

TWINSpan과 DCCA에 의한 萬德山の 森林群落과
環境의 相關 關係 分析에 關한 研究^{1*}
鄭鎮澈² · 田瑛秀² · 張圭寬³ · 崔正鎭²

**An Analysis of Vegetation-Environment Relationship
in Mt. ManDeok by TWINSpan(Two-Way Indicator
Species Analysis) and DCCA(Detrended Canonical
Correspondence Analysis) Ordination^{1*}**
Jin Chul Chung², Kyung Soo Jeon², Kyu Kwan Jang³, Jung Ho Choi²

要 約

만덕산의 森林群落에 영향을 미치는 環境因子를 조사하여 TWINSpan과 DCCA Ordination을 이용 분석한 결과는 다음과 같다.

TWINSpan에 의해서 때죽나무, 굴참-신갈나무, 서어나무, 들메-층층나무 群落의 4개 집단으로 분류되었다.

주요群落들과 環境要因과 相關 關係를 보면 마그네슘과 유기물이 가장 많은 곳에 때죽나무 群落, 칼슘이 적은 곳에는 굴참-신갈나무 群落, 유효인산이 적은 곳에는 서어나무 群落이 分布하고 있었고 群落의 影響에 크게 작용한 것은 해발고였다.

全體 調查區에서 重要值가 가장 높은 種은 굴참나무였으며 층층나무, 졸참나무, 비목, 신갈나무, 들메나무, 산딸나무, 노린재나무, 고로쇠나무, 서어나무, 때죽나무 順이었다.

주요 우점종의 種 다양도는 굴참-신갈나무 群落이 가장 높았으며 들메-층층나무 群落이 가장 낮았다.

ABSTRACT

In order to determine ecological niches of forests in Mt. ManDeok, the studies were analyzed on the methods of TWINSpan and DCCA ordination.

The results are summarized as follows :

Four groups were determined by TWINSpan : *Styrax japonica*, *Quercus variabilis*-*Quercus mongolica*, *Carpinus laxiflora* and *Fraxinus mandshurica*-*Cornus controversa* communities.

In the relations of community structures and environmental factors, *Styrax japonica* community were distributed in the rich site of magnesium and organic matter, *Quercus variabilis*-*Quercus mongolica* community in the low potassium, *Carpinus laxiflora* community in the low available phosphorus, and the factors in influencing community distribution were elevation.

The importance value of *Quercus variabilis* recorded the highest in all the quadrats sampled and the next

¹ 接受 1994年 2月 7日 Recieved on February 7, 1994.

² 圓光大學校 農科大學 College of Agriculture, Wonkwang University, Iri, Korea.

³ 圓光大學校 自然植物園 Botanical Garden, Wonkwang University, Iri, Korea.

• 92년도 원광대학교 학술연구조성비(교비) 지원에 의한 연구 논문

values then came those *Cornus controversa*, *Quercus variabilis*, *Lindera erythrocarpa*, *Quercus mongolica*, *Fraxinus mandshurica*, *Cornus controversa*, *Symplocos chinensis* for *pilosa*, *Acer mono*, *Carpinus laxiflora*, and *Styrax japonica* in the orders.

The species diversities of major dominant species recorded the highest value in the communities of *Quercus variabilis*-*Quercus mongolica* but the lowest value in the communities of *Fraxinus mandshurica*-*Cornus controversa*.

Key words : *Mt. ManDeok* ; *TWINSPAN* ; *DCCA*

序 論

森林 群集은 環境 因子에 따라 그 群集의 구조가 달라지며 群落과 環境 因子의 相關 關係를 分析하는데 Ordination 방법이 폭넓게 사용되고 있다. Ordination은 群集의 構造를 밝히고 群集에서 植生과 環境과의 相互作用에 대한 過程을 流出해 내는 것(Ter Braak, 1986)으로 植生標本들을 한개 또는 그 이상의 生態學的 勾配에 配列하는 過程이며 多變量 Data Set에서 類型을 찾는 分析方法(Greig-Smith, 1983)이다. 이 방법은 環境 因子를 직접 사용하여 分析하는 직접구배 分析과 임분사이의 植生 距離를 바탕으로 植生을 배열(Bray and Curtis, 1957)하는 간접구배 分析 방법이 있다. DCCA는 직접구배 分析 方法으로 Weighted Averaging Ordination의 方法을 개선한 것으로 環境 因子의 變異에 따라 種을 배열(Ter Braak, 1987b)하고 種과 環境의 相關 關係를 밝히며 種과 관련된 많은 環境 變異를 표현(Scarpe, 1986. Cramer and Hytteborn, 1987. Allen, 1988)하는데 사용되었다.

최근 국내에서 TWINSPAN과 DCCA를 이용하여 植生과 環境과의 相關 關係를 分析한 것은 서울 근교 자연생 소나무림 生長에 영향을 미치는 要因 分析(조와 오, 1987), 신갈나무 群落과 環境의 相關 關係 分析(송, 1990), 무등산의 森林群落分析(김과 길, 1992), 백두산 森林群集의 分析(송과 김, 1992), 중왕산 森林群集과 環境의 相關 關係 分析(송 등, 1992)으로 많은 연구가 행하여 지고 있다.

이에 본 연구는 원광대학교 농과대학 부속 연습림이 속해있는 만덕산지역의 植生과 環境要因과의 相關 關係를 규명하기 위하여 TWINSPAN

과 DCCA Ordination 方法을 사용하여 分析하였다.

II. 調查 및 分析 方法

1. 調查地 概況

만덕산은 해발 763.8m(북위 35°47'30", 동경 127°47'30")로 그 주봉은 전북 완주군 상관면 마산리, 소양면 신촌리, 진안군 성수면 중길리 등 3개면에 위치하고 있다. 이 지역의 氣候 環境 要因은 임실 기상 관측소 기상자료에 따르면(1980-1991년) 年평균 최고 기온은 14.85°C, 최저기온은 4.93°C, 평균기온은 11.06°C, 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 현상으로 나타났다. 植物區系는 남부 아구(이와 임, 1978), 植物群系는 냉온대 남부(Yim and Kira, 1976)에 속하는 기후적 특성을 나타내고 있다.

2. 植生 및 環境 調查

植生 調查는 Braun-Blanquet에 기초를 둔 Mueller-Dombois와 Ellenberg(1974)의 relevé method에 의하여 만덕산 全域을 대상으로 1992년 9월부터 93년 7월 30일까지 1:25,000의 地形圖를 이용하여 43개의 方形區(15m×15m)를 임의로 설치(Fig. 2)하고 흉고직경 3cm 이상의 수목을 대상으로 매목조사를 실시하였다.

立地 環境 要因은 조사지의 方位 및 海拔高를 측정하였으며, 方位는 콤파스(8方位), 海拔高는 Altimeter를 이용하여 측정하였다.

土壤 環境 要因은 土壤 試料를 각 방형구에서

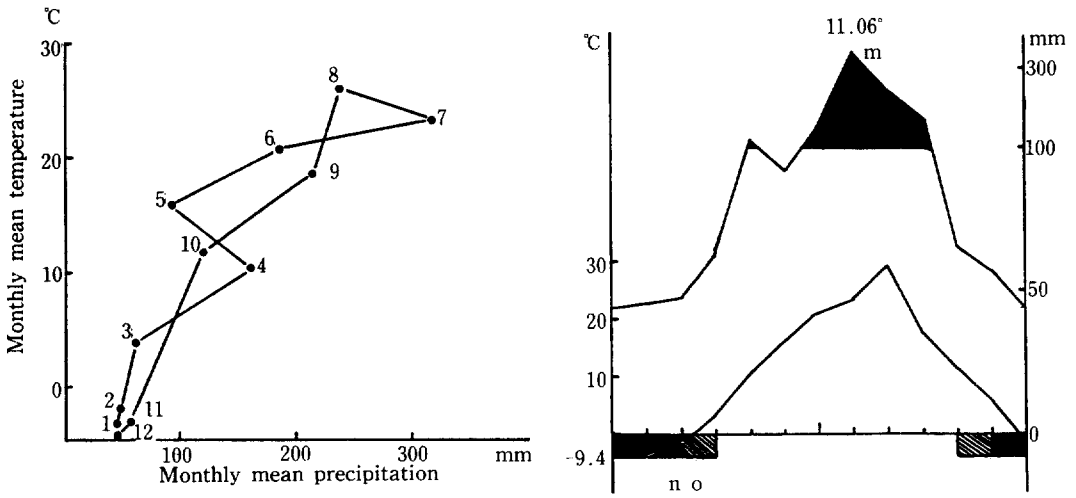


Fig. 1. Climograph and climate diagram of Yimsil near Mt. ManDeok

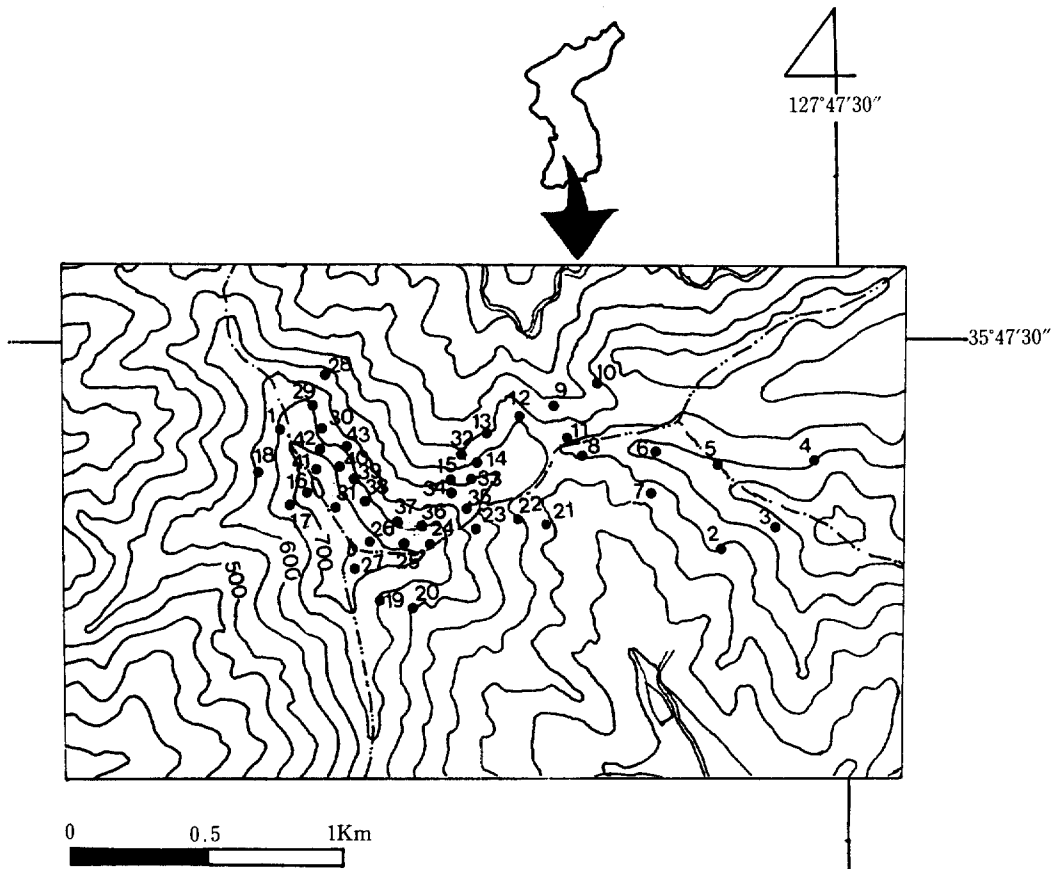


Fig. 2. Sampling plots in Mt. ManDeok

1個所씩 A층에서 2kg의 試料를 채취하여 분석하였다. 토양산도는 pH meter(1:5법)로 측정하였으며 Allen 等(1986)의 화학분석 방법에 의하여 유기물 함량은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법으로 정량하였다. 치환성 칼슘과 마그네슘은 원자흡광분광 분석법, 칼륨은 염광분광 분석법을 사용하였다.

3. Ordination 分析

植生 調査의 자료로부터 각 種의 合成值(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 種組成을 나타내는 vegetational data matrix를 작성하였으며, 또한 野外 調査와 실험실 측정 결과 얻어진 環境 要因들을 이용하여 environmental data matrix를 작성하였다.

Classification은 Hill(1979)의 TWINSpan (TWo-way INDicator SPecies ANalysis)을 이용하였으며 얻어진 자료는 0%, 2%, 5%, 10%, 20%의 cut level이 사용되었다. 각 조사구에서 20% 이상의 重要值를 그 조사구의 우점종으로 간주하였다.

Ordination은 DCA(Detrended Correspondence Analysis)의 확장인 DCCA(Detrended Canonical Correspondence Analysis)를 이용하였으며(Hill, 1979, Hill and Gauch, 1980) 이 방법은 다변량의 직접구배 분석 방법으로 Ter Braak(1987a)의 CANOCO를 사용하여 分析하였다.

4. 種의 優占度 分析

植生 調査에서 얻은 자료를 Curtis와 McIntosh(1951)방법에 따라 重要值IV를 산출하였다.

$$IV = \text{상대밀도(RD)} + \text{상대피도(RC)} + \text{상대빈도(RF)}$$

RD=어떤 종의 총 개체수/전체 종의 총 개체수

RC=어떤 종의 기저 면적/전체 종의 기저 면적

RF=어떤 종의 빈도/전체 종의 빈도의 총합한 조사구내의 종 구성 상태의 다양성을 나타내는 측도로서 Shannon의 종 다양도(H'), 최대종 다양도($H' \text{ max}$)를 산출하였고 균재도(J'),

우점도(D)를 다음 식에 의하여 구하였다.

$$H' = -(n_i/N) \log(n_i/N) \quad H' \text{ max} = \log S$$

$$J = H'/H' \text{ max} \quad D = 1 - J$$

단, N: 한 조사구내에 있어서 총 개체수

n_i : 한 조사구내에 있어서 어떤 종의 개체수

S: 종수

III. 結果 및 考察

1. Ordination

조사된 43개 플롯에서 출현한 種數는 84種이었으며 이 중 Ordination에 사용된 種數는 57種으로 TWINSpan과 DCCA에 의하여 분석한 결과는 Fig. 3, 4와 같다.

Fig. 3에서 보는 것처럼 만덕산의 森林群落은 팽죽나무 群落, 굴참-신갈나무 群落, 서어나무 群落, 들메-충충나무 群落의 4개 群落으로 나타났다.

Fig. 4는 Fig. 3에 의하여 선정된 4개 群落의 주요 優占種과 9개의 環境 要因들을 DCCA Ordination 분석 결과 최초 1, 2축에 의한 I/II 평면상에 나타낸 것이다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 만덕산의 森林群落은 9개의 環境 要因에 따라 分布하고 있으며, 이를 環境 要因들과 DCCA Ordination 結果에 의한 第一, 第二軸의 相關關係를 살펴보면 여러 環境 要因들이 群落의 分

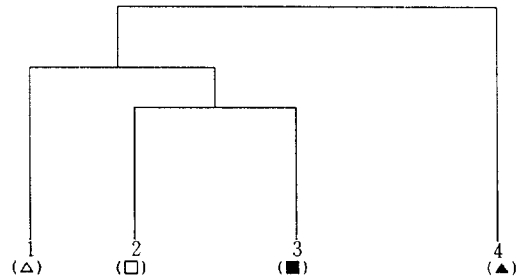


Fig. 3. The pathway of subdivision into groupings of Mt. ManDeok vegetation using TWINSpan

1. *Styrax japonica* community
2. *Quercus variabilis*-*Quercus mongolica* community
3. *Carpinus laxiflora* community
4. *Fraxinus mandshurica*-*Cornus condroversa* community

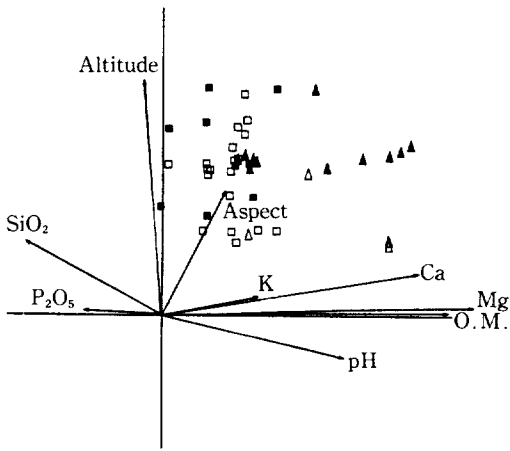


Fig. 4. Mt. ManDeok vegetation data : DCCA ordination diagram with plots and environmental variables (arrow)
 The plots are :
 Δ = *Styrax japonica* community
 □ = *Quercus variabilis*-*Quercus mongolica* community
 ■ = *Carpinus laxiflora* community
 ▲ = *Fraxinus mandshurica*-*Cornus controversa* community

布와 相關關係가 있음을 알 수 있었다 (Table 1).

第一軸에서는 마그네슘이 가장 높은 相關關係가 있었음을 알 수 있었으며 다음으로는 유기물, 칼슘, pH 등이 相關關係가 높았고, 第二軸에서 가장 높은 相關關係를 나타낸 것은 해발고였다.

第一軸과 第二軸에서 相關關係가 가장 높은 것을 기준으로 할 때 群落에 영향을 미치는 중요한 環境要因은 마그네슘과 해발고이었으며 그 중에서도 온도와 직접적인 관련이 있는 해발고가 가장 큰 것을 알 수 있었다. 이는 Classification과 Ordination에 의한 속리산 森林群集의 分析 (유와 송, 1989), DCCA에 의한 신갈나무 群落과 環境의 相關關係 分析 (송, 1990), TWINSPAN과 DCCA ordination에 의한 백두산 森林群集의 分析 (송과 김, 1992)의 연구 결과와 일치하는 경향을 나타냈다.

2. 群落別 土壤 特性

TWINSPAN에 의해서 분류된 群落別 土壤分

Table 1. Mt. ManDeok vegetation data from Fig. 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. 4.

Axis Variables	Canonical coefficient		Correlation coefficients	
	1	2	1	2
pH	0.131	0.046	0.464**	-0.111
O.M.	0.262	-0.272	0.731**	0.005
P ₂ O ₅	-0.092	0.044	-0.202	0.009
SiO ₂	-0.010	-0.182	-0.352*	-0.192
K ⁺	0.199	0.112	0.234	0.043
Ca ⁺⁺	0.094	0.160	0.660**	0.108
Mg ⁺⁺	0.357	-0.011	0.795**	0.019
Altitude	-0.092	0.511	-0.059	0.609**
Aspect	0.082	0.200	0.152	0.325*
Eigenvalue	0.499	0.261		

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

Table 2. Soil characteristics of each community in classified by TWINSPAN

Community	pH	Organic matter (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	SiO ₂ (ppm)	Exchangeable cation (me/100g)		
					K ⁺	Ca ⁺	Mg ⁺⁺
<i>Strax japonica</i>	5.48	33.65	33.25	26.38	1.37	7.28	2.69
<i>Quercus variabilis</i> - <i>Quercus mongolica</i>	5.23	12.91	38.30	20.00	1.28	1.59	0.39
<i>Carpinus laxiflora</i>	4.93	15.23	39.00	44.25	1.34	2.70	0.73
<i>Fraxinus mandshurica</i> <i>Cornus controversa</i>	5.18	30.87	35.55	27.82	1.59	10.48	2.25

Table 3. The importance value of major tree species

Species	I V
<i>Quercus variabilis</i>	30.13
<i>Cornus controversa</i>	26.78
<i>Quercus serrata</i>	20.12
<i>Lindera erythrocarpa</i>	18.42
<i>Quercus mongolica</i>	18.28
<i>Fraxinus maqadshurica</i>	17.22
<i>Cornus kousa</i>	15.70
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	15.18
<i>Acer mono</i>	12.59
<i>Carpinus laxiflora</i>	11.10
<i>Styrax japonica</i>	10.10
<i>Zelkova serrata</i>	9.98
<i>Styrax obassia</i>	8.02
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	7.04
<i>Actinidia arguta</i>	6.90
<i>Lindera obtusiloba</i>	6.43
<i>Platycarya strobilacea</i>	6.38
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	4.64
<i>Quercus dentata</i>	4.40
<i>Staphylea bumalda</i>	4.02
<i>Carpinus tschonoskii</i>	3.92
<i>Euonymus oxyphyllus</i>	3.40
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	2.87
<i>Tilia amurensis</i>	2.78
<i>Prunus sargentii</i>	2.77
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	2.70
<i>Lonicera sachalinensis</i>	2.55
<i>Tripterygium regelii</i>	2.47
<i>Viburnum erosum</i>	1.93
<i>Weigela subsessilis</i>	1.88
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	1.73
<i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i>	1.62
<i>Quercus aliena</i>	1.58
<i>Rhus succedana</i>	1.18
<i>Magnolia sieboldii</i>	1.00
∴	∴
Total	300

析 結果(Table 2)는 토양산도 4.93~5.48, 유기물 함량 12.91~33.65%, 유효인산 33.25~39.00 ppm, 규소 20.00~44.25ppm, 칼륨 1.28~1.59(me/100g), 칼슘 1.59~10.48(me/100g) 및 마그네슘 0.39~2.69(me/100g)이었다.

酸도는 서어나무 群落 이 4.93으로 가장 높았고 때죽나무 群落 이 5.48로 가장 낮았으며 유기물질은 때죽나무 群落 이 33.65%로 가장 높았고 굴참-신갈나무 群落 이 12.91%로 가장 낮았다.

유효인산은 서어나무 群落 이 39ppm으로 가장 높았고 때죽나무 群落 이 33.25ppm으로 가장 낮았으며 규소는 서어나무 群落 이 44.25ppm으로 높게 나타났고 굴참-신갈나무 群落 이 20.00ppm으로 낮게 나타났다. 칼륨과 칼슘은 들메-층층나무 群落 이 각각 1.59(me/100g), 10.48(me/100g)로 가장 높았고 굴참-신갈나무 群落 이 각각 1.28(me/100g), 1.59(me/100g)로 가장 낮았다. 마그네슘은 때죽나무 群落 이 2.69(me/100g)로 가장 높았고 굴참-신갈나무 群落 이 0.39(me/100g)로 가장 낮았다.

3. 重要值 및 多様度

Ordination에 사용된 57種의 重要值는 다음과 같다(Table 3).

Ordination에 사용된 57種의 重要值는 굴참나무, 층층나무, 졸참나무, 비목, 신갈나무, 들메나무, 산딸나무, 노린재나무, 고로쇠나무, 서어나무, 때죽나무 順으로 나타났고 졸참나무, 비목, 산딸나무, 노린재나무, 고로쇠나무의 重要值가 서어나무와 때죽나무에 비하여 높게 나타난 것은 이들이 아교목층에서 優占種을 이루었던 群落 이 많았기 때문이라 사료되며 群落別 種多様度指數는 Table 4와 같다.

出現種數는 들메-층층나무 群落 이 52種으로 가장 높았고, 서어나무 群落 은 47種으로 가장 낮았으며 種多様度는 굴참-신갈나무, 서어나무, 때죽나무, 들메-층층나무 群落 順으로 나타났다. 들메-층층나무 群落 이 비교적 안정된 반면 굴참-신갈나무 群落 이 비교적 높게 나타난 것은 굴목으로 쓰기 위한 부분적 간벌작업이 이루어졌기 때문이라 생각된다. 均在度는 굴참-신갈나무, 서어나무, 때죽나무, 들메-층층나무 群落 順으로 나타났고 우점도는 들메-층층나무 群落 이 가장 높

Table 4. Values of various diversity each community in classified by TWINSpan

Community	Species	Diversity	Max. Diversity	Evenness	Dominance
1	48	0.9950	1.6812	0.5918	0.4082
2	50	1.2200	1.6990	0.7180	0.2820
3	47	1.1990	1.6721	0.7170	0.2830
4	52	0.7980	1.7160	0.4650	0.5350

게 나타났다.

參 考 文 獻

1. 김창환·길봉섭. 1992. DCCA와 Polar Ordination에 의한 무등산의 삼림군락 분석. 한생지. 15 : 117-125.
2. 송호경·김성덕. 1992. TWINSpan과 DCCA Ordination에 의한 백두산 삼림군집의 분석. 한림지. 81 : 310-319.
3. 송호경. 1990. DCCA에 의한 신갈나무 군락과 환경의 상관관계 분석. 충남대환경연. 8 : 1-5.
4. 송호경·권기원·이돈구·장규관·우인식. 1992. TWINSpan과 DCCA에 의한 중왕산 삼림군집과 환경의 상관관계 분석. 한림지. 81 : 247-254.
5. 유재은·송호경. 1989. Classification과 Ordination에 의한 속리산 삼림군집의 분석. 충남대환경연. 7 : 1-8.
6. 이우철·임양재. 1978. 한반도 관속식물의 분포에 관한 연구. 한식지. 8(부록) : 1-33.
7. 조운신·오계철. 1987. 서울근교 자연생 소나무林에 대한 Ordination 방법의 적용. 한생지. 10 : 63-80.
8. Allen, Rob. 1988. Latitudinal variation in southern Rocky Mountain forests. Ph. D. Thesis. The University of North Carolina.
9. Allen, S.E., Grimshaw, H.M. and Rowland. A.P. 1986. Chemical analysis. in Moore, P.D. and S.B. ed. Chapman. Methods in plant ecology. 2nd ed Blackwell Scientific Pub. Oxford. 285-344.
10. Andersson, Per-Arne. 1988. Ordination and classification of operational geographic units in Southwest Sweden. Vegetatio 74 : 95-106.
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 long-term 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. Ecol. 32 : 476-496.
14. Gauch, H.G. Jr. and R.H. Whittaker. 1981. Hierarchical classification of community data. J. Ecol. 69 : 537-557.
15. Gibson, D.J. and P. Greig-Smith. 1986. Community pattern analysis : A method for quantifying community mosaic structure. Vegetatio 66 : 41-46.
16. Greig-Smith, P. 1983. Quantitative plant ecology. 3rd ed Blackwell, Oxford.
17. Hill, M.O. 1973. Reciprocal averaging : An eigenvector method of ordination. J. Ecol. 61 : 237-249.
18. _____. 1979. DECORANA-A FORTRAN Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. Ithaca, N.Y. Cornell Univ. Press.
19. _____. and H.G. Jr. Gauch. 1980. Detrended Correspondence Analysis an improved ordination technique. Vegetatio 42 : 47-58.
20. Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons. New York. 547.
21. 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.
22. Ter Braak, C.J.F. 1986. Canonical correspondence analysis : a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. Ecol. 67 : 1167-1179.
23. 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 Nether-

- lands.
24. Ter Braak, C.J.F. 1987b. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio* 69 : 69-77.
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 and T. Kira. 1976. Distribution of forest vegetation and climate in korean peninsula. II. Distribution of climatic humidity/aridity. *Jap. J. Ecol.* 26 : 157-164.