Korean J. Ecol. 14(1) : 15~23, 1991

山火後 道德山 소나무林의 初期植生回復과 種多樣性

曺 英 鎬·金 源
慶北大學校 自然科學大學 生物學科

Early Vegetational Recovery and Species Diversity of Pine Forest after Fire in Mt. Todŏk

Cho, Young-Ho and Woen Kim
Dept. of Biology, Kyungpook National University

ABSTRACT

The early vegetational recovery and species diversity were investigated in burned pine forest of Mt. Todoksn from 1986 to 1990.

The changes of vegetation in the burned site occurred *Miscanthus*→*Miscanthus-Lespedeza*→*Lespedeza* community. The biological spectra based on SDR_3(%) and SP(%) of the burned site were similar to the unburned site with H-D_1-R_5-*e* type. The degree of succession(DS) was gradually increased with succession in burned site. The species diversity index(H′) and evenness index(*e*) were declining successional trend, nut dominance index(C) inclining successional trend in the burned site. The domiance-diversity curves of the burned site showed gradual decrease in diversity and evenness, and then slopes of them were progressively steep in early successional stage.

緖 論

우리 나라의 살림은 인위적인 간섭과 산불 등에 의해서 많이 파괴되고 있다. 그 가운데 인간간섭의 하나인 산불로 삼림이 파괴되면 각종 환경요인의 변화와 더불어 식생의 변화가 일어난다.

외국의 경우 Ahlgren과 Ahlgren(1960)은 불이 삼림에 미치는 영향중 특히, 토양 환경에 관해서 조사하였고, Hanes(1971)는 California에서 산불 이후의 chaparral의 천이에 관해서 보고하였다. 천이가 진행되는 동안 종다양성의 변화가 중요시 되고 있는데 그 이유는 생태계내의 생물적, 무생물적 구성요소의 안정성과 연관이 있다(Whittaker, 1965, 1972; Pielou, 1966a). 그리고 Whittaker(1965, 1972), Pielou(1966a, b), McIntosh(1967) 및 Peet(1974)는 종다양성의 측정방법과 개념에 관해서 보고하였다.

Wittaker(1965)는 종다양성은 천이가 진행되는 동안 증가하거나 감소한다고 하였으며, Au-

clair와 Goff(1971) 및 Horn(1974)은 종다양성이 점차 증가한 후 극상의 전단계에서 감소한다고 하였으며, Monk(1967) 및 Shafi와 Yarranton(1973)은 천이의 초기단계에 종다양성이 최고로 도달한 후 계속 감소한다고 보고하였으나 이에 대한 통일된 이론이 없다.

우리 나라의 산화지에 관한 연구는 平尾(1941)가 처음으로 북한지방에서의 조사에서 불에 대한 내성이 소나무는 약하고 신갈나무는 강하다고 보고하였다. 그 후 Hong등(1968)과 Lee (1968)도 비슷한 결과를 보고하였다. 이 (1980)는 강원도 산화지의 조사에서 1차연도의 천이가 억새기에 해당한다고 보고하였고, 박과 김(1981)은 치악산 산화지 조사에서 산화 당년의 우점종은 칡, 쑥 및 억새라고 보고하였다. 이외에도 강과 이(1982), Cho와 Kim(1983), 김과 조(1984) 및 김 등(1983, 1986)도 비슷한 결과를 보고하였다.

본 연구는 1986년 3월에 대구시 동구 연경동 소재 도덕산 일부 지소인 표고 300m를 중심으로 산불이 발생하여 약15ha의 소나무 수림(흉고직경 10~15cm)이 전소된 후 벌목된 산화지를 조사지로 선정하고 또 인접한 비산화지인 소나무 수림을 대조구로 하여 1986년 8월 부터 1990년 8월 까지의 초기 식생회복과 종다양성의 변화를 조사하였다.

調査地 概況

본 조사지는 도덕산 일부 지소로 대구시 동구 연경동에 위치 (35°57′N, 128°38′E)하며 소나무가 수고 2~4m, 밀도 0.1ha 당 150 개체로 우점하고 있었으나 1986년 3월에 산불이 발생하여 약 15ha의 소나무 수림의 전소되고 당년 4월에 벌목된 지소이다. 조사지의 표고는 약 300m, 방위는 남서사면, 경사도는 25~30°이다(Fig. 1).

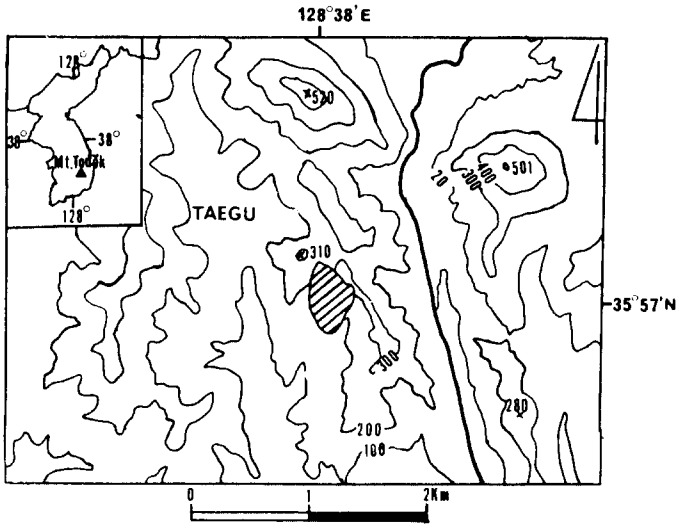

Fig. 1. A topographical map of burned site(straight-lined area) in Mt. Todŏk

調 査 方 法

산화지의 식생조사는 산화 후 1년째인 1986년 8월, 2년째인 1987년 8월, 5년인 1990년 8월에 식피가 비교적 균일한 지점을 선정하여 실시하였고 이와 더불어 비산화지인 소나무 수림의 식생도 1986년 8월에 조사하였다.

조사방법은 산화지의 경우 20m×20m 영구방형구를 설치하여 산화 이후 1년째 및 2년째에는 $1m^2$ 방형구를 15개, 5년재에는 $4m^2$ 방형구를 10개를 표본 추출하였고, 비산화지인 소나무 수림은 5m×5m방형구 2개, 임상식생은 $1m^2$ 방형구 15개를 표본 추출하여 이곳에 출현하는 식물의 높이, 피도 및 빈도를 조사하였다.

식물의 휴면형은 Raunkiaer법으로, 번식형 및 생육형은 沿田 방법으로 분석하였다. 적산우점도(summed dominance ratio)는 沼田 방법(SDR_3)=C′+H′+F′/3)으로 구하여 우점종을 산출하였고, 천이도(degree of succession)는 沿田 방법인 DS=[(1·d)/n]·v에 의해서 구하였다. 또한 종다양성 지수는 Shannon-Wiener방법, 균등성 지수는 Pielou 방법, 우점도 지수는 Simpson 방법으로 각각 구하였다.

그리고 종다양성 패턴을 알아보기 위해서 Whittaker(1972)가 제시한 우점도-다양성 곡선(dominance-diversity curve)을 작성하였고 이 곡선의 평균기울기를 측정하였다.

結果 및 考察

종 조 성

산화지에 출현한 식물은 1년째에 총 52종이 출현하였지만 이중에서 2년째에 차풀(*Cassia nomame*), 갈퀴나물(*Vicia amoena*), 여뀌(*Polygonum hydropiper*) 등 10종이 출현하지 않았고, 조림한 잣나무(*Pinus koraiensis*)를 포함해서 개망초 (*Erigron annuus*) 등 7종이 새로이 출현하여 총 49종, 5년째에 씀바귀(*Ixeris dentata*), 제비꽃(*Viola mandshurica*) 등 13종이 출현하지 않았고, 개똥쑥(*Artemisia annua*), 개아마(*Linum steleroides*) 등 5종이 새로이 출현하여 총 41종으로 점차 감소하는 경향이었다(Table 1).

적산우점도의 순위는 1년째에 억새(*Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*) 88.4, 졸참나무(*Quercus serrata*) 76.4, 칡(*Pueraria lobota*) 57.9, 참싸리(*Lespedeza cyrtobotyra*) 31.3의 순이었고, 2년째에 억새 89.8, 졸참나무 75.8, 칡 71.0, 참싸리 68.1의 순으로 참싸리의 우점도가 크게 증가하였으며, 5년째에 참싸리 100.0, 칡 61.3, 억새 36.1, 졸참나무 34.1의 순으로 참싸리가 우점순위 1위로 평균 수고는 약 2m였다. 이 결과는 소나무 수림의 임상식생인 졸참나무, 참싸리, 억새 등이 산화 후 재생되어서 산화지에 우점종으로 출현한 것으로 생각된다.

Swan(1970)은 산화지와 비산화지에 출현한 종의 빈도의 차이로부터 종을 Increaser, Decreaser, Nutral, Invader, Retreater의 5가지로 나누었다. 적산 우점도를 기초로 하여 나눈 것이 Table 1이다. 즉, 산화지에 출현한 종의 우점도가 비산화지보다 높으면 Increaser, 낮으면 Decreaser, 비슷하면 Neutral, 산화지에만 출현한 종을 Invader, 비산화지에만 출현한 종을 Retreater로 하였다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 산화지에서의 초기식생천이는 억새→억새－참싸리→참싸리 단

Table 1. Species grouping and life-form spectra of the burned(B) and unburned(U) sites in Mt. Todŏk. Numerals indicate SDR_3.

Plant	B			U	Life-form			
	1st year	2nd year	5th year		L	D	R	G
Increaser (total 16 species)								
Miscanthus sinensis var. *purpuras cens*	88.4	89.8	36.0	14.7	H	1	3	t
Quercus serrata	76.4	75.8	34.1	33.1	M	4	5	e
Clematis mandshurica	59.2	21.6	11.2	3.1	N	1	5	l
Pueraria lobota	57.9	71.0	61.3	14.7	M	3	5	l
Potentilla dicolar	43.5	22.5	10.8	1.9	H	4	5	pr
Indigofera kirilowi	33.7	41.0	4.3	2.0	N	3	5	e
Lespedeza cyrtobotyra	31.3	68.1	100.0	24.3	N	3	5	e
Duchesnea indica	24.0	16.7	34.2	22.2	H	2	4	p
Quercus dentata	15.5	34.6	31.7	5.4	M	4	5	e
Arundinella hirta	14.6	40.1	23.4	17.9	H	1	3	t
Polygala japonica	10.6	16.0	18.9	1.9	G	1	5	b
Patrinia villosa	9.1	8.3	35.2	8.4	H	1	5	ps
Cocculus trilobus	7.4	10.5	12.8	5.8	N	2	5	e
Patrinia scabiosaefolia	7.1	12.5	31.4	18.4	H	4	3	pr
Peucedanum terebinthaceum	6.2	12.6	15.3	4.3	H	1	5	b
Quercus valiabilis	4.2	12.6	22.8	2.9	M	4	5	e
Decreaser (total 8 species)								
Pinus densiflora	2.5	3.4	4.3	100.0	M	1	5	e
Atractylodes japonicus	13.5	11.9	7.3	16.5	G	1	3	e
Smilax china	11.1	21.1	4.4	19.1	N	2	5	l
Viola mandshurica	15.8	7.5	–	5.7	H	3	5	r
Aster scaber	4.5	10.9	–	4.0	G	1	3	e
Serratula coronata var. *insularis*	3.5	7.1	–	2.0	H	1	5	e
Cassia nomame	12.2	–	–	4.3	Th	3	5	e
Sanguisorba officinalis	3.2	–	–	100.0	H	4	5	p
Neutral (total 6 species)								
Carex humilis var. *nana*	42.5	65.6	31.3	26.5	H	1	5	t
Themeda japonica	9.7	13.6	8.9	7.1	H	1	5	e
Rosa multiflora	3.2	17.7	18.3	16.5	N	3	5	b
Siphonostegia chinensis	3.7	4.7	8.5	2.1	Th	1	5	e
Leibnitzia anandria	2.5	2.5	7.4	3.8	H	1	5	r
Linum steleroides	–	–	7.7	2.0	Th	3	5	e
Invader (total 34 species)								
Pteridium aquilium var. *latiusculum*	45.5	12.9	24.5	–	G	1	3	e
Lysimachia clethoides	10.1	12.6	12.3	–	G	4	3	e
Smilax nipponica	8.1	13.9	10.6	–	G	4	5	e
Artemisia keiskeana	7.4	11.2	5.0	–	H	1	5	e
Chrysandemum zawadskii	3.9	8.9	6.9	–	H	1	5	pr
Zanthoxylum schinifolium	3.9	5.9	8.6	–	N	4	5	e
Hypericum erectum	3.7	4.7	4.2	–	H	3	5	e
Acalypha australis	3.5	5.3	8.9	–	Th	4	5	b
Albizzia julibrissin	3.2	5.8	6.5	–	M	3	5	e

Table 1. Continued

Plant	B			U	Life-form			
	1st year	2nd year	5th year		L	D	R	G
Ixeris dentata	16.0	6.7	–	–	H	1	3	ps
Vicia pseudo-orobus	13.6	5.5	–	–	G	3	5	l
Oenothera odorata	10.9	8.3	–	–	Th	1	5	pr
Platycodon gandiflorum	9.9	10.9	–	–	G	3	5	e
Prunella vulgaris var. *lilacina*	5.8	5.7	–	–	H	4	4	pr
Gentiana squarrosa	2.7	4.0	–	–	Th	4	5	b
Pinus koraiensis	–	14.7	9.0	–	M	1	5	e
Galium verum var. *asiaticum*	–	9.7	4.1	–	H	4	5	e
Erigeron annuus	–	6.1	3.8	–	Th	1	5	p
Rhapontica uniflora	7.9	–	–	–	H	1	5	pr
Vicia amoena	5.2	–	–	–	H	3	5	l
Eupatorium chinensis for. *tripartitum*	5.0	–	–	–	G	1	3	e
Polygonum hydropiper	4.7	–	–	–	Th	4	5	e
Gnaphalium affine	4.2	–	–	–	Th	1	5	b
Solidago japonica	3.7	–	–	–	G	1	3	pr
Cyperus microiria	3.2	–	–	–	Th	1	5	t
Taraxacum platycarpum	3.0	–	–	–	H	1	5	r
Hemistepta lyrata	–	6.3	–	–	H	1	5	ps
Ixeris sonchifolia	–	5.9	–	–	H	1	5	pr
Euphorbia sieboldiana	–	5.5	–	–	G	3	5	e
Artemisia montana	–	5.1	–	–	H	1	3	e
Phtheirospermum japonicum	–	–	11.8	–	Th	1	5	e
Artemisia annua	–	–	8.7	–	Th	1	5	e
Pulsatilla koreana	–	–	3.6	–	G	1	5	e
Euphorbia esula	–	–	3.6	–	G	3	5	e
Retreater (total 14 species)								
Rhododendron mucronulatum var. *ciliatum*	–	–	–	17.6	N	3	5	b
Spodiopogon sibiricus	–	–	–	5.0	H	1	3	t
Sophora flavescens	–	–	–	4.4	H	3	5	e
Vicia nipponica	–	–	–	4.3	G	3	5	e
Gentiana scabra var. *buergeri*	–	–	–	4.1	G	4	3	e
Pyrola japonica	–	–	–	4.1	H	1	5	r
Lespedeza virgala	–	–	–	4.0	N	3	5	e
Spium japonicum	–	–	–	2.9	M	4	5	e
Hemerocallis aurantiaca	–	–	–	2.4	G	3	5	r
Aster incisa	–	–	–	2.4	G	1	3	e
Lilium lancifolium	–	–	–	2.2	G	3	5	e
Spiranthes sinensis	–	–	–	2.2	G	4	5	e
Adenophora triphylla var. *japonica*	–	–	–	2.1	G	4	5	e
Arthraxon hispidus	–	–	–	2.1	Th	1	5	t

Note : L ; Life form (Dormancy form, M : Mega & Mesophanerophyte, N : Nanophanerophyte, H : Hemicryptophyte, G : Geophyte, Th : Therophyte), D ; Disseminule form (1 : Anemo chore & Hydrochore, 2 : Zoochore & Brotochore, 3 : Mechanical propulsion, 4 : Clitochor e), R ; Radicoid form ($3 : 10l > d$, 4 : Runner and/or Struck root, 5 : Tuber, Bulb, Corm, Soil root), G ; Growth form (e : erect, b : branched, t : tufted, l : liane, p : prostrate, pr : partial rossete, ps : pseudo-rossete, r : rossete form.

계로 진행되고 있으며 그 후는 참나무림으로 천이가 이행될 것으로 생각된다.

생활형 조성

산화지의 생활형(휴면형)은 반지중식물(H), 산포기관형은 풍산포형(D_1), 근계형은 단립식물(R_5), 생육형은 직립형(e)이 산화 후 1년째, 2년째 및 5년째에서 각각 우세하여 비산화지와 같은 경향이었다(Table 2). 생활형 조성은 H-D_1-R_5-e 형으로 이(1980)가 강원도 산화지에서, 강과 이(1982)가 충청북도 산화지에서, 조와 김(1983) 및 김과 조(1984)가 대구시 산화지에서 보고한 생활형 조성과 같은 경향이었다.

천이도 및 종다양성

천이도(DS)는 산화 후 1년째에 369에서 5년째에 691로 천이가 진행됨에 따라 점차적으로 증가하였다. 종다양성 지수(H′)는 산화 후 1년째에 3.12로 최고에 도달한 후 5년째에 2.20으로 점차 감소하였고, 균등성 지수(e)도 종다양성 지수와 유사한 경향이었고, 우점도 지수는

Table 2. The life-form spectra based on SDR_3(%) and SP(%) in the burned(B) and unburned(U) sites.

Life form		B						U	
		1st		2nd		5th(yr)			
		SDR_3	SP	SDR_3	SP	SDR_3	SP	SDR_3	SP
L	M	19.7	5.8	24.4	14.3	23.8	17.1	32.6	13.6
	N	20.8	13.5	20.8	14.3	22.4	17.1	19.0	18.2
	H	39.4	46.2	40.4	42.9	35.6	34.1	37.6	36.4
	G	15.1	19.2	11.1	18.4	11.3	17.1	8.6	22.7
	Th	5.4	15.4	3.3	10.2	6.9	14.6	2.2	9.1
D	D_1	46.0	51.9	43.9	49.0	39.4	48.8	51.9	40.9
	D_2	5.1	5.8	5.5	6.1	7.2	7.3	9.7	6.8
	D_3	26.0	19.2	26.5	20.4	28.8	19.5	21.4	29.5
	D_4	22.9	23.1	24.1	24.5	24.6	24.4	17.0	22.7
R	R_3	25.2	19.2	22.6	18.4	18.9	14.6	22.6	18.2
	R_4	3.6	3.8	2.4	4.1	4.8	2.4	4.5	2.3
	R_5	71.2	76.9	75.0	79.6	76.3	82.9	72.9	79.5
G	e	40.7	44.2	44.3	46.9	52.3	56.1	48.0	50.0
	b	3.6	11.5	6.3	10.2	8.6	9.8	8.3	9.1
	t	18.2	7.7	21.7	6.1	8.3	7.3	19.1	11.4
	l	18.8	11.5	14.5	10.2	12.6	9.8	8.8	9.1
	p	3.0	1.9	1.9	2.0	4.8	2.4	4.6	2.3
	pr	10.5	15.4	7.8	14.3	7.4	9.8	6.2	6.8
	ps	3.0	3.8	2.4	6.1	4.9	2.4	1.7	2.3
	r	2.3	3.8	1.1	4.1	1.0	2.4	3.3	9.1
Biological type		H-D_1-R_5-e							

Note : Abbreviations are the same as in Table 1.

산화후 점차 증가하는 경향이었다(Table 3).

이상의 결과는 Shafi와 Yarranton(1973)이 Ontario 주의 Cochrane 지역의 산화지에서 종다양성 지수가 초기단계에 최고에 도달한 후 천이가 진행됨에 따라서 대체로 감소한다는 보고와 비슷한 경향이었다. 이와는 대조적으로 종다양성이 증가한다는 연구보고도 있다 (Auclair and Goff, 1971 ; Horn, 1974).

Table 3. Degree of succession, indices of species diversity, evenness and dominance in the burned and unburned sites.

	Year	Degree of succession	Indices of species diversity	Evenness	Dominance
Burned	1st	369	3.12	0.79	0.07
	2nd	481	2.75	0.75	0.10
	5th	691	2.23	0.60	0.24
Unburned		515	2.20	0.58	0.25

4. 우점도-다양성 곡선

Whittaker(1965, 1972)가 제시한 우점도-다양성 곡선을 본 산화지에서 작성한 결과, 곡선의 윗부분의 기울기는 상위 순위종에 의한 우점도의 집중(Concentration of dominance)을 나타내고 곡선 전체의 기울기는 군락의 다양성을 나타냈다. 곡선의 평균 기울기(As)를 측정하여 산화 후의 경과 연수에 따른 값의 변화를 비교한 결과 곡선의 평균 기울기가 1년째에 24.1에서 5년째에 14.2로 점차 급해져서 다양성은 점차 낮아지는 경향을 나타내고 있다(Fig. 2). 이 결과는 Whittaker(1972)가 묵밭의 천이에서 초본기까지는 곡선의 기울기가 완만하여 군락의 다양성이 증가하나 목본식물이 침입한 시기부터 기울기가 급해져서 다양성이 감소하고 또

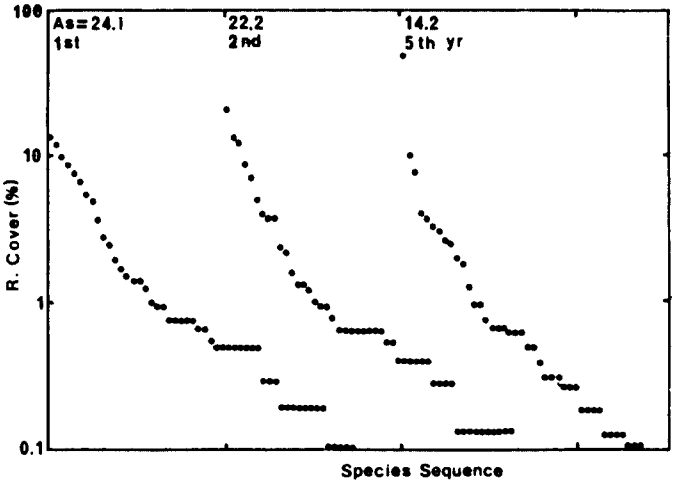

Fig. 2. Dominance-diversity curves for the burned site in various times. Ordinate is the logarithm of relative cover for species. As : Average slope of dominance-diversity curves.

천이에 의해서 곡선의 기울기와 종다양성이 변화한 결과와 비슷한 경향이었다.

摘 要

1986년 3월 도덕산에서 발생한 산불로 약 15ha의 소나무 소림이 전소되고, 당년 4월에 벌목된 후 1, 2 및 5년째의 식생을 조사하여 산화지의 초기 식생회복과 종다양성의 변화를 조사하였다.

산화지 초기식생의 변화는 억새→억새-참사리→참사리 이었고 이후는 참나무림으로 천이가 진행될 것으로 예상된다. 생활형 조성은 산화지 및 비산화지에서 공히 $H\text{-}D_1\text{-}R_5\text{-}e$ 형이었다. 천이도는 산화 후 1년째에 369에서 5년째에 691로 점차 증가하는 경향이었다. 종다양성과 균등성 지수는 3.12 및 0.79에서 2.23 및 0.60으로 감소하는 경향이었고 반대로 우점도 지수는 0.07에서 0.24로 증가하는 경향이었다. 우점도 다양성 곡선의 기울기는 초기 천이단계에서 천이가 진행됨에 따라 점차 급해져서 종다양성과 균등성이 전반적으로 감소하였다.

引 用 文 獻

Ahlgren, I. F. and C. E. Ahlgren. 1960. Ecological effects of forest fire. Bot. Rev. 26 : 483-533.

Auclair, A. N. and F. G. Goff. 1971. Diversity relations of upland forests in the Western Great Lakes area. Am. Nat. 105 : 499-528.

Cho, Y. H. and W. Kim. 1983. The secondary vegetation and succession of the forest fire area of Nae-Hak dong, Mt. Palgong. Korean J. Ecol. 6 : 22-32.

Hanes, T. L. 1971. Succession after fire in the chaparral of Southern California. Ecol. Monogr. 41 : 27-52.

Hensel, R. E. 1923. Effects of burning on vegetation in Kansas pastures. J. Agr. Res. 23 : 631-643.

平尾經信. 1941. 北鮮地方の 山火跡地の 植生-考察. 日本林學會誌. 23(10) : 10-13.

Hong, S. W., Y. C. Han and Y. K. Choi. 1968. Some effects of fire on vegetation, soil and soil microflora adjacent to DMZ in Korea. Kor. J. Bot. 11(4) : 9-20.

Horn, H. S. 1974. The ecology of secondary succession. Ann. Rev. Ecol. Syst. 5 : 25-37.

강상준 · 이종태. 1982. 산화적지의 식생회복에 관한 생태학적 연구, 한생태지. 5 : 54-62.

김 원 · 서정호 · 이종온 · 1983. 당지동의 산화적지의 초기식생천이. 한생태지. 6 : 237-242.

김 원 · 조영호. 1984. 산성산 산화적지의 식생재생과 2차천이. 한생태지. 7 : 203-207.

김 원 · 박창규 · 조영호. 1986. 팔공산의 산화적지의 2차식생과 2차천이. 경북대 논문집. 42 : 183-192.

Lee, I. K. 1968. A study on the distribution of *Pinus densiflora* in DMZ area. Kor. J. Bot. 11 : 21-29.

이우철. 1980. 산화적지의 2차천이에 관한 연구-초기식생군락 발달에 관하여, 강원대 논문집. 14 : 285-292.

McIntosh, R.P. 1967. An index of diversity and the relation on certain concepts to diversity. Ecology, 48 : 392-404.

Monk, C.D. 1967. Tree species diversity in the eastern deciduous forest with particular reference to north central Florida. Amer. Nat. 101 : 173-187.

沼田眞. 1969. 圖說植物生態學. 朝倉書店. 東京. pp. 33-43.

Odum, E.P. 1971. Fundamentals of ecology. 3rd ed. W.B. Saunders Co., Philadelphia. pp. 144.

박봉규 · 김종희. 1981. 치악산의 식생과 토양에 미친 산불의 영향. 한식지. 24 : 31-45.

Peet, R.K. 1974. The measurement of species diversity Ann. Rev. Ecol. Syst. 5 : 285-307.

Pielou, E.C. 1966a. Species-diversity and pattern-Diversity in the study of ecological succession. J. Theoret. Biol. 10 : 370-383.

Pielou, E.C. 1966b. The measurement of diversity in different types of biological collections. J. Theoret. Biol. 13 : 131-144.

Shafi, M.I. and G.A. Yarranton. 1973. Diversity, floristic richness, and species evenness during a secondary(post fire) succession. Ecology. 54 : 897-902.

Swan, F.R. Jr. 1970. Post-fire response of four plant communities in south-central New York State. Ecology. 51 : 1074-1082.

Whittaker, R.H. 1965. Dominance and diversity in land plant community. Science. 147 : 250-260.

Whittaker, R.H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. Taxon. 21 : 213-251.

(1990年 11月 4日 接受)