

## 韓國產 裸子植物 花粉의 比較形態

蘇 柱 燁 · 太 景 煥 · 高 聖 哲\* · 蘇 雄 永<sup>1</sup>

韓南大學校 理科大學 生物學科, <sup>1</sup>全北大學校 自然科學大學 生物學科

한국산 나자식물 5과 12속 19분류군을 대상으로 광학현미경, 주사전자현미경 및 투과전자현미경을 이용하여 화분의 형태를 비교 관찰하고 기재하였으며, 각 과별 검색표를 작성하였다. 분류학적으로 볼 때 취급된 나자식물의 화분립은 모양, 크기, 표면상태, 표면무늬, 기낭의 유무 및 돌기의 유무에 의해 뚜렷이 구분되어 속간 및 속 이하의 분류군에는 유용하였으나, *Pinus*속내의 종들은 본 연구에서 관찰된 화분립의 크기나 표면무늬에 의해서는 화분형질의 중복으로 인해 종분류는 유용하지 않은 것으로 밝혀졌다. 소나무과내의 *Picea*속에 속하는 *P. koraiensis*의 화분립은 기낭의 형태가 불규칙하고, 몸체에 비해 기낭의 크기가 크며, 표벽이 얇기 때문에 기낭을 갖는 *Pinus*속과 *Abies*속의 분류군과는 차이점이 뚜렷하다. 또한 *Abies*속의 특징으로 기재된 모부의 중앙부위에서 기낭쪽으로 갈수록 표벽이 얇아진다는 점, 화분립 몸체의 표면이 비교적 굴곡이 심하지 않다는 점과 화분립의 크기가 크다는 점으로 볼 때 *P. koraiensis*는 기낭을 갖는 *Pinus*속과 *Abies*속 중 *Abies*속과 화분학적으로 유연관계가 가까운 것으로 추정된다. 투과전자현미경관찰을 통해 기낭을 갖는 화분립을 조사한 결과 근극에는 내표벽과 외표벽이 모두 존재하나, 서로 분리되어 외표벽은 기낭과 연결되고 내표벽은 원극을 이룬다. 또한 구과목의 분류군들에 있어 소나무과를 제외한 주목과, 낙우송과 및 측백나무과 일부 분류군의 내표벽이 여러 층으로 구성된 판상구조로 나타났다. 주사전자현미경으로 기낭을 관찰한 결과 표면무늬는 유공상이고 미세한 pit가 존재하는 것으로 관찰되었다. 기낭의 표면무늬는 광학현미경상에서 망상으로 보이나 투과전자현미경으로 관찰해 본 결과 이는 기낭내부의 망상구조가 광학현미경하에서 투시된 것으로 밝혀졌다.

주요어: 화분, 나자식물, 속간 및 속 이하의 분류

식물계통분류에 대한 화학적 형질의 중요성은 이미 널리 알려져 있다(Erdtman, 1952; Walker and Doyle, 1975). 그러나 그 중요성에 비추어 볼 때 피자식물에 있어서는 많은 연구가 이루어져 왔으나 나자식물에 대해서는 그 취급의 어려움으로 인해 많은 연구가 이루어지지 않았다. 일찌기 Wodehouse(1935)는 화석 나자식물의 화분이 삼지형을 가짐으로써 원시 고사리류의 것과 유사하다고 보고한 바 있고, 나자식물의 화분에 대한 분류학적 접근으로는 Cain(1940), Roger(1954) 등이 주로 소나무과를 대상으로 화분의 형태와 표면무늬를 연구한 바 있으며, Van Campo-Duplan(1950)에 의해 계통학적 관점에서 연구되어진 바도 있다. 또한 Ikuse(1956)와 Erdtman(1957)에 의해 나자식물의 화분형질에 대한 부분적인 연구가 수행되어진 바 있으며, Van Campo(1971)는 나자식물 화분의 내표벽(endexine)은 일반적으로 laminated형임을 밝혔고, 여러 층의 판상구조가 내표벽의 발아구가 있는 부위나 없는 부위의 모든 부분에 걸쳐 존재한다는 사실이 보고된 바도 있다(Walker and Walker, 1984). 또한 Van Campo와 Lugardon(1973) 및 Doyle 등(1975)은 나자식물 화분의 외표벽(ektexine)이 피자식물에서와 같이 tectum 및 infratectal layer로 구성되어 있음을 보고한 바

있으며, Faegri와 Iversen(1975)은 구과식물과 피자식물에 대한 외표벽(ektexine) 구조의 차이점과, 나자식물과 피자식물에 대한 발아구의 차이점에 관한 연구를 보고한 바 있다. 특히 Ueno(1957, 1958, 1959, 1960a, b)에 의해 나자식물의 화분에 대한 광범위한 연구가 수행되어진 바 있는데, *Tsuga*속의 형태학적인 연구(Ueno, 1957)와 소나무과의 9속 28종, 그리고 주목과의 3속 4종과 측백나무과의 9속 20종에 대한 화분의 외부형태와 투과전자현미경을 이용한 화분벽의 구조 등에 관한 연구가 수행된 바 있다(Ueno, 1958, 1959, 1960a, b). 그러나 나자식물에 대한 이들의 화분분류학적 연구는 광학현미경적 관찰이 대부분으로 주사 및 투과전자현미경에 의한 연구가 필요하며, 이에 따른 보다 정확한 기재의 필요성이 요구된다.

한편, 국내에서는 한국산 나자식물에 대하여 Kim과 Lee(1978)가 주요 나자식물을 대상으로, Kim과 Koh(1981)가 일부 구과목을 대상으로, 그리고 Lee(1983)가 소나무속의 15분류군을 대상으로, Chang(1986)이 일부 나자식물을 대상으로 각각 화분형태학적 특징에 대한 연구를 수행한 바 있으나, 이들 모두 기재 내용이 광학현미경적 관찰에 한정되어 있어 화분 형질에 대한 기재가 미약할 뿐만 아니라 일부 오류가 포함되어 있다. 또한, Shin(1982)은 광학현미경 및 주사전자현미경을 이용하여 한국산 소나무속을 중심으로 화분의 분류학적 연구를 수행한

\*교신저자: Fax (042) 625-5874

바 있으나, Lee(1983)의 견해와는 서로 일치하지 않는 부분이 상당수 발견되고 있다.

따라서 본 연구는 한국산 나자식물의 화분을 광학, 주사 및 투과전자현미경으로 관찰하여 각 분류군의 화분형질을 기재하고, 검색표를 작성하였다. 또한 화분학적 형질에 의한 속간 유연관계를 고찰하고, 본 형질의 나자식물 분류에 대한 유용성을 파악하였다.

## 재료 및 방법

### 재 료

본 실험에 사용된 재료는 한국산 나자식물 19분류군으로 구상나무와 분비나무의 화분은 서울대학교 농과대학 표본실의 석엽표본으로부터 얻었으며, 재배종인 삼나무를 포함한 17분류군에 대해서는 1993년 4월에서 7월에 걸쳐 수목원, 임업시험장 그리고 야외에서 완전히 개화한 상태에서 분류군당 10개체를 채취하여 사용하였고 증거표본으로 만들어 한남대학교 자연사박물관에 보관하였다(Table 1).

### 방 법

광학현미경적 관찰을 위해 전형적인 초산분해과정(Erdtman, 1971; Radford et al., 1974)을 다소 변형시킨 방법을 사용하였다. 분류군당 약 50개의 화분립을 대상으로 형태와 크기를 관찰하였고, 표벽 두께는 filar micrometer로 측정하였으며, 기낭을 갖는 화분립은 적도면상에서 몸체의 크기, 기낭의 크기와 기낭을 포함하는 화분립의 전체 크기로 각각 측정하였고, 표벽 두께는 모부(cap)의 중앙부위에서 측정하였다.

주사전자현미경적 관찰(Akashi: ISI-SS 40, 10 kV)을 위해서는 재료를 ion sputter(Eiko IB.3)로 gold-coating(200 nm)한 후 화분립과 기낭의 표면무늬를 관찰하였다.

투과전자현미경적 관찰(Jeol-100S)을 위해서는 재료를 agarose block에 포매한 후 paraformaldehyde-glutaraldehyde로 전고정하고, phosphate buffer(pH 7.0)로 10분간 3회 세척하여 1% osmium tetroxide(OsO<sub>4</sub>)에 후고정하였다. 고정이 끝난 재료는 상기 방법으로 다시 세척하고 acetone series를 거쳐 탈수시킨 다음 Epon 812 혼합액에 포매하여 incubator내에서 60°C로 중합반응시켰다. 초박절편은 ultramicrotome(LKB 2088)으로 절단하였고(50 nm), uranyl acetate와 lead citrate로 이중 염색하여 vacuum evaporator(JEE-4X)에서 carbon-coating한 후 화분립의 단면과 화분벽의 구조 등을 관찰하고 기재하였다. 기재에 사용된 술어는 주로 Faegri와 Iversen(1975)을 인용하

였고, 우리말 술어는 Lee(1978)에 따랐다.

## 결 과

한국산 나자식물 19분류군의 화분립은 모두 단립(monad)으로, 기낭(air bladder)을 갖는 화분립과 갖지 않는 화분립의 2가지 유형으로 구분된다. 기낭을 갖지 않는 화분립은 은행나무와 솔송나무를 제외하고는 모두 구형(spheroidal)이며 은행나무의 화분립은 배모양(boat-shape), 솔송나무의 화분립은 단구형(oblata)이다. 또한 기낭을 갖는 화분립은 몸체가 원형 또는 타원형을 보이며, 기낭은 모두 원형에 가깝다(Figs. 1-29).

화분립의 크기에 있어서는 소나무과의 분류군들이 다른 분류군들에 비해 컸으며 소나무과 내에서도 전나무속의 분류군들이 크고, 전나무속 중에서도 구상나무의 화분립이 가장 커서 19분류군 중 가장 컸으며, 노간주나무의 화분립이 가장 작은 수치를 보였다(Table 2).

발아구는 무구형(in-aperturate), 구형(colpate)을 보였으며, 특히 은행나무의 화분립에서 가장 뚜렷이 관찰되었고, 삼나무 화분립의 발아구는 돌출되어 돌기를 이루고 있었다(Figs. 1-30, 70). 표면무늬는 기낭을 갖지 않는 화분립에서 미립상(scabrate), 두상(gemmate), 평활상(psilate)과 난선상(rugulate)으로, 기낭을 갖는 화분립에서는 몸체가 두상과 난선상으로, 기낭은 모두 유공상(foveolate)으로 나타났다(Figs. 30-78).

표벽 두께에 있어서는 은행나무의 화분립이 가장 얇고 구상나무의 화분립이 가장 두꺼웠으며, 솔송나무를 제외한 소나무과의 화분립이 다른 과의 분류군들에 비해 두꺼웠고, 소나무과 내에서는 전나무속의 분류군들이 가장 두꺼웠다(Table 2). 또한, 기낭을 갖는 화분립에 있어 내표벽(endexine)은 몸체의 전면에 걸쳐 존재하나 외표벽(ectexine)은 근극(proximal face)에만 존재하고, 원극(distal face)에는 내표벽만이 존재하고 있었다(Fig. 81). 이상의 화분학적 특징을 요약하여 각 과별 검색표를 작성하였다.

### 화분기재

#### *Ginkgo biloba* L. (은행나무)

화분립은 양쪽 끝이 뾰족한 배모양(boat-shape)이고, 크기는  $35.31 \pm 3.34 \times 19.36 \pm 2.22 \mu\text{m}$ 이다. 발아구는 단구형(monocolpate)으로 길고 뚜렷하며 발아구의 안쪽면이 물결무늬를 이루고 있다. 표면무늬는 미립상(scabrate)으로 pit가 존재한다. 화분벽의 단면을 보면 내표벽에 비해 외표벽이 두껍고, 외표벽에는 기저층(foot layer), 원주층(columella), 피복층(tectum)이 모두 존재한다. 표벽의 두께는  $0.96 \pm 0.14 \mu\text{m}$ 이다(Table 2; Figs. 1,

Table 1. Collection data for the Korean gymnosperms used in this study

Taxa	Locality	Date	Collector	Herbarium
Ginkgoales				
Ginkgoaceae				
<i>Ginkgo biloba</i> L. (은행나무)	CN : Puyo-gun, Gyuam-ri	2 May 1993	K.H. Tac	HNU
Coniferales				
Taxaceae				
<i>Taxus cuspidata</i> S. et Z. (주목)	CN : CF	10 Apr. 1993	J.Y. Soh	HNU
<i>Cephalotaxus koreana</i> Nakai (개비자나무)	CN : Chollipo Arboretum	28 May 1993	J.Y. Soh	HNU
<i>Torreya nucifera</i> S. et Z. (비자나무)	CN : CF	18 May 1993	J.Y. Soh	HNU
Pinaceae				
<i>Abies holophylla</i> Max. (전나무)	CN : CF	1 Jul. 1993	J.Y. Soh	HNU
<i>A. koreana</i> Wils. (구상나무)	CJ : Hallasan	7 Jun. 1975	T.B. Lee	SNUA
<i>A. nephrolepis</i> Max. (분비나무)	KW : Soraksan	26 May 1966	T.B. Lee & M.Y. Cho	SNUA
<i>Larix gmelini</i> var. <i>principisruprechtii</i> (Mayr) Pilger (잎갈나무)	KG : SA	8 Jun. 1993	J.Y. Soh	HNU
<i>Picea koraiensis</i> Nakai (종비나무)	CN : CF	26 May 1993	J.Y. Soh	HNU
<i>Pinus densiflora</i> S. et Z. (소나무)	CN : CF	26 May 1993	J.Y. Soh	HNU
<i>P. koraiensis</i> S. et Z. (잣나무)	CN : CF	4 Jun. 1993	J.Y. Soh	HNU
<i>P. parviflora</i> S. et Z. (섬잣나무)	CN : Chollipo Arboretum	28 May 1993	J.Y. Soh	HNU
<i>P. pumila</i> Regel (눈잣나무)	KG : Kwangnung Arboretum	21 Jun. 1993	J.Y. Soh	HNU
<i>P. thunbergii</i> Parl. (곰솔)	CN : CF	18 May 1993	J.Y. Soh	HNU
<i>Tsuga sieboldii</i> Carr. (솔송나무)	CN : Chollipo Arboretum	28 May 1993	J.Y. Soh	HNU
Taxodiaceae				
<i>Cryptomeria japonica</i> <sup>a</sup> (L. fil.) D. Don (삼나무)	CN : Kyeryongsan	10 Apr. 1993	S.C. Ko	HNU
Cupressaceae				
<i>Juniperus chinensis</i> L. (향나무)	SE : Anam-dong	8 May 1993	J.Y. Soh	HNU
<i>J. rigida</i> S. et Z. (노간주나무)	TJ : Ojung-dong	25 May 1993	J.Y. Soh	HNU
<i>Thuja orientalis</i> L. (측백나무)	CN : CF	7 May 1993	J.Y. Soh	HNU

CN, Ch'ungch'ongnam-do; CJ, Cheju-do; KG, Kyonggi-do; KW, Kangwon-do; TJ, Taejon; SE, Seoul; CF, Ch'ungch'ongnam-do Reserch Institute of Forest Environment; SA, The Arboretum; College of Agriculture, Seoul National University; HNU, Han Nam University; SNUA, College of Agriculture, Seoul National University. <sup>a</sup>Cultivar.

30-31, 85).

***Taxus cuspidata* Sieb. et Zucc. (주목)**

화분립의 전체적인 형태는 구형에 가까우나 불규칙하고 크기는 26.96±1.88 μm이다. 발아구는 무구형(in-aperturate)이다. 표면무늬는 두상이고, 외표벽이 내표벽보다 두꺼우며 표벽의 두께는 1.16±0.22 μm이다(Table 2; Figs. 2, 32-33).

***Cephalotaxus koreana* Nakai (개비자나무)**

화분립은 구형으로 일정하며, 크기는 31.60±1.73 μm으로 주목과의 3분류군 중 가장 크게 관찰되었다. 발아구는 무구형이고, 표면무늬는 미립상으로 외표벽과 내표벽의 두께가 비슷하며 표벽의 두께는 1.39±0.16 μm로, 표벽 두께에서도 주목과의 3분류군 중 가장 큰 수치를 보였다(Table 2; Figs. 3, 34-35).

***Torreya nucifera* Sieb. et Zucc. (비자나무)**

화분립은 구형에 가깝지만 외표벽의 특정부위가 두꺼워진 부분(모서리 부분)이 있어 돌기를 이룬 것처럼 보여 화분립의 전체 모양이 각을 이루고 있는 것 같이 보인다. 크기는 28.92±2.01 μm이다. 발아구는 무구형이다. 표면무늬는 미립상이고 표벽의 두께는 1.30±0.12 μm이다. 화분벽의 구조는 내표벽에 비해 외표벽이 두껍고, 외표벽은 얇은 기저층위에 미립상의 돌기들이 촘촘하게 배열되어 있으며 내표벽은 여러 층으로 되어 있는 관상구조를 나타낸다(Table 2; Figs. 4, 36-37, 86).

***Abies holophylla* Maxim. (전나무)**

화분립은 배모양으로 2개의 기낭을 가지고, 몸체(body)는 타원형. 기낭(air bladder)은 거의 원형에 가깝다. 몸체의 크기는 82.33±8.60 109.57±9.14 μm이고 기낭의 크기는 68.94±7.58×

Table 2. Measurements of the Korean gymnosperm pollens (unit,  $\mu\text{m}$ ; mean  $\pm$  SD)

Taxa	Pollen		Body		Air bladder		Total		Exine thickness
	Length	Width	Length	Width	Length	Width	Length	Width	
Ginkgoales									
Ginkgoaceae									
<i>Ginkgo biloba</i>	35.31 $\pm$ 3.34	19.36 $\pm$ 2.22							0.96 $\pm$ 0.14
Coniferales									
Taxaceae									
<i>Taxus cuspidata</i>	26.96 $\pm$ 1.88								1.16 $\pm$ 0.22
<i>Cephalotaxus koreana</i>	31.60 $\pm$ 1.73								1.39 $\pm$ 0.16
<i>Torreya nucifera</i>	28.92 $\pm$ 2.01								1.30 $\pm$ 0.12
Pinaceae									
<i>Abies holophylla</i> <sup>a</sup>			82.33 $\pm$ 8.60	109.57 $\pm$ 9.14	68.94 $\pm$ 7.58	53.02 $\pm$ 7.53	82.33 $\pm$ 8.60	135.97 $\pm$ 9.16	5.85 $\pm$ 0.96
<i>A. koreana</i> <sup>a</sup>			87.45 $\pm$ 10.66	115.00 $\pm$ 8.45	76.50 $\pm$ 5.66	54.26 $\pm$ 5.98	87.45 $\pm$ 10.66	166.02 $\pm$ 7.88	6.93 $\pm$ 0.61
<i>A. nephrolepis</i> <sup>a</sup>			74.19 $\pm$ 9.14	104.86 $\pm$ 6.62	68.61 $\pm$ 6.54	53.17 $\pm$ 9.01	74.19 $\pm$ 9.14	138.19 $\pm$ 11.42	5.47 $\pm$ 0.62
<i>Larix gmelini</i> var. <i>principisruprechtii</i>	88.89 $\pm$ 9.00								2.21 $\pm$ 0.35
<i>Picea koraiensis</i> <sup>a</sup>			65.37 $\pm$ 8.72	80.23 $\pm$ 7.82	62.29 $\pm$ 7.98	46.81 $\pm$ 8.77	65.37 $\pm$ 8.72	117.69 $\pm$ 8.39	3.05 $\pm$ 0.29
<i>Pinus densiflora</i> <sup>a</sup>			41.13 $\pm$ 4.61	54.31 $\pm$ 3.65	39.81 $\pm$ 5.23	34.17 $\pm$ 5.55	41.13 $\pm$ 4.61	84.86 $\pm$ 6.86	2.36 $\pm$ 0.40
<i>P. koraiensis</i> <sup>a</sup>			51.97 $\pm$ 6.07	66.97 $\pm$ 5.50	48.82 $\pm$ 5.29	41.69 $\pm$ 6.43	51.97 $\pm$ 6.07	94.95 $\pm$ 6.80	2.92 $\pm$ 0.28
<i>P. parviflora</i> <sup>a</sup>			44.10 $\pm$ 3.74	63.36 $\pm$ 4.48	44.58 $\pm$ 5.38	34.96 $\pm$ 5.04	44.10 $\pm$ 3.74	87.85 $\pm$ 4.84	2.99 $\pm$ 0.24
<i>P. pumila</i> <sup>a</sup>			47.78 $\pm$ 5.25	60.60 $\pm$ 5.92	45.49 $\pm$ 4.96	39.91 $\pm$ 6.28	47.78 $\pm$ 5.25	93.82 $\pm$ 7.04	2.53 $\pm$ 0.37
<i>P. thunbergii</i> <sup>a</sup>			39.14 $\pm$ 4.10	52.73 $\pm$ 4.97	36.88 $\pm$ 4.67	30.21 $\pm$ 4.17	39.14 $\pm$ 4.10	76.76 $\pm$ 7.17	2.16 $\pm$ 0.26
<i>Tsuga sieboldii</i>	61.63 $\pm$ 6.85	82.07 $\pm$ 8.68							1.11 $\pm$ 0.20
Taxodiaceae									
<i>Cryptomeria japonica</i>	28.04 $\pm$ 2.27								1.46 $\pm$ 0.12
Cupressaceae									
<i>Juniperus chinensis</i>	27.79 $\pm$ 2.16								1.40 $\pm$ 0.22
<i>J. rigida</i>	24.14 $\pm$ 1.42								1.17 $\pm$ 0.23
<i>Thuja orientalis</i>	28.98 $\pm$ 2.71								1.38 $\pm$ 0.25

<sup>a</sup>Taxa with air bladder.

53.02  $\pm$  7.53  $\mu\text{m}$ 이며 기낭을 포함한 전체 크기는 82.33  $\pm$  8.60  $\times$  135.97  $\pm$  9.16  $\mu\text{m}$ 이다. 발아구는 화분립 원극의 기낭과 기낭사이에 존재하며 구형이다. 몸체의 표면은 비교적 완만하며 표면무늬는 두상이고, 기낭의 표면무늬는 광학현미경상에서는 망상(reticulate)으로 보이나 주사전자 현미경상에서는 유공상(foveolate)으로 pit가 존재하는 것이 관찰된다. 발아구부위의 내표벽이 두껍고, 모부(cap) 중앙의 표벽 두께는 5.85  $\pm$  0.96  $\mu\text{m}$ 이다. 내표벽에 비해 외표벽이 두꺼우며 내표벽은 화분립 몸체 전면에 걸쳐 분포하나 외표벽은 근극에만 존재하고 원극에는 존재하지 않아 얇은데, 이 부분이 발아구가 있는 부위이다. 표벽의 두께가 모부의 중앙부위는 두껍고 기낭과 접하는 부위로 갈수록 얇아진다(Table 2; Figs. 5-6, 38-40).

#### *Abies koreana* Wils. (구상나무)

2개의 기낭을 가지며 화분립은 배모양으로 몸체는 타원형이고 기낭은 원형에 가깝다. 몸체의 크기는 87.45  $\pm$  10.66  $\times$  115.00  $\pm$  8.45  $\mu\text{m}$ 이고 기낭의 크기는 76.50  $\pm$  5.66  $\times$  54.26  $\pm$  5.98  $\mu\text{m}$ 이며

전체 크기는 87.45  $\pm$  10.66  $\times$  166.02  $\pm$  7.88  $\mu\text{m}$ 로 본 연구에서 취급된 *Abies*속 3분류군 중 가장 크게 관찰되었을 뿐 아니라, 본 실험에 사용된 19분류군의 화분립 중에서도 가장 큰 수치를 보였다. 발아구는 원극의 기낭과 기낭사이에 위치하며 구형이다. 몸체의 표면이 완만하며 표면무늬는 몸체가 단선상, 기낭은 광학현미경상에서는 망상이나 주사전자현미경상에서는 유공상이고 기낭의 표면에는 pit가 존재한다. 표벽의 두께는 발아구가 있는 부위(원극)는 얇고 외표벽이 없으며 모부의 중앙부위는 6.93  $\pm$  0.61  $\mu\text{m}$ 로 *Abies*속 3분류군 중 표벽이 가장 두꺼우며, 본 실험에서 취급된 19분류군의 화분립 중에서도 가장 두껍다. 내표벽에 비해 외표벽의 두께가 두껍고 기낭쪽으로 갈수록 얇아진다. 화분립의 단면은 내표벽 위에 얇은 기저층이 있으며 원주층은 다소 불규칙하게 분포하고 그 사이의 공간이 넓게 되어 있다(Table 2; Figs. 7-8, 41-43, 79-80).

#### *Abies nephrolepis* Maxim. (분비나무)

화분립은 두 개의 기낭을 가지며 배모양이고 몸체는 타원형,

기낭은 원형에 가깝다. 몸체의 크기는  $74.19 \pm 9.14 \times 104.86 \pm 6.62 \mu\text{m}$ . 기낭의 크기는  $68.61 \pm 6.54 \times 53.17 \pm 9.01 \mu\text{m}$ 이고 전체 크기는  $74.19 \pm 9.14 \times 138.19 \pm 11.42 \mu\text{m}$ 이다. 발아구는 원극의 기낭과 기낭사이에 존재하며 구형이다. 몸체의 표면은 비교적 완만하며 몸체의 표면무늬는 난선상이고 기낭은 광학현미경상에서는 망상으로 보이나 주사전자현미경상에서는 유공상이며 표면에는 pit가 있다. 표벽 두께는 외표벽이 내표벽에 비해 두꺼우며 발아구가 있는 부위(원극)는 얇고 외표벽이 없으며, 모부의 중앙부위는  $5.47 \pm 0.62 \mu\text{m}$ 이고, 기낭쪽으로 갈수록 얇아진다(Table 2; Figs. 9-10, 44-46).

#### *Larix gmelini* var. *principisruprechtii* (Mayr) Pilger (잎갈나무)

화분립은 구형, 크기는  $88.89 \pm 9.00 \mu\text{m}$ 로 기낭을 갖지 않는 화분립 중에서는 가장 크다. 발아구는 무구형이다. 표면무늬는 평활상으로 띠를 가지나 초산분해 과정을 거치면 없어진다. 내표벽에 비해 외표벽이 두껍고 표벽 두께는  $2.21 \pm 0.35 \mu\text{m}$ 이다(Table 2; Figs. 11, 47-48).

#### *Picea koraiensis* Nakai (종비나무)

두 개의 기낭을 가지며 배모양이고 몸체는 원형 또는 타원형, 기낭은 원형에 가깝다. 기낭의 형태는 크기나 모양에 있어서 일정하지 않고 불규칙하며, 기낭을 갖는 다른 분류군의 화분립에 비해서 기낭의 크기가 몸체의 크기에 비해 다소 컸으며, 원극에서 기낭사이의 거리도 좁거나 기낭끼리 붙어 있는 것도 관찰되었다. 크기는 몸체가  $65.37 \pm 8.72 \times 80.23 \pm 7.82 \mu\text{m}$ , 기낭이  $62.29 \pm 7.98 \times 46.81 \pm 8.77 \mu\text{m}$ , 전체 크기는  $65.37 \pm 8.72 \times 117.69 \pm 8.39 \mu\text{m}$ 이다. 발아구는 원극의 기낭과 기낭사이의 얇은 부위에 있으며 구형이다. 몸체의 표면은 완만하며 표면무늬는 몸체가 두상, 기낭은 광학현미경상에서는 망상, 주사전자현미경상에서는 유공상으로 pit가 있다. 외표벽이 내표벽보다 두껍고 발아구가 있는 부위(원극)에는 외표벽이 없으며, 모부 중앙부위의 표벽 두께는  $3.05 \pm 0.29 \mu\text{m}$ 로 다른 비슷한 크기의 기낭을 갖는 화분립에 비해 표벽이 비교적 얇다. 모부의 중앙부위에서 기낭쪽으로 갈수록 표벽이 얇아진다(Table 2; Figs. 12-13, 49-51).

#### *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. (소나무)

화분립은 2개의 기낭을 가지며 배모양이고 몸체는 원형 또는 타원형, 기낭은 원형에 가깝다.

몸체의 크기는  $41.13 \pm 4.61 \times 54.31 \pm 3.65 \mu\text{m}$ , 기낭의 크기는  $39.81 \pm 5.23 \times 34.17 \pm 5.55 \mu\text{m}$ , 전체 크기는  $41.13 \pm 4.61 \times 84.86 \pm 6.86 \mu\text{m}$ 이다. 발아구는 원극의 기낭과 기낭사이에 존재하며 구형이다. 몸체의 표면은 거칠고 몸체의 표면무늬는 두상, 기

낭의 표면무늬는 광학현미경상에서는 망상, 주사전자현미경상에서는 유공상으로 pit가 있다. 모부 중앙부위의 표벽 두께는  $2.36 \pm 0.40 \mu\text{m}$ 이며, 외표벽이 내표벽보다 두껍고 발아구가 있는 부위(원극)에는 외표벽이 없다. 모부에서 기낭이 붙어 있는 쪽과 중앙부위의 두께가 비슷하다(Table 2; Figs. 14-15, 52-54).

#### *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc. (잣나무)

화분립은 2개의 기낭을 가지며 배모양이고 몸체는 원형 또는 타원형을 나타내며, 기낭은 거의 원형에 가깝다. 크기는 몸체가  $51.97 \pm 6.07 \times 66.97 \pm 5.50 \mu\text{m}$ , 기낭이  $48.82 \pm 5.29 \times 41.69 \pm 6.43 \mu\text{m}$ 이고 전체 크기는  $51.97 \pm 6.07 \times 94.95 \pm 6.80 \mu\text{m}$ 이다. 발아구는 원극의 기낭과 기낭사이에 위치하며 구형이다. 몸체의 표면은 거칠며 몸체의 표면무늬는 두상으로 *Pinus*속의 다른 분류군에 비해 상당히 거칠고 기낭은 광학현미경상에서는 망상, 주사전자현미경상에서는 유공상으로 pit가 있다. 표벽 두께는 외표벽이 내표벽에 비해 두껍고 원극에는 외표벽이 없으며 모부는  $2.92 \pm 0.28 \mu\text{m}$ 이다. 모부의 중앙부위와 기낭이 붙어 있는 부위의 두께가 비슷하다(Table 2; Figs. 16-17, 55-57).

#### *Pinus parviflora* Sieb. et Zucc. (섬잣나무)

2개의 기낭을 가지며 배모양으로 몸체는 타원형이며, 기낭은 원형에 가깝다. 크기는 몸체가  $44.10 \pm 3.74 \times 63.36 \pm 4.48 \mu\text{m}$ , 기낭이  $44.58 \pm 5.38 \times 34.96 \pm 5.04 \mu\text{m}$ 이고 전체 크기는  $44.10 \pm 3.74 \times 87.85 \pm 4.84 \mu\text{m}$ 이다. 발아구는 원극의 기낭과 기낭사이에 존재하고 구형이다. 몸체의 표면은 거칠고 표면무늬는 몸체가 두상, 기낭은 광학현미경상에서는 망상, 주사전자현미경상에서는 유공상으로 pit가 있다. 원극에는 외표벽이 없고, 근극의 표벽 두께는  $2.99 \pm 0.24 \mu\text{m}$ 이며 내표벽과 외표벽의 구별이 명확하지 않다. 모부의 중앙부위와 기낭이 붙어 있는 쪽의 두께가 비슷하다. 화분립의 단면은 내표벽 위에 외표벽이 있으며 기저층 위의 원주층이 불규칙하게 배열되어 있어 표면이 거친 것을 볼 수 있다(Table 2; Figs. 18-19, 58-60, 81-82).

#### *Pinus pumila* Regel (눈잣나무)

화분립은 2개의 기낭을 가지고 있으며 배모양으로 몸체는 원형 또는 타원형이고, 기낭은 원형에 가깝다. 크기는 몸체가  $47.78 \pm 5.25 \times 60.60 \pm 5.92 \mu\text{m}$ , 기낭이  $45.49 \pm 4.96 \times 39.91 \pm 6.28 \mu\text{m}$ 이며 전체 크기는  $47.78 \pm 5.25 \times 93.82 \pm 7.04 \mu\text{m}$ 이다. 발아구는 원극의 기낭과 기낭사이에 존재하며 구형이다. 몸체의 표면이 거칠고 표면무늬는 몸체가 두상, 기낭은 광학현미경상에서는 망상, 주사전자현미경상에서는 유공상으로 pit가 있다. 원극에는 외표벽이 없으며, 근극의 표벽 두께는  $2.53 \pm 0.37 \mu\text{m}$ 이고 내표벽과 외표벽의 구별이 명확하지 않으며, 모부에서 중앙부위나 기낭쪽의 두께가 비슷하다(Table 2; Figs. 20-21, 61-

63).

***Pinus thunbergii* Parl. (곰솔)**

화분립은 2개의 기낭을 가지며 배모양으로 몸체는 다원형을 나타내고, 기낭은 원형에 가깝다. 크기는 몸체가  $39.14 \pm 4.10 \times 52.73 \pm 4.97 \mu\text{m}$ , 기낭은  $36.88 \pm 4.67 \times 30.21 \pm 4.17 \mu\text{m}$ 이며 전체 크기는  $39.14 \pm 4.10 \times 76.76 \pm 7.17 \mu\text{m}$ 이다. 발아구는 원극의 기낭과 기낭사이에 존재하며 구형이다. 몸체의 표면은 거칠고 표면무늬는 몸체가 두상, 기낭은 광학현미경상에서는 망상, 주사전자현미경상에서는 유공상으로 pit가 있다. 근극에서 내표벽은 명확하지 않으며, 원극에는 외표벽이 없고 근극의 표벽 두께는  $2.16 \pm 0.26 \mu\text{m}$ 로 취급된 *Pinus*속 5분류군 중 가장 작은 수치를 보였고, 모부의 중앙부위나 기낭이 붙어 있는 쪽의 두께가 비슷하다(Table 2; Figs. 22-23, 64-66).

***Tsuga sieboldii* Carr. (솔송나무)**

화분립의 적도면상은 단구형으로 반원형의 형태를 보이며, 극면입상은 구형이고 전반적으로 흔적기낭(rudimentary bladder)과 같은 것이 두껍게 존재한다. 크기는  $61.63 \pm 6.85 \times 82.07 \pm 8.68 \mu\text{m}$ 이고, 발아구는 구형이다. 표면무늬는 나선상이며 거칠고 털과 같은 돌기들이 표면에 널리 존재한다. 표벽의 두께는  $1.11 \pm 0.20 \mu\text{m}$ 이다. 화분벽의 단면을 보면 내표벽은 매우 얇고 외표벽은 불규칙하게 주름잡혀 있는 것을 볼 수 있다(Table 2; Figs. 24-25, 67-69, 83-84).

***Cryptomeria japonica* (L. fil.) D. Don (삼나무)**

화분립은 구형이고, 크기는  $28.04 \pm 2.27 \mu\text{m}$ 이다. 발아구는 돌출되어 돌기를 이루고 있고 그 주변은 함입되어 있으며 표면이 다른 부위에 비해 부드럽고 얇다. 표면무늬는 미립상으로 외표벽에 비해 내표벽이 두껍고 표벽의 두께는  $1.46 \pm 0.12 \mu\text{m}$ 이다. 화분벽의 단면을 보면 여러 층의 판상으로 구성된 두꺼운 내표벽이 존재하고 얇은 기저층 위에 둥근 모양을 한 돌기들이 촘촘하게 배열되어 있으며 표면으로부터 쉽게 분리되는 것을 관찰할 수 있다(Table 2; Figs. 26, 70-72, 87).

***Juniperus chinensis* L. (향나무)**

화분립은 구형으로 크기는  $27.79 \pm 2.16 \mu\text{m}$ 이다. 발아구는 무구형이다. 표면무늬는 미립상이고, 외표벽과 내표벽의 두께는 비슷하며, 표벽의 두께는  $1.40 \pm 0.22 \mu\text{m}$ 이다(Table 2; Figs. 27, 73-74).

***Juniperus rigida* Sieb. et Zucc. (노간주나무)**

화분립은 구형이며 크기는  $24.14 \pm 1.42 \mu\text{m}$ 로 본 연구에서 취급한 19분류군 중 가장 작은 수치를 보였다. 발아구는 무구

형이다. 표면무늬는 미립상이고 표면에 작은 돌기( $0.7-0.8 \mu\text{m}$ )들이 부착되어 있다. 외표벽에 비해 내표벽이 두꺼우며 표벽 두께는  $1.17 \pm 0.23 \mu\text{m}$ 이다. 화분벽의 단면을 보면 여러 층의 판상구조로 된 두꺼운 내표벽 위에 얇은 기저층이 존재하고 그 위에 미립상의 돌기가 있으며, 둥근 모양을 한 돌기들이 붙어 있으나 투과전자현미경에 의해 관찰해 본 결과 화분립에서 쉽게 분리되는 것을 관찰할 수 있었다(Table 2; Figs. 28, 75-76, 88).

***Thuja orientalis* L. (측백나무)**

화분립은 구형이며, 크기는  $28.98 \pm 2.71 \mu\text{m}$ 이다. 발아구는 무구형이다. 표면무늬는 두상이고, 외표벽에 비해 내표벽이 두꺼우며 표벽의 두께는  $1.38 \pm 0.25 \mu\text{m}$ 이다(Table 2; Figs. 29, 77-78).

**화분 검색표**

**Ginkgoaceae**

- 1. 화분립은 배모양이고, 발아구는 단구형으로 기낭이 존재하지 않으며, 표면무늬는 미립상으로 약간의 굴곡이 있고 pit를 갖는다. .... *Ginkgo biloba* (은행나무)

**Taxaceae**

- 1. 화분립은 구형이다. ... *Cephalotaxus koreana* (개비자나무)
- 1. 화분립은 불규칙한 구형이다.
  - 2. 외표벽의 특정부위가 신장되어 있지 않고, 표면무늬는 두상이다. .... *Taxus cuspidata* (주목)
  - 2. 외표벽의 특정부위가 신장하여 각을 이루고 있는 것처럼 보이며, 표면무늬는 미립상이다. .... *Torreya nucifera* (비자나무)

**Taxodiaceae**

- 1. 화분립은 구형으로, 발아구는 돌출되어 3-5  $\mu\text{m}$ 의 돌기가 존재한다. .... *Cryptomeria japonica* (삼나무)

**Cupressaceae**

- 1. 화분립의 표면무늬가 두상이다. .... *Thuja orientalis* (측백나무)
- 1. 화분립의 표면무늬가 미립상이다.
  - 2. 표면에 돌기가 있으며, 내표벽이 외표벽보다 두껍다. .... *Juniperus rigida* (노간주나무)
  - 2. 표면에 돌기가 없으며, 내표벽과 외표벽의 두께가 거의 비슷하다. .... *Juniperus chinensis* (향나무)

**Pinaceae**

- 1. 화분립은 기낭을 갖지 않는다.
- 2. 표면무늬는 평활상이다. ....

- ..... *Larix gmelini* var. *principisruprechtii* (잎갈나무)
- 2. 표면부늬는 난선상이다. .... *Tsuga sieboldii* (솔송나무)
- 1. 화분립은 기낭을 갖는다.
- 3. 화분립 전체 크기의 폭은 126.8  $\mu\text{m}$  이상으로, 표벽 두께는 모부의 중앙부위에서 기낭쪽으로 갈수록 얇아진다.
- 4. 기낭의 형태가 불규칙하고 기낭사이의 거리가 좁거나 붙어 있는 경우도 있으며, 표벽 두께는 3.3  $\mu\text{m}$  미만이다. .... *Picea koraiensis* (종비나무)
- 4. 기낭의 형태가 일정하고 기낭이 서로 분리되어 있으며, 표벽 두께는 4.9  $\mu\text{m}$  이상이다.
- 5. 화분립 전체 크기의 폭이 158.1  $\mu\text{m}$  이상이다. .... *Abies koreana* (구상나무)
- 5. 화분립 전체 크기의 폭이 149.6  $\mu\text{m}$  미만이다.
- 6. 몸체의 표면부늬가 두상이다. .... *Abies holophylla* (전나무)
- 6. 몸체의 표면부늬가 난선상이다. .... *Abies nephrolepis* (분비나무)
- 3. 화분립 전체 크기의 폭은 102.0  $\mu\text{m}$  미만으로, 표벽 두께는 모부의 중앙부위와 기낭쪽이 모두 일정하다.
- 7. 몸체의 길이와 폭의 비는 0.51-0.75  $\mu\text{m}$ 이다.
- 8. 몸체의 폭이 58.9  $\mu\text{m}$  이상이고, 표벽 두께는 2.8  $\mu\text{m}$  이상이다. .... *Pinus parviflora* (섬잣나무)
- 8. 몸체의 폭이 57.7  $\mu\text{m}$  미만이고, 표벽 두께는 2.4  $\mu\text{m}$  미만이다. .... *Pinus thunbergii* (곰솔)
- 7. 몸체의 길이와 폭의 비는 0.76-0.87  $\mu\text{m}$ 이다.
- 9. 돌기의 크기나 형태가 일정하다. .... *Pinus densiflora* (소나무)
- 9. 돌기의 크기나 형태가 불규칙하다.
- 10. 기낭 표면에 pit가 치밀하게 분포한다. .... *Pinus pumila* (눈잣나무)
- 10. 기낭 표면에 pit가 치밀하게 분포하지 않는다. .... *Pinus koraiensis* (잣나무)

고 찰

본 연구에서 취급된 한국산 나자식물 19분류군에 대하여 화분학적 형질을 조사한 결과 기낭의 유무와 화분립의 크기가 가장 뚜렷한 형질로 밝혀졌다.

취급된 5과 중 Pinaceae를 제외한 4과의 8분류군에서는 기낭을 갖지 않는 것으로 관찰되었고, Pinaceae내에서도 *Tsuga* 속의 *T. sieboldii*와 *Larix*속의 *L. gmelini* var. *principisruprechtii*는 기낭을 갖지 않는 것으로 밝혀졌다. 또한, Pinaceae에 속하는

11분류군의 화분립의 전체 크기는 69.6  $\mu\text{m}$  이상이고 나머지 4개의 8분류군은 38.7  $\mu\text{m}$  이하의 크기를 가져 Pinaceae에 속하는 분류군과는 뚜렷한 크기의 차이를 보였다(Table 2).

Pinaceae에 속하는 *Tsuga*속의 *T. sieboldii*와 *Larix*속의 *L. gmelini* var. *principisruprechtii*는 73.4  $\mu\text{m}$  이상의 크기를 가져 화분립 크기에 있어서는 Pinaceae에 속하나, 이들이 기낭을 갖지 않는 점은 Pinaceae의 다른 분류군들과 비교해 볼 때 매우 독특한 특징이다. 따라서 *Tsuga*속의 *T. sieboldii*와 *Larix*속의 *L. gmelini* var. *principisruprechtii*가 Pinaceae에 포함되는 것은 화분학적 형질로 볼 때 문제가 있으며, Kim과 Lee(1978)와 Kim과 Koh(1981)는 이러한 점으로 인해 *L. gmelini* var. *principisruprechtii*를 Pinaceae로부터 구분하는 것이 타당하다고 보고한 바 있어 이들의 견해가 타당성이 있는 것으로 판단된다. 한편, Ueno(1957)는 일본산을 재료로 한 *Tsuga sieboldii* 화분립의 형태학적인 연구에 있어 marginal ridge를 흔적기낭으로 보고한 바 있고, 본 실험을 통해서도 marginal ridge의 존재를 확인하였으나(Figs. 67-68) 이것이 기낭의 흔적인지에 관해서는 결정적인 증거가 없기 때문에 더욱 연구되어야 할 것으로 생각된다. 또한, marginal ridge가 어떤 일정한 부위에 한정되어 있는 것이 아니라 등근 고리모양으로 연결된 환상의 형태를 갖기 때문에 *Tsuga sieboldii*의 화분립이 두 개의 기낭흔적을 갖는다고 한 Kim과 Koh(1981)의 보고는 화분립의 평면적인 관찰에서 비롯된 오류라 생각된다.

또한 Pinaceae내에서도 *Abies*속의 화분립이 크기에 있어 126.8  $\mu\text{m}$  이상으로 다른 속과는 뚜렷한 차이를 보일 뿐 아니라 나머지 4개 과의 분류군들에 비해서도 훨씬 큰 것을 관찰할 수 있었다(Table 2).

*Picea*속에 속하는 *P. koraiensis*의 화분립은 기낭의 형태가 불규칙하고, 몸체에 비해 기낭의 크기가 크며, 표벽이 얇은 점으로 볼 때 기낭을 갖는 *Abies*속과 *Pinus*속의 분류군과 차이점이 뚜렷하고 이러한 결과는 Ueno(1958)의 보고와도 일치하며, *Abies*속의 특징으로 기재된 모부의 중앙부위에서 기낭쪽으로 갈수록 표벽이 얇아진다는 점, 몸체의 표면이 비교적 굴곡이 심하지 않고 완만하다는 점과 화분립의 크기가 크다는 점에 비추어 볼 때 *Picea*속과 같이 기낭을 갖는 *Pinus*속과 *Abies*속 중 *Abies*속과 화분학적으로 유연관계가 가까운 것으로 추정된다(Table 2; Figs. 12-13). 또한 *Abies*속내의 분류군 중에서도 *A. koreana*와 *A. nephrolepis*는 화분립 몸체의 표면부늬에 있어 난선상인 반면 *A. holophylla*에서는 두상으로 나타나 *A. koreana*와 *A. nephrolepis*의 화분립이 유사한 것으로 밝혀졌다(Figs. 39, 42, 45).

투과전자현미경적 관찰을 통해 기낭을 갖는 화분립의 단면을 관찰한 결과 내표벽은 화분립 몸체의 전반에 걸쳐 존재하나

외표벽은 근극에만 존재하고, 내표벽과 외표벽이 서로 분리되어 기낭을 형성하며 원극에는 내표벽만이 있고 외표벽은 없어 근극보다 상대적으로 얇아서 기낭사이의 이 부위가 발아구조 작용하는 부분임이 확인되었다(Fig. 81).

기낭을 주사전자현미경으로 관찰해 본 결과 표면무늬에 있어 모두 유공상으로 Lee(1983)가 평활상으로 보고한 것과 불일치하여 광학현미경적 결과를 보완할 수 있었으며, pit가 존재하는 것이 관찰되었다. 따라서 기낭의 표면무늬가 망상이라는 Kim과 Lee(1978), Kim과 Koh(1981) 및 Chang(1986)의 보고는 광학현미경적 관찰에 한정된 오류라 생각되며, 실제로 광학현미경 상에서는 기낭의 표면무늬가 망상으로 관찰되나 이는 기낭 표면의 무늬가 아니라 투과전자현미경으로 관찰해 본 결과 기낭내부의 망상구조가 광학현미경 하에서 투시된 것으로 밝혀졌다(Figs. 38-66, 80). 또한 주사전자현미경으로 관찰한 결과 *Abies*속과 *Pinus*속 화분립에 있어 기낭의 표면무늬는 모두 유공상으로 같았으나 몸체는 *Pinus*속이 모두 두상으로, *Abies*속에서는 두상과 난선상으로 나타나 표면무늬가 2축을 결정짓는 특징이라 볼 수는 없었으나, 광학현미경을 통해 볼 때 *Pinus*속이 *Abies*속에 비해 몸체의 표면이 다소 거친 것을 관찰할 수 있었다 (Table 2; Figs. 5-23, 38-66).

한편, 투과전자현미경을 사용하여 화분립의 표면구조를 관찰한 결과 Coniferales내의 분류군 중 Pinaceae를 제외한 Taxaceae, Taxodiaceae 및 Cupressaceae의 일부 분류군의 내표벽이 여러 층으로 구성된 관상구조로 나타났고, 이는 Van Campo (1971)의 보고와 일치하였다(Figs. 86-88).

분류학적으로 볼 때, 본 연구에 취급된 Coniferales에 속하는 Taxaceae, Pinaceae, Taxodiaceae 및 Cupressaceae의 분류군들은 화분학적 형질의 중복으로 인해 과 수준에서의 구분은 불가능하였으나, 각각의 과 내에서 속과 그 이하의 분류군 구분에는 비교적 뚜렷한 형질의 차이를 보였고, Pinaceae의 화분립 중 *Abies*속, *Pinus*속 그리고 *Picea*속은 그 형태나 크기, 표면 및 표벽의 상태 등에 있어 뚜렷한 차이를 보여 속의 동정에는 상당히 유용하였으나, 속내의 종 동정은 유사한 형질의 중복으로 인해 어려운 점이 있었고, *Abies*속에서는 비교적 유용하였다. 그러나 *Pinus*속 분류군들은 크기에 있어 약간의 차이를 보였을 뿐 다른 형질에 있어 중복되는 점이 특히 많아 화분학적 특징만으로는 *Pinus*속의 종분류에 어려움이 따르는 것으로 판단된다.

## 사 사

본 연구는 교육부 기초과학연구소 학술연구조성비(BSRI-93-427)에 의해서 수행된 것임.

## 인 용 문 헌

- Cain, S.A. 1940. The identification of fossil pollen of *Pinus* by size-frequency determinations. *Am. J. Bot.* 27: 301-308.
- Chang, N.K. 1986. Illustrated Flora and Fauna of Korea. Vol. 29, Pollens. Ministry of Education, Seoul. 899 pp.
- Doyle, J.A., M. Van Campo and B. Lugardon. 1975. Observations on exine structure of *Eucommidites* and lower cretaceous angiosperm pollen. *Pollen Spores* 17: 429-486.
- Erdtman, G. 1952. Pollen Morphology and Plant Taxonomy—Angiosperms (An introduction to palynology, Vol. 1). Almqvist and Wiksell, Stockholm.
- Erdtman, G. 1957. Pollen and Spore Morphology/Plant Taxonomy. II. Gymnospermae, Pteridophyta, Bryophyta (Illustrations).—Stockholm (Almqvist and Wiksell). 151 pp. Cited from Faegri and Iversen (1975).
- Erdtman, G. 1971. Pollen Morphology and Plant Taxonomy, Angiosperms. Hafner Publ. Co., New York. 533 pp.
- Faegri, K. and J. Iversen. 1975. Textbook of Pollen Analysis. Ed. 3rd. Hafner Publ. Co., New York. 295 pp.
- Ikuse, M. 1956. Pollen Grains of Japan. Hirokawa Publ. Co., Tokyo. 303 pp.
- Kim, K.H. and D.S. Koh. 1981. Contribution to the pollen morphology and taxonomy of Korean Coniferales on the generic level. *J. Sci. Res. Inst. Col. Agr. Chonbuk Nat. Univ.* 12: 58-68.
- Kim, K.H. and S.T. Lee. 1978. Contribution to the pollen morphology and taxonomy of Korean gymnosperms on the generic level. *J. Korean For. Soc.* 40: 35-42.
- Lec, S.T. 1978. Phylogenetic significance of pollen morphology. *Kor. J. Pl. Tax.* 8: 59-68.
- Lee, S.T. 1983. Systematic studies of the Korean gymnosperms the genus *Pinus*—A palynotaxonomy of the genus *Pinus*—*Annual Report of Biological Res. Chonbuk Nat. Univ.* 4: 145-156.
- Radford, A.E., W.C. Dickinson, J.R. Massey and C.R. Bell. 1974. Vascular Plant Systematics. Harper and Row, New York. 891 pp.
- Roger, J. 1954. Revue de quelques travaux paléobotaniques récents publiés en U. R. S. S. Annales du C. E. D. P. 6-2. Paris.
- Shin, C.N. 1982. The palynological taxonomy of the genus *Pinus* from Korea. Ph. D. Thesis. Chung Ang Univ., Seoul. 43 pp.
- Ueno, J. 1957. Relationships of genus *Tsuga* from pollen morphology. *J. Inst. Poly. Osaka City Univ.* 8: 191-202.
- Ueno, J. 1958. Some palynological observations of Pinaceae. *J. Inst. Poly. Osaka City Univ.* 9: 163-188.
- Ueno, J. 1959. Some palynological observations of Taxaceae, Cupressaceae and Araucariaceae. *J. Inst. Poly. Osaka City Univ.* 10: 75-86.
- Ueno, J. 1960a. Studies on pollen grains of gymnospermae



- concluding remarks to the relationships between Coniferae. *J. Inst. Poly. Osaka City Univ.* **D-11**: 109-136.
- Ueno, J. 1960b. On the fine structure of the cell walls of some gymnosperm pollen. *Biol. J. Nara Women's Univ.* **10**: 19-25.
- Van Campo-Duplan, M. 1950. Recherches sur la phylogénie des Abictinées d'après leurs grains du pollen. — *Trav. lab. for. Toulouse* **2, 4**: 1-183. Cited from Faegri and Iversen (1975).
- Van Campo, M. 1971. Précisions nouvelles sur les structures comparées des pollens de Gymnospermes et d'Angiospermes. *C. R. Acad. Sc. Paris, t.* **272**: 2071-2074.
- Van Campo, M. and B. Lugardon. 1973. Structure grenue infractectale de l'ectexine des pollens de quelques Gymnospermes et Angiospermes. *Pollen Spores* **15**: 171-184.
- Walker, J.W. and A.G. Walker. 1984. Ultrastructure of lower cretaceous angiosperm pollen and the origin and early evolution of flowering plants. *Ann. Mo. Bot. Gard.* **71**: 464-521.
- Walker, J.W. and J.A. Dolye. 1975. The bases of angiosperm phylogeny: Palynology. *Ann. Mo. Bot. Gard.* **62**: 664-723.
- Wodehouse, R.P. 1935. *Pollen Grains*. McGraw-Hill, New York. 574 pp.

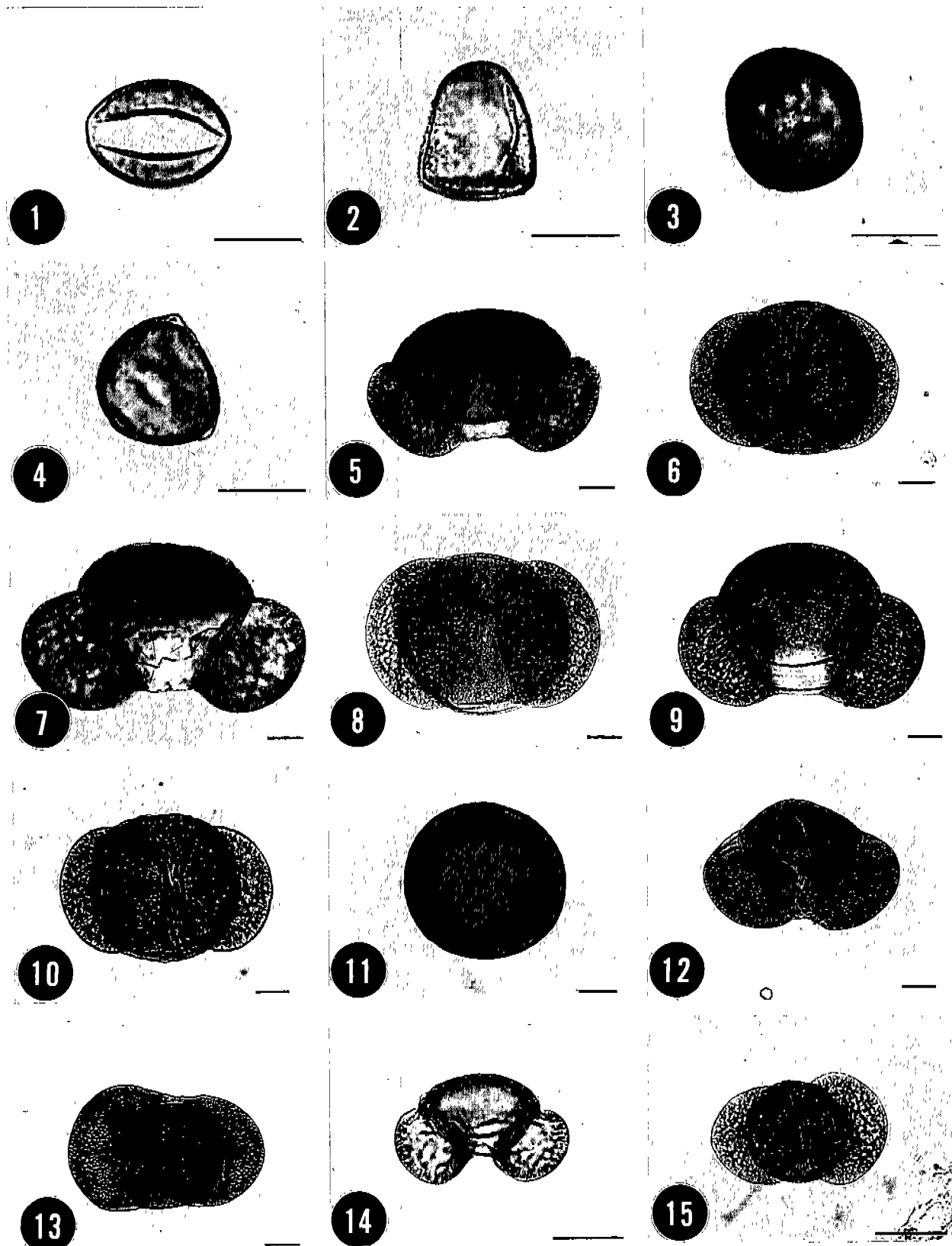
(1994. 2. 1 接受)

### Explanation of Figures

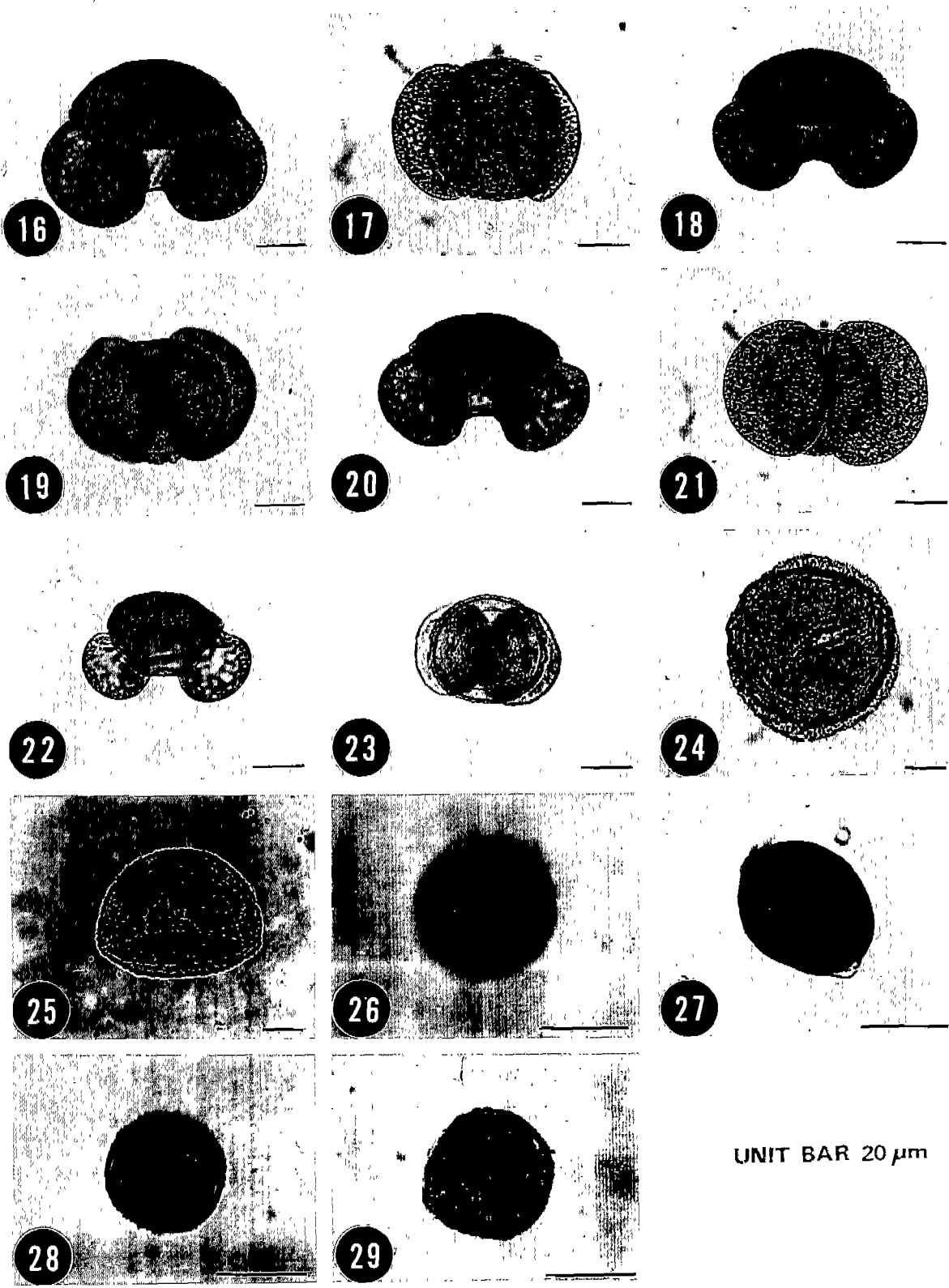
**Figs. 1-29.** LM photographs of gymnosperm pollens. Fig. 1. *Ginkgo biloba*. Fig. 2. *Taxus cuspidata*. Fig. 3. *Cephalotaxus koreana*. Fig. 4. *Torreya nucifera*. Figs. 5-6. *Abies holophylla*. Figs. 7-8. *A. koreana*. Figs. 9-10. *A. nephrolepis*. Fig. 11. *Larix gmelini* var. *principisruprechtii*. Figs. 12-13. *Picea koraiensis*. Figs. 14-15. *Pinus densiflora*. Figs. 16-17. *P. koraiensis*. Figs. 18-19. *P. parviflora*. Figs. 20-21. *P. pumila*. Figs. 22-23. *P. thunbergii*. Figs. 24-25. *Tsuga sieboldii*. Fig. 26. *Cryptomeria japonica*. Fig. 27. *Juniperus chinensis*. Fig. 28. *J. rigida*. Fig. 29. *Thuja orientalis*.

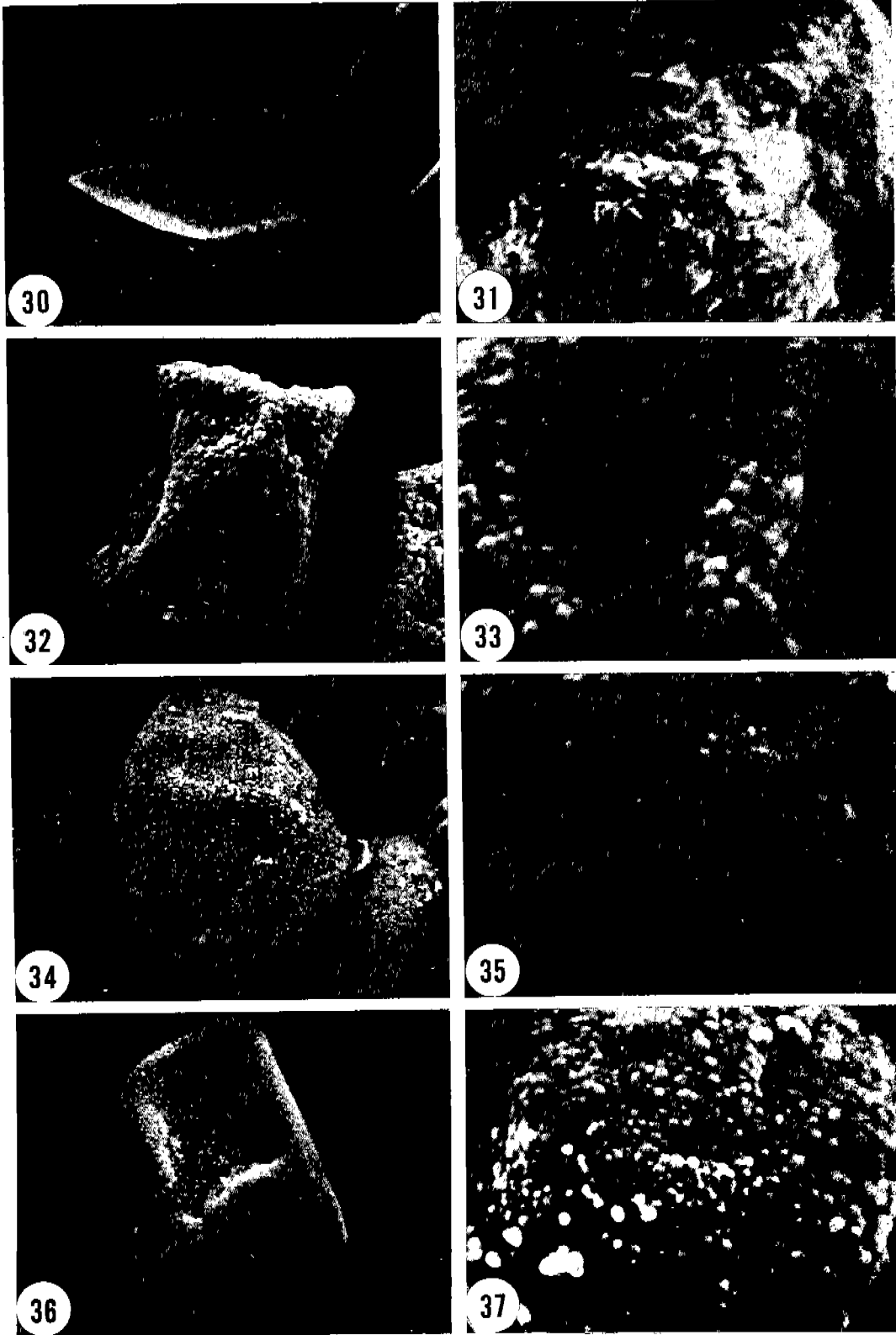
**Figs. 30-78.** SEM photographs of gymnosperm pollens. Figs. 30-31. *Ginkgo biloba* ( $\times 1700$ ,  $\times 5000$ ). Figs. 32-33. *Taxus cuspidata* ( $\times 2800$ ,  $\times 6000$ ). Figs. 34-35. *Cephalotaxus koreana* ( $\times 1700$ ,  $\times 5000$ ). Figs. 36-37. *Torreya nucifera* ( $\times 2190$ ,  $\times 5000$ ). Figs. 38-40. *Abies holophylla* (pollen, body, air bladder;  $\times 650$ ,  $\times 5000$ ,  $\times 4000$ ). Figs. 41-43. *A. koreana* (pollen, body, air bladder;  $\times 650$ ,  $\times 3500$ ,  $\times 5000$ ). Figs. 44-46. *A. nephrolepis* (pollen, body, air bladder;  $\times 750$ ,  $\times 3000$ ,  $\times 5000$ ). Figs. 47-48. *Larix gmelini* var. *principisruprechtii* ( $\times 800$ ,  $\times 5000$ ). Figs. 49-51. *Picea koraiensis* (pollen, body, air bladder;  $\times 800$ ,  $\times 3000$ ,  $\times 3000$ ). Figs. 52-54. *Pinus densiflora* (pollen, body, air bladder;  $\times 1600$ ,  $\times 5000$ ,  $\times 6000$ ). Figs. 55-57. *P. koraiensis* (pollen, body, air bladder;  $\times 1200$ ,  $\times 3000$ ,  $\times 6000$ ). Figs. 58-60. *P. parviflora* (pollen, body, air bladder;  $\times 1100$ ,  $\times 3000$ ,  $\times 3500$ ). Figs. 61-63. *P. pumila* (pollen, body, air bladder;  $\times 1200$ ,  $\times 5000$ ,  $\times 7000$ ). Figs. 64-66. *P. thunbergii* (pollen, body, air bladder;  $\times 1600$ ,  $\times 3000$ ,  $\times 6000$ ). Figs. 67-69. *Tsuga sieboldii* ( $\times 800$ ,  $\times 800$ ,  $\times 3000$ ). Figs. 70-72. *Cryptomeria japonica* ( $\times 2200$ ,  $\times 1500$ ,  $\times 5000$ ). Figs. 73-74. *Juniperus chinensis* ( $\times 3000$ ,  $\times 4500$ ). Figs. 75-76. *J. rigida* ( $\times 2000$ ,  $\times 6500$ ). Figs. 77-78. *Thuja orientalis* ( $\times 2500$ ,  $\times 5500$ ).

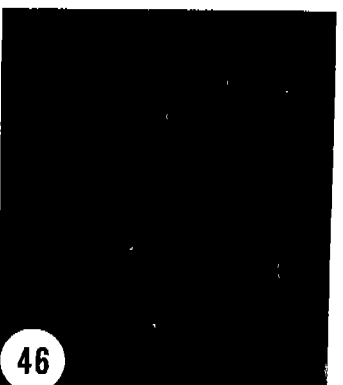
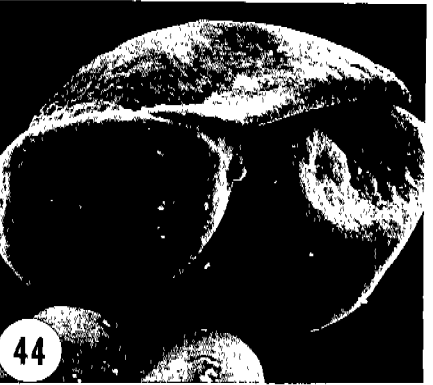
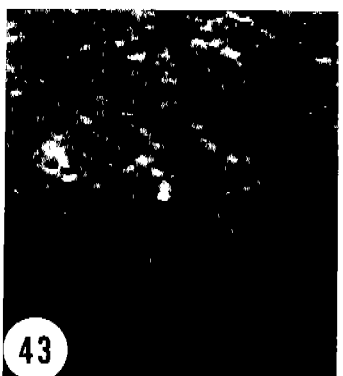
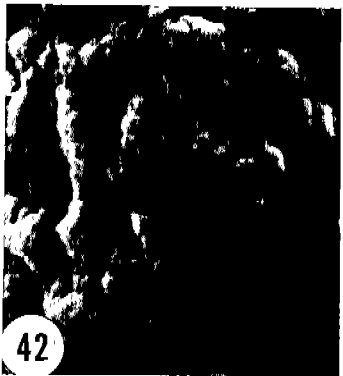
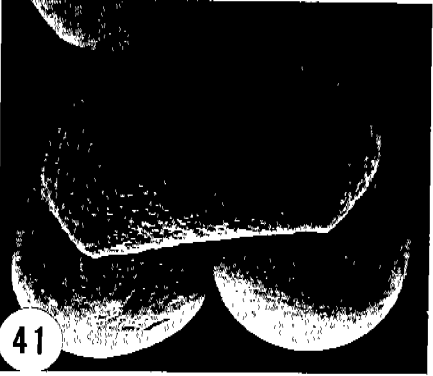
**Figs. 79-88.** TEM photographs of gymnosperm pollen. Fig. 79. *Abies holophylla* ( $\times 10,000$ ). Fig. 80. air bladder ( $\times 3000$ ). Figs. 81-82. *Pinus parviflora* ( $\times 2000$ ,  $\times 5000$ ). Figs. 83-84. *Tsuga sieboldii* ( $\times 3000$ ,  $\times 8000$ ). Fig. 85. *Ginkgo biloba* ( $\times 25,000$ ). Fig. 86. *Torreya nucifera* ( $\times 15,000$ ). Fig. 87. *Cryptomeria japonica* ( $\times 25,000$ ). Fig. 88. *Juniperus rigida* ( $\times 20,000$ ).

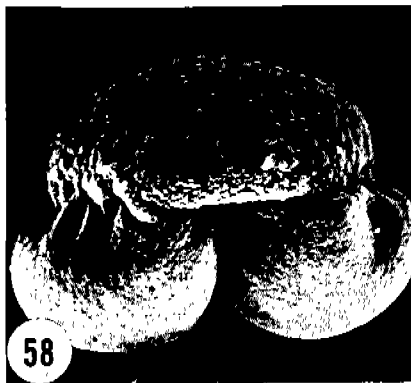
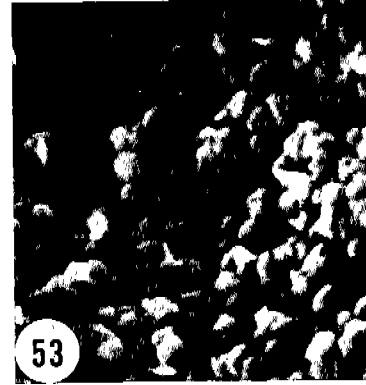
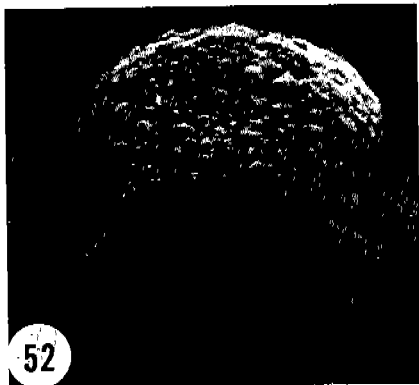
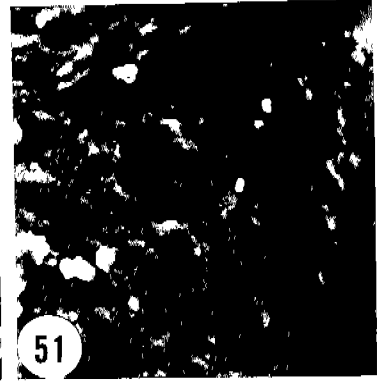
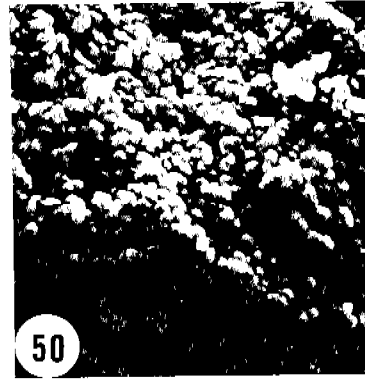


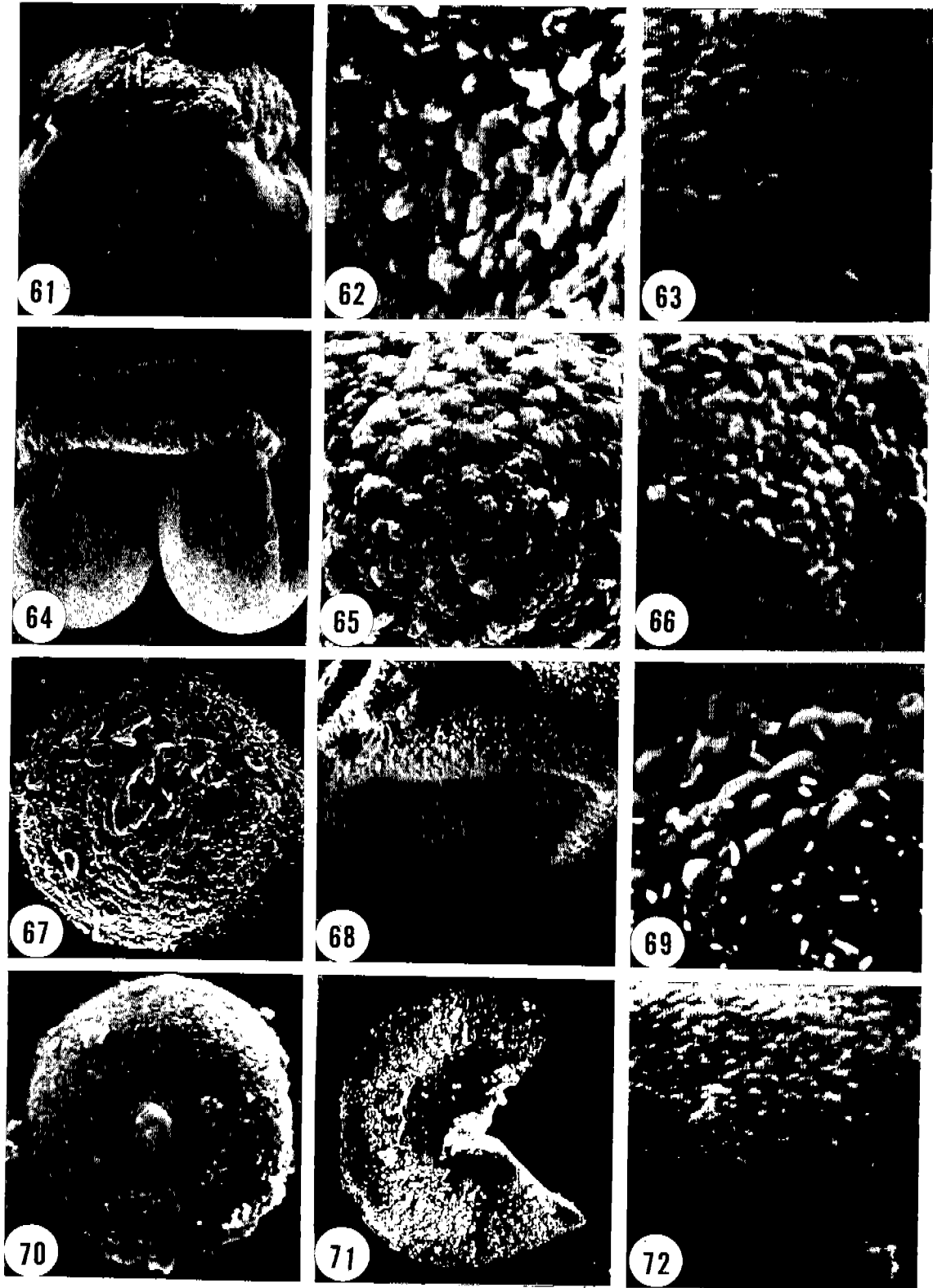
UNIT BAR 20  $\mu$ m

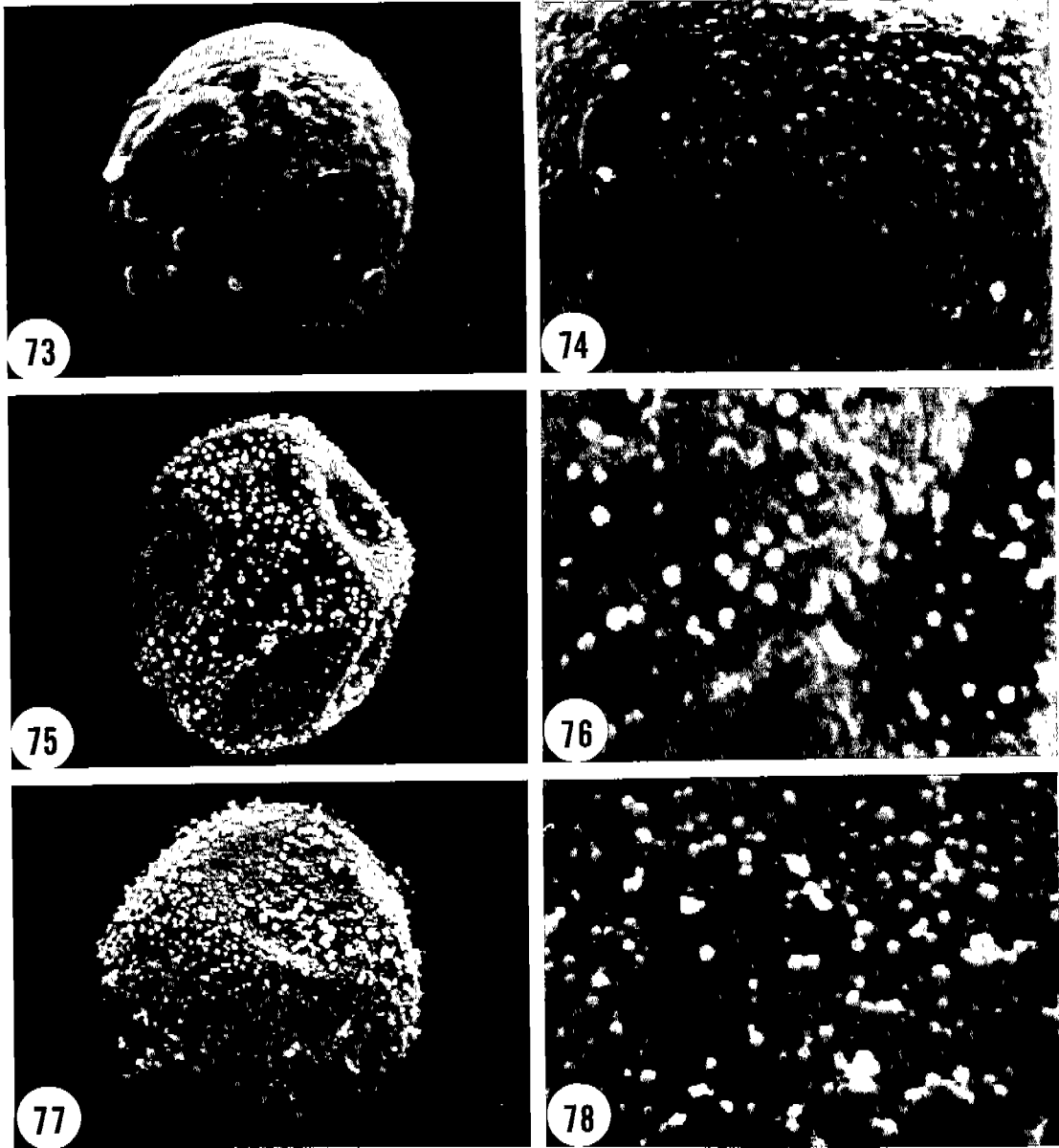




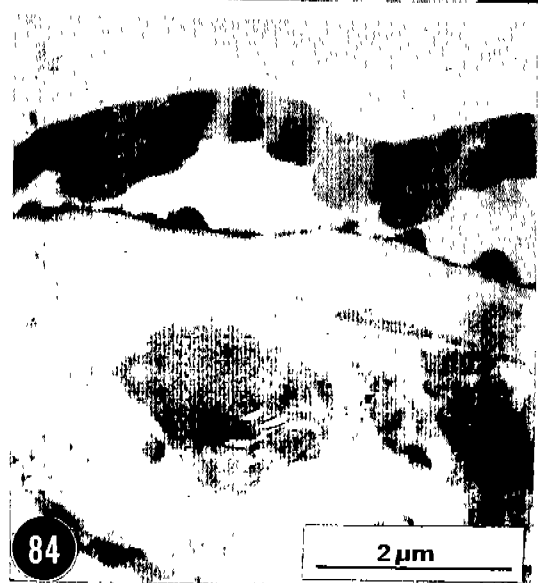
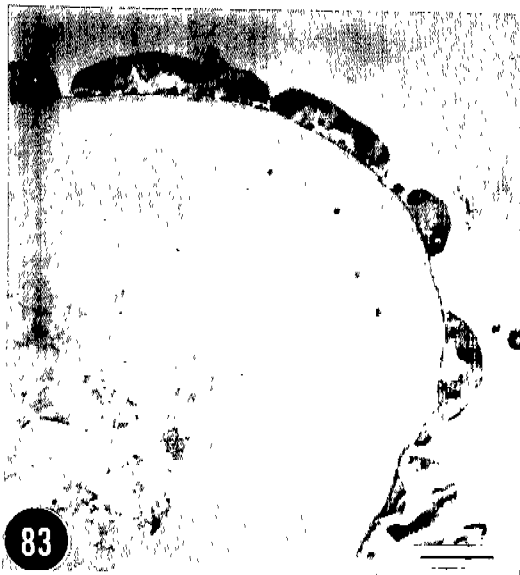
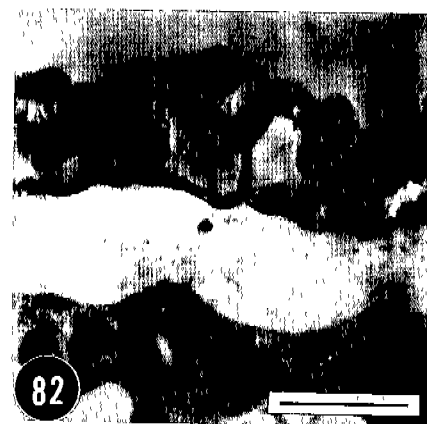
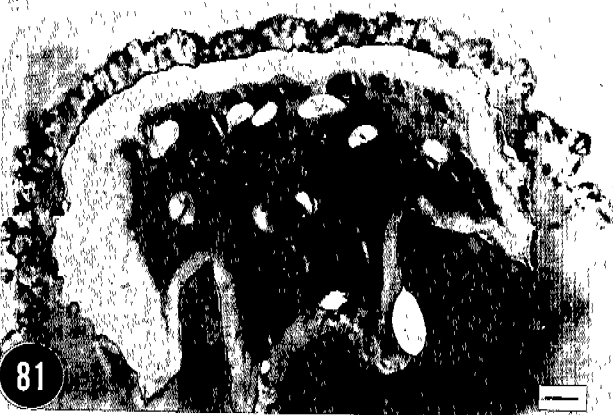


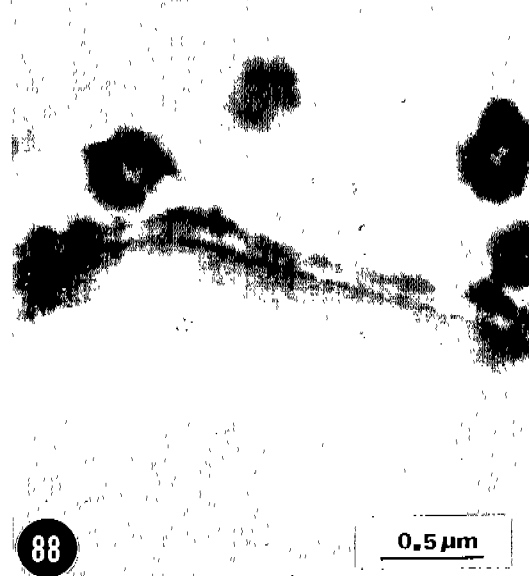
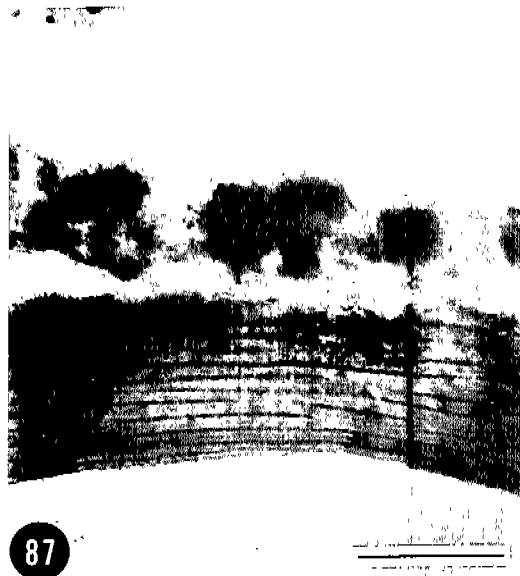












---

## Comparative Morphology of Pollen Grains from Some Korean Gymnosperms

Soh, Joo Yeop, Kyoung Hwan Tae, Sung Chul Ko\* and Woong Young Soh<sup>1</sup>

*Department of Biology, Han Nam University, Taejon 300-791, Korea; and*

*<sup>1</sup>Department of Biology, Chonbuk National University, Chonju 560-756, Korea*

### ABSTRACT

Pollen grains of 19 taxa belonging to 12 genera in 5 families of the Korean gymnosperms were investigated by LM, SEM and TEM, and their morphological characters were described and palynological keys were made for each family. From the taxonomic viewpoint, palynological characters are very available to intergeneric and intrageneric classifications since their distinctive differences in pollen shape, size, condition of surface, sculpture pattern and presence of air bladders and projection except for the intrageneric classification of the genus *Pinus* since the overlapped characters such as pollen size and sculpture pattern. Pollen grains of *Picea koraiensis* in the family Pinaceae are distinguished from the genera *Pinus* and *Abies* for the reasons that shape of air bladders are irregular, air bladders are bigger than pollen body, and pollen wall is thin. Compared with the genera *Abies* and *Pinus* that have air bladders, *Picea koraiensis* is closely related to *Abies* in that pollen body wall become gradually thin from pole of proximal face to air bladder, surface of pollen body is not rough, and pollen size is similar to that of the genus *Abies*. The presence of ectexine and enexine in proximal face, and the connections of the former to air bladder wall and the latter to distal face were elucidated by the investigation of pollen grains with air bladders through TEM. Endexine of the families of Taxaceae, Taxodiaceae and Cupressaceae was also observed as a pile of laminae. From the observation by SEM, sculpture pattern of air bladder was foveolate with fine pits on surface. Sculpture pattern of air bladder is reticulate under LM, but observed by TEM, it resulted from the transmission of netted structure in air bladder.

*Key words* : pollen, gymnosperms, intergeneric and intrageneric classification

---

\*Corresponding author : Fax +82-42-625-5874