

# 간벌강도에 따른 낙엽송의 휨 및 종압축강도성능<sup>1</sup>

정성호<sup>2</sup> · 원경록<sup>6</sup> · 홍남의<sup>3</sup> · 박병수<sup>4</sup> · 이경재<sup>5</sup> · 변희섭<sup>6,†</sup>

## Bending and Compressive Strength Properties of *Larix kaempferi* According to Thinning Intensity<sup>1</sup>

Song-Ho Chong<sup>2</sup> · Kyung-Rok Won<sup>6</sup> · Nam-Euy Hong<sup>3</sup> · Byung-Su Park<sup>4</sup> ·  
Kyung-Jae Lee<sup>5</sup> · Hee-Seop Byeon<sup>6,†</sup>

### 요 약

우리나라의 중요한 조림 수종 중에서 낙엽송을 대상으로 하여, 간벌실시에 따른 물리·역학적 성질을 비교 평가함으로써 간벌 실시가 목재의 재질에 미치는 영향과 양질재 생산 및 목재의 효율적 이용을 위한 연구결과는 다음과 같다. 간벌 정도에 따른 시료는 무간벌, 약도간벌, 강도간벌을 실시한 광릉시험림에서 벌채하여 사용하였다.

간벌 정도에 따른 평균 만재율은 무간벌 < 약도간벌 < 강도간벌의 경향이었고 평균 연륜폭은 무간벌 < 약도간벌 또는 강도간벌의 경향이였다.

간벌 정도에 따른 평균 휨강도는 무간벌 > 약도간벌 > 강도간벌의 경향이었고 간벌 정도에 따른 평균 압축강도는 무간벌 > 약도간벌 > 강도간벌의 경향이였다.

이러한 결과로 낙엽송은 간벌에 의하여 휨 및 종압축강도가 감소하는 경향이였다.

### ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effects of plantation thinning on physical and mechanical properties of *Larix kaempferi*. Tree samples were obtained from unthinned, moderately, heavily thinned plantations where located in Kwangryung forest research stand. The effects of different thinning methods on the bending and parallel to grain compressive strengths of *Larix kaempferi* were explored. Average latewood ratio with various thinning treatments revealed

<sup>1</sup> Date Received February 25, 2014, Date Accepted March 20, 2014

<sup>2</sup> 산림교육원. Forest Training Institute, Korea Forest Service, Namyangju city, Kyounggido 472-865, Korea

<sup>3</sup> 경상대학교. College of Agriculture & Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

<sup>4</sup> 한국임업진흥원. Korea Forestry Promotion Institute, Seoul, 121-914, Korea

<sup>5</sup> 국립산림과학원. Forest Practice Research Center of the Korea Forest Research Institute, Pocheon city, Kyounggido 487-829, Korea

<sup>6</sup> 경상대학교. College of Agriculture & Life Science, IALS, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

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

the trend of unthinning < moderate thinning < heavy thinning treatment. Average annual ring width with various thinning treatments showed the trend of unthinning < moderate thinning or heavy thinning treatment. Average bending and parallel to grain compressive strengths with various thinning treatments revealed the trend of unthinning > moderate thinning > heavy thinning treatment. This indicates that thinning treatment reduces average bending and parallel to grain compressive strength properties.

**Keywords :** *Larix kaempferi*, thinning intensity, bending and compressive strength properties

## 1. 서 론

일제수탈과 6.25 전쟁을 거치는 동안 우리나라의 산림은 황폐할 대로 황폐하여 온 국토가 민둥산이었던 시절이 있었다. 그러나 온 국민의 정성과 노력을 결집하여 1, 2차 치산녹화 계획을 성공적으로 추진함으로써 황폐하였던 국토를 녹화하는데 성공하였다는 평가를 받고 있다. 뿐만 아니라 국제사회로부터 세계적으로 유례를 찾기 어려운 정도로 모범적인 산림녹화 성공사례로 주목을 받기도 하였다. 그러나 현재의 우리나라 산림의 내부를 들여다보면, 비록 녹화에는 성공하였다고 하더라도 용재로서의 가치가 높은 우량재목의 자원은 매우 적은 실정이라는 실망적인 평가에 직면하고 있다. 자원으로서의 가치가 높은 우량재목을 양산하기 위해서는 적기에 간벌을 실시하고 가지치기를 해 주는 등 육림작업에 정성을 쏟는 것이 나무를 심는 것 이상으로 중요한 일이다.

그런데, 지금까지 국내에서의 주요 인공조림 수종에 대한 육림연구는 풀베기, 덩굴제거, 가지치기, 간벌 등 임분생장을 증시하는 육림기술을 개발하는데 중점을 두고 있다. 즉, 조림수종의 육림사업에 대한 연구는 임목의 생리·생태 및 양적생장(Lee 1997; Kim 2012; Kim 2013; Park 2013)에 치중되어 있고 용재의 질적 평가에 대한 연구는 미약한 실정이다. 예를 들어 Kim 등(1988, 1994)이 잣나무 등에 대하여 간벌에 따른 조림목의 직경생장량, 수간형상비, 재적생장량 등을 비교하는 등, 간벌에 의한 임목의 양적인 생장과 임분구조개선 효과 등에 관한 연구는 많이 추진되어 왔다. 그러나 이 작업을 통해서 가꾸어진 성숙목에서 생산된 용재의 품질과 같은 질적 성장에는 어떠한 영향을 미치는지에 대한 국내의 연

구는 Chong 등(2003)이 실시한 연구 외에는 찾아보기 어렵다.

육림작업이 목재 재질 및 용재품질에 미치는 영향을 구체적으로 파악함으로써 인공조림목의 양질재 생산과 효율적 이용을 위한 기본자료를 확보한다는 것은 매우 중요한 일이다. 실제로 임업선진 각국에서는 간벌, 가지치기 등 육림작업 실시가 목재의 재질에 미치는 영향을 구명하여, 이를 토대로 생산 목재의 등급화 등 용재의 품질평가에 적용하고 있다.

우리나라의 산림자원도 점차 벌기령에 도달하는 임목 축적의 증가로 미래에는 국내재 벌채량이 증가될 것으로 예견되고 있으나, 현재의 목재시장에서는 원목의 직경과 재장에 의한 거래가 대부분이어서 목재 재질의 질적 변화에 대한 경제적 가치는 고려되고 있지 않고 있다. 그러나 육림방법 등에 따른 객관적인 목재 재질의 증가를 포함한 목재의 경제적 가치를 분석하는 것은 매우 중요하다.

조림면적이 넓고, 집단화되어있으며 체계적인 육림작업을 실시한 인공조림지 중 목재생산이 가능한 임지를 대상으로 하여 육림작업에 따른 목재 재질 평가를 함으로써 적정 사업체계를 재정립하여 목재 이용 및 산업화 측면을 고려한 시장중심의 새로운 산림자원의 관리방향 제시가 필요하다.

본 연구는 우리나라의 중요한 조림수종으로서 많은 비중(Korea Forest Service 2012)을 차지하고 있을 뿐 아니라 수확기에 이르러 본격적인 이용시기가 도래한 낙엽송을 대상으로 하여, 간벌실시에 따라 달리 발현되는 물리·역학적 성질을 비교 평가함으로써 이들 간벌 실시가 목재의 재질에 미치는 영향을 과학적으로 구명하고, 양질재 생산과 목재의 효율적 이용을 위한 자료를 제공하고자 실시되었다.

**Table 1.** Description of sample trees in *Larix kaempferi*

Thinning intensity		Heavy <sup>1)</sup>	Moderate <sup>2)</sup>	Unthinned
Number of sample trees		5	5	5
D. B. H	(cm)	26.5	24.5	20.4
		24.0~27.9	23.2~25.2	19.4~21.6
Clear Length	(m)	18.1	18.2	12.4
		16.1~19.4	15.2~20.5	9.5~15.0
Height	(m)	25.9	24.8	21.6
		23.2~28.0	22.5~26.8	20.2~23.2

Notes; <sup>1)</sup> thinning intensity: 74%, <sup>2)</sup> thinning intensity: 47%.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 공시임지 및 공시임목

간벌이 낙엽송(*Larix kaempferi* (Lamb.) Carriere) 조림목의 목재재질에 미치는 영향을 구명하기 위해 공시목을 채취한 공시임지는 경기도 남양주시 진접읍 장현리에 소재해 있는 국립산림과학원원 광릉시험림 25임반 바소반이었다. 이 임지는 과거에 국립산림과학원에서 간벌의 강도별로 낙엽송의 생장에 미치는 효과를 구명함으로써 적정 간벌 강도를 구하기 위하여 시험을 실시하였던 임지로서 전형적인 인공 침엽수림으로서 임령 46년의 낙엽송 순림이었다. 표고 150 m의 산록부의 북사면 완경사지에 위치하고 있으며 토심이 깊고 토양습도는 적윤하고 지위는 '상'이었다. 1964년도에 ha당 3,000본을 조림하였고, 임령 19년째인 1982년에 1차 간벌을 실시한 후, 임령 25년째인 1988년에 2차 간벌을 실시하였으며 두 차례에 걸친 간벌율이 모두 74%(1차 36%, 2차 38%)로 강하게 간벌을 실시한 강도간벌구와 간벌율이 47%(1차 28%, 2차 19%)로 약하게 간벌을 실시한 약도간벌구 및 전혀 간벌을 하지 않은 무간벌구로 각각 구분되어 있었다. 선정된 공시임지의 해당 처리구 내에서 비교적 표준적인 성장상황과 형질을 나타내고 있으면서 각종 위해로부터 손상을 받지 않은 건전한 임목을 각 5본씩 채취하여 공시목으로 사용하

였다. 공시임목의 흉고직경과 지하고 및 수고는 Table 1과 같다.

### 2.2. 강도성능시험방법

#### 2.2.1. 정적 힘강도성능시험

힘강도 시험용 시편은 1본의 원목 수를 기준으로 심재 끝부분에서 30개를 절삭 채취하여 항온항습실(20℃ ± 1, 65% ± 2)에 4주 이상 송풍 건조시킨 후, 20 mm (T) × 20 mm (R) × 320 mm (L)로 가공한 후 용이, 경사목리 등의 결함이 없는 재료 12개를 선별하여 항온항습실에서 1주일 이상 조습시킨 후 실험을 실시하였다.

힘 강도성능시험은 만능강도시험기(태신(주), TSU-2)를 이용하여 목재의 힘시험방법 (KSF 2208)에 의하여 스펠(span) 280 mm로, 크로스헤드속도(Cross head speed) 2.5 mm/min로 3점의 중앙집중방식으로 하중을 가하여 실험을 실시하여 식(1, 2)를 이용하여 탄성계수(MOE, modulus of elasticity)와 힘강도(MOR, modulus of rupture)를 구하였다.

$$MOE = \frac{\Delta P l^3}{4bh^3 \Delta y} \dots\dots\dots (1)$$

여기서,

ΔP : 비례영역에 있어서 상한 하중과 하한 하중과의 차(Newton)

**Table 2.** Physical properties of *Larix kaempferi* according to thinning intensity

Thinning intensity	Latewood ratio (%)	p-value	Annual ring width (mm)	p-value	Air-dried density (g/cm <sup>3</sup> )	p-value
Unthinned	33.34 (5.13)		2.25 a <sup>1)</sup> (0.37)		0.65 a (0.05)	
Moderate	37.05 (7.41)	0.00	2.84 b (0.57)	0.00	0.63 b (0.05)	0.01
Heavy	39.92 (5.56)		2.86 b (0.57)		0.62 b (0.06)	

Notes; <sup>1)</sup> : Mean followed by the same letter within the same column are not significantly different (P<0.05) according to Duncan's new multiple range test, parenthesis is standard deviation. Mean values were calculated from 60 replications.

$\Delta y$  :  $\Delta P$ 에 대응하는 스펠중양의 처짐(편향, m)

$l$  : 스펠(span, m)

$b$  : 폭(나비, m)

$h$  : 높이(두께, m)

$$MOR = 3Pl/2bh^2 \dots\dots\dots (2)$$

$P$  : 최대하중(Newton),  $A$  : 단면적(m<sup>2</sup>)

$$Ec(\text{종압축탄성계수}) = (\Delta P \times l) / (\Delta l \times A) \dots (4)$$

$\Delta P$  : 비례 영역에 있어서의 상한 하중과 하한 하중과의 차(Newton)

$l$  : 표점거리(m)

$\Delta l$  :  $\Delta P$ 에 대응하는 수축(m)

$A$  : 단면적(m<sup>2</sup>)

여기서,

$P$  : 최대하중(Newton)

$l$  : 스펠(span, m)

$b$  : 폭(나비, m)

$h$  : 높이(두께, m)

### 2.2.2. 종압축강도시험

힘 시험과 동일한 조건으로 시험편을 제작하여 20 mm (T) × 20 mm (R) × 60 mm (L)의 크기로 가공하여 시험을 실시하였다. 종압축강도 시험은 KSF 2206에 따라 유압식 만능강도시험기(Shimadzu사, EHF-ED10-20ℓ)를 사용하여 0.75 mm/min의 하중속도(Cross head speed)로 시험한 후 (3)과 (4)를 이용하여 종압축강도( $\sigma_c$ ) 및 종압축탄성계수( $Ec$ )를 구하였다.

$$\sigma_c(\text{종압축강도}) = P/A \dots\dots\dots (3)$$

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 물리적 특성

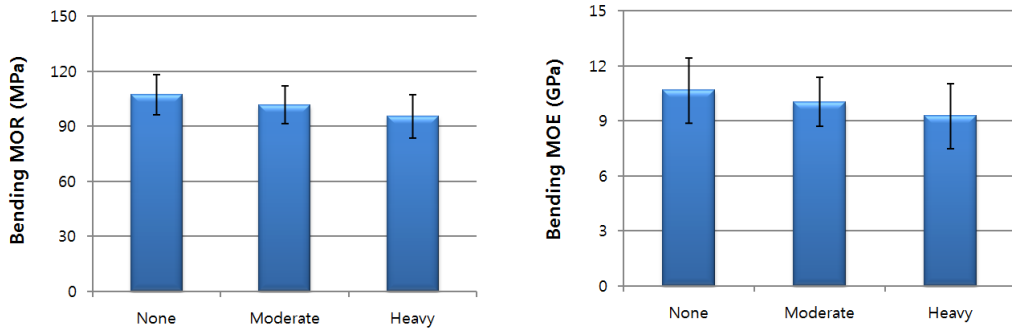
Table 2에 낙엽송의 간벌강도에 따른 만재율, 연륜폭, 기건밀도 및 t검정 결과를 나타내었다.

무간벌, 약도간벌, 강도간벌의 만재율은 각각 평균 33.34, 37.05, 39.92%의 값을 나타내었으며 t검정 결과에서도 유의성이 인정되어 간벌정도가 강할수록 만재율이 높아지는 경향으로 나타났다. 연륜폭에서는 무간벌, 약도간벌, 강도간벌에 따라 각각 평균 2.25, 2.84, 2.86 mm의 값을 나타내었지만 t검정 결과에서 무간벌과 약도간벌 및 강도간벌 간에는 유의성이 나타났지만 약도간벌과 강도간벌 간에는 유의성이 나타나지 않았다. 따라서 간벌에 의하여 연륜폭이 증가하지만 간벌정도에 따른 차이는 인정되지 않았다. 기건 밀도에서는 무간벌, 약도간벌, 강도간벌에 따라 각각 평균 0.65, 0.63, 0.62 g/cm<sup>3</sup>의 값을 나타내었지만 t검정 결과에서 연륜폭에서의 경우와 같

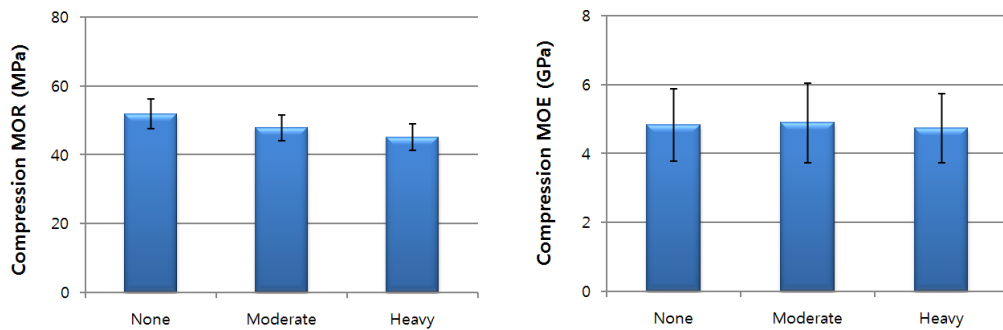
**Table 3.** Mechanical properties of *Larix kaempferi* according to thinning intensity

Thinning intensity	Bending strength property				Compressive strength property			
	MOR (MPa)	p-value	MOE (GPa)	p-value	MOR (MPa)	p-value	MOE (GPa)	p-value
Unthinned	107.35 (10.97)		10.67 (1.77)		51.93 (4.23)		4.83 (1.05)	
Moderate	101.73 (10.40)	0.00	10.03 (1.34)	0.00	47.83 (3.74)	0.00	4.89 (1.16)	0.12
Heavy	95.32 (11.73)		9.27 (1.78)		45.12 (3.89)		4.73 (1.00)	

Notes ; MOE : modulus of elasticity, MOR : modulus of rupture.



**Fig. 1.** Bending strength properties of *Larix kaempferi* according to thinning intensity.



**Fig. 2.** Compressive strength properties of *Larix kaempferi* according to thinning intensity.

이 무간벌과 약도간벌 및 강도간벌 간에는 유의성이 나타났지만 약도간벌과 강도간벌 간에는 유의성이 나타나지 않았다. 따라서 간벌에 의하여 밀도가 감소하지만 간벌정도에 따른 차이는 인정되지 않았다.

### 3.2. 휨 및 종압축 강도성능

Table 3 및 Figs. 1과 2에 낙엽송의 간벌강도에 따른 휨 탄성계수, 휨강도, 종압축탄성계수, 종압축강

**Table 4.** Regression parameters for relationships between MOR and MOE or bending and compressive strengths

Parameter	Regression model	Correlation coefficient <i>r</i>	p-value
Bending MOE vs. MOR	$y = 0.0033x + 696.37$	0.479**	0.00
Compression MOE vs. MOR	$y = 0.1133x - 0.5489$	0.507**	0.00

Note, \*\* : Significant at 1% level.

도 및 t검정 결과를 나타내었다.

무간벌, 약도간벌, 강도간벌의 휨 탄성계수는 각각 평균 10.67, 10.03, 9.27 GPa의 값을 나타내었으며 t검정 결과에서도 유의성이 인정되어 간벌 및 간벌정도가 강할수록 휨 탄성계수가 낮아지는 경향으로 나타났다. 무간벌, 약도간벌, 강도간벌의 휨 강도는 각각 평균 107.35, 101.73, 95.32 MPa의 값을 나타내었으며 t검정 결과에서도 유의성이 인정되어 간벌 및 간벌정도가 강할수록 휨 강도가 감소하는 경향으로 나타났다. Wang 등(2005)도 *Taiwania*재의 간벌정도가 강할수록 휨 탄성계수 및 휨 강도가 감소함을 보고하였다. 강도 간벌의 휨강도는 기존의 연구결과(Forest Research Institute 1994)보다 약간 낮은 값을 나타내었지만 무간벌과 약도 간벌의 휨강도는 조금 높은 값을 나타내었다. 무간벌, 약도간벌, 강도간벌의 종압축 탄성계수는 각각 평균 4.83, 4.89, 4.73 GPa의 값을 나타내었으며 t검정 결과에서도 유의성이 인정되어 휨 탄성계수의 경우와 같이 간벌 및 간벌정도가 강할수록 종압축 탄성계수가 낮아지는 경향으로 나타났다. 무간벌, 약도간벌, 강도간벌의 종압축 강도는 각각 평균 107.35, 101.73, 95.32 MPa의 값을 나타내었으며 t검정 결과에서도 유의성이 인정되어 휨강도 및 종압축 탄성계수의 경우와 같이 간벌 및 간벌정도가 강할수록 종압축 강도가 감소하는 경향으로 나타났다. Lin 등(2006)도 *Taiwania*재에서 간벌정도가 강할수록 압축강도가 감소함을 보고하였다. 한편 Bilgin Gulle (2007)는 *Pinus brutia* Ten재의 경우 간벌정도가 강도성능에 영향을 미치지 않음을 보고하였다. 무간벌의 종압축강도는 기존의 연구결

과(Forest Research Institute, 1994)보다 약간 높은 값을 나타내었지만 약도간벌과 강도 간벌의 종압축강도는 조금 높은 값을 나타내었다.

### 3.3. 탄성계수 및 강도와의 관계

Table 4는 Fig. 3의 자료를 이용하여 낙엽송의 무간벌, 약도간벌, 강도간벌재의 휨 탄성계수와 휨강도, 종압축 탄성계수와 종압축 강도와의 관계를 나타내었다.

휨 탄성계수와 휨강도 간에는 상관계수 0.479를 나타내어 1% 수준에서 유의성이 인정되었으며 종압축 탄성계수와 종압축 강도간에도 상관계수 0.507를 나타내어 1% 수준에서 유의성이 인정되었다. Nakai (1984)도 일본산 조림 삼나무재의 휨 탄성계수와 휨강도 간에는 높은 상관관계가 존재함을 밝혔으며 삼나무 간벌재 등(Nakai and Tanaka 1984)의 휨 탄성계수와 휨강도 간에도 높은 상관관계가 존재함을 밝혔다. Won 등(2013)은 솔껍질까지벌레 피해해송의 휨탄성계수와 휨강도 특성관계에서 본 연구 결과보다 높은 상관관계를 보고한바 있다.

## 4. 결 론

본 연구는 우리나라의 중요한 조림수종으로서 많은 비중을 차지하고 있을 뿐 아니라 수확기에 이르러 본격적인 이용시기가 도래한 낙엽송을 대상으로 하여, 간벌실시에 따라 달리 발현되는 물리·역학적 성질을 비교 평가함으로써 이들 간벌 실시가 목재의

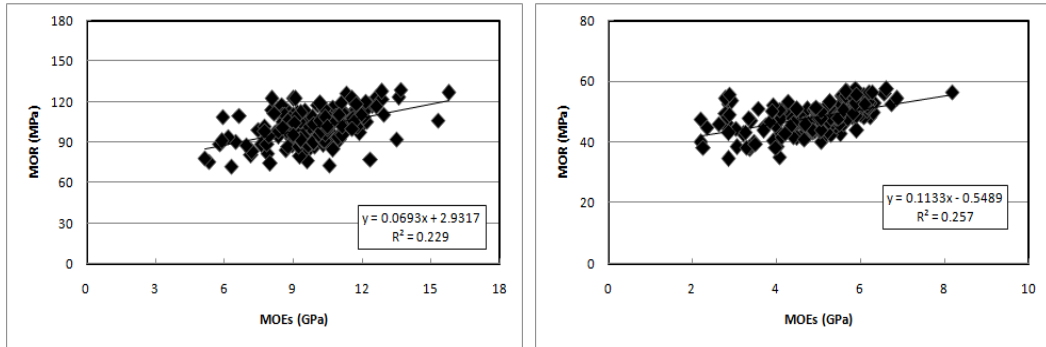


Fig. 3. Relationships between MOE and MOR for bending (left) and compression (right) tests of *Larix kaempferi*.

재질에 미치는 영향을 구명하고, 양질재 생산과 목재의 효율적 이용을 위한 자료를 제공하고자 실시한 결과는 다음과 같다.

만재율은 무간벌, 약도간벌, 강도간벌에서 각각 평균 33.34, 37.05, 39.92%의 값을 나타내어 간벌정도가 강할수록 만재율이 높아지는 경향이였다. 연륜폭과 기건밀도에서는 무간벌의 연륜폭이 간벌재보다는 좁았고 무간벌의 기건밀도는 간벌재의 밀도보다 높았다.

휨 탄성계수는 무간벌, 약도간벌, 강도간벌에서 10.67, 10.03, 9.27 GPa의 값을 나타내었고 간벌 및 간벌정도가 강할수록 휨 탄성계수가 낮아지는 경향이였다. 휨 강도는 무간벌, 약도간벌, 강도간벌에서 각각 107.35, 101.73, 95.32 MPa의 값을 나타내었으며 간벌 및 간벌정도가 강할수록 휨 강도가 감소하는 경향이였다.

종압축 강도는 무간벌, 약도간벌, 강도간벌에서 각각 107.35, 101.73, 95.32 MPa의 값을 나타내었으며 간벌 및 간벌정도가 강할수록 종압축 강도가 감소하는 경향이였다.

## REFERENCES

Bilgin Guller. 2007. The effects of thinning treatments on density, MOE, MOR and maximum crushing strength of *Pinus brutia* Ten. wood.

Annals of forest science. 64: 467-475.

Chong, S.H., Jung, D.J., Park, B.S., Chun, S.K. 2003. Effects of thinning on the timber quality of *Pinus koraiensis* grown in Korea. Mokchaekonghak. 31(2): 16-23.

Forest Research Institute. 1994. Wood properties and uses of the major tree species grown in Korea. Research Report of Forest Institute. 95: 124-125.

Kim, J.Y. Lee, K.J. 2012. Vegetational structure and the density of thinning for the inducement of the ecological succession in artificial forest, National Parks1a. Journal of Ecology and Environment. 26(4): 604-619.

Kim, M.I., Lee, W.K., Park, T.J., Kwak, H.B., Byun, J.Y., Nam, K.J., Lee, K.H., Son, Y.M., Won, H.K., Lee, S.M. 2013. Developing dynamic D.B.H. growth prediction model by thinning intensity and cycle - based on yield table data-. Journal of the Korean Forestry Society. (2): 266-278.

Kim, D.K., Lee, H.J., Kim, J.W., Park, S.K. 1994. Effects of planting density and thinning intensity in grown of Korean pine. Research Report of Forest Institute. 50: 112-127.

Kim, D.K., Kim, J.W., Park, S.K., Kim, T.O., Kim, I.H. 1988. Study on the first thinning method in

- 20 year-old plantations of *Pinus koraiensis*, *Larix leptolepis*, *Pinus rigida* and *Pinus banksiana*. Research Report of Forest Institute. 37: 1-7.
- Korea Forest Service. 2012. Statistical Yearbook of Forestry. 42: 88.
- Lee, C.H., Park, J.H., Kim, Y.C. 1997. Variations in properties and qualities of major plantation-grown softwoods in korea(I) - anatomical properties of *Pinus koraiensis*, *Larix leptolepis*, and *Chamaecyparis obtusa*. Mokchae Konghak. 25(2): 117-126.
- Lin, C.J., Wang, S.Y., Yang, T.H., Tsai, M.J. 2006. Compressive strength of young *Taiwania* (*Taiwania cryptomerioides*) trees grown with different thinning and pruning treatments. Journal of Wood Science. 52(4): 337-341.
- Nakai, K., Tanaka, S.S. 1984. Strength property of thinned small diameter wood. 39(5): 225-241.
- Nakai, K. 1984. Bending strength property of sugi planted in japan. Wood industry. 39(11): 552-556.
- Park, J.H., Kim, S.K., Lee, S.T., Lee, K.S., Kim, H.H. 2013. Thinning effect on vegetation structure and stand characteristics of oak stands. Journal of Agriculture & Life Science. 47(6): 81-89.
- Wang, S.Y., Lin, C.J., Chiu, C.M., Chen, J.H., Yung, T.H. 2005. Dynamic modulus of elasticity and bending properties of young *Taiwania* trees grown with different thinning and pruning treatments. Journal of Wood Science. 51: 1-6.
- Won, K.R., Yoo, B.O., Lee, K.S., Jung, S.Y., Chong, S.H., Byeon, H.S. 2013. Nondestructive evaluation of strength property for damaged-black Pine wood(*Pinus thunbergii*) by *Matsucoccus thunbergiana* using free vibration mode. Journal of Agriculture & Life Science. 47(6): 53-59.