

## 산불발생지의 표면유출수와 토양침식량에 관한 연구

정원옥 · 마호섭<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 경상대학교 농과대학 산림과학부

### Studies on the Surface Runoff and Soil Erosion in the Forest Fire Area

**Won-Ok Jung and Ho-Seop Ma<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup> Division of Forest Science, College of Agriculture, Gyeongsang National University

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the burning impacts of the surface and crown fire occurred in yongsan-ri meongsok-myun of chinju-city, Gyeongnam. Environmental influences like surface runoff and soil erosion changes were investigated by comparisons analysis between burned and unburned area about some initial effects after fire.

The results obtained from this study were as followed;

1. The average amount of surface runoff in burned area was more 1.7 times than in unburned area. But it was gradually tend to decrease in burned area as times passed.

2. Factors significantly correlated to amount of surface runoff in burned area shown in order to unit rainfall, accumulated rainfall and sand content, as 0.9466 of multiple correlation coefficient, where as the factors in unburned area were unit rainfall, soil erosion, bulk density and soil hardness, as 0.9738 of multiple correlation coefficient.

3. The average amount of soil erosion in burned area was more 11.2 times than in unburned area. But it was gradually tend to decrease in burned area as times passed.

4. Factors significantly correlated to amount of soil erosion in burned area were surface runoff and unit rainfall, as 0.6305 of multiple correlation coefficient. The factors in unburned area shown in order to surface runoff, sand content, bulk density and unit rainfall, as 0.7879 of multiple correlation coefficient.

Key words : *surface runoff, soil erosion, forest fire, burned and unburned area*

## I. 緒 論

산불은 과거부터 오늘날에 이르기까지 도·남벌과 함께 산림의 인위적인 피해가운데 가장 큰 물질적인 피해를 가져 왔을 뿐만 아니라, 산림의 원초적인 기능을 마비시키는 피해로서 단 시간에 넓은 면적을 연소시키고, 생태계를 이루는 생물, 미생물, 토양, 기후, 경관, 입지환경, 식물의 생리과정과 수목생장 등의 모든 환경전반에 걸쳐 영향을 미치므로 연구의 영역도 그만큼 넓다.

즉, 산불은 삼림내의 피복물을 소각시킴으로써 나출된 토양으로 말미암아 표토의 수분흡수능을 저하시키고, 지표유출을 증대시켜 토양침식을 가속화시킬 뿐만 아니라, 토양미생물을 줄이거나 활동을 저해시키는 등 토양의 물리·화학적 변화를 초래하여 토양의 생산성을 악화시키기도 하며, 또한 중 조성을 변화시켜 임상자체가 바뀌기도 하고, 복구되지 않는 산화지는 삼림경관미를 크게 해치기도 한다.

우리나라에서 발생하는 산불의 특성은 생활근거지에서 가까운 산이나 인구가 많은 곳에서 주로 발생하고(산림청, 1996), 지난 몇 년간 산림휴양 인구의 증가와 더불어 그 발생건수도 줄어 들지 않고 있으며, 그 중에서도 입산자의 실화에 의한 발생건수가 매우 높은 비율을 점하고 있다(산림청, 2000)

산림청에서 보고한 최근 10년간(1990~1999)의 산불 발생건수를 보면 연평균 336건으로, 피해면적은 1,298ha로 발생건수와 피해 면적이 매년 증가하는 경향을 보이고 있으며, 특히 1996년에는 정부수립이후 최대규모인 강원도 고성산불(3,762ha)과 지난해(2000년)에 동해안지역에서 2,3794ha의 산불이 발생하여 많은 인명과 막대한 재산상의 피해를 보았다(동해안산불지역정밀조사보고서 I, 2000). 이처럼 날로 증가하는 산불은 산림 생태계의 각종 환경요인을 급격하게 변화시켜 산림의 회복기능을 다른 산림피해지보다 훨씬 느리게 만드는 중요한 삼림피해의 원인으로 지적되고 있으나, 산불을 막는 근본적인 방안은 현재로서는 어려운 실정이며, 단지

예방이 최선책이고, 산불이 일어났을 경우에는 산화지의 식생회복을 빨리 이루는 것이 최선의 방법으로 다루어지고 있다.

외국의 경우와 마찬가지로 국내에서도 산화지에 있어서 생태학적, 토양화학적 연구는 몇 차례 있었으나, 산지사면에서 발생하는 표면유출수 및 토양침식에 관한 연구는 고찰되지 않고 있는 상태이다.

따라서 본 연구는 지표화 및 수관화가 발생한 진주시 명석면 용산리를 중심으로, 산림환경인자에 가장 많은 변화를 초래 할 것으로 예상되는 산불발생 당해 년도에 대해 산화지와 비산화지에 자체 제작한 침식토사 수집장치(Fig. 1)를 설치하여 산불 발생 후 시간경과에 따른 삼림내의 표면유출수량, 산지사면 침식량에 대한 변화를 비산화지와 비교 분석함으로써 산불이 산림토양에 미치는 초기 영향을 구명하고자 하였다.

## II. 材料 및 方法

### 1. 조사지의 개황

본 조사지는 경남 진주시 명석면 용산리 지내마을 일대의 산화지로서 지표화 및 수관화가 발생한 표고 20~200m 이하의 낮은 야산지대로, 지질은 경상계 낙동원군에 속하며, 토양은 암쇄토 및 갈색 삼림토로 구성되어 있는 곳으로, 임내에는 가연성이 높은 소나무림의 낙엽층이 쌓여 있고, 지표식물이 적어 산불로 인한 나지는 토양침식이 발생하기 쉬운 특성을 가지고

**Table 1.** Characteristics of runoff plots in the surveyed area

Variables	Burned area	Unburned area
Gradient of hillside(°)	$\frac{25}{21 \sim 30}$	$\frac{25}{22 \sim 29}$
Aspect of hillside(°)	N 6°, 8°, 15°W N 45°, 65°E	N 5°, 19°, 25°E S 40°, 50°E
Soil hardness (kg/cm <sup>2</sup> )	$\frac{2.3}{1.50 \sim 2.67}$	$\frac{2.4}{2.20 \sim 2.70}$

있었다. 산불은 각종 산림식생은 소각됨으로서 나지화되어 있는 산림토양은 적은 강우에도 쉽게 토양공극이 포화되어 표면유출수가 형성되고, 표층의 산림토양은 표면유출수에 의하여 용탈되고, 산림유역 밖으로 유출되기 쉽다. 본 연구는 산불 발생 후 시간경과에 따른 산지사면의 표면유출수와 토양침식량의 변화를 파악하기 위하여 산화지와 비산화지에 10개의 침식토사 수집장치(Fig. 1)를 설치하였으며, 산지사면 침식조사구의 일반적인 조건은 Table 1과 같다.

산화지와 비산화지에 설치한 산지사면 침식조사구의 경사도는 산화지, 비산화지 모두 25°였고, 사면방위는 산화지가 북서, 북동사면, 비산화지는 북동, 남동사면이었다.

토양경도는 산화지가 2.3kg/cm<sup>2</sup>, 비산화지가 2.4kg/cm<sup>2</sup>으로 나타나 산화지와 비산화지에 설치한 산지사면 침식조사구의 일반적인 조건은 거의 유사한 경향이였다.

또한 이 지역은 가연성이 높은 10~15년생의 소나무 천연림이 대부분을 점유하고 있는 곳으로, 임내에는 낙엽 등 기타 부산물들이 방치되어 있어 산불발생 위험성은 더욱 높았다.

## 2. 조사방법

### 1) 강우량 조사

조사지내에 강우량을 측정할 수 있는 시설이 없는 관계로 산림유역내에 간이우량계를 설치

하고, 연구대상 지역의 인근에 설치되어 있는 진주시 관측소의 기상관측자료 중 강우자료와 비교하였으며, 두 지역간의 강우량은 큰 차이를 보이지 않았다.

### 2) 표면유출수량 조사

침식토사 수집장치(가로1m×세로25cm×높이25cm)를 산화지와 비산화지에 각각 5개소씩 총 10개소를 설치하여 단위강우 후 침식토사 수집장치의 좌측 및 우측하부에 호스로 연결되어 있는 집수통(40ℓ)에 수집된 강우의 표면유출수량을 측정하였다.

### 3) 토양침식량 조사

침식토사 수집장치(가로1m×세로25cm×높이25cm)를 산화지와 비산화지에 각각 5개소씩 총 10개소를 설치하고, 주위의 산지로부터 침식되어 유입되는 토사를 방지하는 합판(가로100cm×세로400cm×두께2.5mm)을 산지사면에 박아 고정실험구(4m<sup>2</sup>)를 설치하였다. 산지사면 침식토사는 단위강우 후 수집하고, 수집된 토사는 실험실로 가져와 3일간 풍건하고, 이를 Dry oven에서 48시간 건조한 후 건조량을 조사하여 단위면적당 침식량으로 하였다.

## III. 結果 및 考察

### 1. 강우량에 따른 표면유출수량의 변화

Table 2와 같이 조사기간동안 산화지와 비산화지에서 월별 강우량에 대한 표면유출수량을 조사한 결과, 산불이 발생한 후 첫 조사가 이루어진 5월에 표면유출수량은 산화지가 12.216ℓ/m<sup>2</sup>, 비산화지가 5.349ℓ/m<sup>2</sup>로 산화지가 비산화지보다 약 2.3배정도 많았다.

이는 산불로 인하여 산화지의 상층목 및 지피식물 등이 모두 소각되어 수관 및 하층식생에 의한 강우의 차단·흡수·저류 등에 의한 손실량이 적어 강우가 직접 토양에 도달되고, 도달된 강우가 토양내로 침투 및 침누되면서 비산화지보다 토양공극을 빠르게 포화시켜 그 이상 내린 강우는 토양표면으로 유출되었기 때

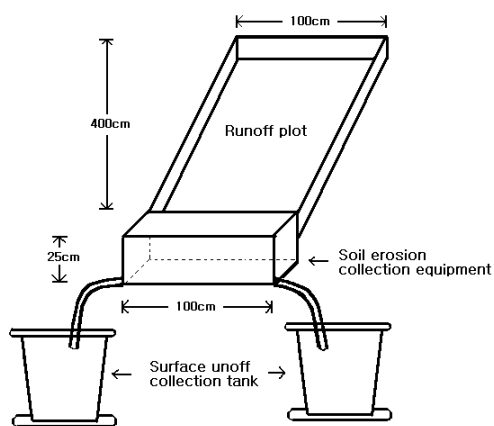


Fig. 1. The equipment collecting the soil and runoff in hillside.

**Table 2.** Change of surface runoff at the burned and unburned area

Month	Total rainfall (mm)	Total of surface runoff(ℓ)		Average of surface runoff(ℓ/m <sup>2</sup> )	
		B	U · B	B	U · B
May	25.9	74.040	39.055	3.702	1.953
	4.5	5.660	4.520	0.283	0.226
	9.4	5.170	3.590	0.259	0.180
	16.8	48.420	22.020	2.421	1.101
	13.3	111.020	37.770	5.551	1.889
<b>Subtotal</b>	<b>69.9</b>	<b>111.020</b>	<b>106.955</b>	<b>12.216</b>	<b>5.349</b>
Jun.	16.5	42.640	32.960	2.132	1.648
	20.5	64.380	46.700	3.219	2.335
	17.4	58.350	27.120	2.918	1.356
	36.7	71.700	42.350	3.585	2.118
	12.4	15.650	14.280	0.783	0.714
	163.7	259.300	169.800	12.965	8.490
	18.8	45.300	25.750	2.265	1.288
	5.4	6.210	4.330	0.311	0.216
<b>Subtotal</b>	<b>291.4</b>	<b>563.530</b>	<b>363.290</b>	<b>28.178</b>	<b>18.165</b>
Jul.	94.3	176.320	86.000	8.816	4.300
	32.4	62.000	43.250	3.100	2.163
	22.3	10.000	8.800	0.500	0.440
	15.6	5.700	1.800	0.285	0.090
<b>Subtotal</b>	<b>164.6</b>	<b>254.020</b>	<b>139.850</b>	<b>12.701</b>	<b>6.993</b>
Aug.	22.0	48.200	15.300	2.410	0.765
	72.7	90.100	72.500	4.505	3.625
	13.4	12.000	7.800	0.600	0.390
<b>Subtotal</b>	<b>108.1</b>	<b>150.300</b>	<b>95.600</b>	<b>7.515</b>	<b>4.780</b>
<b>Total</b>	<b>634.0</b>	<b>1212.160</b>	<b>705.695</b>	<b>60.610</b>	<b>35.287</b>

Note) B means burned and U · B stands for unburned area.

문인 것으로 판단되었다(산림청, 1996).

6월에 표면유출수량은 산화지가 28.178 ℓ/m<sup>2</sup>, 비산화지가 18.165 ℓ/m<sup>2</sup>로 산화지가 비산화지보다 약 1.6배정도 많았고, 7월에 표면유출수량은 산화지가 12.701 ℓ/m<sup>2</sup>, 비산화지가 6.993 ℓ/m<sup>2</sup>로 산화지가 비산화지보다 약 1.8배정도 많았으며, 8월에 표면유출수량은 산화지가 7.515 ℓ/m<sup>2</sup>, 비산화지가 4.780 ℓ/m<sup>2</sup>로 산화지가 비산화지보다 약 1.8배정도 많았다.

조사기간동안 표면유출수량은 산화지가 60.610 ℓ/m<sup>2</sup>, 비산화지가 35.287 ℓ/m<sup>2</sup>로 산화지가 비산화지보다 약 1.7배정도 많았다. 이는 산불지

역이 비산불지역보다 기저유출이 약 2배 정도 많이 조사되었다는 기존의 보고와 유사한 경향이였다(동해안 산불지역 정밀조사보고서 I, 2000).

특히, 표면유출수량은 시간이 경과 할 수록, 즉 6월과 7월 및 8월이 5월에 비해 강우량이 많았는데도, 월별 강우량당 표면유출수율은 감소하는 경향이였다. 이는 산불발생 후 시간이 경과할수록 맹아에 의한 수목의 성장, 어린나무와 초본식물 등 하층식생의 성장으로 강우의 차단·저류·흡수되는 양이 증가하여 강우가 지표면에 직접 도달하여 유출되는 양이 감소하였기 때문으로 추정되어, 벌채지에서 표면유출수량은 시간이 경과 할 수록 초본식생의 성장으로 유출량이 감소하였다는 中野(1971)의 연구보고와 유사한 결과였다.

#### 1) 산화지

Table 3과 같이 산화지에서 강우의 표면유출수량에 영향을 미치는 인자를 구명하기 위하여 각종 환경인자와의 관계를 상관분석한 결과, 표면유출수량과 산지사면 침식량, 단위강우 횟수, 단위 강우량간에는 1% 수준에서 정의 상관관계를 나타내었다.

岩崎 등(1982)과 King(1989)등은 대규모 벌채지에서 표면유출수량은 강우량이 많을수록 증가한다고 하였는데, 본 연구에서도 벌채지와 마찬가지로 산불로 인한 하층식생의 소각으로 표면유출수량이 증가하였고, 강우의 표면유출수량은 산지사면 침식량과 1% 수준에서 정의 상관관계를 가진다고 보고한 伏見 등(1982)과 鋼本 등(1992)의 연구결과와 유사한 경향이였다.

Table 4와 같이 산화지에서 표면유출수량과 각종 환경인자들간의 관계를 구명하기 위하여 단계별회귀분석을 실시한 결과, 표면유출수량에 영향을 미치는 인자는 단위강우량, 산지사면 침식량, 누가강우량, 토양중의 모래함유율, 누가강우 횟수로 나타났으며, 이를 회귀방정식으로 나타내면,

$$\text{표면유출수량} = 2700107.8283 + 1088.2202 \times 9 + 23.9153 \times 5 + 248.3046 \times 10 - 33813.6158 \times 11$$

**Table 3.** Correlation between environmental factors and surface runoff in burned area

Var.	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
X1	1.0000										
X2	-0.0715	1.0000									
X3	-0.1037	0.9565**	1.0000								
X4	0.0059	0.8682**	0.7030**	1.0000							
X5	0.6562**	-0.1520	-0.0789	-0.2650	1.0000						
X6	0.1515	-0.6303**	-0.8039**	-0.1620	-0.1122	1.0000					
X7	0.5999**	-0.1083	-0.0954	-0.0291	0.5774**	0.1663	1.0000				
X8	0.0185	0.7742**	0.6159**	0.9433**	-0.1788	-0.0652	0.0752	1.0000			
X9	0.9117**	0.0865	0.0180	0.2070	0.4146	0.1515	0.4912*	0.2325	1.0000		
X10	0.0497	0.8108**	0.6815**	0.9273**	-0.1777	-0.1636	0.0520	0.9851**	0.2763	1.0000	
X11	-0.0684	-0.5840**	-0.3672	-0.9062**	0.3064	-0.2550	-0.0752	-0.9040**	-0.2671	-0.8525**	1.0000

Note) X1 : Surface runoff, X2 : Bulk density, X3 : Soil hardness, X4 : Coverage, X5 : Soil erosion, X6 : Soil moisture, X7 : Times of unit rainfall, X8 : Times of rainfall accumulated, X9 : Unit rainfall, X10 : Accumulated rainfall, X11 : Sand contents

(R<sup>2</sup>=0.9466)이다.

**Table 4.** Stepwise regression analysis between environmental factors and surface runoff in burned area

Variable	Regression coefficient	Partial R <sup>2</sup>	Model R <sup>2</sup>	F	Significance
<b>Constant</b>	2700107.8283				
Unit rainfall	1088.2202	0.8312	0.8312	88.6651	0.0001
Soil erosion	23.9153	0.0934	0.9247	21.0961	0.0003
Accumulated rainfall	248.3046	0.0132	0.9379	3.3976	0.0839
Sand content	-33813.6158	0.0088	0.9466	2.4606	0.1376
Multi-R = 0.9614					

박재현(1995)은 개별수확지에서 표면유출수량에 영향을 미치는 인자는 단위 강우량, 단위 강우 횟수, 산지사면 침식량, 토양용적밀도 등이라고 하였고, Campbell 등(1973)은 표면유출수량은 강수량과 토양용적밀도, 토양경도에 밀접한 영향을 받는다고 하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

2) 비산화지

Table 5와 같이 비산화지에서 강우의 표면유출수량에 영향을 미치는 인자를 구명하기 위해

여 각종 환경인자와의 관계를 상관분석한 결과, 표면유출수량은 단위 강우량과는 1% 수준에서, 산지사면 침식량, 단위강우 횟수간에는 5% 수준에서 정의 상관관계를 나타내었다.

비산화지에서 표면유출수량은 산화지와 마찬가지로 강우량이 많을수록 증가하는 경향이었으며, 이는 Adams와 Andrus(1991), Sidle(1992)등이 표면유출수량이 증가할수록 산지사면에서 발생하는 표토유실량은 증가한다는 연구보고와 유사한 결과였다.

Table 6과 같이 비산화지에서 표면유출수량과 각종 환경인자와의 관계를 구명하기 위하여 단계별 회귀분석을 실시한 결과, 표면유출수량에 유의한 설명역을 가지는 인자는 단위강우량, 산지사면 침식량, 토양용적밀도, 토양경도로 나타났다으며, 회귀방정식은 다음과 같다.

$$\text{표면유출수량} = 673476.3418 + 834.3303X9 + 186.3827X5 - 569520.9139X2 + 35068.7035X3$$

(R<sup>2</sup>=0.9738)이다.

Heede(1991), Hicks 등(1991)은 표면유출수량에 유의한 설명역을 가지는 인자는 강수량, 토양용적밀도, 토양경도, 토양수분 함수율 등이라고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었으며, 산화지와 비산화지의 표면유출수량과 각종 환경인자간의 관계를 상관분석 및 회귀분석을 실시한 결과, 표면유출수량은 단위강우량

**Table 5.** Correlation between environmental factors and surface runoff in unburned area

Var.	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
X1	1.0000										
X2	-0.1880	1.0000									
X3	-0.1132	0.8676**	1.0000								
X4	0.0332	0.5476*	0.6590**	1.0000							
X5	0.6555*	0.0285	-0.0761	-0.3361	1.0000						
X6	0.1715	-0.9652**	-0.9563**	-0.5374*	-0.0181	1.0000					
X7	0.5299*	-0.0941	-0.2142	-0.0245	0.4231	0.1757	1.0000				
X8	0.0684	0.3712	0.5118*	0.9389**	-0.3942	-0.3655	0.0752	1.0000			
X9	0.9581**	-0.0641	-0.0101	0.1920	0.5281*	0.0673	0.4912*	0.2325	1.0000		
X10	0.0996	0.4613*	0.5652**	0.9376**	-0.3446	-0.4451*	0.0520	0.9851**	0.2763	1.0000	
X11	-0.0991	-0.2758	-0.3908	-0.9480**	0.3900	0.2423	-0.0752	-0.9407**	-0.2450	-0.9113**	1.0000

에 직접적인 영향을 받고 있음을 추정할 수 있었다.

**Table 6.** Stepwise regression analysis between environmental factors and surface runoff in unburned area

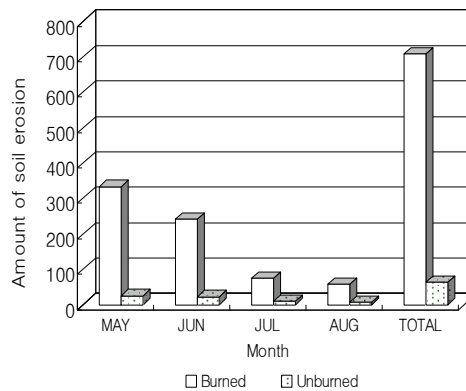
Variable	Regression coefficient	Partial R <sup>2</sup>	Model R <sup>2</sup>	F	Significance
<b>Constant</b>	673476.3418				
Unit rainfall	834.3303	0.9179	0.9179	201.3060	0.0001
Soil erosion	186.3827	0.0310	0.9489	10.3310	0.0051
Bulk density	-569520.9139	0.0197	0.9686	10.0200	0.0060
Soil hardness	35068.7035	0.0052	0.9738	2.9836	0.1046
Multi-R = 0.9738					

## 2. 산지사면 토양 침식량의 변화

Fig. 2에서와 같이 산화지와 비산화지에서 월별 강우량에 대한 산지사면 침식량을 조사한 결과, 산불이 발생한 후 첫 조사가 이루어진 5월에 산지사면 토양 침식량은 산화지가 334.0 g/m<sup>2</sup>, 비산화지가 24.75g/m<sup>2</sup>로 산화지가 비산화지보다 약 13.5배 정도 많았다.

이는 산불로 인하여 상층목 및 하층식생이 소멸된 산화지에서는 강우를 차단·저류·흡수할 수 있는 능력을 상실하고, 또한 산불로 인한 토양 교란으로 토양표면이 완전히 굳어지지 않

은 불완전한 상태에서 계속되는 강우로 인하여 토양공극의 포화되는 속도가 비산화지보다 빨라(산림청, 1996) 표면유출수가 증가하면서 산지사면의 토양침식을 가속화 시켰기 때문인 것으로 판단되었다.

**Fig. 2.** Amount of soil erosion from hillside at the burned and unburned area.

6월에 산지사면 침식량은 산화지가 241.5g/m<sup>2</sup>, 비산화지가 22.4g/m<sup>2</sup>로 산화지가 비산화지보다 약 10.8배 정도 많았고, 7월에 산지사면 침식량은 산화지가 74.75g/m<sup>2</sup>, 비산화지가 9.5g/m<sup>2</sup>로 산화지가 비산화지보다 약 7.8배 정도 많았으며, 8월에 산지사면 침식량은 산화지가 58.25g/m<sup>2</sup>, 비산화지가 6.5g/m<sup>2</sup>로 산화지가 비산화지보다 약

9.0배 정도 많았다.

조사기간동안 산지사면에서 발생한 토양 침식량은 산화지가 708.5g/m<sup>2</sup>, 비산화지가 63.15 g/m<sup>2</sup>로 산화지가 비산화지보다 약 11.2배정도 많았다.

특히, 산지사면 침식량은 시간이 경과 할 수록, 즉 6월과 7월 및 8월이 5월에 비해 강우량이 많았는데도, 월별 강우량당 산지사면 침식율은 감소하는 경향이였다. 이는 표면유출수율과 마찬가지로 산불발생 후 시간이 경과 할 수록 강우에 의한 토양마찰과 햇빛에 의한 건조 등으로 토양이 단단해지고, 어린나무와 초본식물 등 하층식생의 성장으로 강우가 차단·저류·흡수되는 양이 증가하여, 강우가 지표면에 직접 도달되는 양이 감소하였기 때문으로 생각되어, 벌채지에서 산지사면 침식량은 식생이 성장 할 수록 감소하였다고 보고한 Brown(1991)과 鋼本 등(1992)의 연구결과와 유사한 경향이였다.

1) 산화지

Table 3에서와 같이 산화지에서 산지사면 토양침식량에 영향을 미치는 인자를 구명하기 위하여 각종 환경인자와의 관계를 상관분석한 결과, 산지사면 토양침식량은 표면유출수량과 단위강우 횡수와 1% 수준에서 정의 상관관계를 나타내었다.

伏見 등(1982)은 벌채지에서 산지사면 침식량은 표면유출수량이 많을수록 증가하며, 산지사면 침식량과 표면유출수량은 1% 수준에서 정의 상관관계를 보였다고 하였으며, 본 연구에서

분석되어진 결과와 동일하였다.

Table 7과 같이 산화지에서 산지사면 토양침식량과 각종 환경인자들간의 관계를 구명하기 위하여 단계별 회귀분석을 실시한 결과, 산지사면 토양침식량에 영향을 미치는 인자는 표면유출수량, 단위강우량으로 나타났으며, 이를 회귀방정식으로 나타내면

$$\text{산지사면 침식량} = -122.7831 - 0.0324 \times 5 - 35.6807 \times 9 \quad (R^2 = 0.6305) \text{이다.}$$

Krag 등(1986)은 산지사면에서 발생하는 침식량은 여러 환경인자 중에서 강우량과 밀접한 관계가 있다고 하였으며, 이는 본 연구에서 분석되어진 결과와 유사한 경향이였다.

2) 비산화지

Table 5에서와 같이 같이 비산화지에서 산지사면 침식량에 영향을 미치는 인자를 구명하기 위하여 각종 환경인자와의 관계를 상관분석한 결과, 산지사면 토양침식량은 표면유출수량과는 1% 수준에서, 단위강우량과는 5% 수준에서 정의 상관관계를 나타내었다.

토양침식량은 강우량이 많을수록, 표면유출수량이 많을수록 침식량은 증가하였고, 이는 산화지에서 토양침식량을 분석한 결과와 유사한 경향이였다.

Table 8과 같이 비산화지에서 산지사면 침식량과 각종 환경인자와의 관계를 구명하기 위하여 단계별 회귀분석을 실시한 결과, 산지사면 토양침식량에 유의한 설명력을 가지는 인자는 표면유출수량, 토양중의 모래함유율, 토양용적 밀도, 단위강우량 등으로 나타났으며, 이를 회귀방정식으로 나타내면

$$\text{산지사면 침식량} = -3644.2696 - 0.0023 \times 5 + 27.9771 \times 11 + 1119.6323 \times 2 - 1.3795 \times 9 \quad (R^2 = 0.7879) \text{이다.}$$

산화지와 비산화지의 산지사면 침식량과 각종 환경인자간의 관계를 상관 및 회귀분석을 실시한 결과 산지사면 침식량은 표면유출수량에 직접적인 영향을 받고 있음을 추정할 수 있었다.

**Table 7.** Stepwise regression analysis between environmental factors and soil erosion in burned area

Variable	Regression coefficient	Partial R <sup>2</sup>	Model R <sup>2</sup>	F	Significance
<b>Constant</b>	-122.7831				
Surface runoff	0.0324	0.4306	0.4306	13.6102	0.0017
Unit rainfall	-35.6807	0.1999	0.6305	9.1959	0.0075
Multi-R = 0.6305					

**Table 8.** Stepwise regression analysis environmental factors and soil erosion in unburned area

Variable	Regression coefficient	Partial R <sup>2</sup>	Model R <sup>2</sup>	F	Significance
<b>Constant</b>	-3644.2696				
Surface runoff	0.0023	0.4297	0.4297	13.5638	0.0017
Sand content	27.9771	0.2091	0.6388	9.8384	0.0060
Bulk density	1119.6323	0.0939	0.7327	5.6192	0.0307
Unit rainfall	-1.3795	0.0553	0.7879	3.9106	0.0667
Multi-R = 0.7879					

#### IV. 結 論

지표화 및 수관화가 발생한 진주시 명석면 용산리의 산불발생지를 중심으로 산불이 표면 유출수와 토양침식량의 변화에 미치는 초기 영향을 구명하기 위하여 산화지와 비산화지를 비교 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 조사기간동안의 표면유출수량은 산화지가 비산화지 보다 약 1.7배 정도 많았으나, 시간이 경과할수록 산화지의 표면유출수량은 감소하는 경향이였다.
2. 산화지에서 표면유출수량에 영향을 미치는 인자는 단위강우량, 산지사면 침식량, 누가강우량, 토양중의 모래함유율로 중상관계수는 0.9466이였고, 비산화지에서는 단위강우량, 산지사면 침식량, 토양용적밀도, 토양경도로 중상관계수는 0.9738이였다.
3. 조사기간동안 산지사면의 토양 침식량은 산화지가 비산화지 보다 약 11.2배 정도 많았으며, 시간이 경과할수록 산화지의 토양 침식량은 감소하는 경향이였다.
4. 산화지에서 산지사면의 토양 침식량에 영향을 미치는 인자는 표면유출수량, 단위강우량으로 중상관계수는 0.6305였고, 비산화지에서는 표면유출수량, 토양중의 모래함유율, 토양용적밀도, 단위강우량으로 중상관계수는 0.7879였다.

#### 引 用 文 獻

- 朴在鉉. 1995. 白雲山 成熟闊葉樹林 皆伐收穫地에서 伐出直後의 環境 變化와 運材路 浸食에 關한 研究. 서울대학교 大學院 農學 博士學位論文.
- 산림청. 1996. 고성산불지역 생태조사 결과보고서.
- 산림청. 2000. 동해안 산불지역 정밀조사보고서 I.
- 鋼本皓二 · 木村正信 · 永島清 · 村岡弘章. 1992. 林木의 土砂流出防止效果について. 岐阜大學 農學部演習林研報. 2 : 42-53.
- 伏見知道 · 藤久正文 · 尾上清利. 1982. 化崗岩風化土地域의 林道土工構造物表面의 浸蝕について(II) - 모델路面での 雨水流出と 浸蝕. 愛媛大演習林報告. 19 : 13-19.
- 岩崎勇作 · 村井 宏 · 石井正典. 1982. ライシメタによる 地被別の 水土流出試驗(II) - 林木牧草および裸地區의 流出量と 土壤水分의 比較 -. 日林構. 93 : 43-434.
- 中野秀章. 1971. 森林伐採および伐採地의 植生變化가 流出に 及ぼす 影響. 林試研報. 240 : 1-251.
- Adams, P.W. and C.W. Andrus. 1991. Planning timber harvesting operations to reduce soil water problem in humid tropic steeplands. Proceedings forest harvesting in southern asia. 24-31.
- Campbell, R.G., J.R. Willis and J.J. May. 1973. Soil disturbance by logging with rubber tired skidders. Journal of soil and Water Conservation. 28 : 218-220.
- Heede, B.H. 1991. Response of a stream in disequilibrium to timber harvest. Environmental management. 15(2) : 251-255.
- Hicks, B.J., R.L. Beschta and R.D. Harr. 1991. Long-term change in streamflow following logging in Western Oregon and associated fisheries implications. Water resources bulletin. 27(2) : 217-226.
- King, J.G. 1989. Streamflow responses to road building and harvesting : A comparison with



- the equivalent clearcut area producee.  
U.S Department of Agriculture Forest  
service research paper INT. 401 : 1-14.
- Krag, P., K. Higginbotham and R. Rothwell. 1986.  
Logging and soil disturbance in southeast  
British Columbia. Canadian Journal of Fore-  
sty Research. 16 : 1345-1354.
- Sidele, R.C. 1992. A theoretical model of the effect  
of timber harvesting on slope stability. Water  
resources research. 28(7) : 1898-1910.

接受 2001年 5月 22日