Korean Journal of Botany
Vol. 24, No. 1, 31~45(1981)

雉岳山의 植生과 土壤에 미친 산불의 影響

朴 奉 奎·金 鍾 熙
(梨花女子大學校 文理大學 生物學科)

Effects of Fire on Vegetation and Soil Nutrients in Mt. Chiak

Park, Bong Kyu and Joung Hee Kim
(Department of Biology, Ewha Womans University, Seoul)

ABSTRACT

The purpose of this study aimed to study effects of fire on vegetation and soil properties after the first growing season in Mt. Chiak.

1. With the basis of importance value of species in each stand, status of species was assessed for three categories; Increaser species, Decreaser species, and Neutral species.

2. Biomass was 2.2 times higher on burned area than unburned. This indicates that biomass was remarkably increased after fire.

3. To evaluate similarity, coefficients of similarity among communities were obtained, and correlation coefficients were also estimated. These indices showed that burned and unburned community were markedly different. B_1-stand and B_2-stand appeared most similar to each other among stands.

4. Species diversity was greater in burned than unburned stands.

5. Soil pH value and organic matter content in burned area were significantly higher than those in unburned area. However, soil water content was lower in burned area. There was no effect of burning on soil pH value and water content at 15~20 cm depth of soil.

6. All chemical compositions except sodium were much higher in soil surface. The decreases in sodium levels at surface were probably resulted from the rapid leaching due to the increased solubility and decreased capacity for adsorption of sodium in comparison with potassium or calcium. Among chemical compositions of soil amount of nitrogen showed least difference between the burneb and unburned surfaces soil.

서 론

불이 식생의 종 조성 및 토양의 물리 화학적 성질에 큰 영향을 미친다는 것이 최근의

여러 학자 들에 의해서 밝혀지고 있다. Daubenmire(1968)는 불이 초지식생에 미친 영향으로 토양의 유기물함량과 함수량, 화학적 성분의 변화, 미기후의 변화, 토양생물상, 지상 소동물, 종 조성, 생산성 및 밀도에 대한 변화등을 들고 있다. Hulbert(1969)는 식물군집과 토양에 미치는 열의 영향, 낙엽과 현존량의 차이, 영양물질들의 재배치등으로 생태계에서의 불의 중요성을 논하였다. Swan(1970)은 불이 난 후의 종 조성의 변화를 Increaser, Decreaser, Neutral, Invader, Retreater로 분리하여 기준을 세웠으며, Hadley and Kieckhefer(1963)는 Illinois에서, Kucera and Ehrenreich(1962)는 중부 Missouri에서, Vogl (1965)는 northwest Wisconsin에서, Loyd(1968, 1971)는 Deryshire Dales에서, Dix(1960)는 Dakota에서, 초지식생에 미친 불의 영향을 불 놓은 지역, 벌초 지역, 낙엽퇴 제거 지역, 및 대조구를 설정하여 실험 생태학적으로 비교 연구한 결과, 불로 인해 개화율이 촉진되고 종당 생체량과 열매 수확량이 증가되어 대조구에 비해 처리구에서 생산성의 증가가 있었음을 보고하였다. 또한, 불은 식생학적으로 영향을 미칠뿐만 아니라, 토양 환경요인에서도 물리화학적 특성에 영향을 미친다는 것이 밝혀지고 있다. 즉 Ahlgen and Ahlgen(1965), Smith(1970)는 불이 나기 전 후의 토양내의 유기물함량과 미생물 군집의 변화 및 활동에 대해 연구하였는데 불로 인한 유기물의 파괴는 휴면상태의 미생물을 자극하게되고 토양 표면의 물리 화학적 변화를 일으키며 미기후의 변화를 초래케 하고 또한 이와 동시에 토양내의 휘발성 물질들은 회분으로서 침전된다고 밝혔다.

Wagle and Kitchen(1972)은 불이 나면, 토양 속의 영양물질들은 일시적으로는 증가를 하나, 일반적으로, 불이 나지 않은 지역보다 더 급속한 감소를 나타낸다는 것을 밝혔다. Lewis(1974), Vlamis and Growans(1961)는 토양 유기물 변화 및 토양내의 치환성 양이온들의 유용성을 관찰한 바 있는데, 토양 온도는 증가되는 반면, 습도는 감소되고 식물체의 연소로 인하여 N, S가 기체로서 발산되며, 다른 염류들은 물에 녹기 쉬운 단순한 염으로 변하게 되어 회분이 식물의 영양염류로서 공헌한다는 것을 논했다. Stark(1977)는 토양 속의 Fe의 함량으로 발화 당시의 불의 세기를 추측할 수 있는 지표로 삼았다. Ahlgen and Ahlgen(1960)은 불이 산림에 미친 영향을 토양 환경 가운데에서 습도, 토성, 불이나는 동안의 토양 온도, 비옥도, 토양의 pH, 유기물함량, 무기염류함량, 미량원소에 관하여 조사 연구하였으며, 또한, 생물환경에 관해서는 관목 식물의 질병과 병충, 박테리아, 무척추동물, 척추동물, 식물의 천이에 관한 문헌을 정리하여 발표 한 바 있고, Rundel(1973)은 큰 Sequoia의 수관을 관찰 한 결과, 식물 조직중 물관의 파괴가 가장 커서, 물의 흡수력의 현저한 감소가 있음을 제시했다.

본 연구에서는 식생조성, 지상 생체량, 토양 수분, 유기물함량 및 무기염류의 함량 변화에 대한 불이 미친 영향을 밝히기 위해 불이 난 지역과 불이 나지 않은 지역을 대상으로, 1980년 초봄에 자연 발화된 치악산과 불이 나지 않은 인접지역에서 제 1 생장기가 지난 1980년 8월 10일—15일 및 1980년 10월 23일—27일, 2차에 걸쳐서 현지 조사와 생체량 및 토양 시료를 채취하였다.

조 사 지 역

조사지 개요. 조사지는 강원도 원주시 관설동 도립공원 치악산(동경 128°05′, 북위 37°

20′) 중복으로, 해발 700~800 m 지점의 매우 험준한 산악 지형의 특징을 나타내고 있다. 이 곳은 1980년 4월 발화 면적이 약 10여 ha에 이르는 곳으로서, 불이 난 지역의 식생은 칡, 억새와 고사리가 가장 많았으며, 불이 나지 않은 지역에서는 새와 갈대가 가장흔했다. 수목림으로서는 비교적 점화성이 높은 소나무와 옻나무가 우점종이었다. 불의 방향은 Fig. 1에 표시된 것과 같이, 아래 (B_1)에서 위 (B_2)로 번졌는데, McArthur(1963)에 따르면 산불의 진행 방향이 아래에서 위로 갈 때 그 속도가 빠르며, 피해가 크다고 밝힌 바 있다. 따라서 본 지역도 불로 인한 피해가 컸었던 것으로 사료된다. 경사도는 20~30° 내외였고, 향은 남서 및 북서면이었으며, 이 지역의 지질 개황을 살펴보면, 지반은 퇴적원 변성암류인 편마암류, 고생대 화성암류 및 쥬라기 화강암류로 구성되어 있다. 산불이 난 지역과 불이 나지 않은 인접 지역의 종 조성 및 토양 환경 조건이 원래는 비슷한 곳이었다.

조사지 설정 이유. Vogl and Schorr(1972)는 초지 식생에서 불이 난 후 1년이 되는 해에 피도는 정점에 달한다고 보고했다. 그 이유는 불이 난 지역에서 새싹들은 생육 기간이 시작되면 1~3주내에 빨리 생장하기 때문인데, Ehrenreich(1959)는 그 까닭이 불로 인해서 따뜻해진 토양과 밀접한 관계가 있다고 하였으며, Hensel(1923 b)은 초기성장은 제1생장기가 지나면 사라진다고 하였다. 한편, Daubenmire(1968)는 초봄에 불이난 지역에서는 토양온도가 증가되고, 물의 점질성은 낮아지며, 여과성이 빨라져서 토양의 보수능이 낮아지는데, 이런 영향들은 따뜻해진 표층으로부터의 수분증발을 증가시킨다고 하였으며, 표토의 유기물 및 질소함량은 불이 난 후 해가 거듭됨에 따라 용탈에 의해 그

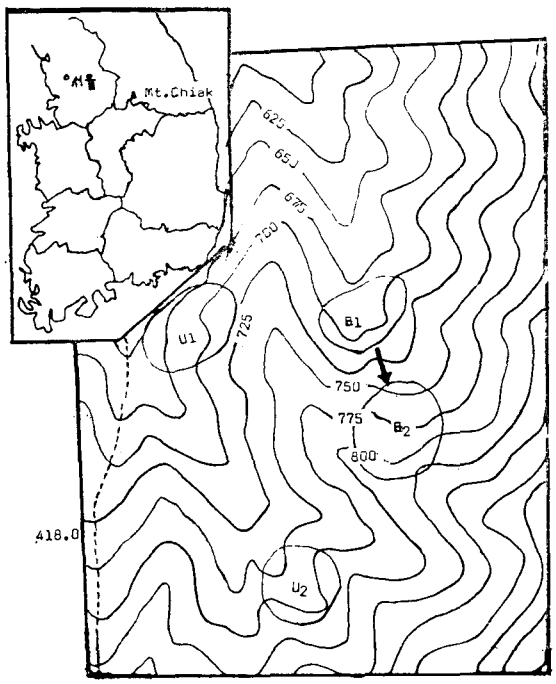


Fig. 1. Map showing location of sites in Mt. Chiak, Kangwon-do(fire spread: $B_1 \longrightarrow B_2$).

조성이 달라지고, 특히 pH와 수분함량은 불이 난지 1년후면 정상으로 돌아간다고 보고했다. 따라서, 연구 조사 지역으로 설정된 치악산은 1980년 초봄에 산불이 났고 제1생장기가 지난 1980년 10월에 조사됐다.

연 구 방 법

불이 난 지역과 그에 인접한 불이 나지 않은 지역에서 다음과 같은 사항을 조사하였다.

초지식생의 진단

1. 표본 수집

표본 추출은 불이 난 지역에서 아랫쪽의 제1 임지(B_1)와 윗쪽의 제2 임지(B_2)로 구분하였고, 불의 영향을 거의 받지 않은 인접지역에서도 아랫쪽의 제3 임지(U_1)와 윗쪽의 제4 임지(U_2)로 구분하여 1×1m의 방형구를 제1 임지에서는 16개, 제2, 3, 4 임지에서는 각각 15개씩 모두 61개를 표본 추출하였다. 조사 尺度는 빈도와 피도로서, Braun-Blanquet scale에 따라 측정하였고, 이 측정치를 기초로 하여 상대 빈도, 상대 피도와 피도로부터 환산된 상대 우점도의 값으로 중요치를 산출하였다. 또한, 중요치의 값으로 increaser, decreaser, neutral species로 무리지었고, 각 임지사이의 유사도, 상관계수와 종다양성을 구하였다. 생체량은 1 m^2 당 불이 난 지역에서 7개, 불이 나지 않은 지역에서 6개의 방형구에 나타난 초본을 harvest法으로 처리하여 oven에서 건량이 일정량이 될 때까지 건조시킨 후 그 무게를 재었다.

2. 표본 수리분석

가. 각 임지에서의 출현종의 Grouping: 종 간의 중요치 값의 차이로부터 불이 난 지역에서 불이나지 않은 지역보다 높은 값을 가진 종은 Increaser species로, 낮은 값을 가진 종은 Decreaser species로, 그 외 거의 비슷한 차이를 나타낸 종은 Neutral species로 무리지었다.

나. 지상부의 생체량

건량에 대한 t-test로 불에 의한 유의적 효과를 관찰하였다.

다. 각 임지간의 종의 유사성

본 조사에서는 불이 난 지역과 불이나지 않은 지역 사이의 유사성을 비교하기 위해 두 개의 유사도 지수를 선택하여 유사도를 산출하였다.

첫째, Jaccard(CC)지수로서, 이 값은 종의 피도를 기초로 하여

$$CC=\frac{\text{두 지역 간에 공통으로 출현된 종의 수}}{\text{두 지역 간에 출현된 모든 종의 수}}$$

로 계산되는데, presence-absence를 기준으로 삼았다.

둘째, Beals(1960)에 의해 변형된 Motyka의 지수(C)로서 presence 뿐만아니라 dominance도 표현되는데 다음과 같이 계산된다.

$$C=\frac{2w}{a+b}$$

a: A 임지에 나타난 quantitative values의 합

b: B 임지에 나타난 quantitative values의 합

w: 두 임지 사이에 공통으로 출현된 종의 작은 quantitative values의 합

여기에 주어진 quantitative value는 cover×square root of frequency로 계산된다.

피도와 빈도로부터 얻어진 유사도 지수외에 중요치를 기초로하여 임지사이의 상관계수치(r)을 구하여 각각의 임지사이에서 얻어진 3개의 값(CC, C, r)을 비교하였다.

라. 각 임지간의 종의 다양성

불이 난 지역과 불이 나지 않은 지역간의 종 다양성 지수(H)는 Shannon-Wienner 지수인 $\sum p_i \log_2 p_i$로 계산했다. 여기서 p_i는 i번째 종에 해당하는 총피도의 fraction을 나타내는 것이다.

토양 환경 요인분석.

1. 토양표본 수집

표본 추출은 이미 식생 조사 때 설정된 모든 방형구에서 0~6 cm, 6~10 cm, 15~20 cm의 깊이에서 채취하였다. pH와 수분함량은 토양 시료를 그대로 사용하였고 그 외의 성분은 실내에서 1주일 간 건조시킨 후 0.5 mm체로 쳐서 사용하였다.

2. 실내토양 분석

가. 토양 pH 및 수분함량

pH는 토양과 증류수의 비를 1 : 2.5배로 하여 Coleman pH meter로 재었고, 수분함량은 105°C 오븐에서 건량이 일정량이 될 때까지 건조한 후 측정하였다.

나. 유기물함량

유기물함량은 700°C furnace에서 1시간 태운 후 측정하였다.

다. 질소함량 및 인산함량

질소함량은 macro-kjedahl법으로 분석하였고, 인산함량은 spectrophotometer로 측정하였다.

라. 치환성 염기

치환성 염기(Na, Ca, K)는 flame-photometer로 측정하였다.

결과 및 고찰

식 생.

1. 초지식생의 Grouping

B_1 임지와 B_2 임지에 출현된 종의 수는 각각 27종이었고, U_1 임지에서는 19종, U_2 임지에서는 24종으로 불이 나지 않은 지역에서 불이 난 지역보다 비교적 적게 나타났다.

Curtis와 Partsch(1948)는 대평원에서 불이 난 후에 초본이 현저하게 증가된다고 하였고, Bentley and Fenner(1958)는 California의 불이 난 초지에서 다년생 초본의 지하경이 고온에 대한 내성이 강하여 초본의 풍부성을 초래한다고 보고하였던 사실과 본 연구 결과와 비슷하다.

Table 1은 4개의 임지에 나타난 식물의 피도, 빈도와 중요치를 나타낸 것이다.

Table 1에서 보는 바와 같이, 불이 난 지역에서의 우점종은 칡, 쑥, 억새, 고사리, 달개비와 세잎양지꽃이었고, 불이 나지 않은 지역에서는 새, 갈대, 쑥, 억새와 제비꽃등이 우세하였다. Swan(1970)은 1개의 검은 oak-red maple과 3개의 northern hardwood 임지에

Table 1. Percentage cover, frequency and importance value of plants burned and unburned areas on Mt. Chiak, Kangwon-do (B_1U_1, down stand; B_2U_2, up stand; T, indicates cover of less than 0.5%)

Species	Burned						Unburned					
	B_1			B_2			U_1			U_2		
	C	F	I.V.	C	F	I.V.	C	F	I.V.	C	F	I.V.
Miscanthus sinensis	35	44	36.7	7	27	10.7	10	33	26.2	3	27	11.0
Artemisia princeps var. *orientalis*	35	75	41.7	24	80	35.1	15	27	28.9	17	80	42.0
Pueratia thunbergiana	57	94	65.7	37	60	49.0	—	—	—	6	20	12.5
Pteridium aquilinum var. *latiusculum*	20	50	23.5	17	60	28.0	4	60	16.5	4	33	13.0
Phragmites communis	4	6	4.6	9	13	9.4	32	67	62.4	15	7	27.8
Commelina communis	9	56	14.9	11	20	18.1	1	7	1.9	1	20	3.5
Potentilla freyniana	4	13	5.7	7	40	12.8	—	—	—	2	13	7.6
Patrinia villosa	4	19	6.7	4	20	8.1	7	13	10.4	T	27	1.2
Rubus idaeus var. *microphyllus*	11	44	18.7	13	40	22.6	4	67	17.2	2	13	7.6
Artemisia japonica	8	38	11.5	6	47	13.4	T	47	7.8	2	67	17.1
Persicaria hydropiper	3	6	4.2	3	7	5.4	—	—	—	3	7	7.5
Youngia sonchifolia	3	13	5.3	12	7	16.7	1	13	2.9	—	—	—
Cassia mimosoides var. *nomame*	2	13	4.9	2	—	3.6	—	—	—	T	7	1.2
Arundinella hirta	5	31	9.9	16	60	27.4	20	67	39.2	27	67	63.3
Lychnis cognata	T	6	1.0	1	13	2.6	—	—	—	T	7	1.2
Spiraea prunifolia var. *simpliciflora*	7	19	3.8	3	—	4.2	—	—	—	—	—	—
Rubus parvifolius	7	19	8.0	3	—	4.2	—	—	—	—	—	—
Aster yomena	3	19	6.3	2	—	3.6	3	13	7.5	3	20	9.8
Lespedeza bicolor	4	19	6.7	8	40	13.1	8	13	11.1	7	7	11.1
Sanguisorba officinalis	3	13	5.3	T	7	1.2	—	—	—	—	—	—
Ixeris dentata	1	6	1.3	T	—	—	—	—	—	—	—	—
Rubia akane	3	6	4.1	2	—	3.6	—	—	—	—	—	—
Erigeron canadensis	2	—	2.8	2	13	5.7	10	13	12.5	6	13	11.3
Viola mandshurica	1	—	0.4	1	7	1.7	—	—	—	8	73	23.5
Chrysanthemum boreale	—	—	—	T	7	1.2	1	27	5.2	3	7	7.5
Imperata cylindrica var. *koenigii*	T	—	0.4	2	13	5.7	—	—	—	—	—	—
Thalictrum aquilegifolium	4	6	1.0	1	13	2.6	8	47	16.6	T	27	4.7
Osmunda japonica	4	13	5.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sium suave	—	—	—	—	—	—	3	40	11.9	T	7	1.2
Vicia unijuga	—	—	—	T	—	—	3	3	7.5	1	—	1.0
Echinopanax horridum	—	—	—	—	—	—	7	20	11.5	T	—	—
Sedum sarmentosum	—	—	—	—	—	—	1	13	2.8	—	—	—
Chenopodium album var. *centrorubrum*	—	—	—	1	7	1.7	—	—	—	—	—	—
Setaria viridis	—	—	—	1	7	1.7	—	—	—	—	—	—
Galium verum var. *asiaticum*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	33	11.2
Chelidonium majus var. *asiaticum*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	7	2.2

서 불이 난 지역과 불이 나지 않은 지역에서 출현된 종의 빈도의 차이로부터 종을 Increaser, Decreser, Invader, Neutral, Retreater의 5개 행동범주로 무리지었다. 저자는 중요치를 기초로 하여 Increaser, Decreaser, Neutral의 셋으로 무리지은 것이 Table 2이다.

따라서, 불이 난 지역에서 출현종의 중요치가 높은 것은 불로 인해 자극을 받아 증가된 내열성이 강한 종으로 Increaser species로, 반대로 중요치가 낮은 종은 내열성이 약한 종으로 Decreaser species로, 또 불이 난 지역과 불이 나지 않은 지역에서 중요치가 비교적 비슷한 종들은 Neutral species로 무리지었다.

한편, Table 1에서 보면 불이 난 지역에만 관찰된 종인 조팝나무, 멍석딸기, 오이풀, 씀바귀, 꼭두서니, 명아주, 강아지풀과 고비등은 불이 난 후 처음 침입하는 종으로 여겨질 수 있으나, 본 연구에서는 시간계열에 따른 종의 출현을 밝히지 않았기 때문에 불로

Table 2. Species grouping based on differences in importance value

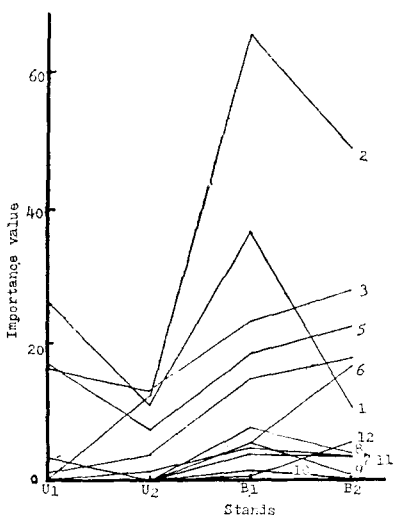
Grouping	Species
Increaser species(Total 12 species)	*Miscanthus sinensis*
	Pueraria thunbergiana
	Pteridium aquilinum var. *latiusculum*
	Commelina communis
	Rubus idaeus var. *microphyllus*
	Youngia sonchifolia
	Cassia mimosoides var. *nomame*
	Rubus parvifolius
	Sanguisorba officinalis
	Ixeris dentata
	Rubia akane
	Imperata cylindrica var. *koenigii*
Decreaser species(Total 7 species)	*Phragmites communis*
	Arundinella hirta
	Erigeron canadensis
	Viola mandshurica
	Chrysanthemum boreale
	Sium suave
	Vicia unijuga
Neutral speces(Total 8 species)	*Artemisia princeps* var. *orientalis*
	Potentilla freyniana
	Patrinia villosa
	Artemisia japonica
	Persicaria hydropiper
	Lychnis cognata
	Aster yomena
	Lespedeza bicolor

인한 침입종으로 판단하기 어려웠다.

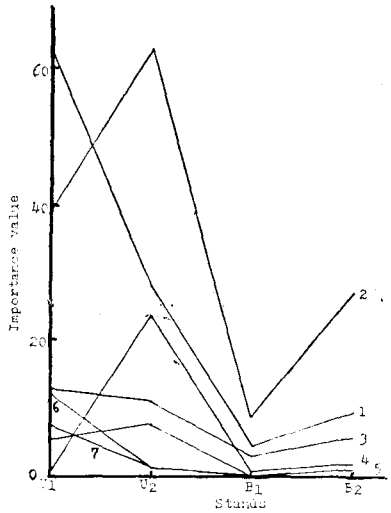
Figs. 2, 3, 4는 중요치를 기초로 하여 Increaser, Decreaser, Neutral species를 각 임지별로 그린 것이다. Fig. 2에서 Increaser species 중 칡의 중요치가 65.7로 가장 높은 값을 나타내고 있는데, 그 까닭은 다른 종에 비해 뿌리가 지표면으로 널리 분산되고 깊이 뻗어 있으며 특히, 호강광성 식물(好强光性植物)이기 때문이다. 이런 사실은 Buell and Cantlon(1951)이 New Jersey pine barrens에서 보고한 것과 같이, 지표면에 광선량이 불로 인해 증가되어 호강광성 식물의 증가가 있었다는 이론과 일치된다.

Fig. 3에서는 새가 불이 난 지역에서 현저한 감소를 나타내는데, McMurphy and Anderson(1965)이 다년생 버과 식물의 지표면 가까이 있는 어린 싹이 불로 인하여 쉽게 상처를 받아 죽을 뿐만 아니라 땅 속에 매몰된 씨는 오랜 시간이 경과된 후에 싹이 튼다는 보문과 일치된다고 사료된다.

한편, Fig. 4에서 Neutral species 가운데 쑥의 중요치가 현저하게 높은 것은 Pechanec



(Fig. 2)



(Fig. 3)

Fig. 2. The importance value of increaser species in the stands.

1. *Miscanthus sinensis*
2. *pueraria thunbergiana*
3. *Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*
4. *Commelina communis*
5. *Rubus idaeus* var. *microphyllus*
6. *Youngia sonchifolia*
7. *Cassia mimosoides* var. *nomame*
8. *Rubus parvifolius*
9. *Sanguisorba officinalis*
10. *Ixeris dentata*
11. *Rubia akane*
12. *Imperata cylindrica* var. *koenigii*

Fig. 3. The importance value of decreaser species in the stands.

1. *Phragmites communis*
2. *Arundinella hirta*
3. *Erigeron canadenis*
4. *Viola mandshurica*
5. *Chrysanthemum boreale*
6. *Sium suave*
7. *Vicia unijuga*

et al.(1954)이 동부 Idaho에서 불이 초지식생에 미친 영향에 관한 보문에서 *Artemisia*속은 生有地型(habitat type)에 관련해서 우세종으로 출현한다고 보고한 바와 같이 본 조사지역에서도 우세종으로 판단된다.

2. 지상부의 생체량

Table 3은 불이 난 지역과 불이 나지 않은 지역에서 측정된 생체량을 나타낸 것인데, 불이 난 지역은 불이 나지 않은 지역에 비해 약 2.2배로 현저히 증가된 경향을 보이고 있다.

이런 사실은 Hensel(1923 a, b), Aikman(1955), Ehrenreich(1959), Kucera and Ehrenreich(1962) 등의 여러 학자들이 刈取, denudated plots에서 조기성장과 최대성장이 있음을 밝혔는데, Hulbert(1969)는 불로 인해 따뜻해진 토양과 지표면이 광선량이 증가됨에 따라 어린 잎에 대한 광합성량의 증가와 밀접한 관계가 있기 때문임을 밝혔다.

Penfound(1964)에 따르면 처리구와 대조구 사이의 생산량의 차이는 성장기동안 가장 크게 나타나는데, 본 조사에서 불이 난 지역과 불이 나지 않은 지역간의 큰 차이가 나타난 것도 성장기간 지난 후의 조사였기 때문이라 여겨진다. 또, 이 값에 대한 5% 수준에서의 t-검정결과는 유의한 것으로 나타났다.

Table 3. Biomass expressed as oven dry weights(g/m²) of materials for burned and unburned area(g/m²)

	Burned	Unburned
Range	257.78~935.82	180.64~278.72
Mean	488.05	218.59

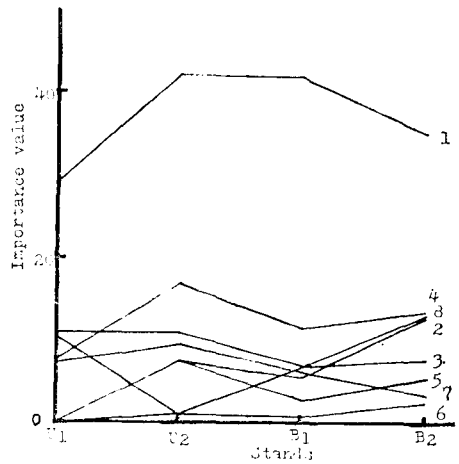


Fig. 4. The importance value of neutral species in the stands.

1. *Artemisia princeps* var. *orientalis*
2. *Potentilla freyniana*
3. *Patrinia villosa*
4. *Artemisia japonica*
5. *Persicaria hydropiper*
6. *Lychnis cognata*
7. *Aster yomena*
8. *Lespedeza bicolor*

3. 각 임지간의 종의 유사성

임지사이의 유사도를 비교하기 위해 3 값(CC, C, r)을 Table 4에 표시했다.

Table 4에서 CC, C, 및 r가 B_1B_2, U_1U_2의 값이 높은 것은 그들 임지사이의 유사성이 높을 뿐만 아니라 공통으로 출현된 종의 수와 양이 비슷함을 의미한다. 그 가운데 B_1B_2의 값이 더 큰 까닭은 불로 인해, B_1B_2사이의 환경요인이 U_1U_2사이의 환경 요인보다 유사해졌기 때문으로 사료된다. 그러나, 특이한 점은 CC, C 및 r의 값에서 B_2U_2의 값이 B_1U_2, B_1U_1과 B_2U_1보다 훨씬 높게 나타났다.

Table 4. Comparison of community of coefficient by using three indices

	Stand comparison					
Index	B_1B_2	U_1U_2	B_1U_1	B_1U_2	B_2U_1	B_2U_2
CC	0.78	0.67	0.44	0.58	0.50	0.65
C	0.68	0.51	0.23	0.29	0.39	0.48
r	0.79	0.57	0.26	0.27	0.25	0.54

이런 사실은 Douglas and Ballard(1971)의 Sourdough Ridge의 alpine 식생에 대한 유사성 비교로부터 불이 난 지역간의 유사성이 불이 난 지역과 불이 나지 않은 지역간의 유사성보다 높게 나타났다는 보고와 일치된다.

그 까닭은 Table 5에서와 같이, 지형적인 면과 가장 관계가 깊은 것으로 볼 수 있는데, Daubenmire(1968)는 산불이 번지는 속도와 양은 세 종류의 요인에 의존되는데 보통 기후, 지형과 쌓인 낙엽의 양등으로서, 이 가운데 지형은 그 경사도가 가장 큰 원인이 된다고 하였고, McArthur(1963)는 일반적으로 평지보다 10° 경사 때는 2배, 20° 경사 때는 4배로 진행되며, 또한 경사면의 방향이 중요하다고 논했다. 이는 가연성 물질이 불 붙고 습도 조건을 변경시키는 시발온도(initial temperature)를 결정하는 미기후를 조절하기 때문이라고 했던 바와 같이, B_2U_2는 다른 입지에 비해 윗쪽에 위치해 있었고, 그 경사도 및 경사 방향이 유사했기 때문에 종 조성이 유사하게 나타난 것으로 사료된다.

Table 5. Location of study stands

	B_1	B_2	U_1	U_2
Slope(degree)	10~15	20~30	19~22	25~30
Direction	SW	SW, NW	NW	NW
Diversity	3.66	3.94	3.56	3.54

4. 각 임지간의 종의 다양성

Table 5에서 보는 바와 같이, 종 다양성은 불이 난 지역(B_1, B_2)에서 비교적 높게 나타났는데 이런 사실은 Douglas and Ballard(1971)에 따른 alpine 식생 군락에서 불이 종 다양성을 증각시킨다는 보고와 일치된다.

토 양. 토양의 pH와 수분함량 및 유기물함량은 Table 6에 표시했다.

Table 6. Soil characteristics represented in burned and unburned area on Mt. Chiak

Area	Depth (cm)	pH	Water content(%)	Organic matter(%)
Burned	0~6	6.7	9.0	13.11
	6~10	6.4	16.2	
	15~20	6.0	17.1	
Unburned	0~6	6.3	33.9	12.87
	6~10	6.1	22.2	
	15~20	6.0	19.3	

토양의 pH와 유기물함량은 불이 난 지역이, 불이 나지 않은 지역에 비해 높게 나타났고, pH는 토양 표층에서 특히 높았는데 이것은 불이 난 후 회분(ash)의 첨가때문으로 사료된다. Daubenmire(1968)에 따르면 대부분 초지에서의 불은 토양의 pH를 일반적으로 증가시키는데, 그 까닭은 식물이 타고 난 후의 회분에 있는 알카리 토금속들인 Ca, Mg, K 등이 풍부해지기 때문이라고 하였다.

Figs. 5와 6은 토양의 pH와 수분함량을 토양 깊이에 따라 나타낸 것이다. Fig. 5에서 보면, 15~20 cm 깊이의 불이 난 지역에서의 pH는 불이 나지 않은 지역보다 낮았으며 또 t-검정 결과 불에 대한 유의성이 없는 것으로 나타났고, Fig. 6에서 보는 바와 같이, 수분량은 불이 난 지역에서 현저히 감소되었는데, 이 값에 대한 5% 수준에서의 t-검정 결과 15~20 cm의 토양에서만 유의성이 없는 것으로 보아 pH와 수분함량에 미치는 불의 영향이 15~20 cm 깊이까지는 미치지 못하는 것으로 판단되었다.

Eden(1924)은 Britain에 있는 초지에서 불로 인해 토양의 2.5 cm의 표토에서는 건조한 반면 5~18 cm의 층에서는 비교적 습했다고 보고했으며, Garren(1943)과 Heyward(1937, 1939)는 불이 난 지역에서 적어도 25 cm의 토양 깊이까지 수분함량은 낮다고 보고한 바가 있다.

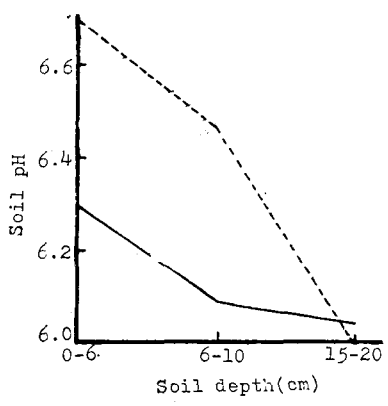


Fig. 5. pH protile with depth in burned(……) and unburned(—).

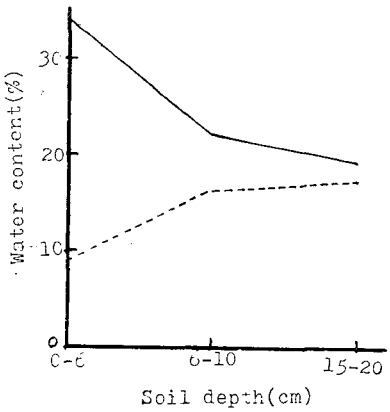


Fig. 6. Water content with depth in burned (……) and unburned(—).

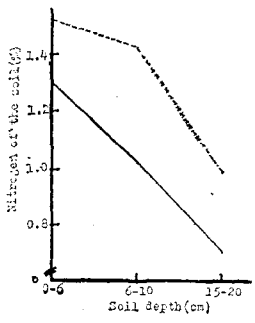
불이 난 지역과 불이 나지 않은 지역의 치환성 염기와 질소함량 및 인산함량을 나타낸 것이 Table 7 이다(Figs. 7, 8, 9, 10, 11).

Table 7. Chemical composition of burned and unburned soil

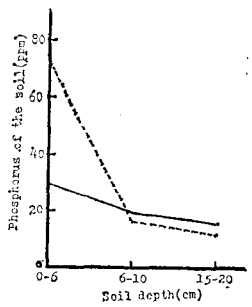
Area	Depth(cm)	N(%)	P(ppm)	K(ppm)	Na(ppm)	Ca(ppm)
Burned	0~6	1.52	73.30	455.87	222.11	2952.9
	6~10	1.43	17.10	249.08	224.62	1470.9
	15~20	0.99	12.80	234.04	233.24	1391.7
Unburned	0~6	1.30	28.36	403.10	199.30	2748.3
	6~10	1.03	19.67	255.90	206.10	1481.4
	15~20	0.71	15.97	209.90	204.50	1157.4

N, P, K, Ca 등은 불이 난 지역과 불이 나지 않은 지역 모두에서 토양 표층의 값이 가장 크고, 토양 깊이에 따라 값의 차가 큰데 반해, Na만은 표층보다는 다른 층에서 큰 값을 나타내며 깊이에 따른 차가 다른 성분들에 비해 크지 않았다. 이것은 Na가 다른 성분들에 비해 해리도가 커서 용탈에 의해 토양속으로 스며들기 때문으로 사료되는데, Smith(1970)에 의하면 Ontario의 대평원에서 Na양의 감소는 K나 Ca에 비해 용탈이 빨라 토양내로의 Na의 흡착력을 감소시키고 용해성을 증가시키기 때문이라고 하였다.

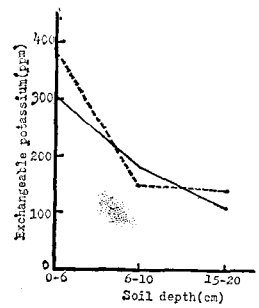
한편, N에 대해 살펴보면 불이 난 지역과 불이 나지 않은 지역 간의 차가 다른 성분들에 비해 0~6 cm의 토양에서 가장 작은 것으로 나타나는데, 그 이유는 질소가 불로 인해 휘발되기 때문으로 불이 날 때 연기와 함께 사라져서 불이 난 지역에서 그 값이 작아진 것으로 사료된다. 이런 사실은 Moore(1960)에 의해 Nigeria의 Savanna에서 질소가 불로 인해 가장 많이 손실되었다는 보고와 일치되며, Metz *et at.*(1961)에 따르면 낙엽에



(Fig. 7)



(Fig. 8)



(Fig. 9)

Fig. 7. Amount of total nitrogen profile with depth in burned (……) and unburned(—) areas.

Fig. 8. Phosphorus profile with depth in burned (……) and unburned(—) areas.

Fig. 9. Exchangeable potassium profile with depth in burned(……) and unburned(—) areas.

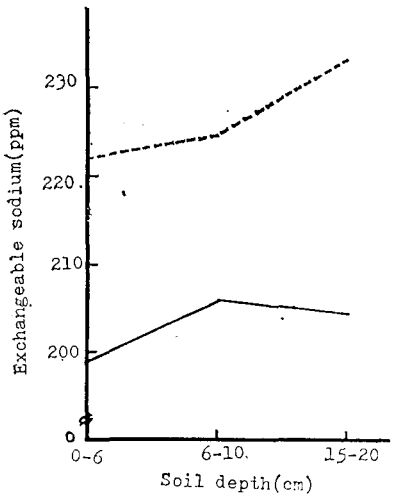


Fig. 10. Exchangeable sodium profile with depthin burned(·····) and unburned (—) areas.

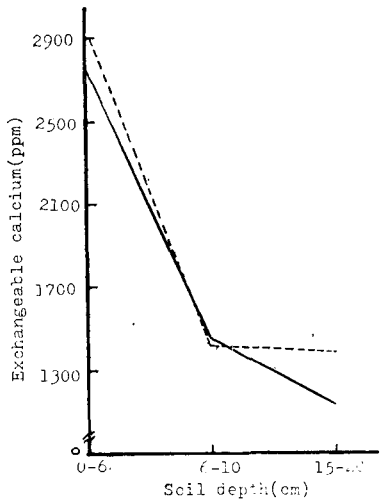


Fig. 11. Exchangeable calcium profile with depth in burned (·····) and unburned(—) areas.

포함되어 있는 질소가 낙엽이 재로 변해질 때 완전히 휘발됨을 보고한 사실과 일치된다.

적 요

본 연구는 불이 난 초지에서 불의 영향이 식생과 토양에 어떠한 변화를 미치는가를 관찰하기 위해, 불이 난 지역과 불이 나지 않은 인접지역에서 식생과 토양을 조사하였다.

1. 각 임지에 나타난 중요치를 기초로 하여 불이 난 지역에서 높은 값을 나타내면 Increaser species, 낮은 값을 나타내면 Decreaser species 로, 그 외의 종은 Neutral species 로 무리지었다.

2. 불이 난 지역에서의 생체량은 불이 나지 않은 지역의 약 2.2배로 증가되어, 불로 인해 생산성이 증가됨이 밝혀졌다.

3. 임지간의 유사성 비교는 B_1B_2가 가장 높았고 그 다음이 U_1U_2로 나타났으며, 불이 난 지역과 불이 나지 않은 지역간에는 B_2U_2가 높았는데, 그 까닭은 불의 영향이 지형적 특성 가운데 경사도와 경사 방향에 따라 크게 다르게 나타남을 제시해 주었다.

4. 종 다양성은 불로 인해 증가되었다.

5. 토양내의 pH 및 유기물함량은 증가되었으나, 수분함량은 현저한 감소를 나타냈는데, pH와 수분함량에 있어서 15~20 cm의 토양까지는 불의 영향이 미치지 못하는 것으로 사료된다.

6. 질소함량, 인산함량과 치환성 염기등은 모두 불로 인해 증가되었는데, 특히 Na를 제외한 모든 성분들이 표층에서 높게 나타났는 바, 이 까닭은 Na가 다른 성분들에 비해 해리도가 커서 용탈에 의해 6~10 cm의 토양에서 큰 값을 나타냈기 때문이다.

참 고 문 헌

Ahlgen, I. F. and C. E. Ahlgen. 1960. Ecological effects of forest fires. *Bot. Rev.* **26** : 483~533.

_____ and _____. 1965. Effects of prescribed burning on microorganisms in a Minnesota jack pine forest. *Ecology* **46** : 304~310.

Aikman, J. M. 1955. Burning in the management of prairie in Iowa. *Iowa Acad. Sci. Proc.* **62** : 53~62.

Beals, E. 1960. Forest bird communities in the Apostle Islands of Wisconsin. *Wilson Bull.* **72** : 156~181.

Bentley, J. R. and R. L. Fenner. 1958. Soil temperatures during burning related to postfire seed beds on woodland range. *J. For.* **56** : 737~774.

Buell, M. F. and J. E. Cantlon. 1951. A study of two forest stands in Minnesota with an interpretation of the forest prairie margin. *Ecology* **32** : 294~316.

Curtis, J. T. and M. L. Partsch. 1948. Effects of fire on the competition between blue grass and certain prairie plants. *Am. Midl. Nat.* **39** : 437~443.

Daubenmire, R. 1968. Ecology of fire in grasslands. *Adv. Ecol. Res.* **5** : 209~266.

Dix, R. L. 1960. The effects of burning on the mulch structure and species composition of grasslands in Western North Dakota. *Ecology* **41** : 49~56.

Douglas, C. W. and T. M. Ballard. 1971. Effects of fire on alpine plant communities in the North Cascades, Washington. *Ecology* **52** : 1058~1064.

Eden, T. 1924. The edaphic factors accompanying the succession after burning on Harpenden Common. *J. Ecol.* **12** : 267~286.

Ehrenreich, J. H. 1959. Effect of burning and clipping on growth of native prairie in Iowa. *J. Range Manage.* **12** : 133~137.

Garren, K.H. 1943. Effects of fire on vegetation of the Southeastern United States. *Bot. Rev.* **9** : 617~654.

Hadley, E. B. and B. J. Kieckhefer. 1963. Productivity of two prairie grasses in relation to fire frequency. *Ecology* **44** : 389~395.

Hensel, R. L. 1923 a. Effects of burning on vegetation in Kansas pastures. *J. Abr. Res.* **23** : 631~643.

_____. 1923b. Recent studies on the effect of burning on grassland vegetation. *Ecology* **4** : 183~188.

Heyward, F. 1937. The effects of frequent fires on profile development of longleaf pine forest soils. *J. For.* **5** : 23~27.

_____. 1939. Soil moisture relationships of soils from burned and unburned longleaf pine forests. *Soil Sci.* **47** : 313~325.

Hulbert, L. C. 1969. Fire and litter effects in undisturbed bluestem prairie in an Illinois prairie. *Ecol. Monogr.* **39** : 355~384.

Kucera, C. L. and J. H. Ehrenreich. 1962. Some effects of annual burning on central Missouri prairie. *Ecology* **43** : 334~336.

Lewis, W. M. 1974. Effects of fire on nutrient movement on a South Caroline pine forest. *Ecology* **55** : 18~28.

Lloyd, P. S. 1968. The ecological significance of fire in limestone grassland communities of the Derbyshire Dales. *J. Ecol.* **56** : 811~826.

_____. 1971. Effects of fire on the chemical status of herbaceous communities of the Derbyshire Dales. *J. Ecol.* **59** : 261~273.

McArthur, A. C. 1963. Revised forest fire danger tables. Auslal. For. and Timber Bur..

Ann. Rept.

McMurphy, W. E. and K. L. Anderson. 1965. Burning flint hills range. *J. Range. Mgmt.* **18** : 265~269.

Metz, L. J., T. Lotti and R. A. Klawitter. 1961. Some effects of prescribed burning on coastal plain forest soil. *South-east For. Exp. Sta. Paper* **133** : 10.

Moore, A. W. 1960. The influence of annual burning on a soil in the derived savanna zone of Nigeria. *Internat. Congr. Soil Sci. Trans. 7th* **4** : 257~264.

Pechanec, J. F., G. Stewart, A. P. Plimmer, J. H. Robertson and A. C. Jr. Hull. 1954. Sagebrush burning good and bad. *U.S.D.A. Farmer's Bull.* 1948(rev.)

Penfound, W. T. 1964. Effects of denudation on the productivity of grassland. *Ecology* **45** : 838~845.

Rundel P. W. 1973. The relationship between basal fire scars and crown damage giant sequoia. *Ecology* **54** : 210~213.

Smith, D. W. 1970. Concentrations of soil nutrients before and after fire. *Can. J. Soil Sci.* **50** : 18~28.

Stark, N. M. 1977. Fire and nutrient cycling in a douglas-fir/larch forest. *Ecology* **58** : 16~30.

Swan, F. R. Jr. 1970. Post-fire response of four plant communities in south-central New York State. *Ecology* **51** : 1074~1081.

Vlamis, J. and K. D. Growans. 1961. Availability of nitrogen, phosphorus and sulfur after brush burning. *J. Range Manage.* **14** : 38~40.

Vogl, R. J. 1965. Effects of spring burning on yields of brush prairie savanna. *J. Range Manage.* **18** : 202~205.

Vogl, R. J. and P. K. Schorr. 1972. Fire and manazanita chaparral in the San Jacinto mountains, California. *Ecology* **53** : 1178~1188.

Wagle, R. F. and J. H. Kitchen, Jr. 1972. Influence of fire on soil nutrients in a ponderosa pine type. *Ecology* **53** : 118~125.

(1981. 6. 12. 接受)