武汉植物学研究 2005,23(5):444～448
Journal of Wuhan Botanical Research

中条山中段植物群落数量分类与排序研究

郭东罡，上官铁梁*

（山西大学环境与资源学院，太原 030006）

摘 要：在群落样方调查基础上，采用双向指示种分析法(TWINSPAN)和除趋势对应分析(DCA)对中条山中段植物群落进行了数量分类和排序。TWINSPAN 将 53 个样方分为 14 组，根据植被分类的原则划分为 14 个群丛，论述了各群丛的群落学特征。53 个样方的 DCA 排序结果反映了植物群落类型与环境梯度之间的关系，表明影响群丛分布格局的主导生态因子为海拔高度、水分和热量。DCA 排序将 65 个种分为 5 个种组，各种组在排序轴上的位置反映了种组成员的生态适应性及其在群落中的重要性和更新生态位。

关键词：TWINSPAN 分类；群系；群落特征；DCA 排序；中条山中段

中图分类号：Q948.15^{+}5　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1000-470X(2005)05-0444-05

Quantitative Classification and Ordination of Plant Communities in Midpiece of Zhongtiao Mountains

GUO Dong-Gang, SHANGGUAN Tie-Liang*

(*College of Environment and Resources*, *Shanxi University*, Taiyuan 030006, China)

Abstract: According to the data of field plots, the classification and ordination of plant community in Midpiece of Zhongtiao Mountains, Shanxi Province, were studied using two-way indicator species analysis (TWINSPAN) and detrended correspondence analysis (DCA). 53 samples were divided into 14 groups by TWINSPAN. Based on the principle of vegetation classification, were classified into 14 associations and their community characteristics are described. The result of DCA ordination has reflected the relationship between plant community type and the environment gradient. The result shows that distribution pattern of the associations were mainly affected by the leading ecology factor of elevation, temperature and humidity. 65 species are divided into 5 groups by DCA ordination, the seat of 5 groups on the ordination axle of DCA has reflected their ecology adaptability and importance and regeneration niche in the community.

Key words: TWINSPAN classification; Association; Community characteristics; DCA ordination; Midpiece of Zhongtiao Mountains

近 20 年来，多元分析技术在群落生态学中的应用发展很快，其中分类和排序是最为常用的植被数量分析方法，已成为现代植被研究必不可少的手段[1-4]。双向指示种分析法(TWINSPAN)和除趋势对应分析(DCA)能够客观反映植物群落的生态关系，已被广泛应用于植被研究[4-6]。中条山位于山西高原南缘，呈东西走向，属于我国暖温带半湿润气候区，生物多样性丰富，是自然环境和生态系统分异性复杂的山地之一。对中条山东段的植物区系，植被分类和生物多样性方面的研究颇多[6-8]。本研究采用 TWINSPAN 和 DCA 对中条山中段植被进行数量分类和排序，定量分析群落的种类组成、结构特征及其梯度分布规律，理论上可以丰富中条山植被分类及其分布格局的定量研究内容，深化对不同植物群落的性质及其格局与生境关系的理解，实践上对植被保护、生态恢复和植物资源的开发利用也具有特殊的科学价值。

收稿日期：2005-03-17，修回日期：2005-07-25。
基金项目：山西省自然科学基金(981032)资助。
作者简介：郭东罡(1980－)，男，山西沁源县人，硕士研究生，从事山地生态学研究。
* 通讯作者(E-mail：tlsg@sxu.edu.cn)。

1　自然地理环境

研究区域为中条山中部的云蒙山和析城山，位于阳城县的西南山地，地理坐标约为 30°18′～30°23′N，112°5′～112°10′E。在气候区划上属暖温带半湿润季风气候区，据阳城县的气象资料统计，年平均气温 11.7℃，年最高温度 24.5℃，年最低气温 −2.8℃，年平均降水量 621.7 mm，年平均相对湿度 61%，日照时数 2 502.1 h，无霜期 190 d。地带性土壤为褐土，土壤垂直带谱明显，从山麓到山顶土壤类型依次为山地褐土、山地淋溶褐土、棕色森林土和山地草甸土。植被区划上该区域为暖温带落叶阔叶林地带[9]。

2　研究方法

2.1　取样

采用样方法进行野外调查，在析城山、云蒙山海拔 1 200～1 715 m 之间，海拔每升高 100 m 设置1～2 个样地，共取样地 8 个，每个样地设置 5～7 个样方，共计 53 个样方。乔木群落的样方面积为20 m×10 m，并在每个样方内取 4 m×5 m 的灌木样方和 1 m×1 m 的草本样方各 2 个；灌丛的样方面积为 4 m×5 m，在每个样方内设 1 m×1 m 的草本样方 2 个；草本植物群落的样方面积 1 m×1 m。

调查记录内容包括植物种类、高度、盖度、胸径、生活力等，其中乔木树种高度小于 3 m 的幼树归入灌木，草本层中的木本植物幼苗归入草本。同时记录各群落的综合特征和生境特征如：群落盖度、层间植物种类、活地被层、枯枝落叶层厚度、土壤类型、海拔、坡度、坡向及人类活动影响等。53 个样方共记录 189 个种，得 53×189 的原始数据矩阵。剔除频度 <5%的偶见种后得 65 个种，形成 53×65 个种的重要值数据矩阵。

2.2　数据处理

乔木、灌木和草本的重要值分别用如下公式计算：

乔木重要值＝(相对高度＋相对盖度＋相对频度)/300；

灌木重要值＝(相对盖度＋相对高度)/200；

草本重要值＝(相对盖度＋相对高度)/200。

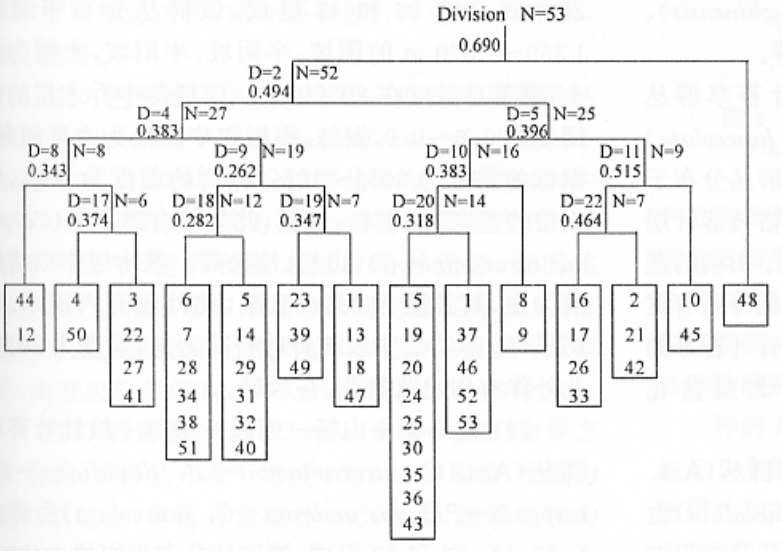
2.3　数据分析

采用 VESPAN 软件包中 Hill[1] 设计的 TWINSPAN 进行群落分类，采用 Braak[2] 设计的 CANOCO 软件包标准程序中的 DCA 进行排序。

3　结果分析

3.1　TWINSPAN 分类

TWINSPAN 等级分类将 53 个样方划分为 14 组(见图 1)，依据中国植被的分类原则和系统[9,10]，结合调查结果的生态分析和群落生境特征的指示种及其组合，划分为 14 个群丛。它们分别是：



N 代表样方数；Dk 代表第 k 次分类　N: Sample number; Dk: Division number

图 1　53 个样方的 TWINSPAN 分类树状图

Fig. 1　Dendrogram of the TWINSPAN classification of 53 samples

(1) 栓皮栎－连翘－披针叶苔草群丛(Ass. *Quercus variabilis*－*Forsythia suspense*－*Carex lanceolata*)由样方 12 和 44 组成，该群丛分布于海拔 1 250～1 480 m 的阳坡，土壤为褐土，群落总盖度为 65%～85%。该群落中乔木层的郁闭度为 0.6～0.85，其中栓皮栎的盖度为 50%～60%，高度为8～11 m，伴生有侧柏(*Platycladus orientalis*)等树种。灌木层中连翘的盖度为 5%～10%，还有毛黄栌(*Cotinus coggygria* var. *pubescens*)、胡枝子(*Lespedeza bicolor*)等。草本层中披针叶苔

1) Hill M O. TWINSPAN——a Fortran program for arranging multivariate data in an ordered two way table by classification of the individuals and attribute. Ecology and Systematics [M]. Ithaca Cornell University. New York, 1979.

2) Braak C J F. Ter. CANOCO——a Fortran program for canonical community or dinationby[partinal] [canonical]Correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis(Version 2.1)[Z]. Agriculture Mathematics Group. The Netherlands, 1988.

草的盖度为5%～20%，除披针叶苔草外，常见的还有铁杆蒿（*Artemisia vestita*）、费菜（*Sedum kamtschaticum*）等。

（2）侧柏＋栓皮栎－陕西荚蒾－披针叶苔草＋铁杆蒿群丛（Ass. *P. orientalis*＋*Q. variabilis*－*Viburnum schensianum*－*C. lanceolata*＋*A. vestita*）由样方4和50组成，该群丛分布于海拔1 260 m的阳坡，土壤为褐土，群落总盖度为40%～70%。该群落中乔木层的郁闭度为0.4～0.7，侧柏和栓皮栎为主要树种，侧柏的盖度为30%，栓皮栎的盖度为10%～40%。灌木层中除陕西荚蒾外，还有黄刺玫（*Rosa xanthina*）、荆条（*Vitex negundo* var. *heterophylla*）、少脉雀梅藤（*Sageratia paucicostata*）等。草本层中以铁杆蒿和披针叶苔草为主，伴有苦荬菜（*Lxeris denticulata*）、香薷（*Elsholtzia ciliata*）等。

（3）栓皮栎－荆条－铁杆蒿群丛（Ass. *Q. variabilis*－*V. negundo* var. *heterophylla*－*A. vestita*）由样方3，22，27和41组成，该群丛分布于海拔1 200～1 250 m的阳坡和阴坡，土壤为褐土，枯枝落叶层很厚，群落总盖度为30%～60%。在乔木层中，建群种栓皮栎占绝对优势，盖度达60%以上，伴生有少量槲栎（*Q. aliena*）。灌木层中荆条的盖度为20%，常见种为连翘、土庄绣线菊（*Spiraea pubescens*）、山桃（*Amygdalus davidiana*）等。草本层中除铁杆蒿外，尚有披针叶苔草、白头翁（*Pulsatilla chinensis*）、薄雪火绒草（*Leontopodium japonicum*）等。

（4）山桃＋土庄绣线菊－披针叶苔草群丛（Ass. *A. davidiana*＋*S. pubescens*－*C. lanceolata*）由样方6，7，28，34，38和51组成，该群丛分布于海拔1 420～1 590 m的阳坡，土壤贫瘠，枯枝落叶层薄，有大石块，群落总盖度为40%～85%。山桃的盖度为5%～60%，绣线菊的盖度为10%，此外还有黄刺玫、陕西荚蒾、毛黄栌等。草本层中，披针叶苔草的盖度为5%～40%，还有铁杆蒿、华北蓝盆花（*Scabiosa tschiliensis*）等。

（5）山桃＋陕西荚蒾－披针叶苔草群丛（Ass. *A. davidiana*＋*V. schensianum*－*C. lanceolata*）由样方5，14，29，31，32和40组成，该群丛分布于海拔1 300～1 510 m的阳坡，土壤为褐土，枯枝落叶层薄，群落总盖度为30%～90%。山桃的盖度为10%～50%，陕西荚蒾的盖度为5%～30%，此外还有黄刺玫、胡枝子、照山白（*Rhododendron micranthum*）等。草本层以披针叶苔草为主，此外还有糙苏（*Phlomis umbrosa*）、薄雪火绒草等。

（6）华山松－牛奶子＋土庄绣线菊－披针叶苔草群丛（Ass. *Pinus armandii*－*Elaeagnus umbellate*＋*S. pubescens*－*C. lanceolata*）由样方23，39和49组成，分布于海拔1 465～1 570 m的阳坡，土壤为褐土，群落总盖度在80%以上，华山松的盖度在40%以上，灌木层中除牛奶子和土庄绣线菊外，还分布有连翘、陕西荚蒾、山桃等。草本层中以披针叶苔草为主，盖度为10%～40%，此外伴有地榆（*Sanguisorba officinalis*）、苍术（*Atractylodes lancea*）等。

（7）华山松＋油松－连翘＋牛奶子－披针叶苔草群丛（Ass. *P. armandii*＋*P. tabulaeformis*－*F. suspense*＋*E. umbellata*－*C. lanceolata*）由样方11，13，18和47组成，该群丛分布于海拔1 465～1 670 m的阳坡，土壤为褐土，群落总盖度在80%以上。该群落中乔木层的郁闭度为0.5～0.9，华山松和油松为主要树种，华山松的盖度为5%～60%，油松的盖度为10%～50%。灌木层中除连翘和牛奶子外，还有陕西荚蒾、土庄绣线菊、六道木（*Abelia biflora*）、毛黄栌等。草本层中以披针叶苔草为主，盖度为20%～40%，此外伴有菱陵菜（*Potentilla chinensis*）、费菜、绢茸火绒草（*Leontopodium smithianum*）、薄雪火绒草等。

（8）槲栎＋槲树＋华山松－绣线菊－披针叶苔草群丛（Ass. *Q. aliena*＋*Q. dentate*＋*P. armandii*－*Spiraea*－*C. lanceolata*）由样方15，19，20，24，25，30，35，36和43组成，该群丛分布于海拔1 350～1 670 m的阴坡、半阴坡、半阳坡，土壤为褐土，群落总盖度在80%以上。该群落中乔木层的郁闭度为0.6～0.9，槲栎、槲树和华山松为主要树种，槲栎的盖度为30%～40%，槲树的盖度为20%，华山松的盖度为10%～60%，此外伴有鹅耳枥（*Carpinus turczaninowii*）、山杨、油松等。灌木层中以绣线菊为主，其盖度为5%～10%，此外还有六道木、牛奶子等。草本层中以披针叶苔草为主，盖度为20%，此外伴有华北蓝盆花、苍术等。

（9）鹅耳枥＋山杨－连翘－糙苏＋披针叶苔草群丛（Ass. *C. turczaninowii*＋*P. davidiana*－*F. suspense*－*Phlomis umbrosa*＋*C. lanceolata*）由样方1，37，46，52和53组成，该群丛分布于海拔1 470～1 650 m的阴坡，土壤为褐土，群落总盖度达75%以上。在乔木层中，优势种为鹅耳枥、山杨，鹅耳枥盖度为10%～60%，山杨盖度为30%～50%，此外还有辽东栎、槲栎、漆树（*Toxicodendron vernicifluum*）等。灌木层中连翘的盖度为10%，常见种为毛黄栌、六道木等。草本层中以糙苏和披针叶苔草为主，此外

伴有淫羊藿(*Epimedium macranthum*)、耧斗菜(*Vguilegia viridiflora*)等。

(10) 苔草群丛(Ass. *Carex* sp.)由样方 8 和 9 组成,该群丛分布于海拔 1 460 m 的阴坡,土壤为山地褐土,群落总盖度达 80%以上,局部达 100%,建群植物为苔草,盖度 40%,伴生有糙苏、菱陵菜等。

(11) 鹅耳枥－沙棘＋六道木－糙苏群丛(Ass. *C. turczaninowii* － *Hippophae rhamnoides* subsp. *sinensis*＋*Abelia biflora* － *Phlomis umbrosa*)由样方 16,17,26 和 33 组成,该群丛分布于海拔 1 300～1 600 m 的阴坡、半阴坡,群落总盖度达 90%。在乔木层中,建群种山杨占绝对优势,盖度为 10%～80%,伴生种为山杨、华山松等,林下有少量鹅耳枥幼苗。灌木层中沙棘的盖度为 5%～30%,六道木的盖度为 5%～40%。草本层盖度较低,其中除糙苏外,尚有披针叶苔草、耧斗菜等。

(12) 槭＋漆树＋鹅耳枥－金花忍冬—糙苏群丛(Ass. *Acera* sp. ＋*Toxicodendron vernicifluum* ＋*C. turczaninowii* － *Lonicera chrysantha* － *P. umbrosa*)由样方 2, 21 和 42 组成,该群丛分布于海拔 1 470～1 700 m 的阴坡、半阳坡,土壤为褐土,群落总盖度达 40%～90%。乔木层郁闭度达 0.8,优势种为槭、漆树和鹅耳枥。灌木层以桦叶荚蒾(*V. hupehense*)幼苗和金花忍冬为主,还有连翘、六道木等。草本层以糙苏为主,此外还有披针叶苔草、淫羊藿、耧斗菜等。

(13) 色木槭－华北珍珠梅－披针叶苔草群丛(Ass. *Acer mono* － *Sorbaria kirilowii* － *C. lanceolata*)由样方 10 和 45 组成,该群丛分布于海拔1 540～1 700 m 的阴坡,土壤为褐土,群落总盖度为 50%。在乔木层中,建群种色木槭占绝对优势,盖度达 40%以上。灌木层中华北珍珠梅的盖度为 40%,常见种为土庄绣线菊、连翘等。草本层中除披针叶苔草外,尚有唐松草(*Thalictrum aquilegifolium*)等。

(14) 榛群丛(Ass. *Corylus heteropylla*)由样方 48 组成,该群丛分布于海拔 1 715 m 的阳坡,土壤为高山草甸土,群落总盖度达 80%以上,建群植物为榛,盖度 80%。伴生的草本有乌头(*Aconitum carmichaeli*)等。

3.2　DCA 排序分析

图 2 是 53 个样方的 DCA 二维排序,其结果较好地反映了植物群落之间以及群落与环境之间的生态关系。排序图中 53 个样方可以划分成 A、B、C、D、E 和 F 6 个生态区。DCA 排序的横轴和纵轴显示了不同的生态意义。沿 DCA 横轴基本反映了植物群落所在环境的水分条件梯度,群落的坡向类型发生变化,由阳坡逐渐变为阴坡,水分条件在局部重新分配,从左向右由湿变干。B 区包括的群丛 3 和 13 主要分布在阴坡;C 和 E 区中主要有群丛 5、6、8 和 10,分布在阳坡、半阳坡和半阴坡,组成这些群丛的建群种和优势种以中生植物为主;而 D 区是分布于阳坡的 4、9、11 群丛的个体,生境比较干旱,枯枝落叶层和腐殖质层厚度一般小于 5 cm,优势种类多以耐旱的灌木为主。沿 DCA 纵轴反映环境的海拔梯度变化,从下向上,海拔依次升高。F 区中的群丛大多分布在海拔 1 500 m 以下;C 和 E 区中的群丛主要分布在海拔 1 500～1 700 m 之间;A 区中,样方 18、47、26 和 9,海拔高度均在 1 700 m 左右。随着海拔高度的增加,环境中的水热因子发生变化,群丛

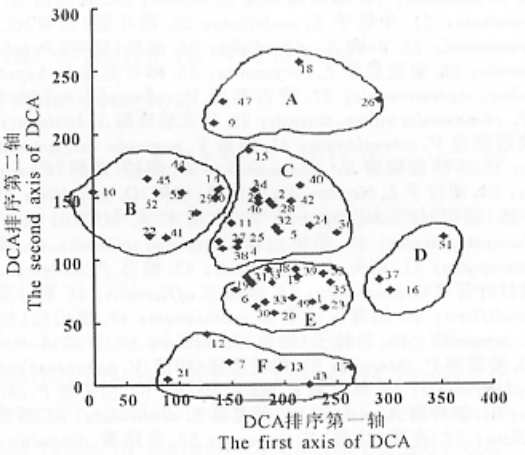
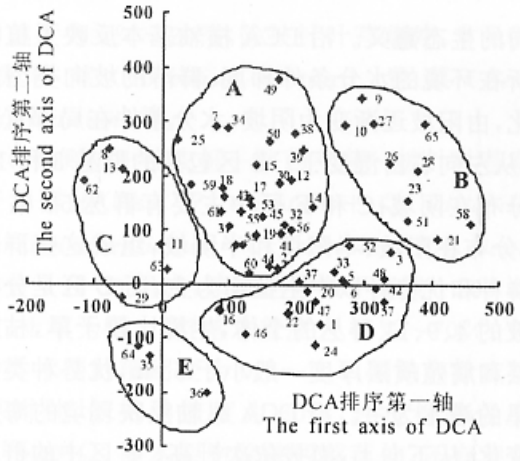


图 2　中条山中段 53 个样方的 DCA 二维排序
Fig. 2　Two dimensional DCA ordination diagram of 53 plots

中植物种类组成表现出一定的差异,群丛优势种由荆条逐渐变为高山绣线菊,草本植物由低海拔的淫羊藿、香薷和糙苏等被分布于较高海拔的珠芽蓼、乌头等取代。即随着海拔高度增加,温度降低,群丛优势种的耐寒性增强。

种的 DCA 排序可将 65 个种划分成 A、B、C、D 和 E 5 个种组(图 3),其中 A 区组以喜光照、中生或耐阴性种类为主,代表植物有槲栎、侧柏、鹅耳枥、华山松、黄刺玫、连翘、漆树、金花忍冬、荆条、胡枝子、榛、地榆、菱陵菜、耧斗菜、铁杆蒿等,它们中的大多数种类是中条山中段森林植被的建群种和优势种,主要分布在低中山阳坡和山谷两侧;B 区组以阳性旱中生种类为主,代表植物有山桃、沙棘、牛奶子、蒙古荚蒾、桦叶荚蒾、中华卷柏等,它们大部分生长在1200～1600m阳坡的林缘或森林砍伐迹地,是



1. 油松 *P. tabulaeformis*；2. 鹅耳枥 *C. turczaninowii*；3. 山杨 *P. davidiana*；4. 漆树 *T. vernicifluum*；5. 华山松 *P. armandii*；6. 麻栎 *Q. acutissima*；7. 槲栎 *Q. aliena*；8. 色木槭 *Acer mono*；9. 槲树 *Q. dentata*；10. 青榨槭 *Acer davidii*；11. 栓皮栎 *Q. variabilis*；12. 侧柏 *P. orientalis*；13. 辽东栎 *Q. liaodungensis*；14. 华山松(幼树) *P. armandii*；15. 连翘 *F. suspensa*；16. 毛黄栌 *C. coggygria* var. *pubescens*；17. 土庄绣线菊 *S. pubescens*；18. 黄刺玫 *R. xanthina*；19. 绣球绣线菊 *S. blumei*；20. 照山白 *R. micranthum*；21. 牛奶子 *E. umbellata*；22. 鹅耳枥(幼树) *C. turczaninowii*；23. 山桃 *A. davidiana*；24. 油松(幼树) *P. tabulaeformis*；25. 金花忍冬 *L. chrysantha*；26. 桦叶荚蒾 *V. hupehense* subsp. *septentrionale*；27. 蒙古荚蒾 *V. mongolicum*；28. 沙棘 *H. rhamnoides* subsp. *sinensis*；29. 华北珍珠梅 *S. kirilowii*；30. 陕西荚蒾 *V. schensianum*；31. 荆条 *V. negundo* var. *heterophylla*；32. 少脉雀梅藤 *S. paucicostata*；33. 侧柏(幼树) *P. orientalis*；34. 胡枝子 *L. bicolor*；35. 栓皮栎(幼树) *Q. variabilis*；36. 辽东栎(幼树) *Q. liaodungensis*；37. 六道木 *A. biflora*；38. 卫矛 *Euonymus alatus*；39. 华中山楂 *Crataegus wilsonii*；40. 榛 *C. heteropylla*；41. 乌头 *A. carmichaeli*；42. 糙苏 *P. umbrosa*；43. 披针叶苔草 *C. lanceolata*；44. 地榆 *S. officinalis*；45. 蝟斗菜 *V. viridiflora*；46. 绢茸火绒草 *L. smithianum*；47. 华山松(幼苗) *P. armandii*；48. 胡枝子(幼苗) *L. bicolor*；49. 苍术 *A. lancea*；50. 菱陵菜 *P. chinensis*；51. 桦叶荚蒾(幼苗) *V. hupehense* subsp. *septentrionale*；52. 淫羊藿 *E. macranthum*；53. 白头翁 *P. chinensis*；54. 铁杆蒿 *A. vestita*；55. 苦荬菜 *L. denticulata*；56. 香薷 *E. ciliata*；57. 连翘(幼苗) *F. suspensa*；58. 牛尾蒿 *Artemisia subdigitata*；59. 薄雪火绒草 *L. japonicum*；60. 马先蒿 *Pedicularis* spp.；61. 华北蓝盆花 *S. tschiliensis*；62. 唐松草 *T. aquilegifolium* var. *sibiricum*；63. 费菜 *S. kamtschaticum*；64. 元宝槭(幼苗) *A. trunctum*；65. 中华卷柏 *Selaginella sinensis*

图 3 中条山中段 65 个种的 DCA 二维排序
Fig. 3 Two dimensional DCA ordination diagram of 65 species

灌丛群落的建群种或优势种；而 C、D 和 E 区组主要是森林和灌丛的建群种和优势种，如栓皮栎、辽东栎、油松、山杨、华山松、照山白、毛黄栌、淫羊藿、唐松草、费菜、白头翁、糙苏等，还有乔、灌木种类的幼树(苗)如油松、栓皮栎、辽东栎、鹅耳枥、华山松、侧柏等，表明中条山中段的森林群落具有良好更新能力。上述分析可以看出，DCA 排序不仅能够反映组成群落的不同种群生态适应的分异规律，而且能够显示种群在群落中的重要性地位和更新生态位。

4 结论与讨论

(1) 采用 TWINSPAN 分类法将中条山中段的植物群落划分为 14 组，在此基础上依据中国植被的分类原则和系统，结合调查结果的生态分析和群落生境特征的指示种及其组合，划分为 14 个群丛类型。虽然在数量分类的方法中，TWINSPAN 分类法是当今最主要的分类方法被广泛采用，但在具体分类过程中，应该充分考虑群落生境的特征和植物物种在群落中的重要性地位，才能获得更加客观和符合植被分类原则的结果。

(2) 对中条山中段植物群落 53 个样方进行的 DCA 排序取得了较好的结果，不同群落类型在排序轴上的位置基本反映出分布与环境梯度的关系，海拔高度、坡度和坡向决定了群落生境的温度和湿度等生态因子的变化，导致群落类型分布的梯度变化。

(3) 对中条山中段植物群落组成种类进行的 DCA 排序，结果将 65 个种群分为 5 个种组，它们在排序轴上的分布格局基本上反映了种群空间生态位与环境因子过程的生态关系，各种组在排序轴上的位置反映了种组成员的生态适应性及其在群落中的重要性和更新生态位。排序的结果反映了植物群落成员与环境梯度之间的关系，表明影响群丛及其种群分布格局的主导生态因子为海拔高度、水分和热量，即随着海拔高度的增加，热量降低，水分增加，形成水热因子的复合梯度，进而决定了不同群丛及其种群在垂直空间上的地理分布差异。

参考文献：

[1] 张金屯. 植被数量分类和排序的发展[J]. 山西大学学报(自然科学版)，1991，**14**(2)：215－224.

[2] 上官铁梁，李晶，李秀兰. 山西北部地区沙棘群落的数量分类和排序[J]. 西北植物学报，2004，**24**(8)：1 452－1 456.

[3] 上官铁梁，贾志力，张金屯，张峰，许念. 汾河太原段河漫滩草地植被的数量分类与排序[J]. 草业学报，2001，**10**(4)：31－39.

[4] 张桂莲，张金屯，程林美. 山西南部山地白羊草群落的数量分类和排序[J]. 草业学报，2003，**12**(3)：63－69.

[5] 程占红，张金屯，陈廷贵. 山西天龙山植被及植物资源[J]. 山地学报，2000，**18**(3)：226－230.

[6] 茹文明，张峰. 中条山东段植被垂直带的数量分类研究[J]. 应用与环境生物学报，2000，**6**(3)：201－205.

[7] 上官铁梁，张峰，樊龙所. 中条山木本植物区系地理成分分析[J]. 植物研究，2000，**20**(2)：143－155.

[8] 王琳，张金屯，上官铁梁，樊龙锁. 厉山山地草甸的物种多样性及其与土壤理化性质的关系[J]. 应用与环境生物学报，2004，10(1)：**18**－22.

[9] 马子清，上官铁梁，滕崇德. 山西植被[M]. 北京：中国科学技术出版社，2001，150－152.

[10] 中国植被编辑委员会. 中国植被[M]. 北京：科学出版社，1983. 143－156.