

## 남부지역 구실잣밤나무의 임분특성 및 지역별 물리·역학적 특성<sup>1</sup>

원 경 록<sup>2</sup> · 홍 남 의<sup>2</sup> · 정 수 영<sup>3</sup> · 유 병 오<sup>3</sup> · 변 희 섭<sup>2,†</sup>

### Physical and Mechanical Properties of *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* according to Stand Characteristics in the Southern Region of Korea<sup>1</sup>

Kyung-Rok Won<sup>2</sup> · Nam-Euy Hong<sup>2</sup> · Su-Young Jung<sup>3</sup> · Byung-Oh Yoo<sup>3</sup> · Hee-Seop Byeon<sup>2,†</sup>

#### 요 약

목재의 물리, 역학적 특성은 토양, 기후변화 등의 환경적 인자뿐만 아니라 임분특성에 의해서도 바뀌게 되므로 남부 세 지역의 임분특성이 목재의 재질특성에 미치는 영향과 지역별 물리, 역학적 특성 등을 비교 검토하였다. 전남, 제주 도의 구실잣밤나무 임지에 대하여 임분특성과 목재재질특성을 평가 분석하였는데 이들 간에는 대부분 높은 상관관계 가 나타났다. 구실잣밤나무의 기건밀도의 물리적 특성과 휨, 압축, 전단강도의 역학적 특성은 임분 특성에서 흉고직경 과는 부의 상관관계를 나타내었고 표고, 배수와는 정의 상관관계를 나타내었으며 모든 부분에서 유의성이 나타났다. 또한 물리·역학적 특성에서도 지역별로 차이가 나타났다. 본 연구의 목재 재질특성 분석결과, 남부지역의 구실잣밤나 무는 남대 지역의 유용한 산림자원으로 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

#### ABSTRACT

Since physical and mechanical properties of wood are affected by environmental factors such as soil and climate change, this study investigated relationships between wood quality factors and stand characteristics of *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* forest in the southern region of Korea, including Jeollanam-do Province and Je-ju island. The obtained results found very close relationships between physical and mechanical properties of wood and stand characteristics. The air-dried density and strength performance of woods showed a negative correlation with the diameter at breast height (DBH) while they were positively related to altitude and drainage of the forest site. And wood properties showed variations depending on the region. These results brought a conclusion that wood of *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* in the southern region could be useful forest resources for timber production.

<sup>1</sup> Date Received October 16, 2015, Date Accepted November 13, 2015

<sup>2</sup> 경상대학교 농업생명과학대학 농업생명과학연구원. College of Agriculture & Life Science, IALS, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Republic of Korea

<sup>3</sup> 국립산림과학원 남부산림자원연구소. Southern Forest Research Center, National Institute of Forest Science, Republic of Korea

<sup>†</sup> 교신저자(Corresponding author): 변희섭(e-mail: hsbyeon@gnu.ac.kr)

**Keywords:** *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* Nakai, standing wood properties, physical and mechanical properties

## 1. 서론

어떤 지역에서의 식물분포는 그 지역에서의 환경 조건에 의존하고 있으며, 여러 가지 환경요인 중에서도 강수량과 온도는 식물분포를 결정하는 중요한 요인으로 작용한다(Kim *et al.*, 2015). 따라서 우리나라에서 상록활엽수의 분포는 온도의 계절적 변화와 관련이 있을 수 있다. 최근 기후가 온대에서 난대기후로 변화하면서 난대수종의 분포가 증가되면서 상록 활엽수가 급부상하고 있다. 구실잣밤나무는 현재 북가시나무 다음으로 많은 면적을 차지하고 있는 난대 활엽수종으로 재질이 치밀하고 단단하며 온대남부지역까지 북상 가능한 수종으로 용도개발 잠재성이 높은 수종이다(Oh and Shim, 2006).

구실잣밤나무는 제주도, 완도 등 남부해안 지역의 표고 200~700 m의 해변과 산록에서 자생하는 상록 활엽교목으로 수고 15 m, 직경 1 m에 달하는 나무로 잎 표면은 녹색의 윤채가 있고, 뒷면은 연한 연갈색의 인모가 있어 관상학적으로 우수한 수종이며 병해충에도 비교적 강한 수종으로 알려져 있다(Sin *et al.*, 2006). 자원식물로서 활용가치가 높은 구실잣밤나무는 열매의 영양성분 분석이나 식의약품 소재의 활용도에 대한 연구들이 이루어졌으며(Lee *et al.*, 2010), 최근에는 잎 추출물을 대상으로 염증성 질환의 예방 및 치료제 개발(Ko *et al.*, 2014)에 이용되고 있지만 목질부의 용도개발을 위한 연구는 미미한 실정이다. Oh and Choi (2007), Oh and Park (2003)에 의하여 난대 기후대의 상록 활엽수림 복원 모니터링에 대한 연구 등이 진행되어 왔으나 난대상록 활엽수림에 대한 식물사회학적 연구에 치중되어 왔으며, 난대 상록 활엽수림에 대한 입지환경특성과 임목생장과의 관계에 대한 연구는 거의 전무한 상태이다. 난대림에서 생육하고 있는 난대수종을 자원화하기 위해서는 임분특성의 연구와 함께 최종산물이 될 목재의 재질변화에 대한 연구도 필수적으로 동반 수행

되어야 할 것이다. 그러나 현실적으로 국내의 난대수종의 임분특성과 재질변화에 대한 연구는 대단히 미흡한 실정임으로 목재의 효율적인 활용을 위하여 임분특성을 고려한 체계적인 관리 조성이 필요하다.

지금까지의 우리나라 산림의 조성목적은 우수한 성장에 중점을 두었으나, 최근 임업선진국에서는 우수한 성장과 함께 우수한 재질의 목재 생산에 더 많은 노력을 기울이고 있다(Han *et al.*, 2014). Abe (2005)는 유용수종을 중심으로 조직적 물리적 역학적 특성까지 많은 연구데이터를 축적하고 있다. 따라서 건전하면서도 부가가치가 높은 천연활엽수림을 조성하고 관리할 수 있는 경영방안에 대해 관심을 가져야 할 시점이며, 이를 위해 다양한 입지 유형별로 생육하고 있는 활엽수림 내의 임목 성장에 대한 정보의 활용이 필수적이다(Shin *et al.*, 2001).

본 연구에서는 남부지역의 난대상록활엽수종인 구실잣밤나무의 임분특성 및 지역에 따른 목재성질을 구명함으로써 목재의 효율적인 활용을 위한 기본 자료를 제공하고 목재의 합리적인 조성을 위하여 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 공시재료

본 실험에 사용된 구실잣밤나무(*Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* Nakai) 시험목은 각 표준지의 임분특성에 따른 목재재질의 비교분석을 위하여 흉고직경, 수고, 배수, 표고, 임분밀도, 수령, 평균연륜폭을 고려하여 각 표준지별로 선정하였으며, 그 개요를 Table 1에 나타내었다. 또한 지역별 비교를 위하여 남부지역 중 전남(완도군), 제주(서귀포시)지역에서 각각 9본과 3본씩의 변재부위 시편을 채취하여 실험을 수행하였다.

**Table 1.** Plot data according to standing wood

Division	D.B.H. (cm)	Height (m)	Soil drainage	Altitude (m)	Stem number per ha (Count)	Tree age (year)	Average annual ring width	Slope (°)
Plot 1 (Wando)	19.72	12.70	normal	322	1400	38	3.10	21°
Plot 2 (Wando)	20.00	17.00	normal	322	750	40	2.98	21°
Plot 3 (Wando)	25.00	13.60	normal	322	525	31	3.81	21°
Plot 4 (Seogwipo)	17.50	13.40	excellent	580	1400	40	2.25	5°

Note; D.B.H. : Diameter at breast height, 1.2 m above the ground.

## 2.2. 실험방법

### 2.2.1. 평균연륜폭, 밀도 및 수축률측정

연륜폭의 측정은 한국산업규격(KS) 중 KS F 2202에 준하여 시험편의 횡단면에서 나이테 사이의 거리를 나이테의 수로 나누어서 구했으며, 양 횡단면을 측정하여 평균값으로 표시하였다. 기건밀도는 KS F 2198에 의거하여 실험을 실시하고 식 (1)을 이용하여 기건밀도를 구하였다.

$$P_W = \frac{m_0}{a_W \times b_W \times l_W} = \frac{m_0}{V_W} \dots\dots\dots (1)$$

$m_0$  : 시험편의 기건질량(g)  
 $a_W b_W l_W$  : 기건 상태에서 시험편의 가로, 세로 및 길이(cm)  
 $V_W$  : 기건 상태에서 시험편의 부피(cm<sup>3</sup>)

수축률 시험은 KS F 2203에 준하여 시험편 20 mm × 20 mm × 20 mm로 제단한 후 증류수에 포수시켜 포수 때의 치수를 측정한 후 항온항습실(온도 20 ± 1℃, 습도 65 ± 2%)에서 2주 이상 조습시킨 후 항량에 달했을 때 기건치수를 측정하였고 건조기 103 ± 2℃에서 목재 내의 수분을 완전히 제거될 때까지 건조시킨 후 전건치수를 측정하여 기건수축률, 전건수축률을 구하였다.

### 2.2.2. 역학적 특성 시험방법

휨 강도성능시험은 시험편(20 mm × 20 mm × 320 mm)을 항온항습실(온도 20 ± 1℃, 습도 65 ± 2%)에서 2주간 조습처리한 후 실시하였다. 휨 강도성능시험은 한국산업규격(KS)의 KS F 2208에 의거하여 만능강도시험기(universal testing machine, Taeshin model TSU-2)를 이용하여, 3점 중앙집중 하중방식으로 스패의 길이를 280 mm, 하중속도 2.5 mm/min의 조건으로 실시하여 하중과 변위의 관계에서 식 (2)를 이용하여 휨탄성계수(MOE)를 구하였고 식 (3)를 이용하여 휨강도(MOR)를 구하였다.

$$MOE = \frac{\Delta P l^3}{4bh^3 \Delta_l} \dots\dots\dots (2)$$

$\Delta P$  : 비례한도 내에서 상한 하중과 하한 하중의 차이(N)  
 $\Delta_l$  :  $P_1$ 일 때의 지간 거리 중앙의 처짐의 차이(m)

$$MOR = \sigma_{bmax} = \frac{3P_{max} l}{2bh^2} \dots\dots\dots (3)$$

$P_{max}$  : 최대하중(N)  
 $l$  : 스패(span, m)  
 $b$  : 폭(나비, m)  
 $h$  : 높이(두께, m)

**Table 2.** Physical and mechanical wood properties of *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* according to stands and site characteristics

Classification	N	D.B.H.		Altitude		Height		Soil drainage	
		r	p-value	r	p-value	r	p-value	r	p-value
Ring width	120	0.626	0.000	-0.235	0.005	0.082	0.376	-0.235	0.005
Air-dried density	120	-0.268	0.003	0.446	0.000	0.206	0.024	0.446	0.000
Bending MOR	120	-0.463	0.000	0.305	0.001	0.062	0.509	0.305	0.001
Bending MOE	120	-0.309	0.001	0.358	0.000	0.008	0.936	0.358	0.000
Compressive MOR	116	-0.315	0.001	0.390	0.000	0.177	0.056	0.390	0.000
Compressive MOE	116	-0.349	0.000	0.276	0.004	0.310	0.001	0.276	0.004
Shear strength	113	-0.106	0.256	0.378	0.000	0.147	0.113	0.378	0.000

Notes; MOR: Modulus of rupture, MOE: Modulus of elasticity, N: Number of specimen

종압축강도와 방사방향전단강도는 한국산업규격 한국목재규격(KS)의 KS F 2206 (목재의 압축 시험 방법)와 KS F 2209 (목재의 전단 시험 방법)을 참조하여 실험을 실시하였으며 시험은 피로검용 만능강도시험기(Shimadzu, model EHF-ED10-20L)를 이용하여 압축강도 및 전단강도 모두 하중속도(cross head speed)를 1.0 mm/min의 조건으로 시험편의 횡단면이 하중 블록의 사이에 상하로 향하도록 위치시키고 균일한 하중이 횡단면에 가해지도록 시험을 실시하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 임분특성

Table 2에 임분 특성인 흉고직경, 표고, 평균수고 및 토양배수와 재질특성인 평균 연륜폭, 기건밀도, 휨 강도, 휨 탄성계수, 압축강도, 압축영률 및 전단강도의 상관계수와 p-value 값을 나타내었다. t 검정결과 구실잣밤나무의 임분 특성과 재질특성 간에는 수고를 제외한 전 항목에서 상당히 높은 상관관계와 유의성을 나타내었다.

구실잣밤나무의 기건밀도의 물리적 특성과 휨, 압축, 전단강도의 역학적 특성은 임분 특성에서 흉고직경과는 부(負)의 상관관계를 나타내었고 표고, 배수와는 정(正)의 상관관계를 나타내었으며 모든 부분에서

유의성이 나타났다. 연륜폭은 표고, 배수와는 부의 상관관계를 나타내었고, 흉고직경과는 정(正)의 상관관계를 나타내었으며 모든 부분에서 유의성이 나타났다. 수고에 따라서는 연륜폭, 물리적 특성 및 역학적 특성과 유의성이 나타나지 않았다. Hong *et al.* (2015)은 임분특성과 삼나무의 역학적 특성은 직경, 표고, ha당 분수, 배수와의 관계에서 높은 상관관계와 유의성을 나타내었고 Allen & Marquis (1970)는 루브르참나무의 직경생장 및 수고생장에 대한 인공적인 간벌을 실시한 임분의 성장특성과 높은 비례관계를 보고하였다. 그 외에도 임분의 성장변화 뿐만 아니라 입지환경 및 식생에 따른 재질의 큰 변화도 보고되었다(Albrecht and McCarthy, 2006; Wignall and Browning, 1988).

#### 3.2. 지역별 물리적 특성

평균연륜폭, 기건밀도, 수축률(전진, 기건)을 지역별로 구분하여 측정하고 지역 간 물리적 특성값에 대한 차이 유무를 알기 위해 던컨테스트를 실시하여 Table 3에 나타내었다.

구실잣밤나무의 지역에 따른 물리적 특성에서 전남의 연륜폭 2.26 mm가 제주의 연륜폭 2.31 mm 보다 좁게 나타났고 그 차이도 미미하였으며 던컨 테스트 검사결과에서도 유의성이 나타나지 않았다. Paul (1963)은 성장속도와 밀도는 일반적으로 성장속

**Table 3.** Physical characteristics of *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* in southern region of Korea

Classification	Ring width (mm)	Air-dried density (g/cm <sup>3</sup> )	Oven dry shrinkage (%)		Air dry shrinkage (%)	
			Tangential	Radial	Tangential	Radial
Jeonnam	2.26 (0.62)	0.54 a <sup>1)</sup> (0.06)	6.88 a (1.01)	3.33 a (0.81)	4.87 a (0.93)	2.11 a (0.74)
Jeju-do	2.31 (0.78)	0.59 b (0.02)	7.80 b (0.48)	3.88 b (0.41)	6.09 b (0.08)	3.13 b (0.81)

Notes: <sup>1)</sup> Means with the same letter are not significantly different at a *p* value of 0.05 according to Duncan's new multiple range test, parenthesis is standard deviation.

**Table 4.** Mechanical characteristics of *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* in southern region of Korea

Classification	N	Jeonnam	Jeju-do	p-value
Bending MOR (Mpa)	120	79.36 (14.74)	84.13 (6.20)	0.00
Bending MOE (Gpa)	120	9.89 (0.96)	10.06 (0.78)	0.348
Compressive MOR (Mpa)	116	39.67 (5.06)	43.37 (2.19)	0.000
Compressive MOE (Gpa)	116	6.28 (0.82)	6.81 (0.34)	0.000
Shear MOR (Mpa)	113	10.41 (1.60)	11.97 (0.89)	0.002

Notes: Parenthesis is standard deviation. MOR: Modulus of rupture, MOE: Static modulus of elasticity.

도가 높을수록 밀도가 낮지만 구실잣밤나무와 같은 환공재의 경우 생장속도가 빠를수록 목재의 밀도가 커진다고 보고하였다. 기건밀도, 기건수축률, 전건수축률의 물리적 특성은 전남이 제주보다 높게 나타났으며 모든 부분에서 유의성이 나타났다. Kim (1995)은 수축률은 밀도와 관계가 높아 밀도가 커지면 수축률이 커지는 것으로 알려져 본 연구와 같은 경향을 나타내었다.

### 3.3. 지역별 역학적 특성

구실잣밤나무의 휨 강도, 휨 탄성계수, 압축강도, 압축영률, 전단강도를 지역별로 구분하여 측정하고 지역 간 역학적 특성값에 대한 차이 유무를 알기 위해 던컨테스트를 실시한 데이터를 Table 4에 나타내었다.

지역별 역학적 특성에서 모든 강도특성에서 제주가 전남보다 높게 나타났으며 던컨검정결과 유의성도 나타났다. Won *et al.* (2014)은 경남, 전남, 제주의 졸참나무를 지역별로 구분하여 강도를 비교한 결과 압축강도와 전단강도에서는 지역의 차이에 대한 유의성이 나타났으며 제주의 강도가 전남보다 높은 강도 값을 나타내어 본 연구에서 같은 경향을 나타내었다. Chong *et al.* (2002)은 구실잣밤나무의 휨강도  $907 \pm 103 \text{ kgf/cm}^2$ 와 종압축강도  $472 \pm 36 \text{ kgf/cm}^2$ 를 보고하였는데 본 연구에서도 비슷한 강도 값을 나타내었다.

## 4. 결 론

우수한 목재 생산을 위한 재질 지표 데이터 축적을 위하여 남부지역을 중심으로 임분특성이 구실잣

밤나무의 목재재질에 미치는 영향을 구명하고 지역별 물리적 특성, 역학적 특성 등의 비교한 결과는 다음과 같다.

- 1) 구실잣밤나무의 기건밀도의 물리적 특성과 휨, 압축, 전단강도의 역학적 특성은 임분 특성에서 흉고직경과는 부의 상관관계를 나타내었고 표고, 배수와는 정의 상관관계를 나타내었으며 모든 부분에서 유의성이 나타났다. 연륜폭은 표고, 배수와는 부의 상관관계를 나타내었고, 흉고직경과는 정의 상관관계를 나타내었으며 모든 부분에서 유의성이 나타났다.
- 2) 물리적 특성의 연륜폭, 밀도, 수축률은 전남 < 제주 순으로 나타났고 역학적 특성의 휨 강도, 압축강도, 전단강도는 전남 < 제주 순으로 나타났고 탄젠트정결과 모든 부분에서 유의성이 나타났다.
- 3) 제주도의 구실잣밤나무는 전남의 그것보다 높은 생장, 물리적, 역학적 특성을 나타내었으나 높은 수축률은 치수안정성이 떨어지기 때문에 생장, 물리적 특성, 역학적 특성 성질을 함께 고려하여 지역별로 생산된 재료의 적절한 사용이 필요하다.

## 사 사

본 연구는 국립산림과학원 연구과제(SC0500-2012-01) 지원사업에 의하여 수행되었습니다.

## REFERENCES

- Abe, H. 2005. Present state and future prospects of research on wood anatomy and wood quality. *Journal of The Korean Wood Science and Technology* 54(1): 7-9.
- Albrecht, M.A., McCarthy, B.C. 2006. Effects of prescribed fire and thinning on tree recruitment patterns in central hardwood forests. *Forest Ecology and Management* 226(1-3): 88-103.
- Allen, R.H., Marquis, D.A. 1970. Effect of thinning on height and diameter growth of *Oak* and *Yellow-poplar* saplings. Northeastern Forest Experiment Station. USA. 11-26.
- Chong, S.-H., Chung, D.-J., Park, B.-S., Lee, D.-S., Cho, S.-T., Seo, J.-W. 2002. Wood properties of *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* Nakai. *Journal of the Korea furniture Society* 13(3): 8-15.
- Han, M.-S., Lee, C.-J., Park, B.-S., Kim, B.-R. 2014. Studies on wood quality and growth of *Quercus rubra* (24 years old) in Korea - physical and mechanical properties -. *Journal of The Korean Wood Science and Technology* 42(3): 327-338.
- Hong, N.-E., Won, K.-R., Yoo, B.-O., Jung, S.-Y., Byeon, H.-S. Mechanical properties of *Cryptomeria japonica* by the differences of stand characteristics in southern region of Korea. *Journal of The Korean Wood Science and Technology* 43(3): 320-326.
- Kim, B.-R. 1995. Studies on variability in wood properties in tree stems of *Pinus koraiensis* ( I ). *Journal of The Korean Wood Science and Technology* 23(1): 28-34.
- Kim, J.-H., Kim, D.-H., Lee, D.-H. 2015. Effects of fertilizer treatment on the growth characteristics of 2-years old *Pinus koraiensis* siebold & zucc container seedlings. *Journal of Agriculture & Life Science* 49(1): 63-70.
- Ko, Y.-J., Song, S.-M., Hyun, W.-C., Yang, S.-K., Song, C.-K., Lee, D.-S., Yoon, W.-J. 2014. Anti-inflammatory effect of *Castanopsis cuspidata* extracts in murine macrophage RAW 264.7 cells. *Korean J. Plant Res.* 27(5): 439-446.
- Lee, S.-J., An, K.-W., Choi, T.-S., Jung, H.-S., Moon, J.-H., Park, K.-H. 2010. Component analysis and antioxidative activity of *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* nut. *Korean Journal of*

- Food Preservation 17(1): 139-144.
- Oh, K.-K., Choi, W.-K. 2007. Monitoring on evergreen broad-leaved forest restoration in dadohaehaesang national park. Korean Journal of Environment and Ecology 21(5): 449-455.
- Oh, K.-K., Park, S.-G. 2003. Conservation status and restoration of evergreen broad-leaved forests in warm temperate region, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 17(1): 71-81.
- Oh, K.-K., Shim, H.-Y. 2006. Distribution and population structure of evergreen broad-leaved forest in the Weolchulsan national park. Korean Journal of Environment and Ecology 20(2): 81-93.
- Paul, B.H. 1963. The application of silviculture in controlling the specific gravity of wood. USDA Forest Service Technology Bulletin 1288: 460-478.
- Shin, M.-Y., Chung, S.-T., Lee, D.-K. 2001. Estimation of microclimate by site types in natural deciduous forest and relation between periodic annual increment of diameter and the microclimatic estimates (a case study on the national forest in Pyungchung, Kangwon Province). Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology 3(1): 44-54.
- Wignall, T.A., Browning, G. 1988. The effects of stand thinning and artificial shading on epicormic bud emergence in pedunculate *Oak* (*Quercus robur* L.). Forestry 61(1): 45-59.
- Won, K.-R., Hong, N.-E., Lee, K.-S., Jung, S.-Y., Yoo, B.-O., Park, Y.-B., Chong, S.-H., Byeon, H.-S. 2014. Physical and mechanical properties of *Quercus serrata* according to stand characteristics in southern region of Korea. Journal of The Korean Wood Science and Technology 42(6): 659-665.