

Ordination과 Classification에 의한 백운산의 산림 군락과 환경의 상관관계 분석¹

정진철² · 장규관³ · 송호경⁴ · 안영환⁵

An Analysis of Vegetation-Environment Relationships of Forest Community in Mt. Baekun by Ordination and Classification¹

Jin-Chul Chung², Kyu-Kwan Jang³, Ho-Kyung Song⁴, Young-Hwan An⁵

요 약

백운산의 산림 군락과 환경 요인과의 관계를 구명하기 위하여 TWINSpan과 CCA Ordination을 이용 분석한 결과는 다음과 같다. TWINSpan에 의해서 서어나무 군락, 고로쇠나무 군락, 신갈나무 군락 및 굴참나무 군락의 4 group으로 구분되었다. 주요 군락과 환경 요인과의 상관을 보면 서어나무 군락과 굴참나무 군락은 해발고가 중간이고, 유기물 함량과 유효인산의 양료가 중간인 곳에 주로 분포하고, 신갈나무 군락은 해발고가 높고, 유기물 함량과 유효인산의 양료가 많은 곳에 주로 분포하며, 고로쇠나무 군락은 해발고가 낮고, K⁺, Ca⁺⁺ 및 Mg⁺⁺ 등의 양료가 많은 곳에 주로 분포하고 있다. 주요 수종과 환경과의 상관관계를 보면 해발고가 높고 유기물 함량과 P₂O₅ 많은 곳에 신갈나무, 노린재나무, 물푸레나무, 해발고가 중간이고 양료가 중간인 곳에 서어나무, 비목, 당단풍, 졸참나무, 노각나무, 쪽동백나무, 때죽나무, 해발고가 낮고, 습하며, K⁺, Ca⁺⁺ 및 Mg⁺⁺ 등의 양료가 많은 계곡부에 까치박달나무, 층층나무, 느티나무, 고로쇠나무, 들메나무, 나도밤나무 및 산뽕나무가 분포하고 있었다.

주요어 : 백운산, TWINSpan, CCA

ABSTRACT

The forests of Mt. Baekun were studied to investigate ecological niches by methods of TWINSpan and CCA Ordination. The results were summarized as follows: Four groups were classified by TWINSpan; *Carpinus laxiflora*, *Acer mono*, *Quercus mongolica* and *Quercus variabilis* community. In the relations of community and environmental factors, *Carpinus laxiflora*

* 1998년도 원광대학교 학술연구조성비(교비) 지원에 의한 연구 논문

1 접수 1999년 9월 9일 Received on Sept. 9, 1999

2 원광대학교 생명자원과학대학 College of Life Science & Natural Resource, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea(jcchung@wonms.wonkwang.ac.kr)

3 원광대학교 자연식물원 Botanical Garden, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea(jangkk@gaebyok.wonkwang.ac.kr)

4 충남대학교 농과대학 College of Agriculture, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea

5 전라북도 산림환경 연구소 Chollabuk-do Forestry Environmental Research Institute, Chonju 560-120, Korea

community and *Quercus variabilis* community were distributed in the medium site of nutrition and elevation. *Acer mono* community were distributed in the high content sites of K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} and in the low elevation. *Quercus mongolica* community were distributed in the high content sites of O.M, P_2O_5 and in the height elevation. In the relations of major species and environmental factors, *Quercus mongolica*, *Symplocos chinensis* for. *pilosa*, *Fraxinus rhynchophylla* distributed in the high content sites of O.M, P_2O_5 and in the high elevation. *Lindera erythrocarpa*, *Acer pseudosiebolianum*, *Carpinus laxiflora*, *Styrax japonica*, *Quercus serrata*, *Stewartia koreana*, *Styrax obassia* and *Acer palmatum* were distributed in the medium site of nutrition and elevation. *Carpinus cordata*, *Cornus controversa*, *Zelkova serrata*, *Acer mono*, *Fraxinus mandshurica*, *Meliosma myriantha* and *Morus bombycis* were in the valley where soil contents of K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , and moisture were high and elevation was low.

KEY WORDS : MT. BAEKUN, TWINSpan, CCA

서론

산림 군집은 환경 인자에 따라 그 군집의 구조가 달라지며 군락을 분류하고 군락과 환경 인자의 상관관계를 분석하는 데는 Classification & Ordination 방법이 폭 넓게 사용되고 있다. Ordination은 군집의 구조를 밝히고 군집에서 식생과 환경과의 상호작용에 대한 과정을 유추해 내는 것(Ter Braak, 1986)으로 식생 표본들을 한 개 또는 그 이상의 생태학적 구배에 배열하는 과정이며 다변량 data set에서 유형을 찾는 분석방법(Greig-Smith, 1983)이다. 이러한 Ordination은 연속체 지수를 이용하고 있는 간접구배 분석법(Curtis and McIntosh, 1951)과 종과 환경과의 상관관계를 분석하는 직접구배 분석법(Whittaker, 1951)으로 대별된다.

CCA(Canonical Correspondence Analysis)는 직접구배 분석법으로 군락 변이의 유형뿐만 아니라 환경 변이에 따라 종 분포의 특징을 나타내고 종과 환경과의 상관 및 환경 변이에 대한 종의 반응을 밝히는 데 이용하였다(Ter Braak, 1988).

TWINSpan(two-way indicator species analysis)은 표징종을 분석하기 위하여 최초로 고안된 FORTRAN 프로그램으로 Braun-Blanquet의 종 조성표에 가깝게 표의 행렬을 작성할 수 있고 과학적인 방법으로 여러 종들을 배열함으로써 간단하게 분류할 수 있다(Hill, 1979b). 따라서 TWINSpan에 의한 군락분류 방법과 식물사회학적 방법을 비교할 때 환경입지가 비슷한 경우 같은 유형의 경향을 보여 2개의 식생 분류 방법이 서로 보완되는 방법으

로 사용할 수 있기 때문에(장규관 등, 1997), 오대산(송호경 등, 1994), 운장산(정진철 등, 1997), 설악산(송호경 등, 1998) 등의 연구에 이용하였다.

한편 백운산 지역에 대한 선행 연구는 산림 군집의 식물사회학(김갑덕과 김재생, 1983), 벌채 지역의 삼림생태계 천이(김갑덕 등, 1991; 김태욱 등, 1992), 물질생산(김갑덕 등, 1982; 김갑덕과 박인협, 1986), 임업적 이용과 생태계 보전(김의경 등, 1995), 유형분석(김종홍과 이석면, 1990) 등 식생 및 토양환경 변화, 천이, 군집구조 분석, 갱신, 자원 이용, 물질생산 등 여러 분야에서 연구되었으나 산림 군락의 변화, 성장 및 구조를 이루는 데 영향을 미치는 환경 인자와의 상관관계에 관한 구명은 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구는 자원의 조성 관리에 따른 생태적 기초자료를 제공하고자 위 지역의 식생과 환경 요인과의 상관관계를 구명하기 위하여 TWINSpan과 CCA Ordination 방법을 사용하여 분석하였다.

조사 및 분석방법

1. 조사지 개황

백운산은 해발 1,217.8m로 주봉을 중심으로 북서쪽의 또아리봉과 도솔봉, 동으로 매봉, 남동으로는 억불봉이 위치하고 있다. 특히 백운산 정상을 중심으로 한재, 매봉, 억불봉의 삼각지구는 백운란, 백운기름나물, 백운쇠물푸레, 백운매나무 등의 특산식물과 히어리, 흰참꽃, 나도승마의 희귀식물이 자생하고 있

어 환경부는 1993년 4월 이 일대 292만 평을 자연 생태계 보호구역으로 지정하여 보호하고 있다. 이 일대의 식물상(김갑덕과 김재생, 1983)은 목본식물 48과, 99속, 179종, 초본식물이 50과, 143속, 195종으로 총 98과 242속, 376종이 분포하고 있으며, 고로쇠나무, 신갈나무, 때죽나무, 국수나무, 비목, 노린재나무, 서어나무, 당단풍, 바위말발도리가 우점종을 이루는 온대성 낙엽활엽수 지역이다.

2. 식생 및 환경조사

식생조사는 Braun-Blanquet에 기초를 둔 Mueller-Dombois와 Ellenberg(1974)의 relevé method에 의하여 백운산 전역을 대상으로 1997년 9월부터 1998년 9월까지 1/25,000의 지형도를 이용하여 63개의 방형구(15m×15m)를 임의로 설치하고(Figure 1) 흉고직경 3cm 이상의 수목을 대상으로 매목조사를 실시하였다.

입지 환경 요인은 조사지의 방위 및 해발고를 측정하였으며, 경사도는 Blume-Leiss, 방위는 콤팩스(8방위), 해발고는 altimeter를 이용하여 측정하였다.

토양 환경 요인은 토양 시료를 각 방형구에서 1개 소석 A층에서 2kg의 시료를 채취하여 분석하였다.

토양산도는 pH meter(1:5법)로 측정하였으며 농촌진흥청 토양 화학성분 분석법(1988)에 의하여 전질소는 micro-Kjeldahl법, 유기물 함량은 Tyurin

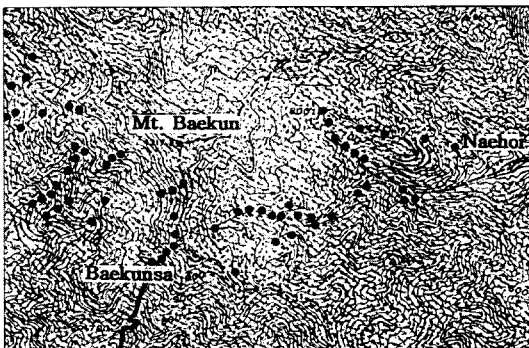


Figure 1. Location map and sampling plots in Mt. Baekun

법, 유효인산은 Lancaster법으로 정량하였다. 양이온 치환능은 Brown법, 치환성 칼슘과 마그네슘은 원자흡광분광 분석법, 칼륨은 염광분광 분석법을 사용하였다.

3. Ordination 분석

식생조사의 자료로부터 각 종의 합성치(X_{ij})를 다음과 같이 구하였다.

$$X_{ij} = (d_{ij} + D_{ij})/2$$

단, d_{ij} : 상대밀도, D_{ij} : 상대피도

합성치 X_{ij} 를 가지고 각 조사구에 따른 종조성을 나타내는 vegetational data matrix를 작성하였으며(Table 1) 약의 조사와 실험실 측정 결과 얻어진 환경 요인들을 이용하여 environmental data matrix(Table 2)를 작성하였다.

Classification은 Hill(1979a)의 TWINSpan(Two-way Indicator Species ANalysis)을 이용하였으며, 얻어진 자료는 0%, 2%, 5%, 10%, 20%의 cut level이 사용되었다. 각 조사구에서 20%이상의 중요치를 나타내는 종은 그 조사구의 우점종으로 간주하였다.

Ordination은 CA(Correspondence Analysis)의 확장인 CCA(Canonical Correspondence Analysis)를 이용하였으며(Hill, 1979b; Hill and Gauch, 1980), 이 방법은 다변량의 직접구배 분석 방법으로 Ter Braak(1987a)의 CANOCO를 사용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. Ordination

조사된 63개 plot에서 출현한 종수는 67종이었으며 출현 빈도가 높은 순은 비목나무, 당단풍, 서어나무, 고로쇠나무, 때죽나무, 졸참나무, 함박꽃나무, 생강나무순이었다(Table 1). 이 중 4회 이상 출현한 40종을 대상으로 TWINSpan과 CCA Ordination을 이용하여 분석한 결과는 Figure 2, 3, 4와 같다.

Figure 2에서 보는 것처럼 백운산의 산림 군락은 제 2의 수준에 의하여 서어나무 군락, 고로쇠나무 군락, 신갈나무 군락, 굴참나무 군락의 4개 군락으로 구분되었다. 이 결과는 환경처(1990)에서 신갈나무 군락, 고로쇠나무 군락, 졸참나무 군락, 서어나무 군락, 떡갈나무 군락, 굴참나무-졸참나무 군락, 신갈나무-떡갈나무 군락, 신갈나무-굴참나무 군락, 느티나무 군락, 굴참나무-소나무 군락 등을 보고한 것과 백운산 삼림식생의 유형 분석에서 서어나무, 굴참나무, 신갈나무, 층층나무, 고로쇠나무, 까치말달나무, 들메나무, 소나무, 병꽃나무, 잣나무 등으로 구분한 것

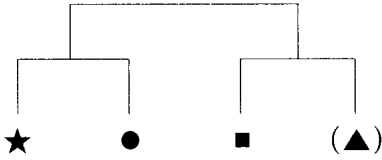


Figure 2. The pathway of subdivision into community groupings of Mt. Baekun vegetation using TWINSpan

- ★ = *Carpinus laxiflora*, ● = *Acer mono*
- = *Quercus mongolica*, ▲ = *Quercus variabilis*

(김중홍과 이석면, 1990)과 상이한 결과가 나온 것은 군락을 분류할 때 더 세분하지 않고 제 2의 수준에서만 분류를 시도한 것이 한 요인이 될 수 있지만, 보다 근본적인 이유는 조사 범위와 조사구의 설치에서 오는 차이점이라 판단된다. 이들 군락별 종 구성의 특징을 분석한 결과(Table 1) 서어나무 군락은 교목층에서 서어나무와 굴참나무가 특징종을 형성하고 있어 천이가 굴참나무에서 서어나무로 이어진다고 볼 때 중도상의 군락으로 판단되며, 아교목층에는 비목나무와 때죽나무가 우점종을 형성하고 있었다.

고로쇠나무 군락은 교목층에서는 고로쇠나무가 특징종을 형성하고 있고 아교목층에서는 비목나무, 당단풍, 함박꽃나무, 서어나무, 때죽나무가 우점종을 형성하고 있었다. 이는 백운산지역 고로쇠나무의 분포에 관한 연구(박명규 등, 1984)에서 고로쇠나무림의 식생구조는 고로쇠나무, 서어나무, 물푸레나무, 비목나무, 때죽나무 등이 상층 수관의 주종을 이루고 있다는 보고와 일치한다. 신갈나무 군락은 교목층에는 신갈나무, 아교목층에는 당단풍, 생강나무, 비목나무, 서어나무, 졸참나무, 노각나무, 쇠물푸레나무가 우점하고 있었다.

굴참나무 군락은 교목층에는 굴참나무, 아교목층에서는 서어나무, 신갈나무, 비목나무, 때죽나무, 쇠물푸레나무가 우점하고 있었다. 굴참나무 군락에서 서어나무 또는 신갈나무가 상층 임관을 차지하고 있어, 이들 군락이 서어나무 또는 신갈나무로의 천이가 진행될지 지속적인 연구가 요구된다.

Figure 3은 TWINSpan에 의하여 선정된 4개 군락의 주요 우점종과 11개의 환경 요인들을 CCA ordination 분석 결과 최초 1, 2축에 의한 I/II 평면상에 나타낸 것이다. 백운산의 산림 군락은 조사된 11개의 환경요인에 따라 분포하고 있으며, 이를 환경 요인들과 CCA Ordination 결과에 의한 제 1축, 제 2축과의 상관관계를 살펴보면 여러 환경 요인들이 군락의 분포와 상관관계가 있음을 알 수 있었다(Table

3).

주요 군락과 환경 요인과의 상관을 보면 서어나무 군락과 굴참나무 군락은 해발고가 중간이고, 유기물 함량과 유효인산의 양료가 중간인 곳에 주로 분포하고, 신갈나무 군락은 해발고가 높고, 유기물 함량과 유효인산의 양료가 많은 곳에 주로 분포하며, 고로쇠나무 군락은 해발고가 낮고, K^+ , Ca^{++} 및 Mg^{++} 등의 양료가 많은 곳에 주로 분포하고 있다. 이는 해발 800m에서 정상에 이르는 지역에는 서어나무, 신갈나무가 우점종을 이루었으며 해발고가 높아짐에 따라 서어나무 군락, 신갈나무-서어나무 군락, 신갈나무 군락으로 구성되었고, 서어나무는 1,050m 이하, 신갈나무는 950m 이상에서 분포한다(김태욱 등, 1992)는 연구와 백운산지역 고로쇠나무의 분포에 관한 연구(박명규 등, 1984)에서 고로쇠나무는 계곡부의 해발 450~500m에서 출현하기 시작하여 해발 650~750m에서 중요치, 평균 수고, 평균 흉고직경이 최대치를 나타내고 있다는 보고와 일치하는 것으로 나타났다. 따라서 이들 분포를 환경 요인과 비교하여 보면 제 1축에서는 Ca^{++} , K^+ , pH, Mg^{++} , T-N을 및 해발고 등이 상관관계가 있었음을 알 수 있었으며, 제 2축에서 P_2O_5 와 유기물 함량이 높은 상관관계를 나타내었다.

제 1축과 제 2축에서 상관관계가 가장 높은 것을 기준으로 할 때 군락에 영향을 미치는 중요한 환경 요인은 Ca^{++} , K^+ , pH, Mg^{++} , T-N 및 Altitude이었다. 이는 classification과 Ordination에 의한 속리산 산림 군집의 분석(유재은과 송호경, 1989), 설악산 국립공원 지역의 신갈나무 군집과 환경의 상관관계 분석(송호경 등, 1998), TWINSpan과 Ordination에 의한 운장산 산림 군락과 환경의 상관관계 분석(정진철 등, 1997)의 연구에서 군집들의 분포와 깊은 상관관계가 있는 환경 요인이 해발고라고 보고한 연구와 다른 결과를 보여 주고 있는데, 이러한 요인은 조사지역의 산림대에서 오는 차이점으로 추정한다. 즉, 선행 연구자의 조사지역은 온대 중부 지역에 해당되며 본 조사지역이 온대 남부지역이어서 서어나무 및 굴참나무 등이 해발고가 더 높은 곳까지 출현했기 때문인 것으로 판단된다.

Figure 4는 백운산 지역에 출현하는 주요 수종과 11개 환경 요인들을 CCA Ordination으로 상관관계를 분석하여 최초 1, 2축에 의한 I/II 평면상에 나타낸 것이다. 주요 수종과 환경과의 상관관계를 보면 해발고가 높고 P_2O_5 와 유기물 함량이 많은 곳에 신갈나무, 노린재나무 및 물푸레나무가 주로 분포하고, 해발고가 중간이고 P_2O_5 와 유기물 함량이 중간인 곳

Table 2. Environmental data of each plot in Mt. Baekun

Plot No.	Environmental factors										
	pH	OM (%)	Ca ⁺⁺ (me/100g)	Mg ⁺⁺ (me/100g)	K ⁺ (me/100g)	P ₂ O ₅ (ppm)	C.E.C (me/100g)	T-N (%)	Elevation (m)	Aspect	Slope (%)
1	4.7	11.58	2.2	0.9	1.44	4.7	-	-	680	E	14
2	4.8	13.46	1.9	0.6	0.84	13.4	-	-	720	WN	15
3	4.7	9.80	1.4	0.6	1.04	54.0	-	-	722	WE	12
4	5.1	19.86	6.5	1.3	1.44	1.3	-	-	845	WS	10
5	4.8	14.24	1.8	0.8	1.84	14.9	-	-	950	S	20
6	4.6	16.34	1.0	0.4	0.97	14.4	-	-	955	W	20
7	4.3	12.52	1.2	0.6	1.27	10.8	-	-	760	S	20
8	4.6	8.08	0.4	0.2	1.08	15.4	-	-	650	WE	16
9	4.8	13.16	3.0	0.9	14.7	11.9	-	-	670	E	13
10	4.8	12.32	3.3	0.9	1.58	10.2	-	-	700	S	15
11	5.0	9.80	7.0	1.7	2.84	16.2	-	-	730	E	15
12	4.8	13.30	3.7	0.8	1.44	67.5	-	-	780	WS	26
13	4.9	8.24	4.4	1.2	1.80	29.9	-	-	810	WS	15
14	4.8	9.22	3.1	0.8	1.52	15.7	-	-	850	WS	14
15	4.8	6.10	0.4	0.2	0.90	17.8	-	-	620	WS	55
16	4.8	14.16	10.5	2.5	1.35	44.4	-	-	650	S	45
17	4.9	12.82	4.3	1.3	1.64	18.4	-	-	710	SE	40
18	4.9	16.46	9.3	1.8	1.89	23.8	-	-	730	WS	55
19	5.6	10.22	13.2	2.6	1.71	8.2	-	-	750	WS	43
20	5.0	15.16	8.3	2.6	1.77	44.3	-	-	790	WS	40
21	4.7	8.50	2.5	0.7	1.37	12.6	-	-	970	WS	25
22	4.6	14.46	1.2	0.4	1.15	11.2	-	-	990	S	45
23	4.6	17.02	0.3	0.2	0.82	10.7	-	-	1,020	S	65
24	4.9	11.50	1.5	0.6	0.33	40.0	12.4	0.22	480	SE	70
25	4.8	10.10	2.1	0.6	0.32	38.0	13.0	0.25	510	S	70
26	5.0	10.50	3.0	0.9	0.38	22.0	14.3	0.29	530	WS	70
27	5.3	9.70	7.4	1.2	0.70	28.0	9.4	0.23	550	SE	40
28	5.2	12.10	9.4	2.3	0.69	38.0	12.4	0.29	610	SE	40
29	4.6	17.50	1.5	0.6	0.44	39.0	8.5	0.45	680	WS	50
30	4.5	16.50	2.0	1.0	0.64	55.0	13.6	0.41	700	S	31
31	4.7	14.60	5.0	2.0	0.69	40.0	7.8	0.31	710	ES	20
32	5.2	14.70	4.4	2.0	0.66	24.0	9.1	0.27	740	E	30
33	4.7	13.90	4.5	1.6	0.47	62.0	11.5	0.25	770	WS	40
34	4.5	13.60	2.8	1.5	0.61	73.0	8.9	0.23	790	S	45
35	4.6	11.00	1.2	0.6	0.43	30.0	9.2	0.22	810	S	42
36	4.7	10.70	0.7	0.4	0.38	43.0	8.5	0.22	840	WS	50
37	4.6	14.60	2.1	1.1	0.59	44.0	12.8	0.27	880	S	50
38	4.5	11.20	1.3	0.5	0.28	37.0	10.1	0.21	870	ES	55
39	4.2	12.90	2.3	1.1	0.53	73.0	9.3	0.33	900	E	38
40	4.3	10.80	0.8	0.5	0.21	37.0	8.5	0.31	870	NE	15
41	4.4	10.50	0.8	0.4	0.24	46.0	10.4	0.23	840	NE	36
42	5.4	10.20	7.3	3.6	0.46	25.0	11.4	0.21	780	NE	45
43	5.6	7.70	7.9	2.5	0.57	23.0	13.9	0.20	600	E	30
44	4.9	11.10	1.4	0.7	0.57	48.0	7.6	0.21	630	NE	40
45	4.3	13.80	0.5	0.3	0.27	39.0	7.2	0.22	650	NE	50
46	4.7	12.30	1.7	0.6	0.39	35.0	9.7	0.32	660	EN	52
47	4.7	15.40	0.8	0.5	0.29	40.0	8.6	0.44	740	E	60
48	4.7	11.90	1.0	0.5	0.32	37.0	9.8	0.31	760	E	45
49	4.4	18.80	1.4	0.6	0.30	100.0	10.2	0.45	730	E	50
50	4.2	20.70	1.5	0.7	0.36	154.0	9.5	0.49	720	N	45
51	4.3	16.70	1.7	0.8	0.32	175.0	10.8	0.41	690	EN	45
52	5.5	20.10	16.0	2.3	0.67	121.0	18.9	0.44	620	EN	36
53	5.3	16.10	14.2	2.7	0.59	126.0	17.5	0.45	930	S	55
54	5.2	13.40	9.6	2.1	0.45	47.0	12.1	0.34	960	WS	70
55	5.0	13.70	8.7	1.6	0.54	141.0	10.8	0.34	1,000	WS	55
56	4.7	15.20	7.2	1.8	0.49	117.0	9.5	0.31	1,050	WS	60
57	4.5	14.70	1.1	0.3	0.32	139.0	8.7	0.39	1,080	S	59
58	4.4	15.70	2.5	0.7	0.32	98.0	10.5	0.42	1,100	NW	50
59	4.6	15.00	3.0	0.8	0.41	245.0	11.4	0.23	1,150	W	7
60	4.5	16.40	4.3	1.2	0.50	118.1	12.1	0.43	1,080	W	50
61	4.2	15.80	1.4	0.5	0.33	33.0	8.2	0.34	1,010	WS	50
62	5.2	14.30	8.2	1.4	0.52	94.0	10.1	0.22	810	S	13
63	5.0	17.50	15.6	3.5	0.81	174.0	19.9	0.45	730	W	2

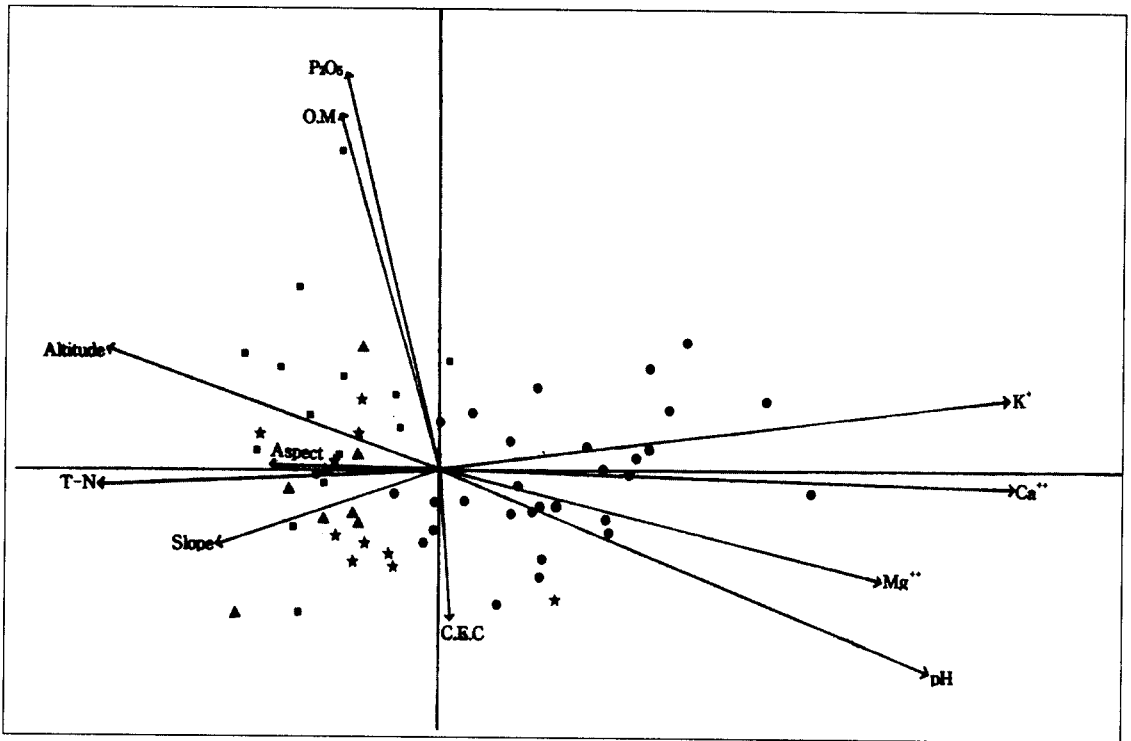


Figure 3. Mt. Baekun vegetation data: CCA Ordination diagram with plots and environmental variables(arrow)

★ = *Carpinus laxiflora* community, ● = *Acer mono* community
 ■ = *Quercus mongolica* community, ▲ = *Quercus variabilis* community

Table 3. Mt. Baekun vegetation data from Figure 3 ; canonical coefficients and the inter set correlation of environmental variables with the first two axes of canonical correspondence analysis. For a description of variables, see Figure 3

Variables	Canonical coefficient		Correlation coefficients	
	1	2	1	2
pH	-0.086	0.099	0.600**	-0.206
O.M	-0.145	0.307	-0.123	0.366**
P ₂ O ₅	0.081	0.397	-0.114	0.411**
K ⁺	0.448	0.351	0.700**	0.076
Ca ⁺⁺	0.972	0.072	0.706**	-0.015
Mg ⁺⁺	-0.318	-0.334	0.545**	-0.112
C.E.C	0.019	-0.200	0.009	-0.015
Slope	-0.010	0.207	-0.273*	-0.076
T-N	-0.163	-0.215	-0.419**	-0.019
Altitude	0.116	0.244	-0.408**	0.122
Aspect	-0.012	0.082	-0.208	0.002
Eigenvalue	0.499	0.217		

* p<0.05; ** p<0.01

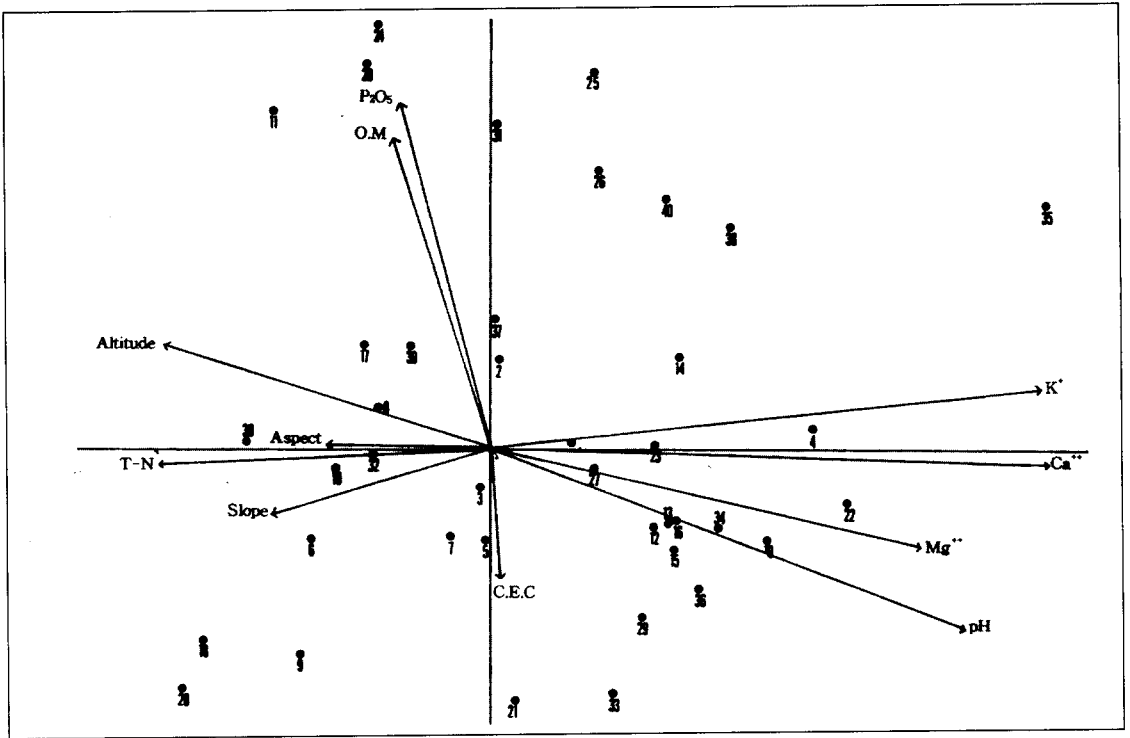


Figure 4. Mt. Baekun vegetation data: CCA Ordination diagram with tree species(number) and environmental variables(arrow)

1. *Lindera erythrocarpa* 2. *Acer pseudosieboldianum* 3. *Carpinus laxiflora* 4. *Acer mono* 5. *Styrax japonica* 6. *Quercus serrata* 7. *Magnolia sieboldii* 8. *Lindera obtusiloba* 9. *Quercus variabilis* 10. *Styrax obassia* 11. *Quercus mongolica* 12. *Carpinus cordata* 13. *Morus bombycis* 14. *Fraxinus mandshurica* 15. *Cornus controversa* 16. *Meliosma myriantha* 17. *Stewartia koreana* 18. *Fraxinus sieboldiana* 19. *Meliosma oldhamii* 20. *Symplocos chinensis* for. *pilosa* 21. *Actinidia polygama* 22. *Zelkova serrata* 23. *Euonymus sachalinensi* 24. *Fraxinus rhynchophylla* 25. *Tripterygium regelii* 26. *Staphylea bumalda* 27. *Prunus sargentii* 28. *Rhododendron schlippenbachii* 29. *Corylus heterophylla* var. *thunbergii* 30. *Platycarya strobilacea* 31. *Ilex macropoda* 32. *Cornus kousa* 33. *Philadelphus schrenckii* 34. *Zanthoxylum planispinum* 35. *Celtis sinensis* 36. *Euonymus alatus* for. *ciliatodentatus* 37. *Acer palmatum* 38. *Deutzia glabrata* 39. *Pyrus ussuriensis* 40. *Euonymus oxyphyllus*

에 서어나무, 비목, 당단풍, 졸참나무, 노각나무, 쪽동백나무 및 때죽나무가 주로 분포하며, 해발고가 낮고, K⁺, Ca⁺⁺ 및 Mg⁺⁺ 등의 양료가 많은 곳에 까치박달나무, 층층나무, 느티나무, 고로쇠나무 및 들메나무가 주로 분포하고 있어, 해발고가 낮고 K⁺, Ca⁺⁺ 등의 무기양료와 C.E.C가 높은 계곡부에 까치박달나무, 고로쇠나무 및 들메나무 등이 분포한다고 보고한 연구(장규관, 1996)와 일치하는 것으로 나타났다.

인용문헌

김갑덕, 김재생(1983) 백운산 삼림군집의 식물사회학

적 연구, 서울대농대 연습림 보고, 19:1-19.

김갑덕, 김태욱, 김준선(1991) 전남 백운산 별채지역의 삼림생태계 천이에 관한 연구(Ⅰ) 전남 백운산 북사면 천연림 개체군 분포 및 군집의 천이, 서울대 농대 연습림보고 27:54-64.

김갑덕, 김태욱, 이경재, 박인협(1982) 백운산지역 천연림의 물질생산에 관한 연구, 서울대학교 연습림보고 18:1-11.

김갑덕, 박인협(1986) 백운산지역 능선부 신갈나무림의 물질생산에 관한 연구, 서울대학교 연습림보고 22:1-9.

김의경, 윤여창, 손철호(1995) 백운산 자연생태계 보호지역에 있어서 임업적 이용 생태계 보전에 관한 연

- 구. 경상대학교 농과대학 부속연습림 연구보고, 5:75-83.
- 김종홍, 이석면(1990) 백운산 삼림식생의 유형 분석. 순천대학교 기초과학연구, 1:163-170.
- 김태욱, 김준선, 장석모(1992) 전남 백운산 벌채지역의 삼림생태계 천이에 관한 연구(Ⅲ) 전남 백운산 남사면 천연림의 군집구조 및 신갈나무 개체군분포. 서울대 농대연습림보고, 28:1-12.
- 농촌진흥청(1988) 토양 화학성분 분석법. 농촌진흥청 농업기술연구소, 459쪽.
- 박명규, 박태식, 박인협(1984) 백운산지역 고로쇠나무의 분포에 관한 연구. 서울대 농대연습림보고, 20:1-20.
- 송호경, 장규관, 권기원(1994) TWINSpan과 DCCA Ordination에 의한 오대산 삼림군락의 분석. 충남대학교 환경연구보고 11:47-54.
- 송호경, 장규관, 오동훈(1998) 설악산국립공원 지역의 신갈나무 군집과 환경의 상관관계 분석. 환경생태학회지, 11(4):462-468.
- 유재은, 송호경(1989). Classification과 Ordination에 의한 속리산 삼림군집의 분석. 충남대학교 환경연구소 연구보고, 7:1-8.
- 이창복(1985) 대한식물도감. 향문사, 서울, 990쪽.
- 장규관(1996) 강원도 신갈나무림의 군락생태학적 연구. 충남대학교. 박사학위논문, 91쪽.
- 장규관, 송호경, 김성덕(1997) 식물사회학적 방법과 TWINSpan에 의한 강원도 신갈나무림의 분류에 관한 연구. 한국임학회지, 86(2):214-222.
- 정진철 외 4인(1997) TWINSpan과 Ordination에 의한 운장산 삼림군락과 환경의 상관관계 분석. 한국임학회지, 86(4):459-465.
- 환경처(1990) 현존식생도. 전라남도, 제주도, 182쪽.
- Curtis, J. T. and R. P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin. *Ecol.* 32: 476-496.
- Greig-Smith, P.(1983) Quantitative plant ecology. 3rd ed. Blackwell, Oxford.
- Hill, M. O.(1979a) DECORAN A - A FORTRAN Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. Ithaca, N. Y. Cornell Univ. Press. p. 100.
- Hill, M. O.(1979b) TWINSpan - A FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an Orderly Two-Way Table by Classification of the Individuals and Attributes. Ithaca, N. Y. Cornell Univ. Press. p. 50.
- Hill, M. O. and H. G. Jr. Gauch(1980). Detrended Correspondence Analysis an improved ordination technique. *Vegetatio* 42:47-58.
- Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg(1974) Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons. New York. p. 547.
- Ter Braak, C. J. F.(1986) Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecol.* 67:1167-1179.
- Ter Braak, C. J. F.(1987a) CANOCO - A FORTRAN program for canonical community ordination by [partial] [detrended] [canonical] correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis(version 2. 1) TNO Institute of Applied Computer Science, Statistics Department, Wageningen, The Netherlands.
- Ter Braak, C. J. F.(1987b) The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio* 69:69-77.
- Ter Braak, C. J. F.(1988) CANOCO - an Extension of DECORANA to Analyze Species - Environmental Relationships. *Vegetatio* 75:159-160.
- Wittaker, R. H.(1951) A Criticism of the plant association and climax concepts. *Northwest Sci.* 25:17-31.