

## 산불이 산림토양의 이화학적 성질에 미치는 영향

이원규 · 김춘식 · 차순형 · 김영걸 · 변재경 · 구교상 · 박재욱  
임업연구원 산림환경부

### Fire Effects on Soil Physical and Chemical Properties following the Forest Fire in Kosung

Lee, Won-Kyu, Choonsig Kim, Soon-Hyoung Cha, Young-Kul Kim,  
Jae-Kyung Byun, Kyo-Sang Koo and Jae-Wook Park  
Department of Forest Environment, Forestry Research Institute

#### ABSTRACT

Changes on soil physical and chemical properties following the forest fire in Kosung area in Kangwon province were examined. Twenty seven sampling plots [16 burned (8 low intensity fire, 8 high intensity fire) and 11 unburned plots] from *Pinus densiflora* community were chosen and soil samples from three depths (0~5, 5~15, 15~25 cm) under the forest floor were collected. Forest fire in the area affected soil chemical properties. Soil pH, available phosphorus, base saturation, K, Ca, and Mg on the surface soil (0~5 cm) in the burned areas compared with the unburned areas were increased, while soil properties on the subsurface soil (5~25 cm) were not changed. Organic matter, total nitrogen, available phosphorus, and exchangeable cations following the high intensity fire on the surface soil were generally lower than those in the low intensity fire areas. This indicates that these nutrients on high intensity fire areas may be volatilized. The results suggest that the fire effects on soil chemical properties were confined mainly to the surface soil and were different between the high and the low intensity fire types.

*Key words* : Forest fire, Fire intensity, Kosung, *Pinus densiflora*, Soil property.

#### 서 론

우리 나라는 연평균 352건의 산불이 발생하고 있으며 피해면적은 739 ha로서 건당 피해 면적이 비교적 소규모의 산불이 주로 많이 발생하였다(임업연구원 1996). 그러나 1996년 강원도 고성지역에서 발생한 산불은 국내에서 발생된 단일지역의 산불로는 최대규모인 총 3,762 ha의 광범위한 지역이 산불 피해를 받았으며 산림뿐만 아니라 주택이나 가축 등에도 막대한 손실을 가져왔다.

산불은 산림식생 및 토양의 이화학적 성질의 변화뿐만 아니라 산림생태계의 전반에 걸쳐 큰 변화를 초래하는 것으로 알려져 있다(Raison 1979, Hungerford *et al.* 1991, Rab 1996). 특히 토양의 이화학적 성질 변화는 토양의 성질, 산불의 강도, 재의 집적 정도에 따라 다르게 나타나며 또한 산화발생 후 경과시간이나 기상요인 등의 영향을 받기도 한다(DeBano 1991). 그러나 산불 발생으로 변화되는 산림토양의 화학적 성질 변화는 산화 후 2~3년 이내에 산불 이전의 상태로 회복되는 것으로 알려져 있다(우 등 1985, 이 등 1988, 우와 이 1989).

산불 발생은 낙엽, 낙지 등의 유입량의 감소와 함께 질소,

인산, 칼륨, 황 등과 같은 여러 가지 양료가 기체나 입자상태로 변화되어 입지로부터 손실을 초래하지만(Kauffman et al. 1993), 재의 양이나 토양 pH의 증가와 함께 입지의 양분수지와 양분 유효도에 영향을 미치게 되며 궁극적으로는 산화지에 새로 발생한 식물 성장에 영향을 미치기 때문에, 외국의 경우 산불의 효과적인 이용은 산림경영적인 관점에서 대단히 중요한 것으로 알려져 있다. 그러나 우리나라의 경우 산불은 발생 건당 평균피해면적이 2.1 ha의 비교적 소규모로서(임업연구원 1996) 산림경영적인 관점에서 커다란 주목을 받지 못하였으나, 현재에 이르러 임목축적량의 지속적인 증가와 함께 산림이 울창하게 되면서 고성지역에서 발생한 것과 같은 대형산불의 발생 가능성은 점차 커지고 있다.

산불 발생이 산림토양의 이화학적 성질에 어떠한 영향을 보이는지에 관하여 많은 연구가 시도되었으나(우 등 1985, 이 등 1988, 우와 이 1989, 문과 정 1996, 심과 김 1996) 토양깊이나 산불의 형태에 따라 토양의 이화학적 성질이 어떠한 변화를 보이는지에 관한 것은 잘 알려지지 않고 있다. 본 연구는 산불이 발생한 고성지역의 산림에 대하여 산불 발생 후 토양의 이화학적 성질이 토양깊이나 산불형태에 따라 어떠한 변화를 보이는지를 알아보기 위하여 실시되었다.

## 재료 및 방법

### 조사지 일반적 개황

조사지는 산불이 발생한 강원도 고성군 간성읍, 죽왕면, 토성면 일대(38° 20' N, 128° 30' E)를 대상으로 하였다(Fig. 1). 이 지역은 화강암을 모암으로 하는 갈색산림토양이 주로 출현하고 구릉지 등은 침식토양이 나타나고 있다. 연 평균기온은 11.9°C, 강수량은 1,330 mm 로서(기상청 1991) 우리나라 연 평균강수량 1,274 mm보다는 약간 높다. 조사지 전역에 걸쳐 소나무(*Pinus densiflora*) 순림이 주로 출현하고 신갈나무(*Quercus mongolica*), 졸참나무(*Q. serrata*), 굴참나무(*Q. variabilis*), 떡갈나무(*Q. dentata*), 서어나무(*Carpinus laxiflora*) 등이 소나무와 혼효되어 있거나 활엽수림을 구성하고 있다.

산불은 1996년 4월 23일 고성군 죽왕면 마차리지역에서 최초 발화하였으며 4월 25일 진화되었다. 본 연구는 산불이 진화된 후 일주일 이 지난 5월 2일부터 8일까지 7일간 조사하였다.

### 토양조사와 이화학적 성질 분석

각 조사구는 소나무임분을 대상으로 산화지와 인접한 비산화지를 조사하였으며, 산화지는 지피물과 수간 부위에 약하게 피

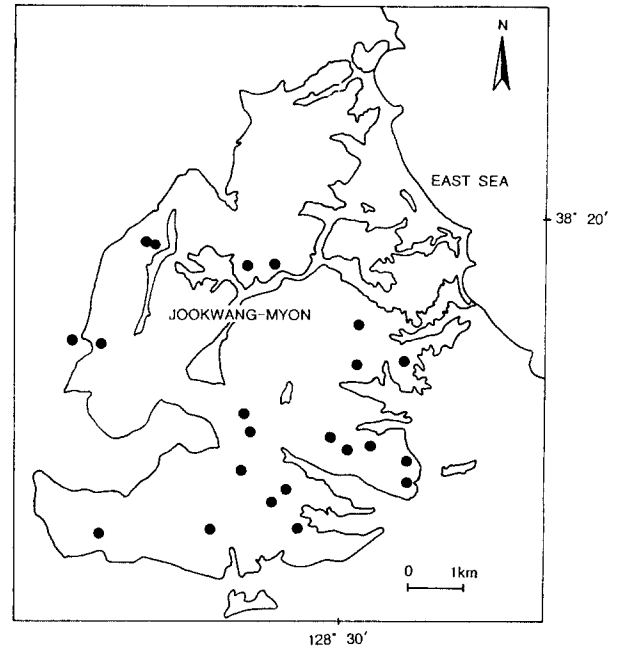


Fig. 1. Map of the soil sampling plots (•) in Kosung.

Table 1. Summary of selected characteristics on the sampling plots in *Pinus densiflora* community in Kosung

	Minimum	Mean	Maximum
Elevation(m)	50	125 (14)	400
Slope(degree)	5	17 (1)	36
Effective soil depth(cm)	5	16 (1)	35
Age(years)	20	33 (2)	70
DBH(cm)	6	14 (1)	43
Height(m)	4	9 (1)	16

Values in parenthesis are standard errors.

해를 받았거나 수관 부위가 열에 의해 변색이 된 약도산화지(low intensity fire area), 수관 부위가 완전히 소실되고 지표면의 지피물이 모두 피해를 받은 강도산화지(high intensity fire area)로 산불 피해 정도에 따라 2가지 형태로 구분하여 조사하였으며 조사구의 일반적 현황은 Table 1에 나타나 있다.

조사구내 토양의 이화학적 성질의 변화를 비교하기 위하여 산화지 16개소(약도산화지 8개소, 강도산화지 8개소)와 비산화지 11개소 등 총 27개 조사구로부터 그 지역의 대표적인 지점을 선정하고 토양 단면을 만들어 0~5, 5~15, 15~25 cm로 구분하고 각 깊이별로 0.5~1 kg의 토양시료를 5~6지점에서 무작위로 채취하여 비닐주머니에 넣은 다음 실험실로 운반하고 실내에서 건조 후 2 mm 체를 통과한 것을 분석용 시료

로 사용하였다. 분석 항목 중 토양 pH는 토양 : 증류수(1 : 5)의 혼합물에 pH meter를 이용하여 측정하였으며, 미사와 점토 함량은 비중계법, 유기물은 Tyurin법, 전질소는 Kjeldahl법, 유효인산은 Lancaster법, 양이온 치환용량은 Brown법, Ca와 Mg는 EDTA 적정법, Na과 K는 Flame photometer를 이용하여 측정하였다.

**자료분석**

수집된 자료는 산화지와 비산화지, 그리고 산불형태에 따른 토양의 이화학적 성질 사이의 차이를 알아보기 위해 t-test를 이용하였다. 분석이 실시되기전 모든 자료는 분산의 동질성이 조사되었고, 이 가정을 만족시키지 못하는 자료는 로그변환 하였다. 분석은 SAS의 t-test procedure를 이용하여 처리간의 차이를 검정(P=0.05)하였다.

**결과 및 고찰**

**산불 발생 후 깊이별 토양의 이화학적 성질 변화**

산화지에 토양 깊이별 토성은 3 깊이 모두 사양토(Sandy Loam)였으며(Table 2), 토양 깊이에 따른 토성에 뚜렷한 차이는 없었다. 산화지에 인접한 비산화지 또한 사양토로서 두 임지 사이에 모래, 미사, 점토의 비율은 유사함을 보이고 있으며, 어느 깊이에서도 유의적인 차이가 나타나지 않았다(P>0.05). 산화지와 비산화지 사이에 토성에 뚜렷한 변화가 발생하지 않

은 것은 산불 발생 후 초기 단계이기 때문으로 생각되나, 산불로 인한 낙엽층과 부식층의 소실로 인하여 광물질 토층이 노출됨에 따라 강우 발생시 표토층의 침식작용이 일어날 것으로 기대되며 앞으로 토양의 입경 분포에 변화가 예상된다. 예를 들면 지표유기수의 증가는 점토나 미사 또는 유기물같은 세립질 입자를 씻겨 내려 토양 양료의 유실을 초래할 가능성이 있다. 또한 산정과 산복 부위는 모래와 같은 거칠은 입자가 증가하게 되어 급후 산화지의 토양은 임목생장에 더욱 나쁜 방향으로 변화할 가능성이 있다.

산화지의 0~5 cm 깊이에 토양 pH는 비산화지에 비해 pH 0.6 정도 높아진 것으로 나타나고 있으나(P=0.001), 5~25 cm 깊이에서는 아직까지 뚜렷한 증가경향은 나타나지 않았다(Ta-

**Table 2.** Changes of soil texture between burned and unburned areas in Kosung

Soil depth (cm)	Area	Soil texture (%)		
		Sand	Silt	Clay
0~5	burned	63.4(3.7)	28.2(2.7)	8.4(1.2)
	unburned	63.0(4.2)	28.9(3.2)	8.1(1.0)
5~15	burned	61.1(5.0)	25.9(3.3)	13.0(2.2)
	unburned	57.9(5.6)	30.9(4.4)	11.2(1.6)
15~25	burned	61.5(4.7)	30.1(4.0)	8.4(1.1)
	unburned	60.5(6.2)	30.3(4.8)	9.2(1.7)

Values in parenthesis are standard errors. None of the treatment means within each soil depth is not significantly different(p>0.05).

**Table 3.** Changes of soil chemical property between burned and unburned areas in Kosung

Soil depth (cm)	Area	pH	O.M. (%)	T.N. (%)	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	CEC	Exchangeable				Total base	BS (%)
							K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>		
0~5	burned	5.8 <sup>a</sup> (0.12)	7.41 <sup>a</sup> (0.83)	0.29 <sup>a</sup> (0.03)	72 <sup>a</sup> (10.7)	11.7 <sup>a</sup> (0.65)	0.52 <sup>a</sup> (0.05)	0.14 <sup>a</sup> (0.01)	4.60 <sup>a</sup> (0.49)	2.33 <sup>a</sup> (0.18)	7.59 <sup>a</sup> (0.67)	65 <sup>a</sup> (5.2)
	unburned	5.2 <sup>b</sup> (0.07)	5.20 <sup>a</sup> (0.94)	0.20 <sup>b</sup> (0.03)	16 <sup>b</sup> (3.0)	10 <sup>a</sup> (0.88)	0.30 <sup>b</sup> (0.03)	0.16 <sup>a</sup> (0.02)	1.78 <sup>b</sup> (0.23)	1.23 <sup>b</sup> (0.09)	3.43 <sup>b</sup> (0.35)	36 <sup>b</sup> (3.4)
5~15	burned	5.2 <sup>a</sup> (0.05)	3.22 <sup>a</sup> (0.53)	0.15 <sup>a</sup> (0.03)	14 <sup>a</sup> (2.8)	9.6 <sup>a</sup> (0.63)	0.35 <sup>a</sup> (0.03)	0.15 <sup>a</sup> (0.02)	1.70 <sup>a</sup> (0.25)	1.25 <sup>a</sup> (0.09)	3.45 <sup>a</sup> (0.33)	36 <sup>a</sup> (4.9)
	unburned	5.2 <sup>a</sup> (0.06)	3.37 <sup>a</sup> (0.49)	0.14 <sup>a</sup> (0.02)	22 <sup>a</sup> (5.6)	10.7 <sup>a</sup> (0.77)	0.30 <sup>a</sup> (0.03)	0.14 <sup>a</sup> (0.02)	1.06 <sup>a</sup> (0.12)	1.12 <sup>a</sup> (0.13)	2.63 <sup>a</sup> (0.22)	26 <sup>a</sup> (2.9)
15~20	burned	4.9 <sup>a</sup> (0.07)	1.32 <sup>a</sup> (0.12)	0.06 <sup>a</sup> (0.01)	2 <sup>a</sup> (0.2)	9.5 <sup>a</sup> (0.62)	0.18 <sup>a</sup> (0.02)	0.23 <sup>a</sup> (0.02)	0.52 <sup>a</sup> (0.04)	0.91 <sup>a</sup> (0.10)	1.85 <sup>a</sup> (0.13)	21 <sup>a</sup> (2.1)
	unburned	5.0 <sup>a</sup> (0.07)	1.84 <sup>a</sup> (0.25)	0.07 <sup>a</sup> (0.01)	2 <sup>a</sup> (0.2)	9.5 <sup>a</sup> (0.74)	0.14 <sup>a</sup> (0.02)	0.18 <sup>a</sup> (0.03)	0.52 <sup>a</sup> (0.04)	0.66 <sup>b</sup> (0.06)	1.48 <sup>a</sup> (0.07)	16 <sup>a</sup> (1.5)

BS:base saturation. Values in parenthesis are standard errors. The same letter within each soil depth indicates no significant difference(P>0.05).

ble 3). 많은 연구들은 산화지로부터 표토층의 토양 pH가 높아지는 것을 보고하였으며(이 등 1988, 우와 이 1989, 문과 정 1996), 그 원인은 재의 발생과 함께 증가되는 치환성 양이온 때문인 것으로 알려져 있다(Raison 1979, DeBano 1991, 문과 정 1996). 산화지에 토양 pH의 증가는 토양내 여러 가지 미생물의 활동을 활발하게 하고 질소, 황, 인산, 칼륨 등의 임목생장에 관계되는 여러 가지 양분의 유효도를 증가시켜(Reich et al. 1990), 새로 침입된 식생 및 재생된 임목의 성장과 활착에 상당한 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 이 지역의 많은 부분이 침식지이고 사질토양으로서 적은 양의 강우에도 염기성 양료의 용탈이 심할 수 있기 때문에 산화지내 토양 pH의 증가는 짧은 기간 동안에 한정될 것으로 사료된다.

산화지에 유기물은 감소하거나(Covington and Sackett 1984), 증가하는 것(우 등 1985, 이 등 1988)으로 알려져 있으며 감소의 주 원인은 산화발생 후 지상부의 소실과 함께 낙엽, 낙지 등과 같은 지상부 유입량이 감소하기 때문이다. 그러나 산불 발생은 많은 양의 죽은 뿌리를 발생시키며 그 결과로 산림 토양내 유기물이 일시적으로 증가하게 된다는 보고도 있다. 본 연구에서도 유의적인 차이는 나타나지 않았지만 산화지의 0~5 cm 깊이의 유기물 함량은 7.4%로서 비산화지 5.2%보다는 높은 값을 보이고 있다(Table 3). 0~5 cm 깊이와는 대조적으로 5~15와 15~25 cm 깊이의 유기물함량은 산화지가 비산화지에 비해 약간씩 낮은 값을 보이고 있으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

산화지내 0~5 cm 깊이에 전질소함량은 0.29%, 비산화지 0.20%로서 산화지가 높게 나타나고 있으며( $P=0.036$ ), 이러한 증가는 산화지의 유기물 증가와 일치하고 있다. 산화지에 전질소함량의 증가는 암모니아태 질소같은 무기태질소의 급격한 증가와 회분화된 유기물이 입상으로부터 표토층으로 이동하기 때문으로 알려져 있다(Mroz et al. 1980). 0~5 cm 깊이와는 대조적으로 5~15와 15~25 cm 깊이의 전질소함량은 산화지와 비산화간에 차이가 나타나지 않았다( $P>0.05$ ).

산화지의 유효인산은 0~5 cm 깊이의 경우 산화지가 72 ppm, 비산화지에서 16 ppm으로 산화지가 높으나( $P=0.001$ ), 5~25 cm 깊이에서는 뚜렷한 차이가 나타나지 않았다. 다른 연구들도 유효인산의 양은 산불 후 회분화된 식물체의 양료에 의해 인산의 양이 증가하는 것으로 보고하고 있다(우 등 1985, 문과 정 1996).

산화지나 비산화지 사이에 양이온 치환용량은 3 깊이 모두에서 뚜렷한 차이를 보이지 않고 있다. 비록 산화지의 0~5 cm 깊이에서 양이온 치환용량이 비산화지에 비해 약간의 증가를 보이나 유의적인 차이는 나타나지 않았다( $P>0.05$ ). 사실 유기물의 양이 적은 지역에서의 산불은 토양의 양이온 치환용량에 뚜

렷한 차이를 발생하지 않는 것으로 알려져 있다(Raison 1979).

산화지는 비산화지에 비해 표토층의 칼륨( $P=0.001$ ), 칼슘( $P=0.001$ ), 마그네슘( $P=0.001$ )의 뚜렷한 증가를 초래하는 것으로 나타났다. 이러한 양이온의 뚜렷한 증가는 타 연구에서도 이미 보고된 바 있으며(Raison 1979, 문과 정 1996), 증가되는 Ca, Mg는 산화 1년 후에는 토양유실이나 용탈 또는 식물의 흡수에 의해 그 양이 감소되는 것으로 알려져 있다(DeBano 1991). 5~15 cm 깊이의 경우 산화지에 칼륨, 나트륨, 칼슘 등은 비산화지에 비해 높게 나타나고 있으며 이와 같은 경향은 재와 함께 여러 가지 수용성 양분들이 표토층으로부터 심토층으로 이동하기 때문일 것이다. 산화지의 0~5 cm 깊이에 염기총량과 염기포화도도 산불로 인한 치환성 양이온의 증가로 인하여 비산화지에 비해 유의적인 증가를 보였다.

**산불형태별 토양 이화학성질의 변화**

일반적으로 토양에 물리적인 성질의 변화는 산불 강도에 따라 다르게 나타나는 것으로 알려져 있으나(Raison 1979), 본 조사구에 약도산화지와 강도산화지 사이에 각 깊이별 토성의 (Table 4) 차이는 나타나지 않았다( $P>0.05$ ). 0~5 cm 깊이의 토양 pH 또한 약도산화지 5.9, 강도산화지 5.8로서 산불형태는 토양 pH에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며 5~15와 15~25 cm 에서도 토양 pH의 차이는 나타나지 않았다( $P>0.05$ ).

유기물과 전질소 함량은 모든 깊이에서 강도산화지가 약도산

**Table 4.** Changes of soil texture between low and high intensity fire areas in Kosung

Soil depth (cm)	Fire intensity class	Soil texture (%)		
		Sand	Silt	Clay
0~5	Low	63.4 (5.6)	28.4 (4.0)	8.2 (1.8)
	High	63.4 (5.2)	28.9 (3.8)	8.6 (1.8)
5~15	Low	58.8 (6.3)	29.0 (4.4)	12.2 (2.1)
	High	63.4 (8.1)	22.9 (4.8)	13.7 (4.0)
15~25	Low	58.9 (6.4)	31.1 (5.3)	10.0 (1.6)
	High	64.0 (7.2)	29.0 (6.3)	7.0 (1.4)

Values in parenthesis are standard errors. None of the treatment means within each soil depth is not significantly different ( $P>0.05$ ).

**Table 5.** Changes of soil chemical property between low and high intensity fire areas in Kosung

Soil depth (cm)	Fire intensity class	pH	O.M. (%)	T.N. (%)	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	CEC	Exchangeable				Total base	BS (%)
							K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>		
0~5	Low	5.9 <sup>a</sup> (0.20)	8.3 <sup>a</sup> (0.7)	0.33 <sup>a</sup> (0.03)	94 <sup>a</sup> (15.6)	12.9 <sup>a</sup> (1.0)	0.56 <sup>a</sup> (0.05)	0.15 <sup>a</sup> (0.01)	5.33 <sup>a</sup> (0.64)	2.44 <sup>a</sup> (0.14)	8.5 <sup>a</sup> (0.77)	67 <sup>a</sup> (5.4)
	High	5.8 <sup>a</sup> (0.10)	6.5 <sup>a</sup> (1.5)	0.25 <sup>a</sup> (0.04)	50 <sup>b</sup> (10.5)	10.6 <sup>a</sup> (0.7)	0.49 <sup>a</sup> (0.08)	0.12 <sup>a</sup> (0.01)	3.88 <sup>a</sup> (0.68)	2.23 <sup>a</sup> (0.34)	6.7 <sup>a</sup> (1.07)	63 <sup>a</sup> (9.2)
5~15	Low	5.1 <sup>a</sup> (0.04)	4.2 <sup>a</sup> (0.9)	0.20 <sup>a</sup> (0.04)	15 <sup>a</sup> (3.1)	10.5 <sup>a</sup> (1.05)	0.35 <sup>a</sup> (0.04)	0.16 <sup>a</sup> (0.03)	1.32 <sup>a</sup> (0.24)	1.03 <sup>b</sup> (0.10)	2.9 <sup>a</sup> (0.35)	28 <sup>b</sup> (3.5)
	High	5.2 <sup>a</sup> (0.09)	2.2 <sup>a</sup> (0.3)	0.10 <sup>a</sup> (0.01)	14 <sup>a</sup> (4.8)	8.7 <sup>a</sup> (0.61)	0.34 <sup>a</sup> (0.05)	0.13 <sup>a</sup> (0.01)	2.08 <sup>a</sup> (0.40)	1.48 <sup>a</sup> (0.11)	4.0 <sup>a</sup> (0.50)	49 <sup>a</sup> (7.8)
15~25	Low	4.9 <sup>a</sup> (0.18)	1.59 <sup>a</sup> (0.17)	0.07 <sup>a</sup> (0.01)	1 <sup>a</sup> (0.3)	10.6 <sup>a</sup> (0.92)	0.20 <sup>a</sup> (0.04)	0.22 <sup>a</sup> (0.03)	0.53 <sup>a</sup> (0.04)	0.74 <sup>a</sup> (0.04)	1.7 <sup>a</sup> (0.12)	17 <sup>a</sup> (2.6)
	High	5.0 <sup>a</sup> (0.13)	1.04 <sup>b</sup> (0.11)	0.06 <sup>a</sup> (0.01)	2 <sup>a</sup> (0.3)	8.4 <sup>a</sup> (0.68)	0.17 <sup>a</sup> (0.02)	0.24 <sup>a</sup> (0.03)	0.51 <sup>a</sup> (0.06)	1.10 <sup>a</sup> (0.18)	2.0 <sup>a</sup> (0.23)	25 <sup>a</sup> (2.9)

BS:base saturation. Values in parentheses are standard errors. The same letter within each soil depth indicates no significant difference ( $P>0.05$ ).

화지에 비해 낮게 나타나고 있으며(Table 5), 이와 같은 현상은 산불 발생동안 표면의 온도가 약도산화지에 비해 높았을 것으로 생각되는 강도산화지에서 유기물이 파괴되거나, 질소의 휘산이 발생했을 가능성이 있다. 지금까지 알려진 바로는 유기물의 파괴는 450℃ 이상에서, 질소휘산은 300~500℃에서 가장 심한 것으로 보고된 바 있다(Hungerford *et al.* 1991). 질소는 온대림지역에서 임목생장을 제한하는 가장 중요한 양분으로서 알려져 있으며 강도산화지에서 임지로부터 유기물과 질소의 손실은 임목의 장기적인 생산성에 감소를 가져올 수 있다.

0~5 cm 깊이의 유효인산은 강도산화지가 50 ppm, 약도산화지에서 94 ppm이었으며 산불형태에 따라 뚜렷한 차이를 ( $P=0.034$ ) 보이고 있다(Table 5). 약도산화지에 비해 강도산화지에서 유효인산의 값이 낮게 나타난 것은 인산의 휘산으로 인한 손실이 발생했을 가능성이 있다. 인산은 770℃ 이상의 고온에서 휘산이 발생하는 것으로 알려져 있다(Hungerford *et al.* 1991).

양이온 치환용량은 유의적인 차이는 나타나지 않았지만 각 깊이 모두 강도산화지가 약도산화지에 비해 낮은 값을 보이고 있으며 이 지역의 유기물함량 감소와 밀접한 관계를 보이고 있다. 치환성 양이온은 0~5 cm 깊이의 경우 강도산화지가 낮게 나타나고 있으며 산불 발생시 높은 온도를 가진 강도산화지에서 보다 많은 양의 휘산이 발생했을 가능성이 있다. 예를 들면 칼륨은 500℃ 이상에서 주로 휘산이 발생하고 있다(Hungerford *et al.* 1991). 0~5 cm 깊이와는 대조적으로 5~15 cm 깊이는 강도산화지가 약도산화지에 비해 일반적으로 높은 값을

보이고 있으며 특히 마그네슘 함량은 유의적인 차이를 나타내고 있다. 5~25 cm 깊이의 경우 약도산화지의 양분함량은 비산화지와 유사한 값을 보이나, 강도산화지의 경우 비산화지나 약도산화지에 비해 높게 나타나 강도산화지에서는 이 깊이까지 산불의 영향을 받고 있을 가능성을 보여준다.

## 적 요

이 연구는 강원도 고성에서 발생한 산불이 산림 토양의 이화학적 성질에 어떠한 변화를 미치는지를 조사하기 위해 실시되었다. 소나무임분을 대상으로 산화지 16개소와 비산화지 11개소의 총 27개 조사구가 임의 선정되었으며, 산화지는 산불 발생 형태에 따라 약도산화지 8개소와, 강도산화지 8개소를 조사하였다. 각 조사구의 토양단면으로부터 0~5, 5~15, 15~25 cm의 깊이로부터 토양시료를 채취한 후 토양 이화학적 성질을 분석하였다. 산불 발생은 0~5 cm 깊이의 토양 pH, 유효인산, 염기포화율, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 등의 증가를 초래하였으나, 5~25 cm 깊이에서는 뚜렷한 변화가 나타나지 않았다. 또한 강도산화지의 0~5 cm 깊이는 유기물, 전질소, 유효인산, 치환성 양이온 등이 약도산화지에 비해 일반적으로 낮게 나타나고 있으며 주 원인은 고열 발생에 따른 휘산에 의한 손실 때문인 것으로 사료된다. 본 연구결과는 이 지역에서 산불은 토양의 화학적인 성질의 변화를 초래하였으며, 이러한 변화는 지표면 5 cm 이내의 표토층에 한정되고 있음을 알 수 있었다.

## 인 용 문 헌

- 기상청. 1991. 한국의 기후표(I). 일별 및 순별 평균값 (1961~1990). 446 p.
- 문형태, 정연숙. 1996. 강원도 고성지역에서 산불이 소나무림 토양의 영양염류에 미치는 영향. 한국생태학회지 19: 375-383.
- 심학보, 김원. 1996. 초례산의 산화지와 비산화지의 식물 군집구조 및 토양성분의 동태. 한국생태학회지 19: 417-430.
- 우보명, 권태호, 마호섭, 이현호, 이종학. 1985. 황폐산지에서의 산불이 삼림식생 및 토양에 미치는 영향에 관한 연구(II). 한국임학회지 68: 37-45.
- 우보명, 이현호. 1989. 황폐산지에서의 산불이 삼림식생 및 토양에 미치는 영향에 관한 연구(IV). 한국임학회지 78: 302-313.
- 이원규, 최경, 오민영. 1988. 산화에 의한 토양 및 식생의 변화. 임업연보 37: 35-49.
- 임업연구원. 1996. 고성 산불지역 생태조사 결과 보고서. 169 p.
- Covington, W.W. and S.S. Sackett. 1984. The effect of a prescribed burn in southwestern ponderosa pine on organic matter and nutrients in woody debris and forest floor. Forest Sci. 30: 183-192.
- DeBano, L.F. 1991. The effect of fire on soil properties. Proceedings- management and productivity of western-montane forest soils. USDA Forest Service General Technical Report INT-280. pp. 151-156.
- Hungerford, R.D., M.G. Harrington, W.H. Frandsen, K.C. Ryan and G.J. Niehoff. 1991. Influence of fire on factors that affect site productivity. Proceedings- management and productivity of western-montane forest soils. USDA Forest Service General Technical Report INT-280. pp. 32-50.
- Kauffman, J.B., R.L. Sanford, Jr., D.L. Cummings, I.H. Salcedo and E.V.S.B. Sampaio. 1993. Biomass and nutrient dynamics associated with slash fires in neotropical dry forests. Ecology 74: 140-151.
- Mroz, G.D., M.F. Jurgensen, A.E. Harvey and M.J. Larsen. 1980. Effects of fire on nitrogen in forest floor horizons. Soil Sci. Soc. Am. J. 44: 395-400.
- Rab, M.A. 1996. Soil physical and hydrological properties following logging and slash burning in the *Eucalyptus regnans* forest of southeastern Australia. For. Ecol. Manage. 84: 159-176.
- Raison, R.J. 1979. Modification of the soil environment by vegetation fires with particular reference to nitrogen transformations: a review. Plant and Soil 51: 73-108.
- Reich, P.B., M.D. Abrams, D.S. Ellsworth, E.L. Kruger and T.J. Tabone. 1990. Fire affects ecophysiology and community dynamics of central Wisconsin oak forest regeneration. Ecology 71: 2179-2190.

(1997년 1월 27일 접수)