

广东省自然保护区 DCA 排序与 UPGMA 聚类研究

贾小容¹, 苏志尧¹, 陈北光¹, 周毅²

(1 华南农业大学 林学院, 广东 广州 510642; 2 广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520)

摘要:选取广东省已进行过深入调查的 20 个自然保护区为样本,以稀有濒危物种分布、维管植物数量、稀有濒危动植物的种数、保护区面积、年平均降雨量等属性数据作为变量,建立数据库,进行 DCA 排序和 UPGMA 聚类研究。DCA 排序结果显示,各自然保护区在排序空间中基本上聚集在一起,表明它们的 β 多样性即样本间的梯度很低,具有很强的同质性。各个保护区的聚类结果基本上反映了省内生境的地带性分异。60 种稀有濒危植物的聚类结果则反映出它们在各个保护区分布情况的相似程度,这就间接地表明了它们的分布与相关自然保护区生境条件的密切关系。本研究的结果提示,在做好行政及管理协调的基础上,从自然保护的角度着眼,可把地理相近、梯度相差较少的保护区合并,组成更大面积的自然保护区。本研究还表明,采用排序结合聚类的方法对于所选样本的分类是行之有效的。

关键词:自然保护区; UPGMA 聚类; DCA 排序; 稀有濒危植物; 广东省

中图分类号:Q948.156

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2004)02-0075-05

DCA ordination and UPGMA cluster analysis of nature reserves in Guangdong Province

JIA Xiao-rong¹, SU Zhi-yao¹, CHEN Bei-guang¹, ZHOU Yi²

(1 College of Forestry, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China;

2 Forestry Academy of Guangdong Province, Guangzhou 510620, China)

Abstract: Twenty nature reserves in Guangdong Province with detailed background data were selected for DCA (Detrended Correspondence Analysis) ordination and UPGMA (Unweighted Pair-group Method Using Arithmetic Average) cluster analysis. Data matrices for the analyses were constructed using frequency of rare and endangered plant species distribution, number of vascular plant species, number of rare and endangered plant and animal species, area of nature reserve, average annual rainfall as attribute variables. Results from DCA ordination showed a concentrating trend of nature reserves, indicating a low β diversity and a low gradient and thus high homogeneity among them. Cluster analysis on the nature reserves displayed the zonal diversification of habitats across the province, whereas cluster analysis on the rare and endangered plant species demonstrated the degree of similarity to their distribution among the nature reserves, which indirectly related their distribution to the habitats of the relative nature reserves. The findings from this study suggest that adjacent low-gradient nature reserves can be merged for better conservation of nature and natural resources, if administration and management are feasible. This study also suggests that a combination of DCA and UPGMA is powerful in explaining gradients and in classifying the samples.

Key words: nature reserve; cluster analysis with UPGMA; ordination using DCA; rare and endangered plant species; Guangdong Province

自然保护区是将具有代表性的景观地理单元以及其他为了科研、教育、文化娱乐目的而划分出的保护地域的总称^[1]。建立自然保护区对于保护自然环境和自然资源,尤其是对于就地保护稀有濒危动植物种类具有特别重要的意义。我国自1956年在广东省鼎湖山建立起第一个自然保护区以来,自然保护区事业已有了长足的发展^[1]。就广东省来说,目前全省各地已建立起国家级及省级自然保护区超过40处;更多的自然保护区则正在规划建设中。

结合广东省自然保护区建设及本底调查而进行的研究已有不少报道,但这些研究大多只是针对特定的保护区进行的专门研究,或者是对各个保护区的一般性介绍^[2~4],而应用数学分析方法对全省保护区的现状、相似性等进行总体的比较和综合研究鲜见报道。本研究选取广东省20个保护区进行排序和聚类研究,以揭示自然保护区之间的内在联系,为广东省自然保护区的发展、规划和管理提供理论依据。

1 研究方法

1.1 属性数据的提取及数据集构建

按照群落生态学的概念模型,以自然保护区为样本,提取保护区的特征性数据,包括稀有濒危物种分布、维管植物数量、稀有濒危动物及植物的种数、保护区面积、年平均降雨量等属性数据作为变量,建立数据库。由于目前广东省各个保护区本底调查情况不一,数据详尽程度也不一致,故本研究只选取了广东省20个已进行深入调查的保护区^[4],以避免因数据不对等而产生结果偏差。由此构建出2个数据集(dataset)。第1个为二元数据矩阵(binary data matrix),以保护区为数据矩阵的行(row),以稀有濒危植物种为列(column),某个种在某个保护区中有分布的记为1,否则记为0;第2个为定量数据集(quantitative dataset),以保护区为数据集的行,以维管植物数量、稀有濒危动物及植物的种数、保护区面积、年平均降雨量等5个变量为列。

1.2 数量生态学分析

利用多元统计分析软件 PC-ORD^[5]对上述2个数据集进行数量生态学分析。选用 Bray-Curtis 距离系数,用组平均法(unweighted pair-group method using arithmetic average, UPGMA)对二元数据矩阵中的各行(即各保护区)进行聚类,输出树状图,然后,再利用 PC-ORD 的行列转换功能(transpose),生成一个以稀有濒危植物种为行,以自然保护区为列的二元数据矩阵,用同样的方法对各行(即稀有濒危植物种)进

行聚类。排序分析则是先对定量数据集以 $\log_{10}$ 转换进行数据标准化,然后用 PC-ORD 进行除趋势对应分析(detrended correspondence analysis, DCA, 也称无偏对应分析)。由于 PC-ORD 与其他许多统计软件一样只支持8个字符的字段名,故对保护区名称、稀有濒危植物种名以及属性变量名称都以拉丁字母作了编码。

2 结果与分析

2.1 DCA 排序

DCA 是 Hill 和 Gauch 于1980年改进对应分析[correspondence analysis, CA; 也称相互平均法(reciprocal averaging, RA)]的缺陷而开发出的一种排序方法^[6]。DCA 改正了 CA 的2个缺陷,即“拱形效应”(arch effect)及排序轴端相对于轴中央的压缩使得排序结果更加真实。DCA 的优点还包括:它的排序轴代表 β 多样性的变化,以及它可以同时对行和列进行排序,生成双序图(biplot),因此,它便成为非限定排序(unconstrained ordination)的一种最佳也是最流行的方法^[6,7]。

表1按保护区列出了5个属性变量的数值。在进行 DCA 分析时,先对这些数值以 $\log_{10}$ 转换进行数据标准化。由排序结果(图1)可见,各自然保护区在排序空间中基本上聚集在一起,表明它们的 β 多样性即样本间的梯度很低,具有很强的同质性。就5个属性变量与各个保护区的排序关系来说,从图1可以看到,无论是从哪两个轴看,维管植物种数(Vapl)这个属性变量对自然保护区的排序结果有最大影响,显然与所研究的保护区的实际情况是相吻合的,所选保护区基本上是属于森林生态系统保护型的,维管植物种数是各个保护区最主要的特征。此外,从轴1对轴3(axis1 $\times$ axis3)及轴2对轴3(axis2 $\times$ axis3)的排序图来看,保护区面积(Area)及降雨量(Rain)与保护区的排序结果关系也较密切。

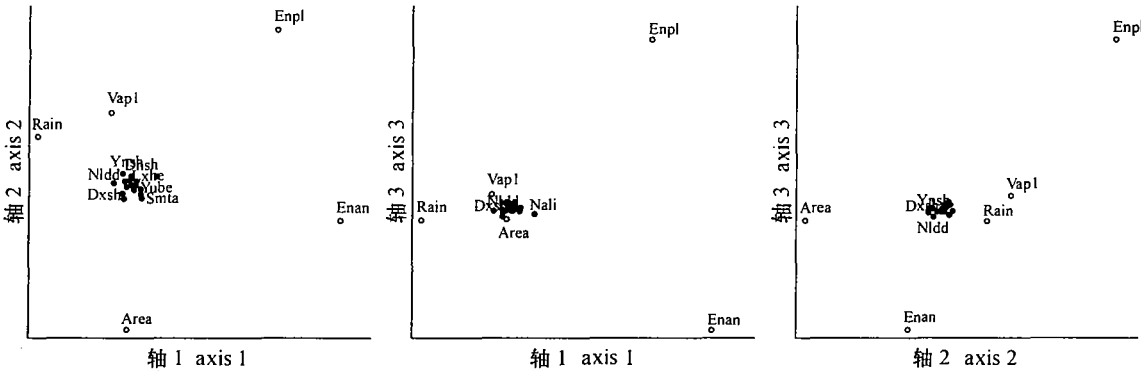
2.2 UPGMA 聚类

UPGMA 是目前在生物系统学及生态学中应用最广的一种聚类方法。UPGMA 采用聚合分类的算法(agglomerative algorithm),与该种算法的其他聚类方法相比,它产生的树状图失真最少^[8]。对广东省20个自然保护区的聚类结果(图2)基本上反映了省内生境的地带性分异。广东省是我国大陆最南的省份,位居北纬20°09'~25°31',东经109°45'~117°20'。北回归线横贯本省境内中部。由于本省地势北高南低及一系列东北-西南走向的山脉的影响,使得气候的

表 1 广东省自然保护区属性数据集

Tab. 1 Quantitative dataset of the major attributes of the nature reserves in Guangdong Province

自然保护区 nature reserve	编码 coding	维管植物种数 no. of vascular plants	稀有濒危植物种数 no. of rare and endangered plant species	稀有濒危动物种数 no. of rare and endangered animal species	面积 area/hm ²	年平均降雨量 average annual rainfall/mm
内伶仃岛 Neilingdingdao	Nldd	452	3	4	498	2 055.8
担杆岛 Dangandao	Dgda	438	3	10	2 270	1 962.0
粤北 Yuebei	Yube	2 349	32	37	270 000	1 850.0
鼎湖山 Dinghushan	Dhsh	2 437	15	11	1 134	1 927.3
黑石顶 Heishiding	Hsdi	1 605	15	20	4 200	1 667.8
罗浮山 Luofushan	Lfsh	1 168	12	5	2 400	1 850.0
古田 Gutian	Guti	1 127	9	13	2 189	1 805.0
观音山 Guanyinshan	Gysh	1 163	10	16	2 846	2 201.3
南昆山 Nankunshan	Nksh	1 008	14	11	1 750	2 716.6
百涌 Baiyong	Bayo	959	10	19	3 733	2 385.0
大雾岭 Dawuling	Dwli	1 453	23	15	3 439	1 725.0
丰溪 Fengxi	Fexi	1 300	7	15	1 070	1 473.8
阴那山 Yinnashan	Ynsh	814	5	7	200	1 441.3
皇佑笔 Huangyoubi	Hybi	423	6	9	1 500	1 679.4
七目嶂 Qimuzhang	Qmzh	1 061	15	6	2 000	1 490.0
车八岭 Chebaling	Cbli	1 448	14	34	7 545	1 484.0
南岭 Nanling	Nali	2 014	31	253	1 000	1 680.0
丹霞山 Danxiashan	Dxsh	1 389	5	8	28 000	1 665.0
流溪河 Liuxihe	Lxhe	1 250	11	20	8 831	2 104.0
石门台 Shimentai	Smta	2 163	28	31	82 260	1 875.0



Area = 面积 area/hm²; Enan = 稀有濒危动物种数 number of endangered animal species; Enpl = 稀有濒危植物种数 number of endangered plant species; Rain = 年平均降雨量 average annual rainfall; Vapl = 维管植物种数 number of vascular plants

图 1 广东省自然保护区 DCA 排序图

Fig. 1 Ordination scatter plot generated from detrended correspondence analysis of nature reserves in Guangdong Province

纬度地带性分异更加明显,从南到北形成北热带、南亚热带和中亚热带 3 个气候带^[9]. 与之相适应,植物区系、植被类型以及稀有濒危植物的分布等也存在着地带性分异.

从图 2 可见:内伶仃岛和担杆岛关系密切,这 2 个自然保护区都位于珠江口,处于北热带,都只有 3 种稀有濒危植物;粤北、南岭和石门台这 3 个保护区亦有极大的相似性,它们处于中亚热带,且因保护区面积较大以及南岭山脉的地形因子作用,稀有濒危

植物的种数都较多(粤北 32 种,南岭 31 种,石门台 28 种);阴那山和丹霞山也处于中亚热带,它们的稀有濒危植物的种数相对粤北,南岭和石门台就较少,都只有 5 种;鼎湖山、罗浮山、大雾岭和百涌都位于南亚热带,尽管保护区面积不大,但稀有濒危植物的种数仍相对较多(鼎湖山 15 种,罗浮山 12 种);观音山和皇佑笔以及丰溪和车八岭都处于本省中亚热带的东端.

稀有濒危物种的聚类结果(图 3)则反映出 60 种

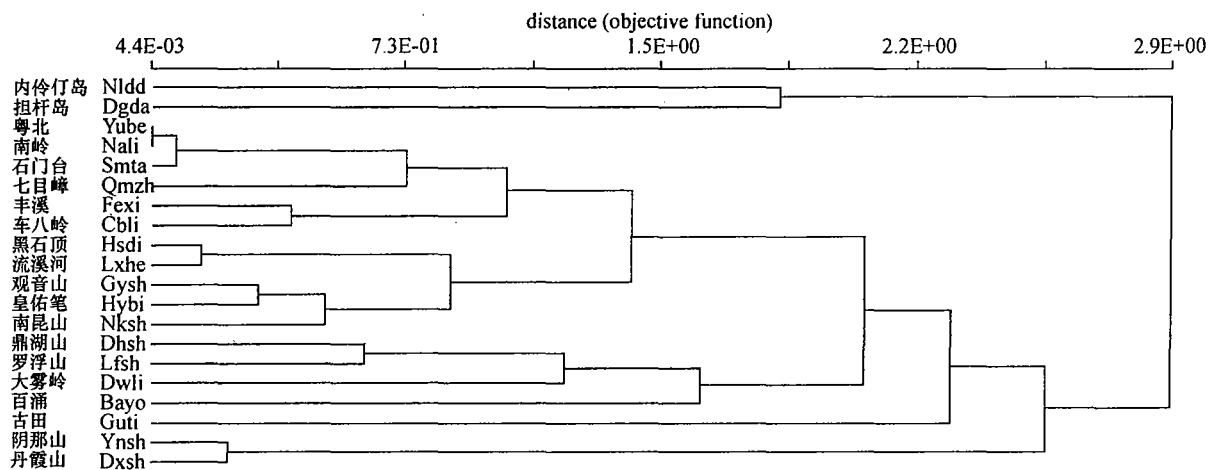


图2 广东省自然保护区 UPGMA 聚类图

Fig.2 Dendrogram generated from UPGMA cluster analysis of nature reserves in Guangdong Province

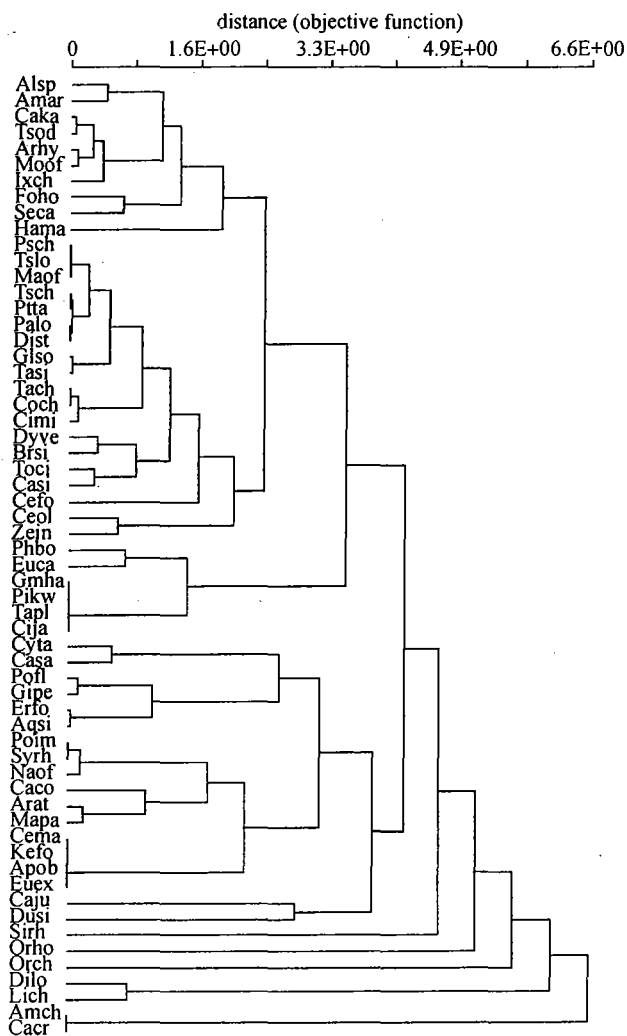


图3 广东省自然保护区稀有濒危植物 UPGMA 聚类图

Fig. 3 Dendrogram generated from UPGMA cluster analysis of rare and endangered plant species in nature reserves of Guangdong Province

稀有濒危植物在各个保护区分布情况的相似程度,这就间接地反应了它们的分布与相关自然保护区生境条件的密切关系.树状图中9个距离为0的并列枝(Tie)表示它们有着完全一致的分布.如 Psch(白

Alsp 为莎萝 *Alsophila spinulosa*; Amar 为穗花杉 *Amentotaxus argotaenia*; Amch 为细子龙 *Amesiodendron chinense*; Apob 为圆籽荷 *Apterosperma oblata*; Aqsi 为土沉香 *Aquilaria sinensis*; Arat 为舌柱麻 *Archiboehmeria atrata*; Arhy 为白桂木 *Artocarpus hypargyrea*; Brsi 为伯乐树 *Bretschneidera sinensis*; Caco 为华南椎 *Castanopsis concinna*; Cacr 为红皮糙果茶 *Camellia crapnelliana*; Caju 为秀丽椎 *Castanopsis jucunda*; Caka 为吊皮椎 *Castanopsis kawakamii*; Casa 为苏木 *Caesalpinia sappan*; Caci 为野茶树 *Camellia sinensis*; Cefo 为三尖杉 *Cephalotaxus fortunei*; Cema 为海南粗榧 *Cephalotaxus mannii*; Ceol 为篦子三尖杉 *Cephalotaxus oliveri*; Cija 为普陀樟 *Cinnamomum japonicum*; Cimi 为沉水樟 *Cinnamomum micranthum*; Coch 为短萼黄连 *Coptis chinensis* var. *breviseptala*; Cyta 为台湾苏铁 *Cycas taiwaniana*; Dilo 为野龙眼 *Dimocarpus longan*; Dist 为马蹄参 *Diplopanax stachyanthus*; Dusi 为绣球茜草 *Dunnia sinensis*; Dyve 为八角莲 *Dysosma versipellis*; Erfo 为格木 *Erythrophleum fordii*; Euca 为伞花木 *Eurycoorymbus cavalerieri*; Euex 为猪血木 *Euryodendron excelsum*; Foho 为福建柏 *Fokienia hodginsii*; Gipe 为水松 *Glyptostrobus pensilis*; Giso 为野大豆 *Glycine soja*; Gmha 为苦梓 *Gmelina hainanensis*; Hama 为银钟花 *Halesia macgregorii*; Ixch 为粘木 *Ixonanthes chinensis*; Kefo 为油杉 *Keteleeria fortunei*; Lich 为野荔枝 *Litchi chinensis*; Maof 为凹叶厚朴 *Magnolia officinalis* subsp. *biloba*; Mapa 为紫荆木 *Madhuca pasquieri*; Moof 为巴戟 *Morinda officinalis*; Naof 为乌檀 *Nauclea officinalis*; Orch 为兰花蕉 *Orchidantha chinensis*; Orho 为绿毛红豆 *Ormosia howii*; Palo 为乐东拟木兰 *Parakmeria loutungensis*; Phbo 为闽楠 *Phoebe bournei*; Pikw 为广东松 *Pinus kuangtungensis*; Pofi 为长叶竹柏 *Podocarpus fleuryi*; Poim 为鸡毛松 *Podocarpus imbricatus*; Psch 为白豆杉 *Pseudotaxus chienii*; Pita 为青檀 *Pteroceltis tatarinowii*; Seca 为半枫荷 *Semiliquidambar cathayensis*; Sirh 为合柱金莲木 *Sinia rhodoleuca*; Syrh 为仪花 *Sysidice rhodostegia*; Tach 为南方红豆杉 *Taxus chinensis* var. *mairei*; Tapl 为蒟蒻薯 *Tacca chantrieri*; Tasi 为银鹊树 *Tapiscia sinensis*; Toci 为红椿 *Toona ciliata*; Tsch 为南方铁杉 *Tsuga chinensis* var. *tchekiangensis*; Tslo 为长苞铁杉 *Tsuga longibracteata*; Tsod 为观光木 *Tsoongiodendron odorum*; Zein 为任木 *Zenia insignis*

豆杉)、Tslo(长苞铁杉)、Maof(凹叶厚朴)仅在粤北和南岭两个自然保护区中有分布.其他各个物种根据其保护区中分布的差异,按照距离系数的大小分成不同的簇(cluster).如 Dilo(野龙眼)仅分布于内伶

汀岛自然保护区和七目嶂自然保护区;而 Lich(野荔枝)仅分布于内伶仃岛自然保护区. 两者的分布情况相近而都与上端各簇种类的分布不同. Amch(细子龙)和 Cacr(红皮糙果茶)只局限分布于古田自然保护区,两者相似性为 100%,而与其他各簇的关系最远.

3 讨论

保护区的面积、自然地理条件及生物区系的数量是规划自然保护区时必须考虑的重要因素^[10]. 在本项研究中,UPGMA 聚类基于稀有濒危植物在各保护区中的分布频度而对所研究的广东省 20 个保护区作了分类,而排序结果则显示各保护区高度的同质性. 这就提示我们从自然保护的角度着眼可把地理相近、梯度相差较少的保护区合并,组成更大面积的自然保护区. 当然,这需要作行政及管理上的协调.

就本项研究而言,选用稀有濒危植物分布的二维数据矩阵来对保护区进行聚类是可行的,因为广东省的自然保护区大多数为生态系统及稀有濒危生物物种保护类型,其中,稀有濒危植物的数量在规划设立一个自然保护区时是优先的考虑因素. 聚类方法所输出的分类树状图给人直观、鲜明的印象. 但当各样本间的差异为连续的时候,截然分成不同的类群则人为地放大了这种差异;在这种情况下,排序方法把对象在环境因子空间或物种组成空间里进行排列,给人一种更为真实的感觉. 当研究对象很多时,要在图中清楚地辨别排序对象并不容易. 在本项研究中,采用排序结合聚类的方法可克服各自的缺点,

获得最佳的效果.

参考文献:

- [1] 金鉴明,王礼嫻,薛大元. 自然保护概论[M]. 北京:中国环境科学出版社,1991. 231-271.
- [2] 冯志坚,李振魁,吴永彬,等. 广东惠东莲花山白盘珠自然保护区植物资源调查[J]. 华南农业大学学报,2002,23(4):49-52.
- [3] 徐燕千. 车八岭国家级自然保护区调查研究论文集[C]. 广州:广东科技出版社,1993. 1-553.
- [4] 张金泉. 广东省自然保护区[M]. 广州:广东旅游出版社,1997. 1-168.
- [5] McCUNE B, MEFFORD M J. PC-ORD multivariate analysis of ecological data (version 4.20)[CP/DK]. Gleneden Beach: MjM Software Design, 1999.
- [6] JONGMAN R H G, Ter Braak C J F, van Tongeren O F R. Data analysis in community and landscape Ecology[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 105-110.
- [7] McGARIEGAL K, CUSHMAN S, STAFFORD S. Multivariate statistics for wildlife and ecology research[M]. New York: Springer-Verlag, 2000. 68-69.
- [8] MAEQUEZ A L, REAL R, VARGAS J M, et al. On identifying common distribution patterns and their causal factors: a probabilistic method applied to pteridophytes in the Iberian Peninsula[J]. Journal of Biogeography, 1997, (24): 613-631.
- [9] 广东省植物研究所. 广东植被[M]. 北京:科学出版社,1976. 1-39.
- [10] LEADER-WILLIAM N, HARRISON J, GREEN M M B. Planning protected areas to conserve natural resources[J]. Science Progress, 1990, 294(7): 102-107.

【责任编辑 李晓卉】