*Journal of Life Science* **2005**, Vol. 15. No. 1. 27~32 ©JLS

# 시루봉의 산불 이후 식생회복

**허만규*** · **최주수** · **정영기**[1] · **허홍욱**[2] · **문성기**[3]

동의대학교 분자생물학과, [1]동의대학교 생물응용과학과, [2]부산대학교 생물교육과, [3]경성대학교 생물학과

Received December 6, 2004 / Accepted January 12, 2005

**Vegetation Recovery of Burned Area after Forest Fire from Mt. Sirubong.** Man Kyu Huh*, Joo Soo Choi, Yong Kee Jeong[1], Hong Wook Huh[2] and Sung Gi Moon[3]. *Department of Molecular Biology, Dong-eui University, Busan 614-714, Korea, [1]Department of Life Science and Biotechnoogy, Dong-eui University, Busan 614-714, Korea, [2]Department of Biology Education, Pusan National University, Busan 609-735, Korea, [3]Department of Biology, Kyungsung University, Busan 608-736, Korea* - The recovery of vegetation in the burned area after forest fire was investigated in Mt. Sirubng, Jinju city, from 1994 to 2000. The floristic composition of a burned area was 37 kinds in 2000. The life from spectra of six sites showed H-D1-R5-e type. This type is similar to the life form which has been usually showed in most of burned areas. Total diversity index of six burned sites showed 2.135 (1996), 3.784 (1998), and 2.948 (2000). whereas, total diversity index of six unburned sites was 2.642 (1996), 2.516 (1998), and 2.723 (2000). Evenness index of six sites showed 1.816 (1996), 2.641 (1998), and 1.925 (2000). The dominant index of burned and unburned areas were 0.012 and 0.250 (1996), 0.031 and 0.261 (1998, and 0.110 and 0.275 (2000), respectively. The degree of succession in the unburned area gradually increased and the burned area was recovered to be similar to the unburned area after three years.

**Key words** - Mt. Sirubong, degree of succession, evenness index, diversity index.

산림은 목재생산, 관상, 약용, 식용, 그리고 산소 공급원 등 자원으로서 우리 생활에 밀접한 관계를 맺고 있다. 그러나 강원도 고성군의 1996년 4월 23일부터 3일간 지속되어 엄청난 피해(약 3,762 헥타르)를 가져온 산불에서 보았듯이, 산불은 한 순간에 많은 경제적 가치를 상실하고 만다[10].

불은 건조, 고온 등과 더불어 산림 생태계에 있어서 중요한 요인이며, 인류가 불을 지배하려고 할 때부터 중요한 요인이었다. 옛날에는 번갯불에 의한 자연적 화재가 발생하는 경우도 있었지만, 문화가 발달하고 인구가 급증함에 따라 인위적인 과실에 의하여 화재가 발생하는 경우가 대부분을 차지하고 있다. 이로 인하여 자연적인 산림의 천이는 예기치 않은 방향으로 유도되어 간다[4].

생태학적 요인으로서의 화재는 자연계에서 두 가지 화재형(fire type)이 있는데, 그것은 관상 화재(crown fire)와 지표 화재(surface fire)이다. 전자는 때때로 강도가 심하여 수관(crown)까지 태우는, 즉 모든 식생을 멸망시키는데 대하여 후자는 지표만 태워 전혀 다른 효과를 가져온다. 즉 지표 화재는 선택 효과가 있어서 화재에 대해 높은 내성을 가지는 식물의 발전을 돕는다[13,19]. 또 가벼운 지표 화재는 박테리아가 식물체를 급속도로 분해하여 다시 새로운 식물의 생장에 이용할 수 있는 무기영양계를 형성한다[1,2]. 질소를 고정하는 콩과식물은 때때로 가벼운 화재 뒤에 무성하게 생장한다[18]. 이와 같이 지표 화재는 재순환을 촉진함으로써 실제에 있어서 생산을 높이는 결과가 되는 것이다. 이를테면 아프리카 초식 동물의 일부 종이나 캘리포니아의 화재형 관목림속에서 서식하는 사슴은 주기적으로 화재가 일어나서 신선하고 맛이 좋은 초본의 새싹이 나오지 않으면 번성할 수 없다[3]. 화재형 생태계에 있어서 가볍게 지표면을 연소시키는 화재의 성격과 삼림의 광대한 삼림화재를 구분하는 것이 매우 중요하다. 물론 후자는 군집 자체를 거의 대부분 파멸시키기 때문에 절대적으로 유해한 경우가 많기 때문에 더욱 더 주의를 기울려야 한다.

우리나라 산불에 대한 연구는 Hirao[6]의 북한 지방의 산화적지의 식생 고찰이 처음이었고, 초지의 구조와 생산면에 미치는 산불의 영향과 화재의 의한 소나무림의 피해에 관한 연구[7], 강원도 산화적지 연구[10], 치악산 산불에 관한 연구[12], 산화 후 임지의 생산구조 및 2차 천이에 관한 연구[8], 산화지와 비산화지의 비교 연구[9] 등이 있다.

본 연구는 산불 이후의 생태천이를 살펴보고 식생복원과정을 연구하기 위한 기초 자료를 얻는데 그 목적이 있다.

## 재료 및 방법

### 조사지 개황

본 연구를 위해 1994년 봄 건조기에 산불로 인해 산림이 완전히 훼손된 경상남도 진주시 수곡면 사곡리 시루봉(344.0 m) 일대를 연구 대상으로 삼았다. 조사지소는 산화지 6개소와 경계한 주변 산림지 6개소를 설정하여 비교하였다(Fig. 1). 그 외 주변지역은 농경지이므로 이들 지역은 배제하였으며

*Corresponding author
Tel : +82-51-890-1529, Fax : +82-51-890-1521
E-mail : mkhuh@deu.ac.kr

또한 농작물에 의한 종은 조사 대상에서 제외하였다. 이 지역에서 산화지는 A에서 F까지, 주변지역은 G에서 L까지이다.

### 식생조사

식생조사는 1994년 2월부터 2000년 5월까지 총 11회에 걸쳐 실시하였다. 표본추출은 1994년 2월과 1996년 2월의 2회에 걸쳐 상관적으로 식생이 균일한 지소에 belt transect법으로 1 m×1 m 방형구 24개구, 소나무림은 10 m×10 m 방형구 12개구, 관목층은 5 m×5 m 방형구 12개구, 초본층은 1 m×1 m 방형구 24개구를 설치하여 출현된 식물의 종을 분류하였으며, 이들에 대한 피도(C'), 빈도(F'), 수고(H')를 측정하였다. 이들 자료를 근거로 하여 적산우점도(summed dominance ratio)를 산출하여 우점종을 산출하였다[11].

1) 적산우점도 : 우점도지수(dominance index)는 Numata의 방법[11]에 의한 적산우점도($SDR_3$) 다음과 같이 구했다.

$$SDR_3 = \frac{C' + F' + H'}{3}$$

(C' : 피도, F' : 종의 개체수, H' : 수고)

2) 라운키에르의 생활형 조성 : 각 지소에 출현한 식물은 라운키에르[15]의 생활형(life form)과 Numata[11]의 산포기관형(disseminule form), 근계형(radicoid form), 및 생육형(growth form)에 따라 분류하였다.

3) 천이도(Degree of succession) : 천이도는 Numata[11]에 의한 방법으로 산출하였다.

Ds = [∑ d·l/n]·v (l : 종의 생존연한, d : 우점도, n : 최소면적내 종수, v : 식피율)

4) 종다양도(Diversity index) 및 균등성지수 : 각 표본구의 종다양도는 연도별로 다음 3가지 방법을 사용하여 분석하였다. 종다양도 지수는 Shannon-Weaver[16]에 의한 방법, 유사도(similarity)는 Sønensen[17]에 의한 방법으로 산출하였다.

(1) Shannon과 Weaver의 다양도 지수

$H = -\sum pi \log pi$

(pi : 종개체수에 대한 각 개체수의 빈도)

(2) Simpson의 다양도 지수

$$\lambda = \frac{Ni(Ni-1)}{N(N-1)}$$

(Ni : 종의 개체수, N : 전체 종 수)

(3) Morishita의 다양도 지수

$\beta = 1 / \lambda$ ($\lambda$ : Simpson의 다양도 지수)

(4) 균등성지수(Evenness index) : 균등성지수는 Pielou[14]에 의한 방법으로 산출하였다.

$$e = \frac{H}{\log S}$$

(H : 종다양도 지수, S : 종 수)

## 결과 및 고찰

### 식생

1994년의 봄과 여름에 걸쳐 산화지에서의 식생은 교목층과 아교목층, 관목층, 이끼층은 전혀 출현하지 않았다. 다만 1994년 가을부터 억새를 비롯한 풍산포 종자를 가진 초본류가 일부 출현하였다. 그러나 이들의 피도는 매우 낮았다. 1996년과 1998년에는 참싸리를 비롯한 일부 목본류와 다수의 초본류가 무성한 성장을 하였고, 특이한 현상의 하나로 외래종인 미국자리공 등이 지리산과 가까운 한반도 내륙지방까지 침입하였다. 이는 원목에 의해 해상 경로를 통해 울산이나 부산의 항구 주변에서 보고된 지 5년도 채 경과되지 않은 기간임을 감안할 때 매우 주목되는 현상이다.

2000년까지 내화성이 강한 수종은 Table 1과 같다. 고사리, 싸리, 억새 등의 수종이 관상 화재에 강한 저항성을 보였다. 특히 소나무와 아카시나무는 많은 수목이 고사되었지만 산불이 일부 가지가 그을리고 반대쪽의 가지는 피해를 입지 않은 경우에는 대부분 정상적인 생장이 이루어지고 있었다. 전체적으로 산화지에서 많이 출현한 종은 과는 고사리(*Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*)를 비롯한 37종이였고, 산철쭉(*Rhododendron yedoense* var. *poukhanense*), 싸리나무(*Lespedeza bicolor* var. *japonica*)등 관목이 우점하였다. 그 외 아카시나무(*Robinia pseudo-acacia*)등이 생태 변화 이후 줄곧 출현빈도가 높았다. 이는 심근성 식물이 잔근에 의한 발아로 인해 2차 생태천이에 초기 우점하는 일반적인 경향에 따른 것으로 판단된다. 과수준에서는 진달래과(Ericaceae), 소나무과(Pinaceae) 등 21과였다. 이는 강원도의 치악산[10]이나 경상북도의 금오산[9]에서 보고한 결과와 거의 일치하고 있는 수종(樹種)이었다. 연도별로는 산화년도를 2년 정도 경과한 1996년에는 출현한 종은 많지 않지만 4년이 경과한 경우(1998년)는 개체수는 적지만 다양한 종이 출현하였다(Table 2). 산화 이후 3년째(2000년)에는 오히려 주변지역보다 종수는 많고 개체수는 적은 경향을 보였다(Table 3). 즉, 1994년부터 2000년까지 주변지역 조사시에 나타나지 않았던 민들레 같은 풍산포 종자가 산화지에서 많이 출현하였다. 따라서 바람에 의해 종자가 이동하는 관목, 교목 등이 유입되어 이들의 발아가 이루어지면 종이 증가할 것이며, 특히 많은 수광량을 필요로 하는 양지식물 역시 천이의 초기에는 많이 증가할 것으로 사료된다.

### 라운키에르의 생활형의 구분

식물의 생활형은 산화지(burn)와 비산화지(unburn) 모두 반지중식물(H)이 각각 42.9%, 46.5%로 가장 높았다(Fig. 2). 그 다음은 산화지에서는 Mega-& Mesophanerophyte형이 28.6%, 그 다음은 Nanophaerophyte형이 14.3%, 지중식물(G)이 산화지가 11.4%, 비산화지가 15.4%로 나타났다. 식물의 산포기관형은 산화지(burn)와 비산화지(unburn)에서 풍산포형

Table 1. The flositic composition summed domiance ratio(SDR3) and biological form in burned fields from 1996 to 2000

| Species | $SDR_3$ | Life form | | | | Year | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | B | L | D | R | G | 96 | 98 | 00 |
| *Pteridium aquilinum* var. *latiusculum* | 4.12 | G | 1 | 3 | e | +++ | +++ | +++ |
| *Sphenomeris chusana* | 4.12 | G | 1 | 3 | e | +++ | +++ | +++ |
| *Davallia mariesii* | 4.00 | G | 1 | 3 | e | + | +++ | +++ |
| *Pinus densiflora* | 74.60 | M | 1 | 5 | e | +++ | +++ | +++ |
| *Juniperus regida* | 44.68 | M | 1 | 5 | e | | +++ | +++ |
| *Alnus japonica* | 5.80 | M | 1 | 5 | e | | | + |
| *Quercus acutissima* | 12.56 | M | 1 | 5 | e | +++ | +++ | +++ |
| *Q. aliena* | 15.00 | M | 1 | 5 | e | + | +++ | +++ |
| *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens* | 12.00 | H | 1 | 3 | t | | | + |
| *Carex humilis* var. *nana* | 2.00 | H | 1 | 5 | t | | | + |
| *C. Siderostica* | 4.00 | H | 1 | 3 | r | | + | +++ |
| *Achyranthes japonica* | 44.12 | H | 4 | 5 | e | | +++ | +++ |
| *Phytolacca esculenta* | 54.33 | H | 4 | 5 | e | + | +++ | +++ |
| *Duchesnea chrysantha* | 6.21 | H | 1 | 5 | pr | | + | +++ |
| *Rosa maximowicziana* | 12.05 | M | 3 | 5 | e | | + | +++ |
| *R. crataegifolius* | 20.2 | N | 2 | 5 | e | + | +++ | +++ |
| *Albizzia julibrissin* | 2.50 | M | 3 | 5 | e | | + | + |
| *Amorpha fruticosa* | 4.56 | N | 3 | 5 | e | | +++ | +++ |
| *Lespedeza bicolor* var. *japonica* | 3.51 | M | 3 | 5 | e | +++ | +++ | +++ |
| *L. cyrtobotrya* | 2.74 | M | 3 | 5 | e | + | ++ | +++ |
| *Robinia pseudo-acacia* | 50.67 | M | 3 | 5 | e | +++ | +++ | +++ |
| *Geranium nepalense*sub sp. *thunbergii* | 1.14 | H | 3 | 5 | e | + | + | + |
| *Viola mandshurica* | 3.00 | H | 3 | 5 | r | | + | + |
| *V. yedoensis* | 5.02 | H | 3 | 5 | r | | + | ++ |
| *Oxalis corniculata* | 4.15 | G | 3 | 5 | e | | | + |
| *Rhus thrichocarpa* | 12.34 | M | 4 | 5 | e | | + | ++ |
| *R. verniciflua* | 12.34 | M | 4 | 5 | e | | | + |
| *Oenothera odorata* | 42.50 | H | 1 | 5 | pr | | + | +++ |
| *Pryola japonica* | 6.06 | H | 1 | 5 | e | | | + |
| *Rhododendron mucronulatum* | 35.00 | N | 3 | 5 | b | ++ | ++ | +++ |
| *R. yedoense* var. *poukhanense* | 42.00 | N | 3 | 5 | b | +++ | +++ | +++ |
| *Plantago asiatica* | 40.00 | H | 3 | 3 | r | + | + | ++ |
| *Patrinia scabiosaefolia* | 32.05 | H | 4 | 3 | pr | | + | ++ |
| *Artemisia montana* | 4.00 | H | 1 | 3 | e | +++ | +++ | +++ |
| *A. annua* | 3.50 | Th | 1 | 5 | e | + | +++ | +++ |
| *A. priceps var. orientalis* | 4.00 | H | 1 | 3 | e | | | +++ |
| *Cirsium maackii* | 24.54 | H | 1 | 5 | pr | | + | +++ |

Note : B : Burned area.

L : Life-form (Dormancy form, M: Mega & Mesophanerophyte, N: Nanophanerophyte, Ch: Chamaephyte, H: Hemicryptophyte, Th: Therophyte).

D : Disseminule form, R: Radiocoid, G: Growth form (e.g. e: erect form, b: branched form, t: tufted form, p: prostrate form, pr: partial rossete form, r: rossete form).

+ ; Rare, ++ ; Common, +++ ; Dominant.

Table 2. Diversity index of species for burned and unburned areas

| Year | Burned area | | | | | | Unburned area | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
| 1994 | - | - | - | - | - | - | 0.76 | 0.19 | 0.24 | 0.01 | 0.55 | 0.49 |
| 1996 | - | - | - | 0.50 | 0.20 | 0.40 | 0.76 | 0.21 | 0.26 | 0.01 | 0.58 | 0.44 |
| 1998 | 0.14 | 0.15 | 0.12 | 0.34 | 0.30 | 0.21 | 0.76 | 0.22 | 0.23 | 0.06 | 0.59 | 0.03 |
| 2000 | 0.45 | 0.31 | 0.39 | 0.56 | 0.44 | 0.51 | 0.76 | 0.27 | 0.24 | 0.15 | 0.58 | 0.01 |

Table 3. Degree of succession(DS), species diversity index(H), eveness index(e), and dominant index(C) in burnrd areas

| Year | Area | DS | H | | | e | C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | λ | H | β | | |
| 1994 | Burned | - | - | - | - | - | - |
| | Unburned | 527 | 0.2605 | 2.7611 | 3.8388 | 1.8977 | 0.2805 |
| 1996 | Burned | 318 | 0.1193 | 2.1353 | 8.3822 | 1.8157 | 0.0112 |
| | Unburned | 529 | 0.2599 | 2.6420 | 3.8476 | 1.8845 | 0.2500 |
| 1998 | Burned | 286 | 0.0686 | 2.7836 | 14.5773 | 2.6413 | 0.0312 |
| | Unburned | 530 | 0.2540 | 2.5162 | 39370 | 1.8821 | 0.2609 |
| 2000 | Burned | 402 | 0.0484 | 2.9481 | 20.6612 | 1.9250 | 0.1103 |
| | Unburned | 533 | 0.2576 | 2.7230 | 3.8820 | 1.8936 | 0.2749 |

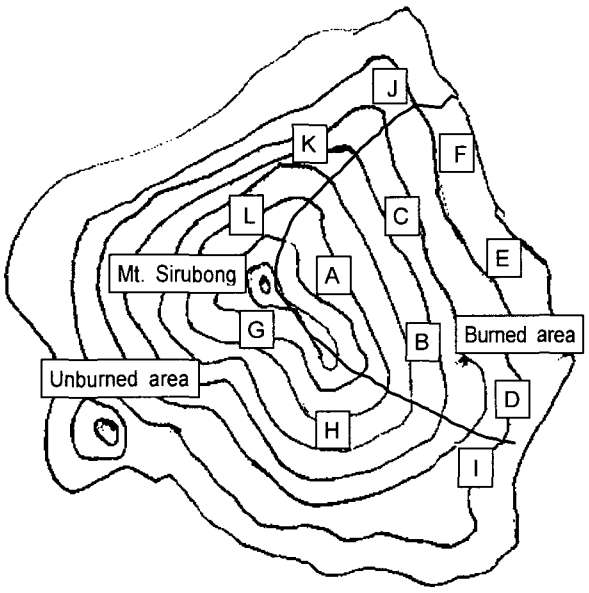


Fig. 1. Topographical map of investigated area.

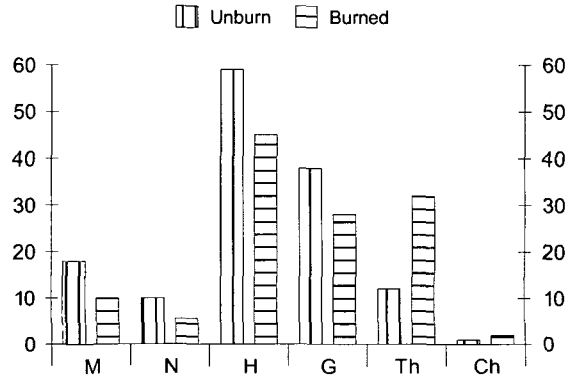


Fig. 2. The diagram of life form of burned area and unburned areas (Abbreviations are the same as in Table 1). M: Mega-& Mesophanerophyte, N: Nanophanerophyte, H: Hemicryptophyte, G: Geophyte, Th: Therophyte, Ch: Chamaephyte.

(D1)이 각각 48.6%, 59.8%로 가장 높았다. 식물의 근계형은 산화지(burn)와 비산화지(unburn)에서 단립식물(R5)이 74.3%, 79.0%로 가장 높았다. 식물의 생육형은 산화지(burn)와 비산화지(unburn)에서 직립형(e)이 68.6%, 62.8%로 가장 높았다 (Fig. 3).

### 종다양도 산출

Table 2는 산화지 및 비산화지 각 6개 지점의 종다양도 산출을 나타낸 것이다. Table 1에서 보는 바와 같이 1994년도는 종 출현이 없으므로 다양도를 나타내지 않았다. 벼재배가 이루어지는 논과 인접한 D, E, F지점은 1994년 초여름부터 쑥과 방동사니를 중심으로 종의 출현이 있었으나 나머지 지점은 거의 없었다. 따라서 A, B, C지점이 종다양도는 거의 0으로 나타났다. 반면, 1996년에는 조사지점 D, E, F지점은 종다양도 지수가 각각 0.5, 0.2, 0.4로 나타났다. 1998년부터는 해발고도가 높은 지역(A, B, 그리고 C)은 잔존 근계로부터 주로 교목의 성장이 왕성한 반면, 낮은 지역(D, E, 그리고 F)은 주로 관목과 초본의 성장이 많았다. 따라서 종다양성지수는 0.31(B지점)에서 0.56(D지점)까지 나타났다. A, B, 그리고 C에서 2000년은 1994년에서 1996년, 1996년에서 1998년의 등차 간격보다 훨씬 높은 증가를 보였다. 특히 2000년의 종다양성지수는 2월로 하였기 때문에 1998년 5월의 값보다는 낮게 나타났다. 이는 그 이전의 종다양성지수의 측정 시기가 모두 2월에 실시하였기 때문에 종의 출현과 발아, 성장이 왕성한 봄(예를 들어 5월)의 것과는 비교할 수 없기 때문이었다. 비산화지의 변동요인은 인위적 간섭의 귀결로 J지점은 밤나무 조림지가 1995년 이농이후 방치된 상태이다. 이 지역은 병충해로 밤나무가 고사되고 잡초 등 초본류와 아카시나무 등의 침입으로 2000년부터 종수가 크게 증가하였다. 한편, L지점의 다양도가 1998년 이후부터 낮은 것은 가족 묘지 및 가묘가 수 기 형성하면서 기존의 수목을 제거한 탓이다. 전체적으로 2000년도 종다양도지수는 산화지와 비산화지가 2.948, 2.723이였다.

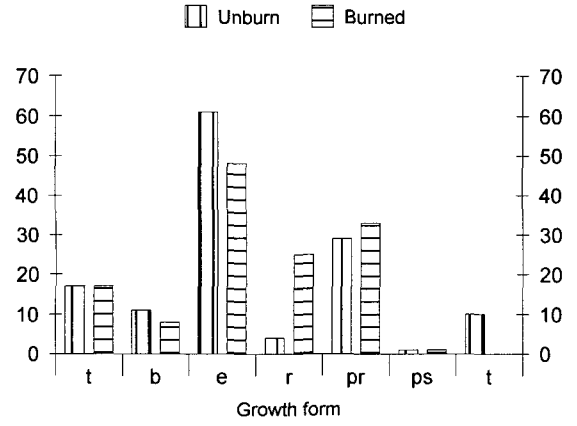


Fig. 3. The diagram of growth form of burned area and unburned areas. t: tufted, b: branched, e: erect from, r: rosette, pr: partial rosette, ps: psudo rosette, t: liane.

### 천이도, 균등성지수, 그리고 우점도지수

Table 3은 산화지와 비산화지의 천이도(DS), 종다양도(H), 균등성지수(e), 그리고 우점도지수(C)를 나타낸 것이다. 2000년도 천이도는 산화지와 비산화지가 각각 402, 530였다. 이들의 값은 김과 성[9]이 유사한 시기에 산불이 발생한 경북 금오산(표고 250 m, N10W)에서의 산화지와 비산화지의 식물군집구조의 비교에서 조사된 산화지와 비산화지의 천이도는 각각 675.8과 884.2였던 것에 비해 낮은 값을 나타냈다.

종다양도지수는 1996년의 경우 산화지와 비산화지가 유사한 반면, 2000년에서는 산화지가 약간 높게 나타났다. 이는 산화후 초기에는 산화내성을 보이는 일부 식물의 생존과 제한된 종이 침입하여 종수가 많지 않으나 3년 정도 경과시에는 급격한 종수의 증가가 이루어지고 있음을 나타낸다.

균등성지수는 산화지와 비산화지에서 각각 1.925, 1.894로 나타났다. 그리고 우점도지수는 2000년 산화지가 0.11, 비산화지가 0.27로 나타났다. 한편 금오산에서 산화지와 비산화지에서 균등성지수가 각각 0.965, 0.595였던 것에 비해 높은 반면, 금오산에서 우점도지수가 0.15, 0.25였으므로 유사한 값을 나타내었다[9]. 이는 금오산의 산불 연구는 5년이 경과한 이차천이과정을 나타낸 것이고 본 지역은 6년이 경과한 것, 주변지역의 균등성지수가 높아 이 지역으로 많은 종자의 유입이 이루어져 주변지역과 유사한 종수를 가지고 있는 점, 산화지가 타원형으로 인해 주변지역으로 유입이 삼면에서 유입되어 유사한 수종이 형성된 점 등의 요인으로 균등성지수 높은 값을 나타낸 것으로 사료된다.

미국의 콜로라도내 여러 지점에서 과거 100년간 인재로 인한 산림지에서 화재는 생물종의 다양한 변화가 이루어진 것처럼 화재는 연도에 따라 수종, 생활형, 각종 다양도, 천이에 영향을 미치듯이[5], 우리나라에서도 작은 지점에서의 변화가 축적되면 큰 유발 효과를 나타낼 수 있다.

## 요 약

경상남도 진주시 수곡면 시루봉에서 산불이 난 1994년부터 2000년까지 식생회복에 따른 종조성을 조사하였다. 소나무를 비롯한 목본과 풍산포 종자를 가진 초본류는 산불 이후 3년 이내에 왕성한 성장을 보였다. 산화지의 생활형 조성은 H-D1-R5-e로 다른 산화지와 크게 다를 바 없었다. 산화지 6지점의 평균 종다양도지수는 2.135(1996년), 2.784(1998년), 2.948(2000년)이였다. 6지점의 균등성지수는 1.816(1996년), 2.641(1998년), 1.925(2000년)였다. 천이 분석에서 식생의 회복과 더불어 종수는 증가하여 산화 3년 후에는 주변지역과 거의 유사하거나 약간 높은 지점도 나타났다. 우점도지수 등의 결과에서 추정되는 바는 산불 후 수목의 식재시 산불 후 3년 이전에 실시하는 것이 적합할 것으로 사료된다.

Table 3. Degree of succession(DS), species diversity index(H), eveness index(e), and dominant index(C) in burnrd areas

| Year | Area | DS | H | | | e | C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | λ | H | β | | |
| 1994 | Burned | - | - | - | - | - | - |
| | Unburned | 527 | 0.2605 | 2.7611 | 3.8388 | 1.8977 | 0.2805 |
| 1996 | Burned | 318 | 0.1193 | 2.1353 | 8.3822 | 1.8157 | 0.0112 |
| | Unburned | 529 | 0.2599 | 2.6420 | 3.8476 | 1.8845 | 0.2500 |
| 1998 | Burned | 286 | 0.0686 | 2.7836 | 14.5773 | 2.6413 | 0.0312 |
| | Unburned | 530 | 0.2540 | 2.5162 | 39370 | 1.8821 | 0.2609 |
| 2000 | Burned | 402 | 0.0484 | 2.9481 | 20.6612 | 1.9250 | 0.1103 |
| | Unburned | 533 | 0.2576 | 2.7230 | 3.8820 | 1.8936 | 0.2749 |

## 참 고 문 헌

1. Boerner, R. E. J. 1983. Nutrial dynamics of vegetation and detritus following two intensities of fire in the New Jersey Pine Barrens. *Oecologia* **59**, 129-134.
2. Boerner, R. E. J. and R. T. T. Forman. 1982. Hydrologic and budgets of New Jersey Pine Barrens upland forest following two intensities of fire. *Can. J. For. Res.* **12**, 503-515.
3. Brown-Blanquet, J. 1964. *Pflarzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde*. pp. 1-39, Wein, New York.
4. Ellenberg, H. 1956. *Aufgaben und Methen der Vegetationskunde, Grundlagen der Vegetationsgliederung BD IV/I*. pp. 67-71, Stuttgarrt.
5. Grissno-Mayer, H. D., W. H. Romme, M. L. Floyd and D. D. Hanna. 2004. Climatic and human influences on fire regimes of the southern San Juan Mountains, Colorado, USA. *Ecology* **85**, 1708-1724.
6. Hirao, T. 1941. After firing, some observation of the vegetation in North Korea. *J. Jap. For. Soc.* **23**, 10-13.
7. Kang, S. J. and J. T. Lee. 1982. Ecological studies on vegetation recovery of burned field after forest fire. *Korean J. Ecol.* **5**, 54-62.
8. Kim, W. 1983. The secondary vegetation of the burned area of a mountain in Dangji-dong. *Korean J. Ecol.* **6**, 187-197.
9. Kim, W. and K. H. Sung. 1995. A comparison of the plant community structures in the burned and unburned areas of Mt. Kumo-san. *Korean J. Ecol.* **19**, 55-64.
10. Lee, W. T., C. J. Kim and S. K. Chon. 1979. Studies on secondary succession at early stage in deserted land of shifting cultivation in Gangwon-do. *Conservation of Nature*, **1**, 145-166.
11. Numata, M. 1969. *Illustrated Plant Ecology*. pp. 34-43, Asakura Book Co., Tokyo.
12. Park, B. K. and J. H. Kim. 1981. Effects of fire on vegetation and soil nutrients in Mt. Chiak. *Kor. J. Bot.* **24**, 31-45.
13. Peterson, D. J. and K. C. Ryan. 1986. Modeling postfire mortality for long range planning. *Environmental Management* **10**, 797-808.

14. Pielou, E. C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collection. *J. Theoret. Biol.* **13**, 131-144.
15. Raunkiaer, C. 1934. *The Life Form of Plants and Statistical Plant Geography*. pp. 1-633, Clarendon Press, Oxford.
16. Shannon, C. E. and W. Weaver. 1963. *The measurement theory of communication*. pp. 1-117, Univ. of Illinois Press, Urbana.
17. Sønensen, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. Detkon. Denske. *Vidensk, Biol. Skr.* **5**, 1-34.
18. Stock, W. D. and O. A. M. Lewis. 1986. Soil nitrogen and the role of fire as a mineralizing agent in a South African coastal fynbos ecosystem. *J. Ecol.* **74**, 317-328.
19. Uhl, C. and J. B. 1990. Kauffman JB; Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the eastern Amazone. *Ecology* **71**, 437-447.