

강송의 기초적 재질에 관한 연구(제1보)

김정환*¹ · 이원희*¹ · 홍성천*²

Studies on the Fundamental Properties of the Wood of Gungangsong(*Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki)*¹(Part 1)

Jeong-Hwan KIM*¹ · Weon-Hee LEE*¹ · Sung-Cheon HONG*²

ABSTRACT

This research was carried out to investigate the fundamental properties such as the structure of annual ring, density distribution, compressive strength with parallel to grain, relative crystallinity, and microfibril angle of Gungangsong(*Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki). The wood specimens, Gungangsong and Sonamu(*Pinus densiflora* S. et Z.), for this experiment were prepared at Uljingoong Sokwangri and Kyungpook university's forest in Kyungpook province, respectively. Average annual ring width is $2.0\text{mm} \pm 0.3$ in heartwood of Gungangsong. The percentage of heart wood was over 60 percent in Gungangsong and 20~50 percent in Sonamu. Heartwood density were ranged from 0.5 to 0.8 g/cm³ in Gungangsong and from 0.4 to 0.5 g/cm³ in Sonamu. Compressive strength in Gungangsong and Sonamu was about $30 \pm 5\text{MPa}$ and $25 \pm 5\text{MPa}$, respectively. But the relative crystallinity and microfibril angle of two species were not different clearly.

From these results of Gungangsong and Sonamu, therefore, it was considered the main difference factors for both species were annual ring width and heartwood percentage.

Keywords: Gungangsong, annual ring, density distribution, compressive strength, relative crystallinity, microfibril angle

*1 경북대학교 임산공학과, Department of Wood Sci. & Tech., Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

*2 경북대학교 임학과, Department of Forestry, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

1. 서 론

조선시대 法典인 續大典(1746년, 영조 22년), 행정편람이라고 할 수 있는 萬機要覽(1808년, 순조 8년) 및 김정호가 기록한 大東地志(1864)의 내용 중 황장봉산(黃腸封山), 황장산(黃腸山) 및 황장목(黃腸木)에 대한 기록과 현장예비조사에서 알 수 있듯이 경상북도의 영덕, 봉화, 영양, 문경 및 울진 일대와 강원도의 원주, 평창, 고성 및 정선 일대에 목재의 심재부분이 누런색을 띠고 재질이 단단하고 우량하여 주로 황실에서 재궁(梓宮)용으로 쓰이던 황장목이 자라고 있었음을 알 수 있다 (박봉우 1993, 1996).

1928년 植木秀幹은 朝鮮産 赤松의 연구에서 한반도에 분포하고 있는 소나무(赤松)를 樹型에 따라 동북형, 중부남부의 평지형, 중부남부의 고지형, 위봉형, 안강형 및 금강형(金剛型)의 6개형으로 구분하고 있으며, 이 중에서 금강형 소나무는 강원도 금강산 줄기의 계곡과 산복에서 태백산맥을 따라 경북의 울진, 봉화, 문경새재 일대에 분포하며, 수간이 곧고 재질이 뛰어나며 수관(樹冠)이 좁고 결가지는 가늘고 짧으며 지하고는 길고 수피 색깔은 아래쪽이 회갈색이고 위쪽은 황적색이라고 하였다. 또한 연륜폭이 균등하고 좁으며, 목리(木理)가 곧다고 하여 이 지역의 소나무를 地域品種 즉, *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki라고 명명하였다(植木秀幹, 1928). 오늘날 조림수종으로 추천하고 있는 강송의 이름은 바로 이 금강송에서 유래된 것임을 알 수 있다. 이들 문헌에서 나타난 황장목과 금강송에 대한 내용을 종합해 보면 황장목과 금강송의 분포지역이 거의 일치함을 알 수 있다.

그러나 材質특성에 관한 내용을 고찰해 보면 황장목은 심재부의 크기와 색깔에 비중을 두었고, 금강송은 통직한 수형에 비중을 두고 있는 점을 미루어 황장목과 금강송이 같은 품종으로 보기는 어렵다. 그러나 한가지 명백한 사실은 경북북부지역과 강원도 일대의 소나무(*Pinus densiflora*)와는 형태 및 材質적으로 차이가 있는 형질 우량한 소나무가 분포하고 있음은 분명하다.

강송의 분포지역내에 2종류의 소나무가 자라고

있음을 알 수 있었다. 이들 소나무는 수형이 통직하고 수피가 붉은 색깔을 띠고 있지만 배어보면 한 종류는 변재에 비해 심재가 많고, 재질이 누런색을 띠고 있으며, 한 종류는 전자에 비해 심재율이 낮고 목재 색깔이 거의 흰빛을 띠고 있었다. 전자를 경북북부지역에서는 황장목, 춘양목 또는 적송(赤松)으로 부르고 있었으며, 후자를 반적송, 백송 등으로 부르고 있다. 길이 12자, 말구직경 1자의 경우 이 지역에서 춘양목(적송, 황장목)은 일반 강송보다 10배 이상의 가격차이를 보이고 있으며, 문화재 보수용재, 관재, 가구재 등 특수용재로 쓰이고 있으나 자원부족으로 공급이 거의 중단된 상태에 있는 실정이다.

이러한 산림현장의 실태를 감안해 보면 강송림 자생지에는 외부 형태적 특성은 비슷하게 보이지만 木材의 材質의 측면에서는 차이가 뚜렷한 2가지 종류의 강송이 자라고 있는 것은 분명하다. 그러나 지금까지의 강송림 연구에서는 강송림 중에서도 목재의 형질이 우량한 생태종의 유무에 대한 검증없이 단지 강송림 전체를 소나무(*Pinus densiflora*)에 비해 형질이 우량한 하나의 품종으로서 인정하여 실험을 한 탓으로 생태종의 인정여부에 대한 실험은 거의 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는, 강송과 소나무의 기초적인 물성(李 등 1993, 1994)에 대하여 개체간 차이점의 유무 및 특성에 대하여 검토·고찰하였다.

2. 재료 및 방법

울진군 소광리에서 생육하고 있는 소나무 12본을 채취하여 이를 대상으로 기초적 물성실험을 행하였다. 먼저 흉고높이로부터 5cm전후의 원판을 잘라내고, 소나무의 생육지가 경사지인 관계로 응력재의 영향이 있을 것으로 판단되어 산과 계곡방향 및 그 직각인 좌우방향으로 폭 2cm정도의 각재를 채취하였다. 우선 각 공시재료의 연륜구조와 심변재율 및 종압축강도를 조사하였으며, 이와는 별도로 일련의 판목판재 시험편을 X선회절용 시험편으로 제작하여 결정화도와 마이크로피브릴 경사각을 소광리산 소나무와 일반 생육지(경북대학교 청송

연습림산) 소나무 각 3본에 대하여 그 결과를 비교, 검토하였다. 시험편은 수심에서 목표방향으로 미성숙재로 판단되는 20연륜까지는 5연륜마다 측정하였으며, 그후는 연륜폭이 지나치게 좁은 관계로 4cm간격으로 연륜의 만재부만을 채취하여 X선 실험용으로 제공하였다. 실험조건은 Rigaku제 투과형 X선 회절기를 사용하였으며, slit폭은 1mm, 시료축에 수직으로 CuK α X선을 50kV, 100mA로 투사하였으며, 시료당 노출시간은 30분~60분간으로 측정조건을 정하여, 약 50여개의 시료를 조사하였다. X선 회절도를 스캔하여 얻어진 회절강도곡선으로부터 $2\theta=5\sim 32^\circ$ 범위에 한정하여 결정 피크면적과 비결정면적의 상대적인 화상의 pixel비율에 의해서 화상해석법으로 상대결정화도를 구하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 연륜구조와 심재율

그림 1에 소광리산 소나무의 연륜구조를 조사한 결과를 나타내었다. 횡축은 소나무의 일련번호이며, 좌변의 종축은 심재율과 변재율, 우변의 종축은 평균연륜폭을 나타내었다. 먼저 심재율을 보면 대상시험 소나무 12본 모두 약 60%이상의 심재율을 보임으로써 현지에서 소위 반적송이라고 불리는 소나무임을 알 수 있으며, 일부는 90% 가까운 심재율을 보여 적송이라 불릴만큼 심재화가 진행된 것을 알 수 있다. 경북대학교 청송연습림산 소나무의 경우, 심재율은 약 20~50%정도로 이들 소광리산 소나무보다는 매우 낮은 수치를 보임으로써, 재질측면에서 소광리산의 소나무가 우수한 사실을 추정할 수 있었다. 평균연륜폭을 보게 되면, 일부(No.9,10,12)를 제외하고 모두 2mm내외의 극히 좁은 값을 나타내고 있음을 확인할 수 있었다. 침엽수에 있어서는 연륜폭의 증감은 강도의 감증으로 이어지는 경향이 있지만 소광리산과 같이 지나치게 좁은 연륜에 대해서는 오히려 강도가 떨어지는 경향이 있을 것으로 예상된다. 왜냐하면, 침엽수는 활엽수재와는 달리 연륜의 경사가 매우 급하며, 특히 소나무와 같은 수종은 조재

부에서 만재부로의 세포의 이행이 급하여 연륜폭이 극단적으로 좁아지게 되면, 인성이 강한 조재부보다는 인성이 약한 만재부만이 대량으로 존재하는 관계로 외력에 대한 저항력이 크게 뒤떨어지기 때문이다. 소나무재의 재질은 다른 국산 침엽수재와 비교하여 비교적 우수한 것으로 알려져 있고, 이 경우 보통 평균연륜폭은 약 5mm전후로서 심재율이 높지 못한 관계로 목재재료로 사용할 경우에는 청변현상과 부후방지를 위하여 건조재를 이용하거나 방부처리 등을 행한 후에 사용함이 바람직한 것으로 알려져 있다. 이와 관련하여 소광리산 소나무재는 심재화가 소나무재에 비하여 매우 많이 진행된 관계로 심재부분을 사용하게 될 경우는 일반건조나 방부처리를 하지 않고서도 일상적으로 사용해도 큰 문제가 없을 것으로 판단된다. 재료준비단계에서 생재 제재목을 건조하지 않고 항온항습실에 장시간 방치한 결과, 심재부분에는 부후균의 침입흔적이 전혀 없는 반면 변재부분은 청변현상을 동반한 심한 부후균의 번식상태를 관찰할 수 있었다. 즉, 심재부에는 수분의 침투가 극히 어려우며, 일반 균의 침입도 그만큼 어렵고, 소나무의 수지성분이 이들 인자를 보강하기 때문인 것으로 생각된다.

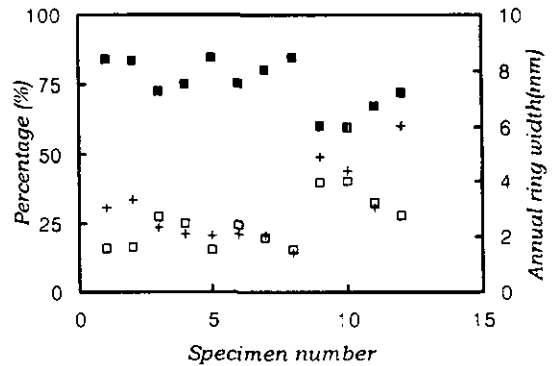


Fig.1 Relationships between the heartwood & sapwood percentage and average annual ring width in *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki.
Legend : ■ Heartwood □ Sapwood + Mean annual ring width(mm)

3.2. 기건밀도의 분포

소광리산 소나무재의 각 원판으로부터 산곡부 방향으로 2cm의 일정간격으로 직방체를 제조하여, 항온항습실에서 2개월간 방치한 후 평형상태에서 밀도를 측정하여 그림 2에 그결과를 나타내었다. 개체당 약 20여개의 시편을 조사하였는데, 수심부는 그림의 횡축상 약 9번 또는 10번째가 되는데, 전체적으로 밀도 분포는 수심부를 중심으로 상호 대칭관계가 되는 것으로 추정된다. 밀도는 수심부에서 수피부를 향하여 증가하는 형태를 보이다가, 변재부분에 이르러서는 서서히 감소하는 형태를 나타내고 있다. 밀도는 재료의 특이성을 총체적으로 나타내는 물성치인만큼 그 의미가 매우 크다고 할 수 있는데, 본 실험결과 미성숙재부 및 변재부를 제외한 부분의 밀도는 0.5~0.8의 범위를 나타내었다. 일반 소나무재의 밀도가 약 0.4~0.5전후인 점을 비교해 볼 때 소광리산 소나무재의 밀도값이 상당히 높은 사실을 알 수 있으며, 이것은 좁은 연륜폭 때문에 만재율의 증가가 밀도의 증가를 가져온 것으로 추정할 수 있다. 또한 그림으로부터 밀도분포의 편차가 큰 것은 같은 생육지일지라도 입지나 지위에 따른 재질의 차이가 크게 나타나는 것으로 판단되었다.

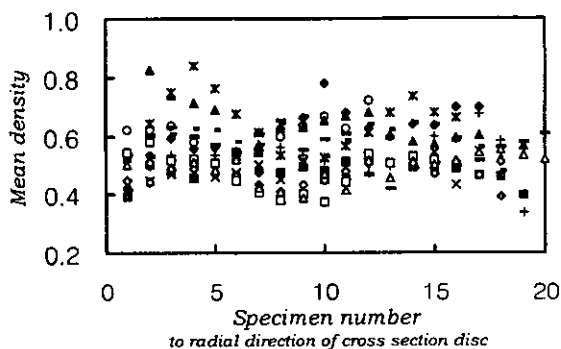


Fig. 2 Relationships between specimen numbers and mean densities(g/cm^3) of *Pinus densiflora* for. *crecta* Uyeki to radial direction of cross section wood disc. Pith is located about nine number.

Legend : ◆ No.1 ■ No.2 ▲ No.3 × No.4 * No.5
○ No.6 + No.7 - No.8 ▨ No.9 ◇ No.10
■ No.11 ▲ No.12

3.3. 종압축강도

그림 3에는 소나무재의 기건밀도와 종압축강도(파괴계수, MOR)와의 관계를 나타내었다. 그림으로부터 밀도와 강도와의 관계는 1차상관직선을 나타내고 있으며, 전술한 바와 같이 밀도는 강도값과 직접적인 상관관계를 나타내고 있음을 잘 알 수 있다. 따라서 소나무재보다도 소광리산 소나무재의 밀도가 매우 큰 관계로 강도면에 있어서도 매우 큰 값이 얻어질 것으로 예상되었으며, 그 결과도 역시 큰 값으로 나타났다. 특히 종압축강도는 목재성분중 리그닌의 함량에 의해 크게 좌우되는데, 소광리산 소나무재는 만재부가 크고 심재화가 많이 진행된 관계로 소나무재보다도 종압축강도는 특히 크게 나타나는 것으로 판단되어진다.

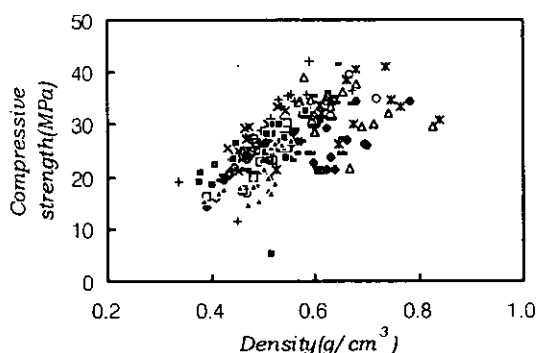


Fig. 3 Relationship between density in air dry and modulus of rupture of *Pinus densiflora* for. *crecta* Uyeki

Legend : ◆ No.1 □ No.2 △ No.3 × No.4 * No.5
○ No.6 + No.7 - No.8 ▨ No.9 ◇ No.10
■ No.11 ▲ No.12

그림 4에는 종압축 탄성계수와 종압축강도와 의 상관관계를 나타내었다. 탄성계수는 외력이 재료에 가해질 때, 외력에 저항하는 값으로서 그 값이 클수록 강성이 크게 된다. 따라서 강성이 큰 재료를 가구나 건축재의 기둥으로 이용하게 될 경우 압축응력에 대하여 그 기능을 충분히 발휘할 수 있으며, 심재율 등의 기초물성치와 더불어 가구

용재나 건축재료로 사용하기에는 매우 우수한 재목이 됨을 잘 알 수 있다고 할 수 있다. 소광리산 소나무재의 종압축강도는 30 ± 5 MPa이고 경북대 연습림산 소나무재는 25 ± 5 MPa로 나타났다. 그림 4로부터 탄성계수의 증가는 압축강도의 증가로 정비례관계를 나타내고 있으며, 탄성계수와 강도치 모두 소나무재보다 비교적 큰 값을 나타내고 있음을 알 수 있다.

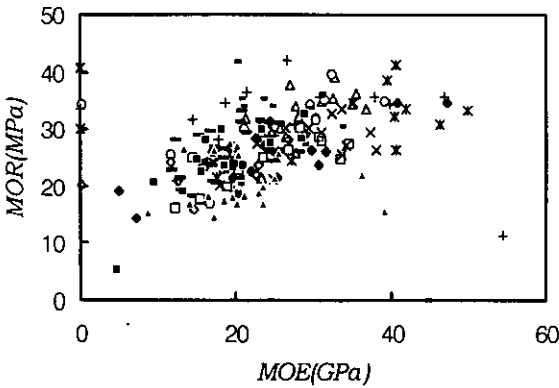


Fig. 4 Relationship between the MOE and MOR of *Pinus densiflora* for Uyeki.

Legend : ◆ No.1 □ No.2 △ No.3 × No.4 * No.5
○ No.6 + No.7 - No.8 ■ No.9 ◇ No.10
■ No.11 ▲ No.12

3. 4. 상대결정화도와 마이크로피브릴 경사각

국내산 침엽수재와 활엽수재의 상대결정화도는 金(李, 金 1992)에 의하여 상세하게 보고되고 있는데, Scgal법에 의한 침엽수재의 상대결정화도는 45%에서 62%(평균 53%)의 값을 보이고 있으며, 활엽수재는 50%에서 64%(평균 54%)의 값을 나타내는 것으로 알려져 있다. 그림 5를 보게 되면, 소광리산 소나무(No.1,2,7)와 청송 연습림산 소나무(No.13,14, 15)의 상대결정화도는 횡단면상의 반경방향에 있어서 큰 차이가 없음을 나타내고 있다. 두 그룹의 소나무재 모두 수심 부근의 10년생 까지는 약간의 작은 값을 나타내고 있으며, 그 이후에 있어서는 결정화도가 약 50~55%의 일정한 값을 보임으로써, 국내산 침엽수재와 큰 차이가 없음을 잘 알 수 있었다.

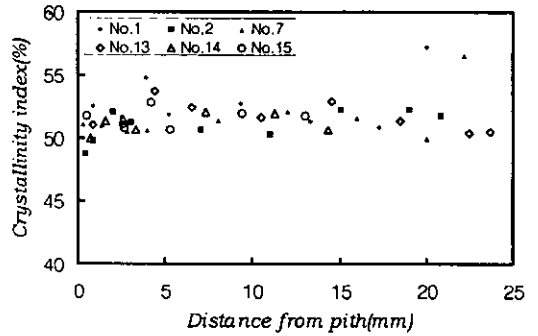


Fig. 5 Variations of relative crystallinity as a function of distance from pith

Note : No.1,2,7(◆ ■ ▲) are *Pinus densiflora* for *crecta* Uyeki and No.13, 14, 15(◇ △ ○) are *Pinus densiflora* S. et Z..

그림 6에는 소광리산 소나무재와 청송산 소나무재의 평균미셀경각에 대하여 수심부에서 수피부를 향하여 그 경향치를 나타내었다. 일반적으로 목재세포벽상에서 결정영역, 이른바 미셀은 섬유축에 대해서 어느 각도를 가지지만, 이 미셀경각은 결코 일정치를 가지는 것은 아니며, 수종간에서의 차이는 물론, 동일수종에서도 생육조건 등의 차이에 따라서 다른 값을 나타낼 것으로 생각된다. 특히 동일 개체내에서도 세포의 형성시기, 형성부위의 차이로 미셀경각이 다르게 나타날 것으로 예상된다. 미셀경각은 섬유축방향과 평행일 때 0° 를 나타내며, 이때 강도적인 측면에서 가장 큰 값을 나타내기 때문에, 미셀경각의 크기는 목재의 물리적 및 역학적 성질에 있어서 매우 중요한 지표라고 할 수 있다(Walker et al 1995). Okano에 의하면, 소나무재의 2차벽 층층에 있어서 피브릴경각은 조재부보다 만재부쪽이 크다고 하는 보고가 있으며, 1연륜내에서 조사한 결과는 미셀경각은 조재부에서 만재부를 향하여 증가하는 경향을 나타낸다고 보고하고 있다(岡野 등 1969, 1970) 따라서 수체내에서 미셀경각을 구할 경우는 조재부보다 만재부에서의 값이 적당한 것으로 판단하고 있다. 따라서 본 실험에서도 만재부의 판목판재를 취한 것도 이 때문인데, 소광리산 소나무재에서는 수피부근을 제외한 부분에서는 미셀경각이 수심에서 수피방향을 향하여

증가하는 경향을 보이고 있다. 청송산 소나무재는 No.15에서는 일정한 값을 보이거나, No.13에서는 수피부를 향하여 단조증가하는 경향을 보이고 있다. 따라서 미셀경각의 변이는 결정화도와 마찬가지로 소광리산과 청송산에서는 각각의 값에서 편차는 크게 나타나는 것으로 보이지만, 양자간에는 큰 차이가 없는 것으로 판단되어진다. 일반적으로 소나무재는 통직목리로서 섬유배열이 매우 고른 것으로 잘 알려져 있다. 이외에도 문헌에 의한 소나무재의 미셀경각은, 동일지상고에서는 수심에 가까운 부분을 제외하면 일정 지상고까지 각각의 지상고에서 비교적 안정된 일정한 값을 취한다. 지상고에 대해서 살펴보면, 비교적 수피에 가까운 부위에서는 어느 지상고까지 다소 감소하고, 그 이상의 지상고에서는 증대한다고 알려져 있다. 또 비교적 수피로부터 떨어진 부위에서는 어느 지상고까지 거의 일정한 값을 가지며, 그 이상의 지상고에서는 증대하며, 미셀경각과 만재율사이의 상관은 없으며, X선 회절강도곡선의 반가폭과 평균미셀경각사이에는 직선관계가 있는 것으로 알려져 있다.

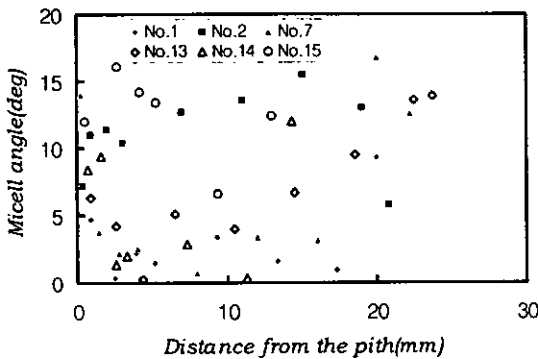


Fig. 6 Distribution of the mean micell angle to radial direction in the Pinus as a function of the distance from pith

Note : No.1,2,7(◆■▲) are *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki and No.13, 14, 15(◇△○) are *Pinus densiflora* S. et Z..

4. 결 론

이상의 결과로써 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

강송은 심재화가 소나무재에 비해 많이 이루어져 있고, 밀도가 매우 높았다. 이것은 좁은 연륜폭 때문에 만재율의 증가가 밀도의 증가를 가져온 것으로 생각된다. 강송의 상대결정화도 및 미셀경각의 크기는 소나무재와 큰 차이가 없었다. 또 강송의 압축강도가 소나무재의 압축강도보다 더 크게 나타나는 것으로 보아서 재질이 더 강함을 알 수 있었다.

따라서 강송의 물리적 특징은 소나무재에 비하여 심재화가 매우 많이 진행된 점과 연륜폭이 극히 좁은 것이라고 할 수 있으며, 이 특성이 우수한 재질발현의 직접적인 원인으로 판단되었다.

사 사

본 연구는 1999년도 농림부 현장에로기술개발과제(강송림의 생태재개발에 관한 연구)로 지원된 연구비로 수행되었음.

5. 참고문헌

- 岡野 健 外2人. 1969. 아카마츠, 카라마츠樹内の平均미셀傾角分布에關する研究. 日本木材學會誌 15(2):62-66.
- 岡野 健. 1970. X線による木材의相對結晶化度の測定. 日本木材學會誌 16(6):257-261.
- 박봉우. 1993. 황장목과 황장봉산. 전영우편. 소나무와 우리문화. 숲과 문화연구회. 116-122.
- 박봉우. 1996. 황장금표에 관한 고찰. 한국임학회지 85(3): 426-438.
- 李元用, 金南勳. 1992. X線 回折法에 의한 주요 침·활엽수재의 微細構造. 목재공학 20(1): 28-37.
- 李元熙, 金炳魯. 1993. 인장재료의 기초적 재질에 관한 연구. 한국가구학회지 4(2): 1-10.

7. 이원희, 김현정, 양재경, 박소윤. 1994. 인장재료의 기초적 재질에 관한 연구(제2보). 한국가공학회지 5(2): 23-30.
8. J.C.F. Walker and B.G. Butterfield. 1995 November. The importance of microfibril angle for the processing industries. N.Z. FORESTRY 34-40.