

한국에 생육하는 잣나무아속의 화분형태학적 특성에 의한 종간 유사성

최태기

전북대학교 농과대학 산림과학부

Interspecific Similarity of the Subgenus Haploxyton in Korea Based on Pollen Morphological Characters

Tae-Kie Choi

Faculty of Forest Science, College of Agriculture and Life Science,
Chonbuk National University, Jeonju, 561-756, Korea

ABSTRACT

The present study was conducted to compare of pollen morphological characteristics for five *Haploxyton* species in Korea using light microscopy(LM). The results are as follows;

1. Highly significant ($P<0.01$) interspecific difference was observed in five *Haploxyton* species for their pollen morphological parameters.

2. The discreminant analysis based on the pollen morphological parameters demonstrated that the classification ratio of *Haploxyton* was 68.8 % ranging from 72.8 % of *Pinus pumila* to 62.2 % of *P. koraiensis*.

3. The relationship among the species based on their pollen morphological parameters showed that *P. koraiensis* and *P. pumila* in *Haploxyton* were most closely related while *P. pumila* and *P. bungeana* were least related.

Keywords : Pinus, Pollen, Relationship

서언

잣나무 아속은 전 세계적으로 북반구 온대, 한대 지방에 약 30여 분류군이 분포하고 있으며, 우리나라에는 자생종 3종과 도입종 2종을 포함한 총 5 분류군이 북부지역, 고산지대, 도서지방 분포하고 있다 (Harlow and Harra, 1950; Lawrence, 1963; Mirov, 1967; Rehder, 1974; Krussman, 1983). 용도로는 목재, 정원수, 가로수, 열매는 식용으로 주로 이용되고 있

다.

잣나무아속에 대한 연구로는 Koehne(1893)가 소나무속을 2아속으로 분류를 시도한 이래 종자의 날개 유무, 구과형태, 침엽의 수와 침엽내 수지구 위치, 지역적분포, 화분의 크기등에 의하여 분류학적 측면의 연구를 시도하였으나 분류체계에 있어서 학자들 간에 의견이 일치하지 못하고 있으며 현재에도 분류체계에 대한 논란이 계속되고 있다(Shaw, 1914; Pilger, 1926; Mirov, 1967; Rehder, 1974; Krusmann,

*교신저자 : E-mail : taekiechoi@hanmail.net

1983; Iwatsuki 등, 1995). 화분형태학적 연구로는 Ueno(1978)는 잣나무아속 3종에 대하여 화분립크기와 화분의 형태학적특징을 광학 현미경, 주사형전자현미경으로 관찰하였고, Moore and Webb (1978)은 잣나무아속 4종의 화분형태학적 특징을 전자현미경으로 관찰, 화분 검색표 작성하였다.

국내에서는 김계환과 고대식 (1981)은 잣나무아속 4종에 대하여 화분형과 발아구 형태, 표면무늬, 기낭의 형태, 표벽특징을 광학현미경으로 관찰, 화분검색표 작성하였고 신창남 (1982) 은 잣나무아속 4종에 대하여 광학현미경과 주사형으로 관찰, 환경적 요인에 따른 변이와 화분형태에 의한 종 분류를 이상태 (1983)는 잣나무아속 4종 화분형태에 대하여 종의 특성 기재, 화분검색표를 작성하였으며, 소주엽 등 (1994)은 한국산 나자식물 화분의 형태 비교에서 잣나무아속 2종에 대하여 광학현미경, 주사형전자현미경, 투과형 전자현미경을 이용하여 형태적 특징에 따라 종기재, 화분검색표 작성한바 있다. 그러나 잣나무 아속의 화분형태에 의한 중간 유연관계에 대한 연구는 아직 시도된바 없다. 따라서 본 연구는 한국에서 생육하고 있는 잣나무아속 5종의 화분립 형태학적 parameters를 측정하고 이를 수량화하여 잣나무아속의 분류학적 기초자료를 제공하고자 시도하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 연구에 사용된 재료는 한국에 생육하고 있는 잣나무 아속 5종의 화분을 전국 각지에서 채취하였으며, 각 분류군당 9개체씩, 총 45개체를 표본으로 사용하였다(Table 1).

2. 방법

1) 광학현미경(LM) 관찰

(1) 표본제작

채취된 화분은 Erdtman(1952) 방법에 대한 Livingstone의 변법으로 초산분해하여 glycerine jelly

에 매몰시킨 후 영구표본을 제작하였으며, 사용된 초산 분해 과정은 다음과 같다.

① 초산분해 혼합액(acetic acid : sulfuric acid = 9 : 1)을 재료가 든 원심분리관에 붓는다.

② 재료가 든 원심분리관을 전기수욕조 안에 넣고 10분간 끓인 다음 수 분간 냉각 후 2,000~3,000 rpm으로 5분간 원심분리 시켜 상등액을 따라낸다.

③ 증류수를 부어 원심분리 시킨 후 상등액을 따라낸다.

④ 재료에 다시 증류수를 부어 잘 저은 후 고운 copper sieve (0.14mm²)로 여과시킨다.

⑤ 여과된 재료를 다시 증류수로 부은 다음 2,000~3,000 rpm으로 10분간 원심분리 시켜 상등액을 따라낸다.

⑥ Glycerine과 증류수(1 : 1)의 혼합액을 넣어 저은 다음 2,000~3,000 rpm으로 10분간 원심분리 시켜 상등액을 따라낸다.

⑦ 원심분리관을 1시간 이상 거꾸로 세워 놓은 다음 안에 묻어 있는 화분을 긁어 모아 glycerine jelly에 매몰한다.

(2) 검 경

제작된 영구표본은 광학현미경(Olympus BH)을 사용하여 검경하였다.

(3) 측 정

각 분류군당 5개체(45개체), 개체당 화분 20립씩, 총 900립을 대상으로 화분립의 전체길이와 폭, 화분립 몸체의 길이와 폭, 기낭의 길이와 폭, 발아구 길이, 표벽두께 등을 측정하였다(Fig. 1).

2) 통계 분석

통계처리는 SAS Version 6.04(SAS Institute, Cary, NC)를 이용하여 분산분석(ANOVA), Pearson 상관계수, Mahalanobis distance, 판별분석(discriminant analysis), 군집분석(cluster analysis)을 실시하였다.

3) 용 어

본 연구 화분 형태 기재에 대한 용어로 원어는 Erdtman(1952), Faegri와 Iversen(1975), Ueno(1978), 국문용어는 이상태(1978)를 따랐다.

Table 1. Date and locality of sample collection of Haploxyton

Taxa	Date	Locality	Subgenus
<i>Pinus bungeana</i> Zucc. (백 송)	May 17, 1993	Cheongju, Chungbuk	<i>Haploxyton</i>
	May 27, 1994	Chonju, Chonbuk	
	May 11, 1994	Naju, Chonnam	
	May 12, 1994	Kwangleung, Kyunggi	
	May 23, 1995	Kongju, Chungnam	
	May 23, 1994	Chuncheon, Kangwon	
	May 6, 1995	Mt. Toham Kyungbuk	
	May 5, 1995	Chinhae, Kyungnam	
	May 17, 1991	Cheju, Chejudo	
<i>P. pumila</i> Regel (눈잣나무)	July 1, 1995	Mt. Sorak Kangwon	<i>Haploxyton</i>
	July 1, 1995	Mt. Sorak Kangwon	
	July 1, 1995	Mt. Sorak Kangwon	
	July 1, 1995	Mt. Sorak Kangwon	
	July 1, 1995	Mt. Sorak Kangwon	
	July 1, 1995	Mt. Sorak Kangwon	
	July 1, 1995	Mt. Sorak Kangwon	
	July 1, 1995	Mt. Sorak Kangwon	
<i>P. koraiensis</i> Sieb. et Zucc. (잣나무)	May 26, 1995	Cheongju Chungbuk	<i>Haploxyton</i>
	May 12, 1994	Chonju Chonbuk	
	May 11, 1994	Naju, Chonnam	
	May 12, 1994	Suwon, Kyunggi	
	May 23, 1995	Kongju, Chungnam	
	May 23, 1994	Chuncheon, Kangwon	
	June 6, 1995	Kyungju, Kyungbuk	
	June 5, 1995	Chinhae, Kyungnam	
	May 17, 1991	Cheju, Chejudo	
<i>P. strobus</i> Linn. (스트로브잣나무)	May 15, 1993	Boeun, Chungbuk	<i>Haploxyton</i>
	May 27, 1994	Iri(Iksan), Chonbuk	
	May 17, 1994	Naju, Chonnam	
	June 9, 1995	Suwon, Kyunggi	
	June 12, 1995	Chollipo, Chungnam	
	May 23, 1994	Chuncheon, Kangwon	
	June 6, 1995	Kyungju, Kyungbuk	
	June 5, 1995	Chinhae, Kyungnam	
	June 17, 1991	Seoguippo, Chejudo	

(Continued)

Taxa	Date	Locality	Subgenus
<i>Pinus parviflora</i> Sieb. et Zucc. (섬잣나무)	May 29, 1993	Boeun, Chungbuk	<i>Haploxylon</i>
	May 27, 1994	Iri(Iksan), Chonbuk	
	May 17, 1994	Naju, Chonnam	
	June 9, 1995	Osan, Kyunggi	
	June 12, 1995	Chollippo, Chungnam	
	June 13, 1995	Chuncheon, Kangwon	
	June 6, 1995	Kyungju, Kyungnam	
	June 5, 1995	Chinhae, Kyungnam	
	May 17, 1991	Cheju, Chejudo	

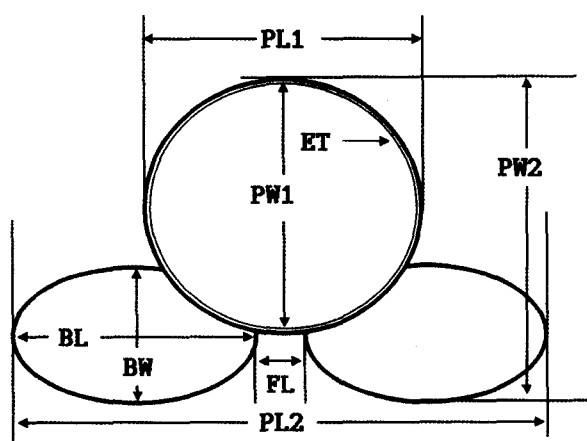


Fig. 1. Schematic representation of *Haploxylon* pollen grain indicating the position of the 8 parameters measured.

- Abbreviations : PL 1 = Pollen length
 PL 2 = Pollen length with air bladders
 PW 1 = Pollen width
 PW 2 = Pollen width with air bladders
 BL = Air bladders length
 BW = Air bladders width
 ET = Exine thickness
 FL = Furrow length

결과 및 고찰

잣나무아속 화분 형태의 측정은 기낭을 포함한 화분립의 전체 길이와 폭, 화분립 몸체의 길이와 폭, 기낭의 길이와 폭, 발아구 길이, 표벽두께 등을 대상

으로 하였으며 이들의 관찰 결과는 Table 2와 같다.

1. 화분립의 크기

1) 기낭을 포함한 전체 화분립의 크기

본 연구 결과 기낭을 포함한 화분립의 전체 길이와 폭은 잣나무아속은 $53.94\sim93.00 \times 37.20\sim68.82 \mu\text{m}$ 보였다. 조사한 수종 중 수종간 크기를 비교해 보면 잣나무아속에서 가장 큰 것은 백송으로서, 길이는 $70.68\sim93.00$ (평균 78.16) μm , 폭은 $48.36\sim68.82$ (평균 57.23) μm 이었고, 길이가 가장 작은 것은 눈잣나무로 $55.80\sim74.40$ (평균 63.44) μm 였고, 폭은 눈잣나무가 $37.20\sim53.94$ (평균 45.24) μm 로 가장 작게 나타났다. Cain(1940)은 $55\sim64 \times 39\sim47 \mu\text{m}$, 김과 고(1981)는 $77.25\sim97.45 \times 53.25 \mu\text{m}$, 소 등(1994)은 $44.10\sim51.97 \mu\text{m} \times 87.85 \mu\text{m}$, 김계환 등(1995)은 $80.1\sim93.6 \times 61.1\sim64.7 \mu\text{m}$ 로 보고하여 본 연구와 차이가 있었다.

본 연구에서 타 연구 보고와 화분립의 크기에 있어서 서로 다른 차이를 보인 것은 Kurtz와 Liverman(1958), Bell(1959), Clausen(1962), Ornduff(1978)의 보고한 바와 같이 생육환경의 차이, 조사한 수종의 차이, Sample의 채집범위 등에 기인한 것으로 보인다.

2) 화분립 몸체의 크기

잣나무아속에서는 $35.34\sim68.82 \times 29.76\sim59.90 \mu\text{m}$ 의 범위를 보였는데, 잣나무아속에서 길이와 폭 모두에서 백송은 길이 $46.50\sim68.82$ (평균 53.85) μm 폭

Table 2. Pollen size of Haploxyton in Korea

Taxa	Pollen body				Air bladders		FL	ET
	PL1	PL2	PW1	PW2	BL	BW		
<i>Pinus bungeana</i>	53.85±4.34	78.16±4.40	50.40±3.85	57.23±3.94	45.98±4.51	33.81±2.57	14.81±1.63	3.00±0.10
<i>P. koraiensis</i>	43.21±4.24	65.26±4.24	40.48±3.93	46.79±4.28	37.92±4.84	29.29±3.14	13.99±1.92	2.39±0.61
<i>P. parviflora</i>	51.77±4.25	72.80±4.22	46.78±3.74	53.25±3.56	41.66±3.70	32.93±2.82	14.52±1.97	2.21±0.60
<i>P. pumila</i>	42.51±3.41	63.44±3.63	39.52±3.28	45.24±3.35	40.13±3.18	31.48±2.63	14.12±1.28	2.42±0.59
<i>P. strobus</i>	51.54±3.25	78.69±3.77	47.85±2.74	54.44±2.76	44.01±3.27	33.60±1.77	14.60±1.13	2.37±0.55

42.78~59.90(평균 50.40) μm 으로 가장 컸으며, 길이와 폭에서 가장 작은 것은 길이 37.20~55.80(평균 42.51) μm 로 폭은 29.76~48.36 (39.52) μm 로 눈잣나무가 가장 작았다.

Cain(1940)은 $60 \times 42 \mu\text{m}$, Ikuse(1956)는 $49\sim 57 \times 54\sim 60 \mu\text{m}$, Van Campo(1971)는 $47 \times 51 \mu\text{m}$, 島倉己三郎(1973)은 $40\sim 65 \times 60\sim 80 \mu\text{m}$, 김과 이(1978)는 $42.14 \times 50.62 \mu\text{m}$, Ueno(1978)는 $49\sim 57 \times 54\sim 60 \mu\text{m}$, 장(1986)은 $38\sim 50 \times 40\sim 60 \mu\text{m}$, 이연희(1979)는 $55\sim 66 \times 33\sim 38 \mu\text{m}$, 김과 고(1981)는 $49.47\sim 72.65 \times 40.25\sim 56.87 \mu\text{m}$, 신(1982)은 $44.85\sim 55.94 \times 55.83\sim 73.76 \mu\text{m}$, 이상태(1983)는 $64.15\sim 75.84 \times 56.74\sim 68.21 \mu\text{m}$, 소주엽 등(1994)은 $44.10\sim 51.97 \times 87.85\sim 94.95 \mu\text{m}$, 김계환 등(1995)은 $61.8\sim 67.6 \times 61.1\sim 64.7$ 로 보고하였던 바 본 연구의 결과와 약간의 차이가 있었다. 기낭을 포함한 전체 길이와 폭, 화분 몸체 길이와 폭, 화분 몸체 길이와 폭에 의한 화분의 크기는 잣나무 아속에서는 백송, 스트로브잣나무, 섬잣나무, 잣나무, 눈잣나무 순이었다.

3) 기낭의 크기

잣나무아속은 길이 29.76~70.68 μm , 폭 22.32~50.22 μm 범위로 나타났고, 길이에 있어서 37.20~70.68 (평균 45.98) μm 로 백송이 가장 컸고, 29.76~48.36 (평균 40.13) μm 로 눈잣나무가 가장 작았다. 크기에 있어서는 백송, 스트로브잣나무, 섬잣나무, 눈잣나무, 잣나무순이었다. 폭은 27.90~50.22 (평균 33.81) μm 로 백송이 가장 크고, 22.32~37.20 (평균 29.59) μm 로 잣나무가 가장 적었고, 백송, 스트로브잣나무, 섬잣나무, 눈잣나무, 잣나무순이었다.

Cain(1940)은 잣나무아속 기낭의 크기는 $41\sim 57 \times 25\sim 36 \mu\text{m}$, Ikuse(1956)는 $40\sim 53 \times 40\sim 53 \mu\text{m}$, Ueno(1978)는 $30\sim 40 \times 30\sim 40 \mu\text{m}$, 김과 이(1978)는 $38.65 \times 34.73 \mu\text{m}$, 이상태(1983)는 $50.97\sim 67.79 \times 28.84\sim 41.34 \mu\text{m}$, 김과 고(1981)는 $37.62\sim 51.49 \times 33.65\sim 48.63 \mu\text{m}$, 신(1982) $36.71\sim 44.16 \times 34.14\sim 43.14 \mu\text{m}$, 소 등(1994)은 $44.58\sim 48.82 \times 34.96\sim 41.69 \mu\text{m}$ 로 보고 하여 본 연구와 기낭의 크기에서 차이를 보였다. 잣나무아속에서 기낭의 폭은 몸체의 길이보다 길고 짧아도 5 μm 이내라는 보고 (Erdtman, 1952)도 있었는데, 본 연구 결과는 기낭의 폭은 몸체의 길이보다 짧고, 크기의 차이도 10 μm 이상으로 큰 차이가 있었다.

4) 발아구 길이

잣나무아속은 11.16~22.32 (평균 14.81) μm 로 백송이 가장 컸으며, 가장 작은 것은 잣나무로 9.30~18.64 (평균 13.99) μm 이었고, 백송, 스트로브잣나무, 섬잣나무, 눈잣나무, 눈잣나무 순이었다. 신창남(1982)은 13.22~14.32 μm , 이상태(1983)는 14~20 μm 으로 보고 하였으나, 본 연구는 이들의 연구 결과 보다 발아구 길이 범위가 큼을 알 수 있었다.

5) 표벽 두께

잣나무아속은 1.86~4.09 μm 의 범위를 보였고, 백송이 1.86~4.09 (평균 3.00) μm 로 가장 두꺼웠고, 잣나무가 1.86~2.21 (평균 2.39) μm 가장 작았다. 김과 이(1978)는 2.80 μm , 김과 고(1981)는 2.4~3.1 μm , 이(1983)는 2.22~2.70 μm , 소 등(1994)은 2.25~2.92 μm 이었다고 보고하였는데 이들의 연구보다 다양함을 보

Table 3. Analysis of variance of 8 pollen parameters of the subgenus *Haploxydon*

Pollen parameters	Source	df	SS	MS	F-value
PL1	Species	4	20237.1	5059.3	328.49**
	Error	895	13784.5	15.4	
	Total	899	34021.5		
PL2	Species	4	36290.3	9072.6	396.17**
	Error	895	20496.0	22.9	
	Total	899	56786.3		
PW1	Species	4	16376.3	4094.1	327.30**
	Error	895	11195.2	12.5	
	Total	899			
PW2	Species	4	19018.4	4754.6	364.04**
	Error	895	11689.2	13.1	
	Total	899	30707.6		
BL	Species	4	7218.2	1804.5	115.37**
	Error	895	13998.7	15.6	
	Total	899	21216.9		
BW	Species	4	2228.4	557.1	80.86**
	Error	895	6166.4	6.9	
	Total	899	8394.8		
FL	Species	4	83.2	20.8	7.67**
	Error	895	2429.3	2.7	
	Total	899	2512.5		
ET	Species	4	66.0	16.5	49.38**
	Error	895	299.1	0.3	
	Total	899	365.1		

Note ; See table 2 for abbreviations

** = All statistical data in this study were tested at probability level of 99% ($\alpha=0.01$)

여 주었다.

2. 화분 parameters간 Anova(Analysis of variation) 분석

본 연구 결과 조사된 화분 parameters별로 분산분석을 실시한 결과 잣나무아속(Table 3)에서 모두 1% 수준에서 고도의 유의성을 보였다. 본 속의 화분 형태에 관한 연구에서 F-Test 결과 수종간 모든 형질에서 1% 수준에서 유의성이 있다고 하였으며(신 1982), Manova 분석 결과 수종간의 차이가 없다는

가설이 1% 수준에서 기각된다는 보고(김 등 1995)와 일치하였다.

3. 화분 형태 parameters에 의한 상관관계

측정된 잣나무아속 화분 parameter간에 Pearson 상관계수를 조사한 결과 Table 4와 같다. 화분립의 기낭을 포함한 화분의 전체 폭과 화분립 몸체 폭이 0.95324($P<0.00$)로 가장 높게 나타났으며, 기낭을 포함한 화분립의 전체 길이와 폭간에도 0.86223($P<0.0001$)으로 밀접한 상관관계를 보였다. 또한 기

Table 4. Pearson correlation coefficient (R) between eight pollen parameters of the subgenus *Haploxylon*

	PL1	PL2	PW1	PW2	BL	BW	FL	ET
PL1	1.00							
P>R	0.00							
PL2	0.81887	1.00						
P>R	0.0001	0.00						
PW1	0.83732	0.78869	1.00					
P>R	0.0001	0.0001	0.00					
PW2	0.86223	0.82114	0.95324	1.00				
P>R	0.0001	0.0001	0.00	0.00				
BL	0.48208	0.56753	0.63426	0.6134	1.00			
P>R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.00			
BW	0.55045	0.58319	0.54490	0.56457	0.49524	1.00		
P>R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.00		
FL	0.14831	0.21928	0.18563	0.16833	0.18120	0.08612	1.00	
P>R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.00	
ET	0.15217	0.18855	0.16297	0.20767	0.14497	0.11126	0.07249	1.00
P>R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.00

Abbreviations ; PL1 = Pollen length
 PL2 = Pollen length with air bladders
 PW1 = Pollen width
 PW2 = Pollen width with air bladders
 BL = Air bladders length
 BW = Air bladders width
 FL = Furrow length
 ET = Eine thickness

낭의 길이와 폭에 있어서도 화분립의 전체 길이와 폭, 화분립 몸체의 길이와 폭간에도 0.5 이상의 상관관계가 있었다.

4. 종간 유연관계

1) Mahalanobis distance

측정된 8가지 parameters를 근거로 하여 잣나무아속내 5 수종간 화분립의 유사성 정도를 보여 주는 Mahalanobis distance는 Table 5에 요약되어 있다. 눈

잣나무와 잣나무가 1.9105로 가장 근연으로 나타났고, 섬잣나무와 스트로브잣나무도 4.7418로 비교적 가깝게 나타났다. Mahalanobis distance를 토대로 하여 본 아속내 수종간 화분 형태학적 유연관계를 파악하기 위하여 average linkage 방법으로 군집분석을 실시하여 dendro -gram을 작성한 결과 군집화 경향은 Fig 2.와 같다.

그 내용을 살펴 보면, 눈잣나무와 잣나무가 가장 근연이며, 섬잣나무와 스트로브잣나무가 두 수종과

Table 5. Squared Mahalanobis distance between 5 species of *Haploxyton* based on 8 pollen parameters

Species	BUN	PAR	KOR	STR	PUM
BUN	0				
PAR	7.9735	0			
KOR	12.1935	5.6011	0		
STR	6.5917	4.7418	8.9253	0	
PUM	14.68260	7.4182	1.9105	11.9126	0

Abbreviations : BUN = *Pinus bungeana*

PAR = *P. parviflora*

KOR = *P. koraiensis*

STR = *P. strobus*

PUM = *P. pumila*

가깝게 묶이고 백송은 가장 멀게 군집화 되었다.

신(1982)은 화분의 크기를 이용하여 소나무속 종간 유연관계를 조사하여 섬잣나무와 스트로브잣나무가 가장 근연이라고 보고하였고, 백송을 소나무아속에 포함시키는 등 본 연구 결과와 상이하게 나타났다. 그러나 이(1983)는 백송은 화분 형태학적으로 소나무아속과 완전히 구분이 가능하기 때문에 잣나무아속에 포함시켜야 한다고 하였고, 화분의 크기와 형태를 중심으로 검색표를 작성한 결과 Shaw(1914), Pilger(1926), Rehder (1974)의 분류체계를 지지하여 본 연구와 일치하였다. 본 연구는 소나무아속에 대하여 *Cembra* 절에 잣나무, 눈잣나무, *Strobi*절에 섬잣나무, 스트로브잣나무, *Cembroides*절에 백송을 포함시켜 분류한 Shaw(1914), Pilger (1926), Rehder(1974), Krussman(1983), Iwatsuki 등(1995)의 분류체계와 일치하였다. 잣나무아속 수종에 대한 염색체 핵형분석(임 1986)에서 섬잣나무와 잣나무가 근연이며, 동위효소 분석(박 1981), 목재 해부학적 형질(소 등 1983)에서는 섬잣나무와 눈잣나무가 근연이라고 하여 본 연구 결과와 일부는 일치되었으나, 대부분의 다른 보고들은 잣나무아속 전반에 대하여 조사하지 않았기 때문에 직접적인 비교는 불가능하였다. 따라서 차후에 다른 요인과 함께 잣나무아속 전반에 대하여 연구가 수행되어 본 연구 결과를 보다 더 확실하게 뒷받침하여 줌이 바람직하다고 사료된다.

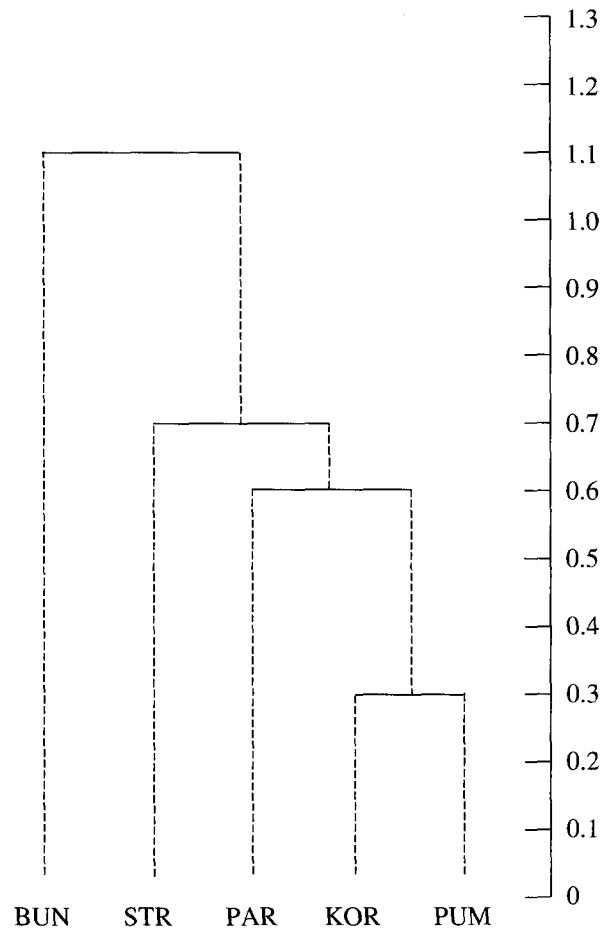


Fig. 2. Average linkage cluster analysis dendrogram presenting the similarity among 5 species of *Haploxyton* based on eight pollen morphological traits.

5. 분류학적 의의

화분의 분류학적 의의를 검토하기 위하여 측정된 화분립의 parameters를 기초로 하여 각 수종에 대하여 각각의 실험적 단위(화분립)를 분류하는 판별분석을 실시하였다. 먼저 Anova를 통하여 각 parameter 별로 판별에 이용될 수 있는 기여도를 볼 때, 8개 parameter 모두 1%수준에서 고도의 유의성을 갖고 있어 기여도가 모두 높게 나타났다.

잣나무아속 5 수종에 대하여 판별분석을 실시하여 분류율을 측정된 결과 그 내용은 Table 6에 요약되어 있다. 눈잣나무는 화분 180립중 131립이 눈잣나무로 분류되어 분류율은 72.8 %로 잣나무아속내에서 분류율이 가장 높았으며, 잣나무는 분류율이 62.2 % (112립)로 가장 낮게 나타났다. 눈잣나무와

잣나무의 경우 눈잣나무가 잣나무로 분류되는 확률은 22.2 %로서 잣나무아속내 다른 수종보다 확률이 가장 높았으며, 눈잣나무와 유연관계가 가장 먼 것으로 나타난 백송과는 단 한립도 분류되지 않은 점으로 볼 때 판별분석과 Mahalanobis distance (Table 5)는 아주 밀접한 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

적 요

한국에 생육하고 있는 잣나무아속 5종의 화분을 광학현미경 관찰로 화분립의 8가지 parameters를 측정하고 이를 수량화하였다.

Table 6. Classification of species on the basis of pollen parameters measured (discriminant analysis of PL1, PL2, PW1, PW2, BL, BW, FL, ET) in *Haploxylon*

	BUN	PAR	KOR	STR	PUM	Total(%)
BUN						
No. of grain	130	13	0	37	0	180
% of total	72.2	7.2	0.00	20.6	0.00	100.0
PAR						
No. of grain	4	119	19	26	12	180
% of total	2.2	66.1	10.6	14.4	6.7	100.0
KOR						
No. of grain	5	21	112	12	30	180
% of total	2.8	11.7	62.2	6.7	16.7	100.0
STR						
No. of grain	28	23	2	127	0	180
% of total	15.6	12.8	1.1	70.6	0.0	100.0
PUM						
No. of grain	0	8	40	1	131	180
% of total	0.0	4.4	22.2	0.6	72.8	100.0
Total	182	184	158	203	173	900
(%)	20.2	20.4	17.6	22.6	19.2	100.0

Abbreviations ; BUN = *Pinus bungeana*

PAR = *P. parviflora*

KOR = *P. koraiensis*

STR = *P. strobus*

PUM = *P. pumila*

잣나무아속 화분 형태학적 parameters간 분산분석을 실시한 결과 1% 수준에서 고도의 유의성이 인정되었다. 화분 형태의 parameters를 토대로 판별분석을 실시한 결과 잣나무아속 평균 분류율은 68.8%로 나타났으며, 최고치는 눈잣나무로 72.8%, 최소치는 잣나무로 62.2% 이었다. 잣나무아속 화분형태학적 parameters에 의한 유사도를 조사한 결과 잣나무와 눈잣나무가 가장 유사하였고, 눈잣나무와 백송의 유사도가 가장 먼것으로 나타났다.

인용문헌

- Bell, C. R. 1959. Mineral nutrition and flower to flower pollen size variation: American Journal of Botany 46(9) : 621~624.
- Cain, S. A. 1940. The identification of species in fossil pollen of Pinus by size-Frequency determination-. American Journal of Botany 27 : 301~308.
- Clausen, K. E. 1962. Size variation : Pollen of three taxa of *Betula*(I). Pollen et Spores 4: 169~174.
- Erdtman, G. 1952. An Introduction to pollen analysis. Chronica Botanica Co. Waltham U.S.A. pp. 26~54.
- Faegri, K. and J. Iverson. 1975. Textbook of pollen analysis. Munksgard. Copenhagen. pp. 16~78.
- Harlow, W. M. and E. S. Harrar. 1950. Textbook of dendrology. McGraw-Hill book Company Inc. New York. pp. 48~123.
- Ikuse, M. 1956. Pollen 1956. Pollen grains of Japan. Hirokawa Publishing Co. Tokyo. pp. 1~135.
- Iwatsuki, K., T. Yamazaki, D. E. Boufford and H. Obba. 1995. Flora of Japan Volume I. Pteridophyta Gymnospermae. Kodansha. Tokyo. pp. 274~277.
- Koehne, E. 1893. Deutsche dendrologie. F. Enke, Stuttgart.
- Krusmann, G. 1983. Manual of cultivated Conifers. Timber Press. Portland Oregon. pp. 207~248.
- Kurtz, E. B. and J. Liverman 1958. Effects of temperature on pollen characters. Bull. Torrey Bot. Club 85:136~138.
- Lawrence, G. H. M. 1963. Taxonomy of vascular plants. MacMillan Publ. Co. New York. pp. 364~366.
- McNeil, J. and C. W. Crompton. 1978. Pollen dimorphism in *Silene alba* (Caryophyllaceae). Can. Jour. Bot. 56 : 1280~1286.
- Mirov, N. T. The genus *Pinus*. New York. Ronald Press. pp. 520~568.
- Moore, P. D. and J. A. Webb. 1978 An illustrated guide to pollen analysis. Horder and stoupton London. pp. 70.
- Ornduff, R. 1978. Features of pollen flow in dimorphic species of *Lythum* section Euhyssopifolia. Amer. Jour. Bot. 65(10) : 1077~1083.
- Pilger, E. 1926. Pinaceae. In; Engler, A. K. Plantl (Eds.). Die naturichen pflanfamilien. 2nd. edt. vol. 13. Leipzig, Engelmann. pp. 271~341.
- Rehder, A. 1974. Manual of cultivated trees and shrubs. McMillan Co. New York. pp. 34~47.
- Shaw, G. R. 1914. The genus Pinus. Arnold Arboretum Pub. No. 5.
- Ueno, J. 1978. Study of palynology. Kazama Shoho Publishing Co. Tokyo. pp. 253.
- Van Campo-Duplan, M. 1971. Precisions nouvelles sureles structures comparees de pollen des gymnospers et d' angiosperms. C. R. Acad. Sc. Paris. 272 : 2071~2074.
- 김계환, F. A. Aravanopoulos, L. Zsuffa. 1995 화분형태와 동위효소에 의한 소나무속 동정. 전북대학교 농대 논문집. 26 : 1~16.
- 김계환, 고대식. 1981. 한국 주요 구과목 화분의 형태학적 연구. 전북대학교 농대 논문집 12 : 58~68.
- 김계환, 이상태. 1978. 한국의 주요 나자식물 화분의 형태학적 연구. 한국임학회지 40 : 35~42.
- 박용구. 1981. 소나무속 23종에 있어서 peroxidase 동위효소의 변이. 한국임학회지 51 : 35~40.
- 소응영, 선병윤, 이상태, 박상진. 1983. 한국산 나자식물에 대한 계통분류학적인 연구(개요). 전북대학교 생물학연구보고 4 : 105~115.

소주엽, 태경환, 고성철, 소웅영. 1994. 한국산 나자 식물 화분의 비교형태. 식물분류학회지. 37(2) : 203~221.

신창남. 1982. 한국산 소나무속의 화분학적 연구. 중앙대학교 박사학위 청구논문.

이상태. 1978. 화분형태의 계통학적 의의. 식물분류학회지. 8(1,2) : 59~68.

이상태. 1983. 한국산 나자식물에 대한 계통분류학적 연구 -소나무속의 화분학- 전북대학교 생물학 연구보고. 4 : 145~156.

이연희. 1979. 한국식물의 화분에 관한 연구. 식물분

류학회지. 9(1,2) : 7~25.

임행진. 1986. Haploxyton pines의 분류학적 유연관계. 한국육종학회지. 18(4) : 358~373.

장남기. 1986. 한국동식물도감. 제29권. 식물편(화분류). 문교부. pp. 97.

島倉己三郎. 1973. 日本植物の花粉形態. 大阪市立自然科学博物館 收藏資料目 第5集. pp 1~66.

(접수일 2004. 3. 16)

(수락일 2004. 5. 31)