

P-6

소나무 솔방울의 수종별 연소특성에 관한 연구

오진열 · 박영주* · 이시영** · 이해평*

강원대학교 산업과학대학원 강원대학교 소방방재학부* 강원대학교
방재전문대학원**

A Study on the Combustion Characteristics for Pine Cones by Species

Oh, Jin Youl · Park, Young Ju* · Lee, Si-Young** · Lee, Hae Pyeong*

Graduate School of Industry & Science, Kangwon National University

Division of Fire & Disaster Prevention, Kangwon National University

Professional Graduate School of Disaster Prevention, Kangwon National University

요 약

본 연구에서는 산불발생 시 산림 내 연료들의 화재위험성을 분석하고자 산불에 취약한 소나무류(적송, 해송, 리기다소나무)의 솔방울을 대상으로 착화특성과 발연특성을 고찰하였다. 연료는 대형 산불이 빈번하게 발생하는 강원도 동해안 지역에서 채취하였다. 적송과 해송의 솔방울은 26%와 27%로서 함수율 차이가 크지 않았으며, 발화온도는 380℃ 정도인 것으로 나타났다. 반면, 리기다소나무의 솔방울은 33%의 수분을 함유하였으며, 발화온도는 352℃ 정도인 것으로 나타났다. 또한, 적송 솔방울의 최대연기밀도는 924Ds로서 해송의 599Ds와 리기다소나무의 605Ds 보다 상대적으로 높았으며, 690s~732s 시간영역에서 최대값을 보이는 것으로 나타났다.

핵심용어 : 소나무, 솔방울, 함수율, 착화특성, 발연특성

1. 서 론

우리나라는 산림상태로 보아 불에 잘 타는 침엽수림이 전체 산림의 42% 정도를 차지하고 있으며, 임령 분포가 유령림에서 장령림으로 전환되는 단계에 있고, 임내에는 잠관목이 많아 산불이 발생하거나 대형 산불로 확산되는데 취약한 산림구조를 가지고 있기 때문에¹⁾ 최근 산불의 발생건수가 빈번해지고 대형화 되고 있다. 우리나라 산불은 대부분 봄철 산

불 조심기간인 2월 15일부터 5월 15일 사이에 많이 발생하고 있는데 이는 고온 건조한 바람이 산림연료를 건조하게 하여 작은 불씨에도 대형화되는 것으로 알려져 있다. 산림연료의 건조 상태를 나타내는 함수량은 산불의 발생 및 강도 그리고 확산속도에 영향을 미치게 되는 중요한 인자로서 건조할수록 산불 발생률이 높게 나타난다²⁾. 일반적으로 소형 산불이 지표화로 확산되는데 반하여 대형 산불은 수관화와 비화를 통하여 확산되며, 화두에서의 강한 산불강도와 빠른 확산속도를 보여준다. 특히 대형 산불은 새로운 발화원이 될 수 있는 불똥(fire brands)이 많이 생성되고 비산됨으로써 확산속도 증가와 큰 피해의 원인이 되고 있다³⁾. 따라서 최근 관련 연구들이 많이 진행 중이지만 산불확산에 영향을 미치는 산림 내 가연물에 대한 연소특성 관련 연구들은 국내뿐만 아니라 해외에서도 아직까지는 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 우리나라의 대표수종인 소나무 솔방울의 수종별 연소특성을 비교함으로써 솔방울에 의한 비화 및 잔불확산의 위험성을 예측하는데 필요한 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

2. 연구내용 및 방법

2.1 연료 선정

실험에 사용된 연료들은 대형 산불이 빈번하게 발생하는 동해안 지역을 대상으로 산불에 가장 취약한 소나무류 가운데 대표수종인 적송, 해송, 리기다소나무를 선정하여 각각의 솔방울을 채취하여 사용하였다. 시료의 채취는 맑은 날이 3일 이상 지속된 다음날 채취하였으며, 시료의 형태는 실제 산불발생 시 연료의 형태와 동일한 조건을 적용하기 위하여 원형 상태로 사용하였다.

2.2 함수율 측정

연료의 함수율 측정은 ASTM D2016(American Society for Testing and Material)의 식 (1)에 따라 산출하였다⁴⁾. 함수율 측정방법으로는 재료 200g 정도를 취하여 103±2℃의 온도로 일정하게 유지하도록 설정된 건조기 내에서 24시간 이상 항량이 될 때까지 건조시킨 후, 중량을 측정하여 함수율을 산출하였다. 함수율 측정은 3회 측정하였으며, 결과값은 평균값으로 결정하였다.

$$MC(\%) = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100(\%) \quad (1)$$

여기서, MC(moisture content)는 함수율[%], W는 건조 전 시료의 중량[g], W₀은 완전 건조시킨 시료의 중량을 나타낸다.

2.3 착화특성 분석

착화특성 분석을 위하여 발화온도(무염착화온도)를 측정하였으며, 발화온도 측정은 일본 Kuramochi사의 모델명 KRS-RG-9000의 발화온도시험기를 사용하였다.

2.4 발연특성 분석

발연특성을 고찰하기 위하여 연기밀도를 분석하였으며, 측정장비는 연기밀도시험기 (Smoke Density Chamber)를 이용하였는데 non-flaming 방식의 수평시험을 적용하여²⁾ 최대연기밀도와 연기밀도시간을 측정하였다. 실험조건은 Table 1에 제시하였다.

Table 1. Experimental conditions of smoke density chamber

Items	Smoke density chamber
Size(mm)	75×75
Weight(g)	20
Heat flux(kW/m ²)	25
Test time(s)	1,200
Material condition	raw

3. 결과 및 고찰

3.1 함수율특성

Fig. 1에는 적송, 해송, 리기다소나무 솔방울의 함수율 측정값을 나타내었다. 함수율을 측정한 결과, 각 시료는 26%~33%의 함수율을 지닌 것으로 나타났으며, 적송과 해송은 26%, 27%로 비슷한 함수율을 나타내고 있으나, 리기다소나무가 33%로 가장 높은 함수율을 나타냈다.

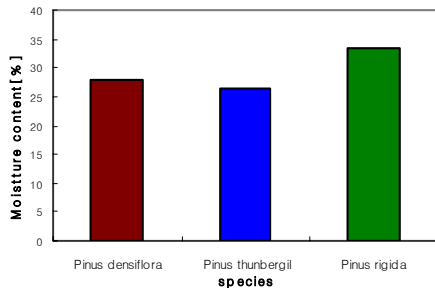


Fig. 1. Percentages of moisture contents for pine cones by species.

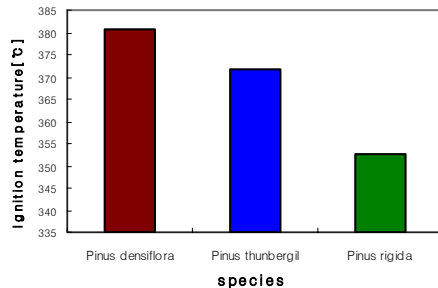


Fig. 2. Ignition temperature for pine cones by species.

3.2 착화특성

Fig. 2에는 적송, 해송, 리기다소나무 솔방울의 발화온도 측정값을 나타내었다. 발화온도를 살펴보면, 352°C~381°C 온도 구간에서 차이를 나타냈으며, 적송과 해송이 372°C와 381°C로 비슷한 온도에서 발화가 일어난데 반하여 리기다소나무는 352°C의 상대적으로 낮은 온도에서 발화가 일어나는 것으로 나타났다. 여기서, 발화온도는 무염착화온도를 의미하며, 적송과 해송에 비해 리기다소나무의 발화온도가 낮다는 것은 산불발생 시 리기다소나무의 솔방울은 적송과 해송에 비해 상대적으로 발화위험성이 큰 것을 의미한다.

3.4 발연특성

Fig. 3에는 적송, 해송, 리기다소나무 솔방울의 최대연기밀도와 연기밀도시간의 결과를 나타내었다. 최대연기밀도는 599Ds~924Ds 범위 내에서 수종별로 차이를 보였다. 수종별 최대연기밀도와 연기밀도시간을 살펴보면, 해송과 리기다소나무는 각각 691s에 599Ds, 691s에 605Ds로 비슷한 결과값을 나타냈지만, 적송은 732s에 924Ds로 가장 높은 값을 나타냈다. 이와 같은 결과는 상대적으로 적송의 솔방울이 다른 수종의 솔방울에 비해 비슷한 시간에 많은 연기가 발생하는 것을 의미한다.

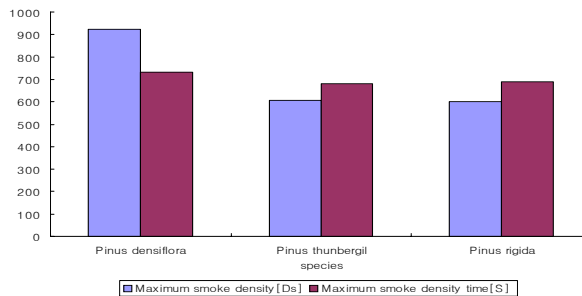


Fig. 3. Maximum smoke density of pine cones by species.

감사의 글

본 연구는 산림청 ‘산림과학기술개발사업(과제번호 S210809L010130)’의 지원에 의하여 수행되었습니다.

참고문헌

- 1) 이해평, 이시영, 박영주(2009). “산불적지에서 숲 가꾸기 실행 유무와 산불위험성 비교 분석”, 한국화재소방학회, 23(4), pp. 32-39.
- 2) 정연하, 이시영, 염육철, 여운홍(1989). “산화위험을 예측에 관한 연구”, 임업연구원 연구보고 38, pp. 117-123.
- 3) 이병두, 정주상, 이시영, 김동현, 배택훈(2004). “2004년 속초산불에서 발생한 불뚱의 형태학적 특징 및 비산거리 분석”, 한국임학회 학술발표 논문집.
- 4) ISO 5660-1(2002). “Reaction to Fire Part 1, Rate of Heat Release from building products(Cone Calorimeter)”, Generer.