

韓國產 裸子植物 冬芽의 比較形態

宣炳崙·金哲煥·金京植

(全北大學教 自然科學大學 生物學科)

Comparative Morphology of Winter Buds in Some Korean Gymnosperms

Sun, Byung Yun, Chul Hwan Kim and Kyung Sik Kim

(Department of Biology, Chonbuk National University, Chonju)

ABSTRACT

Comparative morphology of winter buds of 16 species of gymnosperms which belong to six families and 13 genera was investigated. All the species examined except Taxaceae had bracts and ovuliferous scales in female buds, and the bract was fused with ovuliferous scale in various degrees. Comparison of the modern conifers with fossil ones in the position of ovule and structure of bract-scale complex suggested that Taxaceae should be placed in Coniferales, rather than treating as a distinct order. The disposition of bract surrounding the ovules of *Cephalotaxus* and *Torreya* indicated that the origin of ovules had separate evolutionary line in spite of similar structure of female bud. The shape of microsporophyll in male bud was diverse among the species. The dehiscence of microsporangium was transverse in *Abies* and *Tsuga*, while longitudinal in other species. Descriptions and key to the species based on bud morphology were provided.

서론

나자식물은 전 세계적으로 70屬에 약 760여 종류가 분포하고 있으며(Mabberly, 1990), 한국에는 도입종을 포함하여 7과 21屬 50여 종류가 생육하고 있다(Lee, 1982). 현생나자식물 중 구과식물류의 분류는 1목 7과로 분류하는 견해(Pilger, 1926)와, 주목과를 나머지 6과와 구별하여 독립된 목으로 분리하는 견해가 있다(Sporne, 1965). 즉 주목과의 경우, 종자가 다육질의 種衣(aril)에 의해 전체 혹은 부분적으로 둘러싸여 있는 점, 그리고 종자가 짧은 측지에 정생하고 있는 점으로 해서, 발달된 구과를 형성하는 나머지 6개 과와 구별하는 견해가 있다. 이러한 주목과의 계통학적인 위치에 관한 견해의 차이는 주목과에서의 배주의 형태와 위치가 계통학적인 단순화의 결과로 보느냐 혹은 그렇지 않느냐의 차이에 기인하며 이에 대한 논란은

계속되고 있다(Miller, 1977).

구과식물류의 雄花穗(male cone)는 식물체에서 붙는 위치가 다양하고, 소포자엽의 형태와 소포자낭의 갯수도 분류군에 따라 다양하게 나타난다. 또한 현생 구과식물류의 응화수는 苞(bract)와 불임성 인편(sterile scale)이 없고 소포자엽만이 있는 單純花穗로 알려졌다. 그러나 Wilde (1944)는 *Podocarpus spicatus*의 응화수는 포에 액생하며 나선상으로 배열하는 엽성 인편과 불임성 인편을 가져서 이 응화수를 2次生殖枝(secondary fertile shoot)에 해당되는 것으로 판단하여, 화석식물인 Cordaitales와 유사한 複合花穗(compound cone)라 주장한 바 있다. 또한 Stewart (1990)도 소나무屬에서 응화수가 보여 나는 것이 바로 복합화수의 형태라고 주장한 바 있다.

한편 구과식물류의 雌花穗(female cone)는 화석식물과의 비교형태학적인 연구 및 암꽃의 발생단계를 비교한 결과 복합화수임이 알려져 있다. 특히 자화수의 鱗片(cone scale)은 실제 화석식물에서 나타나는 엽성 인편 및 불임성 인편이 유합되어 하나의 배주인편(ovuliferous scale)으로 축

본 연구는 1991년 교육부 기초과학연구소(BSRE-91-427)의 지원으로 수행되었음.

Table 1. Collection data of gymnosperm species examined in this study

Scientific name	Collection data
Ginkgoaceae (은행나무과)	
<i>Ginkgo biloba</i> L. (은행나무)	Mt. Moak (Jan. 30, 1992)
Taxaceae (주목과)	
<i>Taxus cuspidata</i> S. et Z. (주목)	Chonju (Feb. 14, 1992)
<i>Torreya nucifera</i> S. et Z. (비자나무)	Mt. Naejang (Jan. 25, & May 5, 1992)
Cephalotaxaceae (개비자나무과)	
<i>Cephalotaxus koreana</i> Nakai (개비자나무)	Mt. Dukyu (Feb. 18 & Apr. 12, 1992)
Cupressaceae (측백나무과)	
<i>Chamaecyparis pisifera</i> (S. et Z.) Endl. (화백)	Mt. Naejang (Jan. 25, 1992)
<i>Juniperus chinensis</i> L. (향나무)	Mt. Naejang (Jan. 25, 1992)
<i>J. rigida</i> S. et Z. (노간주나무)	Mt. Moak (Jan. 30, 1992)
<i>Thuja orientalis</i> L. (측백나무)	Chonju (Jan. 26, 1992)
Taxodiaceae (낙우송과)	
<i>Cryptomeria japonica</i> (L. fil.) D. Don (삼나무)	Mt. Moak (Jan. 30, 1992)
<i>Metasequoia glyptostroboides</i> Hu et Cheng (메타세쿼이아)	Chonju (Jan. 26 & Apr. 23, 1992)
Pinaceae (소나무과)	
<i>Cedrus deodara</i> (Roxb.) Loudon (개잎갈나무)	Chonju (May 30, 1992)
<i>Larix leptolepis</i> (S. et Z.) Gordon (일본잎갈나무)	Mt. Moak (Jan. 30, 1992)
<i>Pinus densiflora</i> S. et Z. (소나무)	Mt. Moak (Jan. 30, 1992)
<i>P. parviflora</i> S. et Z. (섬잣나무)	Chonju (Jan. 26, 1992)
<i>P. thunbergii</i> Parl. (곰솔)	Mt. Moak (Jan. 30, 1992)
<i>Tsuga sieboldii</i> Carr. (솔송나무)	Ullung Is. (May 16, 1992)

소되어 있으며 또한 최하부에 나타나는 포가 분류군에 따라 다양한 정도로 배주인편과 유합되어 있는 것으로 알려지고 있다. 따라서 자화수의 각 實片은 화석식물의 2次生殖枝가 축소·유합되어 생성된 것으로 보고 있다.

이에 본 연구에서는, 1) 주목과 비자나무의 동아의 비교형태를 통하여 주목과의 분류학적 위치를 재검토하고, 2) 개비자나무, 비자나무의 동아의 해부학적 특징을 조사하여 화석식물과의 관계를 논의하며, 3) 아울러 한국산

나자식물의 동아의 형태를 기재하고 이를 바탕으로 종 검 색표를 작성하고자 하였다.

재료 및 방법

재료의 대부분은 식물체가 동아를 형성하는 겨울인 1992년 1월부터 2월에 걸쳐 전북 모악산, 덕유산 및 내장산에서 채집하였으며 일부는 전북대학교 교내 또는 전주시내에 식재된 것을 이용하였다(Table 1). 다만 개잎갈나무의 경우 눈이 형성되는 5월에 채집하였으며 또한 비자나무와 개비자나무 및 메타세쿼이아의 경우 동아의 성숙에 따른 구조의 차이를 확인하기 위하여 4월 및 5월의 재료를 다시 채집하였다. 솔송나무의 경우 동아가 형성될 시기에는 채집을 하지 못하였으나 5월에도 일부 미성숙한 동아가 남아있어 이를 재료로 사용하였다.

동아의 외부형태는 해부현미경하에서 40배로 관찰하였으며 미세구조는 동아의 아린을 벗겨내고 isoamyl acetate와 alcohol을 이용한 일련의 탈수과정을 거쳐 gold coating을 하여 포, 인편 및 배주 등을 주사전자현미경(JSM T330-A)을 이용하여 관찰하였다. 내부구조는 FAA에 고정된 재료를 이용하여 paraffin method로 10 μm의 절편을 제작한 후 safranin과 light green으로 이원염색을 하여 관찰하였다.

결과 및 고찰

한국산 및 한국에 식재된 나자식물 16종류의 동아의 특징을 성상, 위치, 용어 및 자아로 나누어 비교한 결과(Table 2)와 그 분류학적 의미는 다음과 같다.

성 상(Sexuality). 은행나무, 주목, 개비자나무 및 노간주나무는 자웅이주이였으며 나머지 조사된 분류군은 모두 자웅동주이였다. 다만 비자나무의 경우 자웅이주로 보고되고 있으나(Kitamura and Satake, 1982), 내장산에 생육하는 수령 약 500년의 개체는 자웅동주인 것으로 확인되어 개체에 따라서 자웅이주와 자웅동주가 모두 나타나는 것으로 관찰되었다.

위 치. 동아는 은행나무, 일본잎갈나무 그리고 개잎갈나무에서는 짧은 가지(spur shoot)에 정생하며, 노간주나무를 제외한 측백나무과와 삼나무에서는 측지에 정생하였다. 기타 주목과, 개비자나무, 메타세쿼이아, 노간주나무 및 소나무屬은 모두 액생하였다. 솔송나무는 雄芽(male bud)는 액생하나 雌芽(female bud)는 정생하였다.

용 어. 삼나무와 소나무屬에 속하는 종류들은 모두 측지에 모여서 나고 있으나 나머지 종류들은 단생하고 있었다. 특히 측지에 모여나는 삼나무와 소나무屬에 속하는 종류들은 수꽃의 하부에 소나무屬의 경우 갈색의 포를,

Table 2. Morphological characteristics of winter bud of some Korean gymnosperms

Taxon	Male bud		Microsporophyll		Microsporangium		Female bud		Ovule		Oviferous scale	
	position, No.	Arrangement	Shape (margin)	No.	Dehiscence	position	No./ Scale	Type	Presence	Fusion with bract		
GIB	terminal, single	spiral	orbicular (entire)	4-7	longi	terminal	2	erect	absent	—		
TAC	axil, single	spiral	peltate (entire)	4-8	longi	axil	1	erect	absent	—		
TON	axil, single	decussate	variable (incised)	3-4	longi	axil	1	erect	absent	—		
CEK	axil, single	spiral	narrowly deltoid (entire)	3-4	longi	axil	2	erect	present	fused		
CHP	terminal, single	decussate	ovate (serrate)	2-4	longi	terminal	2	erect	present	fused		
JUC	terminal, single	spiral	ovate (entire)	3-6	longi	terminal	2	erect	present	fused		
JUR	axil, single	?	?	?	?	axil	1	erect	present	fused		
THO	terminal, single	decussate	roundish (entire)	3	longi	terminal	2	erect	present	fused		
CRJ	terminal, cluster	spiral	ovate (entire)	4-8	longi	terminal	3-4	erect	present	separated		
MEG	axil, single	?	?	?	?	axil	4-8	erect	present	fused		
CED	terminal, single	spiral	sagittate (serrate)	2	longi	terminal	2	invert	present	partially fused		
LAL	terminal, single	spiral	deltoid (entire)	2	longi	terminal	2	invert	present	partially fused		
PID	axil, cluster	spiral	orbicular (serrate)	2	longi	axil	2	invert	present	partially fused		
PIP	axil, cluster	spiral	variable (incised)	2	longi	axil	2	invert	present	partially fused		
PIT	axil, cluster	spiral	orbicular (serrate)	2	longi	axil	2	invert	present	partially fused		
TSS	axil, single	spiral	pointed deltoid (entire)	2	trans	terminal	2	invert	present	partially fused		

GIB, *Ginkgo biloba*; TAC, *Taxus cuspidata*; TON, *Torreya nucifera*; CEK, *Cephalotaxus koreana*; CHP, *Chamaecyparis pisifera*; JUC, *Juniperus chinensis*; JUR, *Juniperus rigida*; THO, *Thuja orientalis*; CRJ, *Crytomeria japonica*; MEG, *Metasequoia glyptostroboides*; CED, *Cedrus deodara*; LAL, *Larix leptolepis*; PID, *Pinus densiflora*; PIP, *P. parviflora*; PIT, *P. thunbergii*; TSS, *Tsuga sieboldii*.

그리고 삼나무의 경우 엽상 포를 가지고 있었다. 조사된 모든 종류에서 숫꽃은 소포자낭이 달린 소포자엽이 직접 아측에 붙고 또 포와 불염성 인편이 없는 단순화수로 관찰되었다.

소포자엽: 소포자엽의 형태는 종간에 다양하여 식별 형질로서 가치가 인성이 되었다. 소포자엽의 배열은 대부분 나선상이지만 비자나무, 측백나무 그리고 화백에 있어서는 교호대생하였다.

소포자낭: 소포자엽의 안쪽 하부에는 소포자낭이 다양한 형태로 붙어 있는데 이들의 수는 소나무목에서 2개가 달

리며 나머지 군에서는 이보다 많은 수를 가지고 있었다. 종에 따라 변이가 있어 2~8개 등이 나타나며 그 중 주목, 삼나무가 4~8개로 가장 많은 수의 소포자낭을 가졌다. 소포자낭의 열개는 소나무목의 솔송나무목과 전나무목은 아측에 대해서 가로로 열개하며 나머지 분류군은 모두 세로로 열개 하였다.

자 아. 배주 유형: 소나무목은 도생배주인 반면, 은행나무, 주목목, 개비자나무, 삼나무목 및 측백나무목은 직생배주이었다. 이 중 삼나무목의 메타세쿼이아는 동아 시기에는 珠孔이 아측을 향하는 직생배주이나 동아가 성

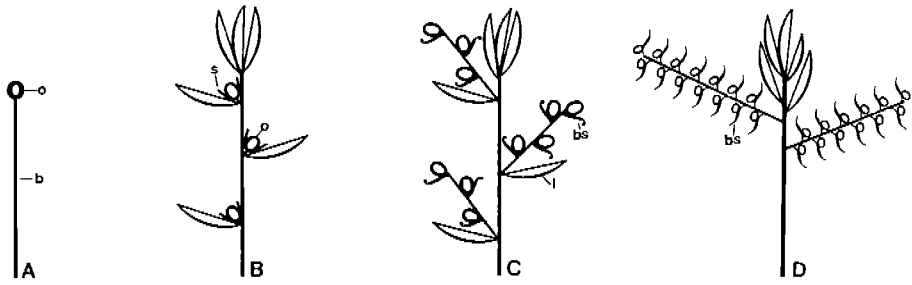


Fig. 1. Schematic diagrams showing variation patterns in the number and position of ovule and bract-ovuliferous scale complex of female bud of some conifers. A, *Taxus cuspidata*; B, *Torreya nucifera*; C, *Cephalotaxus koreana*; D, *Pinus densiflora*; b, bud axis; bs, bract-scale complex; l, leaf; o, ovule; s, scale.

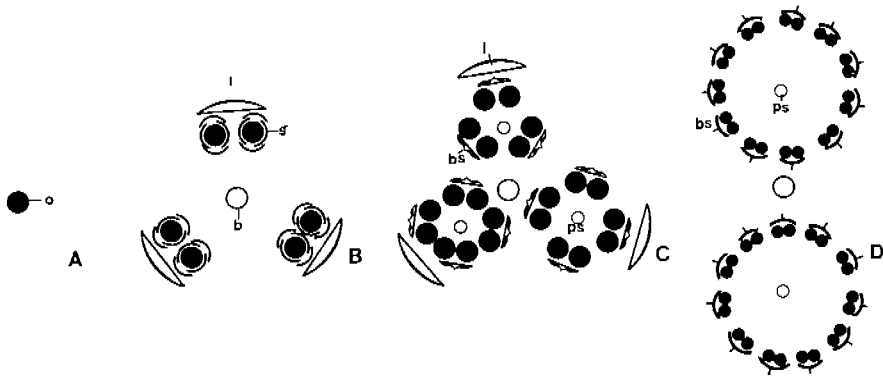


Fig. 2. Floral diagrams showing variation patterns in the number and position of ovule and bract-ovuliferous scale complex of female bud of some conifers. A, *Taxus cuspidata*; B, *Torreya nucifera*; C, *Cephalotaxus koreana*; D, *Pinus densiflora*; b, bud axis; bs, bract-scale complex; l, leaf; o, ovule; ps, primary fertile shoot; s, scale.

숙됨에 따라 점차 주공이 밀을 향하는 도생배주로 전환되는 것으로 밝혀졌다. 이는 나자식물의 배주의 진화 과정에서 배주는 안쪽으로 굽어 도생하며 대포자엽이 암착되어 궁극적으로 배주인편 안쪽의 하부에서 유합하는 경향이 있다고 한 Florin(1951)과 Stewart(1990)의 관점을 지지해주고 있었다.

배주 수 : 하나의 배주인편에 부착되는 배주의 수는 메타세쿼이아에서 4~8개로 가장 많으며 노간주나무는 1개로 가장 적게 관찰되었다. 소나무과의 모든 종류와 개비자나무과의 개비자나무는 배주인편마다 2개씩의 배주를 가지고 있으며, 흑백나무과의 화백은 교호대생하는 각 인편에 2개의 직생배주를 갖는 반면, 흑백나무는 동아 가장 안쪽의 교호대생하는 4개의 인편에 6개의 배주를 가지며 향나무는 가장 안쪽의 4개의 인편에 8개의 배주를 가지고 있었다. 또한 노간주나무는 3개의 인편과 3개의 배주가 각각 엇갈려 교대로 배열하고 있었다. 주목과의 주목은 아측의 정단에 오로지 1개만의 배주가 있으며, 비자나무는 아측의 하부에

위치하는 2~3열의 일에 각기 두 개씩의 배주가 짧은 측지의 끝에 정생하고 있었다.

삽와 인편 : 구과식물의 암꽃에서 특징적으로 나타나는 배주인편은 구과식물의 기원으로 알려진 화석식물인 Cordaitales에 속하는 종류들이나 Voltziales에 속하는 종류들의 2次生 髓 枝에서 나타나는 배주를 가지는 영성 인편(대포자엽 : megasporophyll, fertile scale)과 불염성 인편이 진화과정 중에 유합이 일어나서 형성되며, 2차생시지의 하부에 있는 홑는 다시 배주인편과 유합이 일어나 현재의 포-인편 복합체를 형성한다. 조사된 종류의 자아에서 포-배주인편 복합체를 갖는 군으로는 주목과의 주목과 비자나무를 제외한 삼나무과, 소나무과, 흑백나무과 및 개비자나무과에서 관찰되었다. 특히 포와 배주인편은 종류에 따라 다양한 정도로 유합된 것으로 나타났다.

소나무과는 전형적인 포-인편 복합체의 구조를 보여주고 있으며 종류에 따라서 다양한 정도로 포와 배주인편의 유합이 일어나 있었다(Fig. 1D, Fig. 2D, Fig. 3G). 소나무과

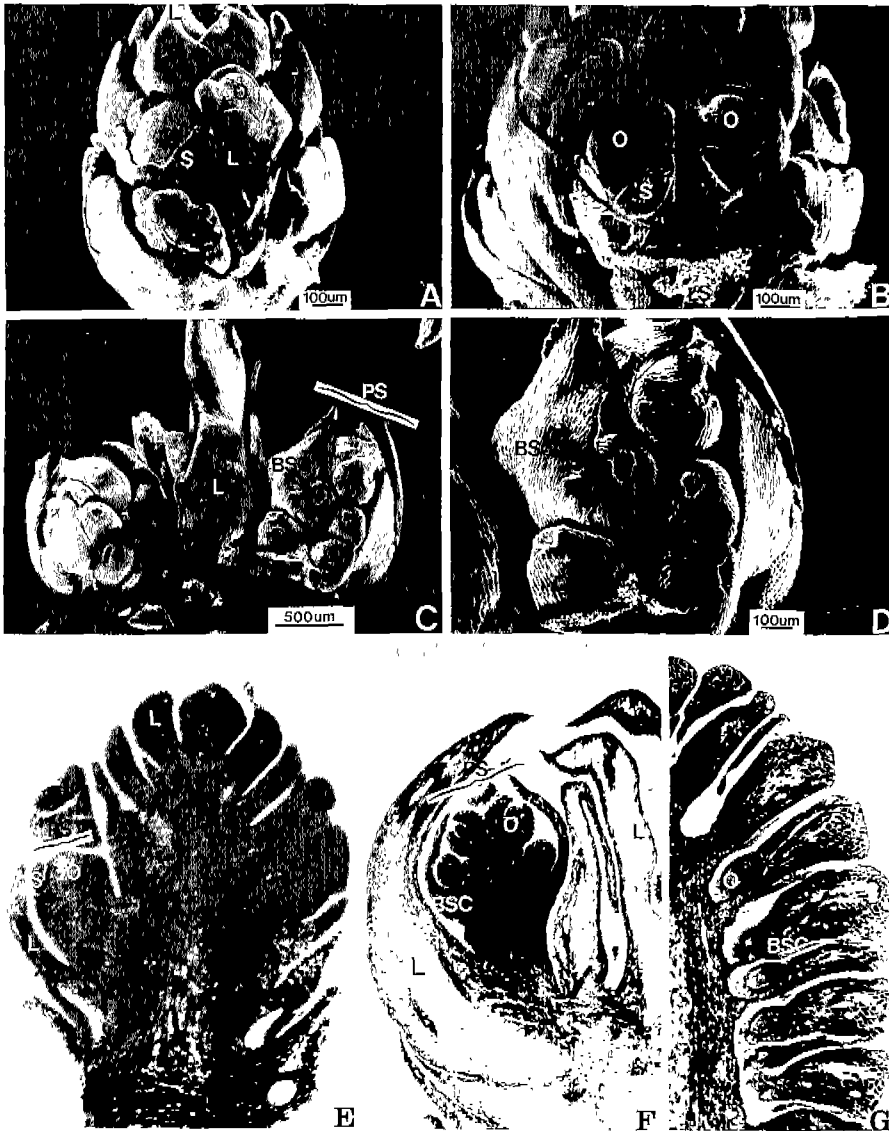


Fig. 3. Scanning electron micrographs of the female buds (A-D) and microphotographs of longitudinal section of the female buds (E-G) of some conifers after removing bud scales. A, Female bud of *Torreya nucifera* has young leaves (L) at the apex of bud axis. Note that two ovules (O) surrounded each other by four scales (S) in the leaf (L) axil are attached spirally to the bud axis directly. B, Two ovules (O) surrounded by scales (S) of *Torreya nucifera* are free from the leaf. The leaf is detached and leaves the scar (LS). C, Female bud of *Cephalotaxus koreana* has young leaves (L) at the apex of bud axis. Note that two ovules (O) with bract-scale complex (BSC) at their base are attached spirally to the primary fertile shoot (PS) and three or four primary shoots are attached spirally to bud axis. D, Two ovules (O) of *Cephalotaxus koreana* are embedded in the bract-scale complex (BSC). E, Primary fertile shoot (PS) of the female buds of *Torreya nucifera* does not have its own axis, but primary shoot is completely reduced. As the result, the ovules (O) surrounded by scales (S) are directly attached to leaf (L) axil ($\times 40$). F, Primary fertile shoot (PS) of the female buds of *Cephalotaxus koreana* has its own axis and the ovules (O) are attached to the secondary fertile shoot which is reduced to ovule and bract-scale complex (BSC) ($\times 35$). G, Young female cone of *Pinus densiflora* has inverted ovule (O) and bract-scale complex (BSC) which correspond to the secondary fertile shoot ($\times 25$).

에서 포와 배주인편 중 포가 더 큰 종류는 일본잎갈나무屬이었고 포가 더 작은 종류로는 개잎갈나무屬, 전나무屬 및 소나무屬이었다. 소나무屬에서 소나무는 끝이 뾰족한 배주인편이 위쪽을 향하지만 곱술은 끝이 둥근 배주인편이 바깥쪽을 향하였다.

주목과의 주목은 동아내의 아축(bud axis)의 정단에 하나의 배주가 직생하고 있으며 여성 인편이나 포는 존재하지 않았다(Fig. 1A, Fig. 2A). 그리고 아축에 위치하는 인편들은 어린이나 불엽성 인편에 해당되지만 형태적으로 동일하여 구분이 불가능하였다. 비자나무의 동아는 뚜렷한 어린을 가지고 있으며 아축의 정단에 어린 잎이 들어 있는 혼아(mixed bud)였다(Fig. 3A). 또한 아축의 하부에 달리는 엽액에는 배주를 갖는 1次生殖枝(primary fertile shoot)가 존재하며, 그 주축이 극도로 축소되어 있어(Fig. 1B, Fig. 3E) 동아시기에는 생식지의 존재여부를 판단하기가 불가능하였다. 또한 엽액에는 각기 네 장의 인편으로 둘러싸인 두 개의 배주가 위치하고 있었다(Fig. 2B, Fig. 3B). 화석학적인 증거와 구과식물의 진화과정을 고려할 때(Stewart, 1990; Gifford and Foster, 1989), 비자나무의 경우 배주인편이 없고 또 각 배주가 각기 4장의 서로 다른 인편에 의해 둘러싸여 있는 점으로 보아 일에 액생하는 두 개의 배주가 화석식물의 동일한 2次生殖枝에서 기원한 것이 아니라 1次生殖枝에 달리는 서로 다른 2차생식지에서 기원되기 때문인 것으로 판단된다. 이러한 점을 고려할 때, 비자나무의 배주는 외관상 엽액에 액생하는 것으로 보이거나 실제로는 축소된 생식지의 정단에 직생하고 있는 것으로 나타났다. Florin(1951, 1954)에 의하면 주목과는 1개의 배주가 정생하고 여성 인편이 없는 점으로써 현생 구과류와는 기원이 다른 것으로 판단하여 주목과를 구과식물류에서 분리하여 독립된 분류군으로 처리하였으며 또한 주목과의 기원을 데본기의 Psilophyte에 두고 있다. 본 연구에서 주목과 비자나무는 배주가 정생하고 또 여성 인편이 없는 점이 Florin의 견해와 일치하지만, 주목의 아축에 정생하는 배주와 비자나무의 각각의 짧은 생식지에 하나씩 정생하는 2개의 배주는 오히려 Harris(1976)가 주장한 바와 같이 현생 구과식물의 기원 중의 하나로 알려진, 화석식물인 Voltziales目에서 2次生殖枝에 하나의 직생배주를 지니는 *Lebachia*屬 식물로부터 기원되는 것으로 취급함이 타당할 것으로 판단되었다. 이러한 사실은 주목과가 구과식물目(Coniferales)의 한 과로 취급되어야 한다는 Harris의 견해를 지지해주고 있다.

개비자나무과의 개비자나무도 비자나무의 자아의 구조와 동일하게 아축의 정단은 어린 잎이 존재하는 혼아였으며, 아축의 하부에 달리는 잎의 겨드랑이에 배주가 부착된 생식지가 있었다(Fig. 3C). 그러나 개비자나무의 경우 아축의 하부 잎에 액생하는 1차생식지에는 주축이 있고 이 주축

에는 포와 유합된 배주인편(2차생식지, 포-인편 복합체)가 3 내지 4열이 존재하며, 각각의 포-인편 복합체에는 2개의 배주가 위치하였다(Fig. 1C, Fig. 2C, Fig. 3D, E). 비자나무는 동아의 구조가 개비자나무와 유사하나 배주의 기원은 차이를 보이는 것으로 판단되었다. 즉 개비자나무의 경우 포-인편 복합체가 있고 또 각 배주인편마다 두 개의 배주가 있는 점으로 미루어 두 개의 배주는 동일한 2차생식지에서 유래된 것임을 암시하고 있다. 개비자나무의 생식지에 달리는 배주와 포-인편 복합체는 주목과를 제외한 다른 구과류의 구조와 동일하다. 다만 개비자나무의 경우 배주가 성숙할 때 포-인편 복합체는 성숙을 하지 않아 구과(cone)를 형성하지 않으나 나머지 구과류는 배주가 성숙할 때 포-인편 복합체도 함께 성숙하여 實片을 형성하는 점에서 차이가 나타났다. 그러나 비자나무의 2개의 배주는 포-인편 복합체가 없으며 또한 그 기원도 서로 다른 2차생식지에서 유래된 것으로 판단되어 서로 다른 진화경로를 갖는 것으로 보는 것이 보다 타당한 것으로 여겨진다.

삼나무과의 삼나무의 경우 포 안쪽에 아주 작은 방망이모양의 배주인편이 배주의 수와 같거나 많게 나타나는 것으로 밝혀졌다. 또한 낙우송과의 메타세쿼이아의 경우 동아시기에는 배주인편의 존재를 구분하기 어려웠으나 개화 후에는 배주인편이 발달하여 포와 유합되어 나타났다. 이 때의 배주인편은 포보다 매우 작았다.

관찰된 동아의 특징을 바탕으로 한국산 나자식물 16종류에 대한 종 검색표와 각 분류군에 대한 기재는 다음과 같다.

종 검색표 및 기재

1. 웅아와 자아는 모두 혼아이다
 -*Ginkgo biloba*(은행나무)
1. 웅아는 혼아가 아니다
 2. 자아에 배주인편이 없다
 3. 자아의 아축의 정단에 배주가 단생
 -*Taxus cuspidata*(쭈목)
 3. 자아는 최소한 3개 이상의 배주
 -*Torreya nucifera*(비자나무)
 2. 자아에 배주인편이 있다
 3. 자아는 혼아이다
 -*Cephalotaxus koreana*(개비자나무)
 3. 자아는 혼아가 아니다
 4. 배주는 직생
 5. 배주인편은 포와 완전히 분리
 -*Cryptomeria japonica*(삼나무)
 5. 배주인편은 포와 유합
 6. 한 당 배주는 4~8개
 -*Metasequoia glyptostroboides*(메타세쿼이아)

- 6. 蓊 당 배주는 1~3개
- 7. 옹아의 아린은 3윤생
 -*Juniperus rigida*(노간주나무)
- 7. 옹아의 아린은 교호대생
 - 8. 소포자엽 주변부는 파상거치
 -*Chamaecyparis pisifera*(화백)
 - 8. 소포자엽 주변부는 전연
 - 9. 소포자엽 당 소포자낭은 3개
 -*Thuja orientalis*(측백)
 - 9. 소포자엽 당 소포자낭은 3~6개
 -*Juniperus chinensis*(향나무)
- 4. 배주는 도생
 - 5. 소포자낭은 황열개
 -*Tsuga sieboldii*(솔송나무)
 - 5. 소포자낭은 종열개
 - 6. 자아 및 옹아는 짧은 가지에 1개씩 정생
 - 7. 배주인편의 끝은 반곡
 -*Larix leptolepis*(일본잎갈나무)
 - 7. 배주인편의 끝은 직생
 -*Cedrus deodara*(개잎갈나무)
 - 6. 자아 및 옹아는 긴 가지의 하부에 군생
 - 7. 배주의 끝은 두 개로 갈라진다
 -*Pinus parviflora*(섬잣나무)
 - 7. 배주의 끝은 갈라지지 않는다
 - 8. 배주인편의 끝은 아축에 대해 위쪽으로 돌출; 아린은 백색을 띠는 갈색
 -*Pinus thunbergii*(곰솔)
 - 8. 배주인편의 끝은 아축에 대해 바깥으로 돌출; 아린은 적색
 -*Pinus densiflora*(소나무)

아원형, 약 9개, 나선상 배열; 소포자엽은 방패형, 소포자낭 4~8개, 종열개. 자아는 전년지 끝에 액생, 타원형; 아린은 아원형, 20개 내외, 하부 아린 교호대생, 상부 아린 나선상 배열; 1개의 직생배주, 아축에 정생. 엽아는 가지 끝에 액생, 끝이 뾰족한 타원형; 아린은 난형, 16개 내외, 나선상 배열. 비자나무(*Torreya nucifera*)

자용동주. 옹아는 전년지에 액생, 아원형, 연녹색; 아린은 삼각상 난형, 12~14개, 교호대생; 소포자엽은 상부에 불규칙한 거치, 소포자낭 3~4개, 종열개. 자아는 가지 끝에 액생, 혼아, 난형, 갈색; 아린은 난형, 16~18개, 교호대생; 아축 하부의 엽액에 각기 2개의 직생배주. 엽아는 가지 끝의 엽액에 단생; 아린은 난형, 16~18개.

개비자나무과(Cephalotaxaceae)

개비자나무(*Cephalotaxus koreana*)

자용이주. 옹아는 전년지에 액생, 아원형, 연갈색; 아린은 난형, 10개 내외, 나선상 배열; 소포자엽은 좁은 삼각형, 소포자낭 3~4개, 종열개. 자아는 가지 끝에 액생, 혼아, 팽타원형, 연녹색; 아린은 좁은 난형, 약 15개, 호생; 아축 하부의 엽액에 수개의 포-인편 복합체, 각기 2개의 직생배주. 엽아는 가지 끝에 정생 드물게 전년지에 액생, 끝이 뾰족한 난형; 아린은 난형, 35개 내외, 호생.

측백나무과(Cupressaceae)

화백(*Chamaecyparis pisifera*)

자용동주. 옹아는 가지 끝에 1개씩 정생, 아원형, 검은색; 소포자엽은 오각상 난형, 주변부에 얇은 거치, 14개, 교호대생, 소포자낭 2~4개, 종열개. 자아는 가지 끝에 1개씩 정생, 구형, 녹색; 또는 배주인편에 유합, 각기 2개의 직생배주, 정단부에 약 6개, 교호대생.

향나무(*Juniperus chinensis*)

자용이주. 옹아는 가지 끝에 1개씩 정생, 원주형, 갈색; 소포자엽은 난형, 14개, 교호대생, 소포자낭 3~6개, 종열개. 자아는 가지 끝에 1개씩 정생, 원형, 갈색; 또는 배주인편과 유합, 삼각상 난형, 각기 2개의 직생배주, 정단부에 4개, 교호대생.

노간주나무(*Juniperus rigida*)

자용이주. 자아는 전년지에 1개씩 액생, 아원형; 아린은 난형, 9~12개, 3윤생; 또는 배주인편에 유합, 각기 1개의 직생배주, 정단부에 3개. 엽아는 가지 끝과 엽액에 단생, 타원형.

측백나무(*Thuja orientalis*)

자용동주. 옹아는 가지 끝에 정생, 구형, 황갈색; 소포자엽은 아원형, 12개, 교호대생, 소포자낭 3개, 종열개. 자아는 가지 끝에 정생, 원주형, 갈색; 또는 배주인편에 유합, 정단부에 4개, 각기 2개의 직생배주, 교호대생.

낙우송과(Taxodiaceae)

삼나무(*Cryptomeria japonica*)

은행나무과(Ginkgoaceae)

은행나무(*Ginkgo biloba*)

자용이주. 옹아는 짧은 가지에 단생, 혼아, 반구형, 적갈색; 아린은 아원형, 10개, 나선상 배열; 孢子穗(strobilus)는 4~7개, 소포자엽은 원형, 소포자낭 2개, 종열개. 자아는 짧은 가지에 단생, 혼아, 난형, 적갈색; 아린은 아원형, 약 13개, 나선상 배열; 5개 내외의 자루에 2개씩의 직생배주.

주목과(Taxaceae)

주목(*Taxus cuspidata*)

자용이주. 옹아는 전년지에 액생, 구형, 갈색; 아린은

자용동주. 웅아는 가지 끝에 수상으로 붙고, 타원형, 녹색; 소포자엽은 난형, 소포자낭 4~8개, 종열개. 자이는 가지 끝에 정생, 구형, 짙은 녹색; 포와 배주인편은 분리, 약 30개; 배주인편은 3~4개로 갈라짐, 각기 3~4개의 직생배주.

메타세쿼이아(*Metasequoia glyptostroboides*)

자용동주. 자이는 전년지에 액생, 타원형, 갈색; 아린은 삼각상 난형, 약 18개, 교호대생; 포는 배주인편에 유합, 각 배주인편에 4~8개의 직생배주, 후에 도생배주로 전환. 엽아는 타원형, 갈색; 아린은 약 18개, 교호대생.

소나무과(Pinaceae)

개잎갈나무(*Cedrus deodara*)

자용동주. 웅아는 짧은 가지에 1개씩 정생, 타원형; 아린은 나선상 배열; 소포자엽은 화살모양, 주변부에 거치, 소포자낭 2개, 종열개. 자이는 짧은 가지에 정생; 아린은 피침형, 나선상 배열; 포는 배주인편보다 작고, 부분 유합, 주변부에 잔 거치; 배주인편은 원형, 각기 2개의 도생배주.

일본잎갈나무(*Larix leptolepis*)

자용동주. 웅아는 전년지 짧은 가지에 정생, 구형, 적갈색; 아린은 도란형, 주변부에 털모양의 거치, 약 30개, 나선상 배열; 소포자엽은 좁은 삼각형, 소포자낭 2개, 종열개. 자이는 짧은 가지에 정생; 아린은 도란형, 주변부에 털모양의 거치, 나선상 배열; 포는 배주인편보다 크고, 부분 유합; 배주인편의 외측에 털, 각기 2개의 도생배주. 엽아는 짧은 가지에 정생.

소나무(*Pinus densiflora*)

자용동주. 웅아는 금년지의 하부에 액생, 타원형, 적색; 포는 적색, 피침형; 아린은 피침형, 4개; 소포자엽은 원형, 주변부에 거치, 소포자낭 2개, 종열개. 자이는 금년지의 정단부에 1~3개 액생, 난형 또는 타원형, 적색; 아린은 피침형, 약 15개, 나선상 배열; 포는 배주인편보다 작고, 가장자리 반곡, 사각형; 배주인편은 아원형, 끝이 밖으로 돌출, 각기 2개의 도생배주.

섬잣나무(*Pinus parviflora*)

자용동주. 웅아는 금년지의 하부에 액생, 난형, 자홍색 또는 녹색; 아린은 난형, 6~7개; 소포자엽은 불규칙한 거치, 소포자낭 2개, 종열개. 자이는 금년지의 정단부에 1~수개 액생, 타원형, 갈색; 아린은 타원형, 약 12개; 포는 배주인편과 같은 크기; 배주인편은 아원형, 각기 2개의 도생배주, 배주의 끝은 2열.

곰솔(*Pinus thunbergii*)

자용동주. 웅아는 금년지의 하부에 액생, 타원형, 백갈색; 포는 백갈색, 피침형; 아린은 좁은 삼각형, 6~8개; 소포자엽은 원형, 주변부에 거치, 소포자낭 2개, 종열개. 자이는 금년지의 정단부에 1~3개가 액생, 난형 또는 타원형, 백갈색; 아린은 좁은 삼각형, 약 18개, 나선상 배열; 포는 배주인편보다 작고, 가장자리는 반곡, 사각형; 배주인편은

위로 돌출, 각기 2개의 도생배주.

솔송나무(*Tsuga sieboldii*)

자용동주. 웅아는 가지 끝에 정생 혹은 액생, 난형, 갈색; 아린은 원형, 10개; 소포자엽은 삼각형, 소포자낭 2개, 횡열개. 자이는 가지 끝에 정생, 갈색; 아린은 주걱형, 10여개; 포는 배주인편보다 작고 선단부는 V자형; 배주인편은 사각형, 각기 2개의 도생배주.

적 요

한국산 나자식물 6과 13속 16종의 동아에 대하여 비교 형태학적인 연구를 수행하였다. 주목과는 雌芽에苞와 배주인편이 없었으나 나머지 科에서는 그 존재를 확인할 수 있었으며, 분류군에 따라 포와 배주인편이 다양한 정도로 유합이 일어났다. 특히 소나무과의 경우 배주인편 외측에 형태적으로 뚜렷히 구분되는 포가 존재하였다. 주목과의 분류학적인 위치는 동아의 구조를 비교하였을 때, 구과식물문의 한 科로 취급함이 타당하였다. 개비자나무와 비자나무에 있어 동아의 구조는 유사하나 배주의 기원은 서로 다른 진화경로를 가지는 것으로 나타났다. 숲속에서는 소포자엽의 형태가 분류군별로 다양한 형태로 관찰되었다. 또한 소포자낭의 열개는 소나무과의 전나무屬과 솔송나무屬은 가로로 열개하나 나머지 종류는 세로로 열개하였다. 동아의 비교형태를 바탕으로 조사된 종에 대한 기재와 검색표를 작성하였다.

참 고 문 헌

Florin, R. 1951. Evolution in cordaites and conifers. *Acta Hort. Berg.* 15: 285-388.
Florin, R. 1954. The female reproductive organs of conifers and taxads. *Bio. Rev.* 29: 367-389.
Gifford, E.M. and A.S. Foster. 1989. Morphology and Evolution of Vascular Plants. Freeman, New York. pp. 385-453.
Harris, T.M. 1976. The mesozoic gymnosperms. *Rev. Palaeo. Palynol.* 21: 119-134.
Kitamura, S. and G. Murata. 1982. Colored Illustrations of Woody Plants of Japan. Vol. II. Hoikusha, Osaka. pp. 404-456.
Lee, T.B. 1982. Illustrated Flora of Korea. Hyangmunsa, Seoul. pp. 57-68.
Mabberly, D.J. 1990. The Plant Book. Cambridge Univ. Press, Cambridge. p. 258.
Miller, C.N. 1977. Mesozoic conifers. *Bot. Rev.* 43: 217-280.
Pilger, R. 1926. Coniferae. In, Die Natürlichen Pflanzenfamilien, A. Engler and K.Prantl (eds.), 2nd ed., Vol. 13, W. Engelmann, Leipzig. pp. 164-166.

Sporne, K.R. 1965. The Morphology of Gymnosperms. Hutchinson Univ. Library, London.
Stewart, W.N. 1990. Paleobotany and the Evolution. Cambridge Univ. Press, Cambridge. pp. 316-364.

Wilde, M.H. 1944. A new interpretation of coniferous cones:
1. Podocarpaceae (*Podocarpus*). *Ann. Bot. (N.S.)* 8: 1-41.
(1993. 2. 22 接受)