

# 산화 당년에 재생되는 식물군집의 종 구성과 식물의 영양염류 흡수량

문 형 태 · 정 연 숙\*

공주대학교 생물학과 · 강원대학교 생물학과\*

## Species Composition and Nutrient Absorption by Plants in the Immediate Postfire Year

Mun, Hyeong-Tae and Yeon-Sook Choung\*

Department of Biology, Kongju National University

Department of Biology, Kangwon National University\*

### ABSTRACT

Species composition and the amount of nutrients absorbed by regenerating plants on a pine forest in the immediate postfire year were compared with those in an unburned pine forest in Kosung, Kangwon Province. *Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*, *Cyperus amuricus*, *Lespedeza bicolor*, *Quercus serrata*, *Lysimachia clethroides* were the most abundant species in burned area. In unburned area, *Quercus mongolica*, *Rhododendron mucronulatum*, *Carex humilis*, *Rhododendron schlippenbachii*, *Spodiopogon sibiricus* were the most abundant species. Standing biomass of understory vegetation in burned and unburned area was 170.2 g D.W/m<sup>2</sup> and 171.3 g D.W/m<sup>2</sup>, respectively. Nutrient concentrations of plants in burned area, especially for phosphorus and potassium, were higher than those in unburned area. The amounts of nutrients absorbed by understory plants in burned and unburned area were 37.4 and 33.6 kg/ha for N, 0.36 and 0.19 kg/ha for P, 30.6 and 18.8 kg/ha for K, 8.5 and 7.8 kg/ha for Ca, 5.2 and 5.7 kg/ha for Mg, respectively. This suggests that regenerating vegetation can hold the significant amount of nutrients, although there may be considerable losses of nutrients from ecosystem after fire.

**Key words** : Absorption, Burned site, Nutrients, Postfire, Regenerating vegetation, Species composition, Standing biomass, Unburned site

### 서 론

산불은 우리 주변에서 흔히 볼 수 있는 교란요인 중의 하나인데, 국내에서는 90년대에 이르러 산불 발생의 빈도가 증가하고 있다(산림청 임업연구원 1996). 산불은 식물군집과 토양의 이화학적 성질에 영향을 미치는데, 이들 영향은 산불의 강도와

지속기간, 토양의 수분함량, 산불이 발생하는 시기, 산불 후 강우의 강도 등에 따라 많은 차이가 있다(Chandler *et al.* 1983).

산불은 일시적으로 토양의 영양염류 함량을 증가시키는 것으로 알려져 있다(Wells 1971, Wagle and Kitchen 1972, Lewis 1974, Stark 1977, Wright and Bailey 1982). 토양속에 증가된 영양염류는 산화 후 세탈에 의해 상당량이 소실될 수 있으며 (Grier and Cole 1971, Hobbie and Likens 1973, Wright

1976, Boerner and Forman 1982), 일부는 재생되는 식생에 의해 흡수될 수 있다. 영양염류 이동의 정도는 산불이 발생하는 시기와 산불 후의 강우량에 의해 달라질 것으로 예상된다. 우리나라에서는 보통 4월부터 6월에 걸쳐 건조한 기후와 사람에 의한 실화 때문에 산불이 자주 발생한다. 산림청 임업연구원(1996)에 의하면 1975년부터 1995년까지 우리나라에서는 연간 352건의 산불이 발생하여 연평균 739 ha의 삼림면적이 소실되었다.

우리 나라에서는 홍 등(1968), 강(1971), 강과 이(1982), 김 등(1983), 김(1989), 김과 조(1984), 심과 김(1993) 등이 산불이 일어난 후 그 지역의 2차 천이에 관한 연구를 수행하였으며, 부수적으로 토양의 화학적 성질 변화도 조사한 바 있고, 정과 김(1987)은 소나무림에 산불이 발생한 후 1년간 토양과 유출수의 pH, 전기전도도 및 영양염류의 변화를 조사하였다. 문과 정(1996)은 고성 지역의 산화지 토양성질을 주변의 비산화지의 토양특성과 비교한 바 있다. 그러나 산화 후 재생되는 식생에 의한 영양염류 흡수량에 대한 정량적인 연구는 거의 없는 실정이다.

본 연구는 1996년 4월에 강원도 고성지역에서 발생한 산화지에서 재생되는 식생의 종 구성과 이들에 의한 영양염류 흡수량을 파악하여 산화 후 생태계의 변화를 예측하기 위한 기초자료를 얻는데 그 목적이 있다.

### 조사지 개황

본 연구의 조사지는 행정구역상 강원도 고성군 죽왕면에 위

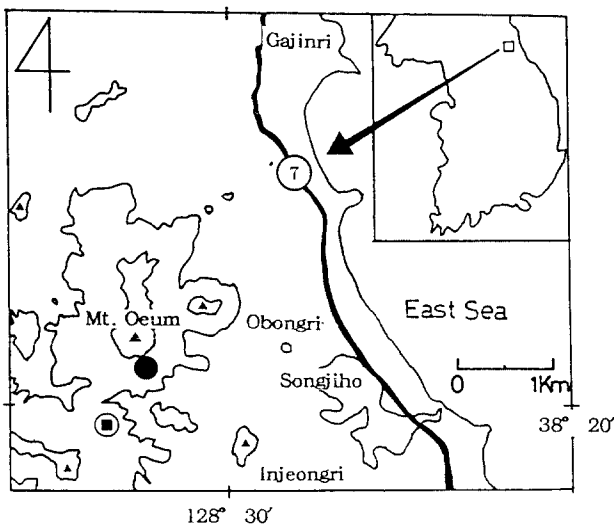


Fig. 1. A map showing the study area. Rectangular and closed circle indicate the burned and unburned (control) site, respectively.

치하며, 재생되는 식생과 토양조사는 산불의 피해가 커서 수관화(crown fire)로 분류되는 오봉리 오음산 지역에서 실시하였다 (Fig. 1). 오음산은 해발 280여 m의 야산으로 소나무가 우점군락을 형성하고 있었다. 우점군락인 소나무림은 완전히 소실되었지만 산화 후 1개월이 지났을 때 참나무의 맹아, 지하경을 갖은 다년생 초본식물의 개엽이나 초본과 목본의 실생에 의해 식생의 재생이 시작되는 것을 관찰할 수 있었다(문과 정 1996). 조사는 오음산 해발 약 150 m인 남동사면에서 실시하였다. 대조구로는 오음산의 맞은편에 위치하며 산불의 영향을 받지 않은 소나무림을 선정하였다. 본 조사지역의 토양은 화강암이 풍화되어 형성된 사양토이었다(산림청 임업연구원 1996).

### 조사방법

본 연구는 산불이 발생한 후 4개월이 지난 1996년 8월에 실시하였다. 산화지와 대조구로 정한 비산화지에 각각 10개의 1 m×1 m 방형구를 임의로 설정하였으며, 그 안에 포함되어 있는 식물종과 각각의 개체수 및 피도를 조사하여 상대빈도, 상대밀도, 상대피도를 산출한 후 중요치를 계산하였다. 산화지와 비산화지 초본층 군락의 유사도지수는 박과 김(1981)에 따라 중요치를 사용하여 계산하였다. 하층식생의 지상부 생물량과 영양염류 흡수량을 정량적으로 파악하기 위하여 산화지와 대조구로 정한 비산화지에서 각각 10개의 50 cm × 50 cm 방형구를 임의로 설정한 후 그 안에 포함되어 있는 식물들의 지상부를 절단하였다. 절단한 식물들은 비닐봉지에 밀봉하여 실험실로 운반한 후 각 종으로 구분하여 80℃ 항온기에서 48시간 이상 건조시켰다. 건조된 식물체는 칭량 후 건량이 많은 종들은 종별로 마쇄하였고, 건량이 적은 종들은 함께 모아 마쇄하여 영양염류 분석에 이용하였다.

생산량 측정을 위해 설정한 각 방형구에서 상층(0~10 cm)과 하층(10 cm 이하)으로 구분하여 토양을 채취하였다. 채집한 토양은 비닐봉지에 넣어 밀봉한 후 실험실로 운반하여 바로 질산태 질소와 암모니아태 질소를 정량하였으며, 나머지 토양은 음건시켜 2 mm 체로 친 다음 영양염류 함량을 분석하였다.

질산태 질소는 phenoldisulfonic acid 법(Wilde et al. 1979), 암모니아태 질소는 salicylate 법(Nelson 1983)으로 정량하였다. 토양 pH는 토양과 증류수를 1:5로 하여 1시간 동안 진탕시킨 후 상등액의 pH를 pH meter로 측정하였다. 전질소는 micro-Kjeldahl 법으로, 유효인은 ammonium molybdate 법(Allen et al. 1974)으로 정량하였다. 칼륨, 칼슘, 마그네슘은 1M NH<sub>4</sub>O-Ac로 추출한 뒤 원자흡수분광광도계(Perkin Elmer 3110)로 측정하였다. 식물체의 전질소는 토양의 분석방법과 같다. 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘을 정량하기 위해 식물체를 습식으로 분해한

후 인은 ammonium molybdate 법(Allen et al. 1974)으로, 칼륨, 칼슘, 마그네슘은 원자흡수분광광도계로 측정하였다. 단위면적 당 식물체의 건량에 각 식물체의 영양염류 함량을 곱하여 단위면적 당 영양염류 흡수량으로 계산하였다.

### 결과 및 고찰

#### 토양의 이화학적 성질

산화지와 비산화지의 토양성질은 큰 차이가 있었다(Table 1). 산화지 토양의 pH가 6.1±0.1인데 비해 비산화지 토양의 pH는 5.5±0.2이었으며, NH<sub>4</sub>-N의 경우 산화지토양이 비산화지에 비해 2배 이상 높게 나타났다. 산화지 상층토의 인함량은 37.0 μg/g인데 비해 비산화지는 23.9 μg/g이었으며, 칼륨함량도 산화지 토양에서 높았다. 산화지 상층토의 칼슘함량은 비산화지에 비해 2.6배나 높았고, 하층토에서는 5.8배나 높게 나타났다. 상층토와 하층토의 마그네슘 함량도 산화지가 비산화지에 비해 각각 1.8배, 1.9배 많은 것으로 조사되었다.

문과 정(1996)이 고성지역에서 5월에 조사한 자료에 의하면 산화지 토양의 NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, K, Ca, Mg 함량이 각각 78.9, 1.6, 180, 410, 150 μg/g 이었는데, 본 조사에서는 그 값이 각각 8.3, 0.3, 27.9, 191.2, 88.3 μg/g으로 현저히 감소되었다. 이러한 원인은 하절기의 강우에 의해 영양염류가 소실된 데에도 원인이 있지만(정과 김 1987), 상당량의 영양염류가 재생되는 식생에 의해 흡수되었기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 산화 후 4개월이 지났지만 여전히 산화지 토양의 영양염류 함량이 비산화지에 비해 높게 유지되고 있음을 알 수 있었다.

#### 하층식생의 구성

산화지에서 당년에 재생되는 식생 중 고사리, 방동사니, 참싸리, 졸참나무, 큰까치수영의 중요치가 높게 나타났다(Table 2). 이 중 고사리와 졸참나무는 각각 지하경과 화재목의 그루터기에서 재생이 시작되는 종이었고, 방동사니와 큰까치수영은 종자발아에 의하여, 그리고 참싸리는 그루터기와 종자에 의한

**Table 2.** Species composition of herb layer in burned *Pinus densiflora* forest at Kosung, Kangwon Province.

Species	R.F	R.D	R.C	I.V
Herb layer (Height : 0.4m, Cover : 80~90%)				
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i> (고사리)	9.4	20.4	38.0	67.8
<i>Cyperus amuricus</i> (방동사니)	8.4	31.9	6.9	47.2
<i>Lespedeza bicolor</i> (참싸리)	9.4	17.0	16.2	42.6
<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	7.5	5.1	20.7	33.3
<i>Lysimachia clethroides</i> (큰까치수영)	6.5	9.7	3.4	19.6
<i>Duchesnea chrysantha</i> (뽕딸기)	8.4	3.4	2.6	14.4
<i>Smilax china</i> (청미래덩굴)	4.7	2.1	2.7	9.5
<i>Spodiopogon sibiricus</i> (큰기름새)	4.7	1.3	1.4	7.4
<i>Viloa mandshurica</i> (제비꽃)	4.7	1.4	1.1	7.2
<i>Miscanthus sinensis</i> (참억새)	2.8	1.9	2.3	7.0
<i>Viola collina</i> (둥근털제비꽃)	3.7	0.6	0.5	4.8
<i>Lilium amabile</i> (튤중나리)	3.7	0.4	0.2	4.3
<i>Pueraria thunbergiana</i> (췌)	2.8	0.4	0.7	3.9
<i>Atractylodes japonica</i> (삼주)	2.8	0.5	0.4	3.7
<i>Vicia unijuga</i> (나비나물)	1.9	0.8	0.4	3.1
<i>Carex siderosticta</i> (대사초)	1.9	0.4	0.4	2.7
<i>Arundinella hirta</i> (새)	1.9	0.3	0.4	2.6
<i>Cocculus trilobus</i> (댕댕이덩굴)	1.9	0.2	0.4	2.5
<i>Platycodon grandiflorum</i> (도라지)	1.9	0.2	0.1	2.2
<i>Galium trachyspermum</i> (네잎갈퀴)	0.9	0.4	0.3	1.6
<i>Rumex acetosa</i> (애기수영)	0.9	0.5	0.1	1.5
<i>Isodon inflexus</i> (산박하)	0.9	0.2	0.3	1.4
<i>Iris rossii</i> (각시붓꽃)	0.9	0.2	0.1	1.2
<i>Adenophora triphylla</i> var. <i>japonica</i> (잔대)	0.9	0.2	0.1	1.2
<i>Spiraea prunifolia</i> var. <i>simpliciflora</i> (조팝나무)	0.9	0.1	0.1	1.1
<i>Persicaria blumei</i> (개여뀌)	0.9	0.1	0.1	1.1
<i>Zanthoxylum schinifolium</i> (산초나무)	0.9	0.1	0.1	1.1
<i>Artemisia keiskeana</i> (맑은대쭉)	0.9	0.1	0.1	1.1
<i>Hieracium umbellatum</i> (조팝나물)	0.9	0.1	0.1	1.1
<i>Salix hulteni</i> (호랑버들)	0.9	0.1	0.1	1.1
<i>Thalictrum minus</i> var. <i>hypoleucum</i> (좀평의다리)	0.9	0.1	0.1	1.1

R.F: Relative frequency, R.D: Relative density, R.C: Relative cover, I.V: Importance value

**Table 1.** Comparisons of chemical properties of soils between the burned and the unburned pine forest at Kosung, Kangwon Province

Site	pH	NH <sub>4</sub> -N (μg/g)	NO <sub>3</sub> -N (μg/g)	T-N (mg/g)	P (μg/g)	K (μg/g)	Ca (μg/g)	Mg (μg/g)	
Burned	Topsoil	6.1±0.1	8.3±1.5	0.3±0.02	4.3±0.4	37.0±3.3	27.9±3.6	191.2±30.3	88.3±10.8
	Subsoil	6.1±0.1	8.2±0.9	0.3±0.03	3.4±0.7	26.8±2.1	22.2±2.9	128.9±34.8	76.7±12.5
Unburned	Topsoil	5.5±0.2	4.1±1.8	0.2±0.03	3.1±0.8	23.9±3.8	20.9±3.8	72.7±17.3	47.4±11.8
	Subsoil	5.5±0.3	3.1±0.9	0.2±0.04	2.1±0.7	25.1±4.7	16.8±5.5	22.2±11.3	39.6±16.6

**Table 3.** Species composition of understory vegetation in unburned *Pinus densflora* forest at Kosung, Kangwon Province

Species	R.F	R.D	R.C	I.V
Shrub layer (Height:1.5m, Cover:30%)				
<i>Quercus mongolica</i> (신갈나무)	37.5	47.2	61.5	146.2
<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	20.8	16.7	19.1	56.6
<i>Rhododendron mucronulatum</i> (진달래)	20.8	19.5	10.6	50.9
<i>Rhododendron schlippenbachii</i> (철쭉꽃)	12.5	11.1	4.6	28.2
<i>Lespedeza bicolor</i> (참싸리)	8.3	5.6	4.2	18.1
Herb layer (Height:0.5m, Cover:50%)				
<i>Rhododendron mucronulatum</i> (진달래)	9.0	30.2	24.4	63.6
<i>Carex humilis</i> (산거울)	11.2	27.3	18.0	56.5
<i>Rhododendron schlippenbachii</i> (철쭉꽃)	11.2	14.4	10.8	36.4
<i>Quercus mongolica</i> (신갈나무)	6.7	4.0	21.0	31.7
<i>Spodiopogon sibiricus</i> (큰기름새)	10.1	6.2	11.6	27.9
<i>Artemisia keiskeana</i> (맑은대쭉)	7.9	5.5	2.8	16.2
<i>Atractylodes japonica</i> (삼주)	6.7	1.6	1.2	9.5
<i>Arundinella hirta</i> (새)	4.5	1.7	1.5	7.7
<i>Viola collina</i> (등근털제비꽃)	4.5	1.7	0.9	7.1
<i>Duchesnea chrysantha</i> (뱀딸기)	4.5	1.1	0.9	6.5
<i>Symplocos chinensis</i> (노린재나무)	2.3	3.0	0.7	6.0
<i>Lespedeza bicolor</i> (참싸리)	3.4	0.7	1.4	5.5
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i> (고사리)	1.2	0.1	3.1	4.4
<i>Hosta longipes</i> (비비추)	3.4	0.4	0.3	4.1
<i>Disporum viridescens</i> (애기나리)	2.3	0.5	0.2	3.0
<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i> (미역취)	2.3	0.3	0.2	2.8
<i>Saussurea ussuriensis</i> (구와취)	1.1	0.3	0.1	1.5
<i>Hepatica asiatica</i> (노루귀)	1.1	0.3	0.1	1.5
<i>Lindera obtusiloba</i> (생강나무)	1.1	0.1	0.2	1.4
<i>Iris rossii</i> (각시붓꽃)	1.1	0.1	0.2	1.4
<i>Aster scaber</i> (참취)	1.1	0.1	0.2	1.4
<i>Peucedanum coreanum</i> (기름나무)	1.1	0.1	0.2	1.4
<i>Cyperus amuricus</i> (방동사니)	1.1	0.1	0.2	1.4
<i>Adenophora triphylla</i> var. <i>japonica</i> (잔대)	1.1	0.1	0.2	1.4

R.F: Relative frequency, R.D: Relative density, R.C: Relative cover, I.V: Importance value

재생이 동시에 이루어졌다. 방동사니는 종의 특성상 개체수가 많아 상대밀도 값이 크게 산출되었지만 상대빈도나 상대피도는 참싸리가 더 높았다. 조사한 산화지에서 당년에 출현하는 식물의 종 수는 31종류이었다.

대조구로 정한 비산화지의 초본층에는 24종류가 출현하였다 (Table 3). 신갈나무, 진달래, 철쭉꽃 등 키가 작은 관목의

중요치가 높았고, 초본식물로는 소나무숲에서 출현빈도가 높은 산거울과 큰기름새, 맑은대쭉의 중요치가 높은 것으로 조사되었다. 산화지와 대조구의 초본층에서 각각 중요치가 높은 10종을 비교해 보면 공통되는 종류가 2종 뿐임을 알 수 있다. 산화지와 비산화지 초본층 군락의 유사도지수는 25.1%이었다.

박과 김(1981), 심과 김(1993), 김과 성(1995)의 조사결과에 의하면 당년의 산화지에서 억새, 솔새, 산거울 등의 중요치가 증가하는 것으로 보고되어 있으나 본 조사지역의 산화지에서는 억새, 솔새, 산거울 등이 관찰되지 않았다. 이러한 결과는 산화지에서 재생되는 식물군집의 구조가 지소에 따라 차이가 있음을 의미하며, 또한 산화지에서 재생되는 식생은 산화 이전의 식생 및 인접지역의 식생과 관련이 있음을 의미한다.

### 식물의 영양염류 함량

산화지와 비산화지에 공동으로 출현하는 종들 사이의 영양염류 함량에는 큰 차이가 있었다(Table 4). 산화지에 출현하는 고사리의 경우 질소, 인, 칼륨, 칼슘, 그리고 마그네슘 함량이 각각 21.0, 0.3, 26.0, 1.4, 3.3 mg/g인데 비해 비산화지에서는 18.0, 0.1, 15.9, 2.5, 2.7 mg/g으로 칼슘을 제외하고는 산화지에서 높았다. 관목인 참싸리 잎의 경우 산화지에서는 질소, 인, 칼륨, 칼슘 그리고 마그네슘의 함량이 각각 30.5, 0.2, 11.6, 6.5, 2.3 mg/g인데 비해 비산화지에서는 33.5, 0.1, 7.1, 7.7, 2.4 mg/g으로 산화지에서 인과 칼륨의 흡수량이 높은 것으로 나타났다. 이와 같이 같은 식물체에서도 영양염류의 종류에 따라 산화지에서 그 함량이 높은 것이 있는 반면에 오히려 비산화지에서 그 함량이 더 높은 것도 있다. 이러한 원인을 파악하기 위해서는 종에 따른 영양염류 요구량에 대한 생리생태적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

참싸리의 줄기에서도 산화지에서 질소를 제외한 나머지 영양염류의 함량이 비산화지에 비해 높은 것으로 나타났다. 국화과 식물인 엉겅퀴도 산화지 개체들의 영양염류 함량이 비산화지에 비해 높았다. 이밖에 산화지에 출현하는 까치수영, 나비나물, 양지꽃, 잔대 등의 영양염류 함량도 비산화지에 출현하는 식물들의 영양염류 함량에 비해 높았으며, 나머지 식물들도 같은 경향을 보였다(Table 4). 이러한 이유로는 관목의 경우에는 산화지에 출현하는 개체들의 조직이 비산화지의 개체들에 비해 연하고 원형질이 풍부한데도 일부 원인이 있지만 전반적으로 산화지에서 토양의 영양염류 이용도가 증가되었기 때문이다 (Table 1, 문과 정 1996).

식물은 종에 따라 영양염류 함량에 큰 차이가 있었다. 산화지에서 나비나물, 잔대, 고사리, 까치수영 등은 조직의 인 함량이 높았으며, 나비나물, 잔대, 참싸리는 질소함량이 높게 나타

**Table 4.** Concentration of nutrients in plant species occurring in burned and unburned sites in pine forest at Kosung, Kangwon Province

Species	Nutrients(mg /g)				
	P	N	K	Ca	Mg
<b>Burned</b>					
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i> (고사리)	0.28	21.0	26.00	1.42	3.34
<i>Lysimachia clethroides</i> (큰까치수영)	0.29	24.5	37.05	2.74	3.79
<i>Vicia unijuga</i> (나비나물)	0.30	39.0	16.35	7.26	3.58
<i>Cyperus amuricus</i> (방동사니)	0.29	22.0	21.65	0.94	1.67
<i>Isodon inflexus</i> (산박하)	0.18	17.5	15.70	5.33	4.09
<i>Quercus mongolica</i> (Leaf) (신갈나무)	0.12	17.5	5.95	3.67	2.95
<i>Quercus mongolica</i> (Stem) (신갈나무)	0.11	13.7	4.62	5.37	2.82
<i>Lespedeza bicolor</i> (Leaf) (참싸리)	0.20	30.5	11.60	6.54	2.32
<i>Lespedeza bicolor</i> (Stem) (참싸리)	0.13	12.0	9.70	5.08	1.11
<i>Cirsium japonicum</i> var. <i>ussuriense</i> (엉겅퀴)	0.21	24.5	26.35	15.24	4.91
<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i> (양지꽃)	0.21	26.5	22.40	7.04	4.10
<i>Adenophora triphylla</i> var. <i>japonica</i> (잔대)	0.29	33.8	26.05	8.10	6.89
<i>Smilax china</i> (청미래덩굴)	0.16	24.5	12.40	3.31	3.93
<i>Ulmus davidiana</i> for. <i>suberosa</i> (흑느릅나무)	0.22	21.5	16.35	7.48	3.64
The others	0.19	26.0	22.75	7.52	5.63
<b>Unburned</b>					
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i> (고사리)	0.11	18.0	15.85	2.49	2.72
<i>Carex humilis</i> (산거울)	0.06	15.5	11.55	1.33	0.53
<i>Carex siderostica</i> (대사초)	0.13	22.0	26.90	3.35	3.29
<i>Arundinella hirta</i> (새)	0.11	17.5	12.45	2.41	2.71
<i>Lespedeza bicolor</i> (Leaf) (참싸리)	0.12	33.5	7.05	7.70	2.41
<i>Lespedeza bicolor</i> (Stem) (참싸리)	0.06	14.0	4.50	4.77	0.41
<i>Cirsium japonicum</i> var. <i>ussuriense</i> (엉겅퀴)	0.10	15.5	24.50	6.92	5.02
<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i> (양지꽃)	0.09	16.5	12.00	7.74	3.12
<i>Quercus mongolica</i> (Leaf) (신갈나무)	0.14	24.8	6.95	5.89	3.60
<i>Quercus mongolica</i> (Stem) (신갈나무)	0.09	10.0	3.85	6.28	1.27
The others	0.13	23.0	11.25	5.78	5.28

났다. 까치수영 조직의 칼륨함량은 37.1 mg/g으로 가장 높았으며, 엉겅퀴, 잔대, 고사리 등도 칼륨함량이 높게 나타났다. 칼슘함량은 엉겅퀴가 15.2 mg/g으로 가장 높았으며, 나비나물, 잔대 등도 다른 식물에 비해 현저히 높았다. 마그네슘 함량은 잔대가 6.9 mg/g으로 가장 높았으며, 식물종에 따른 함량 차이가 다른 영양염류에 비해 크지 않았다.

#### 지상부 생물량과 영양염류 흡수량

산화지와 비산화지 하층식생의 지상부 생물량은 각각 170.2 g D.W/m<sup>2</sup>, 171.3 g D.W/m<sup>2</sup>로 그 값이 유사하였다(Table 5). 산화지의 지상부 생물량은 모두 당년에 생산된 것인데 비해 비산화지에서는 상당량의 다년생 조직이 포함되어 있었다(21.3%). 산화지에서 생물량이 가장 높게 나타난 식물은 참싸리로 전체 생물량의 34%를 차지하였으나 비산화지에서는 참싸리가 차지하는 생물량의 비율이 전체의 7%에 불과하였다. 특히 산

화지에서 싸리의 잎:줄기의 비는 2.1로 잎의 양이 현저히 많은데 비해 비산화지에서는 그 값이 0.54로 잎에 비해 줄기의 양이 많았다.

강(1971)은 산화 후 초지의 생산성을 조사한 연구에서 1년된 산화지의 현존량이 358.8 g D.W/m<sup>2</sup>임을 보고한 바 있고, 박과 김(1981)이 치악산의 초지식생에서 조사한 산화지의 현존량 평균값은 488.1 g D.W/m<sup>2</sup>으로 본 조사지에서의 값과 현저한 차이가 있었다. 석회암지역에서 산화 당년말에 조사한 초본의 현존량은 136 g D.W/m<sup>2</sup> 이었다(정과 김 1987). 이러한 차이는 산화 이전의 식생과 산화 후 재생되는 식물종 구성의 차이, 그리고 산화지 토양의 이화학적 차이에서 비롯되는 것으로 생각된다. 또한 화재 후 경과시간에 따른 차이도 고려할 수 있는데, 본 조사지역의 경우 화재 후 4개월 밖에 경과하지 않아 현존량이 적은 것으로 생각되며, 강(1971), 박과 김(1981)이 조사한 지역은 삼림지가 아닌 초지이었기 때문에 생산량이 많았던 것으로 판단된다.

**Table 5.** Comparisons of understory biomass and amounts of nutrients absorbed by understory plants between the burned and the unburned sites in pine forest at Kosung, Kangwon Province

Items	Burned	Unburned
Biomass (g D.W/m <sup>2</sup> )	170.2	171.3
N (g/m <sup>2</sup> )	3.74	3.36
P (mg/m <sup>2</sup> )	35.56	19.16
K (g/m <sup>2</sup> )	3.06	1.88
Ca (g/m <sup>2</sup> )	0.85	0.78
Mg (g/m <sup>2</sup> )	0.52	0.57

산화지에서 단위면적당 지상부 식물체가 흡수한 질소의 양은 3.74 g/m<sup>2</sup>으로 비산화지의 3.36 g/m<sup>2</sup>과 유사하였다(Table 5). 인의 흡수량은 산화지에서 35.56 mg/m<sup>2</sup>, 비산화지에서 19.16 mg/m<sup>2</sup>으로 산화지에서 1.9배 많았으며, 칼륨의 경우에도 산화지가 비산화지에 비해 그 흡수량이 1.6배 많았다. 칼슘은 그 흡수량에 큰 차이가 없었으며 마그네슘은 비산화지에서 약간 많이 흡수된 것으로 나타났다.

본 조사지역에서 산불 후 재생되는 식생에 의해 흡수되는 영양염류의 양은 질소 37.4 kg/ha, 인 0.36 kg/ha, 칼륨 30.6 kg/ha, 칼슘 8.5 kg/ha, 마그네슘 5.2 kg/ha 이었다. 본 조사에서는 뿌리에 포함되어 있는 영양염류의 양을 조사하지 못하였는데, 이 양을 고려하면 식물에 의한 영양염류 흡수량은 더 많을 것이다. 이와 같이 산화지에서 재생되는 식생에 의한 영양염류 흡수량이 증가하는 이유는 화재 후 토양의 영양염류 이용도가 증가된 데에도 그 원인이 있지만(Wells 1971, Wagle and Kitchen 1972, Lewis 1974, Stark 1977, 문과 정 1996), 수관층의 제거로 인해 형성되는 광환경의 변화도 하층식생의 생장에 영향을 주어 전체 영양염류의 흡수량을 증가시킨 것으로 생각된다.

우리 나라의 경우 대부분의 산불이 봄에 발생하지만 가을에도 발생빈도가 높다. 산불이 발생한 후 증가된 영양염류는 식물체에 흡수되지 못하면 많은 양이 유출수와 함께 인근 수계로 소실되기 쉽다. 고성에서 발생한 산불은 우리나라 산불 통계 중 그 규모가 가장 큰 것이었지만 대부분의 지소에서 당년에 식생의 재생을 관찰할 수 있었으며, 본 조사결과에서 나타난 바와 같이 많은 양의 영양염류가 재생되는 식물체에 흡수되었다. 가을에 산불이 발생한 지역은 식생의 재생이 이듬해 봄에 시작되기 때문에 상대적으로 소실되는 영양염류의 양이 많을 것으로 생각된다.

산불은 식물군집의 구조와 기능을 중요한 환경요인 중의 하나이지만 국내에서는 산불의 특성, 산화지의 토양환경 변화와 식생의 재생 패턴, 동물군집의 변화, 식물개체군의 동태 등 산불생태에 관한 체계적이면서 장기적인 연구결과가 많지 않다.

따라서 생태계의 생태학적인 이해와 효율적인 관리를 위해서도 이 분야에 관한 다양하면서도 심층적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

## 적 요

강원도 고성의 산화지에서 당년에 재생되는 식생 구성과 이들에 의한 영양염류 흡수량을 조사하여 비산화지의 결과와 비교하였다. 산화지에서 재생되는 하층식생에서는 고사리, 방동사니, 참싸리, 줄참나무, 큰까치수영 등의 중요치가 높았으며, 총 31종류가 출현하였다. 비산화지에서는 진달래, 산거울, 철쭉꽃, 신갈나무, 큰기름새 등의 순이었으며, 총 24종류가 출현하였다. 산화지와 비산화지 하층식생의 유사도지수는 25.1%이었으며, 현존량은 각각 170.2 g D.W/m<sup>2</sup>, 171.3 g D.W/m<sup>2</sup>이었다. 산화지에 출현하는 식물의 영양염류 함량은 비산화지에 있는 식물에 비하여 높았으며, 특히 인과 칼륨 함량의 증가가 뚜렷하였다. 산화지에서 재생되는 식생에 의해 흡수되는 영양염류의 양은 질소 37.4 kg/ha, 인 0.36 kg/ha, 칼륨 30.6 kg/ha, 칼슘 8.5 kg/ha, 마그네슘 5.2 kg/ha으로 비산화지의 질소 33.6 kg/ha, 인 0.19 kg/ha, 칼륨 18.88 kg/ha, 칼슘 7.8 kg/ha, 마그네슘 5.7 kg/ha에 비해 인과 칼륨의 흡수량이 현저히 증가되는 것으로 나타났다. 산불 후 재생되는 식생은 영양염류의 흡수를 통해 생태계로부터 소실되는 영양염류를 감소시켜 영양염류 보존에 큰 기여를 한다.

## 인 용 문 헌

- 강상준. 1971. 초지의 구조 및 생산성에 미치는 산불의 영향. 한식지 14: 96-102.
- 강상준, 이종태. 1982. 산화지의 식생회복에 관한 생태학적 연구. 한생태지 5: 54-62.
- 김원. 1989. 소나무림의 산화지의 이차식생과 종다양성. 한생태지 12: 285-295.
- 김원, 서정호, 이종운. 1983. 당지동의 산화지의 식생회복과 초기 식생천이. 한생태지 6: 237-242.
- 김원, 성경희. 1995. 금오산에서 산화지와 비산화지의 식물군집구조 비교. 한생태지 1: 55-64.
- 김원, 조영호. 1984. 산성산 산화지의 식생회복과 이차천이. 한생태지 7: 203-207.
- 문형태, 정연숙. 1996. 강원도 고성지역 산불이 소나무림 토양의 영양염류에 미치는 영향. 한생태지 19: 375-383.
- 박봉규, 김종희. 1981. 치악산의 식생과 토양에 미친 산

- 불의 영향. *한식지* 24: 31-45.
- 산림청 임업연구원. 1996. 고성산불지역 생태조사 결과 보고서. p. 169.
- 심학보, 김원. 1993. 섭제골 지역의 산화지 및 비산화지의 균락구조 비교. *한생태지* 16: 429-438.
- 정연숙, 김준호. 1987. 산화가 소나무림의 토양과 유출수의 화학적 성질 및 식물량에 미치는 영향. *한생태지* 10: 129-138.
- 홍순우, 하영철, 최영길. 1968. 식생, 토양 및 토양미생물에 미치는 불의 효과에 대하여. *한식지* 11: 119-130.
- Allen, S.E., J.A. Parkinson, H.M. Grimshaw and C. Quarmby. 1974. Chemical analysis of ecological materials. Blackwell Sci. Publishing, Oxford, 565p.
- Boerner, R.E.J. and R.T.T. Forman. 1982. Hydrologic and mineral budgets of new Jersey Pine Barrens upland forests following two intensities of fire. *Can. J. For. Res.* 12: 503-515.
- Chandler, C., P. Cheney, P. Thomas, L. Trabaud and D. Williams. 1983. Fire in forestry. Vol. I. Forest fire behavior and effects. John Wiley & Sons, New York. 450p.
- Grier, C.C. and D.W. Cole. 1971. Influence of slash burning on ion transport in a forest soil. *Northwest Sci.* 45: 100-106.
- Hobbie, J.E. and G.E. Likens. 1973. Output of phosphorus, dissolved organic carbon, and fine particulate carbon from Hubbard Brook watersheds. *Limnol. Oceanogr.* 18: 734-742.
- Lewis, W.M. Jr. 1974. Effects of fire on nutrient movement in a South Carolina pine forest. *Ecology* 55: 1120-1127.
- Nelson, D.W. 1983. Determination of ammonium in KCl extracts of soils by the salicylate method. *Soil Sci. Plant Anal.* 14: 1051-1062.
- Stark, N.M. 1977. Fire and nutrient cycling in a Douglas-fir/larch forest. *Ecology* 58: 16-30.
- Wagle, R.F. and J.H. Kitchen. 1972. Influence of fire on soil nutrients in a ponderosa pine type. *Ecology* 53: 119-125.
- Wells, C.G. 1971. Effects of prescribed burning on soil chemical properties and nutrient availability. *Proc. Prescribed Burning Symp. U.S. For. Serv. NE For. Exp. Stn.* pp.86-89.
- Wilde, S.A., R.B. Corey, J.G. Iyer and G.K. Voigt. 1979. Soil and plant analysis for tree culture. Oxford and IBH Publishing, New Delhi. 224p.
- Wright, R.F. 1976. The impact of forest fire on the nutrient influxes to small lakes in northeastern Minnesota. *Ecology* 57: 649-663.
- Wright, H.A. and A.W. Bailey. 1982. Fire ecology: United State and southern Canada. John Wiley & Sons, New York. 501p.

(1997년 1월 3일 접수)