

아세틸화처리 국산 침엽수재의 물리적 성질 조사¹

이 원 희² · 홍 승 현³ · 강 호 양^{3,†}

Investigation on the Physical Properties of Acetylated Domestic Softwoods¹

Won-Hee Lee² · Seung-Hyun Hong³ · Ho-Yang Kang^{3,†}

요 약

아세틸화처리는 목재의 치수안정성을 높이는 방법으로 알려졌다. 기상처리보다는 액상처리가 중량증가율이 높기 때문에 더 많이 사용된다. 국내산 소나무재와 잣나무재를 액상 아세틸화처리하여 밀도, 휨강도, 치수안정성 등 물리적 성질에 미치는 효과를 조사하였다. 아세틸화처리에 의한 소나무와 잣나무 시편의 중량은 각각 평균 10.4%와 9.2% 증가하였으며, 전건밀도는 각각 평균 6.9%와 4.6% 증가하였다. 소나무와 잣나무 모두 휨파괴계수(MOR)와 휨탄성계수(MOE), 동탄성계수(DMOE)의 변화는 없었다. 아세틸화처리 후 목재시료의 평균 향흡습률(PRH)은 소나무와 잣나무가 각각 20.6%와 13.8% 이었다. 평균 향흡수율(PRA)은 소나무와 잣나무가 각각 20.0%와 8.5%였다. 따라서 아세틸화처리에 의해 소나무의 치수안정성이 향상된 결과를 얻었다.

ABSTRACT

It has been known that acetylation improves the dimensional stability of wood. Liquid phase acetylation is more popular than gas-phase acetylation for the effectiveness of weight gain of wood. In this study domestic red and Korean pine specimens were liquid phase acetylated and their physical properties, such as density, bending strength, dimensional stability etc., were investigated. Acetylation increased the average weights of red and Korean pine specimens by 10.4% and 9.2%, respectively, and their average oven-dry densities were increased by 6.9% and 4.6%, respectively. Acetylation did not influence on modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE) and dynamic MOE (DMOE). The average percentage reduction in hygroscopicity (PRH) of red and Korean pine specimens were respectively 20.6% and 13.8%, while the average percentage reduction in water soaking (PRW) were respectively 20.0% and 8.5%. Thus it can be concluded that the liquid acetylation improved the dimensional stability of red pine specimens more than that of Korean pine specimens.

¹ Date Received May 3, 2015, Date Accepted July 2, 2015

² 경북대학교 임산공학과. Department of Wood Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

³ 충남대학교 환경소재공학과. Department of Bio-based Materials, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

[†] 교신저자(Corresponding author) : 강호양(e-mail: hykang@cnu.ac.kr)

Keywords: acetylation, dimensional stability, weight percentage gain, hygroscopicity, *Pinus densiflora*, *Pinus koraiensis*

1. 서 론

목재에 무수초산을 주입하고 120℃의 고온에서 반응시키면 아세틸화 목재가 만들어지는데 목재 흡습성을 낮추어 치수안정성을 향상시키는 비교적 간편한 방법으로 알려졌다(Stamm 1964; Han and Cho 1996). 무수초산이 세포벽의 수산기와 반응하여 아세틸화 목재를 만들고 부산물로 아세트산을 생산한다(Rowel *et al.* 1994) (Fig. 1). 따라서 아세틸화처리 목재는 소수성을 가지게 되어 무처리 목재보다 흡습을 적게 하게 된다. 이러한 성질은 시간이 가도 변하지 않는다고 밝혀졌다(Bryne *et al.* 2010).

목재의 아세틸화처리는 액상반응과 기상반응이 있는데 액상반응이 일반적이며 중량증가율과 치수안정 효과가 높으나(Kang and Lee 1997) 목재를 용액에 침시켜 가열하여야 한다. 이에 반해 기상법은 목재가 용액과 직접 접촉하지 않으나 중량증가율이 액상 반응만큼 높지 않다(Futemma and Obataya 2012). 중량증가율을 높이기 위해 피리딘 등 촉매를 사용하거나 초임계이산화탄소법을 응용하기도 한다(HILL *et al.* 2000; Hill and Papadopoulos 2002; Papadopoulos 2006a; Matsunaga *et al.* 2010).

Dunningham (2012)은 목재를 여러 온도조건에서 아세틸화 반응속도를 측정하는 실험을 실시하여 목재의 아세틸화반응은 활성화 반응이라기보다 확산반응이라고 결론지었다. 즉 반응속도는 온도보다 목재 내 확산속도에 영향을 받는다고 하였다. Morozovs와 Buksans (2009)는 아세틸화처리 목재는 무처리 목재보다 태웠을 때 연기가 더 적게 발생하나 가열강도를 높이면 차이가 적어진다고 밝혔다.

자외선에 노출된 목재는 재색이 짙어지고 시간이 지남에 따라 열화가 일어난다(Evans *et al.* 2000). 아세틸화처리 목재는 무처리 목재보다 기상열화에 저항성이 높은 것으로 알려졌다(Feist *et al.* 1991; Evans *et al.* 2000; Dunningham *et al.* 1992; Bryne

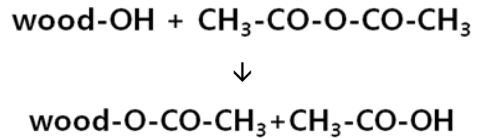


Fig. 1. A chemical reaction equation for wood acetylation.

et al. 2010). 폴리우레탄 도장한 아세틸화처리 목재도 같은 도장의 무처리 목재보다 촉진열화와 기상열화에 높은 저항성을 가진다는 연구발표가 있다(Pandey and Srinivas 2015). 또한 아세틸화 목재는 무처리 목재보다 높은 내후성을 가지는 것으로 알려져 있는데 이는 세포벽의 흡착점에 물분자 대신 아세틸기가 결합되어 있기 때문에 부후균이 달라붙기 어려운 것으로 해석된다(Papadopoulos 2006b 2012; Hill 2009; Rowell *et al.* 2009).

무처리 목재에 비해 아세틸화처리 목재는 강도가 떨어지지 않을 뿐만 아니라 습강도는 오히려 증가하거나(Rowell *et al.* 2009) 표면경도는 영향을 받지 않는다(Papadopoulos and Tountziarakis 2011)고 알려졌다.

본 연구에서는 한반도의 북부에 많이 조림되었으며 최근 생산량이 급속히 증가하여 용도 개발이 시급한 소나무(*Pinus densiflora*)와 잣나무(*Pinus koraiensis*)를 선택하여 액상 아세틸화처리가 밀도, 휨강도, 치수안정성 등 물리적 성질에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

강원도 동해시 인근에서 자란 소나무 48년생, 잣나무 40년생을 구하여 30 mm 판재로 제재하여 천연 건조하였다. 6개월 이상 천연건조한 후 공시판재를

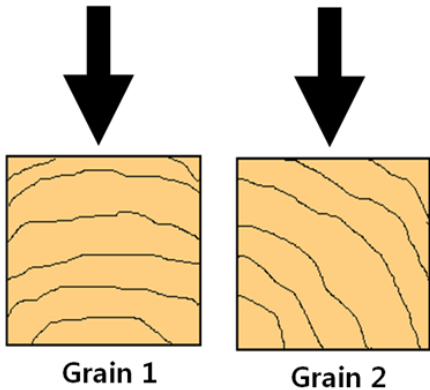


Fig. 2. Schematic diagrams of the grains of specimens and the direction of a bending force.

건구온도 120℃, 습구온도 70℃ 조건에서 72시간 고온건조하였다. 소나무 건조판재는 변재부위, 잣나무 건조판재는 심재부위에서 가로 세로 각각 25 mm, 섬유방향 길이 300 mm의 공시시편을 만들었다. 무작위로 만든 공시시편 중에 횡단면에 나타난 목리에 따라 Fig. 2과 같이 구분하여 각각 30개씩 선별하였다(Fig. 2). 그중 15개는 아세틸화처리 공시시편으로 나머지는 무처리 공시시편으로 구분하였다.

2.2. 아세틸화처리

모든 공시시편을 103 ± 2℃ 오븐에서 향량에 도달할 때까지 건조한 후 디지털 저울(정도 ± 0.01 g)로 중량을, 버니어캘리퍼스(정도 0.01 mm)로 치수를 측정하였다. 무처리 시편은 비닐주머니에 넣어 보관하고 아세틸화처리 시편은 무수초산에 2주 동안 함침시켰다. 함침 시편을 꺼내 표면에 묻은 무수초산을 제거한 후 소형건조기에 잔적하고, 건조기 내의 건구온도를 120℃, 재간풍속을 3.0 m/s 로 맞추어 8 시간 동안 반응 시킨 후 실온으로 냉각하였다. 아세틸화처리 공시시편과 무처리 공시시편을 모두 103 ± 2℃ 오븐에서 다시 전건한 후 중량과 치수를 측정하였다.

2.3. 중량증가율, 부피증가율, 밀도의 계산

아세틸화처리 전후에 측정된 중량과 부피를 이용하여 중량증가율과 부피증가율 및 전건밀도를 아래 식으로 계산하였다.

$$WPG = \frac{W_{od,ac} - W_{od,con}}{W_{od,con}} \times 100 \dots\dots\dots [1]$$

여기서 WPG (Weight Percentage Gain) = 중량증가율(%), $W_{od,ac}$ = 아세틸화처리 후 전건중량(g), $W_{od,con}$ = 아세틸화처리 전 전건중량(g)

$$VPG = \frac{V_{od,ac} - V_{od,con}}{V_{od,con}} \times 100 \dots\dots\dots [2]$$

여기서 VPG (Volume Percentage Gain) = 부피증가율(%), $V_{od,ac}$ = 아세틸화처리 후 전건부피(cm³), $V_{od,con}$ = 아세틸화처리 전 전건중량(cm³)

$$\rho = \frac{W_{od}}{V_{od}} \dots\dots\dots [3]$$

여기서 ρ = 전건밀도(g/cm³), W_{od} = 전건중량(g), V_{od} = 전건부피(cm³)

2.4. 응력파를 이용한 동탄성계수 측정

Steinkamp BP V (Bremen, Germany) 초음파측정기와 50 kHz 공진탐촉자를 사용하여 시편의 길이방향 초음파전달속도를 측정하였다. 시편의 물성변화를 우려하여 접촉매질(couplant)은 사용하지 않고, 시편의 횡단면과 탐촉자를 가능한 한 밀착하여 측정하였다. 동탄성계수는 아래 식을 이용하여 계산하였다.

$$E_{dy} = \frac{\rho V^2}{1,000} \dots\dots\dots [4]$$

여기서 E_{dy} = 동탄성계수(N/mm²), ρ = 전건밀도

Table 1. The average WPGs and VPGs of the acetylated specimens of red and Koran pines

Species	Grain	No. of Specimens	WPG (%)	VPG (%)
Red pine	1	15	10.7 ± 1.7*	3.3 ± 0.7
	2	15	10.1 ± 1.6	3.3 ± 0.7
Korean pine	1	15	7.9 ± 0.8	3.9 ± 1.4
	2	15	10.6 ± 4.0	4.4 ± 1.9

*Standard deviation

(g/cm³), V = 초음파전달속도(m/s).

$$PRH = \frac{EMC_{con} - EMC_{ac}}{EMC_{con}} \times 100 \dots\dots\dots [6]$$

2.5. 정탄성계수(MOE) 측정

동탄성계수 측정을 마친 시편을 휨파괴시험에 사용하였다. 국내에서 제작한 50톤 규모의 만능강도시험기를 사용하여 시편 중앙에 하중을 가하였다. 정탄성계수는 식 [5]를 이용하여 계산하였다.

$$MOE = \frac{PL^3}{48ID} \times 10^{-6} \dots\dots\dots [5]$$

여기서 MOE = 정탄성계수(N/mm²), P = 하중(N), L = 지지거리(m), I = 관성모멘트(m²), D = 처짐(m).

2.6. 조습처리와 함침처리

휨파괴시험에 사용한 300 mm 시편의 한쪽 마구리에서 길이방향으로 60 mm를 잘라 조습시험을 실시하였다. 공기가 순환하는 항온항습기 내부를 여름의 낮 조건과 비슷한 건구온도 30℃, 상대습도 70%에 맞추고 60 mm 시편을 잔적하였다. 모든 시편의 중량이 평형에 도달할 때까지 약 3주간 조습처리하였다. 조습을 마친 후 중량을 측정하고 103 ± 2℃ 오븐에 넣고 항량에 도달할 때까지 건조하였다. 오븐 건조를 마친 후 전건중량을 측정하였다. 이후 60 mm 시편을 모두 물에 함침시켰다. 4주 후 꺼내어 표면에 남은 물을 닦고 중량을 측정하였다.

조습처리와 함침처리에 의한 중량변화를 아래 식 [6]과 [7]에 적용하여 항습률과 항습수율을 구하였다.

여기서 PRH (Percentage Reduction in Hygroscopicity) = 항습률(%), EMC_{con} = 무처리 시편의 평형함수율(%), EMC_{ac} = 아세틸화처리 시편의 평형함수율(%)

$$PRW = \frac{W_{con} - W_{ac}}{W_{con}} \times 100 \dots\dots\dots [7]$$

여기서 PRW (Percentage Reduction in Water Soaking) = 항습수율(%), W_{con} = 무처리 시편의 함침중량(g), W_{ac} = 아틸화처리 시편의 함침중량(g).

3. 결과 및 고찰

3.1. 아세틸화처리에 의한 밀도변화

아세틸화처리에 의해 소나무 목리1과 목리2 시편의 중량은 각각 10.7%와 10.1% 증가하였으며, 부피는 두 시편 모두 3.3% 증가하였다(Table 1). 한편 잣나무 목리1과 목리2 시편의 중량은 각각 7.9%와 10.6% 증가하였으며, 부피는 각각 3.9%와 4.4% 증가하였다. t-검정 결과 5% 유의수준에서 소나무는 중량증가율(WPG)과 부피증가율(VPG) 모두 목리에 따른 차이가 인정되지 않았다. 잣나무도 부피증가율은 차이가 없으나 중량증가율은 5% 유의수준에서 목리에 따른 차이가 인정되었다. 중량 차이는 무수초산의 침투량 차이에 기인하므로 목리에 따라 침투량이 달랐다고 예상할 수 있다. 잣나무는 목리에 따라

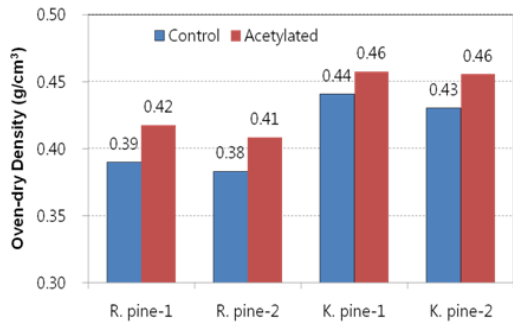


Fig. 3. The average oven-dry densities of the control and acetylated specimens of red and Korean pines.

침투경로가 다른 것으로 볼 수 있다. 침투경로에 대해서는 추가적으로 해부학적 관점의 연구가 필요할 것으로 생각된다.

아세틸화처리 전후, 시편의 전건밀도를 식 [3]으로 구하여 Fig. 3에 비교하였다. 무처리 시편의 평균 전건밀도는 두 수종 모두 목리1이 목리2 보다 0.01 cm³/g만큼 크게 나타났다. t-검정 결과 소나무는 5% 유의수준에서 유의성이 인정되지 않았으나 잣나무는 유의성이 인정되었다. 아세틸화처리 전과 후 모두 잣나무의 평균 전건밀도가 소나무보다 높았으며, 아세틸화처리로 두 수종의 전건밀도가 0.02-0.03 cm³/g 정도 상승하였다. 수종별 전체 시편의 평균 전건밀도 증가율은 소나무가 6.9%, 잣나무가 4.6%로 소나무가 더 많이 증가하였다. 이는 소나무의 밀도가 잣나무보다 낮았기 때문에 동일한 양의 아세틸기가 목재와 결합하더라도 밀도가 더 많이 증가하기 때문으로 볼 수 있다.

3.2. 휨파괴계수(MOR)

무처리 시편과 아세틸화처리 시편의 평균 MOR과 표준편차를 Table 2에 나타냈다. 소나무는 두 가지 목리 모두 아세틸화처리에 의해 MOR이 감소하였으나 잣나무는 두 가지 목리 모두 약간 증가하였다. t-검정을 통해 유의성을 분석한 결과, 소나무는 5% 유의수준에서 유의성이 인정되었으나, 잣나무는 유의성이 인정되지 않았다. 따라서 아세틸화처리에 의해

Table 2. The average MORs of the control and acetylated specimens of red and Korean pines

Species	Grain	MOR (N/mm ²)	
		Control	Acetylated
Red pine	1	70.41 ± 6.79*	63.47 ± 8.37
	2	68.05 ± 3.45	62.54 ± 6.71
Korean pine	1	88.87 ± 9.05	90.93 ± 8.55
	2	84.76 ± 9.05	86.02 ± 13.64

*Standard deviation

Table 3. The average MOEs of the control and acetylated specimens of red and Korean pines

Species	Grain	MOE (N/mm ²)	
		Control	Acetylated
Red pine	1	5,439.7 ± 487.2*	5,491.1 ± 444.7
	2	5,747.4 ± 426.2	5,523.6 ± 266.3
Korean pine	1	7,952.2 ± 569.7	8,183.2 ± 738.1
	2	7,503.2 ± 623.0	7,650.2 ± 602.1

*Standard deviation

소나무 MOR은 감소하였으나 잣나무는 영향 받았다고 할 수 없다.

무처리 시편의 목리 간 평균 MOR을 비교하면 두 수종 모두 목리1 시편이 목리2 시편보다 더 크게 나타났다. 그러나 t-검정으로 통계분석하면 두 수종 모두 5% 유의수준에서 유의성이 인정되지 않았다.

3.3. 휨탄성계수(MOE)

무처리 시편과 아세틸화처리 시편의 평균 MOE와 표준편차를 Table 3에 나타냈다. 소나무 목리2 시편을 제외하고 모든 시편의 평균 MOE가 약간 증가하였는데 t-검정 결과는 모두 5% 유의수준에서 유의성이 인정되지 않았다. 약간 감소한 소나무 목리2 시편도 유의성이 인정되지 않았다. 따라서 아세틸화처리가 소나무와 잣나무의 MOE에 영향을 미쳤다고 할 수 없다.

무처리 시편의 목리 간 평균 MOE를 비교하면 소나무는 목리2 시편이, 잣나무는 목리1 시편이 더 크

Table 4. The average ultrasonic velocities of the control and acetylated specimens of red and Korean pines

Species	Grain	Ultrasonic velocity (m/sec)	
		Control	Acetylated
Red pine	1	4,925 ± 361*	4,718 ± 297
	2	5,171 ± 273	4,930 ± 232
Korean pine	1	5,622 ± 312	5,502 ± 299
	2	5,538 ± 300	5,411 ± 228

*Standard deviation

게 나타났다. t-검정으로 통계분석한 결과 두 수종 모두 5% 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 잣나무 시편과 소나무 시편의 밀도 차이가 어느 정도 영향을 미친 것으로 생각한다면, 낮은 밀도의 목재는 목리2 시편이, 높은 밀도의 목재는 목리1 시편의 MOE가 더 크다고 할 수 있다.

3.4. 초음파전달속도

Steinkamp BP V (Bremen, Germany) 초음파측정기로 측정된 섬유방향 초음파전달속도의 평균과 표준편차는 Table 4와 같다. 소나무는 t-검정 결과는 모두 5% 유의수준에서 유의성이 인정되나 잣나무는 모두 유의성이 인정되지 않았다. 따라서 아세틸화처리에 의해 소나무의 섬유방향 초음파전달속도는 감소하였으나 잣나무는 영향 받았다고 할 수 없다.

무처리 시편의 목리 간 평균 초음파전달속도를 비교하면 소나무는 목리2가 잣나무는 목리1이 더 높게 나타났다. t-검정으로 통계분석한 결과 소나무는 5% 유의수준에서 유의성이 인정되었으나 잣나무는 유의성이 인정되지 않았다. 소나무의 낮은 밀도가 목리에 따른 초음파전달속도의 차이에 어느 정도 영향을 미친 것으로 가정할 수 있다.

3.5. 동탄성계수(DMOE)

식 [4]로 계산한 무처리 시편과 아세틸화처리 시편의 평균 DMOE와 표준편차를 Table 5에 나타냈

Table 5. The average DMOEs of the control and acetylated specimens of red and Korean pines

Species	Grain	DMOE (N/mm ²)	
		Control	Acetylated
Red pine	1	9,168 ± 1030*	9,287 ± 806
	2	10,238 ± 922	9,922 ± 708
Korean pine	1	13,786 ± 1712	13,901 ± 1714
	2	13,486 ± 1692	13,358 ± 1284

*Standard deviation

다. 아세틸화처리에 의해 시편의 평균 DMOE는 약간 증가하거나 감소하였으나 t-검정 결과는 모두 5% 유의수준에서 유의성이 인정되지 않았다. 따라서 아세틸화처리가 소나무와 잣나무의 DMOE에 영향을 미쳤다고 할 수 없다.

무처리 시편의 목리 간 평균 DMOE를 비교하면 소나무는 목리2가 잣나무는 목리1이 더 크게 나타났다. t-검정으로 통계분석한 결과 소나무는 5% 유의수준에서 유의성이 인정되었으나 잣나무는 인정되지 않았다. 앞의 초음파전달속도에서와 마찬가지로 소나무의 낮은 밀도 때문에 목리가 DMOE에 영향을 미치는 것으로 보인다.

3.6. MOE와 DMOE의 관계

MOR과 DMOE의 관계를 직선회귀로 구하였다 (Fig. 4). 무처리 시편의 회귀 결정계수(R²)는 소나무 시편이 0.55, 잣나무 시편이 0.64로 비교적 높은 직선상관을 나타낸다. 직선회귀식의 경사는 소나무가 1.73, 잣나무가 2.14로 DMOE가 MOE보다 1.7 내지 2.1배 크게 측정되었다. 소나무는 아세틸화처리 후에 직선회귀의 경사와 R²가 각각 1.13과 0.25로 모두 낮아졌으나, 잣나무는 각각 1.85와 0.75로 경사는 낮아졌으나, R²는 증가하였다. 즉 잣나무는 아세틸화처리에 의해 강도가 균일해졌다고 할 수 있다.

3.7. 항흡습률(PRH)

조습실험을 통해 얻은 무처리 시편과 아세틸화처

Table 6. The average EMCs and PRHs of the control and acetylated specimens of red and Korean pines, conditioned in a humidity chamber at 30°C and 70 %RH

Species	Grain	EMC (%)		PRH (%)
		Control	Acetylated	
Red pine	1	12.1 ± 0.4*	9.5 ± 0.7	21.5
	2	12.1 ± 0.3	9.7 ± 0.6	19.8
Korean pine	1	11.0 ± 1.0	9.7 ± 0.4	11.8
	2	10.9 ± 0.6	9.2 ± 1.2	15.6

*Standard deviation

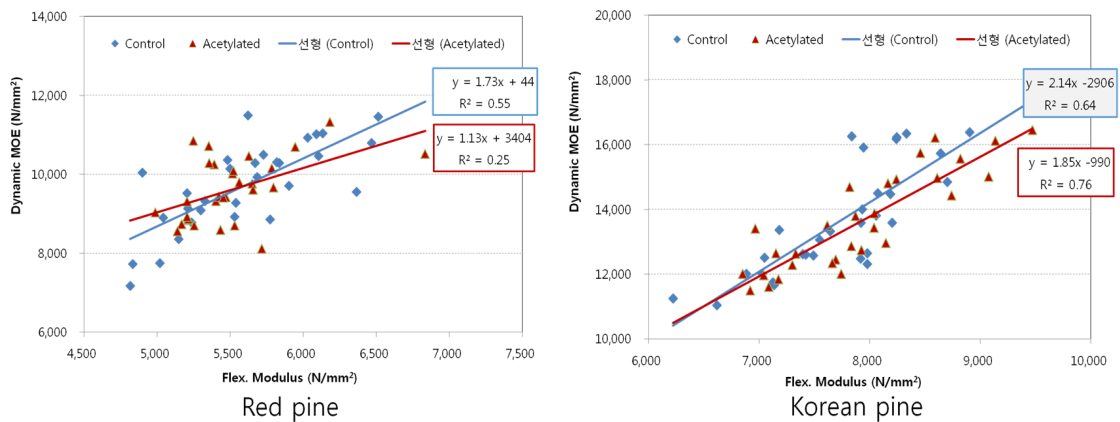


Fig. 4. The plots of DMOE vs. MOE of the control and acetylated specimens of red and Korean pines and their linear regressions.

리 시편의 평균 평형함수율은 Table 6과 같다. 모든 아세틸화처리 시편의 평형함수율이 무처리보다 낮다. 이들 평균함수율을 이용하여 구한 항흡습률은 소나무 시편이 잣나무보다 크다. 동일 수종 내 시편을 비교하면, 소나무 목리1의 항흡습률은 21.5%로 목리2의 19.8% 보다 크고, 잣나무 목리1의 항흡습률은 11.8%로 목리2의 15.6%보다 적다. 이러한 경향은 Table 1에 나타난 것과 같이 아세틸화처리에 의한 중량증가율 WPG가 소나무는 목리1이, 잣나무는 목리2가 크다는 사실과 일치한다. 즉 세포 내 아세틸기가 많이 존재할수록 항흡습률이 크다고 할 수 있다.

3.8. 항흡수율(PRW)

함침실험을 통해 얻은 무처리 시편과 아세틸화처리 시편의 평균 함침함수율은 Table 7과 같다. 아세틸화처리 시편의 평균 함침함수율이 무처리 시편보다 낮게 나타났다. 그러나 t-검정결과 소나무는 무처리와 아세틸화처리 시편의 함침함수율이 5% 유의수준에서 유의성을 나타냈으나, 잣나무 시편은 유의성이 없었다. 식 [7]로 구한 소나무 목리1의 항흡수율은 25.1%로 목리2의 15.0% 보다 크고, 잣나무 목리1의 항흡수율은 7.9%로 목리2의 9.1% 보다 적다. 흡습률과 같은 경향을 나타냈는데 이는 목리에 따른 중량증가율(WPG) 차이 때문으로 생각된다. 즉 세포 내 아세틸기가 많이 존재할수록 항흡수율이 크다고

Table 7. The average MCs of the control and acetylated specimens of red and Korean pines, water-soaked for four weeks

Species	Grain	MC of soaked specimen (%)		PRW (%)
		Control	Acetylated	
Red pine	1	119.8 ± 14.5*	89.8 ± 4.3	25.1
	2	110.7 ± 6.9	94.1 ± 3.8	15.0
Korean pine	1	99.3 ± 12.1	91.5 ± 14.2	7.9
	2	93.8 ± 12.7	85.3 ± 19.9	9.1

*Standard deviation

할 수 있다.

4. 결 론

국내산 소나무재와 잣나무재를 액상 아세틸화처리 하여 밀도, 휨강도, 치수안정성 등 물리적 성질에 미치는 효과를 조사하였다. 본 연구에서 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 아세틸화처리에 의한 소나무와 잣나무 시편의 평균 중량증가율(WPG)은 각각 10.4%와 9.2% 이었으며, 평균 부피증가율(VPG)은 각각 3.3%와 4.2%이다. 또 전건밀도는 소나무가 6.9%, 잣나무가 4.6% 증가하였다.
2. 무처리 시편의 MOE는 소나무 목리2가 목리1보다, 잣나무 목리1가 목리2보다 더 높았다. 즉 소나무는 반접선방향 휨강도가, 잣나무는 방사방향 휨강도가 더 크다고 할 수 있다.
3. 소나무와 잣나무 모두 아세틸화처리에 의한 휨 파괴계수(MOR)와 휨탄성계수(MOE)의 변화는 없었다.
4. 아세틸화처리에 의해 소나무와 잣나무의 평균 초음파전달속도는 각각 4.4%와 2.2% 감소하였으나 동탄성계수(DMOE)는 두 수종 모두 통계적으로 유의차가 없었다.
5. 아세틸화처리 시편의 평균 흡습률(PRH)은 소나무가 20.6%, 잣나무가 13.8%이고 평균 흡습

수율(PRW)은 소나무가 20.0%, 잣나무가 8.5%으로 아세틸화처리에 의해 소나무의 치수안정성이 더 높아졌다.

사 사

본 연구는 산림청 ‘임업기술연구개발사업(과제번호: S121414L060120)’과 충남대학교 학술연구비의 지원에 의해서 이루어진 것입니다.

REFERENCES

- Andris, M., Buksans, E. 2009. Fire performance characteristics of acetylated ash (*Fraxinus excelsior* L.) wood. *Wood Material Science & Engineering* 4(1-2): 76-79.
- Bryne, L.E., Waelinder, M.E.P. 2010. Ageing of modified wood. Part 1: Wetting properties of acetylated, furfurylated, and thermally modified wood. *Holzforschung* 64(3): 295-304.
- Dunningham, E.A. 2012. Kinetic studies of the acetylation reaction of small *Pinus radiata* blocks. *Eur. Journal of Wood Products* 70(6): 857-863.
- Dunningham, E.A., Plackett, D.V., Singh, A.P. 1992. Weathering of chemically modified wood. Natural weathering of acetylated *Pinus radiata* pine: preliminary results. *Holz als Roh und Werkstoff*

- 50(11): 429-432.
- Evans, P.D., Wallis, A.F.A., Owen, N.L. 2000. Weathering of chemically modified wood surfaces. Natural weathering of Scots pine acetylated to different weight gains. *Wood Science and Technology* 34(2): 151-165.
- Feist, W.C., Rowell, R.M., Ellis, W.D. 1991. Moisture sorption and accelerated weathering of acetylated and methacrylated aspen. *Wood and Fiber Science* 23(1): 128-136.
- Futemma, Y., Obataya, E. 2012. Non-uniform reaction of solid wood in vapor-phase acetylation. *Journal of Wood Science* 58(4): 336-341.
- Han, G-S., Cho, N-S. 1996. Dimensional change of acetylated softwood. *Journal of the Korean Wood Science and Technology* 24(4): 4040-4046.
- Hill, C.A.S. 2009. Why does acetylation protect wood from microbiological attack? *Wood Material Science & Engineering* 4(1-2): 37-45.
- Hill, C.A.S., Cetin, N.S., Ozmen, N. 2000. Potential Catalysts for the Acetylation of Wood. *Holzforschung* 54(3): 269-272.
- Hill, C.A.S., Papadopoulos, A.N. 2002. The Pyridine-Catalysed Acylation of Pine Sapwood and Phenolic Model Compounds with Carboxylic Acid Anhydrides. Determination of Activation Energies and Entropy of Activation. *Holzforschung* 56(2): 150-156.
- Kang, H-Y., Lee, K-Y. 1997. Effect of acetylation on ultrasonic velocity of bamboo. *Journal of the Korean Wood Science and Technology* 25(3): 8-15.
- Matsunaga, M., Kataoka, Y., Matsunaga, H., Matsui, H. 2010. A novel method of acetylation of wood using supercritical carbon dioxide. *Journal of Wood Science* 56(4): 293-298.
- Morozovs, A., Buksans, E. 2009. Fire performance characteristics of acetylated ash (*Fraxinus excelsior* L.) wood. *Wood Material Science & Engineering* 4(1-2): 76-79.
- Pandey, K.K., Srinivas, K. 2015. Performance of polyurethane coatings on acetylated and benzoylated rubberwood. *Eur. Journal of Wood Products* 73(1): 111-120.
- Papadopoulos, A.N. 2006a. Pyridine-catalyst acetylation of pinewood: influence of mature sapwood vs juvenile wood. *Holz als Roh- und Werkstoff* 64(2): 134-136.
- Papadopoulos, A.N. 2012. Natural durability of acetylated OSB in ground stake test: total decay after 102 months of testing. *Eur. J. Wood Prod.* 70(1-3): 397.
- Papadopoulos, A.N., Tountziarakis, P. 2011. The effect of acetylation on the Janka hardness of pine wood. *Eur. Journal of Wood Products* 69(3): 499-500.
- Papadopoulos, A.N.. 2006b. Decay resistance in ground stake test of acetylated OSB. *Holz als Roh- und Werkstoff* 64(3): 245-246.
- Rowell, R.M., Ibach, R.E., McSweeney, J., Nilsson, T. 2009. Understanding decay resistance, dimensional stability and strength changes in heat-treated and acetylated wood. *Wood Material Science & Engineering* 4(1-2): 14-22.
- Rowell, R.M., Simonson, R., Hess, S., Plackett, D.V., Cronshaw, D., Dunningham, E. 1994. Acetyl distribution in acetylated whole wood and reactivity of isolated wood cell-wall components to acetic anhydride. *Wood and Fiber Science* 26(1): 11-18.
- Stamm, A.J. 1964. *Wood and Cellulose Science*. The Ronald Press Company, New York.