

P-12

소나무와 떡갈나무의 주요 부위별 착화특성에 관한 연구 The Ignition Characteristics of Tree Branches, Barks, Living Leaves and Dead Leaves in Pinus Densiflora and Quercus Dentata

박영주* · 이시영* · 신영주* · 김수영* · 김영탁** · 이해평***
Young-Ju Park* · Si-Young Lee* · Young-Ju Sin* · Su-Young Kim* · Young-Tak Kim** · Hae-Pyeong Lee***

Abstract

In this study, we have carried out test to examine the ignition characteristics, such as a relation of moisture content and combustibility, and ignition temperature using KRS-RG-9000 tester, of significant part of above trees which are representative species of Young Dong Province of Korea.

After rainfall, the percentage of moisture content of living leaves and branches was between 52 and 70%. But it was just between 17 and 33% after 144 hours drying at normal temperature. For dead leaves, it was 10% lower than of first. There was a significant difference on ignition characteristics. The hazard of ignition is highest on dead leaves. The ignition temperature of barks and branches is higher so a retard time is long than of living and dead leaves at normal temperature.

Keywords : Pinus densiflora, Quercus dentata, Moisture content, Ignition temperature

본 연구에서는 영동지역의 임상별 대표 수종인 소나무와 떡갈나무를 대상으로 주요 부위별 함수율 측정 및 건조속도와 가연성과의 관계, KRS-RG-9000의 발화온도 시험기를 사용하여 착화특성을 고찰하였다. 강우 후의 함수율은 대체로 생엽과 가지부위가 52~70% 정도로 높았으며 상온에서 144 시간 경과 시 17~33% 정도로 건조되었으며 낙엽은 함수율이 10% 정도 건조되었다. 착화특성은 부위별로 많은 차이가 있었으며 착화 위험성 순서로는 낙엽>생엽>수피>가지 순서로 나타나 수피와 가지 부위가 발화온도가 높게 나타남에 따라 저온에서 착화가 지연되는 시간이 낙엽과 생엽보다 길게 나타남을 알 수 있었다.

1. 서 론

우리나라는 전 국토의 65%가 산지이며, 이중 97%가 임목지이다. 불에 잘 타는 침엽수 임상이 45%로 가장 많고 잡목이 우거져 있으며 가연성 낙엽이 많이 쌓여있기 때문에 일단 산불이 발생하면 수평적으로나 수직적으로나 빠르게 확산된다.¹⁾ 이러한 임상분포와 가연성 낙엽으로 인하여 산불발생은 1993년 이후 산불발생 건수가 계속 증가하고 있으며 그 규모도 점차 대형화되고 있다. 최근 2000년 4월 7일의 동해안 산불피해는 산림 피해면적이 23,448 ha, 피해임목 제적 1,320천 m³로서 우리나라 역사상 최대의 산불로 기록되고 있다.²⁾ 이러한 산불은 산소가 결핍되어 장해가 발생하는 실내화재와는 달리 충분한 산소공급에 따라 연료와 산화제의 혼합에 따른 강한 확산메커니즘을 가지고 있었다. 산불이 발생했을 때 효율적으로 산불을 진화하고 산불로부터 주민의 안전을 위해서는 산불의 확산에 영향을 주는 인자들로 부터 확산방향 예측과 확산속도를 예

* 학생회원 · 강원대학교 방재기술전문대학원 · 박사과정 · E-mail : yjpolymer@kangwon.ac.kr
정회원 · 강원대학교 방재기술전문대학원 · 조교수
학생회원 · 강원대학교 방재기술전문대학원 · 박사과정
학생회원 · 강원대학교 방재기술전문대학원 · 석사과정
** 학생회원 · 강원대학교 산업대학원 · 석사과정
*** 정회원 · 강원대학교 소방방재학부 · 조교수

측하는 것이 중요하며 초기 산불인 지표화의 행동예측 분석이 기초적으로 요구된다.³⁾ 지표연료는 연료의 크기나 연료의 밀도, 연료의 배열, 연료의 상태 등과 같은 요소에 따라 산불확산에 직접적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.

따라서 본 연구에서는 강원도 영동지역을 중심으로 과거 1996년에 건국 이후 최대의 산불이라고 했던 고성산불과 1993년 이미 한차례의 불세례를 받은 삼척의 2000년 산불은 경상북도 울진군까지 뻗치는 등의 삼척시 대규모 산불⁴⁾에 따른 산림파괴가 빈번하게 발생함에 따라 영동지역 삼척시의 임상을 파악하여, 임상별 대표 수종들 가운데 하나인 소나무와 떡갈나무를 선정하고 각각 주요 부위별로 시료를 채취하여 연료의 함수율과 가연성과의 관계, 발화온도와 착화지연 시간 특성을 고찰하고자 하며 본 연구에서 제시하는 착화특성은 지표화 피해를 최소화시킬 수 있는 위험 기준의 기초 자료로 충분히 활용 될 수 있을 것으로 사료된다.

2. 실험

2.1 실험재료

본 연구에서는 침엽수인 소나무와 활엽수인 떡갈나무를 대상으로 생엽, 낙엽, 가지 및 수피 부위를 동일 장소에서 채취하여 원형 그대로를 실험에 사용하였으며 Table 1에 함수율을 측정하여 나타내었다.

Table 1. Percentages of Moisture Content for Pinus Densiflora and Quercus Dentata

부 위 \ 함수율(%)	소나무	떡갈나무
생엽	60.19	62.70
낙엽	32.07	17.93
가지	53.52	29.52
수피	22.81	19.94

2.2 실험방법

연료의 함수율과 가연성과의 관계를 분석하기 위하여 함수율 측정 후 대기노출로부터 상온에서 144시간 동안 함수율 변화를 측정하였으며 착화성 분석을 위하여 일본 구라모찌사 KRS-RG-9000의 Group식 발화점 시험기를 사용하여 자연발화온도 측정 후 자연발화온도 보다 낮은 온도 범위에서 착화지연시간을 측정하였다. 이에 대한 실험조건은 Table 2와 Table 3에 나타내었다.

Table 2. Experimental Conditions of Moisture Content Analysis

구성요소 \ 실험조건	항 목
사용모델	OF-12GW
중량	200 g
재료형태	원형사용
분위기/온도	대기압/상온
시간(hr)	144

Table 3. Experimental Conditions of Ignition Temperature Analysis

구성요소 \ 실험조건	항 목
사용모델	KRS-RG-9000
측정방법	Group식
중량	20 mg
시험재료	원형사용

3. 결과 및 고찰

3.1 함수율 및 가연성 분석

Table 4는 소나무와 떡갈나무의 부위별 강우 후 함수율 변화를 측정하여 나타내었다. 낙엽은 강우 후 144시간 경과되면서 함수량이 급격히 저하되어 함수율이 10% 이하의 가연성 물질이 발생할 수 있을 정도로 건조되었다. 따라서 임내가연물은 상온에서 144시간 노출되는 동안 인화성 연료로 환원될 수 있을 것으로 사료되며 임내퇴적물의 함수량과 산불가능성과의 관계는 Table 5에 제시한 바와 같이 건조 함수록 연소되기 쉬워짐을 알 수 있다.

Table 4. Percentages of Moisture Content for Drying Time of Pinus Densiflora and Quercus Dentata

수 종		함수율(%)	강우 후	144시간 후
낙엽	소나무		41.67	6.94
	떡갈나무		40.68	10.50
생엽	소나무		70.00	17.94
	떡갈나무		54.10	20.84
수피	소나무		28.21	15.44
	떡갈나무		39.44	20.00
가지	소나무		54.74	30.36
	떡갈나무		52.94	32.74

Table 5. Relation of Moisture Content and Combustibility of Forest Sediment⁵⁾

함수량(%)	가연성	함수량(%)	가연성
26<	없음	11~13	보통(성냥불은 위험)
19~25	아주적음	8~10	위험(성냥불은 항상위험)
14~28	적음(모닥불은 위험)	2~7	아주위험(모든화기위험)

3.2 착화특성 분석

3.2.1 자연발화온도 분석

Table 6은 소나무와 떡갈나무의 부위별 자연발화온도를 제시하였다. 침엽수 대표수종인 소나무는 활엽수 대표수종인 떡갈나무보다 대체로 자연발화온도가 낮게 나타나 착화위험성이 높게 나타났으며 건조한 낙엽이 자연발화온도가 낮고 가지부위가 자연발화온도가 높은 것으로 나타났다. 따라서 낙엽이 생엽보다 착화위험성이 높게 나타났으며 이러한 착화성은 연료의 수분함수량에 따라 서로 다른 착화 및 연소특성이 나타난다.³⁾ 고 밝혔듯이 함수율 변수로 인한 자연발화온도 예측은 반드시 고려되어야 할 것으로 사료된다.

Table 6. Experimental Results of Ignition Temperature of Pinus Densiflora and Quercus Dentata

수 종	구 분	낙엽(℃)	생엽(℃)	수피	가지
소나무		236	285	390	450
	떡갈나무	286	335	420	460

3.2.2 착화지연시간 분석

Figure 1~Figure 4는 소나무와 떡갈나무의 부위별 착화지연시간을 나타내었다. 착화지연시간은 침엽수보다 활엽수가 동일온도에서 착화지연시간이 길게 나타남을 알 수 있었으며 자연발화온도가 높을수록 동일한

도에서 착화지연시간이 길게 나타났다. 이에 대하여 Table 7~Table 10에 제시하였다. 이러한 결과는 연료의 함수율에 따라 착화성에도 영향을 받아 적용되고 있는 것과 활엽수가 침엽수보다 내열성이 강하기 때문³⁾인 것으로 사료된다.

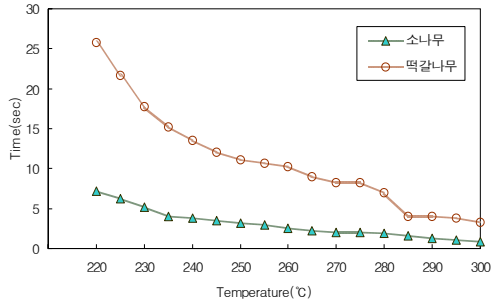


Figure 1. Ignition temperature of dead leaves of pinus densiflora and quercus dentata.

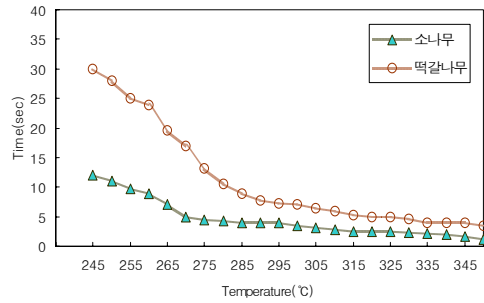


Figure 2. Ignition temperature of living leaves of pinus densiflora and quercus dentata.

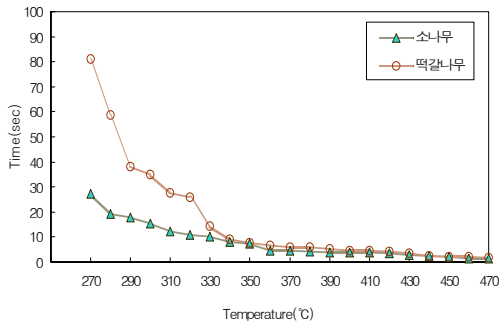


Figure 3. Ignition temperature of barks of pinus densiflora and quercus dentata.

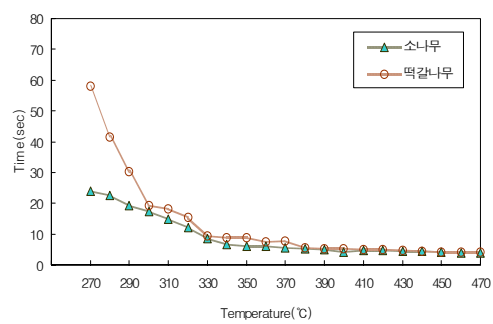


Figure 4. Ignition temperature of tree branches of pinus densiflora and quercus dentata.

Table 7. Ignition Time of Dead Leaves of Pinus Densiflora and Quercus Dentata

수종 \ 온도(°C)		220	225	230	235	240	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300
		낙엽	소나무	7.2	6.1	5.1	4.0	3.8	3.5	3.1	2.9	2.5	2.1	2.0	1.9	1.8	1.5	1.2
떡갈	25.7	21.6	19.8	17.7	15.1	13.5	12.0	11.0	10.7	10.2	8.9	8.2	6.9	4.0	3.9	3.81	3.2	

Table 8. Ignition Time of Living Leaves of Pinus Densiflora and Quercus Dentata

수종 \ 온도(°C)		245	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345	350
		생	소나무	12.1	11.1	9.7	8.9	7.0	5.02	4.4	4.3	3.9	3.9	3.8	3.5	3.1	2.8	2.5	2.5	2.4	2.3	2.0	1.9
엽	떡갈	30.0	27.9	25.7	23.9	19.6	17.0	13.1	10.6	8.9	7.6	7.2	7.0	6.3	5.9	5.3	4.9	4.8	4.6	4.0	4.0	3.8	3.4

Table 9. Ignition Time of Barks of Pinus Densiflora and Quercus Dentata

수종 \ 온도(°C)		290	295	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345	350	360	370	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470
		수	소나무	17.7	17.0	15.4	14.7	12.1	11.3	11.0	10.1	10.1	9.6	8.1	7.8	7.3	4.7	4.5	4.2	4.0	3.9	3.7	3.6	2.9	2.5	2.0
피	떡갈	38.2	35.1	35.0	31.2	27.6	26.5	25.7	21.1	14.5	12.4	9.2	8.3	7.7	6.7	6.0	5.9	5.3	4.6	4.5	4.1	3.4	2.4	2.1	1.9	1.8

Table 10. Ignition Time of Tree Branches of Pinus Densiflora and Quercus Dentata

온도(°C) 수종	290	295	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345	350	360	370	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470
	가 소나무	19.2	18.6	17.2	16.0	14.4	13.8	12.0	11.0	8.4	7.2	6.6	6.2	6.1	5.9	5.4	5.1	4.9	4.1	4.7	4.6	4.5	4.5	3.9	3.9
지 떡갈	30.1	15.3	19.4	19.0	18.1	15.2	12.4	10.0	9.2	9.0	8.9	5.1	8.6	7.8	7.8	5.4	5.2	5.1	4.8	4.8	4.7	4.44	4.0	4.0	3.9

4. 결 론

본 연구에서는 영동지역 산림 내 침엽수 대표수종 소나무와 활엽수 대표수종 떡갈나무의 낙엽, 생엽, 수피, 가지부위 대하여 함수율 건조속도 및 가연성과의 관계, 자연발화온도 및 착화지연시간 분석결과 다음과 같은 결론들을 얻을 수 있었다.

- 1) 임상 부위별 함수율과 가연성 정도를 분석한 결과로는 강우 후 144시간 경과되면서 활엽수인 떡갈나무는 침엽수인 소나무 보다 평균 1.2배 정도가 많은 수분을 함유하고 있었으며 낙엽은 생엽과 수피, 가지부위에 비하여 함수량이 10% 이하로 저하되어 인화성이 강한 연료로 환원됨을 알 수 있었다.
- 2) 자연발화온도 측정과 착화지연시간 분석 결과로는 낙엽이 생엽보다 자연발화온도가 낮게 나타나 생엽보다 착화위험성이 크게 나타남을 알 수 있었으며 착화지연시간은 자연발화온도가 높을수록 동일한 온도에서 침엽수보다 활엽수가 더 오랜 시간 착화가 지연되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 연료의 함수율에 따라 착화성에도 영향을 받아 적용되고 있는 것과 활엽수가 침엽수보다 내열성이 강하기 때문인 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 이시영, 한상열, 안상현, 오정수, 조명희, 김명수, “강원도 지역 산불발생인자의 지역별 유형화”, 한국농림기상학회 논문지, Vol. 3, No. 3, pp.135-138(2001).
2. 황원중, 권구중, 김남훈, “산불 피해 소나무재의 해부 및 물리학적 특성”, 목재공학회 논문지, Vol. 31, No. 4, pp.2-3(2003).
3. 김동현, 이명보, 강영호, 이시영, “지표물질 착화성 실험을 통한 발화위험성분석”, 한국방재학회, 춘계학술발표지, pp.379-384(2006).
4. 임주훈, “동해안 대형산불과 산불피해지의 식생회복”, 삼림과학원, 숲과 문화 기획연구, Vol. 10, No. 2, pp.22-23(2001).
5. 이시영 외, “삼림 환경보전학”, 향문사, pp.339-358(2007).