

重庆石灰岩植被的排序及其结果解释

ORDINATION AND ENVIRONMENTAL INTERPRETATION
OF THE CALCAREOUS VEGETATION IN CHONGQING

杜道林

刘玉成

Du Daolin

Liu Yucheng

(西南师范大学生物系, 重庆, 630715)

(Biology Department, South-West Normal University, Chongqing, China, 630715)

Q948.156

喀斯特(Karst)地貌在世界上广泛分布, 在中国的分布面积占全国幅员面积的1/7左右。其植被大多为次生, 次生植被的生态学规律研究, 对实践更具指导意义。到目前, 国内对于石灰岩植被已有一系列研究成果, 但大部分为描述性工作。现代生态学数量工具的快速发展, 如无趋势对应分析(detrended correspondence analysis, DCA)^[1], 非度量多维调节(non-metric multidimensional scaling NMDS)^[2], 无趋势主分量分析(detrended principle analysis, DPC)^[3]等, 为生态学植被数据结构的描述和解释提供了较为满意的工具, 然而这些新方法还未在各种类型的野外数据上测试, 所以它们的应用潜力还有待进一步探索^[4]。

1 环境条件

重庆位于四川省东南部, 28°27'49"—30°26'28"N, 105°15'—107°27'30"E, 总面积22341.48 km², 现有森林覆盖率10.4%, 石灰岩面积约占总面积的10%。本区地貌轮廓明显, 石灰岩主分布于背斜。属中亚热带湿润季风气候^[5,6]。

2 研究方法

2.1 取样 本着典型性原则^[7], 考虑地域和各种植被类型, 再于各植被类型随机取样。草本和幼苗样地取2 m×2 m; 灌木样地取5 m×5 m, 内设2个2 m×2 m小样方调查草本和幼苗; 乔木样地取10 m×10 m, 内分别作2个5 m×5 m样方和4个2 m×2 m样方作灌木和草本及幼苗调查。测记样地环境条件。从1990年9月到1992年5月, 于重庆市白庙子、天府北、三汇坝、打通、松藻, 及华蓥山等取36个样地。其海拔为270—850 m, 平均577 m; 坡度10°—40°, 平均23°; 土壤厚度6.75—27.00 cm, 平均14.57 cm; 土壤pH值5.5—7.2, 平均6.6; 岩石裸露度0%—70%, 平均26%。

2.2 数据处理 以原始数据计算各样方内出现物种的各一个综合指标, 乔木以(相对优势度+相对冠幅盖度+相对多度)/3计, 灌木和草本以(相对盖度+相对多度)/2计。然后按淘汰偶见种和普遍种原则加以简缩^[8], 余28种植物。

由于主分量分析(principle analysis, PCA)、对应分析(correspondence analysis COA)等线性排序技术是假定样方沿一个环境梯度取样时种反应出的关系是线性或近线性的^[9]。而群落生态中, 中等的非线性数据结构是普遍的^[5]。Phillips描述了一种展开或无偏化由PCA对于中等非线性数据结构产生的弓形畸变的DPC法^[10]。Hill和Gauch提出了一种无偏化COA产生的弓形畸变的复杂处理过程, 称无偏对应分析^[11]。

但若环境梯度非常宽,则样方格局看上去将象“圆形”或“螺旋形”^[10],对于这样强烈的非线性数据结构,必须用如连续体分析(contingency analysis)、NMDS 等非线性排序法。

DPC 基本步骤:Ⅰ.用 PCA 处理数据,得出样方排序坐标;Ⅱ.回归 PCA 的成分Ⅰ(Y)到Ⅰ(X)上: $Y = B_0 + B_1X + B_2X^2$;Ⅲ.检验回归的显著性。

NMDS 原理为:使用前面的二维或三维排序 CPO、PCA 或 COA 的样方坐标,计算所有样方间的距离;之后以升顺序排列样方,再通过 Kruskal 的非参数回归技术优化排序。

将样方的排序坐标(Y)概念化为与潜在环境梯度有关的合成轴,用之与环境因子(X_n)间接地建立样方与环境因子间的量化模型,回归模型为: $Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_pX_p$ 。

3 结果分析

3.1 据 PCA 结果,前 3 个主分量特征值占观测值总方差百分数分别为Ⅰ:16.5%,Ⅱ:11.7%,Ⅲ:9.4%。取Ⅰ、Ⅱ主分量作样方排序(图 1(A))。说明 PCA 排序的畸变很大,不能较好归纳数据所代表信息。

第Ⅰ轴与选择出的具相对重要性 5 个环境因子(X_1 ——海拔、 X_2 ——坡度、 X_3 ——土壤厚度、 X_4 ——土壤 pH 值、 X_5 ——岩石裸露度)的多元回归方程为:

$$Y(Ⅰ) = 1.72 + 0.001X_1 - 0.005X_2 + 0.007X_3 - 0.297X_4 - 0.546X_5$$

$$(R^2 = 0.676, F = 12.545, \text{极显著})$$

回归较好地拟合了实际数据。对 R^2 贡献最大的是 X_4 (36.6%),即 PCA 第Ⅰ轴主代表了土壤 pH 值梯度和岩石裸露度级,从左向右,土壤 pH 值有渐降趋势。

3.2 据 COA 结果作图 2,可以看出,样方排列依然稀疏紊乱。

$$Y(Ⅱ) = 4.9 - 0.003X_1 - 0.01X_2$$

$$+ 0.012X_3 + 0.948X_4 + 1.049X_5$$

$$(R^2 = 0.685, F = 13.03, \text{极显著})$$

对 R^2 贡献最大者为 X_4 (41.0%)、 X_5 (35.6%),COA Ⅱ轴从左向右土壤 pH 值渐增、海拔高度渐降。

$$Y(Ⅱ) = 2.09 - 0.002X_1 - 0.057X_2$$

$$- 0.087X_3 - 0.509X_4 - 1.231X_5$$

$$(R^2 = 0.36, F = 3.378, \text{显著})$$

3.3 作 DPC 图(图 1(A、B)),其 PCA

(Ⅱ)(Y)回归到 PCA(Ⅰ)(X)方程为: $Y = 0.077 + 0.052X - 0.595X^2$ ($R^2 = 0.064$,

$F = 1.137$)可以看出,相似性较高的样方

排序距离较近,从左向右可明显分为 7 个部分(图 1.B),基本上反映出了样方间的

同质性。从左向右分别为:主以铁仔为优势种的灌丛,其土壤 pH(X_4)6.95—7.2;

以柏木为乔木层优势种,以羊蹄甲、黄荆等为灌木层优势种的针叶林或以羊蹄甲、黄

荆等为优势种的灌丛, X_4 6.67—7.2;以柏木、白栎为乔木层优势种,以黄荆、羊蹄甲等为灌木层优势种的

针阔混交林, X_4 5.5—7.2;以柏木或马尾松为乔木层优势种的针叶林, X_4 6.6—7.2;以槭木为优势种的灌

丛, X_4 5.6—7.0;以野花椒、盐肤木等优势种的灌丛或以白栎为乔木层优势种、盐肤木等为灌木层优势种

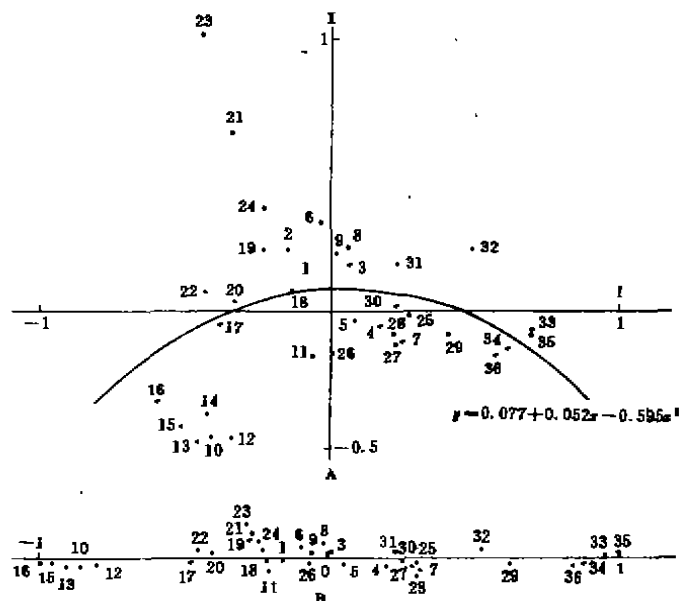


图 1 重庆石灰岩植被主分量分析排序结果

(A)和无偏主分量分析排序结果(B)

Fig. 1 The ordination of calcareous vegetation in

Chongqing by principle analysis in two dimensions

(A) and detrended principle analysis (B)

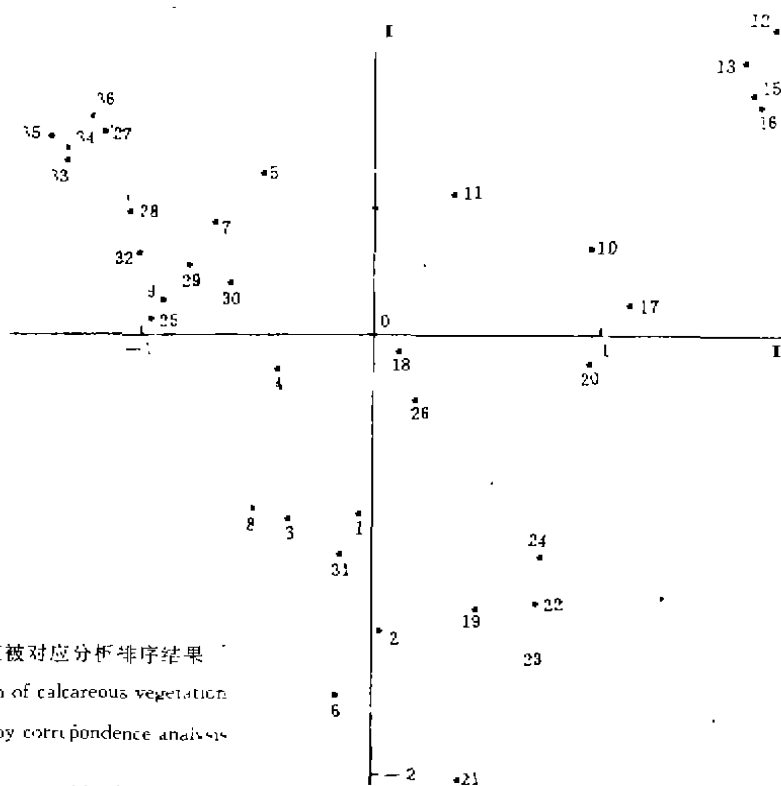


图2 重庆石灰岩植被对应分析排序结果

Fig. 2 The ordination of calcareous vegetation in Chongqing by correspondence analysis

的阔叶林, X_5 5.75—6.06; 以马尾松为乔木层优势种, 麻栎、槭木等为灌木层优势种的针叶林和以白栎为乔木层优势种, 麻栎、槭木为灌木层优势种的阔叶林, X_5 5.75—6.35。

$$Y = 3.34 + 0.001X_1 - 0.007X_2 - 0.005X_3 - 0.531X_4 - 0.825X_5$$

($R^2 = 0.611$, $F = 9.431$, 极显著)

对 R^2 贡献最大的是 X_4 (53.2%), 从左向右, DPC 轴示土壤 pH 值有渐降趋势。

PCA(I) 回归到 PCA(II) 的方程经检验并不显著, 说明被处理数据的结构非线性较强, 用 DPC 法并不能完全展开其复杂结构。

3.4 据 NMDS 分析, 样方被比较疏散地置于 NMDS 的二维平面上(图 3(A)), 却又与 PCA、COA 结果显著不同, 即说明 NMDS 法已展开了数据复杂的非线性结构。由于这些样方在其植物组成及其优势程度是各不相同的, 严格说, 它们一方面不可能很紧密地聚集在一起; 另一方面, 实际相似性较高的样地却又不应该分离得太远。所以相对而言, NMDS 法有强化数据结构非线性性质的趋势(NMDS 三维图似二维图)。

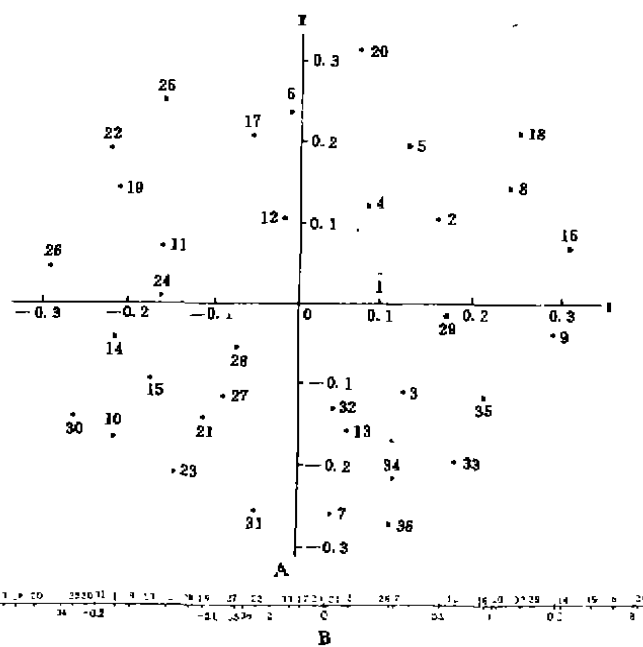


图3 重庆石灰岩植被非度量多维调节排序二维(A)和一维(B)结果

Fig. 3 The ordination of calcareous vegetation in Chongqing by Non-metric multidimensional scaling analysis in two dimensions (A) and in one dimension (B)

$$Y(1) = 0.45 - 0.008X_2 - 0.001X_3 - 0.003X_4 - 0.049X_5$$

($R^2 = 0.214$, $F = 1.633$, 不显著)

X_2 (对 R^2 的贡献率 74.8%) 可能是比较重要的环境因子。也说明 $Y(1)$ 与环境因子间呈非线性关系。据 NMDS 二维排序图 (图 3(B)), 可更直接地看出样方间的亲疏关系, 但它的失真度较一维大。

$$Y = 0.94 - 0.007X_1 - 0.004X_2 - 0.004X_3 - 0.095X_4 - 0.027X_5$$

($R^2 = 0.406$, $F = 0.711$, 不显著)

说明 Y 与环境因子呈非线性关系, 相对重要的环境因子可能是 X_4 (50.7%), X_1 (11.4%)。

4 讨论

4.1 文中所用 4 种排序方法, COA 为 PCA 的一种改进, 在潜在的生态梯度狭窄或种的生态幅度 (生态位) 较宽时, 效果还可以; DPC 为 PCA 的无偏化, 在处理中等非线性数据结构时具优势; NMDS 在处理较强非线性数据结构时更为有效, 但其有强化数据结构非线性的缺陷。多元线性回归不失为一种比较简便而有效的手段来解释植被数据与环境因子的关系。用它们对重庆石灰岩植被 36 个样地的处理结果看, DPC 效果较好, 具体运用时, 应把几种排序方法结合使用, 互为补充。在进行排序结果解释时, 应选择有比较明显生态意义的环境因子, 相对而言, 土壤 pH 值是石灰岩植被的一个很重要的环境因子, 土壤 pH 值相对降低, 植被恢复相对加快。

4.2 排序结果和分类结果在群系以上单位可能会有差别, 有时可能极为显著, 这是因它们的数据基础不完全相同。若是群系以下单位, 应是基本相同的。

参 考 文 献

- 1 Hill M O and Gauch H G. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. *Vegetatio*, 1980, **42**: 47—58
- 2 Kenkel N C and Orloci L. Applying metric and nonmetric multidimensional scaling to ecological studies: some new results. *Ecology*, 1986, **67**: 918—298
- 3 Phillips D L. Polynomial ordination: Field and computer simulation testing of a new method. *Vegetatio*, 1978, **37**: 129—140
- 4 Whittaker R J. A application of detrended correspondence analysis and non-metric multidimensional scaling to the identification and analysis of environmental factor complexes and vegetation structures. *Journal of Ecology*, 1987, **75**: 363—376
- 5 刘玉成、许鸿、缪世利. 重庆石灰岩植被的初步研究. 钟章成主编. 常绿阔叶林生态学研究. 重庆: 西南师范大学出版社, 1988, 559—572
- 6 许鸿、杜道林、宋霞. 重庆地区石灰岩植被区系组成分析. 西南师范大学学报 (自然科学版), 1993, **18** (3): 351—357
- 7 H. G. 小高奇著, 杨特等译. 群落生态学中的多元分析. 北京: 科学出版社, 1989, 49—177
- 8 张金屯. 模糊聚类在荆条灌丛分类中的应用. 植物生态学与地植物学丛刊, 1985, **9** (4): 307—314
- 9 John A 拉德维格, James F. 蓝诺兹著, 李育中等译. 统计生态学. 呼和浩特: 内蒙古大学出版社, 1991: 131—198
- 10 E. C. 皮洛著, 石绍业等译. 生态学数据的解释. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1986: 143—273
- 11 Noy-Meir I. Catenation: Quantitative methods for the definition of coenoclines. *Vegetatio*, 1974, **29**: 89—99