

소나무재선충병 피해목의 침전·훈증처리를 통한 재선충밀도 및 압축강도성능에 관한 연구 I*¹

윤석락*²·박정환*²·박한민*²·김종갑*²·변희섭*^{2†}

The Nematode Density and Compressive Strength Property of Pine Wilt Disease Damaged Trees by Soaking and Fumigating Treatment I*¹

Seok-Lak Yun*²·Jung-Hwan Park*²·Han-Min Park*²·Jong-Gab Kim*²·
Hee-Seep Byeon*^{2†}

요 약

침전 및 훈증처리한 소나무 재선충병 피해목을 목재 재료로서의 활용가능성을 평가하기 위한 소나무재선충의 밀도 및 종압축강도 시험결과는 다음과 같다. 침전처리 후 소나무와 해송 모두 목초액 및 살선충제 처리의 경우 21일째에, 바닷물 침전의 경우에는 30일째에 재선충의 밀도가 매우 낮아졌다. 재추출된 재선충을 피해가 없는 정상재에 인위적으로 접종한 경우 6개월경과 후까지 감염되지 않았으며, 소나무와 해송의 평균 기건밀도는 각각 0.47 g/cm³, 0.54 g/cm³, 종압축강도는 각각 304 kgf/cm², 363 kgf/cm²이었다. 훈증처리 후의 소나무재선충은 수중에 관계없이 3개월까지는 검출되었으며, 그 이후에 출현하는 재선충은 유사 선충으로 판명되었다. 24개월이 지난 소나무와 해송의 평균 기건밀도는 각각 0.54 g/cm³, 0.52 g/cm³, 종압축강도는 각각 353 kgf/cm², 370 kgf/cm² 이었다. 본 연구의 결과, 피해목의 목재재료로서의 활용성은 일부 검증되었으며 보다 정확한 검증을 위하여 추후 기타 조직, 물리 및 역학적 성능에 대한 검토가 필요할 것으로 생각된다.

*¹ 접수 2008년 9월 9일, 채택 2008년 12월 31일

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

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

ABSTRACT

As an effort to utilize the pine woods damaged by pine wilt disease, this study analyzed the density of pine wood nematode and compressive strength of damaged trees treated through soaking and fumigating. The density of nematode in *Pinus densiflora* and *Pinus thunbergii* woods soaked in wood vinegar and nematicide, and in seawater reduced greatly in 21 days and in 30 days, respectively. When reextracted nematode was injected artificially into healthy trees, infection was not observed after the lapse of six months, and the mean density of *Pinus densiflora* and *Pinus thunbergii* was 0.47 g/cm³ and 0.54 g/cm³, respectively, and their compressive strengths were 304 kgf/cm² and 363 kgf/cm², respectively. As to change in the density of pine wood nematode after fumigating, pine wood nematode was detected until the third month in both species, and those detected afterwards were found to be similar nematodes. After 24 months, the mean densities of *Pinus densiflora* and *Pinus thunbergii* were 0.54 g/cm³ and 0.52 g/cm³, respectively, and their compressive strengths were 353 kgf/cm² and 370 kgf/cm², respectively.

Keywords: Pine wilt disease, *Pinus densiflora*, *Pinus thunbergii*, density, compressive strength, utilization of damaged trees.

1. 서 론

우리나라의 산림수종 중 가장 많은 면적을 점유하는 소나무(*Pinus densiflora*)는 침엽수를 대표하는 주요한 향토수종으로 총 산림면적의 23.5%인 약 150만 ha를 차지하는 중요한 경제수종이다(Shin and Han, 2006). 생태적 적응범위는 매우 넓어 해수면 가까이에서부터 해발 1,300 m까지도 생육이 가능하다. 그러나 해발 500 m 범위 내에 주로 많이 분포하는 것으로 알려져 있다(임업연구원, 1999).

소나무 목재는 연륜폭이 균일하고 재색이 아름다우며 재질이 좋아 우수한 목재자원으로 평가받고 있다. 따라서 소나무 목재는 예로부터 궁궐, 사원, 대저택 등 대형목조 건축물의 구조부재, 토목용재 등으로 이용되어 왔으며, 현재도 고급목조주택 및 건축물의 보수재 등의 재료로 호평 받고 있는 고급수종이다. 또한 소나무는 연료, 식품, 약재, 관재(棺材) 등으로도 널리 사용되며, 소나무림은 송이버섯의 생산지로서 주요한 위치를 차지하고 있다(임업연구원, 1999).

최근 소나무는 소나무재선충병(Pine Wilt Disease)의 발생으로 소나무림이 상당한 피해를 받고 있으며, 가장 심각한 산림재해로 다루어지고 있다(산림과학원, 2006). 소나무재선충(*Bursaphelenchus xylophilus*)은 매개충인 솔수염하늘소(*Monochamus alternatus*)에 의하여 확산되므로 방제하기가 어렵다(Mamiya and Enda, 1972; Yamane, 1975; Togashi, 1985). 우리나라에서는 1988년 부산 금정산 지역에서 최초로 발견되어 부산, 경북, 제주, 강원도 등으로 급속히 확산되고 있으며 발생면적 또한 2006년에 7,871 ha로 2000년 이후 매년 증가하는 추세이다(Shin and Han, 2006). 소나무재선충병은 우리나라 뿐만 아니라 여러 나라에서도 문제가 되고 있다.

우리나라의 소나무재선충에 관한 연구는 주로 소나무재선충 및 솔수염하늘소의 생태(최 등, 1987; 이 등, 1989; 최 등, 1989; 이 등, 1990; 문 등, 1993; 김 등, 2003; 이 등, 2004) 및 항공방제에 관한 연구(우, 2000; 김 등, 2002; 권 등, 2003; 이 등, 2003)가 대부분이다. 하지만 소나무재선충병 피해지역에서의 소나무재선충 감염목이나 훈증무더기의 목재

활용에 관한 연구는 체계적으로 연구되지 못하였다. 따라서 본 연구에서는 산림자원의 활용방안으로써 신규 피해목의 침전실험 및 훈증목 실험후의 피해목을 목재재료로서의 활용 가능성을 검토하고자 소나무재선충의 밀도 측정, 목재의 종압축강도시험을 실시, 분석하여 소나무재선충병 피해목의 활용에 관한 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

소나무재선충병 피해목의 침전처리는 경남 진주시 금산면 용아리 야산에서 2007년 5월부터 10월까지 6개월 동안 조사지에서 신규 감염된 평균 직경 18 ± 2 cm인 소나무와 해송에서 소나무재선충의 감염여부를 확인한 후 1 m 길이로 절단하였다. 그리고 대형수조를 이용하여 참나무 목초액 50배액과 100배액, 살선충제(포스치아데이트 10%, 동부한농화학) 및 바닷물(경남 사천시 실안동 근해에서 채취)로 구분하여 침전처리를 하였고 무처리는 수돗물을 이용하였다. 침전처리목은 침전처리 후 60일까지 소나무재선충 밀도를 측정하였으며, 60일 이후에는 해당 시료목의 종압축강도를 측정하였다.

훈증목은 처리한 후 1개월, 3개월, 6개월, 1년, 2년 경과후의 소나무재선충밀도 및 종압축강도를 분석하였다.

2.2. 소나무재선충 밀도 변화

침전처리는 처리 후 1일, 7일, 14일 등 1주일 간격으로, 훈증처리는 1개월, 3개월, 6개월, 1년, 2년경과 후에 변재부 3개소에서 각각 30 g의 목편을 채취하여 선충을 분리·동정하였고, 소나무재선충의 분리는 Baermann 깔대기법(Ayoub, 1980)을 이용하였다.

2.3. 목재 강도 시험

종압축강도 시험은 소나무재선충이 있는 목질부

에서 채취하였으며, 항온항습실($20^{\circ}\text{C} \pm 1$, $65\% \pm 3$)에 4주 이상 방치 건조시킨 후, 20 mm (T) × 20 mm (R) × 40 mm (L)의 크기로 가공하여, 다시 항온항습실에서 1주일 이상 조습시켜 사용하였다. 각 조건당 시험편은 10개로 하였고, 기건밀도를 측정하였다.

종압축강도 시험은 KSF 2206에 따라 유압식 만능강도시험기(Instron UTM, model 8872)를 사용하여 0.25 mm/min의 하중속도(cross head speed)로 종압축강도(σ_c) 및 종압축탄성계수(E_c)를 측정하였다.

$$\sigma_c (\text{종압축강도}) = P/A$$

P : 최대하중, A : 단면적

$$E_c (\text{종압축영률}) = (\Delta P \times \ell) / (\Delta \ell \times A)$$

ΔP : 비례 한도 내에서 상한 하중과 하한 하중의 차이

ℓ : 표점거리

$\Delta \ell$: ΔP 에 대한 압축변형

A : 단면적

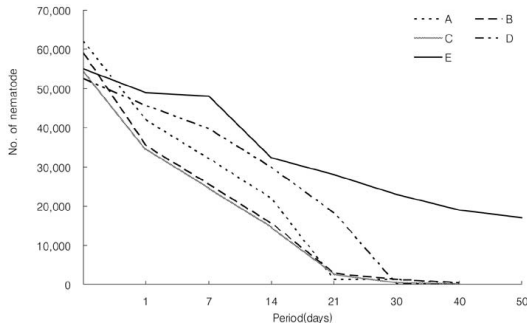
3. 결과 및 고찰

3.1. 침전처리

3.1.1. 소나무재선충의 밀도변화

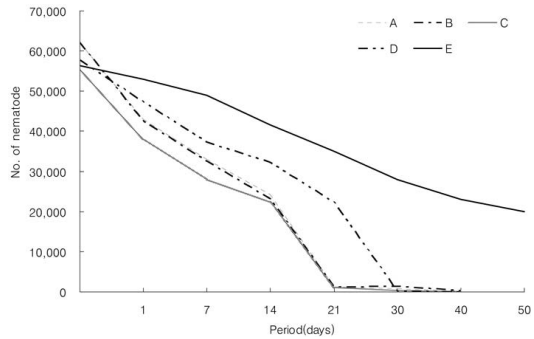
침전처리를 실시한 후의 소나무재선충의 밀도변화는 소나무(Fig. 1)보다는 해송(Fig. 2)에서 소나무재선충의 생존기간이 조금 길었지만, 큰 차이는 없었으며, 소나무 및 해송 모두 유사한 경향이 나타났다($P > 0.05$).

목초액 50배액과 목초액 100배액 그리고 살선충제 처리에서는 지속적으로 감소하다가 21일부터 밀도가 급격히 감소하였다. 바닷물 침전처리에서는 계속적인 감소 경향을 보이다가 30일부터 급격히 감소하는 경향을 나타내었다. 따라서 목초액과 살선충제는 21일부터는 재선충이 사멸하였으며, 바닷물은 30일 정도의 기간에서 재선충이 사멸하는 것으로 나타났다. 반면 대조구는 감소 경향은 나타나지만 목초액, 살선충제, 바닷물처럼 급격한 변화는 없이 감



Notes : A : wood vinegar 50X, B : wood vinegar 100X, C : Nematicide, D : Seawater, E : Control

Fig. 1. Change of pine wood nematode density in soaked timbers of *Pinus densiflora*.



Notes ; The same as Fig. 1.

Fig. 2. Change of pine wood nematode in soaked timbers of *Pinus thunbergii*.

Table 1. Physical and strength properties of soaked timbers

Species	Treatment	α_c (kgf/cm ²)	Annual ring width (mm)	E_c (kgf/cm ²)
<i>Pinus densiflora</i>	A	286 ± 28	29 ± 0.4	38,940 ± 1,978
	B	323 ± 14	29 ± 0.5	35,400 ± 1,923
	C	309 ± 14	36 ± 0.4	34,807 ± 3,179
	D	311 ± 31	19 ± 0.1	42,002 ± 2,853
	E	288 ± 10	3.4 ± 0.2	33,814 ± 4,687
<i>Pinus thunbergii</i>	A	335 ± 21	3.4 ± 0.6	34,074 ± 3,479
	B	368 ± 13	2.7 ± 0.9	33,209 ± 4,778
	C	360 ± 29	2.9 ± 0.9	42,325 ± 2,284
	D	361 ± 39	3.0 ± 0.6	35,690 ± 2,060
	E	390 ± 55	2.6 ± 0.6	34,679 ± 3,520

Notes, E_c : compressive modulus of elasticity, α_c : compressive strength, A : wood vinegar 50X, B : wood vinegar 100X, C : Nematicide, D : Seawater, E : Control

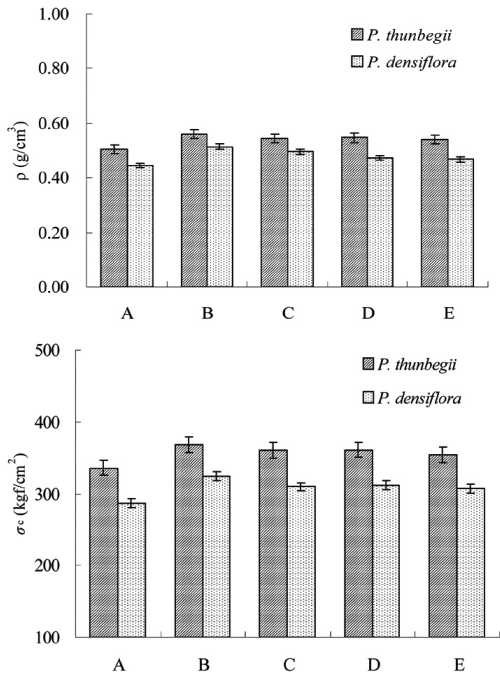
소하며, 50일이 경과하여도 생존하였으며 60일경에 급격히 감소하였다.

침전처리를 통하여 소나무재선충은 30~40일 가량이면 충분히 제거가 가능하다는 것이 본 연구에서 확인되어 목재로서의 활용가치가 있다고 사료된다. 감염성을 확인하기 위하여 침전처리목에서 21일 경과 후에 추출한 재선충을 인공접종을 실시한 결과에서는 병원성이 나타나지 않았다.

3.1.2. 목재의 강도 성능

소나무재선충병 감염목의 목재활용을 위하여 침

전처리한 후의 목재강도는 소나무에 비하여 해송의 종압축강도가 높게 나타났다($P < 0.01$). 목초액 처리 소나무재의 종압축강도는 50배액에서 286 kgf/cm², 100배액에서 323 kgf/cm²였고, 살선충제에서 309 kgf/cm², 바닷물처리에서 311 kgf/cm², 무처리에서 288 kgf/cm²로 목초액 100배액에서 가장 높았고, 무처리구에서 가장 낮았다. 해송은 목초액 50 배액에서 335 kgf/cm², 목초액 100배액에서 368 kgf/cm², 살선충제에서 360 kgf/cm², 바닷물처리에서 361 kgf/cm², 무처리에서 390 kgf/cm²로 무처리에서 가장 높았고, 목초액 50배액에서 가장 낮았다



Notes: A : wood vinegar 50X, B : wood vinegar 100X, C : Nematicide, D : Seawater, E : Control

Fig. 3. Change of density (ρ) and compressive strength (σ_c) to soaked period of timbers.

(Fig. 3 and Table 1). 기건밀도는 소나무 평균 0.48 g/cm^3 , 해송 평균 0.54 g/cm^3 이었다(Table 1).

침전처리에서 목재의 중압축탄성계수와 압축강도 사이에 높은 상관관계를 나타내었다(Fig. 4).

따라서 침전처리가 중압축강도 성능에는 거의 영향을 미치지 않아 다양한 용도로 활용이 가능하며, 처리 후 1개월 이상이 경과하면 소나무재선충병의 침전목은 목재로서의 활용이 가능하다고 사료된다.

3.2. 훈증처리

3.2.1. 소나무재선충의 밀도 변화

훈증처리목의 소나무재선충 밀도변화는 소나무와 해송의 수종간 유의성 차이는 나타나지 않았으며($P > 0.05$), 소나무는 1개월에는 30 g당 1만 마리 이상,

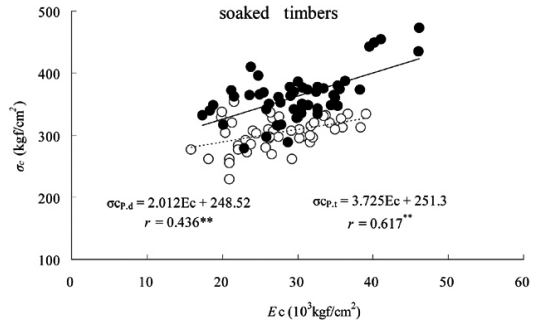


Fig. 4. Relation between compressive modulus of elasticity (E_c) and compressive strength (σ_c) of soaked timbers. $\sigma_{cP,d}$ (—): *Pinus densiflora* (●), $\sigma_{cP,t}$ (- - -): *Pinus thunbergii* (○).

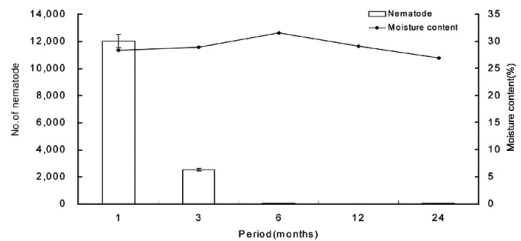


Fig. 5. Number of pine wood nematode in fumigated timber of *Pinus densiflora*.

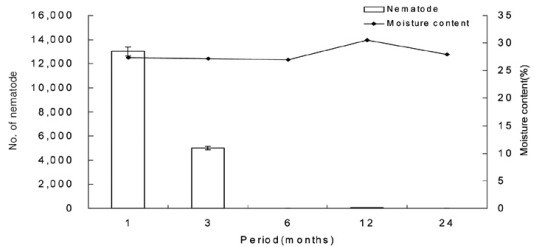


Fig. 6. Number of pine wood nematode in fumigated timber of *Pinus thunbergii*.

3개월에서는 2천 마리 이상이 나타났으며, 처리 후 3개월이 지나면 나타나지 않았으며, 6개월 및 24개월경과 후의 훈증목에서 유사재선충이 발견은 되었으나, 병원성이 없으므로 문제가 되지 않을 것으로 생각된다. 훈증목의 수분함수율은 훈증처리 후 시간

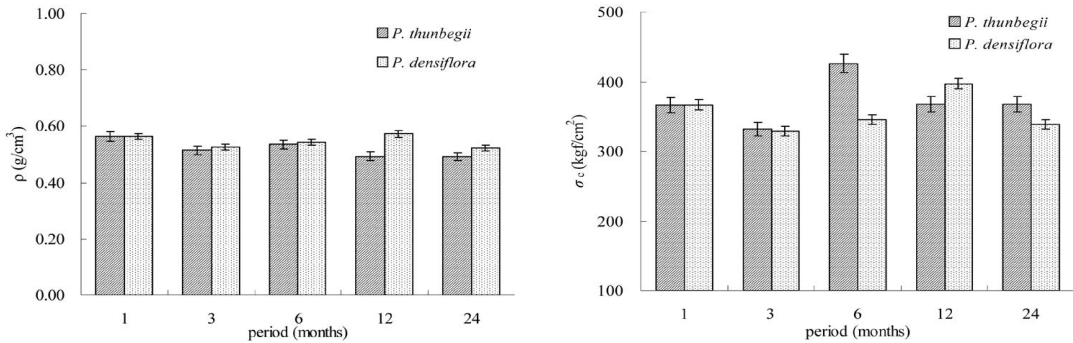


Fig. 7. Density (ρ) and compressive strength (σ_c) to the period of fumigated timbers

Table 2. Physical and strength properties of fumigated timbers

Species	Period (months)	σ_c (kgf/cm ²)	Annual ring width (mm)	E_c (kgf/cm ²)
<i>Pinus densiflora</i>	1	366 ± 29	24 ± 0.4	26,747 ± 5,477
	3	329 ± 21	26 ± 0.5	28,425 ± 6,606
	6	345 ± 27	20 ± 0.3	27,646 ± 4,119
	12	377 ± 23	18 ± 0.4	30,466 ± 5,694
	24	338 ± 23	23 ± 0.4	24,328 ± 4,337
<i>Pinus thunbergii</i>	1	369 ± 27	23 ± 0.3	29,902 ± 2,379
	3	331 ± 22	23 ± 0.4	30,059 ± 6,334
	6	426 ± 12	22 ± 0.1	28,308 ± 4,171
	12	367 ± 15	20 ± 0.1	31,074 ± 6,895
	24	356 ± 19	23 ± 0.6	30,991 ± 10,328

Notes; E_c : compressive modulus of elasticity, σ_c : compressive strength

의 경과에 따라 25~30%로 큰 차이가 나타나지 않았다(Fig. 5). 해송의 재선충은 1개월에는 30 g 당 1만 마리 이상, 3개월에서는 4천 마리 이상이 나타났으며, 처리 후 3개월이 지나면 나타나지 않았으며, 12개월 경과 후의 훈증목에서 유사재선충은 발견되었으나, 소나무와 마찬가지로 병원성이 없으므로 문제는 되지 않을 것으로 생각된다. 훈증목의 수분함수율도 훈증처리 후 시간의 경과에 따라 25~32%로 큰 차이가 나타나지 않았다(Fig. 6).

산림에 방치되어 있는 훈증목은 경제성을 고려한 적지를 선정하여 3개월이 지난 후부터 최대 6개월 이내에 활용하는 것이 효율적인 산림자원의 이용 방안이라고 할 수 있다.

3.2.2. 목재의 강도 성능

소나무의 종압축강도는 훈증기간에 따라 1개월경과 366 kgf/cm², 3개월경과 329 kgf/cm², 6개월경과는 345 kgf/cm², 12개월경과 377 kgf/cm², 24개월경과 338 kgf/cm²로 12개월 경과에서 가장 높았고, 3개월 경과에서 가장 낮았다. 해송은 1개월경과 369 kgf/cm², 3개월경과 331 kgf/cm², 6개월경과 426 kgf/cm², 12개월경과 367 kgf/cm², 24개월경과 356 kgf/cm²로 6개월 경과에서 가장 높았으며, 3개월 경과에서 가장 낮았다(Fig. 7 and Table 2). 기건밀도는 각각 평균 0.54 g/cm³와 0.52 g/cm³이었다(Fig. 7).

해송은 소나무에 비하여 압축강도가 높게 나타났으며, 시간 경과에 따른 차이는 크게 나타나지 않았

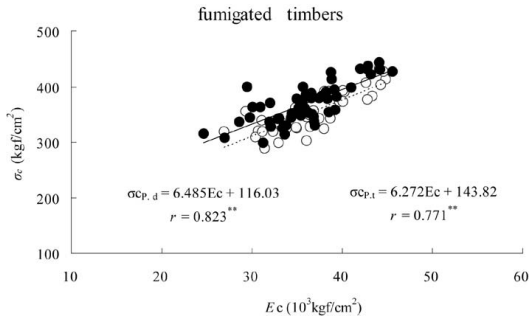


Fig. 8. Relation between compressive modulus of elasticity (E_b) and compressive strength (σ_c) of fumigated timbers. $\sigma_{cp,d}$ (—): *Pinus densiflora* (●), $\sigma_{cp,t}$ (-----): *Pinus thunbergii* (○).

고($P > 0.05$), 임업연구원(1994)이 보고한 우리나라 소나무의 정상재 밀도 0.44 g/cm^3 , 종압축강도 430 kgf/cm^2 와 Nakai와 Yamai (1982)이 조사한 392 kgf/cm^2 와 비슷한 값을 나타냈으나, 오(1997)이 조사한 심재 569 kgf/cm^2 , 변재 580 kgf/cm^2 보다는 낮은 종압축강도를 나타내었다. 황 등(2001)은 솔잎혹파리 피해 소나무재의 해부 및 물리학적 특성에서 건전목은 변재 450 kgf/cm^2 , 심재 379 kgf/cm^2 , 피해목은 변재 196 kgf/cm^2 , 심재 249 kgf/cm^2 로서 건전목에 비하여 피해목의 압축강도가 훨씬 낮다고 보고하였는데 이와 비교하면 소나무재선충병 피해목은 솔잎혹파리 피해목보다 목재강도가 높게 나타났다. 훈증처리에서 목재의 종압축영률과 압축강도사이에는 높은 상관관계를 나타내었다(Fig. 8).

따라서 훈증처리목의 압축강도 성능에는 거의 영향을 미치지 않아 다양한 용도로 활용이 가능하며, 소나무재선충의 밀도 및 목재 강도 분석의 결과 산림에 방치되어 있는 훈증목은 3개월이 지나면 소나무재선충이 없으므로 목재 재료로서의 활용이 가능하며 최대 2년이 지난 훈증목도 충분히 활용할 수 있다는 것이 확인되었다.

4. 결 론

소나무재선충병 피해지역에서 감염목과 산림에

방치되어 있는 훈증무더기 내의 훈증목의 활용을 위해서는 소나무재선충이 검출되지 않아야 하며 또한 목재강도성능시험을 통하여 검증되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 감염목을 목초액과 살선충제 및 바닷물을 이용하는 침전처리와 훈증을 이용하는 훈증처리 후 기간에 따른 재선충의 밀도변화와 목재강도를 측정하였다.

침전처리 후 소나무와 해송 모두 목초액 및 살선충제 처리의 경우 21일째에, 바닷물 침전의 경우에는 30일째에 재선충의 밀도가 매우 낮아졌다. 재추출된 재선충을 피해가 없는 정상재에 인위적으로 접종한 경우 6개월 경과 후까지 감염되지 않았으며, 소나무와 해송의 평균 기건밀도는 각각 0.47 g/cm^3 , 0.54 g/cm^3 , 종압축강도는 각각 304 kgf/cm^2 , 363 kgf/cm^2 이었다.

훈증처리 후의 소나무재선충은 수종에 관계없이 3개월까지는 검출되었으며, 그 이후에 출현하는 재선충은 유사 선충으로 판명되었다. 24개월이 지난 소나무와 해송의 평균 기건밀도는 각각 0.54 g/cm^3 , 0.52 g/cm^3 , 종압축강도는 각각 353 kgf/cm^2 , 370 kgf/cm^2 이었다. 본 연구의 결과로 피해목의 목재재료로서의 활용가능성은 일부 검증되었으며 보다 확실한 검증을 위하여 추후 횡압축강도, 휨강도, 인장강도 등에 대하여 검토하면 소나무재선충병 피해목의 활용이 가능할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. 권태성, 박영숙, 권영환, 송미영, 신상철, 박지두. 2003. 항공약제살포가 소나무림 절족동물군집에 미치는 영향. 한국임학회지. 92(6): 608~617.
2. 김동수, 이상명, 정영진, 최광식, 문일성, 박정규. 2003. 소나무재선충의 매개충인 솔수염하늘소 성충의 우화 상태. 한국응용곤충학회지. 42(4): 307~313.
3. 김찬섭 · 신상철. 2002. 소나무재선충 피해림 항공방제의 생태계 영향(II) -메프유제의 산림환경의 행적. 임업정보. 126: 54~56.
4. 문일성, 이상명, 이창근, 김교수. 1993. 소나무재선충 (*Bursaphelenchus xylophilus*)의 병원성 및 방제효과. 임업정보. 47: 140~152.
5. 산림과학원, 2006, 소나무재선충병의 국제 연구 동향. pp. 1~13.

6. 오승원. 1997. 소나무의 해부학적 특성과 종압축강도와 의 관계. 목재공학회지. 25(2): 27~32.
7. 우용태. 2000. 소나무재선충병과 농약 항공살포의 시 비. 소나무재선충 매개충 살충 목적의 항공약제 살포 (공정회 자료). 한국수목보호연구회(주최), 산림청(주 관). p. 9~13.
8. 이상명, 추호렬, 박남창, 문일성, 김준범. 1990. 고사목 에서 분리된 선충과 곤충의 종류 및 솔수염하늘소 부 위별 소나무재선충 밀도조사. 한국응용곤충학회지. 29(1): 4~19.
9. 이상명, 정영진, 정영진, 이상길, 이동운, 추호렬, 박정 규. 2003. 솔수염하늘소(*Monochamus alternatus*) 에 대한 수종 살충제의 살충효과. 한국임학회지. 92(4): 305~312.
10. 이상명, 정영진, 김동수, 최광식, 김영걸, 박정규. 2004. 솔수염하늘소(*Monochamus alternatus*) 성충의 형태 측정과 암수 구분. 한국응용곤충학회지. 43(1): 85~89.
11. 이영득, 김찬섭, 권태성. 2003. 소나무 재선충 피해림 항 공방제의 생태계 영향(9) -항공살포농약 '메프유제'의 산림환경 중 행적(2차년도). 임업정보. 141: 9~42.
12. 이창근, 변병호, 박지두, 양성일, 장경한. 1989. 우리나라 에서 발생한 소나무재선충과 매개충. 임업정보. 38: 141 ~149.
13. 임업연구원. 1994. 한국산 주요목재의 성질과 용도. 임 업연구원 연구자료. 제95호: 120~141.
14. 임업연구원. 1999. 소나무 소나무림. 삼우인쇄사. p. 63.
15. 최영식, 최영연. 1987. 한국에 있어서 포식성선충(*Mononcus*)의 분류형태학적 연구. 한국식물보호학회지. 26: 209~219.
16. 최영연, 문일성. 1989. 한국에 있어서 소나무재선충 (*Bursaphelenchus zyllophilus*)의 분포와 병원성. 한 국식물보호학회지. 5: 227~286.
17. 황원중, 권구중, 이찬용, 김남훈. 2001. 솔잎혹파리 소나 무재의 해부 및 물리학적 특성. 강원대학교 산림과학 연구 17: 37~46.
18. Ayoub, S. M. 1980. Plant nematology, an agricul tural training aid. NemAid Pub. California. p. 195
19. Mamiya Y. and Enda. 1972. Transmission of *Bur saphelenchus lignicolus* (Nematoda: Aphelenchoi didae) by *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cera mbycidae). Nematological. 18: 159~162.
20. Nakai T. and Yamai. 1982. Properties of the impo rtant Japanese woods The mechanical proper ties of 35 important Japanese woods. Bull. For. & For. Prod. Res. Ins. No. 319: 13~46.
21. Shin, S. C. and H. R. Han. 2006. Current status on research and management of pine wilt disease in Korea, International Symposium of Current Status on Research & Management of Pine Wilt Disease. Korea For. Res. Ins. pp. 31~44.
22. Togashi, K. 1984. Transmission curves of *Bur saphelenchus zyllophilus* (Nematoda: Aphelen choi didae) from its vector, *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae), to pine trees with reference to population performance. Appl. Ent. Zool. 20: 246~251.
23. Yamane, A. 1975. Dispersal of the Japanese pine sawer and its role in the spread and invasion of the pine wood nematode. Proc of 2nd IUFRO Conf. on Dispersal of forest insects. Evaluation, theor and maynagement implications. Canusa. pp. 153~163.