한국환경생태학회지 16(2) : 141~148, 2002
Kor. J. Env. Eco. 16(2) : 141~148, 2002

산화가 초본층의 발생 및 토양의 화학적 특성에 미친 영향[1]

박관수[2] · 이미정[2] · 송호경[2]

Effects of Forest Fire on Herb Layer Development and Chemical Properties of Soil[1]

Gwan-Soo Park[2], Mi-Jeong Lee[2], Ho-Kyung Song[2]

요 약

본 연구는 산화가 초본층의 발생 및 토양의 화학적 특성에 미친 영향을 조사하기 위해 2000년 4월 대전의 계족산에서 발생한 산화지를 대상으로 실시되었다. 식생조사는 곰솔우점림(침엽수림)과 아까시나무우점림(활엽수림)에서 10m×10m의 방형구를 설치하여 실시하였고, 초본층의 발생조사는 7월 21일 Dierssen의 우점도법을 적용하여 실시되었다. 초본층의 피도는 침 · 활엽수지역 모두에서 산화지가 비산화지보다 높았으며, 출현종수는 산화지와 비산화지의 차이보다 침 · 활엽수 간에 차이가 더 높았다. 토양 시료는 비산화지, 그리고 산화지에서 산화 3일 후 그리고 산화 8개월 후에 0~10cm와 10~20cm 토양깊이에서 채취되었다. 토양 유기물층은 비산화지에서는 깊이가 약 1.5cm이었으나 산화지에서는 유기물층이 없었다. 산화 발생 3일 후 산화지와 비산화지 간의 토양 유기물, 전질소, 유기인산, 치환성 양이온함량, pH 및 CEC는 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 산화지에서 산화 3일 후와 약 8개월 후의 토양의 화학적 특성들은 일부를 제외하고는 유의적인 차이가 없었다.

주요어 : 산불, 계족산, 식생, 토양유기물

ABSTRACT

This study was carried out to estimate the effect of forest fire on herb layer development and chemical properties of soil. The forest fire was in April 2000 in *Pinus rigida*(softwood) and *Robinia pseudoacacia*(hardwood) dominant forests at Gaejoksan, Daejeon. Vegetation studies were in the two communities and herb layer development study was in July using dominance of Dierssen. The coverage of herb layer was higher in the burned area than in the unburned area in the two study communities. There was no different herb layer species number between the burned and unburned areas, but there was different herb layer species number between the two communities. Soil samples were collected at 0~10cm and 10~20cm soil depths from the unburned and burned sites after 3 days and 8 months of forest fire. There was no forest floor

1 접수 4월 19일 Recevied on April 19, 2002
2 충남대학교 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, Chungnam National University, Daejeon, 305-760, Korea

in burned site, but unburned site has the forest floor of 1.5cm thick. There were no significant differences in soil organic matter, total N, available P, exchangeable K, Ca, Na, and Mg, and CEC, pH in all soil depth, between unburned and burned sites after 3 days of forest fire and between burned site after 3 days and 8 months of forest fire, except in organic matter in 10~20cm soil depth in hardwood sites and in exchangeable Ca in the 10~20cm soil depth, and in Mg in the two soil depths in hardwood sites. It seems to be that forest fire had not changed the chemical soil properties in this study.

KEY WORDS : FOREST FIRE, GAEJOKSAN, VEGETATION, SOIL ORGANIC MATTER

서 론

산화(forest fire)는 산림생태계를 직접적으로 파괴시키며, 산림환경을 크게 변화시킨다. 산불은 산림 내 식물에 직접적인 영향을 주는데, 대부분의 수목들은 산불로부터 자신을 보호하기 위해 저항력(resistance)을 가지거나, 또는 산불에 대한 내성(tolerance)을 가지게 된다. 예로 미국의 western larch(*Larix occidentalis*), douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*), ponderosa pine (*Pinus ponderosa*) 등은 성장함에 따라 두꺼운 수피층을 형성함으로써 강한 산화로부터 자신을 보호하는 것으로 알려져 있다(Kimmins, 1987). 반면, 초본층의 일부 종들은 제거 또는 감소되어 이로 인하여 산림 내 광선이나 수분, 양분에 따라 경쟁의 양식도 변하여 어떤 종들은 성장에 도움을 받아, 일정기간 후에는 원래의 산림에 있던 개체수보다 증가하기도 하며, 침입에 방해가 되는 종들이 제거됨에 따라 새로이 침입하는 종들이 나타나기도 한다. 또한 Kimmins(1987)는 식물의 각 성장단계 즉, 개화기(flowering), 결실기(fruiting), 휴면기(dormant)에 따라 다른 영향을 줄 수 있으며, 그에 따라 다양하게 적응하는 과정에도 영향을 줄 수 있다고 하였는데, 본 연구대상지의 산불은 대부분의 식물들이 개화가 시작되는 4월에 발생하여 산불지역 내 식물들은 위의 단계 중 개화기 단계 혹은 그 직전단계에서 영향을 받은 것으로 판단된다.

산불은 유기층(forest floor)의 대부분과 표토를 태워서 임상 노출에 의한 유거수 증가와 토양침식을 발생시키며, 토양의 이 · 화학적 특성을 변화시킨다. 산불로 인해 토양에서 발생되는 가장 큰 피해는 산불의 연료로 사용되는 유기층의 손실이다. 산림에서 유기물은 토양의 물리적 특성 변화에 지배적 역할을 한다. 또한 질소의 대부분을 공급하고, 유효인산의 5~60%를 공급하며, 양이온 치환용량을 개선시키는 등 토양특성에 큰 영향을 준다. 산불로 인해 유기층에 존재하는 대부분의 유기물은 유실되고, 식생과 유기층이 제거됨으로써 토양온도는 증가된다. 그리고 토양에서 수분증발이 증가됨으로써 토양 내 수분함량의 감소를 가져온다(Armson, 1977; Pritchett and Fisher, 1987). 어쨌든, 산화로 인해 대부분의 유기층이 유실되는 것과는 달리, 산불발생 후 토양 내 유기물함량 변화는 다양한데, 비교적 약한 산불로 인해 큰 변화가 없거나(Armson, 1977), 수목과 유기층(forest floor)의 산화로 인한 재(ash)의 유입으로 증가(Olsen, 1981) 또는 감소한다(Van Wagner, 1963).

질소는 약 200℃에서 증발되기 때문에 유기층에 존재하는 많은 양의 질소는 산화에 의해 쉽게 유실된다. Knight(1966)는 300~700℃의 산불로 유기층에 존재하고 있던 질소 중 25~64%가 유실 되었다고 보고하였다. 반면, 산불로 인한 토양 내 질소는 산불의 강도와 존속시간 등에 따라 감소되거나, 큰 변화가 없거나, 또는 유기층의 산화로 인한 재의 토양 내 유입으로 인해 증가하는 것으로 보고된다(Wright and Bailey, 1982).

산화 후 유효인산, 칼륨, 칼슘, 그리고 마그네슘 같은 양분들은 토양층에서 일시적으로 증가하는 경우가 발생하는데(Wells, 1971), 이러한 결과는 유기층에 존재하던 양분들이 산화로 인한 급격한 분해 후 토양층으로 이동하기 때문이다. Pritchett와 Fisher(1987)는 강도가 높은 산불이 발생할 경우 토양에서 부식이 줄어들면서 토양 중 양이온치환용량은 감소한다고 하였다. 산화로 인해 토양에서 양료가 증가할 경우 토양산도를 감소시키는 결과를 가져오거나 또는 변화가 없는 것으로 보고된다(Wells,

1971; Burns, 1952).

산불로 인한 산림피해는 매년 발생하고 있으며, 산불 발생지에 대한 빠른 복구는 필수적이며, 산림 내 식물과 토양은 산림생태계에서 필수인자이기 때문에 산불로 인한 식물과 토양특성 변화에 대한 이해는 합리적인 산림경영에 필수적이다. 본 연구는 대전광역시 대덕구에 위치한 계족산 산화지의 식생 및 토양조사를 통해 산화에 의한 초본류 발생 및 산림토양 변화를 조사하기 위해 실시되었다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황

본 연구는 대전광역시 대덕구에 위치하고 있는 계족산의 곰솔우점림(이하 침엽수림)과 아까시나무우점림(이하 활엽수림)에서 2000년 4월 3일에 발생한 산화지를 대상으로 실시되었다. 산불로 인한 피해면적은 약 4ha이고, 산불발생 5시간 후에 진화되었으며, 산화 후 고사목들은 벌채되지 않았다. 산화지의 경사는 30~35°이고 방위는 남남서이며, 침엽수 중 최대목의 흉고직경이 약 28cm, 활엽수 중 최대목의 흉고직경이 27cm인 성숙 임분이었다.

산화로 인해 침엽수와 활엽수 지역에서 관목류는 대부분 소실되었으며, 교목들의 대부분은 수피만 소실되었다. 비산화지는 낙엽 등에 의해 형성되는 유기물층이 침엽수지역 약 1.5cm, 활엽수지역 약 1.5cm로 발달되어 있는 반면, 산화지는 산화로 인해 유기물층이 모두 소실되었다. 본 조사지에서 A층은 존재하지 않았는데 우리 나라의 인가 주변에서 흔히 볼 수 있는 침식피해지이기 때문인 것으로 사료된다. 본 조사지의 기상조건은 연 평균기온 12.3℃, 최고평균기온 18.1℃, 최저평균기온 7.7℃이며

Table 1. Importance value of hardwood and softwood forest on unburned and burned areas

Species	Softwood forest				Hardwood forest			
	U		B		U		B	
	IV	OR	IV	OR	IV	OR	IV	OR
Pinus thunbergii	126.61	1	60.07	2	-	-	34.73	4
Pinus densiflora	27.88	2	20.99	5	23.53	3	-	-
Robinia pseudoacacia	26.19	3	23.67	3	200.75	1	93.09	1
Castanea crenata	25.55	4	23.21	4	-	-	-	-
Styrax japonica	12.15	5	6.77	11	15.11	5	24.11	6
Picrasma quassioides	12.00	6	-	-	-	-	-	-
Prunus sargentii	11.22	7	-	-	-	-	-	-
Quercus variabilis	11.10	8	-	-	-	-	-	-
Quercus accutisima	9.75	9	19.45	6	-	-	43.73	2
Quercus aliena	9.28	10	19.01	7	37.53	2	-	-
Quercus serrata	9.16	11	69.45	1	23.05	4	40.09	3
Quercus dentata	9.03	12	-	-	-	-	-	-
Quercus mongolica	8.87	13	-	-	-	-	27.03	5
Corylus heterophylla var. *thunbergii*	-	-	14.45	8	-	-	-	-
Ailanthus altissima	-	-	8.82	9	-	-	-	-
Lindera erythrocarpa	-	-	6.94	10	-	-	-	-
Diospyros lotus	-	-	6.77	11	-	-	-	-
Juniperus rigida	-	-	6.69	13	-	-	17.29	8
Celtis sinensis	-	-	6.36	14	-	-	-	-
Lindera glauca	-	-	6.36	14	-	-	-	-
Symplocos chinensis for. *pilosa*	-	-	-	-	-	-	19.95	7

*U : unburned area, B : burned area, IV : importance value, OR : order

Table 2. Characteristics of soil horizons in unburned *Pinus thunbergii* dominant stand in Gaejoksan

Soil horizon	Depth (cm)	Texture	Structure	Soil color	Bulk density (g/cm^3)	Stonnies	Soil moisture content (%)
O	1.5~0	-	-	-	-	-	-
B	0~40	SCL	Blocky	Dark red	1.03	Moderately low	21.3

Table 3. Characteristics of soil horizons in unburned *Robinia pseudoacasia* dominant stand in Gaejoksan

Soil horizon	Depth (cm)	Texture	Structure	Soil color	Bulk density (g/cm^3)	Stonnies	Soil moisture content (%)
O	1.5~0	-	-	-	-	-	-
B	0~43	SL	Blocky	Dark red	1.24	Low	23.9

연평균강수량은 1,353.8mm로 연중 6~8월에 집중하고 있다(기상청, 1971~2000).

산화의 영향을 비교하기 위해 비산화지역은 산불이 발생한 부근에서 입지가 비슷하고 임분이 비슷한 지역을 선정하였다. Table 1은 조사지역 내 침엽수림과 활엽수림에서 산불의 피해를 받은 지역과 피해를 받지 않은 지역에 따른 각 수종의 중요치를 계산한 결과이다. Table 1에서 보는 바와 같이 침엽수림내의 산불의 피해를 받지 않은 지역에 나타난 수종은 총 13종으로 가장 중요치가 높은 종은 곰솔(*Pinus thunbergii*)이었으며, 소나무(*Pinus densiflora*), 아까시나무(*Robinia pseudoacacia*), 밤나무(*Castanea crenata*) 등의 순으로 나타났다. 반면 산불의 피해를 받은 지역의 종수는 총 14종으로 졸참나무(*Quercus serrata*)가 가장 높은 중요치를 나타냈으며, 곰솔(*Pinus thunbergii*), 아까시나무(*Robinia pseudoacacia*), 밤나무(*Castanea crenata*), 소나무(*Pinus densiflora*) 등의 순으로 나타났다.

비산화지역의 침엽수림과 활엽수림 우점림의 비산화지의 토양단면 특성은 Table 2, 3과 같다.

2. 조사 및 분석방법

(1) 초본층의 발생조사

초본층의 식생조사는 2001년 7월 21일 침엽수와 활엽수지역의 산화지와 비산화지 두 지역에서 상부에서 아래로 약 20m 간격으로 10m×10m 크기의 방형구를 6개씩 총 24곳을 선정하였다. 초본층은 통상 수고 0.8m 이하의 식물을 대상으로 조사하였으며, 출현종의 우점도는 Braun-Blanquet(1964)의 전추정법을 변형한 Dierssen(1990)의 9등급을 적

Table 4. The Braun-Blanquet and Dierssen cover-abundance scales

Value	Braun-Blanquet(1964)	Value	Dierssen(1990)
r	solitary, with small cover	r	1~2 individual, <1% cover
+	few, with small cover	+	2~5 individual, 1~5% cover
1	numerous, <5% cover	1	6~50individuals, <5% cover
		2m*	>50 individuals, <5% cover
2	any number, 5~25% cover	2a	any number, 5~12.5%
		2b	any number, 12.5~25%
3	any number, 25~50% cover	3	any number, 25~50%
4	any number, 51~75% cover	4	any number, 50~75%
5	any number, 76~100% cover	5	any number, 75~100%

*m=multum: much

Table 5. Herb layer characteristics of hardwood forest and softwood forest on unburned and burned areas

Herb layer	Softwood		Hardwood	
	Burned area	Unburned area	Burned area	Unburned area
Coverage(%)	71.7	65.0	68.3	53.3
Species number	18.7	23.0	14.3	14.0
Dominant species	*Pueraria thunbergiana*, *Parthenocissus tricuspidata*	*Parthenocissus tricuspidata*, *Pueraria thunbergiana*	*Robinia pseudoacacia*, *Quercus serrata*	*Disporum smilacinum*, *Quercus serrata*

용하여 조사하였다(Table 4).

(2) 토양표본 채취 및 분석방법

토양조사는 2000년 4월에 산화발생 직후 그리고 약 8개월 후인 12월에 침엽수와 활엽수지역의 산화지와 비산화지 두 곳에서 상부에서 아래로 약 20m 간격으로 각 6개 지점을 선정하여 수행하였다. 토양의 이화학적 특성 분석을 위해 0~10cm 그리고 10~20cm 토양깊이에서 토양시료를 채취하여 실험실로 운반한 후 그늘에서 건조하였다. 토양의 가비중은 각 토양 깊이에서 excavation법(Black *et al.* 1965)으로 구했으며, 수분함량을 위해 채취된 토양은 비닐에 넣은 뒤 실험실로 운반하여 건조기에서 105℃로 건조시켰다(Miller and Donahue, 1990). 토양의 유기물함량은 Wakely-Black wet oxidation법으로 분석하였고, 전질소는 Kjeldahl법, 유효인산은 Lancaster법으로 정량하였으며, 치환성 K, Ca, Mg, 그리고 Na는 ICP로 분석하였다. 토양의 pH는 1:5로 희석하였으며, 양이온치환용량은 Brown법으로 분석하였다. 통계분석을 위해 SAS system을 이용하였으며, 평균값 비교를 위해 0.05 수준에서 Tukey's HSD test를 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 산화가 초본층의 발생에 미친 영향

산불의 피해를 받은 지역과 산불의 피해를 받지 않은 지역의 초본층을 살펴보면, 초본층의 피도는 침엽수지역에서 산화지 71.7%, 비산화지 65.0%, 활엽수지역에서 산화지 68.3%, 비산화지 53.3%로, 침 · 활엽수지역 모두에서 산화지의 피도가 비산화지보다 높았는데, 이는 기존의 교목층과 아교목층을 덮고 있던 식물들의 피해로 인해 초본층에 도달하는 광량이 증가했기 때문이라고 생각된다(Table 5).

또한 초본층의 출현 종수는 침엽수지역에서 산화지 18.7종, 비산화지 23.0종, 활엽수지역에서 산화지 14.3종, 비산화지 14.0종이 출현하였다. 침엽수지역이 활엽수지역보다 초본층의 피도도 높고 출현종수도 많은 것은 침엽수지역의 교목층과 아교목층의 피도가 활엽수지역보다 낮기 때문이라고 판단된다(Table 5).

우점종에서도 산불의 피해를 받지 않은 지역 중 활엽수 지역에서는 애기나리(*Disporum smilacinum*)와 졸참나무(*Quercus serrata*)가 가장 많이 분포하고 있었으며, 침엽수 지역에서는 담쟁이덩굴(*Parthenocissus tricuspidata*)과 칡(*Pueraria thunbergiana*)이 주로 분포하고 있었다. 그러나 산불의 피해를 받은 활엽수 지역에서는 아까시나무(*Robinia pseudoacacia*)와 졸참나무(*Quercus serrata*)의 치수가 가장 많이 발생하였으며, 침엽수지역에서는 칡(*Pueraria thunbergiana*)과 담쟁이덩굴(*Parthenocissus tricuspidata*)이 주로 분포하였다(Table 5).

이러한 결과는 교목층과 아교목층의 피도가 감소하여 초본층에 도달하는 광량이 증가했기 때문이라고 판단된다.

2. 산화가 토양의 화학적 특성 변화에 미친 영향

본 연구 활엽수 지역에서의 비산화지(unburned), 산화 직후(burned, 3 days after forest fire), 그리고 산화 약 8개월 후(burned, 8 months after forest fire)의 토양의 화학적 특성을 조사한 결과는

Table 6. Soil characteristics in unburned, burned(3 days after forest fire), and burned(8 months after forest fire) hardwood dominant stands in 0~10cm soil depth

Soil prop. / Sites	Organic matter (%)	T-N (%)	Av-P (ppm)	Ex-K (mmol/kg)	Ex-Ca (mmol/kg)	Ex-Mg (mmol/kg)	Ex-Na (mmol/kg)	C.E.C (me/100g)	pH (1:5)
Unburned	3.00 (0.96)	0.08 (0.03)	6.72 (5.40)	2.02 (0.29)	6.49 (2.25)	1.62*b (0.40)	0.73 (0.20)	7.86 (0.91)	4.66 (0.07)
Burned(3 days after forest fire)	2.40 (0.55)	0.08 (0.02)	8.63 (5.55)	2.53 (0.62)	9.76 (3.04)	2.77a (0.47)	0.91 (0.50)	8.83 (1.68)	4.56 (0.14)
Burned(9 months after forest fire)	3.14 (0.98)	0.10 (0.03)	9.22 (11.2)	2.50 (0.79)	15.5 (6.58)	3.27 (0.93)	0.55 (0.33)	10.3 (2.69)	4.70 (0.14)

*Different letters indicate statistical difference between the burned and unburned site at the 5% level.

Table 7. Soil characteristics in unburned, burned(3 days after forest fire), and burned(8 months after forest fire) hardwood dominant stand in 10~20cm soil depth

Soil prop. / Sites	Organic matter (%)	T-N (%)	Av-P (ppm)	Ex-K (mmol/kg)	Ex-Ca (mmol/kg)	Ex-Mg (mmol/kg)	Ex-Na (mmol/kg)	C.E.C (me/100g)	pH (1:5)
Unburned	1.39 (0.21)	0.06 (0.01)	0.58 (0.64)	0.11 (0.02)	3.42*b (2.36)	1.14b (0.62)	0.75 (0.26)	6.48 (0.63)	4.82 (0.11)
Burned(3 days after forest fire)	1.18 (0.15)	0.06 (0.01)	0.73 (0.95)	0.09 (0.03)	7.45a (2.55)	2.31a (0.55)	0.78 (0.44)	7.07 (0.62)	4.62 (0.11)
Burned(9 months after forest fire)	2.65 (2.42)	0.11 (0.09)	1.94 (3.33)	2.60 (0.63)	11.42 (11.21)	2.76 (1.93)	0.54 (0.23)	8.20 (3.11)	4.75 (0.13)

*Different letters indicate statistical difference between the burned and unburned site at the 5% level.

Table 6, 7과 같으며, 침엽수 지역에서의 비산화지, 산화 직후, 그리고 산화 8개월 후의 토양의 화학적 특성을 조사한 결과는 Table 8, 9와 같다.

본 연구에서 유기물함량은 침엽수지역의 10~20cm 토양 깊이에서를 제외하고는(Table 6), 활엽수 및 침엽수지역의 모든 조사지역에서 산불발생 직후 그리고 8개월 후에도 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다(Table 6, 7, 8, 9). 일반적으로 강도가 낮은 산화의 경우 토양 내 유기물함량은 변화가 없는 것으로 알려져 있다. 반대로 산화 후 토양 내 유기물함량이 증가되는 경우는 수목이나 초본류, 그리고 유기물층의 소실로 발생된 많은 양의 재 중 그 일부가 토양으로 유입될 경우 토양내 유기물 함량은 증가된다. 본 연구 산화지의 침엽수와 활엽수지역은 우리 나라에서 발생하는 일반적인 산불의 형태처럼 산화로 인해 교목의 수피 일부만 태운 상태이며, 따라서 산화로 발생된 재의 대부분은 유기층의 산화로 인해 발생되었을 것으로 추정된다. 본 연구 비산화지 침엽수지역의 유기물층은 약 1.5cm, 활엽수 지역의 경우도 약 1.5cm로 그 발달이 매우 빈약하고 또한 산화지에서 산화로 발생된 재 중에서 많은 양은 바람과 물에 의해 유실되고 그 중 일부가 토양으로 유입되었다고 판단되나, 그 양이 적어 토양의 유기물 함량 변화에 큰 영향을 미치지 못했다고 사료된다.

모든 토양 깊이에서 질소함량은 침엽수 및 활엽수 지역 모두에서 산화 직후 그리고 약 8개월 후에도 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 일반적으로 산화지에서 질소함량이 증가할 경우 이는 유기물의 산화로 인한 재의 유입으로 해석된다. 그러나 전술한 바와 같이 식생과 유기물층의 산화로 인한 토양으로의 재의 유입은 적었기 때문에 토양 내 질소함량에 큰 영향을 주지 못했던 것으로 사료된다.

유효인산 함량은 모든 토양깊이에서 산화지와 비산화지간 그리고 산화 직후와 산화 8개월 후 간에 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 치환성 Ca,

Table 8. Soil characteristics in unburned, burned(3 days after forest fire), and burned(8 months after forest fire) softwood dominant stand in 0~10cm soil depth

Sites \ Soil prop.	Organic matter (%)	T-N (%)	Av-P (ppm)	Ex-K (mmol/kg)	Ex-Ca (mmol/kg)	Ex-Mg (mmol/kg)	Ex-Na (mmol/kg)	C.E.C (me/100g)	pH (1:5)
Unburned	2.80* (0.66)	0.10 (0.01)	9.35 (4.10)	1.92 (0.72)	8.75 (4.93)	2.71 (1.06)	0.53 (0.10)	8.63 (1.90)	4.55 (0.28)
Burned(3 days after forest fire)	2.37 (0.76)	0.07 (0.03)	8.00 (6.00)	1.94 (0.61)	7.12 (3.08)	2.43 (1.13)	0.65 (0.16)	7.32 (1.25)	4.67 (0.21)
Burned(9 months after forest fire)	1.50 (1.56)	0.11 (0.04)	11.2 (18.1)	2.54 (0.92)	13.0 (7.74)	3.53 (1.70)	0.63 (0.27)	8.82 (2.05)	4.67 (0.20)

*Different letters indicate statistical difference between the burned and unburned site at the 5% level.

Table 9. Soil characteristics in unburned, burned(3 days after forest fire), and burned(8 months after forest fire) softwood dominant stand in 10~20cm soil depth

Sites \ Soil prop.	Organic matter (%)	T-N (%)	Av-P (ppm)	Ex-K (mmol/kg)	Ex-Ca (mmol/kg)	Ex-Mg (mmol/kg)	Ex-Na (mmol/kg)	C.E.C (me/100g)	pH (1:5)
Unburned	1.58 (0.40)	0.05 (0.01)	1.02 (1.54)	2.17 (1.49)	5.49 (2.98)	1.92 (0.86)	0.55 (0.12)	7.33 (1.50)	4.76 (0.16)
Burned(3 days after forest fire)	1.27*[b] (0.17)	0.04 (0.01)	0.54 (1.05)	2.57 (1.37)	6.00 (3.19)	2.02 (1.36)	0.61 (0.26)	6.68 (0.89)	4.75 (0.11)
Burned(9 months) after forest fire	3.78[a] (1.08)	0.04 (0.03)	0.14 (0.29)	2.50 (1.04)	6.67 (5.56)	2.25 (1.55)	0.62 (0.27)	7.33 (3.94)	4.61 (0.18)

*Different letters indicate statistical difference between the burned and unburned site at the 5% level.

Mg, K, 그리고 Na의 경우 비산화지와 비교하여 산화 직후 활엽수지역의 0~10cm 토양깊이에서 Mg이, 그리고 활엽수지역의 10~20cm 토양깊이에서 Ca와 Mg만 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다 (Table 8, 9). 이러한 결과는 산화 후 치환성 양이온들의 토양에서의 증가는 빗물에 의한 침적이 가장 큰 원인이기 때문에, 비가 오기 전 토양에서의 일부 치환성 양이온들의 증가는 산불에 의한 영향보다는 토양자체의 변이 등 다른 요인 때문으로 사료된다.

침엽수 지역의 경우 모든 조사 토양깊이에서 산화 직후 그리고 산화 약 8개월 후에도 치환성 양이온들은 처리간에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다 (Table 8, 9). 침엽수 지역에서 산화로 인한 토양 내 양이온들의 변화가 없게 나타난 것은 유기물이나 질소의 경우처럼 본 연구지 유기물층의 발달이 비교적 적었기 때문에 산화로 인한 급격한 분해로 인한 치환성 양이온들의 발생량이 적었고 또한 산화로 인한 유기물층과 침엽수 잎들의 제거로 인한 표토의 침식이나 유거수의 증가로 인한 양이온들의 유실로 토양내 유입량이 많지 않았기 때문인 것으로 추정된다.

본 연구에서 토양의 양이온치환용량은 모든 깊이에서 집단간에 차이가 없는 것으로 나타났다. 이 결과 또한 산화의 부산물인 유기물의 토양 내 유입량이 적었거나 또는 바람이나 빗물에 의한 유기물의 유실 등으로 인한 토양으로의 유기물의 유입량이 표토의 양이온치환용량을 크게 변화시킬 만큼 크지 않았기 때문으로 사료된다.

산불발생 후 토양산도가 낮아지는 것은 산화 후 부산물의 대부분을 발생시키는 수목과 유기물층의 산화로 인한 많은 양의 양이온들의 토양 내 유입 때문으로 알려져 있다. 본 연구에서 토양 pH는 모든 토양깊이에서 산화지와 비산화지 간에 그리고 산화 직후와 8개월 후 간에 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 전술한 것처럼 산불 발생 후 토양의 pH를 높이기 위해서는 다량의 양이온이 필요한데, 본 연구에서는 산불발생으로 인한 양이온들의 유입은 적

은 것으로 나타났으며, 유의적인 차이가 있었던 산화 직후 활엽수지역의 경우도 토양에서의 pH가 크게 차이가 날만큼 평균값에 차이가 큰 것은 아니라고 사료된다.

인 용 문 헌

기상청(1971~2000) 기상연보.

Armson, K.A.(1977) Forest soils. University of Toronto Press, Toronto, 390pp.

Black, C.A., D.D. Evans, L.E. Ensminger, J.L. White and F.E. Clark(1965) Methods of Soil Analysis. Part I: Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling. Am. Soc. Agr., Madison, WI, 770pp.

Braun-Blanquet, J.(1964) Pflanzensoziologie. Grundz ge der Vegetationskunde. Springer-Verlag, New York, 865pp.

Burns, P.Y.(1952) Effects of fire on forest soils in the pine barren regions of New Jersey. Yale Univ. School of Forestry Bull. No. 57.

Dierssen, K.(1990) Einf hrung in die Pflanzensoziologie. Akademie-Verlag Berlin, 241pp.

Kimmins, J.P.(1987) Forest Ecology. Prentice Hall, New Jersey, 596pp.

Knight, H.(1966) Loss of nitrogen from the forest floor by burning. For. Chron. 42: 149-152.

Miller, R.H. and R.L. Donahue(1990) Soils. An introduction to soils and plant growth. Prentice Hall, New Jersey, 768pp.

Olsen, J.S.(1981) Carbon balance in relation to fire regimes. pp. 327-378. In Fire regimes and ecosystem properties. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. WO-26. Washington, D.C.

Pritchett, W.L. and R.F. Fisher(1987) Properties and management of forest soils. John Wiley & Sons, 494pp.

Tarrant, R.F.(1956) Effects of slash burning on some soils of the Douglas-fir region. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 20: 408-411.

Van Wagner, C.E.(1963) Prescribed burning experiments: red and white pine. Canada Dept. Forestry Publ. No. 1020, Ottawa.

Wells, C.G.(1971) Effects of prescribed burning on soil chemical properties and nutrient availability. pp. 86-99. In Proc. Prescribed Burning Symp. USDA For. Serv., SE For. Expt. Sta., Asheville.

Wright, H.A. and A.W. Bailey(1982) Fire Ecology: United States and Southern Canada. John Wiley and Sons, New York.