

섭제골 지역의 산화지 및 비산화지의 군락구조 비교

심 학 보 · 김 원

경북대학교 자연과학대학 생물학과

Comparison of the Community Structure in the Burned and Unburned Areas in SeobJe-Gol

Sim, Hak-Bo and Woen Kim

Department of Biology, Kyungpook National University

ABSTRACT

This is a report on the early vegetation and the secondary succession in the burned area of SeobJe-Gol of Hwasan-Myŏn, Yŏngchŏn-Gun, Kyŏngsangbuk-do Province. The forest fire occurred on April 8, 1982 and the pine forest and its floor vegetation were burned down. The investigation was done six times from August 20, 1982 to August 13, 1983. The results are summarized as follows: the floristic composition of burned areas B₁, B₂, and unburned areas U₁, U₂ were composed of 25, 23, 32, and 27 kinds of vascular plants, respectively.

The biological spectra showed the H-D₁-R₅-e type in both the burned and unburned areas. The species of *Arundinella hirta*, *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens* and *Carex humilis* var. *nana* were dominant species in the burned area, while *Pinus densiflora*, *Carex humilis* var. *nana* and *Rhododendron mucronulatum* var. *ciliatum* were dominant species in the unburned area. Degree of succession of the unburned area was comparatively higher than that of the burned area. Species diversity index and evenness index of the burned area were similar to those of the unburned area. Indices of similarity in sampling sites showed that B₁ and B₂ stands were the most similar. pH, total nitrogen, available phosphorus and exchangeable potassium of soil increased but organic matter and total organic carbon decreased after fire.

Key words : Secondary succession, Biological spectra, Dominant species, Degree of succession, Species diversity, Evenness index, Indices of similarity

서 론

우리 나라에서 삼림의 인위적 피해중 가장 심각한 피해요인은 산불이라 할 수 있다. 산불은 건조한 봄에 집중적으로 발생하여 재적(材積)의 막대한 손실 뿐만 아니라 삼림 생태계의 각종 환경요인을 급격하게 변화시켜 회복이 불가능한 상태에 까지 피해를 입히는 경우도 있다. 이와 같

은 산불은 삼림이 있는 곳에서는 항상 발생할 가능성이 있고 또한 해마다 소진(燒盡)면적이 커져가고 있는 점을 감안할 때 산불방지 대책과 자연보호의식에 대한 국민적 경각심이 요구된다고 하겠다.

산불이 삼림 식생의 종조성 및 토양의 물리 화학적 성질에 영향을 미친다는 것은 여러 학자들에 의해서 밝혀졌다. Ahlgren과 Ahlgren(1960)은 산불이 삼림에 미치는 영향 중 토양온도, 토양의 pH, 유기물함량, 미량원소에 관하여 조사하였고, Whittaker(1965), Pielou(1966)는 천이과정중 종다양성의 측정법과 개념에 대하여 보고하였다.

우리 나라의 산화지에 관한 연구는 Hirao(1941)가 처음으로 북한지역의 소나무림의 산화지 연구에서 소나무는 내화성이 약하고 참나무류가 내화성이 강하다고 보고하였다. 그 후 우리 나라의 소나무림의 산화지에 대한 연구에서도 이와 비슷한 결과를 보고하였다(김 1978, 1980, 1989, 광과 이 1982, 김 등 1983, 1986, 1992, 김과 조 1984, 이 1980, 조와 김 1991).

본 연구는 산화지에 있어서 초기단계의 식생과 천이과정을 규명하기 위하여 1982년 4월 8일 산불이 발생한 영천군 화산면 당지동 섭제골의 산화지를 조사지로 선정하고, 이와 인접한 비산화지인 소나무 수림을 대조구로 하여 산화당년인 1982년 8월부터 1983년 8월까지 이 지역의 식생과 종다양성 및 이차천이 과정의 분석으로 이루어졌다.

조사지 개황

조사지역은 경상북도 영천군 화산면 당지동 섭제골(북위 $36^{\circ}04'$, 동경 $128^{\circ}50'$)의 서북쪽 사면(표고 300m)에 위치하고 있다. 1982년 4월 8일 발생한 산불의 피해면적은 약 75ha에 이른다. 연구조사지는 주로 수령이 7~20년 생인 소나무림과 그 임상식생이 완전히 파괴된 지역 중 그 일부 지점인 섭제골을 중심으로 경사도가 약 30° 인 서북 사면에 산화지 B₁(Burned site-1), 그 위쪽에 B₂(Burned site-2)를 선정하였고, 이와 인접한 비산화지 중 비교적 식피가 균일한 지점에 U₁(Unburned site-1), 그 위쪽에 U₂(Unburned site-2)를 각각 설정하였다(Fig. 1).

조사지의 모암은 주로 녹회색-암회색 세일로 구성된 반야월층(Banyaweol Formation)으로 토양의 A층이 거의 발달하지 않은 척박한 상태였다.

Fig. 1에 표시된 바와 같이 불이 확산된 방향은 아랫쪽(B₁)에서 위쪽(B₂)으로 변했는데, 불의 진행 방향이 아래에서 위로 확산될 때 그 속도가 빠르며, 피해가 크므로(Daubenmire 1968) 본 지역도 불로 인한 피해가 컸었던 것으로 생각된다.

조사 방법

산불이 일어난 당년인 1982년 8월20일부터 1983년 8월13일까지 총 6회에 걸쳐서 산화지와 비산화지로 선정된 지역의 식생구조를 조사하였고, 표본추출은 1982년 9월11일부터 2일간 각 지소별로 식피가 균일한 지역에 100m×10m 영구방형구를 임의로 설정하여 그 중에서 무작위로 1m×1m 방형구 10개구씩 총 40개를 설정하였다.

방형구에 출현된 식물의 종류, 개체수(D), 피도(C), 빈도(F) 및 식물 높이(H) 등을 측정하였다. 이들 자료를 토대로 적산우점도(summed dominance ratio, $SDR_i = C' + D' + F' + H' / 4$; Numata 1970)를 산출하여 우점종을 규정하였다.

각 지소에 출현된 식물은 Raunkiaer(1934)의 생활형(life form)과 Numata(1970)의 산포기판

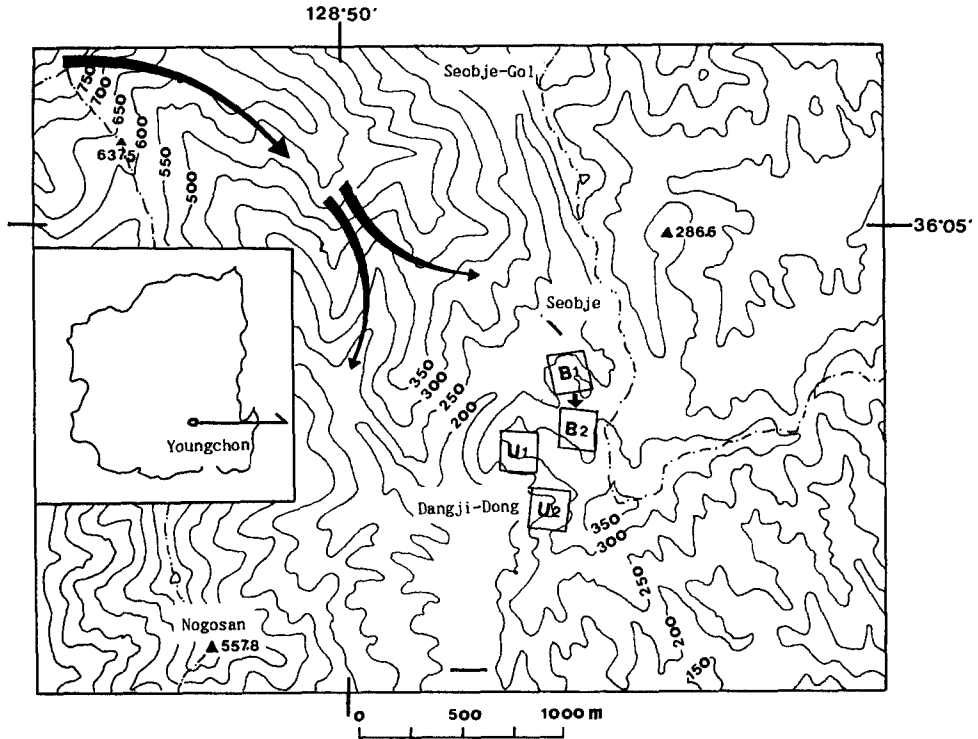


Fig. 1. A topographical map of investigated area (arrows indicate direction of fire-spread)

형 (disseminule form), 근계형 (radicoid form) 및 생육형 (growth form)에 의해 분류하였다.

그리고 천이도 (degree of succession)는 Numata(1978)방법 ($DS = [(\sum d_i) / n] \cdot v$)으로 산출하였다. 또한 종다양 지수는 Shannon-Weaver(1963)방법 ($H' = -\sum P_i \cdot \log P_i$)으로, 균등성 지수 (evenness index)는 Pielou(1966)의방법 ($e = H' / \log S$)으로, 각 지소간의 유사도는 Sørensen(1948)지수 ($CC_s = 2C / S_1 + S_2$)로 비교하였다. Vogl(1965)은 산화지와 비산화지에 출현한 종의 빈도 차이에 따라서 종을 Increaser, Decreaser, Invader, Neutral, Retreater의 5가지 범주로 나누었다. 본 조사에서는 적산우점도를 기초로 하여 구분을 하였는데 즉, 산화지에 출현한 종의 우점도가 비산화지 보다 높으면 Increaser, 낮으면 Decreaser, 비슷하면 Neutral, 산화지에만 출현된 종을 Invader, 비산화지에만 출현된 종을 Retreater로 구분하였다.

토양시료는 산화지와 비산화지의 방형구내에서 0~5cm (표층), 5~30cm 및 30~50cm 깊이로 구분 채취하여 1주일간 음건시킨 후, 체(1mm)로 쳐서 분석에 사용하였다.

pH는 토양과 증류수의 비를 1:2.5로 하여 1시간 진탕시킨 후 전극 pH-meter (Fisher Model-230)로 측정하였다. 유기물 함량은 5g의 토양을 자체도가니에 넣고 110°C 전기 건조기내에서 24시간 건조시킨 뒤 800°C 전기로에서 5시간 이상 작열시켜 작열 소실량을 백분율로 구하였다. 총질소 함량은 Kjeldahl법으로, 유효인산은 토양 3.57g을 NH_4F 용액에 10분간 진탕시켜 인산을 추출한 후 Spectrophotometer (Spectronic 20)로 측정하였다. 치환성 칼륨은 토양 2.5g을 CH_3COONH_4 용액에 30분간 진탕하여 칼륨을 추출한 후 Atomic absorption spectrophotometer로 측정하였고, 유기탄소는 Tyurin법 (유기 탄소 = 유기물함량 / 1.724)으로

측정하였다.

결과 및 고찰

식생조성

조사지에 출현한 평균 종수는 B₁, B₂지소에서 각각 25, 23종, U₁, U₂지소에서 각각 32, 27종으로 산화지의 출현종수가 비산화지보다 낮게 나타났다. 이는 김(1989)이 산화지의 종수가 비산화지보다 많았다는 보고와 비교해 볼 때 본 조사지의 지리적 조건, 토양의 구조 등 환경의 차이 및 산불이 일어난 당년에 표본 추출을 실시한 데 그 원인이 있다고 생각된다.

적산우점도에 따른 우점종 순위(SDR₄)는 B₁지소에서 억새(84.26), 새(73.29), 산거울(71.47)의 순이었고, B₂지소에서는 새(90.36), 산거울(71.87), 졸참나무(54.88)의 순이었으며, U₁, U₂지소에서는 모두 소나무(76.80), 산거울(62.32), 털진달래(55.79)의 순으로 나타났다.

이 결과는 강과 이(1982)가 산화 당년에 우점종 순위가 솔새(68.5)-억새(54.9)-산거울(48.1), 김(1989)이 억새-산거울-돌가시나무, 억새-땅비싸리-산거울 순이라고 보고한 것과 비교해 볼 때, 산화지의 초기단계의 우점종이 억새로 출현한 것과 비슷한 경향을 나타내었다.

산화지에 출현한 종을 Increaser, Decreaser, Invader, Neutral, Retreater로 분류했을 때 각각 비슷한 종수를 보였다(Table 1).

Table 1. The floristic composition, summed dominance ratio(SDR₄) and life form in the burned(B) and unburned(U) areas.

Species	SDR ₄				Biological-form			
	B-1	B-2	U-1	U-2	L	D	R	G
Increaser								
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	84.26	49.13	21.96	16.44	H	1	3	t
<i>Arundinella hirta</i>	73.29	90.36	15.99	—	H	1	3	t
<i>Carex humilis</i> var. <i>nana</i>	71.46	71.87	59.31	62.32	H	1	5	t
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	70.22	51.38	11.84	38.17	N	3	5	e
<i>Patrinia villosa</i>	38.47	34.66	8.66	5.68	H	1	5	ps
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	28.95	54.61	12.69	8.77	H	1	3	t
<i>Quercus dentata</i>	19.69	—	10.89	—	M	4	5	e
<i>Leibnitzia anandria</i>	18.60	28.24	4.72	5.76	H	1	5	t
Decreaser								
<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	37.30	46.04	50.11	55.79	N	3	5	e
<i>Artemisia keiskeana</i>	26.99	15.17	36.04	33.95	H	1	5	e
<i>Pinus densiflora</i>	5.56	—	76.80	70.93	M	1	5	e
<i>Hosta longipes</i>	4.99	—	16.64	13.07	H	3	5	r
<i>Lysimachia clethroides</i>	2.98	—	6.07	—	G	4	3	e
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	2.85	21.87	3.53	3.01	N	4	5	e
<i>Peridium aquilium</i> var. <i>latiusculum</i>	—	7.95	23.68	15.86	G	1	3	e

Table 1. Continued

Species	SDR ₄				Biological-form			
	B-1	B-2	U-1	U-2	L	D	R	G
Neutral								
<i>Quercus serrata</i>	41.96	54.88	37.16	48.68	M	4	5	e
<i>Atractylodes japonica</i>	18.46	30.32	26.59	27.02	G	1	3	e
<i>Aster scaber</i>	17.69	18.61	11.91	24.80	G	1	3	e
<i>Duchesnea indica</i>	12.53	31.92	19.89	26.99	H	2	4	p
<i>Platycodon grandiflorum</i>	10.87	6.89	9.09	12.67	G	3	5	e
<i>Peucedanum terebinthaceum</i>	2.89	6.16	2.91	8.90	H	1	5	b
<i>Gnaphalium affine</i>	—	9.90	9.78	—	Th	1	5	b
Invader								
<i>Polygala japonica</i>	9.75	7.02	—	—	G	1	5	b
<i>Swertia pseudo-chinensis</i>	3.08	1.20	—	—	Th	4	5	e
<i>Cynanchum paniculatum</i>	3.05	—	—	—	G	1	5	e
<i>Ixeris dentata</i>	3.01	6.26	—	—	H	1	3	ps
<i>Viola mandshurica</i>	2.74	2.73	—	—	H	3	5	r
<i>Rhus trichocarpa</i>	—	3.79	—	—	M	4	5	e
Retreater								
<i>Carex siderosticta</i>	—	—	39.23	41.38	H	1	3	r
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	—	—	21.28	19.90	M	4	5	e
<i>Sanguisorba officinalis</i>	—	—	17.86	15.06	H	4	5	pr
<i>Syneilesis palmata</i>	—	—	5.72	26.27	Th	1	5	e
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	—	—	4.13	7.51	M	1	5	e
<i>Smilax nipponica</i>	—	—	3.43	9.66	G	4	5	e
<i>Melampyrum roseum</i>	—	—	3.11	15.95	Th	1	5	b
<i>Cocculus trilobus</i>	—	—	3.07	—	N	2	5	l
<i>Gentiana scabra</i> var. <i>buergeri</i>	—	—	2.92	—	Th	4	5	b
<i>Hypericum erectum</i>	—	—	2.92	—	H	3	5	e
<i>Disporum smilacinum</i>	—	—	—	27.20	G	3	5	e
<i>Adenophora triphylla</i> var. <i>japonica</i>	—	—	—	6.78	G	4	5	e
Total number of species	25	23	32	27				

Notes: L: Life form (Dormancy form, M: Mega & Mesophanerophyte, N: Nanophanerophyte, H: Hemicryptophyte, G: Geophyte, Th: Therophyte), D: Disseminule form (D1: Anemochore & Hydrochore, D2: Zoochore & Brotochore, D3: Mechanical propulsion, D4: Clitochore), R: Radicoid form (R3: 10l>d, R4: Runner and /dr Struck root, R5: Tuber, Bulb, Corm, Soil root), G: Growth form (e: erect, b: branched, t: tufted, l: liana, p: prostrate, pr: partial-rosette, ps: pseudo-rosette, r: rosette form).

소나무를 제외한 졸참나무, 떡갈나무, 털진달래, 철쭉꽃, 참싸리, 쇠물푸레나무, 산초나무 등은 산불이 일어난 이후 뿌리와 줄기 등에서 재생이 되는 것으로 보아 이들 수종은 비교적 내화성이 강한 식물이라고 생각한다.

생활형 조성

생활형은 산화지, 비산화지에서 반지중식물(H)이 종수 47.9, 40.7%로 각각 우세하였다(Fig. 2). 산포기관형은 산화지, 비산화지에서 풍산포형(D₁)이 종수 58.3, 54.2%로 각각 우세하였으며(Fig. 2). 근계형은 산화지, 비산화지에서 단위식물(R₅)이 종수 64.6, 69.4%로 각각 우세하였다

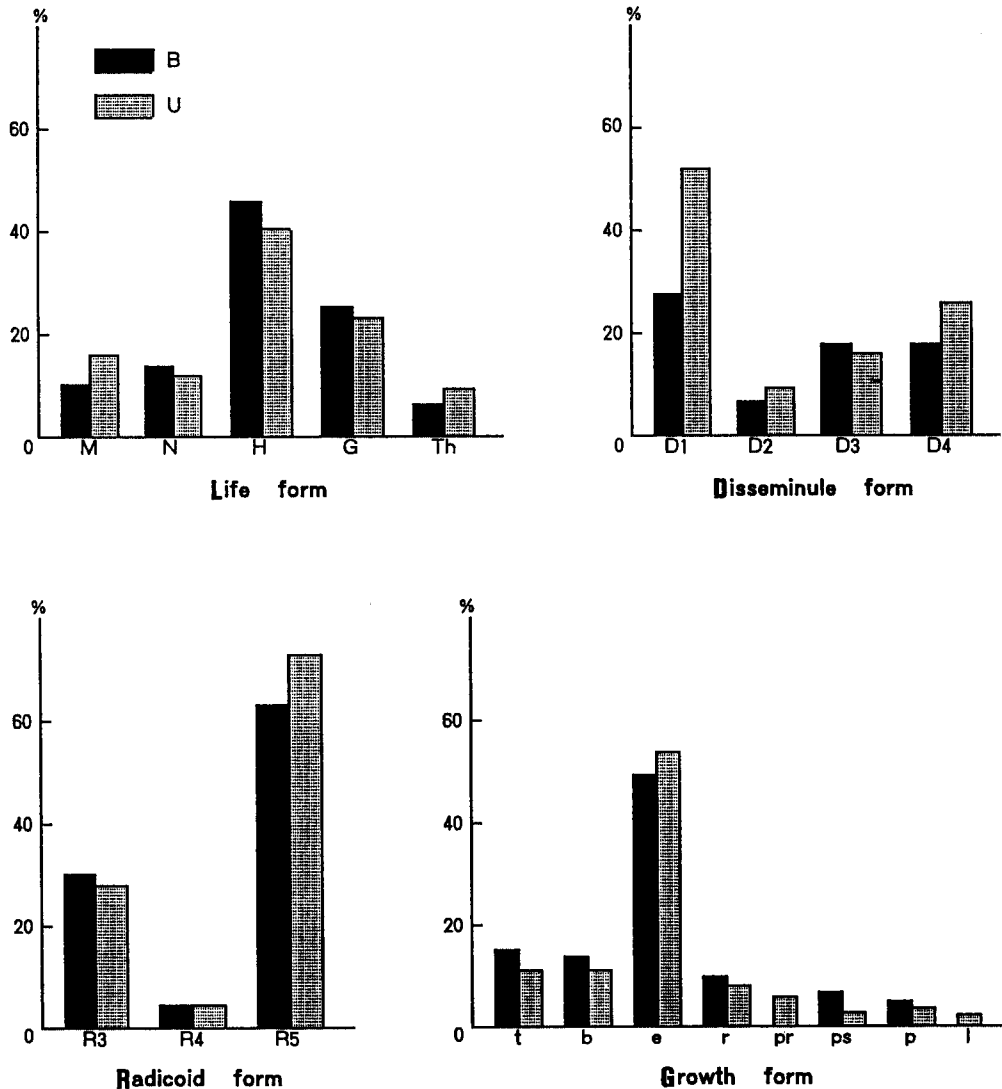


Fig. 2. Diagram of life form, disseminule form, radicoid form and growth form based on the number of species (%) in the burned (B) and unburned (U) areas. (Abbreviations are the same as in Table 1)

(Fig. 2). 그리고 생육형은 산화지, 비산화지에서 직립형(e)이 종수 45.8, 54.2%로 각각 우세하였다(Fig. 2).

이 결과는 이(1980)의 강원도 지역 산화지의 이차천이에서의 생활형 조성파 강과 이(1982)의 산불이 일어난 당년의 생활형 조성 그리고 김(1983), 김과 조(1984), 김(1989)의 대구주변의 산화지의 생활형 조성파와 같은 경향이었다.

천이도, 종다양성 및 유사도

Table 2에서 보는 바와 같이, 천이도(DS)는 B₁, B₂지소에서 각각 662, 719, U₁, U₂지소에서 각각 694, 859로 산화지와 비산화지 사이에 있어 그 양상의 차이는 일정하지 않으나, 대체로 사면 윗부분에 위치하는 지소에서 천이도 값이 약간 높게 나타났다.

한편 강과 이(1982)는 81-B의 423, 81-U의 524로 산불이 일어난 당년은 산화지가 비산화지보다 천이도가 낮음을 보고하였다.

종다양성지수(\bar{H})는 B₁, B₂지소에서 각각 2.1985, 2.3509, U₁, U₂지소에서 각각 2.4562, 2.4094로 약간 높게 나타났으며, 균등성지수(e)는 B₁, B₂지소에서 각각 0.6830, 0.7494, U₁, U₂지소에서 각각 0.7087, 0.7310으로서 일정한 양상을 설명하는 것은 불가능하였다.

이 결과는 alpine 식생 군락에서 불이 종의 다양성을 증가시킨다는 보고(Douglas and Ballard 1971)와 김(1989), 조와 김(1991)의 보고와 비교해 볼 때 본 조사지에서는 B₁, B₂의 종다양성이 U₁, U₂에 비해 약간 낮은 상반된 결과가 얻어졌다. 이것은 팔공산, 산성산, 도덕산, 초례산 등지의 소나무림에 비해서 본 조사지의 토양이 척박하고 식생의 종조성이 빈약할 뿐만 아니라, 산불이 일어난 당년에는 식생의 변화가 크게 나타나지 않기 때문으로 생각된다.

각 조사지간의 유사도지수(CCs) 비교에서 B₁-B₂간, U₁-U₂간의 값이 높은 것은 두 지소가 서로 인접해 있을 뿐만 아니라, 공통의 종수가 많이 출현한 결과이고, 그 가운데 B₁-B₂의 유사도값이 더 높게 나타난 것은 불로 인해 B₁-B₂간의 환경요인이 U₁-U₂간의 환경요인보다 더 유사해졌기 때문으로 생각된다.

이것은 Douglas와 Ballard(1971)의 alpine 식생에 대한 유사도와 비교해 볼 때 불이 난 지역간의 유사도가 불이 난 지역과 불이 나지 않은 지역간의 유사도 보다 높게 나타났다는 보고와 비슷한 경향을 나타냈다.

Table 2. Degree of succession(DS) and species diversity(H) in the burned(B) and unburned(U) areas.

	DS	Shannon-Wiener index(H)	Evenness index(e)
B ₁	662	2.1985	0.6830
B ₂	719	2.3509	0.7497
U ₁	694	2.4562	0.7087
U ₂	859	2.4094	0.7310

토양성분

Table 3에서 보는 바와 같이, 산화지와 비산화지의 표층(0~5cm)에서 pH는 산화지에서 5.7, 비산화지에서 5.3, 총질소함량은 산화지에서 0.28%, 비산화지에서 0.21%, 유효인산은 산화지에서 27.84 ppm, 비산화지에서 22.38 ppm, 치환성칼륨은 산화지에서 9.67 m.e.q. /100g, 비산화지

Table 3. Soil properties in the burned(B) and unburned(U) sites.

	Soil depth (cm)	pH	Organic matter (%)	N (%)	P (ppm)	K (m. e. q. / 100g)	C (%)
B	0~5	5.7	1.38	0.28	27.84	9.67	0.8
	5~30	5.5	1.03	0.23	19.65	8.83	0.6
	30~50	5.2	1.72	0.16	14.74	2.00	1.0
U	0~5	5.3	1.72	0.21	22.38	3.00	1.0
	5~30	5.1	1.21	0.19	17.47	2.00	0.7
	30~50	5.0	1.38	0.14	12.01	3.17	0.8

에서 3.00 m.e.q. / 100g으로 산화지가 비산화지 보다 높게 나타났다. 특히 산화지에서 pH가 높은 것은 대부분의 초지에서도 불에 의한 토양 pH의 일반적 증가현상과 일치한다(Daubenmire 1968). 이것은 식물체가 타고난 후 회분에 함유된 염기성 성분인 Ca, Mg, K 등이 풍부해지기 때문이라고 하였고, 또한 불이 난 뒤 1년이 경과하면 정상으로 회복된다고 보고하였다. 한편, 유기물함량은 산화지에서 1.38%, 비산화지에서 1.72%, 유기태탄소는 산화지에서 0.8%, 비산화지에서 1.0%으로 산화지가 비산화지보다 낮게 나타난 것은 산화에 의한 열 때문에 소실된 것으로 생각된다. 표층으로부터 5~30cm, 30~50cm 깊이의 분석결과도 표층의 결과와 유사한 경향을 나타냈다.

이 결과는 pH, 총질소, 유효인산, 치환성 칼륨은 산불이 일어난 직후 증가하고 유기물 및 유기태 탄소는 감소하며, 특히 산불은 토양 질소를 증가시키거나 감소시키는데, 증가시키는 경우에는 산불이 토양에서의 생물학적인 질소고정능력을 촉진시키기 때문이라는 Ahlgren과 Ahlgren (1960)의 보고와 유사한 경향을 나타내었다.

요 약

1982년 4월에 발생한 산불에 의해 소나무림과 그 임상식생이 파괴된 섭제골의 산화지와 이에 인접한 비산화지에서 식생구조와 토양성분을 비교하므로써 산화지의 초기식생과 이차천이 과정을 분석하였다.

조사지에 출현된 종수는 B₁, B₂지소에서 각각 25, 23종류, U₁, U₂지소에서 각각 32, 27종류로서 산화지에서 비산화지 보다 비교적 적게 나타났다.

조사지의 생활형 조성은 산화지와 비산화지 공히 H-D₁-R₅-e형으로 나타났다.

우점종 순위는 산화지에서 새(90.36) - 억새(84.26) - 산거울(71.87)순이었고, 비산화지에서는 소나무(76.80) - 산거울(62.32) - 털진달래(55.79)순이었다.

천이도는 산화지가 662~719로 비산화지의 684~859보다 비교적 낮게 나타났다.

종다양성지수는 산화지에서 2.1985~2.3506로 비산화지의 2.4094~2.4562보다 약간 낮은 값을 나타냈고, 또한 균등성지수 역시 산화지에서 0.6830~0.7497로 비산화지의 0.7087~0.7301보다 약간 낮은 값을 나타내었다. 이것은 산화 이후 경과시간의 불충분에 의한 현상으로 종이 비교적 균등하게 분포하고 있음을 보였다.

조사지간의 유사도지수는 B₁-B₂ > U₁-U₂ > B₂-U₁ > B₁-U₁ > B₁-U₂ > B₂-U₂순으로 나타났다.

토양내의 pH, 총질소함량, 유효인산, 치환성 칼륨은 산화지가 비산화지보다 낮게 나타났는데, 이것은 산불에 의한 열과 회분의 첨가에 기인된 것으로 생각된다.

인용문헌

- 강상준 · 이종태. 1982. 산화지의 식생회복에 관한 생태학적 연구. *한생태지* 5:54-62.
- 김원. 1978. 산불에 의한 소나무 수림지의 이차식생에 관하여. *경북대학교 교육대학원 논문집* 10:113-122.
- 김원. 1980. 산화적지의 이차식생과 이차천이에 관하여 -초기단계의 이차 식생-. *경북대학교 교육대학원 논문집* 12:81-89.
- 김원. 1989. 소나무림의 산화지의 이차식생과 종다양성. *한생태지* 12:285-295.
- 김원 · 박창규 · 조영호. 1986. 팔공산의 산화지의 이차식생과 이차천이. *경북대학교 논문집* 42:183-192.
- 김원 · 서정호 · 이종운. 1983. 당지동의 산화지의 식생회복과 초기 식생천이. *한생태지* 6:237-242.
- 김원 · 장근형 · 조영호 · 심학보. 1992. 초례산 소나무림의 산화지의 이차천이. *경북대학교 논문집* 52:23-33.
- 김원 · 조영호. 1984. 산성산 산화지의 식생회복과 이차천이. *한생태지* 7:203-207.
- 조영호 · 김원. 1991. 산화후 도덕산 소나무림의 초기식생 회복과 종다양성. *한생태지* 14:15-23.
- 이우철. 1980. 산화지의 이차천이에 관한 연구 -초기 식생군락 발달에 관하여. *강원대학교 논문집* 14:285-292.
- Ahlgren, I.F. and C.E. Ahlgren. 1960. Ecological effects of forest fires. *Bot. Rev.* 26:483-553.
- Daubenmire, R. 1968. Ecology of fire in grassland. *Adv. Ecol. Res.* 23:631-643.
- Douglas, G.W. and T.M. Ballard. 1971. Effects of fire on alpine plant communities in the North Cascades, Washington. *Ecology* 52:1058-1064.
- Hirao, T. 1941. After firing, some observation of the vegetation in North Corea. *J. Jap. For. Soc.* 23:10-13.
- Numata, M. 1970. *Illustrated plant ecology* (in Japanese), Ashakura Book Co. Tokyo, Japan. pp. 33-43.
- Numata, M. 1978. The concept of the degree of succession and its application (in Japanese), *Papers on plant ecology to the memory of Dr. Kuniji Yoshioka*, pp. 60-70.
- Pielou, E.C. 1966. Species-diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *J. Theor. Biol.* 10:370-383.
- Raunkiaer, C. 1934. *The life form of plants and statistical plant geography*. Clarendon Press, Oxford. 633p.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1963. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana. 117p.
- 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.

- Vogl, R.J. 1965. The effect of fire on the vegetational composition of bracken-grasslands. Wisconsin Academy of Science, Arts and Letters 53:67-82.
- Whittaker, R.H. 1965. Dominance and diversity in land plant communities. Science 147:250-260.

(1993년 9월 10일 접수)