

庞泉沟国家自然保护区森林群落的数量分类和排序

张先平^{1,2}, 王孟本^{1*}, 余波², 肖扬³

(1. 山西大学黄土高原研究所, 太原 030006; 2. 山西林业职业技术学院, 太原 030009; 3. 山西农业大学, 山西 太谷 030801)

摘要:根据 84 块样方资料, 对庞泉沟国家自然保护区的森林群落进行 TWINSpan 分类和 DCA、DCCA 排序。结果表明: (1) TWINSpan 将该区的森林群落分为 7 个类型; (2) 样方与物种的 DCA 排序及样方的 DCCA 排序较好地揭示了该区森林群落的分布格局与环境梯度的关系; DCCA 第一轴明显地反映出森林群落的海拔梯度, 即热量因子, 沿 DCCA 第一轴从左到右, 海拔逐渐升高, 森林群落对热量的要求降低; DCCA 第二轴主要表现出森林群落的坡向、坡度变化趋势, 即水分和光照因子, 沿 DCCA 第二轴, 从下到上, 坡向由阴坡向阳坡变化, 坡度由平缓变陡峭。其中海拔梯度是环境因子中对森林群落分布起决定性作用的因子。 (3) 与 DCA 相比, DCCA 的排序轴更有利于生态意义的解释, 后者能同时反映样方间在种类组成上及环境因子组成上的相似性, 表现在排序图中样方较集中, 群落间的界线变得较模糊, 因此如果同分类结合使用, DCA 的效果要好于 DCCA。 (4) TWINSpan 分类与 DCA 和 DCCA 排序的结果, 同时表明了该地区森林群落的垂直分布格局。

关键词:庞泉沟国家自然保护区; 森林群落; TWINSpan; DCA; DCCA

文章编号: 1000-0933(2006)03-0754-08 中图分类号: Q948.15 文献标识码: A

Numerical Classification and ordination of forest communities in Pangquangou National Nature Reserve

ZHANG Xian-Ping^{1,2}, WANG Meng-Ben^{1*}, SHE Bo², XIAO Yang³ (1. Institute of Loess Plateau, Shanxi University, Taiyuan 030006, China; 2. Shanxi Forestry Technological College, Taiyuan, 030009 China; 3. Shanxi Agriculture University, Taigu, 030801, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(3): 754 ~ 761.

Abstract: Pangquangou National Nature Reserve, established in 1986, is located in Shanxi Province at 37°45' ~ 37°55' N, 111°22' ~ 111°33' E. Its peak, Xiaowen mountain, is 2831m above sea level. The main protected objects are *Crossoptilon manchuricum* and cold temperate coniferous forest in this reserve.

Quantitative analysis of ecological relationships between vegetation and environment has become an essential means in research field of modern vegetation ecology. In this paper, based on data from 84 quadrates, forest communities in this reserve were investigated using TWINSpan, DCA and DCCA. These results will be helpful to the construction and development of Pangquangou National Nature Reserve.

By TWINSpan, the forest communities were classified into 7 types. The distribution pattern of vegetation reflects the comprehensive influence of environments. The results of DCA and DCCA clearly reflect the relationship between the pattern of forest communities and environmental gradients. The ordination result of DCCA indicates that altitude is more important than other environmental factors, because the change of altitude gradient will lead to the varieties of temperature gradients and humidity gradients. The first of the DCA ordination axes indicates the humidity gradients, and the second of that indicates the temperature

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30170150)

收稿日期:2005-03-21; **修订日期:**2005-09-22

作者简介:张先平(1972~), 女, 山西人, 博士, 主要从事植被生态学研究. E-mail: zxp_sxty@sina.com

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: mbwang@sxu.edu.cn

致谢:感谢张峰教授对本文写作的帮助

Foundation item: The project was supported by National Natural Science Foundation of China (No. 30170150)

Received date: 2005-03-21; **Accepted date:** 2005-09-22

Biography: ZHANG Xian-Ping, Ph.D. candidate, Lecturer, mainly engaged in vegetation ecology. E-mail: zxp_sxty@sina.com

gradients. All these results show that the main factors restricting distribution of the communities are temperature and humidity in this reserve.

The ecological meaning of ordination axis in DCCA is much clearer than that in DCA, and the species-environment correlation of DCCA is more obvious than DCA. The first axis of DCCA indicates the altitude gradient among the communities, and the second axis is the gradient in aspect and slope among the communities. DCCA ordination can simultaneously express similarities of species and environment. Therefore the quadrat location in DCCA ordination figure is much closer than in DCA.

The research results suggest that *Larix principis-rupprechtii* is widely distributed in this nature reserve at altitude from 1600 to 2500m. *Picea* spp. (*P. meyeri* and *P. wilsonii*) are mainly distributed in middle mountainous areas at altitude from 2000 to 2350m where *Crossoptlon manchuricum* inhabits, so that this area should be primarily preserved.

Key words: Pangquangou National Nature Reserve; forest community; TWINSpan; DCA; DCCA

20 世纪 80 年代以来,随着生态学理论与应用研究的发展,植被格局研究成为植被生态学研究焦点^[1]。数量分析为客观、准确地揭示植被及其与环境之间的生态关系提供了合理、有效的途径,已成为植被生态学研究的重要内容之一^[2-5]。而数量分类和排序是认识一定区域内植被分布格局特征的重要手段^[6,7]。自然保护区是以保护特有物种或特有生态系统而划定的自然区域,实际上是保护区内特有的生态关系,所以对自然保护区内森林群落生态关系的研究,对于自然保护区的建设和发展中有重要的指导意义。

庞泉沟自然保护区主要是为保护国家一级保护动物褐马鸡(*Crossoptlon manchuricum*)和寒温带针叶林而设立的,属于国家级保护区。对该区的植物区系^[8,9]、某些群落生物量^[10]、关帝山八水沟植物群落分类^[11]、灌丛^[12]等已有一些研究,但对于保护区内森林群落数量分类、排序及其与环境生态关系的研究尚未见报导。

1 研究地区概况和方法

1.1 研究地区概况

庞泉沟自然保护区位于山西省吕梁山中段的交城、方山两县交界处,地理位置为东经 111°22′~111°33′,北纬 37°45′~37°55′,山脉主脊由北向南延伸达 15km,东西 14.5km,总面积 10443.5hm²。气候属寒温带气候,年均温 3~4℃,全年无霜期 90~120d,年均降水量 700mm 左右。保护区土壤垂直分布带明显,在森林分布区内自上而下分别是山地棕壤,山地淋溶褐土和山地褐土。

保护区内自然植被保存良好,有暖温带地区完整的植被垂直带谱,其基带植被为落叶阔叶林,从低到高依次为:落叶阔叶林带、针阔叶混交林带、寒温带针叶林带、和亚高山灌丛草甸带^[9]。其中寒温带针叶林是主体,华北落叶松林和云杉林面积大、林相好,是褐马鸡的主要栖息地。

1.2 取样

以保护区内的八道沟、大沙沟和南阳沟等森林群落典型分布带为研究地,从海拔 1600m 开始,以间隔垂直距离 100m 和不同坡向设置样地(400m²),每个样地内取 4 个(10m×10m)乔木层样方,8 个(2m×2m)灌木层样方,8 个(1m×1m)草本层样方,共 21 个样地,84 个乔木样方,168 个灌木样方,168 个草本样方,共计 420 个样方。调查记录内容:

- (1)乔木层调查内容 树种、株数、胸径、树高、冠幅;
- (2)灌木层 种名、高度、盖度、多度;
- (3)草本层 种名、高度、盖度、多度;
- (4)群落综合特征和环境特征,包括乔、灌、草本层的总盖度,海拔、坡度、坡向、死地被物层厚度。84 个样方共计 140 个物种,因而得到 140×84 原始数据矩阵。乔木层和灌木层的多度是指样方内的实测株数,草本层的多度是用目测估计的方法,采用(Braun-Blanquet)5 级制记录。

1.3 数据处理

对每块样地分别计算乔木、灌木和草本植物的重要值:

$$\text{乔木重要值} = (\text{相对多度} + \text{相对高度} + \text{相对盖度}) \times 100/3$$

$$\text{灌木重要值} = (\text{相对多度} + \text{相对高度} + \text{相对盖度}) \times 100/3$$
$$\text{草本重要值} = (\text{相对高度} + \text{相对盖度}) \times 100/2$$

环境数据包括 4 个环境因子,即海拔、坡度、坡向和死地被物层厚度。海拔、坡度和死地被物层厚度以实际观察记录值表示。为了便于建立环境数据矩阵,将坡向数据以等级制表示。在中纬度的北方南坡是阳坡,北坡是阴坡。坡向数据具体转换方法如下:以朝东为起点(即 0°),顺时针旋转的角度表示,采取每 45°为一个区间的划分等级制的方法,以数字表示各等级;1 表示北坡(247.5°~292.5°),2 表示东北坡(292.5°~337.5°),3 表示西北坡(202.5°~247.5°),4 表示东坡(337.5°~22.5°),5 表示西坡(167.5°~202.5°),6 表示东南坡(22.5°~67.5°),7 表示西南坡(112.5°~167.5°),8 表示南坡(67.5°~112.5°),显然,数字越大,表示坡向越向阳^[5,11]。

1.4 数据分析

采用 VESPAN 软件包中 Hill 1979 年设计的 TWINSpan,排序采用了 Braak 1988 年设计的 CANOCO 软件包中的 DCA 和 DCCA。

2 结果分析与讨论

2.1 TWINSpan 分类

对庞泉沟自然保护区 84 个样方用 TWINSpan 进行等级分类(见图 1),结合调查区域的实际生态意义,采用第四级的划分结果,将保护区的森林群落划分为 7 个群落类型。群落的命名主要依据各层的优势种^[13]和 TWINSpan 划分的指示种作为群落划分结果的命称。

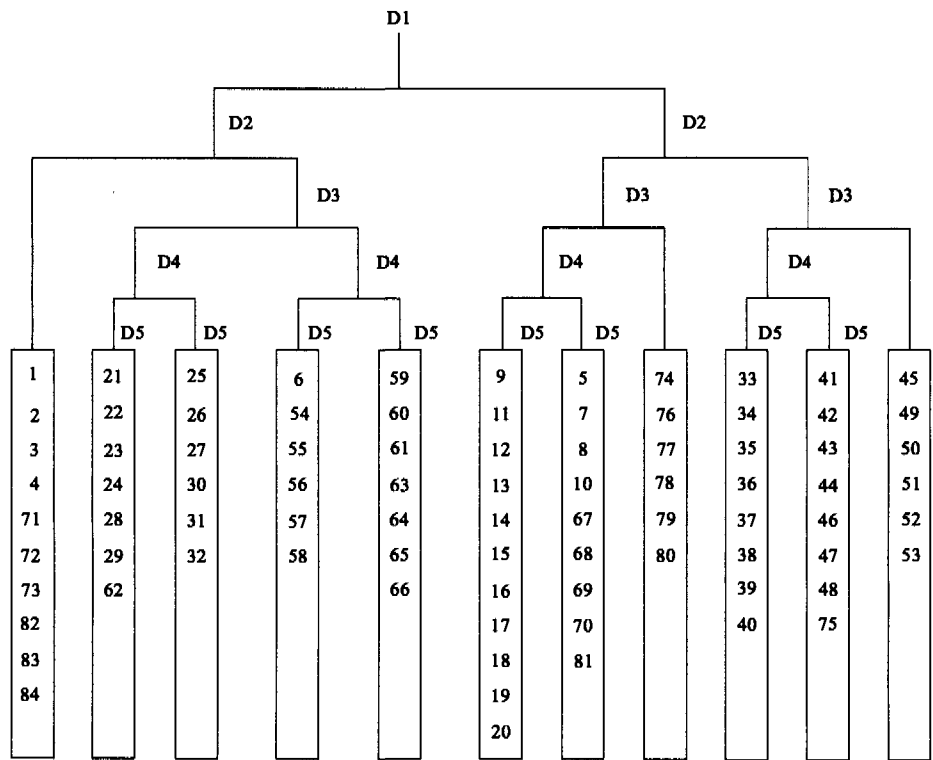


图 1 庞泉沟自然保护区森林群落 84 块样方的 TWINSpan 分类树状图

Fig. 1 Dendrogram of the TWINSpan classification of 84 quadrats in Pangquegou National Nature Reserve

(1) 群落 I 华北落叶松-金花忍冬 + 毛榛-披针苔草 + 草间荆群落 (Comm. *Larix principis-rupprechtii*-*Lonicera chrysantha* + *Corylus mandshurica*-*Carex lanceolata* + *Equisetum pratense*), 简称华北落叶松-金花忍冬群落。该群落分布于海拔 1800~2060m 的半阴坡半阳坡山地, 包含样方 1~4、71~73、82~84。华北落叶松为乔木层的单优势种。灌木层主要有金花忍冬、黄栌木 (*Berberis amurensis*)、水栒子 (*Cotoneaster multiflorus*) 等, 草本层以披针苔草占优势, 伴生成分有草间荆、鹿蹄草 (*Pyrola calliantha*)、龙芽草 (*Agrimonia pilosa*)。林中空地有白桦 (*Betula*

platyphylla) 幼树更新。

(2) 群落 II 华北落叶松-沙棘-披针苔草群落 (Comm. *Larix principis-rupprechtii*-*Cornus bretschnideri*-*Carex lanceolata*), 简称华北落叶松-沙棘群落。该群落分布于 1900 ~ 2100m 的半阳坡山地, 包含样方 21 ~ 32 和 62。乔木层除了华北落叶松外, 还有少量的辽东栎 (*Quercus liaotungensis*)。林下灌木较密, 沙棘是灌木层的优势种, 土庄绣线菊 (*Spiraea pubescens*)、蒙古荚蒾 (*Viburnum mongolicum*) 也有较多分布。草本层以披针苔草、北方拉拉藤 (*Galium boreale*) 居多。林下有少量辽东栎幼树更新, 长势较弱。

(3) 群落 III 华北落叶松 + 杨桦-土庄绣线菊-披针苔草 + 小红菊群落 (Comm. *L. principis-rupprechtii* + *Betula Platyphlla* + *Populus davidiana*-*Spiraea pubescens*-*Carex lanceolata* + *Dendranthera erubescens*), 简称华北落叶松杨桦混交林。包含样方 6、54 ~ 61、63 ~ 66。分布于海拔 2000 ~ 2340m 阳坡、半阳坡山地。乔木层树种组成为 7 落 2 白桦 1 山杨, 林木分化现象明显, 林内有少量的濒死木和枯立木。灌木层以土庄绣线菊、银露梅 (*Potentillaglabra*) 为主, 还有美蔷薇 (*Rosa bella*)、华北覆盆子 (*Rubus idaeus*); 草本层以小红菊占优势, 伴生成分有山尖子 (*Cacalia hastata*)、糙苏 (*Phlomis umbrosa*)。

(4) 群落 IV 华北落叶松 + 云杉-金花忍冬 + 刺梨-披针苔草 + 铃兰群落 (Comm. *L. principis-rupprechtii* + *Picea sp.*-*Lonicera chrysantha* + *Ribes burejense*-*Carex lanceolata* + *Convallaria majalis*), 简称华北落叶松云杉混交林。包含样方 74、76 ~ 80, 分布于海拔 1900 ~ 2100m 的半阴坡。乔木层以华北落叶松为主, 混交云杉, 还有少量的红桦、白桦。树种组成为 5 落 3 云 2 桦, 华北落叶松、青杆和白杆处于第一林冠层, 红桦处于第二林冠层。在林窗下有大量白杆 (*Picea meyeri*) 幼树更新。灌木层物种较少, 主要有金花忍冬、刺梨、八宝茶 (*Euonymus przewalskii*)。草本层主要有披针苔草、山野豌豆 (*Vicia amoena*)、舞鹤草 (*Maianthemum bifolium*)、铃兰等。

(5) 群落 V 青杆 + 华北落叶松-八宝茶-披针苔草群落 (Comm. *Picea wilsonii* + *L. principis-rupprechtii*-*Euonymus przewalskii* + *Carex lanceolata*), 简称青杆华北落叶松混交林。包含样方 5、7 ~ 20、67 ~ 70, 分布于海拔 2010 ~ 2200m 的阴坡, 坡度为 23 ~ 27°。乔木层以青杆为主, 其次为华北落叶松, 还伴有少量的红桦。灌木层盖度以八宝茶占优势, 林下有大量的青杆幼树更新。草本层主要有披针苔草、山韭菜 (*Allium senescens*)。

(6) 群落 VI 青杆 + 华北落叶松-四川忍冬-高乌头群落 (Comm. *Picea wilsonii* + *L. principis-rupprechtii*-*Lonicera kungeana*-*Aconitum sinomontanum*), 简称青杆华北落叶松混交林包含样方 45、49 ~ 53, 分布于 2200 ~ 2400m 的阴坡半阳坡。乔木层树种组成为 6 青 4 落。灌木层物种较简单, 主要有八宝茶、四川忍冬。草本层盖度有披针苔草、高乌头, 苔藓盖度 15%, 枯落物分解不良。

(7) 群落 VII 华北落叶松-披针苔草群落 (Comm. *L. principis-rupprechtii*-*Carex lanceolata*) 简称华北落叶松苔草林。包含样方 33 ~ 44、46 ~ 48、75, 分布于海拔 2250 ~ 2430m 的阳坡半阳坡。乔木层只有华北落叶松。灌木层不发达, 有零星分布的八宝茶和葱皮忍冬 (*Lonicera ferdinandii*)。草本层种类少, 以披针苔草为主, 稀疏分布有紫花碎米荠 (*Cardamine tangutorum*)、翠雀 (*Delphinium grandiflorum*)。

2.2 DCA 排序

用 DCA 对 21 个样地的 84 个样方进行分析, 并根据前两个排序轴分别作出样方和主要物种的二维排序图 (见图 2、图 3)。

2.2.1 样方的 DCA 排序 结合图 2 和表 1 可以看出 TWINSpan 分类所得各群落类型在二维排序图上各自有比较明确的分布范围和界线, 说明同分类方法结合使用 DCA 的效果较好^[14], 它较准确地反映出各森林群落之间以及森林群落与环境之间的关系。

从排序轴来看, 第一轴基本上反映了各森林群落所

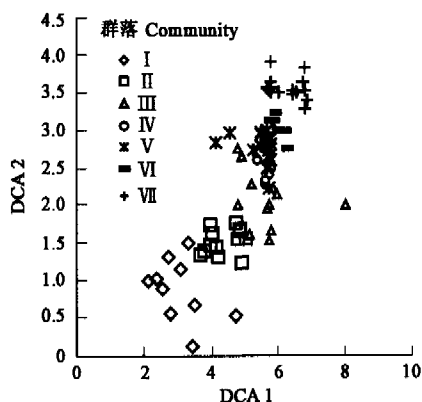


图 2 84 个样方的 DCA 二维排序图

Fig. 2 Two-dimensional DCA ordination diagram of 84 in Pangquanou National Nature Reserve

在环境的湿度梯度,沿 DCA1 轴从左到右,坡向由阴坡向阳坡逐渐过度,即由湿到干的变化;第二轴明显地反映出森林群落温度梯度的变化,沿 DCA2 轴从下到上温度逐渐降低,DCA 排序图对角线基本上反映出海拔梯度的变化,即从左下方到右上方海拔高度逐渐升高。

从群落类型看,各群落类型在排序图上呈现有规律分布。适宜于低海拔阴坡平缓处的群落类型 I 华北落叶松-金花忍冬群落位于排序图的左下方,生境特点是温湿;而适宜于高海拔阳坡陡峭处的群落类型 VII 华北落叶松苔草林位于排序图的右上端,生境特点是干冷。群落 II 华北落叶松-沙棘群落和群落 III 华北落叶松杨桦混交林(相对于群落 I)的坡向从阴坡逐渐过渡到阳坡、半阳坡,因而在排序图的位置稍微偏右。分布于海拔 1900~2200m 阴坡、半阴坡的群落 IV 华北落叶松云杉混交林和群落 V 青杆华北落叶松混交林的湿度温度组合较好,位于排序图的中心部位,这一点从该群落乔木层的树种组成也可得到佐证,即:乔木层第 1 层是华北落叶松和云杉混交,第 2 层是红桦和白桦,这种针阔叶树种混交的现象表明该地段的环境条件适宜于阳性和较耐荫的树种同时存在。群落 VI 青杆华北落叶松混交林略比群落 IV 和 V 偏右,主要是群落 VI 的海拔有所升高。

表 1 庞泉沟森林群落的特征及其环境特征

Table 1 The structure characteristics and environmental characteristics of forest communities in Pangquegou National Nature Reserve

群落类型 Type	海拔高度 Elevation (m)	坡度 Slope (°)	坡向 Aspect	郁闭度 Cover of tree	灌木层盖度 Cover of shrub (%)	草本层盖度 Cover of herb (%)	死地被物层厚度 Thickness of dead coverage (cm)
I	1630~2060	8~25	1	0.65	30	60	2
II	1910~2080	20~32	2~8	0.53	60	20	15.2
III	2020~2340	22~32	5~8	0.38	25	40	18
IV	1960~2160	17~25	2~7	0.57	20	70	4.5
V	2010~2200	23~27	1~2	0.61	15	60	21
VI	2270~2340	22~30	1~5	0.47	15	40	35
VII	2250~2430	13~27	6~7	0.61	5	80	28

从群落的环境梯度来看,在海拔 1600~2100m 山地主要分布着华北落叶松灌木群落,如群落 I 和群落 II,这一带受人为干扰较大,生境特点是温湿,指示种有辽东栎、毛榛、沙棘等,灌木层盖度相对较高,林下有辽东栎和白桦幼树更新。枯落物分解较快,死地被物层相对较薄,如群落 I 仅为 2cm。在山体的中部(海拔 2000~2340m)阳坡分布着华北落叶松杨桦混交林,生境特点是较干热,如群落 III。而阴坡、半阴坡的土壤水份和空气湿度增加,形成凉湿的生境特点,这就为云杉的分布和生长提供了适宜条件。所以在庞泉沟自然保护区的中山地带的阴坡成为云杉的集中分布区,形成了云杉华北落叶松混交林如群落 IV 和群落 V。在山体上部(海拔 2200~2400m)阴坡、半阴坡的生境特点是冷湿,主要分布着青杆华北落叶松混交林如群落 VI,林内苔藓盖度达 15%,林下没有幼树更新,枯落物厚度为 35cm。在山体上部的阳坡、半阳坡分布,生境特点是干冷,主要分布着华北落叶松苔草林,如群落 VII。

2.2.2 优势种的 DCA 排序 图 3 是庞泉沟森林群落优势物种的 DCA 排序图,由图可见。群落中优势种的分布格局所揭示的环境梯度与群落类型的分布梯度,有很大的相似性。从 DCA1 轴看,指示冷湿生境的 3 号物种青杆位于最左端,依次是 7 号物种白杆,10 号物种蒙古荚蒾,逐渐过渡到指示暖干环境的 6 号物种青杨(*Populus cathayana*)及最右端的 8 号物种山杨(*P. davidiana*),即从左到右,反映水分梯度由湿向干过渡。从 DCA2 轴看,从上到下温度逐渐升高,指示暖干、低海拔的 2 号辽东栎、11 号沙棘位于最下部,而指示高海拔、冷湿的 12 号葱皮忍冬(*Lonicera ferdinandii*)位于最上端。对角线也反映出海拔梯度的变化,即从左下方的 15 号山野豌豆(*Vicia amoena*)、16 号鹿蹄草(*Pyrola calliantha*)逐渐过渡到 5 号红桦,到右上端的 14 号柳叶绣线菊(*Spiraea salicifolia*)、18 号翠雀(*Delphinium grandiflorum*)。

图 3 中每种植物都有自己的分布中心和分布区域,这是由各自适宜生存的环境条件所决定的。喜冷湿的青杆位于最左端。指示干热的山杨位于最右端。适宜于低海拔温暖的辽东栎、沙棘位于最下端,而适宜于高

海拔冷湿的葱皮忍冬、翠雀位于最上端。华北落叶松、金花忍冬、土庄绣线菊适应性强,有着广阔的生存空间,因而位于排序图较中心的位置。总之,DCA 第一轴从左到右,植物种由冷湿向暖干过渡,第二轴从下到上,植物种由喜温的种逐渐向耐寒种类逐渐过渡,而沿 DCA 对角线从左下方向右上方,由多见于低海拔地区的植物种向高海拔地区的植物种过渡。

2.3 DCCA 排序

DCCA 是分析植被与环境关系最先进的多元分析技术。DCCA 是限定性排序,即在每一轮样方值——物种值的加权平均叠代运算后,用环境因子与样方值作一次多元线性回归,这样得出的排序轴代表环境因子的一种线性组合,称为环境约束的对应分析(CCA);然后加入除趋势算法因第一、二排序轴间的相关性而产生的“弓形效应”而成为 DCCA。能同时结合植被数据和环境因子计算排序值,更有利于排序轴生态意义的解释,是目前国际上最新的排序方法^[15]。由于环境因子间的测量指标差别悬殊,将环境数据进行标准化。

这里采用 DCCA 对庞泉沟自然保护区的森林群落进行分析,并将其结果与 DCA 的结果进行了比较。图 4 是 DCCA 中样方的二维排序图。图中箭头表示环境因子,箭头连线的长短表示森林群落的分布与环境因子相关性的,箭头所处的象限表示环境因子与排序轴之间相关性的正负。从图中可看出,第一轴基本上反映森林群落所在环境的海拔梯度,即沿 DCCA 第一轴从左到右,海拔逐渐升高(海拔与 DCCA 第一轴的相关系数为 0.881);第二轴基本上表现出森林群落所在环境的坡向、坡度的变化趋势,(坡向与第二轴的相关系数为 0.546,坡度与第二轴的相关系数为 0.326),即沿 DCCA 第二轴,从下到上,坡向由阴坡向阳坡变化坡度由平缓变陡峭。可见海拔梯度是环境因子中对森林群落分布起决定性作用的因子。

样方的 DCCA 排序图类似于 DCA 的排序图,但前者的分布格局比较紧凑,群落间的界线更加模糊,因此同分类结合使用,DCA 的效果要好于 DCCA。

表 2 为 DCA、DCCA 特征值和相关系数的比较。由表可知,DCA 的特征值均高于 DCCA,但种与环境的相关系数明显低于 DCA,因而 DCCA 的应用体现了种与环境的相关性。

3 结论

3.1 采用 TWINSpan 等级分类,将庞泉沟自然保护区的森林群落划分为 7 个类型。

3.2 用 DCA 将 TWINSpan 划分的群落类型在二维排序图上进行排序,各群落类型在排序图上有自己的分布范围和界线,DCA 能较好地反映出各森林群落之间以及森林群落与环境之间的关系。

3.3 样方和物种的二维排序图较好地揭示庞泉沟自然保护区森林群落的分布格局与环境梯度的关系。排序

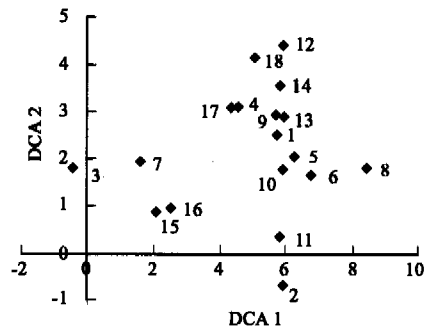


图 3 庞泉沟自然保护区森林群落优势种的 DCA 二维排序图

Fig.3 Two-dimensional DCA ordination diagram of the main species in Pangquegou National Nature Reserve

1. 华北落叶松 *Larix Principis-rupprechtii*; 2. 辽东栎 *Quercus liaotungensis*; 3. 青杆 *Picea wilsonii*; 4. 白桦 *Betula platyphylla*; 5. 红桦 *Betula albo-sinensis*; 6. 青杨 *Populus cathayana*; 7. 白杆 *Picea meyeri*; 8. 山杨 *Populus davidiana*; 9. 土庄绣线菊 *Spiraea pubescens*; 10. 蒙古荚蒾 *Viburnum mongolicum*; 11. 沙株 *Cornus bretschneideri*; 12. 葱皮忍冬 *Lonicera ferdinandii*; 13. 金花忍冬 *Lonicera chrysantha*; 14. 柳叶绣线菊 *Spiraea salicifolia*; 15. 山野豌豆 *Vicia amoena*; 16. 鹿蹄草 *Pyrola calliantha*; 17. 糙苏 *Phlomis umbrosa*; 18. 翠雀 *Delphinium grandiflorum*

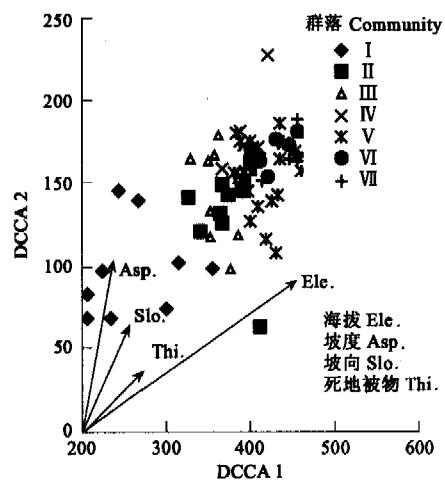


图 4 84 个样方的 DCCA 二维排序图

Fig.4 Twodimensional DCCA ordination diagram of 84 quadrats in Pangquanguou National Nature Reserve

轴 DCA1 从左到右揭示水分梯度由湿到干,DCA2 从上到下,温度逐渐升高,沿对角线,海拔逐渐升高。适宜于温湿、低海拔的群落Ⅰ位于排序图的左下方,而适宜于干冷、高海拔群落Ⅶ位于排序图的最上方。这表明随着海拔梯度的变化,水热两个环境因子的组合是制约森林群落、植物分布格局的主要因素。

3.4 结合 TWINSpan 分类和 DCA 的排序结果,还可以清楚地看到所研究地区森林植被的垂直分布格局。在海拔 1600~2100m 山地主要分布着华北落叶松灌木群落,如群落Ⅰ和群落Ⅱ;在山体的中部(海拔 2000~2340m)阳坡分布着华北落叶松杨桦混交林,如群落Ⅲ。而阴坡、半阴坡的土壤水分和空气湿度增加,形成温湿的生境特点,这就为云杉的分布和生长提供了适宜条件。所以在庞泉沟自然保护区的中山地带的

阴坡成为云杉的集中分布区,形成了云杉华北落叶松混交林如群落Ⅳ和群落Ⅴ。山体的上部(海拔 2200~2400m)的阴坡、半阴坡主要分布着青杆华北落叶松混交林如群落Ⅵ;而阳坡、半阳坡分布,生境特点是干冷,主要分布着华北落叶松披针苔草林,如群落Ⅶ。本文将庞泉沟自然保护区的森林群落分为 7 个类型,大体反映了本区森林概貌。其中山体中上部分布寒温性针叶林如群落Ⅳ群落Ⅴ和群落Ⅵ,面积大、林相好,是褐马鸡的主要栖息林地,也是华北地区重点保护林型。其他森林类型如群落Ⅰ、群落Ⅱ和群落Ⅲ维持该生态系统多样性和物种多样性,具有独特的生态意义也应加大保护力度。

3.5 DCA 与 DCCA 比较 DCA 排序的数据源为种类组成数据,而 DCCA 要求有种类数据矩阵和环境因子矩阵,它有利于排序轴生态意义的解释。

DCA 排序的特征值高于 DCCA,但 DCCA 种与环境的相关系数高于 DCA,这是因为 DCCA 排序图中采用的排序轴是由所测定环境因子的线性组合得到,即所谓的“环境约束”,因此 DCCA 的应用突出反映了种与环境的相关性。

DCCA 的排序轴不仅反映样方间在种类组成上的相似性,而且反映样方间在环境因子组成上相似性,而这种相似性往往相互联系。一般来讲,种类组成接近的森林群落,其环境因子组成上也较接近,这是由植物种、植物群落和环境因子之间相互作用的生态关系决定的,因此表现在排序图中样方较集中,群落间的界线变得较模糊,所以,如果同分类结合使用,DCA 的效果要好于 DCCA。

References:

[1] Burke A. classification and ordination of plant communities of the Naukluft mountains. Namibia. J. Veg. Sci., 2001, 12: 53~60.

[2] Jiang H. DCA ordination, environmental interpretation and geographical distribution model of spruce and fir plant communities in northwest Sichuan and south Gansu. Acta Phytocologica Sinica, 1994, 18(3): 209~218.

[3] Jiang H. Ordination, quantitative classification, and environmental interpretation of plant communities in Dongling Mountain. Acta Botanica Sinica, 1994, 36(7): 539~551.

[4] Zhang X S. Indirect gradient analysis, quantitative classification and environmental interpretation of plant communities in Ngari, Xizang(Tibet). Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica, 1991, 15(2): 101~103.

[5] Zhang F, Zhang J T, Zhang F. Pattern of forest vegetation and its environmental interpretation in Zhuweigou, Lishan Mountain Nature Reserve. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(3): 421~427.

[6] Gao X. M, Cheng L Z. Studies on the species diversity of *Quercus liaotungensis* communities in Beijing Mountains. Acta Phytocologica Sinica, 1998, 22: 23~32.

[7] Zhang F, Zhang J T. Research progress of numerical classification and ordination of vegetation in China. Journal of Shanxi University (Nat. sci. Ed.), 2000, 23: 278~282.

[8] Zhang F. A study on the wild plant resources in Guandi Mountain. Mountain Research, 1994, 12(3): 181~186.

[9] Zhang F, Shangguan T L, Zhen F Y. On the flora of seed plants in Shanxi Guandi Mountains. Bulletin of Botanical Research, 1998, 18(1): 20~20.

[10] Zhang F, Shangguan T L. Characteristics and biomass of *Larix principis-rupprechtii* communities in Guandi Mountain. Journal of Shanxi University (Nat.

表 2 DCA、DCCA 排序轴特征值及种-环境相关系数

Table 2 Eigen values and species-environment correlation coefficients for the first three axes of DCA and DCCA

项目 Item		Axis1	Axis2	Axis3
特征值	DCA	0.859	0.605	0.484
Eigenvalues	DCCA	0.451	0.268	0.138
种与环境的相关系数	DCA	0.491	0.338	0.341
Species environment correlations coefficients	DCCA	0.847	0.734	0.616

sci. Ed.), 1992, 15 (1): 72 ~ 77.

- [11] Qiu Y, Zhang J T. The ordination axes clustering based on detrended canonical correspondence analysis ordination and its application to the analysis of the ecological gradients of plant communities. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 24: 430 ~ 435.
- [12] Xie J Y, Chen L Z. The studies of some aspects of biodiversity on scrubs in the warm temperate zone in China. *Acta Phytocologica Sinica*, 1997, 21(3): 197 ~ 207.
- [13] Song YC. vegetation ecology. Shanghai: Normal University in the East of China Press, 2001.
- [14] Zhang J T. The developments of numerical methodologies in vegetation analysis. *Advances in Modern Ecology*, Beijing: Science Press, 1992. 249 ~ 265.
- [15] Zhang, J T. The methods in plant quantitative ecology. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1995. 143 ~ 158.

参考文献:

- [2] 江洪. 川西北甘南云杉林的 DCA 排序、环境解释和地理分布的模型的研究. *植物生态学报*, 1994, 18(3): 209 ~ 218.
- [3] 江洪. 东灵山植物群落的排序、数量分类与环境解释. *植物生态学报与地植物学学报*, 1994, 36(7): 539 ~ 551.
- [4] 张新时. 西藏阿里植物群落的间接梯度分析、数量分类与环境解释. *植物生态学报与地植物学学报*. 1991, 16(4): 301 ~ 309.
- [5] 张峰, 张金屯, 张峰. 历山自然保护区猪尾沟森林群落植被格局及其环境解释. *生态学报*, 2003, 23(3): 421 ~ 427.
- [6] 高贤明, 陈灵芝. 北京山区辽东栎 (*Quercus liaotunensis*) 群落多样性的研究. *植物生态学报*, 1998, 22(1): 23 ~ 32.
- [7] 张峰, 张金屯. 我国植物数量分类和排序研究进展. *山西大学学报(自然科学版)*, 2000, 23(3): 278 ~ 282.
- [8] 张峰. 山西关帝山野生植物资源研究. *山地研究*, 1994, 12(3): 181 ~ 186.
- [9] 张峰, 上官铁梁. 山西关帝山种子植物区系研究. *植物研究*, 1998, 18(1): 20 ~ 27.
- [10] 张峰, 上官铁梁. 山西关帝山华北落叶松林的群落学特征和生物量. *山西大学学报(自然科学版)*, 1992, 15(1): 72 ~ 77.
- [11] 邱扬, 张金屯. DCCA 排序轴分类及其在关帝山八水沟植物群落生态梯度分析中的应用. *生态学报*, 2000, 20(2): 199 ~ 206.
- [12] 谢晋阳, 陈灵芝. 中国暖温带若干灌丛群落多样性问题的研究. *植物生态学报*, 1997, 21(3): 197 ~ 207.
- [13] 宋永昌. 植被生态学. 上海: 华东师范大学出版社, 2001.
- [14] 张金屯. 植被数量分析方法的发展. 当代生态学博论. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 249 ~ 265.
- [15] 张金屯. 植被数量生态学方法. 北京: 中国科学技术出版社, 1995.