던 분류군이다(Weinert, 1972). Lu and Zhang(1986)의 경우 상기의 3속을 꽃의 특징(corolla와 calyx의 크기 차이, 화관의 형태, 등)만으로 구별하였고, 최근에 화분의 특징을 새로이 추가하여 분류체계를 제시한 D'Arcy and Zhang(1992)의 경우 꽃의 색, 과실상태에서의 calyx의 길이, 화분의 형태 등의 특징으로 *Scopolia* s.s.와 *Anisodus*를 분리하였다. 그러나 이들 분류군 사이의 한계를 정하는 중요한 형질, 특히 화분형태의 경우, 신중한 재고가 요구된다(Hong and Paik, unpublished data).

이러한 본 연구대상의 주된 분류군인 *Scopolia*속 및 근연속(*Anisodus*, *Atropanthe*)간의 보다 정확한 속간 한계 및 분류학적 문제점을 해결하고 보완하기 위한 연구는 부분적인 화분학적 증거 및 주로 외형적인 형질을 위주로 한 α -분류학적 단계에 머물러 있다고 판단되며, 여러 가지 유용한 분류학적 식별형질(화분, 종자, 해부학적 구조, 영양기관의

미세구조, 등)들은 극히 일부분의 분류군에 대한 관찰이 이루어졌을 뿐이다.

최근 주사전자현미경(SEM)을 통한 외부 표피에서 확인 될 수 있는 epicuticular wax와 그 밖의 미세구조들의 분류학적 중요성에 대하여 관심이 높아지고 있다(Barthlott 1981, 1990, Barthlott *et al.* 1998). 또한 Wilkinson(1979) 및 Stace(1965, 1984)에 의하면 잎표피에서 찾을 수 있는 형질이 분류학적으로 중요하다고 주장하였다. 가지과 내의 분류군에 대한 잎표피 형질에 대한 연구는 일부 경제적으로 중요한 식물인 *Solanum* L.속을 중심으로 한 일부의 연구가 있고(Gbile, 1986), 가지과 내의 Anthcerceidae족의 모용에 대한 연구가 Haegi(1991)에 의해 이루어진 바 있다. 또한 Seithe and Anderson(1982)에 의해 *Solanum*속의 *Basarthrum*절 내의 분류군에 대한 모용의 형태에 대하여 연구되었을 뿐이다. 최근 Yang *et al.*(2000)에 의해 Hyoscyameae족에 대한 잎 표피의 구조적 형질에 대하여 연구된 바 있지만, *Scopolia* s.s.내에 포함된 분류군에 대해서는 자세히 연구가 이루어지지 못하였다.

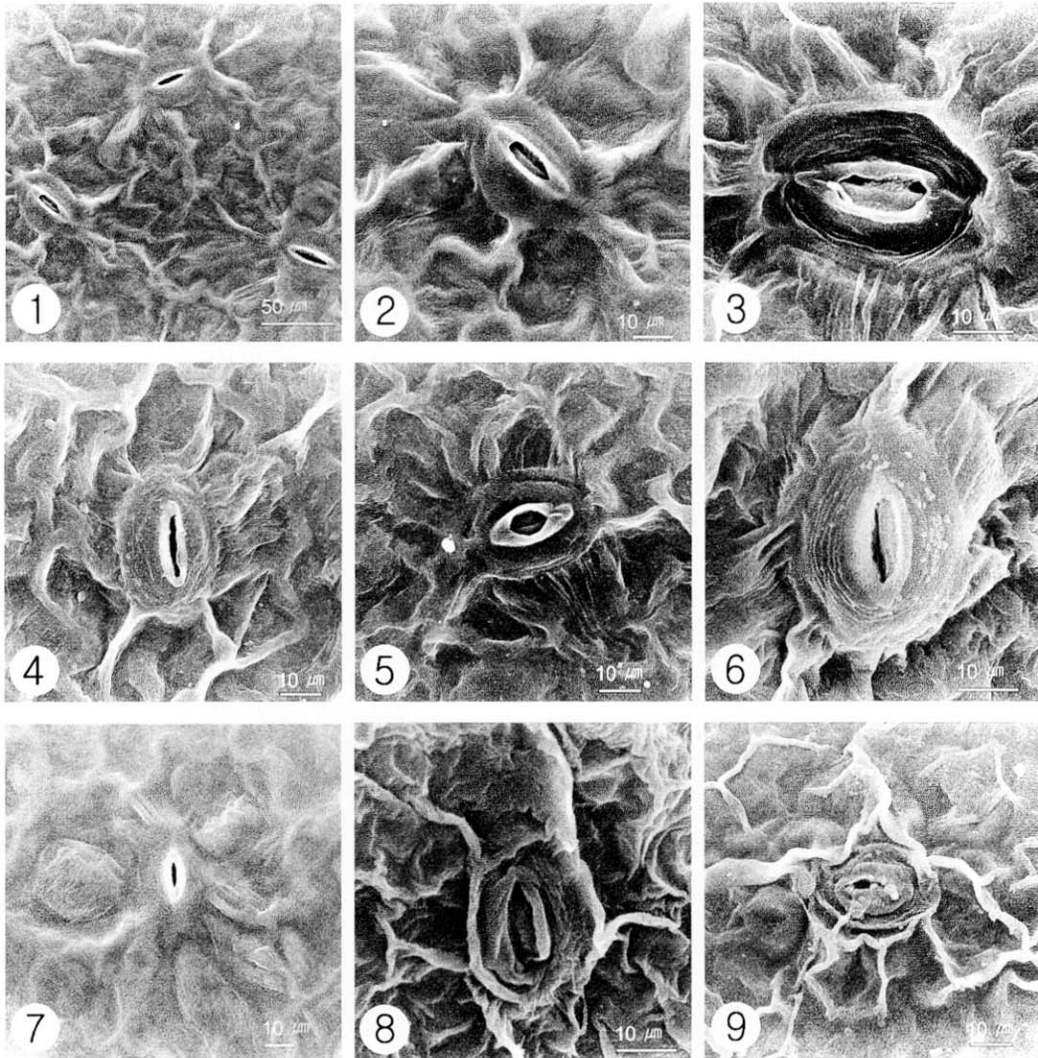
따라서 본 연구에서는 Hyoscyameae족 내에서 단계통군(monophyly)으로 추정되는 3속(*Scopolia* s.s., *Anisodus*, *Atropanthe*: 총괄적으로 *Scopolia* s.l. 분류군으로 분류됨)에 관련된 분류군과 Hoare and Knapp(1997)의 계통분석을 통하여 가장 원시적인 분류군으로 추정되는 *Przewalskia*의 단형종인 *P. tangutica* Maxim.를 군외군으로하여 이들 분류군에 대한 잎 표피 조직(기공의 유형, 큐티클층의 침적 정도, 모용의 종류 및 존재 유무 등)에 대한 보다 상세한 광학현미경(LM) 및 주사전자현미경(SEM)적 구조를 밝히고 기재하며, 그 계통분류학적 가치를 파악하고자 시도되었다.

재료 및 방법

본 연구에서 이용된 4속, 즉 *Scopolia* s.s., *Anisodus*, *Atropanthe*, 그리고 *Przewalskia* 분류군을 대표하는 총 10종(37개체)에 대한 외부형태학적 재료들을 국내외 표본관(BM, KHUS, KNU, MO, NY, PE, S, SKK, UPS, WU, YNUH와 KWNU:강원대학교 생물학과 표본관)으로부터 대여하여 관찰하였다(Appendix 참조).

LM: 잎 표피를 Jeffrey's solution에 24시간 담근 후에, 증류수가 담긴 petri dish에 옮기고, camel's hair brush를 이용하여 잎의 adaxial side와 abaxial side를 분리하여 1% safranin 염색액에 넣은 후, 검경하였다.

SEM: 건조표본으로부터 직접 재료를 취한 후, dioctylsodium sulfosuccinat 10% 수용액과 아세톤을 6:1로 섞은 혼합물에 24시간 동안 처리하였다(Erbar, 1995). 처리된 시료들은 70% 에틸알코올로 수세한 후 90%, 95%에 10분, 100% 에틸알코올에 20분 동안 탈수과정을 거쳤다. 탈수된 시료를 후드에서 HMDS(Hexamethyldisilazane)에 30초 동안 담가 둔 후, 꺼내어 하루 동안 상온에서 건조시켰다. 건조된 시료를 aluminum stub위에



Figs. 1-9. SEM micrographs of leaf epidermis of *Scopolia s.l.*

1-2. *Scopolia parviflora* (Paik 1112 KHUS - Ab), 3. *Scopolia japonica* (Matsumura s.n. WU - Ab), 4. *Scopolia carniolica* (Walter 143 WU-Ad), 5. *Scopolia carniolica* (Paik 0011 KHUS-Ab), 6. *Scopolia lutescens* (Paik 1113 KHUS-Ab), 7. *Scopolia lutescens* (Paik 1113 KHUS-Ad), 8. *Anisodus luridus* (Stainton et al. 5671 UPS-Ab), 9. *Anisodus luridus* (Stainton et al. 5671 UPS-Ad).-(Ab=Abaxial side, Ad=Adaxial side)

올리고, 이온증착기(JEOL JFC-1100E)를 이용하여 10mA에서 4분간 금(Au)으로 도포한 후, 주사전자현미경(JEOL JSM-5200)으로 10-15KV에서 관찰 및 사진 촬영을 하였다.

본 연구에서 다루는 분류군에 대한 분류체계는 Hoare and Knapp(1997)에 따라 정리하고 기재하였다. 잎표피 미세구조에 대한 용어는 주로 Wilkinson(1979), Stace(1984) 및 Haegi(1991)를 따랐고, 한글 용어는 Hong and Oh(1999)와 Hong and Son(2000)을 참조하여 기재하였다.

결과 및 고찰

연구된 *Scopolia* Jacq. s.l. (*Przewalskia* 포함)의 모든 분류군에서 기공(stomata)이 항측면과 배측면 모두에 존재하는 양면기공엽(amphistomatic type)으로 밝혀졌다. 공변세포의 크기는 $18-64 \times 11-48 \mu\text{m}$ 로 속과 종에 따라 다소 차이를 보이는데, 가장 작은 공변세포는 균외군으로 포함시킨 단형속인 *Przewalskia tangutica*로 $24-27 \times 16-17 \mu\text{m}$ 로 나타나며(Figs. 16-17), 가장 큰 공변세포는 $62-64 \times 43-48 \mu\text{m}$ 로 *Anisodus carniolicoides*에서 나타난다(Figs. 13-14). *Anisodus*속 내에서는 *Anisodus acutangulus*가 다른 분류군에 비해 상대적으로 작은 공변세포($18-21 \times 11-14 \mu\text{m}$)를 가지는 것으로 나타났다(Table 1). *Scopolia* s.s.내의 분류군은 전반적으로 비슷한 공변세포 크기를 보였고, 유럽종인 *Scopolia carniolica*의 경우가 다소 크게 나타났다. 공변세포 크기의 경우 각 식물의 서식지 차이에 의한 지역적 변이라고 추정되며, 가장 작은 공변세포를 지닌 *Przewalskia tangutica*는 중국의 Tibet 고원과 그 주변 지역, 즉 Gansu, Qinghai, Sichuan, Xizang 지역과 같이 매우 건조한 초지나 고산의 사토지역에 적응하는 식물로 기공의 크기와 생태학적 관점(특히 건조한 기후)에 관련된 것으로 보여, 이에 대한 좀 더 자세한 연구가 필요하다.

일반적으로 잎 표피세포의 크기는 계통분류학적으로 그다지 중요한 형질이 아니라고 여겨진다(Stace, 1965). 그러나 공변세포의 크기와 식물의 다배체현상(polyploidization)과의 연관성은 매우 중요하다고 알려져 있다(Stebbins, 1971). Lee and Oh(1971)는 한반도에 서식하는 *Scopolia parviflora*와 일본에서 서식하는 *S. japonica*에 대한 염색체 수 및 공변세포의 크기와의 연관성에 대하여 연구하였다. 결과에 의하면 *S. parviflora*는 $2n=48$ 개의 염색체를 가졌고 공변세포의 크기는 평균 $32-57 \times 29-34 \mu\text{m}$ 이었고, 반면에 *S. japonica*는 $2n=84$ 로 4배체(tetraploid)이며, 공변세포의 크기는 $46-57 \times 32-39 \mu\text{m}$ 로 나타났다. 본 연구에서 관찰된 두 분류군과의 공변세포의 차이는 크게 나지는 않았다. *Scopolia parviflora*에서 이배체(diploid) 및 4배체의 염색체가 모두 발견되고, *S. japonica*에서도 동일하게 다배체 현상이 밝혀져 있다(Lee, 1971; Tabata et al., 1969). 따라서 본 연구에서

Table 1. Comparison of stomatal characters in the genera *Scopolia* s.s., *Anisodus*, *Atropanthe* and *Przewalskia* (- : glabrous, + : nonglandular simple/dendritic trichome, ++ : elongate-headed glandular trichome)

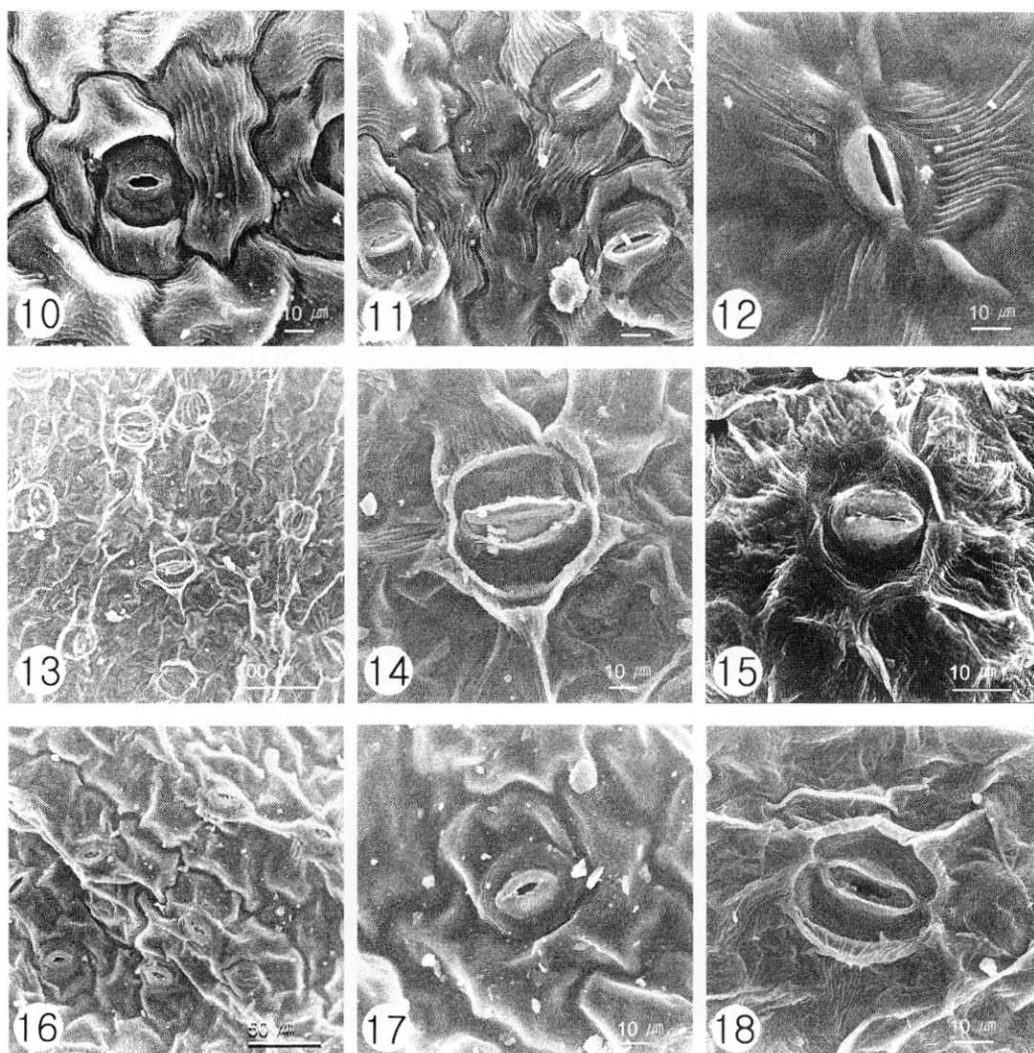
Taxon	Guard cell size(L×W)	Type of stomata	Type of trichome
<i>Scopolia parviflora</i>	36-40×27-34 μ m	anomocytic	++
<i>Scopolia japonica</i>	38-48×23-30 μ m	anomocytic	++
<i>Scopolia carniolica</i>	41-57×25-34 μ m	anomocytic	++
<i>Scopolia lutescens</i>	32-41×19-24 μ m	anomocytic	++
<i>Anisodus luridus</i>	36-44×25-28 μ m	anomocytic	+
<i>Anisodus tanguticus</i>	30-40×22-24 μ m	anisocytic	-
<i>Anisodus carniolicoides</i>	62-64×43-48 μ m	anomocytic	-
<i>Anisodus acutangulus</i>	18-21×11-14 μ m	anomocytic	-
<i>Przewalskia tangutica</i>	24-27×16-17 μ m	anisocytic	++
<i>Atropanthe sinensis</i>	28-31×24-27 μ m	anisocytic	-

사용된 식물체의 경우는 아마도 이배체의 개체였을 것으로 추정된다. 결과적으로 배수체로 상기의 분류군을 다른 종으로 구별한 Lee and Oh(1971)의 제안은 재고할 필요가 있음을 보여준다.

기공복합체(stomatal complex)의 형태는 대부분 불규칙형(anomocytic)과 불균등형(anisocytic)이 나타난다. *Scopolia* s.s.의 분류군은 모두가 불규칙형을 가지며, *Anisodus* 속의 분류군도 대부분 불규칙형이 우세하게 나타나며, *Anisodus tanguticus*만이 불균등형으로 나타난다(Figs. 10-12). 단형속인 *Atropanthe sinensis*에서도 불균등형이 나타난다(Table 1). 기공의 공변세포는 일부 분류군(대부분 *Scopolia*속 분류군, Figs. 1-7)에서 표피세포위로 두드러지게 형성되지 못하고, 주변세포보다 다소 낮게 위치한 경우도 보인다.

피자식물에서 기공복합체의 type에 대한 계통진화적인 해석은 아직까지 분명하지 못하다(Cronquist, 1988). 일반적으로 불규칙형이 부세포가 없는 가장 단순하고 원시적인 유형으로 여겨졌다. 최근에는 평행형(paracytic)이 원시적이라는 주장이 나오고 있다(Baranova, 1992). 따라서 *Scopolia* s.s.와 *Anisodus*의 일부 분류군에서 나타나는 불규칙형이 *Atropanthe*, *Anisodus tanguticus* 그리고 *Przewalskia*의 불균등보다 원시적이라 할 수 있다. 기공복합체의 유형만을 기준으로 한다면 Lu and Zhang(1986)이 제안한 계통수와 어느 정도 일치함을 보인다.

공변세포의 모양은 대부분 초생달 모양의 타원형이나, *Przewalskia tangutica*에서는 거의 원형으로 나타난다. 부세포의 수층벽(anticlinal wall)은 대부분 파상형(undulate)이며



Figs. 10-18. SEM micrographs of leaf epidermis of *Scopolia* s.l. including *Przewalskia*.

10-11. *Anisodus tanguticus* (Gilbert 118 MO-Ab), 12. *Anisodus tanguticus* (Gilbert 118 MO-Ad), 13-14. *Anisodus carniolicoides* (Chen 2567 PE-Ab), 15. *Anisodus acutangulus* (Rock 4577 NY-Ad), 16-17. *Przewalskia tangutica* (Chen 73-38 PE-Ab), 18. *Atropanthe sinensis* (Sino-Amer. Exped., 483 MO-Ab). - (Ab=Abaxial side, Ad=Adaxial side)

(Plate I ㉔-㉖), *Przewalskia tangutica*에서는 아치형 (arched, Plate I ㉗)으로 보인다.

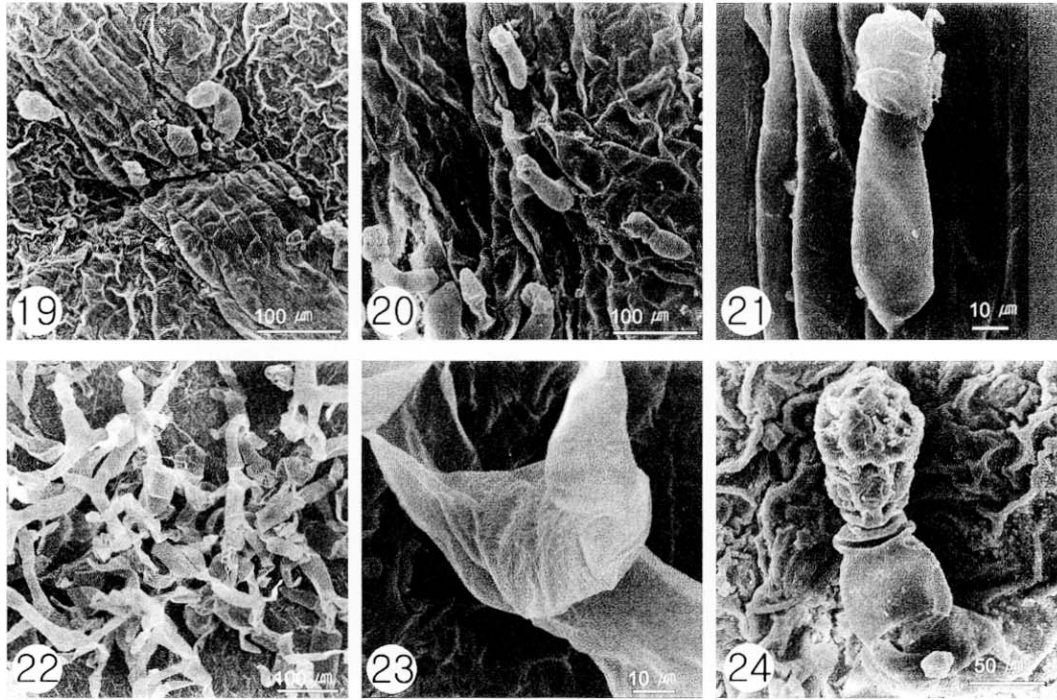
표피세포의 표면은 왁스층 (epicuticular wax), 특히 cuticular striae가 발달되지 않은 형태와 기공장치를 중심으로 잘 발달된 유형으로 나뉜다. 대부분의 분류군에서는 왁스층은 잘 발달되지 않았고, 일부의 분류군 (특히 *Anisodus tanguticus*)에서는 잘 발달한 양상을 보였다. 표피세포의 형태는 거의 oblong의 모양을 가진 불규칙한 다각형 (polygonal)으로 수층벽은 다소 또는 심하게 굴곡 (sinuate)이 져있다 (Plate I).

Yang *et al.*(2000)은 stomatal rim의 안쪽면의 상태와 잎 윗면과 아랫면의 표피의 cuticular membrane에 대하여 상세한 기재 (즉 smooth, striated, granular, 등)를 하였는데, 이는 주로 실험에 사용된 식물표본의 보관 상태에 따라 생기는 차이에 의한 것으로 판단되었다. 따라서 이러한 Yang *et al.*(2000)의 형질에 분류학적 가치를 부여하기는 어렵다고 여겨진다.

연구된 *Scopolia s.l.* 일부 분류군에서 모용 (trichome)이 존재하는 것으로 밝혀졌다. 다세포 모용의 크기는 91.2-220 μ m로 속과 종에 따라 다소 차이를 보였다. 잎맥과 배측면, 향측면에서 각각 두 가지 type의 모용이 발견되었는데, 첫 번째 type은 단세포의 nonglandular trichome이고 두 번째 type은 다세포 (multicell)의 glandular trichome이다. *Scopolia s.s.*내의 모든 분류군에서는 엽병과 잎맥 모두에서 다세포의 glandular trichome이 발견되었는데, 이들은 다세포로 구성된 'elongate-headed glandular trichome(Figs. 19-21)'이었다. *Anisodus*속에서는 *Anisodus luridus*에서만 잎의 배측면에 단세포의 nonglandular trichome이 발견되었는데, 이들은 주로 얇은 세포벽으로 구성되었고 (Fig. 22), 부분적으로 가지를 친 경우도 있다 ('dendritic trichome', Fig. 23). 또한 단형속인 *Przewalskia tangutica*에서는 *Scopolia s.s.*의 분류군에서 볼 수 있는 유사한 형태의 선모인 'subglobular headed trichome'이 잎의 향측면과 배측면 모두에 이 존재하는 것으로 밝혀졌다 (Fig. 24, Table 1). 따라서 이러한 모용의 유무는 *Scopolia s.s.*와 *Anisodus* 잘 구별될 수 있는 분류학적으로 중요한 형질이라고 여겨진다.

Lu and Zhang(1986)은 Hyoscyameae속내 분류군에 대한 계통적인 유연관계를 제안하였는데, *Scopolia s.s.*를 가장 원시적인 분류군으로 보았고, *Przewalskia*는 발달한 분류군으로 추정하였다. 반면에 Hoare and Knapp(1997)의 분지분석의 결과는 Lu and Zhang(1986)의 것과는 반대로 해석을 하여 매우 흥미롭다. 현재까지 제안된 상기의 두가지 계통적 분석을 바탕으로 보면, 본 연구 결과의 'elongate-headed' glandular trichome가 존재하는 *Scopolia s.s.*와 *Przewalskia*의 경우 이들 두 분류군이 계통적으로 보다 더 가까운 유연관계가 있는 것으로 판단된다. 그러나 모용의 형태가 각 분류군이 서식하고있는 지역의 단순한 환경 적응을 위한 평행진화 (parallelism)의 결과로도 해석할 수 있어 다른 형질에 대한 심도있는 연구를 바탕으로 해석해야 할 것으로 보인다.

일반적으로 trichome의 역할은 여러 가지가 있는데, 특히 식물에 있어서 자외선, 곤충,



Figs. 19-24. SEM micrographs of trichomes in *Scopolia s.l.*

19-21. *Scopolia parviflora* (Paik 1112 KHUS), 22-23. *Anisodus luridus* (Stainton et al. 5671 UPS), 24. *Przewalskia tangutica* (Chen 73-38 PE).

또는 건조, 등으로부터 보호를 위한 것으로 해석하고 있다 (Metcalf and Chalk, 1983). Hoare and Knapp(1997)에 따르면 'dendritic trichome'은 일반적인 단순모용 (simple trichome)에 비해 이러한 여러 기능을 할 수 있는 점에서 적응에 유리한 점은 있는 것으로 해석하고 있다. 따라서 'dendritic trichome'을 가진 *Anisodus luridus*의 경우, 같은 속내의 다른 분류군에 비해 고산 서식지 환경에 보다 더 잘 적응한 것으로 판단된다.

결론적으로 LM과 SEM을 이용한 *Scopolia s.l.* (*Przewalskia tangutica* 포함)의 잎의 미세형질은 속간 혹은 속내의 분류군 사이의 계통분류학적으로 유용하였고 (특히 기공의 유형, trichome type 및 유무), 일부 속내의 중간 분류에도 식별형질로 적용할 수 있음을 밝혔다.

감사의 글

이 논문은 1999년도 한국학술진흥재단의 연구비(KRF-99-041-D00374)에 의하여 지원되었고 이에 깊은 감사 드립니다. 귀중한 표본 대여를 허락하여 주신 국내외 표본관(BM, KHUS, KNU, KWNU, MO, NY, PE, S, SKK, UPS, WU, YNUH)의 각 관장님들께 진심으로 감사드립니다. 특히 본 연구 분류군에 대한 관련 문헌과 좋은 조언을 주신 중국 과학원의 계통진화식물학연구소의 Zhang, Zhi-Yun(張志耘)박사와 Mr. Yang, Dong-Zhi(梁冬之)에게 감사드립니다. 또한 논문 심사과정 중 많은 조언과 보다 정확한 논문이 되도록 많은 교정을 해주신 익명의 두분 심사자들과 편집과정에 도움을 주신 오병운 교수님(충북대), 장진성 교수님(서울대)께 감사 드립니다. 끝으로 본 연구과정에 여러모로 도움을 아끼지 않은 경희대 생물학과 식물분류학 연구실원들(한매자, 박경원, 문혜경, 정은희, 이종수, 윤석남) 모두에게 고마움을 전합니다.

인 용 문 헌

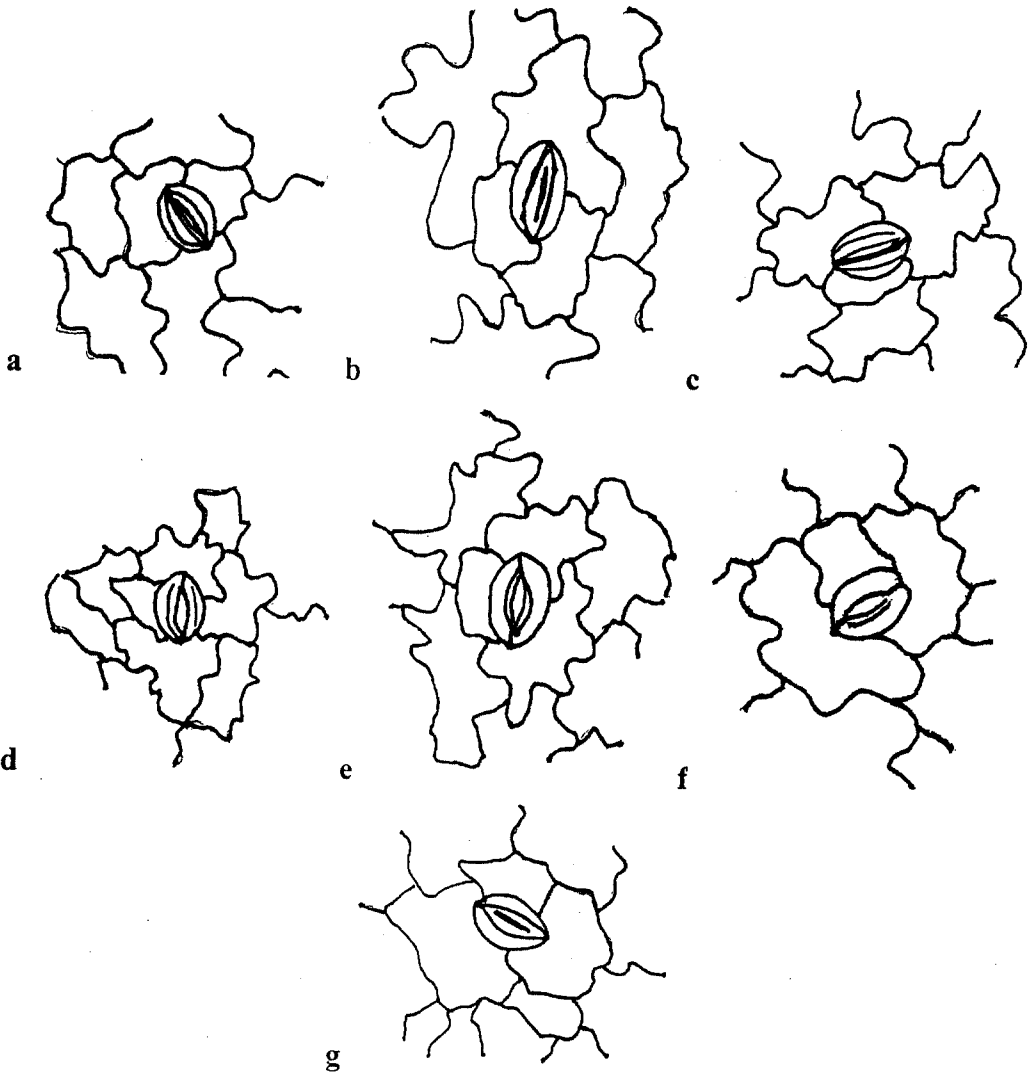
- Baranova, M. 1992. Principles of comparative stomatographic studies of flowering plants. *Bot. Rev.* 58:49-99.
- Barthlott, W. 1981. Epidermal and seed surface characters of plants: systematic applicability and some evolutionary aspects. *Nord. J. Bot.* 1:345-355.
- _____. 1990. Scanning electron microscopy of the epidermal surface in plants. *In Applications of the Scanning Electron Microscopy in Taxonomy and Functional Morphology.* D. Claugher (ed.), Clarendon Press, Oxford, Pp. 69-94.
- _____, C. Neinhuis, D. Cutler, F. Ditsch, I. Meusel, I. Theisen and H. Wilhelmi. 1998. Classification and terminology of plant epicuticular waxes. *Bot. J. Linn. Soc.* 126:237-260.
- Cronquist, A. 1988. *The Evolution and Classification of Flowering Plants*, 2nd ed. New York Botanical Garden, New York.
- D'Arcy, W. G. 1991. The Solanaceae since 1976, with a review of its biogeography. *In Solanaceae III: Taxonomy, Chemistry, Evolution.* J. G. Hawkes, R. N. Lester, M. Nee and N. Estrada. (eds.), Royal Botanic Gardens, Kew, Pp. 75-137.
- _____ and Z.-Y. Zhang. 1992. Notes on the Solanaceae of China and neighboring areas. *Novon* 2:124-128.
- Erbar, C. 1995. On the floral development of *Sphenocleazeylaniea*

- (Sphenocleaceae: Campanulale): SEM-investigations on herbarium material. Bot. Jarhb. Syst. 117: 469-483.
- Gbile, Z. O. 1986. Epidermal studies in the *Solanum nigrum* complex in Nigeria. In *Solanaceae: Biology and Systematics*. W. G. D'Arcy (ed.), Columbia University Press, New York, Pp. 159-168.
- Haegi, L. 1991. Trichomes of Solanaceae Tribe Anthocercideae. In *Solanaceae III: Taxonomy, Chemistry, Evolution*. Hawkes, J. G., R. N. Lester, M. Nee and N. Estrada. (eds.), Royal Botanic Gardens, Kew, Pp. 181-195.
- Hoare, A. L. and S. Knapp. 1997. A phylogenetic conspectus of the tribe Hyoscyameae (Solanaceae). Bull. Nat. Hist. Mus. Lond. (Bot.) 27: 11-29.
- 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 I.-C. Oh. 1999. The taxonomic study of leaf epidermal microstructure in the genera *Polygonum* L. s.s. and *Polygonella* Michx. (Polygoneae-Polygonaceae). Kor. J. Plant Tax. 29: 75-90.
- _____ and S.-H. Son. 2000. The taxonomic consideration of leaf epidermal microstructure in the tribe Rumiceae Dum. (Polygonaceae). Kor. J. Plant Tax. 30: 105-121.
- Lee, Y. N. and Y. J. Oh. 1971. A cytological study on genus *Scopolia* in South East Asia. J. Korean Res. Inst. Better Living 4: 63-68.
- Lu, A.-M. 1986. Solanaceae in China. In *Solanaceae: Biology and Systematics*. W. G. D'Arcy (ed.), Columbia University Press, New York, Pp. 79-85.
- _____ and Z.-Y. Zhang. 1986. Studies of the subtribe Hyoscyaminae in China. In *Solanaceae: Biology and Systematics*. W. G. D'Arcy (ed.), Columbia University Press, New York, Pp. 56-78.
- Metcalf, C. R. and L. Chalk. 1983. *Anatomy of the Dicotyledons, II* (2nd ed.), Clarendon Press, Oxford.
- Seithe, A. and G. J. Anderson. 1982. Hair morphology and the relationships of species in *Solanum* sect. *Basarthrum*. Pl. Syst. Evol. 139: 229-256.
- Stace, C. A. 1965. Cuticular studies as an aid to plant taxonomy. Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.), Bot. 4: 3-78.
- _____. 1984. The taxonomic importance of the leaf surface. In *Current Concepts in Plant Taxonomy*. Heywood, V. H. and D. M. Moore (eds.), Academic Press, London. Pp. 67-93.
- Stebbins, G. L. 1971. *Chromosomal Evolution in Higher Plants*. Addison-Wesley Publ., Reading, MA.

- Weinert, E. 1972. Zur Taxonomie und Chorologie der Gattung *Scopolia* Jacq. Feddes Repert. 82:617-628.
- 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.
- Yang, D.-Z., Zhang, Z.-Y. and J. Wen. 2000. Structural characters of leaf epidermis in Hyoscyameae (Solanaceae) and their systematic significance. Acta Botanica Sinica 42:133-142 (in Chinese with English summary).

Plate I. Modified LM micrographs of stomata types of *Scopolia s.l.* including *Przewalskia*.

Ⓐ *Scopolia japonica* (Matsumura s.n. WU-Ab), Ⓑ *Scopolia carniolica* (Walter 143 WU-Ad), Ⓒ *Anisodus carniolicoides* (Chen 2567 PE-Ab), Ⓓ *Anisodus luridus* (Stainton *et al.* 5671 UPS-Ab), Ⓔ *Atropanthe sinensis* (Sino-Amer. Exped., 483 MO-Ab), ⓫ *Atropanthe sinensis* (Sino-Amer. Exped., 483 MO-Ad), ⓬ *Przewalskia tangutica* (Chen 73-38 PE-Ab). - (Ab=Abaxial side, Ad=Adaxial side).



Appendix : A list of specimens examined for this study

***Scopolia parviflora* (Dunn) Nakai.** KOREA: Jeollabuk-do, Deogyusan, Paik 50405 (KHUS); Gangwon-do, Gangneung-si, Mandeoksan, Lee W. C. s.n. (KWNU); Gangwon-do, Hwacheon-gun, Gwangdeoksan, Paik 1112 (KHUS); Gyeongsangbuk-do, Yeongcheon-si, Palgongsan, Kim, K.-J. et al. 24088 (YNUH); Gyeonggi-do, Namyangju-si, Cheonmasan, Paik 50104 (KHUS); Gyeonggi-do, Namyangju-si, Chungnyeongsan, Paik 414 (KHUS); Gyeongsangbuk-do, Mungyeong-si, Juheulsan, Park et al 5331 (KNU). ***Scopolia japonica* Max.** JAPAN: Ghichbu, Matsumura s.n. (WU); Honshu, K. Yonekura et al, 96786 (MO); Honshu, Nara, T. Kodama 13033 (BM); Honshu, Shiga, G. Murata & N. Fukuoka 137 (WU); Honshu, Tokyo, M. Togashi 6906 (BM); Nagano, Hacchozaka, T. Shimizu 13536 (S). ***Scopolia carniolica* Jacq.** Originated from the Uppsala Botanical Garden (Sweden), cultivated in the Bot. Gard. of Kyung Hee University, Paik 0011 (KHUS); ibid., Paik 0021 (KHUS); The Botanical Garden of University of Vienna (cult.), Walter 143 (WU). ***Scopolia lutescens* Y. N. Lee.** KOREA: Gangwon-do, Hwachon-gun, Gwangdeoksan Paik 0507 (KHUS); Gangwon-do, Hwachon-gun, Gwangdeoksan Paik 1113 (KHUS). ***Anisodus luridus* Link in Springel.** NEPAL: Muktinath, Stainton et al. 5671 (UPS); near Dogadi Khala, Stainton et al. 3204 (UPS); Thudam, Beer 25657 (BM). ***Anisodus tanguticus* (Maxim.) Pascher.** CHINA: Qinghai, Gilbert 118 (MO); Qinghai, Magin Xian, Ho et al. 348 (BM); Qinghai, Nangqen Xian, Boufford et al. 26578 (MO); Qinghai, Nangqen Xian, Boufford et al. 26609 (MO); Qinghai, Nangqen Xian, Boufford et al. 26986 (MO); Qinghai, Yushu Xian, Gilbert et al. 2145 (BM). ***Anisodus carniolicoides* (C. Y. Wu & Chen) D'Arcy & Z. Y. Zhang.** CHINA: without precise locality, Wu & Chen 6383 (PE); Yunnan, without precise locality, Chen 2567 (PE). ***Anisodus acutangulus* C. Y. Wu & Chen.** CHINA: Yunnan, Yangtze Watershed, Rock 4577 (NY). ***Atropanthe sinensis* (Hemsley) Pascher.** CHINA: Western Hubei, 1980, Sino-Amer. Exped. 483 (MO); Western Hubei, Li 11241 (MO); Western Hubei, Li 1774 (MO). ***Przewalskia tangutica* Maxim.** CHINA: Qinghai, Chen 0062 (PE); Tibet, Chen 73-38 (PE); Tibet, Chen 10529 (PE); Tibet, Zhang 2161 (PE).

Leaf epidermal microstructure of the genus *Scopolia* Jacq. s.l. (Solanaceae-Hyoscyameae) and its systematic significance

Hong, Suk-Pyo* and Jin-Hyub Paik

(Laboratory of Plant Systematics, Department of Biology and
Research Institute for Basic Sciences, Kyung Hee University,
Seoul 130-701, Korea)

Abstract

To examine the leaf epidermal microstructure of three genera (*Scopolia* s.s., *Anisodus*, *Atropanthe*, including *Przewalskia* as an outgroup) in the genera *Scopolia* Jacq. s.l., leaves of 10 species (37 specimens) were investigated by the light microscopy (LM) and scanning electron microscopy (SEM). The stomata of studied taxa were 'amphistomatic type' and the size (guard cell) range was $18-64 \times 11-48 \mu\text{m}$. The size of stomata is slightly differed from between the taxa; the smallest size of stomata were found in the monotypic genus, *Przewalskia* ($24-27 \times 16-17 \mu\text{m}$), on the other hand the largest one was found in *Anisodus carniolicoides* ($62-64 \times 43-48 \mu\text{m}$). The stomatal complex was mostly anomocytic (in *Scopolia* s.s., *Anisodus* taxa: *A. luridus*, *A. carniolicoides*, *A. acutangulus*) and sometimes anisocytic (in *Anisodus tanguticus*, *Przewalskia*, *Atropanthe*). The stomata is mostly crescent in shape, but rarely circular, especially in *Przewalskia tangutica*. The shapes of epidermal cells are similar in both adaxial and abaxial sides, and mostly undulate/sinuate polygonal anticlinal wall, but rarely arched in *Przewalskia tangutica*. The epicuticular wax was not well developed in most studied taxa, except *Anisodus tanguticus* which is well developed cuticular striae around the stomatal complex. The elongate-headed glandular trichomes were found in *Scopolia* s.s. and *Przewalskia*. While the taxa of *Anisodus* and *Atropanthe* have not any trichomes (i. e., glabrous), except *Anisodus luridus*, which has simple or sometimes branched (dendritic-type) non-glandular trichome. Finally, the systematic and ecological significance of the leaf micromorphological features (stomata complex, trichome, etc.) in identification and elucidation of *Scopolia* s.l. including *Przewalskia*, especially between or within

the genera including among the species is also discussed.

Key words : Leaf epidermal microstructure, *Scopolia s.l.*, *Przewalskia*, Solanaceae, SEM

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