

61-65

19620(9)

第17卷第1期
1997年1月生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 17, No. 1
Jan., 1997

甘南玛曲植物群落的多元分析与环境解释

王孝安

(陕西师范大学生物系, 西安, 710062)

Q948.15

A **摘要** 应用无偏对应分析(DCA)及二歧指示种分析(TWINSPAN)对玛曲178个植物群落样方资料进行了多元分析——排序和数量分类, 并应用植物群落的排序值与环境参数的多元回归分析给出各群落类型的定量环境解释, 探讨了该区植物群落的基本类型、生态梯度及其与环境因子的定量关系。结果表明, 玛曲的植物群落类型及其分布主要取决于热量和湿度, 并可通过环境参数的数学表达式定量地确定。

关键词: 植物群落, 多元分析, 环境解释。

**MULTIVARIATE ANALYSIS AND ENVIRONMENTAL
INTERPRETATION OF PLANT COMMUNITIES
IN MAQU, SOUTH GANSU**

Wang Xiao'an

(Department of Biology, Shaanxi Normal University, Xi'an, 710062, China)

Abstract In this paper, 178 plant community samples collected from Maqu, South Gansu were multivariately analysed by the detrended correspondence analysis (DCA) and the two-way indicator species analysis (TWINSPAN). The quantitative environmental interpretation of various plant community types is given by the multivariate regression analysis which connects the ordination scores with environmental parameters. The primary plant community types, ecological gradients, and their quantitative relations with the environmental factors were studied. It is shown by the analysis that the vegetation types and their distribution are mainly determined by the thermal and moisture gradients. They are quantitatively determined by the mathematical formulas which contains environmental parameters.

Key words: multivariate analysis, environmental interpretation, plant communities,

近20年间, 多元分析技术在群落生态学中的应用发展很快, 促进了植物群落学的理论

- 该研究分析应用甘南草场资源调查队的资料。杜国祯博士给予很大的帮助和指导, 冯杰、张怀参加数据整理工作, 在此一并致谢。

收稿日期: 1995-03-15, 修改稿收到日期 1995-09-10。

与方法的发展,尤其是电子计算机软硬件的飞跃发展使其日臻完善。群落排序与分类的环境解释(environmental interpretation)使得植物群落学的分析进入一个新阶段。环境解释过程客观和定量地把植物群落的格局与环境资料进行比较和联系起来,不仅可以给出植物群落类型及其梯度的数量关系,而且可据此建立群落及其梯度的空间分布模型,并可为植被的经营管理和开发利用提供依据^[1]。在群落学研究中发展这样一个多元和多层次的方法系统是必要的^[2]。本文试图在多元分析的基础上应用环境解释的分析方法探讨甘南玛曲植物群落的性质和分布规律。

1 资料与方法

植物群落资料是在1980年6~8月间参加甘南草场资源调查队在甘南玛曲考察时取得的。玛曲地处甘南高原的西南部,在北纬33°06'与34°30',东经100°46'至102°31'之间。东南毗邻四川省,西北与青海省接壤,东西长为140 km,南北宽约70 km,总面积大约10 000 km²;海拔在3300~4806 m之间;年降水量为564 mm,年蒸发量是1347.3 mm,相对湿度约62%;年平均温度1.2℃,最冷月(1月)温度为-8.7℃,最热月(7月)温度为11.3℃,极端低温-27.3℃(1970年1月11日),极端高温22.5℃(1972年8月10日);无霜期仅20 d左右;全年日照时数在2613.9 h左右。该地位于青藏高原的东南端,其北、西、南3面地势高亢,均有海拔4000~4800 m以上的巨大山峰,仅东部平坦开阔。黄河从南、东、北3面环绕本县,形成“九曲黄河”的第1个弯曲部。当地藏民称黄河为玛曲,由此而得县名。黄河在该境内流程约420 km,河面最宽350 m,最窄80 m。黄河沿岸有卓格尼玛滩、德务滩、乔科滩、文保滩、俄后滩、勘木日多滩等宽阔的滩地,地表平坦,水草丰盛,海拔一般都在3300 m左右。可见玛曲具有较大差异的环境梯度,以及与其相伴随的气候梯度。反映在植被上,则有由滩地到高山植被的垂直带系列;从温性的草原化草甸到高寒草甸与灌丛的高原植被的地带性递变。该项研究共设1 m×1 m样方178个。每个样方详细记载了坡度、坡向、海拔、植物种类组成、群落层次结构及种的盖度和个体数,并初步确定了植物群落类型。全部样方共含高等植物172种。

1.1 建立植物群落样方及环境背景值的数据库 前者以每个样方为单位计算种的优势度:

$$\text{优势度} = \text{相对密度}(\%) + \text{相对盖度}(\%)。$$

后者以海拔高度(m)、坡度和坡向来刻划,其中在坡向定值时,以正南坡为180计,正北坡以0计,正东、正西坡计作90;坡向每偏南1度时,增加值为2;每偏北1度时,则减少2。

1.2 植物群落的多元分析采用DCA和TWINSpan方法进行排序与数量分类^[3,4]。这些程序是在VAX/110计算机上进行分析计算的。采用的分析资料数据是样方的种类组成及其优势度的矩阵。

1.3 植物群落的数量分类可分为等级制的与非等级制的两大类^[1]。等级制的分类采用了TWINSpan分析方法,非等级制的分类以群落样方的DCA排序值在二维散点图上的分布格局进行判断划分。

1.4 植物群落的环境解释主要是通过群落的排序值与环境因子的相关与多元分析来进行的。这种植物群落学分析的新方法可求出确定该排序轴的环境梯度中的主导因子,是通过群落样方排序值对以环境因子的度量值所组成的矩阵计算来实现的^[1]。

2 结果分析

2.1 玛曲植物群落及其植物种的排序与分类

DCA 排序结果: 应用 DCA 方法对玛曲植物群落样方进行分析, 给出了较佳生态意义和合理解释的群落与种类排序结果, 其群落样方排序的第 1 和第 2 轴显示出了显著且重要的生态意义(图 1)。第 1 轴明显地是一个海拔高度由高到低或热量由低到高的梯度。位于高海拔的耐寒的亚高山植物群落样方, 各种灌丛草甸和亚高寒草原草甸在第 1 轴上的排序值在 150 以下。位于谷地和山坡上的各类嵩草(*Kobresia* sp.) 草甸及草原草甸的排序值在 150~300 之间。分布于宽阔谷地和山前滩地的嵩草草甸及垂穗披碱草(*Elymus nutans*) 草甸则在 300~500 之间。河漫滩与河谷低地上是一组特殊的隐域性生态类群, 靠潜水补给的非地带性沼泽化草甸和沼泽, 其第 1 轴排序值在 500 以上。可以看出, DCA 排序不但可排列出植物群落的垂直地带性系列, 还可给予非地带性的隐域植物群落以特殊的排序位置。

在 DCA 的第 2 排序轴上, 灌丛草甸、草甸、草原化草甸的样方从左到右, 由低排序值到高排序值依次排列成一个由湿冷~湿温~干冷的生态系列, 即生境湿度由高到低的梯度。各类灌丛草甸样方在第 2 轴上的排序值低于 150, 各种草甸样方在 200~450 之间, 而亚高山草原化草甸的样方在 630 左右, 隐域的沼泽化草甸样方为 200~350。

玛曲的 178 个植物群落样方中所含有的 172 种高等植物的 DCA 排序也表现了与群落样方梯度分布相类似的格局。24 个优势种和指示种的 DCA 第 1 轴和第 2 轴的二维散布图(图 2)很好地反映了植物种生态梯度的基本模式。

DCA 非等级制分类: 在 DCA 排序的二维散布图(图 1)上, 玛曲的植物群落样方基本上形成 5 太类。这些类型群显示着玛曲的主要植被类型及其主导环境梯度的关系。在 DCA 二维排序图上的植物群落类型群明显地

表现出 3 个极点和 1 个中心。即图 1 最上端的潜水草甸与沼泽(A), 反映着湿润温暖的滩地环境; 图右下角的亚高山草原化草甸(E), 表征着山体上部阳坡上那种较干旱寒冷的生境; 图左下角的亚高山灌丛草甸(D), 指示着山体上部和中部阴坡上的湿润寒冷的环境; 3 个极点的交汇中心偏左下方则是温性的山地草甸群落类型(C), 为湿润温凉中山带的典型植被; 由交汇中心向右上方, 由于海拔降低经山体下部延伸至滩地, 生境条件逐渐变化而出现了湿润温性的低山草甸(B)。可见, DCA 二维排序图能很好地给出多维群落生态梯度与类型以满意的定性图式表达^[1]。

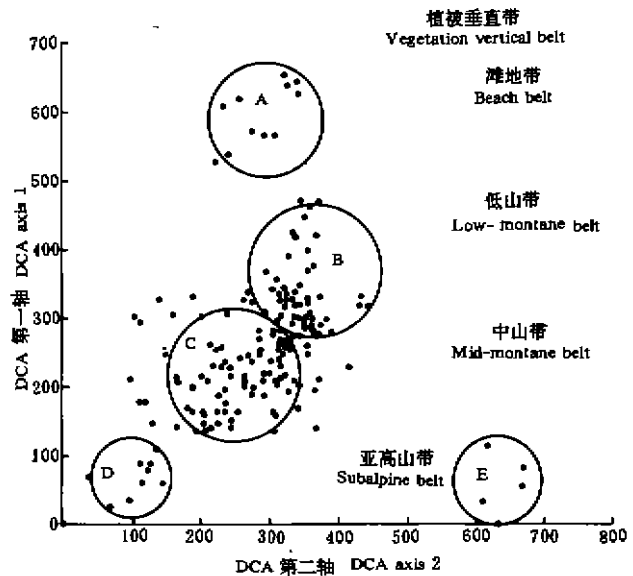


图 1 玛曲植物群落的 DCA 二维散布图

Fig. 1 A two-dimensional scatter plot of DCA ordination

- A: 潜水草甸与沼泽 Phreatic meadow and bog
- B: 低山草甸 Hill meadow
- C: 中山草甸 Montane meadow
- D: 亚高山灌丛草甸 Subalpine shrubland
- E: 亚高山草原化草甸 Subalpine steppe meadow

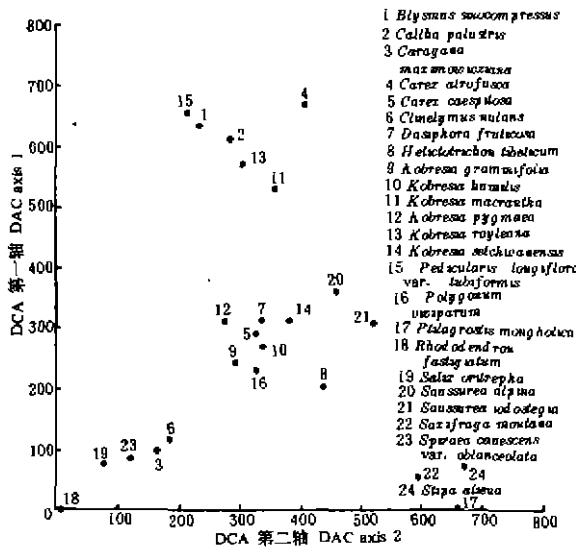


图2 玛曲几种优势种与指示种的DCA二维散布图
 Fig. 2 A two-dimensional scatter plot of DCA ordination for some dominant and indicative species in Maqu

关。AX₁ 排序值对地形参数的最佳多元回归公式表明，海拔高度与坡向是决定 AX₁ 梯度的主导因子：

$$AX_1 = 850.59 - 9.92S - 4.30 \times 10^{-5}H^2 + 0.20SD^2$$

(R = 0.947)

玛曲植物群落的 DCA 第 2 轴 (AX₂) 与海拔高度的相关性不显著，而与坡向 (SD) 和坡度 (S) 有较高的相关性，其相关系数分别是：0.821 与 0.803。逐步回归分析得出 AX₂ 的最佳多元回归式为：

$$AX_2 = 85.57 + 0.04H + 3.15S + 4.35SD$$

(R = 0.815)

尽管 AX₂ 反映了植物群落的湿度梯度，但与引起降水和湿润度差异的海拔高度并不显著。这是由于玛曲植物群落的水分供应主要依赖于土壤湿度，但它是一个不稳定和难以比较测定的因子，除受大气降水与湿润度影响外，还受到地形、基质

TWINSPAN 的等级制分类：图 3 是 TWINSPAN 分类所产生的玛曲植物群落类型的树状图。植物群落样方的总体即玛曲植被，包括所有 178 个样方。所分成的两类分别是山地与高原面上的地带性的和河滩低地的非地带性的两大类植物群落。前者又可分为亚高寒植物群落和低中山植物群落两部分……，如此二分直到第 3 级时共 7 个植物群落类型，它们分别是各类草甸与草原化草甸群落。非地带性的潜水植被则包含了沼泽化草甸群落类型。

2.2 玛曲植物群落排序与生态梯度的环境解释

由图 1 可以看出，玛曲植物群落的 DCA 第 1 轴 (AX₁) 表现了海拔高度或热量的梯度。第 1 轴 (AX₂) 排序值与海拔高度 (H) 及坡向 (SD) 的相关系数分别是 -0.957 与 0.935，它与坡度 (S) 也显著相

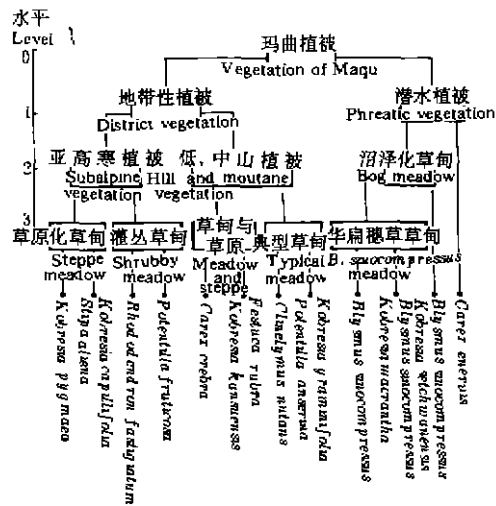


图3 玛曲植被类型的 TWINSPAN 等级与分类树状图
 Fig. 3 A diagram of vegetation types of Maqu with TWINSPAN classification

条件与土壤有机质等因素的重大作用^[1]。植物群落所处的地形条件(坡向、坡度)是相对稳定和可测定的因子,它们在一定程度上是与土壤湿度相关的。在实际研究中可将它们作为土壤湿度的替代指标。

DCA 第 1 轴和第 2 轴与环境条件的回归分析对玛曲植物群落类型及其生态梯度作出了定量解释,又可通过这些公式根据海拔高度、坡向和坡度 3 项参数预测或确定其植物群落类型的空间分布。

3 结论

3.1 排序 玛曲植物群落的 DCA 排序给出了两个主导的生态梯度,即热量(或海拔高度)梯度与土壤湿度梯度。正是这个水热因子的复合梯度决定了玛曲的植物群落类型及其在空间上的地理分布。在热量梯度上由温暖滩地的沼泽和沼泽化草甸过渡到低、中山的草甸,最终是亚高山草甸。在土壤湿度梯度上则是由中生的草甸过渡到中旱生的草原化草甸。

3.2 分类 TWINSpan 的等级分类与 DCA 二维散点的非等级分类都产生了令人满意的结果。这两种分类方法都较好地在地带性的与非地带性的植物群落类型截然分开,表明由于环境条件的较大差异而造成了这两类植物群落的种类组成和特征方面的显著差别。

3.3 环境解释 应用数理统计方法——多元回归分析对植物群落类型与生态梯度的定量环境解释进行了初步尝试,探讨了各群落类型及其与环境定量指标间的数学表达式,很好地确定了玛曲植物群落类型分布的主导因子——水和热,即水、热因子的综合配置决定着玛曲植物群落分布的主要原因。

参 考 文 献

- 1 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. 植物生态学与地植物学学报, 1991, 15(2) 101~113
- 2 Digby P G N and Kempton R A. *Multivariate analysis of ecological communities*. Chapman and Hall London, 1987
- 3 Hill M O. DECORANA —— a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. *Ecology and Systematics*. Cornell University Ithaca. New York, USA, 1979a
- 4 Hill M O. TWINSpan —— a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. *Ecology and Systematics*. Cornell University Ithaca. New York, USA, 1979b