

## 소나무 구과의 열개 현상에 대한 비교형태학적 연구

임 동 옥\* · 김 철 환<sup>1</sup>

호남대학교 자연과학부, <sup>1</sup>전북대학교 생물과학부

### Comparative Morphological Aspects for the Opening Phenomenon in the Cone of *Pinus densiflora*

Dong Ok Lim\* and Chul Hwan Kim<sup>1</sup>

Faculty of Natural Sciences, Honam University, Gwangju, 506-714,

<sup>1</sup>Faculty of Biological Sciences, Chonbuk National University, Jeonju, 561-756, Korea

**Abstract** - The opening phenomenon of mature female cone in *Pinus densiflora* are observed from the anatomical characteristics. The differentiation of tissue in young cone are not complete and are going on. In the green cone as large as the adult cone, shrinkage rate of vascular strands and sclerenchyma are 1.0~1.5% and 14.0~16.0% respectively. The end parts of cone scales are composed of the parenchymatous cell and sclerenchyma. The middle parts in cone scales are composed of the sclerenchyma and vascular strands with the same thickness and more thin than the thickness of the end part and basal one. But thickness of sclerenchyma which compose of scale prop in the basal part of cone scale are twice than that of vascular strand. In mature cone, the opening phenomenon of the pine cone results from the difference of shrinkage rate between vascular bundle and sclerenchyma. Especially, opening of cone scales are due to larger shrinkage rate of sclerenchyma than vascular strands in the basal part of cone scale.

**Key words** : opening phenomenon, female cone, sclerenchyma, *Pinus densiflora*

### 서 론

한국산 송백류는 52종이 있으며 그 대표적인 속에는 주목(*Taxus*), 비자(*Torreya*), 향나무(*Juniperus*), 눈향나무(*Sabina*), 전나무(*Abies*), 낙엽송(*Larix*), 가문비나무(*Picea*), 솔송나무(*Tsuga*), 측백나무(*Brota*), 짚뽕나무(*Thuja*)와 소나무(*Pinus*)속 등으로 대별하고 있다(Nakai 1952). 정(1958)은 식재종을 포함하여 한국산 나자식물 44종류를 기재하였으며 이(1982)는 22종류의

식재종을 포함하여 총 63종류를 기재하였다.

우리나라는 전국토의 66%가 산지인데 이 산지 면적의 약 1/3을 송백류가 차지하고 있다. 또한 송백류중 가장 넓은 분포지역을 차지하고, 우리 생활과 가장 관계가 깊은 식물은 소나무(*Pinus densiflora*)이다(이 1986). 한국산 소나무과에 대한 연구는 계통분류학적인 연구(박 1980; 선 1980)와 화분학적 연구(이 1983), 그리고 줄기나 뿌리의 해부학적인 연구(소 1983; 임과 소 1986) 등이 보고된 바 있다. 소나무속 구과의 형태학적 연구는 Shaw(1914)에 의해 처음 보고된 이래 외부형태에 대한 언급만 있을 뿐(선 1980; Mirov 1967) 구과의 구조 및 열개 현상에 대한 연구는 전무한 실정이다.

\* Corresponding author: Dong Ok Lim, Tel. 062-940-5431, Fax. 062-940-5005, E-mail: dolim@mail.honam.ac.kr

따라서 본 실험에서는 소나무 구과가 성숙하게 되어 종자가 외부로 분산하게 되기까지, 구과의 내부구조와 구과의 실편이 어떻게 열개되고 폐쇄되는지를 알아보기 위해 해부학적인 관찰을 시도하였다.

## 재료 및 방법

소나무의 암꽃송이가 수정된 후 3~4개월 된 구과를 8월중에 채취하고, 전년도에 수정된 성숙구과 중에서 녹색을 띠고 있는 것은 9월에, 갈색으로 빛나는 구과는 10월에 각각 채취하여 FAA에 고정시켰다(Sass 1972). 그 후 그리세린과 물 1:1 혼합액을 넣은 속씨넷장치에 24시간동안 비등시켜 연화처리하였다. 연화처리된 구과를 파라플라스트에 매몰시켜 회전식 마이크로톰을 이용하여 횡단면과 종단면의 시료를 만들었다. 이와 같이 만든 절편은 0.1% 툴루이딘 블루 수용액으로 염색한 후 영구조직표본으로 만들었다. 그리고 성숙한 녹색 구과에서 2기목부와 보강조직을 별도로 분리하여 건조기에 넣어 120°C로 2시간 동안 건조시켜 수축률을 측정하였다.

주사전자현미경 관찰을 위해 연화처리된 구과 시료를 활주식 마이크로톰을 이용해 100 μm 두께로 절편을 만들어 알코올농도를 50%에서 10%씩 높여가면서 조직의 손상이나 왜곡이 일어나지 않도록 탈수 처리하였다. 그후 ion sputtering에 의한 gold coating을 하여 JSM-T330A 주사전자 현미경으로 관찰하였다.

## 결과 및 고찰

소나무속 구과의 형태학적 연구는 Shaw(1914)에 의해 처음 보고된 이래 소나무속의 분류에 이용되는 검색표를 작성할 목적으로 실편의 수나 거치 유무 또는 성숙시 숙존성 여부 등 외부형질에 국한하여 언급되었을 뿐이다(선 1980; Mirov 1967). 소나무속 구과는 적갈색으로 실편수는 80~90개이며 구과 평균 길이는 가로 25 mm 세로 50 mm의 난상원추형이었고, 구과가 나무에 붙어 있는 모양은 일정 방향성은 없었다. 이런 결과는 기왕의 보고와 일치하였다(이 1986; 선 1980).

구과의 정중앙을 지나는 종단면을 보면 중앙부에 갈색의 수부가 있고, 그 외곽은 밝은 색으로 보이는 2기목부가 둘러싸여 있다(Fig. 1). 중심 축을 이룬 2기목부는 다시 실편으로 연결되어 뻗어 있다(Fig. 2).

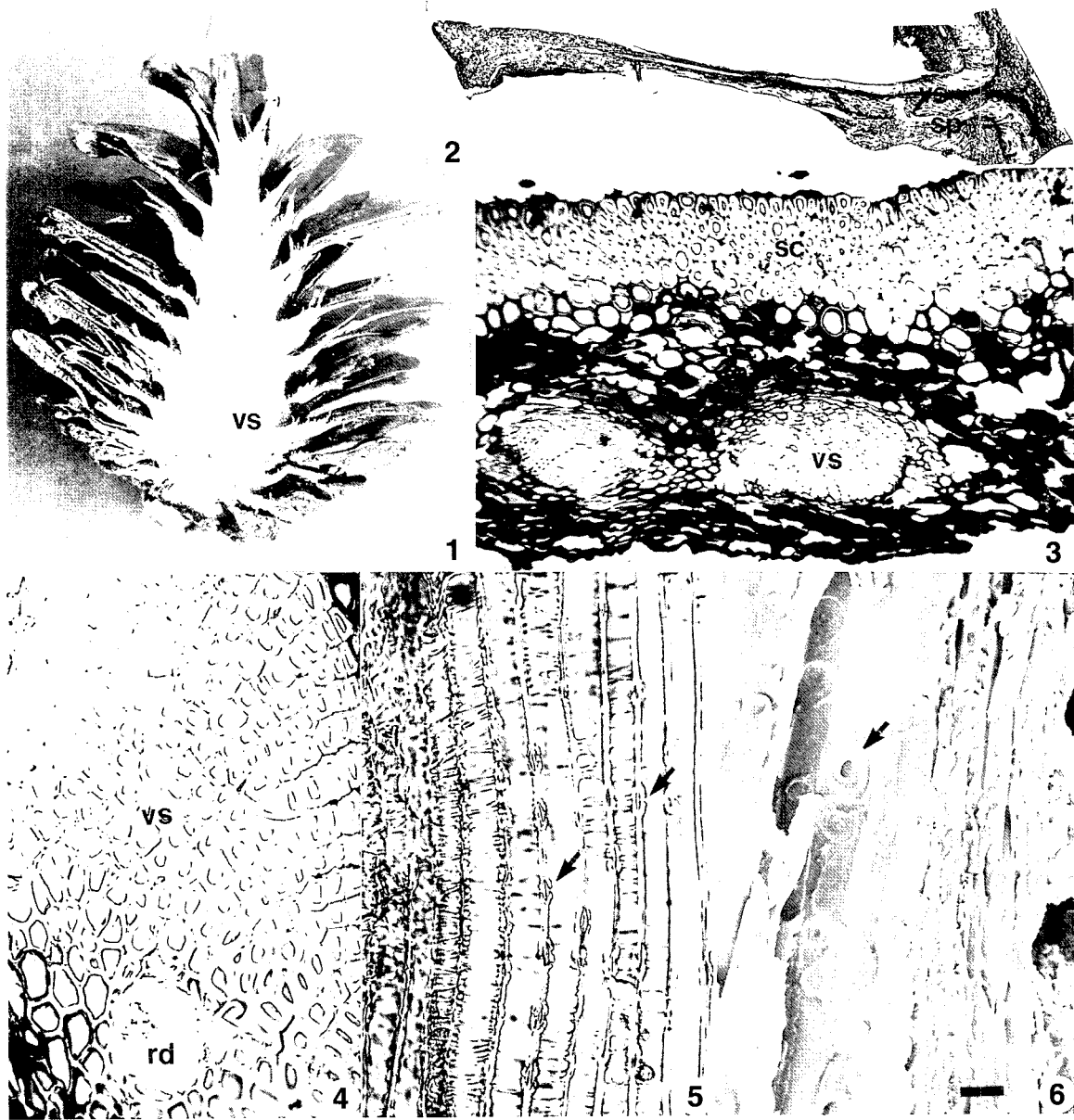
구과의 열개가 실편에 있는 여러 조직의 수축성에서 기인되는지를 알아보기 위해, 성숙한 구과와 동일한 크

기인 열개되지 않은 녹색 구과의 실편에서 유관속다발과 보강조직을 분리하여 각각의 주축 방향의 길이 수축을 측정하였다. 120°C로 2시간동안 건조시킨 결과 유관속다발의 수축률은 1.0~1.5%이고 보강조직은 14.0~16.0%이었다. 이런 측정결과는 구과 축의 배측면에 위치한 보강조직의 수축률이 유관속 다발에 비해 훨씬 커서, 구과가 성숙하게 되어 실편내의 수분이 소실됨에 따라 실편은 밖으로 당겨져서 결국 구과는 열개된다.

성숙한 실편의 횡단면을 현미경 관찰해보면, 다각형의 가도관으로 구성된 유관속다발이 6~8개가 안쪽, 즉 향측면의 1/3부위에 나타났으며(Fig. 3) 이 다발은 각각 실편 끝을 향해 뻗어 있다(Fig. 2). 유관속 다발을 가도관 세포수로 측정한 평균치는 가로 39세포, 세로 17세포로 확인되었다(Figs. 3, 4). 유관속다발 사이는 얇은 벽을 가진 유조직성 세포로 구성되어 있으며, 구과의 겉표면에 해당되는 외곽부, 즉 배측면에는 보강조직으로 구성되어 있다(Figs. 3, 1-13). 보강조직세포는 다각형 모양이고 세포사이에는 조그만 세포간극이 존재하였고, 두껍고 뚜렷한 세포벽이 층상으로 이루어져 있으며, 세포와 세포사이에는 벽공이 발달되어 보강세포들이 내강과 내강을 통해 서로 연결되어 있다. 그리고 실편 종단부는 2기목부로 구성된 유관속 다발은 발달하지 않고 오직 유조직과 보강세포로 구성되어 있다(Figs. 7-9).

해리표본에서 가도관은 끝이 뾰족하고 소나무 줄기에서 볼 수 있는 전형적인 세장한 세포로 되어 있었으며, 보강조직의 세포는 가도관에 비해 끝이 무디고, 짧았다(Fig. 9). 가도관의 방사면에는 많은 유연벽공이 관찰되었고, 접선벽에도 유연벽공이 나타났다(Figs. 5, 6). 실편의 유관속 다발내에 방사조직의 발달은 확인되지 않았으나, 구과 축내의 2기목부에서는 방사조직이 존재하였다.

수정후 3~4개월된 어린 구과를 9월중 채취하여 관찰한 결과 중앙부에 수(pith)가 있었으며 그 주변에 구과 축을 이루는 2기목부세포가 방사방향에 12세포까지 발달되어 동심원을 이루고 있다. 2기목부 외곽은 유조직으로 구성된 세포와 후벽세포가 산재되어 있으며, 실편이 형성되는 부위에 수지도가 발달되어 있고, 실편에서도 수지도가 나타났다. 실편 기부 세포는 핵이 있는 유조직세포로서 분열능력을 가진 세포로 확인되었으며 실편에 유관속다발이 산재되어 계속 발달되는 부위가 확인되었다. 그리고 실편 끝은 목전소로 충전된 세포가 발달하였다. 이런 관찰 결과에서 어린 구과는 현재 분화가 진행되는 단계로 확인되었고, 이런 상태로 겨울을 나고 이듬해 봄부터 여름까지 성숙단계를 거쳐 성숙한 구과로 발달한다.



**Fig. 1.** Logitudinal section of a mature cone showing vascular strands in the cone axis and scales.

**Fig. 2.** Radial section of a scale showing a vascular strand (vs) extend from base to middle in inner part of scale ( $\times 4.5$ ). The end part of scale composed of parenchymatous cells and sclerenchyma, and the basal part have scale prop (sp) composed of only sclerenchyma.

**Fig. 3.** Cross section of a cone scale in the arrow part Fig. 2 showing several vascular strands (vs) with abaxial sclerenchyma (sc) ( $\times 33$ ).

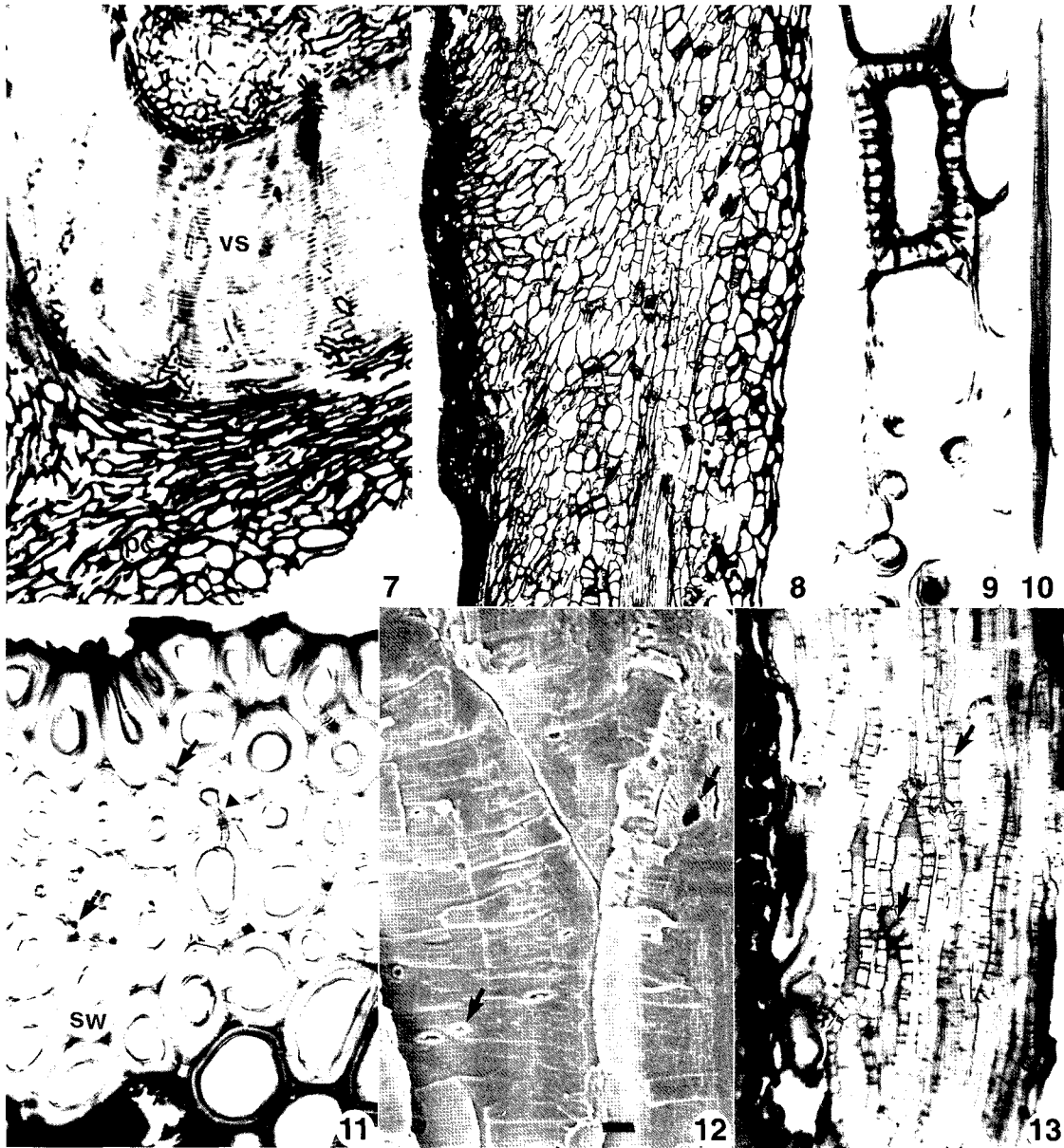
**Fig. 4.** Vascular bundles consist of tracheids ( $\times 81$ ).

**Fig. 5.** Bordered pits (arrow) are observed in radial and tangential plane of tracheids

**Fig. 6.** Bordered pits in the lateral wall of tracheids observed from SEM (Bar =  $10 \mu\text{m}$ ).

구과가 완전 성숙하기 전에는 녹색을 띠고 있으며 크기는 성숙 구과와 동일하지만 건조시 뒤틀리는 현상만 일어날 뿐 열개되지 않았다. 반면 동일 크기의 성숙한 갈색 구과는 건조시 정상적으로 열개되었다. 따라서 녹

색 구과는 해부학적으로는 발달되었으나 성숙한 구과에 비해 목질화(lignification)가 덜 되었으며 보강조직 세포들도 2차벽 비후가 일어나지 않았거나, 완성되지 않은 것으로 추정된다. 그리고 녹색 구과의 주변은 수지가 분



**Fig. 7.** The basal part of cone scale showing parenchymatous cell in each side and tracheids in the middle part ( $\times 50$ ).

**Fig. 8.** The end part of cone scale showing parenchymatous cell, sclereids and large resin ducts (rd) ( $\times 50$ ).

**Fig. 9.** Sclereids (arrow) show borders present on many pits ( $\times 200$ ).

**Fig. 10.** Sclerenchyma isolation by maceration of cone scale with Jeffrey's solution ( $\times 81$ ).

**Fig. 11.** Cross section through cone scale sclerenchyma showing the greatly thickened lamellated secondary wall (sw), intercellular spaces (tailed arrow), and bordered pits (arrow) ( $\times 81$ ).

**Fig. 12.** SEM micrograph of three sclerenchyma with bordered pits (arrow) (Bar = 10  $\mu$ m)

**Fig. 13.** Sclerenchyma in radial section interconnected by pits with dark stained ( $\times 81$ ).

비되어 있었으며, 실편에 메스로 상처를 냈을 때 더 많은 수지가 분비되었다. 이와 같은 수지는 씨앗이 성숙되는 동안 실편과 더불어 강우와 같은 외부의 수분이 구과내로 침투하지 못하도록 차단시키는 역할을 한다고 사료된다.

실편의 두께는 중앙부가 기부와 종단부보다 훨씬 얇아 비율로 보면 30%에 해당하였으며 2기목부와 보강조직의 두께가 거의 1:1이었다. 실편 기부에서 2기목부의 두께는 보강조직에 비해 훨씬 얇고, 또한 그 보강조직 외부에도 보강조직으로 구성된 실편받침이 존재하였다.

따라서 미성숙한 녹색 구과는 점점 분화된 세포들이 성숙하게 됨으로서 갈색 구과로 되고 구과 자루에 위치한 가도관내강에 수지가 분비되어 구과내 수분 통로가 폐쇄된다. 이렇게 줄기로부터 수분 공급이 차단된 구과가 건조하게 되면 실편 기부에 위치한 2기목부와 보강조직의 수축률 차이로, 즉 보강조직이 2기목부에 비해 더욱 많이 수축함으로써 실편은 점점 구과축에서 열개된다. 이와 같이 확장한 가을 날씨에 소나무 성숙과의 실편이 건조되어 열개됨으로써 씨앗이 체외로 방출되어 분산하게 된다. 그러나 비가 오게 되면 실편을 폐쇄함으로써 아직 빠져나가지 못한 씨앗을 보호하게 된다. 이처럼 수분공급으로 인해 구과가 폐쇄되는 과정은 1차적으로 기부쪽 보강조직의 벽공을 통해 세포내강에 수분이 충전되어 팽압에 의한 세포의 팽창이 일어나 상방향으로 굽게 되어 실편은 거의 장축에 평행하게 되고, 보강조직이 두껍게 발달하지 않은 중앙부는 세포의 팽창이나 이완이 거의 일어나지 않고, 장축방향으로 놓인 종자를 감싸는 역할을 한다. 그리고 실편 종단부는 2기목부로 구성된 유관속 다발은 발달치 않고, 오직 유조직과 보강세포로 구성되어 있어 종단부의 조직내에서 수축률 차이는 나타나지 않았으며, 수분공급 시 모든 세포가 수화되고 팽창함으로써 완전히 실편과 밀착되어 더 이상의 수분이 실편 사이로 유입되지 않게 한다.

## 적 요

소나무 구과의 열개현상을 비교형태학적 형질을 통해 관찰하였다. 어린 구과에서는 조직의 분화가 완전하게 일어나지 않았지만 각 기관으로 분화되는 과정임을 알 수 있었다. 성숙한 구과와 동일 크기의 녹색 구과에서 유관속다발과 보강조직의 수축률은 각각 1.0~1.5%와 14.0~16.0%였다. 실편의 종단부는 유조직과 보강세포로만 구성되어 있었고, 중앙부는 종단부와 기부 두께가

비슷하였다. 기부는 실편과 실편 받침이 있어 더욱 두꺼웠으며, 유관속다발보다 보강조직이 2배 이상 두껍게 나타났다. 결론적으로 구과가 완전 성숙하여 건조됨에 따라, 종단부는 보강조직으로만 구성되어있어 조직내 수축만 일어나고 중앙부는 두 조직간 두께가 비슷해 밖으로 휘지 않는다. 그러나 실편내 기부에서 배측면에 위치한 보강조직이 두껍고, 유관속다발보다 보강조직에서 수축률이 훨씬 크므로 실편의 기부가 밖으로 퍼지게 되어 구과는 열개된다.

## 참 고 문 헌

- 박미혜. 1980. 한국산 소나무속(Pinus)의 분류학적 연구. 이화여자대학교 교육대학원 석사학위 논문집.
- 선병윤. 1980. 한국산 나자식물의 계통학적 연구-외부형태를 중심으로 한 종 검색. 생물학 연구연보.
- 소용영. 1983. 한국산 나자식물에 대한 계통학적 연구-소나무과의 목재해부. 생물학연구연보. 4:117-134.
- 이상태. 1983. 한국산 나자식물에 대한 계통학적 연구-소나무속의 화분학. 생물학 연구연보. 4:135-144.
- 이영노. 1986. 한국의 송백류. 이화여자대학교 출판부.
- 이창복. 1982. 대한식물도감. 향문사.
- 임동욱, 소용영. 1986. 수종 소나무속 식물에 있어서 뿌리와 줄기의 2기목부에 관한 비교해부. 식물학회지. 29(3):185-196.
- 정태현. 1957. 한국식물도감(상권 목본부). 신지사.
- Mirov NT. 1967. The Genus Pinus. Ronald Press Co. New York.
- Nakai T. 1952. A synoptical Sketch of Korean Flora. Bull. Net. Sci. Mus. Tokyo. 31:22-24.
- Sass JE. 1972. Botanical Microtechnique. The Iowa State Univ. Press.
- Shaw GR. 1914. The genus Pinus. Pub. Arnold Arb. No. 5. Cambridge. Mass.

(Received 18 September 2002, accepted 22 November 2002)