Korean J. Ecol., 21(5-1):465~473, 1998

팔공산에서 식생과 토양에 미치는 산불의 영향

심 학 보 · 김 원*
경상북도자연학습원 · 경북대학교 생물학과*

Effects of Fire on Vegetation and Soil Nutrients in Mt. Palgong

Sim, Hak-Bo and Woen Kim*
Province of Kyungsangbuk-Do Nature Studying Institute, Kumi, Korea
*Department of Biology, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea**

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the developmental process of plant community during the secondary succession and changes of soil properties in the burned areas lapsed 28 years after the forest fire in Mt.Palgong. The forest fire occurred on March, 1969 and the red pine (*Pinus densiflora*) forest and its floor vegetation were burned down. The results are summarized as follows: the floristic composition of burned and unburned areas were composed of 49 and 48 species of vascular plants, respectively. The dominant species based on SDR4 of the burned sites were *Lespedeza maximowicxii* (87.75), *Carex humilis* (62.94), *Rhododendron schlippenbachii* (55.78) and *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens* (51.94).

In contrast, *Pinus densiflora* (81.17), *Quercus serrata* (53.58), *Carex humilis* (53.11) and *Miscanthus sinenis* var. *purpuracens* (52.42) were dominant in the unburned area. The biological spectra showed the $H\text{-}D_1\text{-}R_5\text{-}e$ type in both areas. The indices of similarity (CCs) between the two areas were 0.80. Degree of succession (DS) was 734 in the burned area and 809 in the unburned area. The species diversity (H) and evenness indices (e) in the burned and unburned areas were 2.05, 2.13 and 0.53, 0.55, respectively. Dominance index (C) in the burned and unburned areas were 0.30 and 0.32, respectively. Soil properties such as soil pH, content of organic matter, total nitrogen, total carbon, exchangeable potassium, sodium, calcium, and magnesium in burned area were comparatively higher than those of unburned area. Monthly changes of soil properties were of little significance except for some cases.

These results suggest that there was relationship between trend of vegetation recovery and the changes of soil properties after the forest fire. Mixed forestation of fire-resistant species and nitrogen fixation species will be effective for reforestation after the forest fire.

Key words: Biological spectra, Degree of succession, Dominant species, Secondary succession, Species diversity.

서 론

전 국토의 약 65%를 차지하고 있는 우리나라의 森林은 민족 수난의 역사와 더불어 극도로 황폐해져 왔으나 황폐산지의 복구를 위한 지속적인 삼림녹화 정책의 결과 괄목할 만한 성과를 올리게 되었다. 이러한 과정에서 林內 可燃性 物質과 산을 찾는 레저 인구의 증가에 따

라 자연적, 인위적인 원인에 의한 산불 발생의 위험이 점차 높아지고 있다. 최근 우리나라에서는 연간 352건의 산불이 대부분 사람에 의한 실화로 인하여 연평균 739 ha의 소중한 삼림이 소실되고 있다 (산림청 임업연구원 1996).

산불발생은 삼림식생의 변화 뿐만아니라 (Vogl 1964, Anderson and Bailey 1980) 토양의 이화학적 성질에도 영향을 미친다는 것이 밝혀졌으며 (Daubenmire 1968, Schoch and Binkley 1986), Peet 등 (1975)은 산불에 의한 미환경의 변화에 대해 보고하였다. 산불이 일어나면 원래 상태로 회복되기 위한 2차 천이가 진행되게 되는데 Whittaker (1965) 및 Shafi와 Yarranton (1973)은 천이가 진행되는 동안 식물의 종다양성의 변화에 대해서 밝혔다.

한편 Swan (1970)은 New York 주에서 산화지와 비산화지의 빈도를 기준으로 종을 Increaser, Decreaser, Neutural, Invader, Retreater의 5개 범주로 나누어 식물군집에 대한 변화를 분석하였다.

우리나라에서는 홍 등 (1968), 강과 이 (1982), 김 (1989), 심과 김 (1993), 문과 정 (1996) 등이 산불이 일어난 후 2차 천이와 토양의 이화학적인 변화를 조사하였다.

본 연구는 산불이 일어난 후 산화지에서 진행되는 2차 천이 과정의 변화 양상을 究明하고 토양성분의 변화를 분석하여 산화지의 효율적인 관리와 기초자료를 제공하는데 그 목적을 두었다.

재료 및 방법

조사지 개황

조사지는 대구광역시 북방에 있는 소백산맥 남단인 팔공산 (1,192 m)의 동편능선 (북위36° 동경 128° 45′)에 위치하고, 1969년 3월 발생한 산불로 인해 약 10 ha 이상의 소나무림과 그 임상식생이 완전히 파괴된 산화지와 그와 인접한 비산화지 중 비교적 植被가 균일한 곳을 조사지로 선정하였다 (Fig. 1). 조사지는 해발 850 m, 경사도 20~30°로 서사면이 동사면보다 경사가 급한 편이고 모암은 화강암으로서 토양은 갈색삼림토 (brown forest soil)이고, 토성은 거의 대부분이 양질사토 혹은 사질양토로 구성되어 있으며, 대조구인 비산화지의 식생도 소나무와 낙엽활엽수의 混淆林이지만 소나무가 우점하고 있으며 임상식생은 비교적 빈약한 편이었다 (대구직할시 1994).

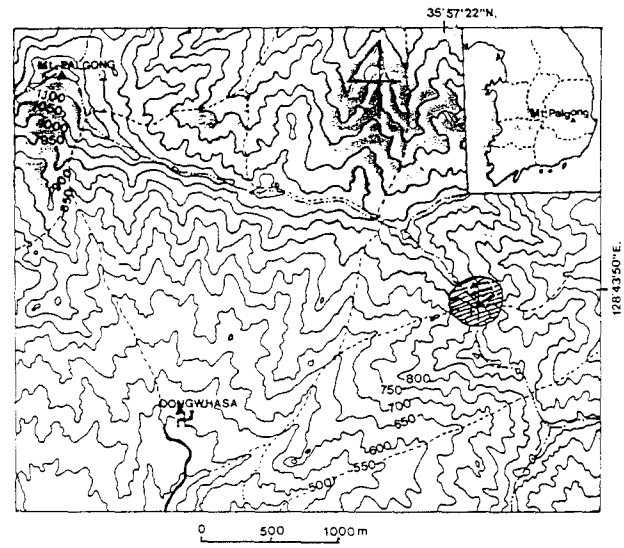

Fig. 1. Topographical map of investigated area (marked) in Mt. Palgong.
(The arrows indicate the direction of the fire spread.)

조사방법

식생조사는 1997년 3월부터 1997년 10월까지 예비조사를 실시하였고, 표본추출은 1997년 9월에 산화지와 대조구인 비산화지로 구분하여 비교적 식피가 균일한 지소에서 10 m×10 m의 방형구를 각각 3개구씩 임의로 선정하고 그 중에서 무작위로 1 m×1 m 방형구 10개씩 총 60개구를 표본추출하였다. 방형구내에 출현한 식물중 Braun-Blanquet에 의해 피도계급 "1"이하, 우점도 계급"+"이하의 식물은 조사대상에서 제외하였다.

각 지소의 방형구에 출현한 식물의 종류, 개체수, 피도, 빈도 및 식생고 등을 측정한 자료를 토대로 하여 다음 내용을 분석하였다.

우점종은 적산 우점도 (summed dominance ratio: SRD_4)를 Numata (1969) 방법으로 구하였고, 종다양성 지수 (species diversity index : H)는 Shannon-Weaner (1963) function으로, 우점도 지수 (dominance index:C)는 Simpson (1949)의 방법에 의해서 산출하였다. 또한 산화지와 대조구간의 유사도 (similarity)는 Sørensen (1948)지수로 비교분석 하였고, 균등성 지수 (evenness index)는 Pielou (1966)의 방법으로 구하였다. 각 지소에서 출연한 식물의 생활형 (life form: L)

은 Raunkiaer (1934)의 방법으로, 산포기관형 (disseminule form: D), 근계형 (radicoid form: R) 및 생육형 (growth form: G)은 Numata (1969)의 방법을 사용하였고, 생활형별로 SDR4를 구한 후 각 지소간의 생활형 조성을 비교하였다.

본 연구에서는 식물군집 변화를 Swan (1970) 및 박과 김 (1981)의 방법을 참고하여 적산우점도 (SDR_4)를 기초로 산화지에 출현한 종의 적산우점도가 비산화지보다 높으면 Increaser, 낮으면 Decreaser, 비슷하면 Neutral, 산화지에 출현된 종을 Invader, 비산화지에만 출현된 종을 Retreater의 5개 범주로 나누어 구분하였다.

토양분석에 있어 토양성분의 계절적 변화를 알아보기 위해 토양시료는 1997년 3월부터 1997년 12월까지 혹한기인 1월, 2월을 제외한 매월, 낙엽을 제거한 후 산화지와 대조구에서 각각 3번 반복하여 0~50cm깊이의 토양 1,000g 정도를 채취 vinyl bag에 넣어 옮긴 후, 약 1주일간 음건하여 직경 1mm체로 쳐서 분석에 사용하였다.

토양의 pH는 토양과 증류수의 비를 1 : 2.5로 혼합, 진탕 후 여과하여 pH meter (Fisher Scientific Accument Model 50)로 측정하였다. 토양의 총질소함량은 micro-Kjeldahl법 (Jackson 1967)으로, 유효인산은 Lancaster법 (Gilford LR26863 stasor Ⅲ)으로, 치환성 양이온인 K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}는 토양시료 2.5g에 1N NH_4OAc 25 ml을 가한 후 30분간 진탕, 여과시킨 후 Atomic absorption spectro-photometer (Perkin-Elmer 2380)로 각각 정량하였다.

유기물함량은 5g의 토양을 자제 도가니에 넣고 105℃에서 48시간 동안 건조시켜 칭량한 후, 550~600℃의 전기로에서 4시간동안 작열시켜 작열 손실량으로 산출하였다. 총탄소함량은 Tyurin법으로 측정하였다. 위의 분석 자료를 기초로 각 지소별 산화지와 비산화지의 토양성분 차이는 t-검정법을 이용하여 자료를 처리하였다.

결과 및 고찰

식생조성

산화지에서 출현한 식물은 49종으로, Increasers로 분류된 목본류에는 조록싸리, 철쭉꽃, 물푸레나무 등이며, 초본류에는 산거울, 오이풀, 고사리 등이 나타났다. Decreasers로 분류된 목본류에는 소나무, 졸참나무, 조릿대 등이며 초본류에는 애기나리, 맑은대쑥, 참나물 등이 비산화지에 비해 적산우점도가 낮은 종으로 나타났다. Neutrals에는 참싸리, 생강나무, 억새 등이 포함되었고, Invaders에는 짚신나물, 술패랭이꽃, 칡 등이 포함되었는데, 본 연구에서는 시간적인 천이계열에 따른 종의 출현을 조사하지 않았기 때문에 불로 인한 침입종으로 단정하기에는 어려움이 있다고 생각된다. Retreaters로는 산초나무, 노린재나무, 산옥잠화 등이 포함되었다.

여기에서 종들을 Swan (1970)의 방법에 의해 단순히 적산우점도를 기초로 구분하였으나, 소나무는 내화성이 약한 종으로 파괴된 후 다시 증가하였고, 졸참나무, 신갈나무는 내화성이 강하여 재생되는 수종으로 decreaser로 구분하는데에는 애로가 있어 각 수종마다의 산화에 대한 특성과 산화 발생후 경과연도 등을 고려한 검토가 요구된다고 생각된다.

산화지에 있어 적산우점도 순위는 조록싸리 (87.75), 산거울 (62.94), 철쭉꽃 (55.78), 억새 (51.94) 순으로 나타났는데, 이 결과는 조 (1987)가 본 조사지에서 우점종 순위가 조록싸리-산거울-억새 순이라는 보고와, 김 (1989)이 산화발생 17년째인 우점종 순위가 조록싸리-억새-산거울 순으로 보고한 것과 유사한 경향을 나타내었다. 이것은 해발 850m인 산 능선의 정상부에 위치하고 있는 지형적인 微環境의 차이 때문에 다른 산화지에 비해 천이가 완만하게 진행되기 때문이라 생각된다.

비산화지에 출현한 식물은 48종으로 산화지와 거의 유사한 종이 나타났는데, 적산우점도 순위는 소나무 (81.17), 졸참나무 (53.58), 산거울 (53.11), 억새 (52.42) 순으로 나타났다 (Table 1).

소나무는 내화성이 약하기 때문에 樹幹이 그을린 후 재생되지 않았으나, 소나무림의 임상식생인 참싸리, 조록싸리, 졸참나무, 철쭉꽃 및 털진달래 등은 불에 내화성이 강하므로 지하부 또는 수간으로부터 나온 萌芽에 의해 재생되어서 산화지의 우점종으로 출현하는 것으로 생각된다 (홍 등 1968, 강과 이 1982, 김 등 1986, 김 1989, 심과 김 1996).

생활형 조성

각 생활형의 적산우점도에 의한 백분율을 산출한 결과 휴면형은 산화지, 비산화지에서 반지중 식물 (H)이 39.1%, 36.0%, 산포기관형은 풍산포형 (D1)이 45.6%, 44.0%, 근계형은 단립식물 (R5)이 69.0%, 70.1%로 각각 우세하였다. 그리고 생육형은 산화지, 비산화지에서 직립형 (e)이 65.3%, 64.6%로 각각 우세하였다 (Fig. 2).

Table 1. Species group and life-form spectra of the burned(B) and unburned(U) areas

Species	B	U	Life-form			
	SDR_4	SDR_4	L	D	R	G
Increasers						
Lespedeza maximowiczii	87.75	38.98	N	3	5	e
Carex humilis	62.94	53.11	H	1	5	t
Rhododendron schlippenbachii	55.78	47.24	N	3	5	b
Fraxinus rhynchophylla	45.04	30.77	M	1	5	e
Acer palmatum	33.12	25.01	M	4	5	e
Sanguisorba officinalis	32.48	19.53	H	4	5	pr
Pteridium aquilinum var. *latiusculum*	28.08	26.71	G	1	3	e
Lilium distichum	24.58	17.76	G	3	5	e
Spodiopogon cotulifer	24.28	18.45	H	1	3	t
Lysimachia barystachys	21.73	14.52	G	4	3	e
Viola acuminata	20.49	18.42	H	3	5	pr
Cirsium japonicum var. *ussuriense*	19.97	11.41	H	1	5	pr
Indigofera kirilowii	19.03	14.25	N	3	5	e
Euonymus alatus for. *ciliato-dentatus*	17.81	16.31	N	4	5	e
Phryma leptostachya var. *asiatica*	14.93	12.75	G	2	3	e
Peucedanum terebinthaceum	14.69	11.68	H	1	5	b
Gentiana scabra var. *buergeri*	13.27	10.76	G	4	3	e
Artemisia capillaris	12.47	10.90	H	1	3	e
Leibnitzia anandria	12.13	10.09	H	1	5	r
Decreasers						
Quercus serrata	32.29	53.58	M	4	5	e
Sasa borealis	27.57	29.31	N	1	5	e
Quercus mongolica	24.62	27.88	M	4	5	e
Pinus densiflora	23.45	81.17	M	1	5	e
Disporum smilacinum	17.21	21.07	G	4	5	b
Artemisia keiskeana	17.13	29.33	H	4	5	e
Pimpinella brachycarpa	16.74	17.76	H	4	3	t
Aster scaber	13.42	23.83	H	4	5	e
Rhododendron mucronulatum var. *ciliatum*	13.42	30.19	N	3	5	b
Vitis flexuosa	12.99	20.81	M	4	3	e
Dryopteris bissetiana	12.81	14.39	H	1	5	e
Dianthus sinensis	10.56	12.63	H	1	5	e
Patrinia scabiosaefolia	10.17	20.40	H	1	5	t
Chrysanthemum zawadskii	7.78	22.51	H	3	5	b
Duchesnea chrysantha	6.29	14.28	H	2	5	l
Neturals						
Miscanthus sinensis var. *purpurascens*	51.94	52.42	H	1	3	t
Arundinella hirta	32.21	32.17	H	1	5	e
Lespedeza cyrtobotrya	26.02	26.86	N	4	3	e
Lindera obtusiloba	25.67	25.60	M	1	5	pr
Hemerocallis fulva	24.90	25.02	G	2	4	p

Table 1. Continued

Species	B	U	Life-form			
	SDR_4	SDR_4	L	D	R	G
Rhus chinensis	20.93	21.07	M	1	3	e
Solidago virga-aurea var. *asiatica*	20.56	19.87	G	1	3	t
Thalictrum aquilegifolium	13.42	13.98	G	3	5	e
Galium verum var. *asiaticum*	13.25	13.58	H	2	5	e
Artemisia japonica	12.25	12.28	H	3	5	r
Invaders						
Agrimonia pilosa	19.82	–	H	4	5	e
Dianthus superbus var. *longicalycinus*	12.78	–	H	1	3	ps
Pueraria thunbergiana	12.31	–	M	3	5	l
Melandryum firmum	12.19	–	Th	4	5	e
Gentiana squarrosa	10.86	–	Th	1	5	pr
Retreaters						
Zanthoxylum schinifolium	–	33.04	N	4	5	e
Symplocos chinensis for. *pilosa*	–	23.31	N	4	5	e
Hosta lancifolia	–	18.66	H	3	5	r
Polygala japonica	–	10.28	G	1	5	b
Total number of species 53	49	48				

L : Life-form (Dormancy form, M:Mega & Mesophanerophyte, N:Nanophanerophyte, H:Hemicryptophyte, G:Geophyte, Th:Therophyte),
D : Disseminule form (D_1:Anemochore & Hydrochore, D_2:Zoochore Brotochore, D_3:Mechanical prpulsion, D_4:Clitochore),
R : Racoid form (R_3:10*l*>d, R_4:Runner and /dr Struk root, R_5:Tuber, Bulb. Corm, Soil root),
G : Growth form (e:erect, b:branched, t:tufted, l:liana, p:prostrate, pr:partialrosette, ps:pesudo-rosette, r:rosette form).

이상의 결과에서 생활형 조성은 산화지와 비산화지에서 동일하게 H-D1-R5-e 형으로 나타났는데 이 결과는 이 (1980)가 강원도 일원의 산화적지 조사에서 생활형 조성이 종 수에서 H-D1-R5-e형으로 산화 이후 2년째부터 회복된다는 보고와, 조 (1987)가 본 산화지 조사에서 산화이후 17년째 생활형 조성이 H-D_1-R_5-e형으로 보고한 결과와 같은 경향을 나타내었다.

유사도, 천이도 및 종다양성

산화지와 비산화지간의 유사도지수 (CCs)는 0.80으로 (Table 2) 조 (1987)가 산화 이후 17년째 산화지와 비산화지의 유사도지수 (CCs)가 0.58로 보고한 것과 비교해 볼 때 높은 값을 나타내어 각 지소간의 유사성이 높을 뿐만 아니라 공통으로 출현된 종의 수가 많아 식생이 비산화지에 가깝게 회복되었음을 나타내고 있다고 생각된다.

Table 2. Similarity index(CCs), degree of succession (DS), species diversity ($\overline{H}$), eveness (e), and dominance index (C) in the burned and unburned areas

Area	CCs	DS	$\overline{H}$	e	C
B	0.80	734	2.05	0.53	0.30
U		809	2.13	0.55	0.32

Whittaker (1970)는 유사도지수가 CCs=0.80 이상이어야 동일군락으로 판단할 수 있다고 보고하였는데, 본 조사지의 경우에도 동일 군락에 가깝다고 할 수 있다.

Numata (1978)는 천이단계의 비교를 위해서는 종류조성이나 생활형 조성과 같은 定性的인 비교 이외에도 천이의 진행을 定量化 하기 위한 천이도 (DS)를 구하여 천이 진행에 따른 동적 평형의 정도를 파악할 수 있다고 하였다. 본 조사지에서는 천이도 (DS)가 산화지와 비산화지에서 각각 734, 809로 조 (1987)가 보고한 산화지와 비산화지에서 각각 375, 668와 비교해 볼 때 천이도가 높은 값을 나타낸 것은 식생회복이 빠르고 목본식물의 생장이 활발한데 기인된 것으로 생각된다.

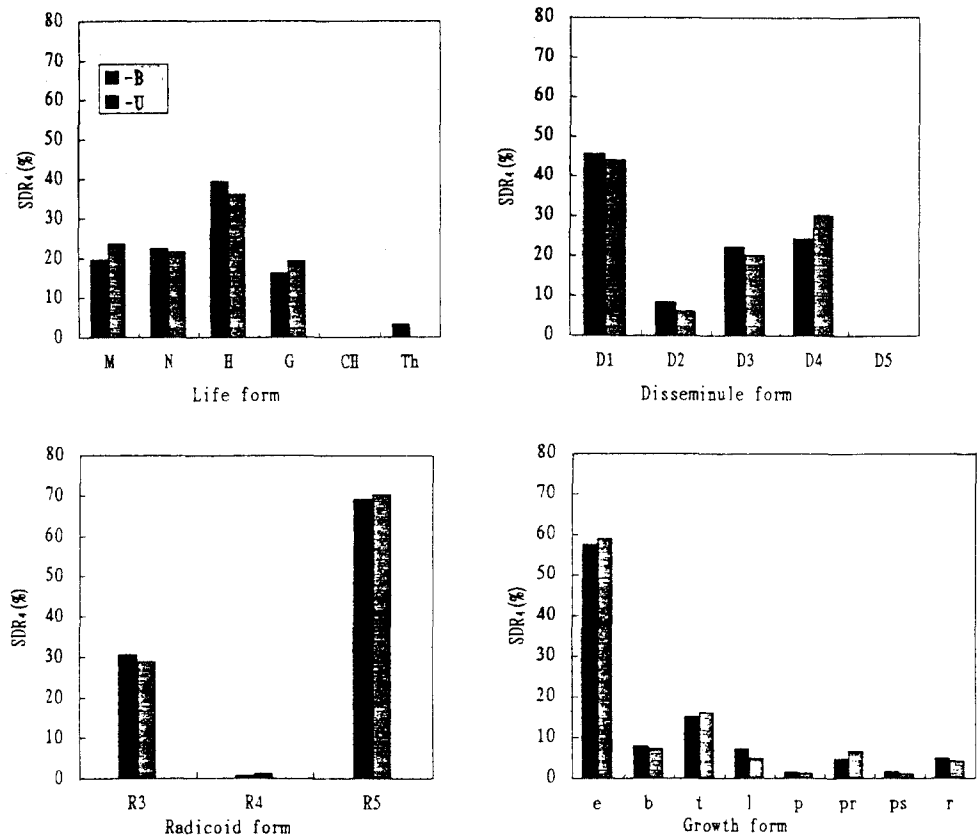

Fig. 2. Diagram of life-form spectra in the burned(B) and unburned(U) areas. Abbreviations are the same as in Table 1.

종다양성지수 (H)는 산화지와 비산화지에서 각각 2.05, 2.13으로 유사하게 나타났는데, 이것은 Shafi와 Yarranton (1973)이 캐나다 Ontario주 Cochrane지역의 산화지 조사에서 산화지에서 종다양성지수가 산화 이후 4~10년 사이에는 상대적으로 높은 값을 나타내지만 천이가 진행되면서 대체로 감소된다고 보고한 결과와 유사한 경향을 나타냈다.

균등성 지수 (e)는 1에 가까운 값을 가질수록 종별 개체수가 균일한 상태라 할 수 있는데 산화지에서 0.53, 비산화지에서 0.55로 나타나 종다양성지수와 유사한 경향을 나타내었다. 우점도 지수 (C)는 산화지, 비산화지에서 각각 0.30, 0.32로 나타났다.

토양성분

토양 pH는 산화지와 비산화지에서 각각 평균 5.01, 5.03으로 나타나 (Table 3), 유의한 차이가 나타나지 않았다. Daubenmire (1968)는 산불 이 후 회분 속의 치환성 양이온인 K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}등이 풍부해져 토양 pH를 상승시키며 불이 난 뒤 1년이 경과하면 정상으로 회복된다고 보고하였다. 월별 토양 pH 변화는 산화지, 비산화지 모두에서 큰 변화가 나타나지 않았다 (Fig. 3). 유기물함량은 산화지에서 평균 10.77%로서, 비산화지의 평균 3.49%보다 높게 나타났으며 (Table 3), 평균차는 유의하였다 ($P<0.001$). 이것은 천이가 진행됨에 임상식생의 생산력 증가에 기인된 것이라 생각된다. 유기물 함량의 월 변화는 산화지 비산화지 모두에서 큰 변화가 나타나지 않았다 (Fig. 3).

유효인산은 산화지, 비산화지에서 각각 평균 12.80 ppm, 17.20 ppm으로 비산화지에서 높은 값을 나타내었고 (Table 3), 평균차는 유의하였다 ($p<0.001$).

Kraemer와 Hermann (1979)가 산불의 강도에 따라서 유효인산의 축적양이 다르다는 보고와 Ahlgren과 Ahlgren (1960)은 유효인산은 산화 직후 증가하고 점차 감

Table 3. Soil properties in the burned (B) and unburned (U) areas. All values are means and SD taken from all sampling dates

Area	pH	O.M.(%)	A.P.(ppm)	T.N.(%)	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	T.C.(%)
					(m.e./100g)				
B	5.01±0.34	10.77±0.99***	12.80±2.40***	0.47±0.06***	0.40±0.06***	0.17±0.03*	0.98±0.13***	0.42±0.7*	6.25±0.57***
U	5.03±0.30	3.49±0.72***	17.20±2.40***	0.20±0.06***	0.30±0.06***	0.13±0.05*	0.87±0.14***	0.34±0.6*	2.03±0.42***

* : $p<0.05$, ** : $p<0.01$, *** : $p<0.001$

O.M. : Organic matter, A.P. : Available phosphorus, T.C. : Total carbon, T.N. : Total nitrogen.

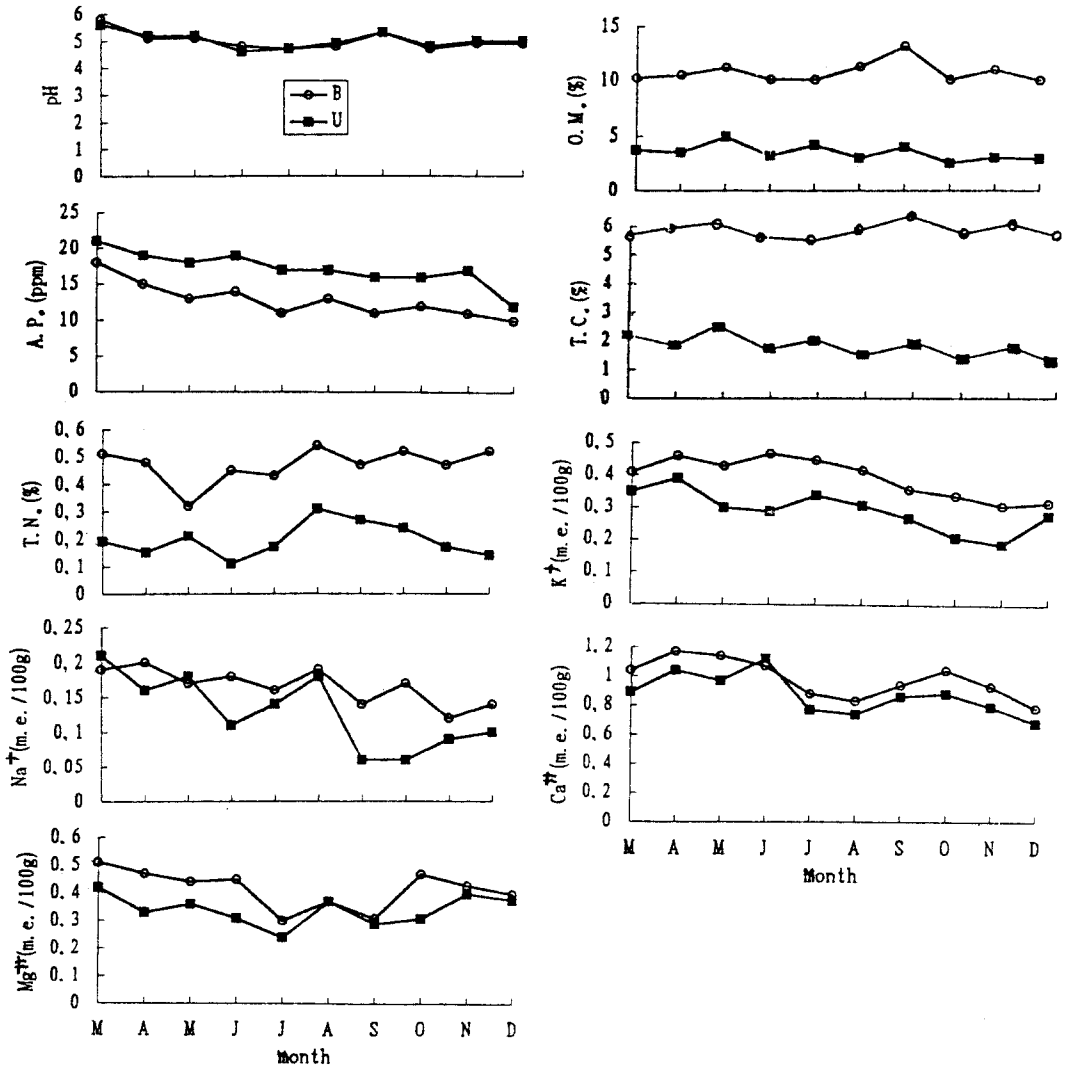

Fig. 3. Monthly changes of soil properties in the burned(B) and unburned(U) areas. Abbrevations are the same as in Table 3.

소한다는 보고와 비교해 볼 때, 본 조사지에서도 산화 후 증가하였다가 점차 감소된 것으로 추정된다. 월별 유효인산의 변화는 12월의 감소 이외는 변화가 거의 나타나지 않았다 (Fig. 3). 총질소 함량은 산화지, 비산화지에서 각각 평균 0.47%, 0.20%로 산화지에서 높은 값을 나타내었고 (Table 3), 유의한 평균차를 보였다. 본 조

사지에 있어서는 산화지가 비산화지에 비해 비교적 높은 값을 나타내어 산불이 토양내의 질소를 증가시킨다고 보고한 Douglas와 Ballard (1971) 및 김과 심 (1994)의 결과와 유사한 경향을 나타내었고 특히 콩과식물인 조록싸리의 우점도 질소함량의 간접적 증가 (Daubenmire 1968)의 중요한 요인으로 추정된다. 월별 총 질소함량의 변화는 산화지에서 5월의 감소와 비산화지에서 6월의 감소 외에는 큰 변화가 나타내지 않았는데 (Fig. 3), 이들 총질소함량의 감소는 식물에 의한 흡수와 강우에 의한 洗脫 및 溶脫에 기인된 것으로 생각된다.

치환성 양이온 중 K^+함량은 산화지, 비산화지에서 각각 평균 0.40 m.e./100 g, 0.30 m.e./100 g으로 산화지에서 높은 값을 나타내었고 (Table 3), 평균차는 유의하였다 ($p<0.001$).

Na^+함량은 산화지, 비산화지에서 각각 평균 0.17 m.e./100 g, 0.13 m.e./100 g으로 역시 유의한 차이가 있었다 ($p<0.001$). Ca^{2+}함량은 산화지, 비산화지에서 각각 평균 0.98 m.e./100 g, 0.87 m.e./100 g으로 유의한 차이가 있었다 ($p<0.001$). Mg^{2+}함량은 산화지, 비산화지에서 각각 평균 0.42 m.e./100 g, 0.34 m.e./100 g으로 산화지에서 높은 값을 나타내었고 (Table 3), 평균차는 유의하였다 ($p<0.05$).

산불은 일반적으로 치환성양이온의 증가를 가져오고, 이 증가된 치환성양이온은 짧게는 1년에서 이온에 따라서는 50년까지도 토양에 영향을 미치게 된다 (Viro 1963)는 보고와 비교해 볼 때 본 조사지에서는 K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} 모두가 산화지에서 증가하였다가 점차 감소하여 비산화지에 유사하게 회복되어 갈 것으로 예상된다. 월 별 K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} 함량의 변화는 초봄에 있어 식물의 흡수에 의한 감소와 강우에 의한 용탈로 인한 감소라고 생각되는 계절적인 경향 외에는 큰 변화가 나타나지 않았다 (Fig. 3).

총탄소함량은 산화지, 비산화지에서 각각 평균 6.25%, 2.03%로 산화지에서 높은 값이 나타났고 (Table 3), 평균차는 유의하였으며 ($p<0.001$) 월별 총탄소함량의 변화는 산화지, 비산화지에서 큰 변화가 나타나지 않았다 (Fig. 3).

적 요

본 연구는 1969년 3월 팔공산 (1,192 m)에서 발생한 산불에 의해 소나무림과 그 林床植生이 완전히 파괴된 산화지에서 진행된 2차 천이의 식물군집 발달과정과 토양성분의 동태를 28년이 경과된 후 비산화지와 비교 분석하였다. 조사지의 식물은 산화지 49종 비산화지 48종으로 유사한 종수가 출현하였다. 적산 우점도 (SDR_4)는 산화지에서 조록싸리 (87.75), 산거울 (62.94), 칡쭉꽃 (55.78), 억새 (51.94)순이었고, 비산화지에서는 소나무 (81.17), 졸참나무 (53.58), 산거울 (53.11), 억새 (52.42) 순이었다. 조사지의 생활형 조성은 산화지와 비산화지 공히 $H\text{-}D_1\text{-}R_3\text{-}e$형으로 나타나 산불 발생 후 식생이 회복되어 안정상태로 복원됨을 보였다. 산화지와 비산화지의 유사도 지수 (CCs)는 0.80으로 산화지가 비산화지의 군락과 동일군락에 가깝게 회복됨을 보였다. 천이도 (DS)는 산화지가 734, 대조구인 비산화지가 809로 나타났으며, 종다양성지수 (H)는 산화지에서 2.05로 비산화지의 2.13보다 비교적 낮은 값을 보였다. 우점도지수 (C)는 산화지, 비산화지에서 각각 0.30, 0.32로 나타났고, 균등성지수 (e)는 산화지, 비산화지에서 각각 0.53, 0.55로 종다양성 지수와 유사한 경향을 나타내었다. 토양성분중 유기물 함량, 총질소 함량, 치환성 양이온 K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} 함량 및 총탄소 함량은 산화지가 비산화지에서 보다 비교적 높게 나타났다. 토양성분의 월변화는 식물에 의한 흡수, 강우에 의한 溶脫로 인한 감소와 낙엽 등의 첨가로 인한 증가로 추정되는 변화 이외에는 큰 변화가 나타나지 않았다.

이상의 결과로 식생회복 과정과 토양성분의 변화 사이에는 관련성이 있다고 보이며, 소나무림의 산화지에 대한 조림시 소나무는 열에 약하고 재생능력이 없기 때문에 수종의 선택시 내화성 및 질소고정 수종의 혼식 등을 고려함이 바람직할 것으로 생각된다.

인 용 문 헌

강상준, 이종태. 1982. 산화적지의 식생회복에 관한 생태학적 연구. 한국생태학회지. 5: 54-62.

김원, 박창규, 조영호. 1986. 팔공산의 산화적지의 2차식생과 2차 천이. 경북대학교 논문집. 42: 183-192.

김원, 심학보. 1994. 용수동지역의 산화지 및 비산화지의 군락구조와 2차 천이. 경북대학교 교육대학원 논문집 26: 1-11.

김원. 1989. 소나무림 산화적지의 이차천이 및 종다양성. 한국생태학회지 12: 285-295.

대구직할시. 1994. 팔공산 자연공원 생태계 조사보고서. 도서출판 일봉. 363p.

문형태, 정연숙. 1996. 강원도 고성지역에서 산불이 소나

무림 토양의 영양염류에 미치는 영향. 한국생태학회지. 16: 375-383.

박봉규, 김종희. 1981. 치악산의 식생과 토양에 미친 산불의 영향. 식물학회지 24: 31-45.

산림청임업연구원. 1996. 고성산불지역 생태조사 결과보고서. 169p.

심학보, 김원. 1993. 섭제골 지역의 산화지와 비산화지의 군락구조 비교. 한국생태학회지. 16: 429-438.

심학보, 김원. 1996. 초례산의 산화지와 비산화지의 식물군집구조 및 토양성분의 동태. 한국생태학회지. 19: 417-430.

이우철. 1980. 산화지의 이차천이에 관한 연구-초기 식생군락 발달에 관하여. 강원대학교 논문집 14: 483-553.

조영호. 1987. 대구주변의 소나무림의 산화적지에서의 이차천이와 종다양성. 경북대학교 박사학위 논문. 58p.

홍순우, 하영칠, 최영길. 1968. 식생, 토양 및 토양미생물에 미치는 불의 효과에 대하여. 식물학회지 11: 9-20.

Ahlgren, I.F. and C.E. Ahlgren. 1960. Ecological effects of forest fire. Bot. Rev. 26: 483-533

Anderson, H.C. and A.W. Bailey. 1980. Effects of annual burnning on vegetation in the aspen parkand of east central Alberta. Can. J. Bot. 58: 958-996.

Daubenmire, R. 1968. Ecology of fire in grassland. Adv. Ecol. Res. 5: 209-266.

Douglas, C.W. and T.M. Ballard. 1971. Effects of fire on alpine plant communities in the North Cascades, Wahington. Ecology 52: 1058-1064.

Jackson, M.L. 1967. Soil Chemical Anaysis. Prentice-Hall, New Delhi 497p.

Kraemer, J.F. and R.K. Hermann. 1979. Broadcast burning; 25 years effecton forest soil in the forest floor by burning. For. Chron. 42 : 149-152.

Numata, M. 1969. Illustrated Plant Ecology. Ashakura Book Co. Tokyo, 33-43(in Japanese).

Numata, M. 1978. The concept of the degree of succession and its application. Papers on Plant ecology to the memory of Dr. Kuniji Yoshioka. 60-70.

Peet, M., R. Anderson and M.S. Adams. 1975. Effect of fire on big bluestern Production Amer. Midl. Natur. 94: 15-26.

Pielou, E.C. 1966. Species-diversity and pattern-diversity in the ecological succession. J. Theroret. Biol. 10: 370-383.

Raunkiaer, C. 1934. The life form of plants and statistical plant geography. Clarendon Press. Oxford. 633p.

Schoch, P. and D. Binkley. 1986. Prescribed burning increased nitrogen avalability in a mature lobally pine stand. For. Ecol. & Manage. 14: 13-22.

Shafi, M.L. and G.A. Yarranton. 1973. Diversity, floristic richness, and species evenness during a secondary succession. Ecology 54: 897-902.

Shannon, C.E and W. Weaner. 1963. The Mathematical Theory of Communication. Univ. Illinois Press. Urbana. 117p.

Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. Nature 163: 688.

Swan, F.R.Jr. 1970. Post-fire response of four plant communties in south-central New York State. Ecology 51: 1074-1082.

Sørensen, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. Detkong. Danske Vidensk. Selsk. Biol. Skr. 5: 1-34.

Viro, P.J. 1963. Factorial experiments on forset humus decomposition. Soil Sci. 95: 24-30.

Vogl, R.J. 1964, The effects of fire on the vegetational composition of bracken-grasslands. Thans. Wis. Acad. Sci. Arts. Lett. 53: 67-82.

Whittaker, R.H. 1965. Dominance and diversity in land plant communities. Science 147: 250-260.

Whittaker, R.H. 1970. Communities and Ecosystem. The Macmillan Co., Collier-Macmillan LTD. London. 162p.

(1998년 8월 25일 접수)