

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica



第31卷 第10期 Vol.31 No.10 **2011**

中国生态学学会  
中国科学院生态环境研究中心  
科学出版社

主办  
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

# 生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 10 期

2011 年 5 月 (半月刊)

## 目 次

|                                                                                    |                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 大熊猫取食竹笋期间的昼夜活动节律和强度·····                                                           | 张晋东, Vanessa HULL, 黄金燕, 等 (2655) |
| 高枝假木贼的胎生萌发特性及其生态适应·····                                                            | 韩建欣, 魏 岩, 严 成, 等 (2662)          |
| 准噶尔盆地典型地段植物群落及其与环境因子的关系 ·····                                                      | 赵从举, 康慕谊, 雷加强 (2669)             |
| 喀斯特山地典型植被恢复过程中表土孢粉与植被的关系·····                                                      | 郝秀东, 欧阳绪红, 谢世友, 等 (2678)         |
| 青藏高原高寒草甸土壤 CO <sub>2</sub> 排放对模拟氮沉降的早期响应·····                                      | 朱天鸿, 程淑兰, 方华军, 等 (2687)          |
| 毛乌素沙地南缘沙漠化临界区域土壤水分和植被空间格局·····                                                     | 邱开阳, 谢应忠, 许冬梅, 等 (2697)          |
| 雪灾后粤北山地常绿阔叶林优势树种幼苗更新动态·····                                                        | 区余端, 苏志尧, 解丹丹, 等 (2708)          |
| 四川盆地四种柏木林分类型的水文效应·····                                                             | 龚固堂, 陈俊华, 黎燕琼, 等 (2716)          |
| 平茬对半干旱黄土丘陵区柠条林地土壤水分的影响·····                                                        | 李耀林, 郭忠升 (2727)                  |
| 连栽杉木林林下植被生物量动态格局·····                                                              | 杨 超, 田大伦, 胡日利, 等 (2737)          |
| 近 48a 华北区太阳辐射量时空格局的变化特征·····                                                       | 杨建堂, 刘 勤, 严昌荣, 等 (2748)          |
| 中型景观尺度下杨树人工林林分特征对树干病害发生的影响——以河南省清丰县为例·····                                         | 王 静, 崔令军, 梁 军, 等 (2757)          |
| 耕作措施对冬小麦田杂草生物多样性及产量的影响·····                                                        | 田欣欣, 薄存瑶, 李 丽, 等 (2768)          |
| 官山保护区白颈长尾雉栖息地适宜性评价·····                                                            | 陈俊豪, 黄晓凤, 鲁长虎, 等 (2776)          |
| 花椒园节肢动物群落特征与气象因子的关系·····                                                           | 高 鑫, 张晓明, 杨 洁, 等 (2788)          |
| 沙漠前沿不同植被恢复模式的生态服务功能差异·····                                                         | 周志强, 黎 明, 侯建国, 等 (2797)          |
| 大豆出苗期和苗期对盐胁迫的响应及耐盐指标评价·····                                                        | 张海波, 崔继哲, 曹甜甜, 等 (2805)          |
| 不同耐盐植物根际土壤盐分的动态变化·····                                                             | 董利苹, 曹 靖, 李先婷, 等 (2813)          |
| 短期 NaCl 胁迫对不同小麦品种幼苗 K <sup>+</sup> 吸收和 Na <sup>+</sup> 、K <sup>+</sup> 积累的影响 ····· | 王晓冬, 王 成, 马智宏, 等 (2822)          |
| 套袋微域环境对富士苹果果皮结构的影响·····                                                            | 郝燕燕, 赵旗峰, 刘群龙, 等 (2831)          |
| 畜禽粪便施用对稻麦轮作土壤质量的影响·····                                                            | 李江涛, 钟晓兰, 赵其国 (2837)             |
| 土霉素胁迫下拟南芥基因组 DNA 甲基化的 MSAP 分析·····                                                 | 杜亚琼, 王子成, 李 霞 (2846)             |
| 甲藻孢囊在长山群岛海域表层沉积物中的分布·····                                                          | 邵魁双, 巩 宁, 杨 青, 等 (2854)          |
| 湖南省城市群生态网络构建与优化 ·····                                                              | 尹海伟, 孔繁花, 祈 毅, 等 (2863)          |
| 基于多智能体与元胞自动机的上海城市扩展动态模拟 ·····                                                      | 全 泉, 田光进, 沙默泉 (2875)             |
| 城市道路绿化带“微峡谷效应”及其对非机动车道污染物浓度的影响 ···                                                 | 李 萍, 王 松, 王亚英, 等 (2888)          |
| <b>专论与综述</b>                                                                       |                                  |
| 北冰洋微型浮游生物分布及其多样性·····                                                              | 郭超颖, 王桂忠, 张 芳, 等 (2897)          |
| 种子微生物生态学研究进展 ·····                                                                 | 邹媛媛, 刘 洋, 王建华, 等 (2906)          |
| 条件价值评估的有效性与可靠性改善——理论、方法与应用·····                                                    | 蔡志坚, 杜丽永, 蒋 瞻 (2915)             |
| <b>问题讨论</b>                                                                        |                                  |
| 中国生态学期刊现状分析 ·····                                                                  | 刘天星, 孔红梅, 段 靖 (2924)             |
| <b>研究简报</b>                                                                        |                                  |
| 四季竹耐盐能力的季节性差异·····                                                                 | 顾大彤, 郭子武, 李迎春, 等 (2932)          |
| 新疆乌恰泉地震前后泉水细菌群落的变化·····                                                            | 杨红梅, 欧提库尔·玛合木提, 曾 军, 等 (2940)    |
| 两种猎物对南方小花蝽种群增长的影响及其对二斑叶螨的控害潜能 ·····                                                | 黄增玉, 黄林茂, 黄寿山 (2947)             |
| <b>学术信息与动态</b>                                                                     |                                  |
| 全球变化下的国际水文学研究进展: 特点与启示 ——2011 年欧洲地球科学联合会会员大会述评·····                                | 卫 伟, 陈利顶 (2953)                  |

期刊基本参数: CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 302 \* zh \* P \* ¥ 70.00 \* 1510 \* 34 \* 2011-05



封面图说: 藏酋猴 (*Macaca thibetana*) 属猴科 (*Cercopithecidae*) 猕猴属 (*Macaca*) 又名四川短尾猴、大青猴, 为我国特有灵长类之一, 被列为国家二级保护野生动物; 近年来, 由于人类活动加剧, 栖息环境恶化, 导致藏酋猴种群数量和分布日趋缩小; 本照片摄于四川卧龙国家级自然保护区 (拍摄时间: 2010 年 3 月)。

彩图提供: 中国科学院生态环境研究中心张晋东博士 E-mail: zhangjd224@163.com

# 准噶尔盆地典型地段植物群落及其与环境因子的关系

赵从举<sup>1,2</sup>, 康慕谊<sup>2,\*</sup>, 雷加强<sup>3</sup>

(1. 海南师范大学 地理与旅游学院, 海口 571158; 2. 北京师范大学 地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875;  
3. 中国科学院 新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011)

**摘要:**沿 88°E 线, 南北纵穿新疆北部准噶尔盆地, 选择环境梯度明显的典型地段, 设置 33 个具有代表性的野外样方, 应用 TWINSpan 与 DCCA 分析样方的物种数据和环境数据。研究结果表明: (1) 样方 TWINSpan 分类结果的第一级分类将分布于流动、半流动沙丘(垄)上的白梭梭群落与固定、半固定沙地上的梭梭群落区分开来, 进一步的分类, 可将 33 个样方划分为 12 个组。35 种优势植物种 TWINSpan 第 1 级分类把沙漠内部植物种与外缘物种分开。第 2 级分类把沙漠内部垄上与垄间植物种以及沙漠外缘旱生、中生和盐生植物种分开。(2) 在各种环境因子中, 土壤水分与相对高度(或地面活动性)是影响植物群落分布的最主要环境因子, DCCA 第一排序轴反映生境水分环境条件, 第 2 轴反映土壤结构梯度的变化。(3) 除相对高度(或地面活动性)与土壤水分外, 在沙漠南部外缘的山前冲积、洪积扇扇缘, 土壤盐分状况亦为植物生长的重要胁迫因子; 在沙漠北部外缘的砾石戈壁平原, 基质的机械组成对群落分布格局有重要影响; 在沙漠内部, 土壤质地、地面坡度对植物群落的分布有较大影响。(4) 以沙漠为中心的准噶尔盆地地势相对高度与地面活动性、土壤有机质与土壤粘粒、土壤水分与土壤总盐、pH 值、有机质、相对高度之间存在显著相关关系。

**关键词:**双向指示种分析法; 除趋势对应分析; 植物群落; 环境因子; 古尔班通古特沙漠; 准噶尔盆地

## Relationships between plant community characteristics and environmental factors in the typical profiles from Dzungaria Basin

ZHAO Congju<sup>1,2</sup>, KANG Muiyi<sup>2,\*</sup>, LEI Jiaqiang<sup>3</sup>

1 School of Geography and Tourism, Hainan Normal University, Haikou 571158, China

2 State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

3 Xinjiang Institute of Ecology and Geography, CAS, Urumqi 830011, China

**Abstract:** Dzungaria Basin, located in Northern Xinjiang, is one of the desert regions in China with a mid-latitude arid climate where the mean annual precipitation is around only 70—150 mm. The ecosystems in the basin are extremely fragile to resist any severe disturbance. With the exploitation and exploration of oil and gas resources, parts of the ecosystems in Dzungaria Basin have been degraded or even damaged. In order to provide background data for restoring the damaged desert ecosystems, a survey of the desert vegetation to reveal its relationships with environment factors was conducted in the basin. 33 sampling plots, with each 10 m×20 m in size and following the contour of the land, were set up at the typical transect with distinct environmental gradients along 88°E across the Dzungaria Basin. The species and coverage of trees and shrubs of desert vegetation were surveyed in each plot. Each plot was further sub-divided into fifty 2 m×2 m quadrats, and the species and coverage of herbs were then surveyed in three randomly selected quadrats per plot. Meanwhile, the environmental data of the 33 plots, including ground activity, relative altitude, ground slope, slope aspect, and physical-chemical features of topsoil like total salts, pH, organic matter, water content, medium-coarse grain and clay grain, etc. were collected. The quantitative ordination and classification approaches as DCCA and TWINSpan were used to analyze the collected species and environmental data so as to explore and reveal the distribution pattern of plant community influenced

**基金项目:**国家自然科学基金项目(40961033); 国家科技攻关项目(2002BA901A35); 国家重点基础研究项目(2007CB106807)资助

**收稿日期:**2010-08-05; **修订日期:**2011-01-13

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: kangmy@bnu.edu.cn

by environmental factors. The results were shown as follows. (1) There are two main types of desert vegetation sparsely distributed along the transect. One is Formation *Haloxylon persicum* scattered on mobile and semi-mobile dunes, while the other is Formation *Haloxylon ammodendron* emerged only on fixed and semi-fixed sandy land. Those two main vegetation types can be further divided by TWINSpan until the sixth level into 12 vegetation groups, each of which shows more or less distinct features including distribution preferences from others. 35 dominant plant species can be roughly divided into two categories, namely the inner and the outer species of the basin, at first level by TWINSpan. The inner species can be further divided into species on the upper or the lower slopes of dunes, and the outer species can be further divided into categories of xerophyte, mesophyte and halophyte at second level by TWINSpan. (2) The ordination results of the 33 plots with 35 dominant plant species by DCCA showed the distribution pattern of plant communities changed apparently with the gradient of environment factors. The first axis of the DCCA ordination chiefly reflected the gradient of soil water content, and the second axis mainly related to soil structure gradient, which indicated that of all the environmental factors examined, soil water content and relative altitude (or ground activity) were the two most prominent environmental factors controlling the community distribution pattern. (3) Apart from relative altitude (ground activity) and soil water content, soil salinity also emerged as an environmental factor stressing vegetation, especially at the marginal zone of piedmont diluvial fans in the southern fringe of the desert. Soil texture was another factor influencing the vegetation features as well as distribution, particularly in the gobi plain along the northern outskirts of the desert. Meanwhile, soil texture and dune slope also contributed to the plant distribution pattern in inner desert as two extra environmental gradients. (4) Significant correlations can be found between relative altitude and ground activity, between soil organic matter and soil clay content, or between soil water content and total soil salts, pH, relative altitude, and soil organic matter in Dzungaria Basin.

**Key Words:** TWINSpan; DCCA; plant community; environmental factor; Gurbantonggut Desert; Dzungaria Basin

植物群落的数量分类和排序研究能较好地解释植物群落的空间分布与环境因子之间的关系。国外在运用数量分析方法研究植被分布与环境因子方面有较多报道<sup>[1-2]</sup>。国内学者亦有应用,但在广阔的新疆北部干旱、半干旱地区,运用数量分析方法研究植物群落与环境因子关系的著述还较少,研究地域还具有较大的局限性<sup>[3-7]</sup>。近年来,新疆北部油气资源的开发、道路等工程项目的建设对荒漠生态系统施加重大影响。古尔班通古特沙漠脆弱生态系统的保育和受损生态系统的恢复与重建,成为研究的重点<sup>[8-9]</sup>。本研究南北纵穿古尔班通古特沙漠,选择具有地域代表性的样带、样方,收集环境数据和植物数据,运用数量分析方法,研究该区环境因子与植被分布的关系。

## 1 研究区域概况与研究方法

### 1.1 研究区域概况

天山北部是由山地与盆地相间排列形成的典型山盆系统,地处准噶尔盆地中央的古尔班通古特沙漠,是我国最大的固定与半固定沙漠,整个沙漠面积的95%以上为固定、半固定风沙土<sup>[10]</sup>。地貌类型以沙垄及树枝状沙垄为主,沙丘相对高度一般为10—50m。从沙漠中部到外缘,年降水量约为70—150mm,降水季节分配较为均匀,各月都有一定数量的降水。冬季有稳定积雪,最大积雪深度多在20cm以上。年平均气温5—6℃,极端最高气温40℃以上,极端最低气温-40℃以下;年潜在蒸发量约2000—2800mm左右<sup>[11]</sup>。地下水埋深从沙漠外缘的0.5—2m,边缘>5m,到沙漠内部>16m。8级以上大风天数在沙漠中部到边缘为25—77d不等<sup>[12]</sup>。冬春气温低、蒸发弱,故春季干旱相对不明显,沙垄各部位普遍有厚度不等的悬湿沙层,有利于植物生长。春末夏初的5—6月,植被盖度为年内最大;植物的生活型具有多样性,从矮乔木到短生植物均有分布<sup>[13]</sup>。植被种类组成以藜科、菊科、十字花科、禾本科的植物为主。这里具有世界温带荒漠中最为丰富的生物资源,构成了多样的荒漠植物群落类型<sup>[14]</sup>。

研究样带呈狭长带状南北纵贯古尔班通古特沙漠,主要地形单元包括沙漠及其南北外缘的冲洪积平原。

地理坐标:44°13'21"—45°46'36"N,87°34'56"—88°24'5"E(图1)。

## 1.2 研究方法

### 1.2.1 数量分析方法

植被数量分析排序方法经历了以主成分分析(Principal Components Analysis, PCA)法为主(1964—1980年)<sup>[15]</sup>,到对应分析(Correspondence Analysis, CA)(1973—1985年),再到除趋势对应分析(Detrended Correspondence Analysis, DCA)(1979—1990年)的过程<sup>[16]</sup>。Braak提出了一种新的排序方法——典范对应分析(Canonical Correspondence Analysis, CCA)<sup>[17]</sup>。综合CCA、DCA优点而集成的除趋势典范对应分析(Detrended Canonical Correspondence Analysis, DCCA)现已成为国内外使用最为普遍的直接梯度分析方法<sup>[18]</sup>。植被数量分析排序方法不仅适用于环境梯度较大地段,在环境梯度变化较短小地段(<3SD),DCCA也可以很好地解释植物种分布与环境因子之间的关系<sup>[19]</sup>。

双向指示种分析法(two-way indicator species analysis, TWINSpan)可以同时完成样方和种类分类,是目前国际上通用且使用较为广泛的植物群落数量分类方法<sup>[20]</sup>。本文用DCCA与TWINSpan方法,对样方、植物种进行排序、分类,用以揭示植被分布与环境因子的关系。

### 1.2.2 数据采集与处理

2002年、2004年和2008年5—6月,3次对研究区布设的10个样带(A—J)、33个样方(表1)进行调查。

表1 33个样方的位置及微地貌特征\*

Table 1 Locations and micro-topographic features of 33 plots

| 编号 No. | 地理特征 Geographic features             | 编号 No. | 地理特征 Geographic features                   |
|--------|--------------------------------------|--------|--------------------------------------------|
| A      | 沙漠北部戈壁荒漠平原<br>45°46'36"N, 87°34'56"E | F2     | 沙垄东坡中部                                     |
| B      | 沙漠北部边缘凹陷带<br>45°39'23"N, 87°48'15"E  | F3     | 沙垄东坡中上部                                    |
| C      | 沙漠北部<br>45°34'38"N, 87°44'2"E        | F4     | 半固定沙垄垄顶                                    |
| C1     | 垄间                                   | F5     | 半流动沙垄垄顶                                    |
| C2     | 沙垄东坡                                 | F6     | 沙垄西坡中上部                                    |
| C3     | 沙垄垄顶                                 | F7     | 沙垄西坡中下部                                    |
| C4     | 沙垄西坡                                 | G      | 沙漠南部<br>44°27'20"N, 88°24'7"E              |
| D      | 沙漠中北部<br>45°4'20"N, 87°37'38"E       | G1     | 垄间                                         |
| D1     | 垄间                                   | G2     | 沙垄东坡中部                                     |
| D2     | 沙垄东北坡                                | G3     | 沙垄垄顶                                       |
| D3     | 沙垄垄顶                                 | G4     | 沙垄西坡中下部                                    |
| D4     | 沙垄西南坡                                | H      | 沙漠南缘<br>44°25'33"N, 88°27'55"E             |
| E      | 沙漠中部<br>44°57'55"N, 87°35'31"E       | H1     | 垄间                                         |
| E1     | 垄间                                   | H2     | 沙垄东坡                                       |
| E2     | 沙垄东坡                                 | H3     | 沙垄垄顶                                       |
| E3     | 沙垄垄顶                                 | H4     | 沙垄西坡                                       |
| E4     | 沙垄西坡                                 | I      | 沙漠南部的冲洪积平原与荒漠过渡带<br>44°23'56"N, 88°14'45"E |
| F      | 沙漠中南部<br>44°32'27"N, 88°16'33"E      | J      | 沙漠南部的冲洪积平原<br>44°13'21"N, 87°48'2"         |
| F1     | 垄间                                   | J1     | 轻盐渍化区                                      |
|        |                                      | J2     | 中等盐渍化区                                     |
|        |                                      | J3     | 重盐渍化区                                      |

\* A—J,表示10个样带,每个样带给出一个经纬度;C1—C4表示样带C中设4个样方,依次类推;表3、图2、图4样方编号同此表

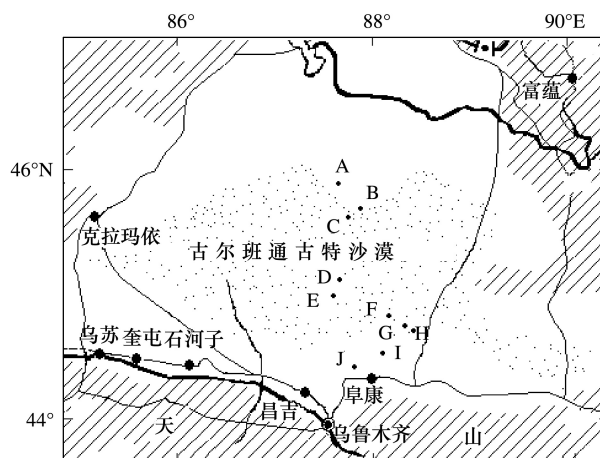


图1 古尔班通古特沙漠位置及33个样地的布设

Fig.1 Sketch map of Gurbantunggut Desert and the distribution of 33 quadrats

每个样带根据沙垄形态差异及环境梯度变化,分别布设 1—6 个大小为 10m ×20m 的调查样方,样方设置基本与等高线平行。在乔灌木调查中,记录每种乔灌木的个体数、株高、冠幅、盖度等数据;同时,再随机设置 3 个大小为 2m ×2m 草本子样方,记录每种草本的个体数、株高、冠幅、盖度等数据。在每一样方统计物种数据的同时,在样方的对角线上、中、下 3 个部位取 0—20cm 表土充分混合,测定土壤理化属性,包括土壤总盐、pH 值、有机质以及中粗砂、粘粒含量等;按 10cm 间隔挖取 0—50cm 深土样,测定土壤水分;在样带线上,用罗盘、卷尺测量坡度、坡向、沙垄相对高度;每一样带的经纬度与海拔均以 GPS 测定;每个样方共采集地面活动性、相对高度、坡度、坡向、土壤总盐、pH 值、有机质、中粗砂、土壤水分、粘粒等 10 个环境变量。

用专家打分的方法,确定各样方的地面活动系数。考虑坡向对日照时数和太阳辐射强度影响的特殊性,坡向数据是将罗盘仪的实测方位角转换为 0°(N)—180°(S)。东、西不分,坡度<5°的无坡向地段取中值 90°。数字越大,表示越向阳,日照时数较长,太阳辐射强度较大。其余环境因子数据均用实际测量值。

2 结果与分析

2.1 主要植物种类与环境因子

在 33 个样方中,共记录到乔、灌木及草本植物 69 种,分属 17 科,以藜科、菊科、十字花科、禾本科等科的植物为主,其中盖度 1% 以上的植物有 35 种(表 2)。植物生活型多样,包括乔木、灌木、多年生草本植物、1 年生草本植物和苔藓及地衣等。其中,短生、类短生植物是荒漠地区植物区系的重要组成部分,早春可以形成明显层片,局部可成为单优势种群落<sup>[21]</sup>。

表 2 研究区主要的植物种类\*  
Table 2 Dominant species in the study area

| 种 名 Species                         | 编号 No. | 种名 Species                          | 编号 No. |
|-------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|
| 叉毛蓬 <i>Petrosimonia sibirica</i>    | 1      | 白茎绢蒿 <i>Seriphidium terrae-alba</i> | 19     |
| 刺毛碱蓬 <i>Suaeda acuminata</i>        | 2      | 簇花芹 <i>Soranthus meyeri</i>         | 20     |
| 囊果碱蓬 <i>Suaedaphysophora</i>        | 3      | 独尾草 <i>Eremurus anisopteris</i>     | 21     |
| 小叶碱蓬 <i>Suaeda microphylla</i>      | 4      | 白梭梭 <i>Haloxylon persicum</i>       | 22     |
| 琵琶柴 <i>Reaumuria soongorica</i>     | 5      | 囊果苔草 <i>Carex physodes</i>          | 23     |
| 梭梭 <i>Haloxylon ammodendron</i>     | 6      | 白杆沙拐枣 <i>Calligonum leucocladum</i> | 24     |
| 雾冰藜 <i>Bassia dasyphylla</i>        | 7      | 沙漠绢蒿 <i>Seriphidium santolina</i>   | 25     |
| 盐爪爪 <i>Kalidium foliatum</i>        | 8      | 羽状三芒草 <i>Aristida pennata</i>       | 26     |
| 怪柳 <i>Tamarix ramosissima</i>       | 9      | 琉苞菊 <i>Hyalea pulchella</i>         | 27     |
| 猪毛菜 <i>Salsola collina</i>          | 10     | 蛇麻黄 <i>Ephedra distachya</i>        | 28     |
| 无叶假木贼 <i>Anabasis aphylla</i>       | 11     | 沙蒿 <i>Artemisia arenaria</i>        | 29     |
| 虫实 <i>Corispermum lehmannianum</i>  | 12     | 沙生针茅 <i>Stipa glareosa</i>          | 30     |
| 芨芨草 <i>Achnatherum splendens</i>    | 13     | 白茎盐生草 <i>Halogeton arachnoideus</i> | 31     |
| 角果藜 <i>Ceratocarpus arenarius</i>   | 14     | 短叶假木贼 <i>Anabasis brevifolia</i>    | 32     |
| 盐生草 <i>Halogeton glomeratus</i>     | 15     | 驼绒藜 <i>Ceratoides lateens</i>       | 33     |
| 抱茎独行菜 <i>Lepidium perfoliatum</i>   | 16     | 散枝猪毛菜 <i>Salsola brachiata</i>      | 34     |
| 灰白糖芥 <i>Erysimum cheiranthoides</i> | 17     | 木本猪毛菜 <i>Salsola arbuscula</i>      | 35     |
| 尖喙牻牛儿苗 <i>Erodium oxyrrhynchum</i>  | 18     |                                     |        |

\* 图 3、图 4 中的植物种类编号同此表

10 个环境因子经最大值标准化处理,结果见表 3。环境因子内相关分析表明:相对高度与地面活动性、土壤有机质与土壤粘粒之间存在极显著相关关系。为了减小部分因子的协同作用对排序的影响,选取相对高度、土壤有机质等 8 个环境因子作为环境数据源。相关分析结果显示,土壤水分与土壤总盐、pH 值、有机质(或土壤粘粒)呈极显著正相关关系,而与相对高度(或地面活动性)呈极显著负相关关系;有机质与土壤总盐、pH 值呈极显著正相关关系,而与相对高度(或地面活动性)呈极显著负相关关系;土壤 pH 值与总盐之间呈极显著正相关关系,而与相对高度(或地面活动性)呈极显著负相关关系(表 4)。

表 3 研究区最大值标准化后的 10 个环境因子数据

Table 3 Ten standardized environmental factors in the study area

| QUAD | ACTI | ALTI | SLOP | ASPE | SALT | pH   | ORGA | MEDI | MOIS | CLAY |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| A    | 0.20 | 0.01 | 0.01 | 0.53 | 0.02 | 0.91 | 0.80 | 0.39 | 0.26 | 0.74 |
| B    | 0.20 | 0.01 | 0.01 | 0.53 | 0.03 | 0.91 | 0.34 | 0.40 | 0.24 | 0.67 |
| C1   | 0.20 | 0.01 | 0.01 | 0.53 | 0.03 | 0.90 | 0.40 | 0.48 | 0.18 | 0.41 |
| C2   | 0.40 | 0.15 | 0.37 | 0.59 | 0.03 | 0.89 | 0.33 | 0.65 | 0.17 | 0.15 |
| C3   | 0.60 | 0.39 | 0.07 | 0.53 | 0.03 | 0.87 | 0.06 | 1.00 | 0.12 | 0.01 |
| C4   | 0.40 | 0.11 | 0.43 | 0.47 | 0.02 | 0.87 | 0.28 | 0.77 | 0.13 | 0.01 |
| D1   | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.53 | 0.03 | 0.92 | 0.46 | 0.41 | 0.15 | 0.54 |
| D2   | 0.50 | 0.09 | 0.43 | 0.29 | 0.02 | 0.89 | 0.33 | 0.54 | 0.15 | 0.30 |
| D3   | 0.55 | 0.17 | 0.10 | 0.53 | 0.03 | 0.87 | 0.11 | 0.84 | 0.10 | 0.01 |
| D4   | 0.40 | 0.13 | 0.40 | 0.79 | 0.02 | 0.90 | 0.39 | 0.69 | 0.11 | 0.10 |
| E1   | 0.30 | 0.01 | 0.10 | 0.53 | 0.03 | 0.93 | 0.52 | 0.33 | 0.16 | 0.66 |
| E2   | 0.70 | 0.43 | 0.67 | 0.06 | 0.01 | 0.90 | 0.38 | 0.61 | 0.16 | 0.20 |
| E3   | 1.00 | 1.00 | 0.13 | 0.53 | 0.03 | 0.88 | 0.16 | 0.86 | 0.10 | 0.01 |
| E4   | 0.60 | 0.52 | 0.93 | 1.00 | 0.02 | 0.91 | 0.44 | 0.43 | 0.12 | 0.45 |
| F1   | 0.20 | 0.01 | 0.01 | 0.53 | 0.02 | 0.89 | 0.31 | 0.17 | 0.22 | 0.14 |
| F2   | 0.40 | 0.35 | 1.00 | 0.47 | 0.02 | 0.87 | 0.39 | 0.22 | 0.21 | 0.03 |
| F3   | 0.60 | 0.74 | 0.83 | 0.47 | 0.02 | 0.88 | 0.26 | 0.24 | 0.14 | 0.01 |
| F4   | 0.70 | 0.61 | 0.07 | 0.53 | 0.03 | 0.84 | 0.05 | 0.44 | 0.14 | 0.01 |
| F5   | 0.90 | 0.87 | 0.10 | 0.53 | 0.02 | 0.86 | 0.10 | 0.57 | 0.13 | 0.01 |
| F6   | 0.60 | 0.65 | 0.73 | 0.65 | 0.01 | 0.86 | 0.22 | 0.31 | 0.15 | 0.01 |
| F7   | 0.50 | 0.35 | 0.67 | 0.68 | 0.02 | 0.88 | 0.37 | 0.22 | 0.16 | 0.11 |
| G1   | 0.10 | 0.01 | 0.01 | 0.53 | 0.03 | 0.90 | 0.47 | 0.14 | 0.25 | 0.23 |
| G2   | 0.20 | 0.22 | 0.83 | 0.26 | 0.02 | 0.88 | 0.58 | 0.19 | 0.24 | 0.20 |
| G3   | 0.40 | 0.35 | 0.53 | 0.79 | 0.02 | 0.87 | 0.34 | 0.19 | 0.18 | 0.06 |
| G4   | 0.60 | 0.57 | 0.07 | 0.53 | 0.03 | 0.89 | 0.47 | 0.38 | 0.17 | 0.02 |
| H1   | 0.10 | 0.01 | 0.01 | 0.53 | 0.08 | 0.91 | 0.81 | 0.30 | 0.33 | 0.38 |
| H2   | 0.20 | 0.11 | 0.17 | 0.65 | 0.08 | 0.90 | 0.77 | 0.32 | 0.25 | 0.31 |
| H3   | 0.40 | 0.22 | 0.01 | 0.53 | 0.09 | 0.86 | 0.10 | 0.10 | 0.22 | 0.03 |
| H4   | 0.20 | 0.11 | 0.13 | 0.41 | 0.07 | 0.89 | 0.65 | 0.10 | 0.32 | 0.22 |
| I    | 0.10 | 0.01 | 0.01 | 0.53 | 0.22 | 0.89 | 1.00 | 0.27 | 0.48 | 0.69 |
| J1   | 0.10 | 0.01 | 0.01 | 0.53 | 0.80 | 0.89 | 0.85 | 0.43 | 0.75 | 1.00 |
| J2   | 0.10 | 0.01 | 0.01 | 0.53 | 0.52 | 0.91 | 0.91 | 0.23 | 0.80 | 0.69 |
| J3   | 0.10 | 0.01 | 0.01 | 0.53 | 1.00 | 1.00 | 0.74 | 0.25 | 1.00 | 0.62 |

QUAD:样方编号 Quadrat number, ACTI:地面活动性 Ground activity, ALTI:相对高度 Relative altitude, SLOP:坡度 Slope, ASPE:坡向 Slope aspect, SALT:总盐 Total salts, pH:pH 值 pH value, ORGA:有机质 Organic matter, MEDI:中粗砂 Medium-coarse grain, MOIS:土壤水分 Soil moisture, CLAY:粘粒 Clay grain

表 4 研究区 8 个环境因子间的相关系数

Table 4 Correlation coefficients among eight environmental factors in the study area

|      | ALTI      | SLOP    | ASPE   | SALT     | pH       | ORGA     | MEDI     | MOIS |
|------|-----------|---------|--------|----------|----------|----------|----------|------|
| ALTI | 1         |         |        |          |          |          |          |      |
| SLOP | 0.359 *   | 1       |        |          |          |          |          |      |
| ASPE | 0.143     | 0.454 * | 1      |          |          |          |          |      |
| SALT | -0.386 *  | -0.299  | -0.221 | 1        |          |          |          |      |
| PH   | -0.531 ** | -0.255  | -0.203 | 0.568 ** | 1        |          |          |      |
| ORGA | -0.724 ** | -0.222  | -0.135 | 0.507 ** | 0.571 ** | 1        |          |      |
| MEDI | 0.268     | -0.064  | 0.041  | -0.165   | -0.179   | -0.438 * | 1        |      |
| MOIS | -0.556 ** | -0.343  | -0.26  | 0.936 ** | 0.588 ** | 0.703 ** | -0.350 * | 1    |

\*\* 显著水平为 0.01, \* 显著水平为 0.05, 环境因子缩写同表 3

## 2.2 样方与植物种类的分类

### 2.2.1 样方 TWINSpan 数量分类

研究区 33 个样方 TWINSpan 等级分类结果表明,第一级分类可以将分布于流动、半流动沙丘(垄)上的白梭梭群落与固定、半固定沙地上的梭梭群落区分开来;进一步的分类,33 个样方可以分为 12 样方组(图 2)。具体分为:分布于流动、半流动沙垄顶的沙蒿+羽状三芒草群落(E3、F5、H3);固定、半固定沙垄顶的白梭梭+沙蒿+草本类群落(C3、F4、G3);沙漠中北部的白梭梭+蛇麻黄+草本类群落(D2、D3、D4);分布广泛的白梭梭+白杆沙拐枣+沙漠绢蒿+草本类群落(C1、C2、C4、E2、E4、F2、F3、F6、F7);垄间地的蛇麻黄+沙漠绢蒿+草本类群落(D1、E1、F1);沙漠北部戈壁平原的驼绒藜+沙生针茅群落(A);沙漠南部的白梭梭+沙漠绢蒿+草本类群落(G1、G2、G4);沙漠北部边缘的梭梭+短叶假木贼群落(B);沙漠南部边缘的梭梭+囊果苔草群落(H1、H2、H4);沙漠南部冲洪积平原与荒漠过度带的梭梭+草本类植物群落(I);沙漠南部冲洪积平原上的梭梭+盐爪爪+琵琶柴群落(J1、J2)和怪柳+琵琶柴+草本类群落(J3)。该分类结果较为客观地对研究区荒漠群落进行划分,准确地揭示出植物群落类型与环境梯度之间的关系。

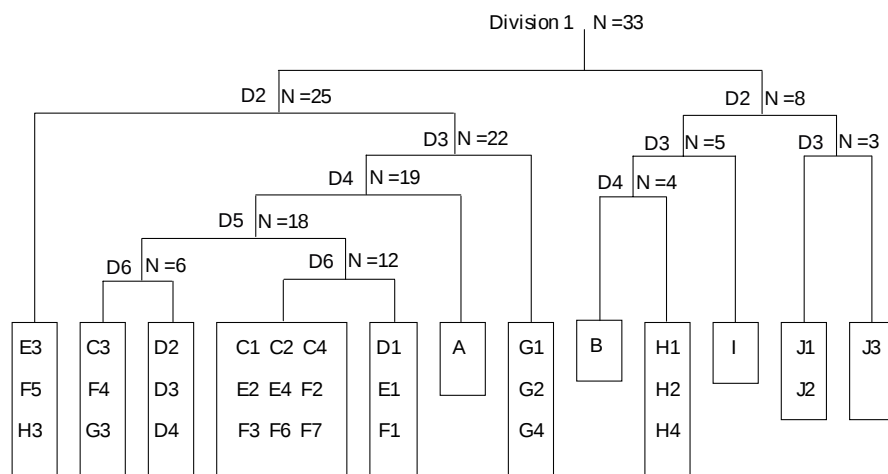


图2 准噶尔盆地 33 个样方的 TWINSpan 分类树状图

Fig.2 Dendrogram of TWINSpan classification of 33 plots in Dzungaria Basin

### 2.2.2 优势种的数量分类

盖度 1% 以上的 35 种植物 TWINSpan 第 1 级分类把沙漠内部植物种与外缘物种分开(图 3)。第 2 级分类把沙漠内部垄上与垄间植物种以及沙漠外缘中生、湿生植物植物种分开。分类结果从左向右种类的变化反映了地面活动性(或相对高度)、土壤水分 2 个环境梯度对植物空间分异的影响。最左面的物种主要有羽状三芒草(26#)、沙蒿(29#)等适应地面基质不稳、抗旱能力强的旱生、超旱生草本、小半灌木植物;然后是白梭梭(22#)、蛇麻黄(28#)等旱生植物;中部的虫实(12#)、尖喙牻牛儿苗(18#)等物种为短生、类短生植物;最右面物种主要是刺毛碱蓬(2#)、琵琶柴(5#)、怪柳(9#)等较耐盐碱的中生、湿生植物。

### 2.3 样方与植物种类的 DCCA 排序

以 8 个环境因子的预处理数据作为环境数据源,以植物盖度等指标为种类数据源,构成环境因子与种类数据矩阵,应用 CANOCO4.5 软件对数据进行分析,得到研究区 33 个样方和 35 种植物的 DCCA 二维排序图(图 4)。种名与样方位置参见表 1、表 2。环境因子用带有箭头的线段表示,连线的长短表示植物种类的分布与该环境因子关系的大小,箭头连线与排序轴的夹角表示该环境因子与排序轴相关性的大小,箭头所指的方向表示该环境因子的变化趋势。种类、样方与环境因子箭头共同反映出植物物种的分布沿每一环境因子的梯度方向的变化特征与样方的环境梯度。第一排序轴、第二排序轴、第三排序轴的特征值分别为 0.832、0.506 和 0.344。排序分析的特征值总和为 2.481,其中前 3 轴的累计值占特征值总和的 67.8%,表明前 3 轴集中了

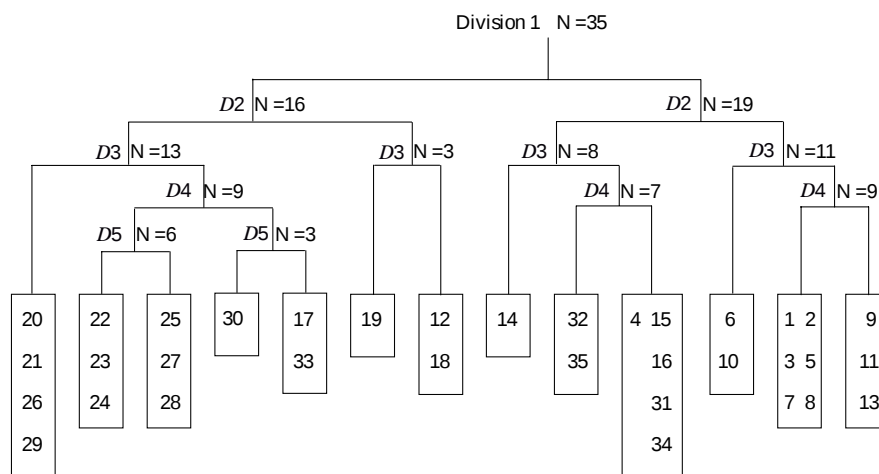


图3 准噶尔盆地主要的植物种类的 TWINSpan 分类树状图

Fig. 3 Dendrogram of TWINSpan classification of 35 dominant species in Dzungaria Basin

全部排序轴所反映的植被-生境关系信息的大部分。第一排序轴与土壤水分、有机质(或土壤粘粒)、总盐呈正相关关系,相关系数分别为 0.916、0.846、0.761,与相对高度(或地面活动性)呈负相关(-0.723);第二排序轴与中粗砂含量呈负相关(-0.454),与地形坡度呈正相关(0.368)。

样方整体沿着第一排序轴分布,反映土壤水分梯度对植物种分布的影响。最右端的样方 I、J1、J2、J3 分布在地势平坦、土壤湿润、有机质含量和总盐含量相对较高的生境中,主要物种包括:怪柳、琵琶柴、盐爪爪、雾冰藜、无叶假木贼、叉毛蓬、刺毛碱蓬、囊果碱蓬等。最左端的样方 E3、F5、H3 等分布在相对高度较大、基质不稳、土壤水分条件恶劣的生境,主要物种有羽状三芒草、沙蒿以及短命、类短命植物等。第二排序轴反映土壤质地与地形坡度对植物种分布的影响。沿着第二排序轴展开的样方主要有 E3、F2、F3、G2、G4 等分布于沙垄的两坡上部,尤其是背风坡,土壤质地较粗,主要物种有琉苞菊、簇花芹、独尾草等。C1、D1、F1、G1 等为短生植物占优势的样方,它们接近多个环境变量的质心,表明这些植物分布对环境没有特别的偏好,也表明短生植物对研究区自然环境具有广泛的适应性,空间分布广,因此成为广布种<sup>[5]</sup>。

### 3 讨论与结论

**3.1** 采用 TWINSpan 等级分类,沿 88°E 线,南北纵穿准噶尔盆地的 33 个荒漠植物群落样方分为 12 个群落类型,其中第一级分类将梭梭群落与白梭梭群落区分开来。分类结果较为准确地揭示出植物群落类型与环境梯度之间的关系。

**3.2** DCCA 第一排序轴反映生境相对高度与水分环境条件,第 2 排序轴反映土壤结构梯度的变化。表明准噶尔盆地植物群落分布格局是由土壤水分、相对高度(或地面活动性)、有机质(或土壤粘粒)、以及中粗砂含量、地形坡度等环境因子决定的。其中土壤水分与相对高度(地面活动性)是影响植物群落分布的最主要环境因子。

研究结果表明,相对高度为影响本区植物群落空间格局分布的重要环境因子,且与植物群落空间格局分

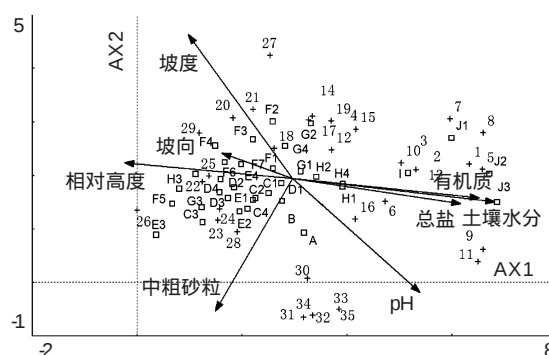


图4 研究区植物群落 DCCA 二维排序图

Fig. 4 A two-dimensional graph of DCCA ordination for plant communities

+表示物种, □表示样方

布相符。海拔高度是影响群落空间分异的重要的环境因子,而地势相对高度对植被格局影响的研究较少报道<sup>[22-23]</sup>。准噶尔盆地北高南低,海拔高差仅百余米,而内部的固定、半固定沙垄高度通常为 10—50m,可达 100m,因而与海拔高度相比,相对高度更能体现研究区地貌特征,更能反映高度对植被格局的影响。这对类似地貌单元植物群落格局研究具重要借鉴意义。

**3.3 环境因子对植被格局分布的影响。**准噶尔盆地沙漠内部因相对高度(或地面活动性)、土壤质地的差异引起植物群落的空间分布差异。沙蒿+羽状三芒草群落分布于流动、半流动沙垄垄顶,白梭梭+沙蒿+草本类群落多分布于固定、半固定沙垄垄顶,而垄间低地主要为蛇麻黄+沙漠绢蒿+草本类群落。沙漠中北部质地较粗,植被类型以白梭梭+蛇麻黄+草本类群落为主,而沙漠南部质地相对较细,白梭梭+沙漠绢蒿+草本类群落为主要的植被类型。白梭梭+白杆沙拐枣+沙漠绢蒿+草本类群落为沙漠地区分布广泛的植被类型,分布于具有一定的相对高度、坡度与土壤质地较粗条件的沙垄的中上部。沙漠南部的荒漠—绿洲过渡带,降水稍多,受地下水位较高的影响,形成盖度较高、物种较为丰富的梭梭+草本类植物群落。准噶尔盆地沙漠南部外缘的山前冲洪积扇扇缘带,形成以琵琶柴群落为代表的植物群落<sup>[7]</sup>。准噶尔盆地沙漠北部及其外缘的砾石戈壁平原,因土壤质地较粗,环境因子中基质的机械组成对群落分布格局有重要影响,分别形成驼绒藜+沙生针茅群落和梭梭+短叶假木贼群落<sup>[24]</sup>。

**3.4 准噶尔盆地荒漠生境中地势相对高度与地面活动性、土壤有机质与土壤粘粒、土壤水分与土壤总盐、pH 值、有机质、相对高度等环境因子之间存在显著相关关系。**

植物群落空间分布格局的复杂性与多变性是由光照、热量、水分、土壤、生物等多个环境因子综合作用的结果。研究区光照、热量充足,这两个因子不会成为植物格局差异形成的限制因子<sup>[11]</sup>。所以,本研究采集的 10 个环境因子涵盖了影响植物空间分异的所有重要因子。除坡度、坡向外,土壤有机质与土壤粘粒、相对高度与地面活动性、中粗砂含量以及土壤水分与土壤总盐、pH 值、有机质、相对高度等环境因子之间存在显著相关关系。与其它生境相比,干旱地区环境因子间相关关系更为显著,关系变化也更为简单,这可能是导致干旱生境系统稳定性差,抗干扰能力弱,生态脆弱的重要原因<sup>[25]</sup>。

**致谢:**数据采集及写作过程中,得到中国科学院新疆生态与地理研究所张立运先生、蒋进研究员、王雪芹博士、李生宇博士和穆元伟、陈钧杰、宋春武等同学的帮助,特此致谢。

## References:

- [1] Abd El-Ghani M M, Amer W M. Soil-vegetation relationships in a coastal desert plain of southern Sinai, Egypt. *Journal of Arid Environments*, 2003, 55(4): 607-628.
- [2] Dasti A. The vegetation of Cholistan and Thal desert, Pakistan. *Journal of Arid Environments*, 1994, 27(2): 193-208.
- [3] Shen Y Y, Yan S G, Zhu X Y. The distribution and soil environmental properties of the main plant communities in a salinized meadow land of Hexi corridor. *Acta Phytocologica Sinica*, 1994, 18(1): 95-102.
- [4] Chen Z X, Zhang X S. The ecological classification and ordination of Maowusu sandy grassland landscape. *Acta Phytocologica Sinica*, 1996, 20(5): 423-437.
- [5] Xu L H, Liu H Y, Chu X Z, Su K. Indication of desert vegetation to landscape patterns and dynamics at the northern edge of Tianshan Mountains. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9): 1967-1972.
- [6] Zhang L J, Yue M, Gu F X, Zhang Y D, Pan X L, Zhao G F. Coupling relationship between plant communities-species diversity and soil factors in ecotone between oasis and desert in Fukang, Xinjiang. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(6): 658-662.
- [7] Qian Y B, Wu Z N, Zhang L Y, Shi Q D, Jiang J, Tang L S. Impact of Ecoenvironment on vegetation community pattern in Gurbantunggut Desert. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(6): 895-902.
- [8] Wang X Q, Wang T, Jiang J, Zhao C J. Study on the stabilization of dune surface in the south of Gurbantunggut Desert. *Science in China, Series D*, 2004, 34(8): 763-768.
- [9] Zhang L Y, Chen C D. On the general characteristics of plant diversity of Gurbantunggut sandy desert. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(11): 1923-1932.
- [10] Ji F, Fan Z L, Zhao G H. Comparison of the physical-chemical characteristics of Aeolian soils in the Taklamakan Desert and the Gurbantonggute Desert. *Arid Zone Research*, 1995, 12(1): 19-25.
- [11] Li J F. *Climate of Xingjiang*. Beijing: Climate Press, 1991: 97-107.

- [12] Wei W S, Liu M Z. Modern desert environment and climate change: a case study in Gurbantunggut Desert. *Journal of Desert Research*, 2002, 20 (2): 178-184.
- [13] Chen C D, Zhang L Y, Hu W K. The basic characteristics of plant communities, flora and their distribution in the sandy district of Gurbantunggut. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1983, 7(2): 89-99.
- [14] Zhang X S. Ecological restoration and sustainable agricultural paradigm of mountain-oasis-ecotone-desert system in the north of the Tianshan Mountains. *Acta Botanica Sinica*, 2001, 43(12): 1294-1299.
- [15] Zhang J T. *Methods of Quantitative Vegetation Ecology*. Beijing: Science and Technology Press, 1995: 112-113.
- [16] Hill M O, Gauch H G. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. *Vegetatio*, 1980, 42(1/3): 47-58.
- [17] Ter Braak C J F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 1986, 67(5): 1167-1179.
- [18] Wu J H, Zhang S, Jiang Y, Kang M Y, Qiu Y. *Geobotany (The Fourth Edition)*. Beijing: Higher Education Press, 2004: 206-221.
- [19] Zhang J T. Analysis on the relation between vegetation and environment II: Quantitative ordination of CCA and DCCA. *Journal of Shanxi University: Natural Science Edition*, 1992, 15(3): 292-298.
- [20] Zhang J T. *Quantitative Ecology*. Beijing: Science Press, 2004: 2-6.
- [21] Zhang L Y. A preliminary study on the ephemerals in the Mosowan district, Xinjiang. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1985, 9(3): 213-222.
- [22] Jiang H, Huang J H, Chen L Z, Yang C Y, Yang X Q. Study on ordination, quantitative classification and environmental interpretation of plant communities in Dongling Mountain. *Acta Botanica Sinica*, 1994, 36(7): 539-551.
- [23] Zheng D. The relation between desert vegetation and it's environment in Junggar Desert, Xinjiang // *The Geographical Society of China & Geographical Department, CAS, eds. The Proceedings of National Geography Conference in 1960*. Beijing: Science Press, 1962: 327-341.
- [24] Böer B, Sargeant D. Desert perennials as plant and soil indicators in Eastern Arabia. *Plant and Soil*, 1998, 199(2): 261-266.
- [25] Song T Q, Peng W X, Zeng F P, Wang K L, Qin W G, Tan W N, Liu L, Du H, Lu S Y. Spatial pattern of forest communities and environmental interpretation in Mulun National Nature Reserve, karst cluster-peak depression region. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2010, 34(3): 298-308.

#### 参考文献:

- [3] 沈禹颖, 阎顺国, 朱兴运. 河西走廊盐化草甸主要植物群落分布特点及其土壤环境特征. *植物生态学报*, 1994, 18(1): 95-102.
- [4] 陈仲新, 张新时. 毛乌素沙化草地景观生态分类与排序的研究. *植物生态学报*, 1996, 20(5): 423-437.
- [5] 徐丽宏, 刘鸿雁, 楚新正, 苏凯. 天山北麓典型地段植被对景观格局和动态的指示意义. *生态学报*, 2004, 24(9): 1967-1972.
- [6] 张林静, 岳明, 顾峰雪, 张远东, 潘晓玲, 赵桂仿. 新疆阜康绿洲荒漠过渡带植物群落物种多样性与土壤环境因子的耦合关系. *应用生态学报*, 2002, 13(6): 658-662.
- [7] 钱亦兵, 吴兆宁, 张立运, 师庆东, 蒋进, 唐立松. 古尔班通古特沙漠生境对植物群落格局的影响. *地理学报*, 2004, 59(6): 895-902.
- [8] 王雪芹, 王涛, 蒋进, 赵从举. 古尔班通古特沙漠南部沙面稳定性研究. *中国科学 D 辑*, 2004, 34(8): 763-768.
- [9] 张立运, 陈昌笃. 论古尔班通古特沙漠植物多样性的一般特点. *生态学报*, 2002, 22(11): 1923-1932.
- [10] 季方, 樊自立, 赵贵海. 新疆两大沙漠风沙土土壤理化特性对比分析. *干旱区研究*, 1995, 12(1): 19-25.
- [11] 李江风. *新疆气候*. 北京: 气象出版社, 1991: 97-107.
- [12] 魏文寿, 刘明哲. 古尔班通古特沙漠现代沙漠环境与气候变化. *中国沙漠*, 2002, 20(2): 178-184.
- [13] 陈昌笃, 张立运, 胡文康. 古尔班通古特沙漠的沙地植物群落、区系及其分布的基本特征. *植物生态学与地植物学丛刊*, 1983, 7(2): 89-99.
- [14] 张新时. 天山北部山地-绿洲-过渡带-荒漠系统的生态建设与可持续农业范式. *植物学报*, 2001, 43(12): 1294-1299.
- [15] 张金屯. *植被数量生态学方法*. 北京: 科学技术出版社, 1995: 112-113.
- [16] 武吉华, 张坤, 江源, 康慕谊, 邱扬. *植物地理学 (第四版)*. 北京: 高等教育出版社, 2004: 206-221.
- [17] 张金屯. 植被与环境关系的分析 II: CCA 与 DCCA 限定排序. *山西大学学报: 自然科学版*, 1992, 15(3): 292-298.
- [18] 张金屯. *数量生态学*. 北京: 科学出版社, 2004: 2-6.
- [19] 张立运. 新疆莫索湾地区短命植物的初步研究. *植物生态学与地植物学丛刊*, 1985, 9(3): 213-222.
- [20] 江洪, 黄建辉, 陈灵芝, 杨朝阳, 杨小秋. 东灵山植物群落的排序、数量分类与环境解释. *植物学报*, 1994, 36(7): 539-551.
- [21] 郑度. 新疆准噶尔沙漠植被与环境的关系 // *中国地理学会, 中国科学院地学部. 1960 年全国地理学术会议论文集 (自然地理)*. 北京: 科学出版社, 1962: 327-341.
- [22] 宋同清, 彭晚霞, 曾馥平, 王克林, 覃文更, 谭卫宁, 刘璐, 杜虎, 鹿士杨. 木论喀斯特峰丛洼地森林群落空间格局及环境解释. *植物生态学报*, 2010, 34(3): 298-308.

# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 10 May, 2011 (Semimonthly)

## CONTENTS

|                                                                                                                                                                                   |                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Circadian activity pattern of giant pandas during the bamboo growing season .....                                                                                                 | ZHANG Jindong, Vanessa HULL, HUANG Jinyan, et al (2655) |
| The vivipary characteristic of <i>Anabasis elatior</i> and its ecological adaptation .....                                                                                        | HAN Jianxin, WEI Yan, YAN Cheng, et al (2662)           |
| Relationships between plant community characteristics and environmental factors in the typical profiles from Dzungaria Basin .....                                                | ZHAO Congju, KANG Muyi, LEI Jiaqiang (2669)             |
| The relationship between pollen assemblage in topsoil and vegetation in karst mountain during different restoration period of typical vegetation community .....                  | HAO Xiudong, OUYANG Xuhong, XIE Shiyong, et al (2678)   |
| Early responses of soil CO <sub>2</sub> emission to simulating atmospheric nitrogen deposition in an alpine meadow on the Qinghai Tibetan Plateau .....                           | ZHU Tianhong, CHENG Shulan, FANG Huajun, et al (2687)   |
| Spatial pattern of soil moisture and vegetation attributes along the critical area of desertification in Southern Mu Us Sandy Land .....                                          | QIU Kaiyang, XIE Yingzhong, XU Dongmei, et al (2697)    |
| Dynamics of dominant tree seedlings in montane evergreen broadleaved forest following a snow disaster in North Guangdong .....                                                    | OU Yudian, SU Zhiyao, XIE Dandan, et al (2708)          |
| A comparative analysis of the hydrological effects of the four cypress stand types in Sichuan Basin .....                                                                         | GONG Gutang, CHEN Junhua, LI Yanqiong, et al (2716)     |
| Effect of cutting management on soil moisture in semi-arid Loess Hilly region .....                                                                                               | LI Yaolin, GUO Zhongsheng (2727)                        |
| Dynamics of understory vegetation biomass in successive rotations of Chinese fir ( <i>Cunninghamia lanceolata</i> ) plantations .....                                             | YANG Chao, TIAN Dalun, HU Yueli, et al (2737)           |
| Spatial and temporal variation of solar radiation in recent 48 years in North China .....                                                                                         | YANG Jianying, LIU Qin, YAN Changrong, et al (2748)     |
| Impact of stand features of short-rotation poplar plantations on canker disease incidence at a mesoscale landscape: a case study in Qingfeng County, Henan Province, China .....  | WANG Jing, CUI Lingjun, LIANG Jun, et al (2757)         |
| Effects of different soil tillage systems on weed biodiversity and wheat yield in winter wheat ( <i>Triticum aestivum</i> L.) field .....                                         | TIAN Xinxin, BO Cunyao, LI Li, et al (2768)             |
| Habitat suitability evaluation of Elliot's pheasant ( <i>Syrnaticus ellioti</i> ) in Guanshan Nature Reserve .....                                                                | CHEN Junhao, HUANG Xiaofeng, LU Changhu, et al (2776)   |
| Relationships between arthropod community characteristic and meteorological factors in <i>Zanthoxylum bungeanum</i> gardens .....                                                 | GAO Xin, ZHANG Xiaoming, YANG Jie, et al (2788)         |
| The differences of ecosystem services between vegetation restoration models at desert front .....                                                                                 | ZHOU Zhiqiang, LI Ming, HOU Jianguo, et al (2797)       |
| Response to salt stresses and assessment of salt tolerability of soybean varieties in emergence and seedling stages .....                                                         | ZHANG Haibo, CUI Jizhe, CAO Tiantian, et al (2805)      |
| Dynamic change of salt contents in rhizosphere soil of salt-tolerant plants .....                                                                                                 | DONG Liping, CAO Jing, LI Xianting, et al (2813)        |
| Effect of short-term salt stress on the absorption of K <sup>+</sup> and accumulation of Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> in seedlings of different wheat varieties .....         | WANG Xiaodong, WANG Cheng, MA Zhihong, et al (2822)     |
| Effects of the micro-environment inside fruit bags on the structure of fruit peel in 'Fuji' apple .....                                                                           | HAO Yanyan, ZHAO Qifeng, LIU Qunlong, et al (2831)      |
| Enhancement of soil quality in a rice-wheat rotation after long-term application of poultry litter and livestock manure .....                                                     | LI Jiangtao, ZHONG Xiaolan, ZHAO Qiguo (2837)           |
| MSAP analysis of DNA methylation in <i>Arabidopsis</i> ( <i>Arabidopsis thaliana</i> ) under Oxytetracycline Stress .....                                                         | DU Yaqiong, WANG Zicheng, LI Xia (2846)                 |
| Distribution of dinoflagellate cysts in surface sediments from Changshan Archipelago in the North Yellow Sea .....                                                                | SHAO Kuishuang, GONG Ning, YANG Qing, et al (2854)      |
| Developing and optimizing ecological networks in urban agglomeration of Hunan Province, China .....                                                                               | YIN Haiwei, KONG Fanhua, QI Yi, et al (2863)            |
| Dynamic simulation of Shanghai urban expansion based on multi-agent system and cellular automata models .....                                                                     | QUAN Quan, TIAN Guangjin, SHA Moquan (2875)             |
| "Micro-canyon effect" of city road green belt and its effect on the pollutant concentration above roads for non-motorized vehicles .....                                          | LI Ping, WANG Song, WANG Yaying, et al (2888)           |
| <b>Review and Monograph</b>                                                                                                                                                       |                                                         |
| The abundance and diversity of nanoplankton in Arctic Ocean .....                                                                                                                 | GUO Chaoying, WANG Guizhong, ZHANG Fang, et al (2897)   |
| Advances in plant seed-associated microbial ecology .....                                                                                                                         | ZOU Yuanyuan, LIU Yang, WANG Jianhua, et al (2906)      |
| Improving validity and reliability of contingent valuation method through reducing biases and errors: theory, method and application .....                                        | CAI Zhijian, DU Liyong, JIANG Zhan (2915)               |
| <b>Discussion</b>                                                                                                                                                                 |                                                         |
| The analysis of Chinese ecological academic journals .....                                                                                                                        | LIU Tianxing, KONG Hongmei, DUAN Jing (2924)            |
| <b>Scientific Note</b>                                                                                                                                                            |                                                         |
| Seasonal variations in salt tolerance of <i>Oligostachyum lubricum</i> .....                                                                                                      | GU Daxing, GUO Ziwu, LI Yingchun, et al (2932)          |
| Variation of a spring bacterial community from Wuqia Sinter in Xinjiang during the pre- and post-earthquake period .....                                                          | YANG Hongmei, OTKUR Mahmut, ZENG Jun, et al (2940)      |
| Comparison of the effect of two prey species on the population growth of <i>Orius similis</i> Zheng and the implications for the control of <i>Tetranychus urticae</i> Koch ..... | HUANG Zengyu, HUANG Linmao, HUANG Shoushan (2947)       |

# 2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

| 排序<br>Order | 期刊<br>Journal                           | 总被引频次<br>Total citation | 排序<br>Order | 期刊<br>Journal | 影响因子<br>Impact factor |
|-------------|-----------------------------------------|-------------------------|-------------|---------------|-----------------------|
| 1           | 生态学报                                    | 11764                   | 1           | 生态学报          | 1.812                 |
| 2           | 应用生态学报                                  | 9430                    | 2           | 植物生态学报        | 1.771                 |
| 3           | 植物生态学报                                  | 4384                    | 3           | 应用生态学报        | 1.733                 |
| 4           | 西北植物学报                                  | 4177                    | 4           | 生物多样性         | 1.553                 |
| 5           | 生态学杂志                                   | 4048                    | 5           | 生态学杂志         | 1.396                 |
| 6           | 植物生理学通讯                                 | 3362                    | 6           | 西北植物学报        | 0.986                 |
| 7           | JOURNAL OF INTEGRATIVE<br>PLANT BIOLOGY | 3327                    | 7           | 兽类学报          | 0.894                 |
| 8           | MOLECULAR PLANT                         | 1788                    | 8           | CELL RESEARCH | 0.873                 |
| 9           | 水生生物学报                                  | 1773                    | 9           | 植物学报          | 0.841                 |
| 10          | 遗传学报                                    | 1667                    | 10          | 植物研究          | 0.809                 |

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报  
(SHENGTAI XUEBAO)  
(半月刊 1981 年 3 月创刊)  
第 31 卷 第 10 期 (2011 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA  
(Semimonthly, Started in 1981)  
Vol. 31 No. 10 2011

|               |                                                                                                                    |                 |                                                                                                                                                                                 |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 编 辑           | 《生态学报》编辑部<br>地址:北京海淀区双清路 18 号<br>邮政编码:100085<br>电话:(010)62941099<br>www.ecologica.cn<br>shengtaixuebao@rcees.ac.cn | Edited by       | Editorial board of<br>ACTA ECOLOGICA SINICA<br>Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China<br>Tel:(010)62941099<br>www.ecologica.cn<br>Shengtaixuebao@rcees.ac.cn |
| 主 编           | 冯宗炜                                                                                                                | Editor-in-chief | FENG Zong-Wei                                                                                                                                                                   |
| 主 管           | 中国科学技术协会                                                                                                           | Supervised by   | China Association for Science and Technology                                                                                                                                    |
| 主 办           | 中国生态学会<br>中国科学院生态环境研究中心<br>地址:北京海淀区双清路 18 号<br>邮政编码:100085                                                         | Sponsored by    | Ecological Society of China<br>Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS<br>Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China                                 |
| 出 版           | 科 学 出 版 社<br>地址:北京东黄城根北街 16 号<br>邮政编码:100717                                                                       | Published by    | Science Press<br>Add:16 Donghuangchenggen North Street,<br>Beijing 100717, China                                                                                                |
| 印 刷           | 北京北林印刷厂                                                                                                            | Printed by      | Beijing Bei Lin Printing House,<br>Beijing 100083, China                                                                                                                        |
| 发 行           | 科 学 出 版 社<br>地址:东黄城根北街 16 号<br>邮政编码:100717<br>电话:(010)64034563<br>E-mail:journal@cspg.net                          | Distributed by  | Science Press<br>Add:16 Donghuangchenggen North<br>Street, Beijing 100717, China<br>Tel:(010)64034563<br>E-mail:journal@cspg.net                                                |
| 订 购           | 全国各地邮局                                                                                                             | Domestic        | All Local Post Offices in China                                                                                                                                                 |
| 国外发行          | 中国国际图书贸易总公司<br>地址:北京 399 信箱<br>邮政编码:100044                                                                         | Foreign         | China International Book Trading<br>Corporation<br>Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China                                                                                      |
| 广告经营<br>许 可 证 | 京海工商广字第 8013 号                                                                                                     |                 |                                                                                                                                                                                 |



ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元