

韓國에서 生育하는 단풍나무屬 花粉의 形態學的 研究¹

金燮煥² · 朴準謨³

A Study on the Pollen Morphology of the Genus *Acer* L. in Korea¹

Kae Hwan Kim² and Joon Moh Park³

요 약

한국에서 生育하는 단풍나무속 19종 1변종의 화분형태를 광학현미경과 주사형전자현미경을 이용하여 관찰하였던 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 한국에서 生育하는 단풍나무속의 화분에 대하여 4가지형 화분검색표를 작성할 수 있었다.
2. 한국에서 生育하는 단풍나무속의 화분을 발아구 형태와 표면무늬에 의하여 단풍나무형, 청시달나무형, 네군도단풍형 그리고 설탕단풍형의 4가지 화분형으로 나눌 수 있었다.
3. 화분립의 발아구 형태는 3구형 또는 3공구형이었으며, 표면무늬는 유선상, 난선상, 망상 등으로 나타났다.
4. 화분형태 parameters의 상관분석 결과, 극축의 길이와 발아구의 길이간에 밀접한 관련이 있음을 나타냈다.

ABSTRACT

The pollen morphology of 19 species and 1 variety of the genus *Acer* L. in Korea was investigated by light and scanning electron microscopy. The results are as follows ;

1. A pollen key of the genus *Acer* L. in Korea was provided in four types.
2. Based on the aperture types and sculpture patterns, the four major pollen types of the genus *Acer* L. in Korea were recognized which included *palmatum*, *barbinerve*, *negundo* and *saccharum* types.
3. Pollen grains are tricolpate or tricolporate on the aperture, and striate, rugulate or reticulate on the sculpture pattern.
4. As the result of the correlation analysis between the five measured pollen parameters in pairs, a highly significant positive correlation was found between polar axis length(PL) and colpus length (CL).

Key words : Pollen morphology, *Acer*.

¹ 接受 1996年 4月 25日 Received on April 25, 1996.

² 전북대학교 농과대학 산림과학부 Faculty of Forest Science, College of Agriculture, Chonbuk National University, Chonju 561-756, Korea.

³ 전북대학교 대학원 임학과 Department of Forestry, Graduate School, Chonbuk National University, Chonju 561-756, Korea.

서 언

단풍나무속(*Acer*)은 단풍나무과(*Aceraceae*)의 대부분을 차지하는 큰 속으로서 세계적으로 150여 종에 달하며, 주로 아시아가 분포 중심지이나 유럽, 북아메리카, 아프리카 북부까지 널리 분포되어 있고, 대부분은 낙엽교목이지만 간혹 상록교목 및 관목도 있다(Harlow와 Harrar, 1950; Lawrence, 1963; Rehder, 1974).

우리나라에는 외래종을 포함하여 약 60여 분류군이 전국에 분포 또는 식재되어 있으며, 목재가 강건하고 무늬가 아름다워 가구재·건축재·악기재 등의 용도가 다양하고, 특히 관상적 가치가 높아 그 중요성이 증대되고 있다(정태현, 1957; 김윤식 등, 1981; 홍성천 등, 1987; 이창복, 1988, 1989; 이창복 등, 1992).

단풍나무속(*Acer*)은 Linnaeus(1737)에 의해 뚜렷한 속으로 설정된 이래 Pax(1885), Rehder(1905), Nakai(1915, 1952), Fang(1932), Momotani(1961, 1962), Ogata(1967), Delendick(1981), De Jong(1990) 등에 의해 많은 계통학적 연구가 이루어져 왔다(De Jong 등, 1994에서 재인용). Rehder(1905)는 단풍나무속을 잎, 화서, 열매 등의 외부형태학적 특징에 의해 14절로 나누어 체계적으로 정리하였고, Momotani(1962)는 단풍나무속을 *Acer*, *Negundo*, *Carpiniifolia*의 3아속으로 분류하였고, Nakai(1915)는 한국산 단풍나무속의 10종 10변종 2품종을 3아속(*Extrastaminalia*, *Circumstaminalia*, *Intrastaminalia*) 8절로 분류한 바 있다. 그러나 단풍나무속의 아속, 절, 열매 등에 대한 분류학적 견해는 아직도 학자들간의 의견을 달리하고 있는 실정이다.

단풍나무속(*Acer*)에 관한 분류는 지금까지 대부분 외부형태학적 측면의 연구에 치중했으나 근년에는 화분학적 측면의 연구가 시도되고 있다. 단풍나무속의 화분형태학적 측면의 연구를 보면 Erdtman(1952)은 본 속이 포함되어 있는 단풍나무과(*Aceraceae*) 2속 8종의 화분형태에 관한 일반적 사항을 간략하게 기재하여 화분립의 형태가 칠엽수과(*Hippocastanaceae*)와 무환자나무과(*Spindaceae*)에 유사함을 언급하였으며, Faegri와 Iverson(1975)은 북서유럽의 단풍나무속 화분에 대하여 화분립의 크기, 발아구의 형태와 표면무늬 등을

관찰하였다. 특히 Biesboer(1975)는 *Dipteronia* 속 1종을 포함한 단풍나무속 40종의 화분형태를 광학현미경(LM)과 주사형전자현미경(SEM)으로 관찰·기록한 바 화분형태를 표면무늬(*sculpture pattern*)에 의하여 4가지 화분형(유선상형, 난선상형, 과립상형, 망상형)으로 분류하였다.

국내에서는 이연희(1979)가 부계꽃나무(*A. ukurunduense*)의 화분형태를 관찰하였으며, 장남기(1986)는 본 속 9종 3변종 1품종의 화분형태에 대하여 광학현미경에 의한 관찰 결과를 도감의 일부로 간행하였으며, Kim(1982)은 한국산 단풍나무속 14종 1변종에 대한 화분형태를 광학현미경을 이용하여 관찰·기재한 바 발아구의 형태, 표면무늬, 적도면입상 등의 특징에 의해 단풍나무속을 4가지 화분형으로 나누어 검색표를 작성한 바 있으나, 광학현미경 관찰에 의한 연구로서의 한계를 인정한 바 있다.

위와 같이 이들 대부분의 연구는 일부 수종에 한하거나 광학현미경을 이용하여 간략하게 관찰하였으며, 한국산 단풍나무속 화분에 대한 주사형전자현미경을 이용한 전반적인 관찰은 아직 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구는 한국에서 생육하는 단풍나무속(*Acer*) 19종 1변종에 대하여 광학현미경(LM)과 주사형전자현미경(SEM)으로 화분형태학적 특징을 관찰하여 본 속에 대한 분류학적 연구의 기초자료를 얻고자 시도되었다.

재료 및 방법

1. 재료

본 연구에서 사용된 재료는 한국에서 생육하는 단풍나무속(*Acer*) 19종 1변종의 화분을 전국 각지에서 채취하여 재료로 사용하였으며, 각 분류군당 5개체씩, 총 100개체를 표본으로 사용하였다(Table 1).

2. 방법

1) 표본제작

채취된 화분은 Erdtman 방법에 대한 Livingstone의 변법을 응용한 Kim(1982)의 방법으로 초산분해하여 glycerine jelly에 매몰시킨 후 영구표본을 제작하였다.

2) 검경

광학현미경(Olympus BH)과 주사형전자현미경

Table 1. Date and locality of sample collection

Taxa	Sample No.	Date	Locality
<i>Acer barbinerve</i> Maxim. (청시닥나무)	A - 1	April 26, 1995	Hongreung Arboretum, Seoul
	2	May 18, 1995	Mt. Deokyu, Chonbuk
	3	May 18, 1995	Mt. Deokyu, Chonbuk
	4	May 18, 1995	Mt. Deokyu, Chonbuk
	5	May 18, 1995	Mt. Deokyu, Chonbuk
<i>A. buergerianum</i> Miquel (중국단풍)	B - 1	May 8, 1994	Chonju, Chonbuk
	2	May 8, 1994	Chonju, Chonbuk
	3	May 8, 1994	Chonju, Chonbuk
	4	May 11, 1995	Chonju, Chonbuk
	5	May 11, 1995	Chonju, Chonbuk
<i>A. ginnala</i> Maxim. (신나무)	C - 1	May 5, 1994	Chonbuk Nat. Univ., Chonbuk
	2	May 8, 1994	Chonbuk Nat. Univ., Chonbuk
	3	May 19, 1995	Changsu, Chonbuk
	4	May 19, 1995	Changsu, Chonbuk
	5	May 19, 1995	Changsu, Chonbuk
<i>A. japonicum</i> Thunb. et Murray (참단풍나무)	D - 1	April 11, 1994	Chonbuk FEI, Chonbuk
	2	April 14, 1995	Chonbuk FEI, Chonbuk
	3	April 14, 1995	Chonbuk FEI, Chonbuk
	4	April 14, 1995	Chonbuk FEI, Chonbuk
	5	April 14, 1995	Hongreung Arboretum, Seoul
<i>A. mandshuricum</i> Maxim. (복장나무)	E - 1	April 11, 1995	Hongreung Arboretum, Seoul
	2	June 15, 1995	Mt. Odae, Kangwon
	3	June 15, 1995	Mt. Odae, Kangwon
	4	June 15, 1995	Mt. Odae, Kangwon
	5	June 15, 1995	Mt. Odae, Kangwon
<i>A. microsieboldianum</i> Nakai (아기단풍)	F - 1	April 26, 1995	Hongreung Arboretum, Seoul
	2	April 26, 1995	Hongreung Arboretum, Seoul
	3	April 26, 1995	Hongreung Arboretum, Seoul
	4	May 3, 1995	Chonbuk Nat. Univ., Chonbuk
	5	May 18, 1995	Mt. Deokyu, Chonbuk
<i>A. mono</i> Maxim. (고로쇠나무)	G - 1	April 13, 1995	Chonbuk FEI, Chonbuk
	2	April 14, 1995	Chonju Arboretum, Chonbuk
	3	April 26, 1995	Hongreung Arboretum, Seoul
	4	April 29, 1995	Kwangreung Arboretum, Kyunggi
	5	May 4, 1995	Mt. Deokyu, Chonbuk
<i>A. negundo</i> L. (네군도단풍)	H - 1	April 8, 1994	Wonkwang Nat. Univ., Chonbuk
	2	April 9, 1994	Chonju, Chonbuk
	3	April 11, 1994	Wonkwang Nat. Univ., Chonbuk
	4	April 16, 1995	Buan, Chonbuk
	5	April 16, 1995	Chonju Arboretum, Chonbuk
<i>A. okamotoanum</i> Nakai (우산고로쇠)	I - 1	April 4, 1995	Chonbuk FEI, Chonbuk
	2	April 14, 1995	Chonbuk FEI, Chonbuk
	3	April 18, 1995	Cholipo Arboretum, Chungnam
	4	April 29, 1995	Kwangreung Arboretum, Kyunggi
	5	April 29, 1995	Kwangreung Arboretum, Kyunggi
<i>A. palmatum</i> Thunberg (단풍나무)	J - 1	April 27, 1994	Chonju Arboretum, Chonbuk
	2	May 3, 1994	Kyongbuk FEI, Kyongbuk
	3	April 13, 1995	Chonnam FEI, Chonnam
	4	April 20, 1995	Chonju, Chonbuk
	5	May 3, 1995	Kyunggi FEI, Kyunggi

Table 1. Continued

Taxa	Sample No.	Date	Locality
<i>A. pseudosieboldianum</i> (Pax) Komarov (당단풍나무)	K - 1	May 2, 1994	Chonju Arboretum, Chonbuk
	2	May 3, 1994	Kyongbuk FEI, Kyongbuk
	3	May 3, 1994	Kyongbuk FEI, Kyongbuk
	4	May 5, 1994	Chonbuk Nat. Univ., Chonbuk
	5	May 3, 1995	Chonbuk Nat. Univ., Chonbuk
<i>A. rubrum</i> L. (루브롬단풍)	L - 1	April 1, 1994	Wonkwang Nat. Univ., Chonbuk
	2	April 3, 1995	Kyongsang Nat. Univ., Kyongnam
	3	April 3, 1995	Kyongsang Nat. Univ., Kyongnam
	4	April 3, 1995	Kyongsang Nat. Univ., Kyongnam
	5	April 11, 1995	Seoul Nat. Univ., Kyunggi
<i>A. saccharinum</i> L. (은단풍)	M - 1	April 9, 1994	Chonbuk Nat. Univ., Chonbuk
	2	April 1, 1995	Chonju, Chonbuk
	3	April 1, 1995	Chonju, Chonbuk
	4	April 5, 1995	Mt. Chiri, Chonbuk
	5	April 10, 1995	Kyunggi FEI, Kyunggi
<i>A. saccharum</i> Marshall (설탕단풍)	N - 1	April 13, 1995	Chonnam FEI, Chonnam
	2	April 13, 1995	Chonnam FEI, Chonnam
	3	April 13, 1995	Chonnam FEI, Chonnam
	4	April 13, 1995	Chonnam FEI, Chonnam
	5	April 13, 1995	Chonnam FEI, Chonnam
<i>A. takesimense</i> Nakai (섬단풍나무)	O - 1	April 18, 1995	Cholipo Arboretum, Chungnam
	2	April 18, 1995	Cholipo Arboretum, Chungnam
	3	April 18, 1995	Cholipo Arboretum, Chungnam
	4	May 3, 1995	Cholipo Arboretum, Chungnam
	5	May 3, 1995	Cholipo Arboretum, Chungnam
<i>A. tegmentosum</i> Maxim. (산겨릅나무)	P - 1	April 11, 1995	Kwanak Arboretum, Kyunggi
	2	April 27, 1995	Kwanak Arboretum, Kyunggi
	3	April 27, 1995	Kwanak Arboretum, Kyunggi
	4	April 27, 1995	Kwanak Arboretum, Kyunggi
	5	May 3, 1995	Cholipo Arboretum, Chungnam
<i>A. triflorum</i> Komarov (복차기)	Q - 1	April 3, 1994	Chonnam FEI, Chonnam
	2	April 6, 1994	Chonnam FEI, Chonnam
	3	April 6, 1995	Chonnam FEI, Chonnam
	4	April 6, 1995	Chonnam FEI, Chonnam
	5	April 16, 1995	Byunsan, Chonbuk
<i>A. truncatum</i> Bunge (만주고로쇠)	R - 1	April 27, 1995	Kwanak Arboretum, Kyunggi
	2	April 29, 1995	Kwanak Arboretum, Kyunggi
	3	April 29, 1995	Kwanak Arboretum, Kyunggi
	4	May 3, 1995	Cholipo Arboretum, Chungnam
	5	May 3, 1995	Cholipo Arboretum, Chungnam
<i>A. tschonoskii</i> var. <i>rubripes</i> Komarov (시닥나무)	S - 1	April 11, 1995	Seoul Nat. Univ., Kyunggi
	2	April 11, 1995	Seoul Nat. Univ., Kyunggi
	3	April 11, 1995	Kwanak Arboretum, Kyunggi
	4	April 11, 1995	Kwanak Arboretum, Kyunggi
	5	April 27, 1995	Seoul Nat. Univ., Kyunggi
<i>A. ukurunduense</i> Trautv. et Meyer (부계꽃나무)	T - 1	June 15, 1995	Mt. Odae, Kangwon
	2	June 15, 1995	Mt. Odae, Kangwon
	3	June 15, 1995	Mt. Odae, Kangwon
	4	June 15, 1995	Mt. Odae, Kangwon
	5	June 15, 1995	Mt. Odae, Kangwon

Abbreviation : FEI = Forest environmental research institute

(ISI JSM-T 330A)을 사용하여 검경하였다.

3) 측정 및 관찰

각 분류군당 5개체씩(100개체), 개체당 화분 20립씩, 총 2,000립을 대상으로 화분립의 극축 길이, 적도면 지름, 발아구의 길이와 폭, 표벽두께 등을 측정·관찰하였다.

4) 분석

통계처리는 SAS Version 6.04(SAS Institute, Cary, NC)를 이용하여 분석하였다.

5) 용어

본 연구 화분형태의 기재에 사용한 용어는, 원어는 Erdtman(1952), Faegri와 Iverson(1975), 번역어는 이상태(1978)와 Kim(1982)에 따랐으며, 단풍나무속(*Acer*)의 분류체계는 De Jong 등(1994)을 기초로 하였다.

결 과

단풍나무속(*Acer*) 화분형태의 측정과 관찰은 화분립의 극축 길이, 적도면 지름, 발아구의 길이와 폭, 표벽두께, 표면무늬 등을 대상으로 하였으며, 이들 결과는 Table 2와 Plate I·II에 요약되어 있다.

1. 화분의 형태학적 특징

1) 화분립의 크기

본 속 화분립의 크기는 매우 다양하여 극축 길이 18.6~48.4 μ m, 폭 11.2~35.3 μ m이었는데, 복자기(*A. triflorum*)가 43.5 \pm 2.24 μ m로 조사한 수종 중 가장 컸으며, 부계꽃나무(*A. ukurunduense*)가 23.4 \pm 1.54 μ m로 가장 작게 나타났다. 그러나 폭에 있어서는 설탕단풍(*A. saccharum*)이 29.8 \pm 2.51 μ m로 가장 컸으며, 부계꽃나무(*A. ukurunduense*)가 19.0 \pm 1.11 μ m로 가장 작게 나타났다(Table 2).

2) 발아구의 크기

본 속 화분립의 발아구 크기는 길이 14.9~44.6 μ m, 폭 1.49~2.98 μ m이었는데, 복자기(*A. triflorum*)가 39.2 \pm 2.25 μ m로 조사한 수종 중 가장 컸으며, 부계꽃나무(*A. ukurunduense*)가 18.8 \pm 1.66 μ m로 가장 작게 나타났다. 한편, 발아구의 폭은 섬단풍나무(*A. takesimensis*)가 2.34 \pm 0.22 μ m로 가장 컸으며, 네군도단풍(*A. negundo*)이 1.92 \pm 0.24 μ m로 가장 작게 나타났다(Table 2).

본 속 발아구의 형태에 있어서는 3구형(tricolpate) 또는 3공구형(tricolporate)으로 나타났다. 수종별로는 청시닥나무, 중국단풍, 신나무, 복장나무, 고로쇠나무, 네군도단풍, 우산고로쇠, 루브롬단풍, 은단풍, 설탕단풍, 산겨릅나무, 복자기, 만주고로쇠, 시닥나무는 3구형이었고, 참단풍나무, 아기단풍, 단풍나무, 당단풍나무, 섬단풍나무, 부계꽃나무는 3공구형이었다. 이것은 단풍나무속의 화분검색표를 작성하는데 중요한 근거가 되었다(Plate 41~80).

3) 적도면 입상

본 속 화분립의 극축 길이(PL)와 적도면 지름(EW)의 비 즉, P/E 지수는 약 0.79~2.09로 화분립의 적도면 입상은 아단구형(suboblate)~과장구형(perprolate)이었다. 수종별로는 신나무, 참단풍나무, 단풍나무, 은단풍, 산겨릅나무, 만주고로쇠, 부계꽃나무는 아장구형(subprolate)이었고, 청시닥나무, 복장나무, 아기단풍, 고로쇠나무, 네군도단풍, 우산고로쇠, 당단풍나무, 루브롬단풍, 설탕단풍, 섬단풍나무, 복자기, 시닥나무는 장구형(prolate)이었으며, 중국단풍은 유일하게 약단구형(oblate-spheroidal)이었는데, 이 결과로 같은 속내에서도 종들의 적도면 입상이 다양함을 알 수 있었다(Table 2).

4) 표벽의 두께

본 속 화분립의 표벽두께는 1.49~2.23 μ m이었으며, 외표벽이 내표벽보다 약간 두꺼웠다. 수종별로는 설탕단풍(*A. saccharum*)이 2.09 \pm 0.21 μ m로 조사한 수종 중 가장 컸고, 네군도단풍(*A. negundo*)이 1.76 \pm 0.22 μ m로 가장 작게 나타났다(Table 2, Plate 1~40).

5) 표면무늬

본 속 화분립의 표면무늬는 유선상(striate), 난선상(rugulate), 망상(reticulate) 등의 3가지 유형이었다. 대부분의 수종(참단풍나무, 아기단풍, 단풍나무, 당단풍나무, 섬단풍나무, 부계꽃나무, 신나무, 중국단풍, 시닥나무, 산겨릅나무, 청시닥나무, 복장나무, 복자기, 고로쇠나무, 우산고로쇠, 만주고로쇠, 루브롬단풍)이 유선상이었으며, 네군도단풍과 은단풍은 난선상, 그리고 설탕단풍은 망상이었다(Plate 41~80). 이 결과로 같은 속내에서도 표면무늬의 다양함을 알 수 있었고, 이것은 단풍나무속의 화분검색표를 작성하는데 중요한 근거가 되었다.

Table 2. Pollen morphological data of *Acer L.* in Korea

Taxon	Pollen			Colpus		ET(μm)	Equatorial View	Aperture Type	Sculpture Pattern	Pollen Type
	PL(μm)	EW(μm)	P/E	CL(μm)	CW(μm)					
<i>Acer barbinerve</i>	30.0±1.81	21.9±1.33	1.37±0.11	26.0±1.79	2.06±0.19	1.82±0.16	Prolate	3-colpate	Striate	II
<i>A. buergerianum</i>	25.4±1.85	26.1±1.53	0.98±0.10	21.5±1.89	2.00±0.18	1.88±0.11	Oblate-spheroidal	3-colpate	Striate	II
<i>A. ginnala</i>	27.8±1.65	22.7±1.40	1.23±0.09	23.3±1.66	2.04±0.21	1.98±0.17	Subprolate	3-colpate	Striate	II
<i>A. japonicum</i>	29.7±2.31	24.3±1.60	1.23±0.11	24.6±2.25	1.94±0.28	1.92±0.22	Subprolate	3-colporate	Striate	I
<i>A. mandshuricum</i>	39.3±2.18	25.6±2.19	1.54±0.13	35.0±2.20	2.03±0.19	1.83±0.21	Prolate	3-colpate	Striate	II
<i>A. microsieboldianum</i>	35.6±1.59	25.7±1.47	1.39±0.09	30.9±1.67	2.17±0.24	2.00±0.20	Prolate	3-colporate	Striate	I
<i>A. mono</i>	32.8±2.40	24.4±1.91	1.35±0.12	28.8±2.36	2.05±0.19	1.88±0.17	Prolate	3-colpate	Striate	II
<i>A. negundo</i>	29.9±1.78	22.3±1.67	1.35±0.14	25.9±1.85	1.92±0.24	1.76±0.22	Prolate	3-colpate	Rugulate	III
<i>A. okamotoanum</i>	35.3±2.34	26.2±1.89	1.35±0.12	31.2±2.26	2.08±0.18	1.99±0.19	Prolate	3-colpate	Striate	II
<i>A. palmatum</i>	28.2±2.96	23.8±2.60	1.19±0.10	23.8±2.95	2.10±0.22	1.83±0.17	Subprolate	3-colporate	Striate	I
<i>A. pseudosieboldianum</i>	36.3±2.07	25.4±1.54	1.43±0.09	31.0±1.94	2.27±0.22	2.09±0.18	Prolate	3-colporate	Striate	I
<i>A. rubrum</i>	35.9±2.01	26.1±1.67	1.38±0.11	31.8±2.03	2.03±0.19	1.95±0.19	Prolate	3-colpate	Striate	II
<i>A. saccharinum</i>	33.1±2.45	25.1±2.12	1.33±0.12	29.3±2.44	1.98±0.18	1.89±0.18	Subprolate	3-colpate	Rugulate	III
<i>A. saccharum</i>	41.3±2.84	29.8±2.51	1.40±0.14	36.8±2.70	2.11±0.18	2.09±0.21	Prolate	3-colpate	Reticulate	IV
<i>A. takesimensense</i>	35.1±1.57	25.3±1.59	1.39±0.09	29.7±1.60	2.34±0.22	2.09±0.18	Prolate	3-colporate	Striate	I
<i>A. tegmentosum</i>	27.5±2.03	21.0±2.03	1.31±0.10	23.1±1.87	2.11±0.18	1.85±0.16	Subprolate	3-colpate	Striate	II
<i>A. triflorum</i>	43.5±2.24	25.1±1.86	1.74±0.14	39.2±2.25	2.10±0.18	1.92±0.19	Prolate	3-colpate	Striate	II
<i>A. truncatum</i>	33.9±1.81	26.4±1.93	1.29±0.12	30.1±1.83	2.02±0.20	1.88±0.18	Subprolate	3-colpate	Striate	II
<i>A. tshonoskii</i> var. <i>rubripes</i>	31.1±1.91	22.7±1.44	1.37±0.11	27.1±1.86	2.06±0.19	1.82±0.14	Prolate	3-colpate	Striate	II
<i>A. ukuranduense</i>	23.4±1.54	19.0±1.11	1.24±0.11	18.8±1.66	1.99±0.20	1.85±0.14	Subprolate	3-colporate	Striate	I

Abbreviations : PL = Polar axis length EW = Equatorial width CL = Colpus length CW = Colpus width
 ET = Exine thickness P/E = Polar axis length/ Equatorial width
 I = *palmatum* type II = *barbinerve* type III = *negundo* type IV = *saccharum* type

2. 단풍나무속(*Acer*)의 화분검색표

한국에서 생육하는 단풍나무속의 화분립은 표면무늬, 발아구의 형태 등에 의하여 4가지 화분형으로 나누어 검색표를 작성할 수 있었으며, 그 내용은 다음과 같다.

[단풍나무속의 화분형 검색표]

- 1. 발아구는 3공구형이다
 - *palmatum* type (Pollen type I)
- 1. 발아구는 3구형이다
 - 2. 표면무늬는 유선상이다
 - *barbinerve* type (Pollen type II)
 - 2. 표면무늬는 난선상 또는 망상이다
 - 3. 난선상이다
 - *negundo* type (Pollen type III)
 - 3. 망상이다
 - *saccharum* type (Pollen type IV)

Pollen type I (*palmatum* type ; 단풍나무형)

화분립의 표면무늬(*sculpture pattern*) 형태는 돌기들이 비교적 평행하고 규칙적으로 배열된 유선상(*striate*)이며, 유선돌기(*striae*)는 거의 일정한 방향으로 흐른다. 골(*lirae*)은 얇으나 간혹 깊은 경우(아기단풍)도 있으며, 폭에 있어서도 거의 일정하다. 발아구(*aperture*)의 형태는 3공구형(*tricolporate*)으로 공구(*pore*)는 거의 원형(*circular*)에 가깝다(Plate II).

Pollen type II (*barbinerve* type ; 청시닥나무형)

화분립의 표면무늬 형태는 돌기들이 비교적 평행하고 규칙적으로 배열된 유선상(*striate*)이며, 유선돌기(*striae*)는 거의 일정한 방향으로 흐르나

간혹 서로 융합하거나 뒤섞여 있는 경우(신나무, 루브롬단풍, 산겨릅나무)도 있다. 골(*lirae*)은 얇고 폭이 일정하며, 발아구의 형태는 3구형(*tricolpate*)이다(Plate II).

Pollen type III (*negundo* type ; 네군도단풍형)

화분립의 표면무늬 형태는 선상으로 연결된 돌기의 선이 불규칙하게 배열된 난선상(*rugulate*)이며, 난선돌기(*rugulae*)는 폭에 있어서 유선돌기(*striae*)보다 크며 일정치도 않다. 골(*lirae*)은 얇으나 없는 경우도 있어 돌기가 편평하게 보이기도 하며(네군도단풍), 발아구의 형태는 3구형(*tricolpate*)이다(Plate II).

Pollen type IV (*saccharum* type ; 설탕단풍형)

화분립의 표면무늬 형태는 돌기의 연결이 망상구조를 이루는 망상(*reticulate*)이며, 망벽(*muri*)은 폭에 있어서 일정치 않으며, 망강(*lumen*)의 폭보다 2배 정도 크다. 망강은 크기에 있어서 일정치 않고, 전체적으로 둥근 모양이며, 발아구의 형태는 3구형(*tricolpate*)이다(Plate II).

3. 화분형태 parameters의 상관관계와 분산 분석

측정된 5가지 화분형태 parameters의 조합간에 Pearson 상관관계를 분석한 결과(Table 3), 화분립의 극축 길이(PL)와 발아구 길이(CL)간의 상관계수가 0.98438($P < 0.01$)로 가장 높게 나타나 고도의 유의한 정의 상관관계로 나타났다. 또한, 발아구 길이(CL)와 발아구 폭(CW)간의 상관계수가 0.13889로 가장 낮게 나타났으나, 적도면 지름(EW)과 극축 길이(PL), 적도면 지름(EW)과 발아구 길이(CL) 사이에서는 유의성이 인정되었다.

Table 3. Pearson correlation coefficients (R) between five pollen parameters in twenty taxa of *Acer*

	PL	EW	CL	CW	ET
PL					
P>R	0.0				
EW	0.59287				
P>R	0.0001	0.0			
CL	0.98438	0.58278			
P>R	0.0	0.0001	0.0		
CW	0.17530	0.15174	0.13889		
P>R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0	
ET	0.25690	0.27150	0.19479	0.29671	
P>R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0

Abbreviations : PL = Polar axis length EW = Equatorial width CL = Colpus length
 CW = Colpus width ET = Exine thickness

Table 4. Analysis of variance of five pollen parameters on *Acer*

Pollen parameters	Sources	df	SS	MS	F-value
Polar axis length	Species	19	51590.49	2715.29	612.93**
	Error	1980	8765.76	4.43	
	Total	1999	60356.25		
Equatorial width	Species	19	10471.63	551.14	168.54**
	Error	1980	6474.16	3.27	
	Total	1999	16945.79		
Colpus length	Species	19	51047.51	2686.71	619.06**
	Error	1980	8589.77	4.34	
	Total	1999	59637.28		
Colpus width	Species	19	19.45	1.02	25.50**
	Error	1980	82.23	0.04	
	Total	1999	101.68		
Exine thickness	Species	19	18.41	0.97	32.33**
	Error	1980	64.41	0.03	
	Total	1999	82.82		

Note : ** = P < 0.01

한편, 측정된 5가지 화분형태 parameters를 이용한 분산분석 결과 수종별 유의성이 인정되었지만(Table 4), 중복되는 경우가 많아서 종을 식별하는데는 직접적인 도움이 되지 못했다.

고찰

한국에서 생육하는 단풍나무속(*Acer*) 19종 1변종의 화분형태를 광학현미경(LM)과 주사형전자현미경(SEM)으로 관찰하였던 바 발아구 형태, 표면무늬, 적도면 입상 등에서 다양함을 알 수 있었다.

본 연구 결과와 다른 화학적 연구 결과를 비교해 보면, 우선 본 속 화분립의 크기에 있어서 극축의 길이를 Erdtman(1952)은 36~48 μ m, Biesboer(1975)는 21.6~55.2 μ m, Kim(1982)은 21.95~41.05 μ m, 장남기(1986)는 17~32 μ m라고 보고하였으나, 본 연구 결과에서는 18.6~48.4 μ m로 나타나 이들 결과와 차이가 있음을 알 수 있었다. 또한 Faegri와 Iverson(1976)은 북서유럽의 단풍나무속 화분립의 길이가 25 μ m보다 크거나 같다고 보고하였으나, 본 연구 결과 부계꽃나무(*A. ukurunduense*) 화분립의 길이는 23.4 μ m로서 25 μ m보다 작게 나타났다. 이와 같은 차이의 원인은 생육환경, sample의 채집범위 그리고 수종간의 차이 등에 기인한 것이 아닌가 추정된다.

본 연구 결과 단풍나무속의 발아구 형태가 3구형(tricolpate) 또는 3공구형(tricolporate)인 점에

서 Erdtman(1952), Biesboer(1975), Kim(1982) 등의 연구 결과와 일치하나, 모든 종을 3공구형(tricolporate)으로 기재한 장남기(1986)의 결과와는 일치하지 않는다. 표면무늬에 있어서도 유선상(striate), 난선상(rugulate), 망상(reticulate) 등으로 나타나 Biesboer(1975)의 결과와는 잘 일치하나, 장남기(1986)의 결과와는 대부분의 수종에 있어서 상이하게 나타났다. 이것은 장남기(1986)가 광학현미경에 의한 관찰만을 했을 뿐 주사형전자현미경 관찰을 하지 못했기 때문이 아닌가 생각된다.

기존의 분류체계를 화분립의 발아구 형태와 표면무늬를 중심으로 살펴보면, *Palmata*절(참단풍나무, 야기단풍, 단풍나무, 당단풍나무, 섬단풍나무)과 *Parviflora*절(부계꽃나무)은 발아구 형태에 있어서 3공구형을 갖는다는 점에서 3구형을 갖는 다른 절들로부터 분류가 가능하였으며, 더 발달한 군으로 판단된다. 한편, 발아구 형태에 있어서 부계꽃나무(*A. ukurunduense*)는 3공구형이었고, 중국단풍(*A. buergerianum*)과 신나무(*A. ginnata*)는 3구형이었는데, 이들 3수종을 같은 *Spicata*절로 취급한 Pax(1885), Rehder(1905) 등의 분류는 화학적으로 잘 일치하지 않으나, 부계꽃나무를 이들 절로부터 벗어난 *Parviflora*절로 취급한 Delendick(1981), De Jong 등(1994)의 분류체계와는 잘 일치한다.

Biesboer(1975)는 만주교로쇠(*A. truncatum*)의 표면무늬가 난선상(rugulate)이라고 보고하였는데,

본 연구 결과는 유선상(striate)으로 나타나 매우 상이하였으나 Kim(1982)의 보고와는 잘 일치하며, 같은 *Platanioidea*절에 포함되어 있는 고로쇠나무(*A. mono*), 우산고로쇠(*A. okamotoanum*)의 표면무늬 역시 유선상으로 나타났다. 또한 이들 3수종 화분의 발아구 형태는 모두 3구형(tricolpate)이었으며, 화분립과 발아구의 길이와 폭에 있어서도 거의 비슷하여 구별하기가 힘들었다. 따라서, 장진성(1994a, b)이 제기한 바 있는 만주고로쇠는 고로쇠나무의 이명이며 우산고로쇠 역시 고로쇠나무의 변이에 포함시켜야 한다는 주장은 앞으로 여러 측면의 연구를 통하여 재검토되어야 할 것으로 생각된다.

섬단풍나무(*A. takesimensis*)는 당단풍나무(*A. pseudosieboldianum*)에 비해 화분립의 크기가 약간 작다는 점 이외에 두 수종 모두 화분립의 형태는 장구형(prolate), 표면무늬는 유선상(striate)으로 나타난 바 화분형태학적으로 두 종을 구분할 수 있는 특징을 찾지 못했다. 이는 섬단풍나무가 자방, 소지, 열병의 털의 유무, 종자, 열매 날개의 길이, 그리고 잎의 엽맥수에 있어서 중간변이를 설명하는데 유효하다고 보고하면서 섬단풍나무를 당단풍나무와 동종으로 볼 것을 제시한 Chang(1991), 장진성(1994a, b)의 견해를 화분학적으로 지지해 주고 있다. 한편, 박종욱 등(1993, 1994)은 잎 열편의 수 및 결각정도, 열병의 길이, 잎 표피세포의 형태, 기공수 등이 이들 종을 식별하는 주요 형질로서 섬단풍나무와 당단풍나무를 독립종이라고 주장한 바 있어 학자들간의 섬단풍나무와 당단풍나무의 분류학적 중차리는 보다 정확한 형질분석을 토대로 재검토가 요구된다고 생각된다.

본 연구로 한국에서 생육하는 단풍나무속(*Acer*)을 화분의 형태학적 특징에 의하여 단풍나무형(*palmatum* type), 청시닥나무형(*babinerve* type), 네군도단풍형(*negundo* type), 설탄단풍형(*saccharum* type) 등의 4가지 형으로 크게 나눌 수 있었으나, 그 이하의 종 수준에 있어서 화분형태학적 차이는 발견하기가 어려웠다.

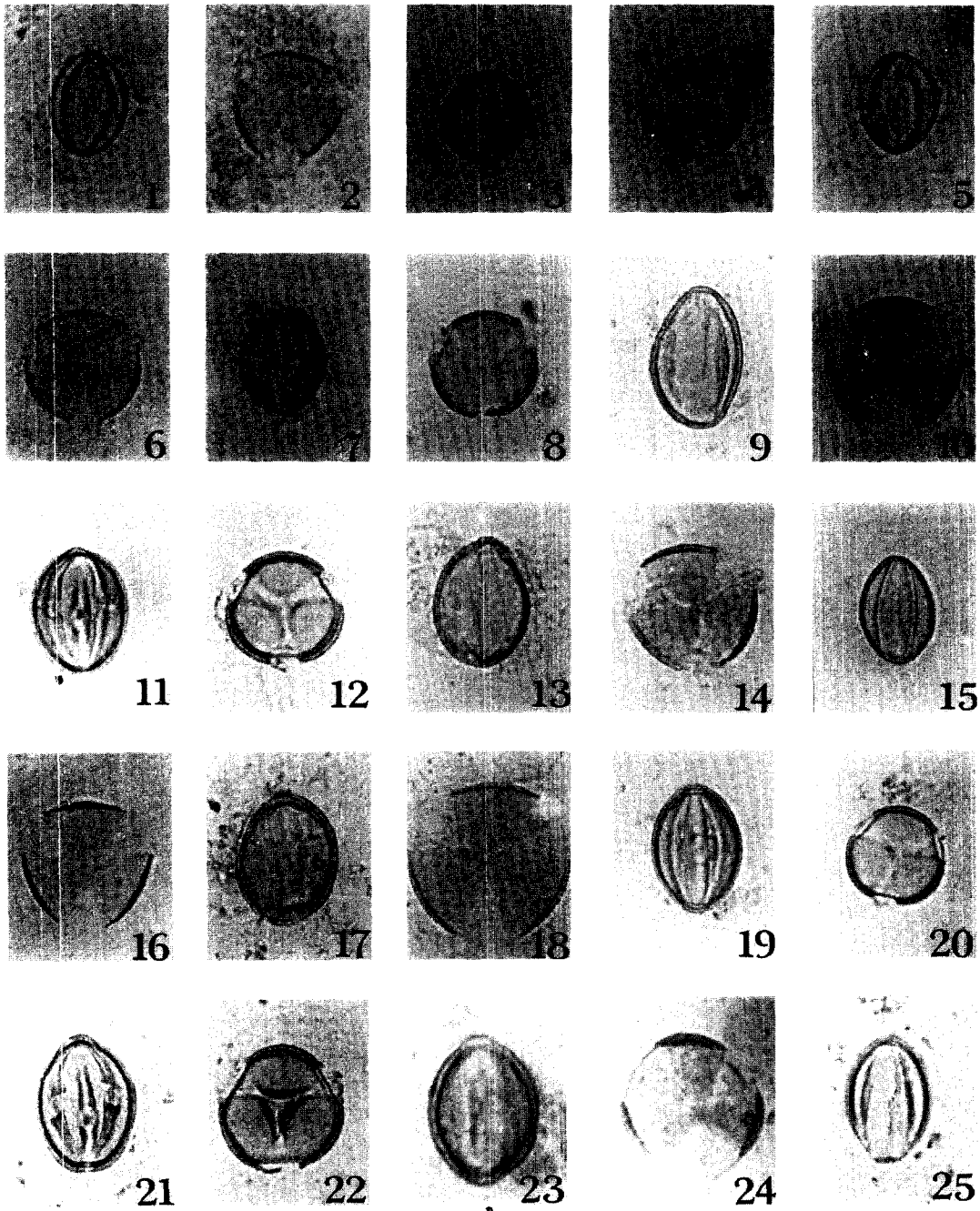
따라서, 단풍나무속(*Acer*)의 계통분류학적 유연관계를 정립하기 위해서는 앞으로 화분학적 측면 이외에도 세포학적, 해부학적 그리고 DNA 연구를 포함한 여러 측면의 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

인용문헌

1. 김윤식·고성철·심정기, 1981. 한국 식물의 분포에 관한 연구-VI, 단풍나무과의 분포도 -. 한국식물학회지 24(4): 191~216.
2. 박종욱·오상훈·신현철, 1993. 울릉도산 관속식물의 재검토 II : 섬단풍나무(단풍나무과)의 분류학적 실체. 한국식물분류학회지 23(4): 217~231.
3. 박종욱·오상훈·신현철, 1994. 형질 분석과 섬단풍나무의 분류학적 실체. 한국식물분류학회지 24(4): 285~294.
4. 이상태, 1978. 화분형태의 계통학적의의. 한국식물분류학회지 8(1-2): 59~68.
5. 이연희, 1979. 한국 식물의 화분에 관한 연구. 한국식물분류학회지 9(1-2): 1~19.
6. 이창복, 1988. 신고 수목학. 향문사, 서울. 331pp.
7. 이창복, 1989. 대한식물도감. 향문사, 서울. 990pp.
8. 이창복·김윤식·김정석·이정석, 1992. 신고 식물분류학. 향문사, 서울. 509pp.
9. 장남기, 1986. 한국동식물도감 제29권 식물편 (화분류). 문교부, 서울. 899pp.
10. 장진성, 1994a. 한국수목의 목록과 학명에 대한 재고. 한국식물분류학회지 24(2): 95~124.
11. 장진성, 1994b. 울릉도산 관속식물의 재검토 II : 섬단풍나무(단풍나무과)의 분류학적 실체에 대한 이견. 한국식물분류학회지 24(4): 279~284.
12. 정태현, 1957. 한국식물도감(상권목본부). 신지사, 서울. 507pp.
13. 홍성천·변수현·김삼식, 1987. 원색한국수목도감. 계명사, 서울. 310pp.
14. Biesboer, D.D. 1975. Pollen morphology of the Aceraceae. Grana 15(1-3): 19~27.
15. Chang, C.S. 1991. A morphometric analysis of genus *Acer* L., section *Palmata* Pax., series *Palmata*. Kor. J. Plant Tax. 21(3): 165~186.
16. De Jong, P.C., D.M. Van Gelderen and H.J. Oterdoom, 1994. Maples of the World.

- Timber Press Inc., Portland, Oregon. 458pp.
17. Delendick, T.J. 1981. A systematic review of the Aceraceae. Ph. D. thesis, City University of New York.
 18. Erdtman, G. 1952. Pollen morphology and plant taxonomy Angiosperm. Munksgard, Copenhagen. 539pp.
 19. Faegri, K. and J. Iverson. 1975. Textbook of pollen analysis. Munksgard, Copenhagen. 295pp.
 20. Harlow, W.H. and E.S. Harrar. 1950. Textbook of dendrology. McGraw-Hill Book Co. Inc. New York, Toronto, London. 555pp.
 21. Kim, K.H. 1982. A study on the pollen morphology of endemic Sapindales in Korea. J. Kor. For. Soc. 55 : 1~21.
 22. Lawrence, G.H.M. 1963. Taxonomy of vascular plants. Macmillan Publ. Co. Inc. New York. 823pp.
 23. Momotani, Y. 1962. Taxonomic study of the genus *Acer* with special reference to the seed proteins. II. System of Aceraceae. Mem. Coll. Sci. Univ. Kyoto, Ser. B. 29 (3) : 177~189.
 24. Nakai, T. 1915. Flora sylvatica Korean 1 : 23.
 25. Pax, F. 1885. Monographic der gattung *Acer*. Bot. Jahrb. 6 : 287~347.
 26. Rehder, A. 1905. The maples of eastern continental Asia. In trees and shrubs, by C.S. Sargent. Boston 1 : 131~181.
 27. Rehder, A. 1974. Manual of cultivated trees and shrubs(Hardy in North America). Macmillan Publ. Co. Inc. New York. 996pp.

Plate I



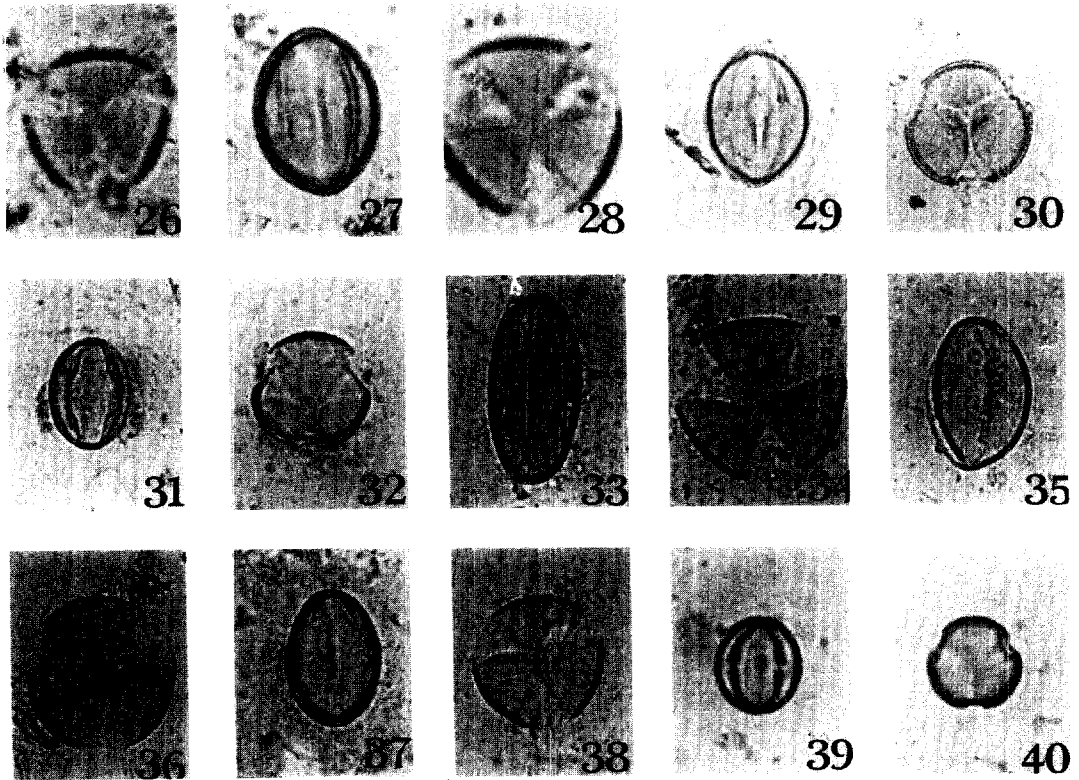


Plate I . Light micrographs of pollen grains of the genus *Acer* L. in Korea.(all 900 \times)

- | | |
|--|--|
| 1- 2. <i>Acer barbinerve</i> Maxim.(청시닥나무) | 23-24. <i>A. rubrum</i> L.(루브룸나무) |
| 3- 4. <i>A. buergerianum</i> Miquel(중국단풍) | 25-26. <i>A. saccharinum</i> L.(은단풍) |
| 5- 6. <i>A. ginnala</i> Maxim.(신나무) | 27-28. <i>A. saccharum</i> Marshall(설탕단풍) |
| 7- 8. <i>A. japonicum</i> Thunb. et Murray
(참단풍나무) | 29-30. <i>A. takesimense</i> Nakai(섬단풍나무) |
| 9-10. <i>A. mandshuricum</i> Maxim.(북장나무) | 31-32. <i>A. tegmentosum</i> Maxim.(산겨릅나무) |
| 11-12. <i>A. microsieboldianum</i> Nakai(아기단풍) | 33-34. <i>A. triflorum</i> Komarov(북자기) |
| 13-14. <i>A. mono</i> Maxim.(고로쇠나무) | 35-36. <i>A. truncatum</i> Bunge(만주고로쇠) |
| 15-16. <i>A. negundo</i> L.(네균도단풍) | 37-38. <i>A. tschonoskii</i> var. <i>rubripes</i>
Komarov(시닥나무) |
| 17-18. <i>A. okamotoanum</i> Nakai(우산고로쇠) | 39-40. <i>A. ukurunduense</i> Trautv. et Meyer
(부계꽃나무) |
| 19-20. <i>A. palmatum</i> Thunberg(단풍나무) | |
| 21-22. <i>A. pseudosieboldianum</i> (Pax)
Komarov (당단풍나무) | |

Plate II

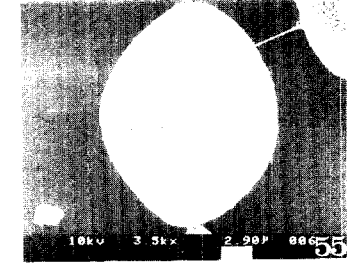
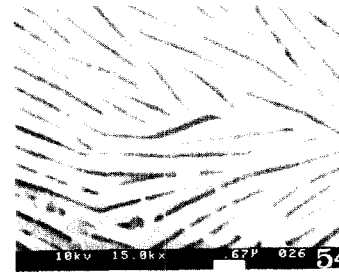
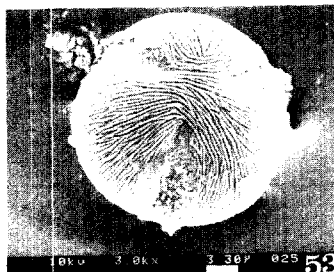
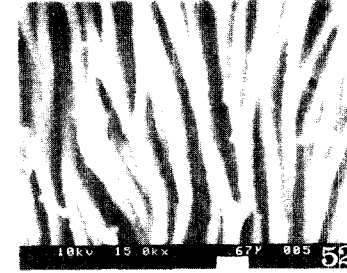
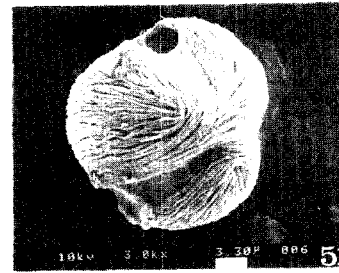
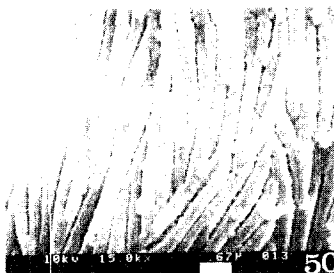
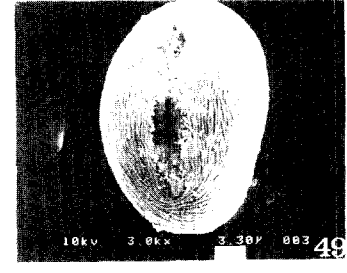
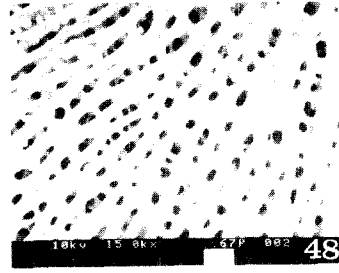
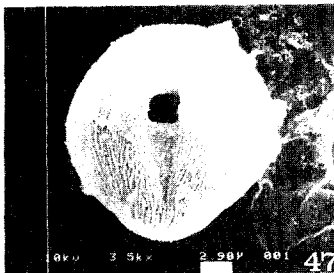
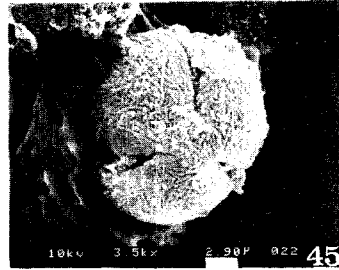
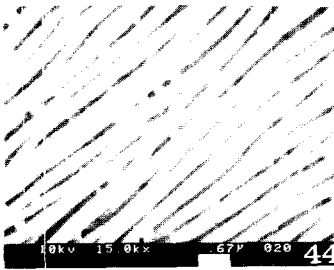
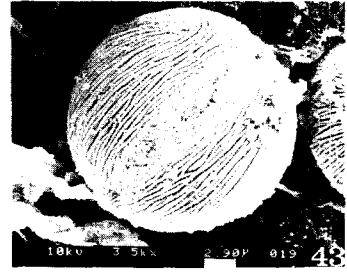
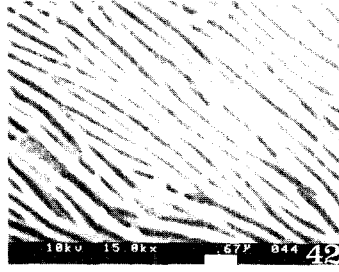
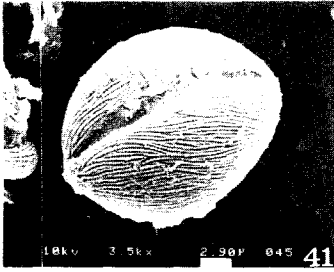
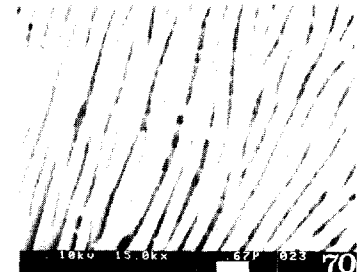
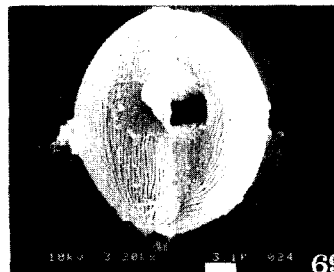
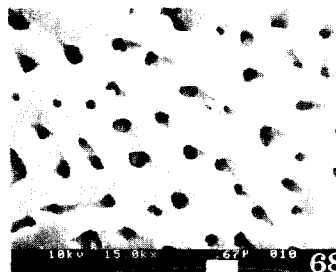
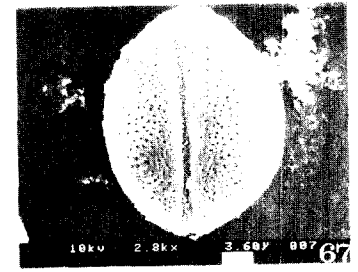
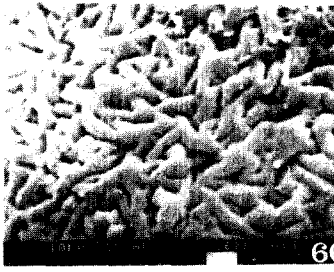
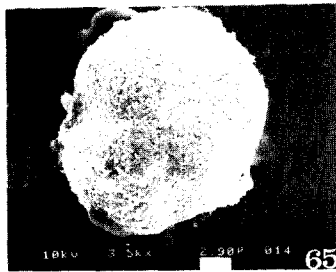
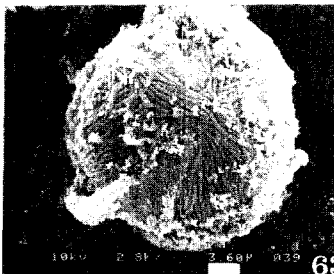
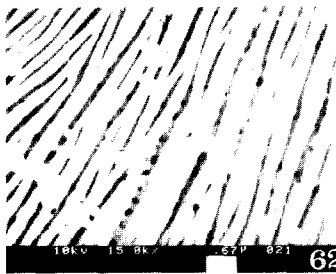
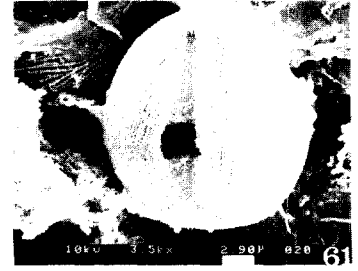
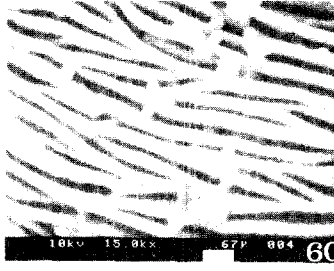
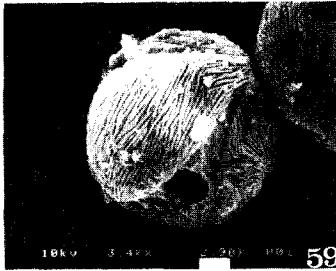
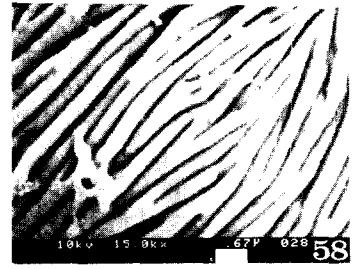
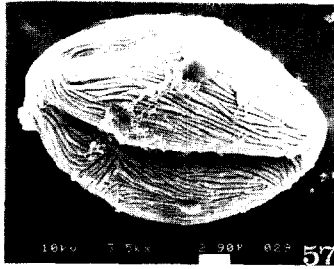
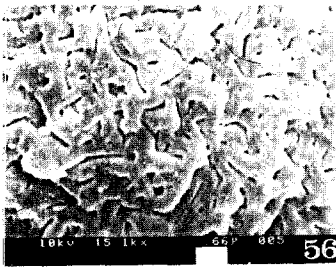


Plate II



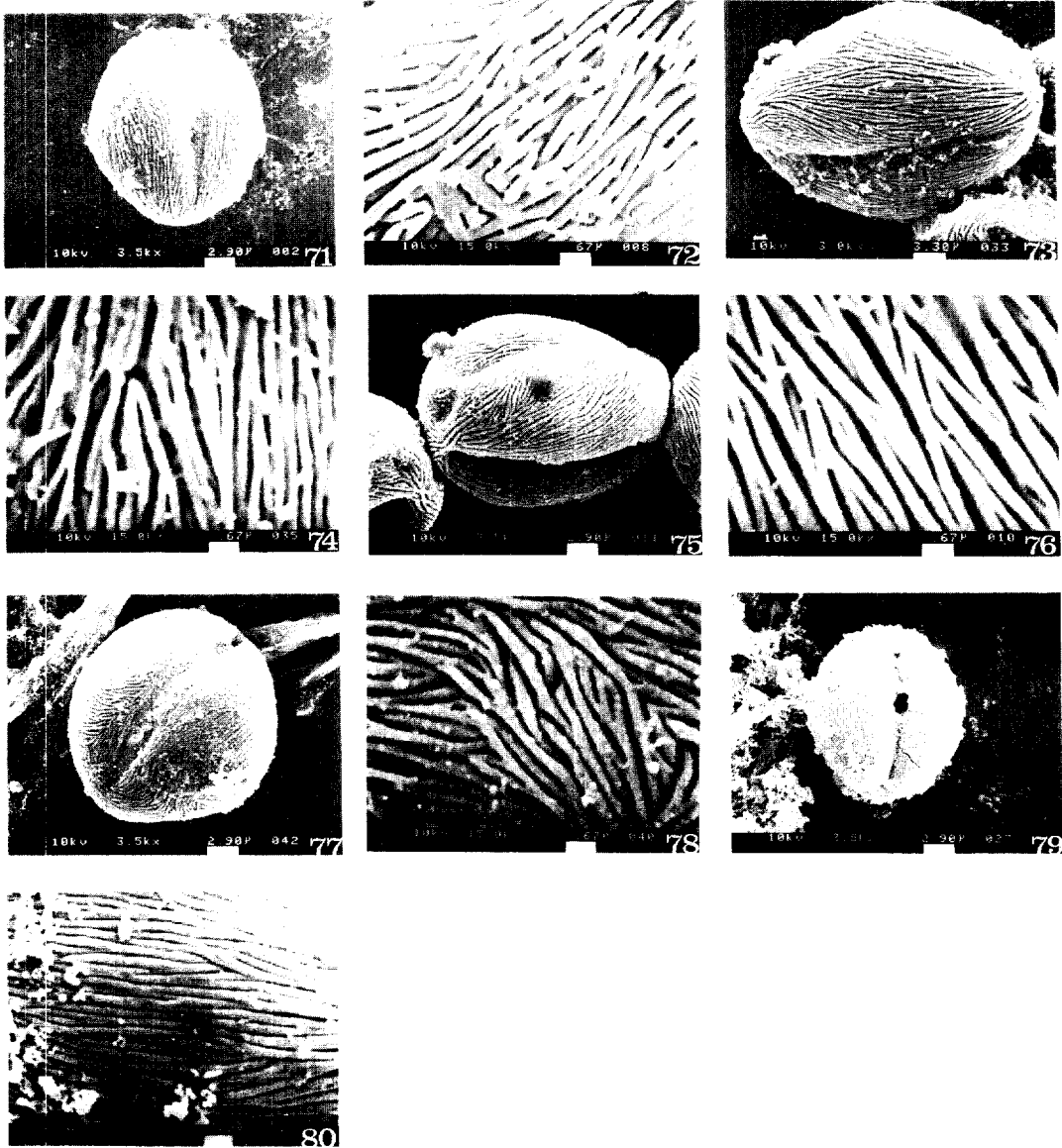


Plate II. Scanning electron micrographs of pollen grains of the genus *Acer* L. in Korea.

- | | |
|--|---|
| 41-42. <i>A. barbinerve</i> Maxim. (청시닥나무) | (낭단풍나무) |
| 43-44. <i>A. buergerianum</i> Miquel (중국단풍) | 63-64. <i>A. rubrum</i> L. (루브롬단풍) |
| 45-46. <i>A. ginnala</i> Maxim. (진나무) | 65-66. <i>A. saccharinum</i> L. (은단풍) |
| 47-48. <i>A. japonicum</i> Thunb. et Murray
(참단풍나무) | 67-68. <i>A. saccharum</i> Marshall (설랑단풍) |
| 49-50. <i>A. manshuricum</i> Maxim. (북장나무) | 69-70. <i>A. takesimensense</i> Nakai (참단풍나무) |
| 51-52. <i>A. microsieboldianum</i> Nakai (아기단풍) | 71-72. <i>A. tegmentosum</i> Maxim. (산겨릅나무) |
| 53-54. <i>A. mono</i> Maxim. (고모치나무) | 73-74. <i>A. triflorum</i> Komarov (복자기) |
| 55-56. <i>A. negundo</i> L. (네글로단풍) | 75-76. <i>A. truncatum</i> Bunge (만주고모치) |
| 57-58. <i>A. okamotoanum</i> Nakai (우산고모치) | 77-78. <i>A. tschonoskii</i> var. <i>rubripes</i> Komarov
(식단나무) |
| 59-60. <i>A. palmatum</i> Thunberg (단풍나무) | 79-80. <i>A. ukurunduense</i> Trautv. et Meyer
(부계꽃나무) |
| 61-62. <i>A. pseudosieboldianum</i> (Pax) Komarov | |