

침전·훈증처리 소나무재선충병 피해목의 힘강도성능 및 경도에 관한 연구*¹

윤석락*²·정성호*³·서동진*²·원경록*²·박한민*²·김종갑*²·변희섭*^{2†}

The Effect of Soaking and Fumigation Treatments on Bending Properties and Hardness of Pine Wilt Disease Infected Wood*¹

Seok-Lak Yun*² · Song-Ho Chong*³ · Dong-Jin Seo*² · Kyung-Rok Won*² ·
Han-Min Park*² · Jong-Gab Kim*² · Hee-Seep Byeon*^{2†}

ABSTRACT

This study used pine wilt disease damaged trees as raw materials. The damaged woods were subjected to soaking treatment using wood vinegar, nematicide and sea water, fumigated treatment using fumigation, and the bending strength and hardness of the timber were measured at different points of time after the treatment. In soaking treatment, the highest bending strength was obtained from wood vinegar (100 fold dilution)-soaked specimens of *Pinus densiflora* and the nematicide-soaked specimens of *Pinus thunbergii*. The highest hardness in cross section was gained from the nematicide-soaked specimens of *Pinus densiflora* and *Pinus thunbergii*, the highest hardness in radial section was obtained from the nematicide-soaked specimens of *Pinus densiflora* and wood vinegar (100 fold dilution)-soaked specimens of *Pinus thunbergii*, and the highest hardness in tangential section was obtained from the nematicide-soaked specimens of *Pinus densiflora* and *Pinus thunbergii*, and there were not significantly different among the treatments. When

*¹ 접수 2011년 1월 28일, 채택 2012년 1월 20일

*² 경상대학교 농업생명과학대학, 농업생명과학연구원, College of Agriculture & Life Science, IALS, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

*³ 산림청 산림교육원, Forest Training Institute, Korea Forest Service, Namyangju city, Kyounggido 472-865, Korea

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

fumigated treatment was applied, bending strength, hardness was somewhat lower in the control but were not significantly different between the treatments.

Keywords: Pine wilt disease, *Pinus densiflora*, *Pinus thunbergii*, density, hardness, bending strength properties, utilization of damaged trees

1. 서 론

우리나라에서는 소나무재선충(*Bursaphelenchus xylophilus*)에 의해 발생하는 소나무재선충병(Pine Wilt Disease)에 의해 소나무와 잣나무가 심각한 피해를 입고 있다. '소나무에이즈'라고도 불리는 이 식물병은 한번 감염되면 치료가 되지 않고 거의 모든 소나무가 고사된다(Yang *et al.*, 1989; Han *et al.*, 2003). 우리나라의 경우 남부지방에서는 주로 소나무가 피해를 입고 있고, 중부지방에서는 잣나무가 주로 피해를 입고 있다(Hyun *et al.*, 2007). 이와 같이 소나무재선충병은 소나무림의 가장 심각한 산림재해로 다루어지고 있지만, 연구의 대부분이 소나무재선충과 매개충인 솔수염하늘소의 방제에 관한 연구이며, 소나무재선충병 피해지역에서 피해목의 목재 활용에 관한 연구는 체계적으로 연구되지 못하였다.

소나무재선충병 피해목에 관한 연구는 Dwinell (1990)이 소나무재선충병에 감염된 소나무를 여러 열기건조와 천연 건조시킨 후 사멸여부를 조사하여 열기건조에서 목재온도가 60°C 이상이면 소나무재선충이 완전히 사멸된다고 보고하였고, Kinn (1986)는 소나무재선충에 감염된 12~29 mm 길이의 목재 칩을 여러 온도와 시간에 따라 열처리한 결과 스틱가열이 소나무재선충 사멸에 효과적이라고 보고하였다. 하지만 소나무재선충병 피해목을 활용하기 위해서는 피해목의 강도성능에 대한 많은 연구가 반드시 필요한데 이에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 소나무재선충병 피해목의 침전·훈증처리를 통한 재선충 밀도 및 압축강도성능에 관한 연구에서 침전처리 후 소나무재선충의 밀도가 매우 낮아졌고, 종압축강도도 양호하였으며, 훈증처리 후 24개월 동안의 피해목의 종압축강도를 분석하여 목재활용의 가능성을 보고하였다(윤 등, 2009).

따라서 본 연구는 침전 및 훈증처리 후 목재의 휨 강도 및 경도시험을 실시, 분석하여 소나무재선충병 피해목의 활용에 관한 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 침전처리

경남 진주시 금산면 용아리 야산에서 2009년 5월부터 10월까지 6개월 동안 조사지에서 소나무재선충병 감염이 확인된 평균 직경 18 ± 2 cm의 소나무와 해송을 각각 10주를 선정하여, 주당 수고의 중간부위를 1 m 길이로 3개씩 절단하여 사용하였다.

소나무재선충병 피해목의 침전처리 약제로는 살균 및 살충효과가 있는 친환경소재인 참나무 목초액 50 배액과 100배액, 현행 소나무재선충병의 예방을 위하여 수목 근처의 토양에 처리하는 살선충제(포스치 아데이트 10%, 동부한농화학), 소나무재선충에 바닷물(경남 사천시 실안동 근해에서 채취)을 선정하였으며, 대조구는 소나무재선충의 검경에 이용하는 일반적인 수돗물을 사용하였다.

침전처리는 선행연구(윤 등, 2009)의 결과를 바탕으로 대조구에서도 소나무재선충의 밀도가 급격하게 감소한 60일까지 실시한 후, 원목상태에서 2주간 실내 방치 후 절삭가공 하여 4주 이상 실내에서 천연 건조 실시한 후 시편을 재가공하여 항온항습조건(20°C ± 1, 65% ± 3) 2주일 이상 조습 후 휨강도성능 및 경도를 측정하였다.

2.2. 훈증처리

훈증처리는 산지에서 소나무재선충병에 의해 고사

된 소나무 및 해송을 1~2 m³ 크기로 쌓아놓고 비닐을 씌운 후 훈증처리한 각 훈증무더기에서 수중별로 1개월, 3개월, 6개월, 1년, 2년의 경과 기간에 따라 각 훈증무더기에서 1개씩 총 36개를 선정하였다. 일반적으로 사용되는 훈증제는 Metam, Methyl bromide, Metam-sodium 등이 있으나 우리나라에서는 Metam-sodium이 주로 사용되므로 본 연구에서도 Metam-sodium을 훈증제로 선정하였다. Metam-sodium의 훈증방법은 약제원액을 쌓아놓은 나무 위에 뿌리는데 1 m³당 1 ℓ를 사용하였다. 약제 처리 후에는 신속히 비닐로 밀봉한 후 1개월, 3개월, 6개월, 1년, 2년 경과 후의 휨강도 성능 및 경도를 분석하였다.

2.3. 목재의 강도성능 시험

소나무 및 해송재의 휨성능 및 경도는 KS F 2208, KS F 2212 (한국산업규격, 2004)에 따라 시료를 제작한 후 측정하였다.

휨성능 시험은 소나무재선충이 있는 목질부에서 채취하였으며, 시험은 기건상태의 조건으로 일반적으로 사용하고 있는 항온항습실(20°C ± 1, 65% ± 3)에 4주 이상 방치 건조시킨 후, 20 mm (T) × 20 mm (R) × 320 mm (L)의 크기로 가공하여, 다시 항온항습실에서 1주일 이상 조습시켜 평행상태에 도달하였을 때 사용하였다. 각 조건당 시험편은 10개로 하였고, 기건밀도를 측정된 후 휨성능 시험을 실시하여 휨탄성계수와 휨강도를 구하였다. 또한 동적탄성계수는 홍과 변(1995)이 개발하여 사용하고 있는 Sine generator (B & K, 1023), Universal counter timber (GSP, 5001)와 Oscilloscope (HP, 1,740 A)로 구성된 양단 자유 진단장치를 사용하여 공진주파수를 측정하여 동적탄성계수를 구하였다.

Brinell 경도시험은 40 mm × 40 mm × 40 mm 크기의 시험편을 만능강도시험기를 이용하여 KS F 2212 규정에 따라 지름 10 mm의 쇠구슬을 0.5 mm/min의 하중속도로 횡단면, 접선 및 방사단면의 표면에 1/π mm의 깊이까지 압입하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 침전처리

3.1.1. 목재의 휨강도 성능

소나무의 휨강도는 목초액 50배액에서 768 kgf/cm², 목초액 100배액에서 732 kgf/cm², 살선충제에서 731 kgf/cm², 바닷물처리에서 720 kgf/cm², 대조구에서 726 kgf/cm²로 목초액 100배액에서 가장 높았으며, 바닷물처리에서 가장 낮게 나타났다. 해송은 목초액 50배액에서 744 kgf/cm², 목초액 100배액에서 839 kgf/cm², 살선충제에서 884 kgf/cm², 바닷물처리에서 786 kgf/cm², 대조구에서 716 kgf/cm²로 살선충제에서 가장 높았으며, 대조구에서 가장 낮게 나타내어 침전처리로 인한 강도성능에 미치는 영향이 거의 없는 것으로 판단된다. 산림과학원(2008)이 보고한 우리나라 소나무의 휨강도 747 kgf/cm²와 Nakai와 Yamai (1982)가 조사한 758 kgf/cm²와 비슷한 값을 나타내었다. 소나무재선충병 피해목의 휨강도에 관한 연구는 전무한 편이며, 유사한 주요 산림병해충인 솔잎혹파리의 경우를 보면 황 등(2001)은 솔잎혹파리 피해 소나무재의 해부 및 물리학적 특성에서 건전목은 변재 926 kgf/cm², 심재 806 kgf/cm², 피해목은 변재 664 kgf/cm², 심재 648 kgf/cm²으로 건전목에 비하여 피해목의 압축강도가 훨씬 낮다고 보고하였는데 이와 비교하면 소나무재선충병 피해목은 솔잎혹파리 피해목보다 목재강도가 높게 나타났다(Table 1).

휨탄성계수는 소나무에서는 목초액 50배액에서 92,164 kgf/cm²으로 가장 높았고, 바닷물에서 68,278 kgf/cm²으로 가장 낮게 나타났다. 해송에서는 살선충제에서 109,136 kgf/cm²으로 가장 높았고, 대조구에서 90,435 kgf/cm²으로 가장 낮게 나타났다. 처리 약제에 따른 차이는 확연하게 나타나지 않았으며, Byeon 등(2004)이 보고한 소나무, 잣나무, 낙엽송 간벌재의 값 약 27,000~80,000 kgf/cm²보다는 다소 높은 값을 나타내었다.

따라서 현행 소나무재선충병의 방제법인 훈증처리 는 소나무재를 1 m의 길이로 절단하여 활용도가 적지만 피해목의 침전처리는 휨강도 성능에는 거의 영

Table 1. Strength properties of soaked timbers

Species	Treatment	MOE _d (kgf/cm ²)	MOE (kgf/cm ²)	MOR (kgf/cm ²)
<i>Pinus densiflora</i>	A	92,164 ± 16,265	75,230 ± 11,994	768 ± 68
	B	82,118 ± 12,120	72,470 ± 10,525	732 ± 81
	C	77,538 ± 18,989	67,950 ± 17,671	731 ± 51
	D	68,278 ± 6,448	65,490 ± 14,327	720 ± 67
	Control	83,133 ± 9,228	67,350 ± 8,966	726 ± 28
<i>Pinus thunbergii</i>	A	92,805 ± 15,807	74,390 ± 8,594	744 ± 101
	B	100,919 ± 14,752	82,270 ± 10,831	839 ± 80
	C	109,136 ± 26,151	84,400 ± 14,547	884 ± 140
	D	103,194 ± 15,582	79,730 ± 8,942	786 ± 110
	Control	90,435 ± 19,092	78,560 ± 10,189	716 ± 61

Notes) MOE_d : dynamic modulus of elasticity, MOR : modulus of rupture, MOE : modulus of elasticity
 A : Wood vinegar ×50, B : Wood vinegar ×100, C : Nematicide, D : Sea water.

Table 2. Density and hardness properties of soaked timbers

Species	Treatment	Density (g/cm ³)	Hc (kgf/cm ²)	Hr (kgf/cm ²)	Ht (kgf/cm ²)
<i>Pinus densiflora</i>	A	0.48 ± 0.02	233.1 ± 32.4	76.8 ± 19.0	71.3 ± 25.9
	B	0.45 ± 0.04	246.3 ± 43.7	65.8 ± 12.0	62.2 ± 12.0
	C	0.51 ± 0.02	278.7 ± 30.0	80.1 ± 15.4	74.5 ± 24.3
	D	0.46 ± 0.05	247.0 ± 26.3	73.2 ± 18.8	71.4 ± 16.1
	Control	0.44 ± 0.03	226.5 ± 41.6	65.6 ± 11.1	63.2 ± 19.2
<i>Pinus thunbergii</i>	A	0.50 ± 0.01	236.5 ± 30.1	74.4 ± 8.4	68.0 ± 16.1
	B	0.49 ± 0.03	245.0 ± 50.9	79.0 ± 12.0	70.4 ± 20.2
	C	0.52 ± 0.05	283.0 ± 45.7	76.6 ± 12.8	82.6 ± 16.4
	D	0.50 ± 0.03	252.9 ± 34.7	70.8 ± 10.5	77.6 ± 11.4
	Control	0.49 ± 0.04	227.0 ± 33.9	66.8 ± 6.8	66.9 ± 15.2

Notes) Hc : hardness in cross section, Hr : hardness in radial section, Ht : hardness in tangential section,
 A : Wood vinegar 50, B : Wood vinegar 100, C : Nematicide, D : Sea water.

향을 미치지 않으므로 침천처리 할 수 있는 입지조건 및 피해목의 조건에 따라서는 침천처리를 실시하면 길이가 긴 소나무재를 다양한 용도로 활용이 가능할 것으로 생각된다.

3.1.2. 목재의 경도

소나무의 횡단면 경도는 목초액 50배액에서 233.1 kgf/cm², 목초액 100배액에서 246.4 kgf/cm², 살선충제에서 278.7 kgf/cm², 바닷물처리에서 247.0 kgf/cm², 대조구에서 226.5 kgf/cm²로 살선충제에서 가장 높았으며, 목초액 50배액에서 가장 낮게 나타났다. 해

송은 목초액 50배액에서 236.5 kgf/cm², 목초액 100배액에서 245.0 kgf/cm², 살선충제에서 283.0 kgf/cm², 바닷물처리에서 252.9 kgf/cm², 대조구에서 227.0 kgf/cm²로 살선충제에서 가장 높았으며, 대조구에서 가장 낮게 나타났다. 방사단면 경도는 소나무의 살선충제에서 80.1 kgf/cm², 해송의 목초액 100배액에서 79.0 kgf/cm²으로 가장 높게 나타났으며, 접선단면 경도는 소나무의 살선충제에서 74.5 kgf/cm², 해송의 살선충제에서 82.6 kgf/cm²으로 가장 높게 나타났다 (Table 2).

밀도는 소나무에서 살선충제 0.51 g/cm³으로 가장

Table 3. Strength properties of fumigated timbers

Species	Period (months)	MOE _d (kgf/cm ²)	MOE (kgf/cm ²)	MOR (kgf/cm ²)
<i>Pinus densiflora</i>	1	104,021 ± 8,195	82,800 ± 8,630	811 ± 83
	3	105,887 ± 10,777	80,580 ± 10,920	845 ± 47
	6	92,208 ± 3,872	81,680 ± 8,070	777 ± 79
	12	97,422 ± 19,918	81,070 ± 18,160	820 ± 127
	24	91,053 ± 14,543	76,450 ± 24,120	834 ± 75
<i>Pinus thunbergii</i>	1	107,964 ± 13,412	79,150 ± 13,270	882 ± 77
	3	98,945 ± 7,560	75,060 ± 9,210	797 ± 79
	6	127,608 ± 8,313	85,520 ± 9,360	864 ± 136
	12	110,816 ± 11,577	83,680 ± 8,270	812 ± 69
	24	98,321 ± 17,407	72,720 ± 15,460	779 ± 67

Notes) MOE_d : dynamic modulus of elasticity, MOR : modulus of rupture, MOE : modulus of elasticity.

높았고, 대조구에서 0.44 g/cm³으로 가장 낮았다. 해송은 살선충제 0.52 g/cm³으로 가장 높았고, 대조구에서 0.49 g/cm³으로 가장 낮았는데, 이것은 윤 등 (2009)이 보고한 소나무재선충병의 침전·훈증처리를 통한 재선충 밀도 및 압축강도성능에 관한 연구에서의 밀도와 유사한 경향을 나타내고 있다(Table 2).

3.2. 훈증처리

3.2.1. 목재의 휨강도 성능

소나무재선충병 피해목의 목재활용을 위하여 훈증처리한 후의 소나무의 휨강도는 휨강도에서 1개월 경과에서는 811 kgf/cm², 3개월 경과에서는 845 kgf/cm², 6개월 경과에서는 777 kgf/cm², 12개월 경과에서는 820 kgf/cm², 24개월 경과에서는 834 kgf/cm²로 3개월 경과에서 가장 높게 나타났으며, 6개월 경과에서 가장 낮게 나타났다. 해송은 1개월 경과에서는 882 kgf/cm², 3개월 경과에서는 797 kgf/cm², 6개월 경과에서는 864 kgf/cm², 12개월 경과에서는 812 kgf/cm², 24개월 경과에서는 779 kgf/cm²로 1개월 경과에서 가장 높게 나타났으며, 24개월 경과에서 가장 낮게 나타났다(Table 3).

휨탄성계수는 소나무에서는 3개월 경과에서 105,887 kgf/cm²으로 가장 높았고, 24개월 경과에서 91,053 kgf/cm²으로 가장 낮게 나타났다. 해송에서는 6개월

경과에서 127,608 kgf/cm²으로 가장 높았고, 24개월 경과에서 98,321 kgf/cm²으로 가장 낮게 나타났다. 시간경과에 따른 차이는 확연하게 나타나지 않았으며, Byeon 등(2004)이 보고한 소나무, 잣나무, 낙엽송 간벌재의 값 약 27,000~80,000 kgf/cm² 보다는 다소 높은 값을 나타내었다.

시간 경과에 따라서 큰 차이는 크게 나타나지 않았는데, 이것은 훈증처리 기간이 다소 경과하여도 목재의 강도에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다. 따라서 훈증처리목의 24개월의 처리기간은 휨성능에는 많은 영향을 미치지 않고, 산림에 방치되어 있는 훈증목은 3개월이 지나면 소나무재선충이 없는 선행 연구 결과(윤 등, 2009) 및 목재 휨성능 분석 결과 산림에 훈증처리된 소나무재는 목재 재료로써의 활용이 가능하며 최대 24개월이 지난 훈증목도 충분히 활용할 수 있다는 것이 확인되었다.

3.2.2. 목재의 경도

소나무의 횡단면 경도는 1개월 경과에서 287.2 kgf/cm², 3개월 경과에서 251.1 kgf/cm², 6개월 경과에서 242.0 kgf/cm², 12개월 경과에서 272.6 kgf/cm², 24개월 경과에서 264.8 kgf/cm²로 1개월 경과에서 가장 높았으며, 6개월 경과에서 가장 낮게 나타났다(Table 4). 해송은 1개월 경과에서 289.0 kgf/cm², 3개월 경과에서 285.6 kgf/cm², 6개월 경과에서 296.8

Table 4. Density and hardness properties of fumigated timbers

Species	Period (months)	Density (g/cm ³)	Hc (kgf/cm ²)	Hr (kgf/cm ²)	Ht (kgf/cm ²)
<i>Pinus densiflora</i>	1	0.48 ± 0.01	287.2 ± 48.5	78.8 ± 13.6	72.2 ± 23.3
	3	0.48 ± 0.01	251.1 ± 13.3	87.2 ± 19.7	87.2 ± 19.0
	6	0.51 ± 0.09	242.0 ± 31.0	82.8 ± 30.2	78.6 ± 22.6
	12	0.50 ± 0.02	272.6 ± 25.3	85.2 ± 7.1	73.6 ± 11.8
	24	0.49 ± 0.01	264.8 ± 17.8	82.5 ± 14.8	80.2 ± 19.2
<i>Pinus thunbergii</i>	1	0.58 ± 0.02	289.0 ± 45.7	94.6 ± 7.5	96.4 ± 13.9
	3	0.53 ± 0.03	285.6 ± 19.7	89.7 ± 20.1	93.9 ± 8.4
	6	0.55 ± 0.03	296.8 ± 25.3	89.3 ± 11.6	91.1 ± 29.9
	12	0.49 ± 0.02	274.7 ± 29.9	89.4 ± 12.9	83.8 ± 5.6
	24	0.53 ± 0.04	292.1 ± 40.3	88.8 ± 16.0	91.9 ± 21.5

Notes) Hc : hardness in cross section, Hr : hardness in radial section, Ht : hardness in tangential section.

kgf/cm², 12개월 경과에서 274.7 kgf/cm², 24개월 경과에서 292.1 kgf/cm²로 6개월 경과에서 가장 높았으며, 12개월 경과에서 가장 낮게 나타났다. 방사단면 경도는 소나무에서 3개월 경과에서 87.2 kgf/cm², 해송에서는 1개월 경과에서 94.6 g/cm³으로 가장 높게 나타났으며, 접선단면 경도는 소나무에서 3개월 87.2 kgf/cm², 해송에서는 1개월에서 96.4 kgf/cm²으로 가장 높게 나타났다. 밀도는 소나무에서 6개월 경과 0.51 g/cm³으로 가장 높았고, 1개월 경과에서 0.48 g/cm³으로 가장 낮았다. 해송은 1개월 경과에서 0.58 g/cm³으로 가장 높았고, 12개월 경과에서 0.49 g/cm³으로 가장 낮았는데, 이것은 윤 등(2009)이 보고한 소나무재선충병의 침전·훈증처리를 통한 재선충 밀도 및 압축강도성능에 관한 연구에서의 밀도와 유사한 경향을 나타내고 있다.

4. 결 론

소나무재선충병 피해지역에서 피해목과 산림에 방치되어 있는 훈증무더기 내의 훈증목의 활용을 위해서는 목재강도성능시험을 통하여 검정할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 피해목을 목초액과 살선충제 및 바닷물의 침전처리와 훈증처리 후 기간에 따른 목재강도를 측정하였다.

침전처리를 통한 휨강도는 소나무가 목초액 100배

액에서 732 kgf/cm², 해송은 살선충제에서 884 kgf/cm²으로 가장 높았다. 횡단면 경도는 소나무가 살선충제에서 278.7 kgf/cm², 해송은 살선충제에서 283.0 kgf/cm²으로 가장 높게 나타났다. 방사단면 경도는 소나무가 살선충제에서 80.1 kgf/cm², 해송이 목초액 100배액에서 79.0 kgf/cm²으로 가장 높게 나타났으며, 접선단면 경도는 소나무에서 살선충제에서 74.5 kgf/cm², 해송에서는 살선충제에서 82.6 kgf/cm²으로 가장 높게 나타났다. 전반적으로 약제 처리 조건에 따른 차이는 크게 나타나지 않았다.

훈증처리를 통한 휨강도는 소나무가 3개월 경과에서는 845 kgf/cm², 해송은 1개월 경과 882 kgf/cm²으로 가장 높았다. 횡단면 경도는 소나무가 1개월 경과에서 287.2 kgf/cm², 해송은 6개월 경과에서 296.8 kgf/cm²으로 가장 높게 나타났다. 방사단면 경도는 소나무에서 3개월 경과에서 87.2 kgf/cm², 해송에서는 1개월 경과에서 94.6 g/cm³으로 가장 높게 나타났으며, 접선단면 경도는 소나무에서 3개월 87.2 kgf/cm², 해송에서는 1개월에서 96.4 kgf/cm²으로 가장 높게 나타났다. 처리 기간에 따른 큰 차이가 나타나지 않았으며, 침전처리보다는 훈증처리목에서 분석 수치가 다소 높게 나타났다.

이번 연구의 결과로 소나무재선충병 피해목의 침전처리 및 산림에 방치되어 있는 훈증처리목의 목재 재료로서의 활용가능성은 검증되었으며 보다 확실한

검증을 위하여 추후 인장강도 등에 대하여 검토 할 필요가 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. 윤석락, 박정환, 박한민, 김종갑, 변희섭. 2009. 소나무 재선충병 피해목의 침전·훈증처리를 통한 재선충밀도 및 압축강도성능에 관한 연구 I. 목재공학회지 37(3): 200~207.
2. 산림과학원. 2008. 한국산 유용수종의 목재성질. 산림과학원 연구신서 제29호: 30~35.
3. 한국산업규격. KS F 2208, KS F 2212 (한국산업규격, 2004).
4. 황원중, 권구중, 이찬용, 김남훈. 2001. 솔잎혹파리 소나무재의 해부 및 물리학적 특성. 강원대학교 산림과학연구 17: 37~46.
5. 홍병화, 변희섭. 1995. 열처리 죽재의 동적점탄성. 목재공학회지 23(4): 67~73.
6. Dwinell L. D. 1990. Heat-treating and drying southern pine lumber infested with pine wood nematodes. Forset products J. 40: 53~56.
7. Han, Z. M., Y. D. Hong, and B. G. Zhao. 2003. A study on pathogenicity of bacteria carried by pine wood nematodes. J. Phytopathol. 151: 683~689.
8. Hyun, M. W., J. H. Kim, D. Y. Suh, S. K. Lee, and S. H. Kim. 2007. Fungi isolated from wood nematode, its vector Japanese pine sawyer, and the nematode infected Japanese black pine wood in Korea. Mycobiol. 35: 159~161.
9. Kinn, D. N. 1986. Heat-treating wood chips a possible to pine wood nematode contamination. Tappi 69: 97~98
10. Nakai T. and Yamai. 1982. Properties of the important Japanese woods- The mechanical properties of 35 important Japanese woods. Bull. For. & For. Prod. Res. Ins. No. 319: 13~46.
11. Yang, B. and Q. Wang. 1989. Distribution of the pine wood nematode in China and susceptibility of some Chinese and exotic pine to the nematode. Can. J. For. Res. 19: 1527~1530.