

대극속 *Anthacantha*절 (대극과)과 근연분류군의 종자형태

나희정, 박기룡^{1,*}

경남대학교 교육대학원, ¹경남대학교 과학교육과

Seed Morphology of *Euphorbia* Section *Anthacantha* (Euphorbiaceae) and Related Taxa

Hee-Jung Na, Ki-Ryong Park^{1,*}

Graduate School of Education, Kyung-Nam University, Masan 631-701, Korea

¹Department of Science Education, Kyung-Nam University, Masan 631-701, Korea

(Received November 3, 2010; Revised November 21, 2010; Accepted November 22, 2010)

ABSTRACT

The seeds of 16 species from sect. *Anthacantha* and related taxa were examined using light and scanning electron microscopy to elucidate the boundary of the section and their relationship among species. Using six qualitative characters clustering analyses were conducted, and three types were recognized. Type I including species from sect. *Anthacantha*+sect. *Meleuphorbia* is characterized by the ovate shape, rounded at base and smooth along the ventral line. Type II including species from sect. *Medusae*+sect. *Treisia*-1 is squared in shape and are tuberculate. Tubercles are prominent along the ventral line. Type III (sect. *Treisia*-2 group) is mostly rounded, and as in type II, tubercles are prominent along the ventral line, but the unique crestae consisting of the grouping testa cells differed from the surface patterns of Types I and II. Based on the seed morphology, sects. *Anthacantha* and *Meleuphorbia* are closely related, which is well supported by the results from molecular and pollen morphological studies. Besides, sects. *Treisia* and *Medusae* are not closely related in terms of seed characters, and this is not consistent with the results of recent molecular studies.

Keywords : *Euphorbia*, Euphorbiaceae, sect. *Anthacantha*, Seed morphology

서론

대극과(Euphorbiaceae) 중 약 2,000여 종으로 구성된 대극속(genus *Euphorbia*)은 피자식물 중 가장 큰 속의 하나로, 약 400종의 다육식물을 포함되어 있다(Koutnik, 1996). 다육성 대극속 식물은 대부분 아프리카의 고유 식물들로 탁엽이 변한 가시와 이를 둘러싼 판(spine-shield)이 존재하는 대극아속(subgenus *Euphorbia*), 가시가 존재하고 판이 없으며 줄기에 잎이 있고 배상화서가 화려한 포로 싸여 있는 subg.

Lacanthis, 비후된 지하경이 존재하는 subg. *Rhizanthium*으로 나뉜다. 그리고 하나의 아속으로 묶여져 있지는 않지만 남아프리카의 고유 다육 종들로 비후된 줄기 표면에 결절(tubercule)이 존재하고, 배상화서의 가장자리 선체(glands)에 손가락 같은 돌기가 있으며, 줄기에 가시와 이를 둘러싼 판이 존재하지 않는 군으로 *Medusea*, *Meleuphorbia*, *Treisia*, *Anthacantha*절이 있다(Steinmann & Porter, 2002; Bruyns et al., 2006). 대극속 *Anthacantha*절(section *Anthacantha*)은 남아프리카 고유 분류군으로 Lemaire에 의해 설정된 이래 현재까지 분류학적 한계가 잘 정립된 군으로 여겨져 왔다(Zimmer-

이 연구결과물은 2009학년도 경남대학교 학술연구장려금 지원에 의한 것임.

* Correspondence should be addressed to Dr. Ki-Ryong Park, Department of Science Education, Kyung-Nam University, 449 Wolyoung-dong, Masan 631-701, Korea. Ph.: (055) 249-2240, Fax: (055) 249-2014, E-mail: park@kyungnam.ac.kr

mann, 1998). 이 분류군에 속한 종들의 특징은 원통형 다육 줄기에 세로로 홈이 파져 있으며 화경이 변해 형성된 가시를 갖는 군으로 *E. enopla*를 비롯하여 현재까지 20여 종이 보고되었다 (Jacobsen, 1960).

Koutnik(1996)는 형태적 특징을 기초로 대극속 식물의 분류와 유연관계에 대한 종합적인 연구에서 *Anthacantha*절과 형태학적으로 매우 유사한 분류군은 *Meleuphorbia*절로 보았다. 이 두 절에 속하는 종들은 줄기가 구형이거나 원통형으로, 수직으로 약 6~18개의 홈이 있고 능선을 따라 작은 결절을 갖는데, 수직으로 자라면서 연결되는 방식을 취한다. 또한 이 두절은 자웅이주 식물로 암꽃 식물의 경우 삭과가 배상화해서 밖으로 나오지 않는 특징을 지닌다. 그러나 *Meleuphorbia*절은 꽃이 핀 후에 주로 화경이 떨어져 없어지는데 반해, *Anthacantha*절은 꽃이 핀 후에 화경이 가시로 변하는 특징이 있다(Jacobsen, 1960; Koutnik, 1996). 그 다음으로 유연관계가 가까운 군은 *Medusea*절과 *Treisia*절이다. 이들은 원통형의 다육 줄기와 결절이 있으나 줄기에는 세로로 파진 홈이 없으며 가시로 변한 화경이 존재하지 않는다. 최근 분자계통연구(Ritz et al., 2003; Bruyns et al., 2006; Park & Jansen, 2007)에서 대극속 내에서 *Anthacantha*, *Meleuphorbia*, *Treisia* 그리고 *Medusae*절이 유연관계가 깊은 것으로 추정되었으며, 이들 각각의 절들이 단계통이 아님이 밝혀져 앞으로 분류학적 연구가 필요한 군으로 여겨지고 있다.

대극속 내 분류학적 연구를 살펴보면 *Anthacantha*절에 대한 독자적인 연구는 없었지만, 앞에서 언급한 분자적 연구 중 본 절의 일부 종들을 포함시켜 이들의 계통학적 위치를 언급하였을 뿐이다. Noh & Park(2008)은 화분분류학적 연구를 통해 *Anthacantha*, *Meleuphorbia*, *Treisia*절이 유연관계가 깊어 세 분류군의 통합이 제안된 바 있다. 대극속 종들에 대한 종자 형태에 대한 연구는 *Tithymalopsis*절(Park, 2000)과 *Zygophyllidium*절(Jin & Park, 2008) 등 일부 종에 대하여 전자현미경적 수준에서 이루어진 바 있다. 또한 종자 형질이 분류군의 한계를 설정하고 기존 분류학적 처리를 검증하는데 유용한 정보를 제공하기도 하였다(Heidelbeg, 1976).

본 연구에서는 *Anthacantha*절과 근연 분류군의 종들을 대상으로 종자 형태학적 연구를 수행하여 앞서 연구된 분자적 유연관계(Bruyns et al., 2006; Park & Jansen, 2007) 및 화분분류학적 유연관계(Noh & Park, 2008)와 어느 정도 일치하는지 조사하고, 그 결과를 토대로 이들 분류군 간의 유연관계를 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

종자의 외부 형태적 형질을 비교하기 위해 *Anthacantha*절에 속한 8종, *Meleuphorbia*절에 속한 3종, *Medusae*절에 속한

Table 1. Voucher information of *Euphorbia* sect. *Anthacantha* and related taxa for seed morphological studies

Species	Seed voucher
Sect. <i>Anthacantha</i>	
<i>E. enopla</i>	KNU 5744
<i>E. polygona</i>	KNU 5754
<i>E. pentagona</i>	KNU 5753
<i>E. fimbriata</i>	KNU 5766
<i>E. horrida</i> var. <i>striata</i>	KNU 5665
<i>E. horrida</i>	KNU 6117
<i>E. mammillaris</i>	KNU 7906
<i>E. ferox</i>	KNU 5745
Sect. <i>Meleuphorbia</i>	
<i>E. meloformis</i>	KNU 5540
<i>E. obesa</i>	KNU 5119
<i>E. susannae</i>	KNU 5548
Sect. <i>Medusae</i>	
<i>E. caput-medusae</i>	KNU 5114
<i>E. inermis</i>	KNU 5529
<i>E. tuberculata</i>	KNU 5544
Sect. <i>Treisia</i>	
<i>E. bubalina</i>	KNU 6115
<i>E. schoenlandii</i>	KNU 6117

3종 및 *Treisia*절 2종을 포함하여 총 16종의 종자를 대상으로 각 종으로부터 7~10개의 종자를 이용하여 광학현미경과 주사전자현미경으로 조사하였다. 연구에 사용된 종자의 후속 연구 시 해당 종자를 찾는 것을 돕기 위하여 Seed Voucher를 부여하여 경남대학교 표본관에 보관하였다(Table 1).

종자는 광학현미경 하에서 크기, 모양, 색깔 등 형태적 특징을 살펴보고, 주사전자현미경(SEM)으로 종자의 표면을 촬영하였다. 광학현미경 하에서는 종자의 폭, 길이를 측정하여 평균치를 기재하였고, 표면에 나타나는 색상의 균일정도를 관찰하였다. 주사전자현미경으로 촬영하기 위해 종자를 아세톤으로 세척한 후, 공기 중에 건조시켜 0.1 Torr 하에서 60초로 Au-Pt로 ion 증착시켰고 전계방사형 주사전자현미경(FEG-SEM: S-4200)으로 관찰하였다. 주사전자현미경 사진을 이용하여 종자의 표면무늬를 조사하였으며 촬영 시 배율은 전체 크기는 30배, 표면은 300배로 하였다. 전자현미경 사진을 이용하여 종자형태, 표면 종피세포(testa cell)의 유형을 비교하였다(Table 2).

측정한 형질 중 6가지 정성형질을 이용하여 수리분석을 실시하였다. 정량형질로 측정된 폭과 길이, 폭/길이는 측정치의 불연속 지점을 찾아서 이를 서로 다른 형질 단계로 나누었다. 폭 형질은 1.6 mm 이하, 1.8~2.9 mm, 3.1 mm 이상 크기로 나누었으며 길이 형질은 1.9 mm 이하, 2.5~4.0 mm, 4.2 mm 이상 크기로 나누었다. 폭/길이의 형질도 0.68 이하, 0.70~0.76, 0.8 이상으로 나누어 분석에 적용하였다. 나머지 정성형질들은 Table 2에 따라 분석하였다.

Table 2. Comparison of seed characters among 16 species in sect. *Anthacantha* and related taxa

Taxon	Seed size			Seed		TU	SP
	Width	Length	W/L	Shape	Base		
<i>E. enopla</i>	1.96 mm	2.64 mm	0.75	Ovate	Round	No	Smooth
<i>E. polygona</i>	2.53 mm	3.17 mm	0.80	Ovate	Round	No	Smooth
<i>E. pentagona</i>	1.88 mm	2.53 mm	0.75	Ovate	Round	No	Smooth
<i>E. fimbriata</i>	2.02 mm	2.86 mm	0.76	Ovate	Round	No	Smooth
<i>E. horrida</i> var. <i>striata</i>	2.16 mm	2.91 mm	0.75	Ovate	Round	No	Smooth
<i>E. horrida</i>	2.28 mm	3.13 mm	0.76	Ovate	Round	No	Smooth
<i>E. mammillaris</i>	2.04 mm	2.90 mm	0.70	Ovate	Round	No	Smooth
<i>E. ferox</i>	2.24 mm	2.97 mm	0.76	Ovate	Round	No	Smooth
<i>E. meloformis</i>	2.43 mm	2.92 mm	0.83	Ovate	Round	No	Smooth
<i>E. obesa</i>	2.50 mm	3.23 mm	0.68	Ovate	Round	No	Smooth
<i>E. susannae</i>	1.58 mm	1.88 mm	0.84	Ovate	Round	No	Smooth
<i>E. caput-medusae</i>	2.86 mm	3.92 mm	0.73	Tetragonal	Round	Yes	Tuberculate
<i>E. inermis</i>	2.12 mm	3.56 mm	0.60	Tetragonal	Flat	Yes	Tuberculate
<i>E. tuberculata</i>	3.37 mm	4.56 mm	0.74	Tetragonal	Flat	Yes	Tuberculate
<i>E. bubalina</i>	3.18 mm	4.24 mm	0.73	Ovate	Round	Yes	Ridged
<i>E. schoenlandii</i>	2.53 mm	3.93 mm	0.60	Tetragonal	Flat	Yes	Tuberculate

TU: tubercule along the ventral line, SP: seed surface pattern

수리분석은 NTSYS program (Rohlf, 1992)을 이용하였다. 측정치를 표준화하고 평균분류거리 (Average taxonomic distance)를 구하여 비가중-산술법 (UPGMA: Unweighted pair-group method using arithmetic average)으로 전형질도를 그렸다 (Fig. 1). 이 결과를 이용하여 종자의 형태를 3개의 유형으로 나누고, 각 유형에 포함된 종자의 특징을 바탕으로 검색표를 작성하였다.

결 과

종자의 6가지 정성형질을 기초로 한 유집분석 결과는 Fig. 1의 전형질도로 나타냈다. 종자는 전형질도를 기초로 3가지 유집 (cluster)으로 나누었으며, 각 유집은 전자현미경 수준에서 종자의 형태, 표면무늬, 종피세포의 특징에 있어 뚜렷한 차이를 보였다. Type I은 *Anthacantha*절과 *Meleuphorbia*절에 속한 종들로 하나로 유집되었고, Type II는 *Medusae*절에 속하는 모든 종들과 *Treisia*절에 속한 *E. schoenlandii*가 하나로 유집되었다. Type III는 *Treisia*절에 속하는 *E. bubalina*만을 포함하였다 (Fig. 1). 종자의 형태와 유집분석의 결과를 바탕으로 조사된 종들을 세 유형으로 나누었고, 그 특징은 다음과 같다.

Type I: *Anthacantha*절과 *Meleuphorbia*절을 포함하는 군

Euphorbia enopla, *E. pentagona*, *E. fimbriata*, *E. horrida* var. *striata*, *E. mammillaris*, *E. ferox*, *E. polygona*, *E. meloformis*, *E. obesa*, *E. susannae*를 포함하는 군으로 종자의 모양은 위에서 아래로 2/3 지점이 가장 넓은 난형이며 아래 쪽 부

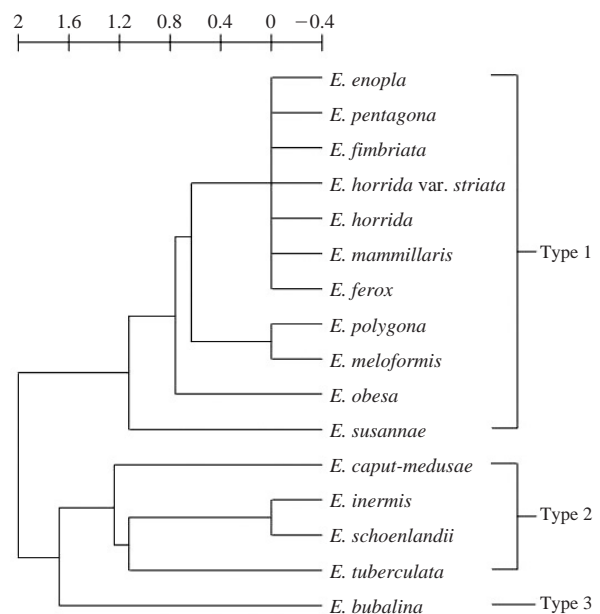
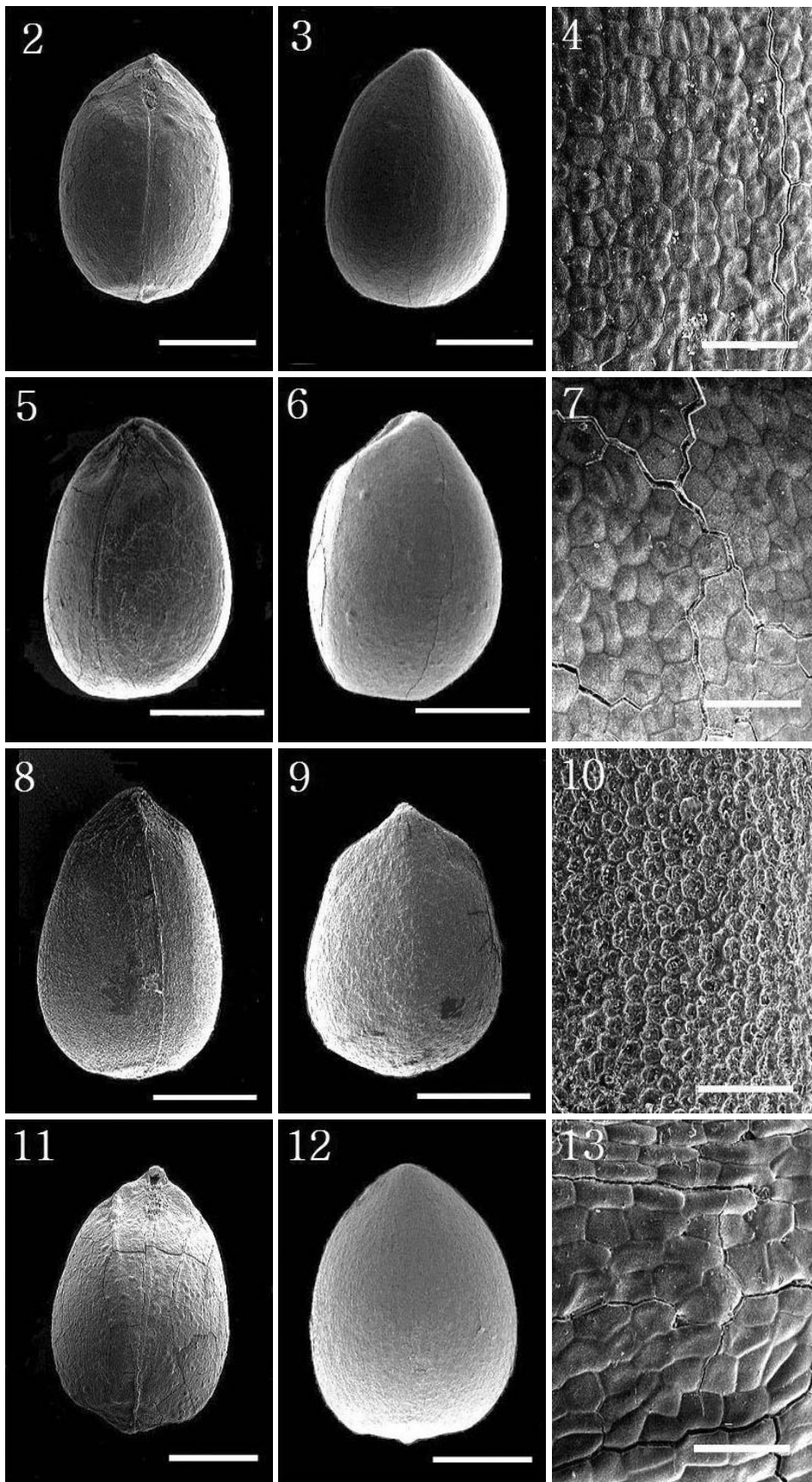


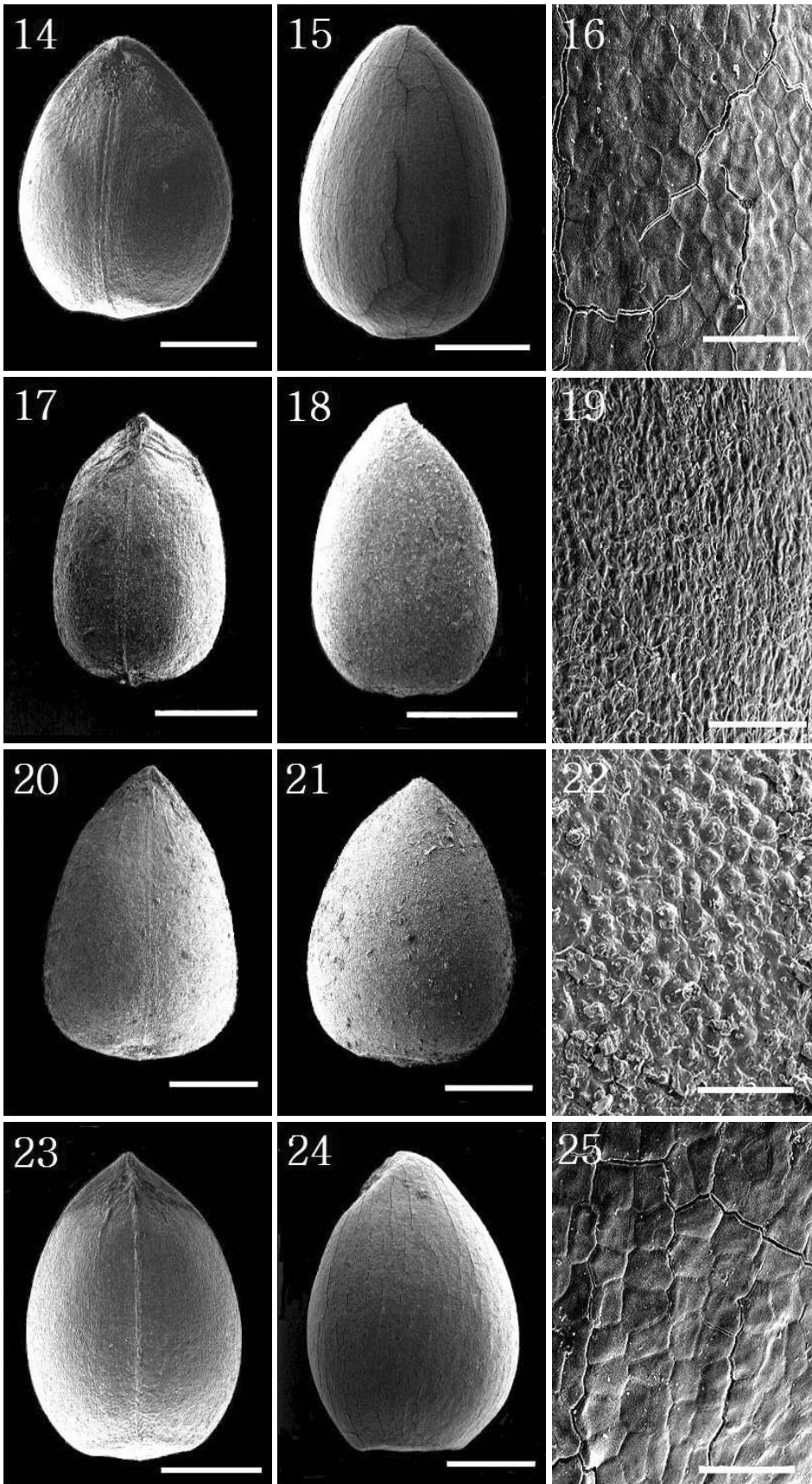
Fig. 1. UPGMA phenogram based on the average taxonomic distance coefficients using 6 seed characters from 16 species of *Euphorbia* sect. *Anthacantha* and related species.

위는 둥글다. 표면에 결절 없이 매끈하며 배능선 주위에도 매끈한 것이 특징이다 (Figs. 2-34).

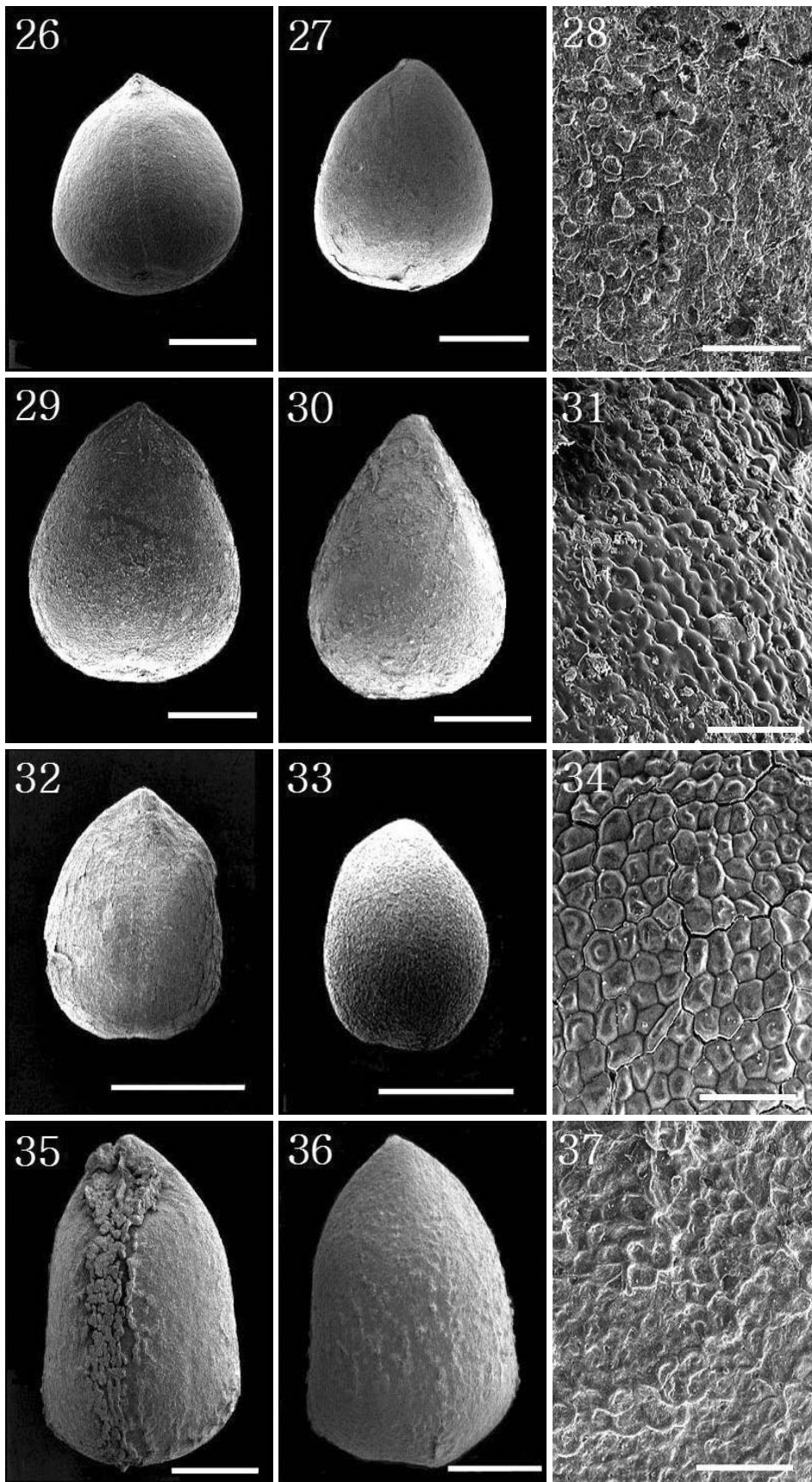
폭과 길이 모두 가장 작은 종은 *E. susannae* (폭 1.58 mm, 길이 1.88 mm)로, 종자 중에는 검은 점무늬를 가진 것도 있었다. 배 능선 부위와 등쪽 부위는 매끄럽게 발달하였다 (Table 2; Figs. 32-34). 폭이 가장 큰 종은 *E. polygona* (폭 2.53 mm, 길이 3.17 mm) (Table 2; Figs. 23-25)이며, 길이가 가장 긴 종은 *E. obesa* (폭 2.50 mm, 길이 3.23 mm)로 종자의



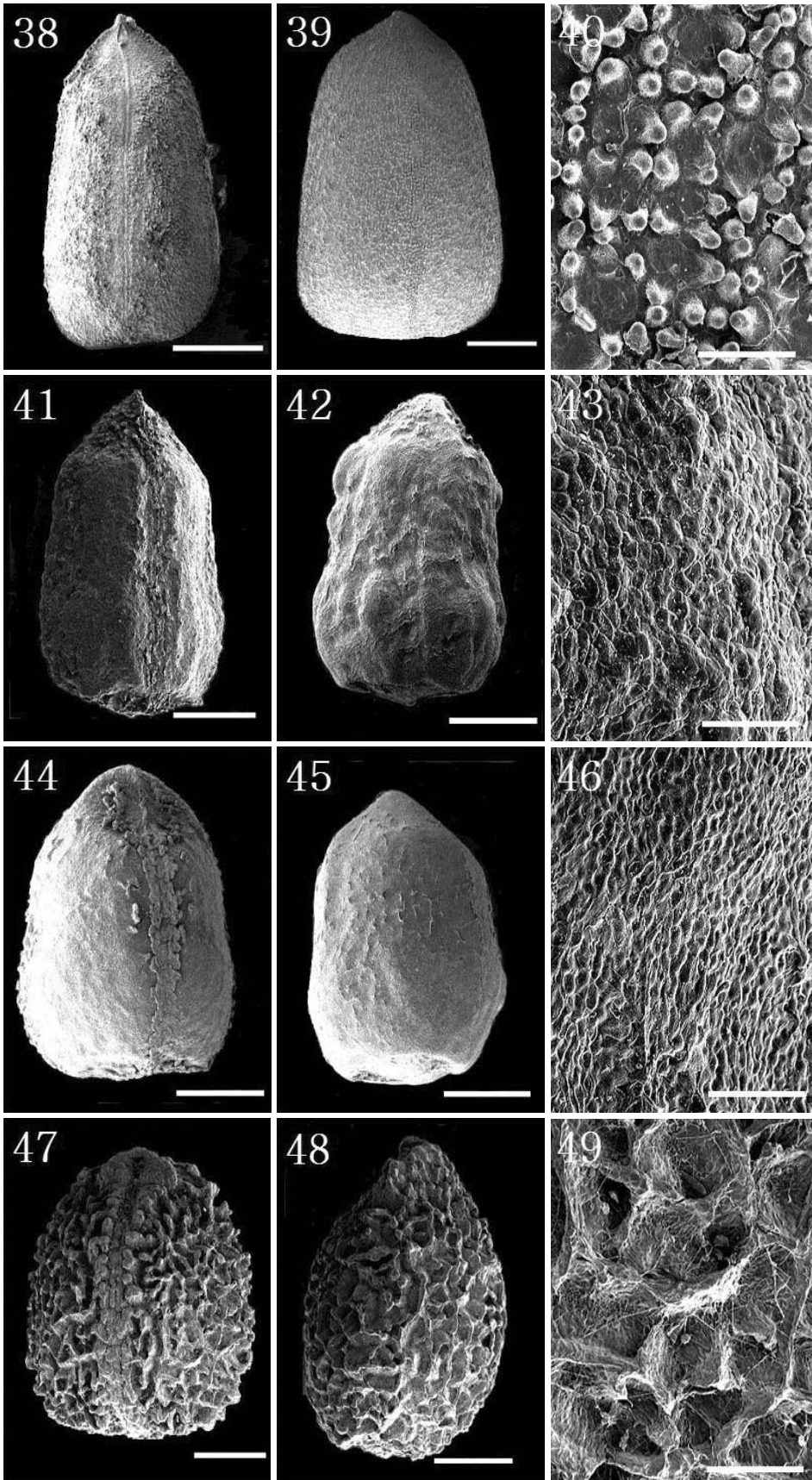
Figs. 2-13. Scanning electron micrograph (SEM) of *E. enopla* and related species. Figs. 2-4. *E. enopla* (2-ventral, 3-dorsal, 4-surface), Figs. 5-7. *E. pentagona* (5-ventral, 6-dorsal, 7-surface), Figs. 8-10. *E. fimbriata* (8-ventral, 9-dorsal, 10-surface), Figs. 11-13. of *E. horrida* var. *striata* (11-ventral, 12-dorsal, 13-surface). Scale bars=1.0 mm (2, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 12) and scale bars=100 μ m (4, 7, 10, 13).



Figs. 14-25. Scanning electron micrograph (SEM) of *E. horrida* and related species. Figs. 14-16. *E. horrida* (14-ventral, 15-dorsal, 16-surface), Figs. 17-19. *E. mammillaris* (17-ventral, 18-dorsal, 19-surface), Figs. 20-22. *E. ferox* (20-ventral, 21-dorsal, 22-surface), Figs. 23-25. *E. polygona* (23-ventral, 24-dorsal, 25-surface). Scale bars=1.0 mm (14, 15, 17, 18, 20, 21, 23, 24) and scale bars=100 μ m (16, 19, 22, 25).



Figs. 26-37. Scanning electron micrograph (SEM) of *E. meloformis* and related species. Figs. 26-28. *E. meloformis* (26-ventral, 27-dorsal, 28-surface), Figs. 29-31. *E. obesa* (29-ventral, 30-dorsal, 31-surface), Figs. 32-34. *E. suzannae* (32-ventral, 33-dorsal, 34-surface), Figs. 35-37. *E. caput-medusae* (35-ventral, 36-dorsal, 37-surface). Scale bars=1.0 mm (26, 27, 29, 30, 32, 33, 35, 36) and scale bars =100 μ m (28, 31, 34, 37).



Figs. 38-49. Scanning electron micrograph (SEM) of *E. inermis* and related species. Figs. 38-40. *E. inermis* (38-ventral, 39-dorsal, 40-surface), Figs. 41-43. *E. schoenlandii* (41-ventral, 42-dorsal, 43-surface) Figs. 44-46. *E. tuberculata* (44-ventral, 45-dorsal, 46-surface), Figs. 47-49. *E. bubalina* (47-ventral, 48-dorsal, 49-surface). Scale bars=1.0 mm (38, 39, 41, 42, 44, 45, 47, 48), scale bars=100 μ m (40, 43, 46) and scale bars=300 μ m (49).

배 능선 부위와 등쪽 부위는 매끄러웠으나 표면의 종피세포는 약간 볼록하였다(Table 2; Figs. 29-31).

*E. fimbriata*는 폭 2.02 mm, 길이 2.86 mm, 폭/길이 0.76로 이 종 역시 검은색의 점무늬를 가진 종자를 갖고 있으며, 배 능선 부위와 등 쪽 부위의 표면은 매끄러웠으나 각각의 종 피세포는 약간 오목하였다(Table 2; Figs. 8-10). *E. horrida* 종 자의 전체모양은 위에서 아래로 2/3지점이 가장 넓은 난형 이며 종자 표면의 색은 밝은 갈색에서 어두운 갈색까지 나 타냈으며 검은색의 점무늬를 가진 것도 나타났다. 종자의 배 능선 부위와 등 쪽 부위의 표면은 매끄러웠다(Table 2; Figs. 14-16).

Type II: *Medusae*절과 *Treisia*절을 포함하는 군

Euphorbia caput-medusae, *E. inermis*, *E. schoenlandii*, *E. tuberculata*를 포함하는 군으로 전체 모양은 사각형이고, 표면에 결절이 있으며 배 능선 주변에는 특이하게 발달된 돌출 세포가 있다(Figs. 35-46). 폭과 길이 모두 가장 작은 종은 *E. inermis* (폭 2.12 mm, 길이 3.56 mm)이며 종자의 배 능선 부위와 등쪽 부위의 표면에는 결절이 있고, 특히 배 능선주 위에 이형세포가 발달하였다. 종피세포는 유두모양으로 솟 아올라있다(Table 2; Figs. 38-40). 가장 큰 종은 *E. tubercu- lata* (폭 3.37 mm, 길이 4.56 mm)로 종자의 배 능선 부위와 등 쪽 부위 표면에는 결절이 있고 특히 배 능선 주위에 이 형세포가 발달되어 있다. 표면의 종피세포는 약간 볼록한 형 태이다(Table 2; Figs. 44-46). *E. schoenlandii*는 폭 2.53 mm, 길이 3.93 mm, 폭/길이 0.6로 종자 중에는 검은 점무늬를 가 진 것도 있었다. 종자의 배능선 부위와 등쪽 부위 표면에는 결절이 있고 특히 제(hilum) 주위에 이형세포가 발달되어 있 었다. 종피세포는 그룹지어 솟아올라 표피 표면이 울퉁불퉁 한 특징을 나타내었다(Table 2; Figs. 41-43).

Type III: *E. bubalina*군

Type III는 난형이고 표면 종피세포가 특이한 형태를 하고 있어 독립된 유형으로 분리시켰다. Type III에 속하는 *E. bu- balina*는 폭 3.18 mm, 길이 4.24 mm, 폭/길이 0.73로 난형이 며 종자의 배 능선 주위에 이형세포가 발달하였다. 표면은 각각의 종피세포가 높게 솟아올라 닭벼슬 모양(crest shape) 을 하고 있다(Table 2; Figs. 47-49).

대극속 *Anthacantha*절과 근연 종들의 검색표

- 1. 종자의 형태가 난형이다 2
- 2. 종피세포는 솟아올라 닭벼슬 모양을 하고 있다.....
..... *E. bubalina*
- 2. 종피세포는 닭벼슬 모양을 하고 있지 않다..... 3

- 3. 종피세포는 홈이 파져 들어갔다 *E. fimbriata*
- 3. 종피세포는 홈이 파져있지 않다 4
- 4. 표면 종피세포는 볼록하다 5
- 5. 폭이 1.6 mm 미만이다 *E. susanna*
- 5. 폭이 1.6 mm 이상이다 6
- 6. 폭: 길이의 비가 0.8 이상이다 *E. meloformis*
- 6. 폭: 길이의 비가 0.8 미만이다 7
- 7. 폭: 길이의 비가 0.7 미만이다 *E. obesa*
- 7. 폭: 길이의 비가 0.7 이상이다 *E. ferox*
- 4. 표면 종피세포가 밋밋하다 8
- 8. 폭: 길이의 비가 0.8 이상이다 *E. polygona*
- 8. 폭: 길이의 비가 0.8 미만이다 9
- 9. 폭: 길이의 비가 0.7 이하이다 *E. mammillaris*
- 9. 폭: 길이의 비가 0.7 초과이다 10
- 10. 길이 형질이 3.0 mm 이상이다 *E. horrida*
- 10. 길이 형질이 3.0 mm 미만이다 11
- 11. 폭이 2.0 mm 이상이다 *E. horrida* var. *striata*
- 11. 폭이 2.0 mm 미만이다 12
- 12. 제 주변이 함몰되었다 *E. pentagona*
- 12. 제 주변이 함몰되지 않았다 *E. enopla*
- 1. 종자의 형태가 사각형이다 13
- 13. 종자의 밑쪽 부위가 둥글다 *E. caput-medusae*
- 13. 종자의 밑쪽부위가 평편하다 14
- 14. 폭이 3.1 mm 이상이다 *E. tuberculata*
- 14. 폭이 3.1 mm 미만이다..... 15
- 15. 표면 종피세포가 유두형으로 돌출되어 있다
..... *E. inermis*
- 15. 표면 종피세포가 밋밋하다..... *E. schoenlandii*

고 찰

남아프리카 고유 분류군인 *Anthacantha*절은 Lemaire에 의해 설정되었고 이후 분류학적 한계가 뚜렷한 군으로 여겨 져 왔다(Jacobsen, 1960; Zimmermann, 1998). Noh & Park (2008)은 화분 형태학적 연구에서 *Anthacantha*, *Meleuphorbia*, *Treisia*절의 화분형태가 매우 유사하여 유연관계가 깊은 군으로 세 분류군을 하나로 통합할 것을 시사한 바 있다. Park & Jansen (2007)은 분자적 정보를 이용한 연구에서 *Anthacantha*, *Meleuphorbia*, *Treisia*, *Medusae*절이 유연관계가 매우 높다고 하였으며, 특히 *Anthacantha*, *Meleuphorbia*, *Treisia*절은 *Medusae*절보다 더 가까운 유연관계를 보여 주 어 이들이 동일한 최근 공통조상으로부터 기원되었을 것으 로 추정하고 있다.

본 연구 결과 *Anthacantha*절에 속하는 모든 종들은 *Mel-*

*euphorbia*절에 속하는 종들과 함께 하나의 유집을 형성하고 특히, 종자의 모양이 난형이고 표면에 결절 없이 매끈하며 배능선 주변에도 매끈한 특징을 공유하고 있어 두 절이 다른 절들에 비해 유연관계가 매우 깊은 것으로 생각된다. 이와 같은 결과는 최근의 분자적 연구(Ritz et al., 2003; Bruyns et al., 2006; Park & Jansen, 2007), 화분형태적 연구(Noh & Park, 2008)와도 일치하는 결과이다. Type I 내에서 *E. polygona*를 제외한 *Anthacantha*절의 다른 종들은 하나의 그룹을 형성하고 *E. polygona*는 오히려 *Meleuphorbia*절의 *E. meloformis*와 하나의 유집을 형성하는데 이는 *E. polygona*의 폭 : 길이의 비가 *Anthacantha*절에 속한 다른 종과는 달리 원형에 가까웠기 때문이라 여겨진다. 결론적으로 본 절 내 *E. polygona*가 다른 종에 비해 유연관계가 먼 종으로 나머지 종들보다 먼저 분화되었을 가능성을 시사하고 있다.

종자 표면과 배 능선주변에 이형세포가 발달한 Type II와 Type III는 Type I과 확연히 구분되는 특징을 보여주었다. 이는 외부 형태학적으로 메두사형태를 취하고 있는 다육식물군인 *Medusae*절과 *Treisia*절이 유연관계가 깊은 것으로 생각되나 이와 같은 해석은 최근 분자적 연구와는 다소 차이가 있는 결과이다(Bruyns et al., 2006; Park & Jansen, 2007). 즉 분자적 연구에서는 *Treisia*절이 *Medusae*절과는 동일한 분계조(clade)를 형성하고 있지 않기 때문에 상대적으로 유연관계가 멀고, *Meleuphorbia*, *Anthacantha*절과 유연관계가 깊은 것으로 보여진다. 또한 형태적으로도 *Medusae*절은 매우 독특한 메두사형을 하고 있다. 특히 *Medusae*절에 속하는 종들은 화서가 성숙한 후 화경이 없어지는 반면, *Meleuphorbia*, *Anthacantha*, *Treisia*절은 화경이 그대로 남아있는 특징이 있다. 이것으로 볼 때 *Meleuphorbia*, *Anthacantha*, *Treisia*절이 형태적으로 유사하고 분자적 연구에서도 유연관계가 깊으나 본 연구에서는 이와는 상반되게 *Treisia*절이 *Meleuphorbia*, *Anthacantha*보다 *Medusae*절과 가까운 결과를 나타내었다. 이는 *Treisia*와 *Medusae*절의 종자형질의 유사성이 비상동형질일 가능성을 시사해 주고 있다.

Section *Treisia*에 속하는 Type III의 *E. bubalina*는 전체 형태와 배 능선 주변부의 형질로 볼때 Type II와 유사한 형질을 갖고 있으나 표면의 형태가 Type I, II와는 전혀 다르게 종피세포가 합쳐져 융기된 형태를 하고 있는데 이를 Type II와 분리시켜 독립된 군으로 나누는 것이 타당하리라 생각된다. *E. bubalina*는 기존의 나머지 *Treisia*분류군과도 상당한 종자 형태적 차이가 있어 본 연구에서 조사되지 않은 종들과 비교해 보면 흥미로운 결과를 얻을 것으로 생각된다. 결론적으로 남아프리카의 고유 대극속 분류군들 중 *Anthacantha*절과 *Meleuphorbia*절이 유연관계가 깊고 *Treisia*절과 *Medusae*절이 유연관계가 깊은 것으로 추정된다. 본 연구의 결과는 기존의 화분학적, 분자적 연구결과와 대부분 일치하나 *Treisia*절의 경우 상반된 결과를 보여주고 있다. 그러나

*Anthacantha*절에 속하는 종들이 20여 종에 이르고 근연 분류군에 속하는 종들도 일부 포함되어 있어 이들에 대한 종합적 분석이 향후 필요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- Bruyns P, Mapaya R, Hederson T: A new subgeneric classification for *Euphorbia* (Euphorbiaceae) in southern Africa based on ITS and *psbA-trnH* sequence data. *Taxon* 55 : 397-420, 2006.
- Heidelberg NE: Mikromorphologie der Samenoberflächen der Gattung *Euphorbia*. *Plant Syst* 126 : 189-207, 1976.
- Jacobsen H: A Handbook of Succulent plants. Blandford Press, London. 1960.
- Jin S-M, Park K-R: Seed morphology of *Euphorbia* section *Zygo-phyllidium* and related taxa. *Korean J Pl Taxon* 38 : 389-403, 2008. (Korean)
- Koutnik DL: Making sense of the succulent spurge. *Euphorbia J* 10 : 61-97, 1996.
- Noh M-A, Park K-R: Pollen morphology of *Euphorbia* subsection *Meleuphorbia*. *Korean J Microscopy* 38 : 329-338, 2008. (Korean)
- Park K-R: Seed morphology of *Euphorbia* section *Tithymalopsis* (Euphorbiaceae) and related species. *J Plant Biol* 43 : 76-81, 2000.
- Park K-R, Jansen RK: A phylogeny of Euphorbiaceae subtribe Euphorbiinae (Euphorbiaceae) based on molecular data. *J Plant Biol* 50 : 644-649, 2007.
- Pritchard D: Two spiny Euphorbias of the Great Karroo. *The Euphorbiaceae Study Group Bulletin* 13 : 117-121, 2000.
- Ritz CM, Zimmermann NFA, Hellwig FH: Phylogeny of subsect. *Meleuphorbia* (A. Berger) Pax & Hoffm. (*Euphorbia* L.) reflect the climatic regime in South Africa. *Plant Syst Evol* 241 : 245-259, 2003.
- Rohlf FJ: NTSYS-pc: numerical taxonomy and multivariate analysis system (version 1.70). Exeter Software, New York, 1992.
- Steinmann VW, Porter JM: Phylogenetic relationships in Euphorbiaceae (Euphorbiaceae) based on ITS and *ndhF* sequence data. *Ann Missouri Bot Gard* 89 : 453-490, 2002.
- Zimmermann NFA: Notes on succulent Euphorbias of the Little Karroo: 4 *E. heptagona* L. *The Euphorbiaceae Study Group Bulletin* 11 : 16-22, 1998.

< 국문초록 >

대극과 대극속 *Anthacantha*절의 한계와 근연 분류군과의 유연관계를 규명하기 위해 *Anthacantha*절에 속한 8종과 근연 분류군을 포함하여 총 16종의 종자를 광학 및 주사전자현미경으로 연구하였다. 측정된 형질 중 6가지 정성형질만을 이용한 수리분석을 바탕으로 3가지 유형으로 구분되었다. Type I (sect. *Anthacantha*)

tha+sect. *Meleuphorbia*)은 형태가 난형으로, 아랫면은 둥글고 배능선 주변에는 결절이 없이 표면이 매끈한 특징을 가진다. Type II (sect. *Medusae*+sect. *Treisia*-1군)는 사각형태로 배능선 주변에 돌출된 세포가 발달되어 있으며 표면에 결절이 있는 특징을 가진다. Type III (sect. *Treisia*-2군)는 전체적인 형태는 난형이며 배능선 주변에 돌출된 세포가 발달되어 Type II에 가까우나 세포 표면에 종피세포가 여러 개 모여 솟아올라있어 Type I, II 에는 없는 특징을 보여준다. 본 연구를 통해 *Anthacantha*절에 속한

종과 *Meleuphorbia*절에 속한 종은 종자형태의 형질이 매우 유사하여 유연관계가 깊은 것으로 생각되며, 기존의 분자적, 화분분류학적 연구의 결과와 잘 일치하는 양상을 보였다. 또한 *Treisia*절과 *Medusae*절에 속하는 분류군은 종자 형태적으로 *Anthacantha*절의 종들과 차이를 보이고 있어 이들과는 상대적으로 유연관계가 먼 것으로 추정되며 이와 같은 결과는 최근에 수행된 분자적 연구의 결과와는 상반된 양상으로 나타났다.