

영동지역 소나무림에서 강우 후 임내 연료습도 변화분석

Analysis of Fuel Moisture Contents Change after Precipitation in the Pine tree stand during Forest Fire Period in the East sea region.

이시영* · 이명욱** · 권춘근*** · 염찬호***

Si-Young Lee, Myung-Woog Lee, Chun-Geun Kwon, Chan Ho Yeom

Abstract

This study is the result between the variation of fuel moisture and the risk of forest fire through measuring the change of moisture containing ratio on-site and its average analysis for fallen leaves layer, humus layer, and soil layer in the forest. The measurement was performed on six days from the day after a rainfall. The fuel moisture on-site was measured on the day when the accumulated rainfall was above 5.0mm, and the measurements was 2 times in spring and 1 time in fall. From the pine forest which were distributed around Samcheok and Donghae in Kangwondo, three regions were selected by loose, medium, and dense forest density, and the fuel moisture was measured on fallen leaves layer, humus layer, and soil layer in the forest. for six days from the day after a rainfall.

The study showed that the moisture containing ratio converged on 3 - 4 days in spring and fall for fallen leaves layer, and the convergence was made more than six days in spring and fall for the humus layer. In the other case of soil layer, the variation of moisture containing ratio after rainfall was not distinguishable regardless of season.

Key words : Forest fire, Fuel moisture, Fallen leaves layer, Humus layer, Soil layer

1. 서 론

우리나라 산불의 대부분은 산불 조심기간인 봄철 2월 15일부터 5월 15일까지, 가을철에는 11월 1일부터 12월 15일 까지 발생하고 있으며, 이 기간 동안의 산불 발생건수는 매년 전국 산불 발생건수의 약 60%를 차지하고 있다. 산불에 중요한 영향을 미치는 산림연료의 수분 함량은 산불의 발생 및 강도 그리고 확산속도에 영향을 미치게 되는 중요한 인자로서 수분함량이 높은 경우 산불발생확률이 낮아지는 반면, 수분함량이 낮을 경우 산불 발생률이 높게 나타나는 것이 일반적인 특징이다. 따라서 산림연료의 수분함량을 판단하기 위해서는 온도, 습도, 바람, 강수량 등과의 관계를 구명하는 것이 필요하다.

미국의 경우 Ponderosa 소나무로 만든 연료습도측정봉(Fuel Moisture Stick)을 이용하여 지피물의 건조과정 예측법이 연구된 후(Deeming, 1977) 이를 기초로 1978년 NFDRS(National Fire Danger Rating System)를 개량하여 산불위험도 측정에 실용화하고 있고, 그 외 가연성 지피물의 연료습도 변화와 산불위험도에 관하여 연구된 바 있다(Fosberg et al., 1977).

우리나라의 경우 산불위험도에 관한 연구로서는 수종별, 영급별 지피물량과 임내외의 기상 및 연료 습도 변화를 조사하여 산불위험도를 분석하였으며(정연하 등, 1989), 광릉 지역에서 측정한 습도측정봉 자료와 기상 자료를 이용하여 산불위험예측식을 만들어 산불위험예보제를 개발한 바 있다(이시영, 1995).

따라서, 본 연구에서는 산불조심기간 중 영동지방 소나무림지역에서 강우 후 익일부터 6일간 임내의 낙엽

* 정희원 · 강원대학교 방재기술전문대학원 · 조교수 · E-mail : LSY925@kangwon.ac.kr

** 한중대학교 토목환경공학과 · 조교수

*** 강원대학교 방재기술전문대학원 · 석사과정

층, 부식층, 토양층에 대한 함수비 변화를 실측하여 연료습도 변화와 산불발생위험도와와의 관계를 분석함으로써 산불예방의 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. 실험내용 및 방법

봄·가을철 산불조심 기간 중 연료습도 실측기간은 봄철인 경우 누적강우량이 6.5 mm 내린 '07년 3월 4일 익일부터 6일간(3월5일-3월10일)과 누적강우량이 10.5mm 내린 4월 17일 익일부터 6일간(4월18일-4월23일)으로 하였으며, 가을철의 경우는 누적강우량이 33.5mm내린 07년 11월 30일 익일부터 6일간(12월 1일-12월 6일)측정 하였다. 조사지역은 강원도 삼척시와 동해시에 분포한 소나무림 중 임분 밀도가 소, 중, 밀 지역을 임의로 선정하여 임내 낙엽층, 부식층 및 토양층 <토양상층(1층):0 - 5cm, 토양하층(2층):5 -10cm>에 대한 강우 후 경과일수별 연료습도 변화를 매일 10시 동일한 시간대에 측정하였다.

시험구 크기는 각각의 임분에 대하여 10m×10m의 조사구를 선정한 후 각 조사구의 3방향(상, 중, 하)에서 0.2 × 0.2 m의 소 조사 plot를 선정한 후 시료를 매일 일정량의 샘플을 채취하여 24시간동안 105℃에서 건조시킨 후 무게를 측정하여 함수비를 분석하였고, 시료채취 당시의 동일한 시간대에 온도, 상대습도, 풍속, 조도를 측정하였다.

또한, 조사구내 상, 중, 하 위치에 채취된 연료에 대한 6일간의 측정된 함수비를 평균값으로 정리하여 산불조심기간내의 강우 후 연료습도 변화를 분석하였다. 표 1은 조사지의 임황 및 지황인자를 나타낸 것이다.

표 1. 조사지의 임황 및 지황인자

임분밀도	임황인자					지황인자				낙엽 및 부식층 두께(cm)		
	수종	평균수고(m)	평균흉고직경(cm)	울폐도(%)	임목본수(ha)	해발(m)	사면향방위	측정위치	평균경사	낙엽층	부식층	계
소	소나무	7.0	23.5	20	400	94	S40W	산록	23°	1.3	2.3	3.6
중	소나무	10.70	18.93	60	1400	20	S30W	산록	14°	1.7	3.5	5.2
밀	소나무	12.72	16.26	70	2500	48	S30E	산록	7°	2.5	3.0	5.5

3. 결과 및 고찰

3.1 조사지의 기상인자

표 2는 봄·가을철로 구분하여 강우종료 후 각 조사지별로 측정된 6일간의 온도, 상대습도, 풍속, 조도의 평균치의 결과이다. 표 2에 보인바와 같이 봄철의 조사기간 중 평균기온(14.1℃), 평균습도(39.4%) 및 평균조도(164^{×100})가 가을철에(9.4℃, 35.7%, 122^{×100}) 비해 온도와 조도는 높게, 습도는 낮게 나타났으며, 풍속은 매우 유사한 결과를 보였다. 한편, 임분별로는 소임분은 밀임분과 중임분에 비해 평균온도와 조도는 높고, 평균습도는 낮게 풍속은 빠르게 나타났다.

표 2. 봄 가을철 임분밀도별 기상인자 비교(평균값)

기간	밀도	소			중			밀			비고						
		온도(℃)	습도(%)	풍속(m/s)	조도(lux)	풍향	온도(℃)	습도(%)	풍속(m/s)	조도(lux)		풍향	온도(℃)	습도(%)	풍속(m/s)	조도(lux)	풍향
봄 철	온도(℃)	15.6	35.2	1.6	347 ^{×100}	북동	14.2	40.2	1.0	89.2 ^{×100}	북동	12.4	42.9	0.7	54.2 ^{×100}	북서	총 12회 평균값
	습도(%)																
	풍속(m/s)																
	조도(lux)																
	풍향																
가 을 철	온도(℃)	10.6	31.8	1.4	305 ^{×100}	북동	9.4	35.4	1.1	50.6 ^{×100}	북	8.2	39.8	0.6	10.2 ^{×100}	북서	총 6회 평균값
	습도(%)																
	풍속(m/s)																
	조도(lux)																
	풍향																

3.2 강우후 소나무 임분밀도별 연료습도 변화 분석

봄철 및 가을철 산불조심기간인 3월, 4월, 11월의 강우 후 6일간 측정된 함수비의 평균값을 낙엽층, 부식층, 토양1층, 토양2층의 순서로 그림 1-4에 나타내었다. 그림 1의 (a)에 보인바와 같이 봄철 낙엽층의 경우 강우 익일의 연료습도는 밀입분 80%, 중입분 60%, 소입분 50%를 나타내다 소입분 경우는 3일차에 중, 밀입분은 4일차에 연료습도가 약17%정도로 떨어져 산불의 위험성이 시작됨을 알 수 있었다. 또한, 그림 1 (b)의 가을철의 경우도 강우 익일, 50%, 40%, 25%의 연료습도가 소입분은 3일차, 중, 밀입분은 4일차에 연료습도가 약17% 정도로 떨어져 산불의 위험성이 봄철과 비슷한 양상을 보였다.

그림 2 (a), (b)의 봄철 부식층은 소, 중, 밀 입분별로 강우 익일에 100%, 120%, 140%의 고함수비를 가을철 부식층의 경우는 70%, 140%, 160%의 함수비를 보이고 있어 높은 함수비를 유지하고 있음을 알 수 있었으며, 강우후 6일이 지나도 약 40%의 함수비를 유지하고 있었다. 이것은 부식층이 공기 중에 노출되지 않아 낙엽층에 비해 습도, 풍속, 조도 등의 영향을 덜 받고 있었으며, 일부는 부식층 아래의 토양층으로부터 수분을 공급받기 때문인 것으로 판단되었다.

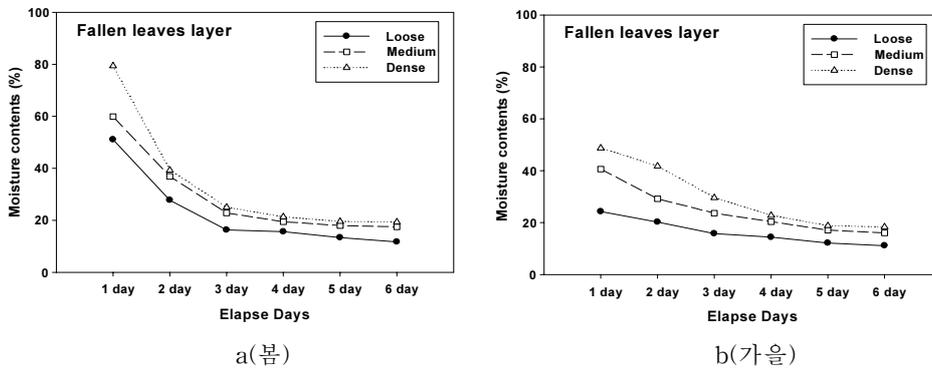


그림 1. 강우 후 경과 일수에 따른 낙엽층의 함수비 변화

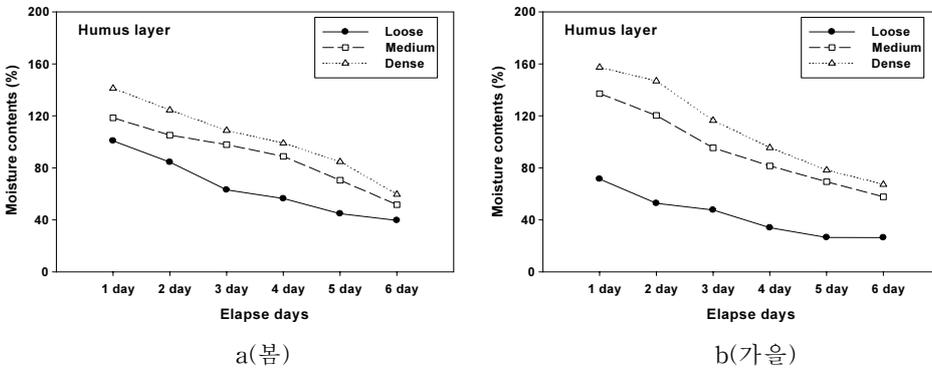


그림 2. 강우 후 경과 일수에 따른 부식층의 함수비 변화

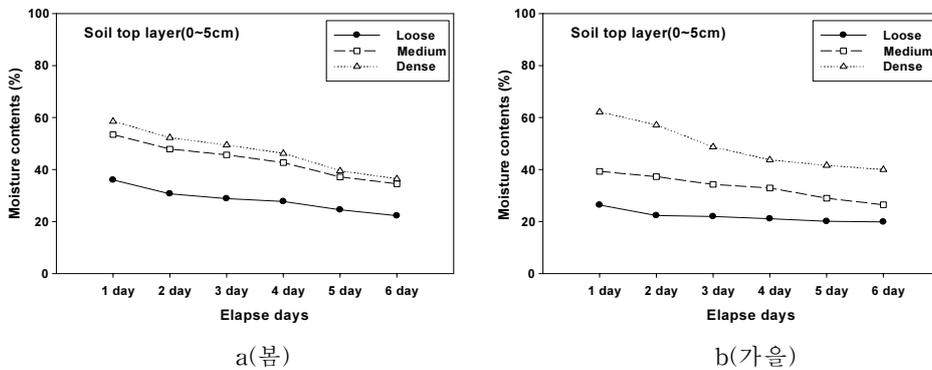


그림 3. 강우 후 경과 일수에 따른 토양 1층의 함수비 변화

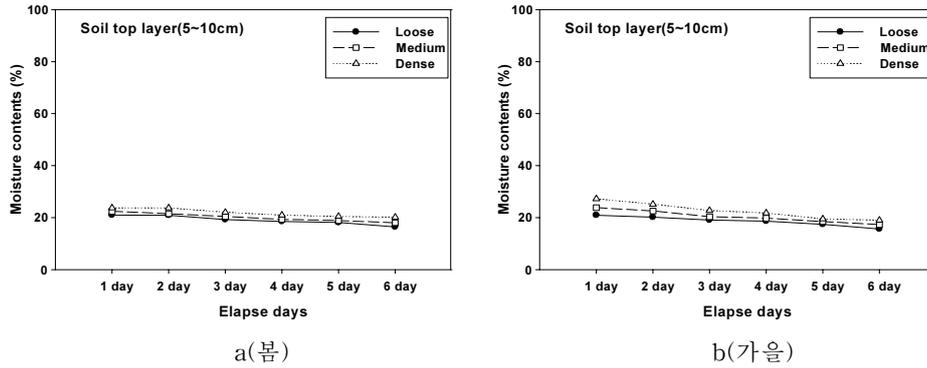


그림 4. 강우 후 경과 일수에 따른 토양 2층의 함수비 변화

임내 토양층의 경우 그림 3, 4의 봄철, 가을철 강우 후 시간경과에 따른 함수비 변화 결과에서 볼 수 있듯이 토양 1층의 경우 강우 익일에는 계절에 상관없이 30% - 60%의 함수비를 유지하고 있었으며, 낙엽층과 부식층에 비해 함수비 감소 기울기도 상당히 완만하여 6일 후에도 20% 이상의 함수비를 유지하고 있는 반면, 토양 2층의 경우는 강우량, 입분밀도, 시간경과와 거의 상관없이 일정한 함수비를 유지하고 있는 것으로 조사되었다.

4. 결 론

- 1) 봄철과 가을철 산불 조심기간중 강우 후 낙엽층의 경우 소입분 경우는 3일차 되는날 연료습도가 약17%로 떨어져 산불의 위험성이 나타났으나, 중·밀입분의 경우는 4일차 이상 되서야 산불위험성이 나타났다.
- 2) 부식층의 경우 연료습도는 강우 익일 후 봄철의 경우 100% - 140%, 가을철의 80% - 160%의 고함수비를 보이고 있었으며, 소입분의 경우 강우 후 6일차가 되어도 계절에 상관없이 약 40%, 중·밀입분의 경우 50 - 80%의 고함수비를 보이고 있어 산불 위험성은 매우 낮은 것으로 조사되었다.
- 3) 토양 1층의 경우 강우 익일에는 30% - 60%의 함수비를 나타냈고, 6일 후에도 20% 이상의 함수비를 유지하고 있는 반면, 토양 2층의 경우는 강우량, 입분밀도, 시간경과와 거의 상관없이 20%정도의 일정한 함수비를 유지하고 있는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Deeming, J.E. & R.E. Burgan & J.D. Cohen. 1977. The national fire-danger rating system-1978. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT 39:1-63.
2. Fosberg, M.A. 1977. Forecasting the 10-Hour Timelag Fuel Moisture. USDA For. Serv. Res. Pap. RM-187:1-10.
3. 日本 森林保存研究會. (1983). 森林災害の見方, pp. 13-97.
4. 日本 林野火災對策研究會. (1983). 林野火災實務手引書, pp. 1-130.
5. 정연하·이시영·염육철·여운홍. 1989. 산화위험을 예측에 관한 연구. 임업연구원 연구보고 38:117-123.
6. 이시영. 1995. 산불발생 위험도 및 연소확대 요인 분석에 관한 연구. 동국대학교 대학원 박사학위논문, pp. 104.
7. 이시영외. 2002. 산림환경보전학. 향문사, pp. 34-70.
8. 채희문. (2003). 산림미세연료에 의한 초기 산불확산에 관한 연구, 박사학위논문, 강원대학교, pp. 10-91.