

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica



第32卷 第13期 Vol.32 No.13 **2012**

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



# 生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

中国科学院科学出版基金资助出版

第 32 卷 第 13 期 2012 年 7 月 (半月刊)

## 目 次

|                                                               |                         |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 砂质潮间带自由生活海洋线虫对缺氧的响应——微型受控生态系研究.....                           | 华 尔, 李 佳, 董 洁, 等 (3975) |
| 植物种群自疏过程中构件生物量与密度的关系 .....                                    | 黎 磊, 周道玮, 盛连喜 (3987)    |
| 基于景观感知敏感度的生态旅游地观光线路自动选址.....                                  | 李继峰, 李仁杰 (3998)         |
| 基于能值的沼气农业生态系统可持续发展水平综合评价——以恭城县为例.....                         | 杨 谨, 陈 彬, 刘耕源 (4007)    |
| 内蒙古荒漠草原植被盖度的空间异质性动态分析.....                                    | 颜 亮, 周广胜, 张 峰, 等 (4017) |
| 典型草地的土壤保持价值流量过程比较.....                                        | 裴 厦, 谢高地, 李士美, 等 (4025) |
| 长沙市区马尾松人工林生态系统碳储量及其空间分布.....                                  | 巫 涛, 彭重华, 田大伦, 等 (4034) |
| 厦门市七种药用植物根围 AM 真菌的侵染率和多样性 .....                               | 姜 攀, 王明元 (4043)         |
| Cd、低 Pb/Cd 下冬小麦幼苗根系分泌物酚酸、糖类及与根际土壤微生物活性的关系 .....               | 贾 夏, 董岁明, 周春娟 (4052)    |
| 凉水保护区土壤产类漆酶-多铜氧化酶细菌群落结构 .....                                 | 赵 丹, 谷惠琦, 崔岱宗, 等 (4062) |
| 盐渍化土壤根际微生物群落及土壤因子对 AM 真菌的影响.....                              | 卢鑫萍, 杜 茜, 闫永利, 等 (4071) |
| 菌丝室接种解磷细菌 <i>Bacillus megaterium</i> C4 对土壤有机磷矿化和植物吸收的影响..... | 张 林, 丁效东, 王 菲, 等 (4079) |
| 闽江河口不同河段芦苇湿地土壤碳氮磷生态化学计量学特征.....                               | 王维奇, 王 纯, 曾从盛, 等 (4087) |
| 高山森林三种细根分解初期微生物生物量动态.....                                     | 武志超, 吴福忠, 杨万勤, 等 (4094) |
| 模拟降水对古尔班通古特沙漠生物结皮表观土壤碳通量的影响 .....                             | 吴 林, 苏延桂, 张元明 (4103)    |
| 铁皮石斛组培苗移栽驯化过程中叶片光合特性、超微结构及根系活力的变化 .....                       | 濮晓珍, 尹春英, 周晓波, 等 (4114) |
| 不同产量水平旱地冬小麦品种干物质累积和转移的差异分析.....                               | 周 玲, 王朝辉, 李富翠, 等 (4123) |
| 基于作物模型的低温冷害对我国东北三省玉米产量影响评估.....                               | 张建平, 王春乙, 赵艳霞, 等 (4132) |
| 黄土高原 1961—2009 年参考作物蒸散量的时空变异.....                             | 李 志 (4139)              |
| 莫莫格湿地芦苇对水盐变化的生理生态响应.....                                      | 邓春暖, 章光新, 李红艳, 等 (4146) |
| 不同蚯蚓采样方法对比研究.....                                             | 范如芹, 张晓平, 梁爱珍, 等 (4154) |
| 亚洲玉米螟成虫寿命与繁殖力的地理差异.....                                       | 涂小云, 陈元生, 夏勤雯, 等 (4160) |
| 黑河上游天然草地蝗虫空间异质性与分布格局.....                                     | 赵成章, 李丽丽, 王大为, 等 (4166) |
| 苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾实验种群的抑制作用.....                                 | 骆 颖, 凌 冰, 谢杰峰, 等 (4173) |
| 长江口中国花鲈食性分析.....                                              | 洪巧巧, 庄 平, 杨 刚, 等 (4181) |
| 基于线粒体控制区序列的黄河上游厚唇裸重唇鱼种群遗传结构.....                              | 苏军虎, 张艳萍, 娄忠玉, 等 (4191) |
| 镉暴露对黑斑蛙精巢 ROS 的诱导及其蛋白质氧化损伤作用机理 .....                          | 曹 慧, 施蔡雷, 贾秀英 (4199)    |
| 北方草地牛粪中金龟子的多样性.....                                           | 樊三龙, 方 红, 高传部, 等 (4207) |
| 合肥秋冬季茶园天敌对假眼小绿叶蝉和茶蚜的空间跟随关系.....                               | 杨 林, 郭 骅, 毕守东, 等 (4215) |
| 植被、海拔、人为干扰对大中型野生动物分布的影响——以九寨沟自然保护区为例.....                     | 张 跃, 雷开明, 张语克, 等 (4228) |
| 基于社会网络分析法的生态工业园典型案例研究.....                                    | 杨丽花, 佟连军 (4236)         |
| 基于生命周期的户用沼气系统可用能核算——以广西恭城瑶族自治县为例.....                         | 齐 静, 陈 彬, 戴 婧, 等 (4246) |
| <b>专论与综述</b>                                                  |                         |
| 水文情势与盐分变化对湿地植被的影响研究综述 .....                                   | 章光新 (4254)              |
| 松嫩碱化草甸土壤种子库格局、动态研究进展 .....                                    | 马红媛, 梁正伟, 吕丙盛, 等 (4261) |
| 一种新的景观扩张指数的定义与实现 .....                                        | 武鹏飞, 周德民, 官辉力 (4270)    |
| <b>研究简报</b>                                                   |                         |
| 华山新麦草光合特性对干旱胁迫的响应.....                                        | 李 倩, 王 明, 王雯雯, 等 (4278) |
| 美丽海绵提取物防污损作用 .....                                            | 曹文浩, 严 涛, 刘永宏, 等 (4285) |

期刊基本参数: CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 306 \* zh \* P \* ¥ 70.00 \* 1510 \* 37 \* 2012-07



**封面图说:** 涵养水源——在长白山南坡的峭壁上, 生长在坡面上的森林所涵养的水源还在汨汨地往下流个不停, 深红色的落叶掉在了苔藓上, 这里已经是长白山的深秋了。虽然雨季已经过去了很久, 但是林下厚厚的枯枝落叶层、腐殖质层、苔藓草本层所涵养的水分还在不间断地流淌, 细细的水线在壁下汇成了溪、汇成了河。涵养水源是森林的主要生态功能之一。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201106130781

颜亮,周广胜,张峰,隋兴华,平晓燕. 内蒙古荒漠草原植被盖度的空间异质性动态分析. 生态学报, 2012, 32(13): 4017-4024.

Yan L, Zhou G S, Zhang F, Sui X H, Ping X Y. Spatial heterogeneity of vegetation coverage and its temporal dynamics in desert steppe, Inner Mongolia. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(13): 4017-4024.

## 内蒙古荒漠草原植被盖度的空间异质性动态分析

颜 亮<sup>1,3</sup>, 周广胜<sup>2,1,\*</sup>, 张 峰<sup>1</sup>, 隋兴华<sup>1,3</sup>, 平晓燕<sup>1,3</sup>

(1. 中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室, 北京 100093; 2. 中国气象科学研究院, 北京 100081;  
3. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 利用半方差函数分析法对内蒙古荒漠草原生长盛期(6—8月)的植被盖度时空变异特征的研究表明, 荒漠草原生长盛期的植被盖度半方差函数形态符合指数模型, 但函数曲线的形态和各参数在不同月份变化较大。其中, 6月的植被盖度变程最大, 达到 100 m; 7月植被盖度的半方差函数形态具有巢式等级结构; 8月植被盖度的变程最小, 仅为 15 m, 但空间变异程度最高。3个月的结构比介于 72%—85%, 具有较强的空间自相关。各向异性分析表明, 6月植被盖度在 135°方向的半方差函数值明显低于其它 3 个方向(0°、45°、90°), 具有各向异性特征; 而 7月和 8月植被盖度的各向异性比接近于 1, 表现为各向同性。研究结果表明, 荒漠草原植被盖度空间异质性的时间动态不容忽视, 在野外采样或制图时, 要根据时间合理控制采样范围。

**关键词:** 荒漠草原; 空间异质性; 半方差函数; 时间动态; 植被盖度

## Spatial heterogeneity of vegetation coverage and its temporal dynamics in desert steppe, Inner Mongolia

YAN Liang<sup>1,3</sup>, ZHOU Guangsheng<sup>2,1,\*</sup>, ZHANG Feng<sup>1</sup>, SUI Xinghua<sup>1,3</sup>, PING Xiaoyan<sup>1,3</sup>

1 State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China

2 Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China

3 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

**Abstract:** Vegetation coverage is an important quantitative indicator of community structure and it has a range of uses, such as in the calculation of land surface evapotranspiration for assessment of vegetation condition, and in the simulation of climate or ecological dynamics. Spatial heterogeneity is an important property of an ecosystem. Research on spatial heterogeneity has both theoretical and practical significance for understanding spatial scales of ecosystem functions and processes. Semivariance is defined as half the variance of the differences between values at paired locations, and it is a useful tool to analyze spatial heterogeneity. Analysis of the semivariance has been widely used in ecological research in recent years, but studies have mainly focused on spatial heterogeneity of soil properties, and rarely on vegetation coverage. Desert steppe has unique vegetation coverage features and spatial heterogeneity exists at all spatial scales. Investigating the spatial heterogeneity of desert steppe vegetation coverage has great significance for sampling and remote sensing. During June, July and August, vegetation on the desert steppe grows rapidly, which may lead to temporal dynamics of the spatial heterogeneity in vegetation coverage. Different months may have different spatial heterogeneity features. However, there has been little research on the temporal dynamics of this spatial heterogeneity in desert steppe vegetation.

In this study, we surveyed vegetation coverage in Inner Mongolia during June, July and August in a 30 m × 30 m grid, in which there were 900 1m×1m quadrats. Spatial and temporal features of the vegetation coverage were analyzed following

**基金项目:** 国家重点基础研究发展计划(2010CB951303); 中国科学院战略性先导科技专项(XDA05050408)

**收稿日期:** 2011-06-13; **修订日期:** 2011-10-09

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: gszhou@ibcas.ac.cn

the semivariance analysis method. The analysis was mainly done in the R statistical environment, using sp and geoR packages. Average vegetation coverage gradually increased from June to August and standard deviation had a range of 3.08—6.02. The results showed that an exponential model was a good description of the semivariance of the vegetation coverage, but the curve shape and semivariance parameters varied with the month. The range of vegetation coverage was the largest in June, reaching 100 m, and the smallest in August, only 15m, although it had the highest spatial variability. The semivariance in July had a nested hierarchy structure. The nugget of vegetation coverage increased from June to August, ranging from 4.28 to 7.29. The sill also increased from June to August, and the sill of August was significantly higher than those of June and July. The structural ratio of vegetation coverage in June, July and August ranged from 72% to 85%, showing a strong spatial autocorrelation. Anisotropy analysis revealed that only the semivariance in June had anisotropic characteristics, because its semi-variance at 135° direction was significantly lower than those of the other three directions (0°, 45° and 90°). The anisotropy ratios of vegetation coverage in July and August were close to 1, indicating isotropy.

The results of this study suggest that the spatial heterogeneity of desert steppe vegetation cover has temporal dynamics, and that the parameters of semivariogram models can vary by month. The temporal dynamics of desert steppe vegetation spatial heterogeneity should be considered when designing field sampling or mapping protocols.

**Key Words:** desert steppe; spatial heterogeneity; semi-variance; temporal dynamic; vegetation coverage

植被盖度指观测区域内植被垂直投影面积占地面面积的百分比。它是群落结构的一个重要参数<sup>[1-2]</sup>,也是指示生态系统变化的重要指标,在陆表蒸发散计算<sup>[3]</sup>、植被状况评估、气候或生态模型模拟等方面<sup>[4]</sup>都有着重要的意义。空间异质性是生态系统的一个重要属性,也是产生空间格局的主要原因<sup>[5-6]</sup>。空间异质性研究对认识不同空间尺度的生态系统结构、功能和过程具有重要的理论和实践意义<sup>[7-8]</sup>。

半方差函数是以区域化变量理论为基础分析自然现象空间变异和空间相关的统计学方法,是描述空间异质性的有效方法<sup>[9]</sup>。近年来,半方差函数分析法逐渐应用于生态学领域,研究对象主要关注土壤属性的空间异质性特征,如研究某地区在某一时间的土壤水分,土壤碳、氮等营养元素含量的空间异质性等<sup>[10-15]</sup>,但针对植被特征尤其是植被盖度的研究较少,更缺少针对同一地区不同时间下植被特征的空间异质性研究。荒漠草原是典型草原向荒漠过渡的一类草原,发育于温带半干旱区<sup>[16]</sup>,有着独特的植被盖度特征,空间异质性在荒漠草原的各个尺度上都存在,异质性也是荒漠化的重要指标之一<sup>[17]</sup>。研究荒漠草原植被盖度的空间异质性特征,在草原植被调查取样以及遥感监测方面具有重要的意义<sup>[18-19]</sup>。尤其在6—8月,荒漠草原植被处于生长盛期,植被盖度随时间的变化可能导致植被盖度在不同月份的空间异质性特征不同。但是,目前关于荒漠草原植被盖度在生长盛期不同时间的空间异质性动态的相关研究还未见报道。

本研究试图采用半方差函数分析法,分析比较内蒙古荒漠草原生长盛期(6—8月)的植被盖度空间异质性特征,目的在于揭示荒漠草原植被盖度在生长盛期不同阶段的空间结构特征,为不同时段植被调查的取样设计提供参考。

## 1 研究区概况与研究方法

### 1.1 研究区概况

研究样地位于内蒙古锡林郭勒盟苏尼特左旗温带荒漠草原生态系统观测站(44°05′20″N, 113°34′27″E),海拔高度970 m,主要土壤类型为棕钙土。该地区属温带干旱-半干旱大陆性气候,年均气温3.2℃,月均最低气温-18.7℃(1月),月均最高气温22.1℃(7月),年均降水量183.9 mm,冬季从11月持续到翌年4月,漫长寒冷而且干旱;春季为5月到6月,干旱多风;夏季为6月到9月,相对温暖湿润。优势植物种为小针茅(*Stipa klemenzii*)和多根葱(*Allium polyrrhizum*),伴生种有无芒隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)、沙葱(*Allium mongolicum*)、狭叶锦鸡儿(*Caragana stenophylla*)、冰草(*Agropyron cristatum*)、寸草苔(*Carex duriuscula*)等。

## 1.2 采样点布设及测量方法

实验于 2008 年生长季的 6—8 月的下旬开展。选取地势相对平坦的荒漠草原典型植被区域,样地面积为 30 m×30 m,在晴天 11:00—15:00 利用 Tetracam ADC 冠层数字相机采用网格取样法(1 m×1 m)进行 900 个小样方的植被盖度观测(图 1)。

## 1.3 数据分析

采用 R 软件<sup>[20]</sup>分别对 6、7、8 月测得的盖度数据进行描述性统计分析,利用 Shapiro-Wilk 方法对统计量进行正态性检验。采用 R 软件中的 sp<sup>[21]</sup>、geoR<sup>[22]</sup>程序包进行半方差函数及各向异性的计算,SigmaPlot10.0 软件绘制半方差函数图。

半方差函数的计算公式为:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^N [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

式中,  $h$  为滞后距离,  $N(h)$  为滞后距离  $h$  时的样本对数,  $Z(x_i)$  是随机变量  $Z$  在点  $x = x_i$  处的值,  $Z(x_i + h)$  为  $Z$  在相距点  $x_i$  为  $h$  远处的值。

基于方程(1)得到半方差函数的形态,结合残差平方最小原则,本研究确定内蒙古荒漠草原植被盖度半方差函数的最优拟合模型为指数模型:

$$\gamma(h) = \begin{cases} 0 & h = 0 \\ C_0 + C(1 - e^{-\frac{h}{a}}) & h > 0 \end{cases} \quad (2)$$

式中,  $C_0$  为块金值,  $C$  为偏基台值,  $3a$  为变程。

决定系数  $R^2$  是回归平方和占总平方和的百分比,采用  $R^2$  判断曲线回归模型拟合的优劣。 $F$  检验决定系数的统计量为:

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{(N - k)}{k - 1} \quad (3)$$

式中,  $k$  为回归模型中自变量的个数。若计算的  $F$  值大于显著性水平  $\alpha$  (0.05 或 0.01) 与自由度  $f$  的临界值  $F_{\alpha, f}$  时,  $R^2$  反映了回归模型配合的理论曲线拟合度,可以采用该模型作为理论曲线的模型;反之,该模型作为理论曲线的模型毫无实际价值。

对于区域化变量,变异函数  $\gamma(h)$  不仅与间隔距离  $h$  有关,而且与方向有关。当一个变异函数由某一个特殊方向构造时,称为各向异性变异函数。一般来讲,计算  $\gamma(h)$  在  $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $135^\circ$  四个方向的变异函数,用各向异性比  $K(h)$  描述景观中各向异性结构的特点:

$$K(h) = \gamma(h, \theta_1) / \gamma(h, \theta_2) \quad (4)$$

式中,  $\gamma(h, \theta_1)$ 、 $\gamma(h, \theta_2)$  为某两个方向  $\theta_1$  和  $\theta_2$  上的变异函数。如果  $K(h)$  等于或接近于 1,则空间异质性为各向同性的;否则,为各向异性。各向同性是相对的,各向异性是绝对的。

## 2 结果与分析

### 2.1 荒漠草原植被盖度的描述统计

研究区内荒漠草原植被盖度的描述统计结果见表 1。荒漠草原植被盖度平均值从 6 月到 8 月逐渐增大,8 月植被盖度最大,平均值为 39.83%。各月植被盖度的中值和均值均很接近,表明植被盖度的中心趋向分布不被异常值所决定,标准差范围介于 3.08—6.02 之间。变异系数(CV)表示随机变量的离散程度,  $CV \leq 10\%$

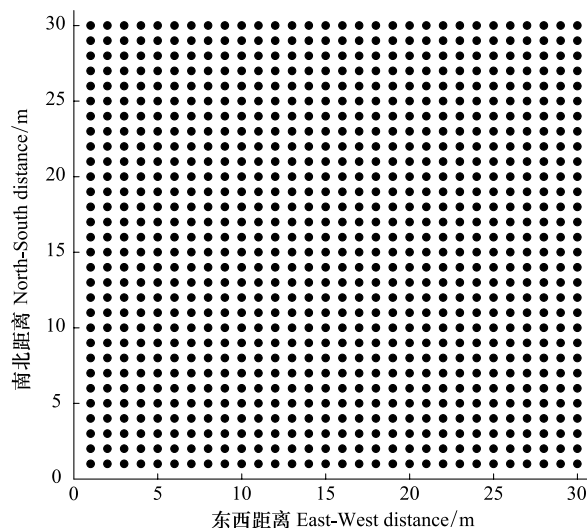


图 1 研究区域植被盖度取样空间分布格局

Fig. 1 Spatial distribution of vegetation coverage samples

为弱变异性;  $10\% < CV < 30\%$  为中等变异性;  $CV \geq 30\%$  为强变异性。结果表明, 该荒漠草原 6 月的植被盖度变异性最大, 达到强变异程度, 为 52.41%; 而 7 月和 8 月, 其植被盖度的变异程度依次降低, 为中等程度的变异。

偏度系数是刻画数据的对称性指标<sup>[23]</sup>。本研究中的偏度系数均为正值, 表示数据的右侧更分散, 且 6 月植被盖度的偏度系数明显高于 7 月和 8 月。6 月和 7 月的峰度系数为正值, 表示两侧的极端数据较多, 8 月峰度系数为负值, 表示两侧的极端数据较少。

采用 Shapiro-Wilk 方法对统计量进行正态性检验表明, 6 月植被盖度的资料不符合正态分布, 呈偏态分布, 7 月和 8 月的植被盖度数据呈正态分布。采用地统计学原理插值时, 为避免比例效应, 要将非正态分布的数据转换为正态分布。本研究只对植被盖度的半方差函数进行分析, 并且数据不存在比例效应。为便于各月之间的比较, 不做转换。

表 1 荒漠草原植被盖度的描述统计分析

Table 1 Description of statistic characteristics of vegetation coverage

| 月份<br>Month | 平均值<br>Mean<br>/% | 最小值<br>Minimum<br>/% | 最大值<br>Maximum<br>/% | 中值<br>Median<br>/% | 标准差<br>SD | 变异系数<br>CV<br>/% | 偏度<br>Skewness | 峰度<br>Kurtosis | 分布类型<br>Distribution type |
|-------------|-------------------|----------------------|----------------------|--------------------|-----------|------------------|----------------|----------------|---------------------------|
| 6           | 5.88              | 0.56                 | 29.64                | 5.47               | 3.08      | 52.41            | 8.31           | 1.95           | 偏态                        |
| 7           | 14.99             | 6.79                 | 26.99                | 14.35              | 3.37      | 22.52            | 0.63           | 0.05           | 正态                        |
| 8           | 39.83             | 25.06                | 60.92                | 39.53              | 6.02      | 15.1             | 0.34           | -0.08          | 正态                        |

## 2.2 荒漠草原植被盖度生长盛期不同月份的空间异质性

6—8 月植被盖度半方差函数均可用指数函数很好地模拟(表 2), 决定系数均大于 0.95,  $F$  检验为极显著水平。6 月的半方差函数值随着距离的增加而增加(图 2); 7 月的半方差函数图的形态呈现阶梯状上升趋势, 即在间隔距离为 5—10 m 范围内, 半方差值短暂稳定, 不再升高, 10—20 m 范围内, 随着距离的增加, 半方差函数值增加, 距离大于 20 m 时, 半方差函数值不随着距离的增加而增加, 表明 7 月的植被盖度具有巢式等级结构<sup>[24]</sup>, 在 0—5 m、10—20 m 两个尺度上表现出空间依赖性(图 3); 8 月的半方差函数值在 0—10 m 内随着距离的增加迅速增大, 在 15 m 左右即达到稳定(图 4)。

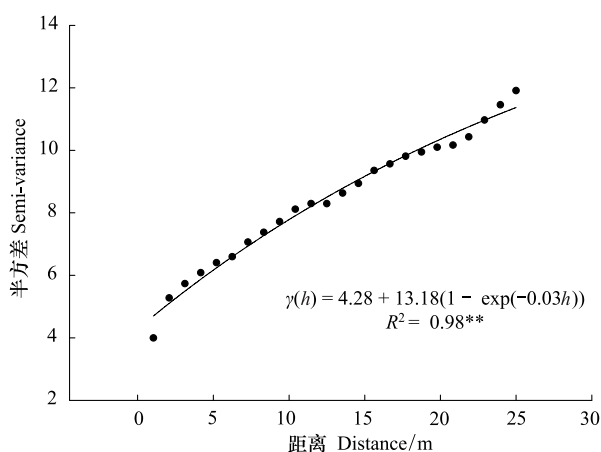


图 2 2008 年 6 月植被盖度半方差函数图

Fig. 2 Semi-variance of vegetation coverage in June, 2008

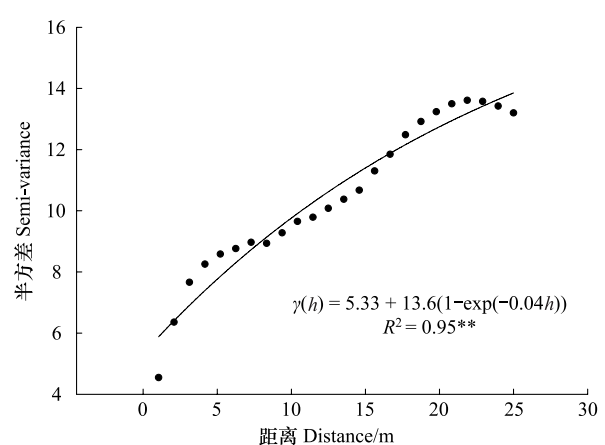


图 3 2008 年 7 月植被盖度半方差函数图

Fig. 3 Semi-variance of vegetation coverage in July, 2008

块金值表示由随机因素引起的变异, 块金值较大表明小尺度上的某种过程不可忽视。3 个月植被盖度的块金值变化为 4.28—7.29, 从 6 月到 8 月逐渐增大。基台值表示变量的最大变异程度, 值越大表示变量的异

质性程度越高。比较 3 个月的基台值发现,8 月>7 月>6 月,且 8 月明显高于 6 月和 7 月,为 6 月和 7 月的两倍左右,表明 8 月份植被盖度的空间异质性程度较高。结构比用来度量空间自相关的变异占总变异的的比例,3 个月的结构比介于 72%—82%,表明研究区内植被盖度具有较强的空间自相关。

### 2.3 荒漠草原植被盖度不同月份的空间异质性尺度

变程表示空间自相关变异的尺度范围,在大于变程的空间尺度上该特征不再有自相关性,在变程以外的取样距离对任何内插和制图均无效<sup>[25]</sup>。研究区域内,不同月份植被盖度的变程不同,6 月植被盖度的变程最大,达到 100 m,8 月植被盖度的变程明显小于 6 月和 7 月,仅为 15 m(表 2)。

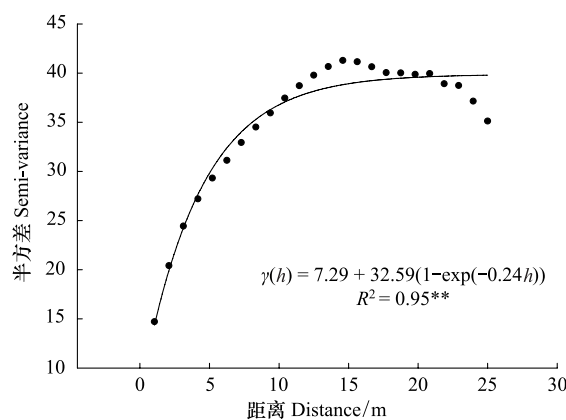


图 4 2008 年 8 月植被盖度半方差函数图

Fig. 4 Semi-variance of vegetation coverage in August, 2008

表 2 植被盖度的变异函数理论模型相关参数

Table 2 Semi-variogram models of vegetation coverage and corresponding parameters

| 月份<br>Month | 理论模型<br>Model | 块金值<br>Nugget<br>( $C_0$ ) | 偏基台值<br>Patial Sill<br>( $C$ ) | 基台值<br>Sill<br>( $C+C_0$ ) | 变程/m<br>Range | 结构比<br>Structral Ratio<br>$C/(C+C_0)$ | 决定系数<br>$R^2$ | $F^*$  |
|-------------|---------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------|---------------------------------------|---------------|--------|
| 6           | 指数            | 4.28                       | 13.18                          | 17.46                      | 100           | 0.75                                  | 0.98 **       | 671.92 |
| 7           | 指数            | 5.33                       | 13.60                          | 18.93                      | 76.14         | 0.72                                  | 0.95 **       | 205.47 |
| 8           | 指数            | 7.29                       | 32.59                          | 39.88                      | 15.06         | 0.82                                  | 0.95 **       | 203.68 |

\*  $F(1,23)_{0.05}=4.28$ ,  $F(1,23)_{0.01}=7.88$

### 2.4 荒漠草原生长盛期植被盖度的各向异性

各向异性是空间异质性程度的重要部分<sup>[26]</sup>,空间异质性不仅与尺度有关,还与方向有关<sup>[6]</sup>,植被盖度由于受大气、土壤等环境因素的影响导致的空间变异通常是有方向性的,用各向异性表示。为进一步分析植被盖度空间变异的方向性,对 6—8 月各月植被盖度在 0°、45°、90°、135°四个方向上的变异函数分析发现,6 月植被盖度的半方差函数具有明显的方向性,表现为在 135°方向上的变异函数值低于其它 3 个方向,且随着距离的增大,其它 3 个方向上的变异函数值与 135°方向上的变异函数值的比值逐渐增大。7 月和 8 月的植被盖度在 4 个方向的函数值比值基本接近于 1,表现为各向同性(图 5)。

## 4 结论与讨论

本研究分析了内蒙古荒漠草原生长盛期(6—8 月)植被盖度的空间异质性特征,虽然研究尺度较小(30 m×30 m),但对认识荒漠草原植被盖度在不同时间的空间特征及取样设计具有重要的借鉴意义。

### 4.1 内蒙古荒漠草原植被盖度空间异质性的时间动态及取样建议

植被盖度在 6—8 月的半方差函数形态均可用指数模型进行很好的描述,但是形态上并不相同,各月特征明显,这种特征是植物在不同的生长期受环境因子影响的综合体现,具体表现为:块金值、偏基台值和基台值是 8 月>7 月>6 月,表明荒漠草原植被盖度从 6 月到 8 月的空间变异程度逐渐增强。而 3 个月的变程特征则恰好相反,表现为 8 月<7 月<6 月,说明植被盖度的空间异质性尺度从 6 月到 8 月是逐渐变小的。

荒漠草原植被盖度具有空间异质性高、斑块化强的特征,在荒漠草原植被调查的野外取样设计中,为尽可能真实地反映研究区的植被特征,采样点或样方间的最大间隔距离应在变程左右为宜。若间隔距离明显小于变程,由于植被的斑块化特征可能造成高估或低估;若间隔距离远远大于变程,则会造成人力、物力和时间上的浪费。根据本研究结果,荒漠草原植被盖度在 6 月、7 月、8 月的变程分别为 100、76、15 m,不同的月份差异很大。因此,除需要参考变程进行样方布置外,更需要注意不同月份应该采取不同的取样策略。研究区内,6

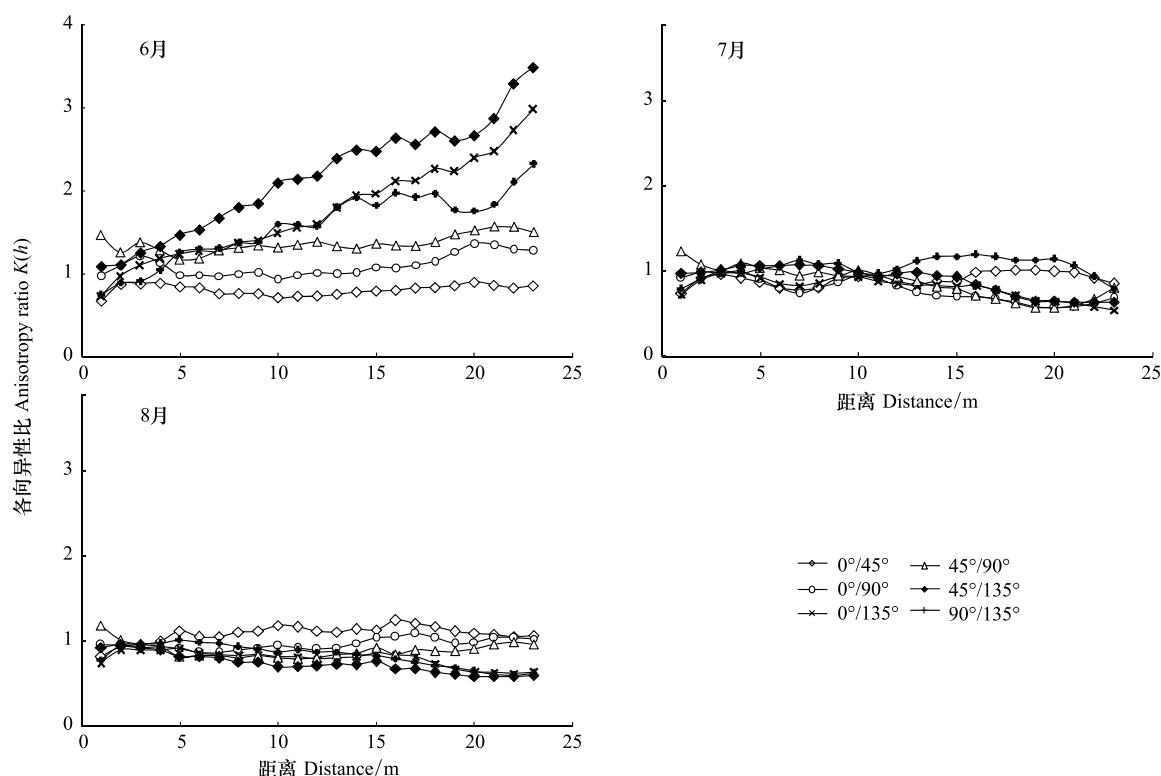


图5 2008年6—8月植被盖度的各向异性比

Fig. 5 Anisotropy ratio of vegetation coverage during June—August, 2008

月的变程最大,达到 100 m,在野外采样中,样方间最大距离应在 100 m 左右,而 8 月的变程仅为 15 m,在 8 月份的野外采样中,样方间最大距离在 15 m 左右即可。如 3 个月采取同样的方法采样,样方间最大间隔为一定值,则会造成采样不能真实反映研究区植被特征或者资源的浪费。

以往的相关研究多是在某一特定时间下分析某种要素的空间异质性特征,本研究表明植被盖度在生长盛期的不同月份,其空间异质性的函数形态和各项参数也不相同,且呈现出较大的差异,说明植被盖度空间异质性的时间动态不容忽视。在野外采样设计、制图时,也需要注意植被盖度空间变异随时间变化这一特征,根据时间合理控制采样范围。

本研究的结果尤其是各月变程在其他研究区的外推性有限,但在不同的研究区进行采样设计前,可采取同样的方法进行空间异质性的分析,用以指导野外采样。

#### 4.2 取样方式对空间异质性分析结果的影响

空间异质性受取样大小(粒度)、最小取样间隔距离、取样位置、取样数目的影响显著。已有研究表明,不同的取样大小、间隔距离、取样位置、取样数目得到的半方差函数图的形态及基台值、变程等参数非常不同<sup>[12,27-28]</sup>,采用本研究所用的数据,保持取样大小不变,当最小取样间隔为 5 m,取样数目减至 36 时,得到的半方差函数形态表现为随机分布特征。应今后考虑不同的取样方式对空间异质性分析结果的影响。

#### References:

- [1] Zuo X A, Zhao X Y, Zhao H L, Yun J Y, Wang S K, Su N, Feng J. Spatial heterogeneity of vegetation characteristics in the processes of degraded vegetation restoration in Horqin Sandy Land, northern China. *Ecology and Environmental Sciences*, 2010, 19(7): 1513-1518.
- [2] Chi H K, Zhou G S, Xu Z Z, Yuan W P. Measuring coverage of grassland vegetation using remote sensing over short distances. *Acta Prataculturae Sinica*, 2007, 16(2): 105-110.
- [3] Liu S H, Huang Z C, Liu L C. Numerical simulation of the evapotranspiration process in the soil-vegetation-atmosphere continuum. *Acta Geographica Sinica*, 1996, 51(2): 118-125.

- [4] Zhang Y X, Li X B, Chen Y H. Overview of field and multi-scale remote sensing measurement approaches to grassland vegetation coverage. *Advance in Earth Sciences*, 2003, 18(1): 85-93.
- [5] Bai Y F, Xu Z X, Li D X. On the small scale spatial heterogeneity of soil moisture, carbon and nitrogen in *Stipa* Communities of the Inner Mongolia Plateau. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(8): 1215-1223.
- [6] Wang H T, He X D, Gao Y B, Lu J G, Xue P P, Ma D. Density in *Artemisia Ordosica* successional community in response to spatial heterogeneity of soil moisture and organic matter. *Journal of Plant Ecology*, 2007, 31(6): 1145-1153.
- [7] Wang Z Q, Wang Q C, Li H B. Characteristics and comparison of spatial heterogeneity of the main species of Korean pine old growth forests. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, 24(6): 718-723.
- [8] Chen Y F. Ecological Heterogeneity in the Sandy Grassland of Ordos Plateau, China [D]. Beijing: Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, 2001.
- [9] Li H B, Wang Z C, Wang Q C. Theory and methodology of spatial heterogeneity quantification. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1998, 9(6): 651-657.
- [10] Wang Q B, Li L H, Liu X H, He J S. Spatial heterogeneity of soil organic carbon and total nitrogen in an Xilin river basin grassland, Inner Mongolia. *Acta Phytocologica Sinica*, 1998, 22(5): 409-414.
- [11] Wang J, Fu B J, Qiu Y, Chen L D. Spatiotemporal variability of soil moisture in small catchment on Loess Plateau-Semivariograms. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55(4): 428-438.
- [12] Jackson R B, Caldwell M M. Geostatistical patterns of soil heterogeneity around individual perennial plants. *Journal of Ecology*, 1993, 81(4): 683-692.
- [13] Wang S T, Han S J, Zhang J H, Wang C G, Xu Y, Li X F, Wang S Q. Woody plant fine root biomass and its spatial distribution in top soil of broad-leaved Korean pine forest in Changbai Mountain. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010, 21(3): 583-589.
- [14] Gonzalez O J, Zak D R. Geostatistical analysis of soil properties in a secondary tropical dry forest, St. Lucia, West Indies. *Plant and Soil*, 1994, 163(1): 45-54.
- [15] Mohanty B P, Ankeny M D, Horton R, Kanwar R S. Spatial analysis of hydraulic conductivity measured using disc infiltrometers. *Water Resources Research*, 1994, 30(9): 2489-2498.
- [16] Zhang G, Zhou G S, Yang F L. Dynamics of sensible and latent heat fluxes over a temperate desert steppe ecosystem in Inner Mongolia. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010, 21(3): 597-603.
- [17] Su Y Z, Li Y L, Zhao H L. Soil properties and their spatial pattern in a degraded sandy grassland under post-grazing restoration, Inner Mongolia, northern China. *Biogeochemistry*, 2006, 79(3): 297-314.
- [18] Rahman A F, Gamon J A, Sims D A, Schmidts M. Optimum pixel size for hyperspectral studies of ecosystem function in southern California chaparral and grassland. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 84(2): 192-207.
- [19] Ming D P, Wang Q, Yang J Y. Spatial scale of remote sensing image and selection of optimal spatial resolution. *Journal of Remote Sensing*, 2008, 12(4): 530-535.
- [20] Venables W N, Smith D M and the R Development Core Team. An introduction to R. United Kingdom: Network Theory Limited, 2009: 2-6.
- [21] Pebesma E J, Wesseling C G. Gstat: a program for geostatistical modelling, prediction and simulation. *Computers and Geosciences*, 1998, 24(1): 17-31.
- [22] Ribeiro P J Jr, Diggle P J. geoR: a package for geostatistical analysis. *R news*, 2001, 1(2): 14-18.
- [23] Xue Y, Chen L P. Statistical Modeling and R. Beijing: Tsinghua University Press, 2007.
- [24] Wu J G. Landscape Ecology-Pattern, Process, Scale and Hierarchy. Beijing: China Higher Education Press, 2000.
- [25] Yang Z P, Ouyang H, Xu X L, Yang W B. Spatial heterogeneity of soil moisture and vegetation coverage of alpine grassland in Permafrost Area of the Qinghai-Tibet Plateau. *Journal of Natural Resources*, 2010, 25(3): 426-434.
- [26] Wang Z Q. Geostatistics and Its Application in Ecology. Beijing: Science Press, 1999.
- [27] McBratney A B. Some considerations on methods for spatially aggregating and disaggregating soil information. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 1998, 50(1/3): 51-62.
- [28] Meisel J E, Turner M G. Scale detection in real and artificial landscapes using semivariance analysis. *Landscape Ecology*, 1998, 13(6): 347-362.

#### 参考文献:

- [1] 左小安, 赵学勇, 赵哈林, 云建英, 王少昆, 苏娜, 冯静. 沙地退化植被恢复过程中植被的空间异质性. *生态环境学报*, 2010, 19(7): 1513-1518.

- [2] 池宏康, 周广胜, 许振柱, 袁文平. 草地植被盖度的近距离遥感测定. 草业学报, 2007, 16(2): 105-110.
- [4] 张云霞, 李晓兵, 陈云浩. 草地植被盖度的多尺度遥感与实地测量方法综述. 地球科学进展, 2003, 18(1): 85-93.
- [5] 白永飞, 许志信, 李德新. 内蒙古高原针茅草原群落土壤水分和碳、氮分布的小尺度空间异质性. 生态学报, 2002, 22(8): 1215-1223.
- [6] 王海涛, 何兴东, 高玉葆, 卢建国, 薛苹苹, 马迪. 油蒿演替群落密度对土壤湿度和有机质空间异质性的响应. 植物生态学报, 2007, 31(6): 1145-1153.
- [7] 王政权, 王庆成, 李哈尔滨. 红松老龄林主要树种的空间异质性特征与比较的定量研究. 植物生态学报, 2000, 24(6): 718-723.
- [8] 陈玉福. 鄂尔多斯高原沙地草地的生态异质性 [D]. 北京: 中国科学院植物研究所, 2001.
- [9] 李哈尔滨, 王政权, 王庆成. 空间异质性定量研究理论与方法. 应用生态学报, 1998, 9(6): 651-657.
- [10] 王其兵, 李凌浩, 刘先华, 贺金生. 内蒙古锡林河流域草原土壤有机碳及氮素的空间异质性分析. 植物生态学报, 1998, 22(5): 409-414.
- [11] 王军, 傅伯杰, 邱扬, 陈利顶. 黄土丘陵小流域土壤水分的时空变异特征: 半变异函数. 地理学报, 2000, 55(4): 428-438.
- [13] 王树堂, 韩士杰, 张军辉, 王存国, 徐媛, 李雪峰, 王树起. 长白山阔叶红松林表层土壤木本植物细根生物量及其空间分布. 应用生态学报, 2010, 21(3): 583-589.
- [16] 张果, 周广胜, 阳伏林. 内蒙古温带荒漠草原生态系统水热通量动态. 应用生态学报, 2010, 21(3): 597-603.
- [19] 明冬萍, 王群, 杨建宇. 遥感影像空间尺度特性与最佳空间分辨率选择. 遥感学报, 2008, 12(4): 530-535.
- [23] 薛毅, 陈立萍. 统计建模与 R 软件. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [24] 邬建国. 景观生态学-格局, 过程, 尺度与等级. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [25] 杨兆平, 欧阳华, 徐兴良, 杨文斌. 五道梁高寒草原土壤水分和植被盖度空间异质性的地统计分析. 自然资源学报, 2010, 25(3): 426-434.
- [26] 王政权. 地统计学及在生态学中的应用. 北京: 科学出版社, 1999.

CONTENTS

|                                                                                                                                                                                                                      |                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Responses of sandy beach nematodes to oxygen deficiency: microcosm experiments .....                                                                                                                                 | HUA Er, LI Jia, DONG Jie, et al (3975)                  |
| Allometric relationship between mean component biomass and density during the course of self-thinning for <i>Fagopyrum esculentum</i> populations .....                                                              | LI Lei, ZHOU Daowei, SHENG Lianxi (3987)                |
| Automatic site selection of sight-seeing route in ecotourism destinations based on landscape perception sensitivity .....                                                                                            | LI Jifeng, LI Renjie (3998)                             |
| Emergy evaluation for sustainability of Biogas-linked agriculture ecosystem: a case study of Gongcheng county .....                                                                                                  | YANG Jin, CHEN Bin, LIU Gengyuan (4007)                 |
| Spatial heterogeneity of vegetation coverage and its temporal dynamics in desert steppe, Inner Mongolia .....                                                                                                        | YAN Liang, ZHOU Guangsheng, ZHANG Feng, et al (4017)    |
| Soil conservation value flow processes of two typical grasslands .....                                                                                                                                               | PEI Sha, XIE Gadi, LI Shimei, et al (4025)              |
| Spatial distribution of carbon storage in a 13-year-old <i>Pinus massoniana</i> forest ecosystem in Changsha City, China .....                                                                                       | WU Tao, PENG Chonghua, TIAN Dalun, et al (4034)         |
| Colonization rate and diversity of AM fungi in the rhizosphere of seven medicinal plants in Xiamen .....                                                                                                             | JIANG Pan, WANG Mingyuan (4043)                         |
| Effects of Cd, Low Concentration Pb/Cd on the contents of phenolic acid and simple glucides exuding from winter wheat seedlings root and the relationship between them and rhizosphere soil microbial activity ..... | JIA Xia, DONG Suiming, ZHOU Chunjuan (4052)             |
| The community structure of laccase-like multicopper oxidase-producing bacteria in soil of Liangshui Nature Reserve .....                                                                                             | ZHAO Dan, GU Huiqi, CUI Daizong, et al (4062)           |
| Effects of soil rhizosphere microbial community and soil factors on arbuscular mycorrhizal fungi in different salinized soils .....                                                                                  | LU Xinping, DU Qian, YAN Yongli, et al (4071)           |
| The effects of inoculation with phosphate solubilizing bacteria <i>Bacillus megaterium</i> C4 in the AM fungal hyphosphere on soil organic phosphorus mineralization and plant uptake .....                          | ZHANG Lin, DING Xiaodong, WANG Fei, et al (4079)        |
| Soil carbon, nitrogen and phosphorus ecological stoichiometry of <i>Phragmites australis</i> wetlands in different reaches in Minjiang River estuary .....                                                           | WANG Weiqi, WANG Chun, ZENG Congsheng, et al (4087)     |
| Dynamics of soil microbial biomass during early fine roots decomposition of three species in alpine region .....                                                                                                     | WU Zhichao, WU Fuzhong, YANG Wanqin, et al (4094)       |
| Effects of simulated precipitation on apparent carbon flux of biologically crusted soils in the Gurbantunggut Desert in Xinjiang, Northwestern China .....                                                           | WU Lin, SU Yangui, ZHANG Yuanming (4103)                |
| Changes in photosynthetic properties, ultrastructure and root vigor of <i>Dendrobium candidum</i> tissue culture seedlings during transplantation .....                                                              | PU Xiaozhen, YIN Chunying, ZHOU Xiaobo, et al (4114)    |
| Analysis of dry matter accumulation and translocation for winter wheat cultivars with different yields on dryland .....                                                                                              | ZHOU Ling, WANG Zhaohui, LI Fucui, et al (4123)         |
| Impact evaluation of low temperature to yields of maize in Northeast China based on crop growth model .....                                                                                                          | ZHANG Jianping, WANG Chunyi, ZHAO Yanxia, et al (4132)  |
| Spatiotemporal variations in the reference crop evapotranspiration on the Loess Plateau during 1961—2009 .....                                                                                                       | LI Zhi (4139)                                           |
| Eco-physiological responses of <i>Phragmites australis</i> to different water-salt conditions in Momoge Wetland .....                                                                                                | DENG Chunnuan, ZHANG Guangxin, LI Hongyan, et al (4146) |
| Comparative study of different earthworm sampling methods .....                                                                                                                                                      | FAN Ruqin, ZHANG Xiaoping, LIANG Aizhen, et al (4154)   |
| Geographic variation in longevity and fecundity of the Asian corn borer, <i>Ostrinia furnacalis</i> Guenée (Lepidoptera: Crambidae) .....                                                                            | TU Xiaoyun, CHEN Yuansheng, XIA Qinwen, et al (4160)    |
| Analysis on grasshopper spatial heterogeneity and pattern of natural grass in upper reaches of Heihe .....                                                                                                           | ZHAO Chengzhang, LI Lili, WANG Dawei, et al (4166)      |
| Inhibition effects of ethyl acetate extracts of <i>Momordica charantia</i> leaves on the experimental population of <i>Spodoptera litura</i> .....                                                                   | LOU Ying, LING Bing, XIE Jiefeng, et al (4173)          |
| Feeding habits of <i>Lateolabrax maculatus</i> in Yangtze River estuary .....                                                                                                                                        | HONG Qiaoqiao, ZHUANG Ping, YANG Gang, et al (4181)     |
| Genetic structure of <i>Gymnodontichus pachycheilus</i> from the upper reaches of the Yellow River as inferred from mtDNA control region .....                                                                       | SU Junhu, ZHANG Yanping, LOU Zhongyu, et al (4191)      |
| Toxicity mechanism of Cadmium-induced reactive oxygen species and protein oxidation in testes of the frog <i>Rana nigromaculata</i> .....                                                                            | CAO Hui, SHI Cailei, JIA Xiuying (4199)                 |
| The diversity of scarab beetles in grassland cattle dung from North China .....                                                                                                                                      | FAN Sanlong, FANG Hong, GAO Chuanbu, et al (4207)       |
| Spatial relationships among <i>Empoasca vitis</i> (Gothé) and <i>Toxoptera aurantii</i> (Boyer) and natural enemies in tea gardens of autumn-winter season in Hefei suburban .....                                   | YANG Lin, GUO Hua, BI Shoudong, et al (4215)            |
| Effects of vegetation, elevation and human disturbance on the distribution of large- and medium-sized wildlife: a case study in Jiuzhaigou Nature Reserve .....                                                      | ZHANG Yue, LEI Kaiming, ZHANG Yuke, et al (4228)        |
| Research of typical EIPs based on the social network analysis .....                                                                                                                                                  | YANG Lihua, TONG Lianjun (4236)                         |
| Exergy-based life cycle accounting of household biogas system: a case study of Gongcheng, Guangxi .....                                                                                                              | QI Jing, CHEN Bin, DAI Jing, et al (4246)               |
| <b>Review and Monograph</b>                                                                                                                                                                                          |                                                         |
| The effects of changes in hydrological regimes and salinity on wetland vegetation: a review .....                                                                                                                    | ZHANG Guangxin (4254)                                   |
| Advances in research on the seed bank of a saline-alkali meadow in the Songnen Plain .....                                                                                                                           | MA Hongyuan, LIANG Zhengwei, LÜ Bingsheng, et al (4261) |
| A new landscape expansion index: definition and quantification .....                                                                                                                                                 | WU Pengfei, ZHOU Demin, GONG Huili (4270)               |
| <b>Scientific Note</b>                                                                                                                                                                                               |                                                         |
| Response of photosynthetic characteristics of <i>Psathyrostachys huashanica</i> Keng to drought stress .....                                                                                                         | LI Qian, WANG Ming, WANG Wenwen, et al (4278)           |
| The antifouling activities of <i>Callyspongia</i> sponge extracts .....                                                                                                                                              | CAO Wenhao, YAN Tao, LIU Yonghong, et al (4285)         |

## 《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大16开本,280页,国内定价70元/册,全年定价1680元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址: 100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话: (010)62941099; 62843362

**E-mail:** shengtaixuebao@rcees.ac.cn      **网 址:** www.ecologica.cn

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32卷 第13期 (2012年7月)

**ACTA ECOLOGICA SINICA**  
(Semimonthly, Started in 1981)  
Vol. 32 No. 13 (July, 2012)

|                     |                                                                                                                         |                        |                                                                                                                                                                                         |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>编辑</b>           | 《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 | <b>Edited by</b>       | 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 |
| <b>主编</b>           | 冯宗炜                                                                                                                     | <b>Editor-in-chief</b> | FENG Zong-Wei                                                                                                                                                                           |
| <b>主管</b>           | 中国科学技术协会                                                                                                                | <b>Supervised by</b>   | China Association for Science and Technology                                                                                                                                            |
| <b>主办</b>           | 中国生态学学会<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                                                             | <b>Sponsored by</b>    | Ecological Society of China<br>Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS<br>Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China                                        |
| <b>出版</b>           | <b>科 学 出 版 社</b><br>地址:北京东黄城根北街 16 号<br>邮政编码:100077                                                                     | <b>Published by</b>    | Science Press<br>Add: 16 Donghuangchenggen North Street,<br>Beijing 100717, China                                                                                                       |
| <b>印刷</b>           | 北京北林印刷厂                                                                                                                 | <b>Printed by</b>      | Beijing Bei Lin Printing House,<br>Beijing 100083, China                                                                                                                                |
| <b>发行</b>           | <b>科 学 出 版 社</b><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                     | <b>Distributed by</b>  | Science Press<br>Add: 16 Donghuangchenggen North<br>Street, Beijing 100717, China<br>Tel: (010) 64034563<br>E-mail: journal@ cspg. net                                                  |
| <b>订购</b>           | 全国各地邮局                                                                                                                  | <b>Domestic</b>        | All Local Post Offices in China                                                                                                                                                         |
| <b>国外发行</b>         | 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                                                                              | <b>Foreign</b>         | China International Book Trading<br>Corporation<br>Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China                                                                                             |
| <b>广告经营<br/>许可证</b> | 京海工商广字第 8013 号                                                                                                          |                        |                                                                                                                                                                                         |

ISSN 1000-0933

9 771000 093125

1 3>