

# Ordination 및 Classification 방법에 의한 가야산지구의 식물군집구조분석<sup>1</sup>

이 경재<sup>2</sup> · 조 재창<sup>3</sup> · 우 종서<sup>3</sup>

## Analysis of the Plant Community Structure in Gayasan National Park by the Ordination and Classification Technique<sup>1</sup>

Kyong-Jae Lee<sup>2</sup>, Jae-Chang Jo<sup>3</sup>, Jong-Seo Woo<sup>3</sup>

### 요 약

가야산 국립공원의 홍류동 및 치인지구의 삼림군집을 대상으로 ordination 및 classification의 정량적 분석기법을 사용하여 식물군집구조를 밝히고 천이계열을 추정하기 위하여 40개의 조사구(1조사구당 500m<sup>2</sup>)를 설치하였다. TWINSpan에 의한 Classification분석에서 최종적으로 8개의 군집으로 분리되었고, 건조형군집은 소나무 및 잣나무가 우점종이었으며, 습윤형은 졸참나무, 신갈나무, 서어나무, 까치박달나무가 우점종이었다. 습윤형은 다시 표고에 의해 구분할 수 있었으며 낮은 표고에서의 군집은 졸참나무가, 높은 표고에서의 군집은 신갈나무가 우점종이었다. DCA에 의한 ordination결과는 제1축에서 소나무가 우점종인 군집과 졸참나무, 신갈나무, 서어나무, 까치박달나무가 우점종인 군집으로 분리되었고, TWINSpan의 제I division의 결과와 거의 일치하였다. DCA의 제1축과 토양수분, 토양산도, 표고, 최대종다양도, Shannon의 종다양도지수와는 고도의 부의 상관관계를 나타냈다. 유사도지수는 각 군집간에 매우 낮은 값이었으며, 각 군집의 종다양성분석에서는 각 군집의 우점종에 따라 큰 차이가 있었다. 개체수와 종수와의 관계는 개체수가 증가할 수록 종수는 감소하였으며, 개체수가 증가할 수록 종다양성지수는 감소하였다.

### ABSTRACT

A survey of Hongryu-Dong and Chi-in district, Gaya National Park, was conducted using 40 sample sites of 500m<sup>2</sup> size. TWINSpan classification confirmed a complex pattern of both local and geographical variation in the vegetation: Dry and wet community types. Within dry community types, two floristic association of *Pinus*

1. 접수 11월 20일 Received on Nov. 20, 1989.

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

3. 서울시립대학교 조경생태학연구소 Lab. of Landscape Ecology, Seoul City Univ., Seoul, 130-743, Korea.

*densiflora* were defined according to local variation. Within wet community types, two floristic association were defined according to altitude. Those associations can be further subdivided floristically into eight subassociation. The vegetation pattern presented by DCA ordination corresponds to one of TWINSpan at the first two division. The DCA ordination was successful in separating *Pinus densiflora* from broad leaf forest. Ordination of samples produced arrangements reflectly environmental gradient of soil. The correlation between the first axe of DCA and soil moisture, soil acid, altitude, maximum species diversity and species diversity was significantly negative. The similarity index between each community was very low level.

## 서론

국립공원 가야산은 동경 123°02' - 128°08' 와 북위 35°45' - 35°50' 에 위치하며, 행정구역상 경상북도 성주군과 고령군, 경상남도 함천군에 걸쳐 자리하고 있다. 가야산은 지턱이 높다해서 해동영지로 칭송되는 명산으로 소백산맥의 한줄기로 주봉은 해발 1,430m로서 우두봉 혹은 상왕봉이라 부르며 1,000m이상의 두리봉, 남산, 단지봉, 이상봉등이 있다. 가야산은 1972년에 국립공원으로 지정되었으며, 면적은 57.81km<sup>2</sup>로 그 규모가 작은 편에 속하며, 우리나라 3대 사찰의 하나인 범보사찰 해인사를 포함하고 있다.

가야산에 대한 식생연구는 거의 발표되지 않았으나, 조(1987)에 의해 홍류동계곡을 중심으로 한 연구가 발표된 바 있다. 가야산은 전형적인 온대활엽수림지대로 홍류동계곡을 중심으로한 소나무림과 해인사주변의 졸참나무 등의 참나무류와 계곡부를 따라 서어나무, 느티나무 등이 분포하며, 또한 노각나무가 전지역에 고부 생육을 하고, 정상부는 지형적인 요인으로 소나무와 잣나무림이 현존한다.

식물군집은 환경요인의 차이에 따라 달라져(Gauch, 1983; Greig-Smith, 1983)분석방법에 매우 다양한데, 군집의 연구방법은 정성적인(qualitative)방법과 정량적인(quantitative)방법으로 나눌 수 있다. 정성적인 방법은 주로 유럽등지에서 적용하고 있으며, 분류법이라고도 한다. 이러한 분류법은 간결하고 체계적이기에 예비적인 기술과 분류작업에 적당하지만(Moor, 1970; Gauch, 1983), 주관적인 판단에 따른 조사자의 오차와 광범위하게 분포되는 종에 대한 해석문제 등의 단점이 있다. 정량적인 방법은 컴퓨터의 발달과 더불어 지난 몇십년에 걸쳐 많은 발전을 해왔다(Gauch, 1983). 식생군집은 수많은 인자가 존재하여 복잡하므로 이러한 인자를 동시에 처리하기 위해서는 주로 정량적인 방법이 적합하다. 그러나 계산후 검정이 어렵고 특히 식생이 현재의 환경인자에 의해서만 분포되는 것이 아니라 과거의 환경인자에 의해서도 영향을 받으나 정량적인 방법으로는 시간적인 차이를 고려할 수 없는 단점이

있다.

대표적인 정량적인 식생분석으로는 ordination, classification, gradient analysis등이 있다. Ordination은 조사구나 종을 보다 축소된 공간으로 나타내는 것으로, 유사한 종이나 조사구가 인접하게 된다(Gauch, 1983; Grieg-Smith, 1983). Classification은 유사한 속성을 갖는 조사구를 분류하는 것으로 식생이 연속적으로 분포한다는 개념에서 출발한 ordination과 불연속된다(Gauch, 1983). Ordination방법은 우리나라에서는 강과 오(1982), 송과 신(1985), 조(1987), 김(1987), 이 등(1988), 장과 임(1985)등이 이용하여 연구결과를 발표하였다. Ordination방법중 detrended correspondence analysis(DCA:Gauch, 1979)는 ordination 방법과 결합인 제 이차축에서의 왜곡현상을 제거한 것으로 principal component analysis(PCA), polar ordination (PO), reciprocal average(RA)등의 기법보다 좋은 결과를 가져다 준다(이 등, 1988b; Bernard et al., 1985). Classification의 방법중 TWINSpan(Hill, 1979b)은 종구성에 따른 조사지를 분류하기 위한 것으로 식물사회학적인 방법과 다변량의 기법을 이용한 divisive polythetic방법에 의한 것이다. Ordination과 classification에 의한 연구는 조와 오(1987), 조와 조(1989), Daniels(1978), Westman(1982), White & Glenn-Lewin(1984), Walker & Peet(1983), Hukusima & Kershaw(1988)등에 의해 발표되었다.

본 연구에서는 가야산 국립공원의 홍류동 및 치인지구 삼림식생을 대상으로 정량적 여러 분석기법을 사용하여 식물군집구조를 밝히고 아울러 천이계열을 추정하는데 그 목적이 있다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사지 개황

본 조사지는 함천군 지역중 홍류동계곡과 해인사 주변 및 폭포주변으로 국한하였으며, 인간의 간섭에

의한 피해가 심하였던 성주군과 고령군지역은 제외하였다(그림 1). 중앙관상대 합천분실에서 1972-1985년까지 14년간의 기상자료에 의하면, 연 평균기온은 12.8℃이며, 연강우량은 1,296mm이다. 온량지수 및 한랭지수는 각각 106.2, -13.8℃이다. 가야산은 지질학적으로 백악기에 형성된 경상계의 신라층군으로 화강암을 모암으로 하고 있다.

## 2. 조사방법

### (1) 조사구 설치

현존식생과 환경인자 등을 고려하여 그림1과 같이

총 40개의 조사구를 설정하였으며 각 조사구는 10×10m의 방형구를 5개씩을 설치하여 총 면적을 500m<sup>2</sup>로 하였다.

### (2) 식생 및 환경조사

설치된 조사구내의 출현하는 흉고직경(DBH) 2cm 이상의 목본식물을 대상으로 수종명 및 DBH를 조사하였으며 방위, 경사도, 해발고를 조사하였고 토양시료는 조사구내에 3곳에서 지피층을 걷어내고 표층으로부터 15cm깊이에서 채취하였다.

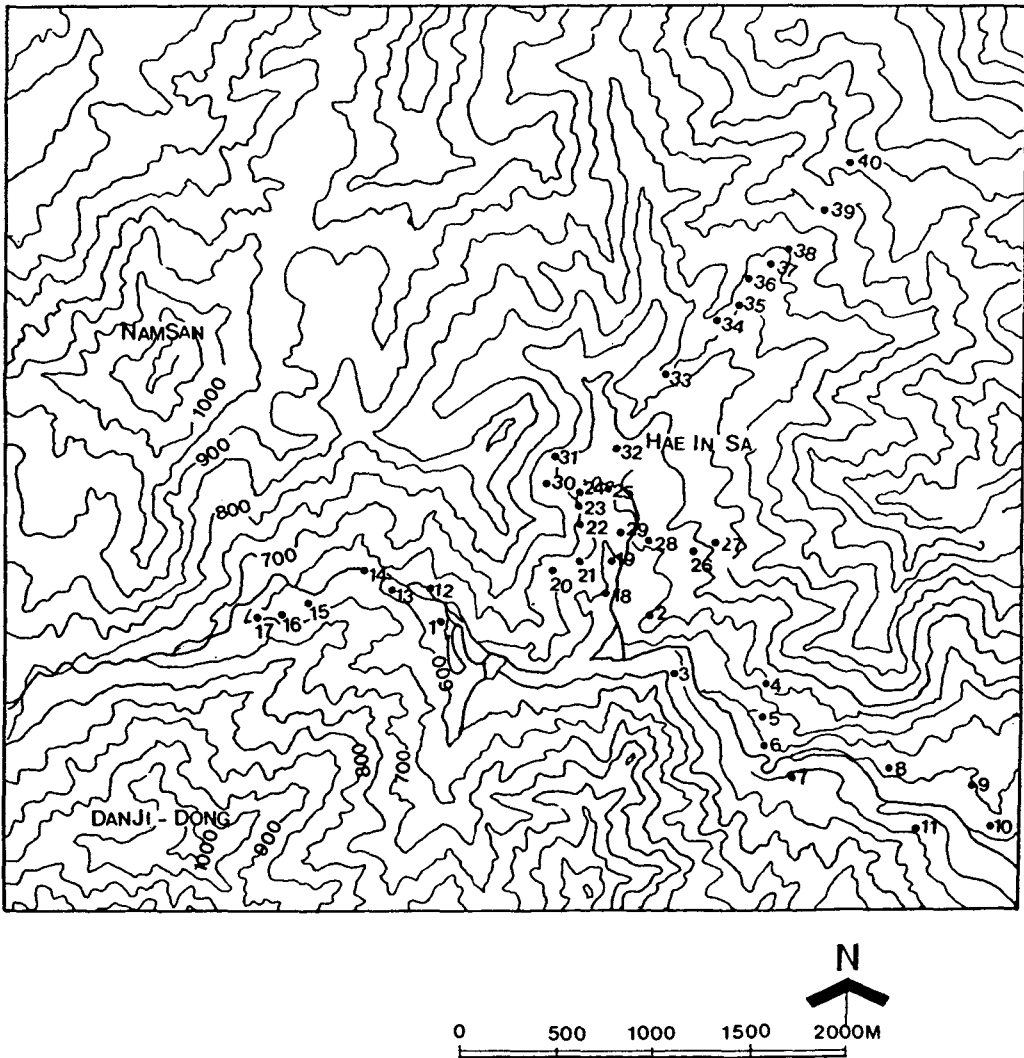


Figure 1. Location of surveyed sites.

### (3) 식생분석

조사구내의 모든 임목을 대상으로 하여 수종별 상대 밀도, 상대빈도, 흉고단면적을 이용 계산한 상대피도를 산출하여 중요치를 구하였고, 종구성의 다양성과 우점도를 분석하기 위하여 Shannon의 수식을 이용하여 종다양도(species diversity :  $H'$ ), 균재도(evenness :  $J'$ ), 우점도(dominance :  $1 - J'$ )를 구하였다. 식물 군집간의 종구성상의 유사성을 비교하기 위하여 Whittaker (1956)의 수식을 이용하여 유사도지수(similarity index)를 구하였으며, 이상의 모든 것은 박동(1987)의 방법에 의거 계산하였다. 이상에서 수집된 모든 자료는 식생구조분석 및 자료처리에 Plant Data Analysis Program(PDAP : 이와 조)과 SPSS를 이용하였고, ordination과 classification 분석에는 DCA와 TWINSpan를 사용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. Classification

표 1은 각 조사구의 토양특성 및 환경인자를 조사한 것으로, 토양산도는 3.96에서 5.95의 범위였으며, 홍류동 계곡 주변의 소나무림에서는 낮은 값을 나타내었다. 토양습도와 유기물함량도 소나무림에서 낮은 값을 보이고 있으며, 해발고는 400m에서 950m이었다.

조사지를 TWINSpan에 의해 군집별로 분류한 결과는 그림 2와 같다. 첫번째 division에서는 2개의 group으로 분리되었으며, 군집형은 건조형과 습윤형으로 분리되었다. 건조형은 홍류동계곡의 소나무군집으로 총 14개 조사구가 포함되고 있으며, 전체적으로 유기물 함량은 낮으며, 토양산도는 낮은 값을 보였다. 습윤형은 활엽수군집으로 건조형군집의 소나무군집과 뚜렷이 구분되었다. 습윤형은 건조형보다 상대적으로 종의 다양성이 높았으며, 습윤군집은 졸참나무, 서어나무, 까치박달나무, 물푸레나무, 신갈나무, 당단풍 등이 우점종으로 출현하고 있었다.

제2 division에서는 4개의 group으로 나누어지며, 왼쪽으로부터 제1과 2군집은 토양습도에 의해 제3과 4군집은 고도에 의해 구분되었다. TWINSpan에 의해 총 6 level로 분류하였으며, 중요치와 환경인자를 고려할 때 제 3 division에서는 8개군집으로 분류되었다. White & Glenn-Lewin(1984)에 의하면 Classification 방법에서는 한 두 종의 우점치에 의해 각 군집이 뚜렷이 구분되어질 수도 있으나, 몇개의 희귀종에 의해서도 뚜렷이 구분될 수도 있다고 보고하였는데, 본 조사에서

도 같은 결과를 보였다.

제 3 division에서 분류된 8개군집의 내용을 설명하면 다음과 같다.

군집 A는 소나무순림지역으로 소나무의 중요치가

Table 1. Characteristics of soil and environmental variables for each site.

Site	Aspects	pH	Moisture (%)	Humus (%)	Altitude (m)
1	NE	5.16	23.7	14.8	610
2	N	5.10	22.2	11.8	600
3	SE	4.58	19.1	13.6	520
4	S	4.91	13.1	7.7	530
5	SW	4.96	10.5	7.6	520
6	NW	5.00	10.4	6.3	490
7	NE	4.88	12.6	8.4	440
8	NE	4.98	13.7	6.4	460
9	SW	4.85	10.2	8.4	410
10	S	4.81	9.8	5.9	400
11	NE	4.80	14.3	9.2	400
12	SE	4.73	24.3	13.4	600
13	NE	4.74	31.6	22.7	620
14	NE	3.96	47.1	35.1	650
15	N	4.40	41.6	23.1	640
16	N	4.32	49.0	33.3	660
17	N	4.75	34.4	16.5	670
18	SE	4.91	23.2	11.1	550
19	E	4.12	41.3	25.5	570
20	E	-	28.5	16.8	620
21	SE	4.92	17.7	24.0	600
22	N	4.83	20.3	10.5	650
23	N	4.43	35.1	-	650
24	N	5.13	62.4	63.7	630
25	SW	5.18	17.3	20.8	600
26	SW	-	18.5	22.0	641
27	S	4.49	32.1	20.1	630
28	S	4.86	21.5	17.5	590
29	SW	5.95	16.0	27.2	550
30	NE	4.60	33.2	22.2	700
31	SE	4.83	33.6	20.0	700
32	E	4.68	30.5	18.1	620
33	SE	4.48	32.5	24.2	740
34	E	5.18	29.5	10.6	770
35	SE	4.78	35.4	20.6	780
36	SE	5.02	33.2	15.1	780
37	SE	4.84	27.2	21.7	780
38	SE	5.30	44.1	5.7	800
39	SE	5.42	31.1	17.7	880
40	SE	4.33	17.7	26.2	950

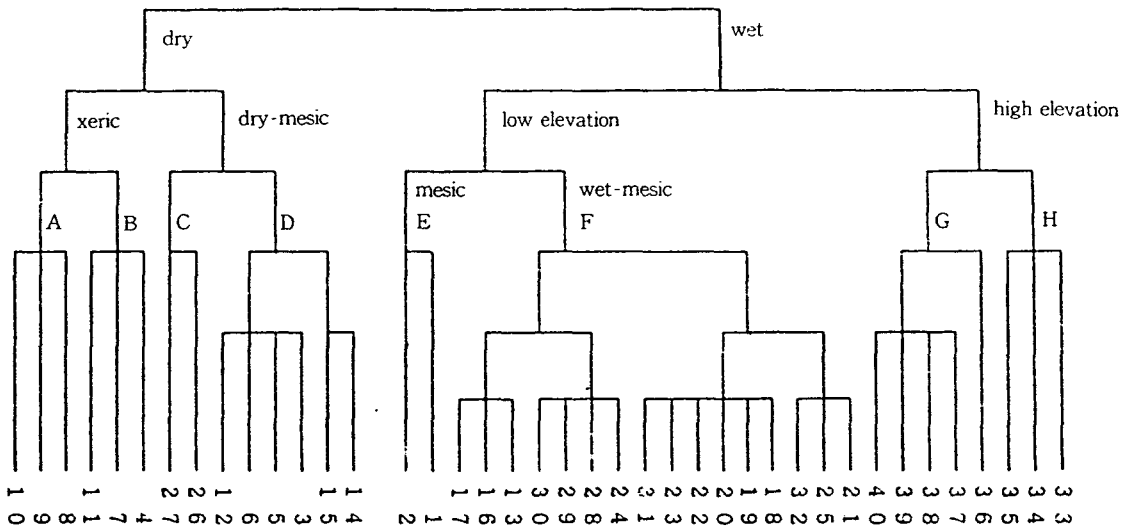


Figure 2. Dendrogram illustrating by the classification of 40 sites by TWINSpan.

조사구 10, 9, 8에서 55-66%이나 상대피도는 85-92%로 높은 값을 보이고 있어 소나무의 대부분이 대경목임을 알 수 있다. 토양수분은 본 군집이 전체 조사지에서 가장 낮은 값을 보이며(표 1), 유기물함량도 매우 낮았다. 군집전체의 분석에서 소나무와 상대피도가 96.87%, 중요치가 61.19%로 8개 군집중 가장 높았다(표 2). 군집 B는 역시 소나무 군집이나 각각의 조사구에서 소나무의 중요치가 A군집의 조사구들보다 낮은 35-43%의 값을 보이며, 상대적으로 굴참나무, 졸참나무, 신갈나무, 쇠물푸레, 개울나무, 생강나무가 A군집보다 주요종으로 출현하였다. 본 군집의 수종구성은 A군집보다 다양하며, 토양수분과 유기물함량은 비교적 낮게 나타났다. A와 B군집은 소나무 순림지역이나, 참나무류인 굴참나무, 졸참나무, 신갈나무, 참나무류가 출현하는데 특히 굴참나무의 세력이 크게 나타났고 부분적으로는 서어나무가 출현하고 있었다. 본 지역은 천이 계열상 우리나라에서 토지적 준극성상 수종으로 알려진 소나무가 우점종인 지역이지만, 상기 수종의 점진적인 발전이 예상된다.

군집C는 소나무-잣나무군집으로 잣나무의 우점치가 조사구 26, 27에서 각각 23%, 18%이었다. 소나무순림 군집인 A와 B에서와 마찬가지로 개울나무 중요치가 6%, 16%로서, 소나무와 개울나무의 생태적 지위가 비슷함을 추정할 수 있었다. 군집 C에서의 총 출현 수종이 조사구 26, 27에서 각각 7, 13종으로 구성종이 매우 단순하였다. 토양수분, 유기물과 산도에서 대체로 낮은

값을 보였으며, 방위는 남서 및 남향이며, 상층에서의 DBH가 25~60cm 사이이었다. 군집D는 총 6개 조사구로 이루어졌으며 전반적으로 소나무가 우점하였고, 본 군집은 2개의 소군집(sub-association)으로 나눌 수 있었다(그림 2). 조사구 14, 15는 계곡에 위치하는 소나무군집으로 소나무의 중요치가 각각 18, 22%이고 상층에서는 52, 60%으로서 보다 높은 값을 보이고 있지만 중층에서는 전혀 출현하지 않았다. 조사구 14에서 상층과 중층에서 참나무류가 높은 우점치를 보이고 있으며, 대팻집나무의 중요치가 각각 8, 9%, 당단풍이 10, 7%이었다. 조사구 3, 5, 6, 12로 분류되는 소군집은 소나무의 우점치가 15, 38, 39, 24%이고, 굴참나무, 신갈나무, 졸참나무가 출현하며 특히 굴참나무가 각각 1, 8, 3, 1, 12%이었고 군집전체의 중요치분석에서는(표 2) 5.35%를 나타내었다. 토양유기물, 산도, 습도의 수준도 다른 소나무군집과 같은 수준을 보이고 있으나, 조사구 14, 15, 즉 계곡부에 위치하는 소나무군집은 토양유기물함량에서 높은 값을 나타냈다. 이상의 군집 A, B, C, D는 홍류동계곡에 위치하는데 환경인자 요인인 토양수분, 산도, 유기물함량에서 구분되어지며, 특히 토양수분에 의한 분류에서는 첫 division에서 건조형 군집으로 구분되었다. 홍류동계곡은 중부지방에서는 보기 힘든 수려한 소나무경관을 연출하고 있어(조, 1987) 관광자원으로서도 중요하나, 솔잎혹파리의 피해와 그에 따른 급격한 천이의 진행으로 적절한 보호대책이 없다면 소나무림에서 참나무류로의 천이가 이루어질

Table 2. Importance value of each community for classified type by TWINSpan.

(R. C.:relative coverage, R. D.:relative density, R. F.:relative frequency, I. V.:importance value)

Species	R. C.	R. D.	R. F.	I. V.	Species	R. C.	R. D.	R. F.	I. V.
Community A ( <i>Pinus densiflora</i> )					<i>Corylus sieboldiana</i>	0.04	0.60	2.13	0.92
<i>Pinus koraiensis</i>	0.81	0.41	2.78	1.33	<i>Quercus acutissima</i>	0.05	1.00	3.19	1.41
<i>Pinus densiflora</i>	96.87	79.76	2.78	61.19	<i>Quercus variabilis</i>	0.90	3.61	4.26	2.92
<i>Juniperus rigida</i>	0.09	0.68	5.56	2.11	<i>Quercus mongolica</i>	0.06	2.41	4.26	2.24
<i>Betula schmidtii</i>	0.02	0.27	2.78	1.02	<i>Quercus serrata</i>	0.35	3.61	7.45	3.80
<i>Alnus hirsuta</i>	0.01	0.14	1.39	0.51	<i>Magnolia sieboldii</i>	0.00	0.20	1.06	0.42
<i>Carpinus laxiflora</i>	0.28	1.62	5.56	2.49	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.14	4.82	4.26	3.07
<i>Castanea crenata</i>	0.05	0.14	1.39	0.53	<i>Lindera erythrocarpa</i>	0.00	0.40	2.13	0.84
<i>Quercus variabilis</i>	0.72	2.56	6.94	3.41	<i>Sorbus alnifolia</i>	0.00	0.40	1.06	0.49
<i>Quercus dentata</i>	0.08	0.54	1.39	0.67	<i>Prunus sargentii</i>	0.00	0.20	1.06	0.42
<i>Quercus mongolica</i>	0.10	0.68	1.39	0.72	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.05	4.62	2.13	2.27
<i>Quercus serrata</i>	0.16	2.02	9.72	3.97	<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	0.02	1.00	4.26	1.76
<i>Lindera obtusiloba</i>	0.02	0.41	4.17	1.53	<i>Maackia amurensis</i>	0.00	0.20	1.06	0.42
<i>Lindera erythrocarpa</i>	0.00	0.14	1.39	0.51	<i>Rhus japonica</i>	1.92	1.61	3.19	2.24
<i>Sorbus commixta</i>	0.00	0.14	1.39	0.51	<i>Rhus trichocarpa</i>	0.29	6.43	5.32	4.01
<i>Sorbus alnifolia</i>	0.01	0.14	1.39	0.51	<i>Rhus verniciflua</i>	0.13	4.82	2.13	2.36
<i>Prunus sargentii</i>	0.01	0.27	1.39	0.56	<i>Ilex macropoda</i>	0.33	1.61	5.32	2.42
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.02	0.68	1.39	0.70	<i>Acer ginnala</i>	2.74	2.21	1.06	2.00
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	0.05	0.95	4.17	1.72	<i>Acer palmatum</i>	0.03	1.21	3.19	1.47
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	0.06	0.81	4.17	1.68	<i>Stewartia koreana</i>	0.09	1.21	4.26	1.85
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	0.00	0.14	1.39	0.51	<i>Aralia elata</i>	0.00	0.20	1.06	0.42
<i>Rhus japonica</i>	0.09	0.95	2.78	1.27	<i>Cornus kousa</i>	0.02	0.20	1.06	0.43
<i>Rhus trichocarpa</i>	0.21	2.56	5.56	2.78	<i>Cornus controversa</i>	0.01	0.20	1.06	0.42
<i>Rhus verniciflua</i>	0.14	1.22	2.78	1.38	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.15	9.44	3.19	4.26
<i>Ilex macropoda</i>	0.01	0.14	1.39	0.51	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	0.00	0.60	1.06	0.55
<i>Acer triflorum</i>	0.00	0.14	1.39	0.51	<i>Symplocos chinensis</i>	0.01	0.60	2.13	0.91
<i>Vitis amurensis</i>	0.00	0.14	1.39	0.51	<i>Styrax obassia</i>	0.00	0.60	2.13	0.91
<i>Cornus controversa</i>	0.00	0.14	1.39	0.51	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.04	1.21	2.13	1.13
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.02	0.27	2.78	1.02	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	0.16	9.84	4.26	4.75
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	0.09	0.81	2.78	1.23	<i>Callicarpa japonica</i>	0.00	0.40	2.13	0.84
<i>Styrax obassia</i>	0.02	0.27	2.78	1.02	Community C ( <i>P. koraiensis</i> - <i>P. densiflora</i> )				
<i>Styrax japonica</i>	0.02	0.41	4.17	1.53	<i>Pinus koraiensis</i>	35.06	21.65	13.16	23.29
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.00	0.14	1.39	0.51	<i>Pinus densiflora</i>	55.49	35.57	13.16	34.74
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	0.02	0.41	2.78	1.07	<i>Abies holophylla</i>	6.78	1.03	5.26	4.36
Community B ( <i>P. densiflora</i> )					<i>Carpinus laxiflora</i>	0.06	3.61	5.26	2.98
<i>Pinus koraiensis</i>	0.01	0.20	1.06	0.42	<i>Quercus variabilis</i>	0.59	0.52	2.63	1.24
<i>Pinus densiflora</i>	91.25	30.92	5.32	42.50	<i>Quercus serrata</i>	1.24	2.58	5.26	3.03
<i>Larix leptolepis</i>	0.94	0.80	2.13	1.29	<i>Quercus mongolica</i>	0.03	1.55	2.63	1.40
<i>Picea koraiensis</i>	0.02	1.21	2.13	1.12	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.00	0.52	2.63	1.05
<i>Betula schmidtii</i>	0.03	0.60	2.13	0.92	<i>Pyrus pyrifolia</i>	0.01	0.52	2.63	1.05
<i>Carpinus laxiflora</i>	0.18	0.80	4.26	1.75	<i>Maackia amurensis</i>	0.19	0.55	5.26	2.33

(Table 2. Continued.)

Species	R. C.	R. D.	R. F.	I. V.	Species	R. C.	R. D.	R. F.	I. V.
<i>Rhus trichocarpa</i>	0.33	19.59	13.16	11.03	<i>Cornus controversa</i>	0.03	0.78	1.47	0.76
<i>Ilex macropoda</i>	0.01	0.52	2.63	1.05	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.06	9.44	3.19	4.26
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	0.10	7.22	13.16	6.83	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	0.14	6.50	3.68	3.44
<i>Stewartia koreana</i>	0.04	2.06	5.26	2.45	<i>Symplocos chinensis</i>	0.04	1.79	2.94	1.59
<i>Styrax obassia</i>	0.06	1.03	5.26	2.12	<i>Styrax obassia</i>	0.54	4.70	3.68	2.97
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	0.01	0.52	2.63	1.05	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.01	0.34	0.74	0.36
					<i>Fraxinus sieboldiana</i>	0.17	3.69	2.94	2.27
Community D ( <i>P. densiflora</i> )					<i>Callicarpa japonica</i>	0.02	0.22	0.74	0.33
<i>Pinus koraiensis</i>	0.59	0.22	1.47	0.76	<i>Viburnum erosum</i>	0.00	0.11	0.74	0.28
<i>Pinus densiflora</i>	67.33	24.64	3.68	31.88	<i>Viburnum dilatatum</i>	0.00	0.11	0.74	0.28
<i>Larix leptolepis</i>	0.34	0.22	1.47	0.68	<i>Weigela subsessilis</i>	0.00	0.11	0.74	0.28
<i>Picea koraiensis</i>	0.07	1.79	1.47	1.11					
<i>Juniperus rigida</i>	0.01	0.11	0.74	0.29	Community E ( <i>Quercus aliena</i> )				
<i>Betula schmidtii</i>	0.01	0.11	0.74	0.29	<i>Pinus densiflora</i>	6.65	0.35	1.30	2.77
<i>Alnus hirsuta</i>	0.42	0.11	0.74	0.42	<i>Alnus hirsuta</i>	1.52	0.70	2.60	1.61
<i>Carpinus cordata</i>	0.03	0.11	0.74	0.29	<i>Carpinus cordata</i>	8.88	16.20	6.49	10.52
<i>Carpinus laxiflora</i>	0.21	0.78	2.21	1.07	<i>Corylus heterophylla</i>	0.03	0.35	1.30	0.56
<i>Corylus heterophylla</i>	0.03	0.90	2.94	1.29	<i>Corylus sieboldiana</i>	0.21	2.82	6.49	3.17
<i>Corylus sieboldiana</i>	0.10	0.11	2.74	0.32	<i>Quercus variabilis</i>	1.75	0.35	1.30	1.13
<i>Castanea crenata</i>	0.32	0.11	0.74	0.39	<i>Quercus serrata</i>	66.01	10.56	6.49	27.69
<i>Quercus acutissima</i>	0.06	0.11	0.74	0.30	<i>Morus bombycis</i>	0.11	1.76	2.60	1.49
<i>Quercus variabilis</i>	8.57	3.81	3.68	5.35	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.06	1.06	2.60	1.24
<i>Quercus mongolica</i>	1.50	4.14	3.68	3.11	<i>Lindera erythrocarpa</i>	0.57	8.45	6.49	5.17
<i>Quercus serrata</i>	13.13	6.61	7.36	9.03	<i>Malus baccata</i>	0.01	0.35	1.30	0.55
<i>Magnolia sieboldii</i>	0.16	1.79	3.68	1.88	<i>Pyrus pyrifolia</i>	0.44	0.35	1.30	0.70
<i>Lindera obtusiloba</i>	0.05	2.13	2.94	1.71	<i>Sorbus alnifolia</i>	1.73	1.76	5.19	2.89
<i>Lindera erythrocarpa</i>	0.01	0.22	1.47	0.57	<i>Pueraria thunbergiana</i>	0.20	1.76	1.30	1.09
<i>Philadelphus schrenckii</i>	0.00	0.11	0.74	0.28	<i>Rhus trichocarpa</i>	0.04	1.06	1.30	0.80
<i>Malus sieboldii</i>	0.00	0.11	0.74	0.28	<i>Euonymus oxyphyllus</i>	0.23	1.76	2.60	1.53
<i>Sorbus alnifolia</i>	0.02	0.56	2.21	0.93	<i>Euonymus sieboldiana</i>	0.01	0.35	1.30	0.55
<i>Prunus sargentii</i>	0.06	1.12	2.21	1.13	<i>Staphylea bumalda</i>	0.05	1.06	2.60	1.24
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.00	0.22	1.47	0.56	<i>Acer mono</i>	0.57	1.06	2.60	1.41
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	0.01	0.56	2.94	1.17	<i>Acer palmatum</i>	3.07	15.85	6.49	8.47
<i>Maackia amurensis</i>	0.08	1.01	2.21	1.10	<i>Stewartia koreana</i>	0.38	0.35	1.30	0.68
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	0.01	0.34	1.47	0.61	<i>Aralia elata</i>	0.04	0.70	1.30	0.68
<i>Rhus trichocarpa</i>	0.21	4.25	3.68	2.71	<i>Cornus controversa</i>	0.74	1.41	2.60	1.58
<i>Rhus verniciflua</i>	0.17	1.79	2.94	1.63	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.07	1.06	1.30	0.81
<i>Ilex macropoda</i>	2.33	5.38	3.68	3.79	<i>Symplocos chinensis</i>	0.20	3.87	6.49	3.52
<i>Euonymus oxyphyllus</i>	0.00	0.11	0.74	0.28	<i>Styrax obassia</i>	1.84	5.99	6.49	4.77
<i>Acer mono</i>	1.18	0.11	0.74	0.68	<i>Fraxinus mandshurica</i>	0.65	0.70	1.30	0.88
<i>Acer palmatum</i>	0.32	3.47	2.21	2.00	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	1.46	1.76	3.90	2.37
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	0.61	4.48	3.68	2.92	<i>Ligustrum obtusifolium</i>	0.00	0.35	1.30	0.55
<i>Stewartia koreana</i>	1.06	5.93	3.68	3.56	<i>Callicarpa japonica</i>	0.35	5.63	2.60	2.86

(Table 2. Continued.)

Species	R. C.	R. D.	R. F.	I. V.	Species	R. C.	R. D.	R. F.	I. V.
<i>Clerodendron trichotomum</i>	0.10	0.35	1.30	0.58	<i>Ilex macropoda</i>	1.49	1.66	2.06	1.74
Community F (Broad leaf forest)					<i>Euonymus oxyphyllus</i>	0.00	0.04	0.41	0.15
<i>Cephalotaxus koreana</i>	0.00	0.17	0.82	0.33	<i>Euonymus sachalinensis</i>	0.03	0.92	2.06	1.00
<i>Pinus koraiensis</i>	4.43	0.92	2.06	2.47	<i>Euonymus sieboldiana</i>	0.06	1.39	2.06	1.17
<i>Pinus densiflora</i>	14.16	1.35	2.06	5.86	<i>Staphylea bumalda</i>	0.05	1.48	2.06	1.20
<i>Abies holophylla</i>	0.45	0.04	0.41	0.30	<i>Acer ginnala</i>	0.00	0.04	0.41	0.15
<i>Salix glandulosa</i>	0.01	0.17	0.82	0.33	<i>Acer mono</i>	4.12	1.22	2.06	2.47
<i>Betula costata</i>	0.31	0.04	0.41	0.25	<i>Acer palmatum</i>	0.12	1.04	0.82	0.66
<i>Alnus hirsuta</i>	0.18	0.04	0.41	0.21	<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	1.66	9.15	2.06	4.29
<i>Alnus hisuta</i> var. <i>sibirica</i>	0.22	0.04	0.41	0.22	<i>Acer okamotoanum</i>	0.00	0.04	0.41	0.15
<i>Carpinus cordata</i>	1.99	6.71	2.06	3.59	<i>Koelreuteria paniculata</i>	0.00	0.17	0.41	0.19
<i>Carpinus laxiflora</i>	9.73	10.02	2.06	7.27	<i>Rhamnus davurica</i>	0.00	0.04	0.41	0.15
<i>Corylus sieboldiana</i>	0.26	4.01	2.06	2.11	<i>Vitis amurensis</i>	0.00	0.13	0.82	0.32
<i>Castanea crenata</i>	0.78	0.22	0.41	0.47	<i>Actinidia polygama</i>	0.02	0.17	0.41	0.20
<i>Quercus mongolica</i>	4.58	0.96	2.06	2.53	<i>Actinidia arguta</i>	0.02	0.39	1.65	0.69
<i>Quercus serrata</i>	34.89	5.01	3.71	14.53	<i>Stewartia koreana</i>	1.85	2.00	2.06	1.97
<i>Ulmus macrocarpa</i>	0.08	0.17	1.23	0.49	<i>Alangium platanifolium</i>	0.01	0.44	1.23	0.56
<i>Zelkova serrata</i>	5.95	3.35	2.06	3.79	<i>Aralia elata</i>	0.01	0.48	2.06	0.85
<i>Celtis aurantiaca</i>	0.01	0.09	0.41	0.17	<i>Cornus kousa</i>	0.00	0.04	0.41	0.15
<i>Celtis sinensis</i>	1.75	1.57	2.06	1.79	<i>Cornus controversa</i>	2.61	1.39	2.06	2.02
<i>Magnolia sieboldii</i>	0.12	1.26	2.06	1.15	<i>Cornus macrophylla</i>	0.02	0.26	0.41	0.23
<i>Lindera obtusiloba</i>	0.31	8.71	2.06	3.69	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.01	0.26	0.82	0.36
<i>Lindera erythrocarpa</i>	1.14	4.49	2.06	2.56	<i>Rhododendron yedoense</i>	0.00	0.13	0.41	0.18
<i>Spiraea miyabei</i>	0.00	0.04	0.41	0.15	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	0.08	1.39	2.06	1.18
<i>Stephanandra incisa</i>	0.00	0.04	0.41	0.15	<i>Vaccinium oldhami</i>	0.00	0.04	0.41	0.15
<i>Pyrus pyrifolia</i>	0.07	0.13	0.82	0.34	<i>Symplocos chinensis</i>	0.09	2.22	2.06	1.46
<i>Sorbus commixta</i>	0.00	0.04	0.41	0.15	<i>Styrax obassia</i>	1.25	7.19	2.06	3.50
<i>Sorbus alnifolia</i>	0.15	0.61	1.65	0.80	<i>Styrax japonica</i>	0.02	0.09	0.82	0.31
<i>Rosa multiflora</i>	0.00	0.04	0.41	0.15	<i>Fraxinus mandshurica</i>	0.32	0.13	0.82	0.42
<i>Prunus padus</i>	0.09	0.09	0.41	0.20	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	3.50	1.83	2.06	2.46
<i>Prunus sargentii</i>	0.04	0.57	1.65	0.75	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	0.11	2.27	2.06	1.48
<i>Lespedeza robusta</i>	0.00	0.04	0.41	0.15	<i>Ligustrum obtusifolium</i>	0.00	0.09	0.41	0.17
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.05	1.87	2.06	1.33	<i>Callicarpa japonica</i>	0.04	1.70	2.06	1.27
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	0.00	0.04	0.41	0.51	<i>Clerodendron trichotomum</i>	0.01	0.04	0.41	0.15
<i>Lespedeza bicolor</i>	0.00	0.09	0.41	0.17	<i>Viburnum dilatatum</i>	0.04	0.92	2.06	1.01
<i>Pueraria thunbergiana</i>	0.00	0.04	0.41	0.15	<i>Viburnum sargentii</i>	0.00	0.04	0.41	0.15
<i>Maackia amurensis</i>	0.04	0.26	1.23	0.51	<i>Weigela subsessilis</i>	0.06	2.09	2.06	1.40
<i>Wistaria floribunda</i>	0.00	0.09	0.41	0.17	<i>Lonicera maackii</i>	0.00	0.22	1.65	0.62
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	0.01	0.17	0.41	0.20	<i>Smilax china</i>	0.08	0.09	0.41	0.19
<i>Picrasma quassioides</i>	0.00	0.04	0.41	0.15	Community G ( <i>Q. mongolica</i> )				
<i>Rhus japonica</i>	0.11	1.04	1.65	0.93	<i>Cephalotaxus koreana</i>	0.00	0.11	0.82	0.31
<i>Rhus trichocarpa</i>	0.08	0.87	2.06	1.00	<i>Pinus koraiensis</i>	0.24	0.11	0.82	0.39



(Table 2. Continued.)

Species	R. C.	R. D.	R. F.	I. V.	Species	R. C.	R. D.	R. F.	I. V.
<i>Pinus densiflora</i>	15.00	1.58	4.10	6.89	<i>Pinus koraiensis</i>	29.80	3.85	3.73	12.46
<i>Salix glandulosa</i>	0.11	0.23	0.82	0.39	<i>Pinus densiflora</i>	1.95	1.05	2.24	1.75
<i>Betula costata</i>	1.78	0.23	1.64	1.22	<i>Larix leptolepis</i>	4.69	1.40	2.24	2.78
<i>Carpinus cordata</i>	0.12	0.79	0.82	0.58	<i>Salix koreansis</i>	1.80	0.35	0.75	0.97
<i>Corylus sieboldiana</i>	0.80	6.19	3.28	3.42	<i>Carpinus cordata</i>	0.10	0.70	1.49	0.76
<i>Quercus serrata</i>	16.09	5.63	4.10	8.61	<i>Carpinus laxiflora</i>	0.15	0.70	1.49	0.78
<i>Quercus mongolica</i>	41.20	16.78	4.10	20.69	<i>Corylus sieboldiana</i>	0.18	1.93	2.24	1.45
<i>Ulmus macrocarpa</i>	2.36	4.17	4.10	3.54	<i>Castanea crenata</i>	21.15	1.58	2.99	8.57
<i>Celtis aurantiaca</i>	0.01	0.23	0.82	0.35	<i>Quercus acutissima</i>	1.00	0.88	2.99	1.62
<i>Celtis sinensis</i>	0.06	0.45	1.64	0.72	<i>Quercus serrata</i>	26.72	16.81	3.73	15.75
<i>Magnolia sieboldii</i>	0.11	0.11	0.82	0.35	<i>Ulmus macrocarpa</i>	0.94	0.70	1.49	1.04
<i>Lindera obtusiloba</i>	0.19	1.13	3.28	1.53	<i>Zelkova serrata</i>	0.19	0.88	2.24	1.10
<i>Lindera erythrocarpa</i>	0.66	1.01	2.46	1.38	<i>Akebia quinata</i>	0.02	0.70	0.75	0.49
<i>Philadelphus schrenckii</i>	0.06	0.23	0.82	0.37	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.12	1.93	2.24	1.43
<i>Stephanandra incisa</i>	0.02	0.68	1.64	0.78	<i>Lindera erythrocarpa</i>	0.02	0.17	0.75	0.32
<i>Pyrus pyrifolia</i>	1.15	1.24	3.28	1.89	<i>Stephanandra incisa</i>	0.01	0.35	0.75	0.37
<i>Sorbus alnifolia</i>	0.01	0.23	0.82	0.35	<i>Pyrus pyrifolia</i>	1.41	1.40	2.99	1.93
<i>Prunus sargentii</i>	0.10	0.11	0.82	0.34	<i>Sorbus alnifolia</i>	0.06	0.35	1.49	0.63
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.11	3.38	4.10	2.53	<i>Rosa multiflora</i>	0.05	1.23	1.49	0.92
<i>Maackia amurensis</i>	0.81	1.58	4.10	2.16	<i>Prunus sargentii</i>	1.03	4.38	2.99	2.80
<i>Rhus trichocarpa</i>	0.27	0.56	2.46	1.10	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.01	0.17	0.75	0.31
<i>Euonymus oxyphyllus</i>	0.02	0.45	0.82	0.43	<i>Maackia amurensis</i>	1.45	0.70	2.24	1.46
<i>Euonymus sachalinensis</i>	0.00	0.11	0.82	0.31	<i>Wistaria floribunda</i>	0.02	0.35	1.49	0.62
<i>Euonymus sieboldiana</i>	0.01	0.34	1.64	0.66	<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	0.02	0.17	0.75	0.32
<i>Staphylea bumalda</i>	0.06	1.46	4.10	1.87	<i>Rhus japonica</i>	0.20	1.05	1.49	0.91
<i>Acer ginnala</i>	0.23	0.23	0.82	0.43	<i>Rhus trichocarpa</i>	0.28	1.58	3.73	1.86
<i>Acer mono</i>	0.79	1.24	4.10	2.04	<i>Ilex macropoda</i>	0.05	0.53	1.49	0.69
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	2.96	10.36	4.10	5.81	<i>Euonymus alatus</i>	0.01	0.17	0.75	0.31
<i>Rhamnus davurica</i>	0.01	0.23	1.64	0.62	<i>Euonymus oxyphyllus</i>	0.02	0.53	0.75	0.43
<i>Vitis amurensis</i>	0.22	1.91	3.28	1.80	<i>Euonymus sachalinensis</i>	0.15	2.98	2.24	1.79
<i>Tilia amurensis</i>	0.32	0.34	0.82	0.49	<i>Staphylea bumalda</i>	0.27	4.03	2.99	2.43
<i>Actinidia arguta</i>	0.05	0.23	0.82	0.37	<i>Acer ginnala</i>	2.25	4.73	3.73	3.57
<i>Stewartia koreana</i>	1.76	3.94	4.10	3.27	<i>Acer mono</i>	0.40	1.75	2.99	1.71
<i>Cornus controversa</i>	0.00	0.11	0.82	0.31	<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	0.38	4.55	2.99	2.64
<i>Symplocos chinensis</i>	0.71	14.75	4.10	6.52	<i>Vitis amurensis</i>	0.02	0.35	1.49	0.62
<i>Styrax obassia</i>	0.37	2.37	4.10	2.28	<i>Actinidia arguta</i>	0.03	0.53	0.75	0.44
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	10.87	8.45	4.10	7.81	<i>Elaeagnus umbellata</i>	0.01	0.17	0.75	0.31
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	0.00	0.11	0.82	0.31	<i>Cornus kousa</i>	0.05	1.75	0.75	0.85
<i>Callicarpa japonica</i>	0.02	0.56	2.46	1.01	<i>Cornus controversa</i>	0.05	0.17	0.75	0.33
<i>Viburnum dilatatum</i>	0.08	0.56	1.64	0.76	<i>Diospyros lotus</i>	0.01	0.17	0.75	0.31
<i>Weigela subsessilis</i>	0.23	5.41	2.46	2.70	<i>Symplocos chinensis</i>	0.41	7.18	3.73	3.77
					<i>Styrax obassia</i>	0.80	4.03	3.73	2.85
					<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	1.07	11.38	37.36	5.39

Community H( *Q. aliena-P. koraiensis* )

(Table 2. Continued.)

Species	R. C.	R. D.	R. F.	I. V.
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	0.11	1.58	2.24	1.31
<i>Callicarpa japonica</i>	0.02	0.35	0.75	0.37
<i>Sambucus williamsii</i>	0.03	0.53	1.49	0.68
<i>Viburnum dilatatum</i>	0.23	3.33	3.73	2.43
<i>Viburnum sargentii</i>	0.10	0.53	2.24	0.96
<i>Weigela subsessilis</i>	0.13	2.63	2.24	1.67
<i>Lonicera maackii</i>	0.03	0.70	1.49	0.74

것으로 판단된다.

군집 E는 조사구 2, 1로서 졸참나무군집으로 조사구 1에서 졸참나무 21%, 단풍나무 14%, 까치박달나무 7%, 서어나무 14%로서 졸참나무가 우점종임을 알 수 있다. 군집 E는 전체에서는 졸참나무 27%, 까치박달 10%의 우점치를 나타냈고 토양산도는 매우 낮은 편이며, 토양수분과 유기물함량은 중간정도의 값을 보였다. 군집 F는 본 조사지에서 가장 많은 16개 조사구로 졸참나무-쪽동백, 서어나무-졸참나무, 서어나무, 까치박달이 우점종인 군집이다. 본 군집의 대부분의 조사구는 해인사계곡지역에 위치하며 토양습도와 유기물함량이 매우 높은 값을 보였다. 본 군집의 중요치분석에서 졸참나무가 13%로 가장 높은 값을 나타내었다. 군집 G와 H는 본 조사지에서 가장 표고가 높은 지역으로 신갈나무와 졸참나무가 우세하였으며 표고가 높은 조사구에서는 신갈나무가 우점하고 있었는데, 이는 박등(1983)과 조와 조(1989)의 결과와 일치하였다. 군집 G는 조사구 36, 37, 38, 39, 40으로 주요 우점종은 신갈나무이며, 2개의 소군집으로 이루어져 있다. 조사구 36은 졸참나무군집이며, 조사구 37, 38, 39, 40은 신갈나무군집으로 중요치가 각각 17, 18, 27, 30%이었으며 조사구 37과 38에서 소나무의 중요치가 5, 6%를 보였다. 토양수분과 유기물함량에서는 대체로 높은 값을 보이고 산도는 낮은 값을 나타냈다. 군집 H는 졸참나무-잣나무군집으로 졸참나무 및 잣나무의 IV가 각각 15.75, 12.46%로서 혼효림을 형성하고 있었다. 소나무, 느티나무, 서어나무가 전 조사구에서 나타나고 있으나 낮은 우점치를 갖고 있었다.

## 2. Ordination

그림 3은 DCA를 이용하여 분석한 각 조사구를 제 1축과 2축에 나타낸 것으로 4개의 군집을 TWINSpan

의 제 2 division에서 구분한 것이다. 제 1축에서 TWINSpan 과 마찬가지로 왼쪽의 활엽수군집과 오른쪽의 침엽수인 소나무군집으로 분리되었으며, 이러한 침엽수인 소나무와 활엽수와의 분리는 내장산(이 등, 1987), 북한산(박 등, 1987), 치악산(박 등, 1988)에서의 연구결과와 일치하고 있다. I은 소나무 순림지역이며, II은 소나무군집, 소나무-굴참나무군집, 소나무-잣나

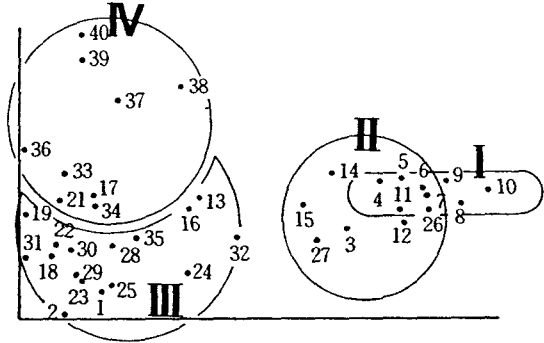


Figure 3. DCA ordination of 40 sites on the first two axes grouped by TWINSpan.

무군집, 소나무-당단풍군집 등으로 우점종은 역시 소나무이다. 제 1축에서 왼쪽으로 갈수록 활엽수의 세력이 증가하고 있다. III은 해인사주변 계곡으로 졸참나무, 서어나무, 까치박달나무가 우점하는 지역으로 크게 서어나무군집, 서어나무-졸참나무군집, 졸참나무-까치박달나무군집, 졸참나무-서어나무군집으로 나눌 수가 있었다. IV은 고도가 높은 지역으로 졸참나무와 신갈나무군집으로 제 2축의 위쪽으로는 신갈나무군집이고 아래쪽으로는 졸참나무군집이다. 제 1축과 2축의 고유치(eigen value)가 0.512와 0.260으로 북한산(박 등, 1987), 내장산(이 등, 1988)과 조와 오(1987)의 연구결과보다 높은 값을 보이고 있어, DCA에 의해 잘 설명되고 있음을 알 수 있다. Ordination의 분석목적

Table 3. Correlation between environmental variables, species diversity and DCA stand scores of the first two axes.

	1 Axis	2 Axis
H'	-.6702***	-.1023
H' max	-.5264***	-.0566
Moisture	-.2889*	-.0552
Humus	-.2479*	-.0695
Altitude	-.6401***	.4557**

\* : P<0.05    \*\* : P<0.01    \*\*\* : P<0.001

은 환경구배에 의한 식생분포를 밝히는 것이므로(Bernard et., al, 1983), 환경인자와 종다양성지수와의 표 3과 같이 상관분석을 하였다.

DCA의 제1축의 score와 환경인자는 모두 부의 상관을 보이고 있는데, 특히 고도의 부의 상관관계를 보이는 인자는 종다양도(H'), 최대종다양도(H' max), 고도이었다. 이는 제1축에서 오른쪽에 소나무군집이 자리하기 때문이며, 소나무의 타감작용등으로 타수종의 침입이 억제되어 종다양성이 낮은 것에 기인된다. 토양수분과 고도와의 상관에서도 제 1축과 높은 부의 상관을 보였는데, DCA의 제1축의 군집분리는 토양수분과 유기물함량의 구배(gradient)에 의한 것임을 알 수 있다. 토양수분에 의한 구배는 북한산(박 등, 1987), 치악산(박 등, 1988), 계룡산(송 과 신, 1985), Peet & Loucks(1977), Brannon 등(1965)의 연구에서도 밝힌 바 있다.

제2축과의 상관관계에서는 표고에서만 높은 정의 상관을 보였다.

### 3. 종의 상관

식생은 환경구배에 따라 달라지므로 이에 대한 관계를 규명하기 위하여 환경인자와 각 수종의 중요치와의 상관관계를 구한 결과 표4와 같다. H'와 소나무와 굴참나무는 부의 상관관계이었는데, 이는 소나무와 굴참나무의세력이 커질수록 종다양성이 낮아짐을 의미한다. H'와 졸참나무, 고로쇠나무, 단풍나무와는 유의적인 정의 상관을 보여 굴참나무와 졸참나무는 대조적이었다. 토양산도, 유기물과 습도에서도 소나무는 높은 부의 상관을 보이고 있으며, 굴참나무도 유사한 결과를

Table 4. Correlation coefficient between the important value of major species and enviromental variables.

	H'	H' max	pH	Moisture	Humus	Altitude	X1	X2
Pd	-.7950**	-.5383**	-.3276*	-.4813	-.3808*	-.6593**	.9281**	.1385
Cl	.0174	.0699	.1544	.1402	.0974	-.1743	-.3168	-.5203**
Qv	.4859**	-.2265*	-.0931	-.2903	-.2445	-.3522	.5180**	-.0263
Qs	.4859**	.3034*	.2191	.2692	.0898	.3343*	-.6515**	-.3152*
Qm	.0747	-.0150	.0399	-.0368	.0743	.5777**	-.1193	.7945**
Am	.5025**	.3805**	.0624	.3392*	.3145*	.4306**	-.6236**	-.1233
Ap	.3352*	.0981	.0602	.4160**	.4011**	.5149**	-.5487**	.1813

\* : p<0.05 \*\* : p<0.01

Pd:Pinus densiflora Cl:Carpinus laxiflora Qv:Quercus variabilis

Qm:Q. mongolica Qs:Q. serrata

Am:Acer mono Ap:A. palmatum

Table 5. Correlation table for major species of the importance value.

	Pd	Cl	Qv	Qs	Qm	Am
Cl	--					
Qv	++	.				
Qs	--	.	.			
Qm	.	-	.	.		
Am	--	.	--	+	.	
Ap	--	--	.	.	+	+

-,+ : p<0.05 --, ++ : p<0.01

Pd:Pinus densiflora Cl:Carpinus laxiflora

Qv:Quercus variabilis

Qm:Q. mongolica Qs:Q. serrata Am:Acer mono

Ap:A. palmatum

나타내어 소나무와 굴참나무가 인접한 천이계열에 있음을 알 수 있다. 토양인자와의 상관에서 고로쇠나무와 단풍나무는 모두 정의상관을 보여 토양습도가 높고 비옥한 지위에서 왕성하게 생육할 수 있는 수종으로 판단된다. DCA의 제 1축과 소나무, 굴참나무와의 IV와는 정의 상관, 서어나무, 졸참나무, 고로쇠나무, 단풍나무의 IV와는 부의 상관을 나타냈으며, 제2축에서는 서어나무와 졸참나무가 부의 상관을, 신갈나무는 고도의 정의 상관을 보였다. 표 5에서는 각 조사구의 상대우점치에 의한 주요수종의 상관관계를 보인 것이다. 소나무와 굴참나무는 유의적인 정의 상관을 보이고 있으며, 소나무와 서어나무, 졸참나무, 고로쇠나무, 단풍나무와는 부의 상관을 나타내었다. 특히 소나무와 굴참나무와의 높은 유의적 정의 상관을 보이는 것은 이 두 수종이 서로 유사한 생태적 지위를 공유하기 때문으로

천이계열상 인접함을 알 수 있으며(조, 1987), 두 수종의 중간경쟁을 통해 소나무에서 굴참나무로 천이되는 과정으로 볼 수 있다. 이 두 수종은 주로 홍류동계곡의 남사면에 나타나고 있으며, 과거에 우점종이었던 소나무가 솔잎혹파리피해로 대상수종인 굴참나무가 침입하여 세력이 확장되어 중, 하층에서는 소나무보다 굴참나무와 IV가 높아 앞으로 굴참나무의 세력이 더욱 확장될 것으로 추정된다.

#### 4. 유사도지수

TWINSpan에 의한 8개군집의 유사도지수를 표6과 같이 계산한바 군집간에 매우 낮은 값을 보이고 있

Table 6. Similarity indices between the vegetational community.

Community	A	B	C	D	E	F	G
B	33.56						
C	24.00	26.38					
D	29.28	34.91	26.39				
E	6.69	10.20	7.63	12.69			
F	12.88	17.86	14.74	21.74	25.19		
G	7.96	13.42	13.72	17.75	16.86	25.59	
H	7.30	11.19	14.46	14.07	18.65	24.27	22.31

다. Whittaker(1956)에 의하면 유사도지수가 20%이하 일때 군집이 서로 이질적이라하였는데, 본 조사지에서 군집간의 유사도지수는 건조형 군집들인 A, B, C, D와의 군집상호간의 유사도지수는 24~34%이며, 습윤형 군집인 E, F, G, H간의 유사도지수는 16~25%이었다. 건조형군집과 습윤형군집간의 유사도지수는 매우 낮은 값을 나타냈는데, 이는 TWINSpan에 의한 군집구분이 좋은 결과를 보인 것으로(Westman, 1982; White & Glenn-Lewin, 1984; Hukusima & Kershaw, 1989), 치악산(박 등, 1988)의 군집간 유사도지수가 42~60%, 내장산(이 등, 1987)에서 6~54%, 북한산(박 등, 1987)에서 5~78%보다 낮은 값을 보이고 있다.

#### 5. 종다양성

표 7은 8개 군집들의 종다양성지수들을 나타낸 것으로 소나무 순림지역인 A군집은 0.4874로 가장 낮은 종다양도를 나타냈으나, 종다양도지수의 최대 가능치를 나타내는 최대종다양도지수( $H'_{max}$ )는 1.53였으며,

Table 7. Values of various diversity indices for each community.

Community	$H'$	$J'$	D	$H'_{max}$
A	0.4874	0.3183	1.6817	1.5315
B	1.1644	0.7425	0.2575	1.5682
C	0.8083	0.6712	0.3288	1.2041
D	1.2939	0.7655	0.2345	1.6902
E	1.1978	0.7958	0.2042	1.5051
F	1.5114	0.7793	0.2207	1.9395
G	1.2474	0.7590	0.2410	1.6435
H	1.4076	0.8285	0.1715	1.6990

군재도( $J'$ )가 0.3183으로 종의 분화가 매우 적게 발생되었음을 알 수 있다. C군집(소나무-잣나무)은 종다양성지수가 0.8083으로 낮은 값을 나타냈는데 이는 일부 잣나무조림에 의한 생태계교란 때문으로 보인다. F군집은 종다양도지수가 가장 높은 1.514이며, 종의 분화의 균질한 정도를 나타내는 군재도( $J'$ )가 0.7793이며 군집H는 종다양도지수가 1.4076으로 군집F보다 낮으나  $J'$ 가 0.8285로 군집F보다 높으므로 군집F의 종분화가 높은 것을 알 수 있다. F군집의 종다양도지수는 치악산(박 등, 1988) 및 내장산(이 등, 1987)에서의 최대치인 1.4421, 1.3701보다 높았다. 전체적으로 건조형 군집인 A,B,C,D는 습윤군집인 E,F,G,H의 군집보다 종다양성에서 뚜렷하게 낮은 값을 나타냈다. 군집구조는 종간의 세력은 피도뿐만 아니라, 종간의 개체수에 의해서도 영향을 받는다(Putman & Wratten, 1984). 40개의 본조사지 전체에서 이러한 종과 개체수 간의 관계를 나타낸 것이 그림 4이다. 개체수가 증가할수록 종

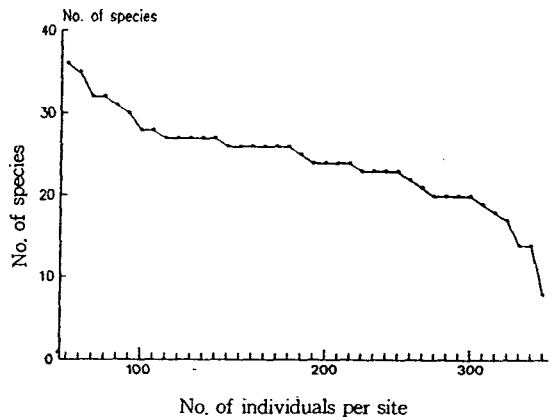


Figure 4. The Frequency distribution of the abundance of various species.

의 수가 감소하는 logseries분포에 일치하고 있고, 개체수의 증가는 우점종이 희소종보다 더 크게 되어 개체수가 적은 다수의 희소종과 개체수가 많은 다수의 보통종으로 구성되는 구조상의 특징을 볼 수 있다. 그림 5는 개체수의 증가에 따른 종다양성의 변화를 보여주는 것으로 개체수가 증가할수록 종다양성은 약간 감소하고 있다. 이는 중기 경쟁단계에서는 종간의 경쟁력이 비슷하므로서 경쟁수종들의 개체수가 적음에도 그 세력이 비슷하여 종다양성은 높으나 후기에서는 우점수종들의 개체수가 증가하고 희소종은 상대적으로 감소하여 개체수는 증가해도 종다양성은 오히려 감소하는 경향을 나타내고 있다.

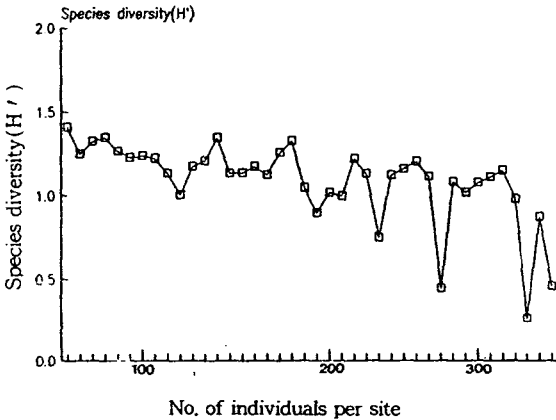


Figure 5. The species diversity distribution according to species-abundance.

### 인용문헌

1. 강 윤순, 오 계철. 1982. 광릉 삼림군집에 대한 ordination 방법의 적용. 한국식물학회지 25(2):83-89.
2. 김 정연. 1987. 분류법과 서열법에 의한 내장산 삼림 식생연구. 중앙대학교 박사논문 123쪽.
3. 박 인협. 1985. 백운산지역 천연림생태계의 삼림구조 및 물질생산에 관한 연구. 서울대학교 박사논문집 47쪽.
4. 박 인협, 이 경재, 조 재창. 1987. 북한산지역의 삼림군집구조에 관한 연구. 응용생태연구 1(1):1-23.
5. 박 인협, 이 경재, 조 재창. 1988. 치악산국립공원의 삼림군집구조-비룡사-비로봉 지역을 중심으로. 응용생태 연구 2(1):1-9.
6. 송 호경, 신 창남. 1985. 계룡산삼림군집형과 그이

- 구조에 관한 연구. 충남대학교 환경연구보고서 3(1):19-58.
7. 조 윤신, 오 계철. 1987. 서울근교 자연생 소나무림에 대한 Ordination방법의 적용. 생태학회지 10(2):63-80.
8. 조 재창. 1987. 자연공원에서의 소나무림 보존대책에 관한연구. 서울시립대학교 석사논문. 56쪽.
9. 조 경진, 조 재창. 1989. 참나무 생태연구. 참나무 자원의 종합이용 개발에 관한 연구. 2차년도 보고서. 과기처. 39-84쪽.
10. 이 경재, 오 구균, 조 재창. 1987. 내장산국립공원의 식물군집 및 이용행태에 관한연구-Ordination방법에 의한 식생구조분석-. 학국임학회지 77(2):166-177.
- 이 경재, 오 구균, 조 재창. 1987. 내장산국립공원 내장사지구의 자연보전관리 대책에 관한 연구. 문교부연구보고서. 100쪽.
- 임 경빈. 1985. 신고조림학원론. 향문사. 481쪽.
- Agnew, A.D.Q. 1961. The ecology of *Juncus effusus* L. in North Wales. J. Ecol. 49:83-102.
- Begon M, J.L. Harper and C.R. Townsend. 1986. Ecology: individuals, population and community. Blackwell Scientific Publ., 876pp.
15. Bernard, J.M., F.K. Seischab & H.G. Gauch. 1983. Gradient analysis of the vegetation of the Byron-Bergen swamp, a rich fen in Western New York. Vegetatio 53:85-91.
16. Brower J. E., Jerrold H. Zar. 1977. Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Co. Publ., 194pp.
17. Cox, G. W. 1972. Laboratory manual of general ecology. Wm.C. Brown Co. Publ., Iowa. 232pp.
18. Daniels, R.E. 1978. Floristic analyses of British mires and more communities. J. of Ecology 66:773-802.
19. Gauch, H.G.Jr. and R.H.Whittaker. 1972. Comparison of ordination techniques. Ecology 53:868-875.
20. Gauch, H.G. 1977. Ordiflex - A flexible computer program for four ordination techniques : weighted averages, polar ordination, principal components analysis and reciprocal averaging. Release B.Cornell University, New York, 185pp.
21. Gauch, H.G.Jr., R.H.Whittaker and T.R.Wentworth. 1977. A comparative study of reciprocal

- averaging and other ordination technique. *J.Ecol.* 65:157–174.
22. Gauch, H.G.Jr. and R.H.Whittaker. 1981. Hierarchical classification of community data. *J.Ecol.* 69:537–557.
  23. Gauch, H.G. 1982. *Multivariate analysis in community ecology.* Cambridge University Press. 298pp.
  24. Grieg-Smith, P. 1983. *Quantitative plant ecology.* 3rd ed. Blackwell Scientific Publication, Oxford. p171–289.
  25. George, P.M. and L.Travaud. 1987. Ordination analysis of components of resilience of *Quercus coccifera* garrigue. *Ecol.* 68(3):463–472.
  26. Hill, M.O. 1973. Reciprocal averaging: An eigenvector method of ordination. *J.Ecol.* 61:237–249.
  27. Hill, M.O. 1979a. Decorana – a FORTRAN Program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. *Ecology Systematics*, Cornell University, Ithaca, N.Y. 52pp.
  28. 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, N.Y. 99pp.
  29. Hill, M.O. and G.H.Gauch. 1980. Detrended correspondence analysis: An improved ordination technique. Ithaca, pp. 47–58.
  30. Ludwig, J.A. and J.F. Reynold. 1988. *Statistical Ecology.* John Wiley & Sons, New York. 337 pp.
  31. Malason, P.G. and L. Traubad. 1987. Ordination analysis of components of Resilience of *Quercus coccifera* Garrigu. *Ecol.* 68(3):463–472.
  32. Monk, C.D., G.I.Child and S.A.Nicholson. 1969. Species diversity of a stratified oak hickory community. *Ecology* 50(3):468–470.
  33. Moore, J.J., P. Fitzsimons, E.Lambe & J. White. 1970. A comparison and evaluation of some phytosociological techniques. *Vegetatio* 20 : 1–20. Page, A.L. ed. 1982. *Methods of soil analysis.* ASA and SSSA. pp. 225–262.
  34. Peet, R.K. and O.L. Loucks, 1977. A gradient analysis of southern Wisconsin forests. *Ecol.* 58:485–499.
  35. Pianka, E.R. 1973. The structure of lizard communities. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 4:53–74.
  36. Walker, J. & R.K. Peet. 1989. Composition and species diversity of pinewiregrass savannas of the Green Swamp, North Carolina. *Vegetatio* 59:35–50.
  37. Westman, W.E. 1982. Xeric Mediterranean-type shrubland associations of Alta and Baja California and the community / continuum debate. *Vegetatio* 52:3–19.
  38. Whittaker, R.H. 1956. *Vegetation of the Great Smoky Mountains.* *Ecol. Monographs* 26:1–80.