

TWINSpan과 Ordination에 의한 雲長山 森林群落과 環境의 相關關係 分析^{1*}

鄭鎮澈² · 張圭寬³ · 崔正鎬² · 張石其² · 吳東勳⁴

An Analysis of Vegetation-Environment Relationship and Forest Community in Mt. Unjang by TWINSpan and Ordination^{1*}

Jin Chul Chung², Kyu Kwan Jang³, Jeong Ho Choi²,
Seog Ki Jang² and Dong Hoon Oh⁴

요 약

운장산의 삼림군락에 영향을 미치는 환경인자를 조사하여 TWINSpan과 DCCA Ordination을 이용하여 분석한 결과는 다음과 같다.

TWINSpan에 의해서 들메나무, 층층나무, 고로쇠나무, 개서어나무, 개서어나무-졸참나무, 신갈나무 군락 등 6개 군락으로 분류되었다.

주요 군락과 환경요인과의 상관관계를 보면 들메나무, 층층나무, 고로쇠나무 군락은 해발고가 비교적 높고 유기물이 많은 계곡 및 평탄부에 분포하고 있었으며 개서어나무, 개서어나무-졸참나무 군락은 해발고가 낮고 MgO, CaCO₃ 등이 많은 곳에, 신갈나무 군락은 해발고가 높고 MgO, CaCO₃ 등이 적은 곳에 분포하고 있었다.

전체 조사구에서 중요치가 가장 높은 종은 신갈나무였으며 층층나무, 고로쇠나무, 들메나무-졸참나무, 개서어나무, 당단풍, 비목나무, 쪽동백나무 및 생강나무 순이었다.

ABSTRACT

In order to determine ecological niches of forests in Mt. UnJang, the studies were analyzed on the methods of TWINSpan and DCCA ordination. The results are summarized as follows :

Six communities determined by TWINSpan : *Fraxinus mandshurica*, *Cornus controversa*, *Acer mono*, *Carpinus tschonoskii*, *Carpinus tschonoskii-Quercus variabilis*, and *Quercus mongolica* community.

In the relations of major community and environmental factors, *Fraxinus mandshurica*, *Cornus controversa*, and *Acer mono* community were distributed valley or evenness in the rich of organic matter. Elevation was high comparatively. *Carpinus tschonoskii* and *Carpinus tschonoskii-Quercus variabilis* community were distributed in the low elevation, in rich of MgO and CaCO₃. *Quercus mongolica* community were distributed in the high elevation, in low of MgO, CaCO₃. The factors in influencing community distribution were elevation.

The importance value in all the quadrats sampled, *Quercus mongolica* recorded the highest and the next values then came those *Cornus controversa*, *Acer mono*, *Fraxinus mandshurica*, *Quercus vari-*

¹ 接受 1997年 8月 21日 Recieved on August 21, 1997.

² 원광대학교 생명자원과학대학 College of Life science and natural resource Wonkwang University, Iri, Korea.

³ 원광대학교 자연식물원 Botanical Garden, Wonkwang University, Iri, Korea.

⁴ 전라북도농촌진흥원 Administration Development Rural Provincial Chonbuk.

* 96년도 원광대학교 학술연구조성비(교비) 지원에 의한 연구 논문

abilis, *Carpinus tschonoskii*, *Acer pseudosieboldianum* *Lindera erythrocarpa*, *Styrax obassia* and *Lindera obtusiloba* in the orders.

Key words : Mt. UnJang, TWINSPAN, DCCA

서 론

산림 군집은 유기적, 무기적 환경 인자에 따라 군집을 구성하고 있는 종이 시간적, 공간적으로 발전하면서 그 구조가 달라지며 군락을 분류하고, 군락과 환경 인자와의 상관 관계를 분석하는 데는 TWINSPAN(Two-way INdicator Species ANalysis)과 Ordination 방법이 폭넓게 사용되고 있다.

TWINSPAN은 표집종을 분석하기 위해 최초로 개선된 FORTRAN 프로그램으로 Braun-Blanquet의 종 조성표에 가깝게 표의 행렬을 작성할 수 있고 과학적인 방법으로 여러 종들을 확인하므로서 간단하게 분류할 수 있도록 고안되었다(Hill, 1979b).

Ordination은 식생 표본들을 한개 또는 그 이상의 생태학적 구배에 배열하는 과정이며 다변량 Data Set에서 유형을 찾는 분석방법으로서 환경 인자를 직접 이용하는 직접구배 분석과 임분사이의 식생 거리를 바탕으로 식생을 배열(Bray와 Curtis, 1957)하는 간접구배 분석 방법이 있다.

본 연구에 사용한 DCCA(Detrended Canonical

Correspondence Analysis)는 환경 인자의 변이에 따라 종을 배열(Ter Braak, 1986, 1987b, 1988)하고, 종과 환경의 상관 관계를 밝히며, 환경 변이에 따른 종의 반응에 대한 특별한 문제들을 조사하기 위하여 사용되었다(Skarpe, 1986 ; Cramer와 Hytteborn, 1987).

한편 국내에서 속리산 삼림군집(유재은과 송호경, 1989), 무등산의 삼림군락(김창환과 길봉섭, 1992), 중왕산 삼림군집(송 등, 1992), 오대산 삼림군락(송 등, 1994), 반덕산의 삼림군락(정 등, 1994) 등의 연구에서 TWINSPAN과 DCCA를 이용하여 군락을 분류하고 환경변이에 따른 군락과 종의 상관관계를 분석한 바 있다.

따라서 본 연구는 운장산 삼림식생을 대상으로 군락을 분류하고 환경변이에 따른 군락과 종의 반응을 규명하기 위하여 TWINSPAN 및 DCCA Ordination 방법을 사용하여 분석하였다.

조사 및 분석방법

1. 조사지 개황

운장산은 행정구역상 전북 완주군과 진안군의 경계를 이루며 북위 35° 54' 과 동경 127° 21' 에

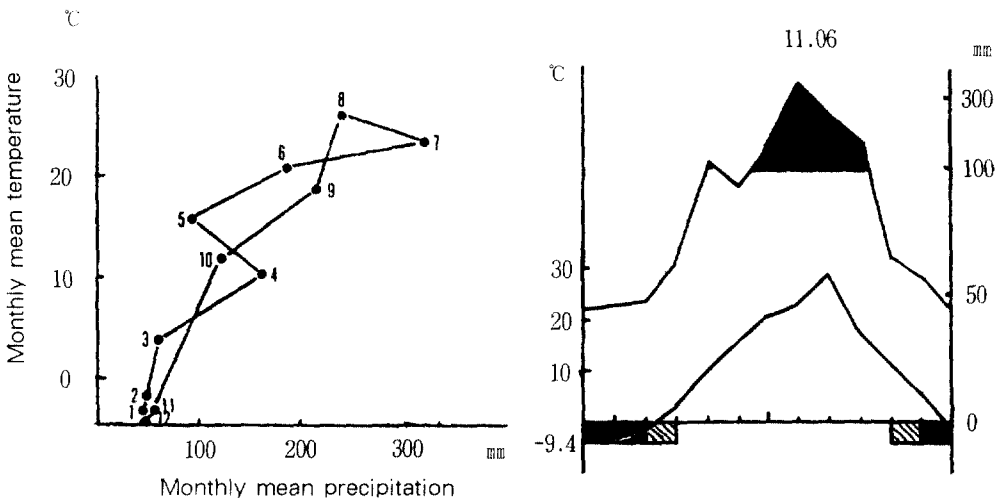


Fig. 1. Climograph and climate diagram of Yimsil near Mt. UnJang

위치한 노령산맥의 최고봉으로 해발 1,125m이며, 산의 정상부는 서봉, 중봉 및 동봉 등 3개의 봉우리가 솟아 있다. 이 지역내 임실 기상관측소 기상자료에 따르면(1980 ~ 1991년) 연평균 최고기온은 14.85℃, 최저기온은 4.93℃, 평균기온은 11.06℃, 평균강수량 1493mm, 습도 76.7%며 월평균 강수일수는 10.92일, 일조시수는 172.8시간이었으며 이중 6, 7, 8, 9월의 강수량(Fig. 1)은 972.1mm로 전체의 65%를 차지하고 있어 여름철에 집중되는 하계다우형으로 식물군계는 남부 아구(이우철과 임양재, 1978), 식물군계는 냉온대 남부(Yim과 Kira, 1976)에 속하는 기후적 특성을 나타내고 있다.

2. 식생 및 환경조사

식생 조사는 Braun-Blanquet에 기초를 둔 Mueller-Dombois와 Ellenberg(1974)의 relev'e method에 의하여 운장산 전지역을 대상으로 1995년 4월부터 96년 7월까지 1 : 25,000의 지형도를 이용하여 65개의 방형구(15m×15m)를 설치하고 흉고직경 2cm 이상의 수목을 대상으로 매목 조사를 실시하였다.

임지 환경 요인은 조사지의 방위 및 해발고를 측정하였으며, 방위는 콤팩스(8방위), 해발고는 Altimeter를 이용하여 측정하였다. 토양시료는 각 방형구 3개 지점의 A층에서 1Kg의 시료를 각각 채취하여 혼합시킨 후 분석에 사용되었다.

3. 토양 분석

본 연구 조사지의 토양 산도는 토양시료와 증류수를 1 : 5로 희석한 초자전극법으로 측정하였으며, 모든 화학 분석은 토양화학 분석방법(농촌진흥청, 1979)에 따랐다. 유기물 함량은 Tyurin 법, 유효인산은 Lancaster법으로 정량하였다. 치환성 Na⁺, CaCO₃ 및 MgO 등은 원자흡광분광 분석법, K⁺은 염광분광 분석법을 이용하였으며, SiO₂는 비색법, NO₃는 Brucine법, 양이온치환능 및 수소는 Brown법을 사용하였다.

4. Ordination 분석

식생 조사의 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 종조성

을 나타내는 vegetational data matrix를 작성하였으며, 또한 야외 조사와 실험실 측정 결과 얻어진 환경 요인들을 이용하여 environmental data matrix를 작성하였다.

Classification은 Hill(1979a)의 TWINSPLAN을 이용하였으며 얻어진 자료는 0%, 2%, 5%, 10%, 20%의 cut level이 사용되었다. 각 조사구에서 20%이상의 중요치를 그 조사구의 우점종으로 간주하였다.

Ordination은 DCA (Detrended Correspondence Analysis)의 확장인 DCCA를 이용하였으며(Hill, 1979a ; Hill과 Gauch, 1980), 이 방법은 다변량의 직접 구배 분석 방법으로 Ter Braak(1987a)의 CANOCO를 사용하여 분석하였다.

5. 종의 우점도 분석

식생조사에서 얻은 자료를 이용하여 Curtis와 McIntosh(1951)의 방법에 따라 중요치를 산출하였다.

결과 및 고찰

1. 중요치 분석

조사된 65개 플롯에서 출현한 주요 수종의 중요치는 Table 1과 같았다.

Table 1에서 보는 것처럼 신갈나무, 층층나무, 고로쇠나무, 들메나무, 굴참나무, 개서어나무, 당단풍, 비록나무, 쪽동백나무, 생강나무, 물푸레나무, 산벚나무, 노린재나무, 함박꽃나무 순으로 나타났는데 이는 정 등(1996)의 보고와 비슷한 경향으로 나타났다. 신갈나무의 중요치가 다른 수종에 비하여 높은 이유는 천이의 도중상으로 교목층에서 우점을 형성하고 있기 때문이며 특히 해발고가 높을 수록 생태적 지위를 차지하고 있는 것으로 판단되며, 정 등(1996)도 신갈나무는 해발고가 높을 수록 중요치가 증가한다고 보고한 바 있다. 층층나무, 고로쇠나무 및 들메나무의 중요치가 높은 것은 계곡의 사면, 평탄지 등 토심이 깊은 곳에서 많이 출현하고 교목층에서 우점을 형성했기 때문이며 김창환과 길봉섭(1991)도 고로쇠나무는 건조한 지역에서 습한 곳으로 갈수록 중요치가 증가한다고 보고한바 있다. 굴참나무와 개서어나무의 경우는 이들의 생태적인 지위를 감안할 때 해발고가 비교적 낮은 곳으로 온대남부 지대에서 굴참나무 군락이 개서

Table 1. The importance value of major tree species in the investigated area of Mt. UnJang

Species	IV
<i>Quercus mongolica</i>	56.59
<i>Cornus controversa</i>	24.20
<i>Acer mono</i>	19.89
<i>Fraxinus mandshurica</i>	17.72
<i>Quercus variabilis</i>	17.05
<i>Carpinus tschonoskii</i>	15.31
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	13.90
<i>Lindera erythrocarpa</i>	13.68
<i>Styrax obassia</i>	12.33
<i>Lindera obtusiloba</i>	11.99
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	9.84
<i>Prunus sargentii</i>	7.27
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	7.22
<i>Magnolia sieboldii</i>	7.13
<i>Morus bombycis</i>	6.51
<i>Staphylea bumalda</i>	4.85
<i>Zelkova serrata</i>	4.48
<i>Styrax japonica</i>	4.26
<i>Euonymus oxyphyllus</i>	4.00
<i>Quercus serrata</i>	3.81
<i>Pinus densiflora</i>	3.49
<i>Platycarya strobilacea</i>	3.44
<i>Actinidia polygama</i>	3.18
<i>Quercus acutissima</i>	2.90
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	2.41
<i>Celtis sinensis</i>	1.99
<i>Actinidia arguta</i>	1.92
<i>Cornus kousa</i>	1.66
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	1.50
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	1.11
<i>Carpinus cordata</i>	1.08
<i>Phellodendron amurense</i>	1.05
<i>Euonymus sachalinensis</i>	1.05
<i>Diospyros lotus</i>	1.04
<i>Stewartia koreana</i>	1.04

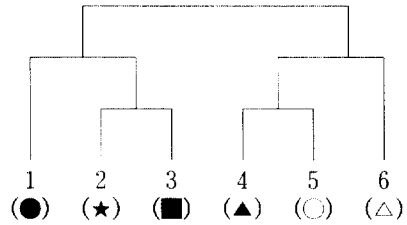


Fig. 2. The pathway of subdivision into groupings of Mt. UnJang vegetation using TWINSPAN.

1. *Fraxinus mandshurica* community.
2. *Cornus controversa* community.
3. *Acer mono* community.
4. *Carpinus tschonoskii* community.
5. *Carpinus tschonoskii* - *Quercus variabilis* community.
6. *Quercus mongolica* community.

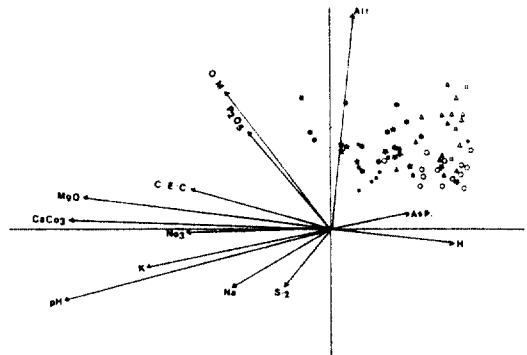


Fig. 3. Mt. UnJang vegetation data : DCCA ordination diagram with plots and environmental variables(arrow). The plots are : ● *Fraxinus mandshurica* community, ★ *Cornus controversa* community, ■ *Acer mono* community, ▲ *Carpinus tschonoskii* community, ○ *Carpinus tschonoskii* - *Quercus variabilis* community, △ *Quercus mongolica* community. Alt ; Altitude. Asp ; Aspect.

어나무 군락으로 천이가 진행되는 도중상이라 사료되며 당단풍, 비목나무, 쪽동백나무 등은 아교목 층에서 우점을 형성하고 있기 때문이다.

2. TWINSPAN에 의한 군락분류

흉고직경 2cm 이상의 매목조사에서 얻은 정량적 측정치를 이용하여 운장산 산림식생을 TWINSPAN으로 분석한 결과는 Fig. 2 같다.

Fig. 2에서 보는 것처럼 TWINSPAN 분석결

과 운장산의 삼림식생은 제1축에서 들메나무 군락과 신갈나무군락으로 분리되고 제2축에서는 총층나무, 고뢰쇠나무, 개서어나무 및 개서어나무-굴참나무군락 등 6개 군락으로 분리되었다.

3. Ordination분석

65개 플롯에서 흉고직경 2cm이상이 출현한 종수는 71종이었으며 이중 Ordination에 사용된 종수는 40종으로 DCCA로 분석한 결과는 Fig. 3,

4와 같다.

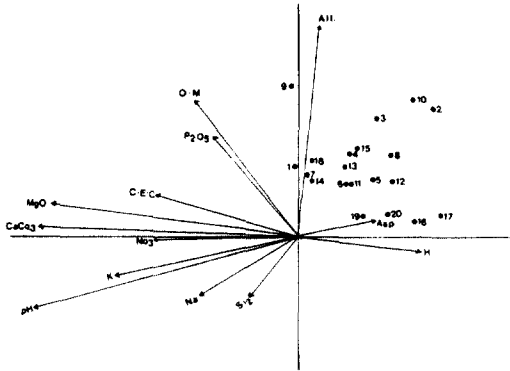


Fig. 4. Mt. Un Jang vegetation data : DCCA ordination diagram with tree specise(number) and environmental variables(arrow). The number are ; 1 *Acer mono*. 2 *Quercus mongolica*. 3 *Acer pseudosieboldianum*. 4 *Lindera obtusiloba*. 5 *Styrax obassia*. 6 *Lindera erythrocarpa*. 7 *Cornus controversa* 8 *Fraxinus rhynchophylla*. 9 *Fraxinus mandshurica*. 10 *Symplocos chinensis* for. *villosa*. 11 *Prunus sargentii*. 12 *Magnolia sieboldii*. 13 *Morus bombycis*. 14 *Euonymus oxyphyllus*. 15 *Staphylea bumalda*. 16 *Carpinus tschonoskii*. 17 *Quercus variabilis*. 18 *Zelkova serrata*. 19 *Styrax japonica*. 20 *Quercus serrata*. Alt ; Altitude. Asp ; Aspect.

Fig. 3은 TWINSpan에 의하여 선정된 6개 군락의 주요 우점종과 13개의 환경 요인들을 DCCA Ordination 분석 결과 최초 1, 2축에 의한 I/II 평면 상에 나타낸 것이다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 운장산의 삼림군락은 13개의 환경요인에 따라 분포하고 있으며, 이를 환경요인들과 DCCA Ordination 결과에 의한 제 1, 2축의 상관 관계를 살펴보면 여러 환경 요인들이 군락의 분포와 상관관계가 있음을 알 수 있었다 (Table 2).

제1축에서는 CaCO₃이 가장 높은 상관 관계가 있었음을 알 수 있었으며 다음으로는 MgO, pH 및 K⁺ 등이 상관 관계가 높았고, 제2축에서 가장 높은 상관 관계를 나타낸 것은 해발고와 유기물이었다.

제1축과 제2축에서 상관 관계가 가장 높은 것을 기준으로 할 때 군락에 영향을 미치는 중요한 환경요인은 CaCO₃과 해발고이었으며 그 중에서도 온도와 직접적인 관련이 있는 해발고와 유기물이 상관관계가 큰 것을 알 수 있었다. 이는 유재은과 송호경(1989), 송 등(1990), 정 등(1994)의 연구 결과와 일치하는 경향을 나타냈다.

주요 군락과 환경요인과의 상관관계를 보면 들메나무, 층층나무, 고로쇠나무 군락은 해발고가 비교적 높고 유기물이 많은 계곡 및 평탄부에 분

Table 2. Mt. UnJang vegetation data from Fig. 3,4 ; canonical coefficients and the inter set correlation of environmental variables with the first two axes of detrended canonical correspondence analysis for a description of variable, see Fig. 3,4 legend.

Axis Variables	Canonical coefficient		Correlation coefficients	
	1	2	1	2
pH	-0.329	-0.044	-0.814**	-0.180
O.M	0.047	0.293	-0.374**	0.416**
P ₂ O ₅	0.092	-0.153	-0.282*	0.309*
NH ₄	-0.052	0.017	0.191	0.210
NO ₃	-0.003	-0.060	-0.453**	0.028
K ⁺	-0.101	0.072	-0.571**	-0.090
CaCO ₃	-0.154	-0.033	-0.847**	0.023
MgO	-0.512	-0.257	-0.819**	0.080
C.E.C	0.057	0.221	-0.468**	0.131
SiO ₂	-0.053	-0.155	-0.148	-0.176
H	0.077	-0.130	0.388**	-0.050
Na ⁺	0.041	0.280	-0.303*	-0.178
Altitude	-0.093	0.567	0.069	0.705**
Aspect	0.099	-0.053	0.266	0.084
Eigenvalue	0.570	0.284		

* P <.05 ; ** <.01.

포하고 있으며 개서어나무, 개서어나무-굴참나무 군락은 해발고가 낮고 MgO, CaCO₃ 등이 많은 곳에 분포하며, 신갈나무 군락은 해발고가 높고 MgO, CaCO₃ 등이 적은 곳에 분포하고 있었다.

Fig. 4는 운장산에 출현하는 주요 우점종과 13개의 환경 요인들을 DCCA Ordination 분석 결과 최초 1, 2축에 의한 I/II 평면 상에 나타낸 것이다. 주요수종과 환경과의 상관관계를 보면 해발고가 높았고, MgO, CaCO₃ 등이 적은 곳에는 신갈나무, 노린재나무, 당단풍나무가 해발고가 비교적 높고 유기물이 많은 계곡 및 평탄부에는 들메나무, 느티나무, 고로쇠나무 및 층층나무가 분포하였으며, 해발고가 낮은 곳에는 개서어나무 굴참나무, 졸참나무 및 때죽나무 등이 분포하고 있었다. 이는 습하고 Mg, Ca 및 C.E.C 등의 양료가 많은 계곡부에 들메나무와 고로쇠나무가 분포하고 해발고가 낮은 능선부의 건조한 곳에 물푸레나무, 생강나무, 소나무 등이 분포한다는 장규관(1996)의 보고와 들메나무, 고로쇠나무 및 느티나무는 습한 곳 층층나무는 비교적 습한 곳 굴참은 건조한 곳에 분포한다는 김창환과 길봉섭(1991)의 결과와 일치하는 경향을 보였다.

인용문헌

1. 김창환·길봉섭. 1991. 서열법에 의한 전북 장안산 삼림군락 분석. 한국생태학회지. 14(3): 231-241
2. 김창환·길봉섭. 1992. DCCA와 Polar Ordination에 의한 무등산의 삼림군락분석. 한국생태학회지. 15: 117-125.
3. 농촌진흥청 농업기술연구소. 1979. 토양화학 분석법. 농촌진흥청. 321pp.
4. 송호경·장규관·권기원. 1994. TWINSPAN과 DCCA에 의한 오대산 삼림군집의 분석. 충남대학교 환경연구소 연구보고. 12: 47-54.
5. 송호경·권기원·이돈구·장규관·우인식. 1992. TWINSPAN과 DCCA에 의한 중앙산 삼림군집과 환경의 상관관계 분석. 한국임학회지. 81: 247-254
6. 유재은·송호경. 1989. Classification과 Ordination에 의한 속리산 삼림군집의 분석. 충남대학교 환경연구소 연구보고. 7: 1-8.
7. 이우철·임양재. 1978. 한반도 관속식물의 분포에 관한 연구. 한국식물학회지. 8(부록): 1-33.
8. 장규관. 1996. 강원도 신갈나무림의 군락생태학적 연구. 충남대학교. 박사학위논문. 91pp.
9. 정진철·장규관·최정호. 1996. 운장산 삼림식생의 수직 분포. 원광대학교 논문집. 31: 117-126.
10. 정진철·전경수·장규관·최정호. 1994. TWINSPAN과 DCCA에 의한 만덕산의 삼림군락과 환경의 상관 관계 분석에 관한 연구. 한국임학회지. 83(2): 262-269.
11. Bray, J.R. and J.T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecol. Mono. 27: 325-349.
12. Cramer, W. and H. Hytteborn. 1987. The separation of fluctuation and longterm change in vegetation dynamics of a rising seashore. Vegetatio. 69: 157-167.
13. Curtis, J.T. and R.P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin. J. Ecol. 32: 476-496.
14. Hill, M.O. 1979a. DECORANA-A FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Ithaca, N.Y. Cornell Univ. Press. 100pp.
15. Hill, M.O. 1979b. DECORANA-A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Ithaca, N.Y. Cornell Univ. Press. 50pp.
16. Hill, M.O. and H.G. Jr. Gauch. 1980. Detrended Correspondence Analysis an improved ordination technique. Vegetatio. 42: 47-58.
17. Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley and Sons. New York. 547pp.
18. Skarpe, C. 1986. Plant community structure in relation to grazing and environmental changes along a north-south transect in the western Kalahari. Vegetatio. 68: 3-18.
19. Ter Braak, C.J.F. 1986. Canonical corre-

- spondence analysis : a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecol.* 67 : 1167-1179.
20. Ter Braak, C.J.F. 1987a. CANOCO-A FORTRAN program for canonical community ordination by [partial] [detrended] [cannical] correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis(version 2. 1) TNO Institute of Applied Computer Science, Statistics Department, Wageningen, The Netherlands.
 21. Ter Braak, C.J.F. 1987b. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio* 69 : 69-77.
 22. Ter Braak, C.J.F. 1988. CANOCO An extension of DECORANA to analyze species-environmental relationships. *Vegetatio*. 75 : 159-160.
 23. Wittaker, R.H. 1956. Vegetation of great Smoky mountain. *Ecology* 6 : 1-80.
 24. Wittaker, R.H. 1967. Gradient analysis of vegetation. *Biol. Rev.* 42 : 207-264.
 25. Wittaker, R.H. 1987. An application of detrended correspondence analysis and non-metric multidimensional scaling to the identification and analysis of environmental factor complexes and vegetation structures. *J. Ecol.* 75 : 363-376.
 26. Yim, Y.J. and T. Kira. 1976. Distribution of forest vegetation and climate Korean peninsula. II. Distribution of climatic humidity/aridity. *Jap. J. Ecol.* 26 : 157-164.