

安西荒漠植被的多元分析

王孝安

(陕西师范大学生物系, 西安 710062)

摘要 应用数量分类 (TWINSpan) 和排序 (DCA) 方法分析了安西砾石戈壁荒漠植被, 并应用逐步回归分析方法确定了群落和环境因素的关系方程。结果表明, 该区砾石戈壁荒漠植被可分为 6 个主要群落类型。这些群落类型与土壤总含盐量、氯化物含量、硫酸盐含量及年降水量有密切的关系。群落按低盐到高盐和干旱到极旱的环境梯度分布。60 个样地在 DCA 排序第一轴的位置 (X_1) 与土壤含盐量 (S)、氯化物含量 (Cl)、硫酸盐含量 (SO) 显著相关, 而第二轴的位置 (X_2) 与年降水量 (R) 有密切的关系, 其关系式为: $1/X_1 = 2.1992 + 0.0225/S - 0.0188/Cl - 0.0567/SO$ ($R = 0.797, P < 0.01$); $X_2 = -82.8561 + 117.9219 \log R$ ($R = 0.817, P < 0.01$)。

关键词 荒漠植被, 多元分析, 逐步回归

MULTIVARIATE ANALYSIS OF DESERTA IN ANXI

Wang Xiao-an

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

Abstract Quantitative classification (TWINSpan) and ordination (DCA) methods were used to study the gobi deserta in Anxi, and the stepwise regression method was used to decide the interrelative equations among the communities and the environmental factors. The results indicated that the gobi deserta could be divided into 6 types of plant communities in this region. These types were a closely related to the soil contents of total salt (S), Cl^- and SO_4^{2-} and the annual precipitation. They were distributed according to the environmental gradients from low to high salt content and from arid to extreme arid. The position of 60 sample plots in DCA ordination first axis (X_1) significantly correlated with the environmental factors, viz. the soil contents of salt, Cl^- and SO_4^{2-} . And that in the second axis of the DCA ordination (X_2) correlated well with the annual precipitation. Their relationships are expressed in the following equations: $1/X_1 = 2.1992 + 0.0225/S - 0.0188/Cl - 0.0567/SO$ ($R = 0.797, P < 0.01$); $X_2 = -82.8561 + 117.9219 \log R$ ($R = 0.817, P < 0.01$).

Key words Deserta, Multivariate analysis, Stepwise regression

近 40 年对荒漠的研究非常广泛, 包括植物、动物、生理、生态、行为以及农业和渔业等应用生物学。Seely 和 Louw^[1]对纳米比亚荒漠植物群落的组成、结构、分布和基本特征以及生态条件等方面进行了调查研究。Rundel^[2]、Walter 和 Stadwلمان^[3]曾在位于南美海岸的 Atacama 和 Peruvian 荒漠做过许多植物群落学方面的研究, 对该区植物群落的特点、区

系、分布和竞争等进行了详细论述。Louw 和 Seely^[4]论述了 Sahara 大沙漠植物群落与降水的关系、种的分布格局、植被主要类型。Johnson 等^[5]对北美冬季降水的 Mojave 荒漠植物群落的基本特征进行过研究。Solbrig 和 Orians^[6]对北美冬、夏两季降水的 Sonoran 荒漠植物群落进行了研究。MacMahon 和 Wagner^[7]对仅夏季降水的 Chihuahuan 荒漠的植被与海拔和湿度的关系进行了研究。但多数是在小范围内对某种植物群落进行定量研究或是定性描述植被的基本特征、组成、分布等。至今未见有人应用数量分类和排序的方法研究荒漠植物群落,特别是研究荒漠植物群落和环境的关系。我国许多学者对荒漠植物群落的研究做了很多工作,从不同角度对我国各类荒漠植物群落区系、组成、分布规律、演变过程等方面进行了探讨^[8]。进入 80 年代后,这方面的研究多起来,从植物的生理生态、种群生态、植物群落生态和植被等方面都做了不少工作,如丘明新和刘家琼^[9]、张新时^[10,11]、陈昌笃^[12]、孙淑先^[13]等,都从不同的角度对我国主要荒漠植被类型和主要的植物群落进行了比较全面和详细的研究。为了更深入地了解温带荒漠植物群落组成、分布及其与环境的关系,我们选择地处温带典型荒漠和极旱荒漠交汇处的安西县进行研究,并应用多元分析方法,定量地研究该区戈壁荒漠植物群落的组成、分布及其与环境的关系,试图为荒漠植被的改造、利用和保护提供理论依据。

1 研究地区的自然条件

安西县地处亚洲中部荒漠亚区的东部一侧,处在东西两方湿气流影响末端的干旱荒漠核心带,位于温带荒漠和暖温带荒漠及极旱荒漠和典型荒漠的交汇处,其植被在整个古地中海区域有它的独特性^[13]。该区位于河西走廊西北部,地处北纬 39°52' ~ 41°53',东经 94°45' ~ 97°00' 之间;东西长 185 km,南北宽约 220 km,总面积约 24 130 km²;疏勒河自东而西流贯全境,总的地势是南北高起,逐渐向盆地中央疏勒河谷倾斜。它属于典型的大陆性气候,主要特点是降水少、蒸发大、日照长、昼夜温差显著、夏季炎热而冬季寒冷、风大沙多;终年光照充足,全年日照总时数达 3 260 h,每天平均约 9 h;历年平均气温为 8.8 °C,气温最高的 7 月份日平均气温为 24.9 °C,最低的 1 月份为 -10.4 °C,极端最高气温为 42.8 °C(1952 年 7 月 16 日),极端最低气温 -29.3 °C(1952 年 1 月 7 日),年平均日温差 16.1 °C;年均降水约 45.6 mm,且分配不均,夏、春、秋、冬四季分别占全年降水量的 70%、17%、9% 和 4%(降水量集中于夏季是典型的亚洲荒漠气候特征);年降水量变化幅度大,最多年降水量 127.9 mm(1979 年),最少年降水量 11.9 mm(1960 年);蒸发力年平均为 2 754.9 mm,高的年份可达 3 420 mm;蒸发力与降水量之比平均为 48.77,最高时达 87。该区素有“风库”之称,年均风速 3.7 m/s;春季(3~5 月)平均风速最大,为 4.2~4.5 m/s;其余各月平均风速 3.1~3.8 m/s;瞬时风速大于 17 m/s 的 8 级以上大风历年平均为 71 d;大风常带来沙暴和浮尘天气,全年平均沙暴日为 137 d,浮尘 29.3 次。安西西半部分无霜期最长 170 d,最短 115 d,平均为 140 d,绝对无霜期仅 105 d。东半部分的泉水区海拔较高,气候温凉,无霜期 130 d 左右。其地带性土壤为灰棕色荒漠土。因地形差异,成土过程和土壤成分含量不同,可分为戈壁灰棕色荒漠土、盐化灰棕色荒漠土和石膏灰棕色荒漠土及戈壁棕色荒漠土、盐化棕色荒漠土和石膏棕色荒漠土。此外,还有零星分布的风沙土、草甸盐土和沼泽土。

2 取样程序和研究方法

在植被调查中,我们既着重宏观上的植被分布,又注意地形变化所引起的差异,尽最大努力在全区范围内进行全面调查。选取具有代表性的典型样地 60 个。在选择的每个样地中,随机设置 5 个 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 的样方,分别对每个样方中植株逐个测定,用十字交叉法测其冠幅的大小,并记录种名。为确定样方的大小,我们应用巢状样方技术对该区植物群落的取样面积进行了研究。最初样方面积为 4 m^2 ,依次扩大为 8、16、32、64、128、256 m^2 ,再绘制种-面积曲线。当样方面积为 100 m^2 时,包括的种类数目占全部记录种的 96% 以上。因此,我们在调查中采用 100 m^2 的样方^[14]。由于泡泡刺(*Nitraria sphaerocarpa* Maxim.)和膜果麻黄(*Ephedra przewalskii* Stapf.)有固定流沙形成小沙丘的能力,而生长在小沙丘上的众多植株往往是由一个或几个根系发育而成,甚至红砂(*Reaumuria soongorica* (Pall.) Maxim.)和黑柴(*Sympegma regelli* Bge.)有时也有一株由根部劈开成两棵植株的现象,珍珠(*Salsola passerina* Bge.)则无这两种能力。它们都是该区植被的主要的优势种和建群种。鉴于植物的个体数目难以确定,我们应用盖度作为植物在群落中的指标。

戈壁荒漠植被的优势种和建群种绝大多数是灌木或半灌木,而这些灌木和半灌木的冠幅都呈不规则的椭圆形,所以我们采用椭圆面积的计算公式 $C = \pi xy/4$ (其中 C 是椭圆面积, x 和 y 分别为十字交叉法所测得的植株冠幅的大小值)求得它们的盖度^[15]。在不影响表达群落特征的前提下,我们删去了盖度小于 0.001% 且出现少于 3 个群落的植物种,组成一个 60 个样地和 24 个种的植被数据矩阵,供数量分类和排序用。

在群落取样的同时,每一样方取 0~30 cm 深的土样,将 5 份土样混匀,弃去砾石和杂物,风干后用 1 mm 筛孔的土壤筛仔细处理,作为一样地的土样备用。每一土样取 3 份,在水土比为 5:1 的情况下,加塞振荡 3 min 后过滤待测。用中和滴定法、硝酸银容量法、EDTA 容量法、火焰光度计测定法、酸度计 (PHS-2 型) 测定法和烘干残渣重量法分别测定土壤待测液的碳酸根离子、重碳酸根离子、氯离子、硫酸根离子、钙离子、镁离子、钾离子、钠离子、pH 值和总盐量。每个成分测定 3 次。

在植被多元分析中,群落分类应用指示种分析 (two-way-indicator-species-analysis) 方法^[16],即 TWINSpan 程序;群落排序应用无偏对应分析 (detrended correspondence analysis, 简称 DCA) 方法^[17,18],即 DECORANA 程序。在研究土壤因子和群落的关系时,我们用逐步回归分析方法^[19]来计算回归方程。所有计算均在 VAX11/780 计算机上完成。

3 结果和分析

3.1 样地分类

表 1 是用 TWINSpan 多元分划方法对 60 个样地和 24 种植物分类的结果,选择的最多分划水平为 6,每次分划最多指示种数目为 2。表 1 的下方和右侧分别显示了对样地和种的分划水平和类型(第一次分划先把所有样地或种分划成 0 和 1 两大类,然后这两大类再各自分划成两类,以此类推,直至达到所要求的分划水平或无需再分划)。从表 1 的右侧可以看到分划出的 6 个种类型组,表 1 的下方显示了划分出的 6 个类型的群落。

从表 1 可以清楚地看到,6 个类型的群落各有自己的特征种,各有不同的种类组成。可将表 1 的分类结果绘成树状图(图 1)。分类结果同法瑞学派按群落区系成分分划群落的传统排表法及我国植被分类中分划群系的原则所分划的结果基本一致。各群落类型在

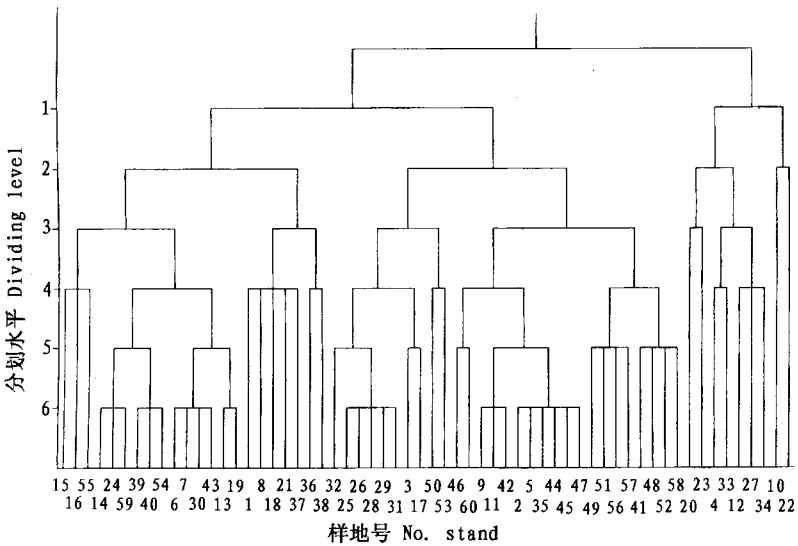


图 1 安西荒漠植物群落的 TWINSpan 分类图

Fig.1 Graph of TWINSpan classification for desert plant communities in Anxi

(*Gymnocarpus przewalskii* Maxim.) 占优势。其生态条件基本类同群落类型 E, 但分布海拔较高, 在 1 650 ~ 1 800 m 范围内, 雨季径流和天然降水较多。

3.2 样地排序

图 2 是 60 个样地的 DCA 排序的二维图, 第一轴的特征值为 0.695, 第二轴的特征值为 0.470。TWINSpan 分类所产生的 6 个类型在图上显示的很明显, 且与实际观测比较吻合。由图 1 可以看出这些样地代表了安西不同地点(主要与砾石戈壁荒漠土壤的含盐量及降水量有关)的 6 个群落类型, 它们的分布格局反映了该区砾石戈壁荒漠土壤的含盐量和降水量的梯度变化。第一轴明显的是一个土壤含盐量、含氯离子量、含硫酸根量、钠离子和钙离子含量由高到低的梯度, 依次分布着珍珠群落、红砂群落、黑柴群落、泡泡刺群落、膜果麻黄群落和膜果麻黄 + 裸果木群落。而第二轴与年降水量有密切的关系, 随着排序值的增

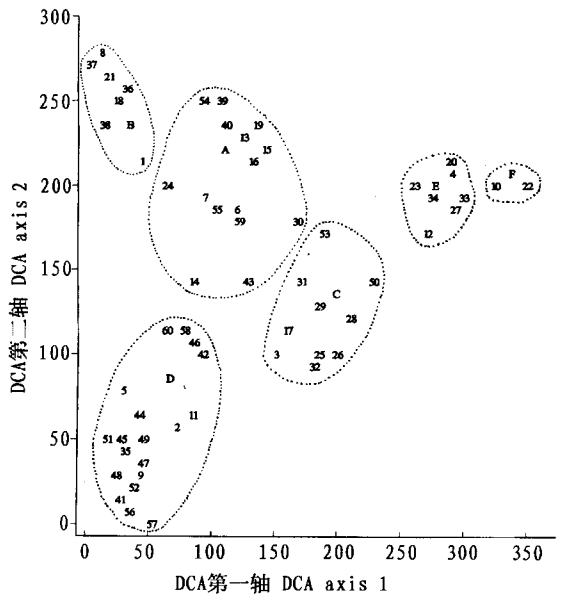


图 2 安西荒漠植物群落的 DCA 二维排序图

- A. 黑柴群落; B. 珍珠群落; C. 泡泡刺群落; D. 红砂群落;
- E. 膜果麻黄群落; F. 膜果麻黄 + 裸果木群落。

Fig.2 A two-dimensional graph of DCA ordination for desert plant communities in Anxi

- A. *Sympegma regelli* community; B. *Salsila passerina* community;
- C. *Nitraria sphaerocarpa* community; D. *Reaumuria soongorica* community;
- E. *Ephedra przewalskii* community; F. *E. przewalskii* + *Gymnocarpus przewalskii* community.

大,年降水量逐渐增大,其群落分布的次序是:红砂群落、泡泡刺群落、膜果麻黄群落和膜果麻黄+裸果木群落、黑柴群落及珍珠群落。

3.3 群落分布与环境的关系

由图 2 可以看出 60 个样地在 DCA 排序第一、二轴上的位置与土壤含盐量、氯化物含量、硫酸盐含量及年降水量的关系非常密切,它们之间显著相关,其逐步回归式如下:

$$1/X_1 = 2.1992 + 0.0225/S - 0.0188/Cl - 0.0567/SO \quad (R = 0.797, P < 0.01)$$

$$X_2 = -82.8561 + 117.9219 \log R \quad (R = 0.817, P < 0.01)$$

其它一些环境因子(如土壤碳酸根、重碳酸根、钠离子含量、钙离子含量和镁离子含量等)的测定表明,各群落类型之间差异不大或无明显的相关。因此可以断定土壤含盐量、氯化物含量、硫酸盐含量及年降水量是决定该区戈壁荒漠植物群落分布的最重要因素。

4 小 结

安西地处亚洲中部荒漠亚区的东部一侧,处于东西两方湿气流影响末端的干旱荒漠核心带,位于温带荒漠和暖温带荒漠及极旱荒漠和典型荒漠的交汇处,具有我国亚洲中部荒漠的典型特征。研究该区的荒漠植被和植物群落有普遍意义和代表性。由植物群落的数量分类和排序及不同环境因子与 60 个样地在 DCA 排序值的数量分析表明,该区戈壁荒漠的植物群落分为 6 种群落类型,其分布格局反映了该区土壤含盐量、氯化物含量、硫酸盐含量及年降水量的梯度变化。也就是说,该区戈壁荒漠植物群落的分布格局与上述环境因子有密切关系,这些环境因子在决定该区植物群落的分布格局中起着关键作用。

参 考 文 献

- 1 Seely M K, Louw G N. First approximation of the effects of rainfall on the ecology and energetics of a Namib Desert dune ecosystem. *J Arid Environ*, 1980. 3:25 ~ 54
- 2 Rundel P W. Ecological relationships of desert fog zone lichens. *Bryologist*, 1978. 81:277 ~ 293
- 3 Walter H, Stadlman E. A new approach to the water relations of desert plants. In: Brown G W ed., *Desert Biology*. Vol. II. New York: Academic Press, 1974. 182 ~ 195
- 4 Louw G N, Seely M K. *Ecology of Desert Organisms*. New York: Longman Press, 1982. 10 ~ 105
- 5 Johnson B, Vasex F C, Yonkers T. Productivity, diversity and stability relationships in Mojave Desert roadside vegetation. *Bull Torrey Bot Club*, 1975. 102:106 ~ 115
- 6 Solbrig O T, Orians G H. The adaptive characteristics of desert plant. *Amer Sci*, 1977. 65:412 ~ 421
- 7 MacMahon J A, Wagner F H. *The Mojave, Sonoran and Chihuahuan Deserts of North America*. Amsterdam: Elsevier, 1985. 137 ~ 192
- 8 李世英. 我国干旱区植物生态学工作的回顾和展望. *生态学报*, 1983. 3:357 ~ 365
- 9 丘明新, 刘家琼. 我国砾质荒漠中典型的荒漠植物群落——泡泡刺群落的研究. *西北植物研究*, 1983. 3:142 ~ 150
- 10 张新时. 中国的几种植被类型(IV)温带荒漠与荒漠生态系统. *生物学通报*, 1987. 7:20 ~ 27
- 11 张新时. 中国的几种植被类型(V)温带荒漠与荒漠生态系统(续). *生物学通报*, 1987. 8:8 ~ 17
- 12 陈昌笃. 中国荒漠的主要类型与经济开发. *植物生态学与地植物学学报*, 1987. 11:81 ~ 91
- 13 孙淑先. 甘肃河西地区荒漠植被. *江西师范大学学报(自然科学版)*, 1986. 4:77 ~ 83
- 14 王伯荪. *植物群落学*. 北京:高等教育出版社, 1987. 101 ~ 106
- 15 Phillips D L, MacMahon J A. Competition and spacing patterns in desert shrubs. *J Ecol*, 1981. 69:97 ~ 115
- 16 Hill M O. TWINSpan — A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Ithaca: Cornell University Press, 1979. 1 ~ 52
- 17 Hill M O. DECORANA — A FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Ithaca: Cornell University Press, 1979. 1 ~ 49
- 18 Hill M O, Gauch H G. Detrended correspondence analysis: An improved ordination technique. *Vegetation*, 1980. 42:47 ~ 58
- 19 菲诗松, 丁元, 周纪芾等. 回归分析及其试验设计. 上海:华东师范大学出版社, 1983. 74 ~ 107