

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

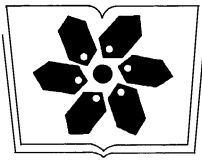
Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 22 期 Vol.31 No.22 **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 22 期

2011 年 11 月 (半月刊)

目 次

叶冠尺度野鸭湖湿地植物群落含水量的高光谱估算模型	林 川, 宫兆宁, 赵文吉 (6645)
中国水稻潜在分布及其气候特征	段居琦, 周广胜 (6659)
大豆异黄酮浸种对盐胁迫大豆幼苗的生理效应	武玉妹, 周 强, 於丙军 (6669)
黑河中游荒漠绿洲过渡带多枝桧柳对地下水位变化的生理生态响应与适应	张 佩, 袁国富, 庄 伟, 等 (6677)
高寒退化草地甘肃臭草种群分布格局及其对土壤水分的响应	赵成章, 高福元, 石福习, 等 (6688)
基于生态足迹思想的皂市水利枢纽工程生态补偿标准研究	肖建红, 陈绍金, 于庆东, 等 (6696)
基于 MODIS 黄河三角洲湿地 NPP 与 NDVI 相关性的时空变化特征	蒋蕊竹, 李秀启, 朱永安, 等 (6708)
高分辨率影像支持的群落尺度沼泽湿地分类制图	李 娜, 周德民, 赵魁义 (6717)
土壤食细菌线虫对拟南芥根系生长的影响及机理	成艳红, 陈小云, 刘满强, 等 (6727)
基于网络 K 函数的西双版纳人工林空间格局及动态	杨珏婕, 刘世梁, 赵清贺, 等 (6734)
树轮灰度与树轮密度的对比分析及其对气候要素的响应	张同文, 袁玉江, 喻树龙, 等 (6743)
冀北山地阴坡优势树种的树体分维结构	田 超, 刘 阳, 杨新兵, 等 (6753)
帽峰山常绿阔叶林辐射通量特征	陈 进, 陈步峰, 潘勇军, 等 (6766)
不同类型拌种剂对花生及其根际微生物的影响	刘登望, 周 山, 刘升锐, 等 (6777)
一种自优化 RBF 神经网络的叶绿素 a 浓度时序预测模型	仝玉华, 周洪亮, 黄浙丰, 等 (6788)
不同种源麻栎种子和苗木性状地理变异趋势面分析	刘志龙, 虞木奎, 马 跃, 等 (6796)
黄土丘陵区植物叶片与细根功能性状关系及其变化	施 宇, 温仲明, 龚时慧 (6805)
干旱区五种木本植物枝叶水分状况与其抗旱性能	谭永芹, 柏新富, 朱建军, 等 (6815)
火灾对马尾松林地土壤特性的影响	薛 立, 陈红跃, 杨振意, 等 (6824)
江苏省太湖流域产业结构的水环境污染效应	王 磊, 张 磊, 段学军, 等 (6832)
高温对两种卡帕藻的酶活性、色素含量与叶绿素荧光的影响	赵素芬, 何培民 (6845)
江苏省典型干旱过程特征	包云轩, 孟翠丽, 申双和, 等 (6853)
黄土高原半干旱草地地表能量通量及闭合率	岳 平, 张 强, 杨金虎, 等 (6866)
光质对烟叶光合特性、类胡萝卜素和表面提取物含量的影响	陈 伟, 蒋 卫, 邱雪柏, 等 (6877)
铜陵铜尾矿废弃地生物土壤结皮中的蓝藻多样性	刘 梅, 赵秀侠, 詹 婧, 等 (6886)
圈养马麝刻板行为表达频次及影响因素	孟秀祥, 贡保草, 薛达元, 等 (6896)
田湾核电站海域浮游动物生态特征	吴建新, 阎斌伦, 冯志华, 等 (6902)
马鞍列岛多种生境中鱼类群聚的昼夜变化	汪振华, 王 凯, 章守宇 (6912)
基于认知水平的非使用价值支付动机研究	钟满秀, 许丽忠, 杨 净 (6926)
综述	
植物盐胁迫应答蛋白质组学分析	张 恒, 郑宝江, 宋保华, 等 (6936)
沉积物氮形态与测定方法研究进展	刘 波, 周 锋, 王国祥, 等 (6947)
野生鸟类传染性疾病预防研究进展	刘冬平, 肖文发, 陆 军, 等 (6959)
鱼类通过鱼道内水流速度障碍能力的评估方法	石小涛, 陈求稳, 黄应平, 等 (6967)
专论	
IPBES 的建立、前景及应对策略	吴 军, 徐海根, 丁 晖 (6973)
研究简报	
柠条人工林幼林与成林细根动态比较研究	陈建文, 王孟本, 史建伟 (6978)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 344 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-11	



封面图说: 滩涂芦苇及野鸭群——中国的海岸湿地, 尤其是长江入海口以北的海岸线, 多为泥质性海滩, 地势宽阔低洼, 动植物资源丰富, 生态类型独特, 为迁徙的鸟提供了丰富的食物和休息、庇护的良好环境, 成为东北亚内陆和环西太平洋鸟类迁徙的重要中转站和越冬、繁殖地。一到迁徙季节, 成千上万的各种鸟类飞临这里, 尤其是雁鸭类数量庞大, 十分壮观。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

杨珏婕, 刘世梁, 赵清贺, 董世魁, 张志明. 基于网络 K 函数的西双版纳人工林空间格局及动态. 生态学报, 2011, 31(22): 6734-6742.

Yang J J, Liu S L, Zhao Q H, Dong S K, Zhang Z M. Spatial and dynamic analysis of plantations in Xishuangbanna using network K -function. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(22): 6734-6742.

基于网络 K 函数的西双版纳人工林空间格局及动态

杨珏婕¹, 刘世梁^{1,*}, 赵清贺¹, 董世魁¹, 张志明²

(1. 北京师范大学环境学院, 北京 100875; 2. 云南大学生态学与地植物学研究所, 昆明 650091)

摘要: 区域植被格局的分布特征受诸多要素影响, 但其空间格局和动态具有一定规律或自相关性, 道路网络作为景观中显著的人工线性要素, 在很大程度上影响着区域的植被格局特征, 特别是人工植被的分布特征。运用网络 K 函数, 分析了道路网络和人工林空间格局分布的相互关系, 并且用二元网络 K 函数研究了人工林扩展对针叶林和阔叶林的影响。结果表明: 人工林在 1970—2000 年间种群分布格局有非常明显的变化, 特别是从 1990 到 2000 年, 种群面积不断扩大, 主要从北部地区扩展到西北和东南地区。1970—1990 年人工林扩展主要集中在低海拔的道路网络附近, 沿道路网络呈现明显的集聚分布, 公路效应明显。但后期逐渐向距公路较远、海拔较高的地区扩展, 到 2000 年在大尺度下人工林斑块呈显著随机分布。同时, 人工林面积的增长对针叶林影响显著, 对阔叶林有影响但是并不显著。二元网络 K 函数表明, 在 1970 到 1990 年人工林与针叶林沿道路网络在小尺度为负关联, 在局部地区存在着竞争, 但在大尺度上对环境条件的要求具有一致性为正关联。到 2000 年, 在大尺度上人工林与针叶林的种群分布格局呈显著负相关, 人工林面积的不断扩展导致了针叶林面积的下降。

关键词: 西双版纳; 人工林; 空间点格局分析; 网络 K 函数; 道路网络

Spatial and dynamic analysis of plantations in Xishuangbanna using network K -function

YANG Juejie¹, LIU Shiliang^{1,*}, ZHAO Qinghe¹, DONG Shikui¹, ZHANG Zhiming²

¹ School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

² Institute of Ecology and Geobotany, Yunnan University, Kunming 650091, China

Abstract: Aims Previous studies have demonstrated there exist the inherent relationships between landscape pattern and road networks. New techniques for analyzing the distribution of nodes on a network had been developed, called the network K -function (for univariate analysis) and network cross K -function (for bivariate analysis). Using these methods, we analyzed the spatial pattern of plantations, focusing on the their spatial clustering in Xishuangbanna in Yunnan Province. In particular, we addressed explicitly: (1) the spatial distribution of plantations with road network from 1970 to 2000 to investigate the effects of road disturbance; (2) the effects of plantations spread on the coniferous forests and broad-leaved forests using the bivariate analysis.

Methods As a widely used method in other fields, K -function plays an important role in spatial data analysis in plant ecology recently. But it also forms a major challenge in present ecological researches. Like most other spatial statistical methods, the K -function assumes a homogenous environment to calculate the Euclidean distance between points (or straight-line distance as “the crow flies”), and thus becomes an inappropriate tool for analyzing point patterns confined along irregular road networks. A method to conduct K -function analysis of point patterns on a network is recently based on adaptation of Ripley’s K -function (i. e. network K -function analysis). It is a second-order spatial point pattern analysis,

基金项目: 国家自然科学基金(40871237, 50939001, 30970503); 国家科技支撑计划(2008BAB38B02)

收稿日期: 2010-09-28; **修订日期:** 2011-05-30

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: shiliangliu@163.com

using the variance of interpoint distances to describe two-dimensional point distribution patterns and will greatly benefit spatial analysis in road ecology and field boundary studies. And we further used the network cross K -function to analyze the effects of the plantations among the road network on the coniferous forests and broad-leaved forests. The network K -function will become a useful statistical tool to analyze ecological data along roads, field margins, streams and other networks, with the improvements in software and advancements in computer hardware technology in the future.

Important Findings Our study provided evidences that, plantations expanded proximity to road network. The results of the Kernel and the network K -function analyses showed that the number of plantations increased and tended to cluster with the road networks. In 1970, only three strong clusters of plantations existed in the northern part, but in 1990, there were plenty of strong clusters in Xishuangbanna. Univariate spatial pattern analysis using the network K -function showed that significant clustering of populations observed at all values of d in 1970 and 1990, but the observed curves is not smooth in 1970. Significant spatial clustering was found for the plantations up to the d value at 60 km, and then significant large-scale repulsion of clusters of populations varied from 80 to 200 km in 2000. At the same time, the network cross K -function analysis showed that the expanding plantations had remarkably impact on coniferous forests along the road networks. In 1970 and 1990 the curves had no significant change. In 1970, there was a negative relationship in 0 — 60km between the coniferous forests and plantations, then significant large-scale positive correlation. However, by 2000, K curve had a clear change. The distributions of these two forests were significantly repulsion at scales $d > 70$ km. And from 1990 to 2000, there was not obvious relationship at any significant scale between plantations and broadleaf forests, which suggested that the spread of plantations had no remarkable impact on broadleaf forests.

Key Words: Xishuangbanna; plantations; spatial point pattern analysis; network K -function; road network

道路在社会经济发展中起着重要的作用,是联系地理空间和人类社会经济活动的纽带,它一方面促进了人类社会和经济的发展,另一方面道路工程也造成对植被格局的干扰。道路的修建降低区域生态系统的稳定性,是区域植被破碎化的主要驱动因子^[1]。目前,小尺度研究道路工程的生态效应较多,但大尺度上道路网络对区域生态的影响还没有引起足够的重视,特别是道路网络对区域植物种群格局的影响研究较少^[2-5]。

种群的空间格局反映了种群在生物群落或生态系统中所处的地位和作用,反映不同种群间相互关系的发生与发展。研究植物种群在道路网络影响下的空间分布格局,是深入了解植物群落空间结构形成的基础,对于确定种群特征、种群间相互关系以及种群与道路网络之间的关系具有非常重要的作用^[6]。格局分析的主要研究方法有连续样方方差分析^[7]、小波分析^[8]、分形分析^[9]、趋势面分析^[10]、地统计学分析以及空间点格局法^[11]。其中,空间点格局法最大限度的利用了点与点之间的距离信息,避免了传统方法的缺点,能够提供较为全面的空间尺度信息,适合并广泛应用于植物生态学中^[12-13]。空间点格局法的主要模型之一是 Ripley 的 K 函数,但是,就像大部分的空间分析方法一样, K 函数假定是在均质条件下计算点与点之间的欧几里得距离,因此它并不适合用来分析不规则道路网络影响下的种群空间点格局^[14]。近来,一种基于网络路径长度点分布的统计方法——网络 K 函数引起了学界的广泛关注。网络 K 函数是将平面模型中的水平距离替换为网络中任意两点沿网络的距离,并借助 GIS 的网络分析方法实现了积聚情况的统计及可视化^[15]。国外已经有研究将网络 K 函数运用在动物受道路交通影响的运动方式、死亡率、死亡数据以及植物和群落生态学里灌木绿地在密闭走廊中的分布特点^[16-17],但国内还鲜有使用。

西双版纳位于热带、亚热带过渡地带的多个植物区系中心,是目前我国保存面积最大、最完整的热带雨林地区。同时,该地区也是我国从陆路通往中南半岛的门户和要冲,其生态影响在跨境生态安全方面有着重要地位^[18]。随着路网效应的增加,原始林面积锐减,人工林面积不断扩大。本文使用基于网络的点积聚统计方法,研究不同时期西双版纳人工林围绕道路网络的空间分布格局及其变化规律,同时分析了近 30 a 来人工林扩展对天然阔叶林与针叶林的影响,为道路网络建设的生态影响提供参考,也为西双版纳地区人工林的科学

管理和天然林的保护提供理论依据。

1 研究区域

西双版纳位于澜沧江下游(21°08′—22°36′N, 99°56′—101°50′E),其东南接老挝,西南接缅甸,总面积 19124.5 km²,辖 1 市 2 县(景洪市、勐海县、勐腊县)。西双版纳属于横断山系南端无量山脉和怒山脉余脉的山原、山地区,为亚洲内陆向中南半岛的过渡地带。境内地势高差起伏较大,最高海拔 2429 m,最低海拔仅 475 m,相对高度约 2000 m。研究区处于东亚和南亚季风交汇的低纬度地带,气候属于西部型季风气候。由于特殊的地形地貌,气候的立体分异相当大,其东、北、西三面高,在一定程度上阻挡了西北方来的冷气流,使得最冷月平均温度并不低,弥补了积温的不足。低山沟谷及低丘上在冬季有浓雾,又弥补了降水的不足。因而在该地区的低山沟谷及低丘上,形成了热带湿润气候,具有热带雨林发育的条件。西双版纳仅占全国土地面积的 1/500,但是生长着 5000 多种高等植物,占全国植物种数的 1/6。该区植被类型包含有热带季节雨林、山地雨林、热带季雨林、亚热带常绿阔叶林、落叶阔叶林、暖性针叶林、竹林、灌丛、草丛等^[18-19]。

西双版纳境内没有铁路,20 世纪 50 年代开始建设的 213、214 国道贯通全境,除国道外,其它几条主干公路已经将大部分的乡镇连接在一起,并与相邻的老挝、缅甸相通,其中昆曼高速公路纵贯西双版纳,于 2007 年通车。

2 数据与方法

2.1 数据及来源

本研究采用的植被类型图是西双版纳 1:10 万的 3 期植被图,分别为 1970 年、1990 年及 2000 年。研究所需道路矢量数据利用最新的 1:100 万云南省交通图数字化和 1:25 万中国基础地理信息中的道路要素图。本文使用 ArcGIS(9.3),找到人工林斑块质心并将质心的点分布情况用核密度估计法直观地表示出来。核密度估计法是在概率论中用来估计未知的密度函数,属于非参数检验方法之一,由 Rosenblatt 和 Emanuel Parzen 提出,又名 Parzen 窗(Parzen window)。然后使用 SANET 4.0. 进行网络 K 函数和二元网络 K 函数的运算,计算出来的数据导入 MS Excel。最后用 R 程序编程出图。

2.2 研究方法

2.2.1 网络 K 函数

网络 K 函数是一种基于网络的点积聚统计方法^[14]。基于网络的点分布情况统计方法与基于平面的点积聚统计方法相对应,只是将平面模型中的水平距离替换为网络中任意两点沿网络的距离,并借助 GIS 的网络分析方法实现了积聚情况的统计及可视化。由数学原理可知,平均数(m)和方差(v)是一维数集的一次和二次特性。同理,密度(λ)和协方差(k)是二维数集的一次和二次特征结构。点格局分析方法考虑了种群中每个个体与其他个体之间的距离,而不仅仅是最近邻体。函数 $K(r)$ 定义为从种群中随机抽取的个体落在以定点为圆心, r 为半径的圆内的期望值,其中 ω 为种群密度。如果种群是随机分布,则 $K(r) = \pi r^2$ 对于实际种群考虑样地外个体效应后得:

$$\hat{K}(r) = \frac{A}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{1}{\omega_{ij}} I_r(u_{ij}) \quad (i \neq j) \quad (1)$$

式中,当个体 i 和 j 的距离 $u \leq r$ 时, $I_r(u)$ 为 1, 否则为 0; ω_{ij} 是以 i 为圆心, u_{ij} 为半径的圆(即 u_{ij} 为其周长落在样地内的长度与该周长的比例); A 为样地面积, n 为样地中个体总数。再用和随机分布 $K(r)$ 相比构造的统计量用 $L(r)$ 表示为:

$$\hat{L}(t) = \sqrt{\hat{K}(t)/\pi} - t \quad (2)$$

当 $L(r) = 0$ 时,表示随机分布,当 $L(r) < 0$ 时,为均匀分布,当 $L(r) > 0$ 时,为聚集分布。

假定种群是随机分布,则用随机模型拟合一组点的坐标值,对每一 t 值,计算 $\hat{L}(t)$; 同样用随机模型再拟合新一组点坐标值,分别计算不同尺度 t 的。这一过程重复进行直到达到事先确定的次数。 $\hat{L}(t)$ 的最大值和

最小值分别为上下包迹线的坐标值。用 t 作为横坐标, 上下包迹线作为纵坐标绘图, 置信区间一目了然。用种群实际分布数据(点图)计算得到的不同尺度下的 $\hat{L}(t)$ 值, 若在包迹线以内, 则符合随机分布; 若在包迹线以外, 则显著偏离随机分布。

网络 K 函数也是同样的原理^[15,20-21], 只是将平面模型中的水平距离替换为网络中任意两点沿网络的距离, Okabe 和 Yamada 将网络 K 函数定义为^[15]:

$$K(t) = \frac{1}{\omega} E(N_{pi}) \quad (3)$$

式中, E 是 $i = 1, \dots, n$ ($pi \in P$) 符合二次特征结构的所有期望值, N_{pi} 是距离点 P_i 为 t 内的所有点的数目, ω 是点 P 的密度 $\omega = n/L_T$

种群实际分布为:

$$\hat{K}(t) = \frac{1}{\omega} \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (N_{pi}) \quad (4)$$

用种群实际分布数据(点图)计算得到的不同尺度下的 $\hat{K}(t)$ 值, 若 $\hat{K}(t) > K(t)$, 在包迹线以上, 则点显著聚集; 若 $\hat{K}(t) < K(t)$, 在包迹线以下, 则点显著排斥。

2.2.2 二元网络 K 函数

分析两个种群间的关系也叫二元网络 K 函数(Bivariate network K-function)^[14-15]。上面介绍的单种格局分析可以认为是某个特定种群个体间的关系研究。现在考虑两个种群的个体在距离(尺度) t 内的数目, 就可用 $K^{ba}(t)$ 表示, 其定义和计算原理与单种格局相近 $\hat{K}(t)$, 可以用下式估计:

$$K^{ba}(t) = \frac{1}{\omega_a} E(N_{a_{bi}}) \quad (5)$$

式中, E 是 $b_1, \dots, b_n$ ($bi \in B$) 符合二次特征结构的所有期望值, $N_{a_{bi}}$ 是距离点 b_i 为 t 内的所有点 A 的数目, ω_a 是点 A 的密度 $\omega_a = n_a/L_T$

种群 AB 的实际关系为:

$$\hat{K}^{ba}(t) = \frac{|L_T|}{n_a n_b} \sum_{i=1}^{n_b} \quad (6)$$

用种群实际关系数据计算得到的不同尺度下的 $\hat{K}^{ba}(t)$ 值, 若 $\hat{K}^{ba}(t) > K^{ba}(t)$, 在包迹线以上, 则表明两个种在 t 尺度下显著正关联; 若 $\hat{K}^{ba}(t) < K^{ba}(t)$, 在包迹线以下, 则表明两个种在 t 尺度下显著负关联。

3 结果与分析

3.1 西双版纳人工林种群分布格局分析

从图 2 核密度估计图可以直观的看到人工林的种群分布格局在 1970, 1990 到 2000 年 30 a 间有非常明显的变化。在 1970 年人工林仅在西双版纳的北部地区有 3 处明显的集群分布。但是到了 1990 和 2000 年, 人工林面积不断扩大, 主要从北部地区扩展到西北和东南地区。

3.2 道路网络影响下的人工林空间点格局分析

西双版纳地区人工林基于道路网络影响下的种群分布格局见图 3。图 3 分别为 1970—2000 年的人工林种群空间格局分布结果。其中由图 3 表明: 1970 年和 1990 年人工林种群格局沿道路网络在各个尺度上呈现明显的集聚分布。但是由于 1970 年的人工林斑块比较少, K 线图不光滑; 1990 年的 K 线光滑, 在 100 km 到

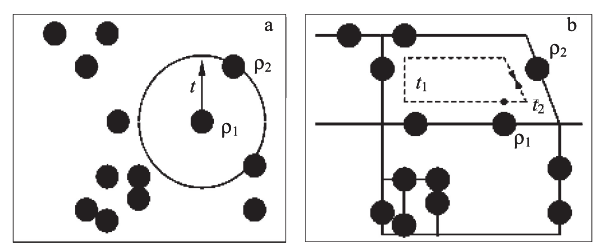


图 1 Ripley's K 函数(a)和网络 K 函数(b)

Fig. 1 Estimation of normal K-function (a) and Estimation of network K-function on a road network (shown as thin lines) (b)

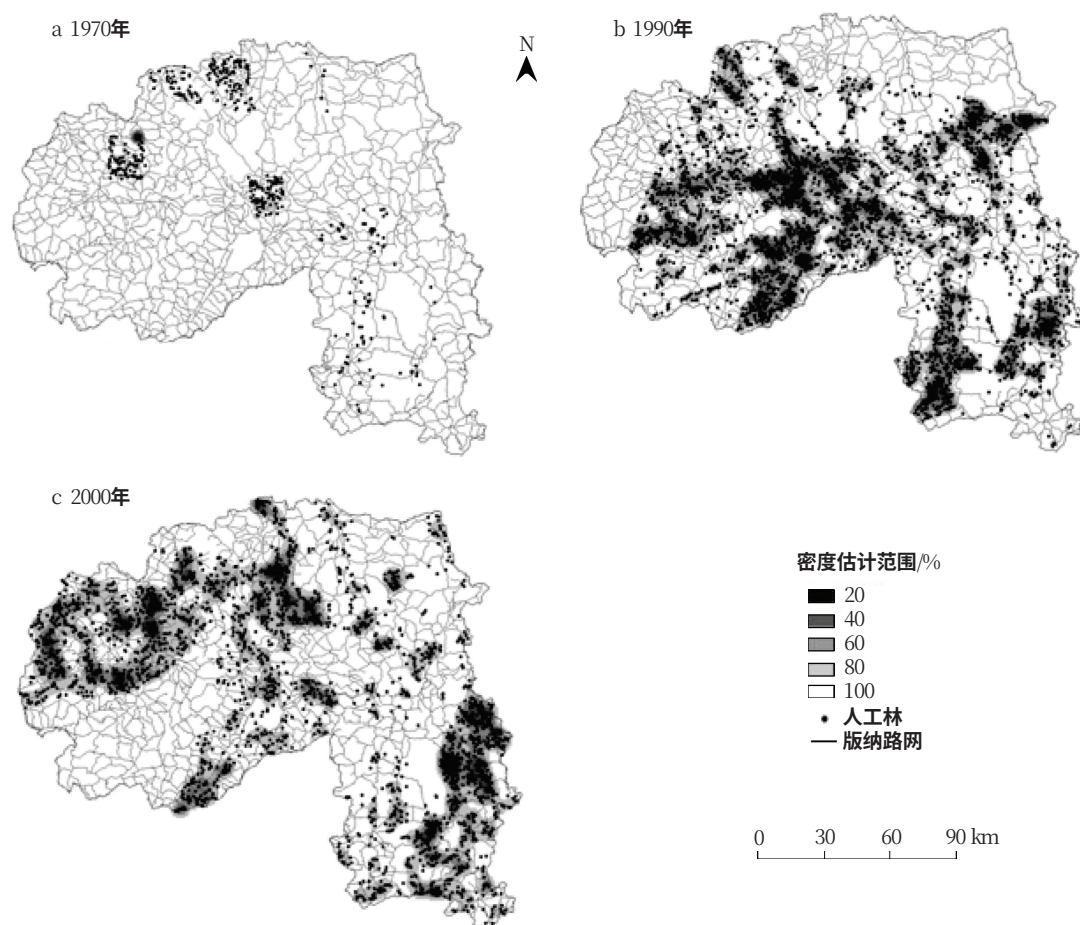


图2 基于核密度估计的三个时期人工林种群分布格局

Fig. 2 Kernel range estimation of the spatial point density of plantations in three periods

200 km 的大尺度上 $K(d)$ 值明显大于上包迹线值,人工林沿道路网络种群面积不断增大,并且围绕公路网呈集聚分布,路网效应明显。到 2000 年,在 0—60 km 小尺度下人工林的 $K(d)$ 值大于上包迹线值呈集聚分布,但在 80 km—200 km 大尺度下 $K(d)$ 值明显小于下包迹线值,呈显著随机分布。

3.3 人工林与天然林关系分析

3.3.1 人工林与针叶林

本文选取天然林中的针叶林与阔叶林作为研究对象,分析西双版纳地区人工林与天然林种群分布格局的关系,从而推断人工林面积扩展对天然林的影响。人工林与针叶林种群分布格局关系见图 4。与图 3 相似图 4 中黑线为用实际数据计算的 $\hat{K}^{ba}(t)$,虚线为拟合的上下包迹线。图 4 表明:在 1970 年与 1990 年间人工林与针叶林种群分布格局关系变化并不明显,其中 1970 年在 0—60 km 小尺度下 $\hat{K}^{ba}(t)$ 值小于下包迹线值,呈负关联;大于 60 km 之后有两个明显的正关联,特别在 140 km 处 $\hat{K}^{ba}(t)$ 值明显大于上包迹线值,呈显著正关联。在 1990 年在 50—140 km 中小尺度下 $\hat{K}^{ba}(t)$ 值小于下包迹线值,有负关联现象,大于 140 km 后也呈明显正关联。但是,在 2000 年, K 曲线出现了明显的变化。在 0—60 km 处 $\hat{K}^{ba}(t)$ 值大于上包迹线值,人工林与针叶林种群格局分布是正相关,而在大于 60 km 后的大尺度下呈显著负相关。

3.3.2 人工林与阔叶林

人工林与阔叶林种群分布格局关系见图 5。图 5(a)—(c) 表明:在 1970 年到 2000 年间人工林与阔叶林

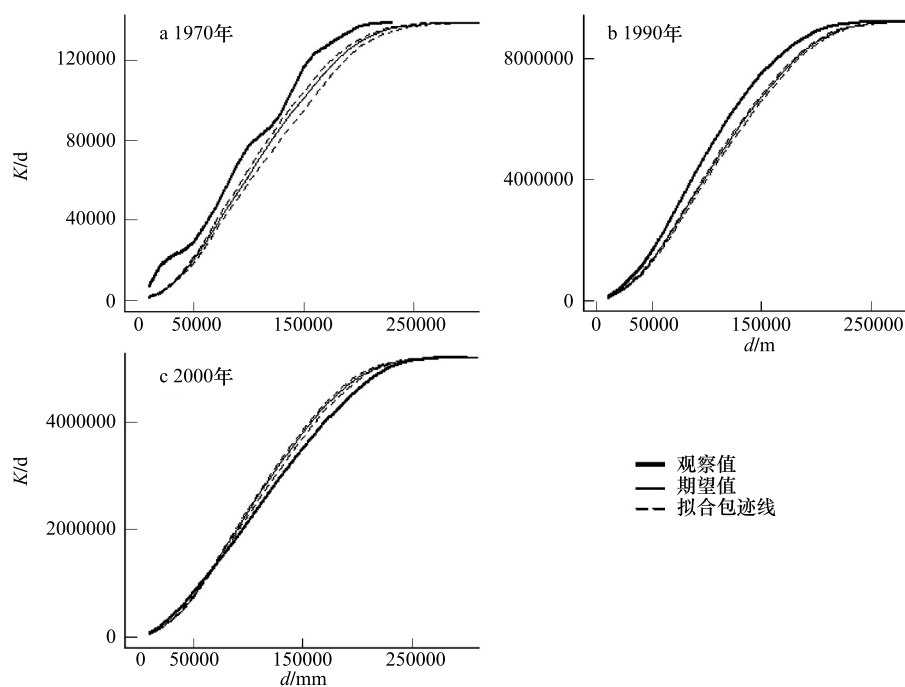


图3 基于网络 K 函数的 3 个时期人工林种群分布格局

Fig. 3 Univariate spatial pattern analysis using the network K -function for distributions of plantations in three periods

图中粗线为用实际数据计算的 $K(t)$, 实线为期望值; 虚线为拟合的上下包迹线; 包迹线即为置信水平, 当 $K(t)$ 值大于上包迹线值时, 个体沿道路网络显著集群分布; 当 $K(t)$ 值小于下包迹线值时说明个体沿道路网络显著随机分布

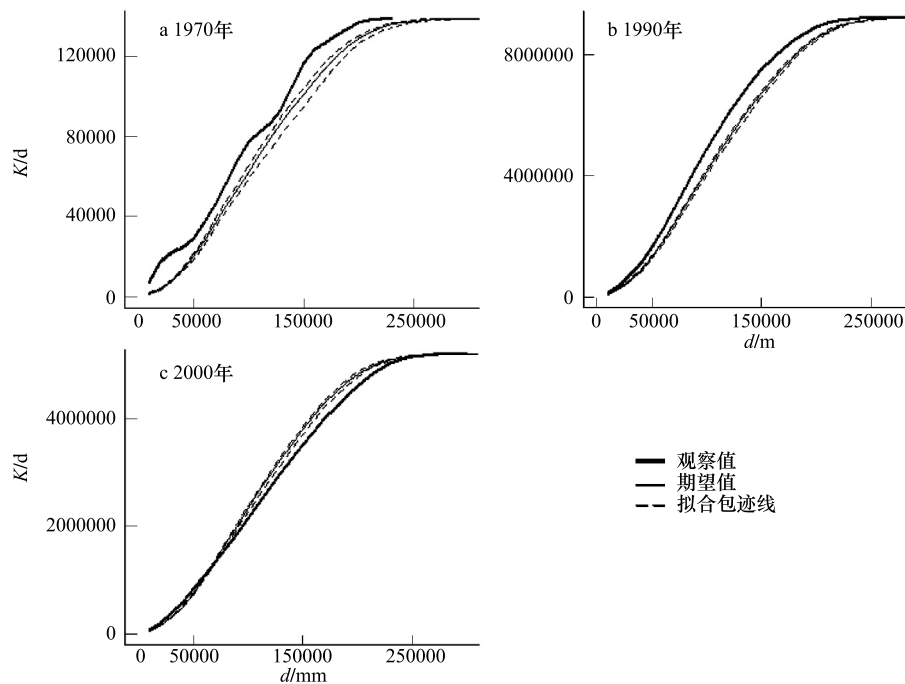


图4 基于二元网络 K 函数的人工林与针叶林关系

Fig. 4 Bivariate spatial pattern analysis using the network K -function for distributions of plantations and coniferous forests

种群分布格局变化并不明显, 在 1997 到 2000 年间, K 曲线与上下包迹线几近重叠, 二者关联接近不显著。

4 结论与讨论

Ripley 的 K 函数可以分析各种尺度下的种群格局和种间关系, 在拟合分析的过程中最大限度地利用坐标

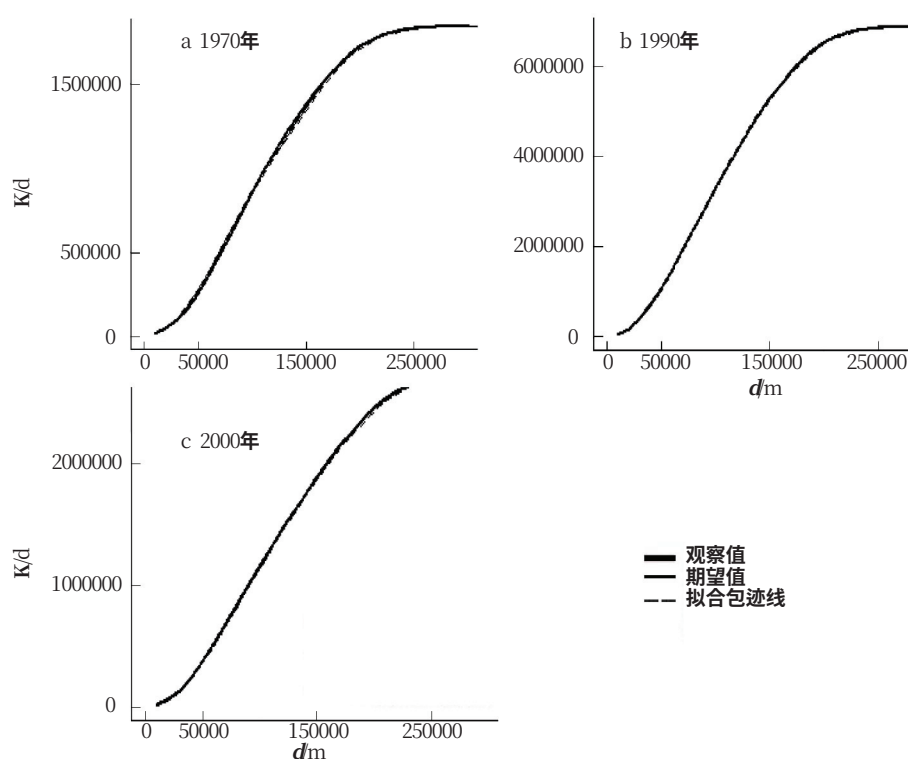


图5 基于二元网络 K 函数的人工林与阔叶林关系

Fig. 5 Bivariate spatial pattern analysis using the network K -function for distributions of plantations and broad-leaved forests

图的信息,检验能力也较强^[14]。张金屯^[22]等,利用 K 函数分析了芦芽山华北落叶松林不同龄级立木的点格局。在国外的研究中, K 函数还运用在研究桉树^[23]、西黄松^[24]、针阔混交林^[25]和亚热带雨林^[26]等植被的点空间格局分布。而网络 K 函数开始运用于生态学主要是研究栖息地受到威胁的动物与人类的相互关系,特别是动物受道路交通影响的运动方式、死亡率、死亡数据^[15]。随后,Spoooner^[25]用核密度估计法和网络 K 函数对比研究了澳大利亚东南部的3种阿拉伯树胶围绕道路网络的种群空间分布格局,将网络 K 函数引入了道路生态学。Deckers 等^[26]则将网络 K 函数用来研究植物和群落生态学里灌木绿地在密闭走廊中的分布特点。尽管网络 K 函数引起了众多生态学家的注意,但这种方法在技术上还稍有不足。例如,使用 SANET. 4.0 软件进行计算时,如果数据过多,计算时间会很长,而且重复模拟的次数要取决于计算机硬件。但是,相信随着计算机硬件和软件技术的发展,网络 K 函数在计算沿网络的点格局分布上,会是个非常合适的工具,将来还可以运用在更加广泛的生态学领域。

本文使用网络 K 函数和二元网络 K 函数定量分析了西双版纳地区基于道路网络影响下不同时期的人工林空间格局特征,以及人工林面积不断扩展对天然林的影响。通达性是限制人类开发利用活动强度的一个很重要的因素,距公路越近,人类活动的程度越强^[27],由此导致了橡胶林等人工林在公路附近聚集;而天然林则相应地在公路附近遭严重破坏以至大部分丧失。从 1970 年到 2000 年,人工林种群面积不断扩大,主要从北部地区扩展到西北和东南地区。其中 1970 年和 1990 年人工林尤其是橡胶林的扩展开始主要集中在低海拔的道路网络附近,沿道路网络呈现明显的集聚分布,公路效应明显。但随着人口的增长以及在经济利益的驱使下,后期逐渐向距公路较远、海拔较高的地区扩展,因此到 2000 年在大尺度下人工林斑块呈显著随机分布。同时,人工林面积的增长对针叶林影响显著,对阔叶林有影响但是并不显著。在 1970 到 1990 年人工林与针叶林沿道路网络在小尺度的局部地区虽然存在着竞争,但在大尺度上对环境条件的要求具有一致性。从 20 世纪 90 年代开始,西双版纳地区经济进入一个迅速发展时期。尤其是 1995 年以后城市化进程明显加快,人们毁林开荒,种植有经济价值的人工林。在树种布局上重视橡胶、茶叶等人工林,忽视对于天然林的保护,树

种发展单一化^[28]。所以到 2000 年,在大尺度上人工林与针叶林的种群分布格局呈显著负相关,人工林面积的不断扩展导致了针叶林面积的下降。西双版纳地区人工林的扩展会导致原生植被的减少,而清除原生植被,特别是对原始森林的砍伐,破坏了构成生物多样性的基因、物种和生境;影响与热带雨林相伴的动物生存环境和迁涉;人工林陡坡种植会扰动表土,加剧水土流失;人工施肥和农药喷洒还会污染土壤和水质^[28-29]。因此应该对西双版纳地区的人工林扩展进行科学管理并加强对天然林的保护,在经济发展与生态保护中找到平衡点。

References:

- [1] Saunders S C, Mislivets M R, Chen J Q, Cleland D T. Effects of roads on landscape structure within nested ecological units of the northern Great Lakes Region, USA. *Biological Conservation*, 2002, 103(2): 209-225.
- [2] Forman R T T. Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States. *Conservation Biology*, 2000, 14(1): 31-35.
- [3] Hansen M J, Cleverger A P. The influence of disturbance and habitat on the presence of non-native plant species along transport corridors. *Biological Conservation*, 2005, 125(2): 249-259.
- [4] Miller J R, Joyce L A, Knight R L, King R M. Forest roads and landscape structure in the southern Rocky Mountains. *Landscape Ecology*, 1996, 11(2): 115-127.
- [5] Li S C, Xu Y Q, Zhou Q F, Wang L. Statistical analysis on the relationship between road network and ecosystem fragmentation in China. *Progress in Geography*, 2004, 23(5): 77-85.
- [6] Zhang J T. Analysis of spatial point pattern for plant species. *Acta Phytocologica Sinica*, 1998, 22(4): 344-349.
- [7] Grsig-Smith P. *Quantitative Plant Ecology*. London: University of California Press, 1983.
- [8] Morlet J, Arens G, Fourgeau E, Giard D. Wave propagation and sampling theory. *Geophysics*, 1982, 47: 203-236.
- [9] Mandelbrot B B. *The Fractal Geometry of Nature*. San Francisco: Freeman, 1982.
- [10] Gittins R. Trend-surface analysis of ecological data. *Journal of Ecology*, 1968, 56(3): 845-869.
- [11] Ripley B D. The second-order analysis of stationary point processes. *Journal of Applied Probability*, 1976, 13(2): 255-266.
- [12] You H Z, Jia C, Fan H, He F, Ma Q Y, Liu X L. The latest method of pattern analysis-spatial point pattern analysis. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2009, 30(6): 106-110.
- [13] Song Y Y, Li Y Y, Zhang W H. Distribution pattern of *Haloxylon ammodendron* population based on Ripley's $K(r)$ function and fractal dimension. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010, 21(4): 827-835.
- [14] Okabe A, Yamada I. The K-function method on a network and its computational implementation. *Geographical Analysis*, 2001, 33(3): 271-290.
- [15] Okabe A, Okunuki K I, Shiode S. SANET: a toolbox for spatial analysis on a network. Tokyo: Centre for Spatial Information Science, 2002, [access date] <http://okabe.t.u-tokyo.ac.jp/okabelab/atsu/sanet/sanet-index.html>.
- [16] Spooner P G, Lunt I D, Okabe A, Shiode S. Spatial analysis of roadside *Acacia* populations on a road network using the network K-function. *Landscape Ecology*, 2004, 19(5): 491-499.
- [17] Deckers B, Verheyen K, Hermy M, Muys B. Effects of landscape structure on the invasive spread of black cherry *Prunus serotina* in an agricultural landscape in Flanders, Belgium. *Ecography*, 2005, 28: 99-109.
- [18] Yang W W. Should pays attention on soil degradation of plantation in Xishuangbanna. *Yunnan Forestry*, 2001, (5): 9-9.
- [19] Zhou Z, Hu S Y. Study on impacts of rubber industry on ecological environment of Xishuangbanna. *Environmental Science Survey*, 2008, 27(3): 73-75.
- [20] Miller H J. Market area delimitation within networks using Geographical Information Systems. *Geographical Systems*, 1994, 1: 157-173.
- [21] Miller H J. Measuring space-time accessibility benefits within transportation networks: basic theory and computational procedures. *Geographical Analysis*, 1999, 31(2): 187-212.
- [22] Zhang J T, Meng D P. Spatial pattern analysis of individuals in different age-classes of *Larix principis-rupprechtii* in Luya mountain reserve, Shanxi, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(1): 35-40.
- [23] West P W. Inter-tree competition and small-scale pattern in monoculture of *Eucalyptus obliqua* L'Herit. *Australian Journal of Ecology*, 1984, 9(4): 405-411.
- [24] Getis A, Franklin J. Second-order neighborhood analysis of mapped point patterns. *Ecology*, 1987, 68(3): 473-477.

- [25] Szwagrzyk J, Czerwczak M. Spatial patterns of trees in natural forests of east-central Europe. *Journal of Vegetation Science*, 1993, 4(4): 469-476.
- [26] Debski I, Burslem D F R P, Lamb D. Ecological processes maintaining differential tree species distributions in an Australian rain forest: implications for models of species coexistence. *Journal of Tropical Ecology*, 2000, 16: 387-415.
- [27] Liu S L, Yang Z F, Cui B S, Gan S. Effects of road on landscape and its ecological risk assessment: a case study of Lancangjiang River valley. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(8): 897-901.
- [28] Cao Z W, Ma Y X, Li H M, Guo Z F. Dynamics of forest landscape patterns along the main roads in Xishuangbanna, Yunnan, China. *Acta Botanica Yunnanica*, 2006, 28(6): 599-605.
- [29] Le Coeur D, Baudry J, Burel F, Thenail C. Why and how we should study field boundary biodiversity in an agrarian landscape context. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2002, 89(1/2): 23-40.

参考文献:

- [5] 李双成, 许月卿, 周巧富, 王磊. 中国道路网与生态系统破碎化关系统计分析. *地理科学进展*, 2004, 23(5): 77-85.
- [6] 张金屯. 植物种群空间分布的点格局分析. *植物生态学报*, 1998, 22(4): 344-349.
- [12] 尤海舟, 贾成, 樊华, 何飞, 马钦彦, 刘兴良. 格局分析的最新方法——点格局分析. *四川林业科技*, 2009, 30(6): 106-110.
- [13] 宋于洋, 李园园, 张文辉. 基于 Ripley 的 $K(r)$ 函数和分形维数的梭梭种群空间格局. *应用生态学报*, 2010, 21(4): 827-835.
- [18] 杨文伟. 西双版纳人工林地力衰退问题应引起重视. *云南林业*, 2001, (5): 9-9.
- [19] 周宗, 胡绍云. 橡胶产业对西双版纳生态环境影响初探. *环境科学导刊*, 2008, 27(3): 73-75.
- [22] 张金屯, 孟东平. 芦芽山华北落叶松林不同龄级立木的点格局分析. *生态学报*, 2004, 24(1): 35-40.
- [28] 曹智伟, 马友鑫, 李红梅, 郭宗锋. 西双版纳主干公路沿线森林景观格局动态. *云南植物研究*, 2006, 28(6): 599-605.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 22 November, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Hyperspectral estimation models for plant community water content at both leaf and canopy levels in Wild Duck Lake wetland	6645
Potential distribution of rice in china and its climate characteristics	6659
Effects of seed soaking with soybean isoflavones on soybean seedlings under salt stress	6669
Ecophysiological responses and adaptation of <i>Tamarix ramosissima</i> to changes in groundwater depth in the Heihe river basin	6677
<i>Melica przewalskyi</i> population spatial pattern and response to soil moisture in degraded alpine grassland	6688
A study on ecological compensation standard for Zaoshi Water Conservancy Project based on the idea of ecological footprint	6696
Spatial-temporal variation of NPP and NDVI correlation in wetland of Yellow River Delta based on MODIS data	6708
Marshclassification mapping at a community scale using high-resolution imagery	6717
The impact of bacterial-feeding nematodes on root growth of <i>Arabidopsis thaliana</i> L. and the possible mechanisms	6727
Spatial and dynamic analysis of plantations in Xishuangbanna using network <i>K</i> -function	6734
Contrastive analysis and climatic response of tree-ring gray values and tree-ring densities	6743
Fractal structure of dominant tree species in north-facing slope of mountain of northern Hebei	6753
Characteristics of radiation fluxes of an evergreen broad-leaved forest in Maofeng Mountain, Guangzhou, China	6766
Effects of seed-dressing agents on groundnut and rhizosphere microbes	6777
Time series prediction of the concentration of chlorophyll-a based on RBF neural network with parameters self-optimizing	6788
A trend surface analysis of geographic variation in the traits of seeds and seedlings from different <i>Quercus acutissima</i> provenances	6796
Comparisons of relationships between leaf and fine root traits in hilly area of the Loess Plateau, Yanhe River basin, Shaanxi Province, China	6805
An analysis on the water status in twigs and its relations to the drought resistance in Five woody plants living in arid zone	6815
The effect of fire on soil properties in a <i>Pinus massoniana</i> stand	6824
Water-environment effects of industry structure in Taihu Lake Basin in Jiangsu Province	6832
Effect of high temperature on enzymic activity, pigment content and chlorophyll fluorescence of two <i>Kappaphycus</i> species	6845
Analysis on characteristics of a typical drought event in Jiangsu Province	6853
Surface heat flux and energy budget for semi-arid grassland on the Loess Plateau	6866
Effects of light quality on photosynthetic characteristics and on the carotenoid and cuticular extract content in tobacco leaves	6877
Cyanobacterial diversity in biological soil crusts on wastelands of copper mine tailings	6886
Stereotypic behavior frequency and the influencing factors in captive Alpine musk deer (<i>Moschus sifanicus</i>)	6896
Zooplankton ecology near the Tianwan Nuclear Power Station	6902
Diel variations of fish assemblages in multiple habitats of Ma'an archipelago, Shengsi, China	6912
A novel cognitive-based approach to motivation for non-use value	6926
Review	
Salt-responsive proteomics in plants	6936
Research progress on forms of nitrogen and determination in the sediments	6947
Review of research progress of infectious diseases in wild birds	6959
Review on the methods to quantify fish's ability to cross velocity barriers in fish passage	6967
Monograph	
Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services: foundation, prospect and response strategy	6973
Scientific Note	
A comparative study of the spatial-temporal patterns of fine roots between young and mature <i>Caragana korshinskii</i> plantations	6978

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 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 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 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 22 期 (2011 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 22 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn 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 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.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 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 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