

金烏山の 山火地에서 伐木地와 非伐木地の 植物 群集構造 比較¹

諸尙勳² · 金 源³

Comparison of Plant Community Structures in Cut and Uncut Areas at Burned Area of Mt. Gumo-san¹

Sang-Hoon Che² and Woen Kim³

要 約

1994년 4월에 산불이 일어나서, 소나무림과 임상식생이 완전히 전소된 경북 김천시 부상면 금오산(976m)의 일부 지점으로 사면방위가 S10W로, 산불이 발생한 지역을 벌목지와 비벌목지로 구분, 인접한 소나무림을 대조구로 선정하여, 산불이 일어난 후 1년째인 1995년 4월부터 1996년 10월에 걸쳐 식생구조, 종다양성지수, 우점도지수, 균등성지수, 천이도 및 토양의 이화학적 변화를 분석한 결과는 다음과 같다.

조사지에 출현한 식물은 벌목지가 32종, 비벌목지가 36종, 비산화지가 34종으로 나타났으며, 출현된 식물의 생활형은 벌목지 H(G)-D₁-R₅-e 비벌목지가 H(M)-D₁-R₅-e, 비산화지가 M(N)-D₁-R₅-e 형으로 나타났다.

적산우점도는 산화지, 비산화지의 출현한 식물의 총상구조로 볼 때, 산화지 중 벌목지는 초본층만 출현하여, 억새(100.00), 산거울(52.27), 졸참나무(51.19), 큰까치수영(39.40)순이었고, 비벌목지의 교목층은 상수리나무(56.91), 소나무(26.83), 관목층은 졸참나무(50.43), 감태나무(40.51), 싸리(37.85), 초본층은 억새(72.27), 고사리(69.02), 산거울(63.63)순이고, 비산화지의 경우 교목층은 소나무(99.88), 감태나무(21.07), 관목층은 졸참나무(77.47), 소나무(60.03), 청미래덩굴(56.19), 초본층은 억새(82.74), 산거울(74.02), 졸참나무(49.43)순으로 나타났다.

종다양성지수는 벌목지 1.05, 비벌목지 1.32, 비산화지 0.22, 균등성지수는 벌목지 0.70, 비벌목지 0.85, 비산화지 0.63이며, 우점도지수는 벌목지 0.15, 비벌목지 0.06, 비산화지 0.96, 천이도는 벌목지 345.19, 비벌목지 747.47, 비산화지 674.34, 각 지소별 유사도지수는 벌목지와 비벌목지간 0.66, 비산화지와 벌목지간은 0.50, 비산화지와 비벌목지간은 0.61이었다.

토양성분은 pH, 치환성양이온인 Ca²⁺, Mg²⁺, Na²⁺, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N은 벌목지가 비벌목지보다 높게 나타났으며, 유기물함량, 유효인산, 총질소함량, 총탄소함량, 치환성양이온인 K⁺는 비벌목지가 벌목지보다 높게 나타났다.

이상의 결과로 보아 산화지의 관리에 있어서 무조건 벌목보다는 산화지의 식생회복과 재생의 정도를 고려한 선택적인 벌목이 이루어져야 된다고 생각된다.

ABSTRACT

This is a report on the early vegetation, plant community structure, and secondary succession of cut and uncut sites of burned areas in Mt. Gumo-san. The forest fire occurred on April, 1994 and the pine forest and its floor vegetation were burned down. The investigation was carried out from April,

¹ 接受 1997年 9月 19日 Received on September 19, 1997.

² 경북북도자연과학연구원 Province Kyoungsangbukdo Natures Studing Institute. 730-050. Kumi. Korea.

³ 경북대학교 자연과학대학 생물학과 Dept. of Biology, Colleague of Natural Sciences. Kyungpook Nat'l Univ. Taegu, 702-701. Korea

1995 to October, 1996. The results are summarized as follows: The floristic composition of cut and uncut sites of burned area and unburned area were composed of 32, 36, and 34 kinds of vascular plants respectively. The biological spectra showed the H(G)-D₁-R₅-e type, H(M)-D₁-R₅-e and M(N)-D₁-R₅-e in cut, uncut, and unburned site respectively. The dominant species based on SDR₃ of the cut site were *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*(100.00), *Carex humilis*(52.27), *Quercus serrata* (51.19) and *Lysimachia clethroides*(39.40), however, in the uncut sites the dominant species were *Quercus acutissima*(56.91), *Pinus densiflora*(26.83) in the tree layer, *Quercus serrata*(50.43), *Lindera glauca*(40.51), *Lespedeza bicolor*(37.85) in the shrub layer, and *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens* (72.27), *Pteridium aquilium* var. *latiusculum*(60.92), *Carex humilis*(63.63) in the herb layer. *Pinus densiflora*(99.88), *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*(82.74), *Quercus serrata*(77.47) and *Carex humilis*(74.02) were dominant in the unburned site. The species diversity(H) and evenness index(e) were 1.05, 0.70 and 1.32, 0.85 in the cut and uncut site, respectively and 0.22, 0.63 in the unburned site. Dominance index(C) was 0.15, 0.06 and 0.96 in the cut, uncut site and unburned site, respectively. Degree of succession(DS) was 345.19, 747.47 and 674.34 in cut, uncut and unburned site, respectively. The index of similarity(CCs) was 0.66 between cut and uncut sites, 0.50 between unburned and cut sites and 0.61 between unburned and uncut sites. The amount of exchangeable sodium, calcium, magnesium and soil pH were increased, but the amount of organic matter, available phosphorus, total nitrogen, total carbon and exchangeable potassium were decreased in cut site after fire.

Key words: Forest fire, Secondary succession, Biological spectra, Floristic composition, Species diversity, Soil properties

序 論

우리나라는 전 국토의 약 65%가 삼림으로 점유되어 있으며, 이 삼림의 약 50%가 소나무림으로 구성되어 있다(환경부, 1997). 이러한 삼림은 인간의 간섭으로 인해서 생태계의 파괴가 점차 급증하고 있는 현실이다. 삼림생태계의 변화를 초래하는 요인중 개발에 의한 감소보다 인간의 부주의에 의한 산불로 인해 막대한 피해를 입고 있는 것으로 알려졌다. 즉 이러한 산불은 1955년 이후 매년 200여건이 발생하고 이 중 11월말에서 다음해 4월말까지 산불이 집중적으로 발생하고 있다(산림청, 1995).

산불에 대한 연구는 Komareck(1962)에 의해 정립되었고, 주로 자연환경에 미치는 화재의 영향 및 생물의 화재에 대한 반응, 생태계 보존에 대한 화재의 역할과 효과에 대한 연구를 하였다. 산불은 식물군집의 천이속도와 방향을 결정하는 중요한 요인이며 이에 대한 생태학적 효과에 대한 연구(Ahlgren and Ahlgren, 1960), bracken-grassland의 불에 의한 식생구조의 변화(Vogl, 1964), 식물군집에서 종의 우점과 다양성에 대한

연구(Whittaker, 1965), 천이과정에서 종다양성의 변화(Whittaker, 1965, 1972; Pielou, 1966), 불이 초지식생에 미치는 영향으로 토양의 화학적 성분의 변화, 미기후의 변화, 종조성, 생산성과 밀도 등에 관한 연구(Daubenmire, 1968), 산불 이후 원상태로 회복되기 위한 2차천이에 대한 연구(Odum, 1971), Amazon basin지역의 화재 이후 벌목지의 초기식물의 천이에 대한 보고(Uhl, 1981)와, 일본지역의 소나무림에서 불에 대한 식물의 내성과 천이과정, 군락구조 및 생체량 등에 대한 연구(Nakagoshi, 1987) 등 산불이 발생한 후 초지와 산화지에서 일어나는 식물군집구조의 변화 및 토양의 물리적, 화학적인 변화에 대한 많은 연구가 있다.

우리나라는 북한의 산화지에 대한 연구(Hirao, 1941)를 시작으로, 식생, 토양 및 토양미생물에 미치는 불의 효과에 대한 연구와, 산화지의 식생 회복과 이차천이에 관한 많은 연구보고가 있다(홍순무 등, 1968; 강상준, 1971; 강상준, 1977; 김원, 1978; 이우철과 이기은, 1979; 이우철, 1980; 김원 등, 1981; 강상준과 이종태, 1982; 조영호와 김원, 1983; 차순성과 유태규, 1983; 김종홍과 장한성, 1985; 김종홍과 정홍래, 1984; 김

원과 조영호, 1984; 김원 등, 1986; 조영호, 1987; 김원, 1989; 심학보와 김원, 1993; 1996; 김원과 심학보, 1994; 김원과 성경희, 1995; 심학보, 1996).

따라서 본 연구는 산화지에서 벌목지의 천이 과정을 비교 분석하여 벌목이 식생회복에 미치는 영향을 규명하고, 이를 토대로 산화지의 관리 및 조림에 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

材料 및 方法

1. 調査地 選定 및 概況

조사지는 경북 김천시 부상면과 구미시 남동동에 위치한 금오산(976m)의 일부 지대로, 북위 36° 04' 30", 동경 128° 16' 30", 해발 350-450m로 사면방위는 S10W 방향이며, 경사도는 약 30° 이다.

본 조사지소는 1994년 4월 26일에 산불이 발생하였고 당일의 기상은 평균습도 48%, 최대풍속은 북서풍 2.9m/sec이었다(기상청, 1995).

피해면적은 약 17ha로서 산화지 재적의 피해는 소나무림 약 128.86m³, 활엽잡목 약 45.56m³이었다(산림청, 1995). 소나무림이 완전히 파괴된 산화지 가운데 벌목지(site 1)와 비벌목지(site 2)를 조사지로 선정하였고, 대조구(site 3)인 비산화지의 식생은 흉고직경이 15-25cm, 수고 8-10m인 소나무가 우점하고 있었다(Fig. 1).

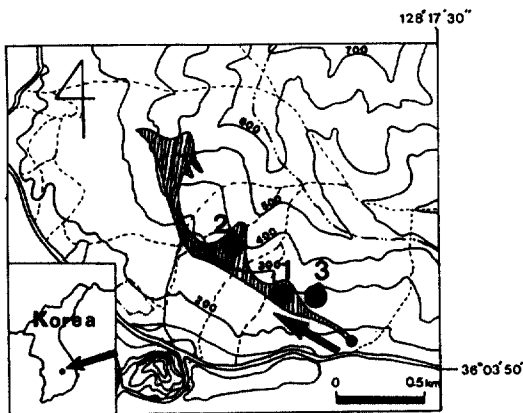


Fig. 1. The topographical map of investigated sites.(Arrows indicates the direction of fire-spread)

- 1. cut site of burned area
- 2. uncut site of burned area
- 3. unburned site

조사지인 금오산 부상면 일대는 전석지로서, 모암은 금오산 화산암류로 안산암, 유문암 및 암산암질 유문암으로 구성되어 있고, 이 모암의 풍화작용으로 표토는 사력질이 많고 토성은 토심이 얇고 부식층이 빈약하고 척박한 상태이었다.

기상자료는 본 조사지로부터 북동방향으로 8km에 위치하고 있는 구미기상대(기상청, 1995) 기상자료에 따랐고, 1966년부터 1995년까지 30년간 연평균 기온은 12.08℃, 최고기온은 34.4℃, 최저기온은 -13℃이고, 연평균 강수량은 953.9mm이었으며, 식물의 성장기인 6-9월은 월 100mm이상의 강수량을 보였다(Fig. 2).

2. 調査方法

(1) 植生調査

식생조사는 1995년 4월부터 1996년 10월까지, 표본추출은 1995년 6월부터 1996년 8월까지 실시하였다. 산화지는 벌목지와 비벌목지로 구분하여, 식피가 균일한 지소를 교목층은 10m×10m의 방형구를 2개구씩 무작위로 선정하였고, 관목층이 있는 비벌목지와 비산화지의 관목층은 5m×5m 방형구 5개씩을 선정하였으며, 각 조사지의 초본층은 무작위로 1m×1m 방형구 20개구를 선정하여 조사하였다. 조사지 가운데 교목, 관목, 초본식물이 출현한 비벌목지와 비산화지는 교목, 관목, 초본의 층상구조별로 출현된 종을 분류하고, 식물의 피도(C), 빈도(F), 식물의 높

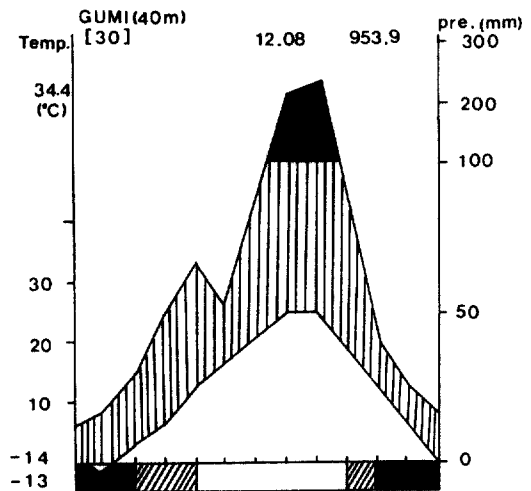


Fig. 2. The climate-diagram of Gumi area(Date were obtained from Gumi Meterological Station for 30 years from 1966 to 1995)

이(H)를 측정하였다. 이를 기초로 피도비, 빈도비, 식물의 높이비 등을 산출하였다.

이를 토대로 적산우점도(SDR)는 Numata(1969) 방법으로 산출하여 우점종을 구하였다. 또한 출현된 식물의 생활형(life form; L)은 Raunkiaer(1934) 방법으로 분류하였고, 산포기관형(disseminal form; D), 근계형(radicoid form; R) 및 생육형(growth form; G)은 Numata(1969)방법으로 분류하였다. 각 지소간의 유사도는 Sørensen(1948)지수로 비교하였고, 친이도는 Numata(1978)방법, 종다양성지수는 Shannon-Weaver(1963)방법, 균등성지수는 Pielou(1966)방법, 우점도지수는 Simpson(1949)방법으로 각각 산출하였다. 각 지소에 출현한 식물의 학명과 한국명은 이(1980)에 따랐다.

Note : $SDR_3 = (C' + F' + H')/3$ (C' : 피도비, F' : 빈도비, H' : 식물높이비)

$CCs = 2C/S_1 + S_2$ (S : 종의 수 S_1, S_2 : 지소 1, 2에 출현한 종수, C : 두 지소에서 공통으로 출현한 종수)

$DS = [(S \cdot d)/n] \cdot v$ (I : 종의 생존연한, d : 적산우점도, n : 종의 수, v : 식피율)

$\bar{H} = -\sum(pi \cdot \ln pi)$ ($pi = ni/N$, N : 전체종의 총피도값, ni : i종의 피도값)

$e = H/\ln S$ (S : 종의 수)

$C = \sum(ni/N)^2$ (N : 전체종의 총피도값, ni : 종의 피도값)

(2) 土壤調査

토양시료는 1996년 8월에 낙엽을 제거한 후 0-50cm깊이의 토양 1,000g정도를 각 지소별로 각각 3반복으로 채취하여, 약 1주일간 풍건하여 토양의 성분은 경북대학교 농업과학기술연구소에서 분석하였다.

토양의 pH는 토양과 증류수의 비를 1 : 2.5로 혼합하여, 30분간 진탕한 후 여과하여 pH meter로 측정하였다. 토양의 총질소함량은 macrokjeldahl법(Jackson, 1967)으로, NH_4-N 은 10% KCl 50ml로 30분간 진탕 후 여과하여 10ml Boric acid를 가해 증류한 후 적정하였으며, NO_3-N 은 1ml Sulfuric acid를 가해 증류한 후 적정하였다.

유효인산은 Lancaster법(Gilford LR26863

Stasor III)으로, 치환성양이온(K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+})은 토양시료 2.5g에 1N NH_4OAC 25ml을 가한 후 30분간 진탕하여, 여과시킨 후 Atomic absorption spectrophotometer(Perkin-Elmer 2380)로 각각 정량하였다. 유기물함량은 5g의 토양을 자체 도가니에 넣고 105°C에서 48시간 동안 건조시켜 칭량한 후, 550-600°C의 전기로에서 4시간 동안 작열시켜 작열 소실량을 구하였다. 총탄소함량은 Tyurin법(총탄소함량=유기물함량/1.724)으로 측정하였다(농진청, 1988).

結果 및 考察

1. 植 生

Table 1에서 보는 바와 같이 산화지를 벌목지와 비벌목지로 구분하고, 특히 비벌목지에서는 교목, 관목층이 출현 하였으므로, 이를 토대로 비산화지와 식물의 군집구조를 층상별로 구분하여 각 지소별로 출현된 종의 적산우점도를 산출하였다.

산화지중 벌목지의 초본층의 식피율은 60-70%이고 출현된 종은 32종, 비벌목지의 식피율을 각 층별로 조사한 결과, 교목층 10%, 관목층 60%, 초본층 70%이며, 출현된 종은 교목 2종, 관목 11종, 초본 32종이 나타났으며, 대조구인 비산화지의 전체 식피율은 90%로, 이 중 교목층은 소나무가 60%로 우점하고, 관목층의 식피율은 60%로 졸참나무, 개울나무, 노간주나무 등이 분포하고, 초본층의 식피율은 25%정도로 빈약하여 골무꽃, 찌리의 유목 등이 출현하여 교목 3종, 관목 9종, 초본 28종이 출현되었다.

이상의 결과로 보아 산불이 일어난 후 자연적인 삼림회복을 고려치 않고 무조건 벌목을 하여 산화지를 관리하고 있는 실정에서, 본 조사지에서는 산불이 일어난 후 1년째 벌목을 하지 않는 지역에서 교목과 관목층의 출현과 재생으로 자연적으로 식생이 회복되고 있었다.

본 조사지소에 출현한 식물의 적산우점도를 토대로, 산화지중 벌목지에 출현한 식물의 우점도 순위는 억새(100.00), 산거울(52.27), 졸참나무(51.19), 큰까치수영(39.40), 참싸리(38.63)순으로 나타났으며, 특히 벌목을 하지않고 방치한 비벌목지의 경우 교목과 관목층이 재생되어, 교목층에서는 상수리나무(56.91), 소나무(26.83), 관목층에서는 졸참나무(50.43), 감태나무(40.51),

Table 1. The floristic composition, summed dominance rate(SDR_s) and life form in cut(C), uncut(UC) and unburned(UB) sites.

Species		S D R			Life forms			
		B		UB	L	D	R	G
		UC	C					
Tree Layer								
<i>Quercus acutissima</i>	상수리나무	56.91			M	4	5	e
<i>Pinus densiflora</i>	소나무	26.83		99.88	M	1	5	e
<i>Lindera glauca</i>	감태나무			21.07	N	4	5	e
<i>Alnus japonica</i>	오리나무			6.16	M	1	5	e
Shrub Layer								
<i>Quercus serrata</i>	졸참나무	50.43		77.47	M	4	5	e
<i>Lindera glauca</i>	감태나무	40.51			N	4	5	e
<i>Lespedeza bicolor</i>	싸리	37.85		10.85	N	3	5	e
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	쇠물푸레	21.56			M	1	5	e
<i>Quercus variabilis</i>	굴참나무	15.91			N	4	5	e
<i>Quercus acutissima</i>	상수리나무	13.09			M	4	5	e
<i>Lespedeza crytobotrya</i>	참싸리	11.76			N	3	5	e
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	산초나무	10.55		13.73	N	4	5	e
<i>Rhus chinensis</i>	붉나무	10.28			M	4	5	e
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	개암나무	9.07			M	4	5	e
<i>Smilax china</i>	청미래덩굴	7.74		56.19	N	2	5	l
<i>Pinus densiflora</i>	소나무			60.03	M	1	5	e
<i>Rhododendron schippenbachii</i>	철쭉꽃			14.92	N	3	5	b
<i>Rhus trichocarpa</i>	개울나무			14.15	M	4	5	e
<i>Lindera obtusiloba</i>	생강나무			13.31	M	1	5	pr
<i>Juniperus rigida</i>	노간주나무			13.31	M	1	5	e
Herb Layer								
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	억새	72.27	100.00	82.74	H	1	3	t
<i>Pteridium aquilium</i> var. <i>latiusculum</i>	고사리	69.02	5.49	13.91	G	1	3	e
<i>Carex humilis</i>	산겨울	63.63	52.27	74.02	H	1	5	e
<i>Quercus serrata</i>	졸참나무	49.11	51.19	49.43	M	4	5	e
<i>Smilax china</i>	청미래덩굴	44.90	16.42	26.05	N	2	5	l
<i>Lysimachia clethroides</i>	큰까치수염	41.69	39.40	12.13	G	4	3	e
<i>Lespedeza bicolor</i>	싸리	41.33		41.87	N	3	5	e
<i>Scutellaria indica</i>	골무꽃	35.19	4.81	26.88	H	4	5	e
<i>Sanguisorba officinalis</i>	오이풀	34.40	29.88		H	4	5	Pr
<i>Rhus chinensis</i>	붉나무	33.15	10.18		M	4	5	e
<i>Maackia amurensis</i>	다릅나무	30.58		6.21	M	3	5	e
<i>Patrinia villosa</i>	뚝갈	27.55	30.86	14.76	H	1	5	Ps
<i>Cocculus trilobus</i>	맹맹이덩굴	21.89		16.84	Th	1	5	t
<i>Atracylodes japonica</i>	삼주	21.88	4.79	31.49	G	1	3	e
<i>Duchesnea chrysantha</i>	뱀딸기	21.81	25.92	29.42	H	2	4	p
<i>Quercus acutissima</i>	상수리나무	21.02	5.09		M	4	5	e
<i>Euphorbia pekinensis</i>	대극	19.40			G	3	5	e
<i>Aster scaber</i>	참취	15.09	4.58		G	1	3	e
<i>Smilax nipponica</i>	선밀나물	13.29		5.26	G	4	5	e
<i>Arunidella hirta</i>	새	12.03	3.87	11.18	H	1	3	t
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	산초나무	11.24	22.15		N	4	5	e
<i>Lindera glauca</i>	감태나무	10.54		14.91	N	4	5	e

Table 1. continued

Species		S D R			Life forms			
		B		UB	L	D	R	G
		UC	C					
<i>Rosa wichuraiana</i>	돌가시나무	10.47	8.00	4.47	N	2	5	e
<i>Quercus dentata</i>	떡갈나무	10.32			M	4	5	e
<i>Polygala japonica</i>	애기풀	8.06	7.74	4.23	G	1	5	b
<i>Lindera obtusiloba</i>	생강나무	5.98		15.81	M	1	5	pr
<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i>	띠	4.91			H	1	3	t
<i>Asparagus schoberiodes</i>	비짜루	4.86			G	4	5	e
<i>Leibnitzia anandria</i>	습나물	4.35			H	1	5	r
<i>Viola collina</i>	둥근털제비꽃	3.97		4.65	H	3	5	r
<i>Quercus aliena</i>	갈참나무	2.73	13.08	9.78	M	4	5	e
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	쇠물푸레	0.51			M	1	5	e
<i>Lespedeza crytobotrya</i>	참싸리		38.63		N	3	5	e
<i>Hemerocallis fulva</i>	원추리		26.66		G	3	5	r
<i>Euphorbia sieboldiana</i>	개감수		22.55		G	3	5	e
<i>Saussurea pulchella</i>	각시취		16.79		H	1	5	e
<i>Gentiana scabra</i> var. <i>buergeri</i>	용담		13.84		G	4	3	e
<i>Scorzonera austriaca</i> subsp. <i>glabra</i>	떡쇠채		13.30		H	1	5	e
<i>Iris ensata</i> var. <i>spontanea</i>	꽃창포		10.84		G	3	3	e
<i>Platycodon grandiflorum</i>	도라지		9.08		G	3	5	e
<i>Spiranthes sinensis</i>	타래난초		5.60		G	3	5	e
<i>Poa sphondylodes</i>	포아풀		5.43		H	1	5	t
<i>Rubus crataegifolius</i>	산딸기		4.79		N	2	5	e
<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>latilobum</i>	구절초		4.27		H	1	5	pr
<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>	미역취		4.27		G	1	3	pr
<i>Quercus variabilis</i>	굴참나무			28.30	N	2	5	e
<i>Juniperus rigida</i>	노간주나무			27.74	M	1	5	e
<i>Rhus trichocarpa</i>	개웃나무			15.72	M	4	5	e
<i>Isodon japonicus</i>	방아풀			14.49	G	4	3	e
<i>Styrax japonica</i>	매죽나무			6.63	M	4	5	e
<i>Galium verum</i> var. <i>asiaticum</i>	솔나물			5.31	H	4	5	e
<i>Clematis mandshurica</i>	으아리			4.89	N	1	5	l
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	담쟁이덩굴			4.20	N	2	5	l
<i>Chimaphila japonica</i>	매화노루발			3.99	Ch	1	3	e
Total number of species		45	32	42				

Note L ; Life form(Dormancy form, M : Mega & Mesophanerophyte, Th : Therophyte, N : Nanophanerophyte, H : Hemicryptophyte, G : Geophyte, Ch : Chaephyte)

D ; Disseminule form(D₁ : Anemochore & Hydrochore, D₂ : Zoochore & Brotochore, D₃ : Mechanical propulsion, D₄ : Clitochore)

R ; Racoid form(R₃ : 10Dd, R₄ : Runner and/or Struk 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)

싸리(37.85), 쇠물푸레(21.56)순으로 나타났으며, 초본층에는 억새(72.27), 고사리(69.02), 산거울(63.63), 졸참나무(49.11)순으로 나타났으며, 비산화지에 출현한 식물은 교목층에는 소나무(99.88), 감태나무(21.07), 관목층에는 졸참나무(77.47), 소나무(60.03), 청미래덩굴(56.19), 초

본층은 억새(82.74), 산거울(74.02), 졸참나무(49.43), 싸리(41.87), 삼주(31.49)순으로 나타났다.

이상의 결과는 산화지에서 1, 2년째의 우점종 순위가 억새 - 졸참나무 - 으아리, 억새 - 산거울 - 돌가시나무, 억새 - 산거울 - 참싸리 순으로 나타난다.

보고(이우철, 1980; 박봉규와 김종희, 1981; 강상준과 이종태, 1982; 조영호, 1987; 김원, 1989; 심학보와 김원, 1993)와 비교할 때, 본 조사지소에서 출현한 우점종의 순위도 유사한 경향을 나타냈다.

따라서 본 조사지에서 산화지의 식생회복은 벌목지보다 비벌목지에서 빨리 진행되고 있으며, 산화지의 관리에 있어 무조건 벌목을 하기 보다 벌목을 하지 않아도, 산불이 일어난지 1년째부터 교목, 관목층의 상수리나무, 졸참나무, 싸리, 감태나무 등은 수간으로부터 나온 맹아에 의해 재생되는 것으로 보아, 이러한 식물은 내화성이 강한 식물로 생각된다(Hirao, 1941; 홍순우 등, 1968; 김원 등, 1983; 조영호, 1987; 심학보와 김원, 1993).

본 조사 결과 앞으로 산화지의 관리에 있어서 무조건 벌목을 하는 것 보다 벌목을 하지 않고 자연적으로 식생이 회복되도록 하는 것도 바람직한 방법이라고 생각된다. 또한 비벌목지에서 고사리의 우점순위가 높은 것은 고사리 포자는 화재후에 식생이 제거된 장소에서 쉽게 발아하며, 일단 정착한 후에는 불에 강한 특성을 가진다(Oinonen, 1867)는 보고와 비교해 볼 때, 본 조사지에서도 초기의 우점종이 역새 다음으로 고사리가 출현한 것은 산불이 일어난 후 불에 의해 고사리의 발아가 촉진되었다고 생각된다.

2. 生活形 造成

Table 1에서 보는 바와 같이 산화지에 출현한 식물의 생활형을 벌목지, 비벌목지, 비산화지로 비교할 때, 벌목지에 출현한 식물의 생활형은 지중식물(G)이 37.50%(12종), 반지중식물(H)이 34.38%(11종), 산포기관형은 풍산포형(D₁)이 40.63%(13종), 중력산포형(D₄)이 28.13%(9종), 근계형은 단립형(R₅)이 68.75%(22종), 생육형은 직립형(e)이 65.63%(21종)로 나타났다.

비벌목지에서 출현한 식물의 생활형은 반지중식물(H)이 27.78%(10종), 지상대형식물(M)이 27.78%(10종), 산포기관형은 중력산포형(D₄)이 38.89%(14종), 풍산포형(D₁)이 36.11%(13종), 근계형은 단립형(R₅)이 77.78%(27종), 생육형은 직립형(e)이 66.67%(24종)로 나타났다.

비산화지에서의 출현한 식물의 생활형은 지상대형식물(M)이 26.47%(9종), 지상소형식물(N)이 26.47%(9종), 반지중식물(H)이 23.53%(8

종), 산포기관형은 풍산포형(D₁)이 41.18%(14종), 중력산포형(D₄)이 32.35%(11종), 근계형은 단립형(R₅)이 76.47%(26종), 생육형은 직립형(e)이 64.71%(25종)으로 나타났다(Fig. 3).

본 조사지의 산화지 가운데 벌목지의 경우 지중식물(G)의 출현은 벌목지가 유기물이 풍부하지 않고 전석지 및 건조한 지역이므로 지중식물이 상대적으로 많이 출현한것으로 생각되며, 비산화지의 경우 지상대형식물(M)의 출현으로 볼 때 천이의 단계에서 매우 안정화 추세에 있음을 알 수 있다.

생활형 조성은 벌목지 H(G)-D₁-R₅-e, 비벌목지 H(M)-D₁-R₅-e, 비산화지 M(N)-D₁-R₅-e형이었고, 산화지의 경우 이 등(1979)의 강원도 일부지역, 강과 이(1982)의 충청북도 일부지역과 김등(김원 등, 1983; 김원과 조영호, 1984; 김원, 1989; 조영호와 김원, 1991; 1992; 심학보와 김원, 1993; 심학보, 1996)의 대구 주변의 일부지역과 경북의 일부지역 산화지에서의 식물의 생활형과 비슷한 경향을 나타내었다.

3. 種多樣性 및 遷移度

Table 2에서 보는 바와 같이 각 지소에 출현한 식물의 종다양성지수와 균등성 지수는 산화지의 경우, 벌목지에서 1.05, 0.70, 비벌목지에서 1.32, 0.85, 비산화지는 0.22, 0.63으로 비산화지보다 산화지가 종다양성이 높으며, 이는 산불이 일어난 후 초기단계에서 종다양성이 증가한다는(Whitaker, 1965; 1972; Pielou, 1966; Monk, 1976; Horn, 1974; 우보명과 권태호, 1983; 조영호, 1987; 김원, 1989; 조영호와 김원, 1991; 1992) 보고와 유사한 경향이였다.

이는 천이가 진행되는 동안 생태계내의 생물적, 무생물적 구성요소의 안정성과 연관이 있으며, 특히 비벌목지에서 관목류의 증가는 산불이 일어난 후 초기에 관목류가 활발히 재생된다는 Ahlgren과 Ahlgren(1960)의 보고와 비슷한 경향을 나타내었다.

본 조사지중 산화지의 경우 비벌목지가 벌목지보다 종다양성지수 및 균등성지수가 높게 나타난 것은 벌목지의 경우 벌목으로 인한 토양의 유실 및 교란작용으로 인해서 식물의 종 수가 비벌목지보다 적은 것으로 생각된다.

비벌목지의 경우 졸참나무, 감태나무, 싸리 등의 관목층의 재생과 산불이후 재생된 종이 많았기

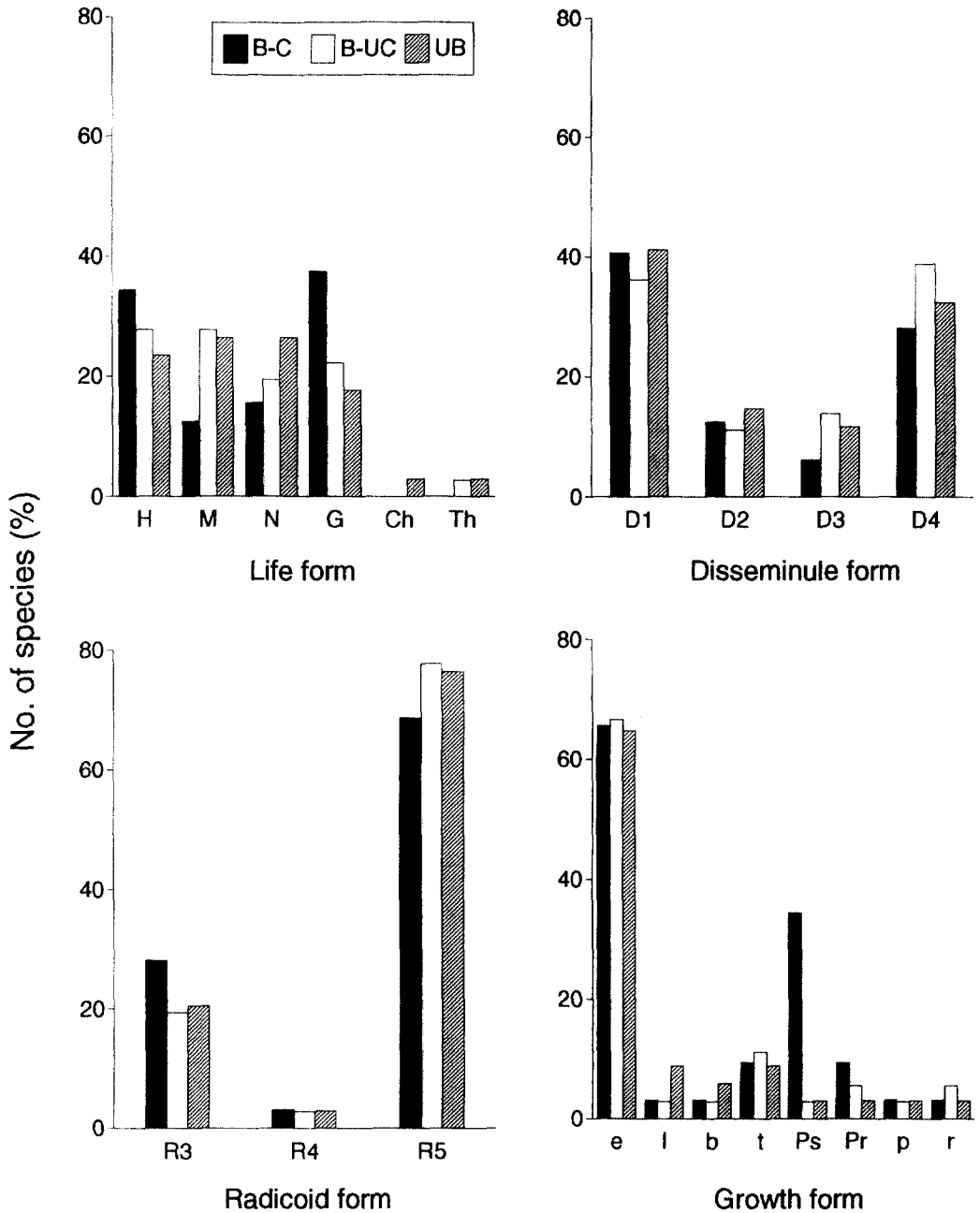


Fig. 3. Diagram of life-form disseminule form, radicoid form, and growth form of cut(B-C), uncut(B-UC) and unburned(UB) sites.(Abbreviations are the same as in Table 1.)

때문에 종다양성지수와 균등성 지수가 벌목지보다 비벌목지가 높게 나타난 것으로 생각된다. 우점도지수는 산화지의 경우 벌목지 0.15, 비벌목지 0.06, 비산화지 0.96로 종다양성지수 및 균등성 지수와는 반비례의 관계가 있으며, 종다양성 지수

와 우점도지수는 반비례한다는(Whittaker, 1965; 1972; Shafi와 Yarranton, 1973; 김원, 1989; 조영호와 김원, 1991; 1992; 심학보와 김원, 1993) 보고와 비슷한 경향을 나타내었다. 각 지소에서 천이도는 산화지의 경우 벌목지 345.19, 비벌

Table 2. Degree of succession(DS), species diversity index(H), evenness index(e), dominance index(C) in cut, uncut and unburned sites.

		DS	H	e	C
burned areas	cut area	345.19	1.05	0.70	0.15
	uncut area	747.47	1.32	0.85	0.06
unburned areas	unburned area	674.34	0.22	0.63	0.96

Table 3. Matrix of similarity index between each site of investigated areas.

Site	UB	B-UC	B-C
UB	1.00		
B-UC	0.61	1.00	
B-C	0.50	0.66	1.00

목지 747.47, 비산화지 674.34로 벌목지가 비벌목지보다 천이도가 낮은 것은 벌목지의 경우 벌목으로 인한 생태계의 교란 및 출현한 종들이 초본식물로 조성된대 기인한 것으로 보며, 비벌목지의 경우 산불이후 교목층의 상수리나무, 관목층인 졸참나무, 감태나무, 싸리 등의 재생(Hirao, 1941; Ahlgren과 Ahlgren, 1960; Iwata, 1966; 홍순우 등, 1968; 강상준과 이종태, 1982; 김원 등, 1986; 김원, 1989; 심학보와 김원, 1993)으로 인해 천이의 속도가 벌목으로 인한 교란작용이 있는 벌목지보다 천이의 속도가 빠르게 나타났다고 생각된다.

또한 비산화지보다 산화지(비벌목지)의 천이도가 높은 것은 산화지의 경우 이차천이의 초기단계이고, 비산화지의 경우 교목층이 우점도가 높은 소나무 군집이고 소나무림에서의 초본층의 임상식생이 빈약하고, 소나무림은 안정된 군집이기 때문에 천이도에 있어서 산화지가 비산화지보다 높게 나타났다고 본다(김원, 1978; 김원, 1980; 강상준과 이종태, 1982; 김원, 1983; 김원 등, 1986; 김원 등, 1992; 김원, 1989; 심학보와 김원, 1993).

4. 類似度指數

본 조사지소의 출현한 유사도지수를 비교해 볼 때, 벌목지(B-C)와 비벌목지간(B-UC)은 0.66, 비벌목지와 비산화지간은 0.61, 벌목지와 비산화지간 0.50으로, 산불 발생이후 산화지의 관리에서 산화1년째 벌목지보다 비벌목지가 비산화지의 유사도 지수가 높은 경향을 나타낸 것은, 산불이후 조림을 위한 무분별한 벌목보다는 산화지

의 식생을 고려한 선택적인 벌목과 식재가 바람직 할 것이라고 본다.

5. 土壤成分

각 지소별 토양 pH는 벌목지 5.13, 비벌목지 5.02, 비산화지가 4.76으로 산화지가 비산화지보다 토양 pH가 높게 나타났다. 이는 산불이후 회분속의 치환성양이온인 K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 등이 풍부해져 토양 pH를 증가시킨다는 보고(Daubenmire, 1968; 박봉규와 김종희, 1981; 강상준과 이종태, 1982; 김원, 1989; 김원 등, 1992; 김원과 심학보 1994)와 유사한 경향을 보였다. 본조사지에서도 산불 이후 1년째, 벌목지와 비벌목지에서 비산화지보다 토양의 pH가 증가하는 경향을 보였다.

유기물 함량(%)은 벌목지에서 2.24, 비벌목지에서 4.03, 비산화지에서 6.83로 나타났다. 산화지가 비산화지보다, 벌목지가 비벌목지보다 유기물함량이 낮게 나타난 것은 본 조사지가 낙엽의 퇴적이 적고, 토심이 얇은 전석지이며, 또한 벌목으로 인해서 유기물의 유실이 심했기 때문이라 여겨지며 산불 이후 유기물이 증가(Douglas and Ballard 1971), 또는 감소(Austin and Baistinger 1955)한다는 보고와 유사한 경향을 보였다

각 지소별 유효인산(ppm)은 벌목지에서 3.52, 비벌목지에서 5.10, 비산화지에서 4.10로 나타났으며, 불의 강도가 강할수록 유효인산의 축적이 높다고 보고한 박봉규와 김종희(1981), 강상준과 이종태(1982)의 보고와 유사한 경향을 보였으며, 총질소함량(%)은 벌목지와 비벌목지에서 0.14, 0.14, 비산화지의 경우 0.19로, 산화후 산화지의 질소함량이 증가한다는 결과(Daubenmire, 1968; 김 1989; 김과 심 1994; 1995)와는 상반되는 경향이였다.

이러한 산화지의 질소함량의 증가는 산불이 식물군락내의 콩과식물의 비율을 증가시켜 질소함량도 간접적으로 증가하고, 질소함량의 감소는 산불의 강도에 의해 영향을 받게 되는데 산불의

Table 4. Soil properties in the cut(C), uncut(UC) and unburned(UB) sites.

Area	pH	O.M. (%)	A.P. (ppm)	T.N. (%)	T.C (%)	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
C	5.13	2.24	3.52	0.14	1.30	24.5	2.95	150	308	71	3.6
UC	5.02	4.03	5.10	0.14	2.34	42.0	2.02	354	215	45	1.0
UB	4.76	6.83	4.10	0.19	3.96	70.7	1.33	151	378	66	2.0

Note : O.M. : Organic matter, A.P. : Available phosphorous, T.N. : Total carbon,

T.N. : Total nitrogen.

강도는 지표에 쌓인 낙엽의 양, 지형, 기후 등의 요인에 의존한다고 하였다(Daubenmire, 1968). 본 조사지에서도 산화지의 경우 산불의 강도가 강해서 휘발된 것으로 추정된다.

총탄소함량(%)은 벌목지에서 1.30, 비벌목지는 2.34, 비산화지는 3.96로 산화지보다 비산화지의 총탄소함량이 높게 나타났으며, 또한 산화지중 벌목지보다 비벌목지가 총탄소함량이 높게 나타났다.

각 지소별 NH₄⁺-N의 함량(ppm)은 벌목지에서 24.5, 비벌목지에서는 42.0, 비산화지에서는 70.7으로 나타났으며, NO₃⁻-N함량(ppm)은 벌목지에서 2.95, 비벌목지에서 2.02, 비산화지에서 1.33으로 나타났으며, 이는 Rundle(1981)은 떡갈나무림 지역에서 화재 후 NH₄⁺-N의 빠른 증가와 NO₃⁻-N의 농도의 변화가 없다는 보고와 유사한 경향을 나타내고 있다.

치환성양이온 K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺은 각 지소별 K⁺(ppm)은 벌목지가 150, 비벌목지 354, 비산화지 151로 나타났으며, Ca²⁺(ppm)은 벌목지 308, 비벌목지 215, 비산화지가 378, Mg²⁺(ppm)는 벌목지에서 71, 비벌목지에서 45, 비산화지에서 66으로 산화지가 비산화지보다 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 Na⁺(ppm)은 벌목지에서 3.6, 비벌목지에서 1.0, 비산화지에서 2.0으로 벌목지에서 증가하는 경향을 나타내었다. 이것은 이는 식물이 연소되면서 회분이 토양에 추가되어 토양의 염기성 성질이 증가하기 때문이라 생각된다.

引用 文 獻

- 강상준, 1971. 초지의 구조 및 생산성에 미치는 산불의 영향, 식물학회지 14(3) : 36-42.
- 강상준, 1977. 산림화재에 의한 소나무림의 피해에 관한 연구, 춘천교육대학논문집 17 : 233-242.
- 강상준·이종태, 1982. 산화적지의 식생회복에 관한 생태학적 연구, 한국생태학회지 5 : 54-62.
- 기상청, 1995. 기상연보, 244p.
- 김 원, 1978. 산불에 의한 소나무수림의 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. 소나무수림의 산화적지의 이차천이 및 종다양성, 한국생태학회지 12(4) : 285-295.
- 김 원·서정호, 이종은, 1983. 당지동의 산화적지의 초기 식생천이, 한국생태학회지 6 : 273-242.
- 김 원·성경희, 1995. 금오산에서 산화지와 비산화지의 식물군집구조 비교, 한국생태학회지 19 : 55-64.
- 김 원·송승달, 1982. 산화지 생태계의 군락분포와 일차생산성 및 물질순환, 경북대 논문집 33 : 335-348.
- 김 원·조영호, 1984. 산성산 산화적지의 식생재생과 이차천이, 한국생태학회지 6 : 203-207.
- 김 원·심학보, 1994. 용수동 지역의 산화지 및 비산화지의 군락구조와 2차천이, 경북대학교 교육대학원 논문집 26 : 1-11.
- 김 원·심학보, 1995. 산성산 산화적지의 군락구조와 2차천이, 경북대 환경과학논문집 9 : 167-178.
- 김 원·이종은·이은호, 1981. 산림피해임지와 무피해임지의 식생과 미기상변화에 관하여, 한국생태학회지 4(3-4) : 109-113.

15. 김 원 · 박창규 · 조영호, 1986. 팔공산의 산화적지의 이차천이, 경북대학교 논문집 42 : 183-192.
16. 김 원 · 장근형 · 조영호 · 심학보, 1992. 초례산 소나무림의 산화지의 이차천이. 경북대학교 논문집 52 : 23-33.
17. 김중홍 · 정홍래, 1984. 용계산 일대 산화적지의 초기식생과 이차천이에 관한 연구 - 산지개발을 위한 기초자료 - 순천대학논문집 3 : 191-201.
18. 김중홍 · 장한성, 1985. 짜리바구산 산화적지의 초기식생 천이, 한국생태학회지 8(2) : 109-117.
19. 농진청, 1988. 토양화학분석법, 농업기술연구소, p.450.
20. 박봉규 · 김중희, 1981. 치악산의 식생과 토양에 미친 산불의 영향, 한국생태학회지 24(1) : 31-45.
21. 산림청, 1995. 임업통계연보, 342-343.
22. 심학보, 1996. 팔공산일대의 산화지와 비산화지의 군락구조 및 토양성분의 동태에 관한 연구, 박사학위논문 경북대.
23. 심학보 · 김 원, 1993. 섭제골지역의 산화지 및 비산화지의 군락구조비교, 한국생태학회지 16 : 429-438.
24. 심학보 · 김 원, 1996. 초례산의 산화지와 비산화지의 식물군집구조 및 토양성분의 동태, 한국생태학회지 19 : 417-430.
25. 이우철 · 이기은, 1979. 한국식물자원의 분류학적 연구 - 춘천지역 식물지에 관한 연구, 강원대학교 논문집 13 : 193-239.
26. 이우철, 1980. 산화적지의 이차천이에 관한 연구 - 초기식생군락발달에 관하여, 강원대학교논문집 14 : 285-292.
27. 이창복, 1980. 대한식물도감, 향문사, 서울, 990pp.
28. 우보명 · 권태호, 휴폐경지의 산불이 산림식생 및 토양에 미치는 영향에 관한 연구(I) - 관악산 뱀골계곡에서의 초기영향 - 한국임학회지 62 : 43-52.
29. 조영호 · 김 원, 1983. 팔공산 내학동 일대의 산화적지의 이차식생과 천이, 한국생태학회지 6(1) : 22-32.
30. 조영호, 1987. 대구주변의 소나무림의 산화적지에서의 이차천이와 종다양성, 박사학위논문 경북대.
31. 조영호 · 김 원, 1991. 산화후 도덕산 소나무림의 초기식생회복과 종다양성, 한국생태학회지 14(1) : 15-23.
32. 조영호 · 김 원, 1992. 산화후 소나무림의 이차천이와 종다양성, 한국생태학회지 15(4) : 337-344.
33. 차순성 · 유택규, 1983. 산불이 산림생태계에 미치는 영향, 자연보존지 43 : 8-16.
34. 홍순우 · 하영철 · 최영길, 1968. 식생, 토양 및 토양미생물에 미치는 불의 효과에 대하여, 식물학회지 11 : 9-20.
35. 환경부, 1997. 금강소나무 분포 정밀조사 결과보고서 - 경북 내륙지역 중심으로 -, 삼진인쇄, 91pp.
36. Ahlgren, I.F. and C.E. Ahlgren, 1960. Ecological effects of forest fire, Bot, Rev 26 : 483-533.
37. Austin, R.C. and D.H. Baisinger, 1955. Some effects of burning on forest soils of western Oregon and Washington. J. For 53 : 275-280.
38. Daubenmire, R., 1968. Ecology of fire in grassland, Adv, Ecol, Res 5 : 209-266.
39. Douglas, C.W., and T. M. Ballard, 1971. Effects of fire on alpine plant communities in the North Caccades, Washington, Ecology 52 : 1058-1064.
40. Pielou, E.C., 1966. Species-Diversity and Pattern-Diversity in the Study of Ecological Succession. J. Theoret, Biol 10 : 70-383.
41. Hirao, T., 1941. After firing, some observation of the vegetation in North Corea, J. Jap, For, Soc 23 : 10-13.
42. Horn, H.S., 1974. The ecology of secondary succession. Ann, Rev, Ecol, Syst., 5 : 25-37
43. Iwata, E., 1966. Germination behaviour of shrub by Lespedeza(Lespedeza crytobotyra) seeds with special reference to burning, Ecol, Res 16 : 217-227.
44. Jackson, M.L., 1967. Soil chemical analysis, Prentice-Hall, New Delhi, 497pp
45. Komareck, E.V., 1962. Fire Ecology, Proc, Tall Timbers Fire Ecol, Conf 1 : 95-107

46. Monk, C., 1967. Tree species diversity in the eastern deciduous forest with particular reference to north-central Florida, Amer, Nat 101 : 173-187
47. Nakagoshi, N., K. Nehira and F. Takahashi, 1987. The role of fire in ecological systems, SPB Academic Publishing Co, Netherlands, : 92-116.
48. Numata, M., 1969. Illustrated Plant Ecology, Asakura Book Co, Tokyo, : 34-43(in Japanese)
49. 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(in Japanese).
50. Odum, E.P., 1971. Fundamentals of ecology. 3rd ed., W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1971, 574pp.
51. Oinonen, E., 1867. The correlation between the size of Finnish bracken(*Pteridium aquilinum*) clones and certain periods site history, Acta Forestalia Fennica 83 : 1-51.
52. Pielou, E.C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collection, J, Theoret, Biol 13 : 131-144.
53. Raunkiaer, C., 1934. The Life form of Plants and Statistical Plant Geography, Clarendon Press, Oxford, 633pp.
54. Rundle, P.W., 1981. The impact of fire on nutrient cycles, In Symposium on nutrients as determinants of the structure and functioning of Mediterranean-type ecosystem, The role of nutrients, F.J. Kruger, D.T. Mitchell and J.U.M. Jarvis(eds.) Springer-Verlag, Heidelberg.
55. Shafi, M.I and G.A., 1973. Yarranton, Diversity, floristic richness, and species evenness during a secondary(Post-fire) succession, Ecology 54 : 897-902.
56. Shannon, C.E. and W. Weaver, 1963. The measurement theory of communication, Univ, Illinois Press, Urbana, 117pp.
57. Simpson, E.H., 1949. Measurement of diversity, Nature 163 : 688pp.
58. Sørensen, T., 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, Detkong, Denske, Vidensk, Selsk, Biol, Skr 5 : 1-34.
59. Uhl, C.K., H. Clark and P. Murphy, 1981. Early plant succession after cutting and burning in the upper Rio Negro region of the Amazon basin, J, Ecology 69 : 631-649
60. Vogl, R.J., 1964. The effects of fire on the vegetational composition of bracken-grassland, Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters 53 : 67-82.
61. Whittaker, R.H., 1965. Dominance and diversity in land plant communities, Science 147 : 250-280.
62. Whittaker, R.H., 1972. Evolution and measurement of species diversity, Taxon 21 : 213-2