

황벽나무의 물리·역학적 특성¹

김 현 우² · 변 희 섭³ · 김 병 로^{2,†}

Physical and Mechanical Characteristics of *Phellodendron amure* Ruprecht¹

Hyun-Woo Kim² · Hee-Seop Byeon³ · Byung-Ro Kim^{2,†}

요 약

본 연구는 황벽나무의 물리, 역학적 성질의 특성과 부후성을 조사하였다. 기건밀도는 실내, 외 방치한 목재에서 각각 0.41, 0.43 g/cm³로 나타났다. 전수축을 시 T/R비는 실내, 외에서 각각 1.40, 1.32로 나타났다. 흡습성은 온도 40℃ 상대습도 90% 경우 실내, 외에서 각각 16.30, 15.80%로 나타났다. 압축강도는 실내, 외에서 각각 43.81, 40.33 MPa 휨강도는 84.63, 68.80 MPa, 충격강도는 3.43, 4.00 J/cm², 경도는 횡단면에서 각각 47.92, 49.20 MPa로 나타났다. 경도는 횡단면에서 각각 47.92, 49.20 MPa로 나타났다. 1년간 실내에 방치한 목재와 실외에 방치한 목재는 부후에 강하고, 또한 T/R비도 낮은 편으로 치수가 안정한 나무로 판단된다.

ABSTRACT

Physical, mechanical and deteriorating properties of *Phellodendron amure* were investigated. Air dried density located indoor was 0.41 but 0.43 g/cm³ outdoor. In oven dry shrinkage, T/R ratio for located indoor was 1.40 but 1.32 outdoor. Hygroscopic property at 40℃ with 90% relative humidity was 16.30% for indoor and 15.80% for outdoor. Compressive strength for outdoor conditioned sample was 43.81 MPa but 40.33 MPa for indoor conditioned. Also bending strength for outdoor conditioned was 84.63 MPa but 68.80 MPa for indoor conditioned. Impact strength was 3.43 and 4.00 J/cm² indoor and outdoor, respectively. Hardness at cross-section was 47.92 and 49.20 MPa indoor and outdoor, respectively. With one-year conditioning at indoor or outdoor, there was no significantly different in strength properties, which came from strong resistance for deterioration. Also *Phellodendron amure* wood showed dimensionally stable raw material based on low T/R ratio.

Keywords : *Phellodendron amure* Ruprecht, physical, mechanical and deteriorating properties

¹ Date Received June 7, 2017, Date Accepted July 31, 2017

² 충북대학교 농업생명환경대학 목재·종이과학과. Department of Wood and Paper Science, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Republic of Korea

³ 경상대학교 농업생명과학대학, 농업생명과학연구원. College of Agriculture & Life Science, IALS, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Republic of Korea

[†] 교신저자(Corresponding author): 김병로(e-mail: brkim@cbnu.ac.kr)

1. 서 론

황벽나무, 다르게는 황경피나무, 황경나무로 불리며 한국, 일본, 중국 등에서 자생하며, 1,300 m 고지 이하의 비옥하고 그늘진 숲속에서 주로 서식하는 낙엽활엽교목으로 운향과에 속하는 나무이다. 황벽나무는 비교적 목재가 가볍고 결이 아름다우며 속껍질은 황백색과 노란색을 띠고 코르크질이 비교적 두텁게 발달하여 코르크 생산목으로도 유명하다. 또한 황벽나무는 약용과 염료재로도 유명하여, 특히 한지와 옷감을 염색하는 염료재로 이용되어 왔다. 최근에는 웰빙에 따른 천연재료의 관심으로 염색시장에서도 천연염색이 각광 받으면서 황벽나무도 주목받고 있는 실정이다. 황벽나무의 목재는 단단하고 나무결이 균일한 특징이 있으며, 또한 황벽나무의 alkaloid류의 berberine이라는 성분이 항균 작용을 가지고 있어 부후에도 강한 것으로 알려져 왔다(Bae, 2000). 따라서 황벽나무는 건축재, 가구재로서 우수할 것으로 생각된다. 목재는 목재과학이 확립되기 전까지는 경험에 의하여 이용되어져 왔으나, 19세기에 목재과학이 확립됨으로 해서 목재의 해부, 물리, 역학적 성질이 조사 및 연구가 됨으로써 목재를 더욱 효율적이고 다양하게 이용되어질 수가 있게 됐다. 본 연구에서는 황벽나무의 해부학적 특성(Kim, 2017)에 이어 물리, 역학적 특성을 규명하여 가공과 이용에 기초적인 자료를 제공하는데 목적이 있고, 이와 함께 황벽나무의 부후성도 함께 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

본 실험에 사용된 황벽나무(*Phellodendron amure Ruprecht*)는 충북대학교 학내에서 자생한 것으로 2012년 8월 태풍(볼라멘)의 피해로 전도된 것이다. 이들의 수령, 흉고직경, 연륜폭 및 만재율은 Table 1에 나타냈다. 나무 A, B는 전도 직후 2년간 실내에 방치한 것이며, C는 나무 B를 야외에 2년간 노출시킨 것이다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 평균연륜폭, 함수율 및 밀도 측정

공시목의 흉고부위에서 두께 10 cm의 디스크 채취하였다. 이들로부터 평균연륜폭 및 만재율을 KS F 2202에 준하여 측정하였다. 그 후 디스크의 수로부터 2 (T) × 2 (R) × 2 (L) (cm)의 시편을 연속 제작하였다. 이들에 대해 함수율 측정은 KS F 2199, 밀도는 KS F 2198에 준하였다.

2.2.2. 수축률 측정

공시목의 흉고부위에서 두께 10 cm의 디스크 채취 후 수로부터 2 (T) × 2 (R) × 2 (L) (cm)의 시편을 수로부터 연속 제작하였으며, 제작 시에는 측면에 방사단면과 접선단면이 정확하게 노출되도록 하였다. 심재부는 3개 이상의 시편이 제작되었고, 변재부는 1개의 시편이 제작되거나 안 된 샘플도 있었다. 수축률 시편 제작과 측정은 KS F 2203에 준하였고, 이용된 식은 아래와 같다.

$$S_a(\%, \text{기건 수축률}) = \frac{l_g - l_a}{l_g}$$

여기서 l_g : 생재 시 길이, l_a : 기건 시 길이

$$S_o(\%, \text{전건 수축률}) = \frac{l_g - l_o}{l_g}$$

여기서 l_o : 전건 시 길이

2.2.3. 흡습성

공시목의 흉고부위에서 두께 10 cm의 디스크 채취 후 수로부터 30 (T) × 30 (R) × 5 (L) (mm)의 시편을 수로부터 연속 제작하였으며, 제작 시에는 정목으로 하였고, 시편 제작 및 측정은 한국산업규격 KS F 2205에 준하여 측정하였다. 온도와 상대습도 조건은 항온항습기(LHT-2250C. labtech, Korea)를 이용하였다. 흡습면은 전체로부터의 흡습시켰으며, 흡습성에 이용된 식은 아래와 같다.

40°C, 75%의 온습도 조건에서의 평형함수율(%)

$$= \frac{W_{oh} - W}{W} \times 100$$

Table 1. Sample trees (*Phellodendron amure* Ruprecht)

Tree	Tree age (year)	D.B.H (cm)	Average annual ring width (mm)	Latewood ratio (%)
<i>Phellodendron amure</i> (A)*	38	16.1	2.11	56.84
<i>Phellodendron amure</i> (B)	46	18.1	1.97	66.08
<i>Phellodendron amure</i> (C)	46	18.1	1.97	66.08

*A, B : Exposure to indoor woods, C : Exposure to outdoor wood

Table 2. Moisture contents in coming to hand and density of *Phellodendron amure*

Tree	Green moisture contents (%)	Oven dry density (Wo/Vo g/cm ³)	Air dry density (Wo/Vg g/cm ³)
<i>Phellodendron amure</i> (A)	55.2 a*	0.47 a	0.41 a
<i>Phellodendron amure</i> (B)	54.9 a	0.46 a	0.41 a
<i>Phellodendron amure</i> (C)	54.8 a	0.47 a	0.43 a

* : Duncan Grouping (Subscripts indicate significant effect at 0.05% level)

40℃, 90%의 온습도 조건에서의 평형함수율(%)

$$= \frac{W_{\infty} - W}{W} \times 100$$

여기에서

W_{oh} : 40℃, 75%의 온습도 조건에서 평형에 도달했을 때의 질량(g)

W : 절건질량(g)

W_{∞} : 40℃, 90%의 온습도 조건에서 평형에 도달했을 때의 질량(g)

2.2.4. 역학적 성질

역학적 성질은 압축강도, 휨강도 및 경도를 측정하였으며, 각각 한국산업규격 KS F 2206, 2208 및 2212에 준하였다.

0.46 g/cm³, 야외에 방치한 나무 C가 0.47 g/cm³로 이들 간에는 차이가 없는 것으로 나타났다. 기건밀도는 실내에 방치한 나무 A가 0.41 g/cm³, 나무 B가 0.41 g/cm³, 야외에 방치한 나무 C가 0.43 g/cm³로 야외에 방치한 것이 약간 높은 것으로 나타났다. Kim *et al.* (2008)은 비중평가를 6개 등급으로 평가하였는데 본 황벽나무는 2등급에 해당하는 낮은 밀도를 나타내는 수종으로 판단됐다. Cho *et al.* (1990)은 황벽나무는 통직하고 나무결이 거칠다고 하였고, 기건비중은 0.45라고 하여 본 조사 수종이 약간 낮은 것으로 나타났다.

야외에 노출된 나무 C가 실내에 방치한 나무 A, B 보다 오히려 비중이 높아서 열화는 전혀 일어나지 않은 것으로 나타나 열화에 우수한 수종으로 생각된다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 함수율 및 밀도

Table 2는 황벽나무의 입수 시 함수율, 전건밀도 및 기건밀도를 나타낸 것이다. 황벽나무의 입수 시 함수율은 55.2 ~ 54.9% 범위를 나타냈다. 전건밀도는 실내에 방치한 나무 A가 0.47 g/cm³, 나무 B가

3.2. 수축률 및 흡습성

Table 3은 기건수축률과 전건수축률 및 기건과 전건수축률에서 접선방향과 방사방향 수축률 비율(T/R 비)를 나타낸 것이다. 황벽나무의 기건수축률의 경우 접선방향에서 실내에 방치한 나무 A가 4.22%, 나무 B가 4.55%, 야외에 방치한 나무 C가 3.36%로, 방사방향에서 실내에 방치한 나무 A가 2.27%, 나무 B가 2.69%, 야외에 방치한 나무 C가 2.00%로, 섬유방향

Table 3. Shrinkage of air dry and oven dry of *Phellodendron amure*

Tree	Air dry Shrinkage (%)				Oven dry Shrinkage (%)			
	T*	R	L	T/R ratio	T	R	L	T/R ratio
(A)	4.42 a ^{*1}	2.72 a	0.58 a	1.63 a	6.24 a	4.79 a	0.77 a	1.30 a
(B)	4.55 a	2.69 a	0.22 a	1.69 a	6.33 a	4.22 a	0.45 a	1.50 a
(C)	3.36 a	2.00 a	0.35 a	1.68 a	4.99 a	3.78 a	0.70 a	1.32 a

* T : tangential R : radial L : longitudinal direction
 *1 : Duncan Grouping (Subscripts indicate significant effect at 0.05% level)

Table 4. Equilibrium moisture contents (EMC) of *Phellodendron amure* (Unit: %)

Condition	(A)	(B)	(C)
40℃, RH 75%	12.30 a*	12.20 a	12.00 a
40℃, RH 90%	16.50 a	16.10 ab	15.80 b

* : Duncan Grouping (Subscripts indicate significant effect at 0.05% level)

에서 실내에 방치한 나무 A가 0.58%, 나무 B가 0.22%, 야외에 방치한 나무 C가 0.35%으로 나타났다. 기건수축률에서 T/R비는 나무 A가 1.65, 나무 B가 1.72, 야외에 방치한 나무 C가 1.80로 나타났다. 전수축률의 경우 접선방향에서 실내에 방치한 나무 A가 6.24%, 나무 B가 6.33%, 야외에 방치한 나무 C가 4.99%로, 방사방향에서 실내에 방치한 나무 A가 4.79%, 나무 B가 4.22%, 야외에 방치한 나무 C가 3.78%로, 섬유방향에서 실내에 방치한 나무 A가 0.77%, 나무 B가 0.45%, 야외에 방치한 나무 C가 0.70%로 나타났다. 전수축률에서 T/R비는 나무 A가 1.32, 나무 B가 1.50, 야외에 방치한 나무 C가 1.32로 나타났다.

Kim *et al.* (2008)은 국내산 침엽수 10수종, 활엽수 27수종의 기건수축률 시 T/R비 조사에서 침엽수는 평균 2.46, 활엽수는 2.18로 보고하였고, Cho (1994)는 침엽수 5개 수종 전수축률에서 T/R비는 1.98 활엽수 8개 수종의 T/R비는 1.90으로 보고하고 있다. 이들과 비교할 때 황벽나무의 전수축률은 1.37로 상당히 낮은 것을 알 수 있었다. Cho (1994)는 침엽수 5개 수종 기건수축률 시 T/R비는 2.00 활엽수 8개 수종의 T/R비는 2.06으로 보고하고 있다. 이들과 비교할 때 황벽나무의 기건수축률 시 T/R비 평균 1.67로 상당히 낮은 것을 알 수 있었다. 따라서 황벽

나무는 이방도가 낮은 안정된 수종으로 판단된다. 야외에 노출된 나무 C가 실내에 방치한 나무 A, B와 T/R비에서 차이가 없는 것으로 나타나, 비중과 관련해 언급했듯이 열화는 거의 일어나지 않은 것으로 판단된다.

흡습성은 평형함수율(Equilibrium moisture content; EMC)로 나타냈으며, Table 4는 온도 40℃ 상대습도 75%시와 90%시의 평형함수율을 나타낸 것이다. 평형함수율은 온도 40℃ 상대습도 75% 경우 나무 A가 12.3%, 나무 B가 12.2%, 야외에 방치한 나무 C가 12.0%으로, 40℃ 상대습도 90% 경우 나무 A가 16.5%, 나무 B가 16.1%, 야외에 방치한 나무 C가 15.8%로 나타났고, 나무 간 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. Haishi *et al.* (1973)은 일본산 주요수종의 평형함수율에 대한 보고에서 온도 40℃ 상대습도 75%시 9.7 ~ 13.7% 범위로 심재의 경우 평균 12.3% 변재의 경우 12.4%, 온도 40℃ 상대습도 90% 시 14.3 ~ 19.2% 범위로 심재의 경우 17.4% 변재의 경우 17.8%로 보고하고 있다. 본 연구의 황벽나무는 온도 40℃ 상대습도 75% 경우 평균 12.2%, 온도 40℃, 상대습도 90% 경우 평균 16.1%로 일본 주요수종의 같은 조건의 평균 평형함수율보다 온도 40℃ 상대습도 75% 경우는 거의 같고, 온도 40℃ 상대습도 90% 경우는 약 1.5% 낮은 것으로 나타났다.

Table 5. Mechanical properties of *Phellodendron amure*

Tree	Compressive strength (MPa)	Bending strength (MPa)	Impact bending absorbed energy (J/cm ²)
(A)	43.81 a*	92.12 a	3.43 a
(B)	41.36 a	77.13 a	3.92 a
(C)	39.30 a	68.80 a	4.80 a

* : Duncan Grouping (Subscripts indicate significant effect at 0.05% level)

Table 6. Hardness properties of *Phellodendron amure*

Tree	Hardness (MPa)		
	cross section	tangential section	radial section
(A)	47.92 a*	38.42 a	32.54 a
(B)	46.75 a	42.34 a	35.67 a
(C)	51.65 a	46.16 a	39.30 a

* : Duncan Grouping (Subscripts indicate significant effect at 0.05% level)

3.3. 역학적 성질

Table 5는 황벽나무의 압축강도, 휨강도를 나타낸 것이다. 압축강도(MOR)의 경우 실내에 방치한 나무가 43.81 MPa (나무A), 41.36 MPa (나무B) 야외에 방치한 나무가 39.30 MPa (나무C), 휨강도(MOR)의 경우 실내에 방치한 나무가 92.12 MPa (나무A), 77.13 MPa (나무B), 야외에 방치한 나무가 68.80 MPa (나무C), 충격강도의 경우 실내에 방치한 나무가 3.43 J/cm² (나무A), 3.92 J/cm² (나무B), 야외에 방치한 나무가 4.08 J/cm² (나무C)로 나타났다. Cho *et al.* (1990)은 세계목재도감에서 황벽나무의 압축강도 31.36 MPa 휨강도 44.10 MPa로 본 조사 황벽나무보다는 낮은 것으로 보고하였다. 이외에 황벽나무에 대한 역학적 성질에 대한 조사 및 연구는 거의 없는 것으로 조사되었다. 휨강도에서 본 조사가 Cho *et al.* (1990)의 조사보다 약 1.8배나 더 큰 휨강도를 나타냈는데, 이에 대해서는 Cho *et al.* (1990)은 휨강도 값 이외에는 다른 정보가 없어 차이에 대한 고찰은 어려울 것으로 생각된다.

Table 6은 황벽나무의 브리넬경도를 나타낸 것이다. 횡단면의 경우 실내에 방치한 나무가 47.92 MPa (나무A), 46.75 MPa (나무B) 야외에 방치한 나무가 51.65 MPa (나무C), 접선단면의 경우 실내에 방치한

나무가 38.42 MPa (나무A), 42.34 MPa (나무B) 야외에 방치한 나무가 46.16 MPa (나무C), 방사단면의 경우 실내에 방치한 나무가 32.54 MPa (나무A), 35.67 MPa (나무B) 야외에 방치한 나무가 39.30 MPa (나무C)로 나타났다. 단면 간에는 횡단면, 접선단면, 방사단면 순으로 나타났다. 이들 역학적 성질들에서 실내에 방치한 건전목과 야외에서 방치한 목재 간에는 Duncan의 다중검정에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 1년간 실내외서 방치한 나무 간에는 비중과 수축률 및 역학적 성질에서 차이가 나타나지 않는 것으로 보아 황벽나무는 부후에 강한 목재인 것으로 생각된다. 이는 황벽나무에는 항균작용을 하는 alkaloid류의 berberine이라는 성분을 함유하고 있어 이 성분 때문에 부후에 강한 것으로 판단된다(Bae, 2000). 앞으로 실질적인 부후성능 검정을 위해서는 부후균에 의한 실제시험도 필요할 것으로 생각된다.

4. 결론

본 연구는 황벽나무의 물리, 역학적 특성 및 부후성을 조사하여 가공과 이용에 기초적 자료를 제공하기 위해 실시하였고 그 결과는 다음과 같다. 기건밀도는 실내·외 방치한 목재에서 각각 0.41, 0.43

g/cm³로 나타났다. 전수축률 시 T/R비는 실내, 외에서 각각 1.40, 1.32로 나타났다. 흡습성은 온도 40℃ 상대습도 90% 경우 실내, 외에서 각각 16.30, 15.80%로 나타났다. 압축강도는 실내, 외서 각각 43.81, 40.33 MPa 휨강도는 84.63, 68.80 MPa, 충격강도는 3.43, 4.00 J/cm², 경도는 횡단면에서 각각 47.92, 49.20 MPa로 나타났다. 1년간 실내에 방치한 목재와 실외에 방치한 목재의 위 모든 성질에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 이로 황벽나무는 부후에 강한 목재로 판단되며, 또한 T/R비도 낮은 편으로 치수적으로도 안정된 나무로 판단된다.

REFERENCES

- Bae, G.H. 2000. Medicinal plants in Korea. Kyo-Hak Publishing Co., Ltd. Seoul, Korea.
- Cho, J.M. 1994. Wood properties and uses of the major tree species grown in Korea. Forestry Research Institute. Research Material No. 95. Seoul, Korea.
- Cho, J.M., Kang, S.G., Hoo, N.J., Park, S.J. 1990. Illustrated world wood. sunjinmoonhwasa. Seoul, Korea.
- Haishi, T., Nakano, T.M., Kaburagi, J. 1973. Properties of the important Japanese woods physical properties (4)- On the moisture absorbability and swelling of the important Japanese woods. Bulletin of the Government Forest Experiment Station No. 256. p. 84.
- Kim, B.R., Park, W.K., Choi, T.H. 2008. Properties of major Korean species for furniture manufacturing. Journal of the Korean Furniture Society 19(5): 365-374.
- Kim, M.J., Kim, B.R. 2017. Anatomical characteristics of Amur cork tree. Journal of Korea TAPPI 49(2): 63-68.