

금오산에서 산화지와 비산화지의 식물군집구조 비교

김 원 · 성경희

경북대학교 자연과학대학 생물학과

A Comparison of the Plant Community Structures in the Burned and Unburned Areas of Mt. Kŭmo-san

Kim, Woen and Kyung-Hee Sung

Department of Biology, College of Natural Sciences,

Kyungpook National University

ABSTRACT

This is a report on the recovery of vegetation and secondary succession in the burned area studied from April, 1990 to April, 1991. The forest fire occurred in a part of Mt. Kŭmo-san on April, 1986 and the pine forest and its understory vegetation were burned out completely.

The floristic compositions of burned (B) and unburned (U) areas were composed of sixty eight and thirty one species (vascular plants), respectively. These species were divided into invaders (47 species), increasers (15 species), decreaseers (3 species), neutrals (3 species), and retreaters (10 species) on the basis of summed dominance ratio (SDR_3).

Biological spectra showed the H-D₁-R₅-e type in both the burned and unburned areas. The species of *Lespedeza* ($SDR_3=94.7$), *Miscanthus* (91.95), *Festuca* (68.33), and *Spodiopogon* (52.06) were dominant in the burned areas, while the species of *Pinus* (76.67), *Robinia* (56.25), *Quercus* (52.08), and *Carex* (40.25) were dominant in the unburned area. Dominance index (C) in burned and unburned areas was 0.15 and 0.25, respectively. The index of similarity (CCs) was 0.42. The degree of succession (DS) and species diversity (H) in burned and unburned areas were 675.8, 884.2 and 4.07, 2.05, respectively. The degree of succession in the burned area gradually increased and the burned area was recovered to be similar to the unburned area. Evenness index in burned and unburned areas was 0.965 and 0.595, respectively.

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

서 론

우리나라에서 발생하는 산불은 주로 건조기간인 겨울과 이른 봄에 人爲的인 要因에 의해서 일

어나서 산림생태계를 全燒시켜 막대한 산림자원의 손실을 가져온다. 산불이 한번 일어나면 산림 식생이 일변하여 초기부터 천이가 진행되어 식물상, 토양 미생물 및 토양환경의 변화를 초래하게 된다.

외국에서는 일찍이 많은 학자들에 의해서 산화지의 군락구조, 천이, 절지동물의 변화, 토양미생물 및 토양환경과 식생에 대해서 연구가 수행되었다. Ahlgren과 Ahlgren(1960)은 산불이 모든 식물군락의 천이속도와 방향을 결정하는 중요한 요인이며, 산불이 일어난 후 처음 몇 년 동안은 초본, 광엽초본, 화본과식물 및 관목류가 활발히 재생된다고 하였고, 또한 토양요인을 변화시킨다고 하였다. Vogl(1965)은 bracken 초지에서 화재이후 연소지와 비연소지의 식물의 빈도 차에 따라서 Increaser, Decreaser, Invader, Neutral, Retreater로 분류하였다. Iwata(1964)는 참싸리 종자는 고온에서 발아가 민감하기 때문에 불이 난 이후 빨리 출현되고, 또한 불은 종자발아에 중요한 요인임을 밝혔다. Whittaker(1965), Pielou(1966)는 육상식물군락의 우점도, 균등성 및 종다양성의 측정법과 개념에 대해서 보고하였다. Shafi와 Yarranton(1973)은 북방산림의 산화지에서 종다양성은 1~8 년까지는 점차 증가하였으나, 11~16 년 사이에는 급격히 감소된 후 다소 균형을 이루는 수준으로 지속되었고, 종풍부도는 종다양성과 비슷한 경향을 나타냈다고 보고하였다.

우리나라의 산화지에 대한 연구는 Hirao(1941)가 처음으로 북한지역의 산화적지에 대한 식생 고찰에서 1938년 북한에 위치한 규슈우대학(九州大學)연습림에서 산불이 일어나서 신갈나무림, 소나무림, 분비나무림 및 만주자작나무림 기타 활엽수림이 全燒된 후 산화지에서 소나무, 분비나무 및 만주자작나무는 耐火性이 약하기 때문에 전부 枯死되었고, 신갈나무, 비솔나무, 사스레나무, 산오리나무 및 개암나무는 耐火性이 강하기 때문에 타버린 그루터기에서 맹아가 활발히 재생되었다고 하였다.

그 이후, 우리나라의 소나무림과 소나무, 신갈나무, 떡갈나무 및 졸참나무의 혼효림이 산불로 인해서 全燒된 산화지의 연구에서도 이와 비슷한 결과를 보고했다(홍 등 1968, 강 1977, 김 1978, 1980, 이 1980, 강과 이 1982, 김 등 1983, 김과 조 1984, 김 등 1986, 조 1987, 김 1989, 조와 김 1991, 심과 김 1993).

이(1980)는 산화지의 1차년도는 역세기에 해당된다고 하였고, 김(1989), 김과 조(1984), 심과 김(1993)도 산화지의 초기단계의 식생은 역세가 우점종이고 그 다음은 싸리나무類로 이행한다고 하였다. 박과 김(1981)은 산불이 일어난 당년의 산화지의 우점종은 강호광성식물인 칩, 쭉 및 역세가 출현한다고 하였다.

경상북도 구미시 남통동에 위치한 금오산의 일부지점인 산등성이(표고 250 m, N10W)를 중심으로 1986년 4월에 실화로 일어난 산불로 인해서 소나무림과 그 임상식생이 全燒된 산화지를 조사지소로 선정하고, 이에 인접한 소나무림을 대조구로 선정하였다. 본 연구는 산화지에 있어서 초기단계의 식생회복과 천이과정을 규명하기 위하여 산불이 일어난 이후 4년째인 1990년 4월 부터 1991년 4월까지 전 지역의 식생, 식물의 종다양성, 식물의 생활형, 이차천이 과정을 비교 분석하였다.

조사지 개황

본 조사지는 경상북도 구미시 남통동의 금오산 산등성이로 북위 36° 06′, 동경 128° 19′, N10W 방향에 위치하고 있는 해발 250 m, 경사도는 25°로 비교적 완만한 편이며, 모암은 응회암으로 조

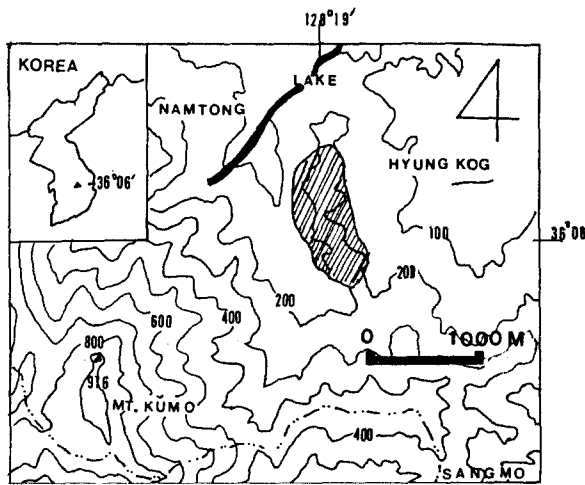


Fig. 1. The topographical map of investigated area (shaded area) in Mt. Kūmo-san

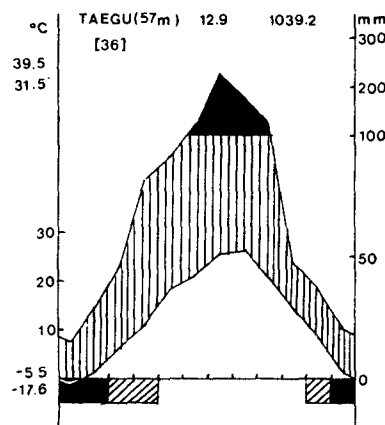


Fig. 2. The climate diagram of Taegu area (This data was obtained from Taegu Meteorological Station for 36 years from 1951 to 1986.)

성되어 있고, 이 모양의 풍화작용으로 표토는 사력질이 많고 척박한 편이다(Fig. 1).

본 조사지소로 부터 남동 방향으로 36.5 km에 위치하고 있는 대구측후소의 기상자료에 의하면, 1951년부터 1986년까지 36년간 연평균 기온은 12.9°C, 최고기온이 39.5°C, 최저기온이 -17.6°C이고 연평균 강수량은 1,039.2 mm이었으며 식물성장기인 6~9 월은 월 100 mm이상의 강수량을 보였다(Fig. 2).

본 조사지는 약 5 ha 이상의 소나무림이 전소된 이후 N10W 사면은 벌채하여 2.5 m간격으로 60 cm정도의 잣나무를 조림하였고, N70E사면은 벌채 후 조림을 하지 않고 방치한 결과 낙엽층이 발달하여 토양은 비옥한 편이고, 평균 2 m의 조록사리가 우점하고 있으며, 임상식생이 발달되었다.

조사방법

식생조사는 1990년 4월부터 1991년 4월까지 총 10회에 걸쳐서 실시하였다. 조사지소는 산 화지와 인접한 소나무림을 대조

구로 설정하였고, 표본추출(sampling)은 1990년 8월에 상관적으로 식생이 균일한 지소에 belt transect법으로 1 m×1 m방형구 20개구, 대조구인 소나무림은 10 m×10 m 방형구 5개구, 관목층은 5 m×5 m방형구 5개구, 초본층은 1 m×1 m 방형구 10개구를 설정하여 출현된 식물의 종을 분류하여, 피도(C), 빈도(F), 식물고(H)를 측정하였다. 이들 자료를 토대로 적산우점도(summed dominance ratio, Numata 1969)를 산출하여 우점종을 산출하였다.

각 지소에 출현된 식물은 Raunkiaer(1934)의 생활형(life form)과 Numata(1969)의 산포기관형(disseminule form), 근계형(radicoid form), 및 생육형(growth form)에 따라 분류하였다.

우점도지수(dominance index)는 Simpson(1963)방법, 균등성지수(evenness index)는 Pielou(1966)방법, 종다양성지수(index of species diversity)는 Shanon-Wiener(1963)방법, 유사도(similarity)는 Sørensen(1948)방법, 천이도(degree of succession)는 Numata(1969,

1978) 방법으로 산출하였다.

본 조사에서는 적산우점도(SDR₃)를 토대로 산화지에만 출현된 종은 Invader, 비산화지 보다 높으면 Increaser, 낮으면 Decreaser, 비슷하면 Neutral, 비산화지에만 출현된 종은 Retreater로 구분하였다.

Table 1. The floristic composition, summed dominance ratio (SDR₃) and life form in the burned (B) and unburned (U) areas

Species	SDR ₃		Life form			
	B	U	L	D	R	G
Invaders (47 species)						
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i> 참싸리	94.67	—	N	3	5	e
<i>Festuca ovina</i> 김의털	68.33	—	H	1	4	t
<i>Larix leptolepis</i> 일본잎갈나무	46.93	—	M	1	5	e
<i>Artemisia keiskeana</i> 맑은대쭉	30.10	—	H	1	5	e
<i>Aster ciliosus</i> 개쭉부쟁이	22.89	—	G	1	3	e
<i>Cocculus trilobus</i> 땡땡이덩굴	21.73	—	N	2	5	l
<i>Sanguisorba officinalis</i> 오이풀	20.55	—	H	4	5	pr
<i>Rubus crataegifolius</i> 산딸기나무	19.92	—	N	2	5	e
<i>Pinus rigida</i> 리기다소나무	17.75	—	M	1	5	e
<i>Cymbopogon tortilis</i> var. <i>goeringii</i> 개솔새	17.47	—	H	1	3	t
<i>Themeda triandra</i> var. <i>japonica</i> 솔새	17.01	—	H	1	5	e
<i>Atractylodes japonica</i> 삼주	16.52	—	G	1	3	e
<i>Melica onoei</i> 쌀새	16.41	—	H	1	3	t
<i>Swertia pseudo-chinensis</i> 자주쓴풀	15.67	—	Th	4	5	e
<i>Lespedeza maximowiczii</i> 조록싸리	14.94	—	N	3	5	e
<i>Adenophora remotiflora</i> 모시대	14.59	—	G	4	3	e
<i>Patrinia scabiosaefolia</i> 마타리	14.08	—	H	4	3	pr
<i>Miscanthus sinensis</i> 참억새	13.11	—	H	1	3	t
<i>Rhododendron schlippenbachii</i> 철쭉꽃	13.10	—	N	3	5	b
<i>Carpesium cernuum</i> 좁담배풀	12.84	—	Th	1	5	pr
<i>Smilax nipponica</i> 선밀나물	11.81	—	G	4	5	e
<i>Stephanandra incisa</i> 국수나무	10.38	—	N	4	5	e
<i>Lysimachia clethroides</i> 큰까치수영	10.17	—	G	4	3	e
<i>Rubus parvifolius</i> 명석딸기	10.14	—	N	2	5	e
<i>Eupatorium chinense</i> var. <i>simplicifolium</i> 등골나무	9.89	—	G	1	3	e
<i>Aster scaber</i> 참취	8.63	—	G	1	3	e
<i>Youngia denticulata</i> 이고들빼기	7.88	—	Th	1	5	e
<i>Acalypha australis</i> 깨풀	7.84	—	Th	4	5	b
<i>Asparagus schoberioides</i> 비짜루	7.44	—	G	4	5	e
<i>Spodiopogon cotulifer</i> 기름새	7.28	—	H	1	3	t

Table 1. Continued

Species	SDR ₃		Life form			
	B	U	L	D	R	G
<i>Galium verum</i> var. <i>asiaticum</i> 솔나물	6.90	—	H	4	5	e
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i> 개암나무	5.90	—	M	1	5	e
<i>Thalictrum aquilegifolium</i> 평의다리	5.59	—	G	1	5	e
<i>Lespedeza tomentosa</i> 개싸리	4.84	—	N	3	5	e
<i>Spiranthes sinensis</i> 타래난초	4.79	—	G	3	5	e
<i>Scabiosa mansenensis</i> 솔채꽃	4.57	—	Th	1	5	e
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i> 쭉	4.51	—	H	1	3	e
<i>Euonymus alatus</i> 화살나무	4.46	—	N	4	5	e
<i>Pueraria thunbergiana</i> 칩	4.10	—	M	3	5	l
<i>Parnassia palustris</i> 물매화	4.02	—	H	3	5	e
<i>Hemerocallis fulva</i> 원추리	3.82	—	G	3	5	r
<i>Athyrium niponicum</i> 개고사리	3.81	—	G	1	3	e
<i>Viola collina</i> 둥근털제비꽃	3.74	—	H	3	5	r
<i>Peucedanum terebinthaceum</i> 기름나물	3.73	—	H	1	5	b
<i>Lindera obtusiloba</i> 털생강나무	3.71	—	N	4	5	e
<i>Erigeron annuus</i> 개망초	3.67	—	Th	1	5	pr
<i>Indigofera kirilowii</i> 땅비싸리	1.46	—	N	3	5	e
Increasers (15 species)						
<i>Miscanthus sinensis</i> 억새	91.95	37.50	H	1	3	t
<i>Spodiopogon sibiricus</i> 큰기름새	52.06	10.07	H	1	3	t
<i>Rhododendron mucronulatum</i> 털진달래	48.88	12.58	N	3	5	b
<i>Arundinella hirta</i> 새	40.73	10.25	H	1	3	t
<i>Quercus serrata</i> 졸참나무	40.61	15.92	M	4	5	e
<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>latilobum</i> 구절초	35.83	11.58	H	1	5	pr
<i>Duchesnea chrysantha</i> 뱀딸기	34.12	7.83	H	2	4	p
<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i> 미역취	33.76	7.38	G	1	3	pr
<i>Zanthoxylum schinifolium</i> 산초나무	29.87	8.41	N	4	5	e
<i>Patrinia villosa</i> 똑갈	27.65	3.88	H	1	5	ps
<i>Leibnitzia anandria</i> 솜나물	19.90	7.38	H	1	5	r
<i>Viola mandshurica</i> 제비꽃	18.85	3.88	H	3	5	r
<i>Alnus hirsuta</i> var. <i>sibirica</i> 산오리나무	16.83	5.42	M	1	5	e
<i>Isodon inflexus</i> 산박하	12.23	8.75	G	4	3	e
<i>Gentiana scabra</i> var. <i>buergeri</i> 용담	8.15	4.88	G	4	3	e
Decreasers (3 species)						
<i>Robinia pseudo-acacia</i> 아까시나무	25.18	56.25	M	3	5	e

Table 1. Continued

Species	SDR ₃		Life form			
	B	U	L	D	R	G
<i>Smilax china</i> 청미래덩굴	8.60	27.50	N	2	5	l
<i>Artemisia annua</i> 개똥쑥	1.21	4.88	Th	1	5	e
Neutrals (3 species)						
<i>Quercus mongolica</i> 신갈나무	49.24	52.08	M	4	5	e
<i>Carex humilis</i> 산거울	39.63	40.25	H	1	5	e
<i>Quercus dentata</i> 떡갈나무	18.68	19.17	M	4	5	e
Retreaters (10 species)						
<i>Pinus densiflora</i> 소나무	—	76.67	M	1	5	e
<i>Quercus variabilis</i> 굴참나무	—	11.75	M	4	5	e
<i>Isodon japonicus</i> 방아풀	—	8.42	G	4	3	e
<i>Pyrola japonica</i> 노루발풀	—	7.75	H	1	5	e
<i>Maackia amurensis</i> 다릅나무	—	5.20	M	3	5	e
<i>Symplocos chinensis</i> 노린재나무	—	4.88	N	4	5	e
<i>Athyrium yokoscense</i> 뱀고사리	—	4.88	G	1	3	e
<i>Fraxinus sieboldiana</i> 쇠물푸레	—	4.88	M	1	5	e
<i>Amorpha fruticosa</i> 족제비싸리	—	4.51	N	3	5	e
<i>Commelina communis</i> 닭의장풀	—	4.21	Th	4	5	e
Total	68	31				

Note: L: Life-form (Dormancy form, M: Mega & Mesophanerophyte, N: Nanophanerophyte, Ch: Chamaephyte, H: Hemicyptophyte, G: Geophyte, Th: Therophyte),

D: Disseminule form, R: Radicoid, G: Growth form (e: erect form, b: branched form, t: tufted form, l: liane form, p: prostrate form, pr: partial rosette form, ps: pseudo-rosette form, r: rosette form).

결과 및 고찰

식생조성

조사지의 종수는 산화지(B)와 비산화지(U)에서 각각 68, 31 종류로 산화지가 비산화지보다 많았다(Table 1). 적산우점도(SDR₃)순위는 산화지가 참싸리(94.67)-억새(91.95)-김의털(68.33)-큰기름새(52.06)의 순이었고, 비산화지는 소나무(76.67)-아까시나무(56.25)-신갈나무(52.08)-산거울(75.01) 순으로 나타났다. 이 결과는 이(1980)의 강원도 양양군의 산화지에서 적산우점도 순위가 참싸리(63.90)-그늘사초(57.60)-큰기름새(55.11), 강과 이(1982)의 충북지역의 일부 지소에서 산불이 일어난 당년의 산화지에서 적산우점도 순위가 솔새(68.5)-억새(54.9)-산거울(48.1), 김(1989)의 산화 2년째인 산화지에서 억새(80.25)-산거울(75.01)-돌가시나무(42.44) 및 억새(100)-땅비싸리(39.43)-산거울(37.90), 심과 김(1993)의 산화 당년에

억새(84.26)-새(73.25)-산겨울(71.47), 억새(90.36)-산겨울(71.87)-졸참나무(54.88) 순의 결과와 비교해 볼 때 산화 당년과 2년째는 일반적으로 억새가 우점종으로 출현되었으나, 본 조사지소에서는 참싸리가 우점종으로 출현된 것은 조(1987)의 소나무림의 산화지의 이차 천이가 억새-참싸리-졸참나무 군집으로 이행되는 결과와 비교해 볼 때 본 조사지가 산화 후 4년째로 억새 단계를 지나 참싸리 단계로 천이가 진행되는 것으로 생각된다.

산화지(B)에 출현된 종을 적산우점도(SDR₃) 순위를 토대로 68종을 Invader, Increaser, Decreaser, Neutral로 구분하였을 때 Invader가 47종(전체 종조성의 69%)으로 높은 값을 나타내었다(Table 2).

본 조사지에서도 소나무는 산불이 일어난 후 枯死되었으나, 털진달래나무, 졸참나무, 떡갈나무, 신갈나무, 아까시나무, 참싸리 및 산오리나무는 타버린 그루터기에서 활발히 재생되었기 때문에 내화성이 강한 식물이라고 본다 (Hirao 1941, 홍 등 1968, 김 등 1983, 조 1987, 심과 김

Table 2. Degree of succession (DS), species diversity (\check{H}), evenness index (e) and dominance index (C) in burned and unburned areas

	DS	\check{H}	e	C
Burned area	675.8	4.07	0.965	0.15
Unburned area	884.2	2.05	0.595	0.25

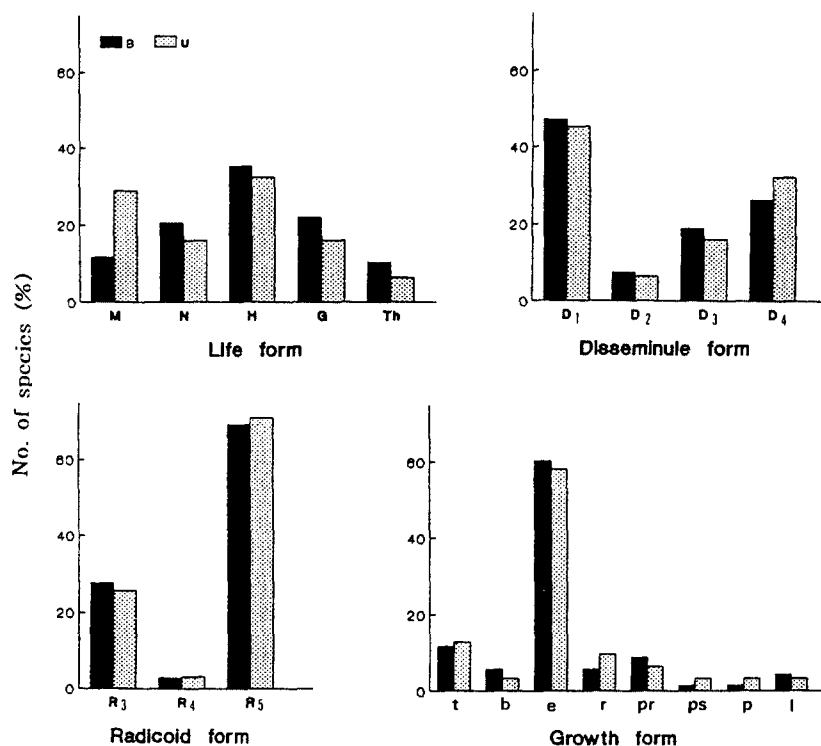


Fig. 3. The diagram of life form, disseminule form, radicoid form, and growth form of burned (B) and unburned (U) areas. (Abbreviations are the same as in Table 1.)

1993).

생활형 조성

식물의 생활형은 산화지(B)와 비산화지(U)에서 반지중식물(H)이 35.3%(24종), 32.4%(10종), 산포기관형은 풍산포형(D₁)이 47.1% (32종), 45.2%(14종), 근계형은 단립식물(R₅)이 69.1%(47종), 71.0%(22종)으로 각각 우세하였다. 그리고 생육형은 직립형(e)이 산화지(B)와 비산화지(U)에서 각각 60.3%(41종), 58.1%(18종)이었다 (Fig. 3).

생활형 조성은 산화지(B)와 비산화지(U)에서 다같이 H-D₁-R₅-e형이었고, 이 결과는 이(1980)의 강원도의 일부 지역, 강과 이(1982)의 충청북도 일부 지역, 김(1983), 김과 조(1984), 조(1987), 김(1989), 심과 김(1993)의 대구 주변의 일부지역과 경북 일부 지역의 산화지의 생활형 조성과 같은 경향이였다.

유사도, 천이도 및 종 다양성

산화지(B)와 비산화지(U)간의 유사도(CC_s)는 0.42로 그 값이 낮았는데, 이것은 두 지소간의 공통 종수가 적었기 때문이며, 이러한 결과는 김(1989)과 비슷한 경향이였다.

Table 2에서 보는 바와 같이 천이도(DS)는 산화지(B)와 비산화지(U)에서 각각 675.8, 884.2이었다. 산화 당년의 산화지에서 조사된 강과 이(1982)의 B₁-(423), U(524), 김(1989)의 B₁-(244.0), B₂-(227.5), U-(854.5), 심과 김(1993)의 B₁-(662), B₂-(719), U₁-(694), U₂-(859)와 비교해 볼 때, 본 조사지의 비산화지(U)가 천이도가 높은 값을 나타내었다. 산화 당년의 산화지에서 천이도가 353에서 6년째에는 636으로 증가된 조(1987)의 결과에 비하면 본 조사지소는 식생이 비교적 빨리 회복되었다고 본다.

종다양성지수(H)는 산화지(B)와 비산화지(U)에서 각각 4.07, 2.05, 균등성지수(e)는 각각 0.965, 0.595, 우점도 지수(C)는 각각 0.15, 0.25이었다.

산화지가 비산화지 보다 종다양성과 우점도가 높은것은 비산화지는 소나무가 우점하고 그 임상식생의 종조성이 빈약한 때문이고, 종다양성이 높으면 상대적으로 우점도가 낮다는 Whittaker(1965)의 보고와 산화지에서 1~8년까지는 종다양성이 점차 증가되었으나 11~16년 사이에는 급격히 감소된 후 다소 균형을 이루는 수준으로 지속되었다는 Shafi와 Yarranton(1973)의 보고와 비슷한 경향이었고, 또한 조(1987), 김(1989), 심과 김(1993)의 보고와도 비슷한 경향을 나타내었다.

적 요

1986년 4월에 산불이 일어나서 소나무림과 그 임상식생이 숲소멸된 경상북도 구미시 남통동에 위치한 금오산의 산등성이(표고 250 m, N10W)를 중심으로 산화지와 이에 인접한 비산화지인 소나무림을 대조구로 선정하여 산불이 일어난 후 4년째인 1990년 4월 부터 1991년 4월 까지 식생, 종조성, 종다양성, 균등성지수, 2차 천이과정을 분석한 결과는 다음과 같다.

조사지의 식물은 산화지가 68종류, 비산화지가 31종류로 4년째인 산화지는 비산화지보다 37종류가 더 많았다. 식물의 생활형은 산화지와 비산화지가 다 같이 H-D₁-R₅-e형이었고, 적상우점도(SDR₃)순위는 산화지에서 참싸리(94.67)-억새(91.95)-김의털(68.33)-큰기름새(52.06)순이었고, 비산화지는 소나무(76.67)-아까시나무(56.25)-신갈나무(52.08)-산겨울(40.25)순이었다.

천이도(DS)는 산화지가 675.8, 대조구인 비산화지(소나무림)가 884.2, 종다양성지수는 산화지가 4.07, 비산화지는 2.05이었다. 균등성지수는 산화지가 0.965, 비산화지는 0.595로서 산화지가 식물이 균등히 분포하고 있었다. 산화지와 비산화지의 유사도지수는 0.42로 비교적 낮은 값을 나타내었다.

인용문헌

- 강상준. 1977. 산림화재에 의한 소나무림의 피해에 관한 연구. 춘천교육대학논문집 17:233-242.
- 강상준·이종태. 1982. 산화적지의 식생회복에 관한 생태학적 연구. 한생태지 5:54-62.
- 김 원. 1978. 산불에 의한 소나무수림지의 이차식생에 관하여. 경북대학교 교육대학원논문집 10:113-122.
- 김 원. 1980. 산화적지의 이차식생과 이차천이에 관하여 - 초기단계의 이차식생 -. 경북대학교 교육대학원 논문집 12:81-89.
- 김 원. 1989. 소나무림의 산화적지의 이차천이 및 종다양성. 한생태지 12:285-295.
- 김 원·조영호. 1984. 산성산 산화적지의 식생재생과 이차천이. 한생태지 7:203-207
- 김 원·서정호·이종운. 1983. 당지동의 산화적지의 초기식생천이. 한생태지 6:273-242
- 김 원·박창규·조영호. 1986. 팔공산의 산화적지의 이차천이. 경북대학교논문집 42:183-192.
- 박봉규·김중희. 1981. 치악산의 식생과 토양에 미친 산불의 영향. 한생태지 24:31-45.
- 심학보·김 원. 1993. 섭제골 지역의 산화지 및 비산화지의 군락구조비교. 한생태지 16:429-438.
- 이우철. 1980. 산화적지의 이차천이에 관한 연구. -초기식생군락발달에 관하여-. 강원대학교 논문집 14:285-292.
- 조영호. 1987. 대구주변의 소나무림의 산화적지에서의 이차천이와 종다양성. 박사학위논문. 경북대. 58p.
- 조영호·김 원. 1991. 산화후 도덕산 소나무림의 초기식생회복과 종다양성. 한생태지 14:15-23.
- 홍순우·하영철·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.
- Hirao, T. 1941. After firing, some observation of the vegetation in North Corea. J. Jap. For. Soc. 23:10-13.
- Iwata, E. 1966. Germination behaviour of shrubby *Lespedeza* (*Lespedeza cyrtobotrya* Miq.) seeds with special reference to burning. Ecol. Rev. 16:217-227.
- Numata, M. 1969. Illustrated Plant Ecology. Asakura Book Co., Tokyo, pp. 34-43. (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. pp. 60-70. (in Japanese)
- Pielou, E.C. 1966. The measurment of diversity in different types of biological collection. J. Theoret. Biol. 13:131-144.

- Raunkiaer, C. 1934. The Life Form of Plants and Statistical Plant Geography. Clarendon Press, Oxford. 633p.
- Shafi, M.I. and G.A. Yarranton. 1973. Diversity, floristic richness and species evenness during a secondary (post-fire) succession. *Ecology* 54:897-902.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1963. The measurement theory of communication, Univ. 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. *Detkon. Denske. Vidensk. Selsk. Biol. Skr.* 5:1-34.
- Vogl, R.J. 1965. The effects of fire on the vegetational composition of bracken-grassland. *Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters* 53:67-82.
- Whittaker, R.H. 1965. Dominance and diversity in land plant communities. *Science* 147:250-280.

(1995년 12월 11일 접수)