

DCCA와 Polar Ordination에 의한 無等山の 森林 群落 分析

金昌煥·吉奉燮*

원광대학교 대학원 생물학과, 사범대학 과학교육과*

Detrended Canonical Correspondence Analysis and Polar Ordination Analysis on the Forest Communities of Mudǔngsan

Kim, Chang-Hwan and Bong-Seop Kil*

Department of Biology, Graduate School and Department of Science Education*, Wonkwang University

ABSTRACT

TWINSPAN (two-way indicator species analysis), DCCA (detrended canonical correspondence analysis) and polar ordination method were used so as to analyze the relation between forest vegetation and habitat of Mudǔngsan (1,187m) located in Kwangju area. Vegetation survey consulted 1:25,000 topographical map, set up 41 quadrats and analyzed from April, 1990 to August, 1991.

Forest vegetation of Mudǔngsan was classified to *Quercus acutissima* community, *Fraxinus mandshurica* community, *Quercus mongolica* community, *Quercus serrata* community, *Quercus dentata* community, *Quercus variabilis* community, and *Pinus densiflora* community by TWINSPAN method, and this almost coincide with the result of polar ordination.

According to DCCA analysis, *P. densiflora* community was formed in xeric and low altitude region which soil nutrient was poor, compared with other communities.

Q. variabilis and *Q. acutissima* community were distributed in the region that low altitude and organic matter content was comparatively low, but *Q. acutissima* community was formed in a damp region while *Q. variabilis* community in a xeric region. *Q. mongolica* and *F. mandshurica* formed the communities in a high altitude region, especially *F. mandshurica* community was distributed in a high humidity region.

According to polar ordination analysis, the forest vegetation was classified to 7 communities by means of environmental gradient such as humidity, organic matter, pH, temperature, C.E.C and P_2O_5 .

緒 論

Ordination은 植生の 連續性과 群落構造의 變化를 分析하기 위하여 植生 標本들을 環境勾配에

따라 排列하는 過程으로서 (Goodall, 1954; 1963; Austin, 1976; Causton, 1988), 直接勾配 分析과 間接勾配 分析이 있다.

直接勾配 分析은 環境要因들을 直接 使用하여 分析하는 方法으로서 ordination의 각 軸은 개의 環境要因이나 여러 環境要因의 조합을 나타내며 (Whittaker, 1967; 1978; 1987; Peet, 1978; Gauch, 1982; Fäangström and Willén, 1987; Allen, 1988; Ter Braak and Prentice, 1988), 間接勾配 分析은 植生 資料를 토대로 하며 ordination 軸들은 植生에서 얻어진 勾配를 主로 나타낸다 (Curtis and McIntosh, 1951; Goodall, 1954; Bray and Curtis, 1957; Curtis, 1959; Orloci, 1966; Hill, 1973).

直接勾配 分析으로서 DCCA (detrended canonical correspondence analysis)는 weighted averaging ordination 方法의 확장으로 環境變化에 따라 種을 排列하여 (Ter Braak, 1986; 1987; 1988) 種과 環境과의 相關關係를 밝히기 위하여 사용되었으며 (Cramer and Hytteborn, 1987; Allen, 1988; 兪와宋, 1989), 間接勾配 分析으로서 polar ordination은 林分사이의 植生距離를 바탕으로 植生을 排列하는 方法으로 (Bray and Curtis, 1957; Dale, 1975) 植生에 關連되는 수많은 環境媒介 變數를 表現하는데 使用되었다.

한편, 우리나라에서도 ordination을 利用하여 植生과 環境과의 關係를 究明하여 植生分析을 시도하였다(姜과 吳, 1982; 宋, 1985; Kim and Yim, 1986; 趙와 吳, 1987; 金 등, 1991; 金과 吉, 1991).

本 研究는 여러 ordination중 直接勾配 分析으로서 DCCA와 間接勾配 分析으로서 polar ordination을 利用하여 全南 및 光州直轄市 所在 無等山의 森林群落과 環境要因과의 關係를 究明한 것이다. 本 研究를 遂行함에 있어 여러가지 도움을 준 忠南大學校 宋鎬京 교수께 謝意를 表합니다.

材料 및 方法

調査地の 概況

光州直轄市, 全羅南道 和順郡 二西面, 潭陽郡 南面に 境界를 이루고 있는 無等山(1, 187m) 道立公園은 東經 126°56'~127°03'과 北緯 35°05'~35°10' 사이에 位置하고 있다.

이 地域 일대의 地質은 火山암류와 이를 삼입한 심성암류 그리고 퇴적암류로 構成되어 있으며 (朴, 1982), 氣候는 우리나라 小氣候區上으로 보아 無等山 東 斜面은 南部 內陸型에, 西 斜面은 南部西海岸型에 속하며 겨울철 北西 季節風에 開放되어 황해의 한랭한 습기를 받는 地域이다(秦 등, 1979).

年平均氣溫은 12.8℃, 山地 頂上部와의 氣溫 變化幅은 약 5℃ 정도이다. 年平均 降水量은 1,223mm로 7~8월에 降水量이 集中하는 夏季多雨形에 속한다(Yim and Kim, 1983).

植生調査 및 環境調査

1990年 4月 부터 1991年 8月 까지 無等山 全域에 1:25, 000의 地形圖를 參考하여 무작위적으로 41個所의 方形區를 設置한 후 植生調査 및 環境調査를 實施하였으며(Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974) 方形區의 크기는 植生에 따라 10m×10m, 15m×15m를 사용하였다.

土壤調査는 上述한 方形區 內에서 A층의 土壤을 採取하였으며, 土壤含水量, pH, 有機物含量

치환성 양이온 (C.E.C), K, P₂O₅, Kaolin을 測定하였다.

Ordination 分析

Classification은 Hill(1979)의 TWINSPLAN(two-way indicator species analysis)를 利用하였으며 얻어진 자료는 0%, 2%, 5%, 10%, 20%의 cut level이 使用되었다. 各 調査區에서 20% 以上の 重要値는 그 調査區의 優占種으로 간주되었다.

DCCA는 多變量의 直接勾配 分析으로(Ter Braak, 1986; 1987; 1988) ordination 軸위에 植生과 環境과의 相關關係를 가장 잘 보여주며 TerBraak(1987)의 CANOCO를 사용하여 分析하였다.

Polar ordination은 群落類似度指數(Sørensen, 1948)를 利用하여 群落間의 距離를 측정한 후 ordination축을 따라 各各의 林分을 排列하였다(Bray and Curtis, 1957; Beals, 1960; Swan and Dix, 1966; Newsome and Dix, 1968).

結果 및 考察

直接勾配 分析

dbh 2cm 以上の 每木調査에서 얻은 定量的 값을 使用하여 無等山 41個 林分을 TWINSPLAN 과 DCCA에 의하여 分析하였다.

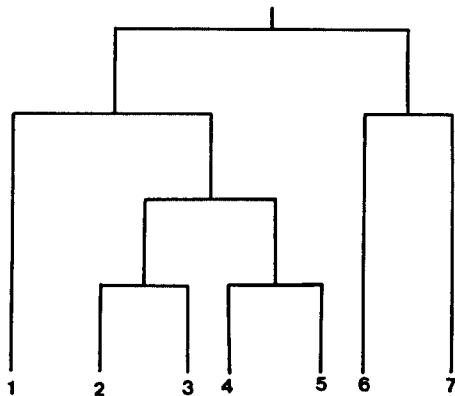


Fig. 1. The pathway of sub-division into 6 grouping of Mudŭngsan vegetation using TWINSPLAN.

Dominants: 1: *Quercus acutissima*, 2: *Fraxinus mandshurica*, 3: *Quercus mongolica*, 4: *Quercus serrata*, 5: *Quercus dentata*, 6: *Quercus variabilis*, 7: *Pinus densiflora*

無等山 森林群落은 상수리나무群落(*Quercus acutissima* community), 들메나무群落(*Fraxinus mandshurica* community), 신갈나무群落(*Quercus mongolica* community), 졸참나무群落(*Quercus serrata* community), 떡갈나무群落(*Quercus dentata* community), 굴참나무群落(*Quercus variabilis* community), 소나무群落(*Pinus densiflora* community)으로 分類되었다(Fig. 1).

DCCA의 分類結果에 나타난(Fig. 2) 無等山の 森林群落은 10個의 環境要因에 따라 서로 다른 分布域을 보이며, 이들 環境要因과 DCCA結果에 의한 第一軸, 第二軸과의 相關關係를 살펴보면(Table 1) 第一軸에서는 濕度, K, 高度, C.E.C 등이, 第二軸에서는 P₂O₅, 有機物含量, 高度 등이 높은 相關關係를 보여주고 있는 것으로 보아 이들 要因들이 群落分布에 상당한 影響을 미치고 있는 것으로 推定된다.

한편, Fig. 2에 나타난 主要群落들과 關連될 것으로 생각되어지는 環境과의 關係를 살

Table 1. Mudŕngsan vegetation data from Fig. 2 : canonical coefficients and the inter set correlation of environmental variabilis with the first two axes of detrended canonical correspondence analysis(DCCA). For a description of variabilis, see Fig.2 legend

Axes Variabilis	Canonical coefficients		Correlation coefficients	
	1	2	1	2
Altitude	0.202	0.089	0.553**	-0.387*
Moisture	0.272	-0.037	0.690**	0.075
pH	-0.042	0.070	-0.192	0.154
O.M	0.051	-0.432	0.576**	-0.654*
C.E.C	0.694	0.320	0.793**	0.080
K	-0.343	-0.135	-0.625**	0.236
P ₂ O ₅	-0.207	0.488	-0.412**	0.793**
Koalin	-0.156	-0.084	0.290	-0.110
Aspect	0.027	-0.049	0.419**	-0.102
Topography	-0.068	-0.089	0.094	-0.378*
Eigen value	0.806	0.551		

* p<0.5 ; ** p<0.01

Note : C.E.C : Cation exchange capacity
C.M : Organic matter

間接勾配 分析

間接勾配 分析을 위하여 polar ordination을 使用하여 無等山 41個 林分을 X, Y, Z軸중 各 各 두 軸을 利用하여 群落形成에 作用하는 環境要因과의 關係를 分析하였다.

Y/X, Z/X軸上에 나타난 群落은 신갈나무群落, 졸참나무群落, 굴참나무群落, 떡갈나무群落, 상수리나무群落, 들메나무群落, 소나무群落으로 分類되었다.

Y/X軸上(Fig. 3)과 Z/X軸上(Fig. 4)에 나타난 各各의 群落과 環境과의 關係를 보면, 濕度 勾配에 따라 크게 A, B, C群으로 分類되어졌다. A群은 비교적 低地帶와 稜線 附近에 出現하는 소나무群落으로 乾燥한 環境勾配와 주로 關聯이 있으며, B群은 濕度勾配가 中間인 地域에 주로 分布하고 있는 신갈나무群落, 떡갈나무群落, 굴참나무群落등이며, C群은 低地帶의 斜面 아래부분에 群落을 形成하고 있는 상수리나무群落과 졸참나무群落으로 無等山 全 地域에서는 비교적 濕한 곳에서 分布하는 群落으로 分類되어졌다.

한편, 環境變數와 軸과의 關係를 살펴보면 X軸은 C.E.C, Y軸은 pH, 溫度, Z軸은 有機物含量 등이 주로 關係가 있는 것으로 나타났으나 그외 다른 많은 要因들이 各各의 軸에 關聯되어 있는 것으로 推定된다.

펴보면 소나무群落은 乾燥하고 高度가 낮은 지대와 Kaolin, C.E.C, 有機物含量등이 다른 群落에 비하여 적은 地域에 群落을 形成하고 있으며, 들메나무群落은 濕하고 高度가 높은 지대와 Kaolin, C. E. C등이 많은 地域에 群落을 形成하고 있으며, 들메나무群落은 濕하고 高度가 높은 지대와 Kaolin, C.E.C등이 많은 地域에 群落을 形成하고 굴참나무群落은 濕도와 高度가 비교적 낮고 C.E.C, 有機物含量등도 대체적으로 적은 地域에 分布하고 있다.

상수리나무群落은 濕度, C.E.C등의 含量은 높으나 高度가 낮고 有機物含量, P₂O₅등이 비교적 적은 地域에 分布하고 있으며 졸참나무群落은 有機物含量은 높으나 C.E.C는 中間, 濕度 등은 약간 높은 곳에 나타났다. 신갈나무群落은 高度가 높고 C.E.C 등이 많은 地域에서 群落을 形成하고 있었다. 따라서 DCCA에 의한 森林群落 分析結果를 보면 소나무群落에서 신갈나무群落으로 갈수록 高度가 높아지고 養料 狀態가 비교적 좋아지는 것을 볼 수 있으며 이들 要因들이 결국 遷移過程을 이끄는 것으로 推定된다(Connell and Slatyer, 1977; 張과 任, 1985; 俞와 宋, 1989 ; 金과 吉, 1991).

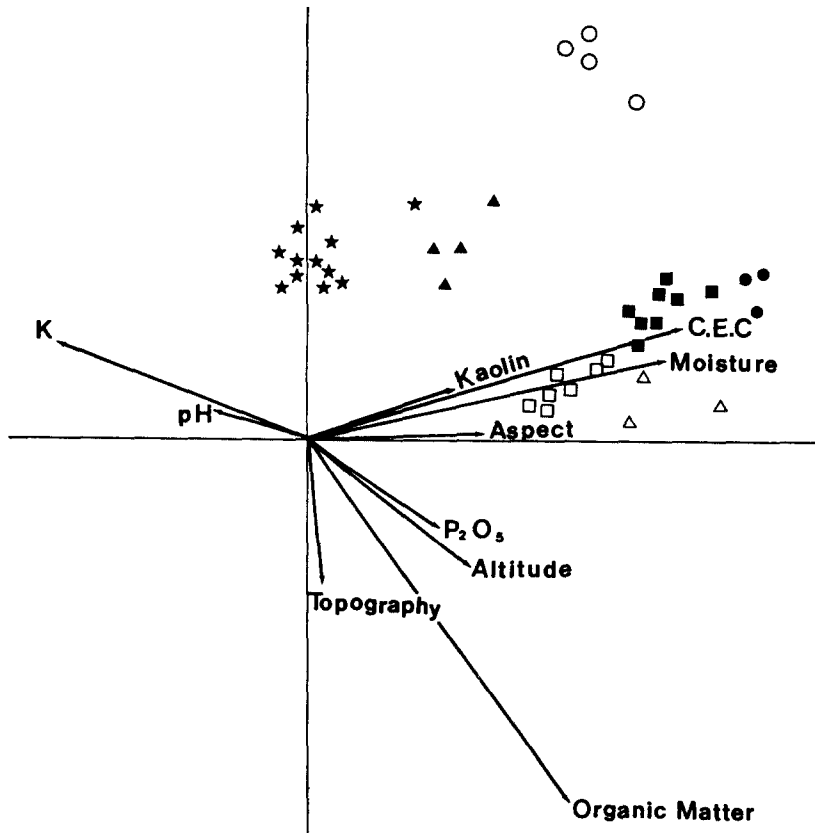


Fig. 2. Mudŭngsan vegetation data: DCCA (detrended canonical correspondence analysis) ordination diagram with sites (●, □, ▲, △, ○, ★, ■) and environmental variables (arrow).

○ : *Quercus acutissima*, ● : *Fraxinus mandshurica*, ■ : *Quercus mongolica*,
 □ : *Quercus serrata*, ▲ : *Quercus variabilis*, ★ : *Pinus densiflora*, △ : *Quercus dentata*.

種의 分布

Ordination軸上에 나타난 各各의 林分에서 無等山의 主要 種들의 分布를 量的으로 說明하기 위하여 重要值를 이용한 結果, 各 種의 分布 樣相은 뚜렷한 경향을 보였다. 즉, Fig. 5. C. 에 나타난 바와 같이 신갈나무는 전 地域에 고루 분포하고 있으나 濕度勾配가 중간인 토양에서 높은 重要치를 보였으며, 떡갈나무는 비교적 濕한 地域에서 群落을 형성하고 있었으나 소나무군락처럼 乾燥한 곳에서도 分布하고 있었다 (Fig. 5. D). 그리고 굴참나무의 分布狀況을 보면 濕度勾配가 중간인 地域에서 높은 重要치를 보였다(Fig. 5. E). 상수리나무는 濕한 토양에서 높은 重要치를 보였으며 (Fig. 5. A), 졸참나무는 濕한 地域에서 重要치가 높았지만 濕度勾配가 중간인 地域과 乾燥한 地域에서도 分布하고 있음을 알 수 있다. 소나무는 乾燥한 土壤에서 매우 높은 重要치를 보였으며(Fig. 5. F), 대부분 산의 저지대와 稜線 附近에 군락을 형성하고 있으나 신갈나무

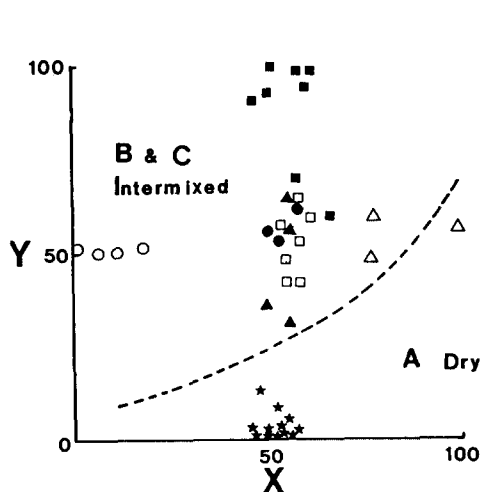


Fig. 3. Polar ordination of Y/X values of the 41 relevés.

○; *Quercus acutissima*, ■; *Quercus mongolica*,
 ★; *Pinus densiflora*, ●; *Fraxinus mandshurica*.
 □; *Quercus serrata*, △; *Quercus dentata*,
 ▲; *Quercus variabilis*.

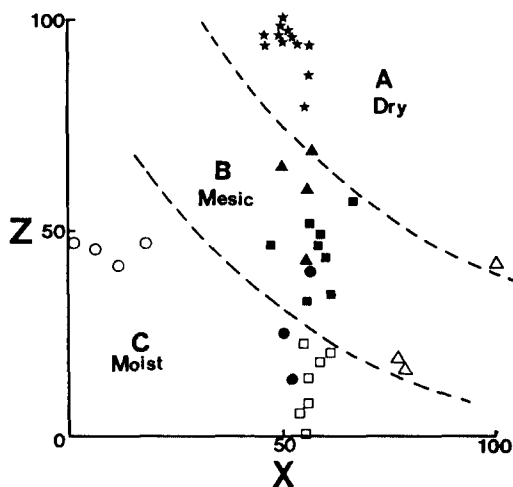


Fig. 4. Polar ordination of Z/X values of the 41 relevés.

○; *Quercus acutissima*, ■; *Quercus mongolica*,
 ★; *Pinus densiflora*, ●; *Fraxinus mandshurica*.
 □; *Quercus serrata*, △; *Quercus dentata*,
 ▲; *Quercus variabilis*.

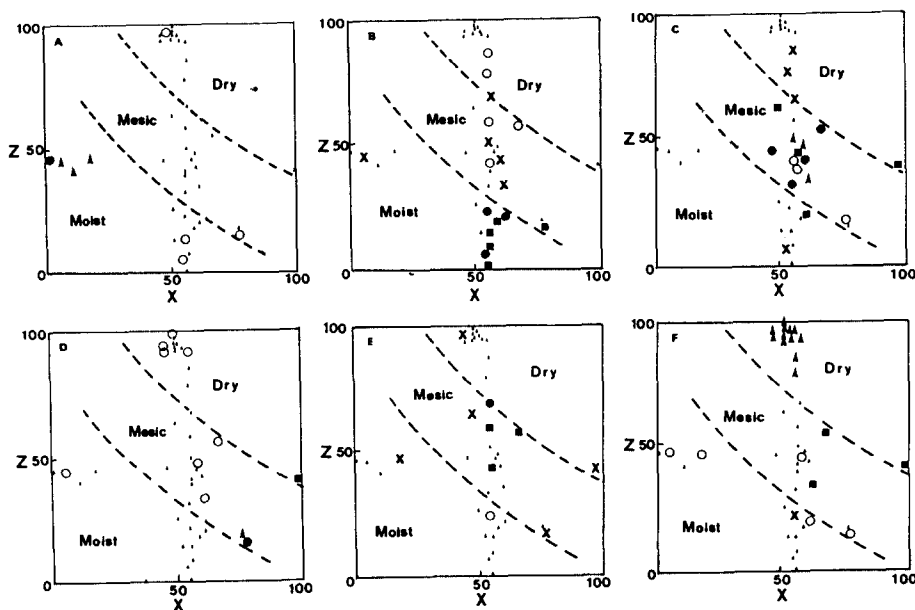


Fig. 5. Quantitative distribution of communities in the 41 relevés shown on Fig. 3.

Importance value: ▲ > 150, ● 100-150, ■ 50-100, ○ 20-50, × < 20, ▲; species absent from relevé.

Communities: A; *Quercus acutissima*, B; *Quercus serrata*, C; *Quercus mongolica*, D; *Quercus dentata*,
 E; *Quercus variabilis*, F; *Pinus densiflora*

군락, 상수리나무군락 등에도 분포하고 있었다.

摘 要

光州直轄市, 全南 和順郡, 潭陽郡에 위치하고있는 無等山(1,187m)의 森林植生과 立地와의 關係를 分析하기 爲하여 TWINSPAN (two-way indicator species analysis), DCCA(detrended canonical correspondenc analysis) 그리고 polar ordination을 利用하였다. 植生調査는 1990年 4月부터 1991年 8月까지 1:25,000의 地形도를 參考하여 41개소의 方形區를 設置하여 分析한 結果는 다음과 같다.

無等山の 森林群落은 TWINSPAN에 의하여 상수리나무군락(*Quercus acutissima* community), 들메나무군락(*Fraxinus mandshurica* community), 신갈나무군락(*Quercus mongolica* community), 졸참나무군락(*Quercus serrata* community), 떡갈나무군락(*Quercus dentata* community), 굴참나무군락(*Quercus variabilis* community), 소나무군락(*Pinus densiflora* community)등으로 분류되었으며, 이는 polar ordination 결과와 거의 비슷한 樣相을 보였다. DCCA분석에 의하면 소나무(*Pinus densiflora*)는 건조하고 고도가 낮은 지대에 군락을 형성하고 있으며, 다른 군락에 비해 土壤養料가 적은 곳에 분포하고 있다. 굴참나무(*Quercus vaeiabilis*)와 상수리나무(*Quercus acutissima*)는 낮은 고도와 유기물함량이 비교적 적은 지역에 주로 분포하고 있으나, 굴참나무(*Quercus variabilis*)는 건조한 지역에, 상수리나무(*Quercus acutissima*)는 습한 지역에 군락을 형성하고 있다. 신갈나무(*Quercus mongolica*)와 들메나무(*Fraxinus mandshurica*)는 고도가 높은 지역에서 군락을 형성하고 있으며, 습도가 높고, Kaolin, C.E.C 등이 많은 溪谷에 분포하고 있었다.

Polar ordination분석에 의하면 주로 습도구배에 따라 7개군으로 분류되어지며, 유기물함량, pH, 온도, C.E.C 와 P_2O_5 등의 환경요인들에 依하여 서로 다른 군락을 형성하고 있다.

引用文獻

- 강윤순·오계철. 1982. 광릉삼림군집에 대한 ordination 방법의 적용. 한국식물학회지, 25:83-99.
- 金昌煥·姜善姬·吉奉燮. 1991. 적상산의 식생. 한국생태학회지, 14(2):137-148.
- 金昌煥·吉奉燮. 1991. 序列法에 依한 全北 長安山 森林群落 分析. 한국생태학회지. 14(3):231-241.
- 박종채. 1982. 무등산 일대 화산암에 대한 암석학적 연구. 전남대학교 교육대학원.
- 송호경. 1985. 계룡산 삼림군집형과 그의 구조에 관한 연구. 서울대학교 박사학위 논문, 54p.
- 俞在殷·宋鎬京. 1989. Classification과 Ordination에 依한 俗離山 森林群落의 分析. 忠南大學校 環境 研究 報告, 7:1-8.
- 張允錫·任良宰. 1985. 智異山 피아골의 植生形과 그 構造. 한국식물학회지, 28:165-175.
- 조운신·오계철. 1987. 서울 근교 자연생 소나무림에 대한 ordination 방법의 적용. 한국생태학회지, 10:68-80.
- 秦熙成·金佻來·安奉遠·李龍保. 1979. 무등산 삼림군락의 식물 사회학적 연구. 경희대학교 논문집, 9:689-720.

- Allen, Rob. 1988. Latitudinal variation in southern Rocky Mountain forest, Ph. D. thesis. The University of North Carolina.
- Austin, M.P. 1976. On non-linear species response models in ordination. *Vegetatio*, 33:33-41.
- Beals, E. 1960. Forest bird communities in the Apostle Islands of Wisconsin. *Willson Bull.*, 72:156-181.
- Bray, J.R. and J.T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27:325-349.
- Causton, D.R. 1988. Introduction to vegetation Analysis. London:Unwin Hyman, 342p.
- Connell, J.H. and R.D. Slatyer. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *Amer. Nat.*, 111:1119-1144.
- Cramer, W. and H.Hyttebron. 1987. The separation of fluctuation and long term change in vegetation dynamic of a rising seashore. *Vegetatio*, 69:157-167.
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairieforest border region of Wisconsin *Ecology*, 32:476-496.
- Curtis, J.T. 1959. The vegetation of Wisconsin. University of Wisconsin Press, Madison, 657p.
- Dale, M.B. 1975. On objectives of methods of ordination. *Vegetatio*, 30:15-32.
- Fängström, I. and E.Willen. 1987. Clustering and canonical correspondence analysis of phytoplankton and environmental variables on Swedish lakes. *Vegetatio*, 71:87-95.
- Gauch, H.G.Jr. 1982. *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge:Cambridge Univ. Press.
- Goodall, D.W. 1954. Objective methods for the classification of vegetation. III. An essay in the use of factor analysis. *Aust. J. Bot.*, 2:304-324.
- Goodall, D.W. 1963. The continuum and the individualistic association. *Vegetatio*, 11:297-316.
- Hill, M.O. 1974. Reciprocal averaging: an eigenvector method of ordination. *Journal of Ecology*, 61:237-249.
- Hill, M.O. 1979. DECORANA-A FORTRAN Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. Ithaca, N.Y. Cornell Univ. Press.
- Kim, J.U. and Y.J.Yim. 1986. A gradient analysis of the mixed forest of Seonunsan area in Southwestern Korea. *Korean J. Ecol.*, 9(4):225-230.
- Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley and Sons Inc. U.S.A. 547p.
- Newsome, R.D. and R.L. Dix. 1968. The forest of the Cypress Hills, Alberta and Saskatchewan, Canada. *Am. Midland Naturalist*, 80:118-215.
- Orloci, L. 1966. Geometric models in ecology. I The theory and application of some ordination methods. *Journal of Ecology*, 54:193-215.

- Peet, R.K. 1978. Latitudinal variation in southern Rocky Mountain forests. *J. Biogeogr.*, 5:275-289.
- Sørensen, T.A. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. *K.Danske Vidensk Selsk. Biol. Skr.*, 5 (4):1-34.
- Swan, J.M.A and R.L. Dix. 1966. The phytosociological structure of upland forest at Candle Lake. *Saskatchewan. J. Ecol.*, 54:13-40.
- Ter Braak, C.J.F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67:1167-1179.
- Ter Braak, C.J.F. 1987. 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. 1987. 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.
- Ter Braak and I.C. Prentice. 1988. A theory gradient analysis. *Advances in Ecological Research* 18:271-317.
- Whittaker, R.H. 1967. Gradient analysis of vegetation. *Biol. Rev.*, 42:207-264.
- Whittaker, R.H. 1978. Direct gradient analysis. P. 7-50. *in* R.H. Whittaker, ed. *Ordination of Plant Communities, Handbook of Vegetation Science, No.5.* The Hague: Junk, end ed.
- Whittaker, 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.
- Yim, Y.J. and S.D. Kim. 1983. Climate-Diagram Map of Korea. *Korean J. Ecology*, 6(4):261-270.

(1992年 1月 13日 接受)