

국내산 밤나무 목재의 해부학적 특성의 방사방향 변이성*1 - 도관요소 및 방사조직 -

이 선 화*2 · 권 성 민*2 · 이 성 재*3 · 이 욱*4 · 김 만 조*4 · 김 남 훈*2†

Radial Variation of Anatomical Characteristics of Chestnut Wood (*Castanea crenata*) Grown in Korea*1 - Vessel Element and Ray -

Seon-Hwa Lee*2 · Sung-Min Kwon*2 · Sung-Jae Lee*3 · Uk Lee*4 ·
Mahn-Jo Kim*4 · Nam-Hun Kim*2†

요 약

국내산 밤나무 목재의 효율적 이용을 위한 기초 자료를 얻기 위하여 밤나무 7품종(단택, 이취, 이평, 만성, 은기, 유마, 축과)의 목재 해부학적 특성의 방사방향 변이성을 조사하였다. 즉, 횡단면에서 도관요소의 방사 및 접선 직경, 개수 및 방사조직 밀도를 그리고 접선단면에서 방사조직 높이 및 개수를 광학현미경법으로 측정하였다. 밤나무 7품종 목재에 있어 조재 도관요소의 방사 직경이 접선 직경보다 더 컸으며, 방사 및 접선 직경은 수령 증가에 따라 점차 증가하는 경향이 보였다. 단위 면적 당 도관요소의 개수는 수령 증가에 따라 점차 감소하는 경향이 있었다. 방사조직 밀도는 수령 증가에 따른 증감의 변화 없이 거의 일정하였다. 방사조직의 개수는 수령 증가에 따라 점차 증가하는 경향이 있었고, 이와 대조적으로 방사조직의 높이는 낮아지는 경향이 나타났다. 방사조직의 높이가 높을수록 단위 면적(mm²) 당 방사조직 개수는 감소하고 방사조직의 높이가 낮을수록 방사조직 개수는 증가하는 경향을 보였다. 결론적으로 방사조직 밀도를 제외한 도관요소 및 방사조직 특성들은 밤나무의 성숙재와 미성숙재를 판단하는 지표로 사용될 수 있을 뿐만 아니라 밤나무의 품종별 구분이 가능할 것으로 생각되었다.

* 1 접수 2008년 9월 9일, 채택 2008년 10월 16일

* 2 강원대학교 산림환경과학대학. College of Forest and Environmental Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

* 3 강원도산림개발연구원. Forest Research Institute of Kangwon Province, Chuncheon 200-140, Korea

* 4 국립산림과학원. Dept. of Forest Genetic Resources, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-350, Korea

† 주저자(corresponding author) : 김남훈(e-mail: kimnh@kangwon.ac.kr)

ABSTRACT

Some wood anatomical characteristics of seven chestnut cultivars (Tanzawa, Ibuki, Arima, Ginyose, Tsukuba, Riheiguri, and Mansung) grown in Korea were examined in this study. We investigated the radial variation of wood components such as diameter and number of earlywood vessel element and ray density in cross section and number and height of ray in tangential section. Discs were taken from the stem of seven chestnut cultivars at breast height and cut into the radial strip. Cross, radial, and tangential sections, 10 to 20 μm thick, were sliced with a sliding microtome. These sections were stained, dehydrated, and mounted with Canada balsam according to common procedure. Measurement and observation were performed with a light microscopy. In all chestnut cultivars, radial and tangential diameter of vessel element increased but number of vessel element per mm^2 decreased with increasing tree age. Ray spacing (per mm) in cross section from pith to bark showed no significant variation, while number of ray per mm^2 increased but ray height decreased with the increase of tree age. Conclusively, the results obtained in present study were thought to be some valuable information for separating juvenile and adult wood as well as identifying chestnut cultivars.

Keywords: chestnut, *Castanea crenata*, radial variation, ray, vessel element

1. 서 론

밤나무 목재는 환공재로서 연륜이 명확하고 심재는 담갈색, 변재는 담황색으로 심·변재의 구분이 명확하다. 목리가 아름답고 경도 및 강도적 성질이 우수하며 내구성 역시 강하고 습기에 잘 견디므로 건축재, 가구재, 기구재, 철도침목, 갯목 등의 재료로 사용되어 왔다(日本材料學會木質材料部門委員會, 1982; 佐伯, 1982; 문 등, 2004; 김 등, 2005). 또한 이탈리아에서는 수세기 동안 창문이나 문틀로 밤나무 심재를 사용하였고(Miltz 등, 2003), 지중해 연안의 국가들, 그중에서도 포르투갈은 밤나무를 많이 생산하고 있으며(Guiné와 Raquel, 2006), 경제적 가치가 뛰어난 수종으로 알려져 있다(Gomes-Laranjo 등, 2006).

국내에서 자생하는 밤나무의 품종은 총 35종이 있으며 재배품종의 특성에 따라 조생종(early-ripening cultivars), 중생종(mid-ripening cultivars)과 만생종(late-ripening cultivars), 지방품종의 특성에 따라 토종밤과 지방품종으로 분류가 되어 있다

(김 등, 2006).

목재를 구성하는 세포는 수종 고유의 유전인자, 환경에 따른 구성요소의 크기, 형태, 배열 등이 다양하게 변화하며 특히 침엽수에 비해 구성요소가 복잡한 활엽수에서 변이가 심하다. 따라서 활엽수의 도관요소의 크기, 목섬유의 길이, 방사조직의 높이 등은 목재의 성질을 파악하는 기본인자로서 대단히 중요하고 동일 수종 내에서도 수령이 증가함에 따라 변동한다(박, 1981).

현재 우리나라에 분포하고 있는 밤나무는 주로 일본밤나무로서 현재까지 많은 변종이 보고되고 있으나(김 등, 2003; 문 등, 2004; 이 등, 2005) 그 품종에 따른 재질 특성에 관한 연구는 많지 않다.

전보(이 등, 2008)에서는 국내산 밤나무재의 효율적 이용을 위한 기초 자료를 얻기 위하여 7품종 목재의 해부 및 물리적 특성을 조사하여 보고하였다. 본 연구에서는 전보에 이어 국내산 밤나무 7품종의 목재 해부학적 특성의 방사방향 변이성을 조사하여 비교 및 검토 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

본 실험에서는 전보(이 등, 2008)와 같이 우리나라 중부와 남부지방에서 채취한 밤나무 7품종의 목재를 공시재료로 이용하였다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 슬라이드 제작

홍고높이에서 원판을 채취한 후 활주식 마이크로 톰을 이용하여 3연륜 단위로 절편을 제작하였다. 절편은 일반적인 방법(日本木材學會, 2000)에 의해 알코올로 탈수한 후, 사프라닌과 라이트그린 용액으로 이중 염색하고 자일렌으로 투명화한 다음 캐나다발삼으로 봉입하여 슬라이드를 제작하였다.

2.2.2. 방사방향 변이성 측정

각 슬라이드를 광학현미경(Nikon ECLIPSE, E600)과 화상분석기(IMT, I-solution Lite)를 사용하여 다음의 항목을 측정하였다.

도관요소 직경: 40배율의 20개 횡단면 상을 촬영하여 연륜별로 조재부 도관요소 100개의 내강직경을 방사방향과 접선방향으로 구분하여 측정하였다.

도관요소의 개수: 도관요소 직경 측정 후, 동일한 슬라이드를 이용하여 단위 면적(mm^2) 당 분포하는 조재부 도관요소의 개수를 50회 측정하였다.

방사조직 높이: 40배율의 20개 접선단면 상을 촬영하여 연륜별로 100개의 방사조직을 대상으로 구성 세포의 수를 측정하였다.

방사조직 개수: 방사조직의 높이를 측정한 후, 동일한 슬라이드에서 단위 면적(mm^2) 당 분포하는 방사조직의 개수를 50회 측정하였다.

방사조직 밀도: 20개의 횡단면 사진에서 단위 길이(1 mm) 당 출현하는 만재부 방사조직의 개수를 50회 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 조재 도관요소의 직경

Table 1은 밤나무 목재 조재 도관요소의 직경을 연륜별로 측정한 결과이다. 환공성 수종의 일반적인 특징과 마찬가지로 조재 도관요소의 방사 직경이 접선 직경보다 더 크게 나타났다. 조재 도관요소의 방사 직경은 수심부인 3연륜에서 이평 품종의 것이 약 $248 \mu\text{m}$ 로 가장 큰 반면 만성의 것은 약 $187 \mu\text{m}$ 로 가장 작았다. 반면 15연륜에서는 유마 품종의 것이 약 $510 \mu\text{m}$ 로 가장 큰 반면 만성의 것은 $304 \mu\text{m}$ 로 가장 작았다. 조재 도관요소의 접선 직경은 수심부인 3연륜에서 이평 품종의 것이 약 $188 \mu\text{m}$ 로 가장 큰 반면 만성의 것은 약 $126 \mu\text{m}$ 로 가장 작았다. 15연륜에서는 이평 품종의 것이 약 $308 \mu\text{m}$ 로 가장 큰 반면 만성의 것은 약 $189 \mu\text{m}$ 로 가장 작았다. 따라서 품종별로 조재 도관요소의 직경에 다소 차이가 있는 것으로 나타났다.

조재 도관요소의 방사 직경은 약 $200 \sim 500 \mu\text{m}$, 접선 직경은 $120 \sim 370 \mu\text{m}$ 까지의 범위에서 변동하였다. IAWA Committee (1989)는 도관요소의 접선 직경 크기에 따라 4개 등급으로 분류하였는데 본 연구에서 얻어진 밤나무 목재 조재 도관요소의 접선 직경은 3~4등급으로 나타나 비교적 도관 직경이 큰 수종인 것으로 여겨졌다. 日本木材加工技術協會(1984)는 밤나무 조재 도관요소의 방사 직경이 $100 \sim 400 \mu\text{m}$, 접선 직경이 $80 \sim 250 \mu\text{m}$ 인 것으로 보고하였고, 이(1994)는 밤나무 조재 도관요소의 접선 직경을 $125 \sim 270 \mu\text{m}$ 로 보고하고 있어 본 연구의 결과와 유사하지만 본 연구의 경우가 다소 더 큰 결과를 나타내었다.

Fig. 1은 밤나무 목재 조재 도관요소의 방사 직경(A)과 접선 직경(B)의 방사방향 변이를 나타낸 것이다. 도관요소의 직경은 수심부에 가까운 3연륜에서 가장 작고 수령 증가에 따라 수피부를 향해 증가하는 경향이 나타났다.

도관요소 직경의 방사방향 변이에 관한 연구에서 한(1987)은 수령이 증가함에 따라 산공재의 도관요소 접선 및 방사 직경 모두 증가하고, 박(1981)은 환

Table 1. Diameter of earlywood vessel element in cross section

(unit : μm)

Cultivars		Growth ring number									
		3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Tanzawa	R	222.0 ± 38.4	234.3 ± 73.5	356.6 ± 73.5	338.3 ± 54.6	414.6 ± 52.3					
	T	178.4 ± 30.1	177.8 ± 51.1	224.8 ± 48.9	234.8 ± 42.8	270.6 ± 31.8					
Ibuki	R	221.9 ± 28.9	339.0 ± 53.8	371.8 ± 50.8	417.1 ± 31.9	394.1 ± 41.2					
	T	158.5 ± 24.4	214.6 ± 28.7	230.2 ± 30.1	270.6 ± 21.3	278.6 ± 31.2					
Mansung	R	186.3 ± 24.6	349.2 ± 34.7	423.7 ± 46.6	343.6 ± 46.9	303.8 ± 40.0					
	T	125.5 ± 19.4	219.8 ± 24.3	267.3 ± 33.0	233.4 ± 32.0	188.9 ± 22.0					
Ginyose	R	209.3 ± 32.0	306.9 ± 31.1	398.2 ± 35.8	398.0 ± 53.8	410.0 ± 25.3	405.3 ± 44.2	401.5 ± 25.3	484.6 ± 40.3	493.6 ± 41.4	
	T	178.5 ± 27.3	224.0 ± 27.2	301.0 ± 29.4	281.6 ± 52.2	299.7 ± 25.9	313.7 ± 30.8	322.2 ± 27.5	361.3 ± 31.8	373.8 ± 37.5	
Arima	R	230.8 ± 38.0	336.4 ± 21.5	376.6 ± 57.2	416.6 ± 87.7	474.5 ± 46.7	446.9 ± 33.9	509.7 ± 31.7			
	T	171.0 ± 33.3	221.0 ± 22.1	226.2 ± 42.3	229.5 ± 64.9	279.1 ± 30.8	270.3 ± 17.6	322.3 ± 25.9			
Tsukuba	R	232.9 ± 27.8	282.1 ± 36.0	351.5 ± 33.9	360.6 ± 28.1	386.3 ± 45.3	383.3 ± 30.5	376.1 ± 36.6	282.2 ± 32.9	448.8 ± 57.0	473.8 ± 32.4
	T	178.3 ± 23.7	226.9 ± 37.5	265.0 ± 23.0	247.5 ± 22.6	294.4 ± 25.9	291.2 ± 36.6	290.4 ± 34.3	193.4 ± 27.2	311.3 ± 33.5	322.9 ± 20.5
Riheiguri	R	248.2 ± 43.7	311.6 ± 25.0	263.9 ± 47.1	342.3 ± 39.3	416.6 ± 42.0	464.0 ± 34.4	429.4 ± 36.9			
	T	187.7 ± 28.2	234.7 ± 26.8	199.8 ± 30.9	250.3 ± 35.0	308.3 ± 23.6	274.3 ± 23.8	302.2 ± 37.8			

R: Radial diameter, T: Tangential diameter

공재의 도관요소 직경 역시 증가한다고 보고하였다. 또한 Ash (Helińska-Raczowska and Fabisiak, 1999), Teak (Bhat *et al.*, 2001), Cork oak (Leal *et al.*, 2007)와 Eucalyptus (Sharma *et al.*, 2005; Veenin *et al.*, 2005)도 수령이 증가함에 따라 도관요소의 직경이 증가하는 경향을 보인다고 각각 보고한 바 있다.

3.2. 조재 도관요소의 개수

Table 2는 밤나무 목재의 단위 면적(mm^2) 당 조

재 도관요소의 개수를 연륜별로 조사한 결과이다. 수심부에 가까운 3연륜에서는 8~12개, 수피부에서는 4~7개로 수심부에서 도관요소의 개수가 많았다.

Fig. 2는 밤나무의 단위 면적(mm^2) 당 조재 도관요소 개수의 방사방향 변이를 나타낸 것이다. 도관요소 개수는 4~12개 범위에서 변동하였다. 수심부에 가까운 3연륜에서는 도관요소 개수가 상당히 많이 나타나고 있으나 수령이 증가할수록 점차 감소하는 경향이 나타났다. 이는 수령이 증가함에 따라 조재 도관요소의 직경이 증가하기 때문에 상대적으로 단위 면적 당 도관요소 개수가 감소하는 것으로 설명

국내산 밤나무 목재의 해부학적 특성의 방사방향 변이성

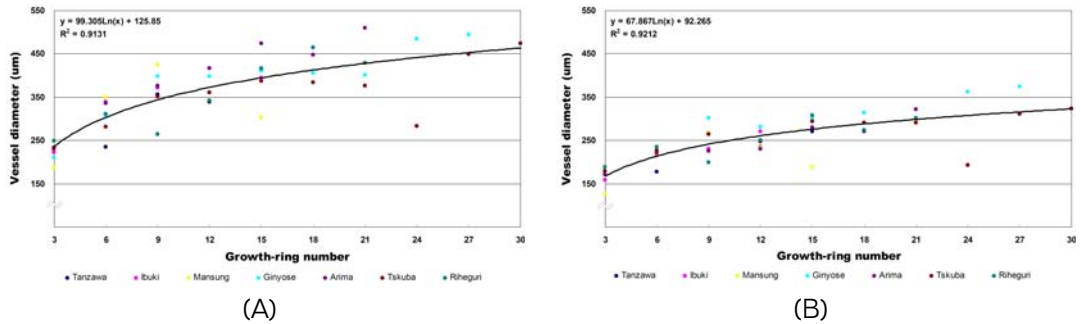


Fig. 1. Radial variation of radial (A) and tangential (B) diameter of earlywood vessel element.

Table 2. Number of earlywood vessel element per mm² in cross section

Cultivars	Growth ring number									
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Tanzawa	9.8 ± 1.0	8.6 ± 1.2	6.6 ± 1.2	6.1 ± 1.4	5.3 ± 0.7					
Ibuki	10.1 ± 1.1	7.1 ± 1.0	5.2 ± 0.8	4.0 ± 0.7	4.3 ± 0.7					
Mansung	10.9 ± 1.4	6.9 ± 0.8	5.0 ± 0.7	5.1 ± 0.7	6.9 ± 1.1					
Ginyose	11.5 ± 1.3	9.4 ± 0.8	5.8 ± 1.5	5.7 ± 0.7	5.5 ± 1.0	6.4 ± 0.8	5.9 ± 0.8	5.4 ± 0.7	4.9 ± 0.6	
Arima	11.5 ± 1.4	6.9 ± 0.6	5.5 ± 0.6	4.9 ± 1.0	4.8 ± 0.8	4.8 ± 0.7	3.8 ± 0.8			
Tskuba	11.7 ± 1.1	9.2 ± 0.9	7.1 ± 0.8	5.8 ± 0.7	5.1 ± 0.7	5.2 ± 0.5	4.5 ± 0.5	4.0 ± 0.8	3.6 ± 0.8	3.7 ± 0.6
Riheguri	8.2 ± 1.1	6.6 ± 1.2	5.6 ± 0.8	5.0 ± 0.7	4.6 ± 0.7	4.1 ± 0.6	4.4 ± 0.5			

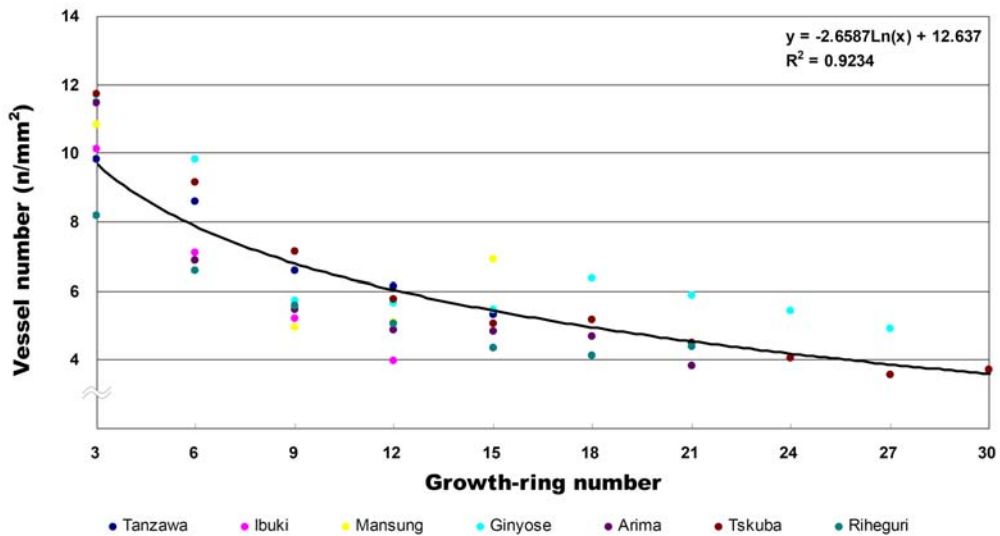


Fig. 2. Radial variation of the number of earlywood vessel element.

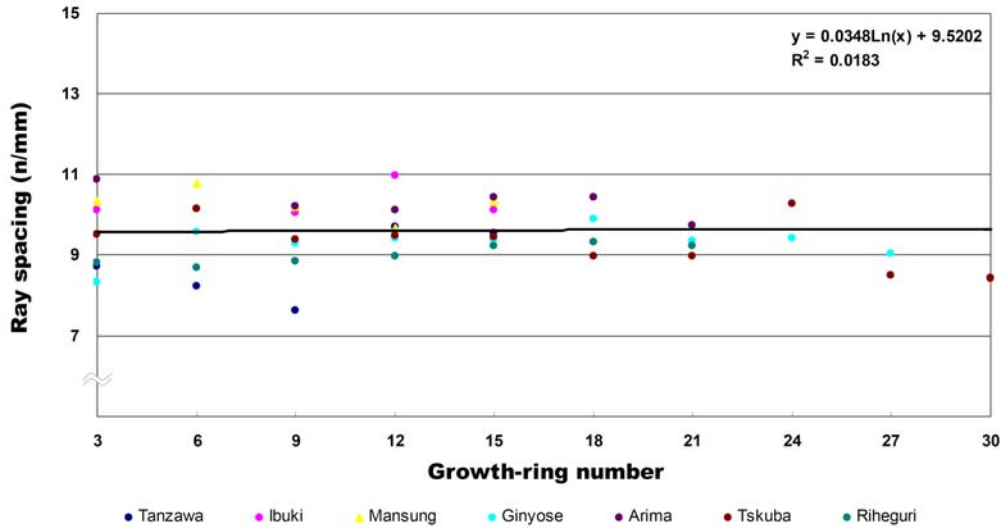


Fig. 3. Radial variation of ray spacing.

Table 3. Ray spacing (No./mm) in cross section

Cultivars	Growth ring number									
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Tanzawa	8.7 ± 1.5	8.2 ± 1.3	7.6 ± 1.5	9.7 ± 1.3	9.5 ± 1.3					
Ibuki	10.1 ± 1.1	10.1 ± 1.7	10.1 ± 1.9	11.0 ± 1.7	10.1 ± 1.5					
Mansung	10.3 ± 1.2	10.8 ± 1.5	10.2 ± 2.2	9.7 ± 1.4	10.3 ± 1.9					
Ginyose	9.6 ± 1.6	9.3 ± 1.0	9.4 ± 1.4	9.4 ± 1.5	8.3 ± 1.7	9.9 ± 1.5	9.4 ± 1.4	9.4 ± 1.5	9.0 ± 1.0	
Arima	10.9 ± 1.9	10.1 ± 1.4	10.2 ± 1.3	10.1 ± 1.4	10.4 ± 1.5	10.4 ± 1.3	9.7 ± 1.4			
Tskuba	9.5 ± 1.2	10.1 ± 1.3	9.4 ± 1.2	9.5 ± 1.4	9.5 ± 1.4	9.0 ± 1.5	9.0 ± 1.1	10.3 ± 1.2	8.5 ± 1.5	8.4 ± 1.6
Riheguri	8.8 ± 1.1	8.7 ± 1.2	8.9 ± 0.8	9.0 ± 0.7	9.2 ± 0.7	9.3 ± 0.6	9.2 ± 0.5			

할 수 있다. 도관요소 개수의 방사방향 변이와 관련하여 한(1987)은 산공재의 단위 면적 당 도관요소 개수를 조사한 결과 수령의 증가에 따라 감소한다고 보고하였고, 환공재인 Ash (Helińska-Raczkowska and Fabisiak, 1999), cork oak (Leal *et al.*, 2007)와 Eucalyptus (Veenin *et al.*, 2005)에서도 단위 면적 당 도관요소 개수가 감소하는 경향을 보이는 것으로 보고되어 있다. 따라서 조재 도관요소의 직경이 수령의 증가에 따라 증가하는 것과 반비례적으로 도관요소의 개수는 점차 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

3.3. 방사조직 밀도

Table 3은 밤나무 목재의 방사조직 밀도 방사방향 변이를 나타낸 것이다. 횡단면에서 접선방향으로 단위 길이(mm) 당 방사조직의 밀도는 7~11개 범위에서 변동하였다. 방사조직 밀도는 이취, 만성, 유마 품종의 것에서 다소 높게 나타난 반면 단택의 것이 비교적 낮은 방사조직 밀도를 보였다. IAWA Committee (1989)의 등급에 따르면 밤나무 목재의 방사조직 밀도는 3개 등급 중 2등급으로써 중간 등급으로 나타났다. 이(1997)는 밤나무의 1 mm 내 방사조직 분포

Table 4. Ray number per mm² in tangential section

Cultivars	Growth ring number									
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Tanzawa	58.3 ± 2.7	64.7 ± 5.2	74.7 ± 5.9	87.2 ± 4.2	79.8 ± 4.7					
Ibuki	63.5 ± 9.4	78.1 ± 4.9	78.2 ± 6.5	92.0 ± 3.4	87.9 ± 4.4					
Mansung	55.9 ± 6.3	72.9 ± 6.3	72.9 ± 6.4	73.2 ± 5.0	84.5 ± 3.7					
Ginyose	55.8 ± 5.5	56.5 ± 4.4	60.1 ± 2.4	62.9 ± 2.9	54.1 ± 3.6	64.4 ± 2.2	64.5 ± 1.7	65.2 ± 4.2	65.8 ± 2.8	
Arima	52.3 ± 4.1	61.3 ± 2.0	61.6 ± 2.4	64.8 ± 5.3	67.6 ± 3.2	69.9 ± 5.2	73.3 ± 6.9			
Tsukuba	49.5 ± 3.5	56.2 ± 4.1	59.3 ± 4.0	62.7 ± 2.6	63.6 ± 2.9	63.5 ± 5.6	67.7 ± 2.1	76.7 ± 5.5	76.6 ± 3.4	77.7 ± 6.0
Riheiguri	62.1 ± 3.3	64.2 ± 3.7	68.4 ± 1.2	69.8 ± 1.4	69.8 ± 3.0	71.4 ± 6.1	71.6 ± 2.7			

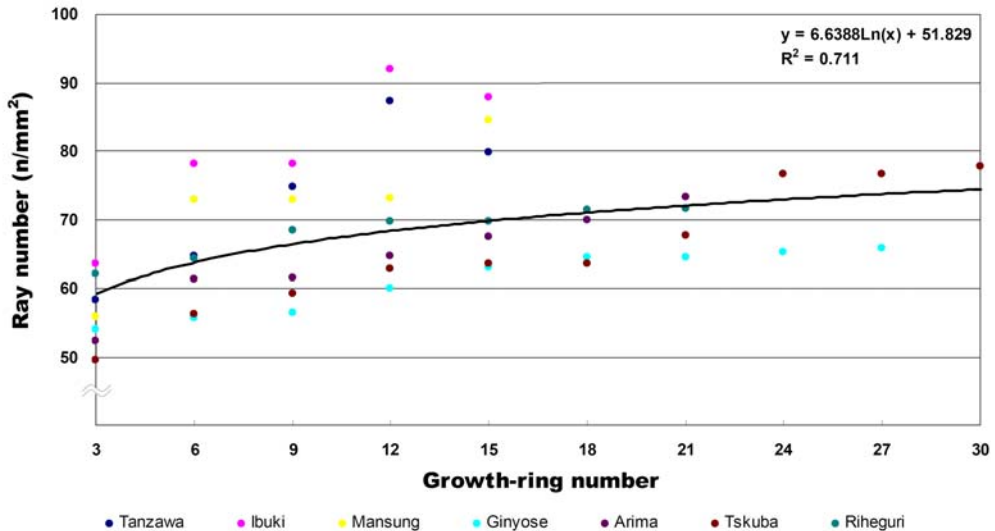


Fig. 4. Radial variation of ray number in tangential section.

수가 7~10개라 보고하고 있어 본 연구 결과와 상당히 유사하였다.

Fig. 3은 밤나무 목재 방사조직 밀도의 방사방향 변이를 나타낸 것이다. 방사조직 밀도는 수심부와 수피부 사이에 차이가 나타나지 않았고, 수령 증가에 따른 특별한 경향도 보이지 않았다.

3.4. 방사조직 개수

Table 4는 밤나무 목재 방사조직 개수의 방사방향 변이를 나타낸 것이다. 접선단면에서 단위 면적

(mm²) 당 방사조직의 개수는 49~87개 범위에서 변동하였다. 수심부에 가까운 3연륜에서는 이취와 이평 품종의 방사조직 개수가 많았고 축파와 유마의 것이 적었다. 수피부에 가까운 연륜에서는 이취와 만성 품종의 것이 많았고 은기의 것이 가장 적었다.

Fig. 4는 밤나무 목재 방사조직 개수의 방사방향 변이를 나타낸 것이다. 방사조직의 개수는 수심부에 가까운 3연륜에서 가장 적게 나타나다가 수령 증가에 따라 점차 증가하는 경향을 보여주었다. 품종별로는 이취가 가장 많은 방사조직 개수를 보인 반면 은기가 대체로 적었다. Lev-Yadun (1998)은 *Pinus*

Table 5. Ray height in tangential section

(unit : cells)

Cultivars	Growth ring number									
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Tanzawa	10.9 ± 5.1	9.9 ± 5.0	7.3 ± 3.6	6.5 ± 3.5	6.0 ± 2.7					
Ibuki	9.4 ± 4.4	7.7 ± 4.2	6.7 ± 3.3	5.9 ± 3.2	6.1 ± 3.1					
Mansung	10.5 ± 5.2	8.8 ± 3.4	7.6 ± 3.5	7.1 ± 3.2	6.2 ± 2.7					
Ginyose	8.8 ± 3.6	8.0 ± 3.3	7.2 ± 3.1	6.7 ± 2.9	6.7 ± 2.9	6.8 ± 3.3	6.9 ± 2.5	6.7 ± 3.1	6.5 ± 2.8	
Arima	10.8 ± 3.9	9.6 ± 4.1	8.2 ± 3.5	7.4 ± 3.4	7.2 ± 3.2	7.1 ± 3.1	6.7 ± 2.9			
Tsukuba	11.4 ± 3.5	9.9 ± 3.9	8.9 ± 3.7	8.1 ± 3.0	7.5 ± 3.5	7.3 ± 3.4	7.1 ± 3.3	6.7 ± 2.1	5.9 ± 2.1	5.4 ± 1.7
Riheiguri	10.1 ± 3.5	9.1 ± 4.1	7.9 ± 3.6	7.2 ± 2.9	7.6 ± 2.7	7.6 ± 2.5	7.0 ± 2.4			

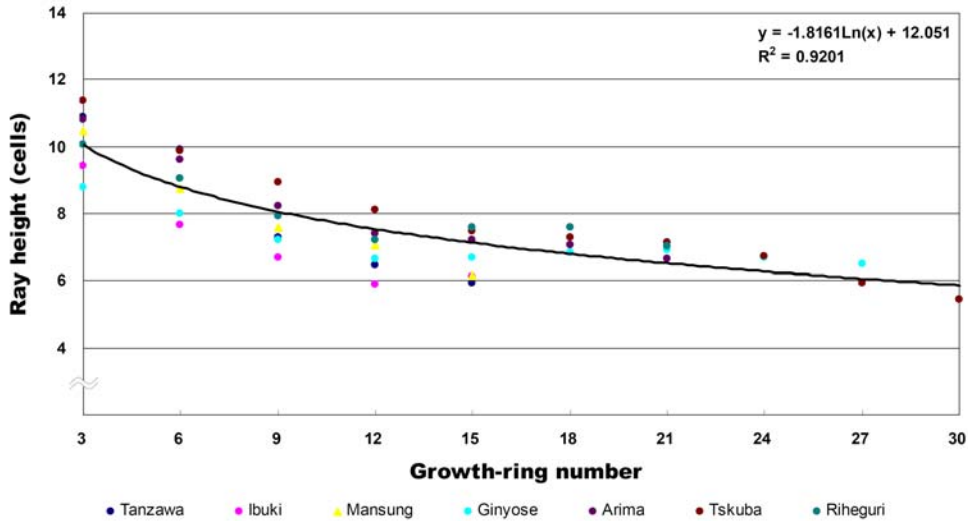


Fig. 5. Radial variation of ray height in tangential section.

*halepensis*와 *Pinus pinea*의 그리고 Leal et al. (2006)은 Cork oak의 방사조직의 개수를 조사한 결과, 단위 면적(mm²) 당 방사조직의 개수는 수령이 증가할수록 감소한다고 보고하고 있어 본 연구와 상이한 결과를 보여주었다. 그러나 박 등(1987)은 활엽수재의 방사조직의 개수는 수령 증가에 따라 증가한다고 보고하고 있어 본 연구결과와 유사한 경향을 보여주었다.

3.5. 방사조직 높이

Table 6은 밤나무 목재에 있어 수령 증가에 따른

방사조직 높이의 방사방향 변이를 나타낸 것이다. 방사조직의 높이는 5~12 세포고의 범위에서 변동하였다. 대체로 수심부에서 높고 수피부에서 낮은 경향을 보였다. 수심부에 가까운 3연륜에서는 축과 품종의 것이 약 11세포고로 가장 높았고 은기의 것이 약 9 세포고로 가장 낮았다. 반면 수피부에 가까운 연륜에서는 이평의 것이 약 7 세포고로 가장 높은 반면 축과의 것이 약 5 세포고로 가장 낮았다. 日本木材加工技術協會(1984)는 밤나무의 방사조직 높이가 1~21 세포고라 보고하고 있어 본 연구 결과보다 그 범위가 다소 넓었다.

Fig. 5는 밤나무 목재 방사조직 높이의 방사방향 변이를 나타낸 것이다. 수심부에 가까운 3연륜에서는 방사조직의 높이가 높았으나 수령 증가에 따라 점차 낮아지는 경향을 보였다. 이는 방사조직 개수의 방사방향 변이와 상반되는 결과로, 방사조직의 높이가 낮을수록 방사조직의 개수가 증가하고 방사조직의 높이가 높을수록 방사조직의 개수가 감소하는 경향이 있음을 보여주는 것으로 여겨졌다. 한(1987)은 산공재의 방사조직 높이는 수령의 증가에 따라 증가하다가 일정해진다고 보고하였고, 박(1981)은 환공재의 방사조직 높이는 수령에 따라 다른데 변화가 없거나 급격하게 증가하다가 일정해지는 경우가 있다고 보고하였다 또한 Lev-Yadun (1998)은 *Pinus halepensis*와 *Pinus pinea*의 방사조직 높이는 수령의 증가에 따라 증가한다고 보고하고 있어 본 연구 결과와 차이가 있었다. 그러나 박 등(1987)은 너도밤나무의 방사조직 높이는 수령 증가에 따라 낮아진다고 보고하여 본 연구 결과와 유사한 경향을 보여주었다.

4. 결 론

국내산 밤나무 목재의 효율적 이용을 위한 기초 자료를 얻기 위하여 밤나무 7품종의 도관요소와 방사조직의 방사방향 변이성을 조사한 결과는 다음과 같다.

밤나무 도관요소의 방사 직경이 접선 직경보다 더 컸으며, 방사 및 접선 직경 모두 수령 증가에 따라 점차 증가하는 경향이 나타났다. 단위 면적 당 도관요소의 갯수는 수령 증가에 따라 점차 감소하는 경향이 있었다.

방사조직 밀도는 수령 증가에 따른 증감 변화를 보이지 않았다. 방사조직의 개수는 수령 증가에 따라 점차 증가하는 경향을 보인 반면 방사조직의 높이는 감소하는 경향이 나타났다. 방사조직의 높이가 높을수록 단위 면적(mm²)당 방사조직의 개수는 감소하고 방사조직의 높이가 낮을수록 방사조직의 개수는 증가하는 것으로 나타났다.

사 사

본 연구는 강원대학교 산림과학연구소의 지원에 의해 수행되었음.

참 고 문 헌

1. 김경운, 김철환, 문선옥, 김종갑, 김재욱, 이영민, 박우양. 2005. 노령밤나무를 이용한 색채 가구제작을 위한 천연염료의 적용. 한국가구학회 학술대회 논문집. pp. 33~35.
2. 김만조, 김선창, 이욱. 2006. 한국의 밤나무품종. 국립산림과학원. pp. 7~16.
3. 김만조, 이욱, 황명수, 김선창, 이문호. 2003. 밤나무 재배품종의 화분, 결실 및 과실특성. 한국임학회지. 92(4): 321~332.
4. 문선옥, 김철환, 김종갑. 2004. 가구재로써 노령밤나무재의 효율적 이용에 관한 연구. 한국 가구학회지. 15(2): 54~62.
5. 박상진. 1981. 환공재 주요 구성요소의 방사방향 변동. 목재공학. 9(3): 1~6.
6. 박상진, 이원용, 이화형. 1987. 목재조직과 식별. 향문사. p. 302.
7. 이선화, 권성민, 박병호, 이성재, 이욱, 김만조, 김남훈. 2008. 국산목재의 고급가구 및 목공예 용재 개발을 위한 기초연구 -국내산 밤나무 7품종의 해부 및 물리적 특성. 목재공학. 36(6): 23~22.
8. 이욱, 김만조, 이문호, 황명수, 황숙인. 2005. 밤나무 교잡종 과실의 양적특성에 관한 고찰. 한국임학회지. 94(1): 34~38.
9. 이원용. 1997. 한국산 목재의 조직구조. pp. 74~75.
10. 이필우. 1994. 한국산 목재의 구조. 정민사. p. 66.
11. 한철수. 1987. 주요 산공재 구성요소의 방사방향변동에 관한 연구. 목재공학. 15(2): 26~52.
12. 日本木材加工技術協會. 1984. 日本の木材. pp. 52~53.
13. 日本木材學會. 2000. 木質科學實驗マニュアル. pp. 72~75.
14. 日本材料學會木質材料部門委員會. 1982. 木材工業辭典. p. 152.
15. 佐伯 浩. 1982. 木材の構造. 日本林業技術協會. p. 76.
16. Militz, H., D. Busetto, and F. Hapla. 2003. Investigation on natural durability and sorption properties of Italian chestnut from coppice stands. Holz als Roh- und Werkstoff. 61: 133-141.
17. Gomes-Laranjo, J., F. Peixoto, H. W. W. F. Sang,

- and J. Torres-Pereira. 2006. Study on the temperature effect in three chestnut cultivar's behaviour. *Journal of Plant Physiology* 163: 945~955.
18. Bhat, K. M., P. B. Priya, and P. Rugmini. 2001. Characterisation of juvenile wood in teak. *Wood Science & Technology*. 34: 517~532
19. Helińska-Raczkowska, L. and E. Fabisiak. 1999. Radial variation of earlywood vessel lumen diameter as an indicator of the juvenile growth period in ash. *Holz als Roh- und Werkstoff*. 57: 283~286.
20. Guiné, R. P. F. and R. M. C. Fernandes. 2006. Analysis of the drying kinetics of chestnuts. *Journal of Food Engineering*. 76: 460~467.
21. Sharma, S. K., R. V. Rao, S. R. Shukla, P. Kumar, R. Sudheendra, M. Sujatha, and Y. M. Dubey. 2005. Wood quality of coppiced *Eucalyptus tereticornis* for value addition. *IAWA Journal*. 26(1): 137~147.
22. Lev-Yadun, S. 1998. The relationship between growth-ring width and ray density and ray height in cell number in the earlywood of *Pinus halepensis* and *Pinus pinea*. *IAWA Journal*. 19(2): 131~139.
23. Leal, S., E. Nunes, and H. Pereira. 2007. Cork oak (*Quercus suber* L.) wood growth and vessel characteristics variation in relation to climate and cork harvesting. *European Journal of Forest Research*. 127(1): 33~41.
24. Veenin, T., M. Fujita, T. Nobuchi, and S. Siripatanadilok. 2005. Radial variations of anatomical characteristics and specific gravity in *Eucalyptus camaldulensis* clones. *IAWA Journal*. 26(3): 353~361.
25. IAWA Committee. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification by an IAWA Committee. E. A. Wheeler, P. Baas & P. E. Gasson (eds.). *IAWA Bull.* n. s. 10: 219~332.