

# 한라산 아고산지대 식물군집구조 및 식생훼손<sup>1</sup>

이경재<sup>2</sup> · 조 우<sup>3</sup> · 조현서<sup>4</sup>

## The Structure of Forest Community and Vegetation Deteriorations on Subalpine Zone in Mt. Halla<sup>1</sup>

Kyong-Jae Lee<sup>2</sup>, Woo Cho<sup>3</sup>, Hyun-Seo Cho<sup>4</sup>

### 요 약

한라산 영실의 오백나한-윗세오름대피소-방아오름에 이르는 아고산지대(해발 1,440-1,700m)삼림의 식물군집 구조분석을 위하여 37개소에 조사구(1개 조사구당 10 x 10m 방형구 1개씩 설치)를 설치하고 식생조사를 실시하여 얻은 자료에 대하여 TWINSpan에 의한 classification 및 ordination의 종류인 RA 및 DCA기법을 적용하여 분석하였다. 또한 가축방목과 이용객에 의한 식생훼손을 파악하기 위하여 17개소에 조사구를 설치하였다. TWINSpan에 의해 5개의 군집으로 분리되어 구상나무-주목군집, 산철쭉-털진달래-제주조릿대군집, 큰광장나무-보리수나무-제주조릿대군집, 산철쭉-눈향나무-털진달래군집, 시로미-눈향나무군집으로 나뉘었다. 가축방목과 탐방객의 이용에 의하여 식물군집의 종다양성이 심하게 감소되었다.

### ABSTRACT

A survey of subalpine zone(altitude is 1,440-1,700m) in Mt. Halla, was conducted using 37 sampling plots of 100m<sup>2</sup> size. The classification by TWINSpan and RA, DCA ordination were applied to the study area in order to classify them based on woody plants and environmental variables. And to investigate vegetation deterioration by livestock's and user's impact on subalpine zone, seventeen plots were set up. By TWINSpan techniques, the plant community were divided into five groups by the altitude. The dividing groups are *Abies koreana*-*Taxus cuspidata* community, *Rhododendron yedoense* var. *poukhanense*-*Rh. mucronulatum* var. *ciliatum*-*Sasa quelpaertensis* community, *Ilex crenata*-*Elaeagnus umbellata*-*S. quelpaertensis* community, *Rh. yedoense* var. *poukhanense*-*Juniperus chinensis* var. *sargentii*-*Rh. mucronulatum* var. *ciliatum* community and *Empetrum nigrum* var. *japonicum*-*J. chinensis* var. *sargentii* community. The species diversity of plant community were decreased severely by livestock's and user's impact.

*Key Words* : TWINSpan, DCA, plant community structure, species diversity, vegetation deterioration

1 접수 6월 5일 Received on June 5, 1992

2 서울시립대학교 문리과대학 College of Liberal Arts and Science, Seoul City Univ., Seoul 130-743, Korea

3 서울시립대학교 대학원 Graduate School, Seoul City Univ., 130-743, Korea

4 진주농림전문대학 임학과 Dept. of Forestry, Jinju Nat'l Agri. and For. Junior College, Jinju, 660-280, Korea

## 서론

한라산은 제주도의 한가운데 위치하고 해발이 남한에서 가장 높은 1,970m 이기에 식물의 수직적 분포가 뚜렷하게 나타난다. 지금까지 여러 학자들에 의해 한라산의 수직적분포가 밝혀져(오와 김, 1977; 김과 남, 1985; 김과 김, 1985) 대체로 해발 1,500m 이상을 관목지대로 보고 하였다.

지금까지 한라산의 아고산대 관목지대의 식물에 대한 연구로는 Z. M. 학파의 식물사회화적인 방법에 의해 연구가 수행되었다(김과 남, 1985; 김과 김, 1985; 송, 1991). 그리하여 종 조성의 내용은 밝혀졌으나 우점치 등의 정량적인 조사가 이루어지지 않아 그 필요성이 요구되고 있다.

한편 오래전부터 한라산에 소와 말 등의 가축을 방목하여 이러한 동물들의 먹이로 식생이 훼손될 뿐 아니라 얇은 표토층이 허물어져 산사태의 시초가 되는 등의 문제점(오 등, 1985)이 발생하고 있고, 또한 매년 증가되는 이용객에 의한 식생 및 토양의 훼손도 확산되어 가고 있다.

본 연구에서는 한라산 아고산대의 식물군집구조를 classification과 ordination에 의하여 밝히고, 아울러

가축방목 및 이용객에 의한 식생 훼손상태를 밝혀 한라산 아고산지대의 식생보존에 기초자료로 이용되는 것을 목적으로 하였다.

## 조사지 설정 및 방법

### 1. 조사지 설정

한라산 영실의 오백나한-윗세오름대피소-방아오름에 이르는 등산로 주변에 식물군집구조 조사지를 Figure 1과 같이 37개소에 설정하였다. 또한 가축방목에 의한 식생파괴조사지는 윗세오름-윗세오름대피소의 등산로 주변에 9개소, 탐방객이용에 의한 식생파괴 조사지는 윗세오름대피소 인근 구상나무군집에 8개소를 설정하였다. 각 조사지에 10×10m크기의 조사구(plot) 1개씩을 설치하였으며 본 조사는 1990년 10월에 실시하였다.

### 2. 환경조사

환경조사는 조사구의 일반적 개황과 토양성질을 조사·분석하였으며, 조사항목과 방법은 전보(이 등, 1991)와 동일하다.

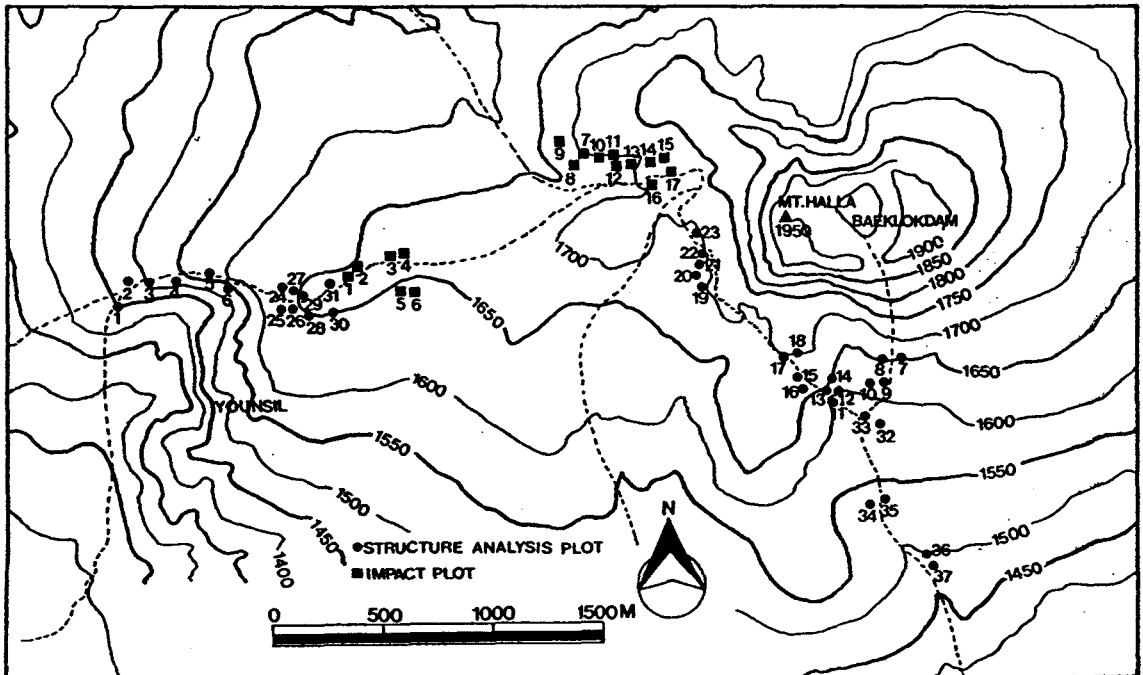


Figure 1. Location of the survey area in Mt. Halla.

### 3. 식물군집구조분석

각 조사구에서 식생조사를 실시하고, 얻어진 자료를 통하여 상대우점치, 종다양성을 분석하였으며 방법은 전보(이 등, 1991a)를 따랐다. 또한 식생자료를 정리하여 classification은 TWINSpan (Hill, 1979b), ordination은 RA와 DCA방법(Hill, 1979a)을 이용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 삼림군집구조 분석

#### (1) 조사지개황

Table 1은 전체 조사구의 일반개황을 보인 것으로 6개의 군집분리는 TWINSpan의 제 2, 3 division에서 나뉘어진 결과를 이용한 것이다. 전체 조사구가 해

발 1,440-1,700m에 위치하고 군집 A, B는 해발 1,500-1,670m, 군집 C는 1,440m, 군집 D, E는 1,700m에 분포하였다. 군집 A만이 조사구 6을 제외하고는 모든 조사구의 삼림군집층위가 교목층과 관목층으로 분리되었으나, 군집 B, C, D, E는 층위분리를 할 수 없는 관목성상의 군집이었다. 그러므로 전보(이 등, 1992)와 본 연구결과를 종합할 때, 한라산의 서사면의 식물군집은 해발 1,400m까지는 수고가 10m 이상의 수목군, 해발 1,400-1,650m에는 수고 3.5-5m, 해발 1,650m이상에서는 수고 0.7-1.5m의 수목군이 분포하였다. 해발고가 1,700m인 군집 D, E에서는 상대적으로 다른 군집보다 수종수가 적게 나타났는데 100m<sup>2</sup>의 면적에 출현하는 수종수는 3-4종이었다.

#### (2) 조사구의 classification 및 ordination 분석

37개 조사구에 대한 TWINSpan에 의한 classifi-

Table 1. Description of the physical features and the structure of each plot classified by TWINSpan on subalpine zone in Mt. Halla.

Community Plot number	A												B						
	6	24	26	28	31	25	27	29	30	11	12	34	35	3	4	5	9	15	16
Altitude(m)	1580	1640	1640	1650	1660	1640	1640	1650	1660	1610	1610	1540	1540	1500	1500	1580	1620	1670	1670
Aspect	S80E	N55W	N70W	N50W	S70W	N55W	N70W	N50W	S70W	S5W	S5W	S45W	S45W	S40E	S40E	S80E	S5E	N60E	N60E
Slope(°)	10	3	3	3	3	3	3	3	3	5	5	5	5	10	10	10	2	5	5
Height of tree layer(m)	1	3.5	4	3.5	3.5	3.5	4	3.5	3.5	5	5	2.5	2.5	1	1	1	0.7	0.7	0.7
Mean DBH of tree layer(cm)	.	15	15	15	15	15	15	15	15	20	20	5	5	.	.	.	.	.	.
Cover of tree layer(%)	80	70	70	70	70	70	70	70	70	80	80	85	85	60	60	90	80	80	80
Height of subtree layer(m)	.	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1	1	.	.	.	.	.	.
Cover of subtree layer(%)	.	50	50	30	10	50	50	30	10	70	70	80	80	.	.	.	.	.	.
Height of shrub layer(m)	.	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	.	.	.	.	.	.
Cover of shrub layer(%)	.	20	20	20	30	20	20	20	30	50	50	60	60	.	.	.	.	.	.
Number of woody species	9	7	9	8	10	9	8	6	6	8	9	12	12	8	9	8	6	6	9

(Table 1. Continued)

Community Plot number	B								C				D				E			
	32	36	37	7	8	10	13	14	33	1	2	17	18	21	23	19	20	22		
Altitude(m)	1580	1490	1490	1650	1650	1620	1610	1610	1580	1440	1440	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700		
Aspect	S30E	S30E	S30E	S10E	S10E	S5E	S70E	S70E	S30E	S30E	S30E	S70E	S70E	S50E	N70W	S70E	S70E	S50E		
Slope(°)	5	5	5	20	20	2	5	5	5	10	10	5	5	5	5	5	5	5		
Height of tree layer(m)	1.5	1	1	1	1	0.7	0.7	0.7	1.5	1	1	0.7	0.7	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2		
Mean DBH of tree layer(cm)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
Cover of tree layer(%)	70	70	70	90	90	85	70	70	70	70	70	70	70	85	50	50	50	85		
Height of subtree layer(m)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
Cover of subtree layer(%)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
Height of shrub layer(m)	0.8	.	.	.	.	.	.	.	0.7	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
Cover of shrub layer(%)	20	.	.	.	.	.	.	.	20	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
Number of woody species	8	8	12	8	11	6	8	11	8	11	13	3	6	3	4	3	4	4		

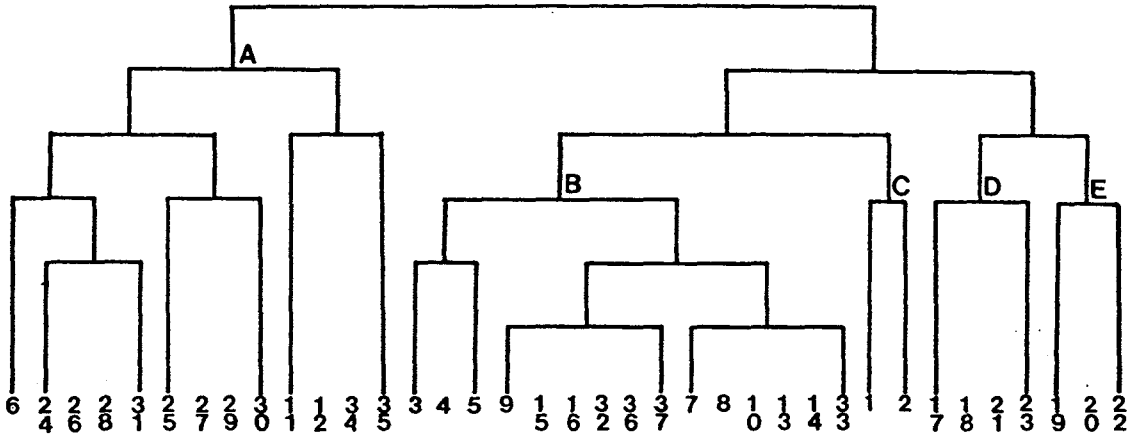


Figure 2. Dendrogram of TWINSpan stand classification of each plot on subalpine zone in Mt. Halla.

cation분석을 한 것이 Figure 2이다. 군집 A와 다른 군집간에는 조사구의 수고에 의하여, 조사구 B, C와 D, E간에는 해발고에 의해 분리되었다. TWINSpan에 의해 분리된 조사구별로 주요수종에 대한 I. V. 를 정리한 것이 Table 2이다. 분리된 5개군집의 우점종을 살펴보면 구상나무-주목군집(군집 A), 산철쭉-털진달래-제주조릿대군집(군집 B), 큰팥팥나무-보리수나무-제주조릿대군집(군집 C), 산철쭉-눈향나무-털진달래군집(군집 D), 시로미-눈향나무군집(군집 E)이었다. 본 삼림군집구조분석중에서 TWINSpan에 의한 분리인자는 해발고로서 다른 연구결과(이 등, 1990; 이 등, 1991b)와 일치되었고, 특히 한라산에서 해발고 700-1,400m에 위치하는 삼림군집구조분석의 분리인자가 해발고인 것(이 등, 1992)과 동일하였다.

Table 2에 의하면 군집 A의 주요수종에 대한 산술 평균적인 전체평균상대우점치(M. I. V.)는 구상나무 39.2%, 주목 8.6%이었고 그 외에 사스래나무가 6.2%, 노린재나무가 2.1%이었다. 김과 남(1985)은 한라산 구상나무림의 식물사회학적 연구에서 구상나무림을 구상나무군집, 구상나무-제주조릿대군집, 구상나무-신갈나무군집으로 구분하고, 이상 군집의 표지종을 화살나무, 노린재나무, 신갈나무, 고로쇠나무 등임을 밝혔다. 김과 남은 조사구(Quadrat)를 53개소 설정하였으나 Braun-Blanquet방법으로 조사하여, 본 조사방법인 Curtis & McIntosh(1951)방법과 근본적인 차이가 있고, 또한 조사구를 한라산 4방향과 구상나무가 생육하는 거의 모든 장소에 걸쳐 설치하여, 본 군집 A보다 더 광범위한 결과가 얻어진 것이다. 군집 B의 주요수종 M. I. V. 는 산철쭉 33.3%, 제주조

릿대 24.1%, 털진달래 8.5%, 국수나무 7.5%이었다. 군집 C에서는 큰팥팥나무 29.8%, 보리수나무 27.8%, 제주조릿대 12.3%이고, 군집 D에서는 산철쭉 49.8%, 눈향나무 27.2%, 털진달래 10.9%이며, 군집 E에서는 시로미 61.6%, 눈향나무 17.8%, 제주조릿대 26.7%이었다. 김과 김(1985)은 제주도 아고산대 관목림의 식물사회학적 연구에서 관목림을 털진달래-산철쭉군집, 눈향나무-털진달래군집, 시로미-산겨이삭군집 등으로 분리하여 본 연구에서 분리된 군집의 내용과 거의 일치하였다.

37개 조사구에 대하여 RA 및 DCA에 의한 ordination 방법으로 분석한 결과를 그림으로 표현한 것이 Figure 3이다. RA의 제 2축의 분리에서 조사구 20, 19, 22의 군집이 다른 군집과 동떨어져 있어 RA와 같은 경향을 보이면서도 분리된 5개군집의 위치가 큰 차이가 없는 DCA방법이 더 효율적인 것으로 판단된다. 또한 DCA제 1, 2축의 eigen value의 합계가 84%로서 total variance에 대한 집중률이 높아 본 기법의 이용이 타당함을 알 수 있다. Figure 3에 의하면 classification의 분석결과와 마찬가지로 5개군집으로 분리되어 왼쪽부터 구상나무-주목군집, 큰팥팥나무-보리수나무군집, 산철쭉-털진달래-제주조릿대군집, 산철쭉-눈향나무군집, 시로미-눈향나무군집이 위치하였다.

Figure 4는 군집별로 종다양성을 나타낸 것이다. 종다양도(H')는 군집 A, B, C는 0.71-0.89, 군집 D, E는 0.33-0.36, 최대종다양도(H' max)는 군집 A, B, C는 0.92-1.08, 군집 D, E는 0.45-0.58로서 두개의 group간에는 커다란 차이가 있었다. 군집 D, E는 해발고가 1,700m이상인 아고산지대로 식물군집을 구

Table 2. Importance value of tree species in each plot classified by TWINSpan on subalpine zone in Mt. Halla.

Community Plot Number	A												B						
	6 S	24 M	26 M	28 M	31 M	25 M	27 M	29 M	30 M	11 M	12 M	34 M	35 M	3 S	4 S	5 S	9 S	15 S	16 S
<i>Taxus cuspidata</i>	27.8	5.0	1.7	6.3	3.1	14.7	6.8	20.2	9.3	5.4	3.2	8.1				12.6	1.4	26.1	31.0
<i>Abies koreana</i>	40.0	26.9	44.8	40.6	52.3	32.4	44.9	25.2	45.8	52.5	46.4	48.7	54.0						
<i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i>													0.3						1.0
<i>Betula ermanii</i>		17.2	7.4	9.6	1.2	4.8	6.2	11.8		7.5	14.3								
<i>Quercus grosseserrata</i>	0.4	2.4	1.2				0.9												
<i>Deutzia prunifolia</i>						1.1	3.7	5.3	3.1										
<i>Stephanandra incisa</i>	0.5									1.5	2.1		1.5		18.0	12.1	7.9		1.8
<i>Pourthiaea villosa</i> var. <i>lavis</i>				0.5	2.4				2.7										
<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i>																			0.9
<i>Ilex crenata</i>												3.0		6.2					
<i>Elaeagnus umbellata</i>										2.8	2.5			2.1	3.2				
<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	1.0		0.6		0.3									31.4	3.4	11.7		10.0	12.2
<i>Rh. yedoense</i> var. <i>poukhanaense</i>	0.9						0.7	1.4			1.1		3.1	44.2	27.2	45.7	42.1	28.7	24.9
<i>Diapensia obovata</i>	0.5													4.2	19.1	18.7			
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>			1.2	2.8	2.8	2.5	2.4	2.7	4.0	3.8	0.7	3.5	0.3					7.7	3.2
<i>Weigela subsessilis</i>	1.9	7.5	4.5	5.8	3.6	1.6				1.0				1.4	2.5	18.6	2.4		
<i>Sasa quelpaertensis</i>											8.5		6.3	8.1			22.0	25.3	22.7

\*S : Shrub layer, M : Mean of the tree and shrub layer

(Table 2. continued)

Community Plot Number	B					C					D			E				
	32 S	36 S	37 S	7 S	8 S	10 S	13 S	14 S	33 S	1 S	2 S	17 S	18 S	21 S	23 S	19 S	20 S	22 S
<i>Taxus cuspidata</i>		14.1	10.5		3.4			1.9	7.8	1.2	3.6							1.9
<i>Abies koreana</i>				1.8	1.4													
<i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i>				2.2	7.8			1.1				32.7	23.0	49.1	4.0	12.5	3.2	37.6
<i>Betula ermanii</i>					3.7													
<i>Quercus grosseserrata</i>																		
<i>Deutzia prunifolia</i>																		
<i>Stephanandra incisa</i>	16.5			25.6	9.3	2.5	2.7	11.3	4.0	1.7								
<i>Pourthiaea villosa</i> var. <i>lavis</i>																		
<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i>								1.2							64.4	78.3	42.0	
<i>Ilex crenata</i>					2.9	1.4			35.3	24.3								
<i>Elaeagnus umbellata</i>						7.3			20.3	35.3								
<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	16.8	14.1	4.3	2.6		11.4	9.5		1.2		11.5	9.1		22.8				4.4
<i>Rh. yedoense</i> var. <i>poukhanaense</i>	19.4	28.6	33.0	30.9	30.4	46.4	31.1	34.6	32.5		2.0	55.8	62.0	39.1	42.3			16.0
<i>Diapensia obovata</i>																		
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>			6.8	8.2	5.3	3.3	4.8	13.7	9.7				1.0					
<i>Weigela subsessilis</i>	2.0	2.6	1.3	5.4	2.7		7.6	3.6	8.1									
<i>Sasa quelpaertensis</i>	36.3	28.2	28.5	27.9	28.6	40.7	35.2	29.2	28.2	19.1	5.5			11.8	30.9	63.2	16.7	

\*S : Shrub layer, M : Mean of the tree and shrub layer

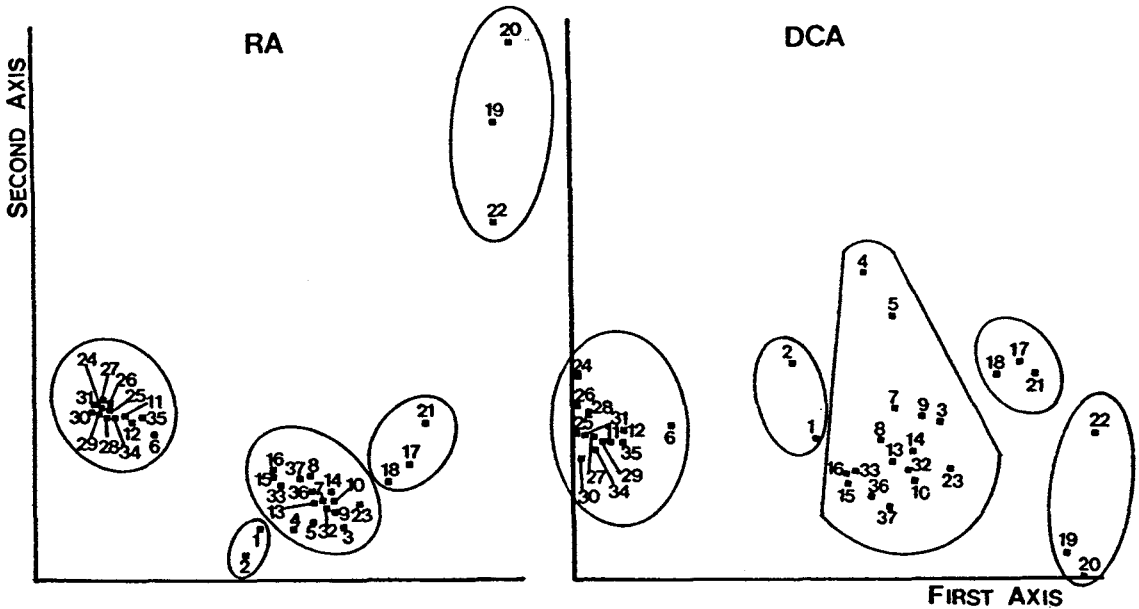


Figure 3. RA and DCA ordination of sampling plots on subalpine zone in Mt. Halla.

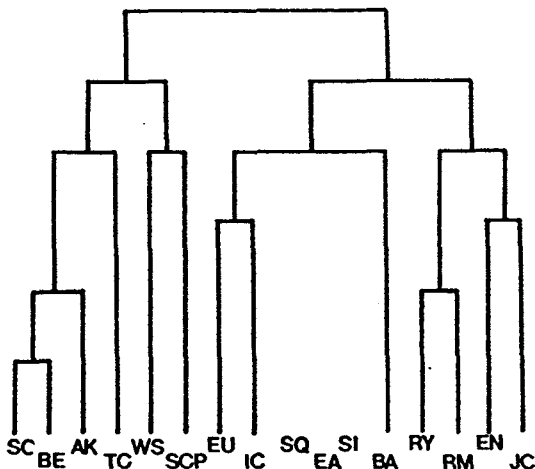


Figure 4. Values of various diversity in each community classified by TWINSpan. ( $H'$  : species diversity,  $H'$  max : maximum of species diversity,  $J'$  : evenness,  $D$  : dominance)

성하는 수종수가 작기 때문에 종다양도와 최대종다양도의 값이 낮은 것으로 판단된다. 한라산에서 해발고 700-1,400m의 삼림군집의  $H'$ 와  $H'$  max는 각각 0.9-1.0, 1.3-1.6(이 등, 1992)으로서 본 조사구보다 종의 다양성이 더 풍부한데 이는 해발고에 따른 차이

일 것이다. 해발고가 1,360-1,410m인 지리산의 아고산대에서의  $H'$ 와  $H'$  max는 각각 0.85-1.2, 1.3-1.4(이 등, 1991a)로서 본 측정치보다 높았다. 최대종다양도( $H'$  max)에 대한 종다양도( $H'$ )의 값이 접근할수록 안정상태에 도달된 숲(Collins et al., 1987; O'Connor & Aarssen, 1987; 이 등, 1991a, 1992)인데, 본 연구에서는 군집 D를 제외하고 모든 군집의 구성종이 안정상태를 이루고 있으나, 군집 D는 다른 군집에 비하여 불안정한데 앞으로 구성종의 우점치가 변화될 수 있으므로 이에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

(3) 수종의 classification 및 ordination 분석

각 조사구에서 나타난 수종 중 출현빈도가 5회 이상이 되는 종에 대한 classification 및 ordination 분석 결과를 Figure 5, 6와 같이 그림으로 나타냈다. Ordination의 RA방법에서 조사구의 ordination에 의한 분석결과와 마찬가지로 제 2축에서 눈향나무와 시로미가 다른 수종과는 이질적으로 분리되어 DCA방법이 더 효율적임을 알 수 있다. TWINSpan과 DCA기법을 이용한 분리에서 거의 비슷한 4개의 군집으로 분리되었다. 즉 왼쪽부터 마가목-사스래나무-구상나무의 group, 병꽃나무-주목-노린재나무의 group, 국수나무-보리수나무-제주조릿대의 group, 눈향나무-산철쭉-털진달래의 group으로 분리가 되었다.

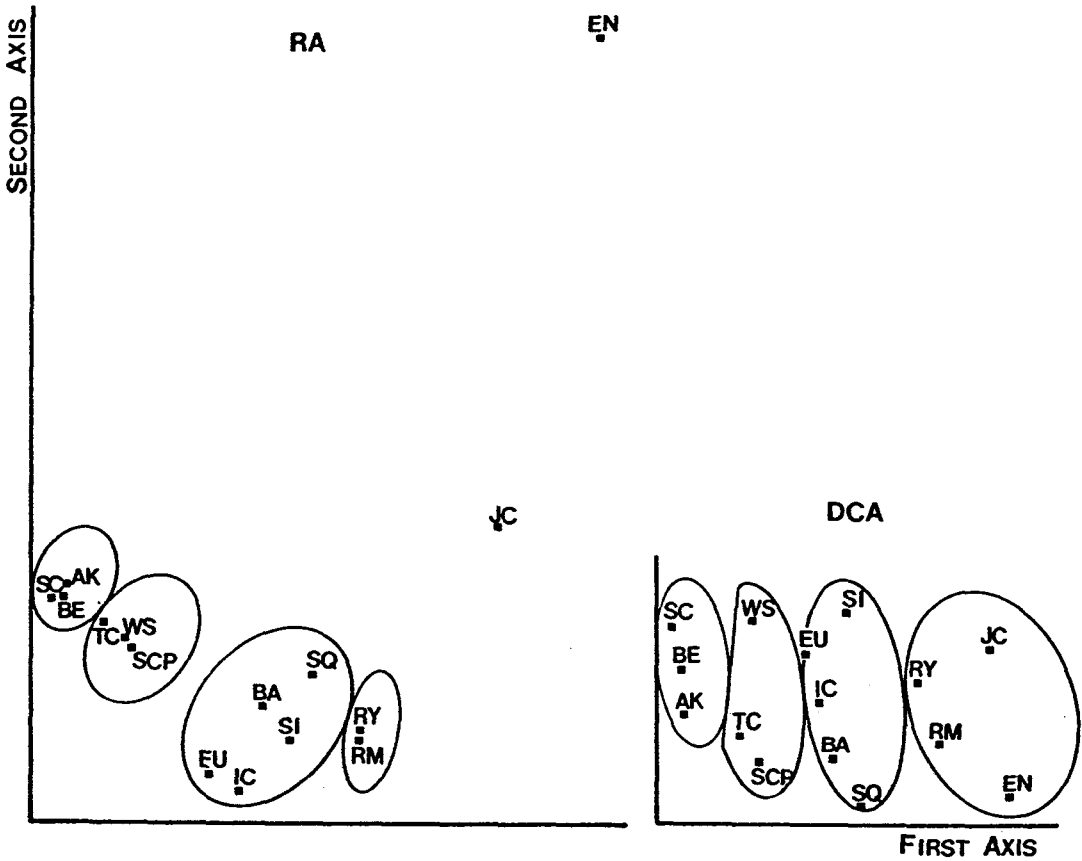


Figure 5. Dendrogram of TWINSpan species classification of each plot on subalpine zone in Mt. Halla.  
 (SC : *Sorbus commixta*, BE : *Betula ermani*, AK : *Abies koreana*, TC : *Taxus cuspidata*, WS : *Weigela subsessilis*, SCP : *Symplocos chinensis* for. *pilosa*, EU : *Elaeagnus umbellata*, IC : *Ilex crenata*, SQ : *Sasa quelpaertensis*, EA : *Euonymus alatus*, SI : *Stephanandra incisa*, BA : *Berberis amurensis*, RY : *Rhododendron yedoense* var. *poukhanse*, RM : *Rh. mucronulatum*, EN : *Empterum nigrum* var. *japonicum*, JC : *Juniperus chinensis* var. *sargentii*)

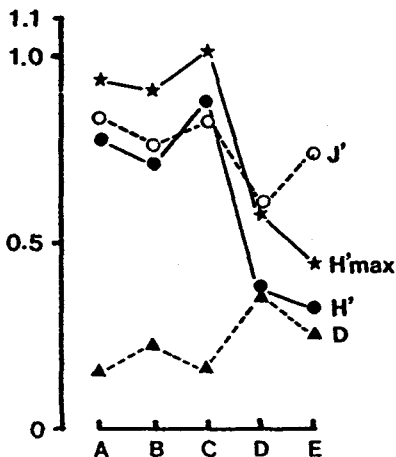


Figure 6. Species ordination of sample plots on supine zone in Mt. Halla, using RA and DCA.  
 (SC : *Sorbus commixta*, BE : *Betula ermani*, AK : *Abies koreana*, TC : *Taxus cuspidata*, WS : *Weigela subsessilis*, SCP : *Symplocos chinensis* for. *pilosa*, EU : *Elaeagnus umbellata*, IC : *Ilex crenata*, SQ : *Sasa quelpaertensis*, SI : *Stephanandra incisa*, BA : *Berberis amurensis*, RY : *Rhododendron yedoense* var. *poukhanse*, RM : *Rh. mucronulatum*, EN : *Empterum nigrum* var. *japonicum*, JC : *Juniperus chinensis* var. *sargentii*)

Table 3은 본 조사지역에서 출현한 주요 수종들의 상대우점치를 이용하여 상관관계를 계산한 것이다. 구상나무는 마가목, 노린재나무, 병꽃나무와는 정의 상관성, 털진달래 및 산철쭉과는 부의 상관성이 인정되었다. 그리고 눈향나무는 산철쭉과, 제주조릿대는 국수나무 및 산철쭉과 정의 상관성이 인정되어 동일 niche임을 알 수 있었다.

Table 3. Correlation among the major woody species by importance values.

	Tc	Ak	Jc	Si	Sc	Ic	Ea	Eu	Rm	Ry	Scp	Ws	Sq
Ak	++												
Jc	.	-											
Si	.	.	.										
Sc	.	++	.	.									
Ic	.	.	.	.	.								
Ea	.	.	.	++	.	.							
Eu	.	.	.	.	.	++	.						
Rm	.	-	.	.	.	.	.	.					
Ry	-	--	++	.	-	.	.	.	++				
Scp	++	++	.	.	.	.	.	.	.	-			
Ws	.	++	.	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.
Sq	-	.	.	+	-	.	.	.	.	+	.	.	.

- 1-tailed signif.: -, +; 5%, --, ++; 1% level
2. Tc: *T. cuspidata*, Ak: *A. koreana*, Jc: *J. chinensis* var. *sargentii*, Si: *S. incisa*, Sc: *S. commixta*, Ic: *I. crenata*, Ea: *E. alatus*, Eu: *E. umbellata*, Rm: *Rh. mucronulatum* var. *ciliatum*, Ry: *Rh. yedoense* var. *poukhanense*, Scp: *S. chinensis* for. *pilosa*, Ws: *W. subsessilis*, Sq: *S. quelpaertensis*

## 2. 식생훼손

### (1) 조사지개황

Table 4에 의하면 가축방목에 의한 식생훼손의 조사구는 해발고 1,660-1,680m에 위치하여, 수고는 1m내외인 조사구 1, 2를 제외하고는 다른 조사구는 대체로 0.2-0.5m이었다. 100m<sup>2</sup>당 출현수종수도 대체로 3-6종이었다. 탐방객이용에 의한 훼손조사구는 윗세오름대피소 인근의 구상나무림으로 해발고 1,650-1,680m에 위치하며 평균수고와 평균흉고직경은 각각 3-4m, 10-15m이었다. 100m<sup>2</sup>당 출현수종수도 대체로 5-6종 이었다.

### (2) 식생 및 토양의 훼손

가축이 방목되고 있는 조사구의 우점종은 Table 5에 나타난 것과 같이 눈향나무, 시로미, 털진달래, 산철쭉이었다. 피해가 심한 곳인 조사구 3, 4, 5에서는 시로미와 눈향나무가 우점종인데, 시로미는 남한에서는 한라산에서만 생육하는 수종(임, 1977: 임업시험장, 1973)으로서 보호되어야만 하는데 이곳에 가축을 방목시켜 피해를 입고 있으므로 대책을 세워야 한다. Table 6은 탐방객 이용에 의한 영향을 분석하기 위한 조사구들로서 대부분이 구상나무가 우점종이고 부수종은 사스래나무, 주목이었다.

가축에 의한 피해상태 조사구를 극심지역, 심지역, 중간지역, 경미지역의 4개의 피해정도에 따라 구분하고 수목의 수관투영면적과 밀도, 초본의 피복율을 보인 것이 Table 7이다. 수목의 수관투영면적은 심지역과 극심지역은 경미지역에 비해 10.2%, 4.9%에 지나지 않아 피해정도가 매우 심각함을 알 수 있다. 이러

Table 4. Description of the physical features and the structure of livestock's or user's impact plots on subalpine zone in Mt. Halla.

	Livestock's impact plots									User's impact plots								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Altitude(m)	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1680	1680	1680	1680	1680	1680	1680	1650	1650	1650	1650	
Aspect	S40W	S40W	S5E	S5E	S3E	S3E	N50W	N50W	N50W	N70W	N70W	N70W	N70W	N20E	N20E	N20E	N20E	
Slope(°)		5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	20	20	20	20	
Height of tree layer(m)		1	1	0.2	0.2	0.5	0.5	0.2	0.3	0.3	3	3	3	3	4	4	4	4
Mean DBH of tree layer(cm)		.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	10	10	10	15	15	15	15
Cover of tree layer(%)		85	80	30	30	30	30	10	50	85	60	60	60	60	70	70	70	70
Height of subtree layer(m)		.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5
Cover of subtree layer(%)		.	.	.	.	.	.	.	.	.	30	30	30	30	50	50	70	70
Height of shrub layer(m)		.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Cover of shrub layer(%)		.	.	.	.	.	.	.	.	.	30	30	30	30	40	40	50	50
Number of woody species		6	7	1	4	6	5	3	5	6	2	7	2	5	5	5	6	5



Table 5. Importance values of tree species in livestock's impact plots by the damage degree on subalpine zone in Mt. Halla.

Damage degree \ Species	Slight		Medium		Heavy		Extreme		
	1	9	2	8	5	6	3	4	7
<i>Juniperus chinensis</i>	27.7	53.5	3.7	64.6	7.9	2.3		22.0	44.6
var. <i>sargentii</i>									
<i>Berberis koreana</i>	3.0	10.4	10.5		2.4			12.8	
<i>Prunus sargentii</i>	20.4								
<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i>	12.6	3.4	20.1	16.1	48.4	10.3	100.0	55.9	30.1
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	25.7	11.0	6.0	7.8	6.2	53.2		9.4	
var. <i>ciliatum</i>									
<i>Rh. yedoense</i> var. <i>poukhanense</i>	10.7	2.5	49.8	4.6	29.8	31.2			
<i>Ligustrum obtusifolium</i>				7.0					
<i>Smilax china</i>		19.2							
<i>Sasa quelpaertensis</i>									25.3

Table 6. Importance values of tree species in user's impact plot by damage degree on subalpine zone in Mt. Halla.

Damage degree \ Plot No. \ Species	Slight		Medium		Heavy				Extreme							
	14		15		11		13		16		17		13		12	
	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S
<i>Taxus cuspidata</i>		71.8	61.4	10.0	52.2	15.0	69.4	41.2	7.2	11.7	13.4	100.0	36.7	2.3	50.7	
<i>Abies koreana</i>	46.3	5.3	6.1	90.0		83.5	10.9	27.7	11.6	57.5	27.7				97.7	49.3
<i>Betula ermanii</i>	37.6	3.5	10.7		3.7		15.1	24.1		30.8						
<i>Berberis koreana</i>		19.4	15.7		26.0		4.6		49.3		38.5					
<i>Deutzia parviflora</i>									16.6		20.4					
<i>Sorbus commixta</i>								6.9	15.5							
<i>Weigela subsessilis</i>			6.1		3.2											
<i>Sasa quelpaertensis</i>																63.3

\*T : Tree layer, S : Shrub layer

Table 7. Mean coverage and tree density of sampling plots for livestock's impact class on subalpine zone in Mt. Halla.

Damage degree	Crown closure of tree layer (m <sup>2</sup> /100m <sup>2</sup> )	Tree density (No./100m <sup>2</sup> )	Cover ratio of herb layer (%)
Extreme	3.34	12	93
Heavy	6.92	27	90
Medium	35.03	23	40
Slight	67.87	55	20

한 피해지역은 식생이 훼손됨에 따라 노출된 토양이 화산회토로써 가벼워 침식이 쉽게 일어나(김 및 이, 1985) 훼손이 가속화 될 것이다. 이미 1985년도의 조

사보고서(오 등, 1985)에서 가축방목에 의한 생태계의 훼손의 심각성을 지적하였으나 구체적인 자료가 보고되지 않아 본 연구결과와 비교할 수가 없었다.

Table 8은 담방객이용에 의한 식생훼손정도를 보여주는 것으로서 교목층에 미치는 영향은 거의 없다. 그러나 관목층에서의 피해상태는 뚜렷하게 나타나 심지역과 극심지역의 관목의 수관투영면적은 경미지역에 비해 18.3%, 6.1%에 지나지 않아 피해가 심각하다. 이러한 피해현상은 가축방목피해현상과 함께 이미 1985년도의 연구보고서(오 등, 1985)에서도 지적되었으나, 복구의 노력이 전혀 보이지 않았다. 우리나라에서는 도시공원이나 자연공원에서 낙후된 관리로 말미암아 담방객에 의한 식생파괴는 계속 보고되고 있다(오 등, 1987; 이 등, 1987; 권 등, 1988; 권 등, 1991). 담방객이용에 의한 식생훼손 조사지에서 심한

Table 8. Mean coverage and tree density of sampling plots for user's impact class on subalpine zone in Mt. Halla.

Damage degree	Tree layer		Shrub layer		Cover ratio of herb layer (%)
	Basal area (cm <sup>2</sup> /100m <sup>2</sup> )	Tree density (No. /100m <sup>2</sup> )	Crown closure (m <sup>2</sup> /100m <sup>2</sup> )	Tree density (No. /100m <sup>2</sup> )	
Extreme	8,878.35	31	4.64	5	30
Heavy	3,298.38	22	14.00	12	40
Medium	1,856.53	9	25.80	12	50
Slight	2,763.03	12	76.50	12	50

Table 9. Soil characteristics of heavy and slightly damage plot for user's impact class on subalpine zone in Mt. Halla.

Damage degree	Soil pH	Moisture (%)	Humus (%)	Available phosphate (ppm)	Exchangeable cations(m.e. /100g)		
					K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
Heavy	4.91	3.83	1.44	24	0.12	0.35	0.32
Slight	4.66	6.30	1.95	38	0.12	0.44	0.98

지역과 경미한 지역의 토양분석을 한 결과를 Table 9에 나타냈다. 인간간섭에 의해 식생이 훼손됨에 따라 토양이 노출되어 강우에 의한 침식으로 토양의 이화학적 성질에 영향을 미치는데(Cole, 1982; Friswell, 1978; 오 등, 1987; 이 등, 1987), 본 조사지에서는 토

양함수량, 유효인산, 칼슘, 마그네슘의 함량변화가 특히 심하였다.

가축방목과 탐방객의 이용에 의한 식물종 다양성의 변화를 Figure 7, 8에 보였다. 가축방목에 의해 종다양성의 훼손이 심하여 극심조사구의 종다양도(H')는

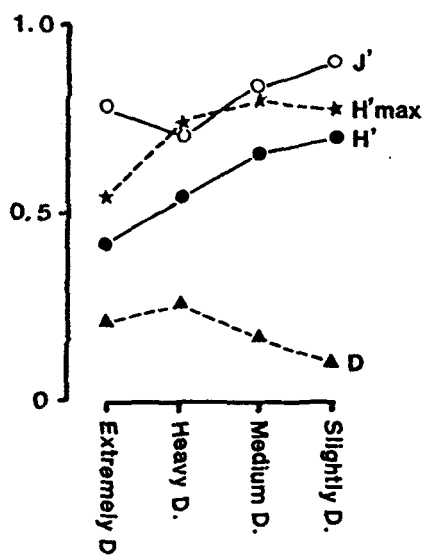


Figure 7. Values of various diversity of sampling plots by liverstock's impact class. (H' : species diversity, H' max : maximum of species diversity, J' : evenness, D : dominance)

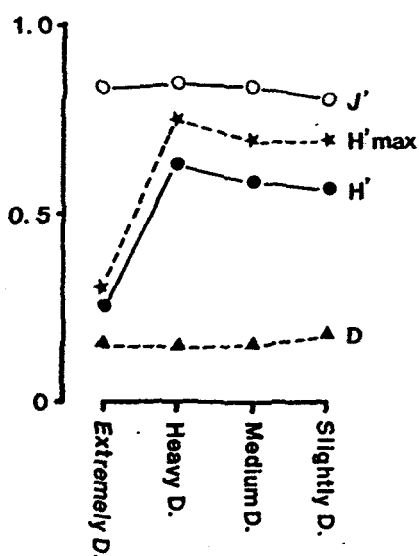


Figure 8. Values of various diversity of sampling plots by user's impact class. (H' : species diversity, H' max : maximum of species diversity, J' : evenness, D : dominance)

0.42로서 경미지역의 0.70보다 다양성이 매우 낮아져 군집구조가 단순해졌다. 인간의 간섭에 의한 H'의 변화는 극심지역에서만 매우 낮은 값을 보였을 뿐 심지역이후에서는 큰 변화가 없었다.

## 인용문헌

- 권태호, 오구균, 권영선. 1988. 치악산국립공원의 등산로 및 야영장훼손과 주변 토양 및 식생환경의 변화. 응용생태연구 2(1) : 50-65.
- 권태호, 오구균, 권순덕. 1991. 지리산국립공원의 등산로 및 야영장주변 환경훼손에 대한 이용영향. 응용생태연구 5(1) : 91-103.
- 김문홍, 남정현. 1985. 한라산 구상나무림의 식물사회학적 연구. 한라산 천연보호구역 학술조사 보고서, 제주도, 299-309pp.
- 김영옥, 이신찬. 1985. 한라산의 토양개관. 한라산 천연보호구역 학술조사보고서, 제주도, 39-40 pp.
- 김찬수, 김문홍. 1985. 한라산 아고산대 초원 및 관목림의 식물사회학적 연구, 한라산 천연보호구역 학술조사보고서, 제주도, 311-330pp.
- 송종석. 1991. 한라산 구상나무림의 식물사회학적 식생단위의 재검토. 식물학회지 34 : 341-347.
- 오구균, 권태호, 전용준. 1987. 북한산국립공원의 등산로훼손과 주변식생변화. 응용생태연구 1(1) : 35-45.
- 오덕철, 이종석, 강옥철, 김동석. 1985. 등산로 및 백록담 주변의 생태계 훼손실태. 한라산 천연보호구역 학술조사보고서, 제주도, 108-121pp.
- 오현도, 김문홍. 1977. 제주도 식물에 관한 연구. 제주대논문집 9 : 23-40.
- 이경재, 오구균, 권영선. 1987. 선정릉의 적정수용능력 추정 및 관리방안(I)-토양환경 및 식생분석-. 한국조경학회지 14(3) : 33-45.
- 이경재, 오구균, 조재창. 1988. 내장산국립공원의 식물군집 및 이용행태에 관한 연구(II)-이용객 영향 및 행태-. 한국임학회지 77 : 401-403.
- 이경재, 박인협, 조재창, 오충현. 1990. 속리산 삼림군집구조에 관한 연구(II)-Classification 및 ordination방법에 의한 식생분석-. 응용생태연구 4(1) : 33-43.
- 이경재, 류창희, 최송현. 1991a. 지리산 아고산대 신갈나무-분비나무림 식물군집구조 분석. 응용생태연구 5(1) : 32-41.
- 이경재, 구관효, 최재식, 조현서. 1991b. Classification 및 ordination 방법에 의한 지리산 대원사 계곡의 삼림군집구조분석. 응용생태연구 5(1) : 54-67.
- 이경재, 류창희, 최송현. 1992. 한라산 어리목, 영실, 돈내코지역의 식물군집구조분석. 응용생태연구 6(1)(인쇄중).
- 임경빈. 1977. 나무백과. 일지사, 서울.
- 임업시험장. 1973. 한국수목도감. 서울.
- Cole, D.N. 1982. Wilderness campsite impacts : effect of amount of use. USDA For. Serv. INT-284, 34pp.
- Collins, S.L., J.A. Bradford and P.L. Sims. 1987. Succession and fluctuations in *Artemisia* dominated grassland. Vegetatio 73 : 89-99.
- Curtis, J.T. and R.R. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32 : 476-496.
- Frissell, S.S. 1978. Judging recreation impacts on wilderness campsites. J.For. 76 : 481-483.
- Hill, M.O. 1979a. DECORANA-a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Ecology and Systematics, Cornell University, Ithaca, 52pp.
- Hill, M.O. 1979b. TWINSPAN-a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two way table by classification of the individuals and attributes. Ecology and Systematics, Cornell University, Ithaca, 99pp.
- O'Connor, I.K. and L.W. Aarssen. 1987. Species association patterns in abandoned sand quarries. Vegetatio 73 : 101-109.