ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

# **住**运送近 Acta Ecologica Sinica



第33卷 第17期 Vol.33 No.17 2013

中国生态学学会 主办 中国科学院生态环境研究中心 科 学 生 版 社 出版



# 生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 17 期 2013 年 9 月 (半月刊)

中国科学院科学出版基金资助出版

目 次

#### 前沿理论与学科综述

植物角质层蜡质的化学组成研究综述曾琼,刘德春,刘 勇(5133)
中国滨海盐沼湿地碳收支与碳循环过程研究进展 曹 磊,宋金明,李学刚,等(5141)
个体与基础生态
秸秆隔层对盐碱土水盐运移及食葵光合特性的影响 赵永敢,逄焕成,李玉义,等(5153)
盐地碱蓬二型性种子及其幼苗对盐渍环境的适应性
不同抗旱性花生品种的根系形态发育及其对干旱胁迫的响应 丁 红,张智猛,戴良香,等(5169)
夏季苹果新梢生理指标与抗苹果绵蚜的关系王西存,周洪旭,于 毅,等(5177)
花期海蓬子对盐胁迫的生理响应
白蜡多年卧孔菌生物学特性及驯化栽培鲁 铁,图力古尔 (5194)
重度火烧迹地微地形对土壤微生物特性的影响——以坡度和坡向为例
秸秆还田与施肥对稻田土壤微生物生物量及固氮菌群落结构的影响 刘骁蒨,涂仕华,孙锡发,等(5210)
大穗型小麦叶片性状、养分含量及氮素分配特征 王丽芳,王德轩,上官周平 (5219)
复合不育剂 EP-1 对小鼠空间记忆与焦虑行为的影响 王晓佳,秦婷婷,胡 霞,等 (5228)
种群、群落和生态系统
小兴安岭阔叶红松混交林林隙特征
高寒矮嵩草群落退化演替系列氮、磷生态化学计量学特征 林 丽,李以康,张法伟,等 (5245)
中亚热带人工针叶林生态系统碳通量拆分差异分析 黄 昆,王绍强,王辉民,等(5252)
高寒山区一年生混播牧草生态位对密度的响应 赵成章,张 静,盛亚萍 (5266)
乳山近海大型底栖动物功能摄食类群
景观、区域和全球生态
采伐干扰对大兴安岭落叶松-苔草沼泽植被碳储量的影响 牟长城,卢慧翠,包 旭,等(5286)
西南喀斯特地区轮作旱地土壤 CO2 通量房 彬,李心清,程建中,等(5299)
干湿季节下基于遥感和电磁感应技术的塔里木盆地北缘绿洲土壤盐分的空间变异性
姚远,丁建丽,雷 磊,等(5308)
东北温带次生林和落叶松人工林土壤 $CH_4$ 吸收和 $N_2O$ 排放通量 孙海龙,张彦东,吴世义 (5320)
新疆东部天山蝶类多样性及其垂直分布 张 鑫,胡红英,吕昭智(5329)
玉米农田空气动力学参数动态及其与影响因子的关系 蔡 福,周广胜,明惠青,等 (5339)

天山北坡家庭牧场复合系统对极端气候的响应过程……………………………… 李西良,侯向阳,丁 勇,等(5353) 大城市边缘区景观破碎化空间异质性——以北京市顺义区为例………… 李 灿,张凤荣,朱泰峰,等(5363) 资源与产业生态

汉、藏、回族地区农户的环境影响——以甘肃省张掖市、甘南藏族自治州、临夏回族自治州为例…………

......赵雪雁,毛笑文(5397)

#### 研究简报

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥90. 00 * 1510 * 32 * 2013-09					
伊洛河流域外来草本植物分布格局	郭屹立,丁	圣彦,苏	思,等	(5438)	
衰亡期沉水植物对水和沉积物磷迁移的影响	•••••	王立志,三	E国祥	(5426)	
海洋污染物对菲律宾蛤仔的免疫毒性	丁鉴锋,闫	喜武,赵力	强,等	(5419)	
中国近海浮游动物群落结构及季节变化	杜明敏,刘	镇盛,王春	生,等	(5407)	

#### \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

**封面图说:**帽儿山次生林林相——帽儿山属于长白山山脉的张广才岭西坡,松花江南岸支流阿什河的上游,最高海拔 805m,由 保罗纪中酸性火山岩构成,是哈尔滨市附近的最高峰,因其貌似冠状而得名。东北林业大学于 1958 年在此建立了 实验林场。山上生长着松树、榆树、杨树及各种灌木等,栖息着山鸡、野兔等野生动物,在茂密的草地上还生长有各 种蘑菇。其地带性植被为温带针阔混交林,目前状况为天然次生林。部分地方次生林转变为落叶松人工林后,落叶 松林地的凋落物层影响了林地土壤水分的格局。

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

#### DOI: 10.5846/stxb201206040807

李灿,张凤荣,朱泰峰,曲衍波.大城市边缘区景观破碎化空间异质性——以北京市顺义区为例.生态学报,2013,33(17):5363-5374. Li C, Zhang F R, Zhu T F, Qu Y B.Analysis on spatial-temporal heterogeneities of landscape fragmentation in urban fringe area: a case study in Shunyi district of Beijing.Acta Ecologica Sinica,2013,33(17):5363-5374.

# 大城市边缘区景观破碎化空间异质性

——以北京市顺义区为例

李 灿1,张凤荣<sup>1,\*</sup>,朱泰峰<sup>1</sup>,曲衍波<sup>2</sup>

(1. 中国农业大学资源与环境学院,北京 100193; 2. 山东财经大学公共管理学院,济南 250014)

摘要:探索大城市边缘区景观破碎化格局及其空间异质性特征,有助于把握景观动态的变化机制及其生态问题。以北京市顺义 区这一典型大城市边缘区为例,基于土地利用分类数据,采用有效粒度尺寸方法,对1992年、1999年和2009年景观破碎化空间 变异进行了地统计学分析,主要包括尺度依赖性、空间异质性、空间格局及其生态过程的分析。研究结果表明:1)景观破碎化 空间变异具有明显的尺度依赖性特征,由空间自相关部分引起的空间异质性较高;1992年和1999年景观破碎化空间总变异相 对缓和,2009年空间总变异强烈;通过不同尺度上的异质性对比,选取1000m幅度作为研究区景观破碎化的空间异质性分析较 为适宜。2)景观破碎化空间异质性表现出明显的上升趋势,土地利用斑块破碎化不断加剧,其中1999—2009年间的表现尤为 强烈。3)景观破碎化高值区呈现出由东部向西部转移的态势,并且其空间布局具有集聚性与分散性的显著特征,空间上相似 属性聚集与相异属性聚集的空间格局十分突出。4)景观破碎化空间自相关作用主要来自高强度社会经济活动的影响,并表现 出明显的区位特征。该研究结果可为土地、城镇规划以及景观生态建设提供参考。 关键词:景观破碎化;地统计学;异质性;尺度;空间自相关;顺义区

### Analysis on spatial-temporal heterogeneities of landscape fragmentation in urban fringe area: a case study in Shunyi district of Beijing

LI Can<sup>1</sup>, ZHANG Fengrong<sup>1,\*</sup>, ZHU Taifeng<sup>1</sup>, QU Yanbo<sup>2</sup>

College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China
 School of Public Management, Shandong University of Finance and Economics, Jinan 250014, China

**Abstract**: In the rapid urbanization process, land use of the urban fringe changes dramatically, and the landscape fragmentation is particularly outstanding. Hence, exploration of landscape fragmentation pattern and its spatial heterogeneity of urban fringe area are helpful to grasp the change mechanism of landscape dynamic as well as its ecological problems. In this study, on the basis of the interpreted land use maps from TM imagery, we utilized a series of moving window analysis and geo-statistic methods combined with effective mesh size to investigate the spatial heterogeneity of landscape fragmentation in Shunyi district, Beijing. The study contents mainly include the scale dependency of spatial heterogeneity, spatial variation character of several typical scale, spatial patterns and its ecological processes on 1000m scale for landscape fragmentation. The results show that, 1) the landscape fragmentation of urban fringe area has obvious characters of scale dependency for spatial heterogeneity, which mainly caused by the spatial autocorrelation; the total spatial variation of landscape fragmentation is not obvious in 1992 and 1999, but in 2009 is very strong. According to the analyses of spatial variance characters at different scales and based on the land use structure of county-wide urban fringe area, we choose 1000

基金项目:国家自然科学基金(41140013,41271111);北京市优秀博士学位论文指导教师人文社科项目(YB20101001901)

收稿日期:2012-06-04; 修订日期:2012-11-19

<sup>\*</sup> 通讯作者 Corresponding author.E-mail: frzhang@ cau.edu.cn

meters as a relatively appropriate scale for analyzing the spatial heterogeneity of landscape fragmentation. 2) During the research period, the spatial heterogeneity of landscape fragmentation shows an obvious upward tendency, and the fragmentation of land use patch is getting more and more serious, especially the fragmentation of arable land in the period of 1999—2009. 3) The high value area of landscape fragmentation shows the momentum of transferring from the east to the west, meanwhile its spatial pattern presents a remarkable feature of the agglomeration and dispersion, which similar attributes gather and otherness attributes gather, and this pattern presents a trend of aggravating. 4) The spatial autocorrelation effect of landscape fragmentation comes from high strength social economic activities, and it exhibits obvious location characteristics, which the radiation effect of the central city is strong and the transport network plays a very important promoting role. These research results can provide a reference for land planning, urban planning and landscape ecological construction. In addition, the multi-view research of landscape pattern and its ecological processes are still necessary to be deepened.

Key Words: landscape fragmentation; geo-statistic; spatial heterogeneity; scale; spatial autocorrelation; Shunyi

景观破碎化表现为景观要素在外力作用下原来连续景观逐步变为许多彼此隔离的不连续的斑块镶嵌体的过程<sup>[1]</sup>,在此过程中,频繁的社会经济活动对景观格局的影响大大超出了自然因素的干扰,成为景观破碎化的主导因素<sup>[2-3]</sup>。当前,我国正处在城镇化加速发展时期,土地利用变化所引发的景观格局变化强烈,景观空间异质性显著<sup>[4]</sup>;特别是在大城市边缘区,随着城镇建设不断扩张和现代化交通运输网络的构建与发展, 景观破碎化态势非常明显。近年来,国内外学者对城市边缘区景观格局动态开展了一系列的研究,如在景观 格局变化与模拟<sup>[5-6]</sup>、景观生态规划<sup>[7]</sup>、城市建设用地景观破碎化<sup>[8]</sup>、土地变化机制及其驱动力<sup>[9-10]</sup>等方面取 得了卓有成效的研究成果,为全方位理解城市边缘区的景观格局特征提供了丰富的研究参考。但是针对大城 市边缘区景观破碎化空间异质性的相关研究还不多见,鉴于城市边缘地带独特的城乡融合特征与景观动态的 不确定性,有必要进一步分析景观破碎化的变异特征及其生态过程,以深入理解景观格局的形成与变化机制。

由于大城市边缘区景观格局具有明显的区域性和累积性特征<sup>[11]</sup>,由快速城镇化所引起的景观破碎化格 局典型突出,因此,从土地利用/覆盖入手,对该区域景观破碎化格局及其空间异质性进行分析,能积极深入地 探索大城市边缘区景观格局作用机理,为准确把握该区域的生态问题提供分析依据。目前,基于景观指数的 空间统计方法是应用最为广泛的景观格局分析方法<sup>[12]</sup>,其中,地统计学已成为分析空间格局及其变异规律的 有效方法<sup>[13]</sup>,该方法与传统统计学方法相比,具有空间统计分析上的优势,不仅能有效地揭示区域化变量在 空间上的分布、变异和相关特征,而且可以将空间格局与生态过程联系起来,有效地解释空间格局对生态过程 与功能的影响<sup>[14]</sup>。本项研究即选择北京市顺义区这一典型大城市边缘区,利用地统计学的半变异函数定量 分析景观破碎化的空间变异特征,在遵循"尺度-格局-过程"分析的思路上,先确定其空间变异的典型尺度,然 后探索景观破碎化的空间格局特征,进而,分析土地利用变化所引起的景观破碎化变异的生态过程。

#### 1 资料与方法

#### 1.1 研究区概况

顺义区位于北京市东北部,地理位置处于北纬40°01′—40°18′,东经116°28′—116°59′之间,总面积为 1019.37 km²,约占北京市土地总面积的6.22%,辖19个建制镇,400余个行政村。全区地处燕山山脉南麓,华 北平原北端,属于潮白河冲洪积扇平原的中下段,地势平坦开阔,除东北边缘有小部分低山丘陵外,平原面积 占总面积的95.7%,海拔多在24—45m之间。境内水资源相对丰富,土层深厚,具有较为优越的农业生产条 件,素有"京郊粮仓"之称。顺义区属北京市近郊区,是北京城市发展空间新格局中"东部发展带"上的重要节 点,受大城市发展的辐射作用显著;在北京市加快建设顺义新城的战略推动下,顺义区工业化、城镇化快速发 展,呈现出明显的郊区城市化态势,土地利用变化强烈,景观破碎化趋势明显。

#### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 景观破碎化指数

有效粒度尺寸能有效地反映景观面积权重和结构 上的差异性特征,该指数融合了生态过程、景观组分与 空间格局,可以更为综合、客观地表征景观的破碎化状 况<sup>[15]</sup>。有效粒度尺寸越小,破碎化程度就越高。计算 公式表示为:

$$m = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^{n} a_{ij}^{2} \times \frac{1}{10000}$$

式中,*m* 表示景观*i* 的有效粒度尺寸,*n* 为景观*i* 中非破碎斑块的数量,*a<sub>ij</sub>*表示斑块*ij* 的面积,*A* 为景观总面积。该指标等于某一斑块类型中所有斑块面积的平方和除以景观总面积,然后除以 10000 转化为 hm<sup>2</sup>。该指数值的变幅为:最小值为栅格大小,此时相邻栅格之间的类型均不相同:最大值为景观面积,此时该景观具有唯一的类型。



图 1 研究区位直图 Fig.1 Location map of the study area

#### 1.2.2 半变异函数

地统计学是以区域化变化理论为基础,借助半变异函数,揭示变量的空间异质性,其基本原理和方法在诸 多文献中有比较详细的描述<sup>[13,16-17]</sup>,在此不再赘述。半变异函数定义为:

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

式中,*h* 为两样本点的空间分隔距离, $Z(x_i) = Z(x_i+h)$ 分别是区域化变量 Z(x)在空间位置  $x_i$ 和  $x_i+h$  上的观测值(*i*=1,2,…,N(h)),N(h)是分隔距离为*h* 时的样本对总数。半变异函数是地理现象分布中的空间依赖性与空间异质性的一个综合性衡量指标,主要参数包括:块金值  $C_0$ 、基台值  $C_0+C$  及变程(rang) $A_0$ 。半变异函数反映了空间分布的随机性和结构性(自相关性)两方面的变化,块金值  $C_0$ 表示随机部分(尺度效应、测量误差等)的空间异质性,较大的块金值表明在小尺度下存在着重要的生态过程,而 C则表示空间自相关部分引起的空间异质性,所以基台值  $C_0+C$ 则表示系统属性或区域化变量的最大变异,基台值越大,表示总的空间差异性程度越高。块金值与基台值之比  $C_0/(C_0+C)$ 则反映了随机部分引起的空间异质性占总空间异质性的比重, $C/(C_0+C)$ 则反映了随机部分引起的空间异质性占总空间异质性的比重, $C/(C_0+C)$ 则反映了结构因素对总空间异质性的贡献程度。此外,由于受到各种外部输入因子的影响,变量的空间依赖性和空间异质性水平在不同的方向上差异显著,因此半变异函数还具有各向同性和各向异性的特征。

#### 1.3 数据来源与处理

本研究所使用数据包括:覆盖顺义区的 Landsat TM 遥感影像数据(1992-09-07 和 1999-08-02)和 ETM+数据(2009-09-22),其中 TM 数据来源于中国科学院计算机网络信息中心国际科学数据服务平台,ETM+数据(Level-4)来源于中科院对地观测与数字地球科学中心,空间分辨率均为 30m。在 ENVI4.8 平台上对三期 TM/ETM+遥感影像进行空间配准、重采样等预处理,配准误差小于 0.5 个像元,采用监督分类和人工目视解 译相结合的方法,并结合研究区域土地利用现状图对遥感影像解译进行调整和纠正,获得土地利用分类信息。为适应软件运行要求,运用 Nearest neighbor 方法重采样成 90m 分辨率。顺义区土地利用类型分为:建设用地(城镇建设用地、农村居民点用地和交通用地)、农田(耕地和园地)、绿地(林地和草地)、水域(河流、滩涂、水 库、坑塘等水体)和其他土地(开发土地、未利用地)共 5 类,分类结果经检验 Kappa 系数分别为 0.86、0.84 和 0.89,其精度能满足本次研究的需要。

研究步骤为:首先,在对比连续尺度序列上景观破碎化空间变异特征的基础上,运用景观格局分析软件 Fragstats4.0中的"滑窗"功能,分析这些尺度序列上的景观破碎化空间变异特征;然后,借助 ArcGIS9.3 的 Hawth's Analysis Tools 扩展模块生成 3000 个随机点(样点),并借助 Spatial Analyst Tools 模块将栅格单元上的 景观破碎化指数值赋给随机点;进而,利用 GS+7.0 计算(所有数据经过正态分布检验并进行了对数转换,符 合正态分布要求)得到景观破碎化指数的半变异函数和理论拟合模型;之后,在考察空间变异对尺度变换的 响应特征的基础上,确定景观破碎化空间变异特征分析的尺度;最后,分析典型尺度下的景观破碎化空间变异 及其格局特征,并对破碎化样点进行空间自相关性分析。



#### 2 结果与分析

2.1 景观破碎化空间变异的尺度特征

2.1.1 景观破碎化空间变异的尺度依赖性

景观尺度往往以粒度和幅度来表达,并且景观指数表现出明显的尺度依赖性特征,本研究所讨论的尺度 属于人为确定的空间分析幅度,即非本征尺度[12,18-19]。顺义区3个时期连续尺度上空间变异特征值如图3所 示,其中,横坐标为景观破碎化指数的计算幅度,自 500m 研究幅度开始,并每增加 100m 等级进行考察,纵坐 标表示块金值与基台值的比值 C<sub>0</sub>/(C<sub>0</sub>+C),该比值表示景观破碎化的空间变异性程度,比值越高,空间变异 程度越高,比值越小,空间自相关越明显<sup>[20]</sup>。结果表明,景观破碎化空间变异具有明显的尺度依赖性,整体上 各年期不同幅度上的空间自相关性强烈。1992 年景观破碎化半变异函数理论模型拟合为指数模型,在 1600m 至 2300m 幅度内块金与基台比值表现出剧烈变化,而在 500—1600m 和 2300—3200m 幅度范围内呈现 相对平稳态势,块金基台比值分别集中在 0.1030 和 0.1233 附近,至 3200m 后块金基台比值出现急剧下降趋 势,说明在这个幅度之外,空间异质性特征主要取决于系统自身的空间自相关过程,随着景观指数的块金值不 断变小,空间变异特征越来越不明显。1999 年景观破碎化指数呈现阶段性特征,1800m 幅度以内半变异函数 拟合为球状模型,空间变异程度随幅度的增加而呈现下降的趋势,其中在1000—1200m 范围内块金基台比值 集中在 0.0256 附近,在 1400—1700m 范围内块金基台比值集中在 0.0226 左右,说明空间变异性在这两处幅度 范围内呈现相对稳定特征: 而在 1800—3200m 范围内半变异函数拟合为指数模型, 空间变异特征值围绕 0.1050 附近变化,特别是在1800—2300m 范围内变化相对稳定。2009 年空间变异特征与 1999 年情况类似, 400—2100m 幅度范围内半函数拟合为指数模型,2200—3200m 幅度范围内半函数拟合为高斯模型,并且两者 都随着幅度的增加空间变异程度降低;该年份上空间变异程度总体上呈现平缓下降-剧烈变化-平缓下降的特 征, 块金基台比值分别在 400—700m、800—1200m 和 2700—3200m 范围内相对稳定。

#### 2.1.2 典型研究幅度选取

对整个研究区而言,研究幅度的变化导致景观破碎化空间格局及其生态过程的表征发生变化,直接影响 对其空间异质性的理解。一般来说,在小幅度范围内,能窥视更多的细节特征,而大幅度却容易忽略局部范围 的变化情况,即空间变异性会随尺度的增加而降低,但是它们之间的关系是难以确定的<sup>[21-22]</sup>,因此选取适宜 的研究尺度成为探索景观破碎化指数空间变化规律的基础。而进行多尺度研究和尺度效应分析是对研究对



Fig.3 The trend of characteristic values of spatial heterogeneity at different extents

象充分理解和准确预测的关键<sup>[12]</sup>,其目的是利用不同尺度上获得比较全面的空间格局信息,深入了解景观破碎化的空间变化特征;并且测定不同尺度上的空间异质性有助于认识在哪一尺度上异质性控制的某一生态过程<sup>[16]</sup>。由于块金基台比值在相对稳定时,能够反映景观破碎化的空间变异及其内在尺度特征<sup>[20]</sup>。因此,为分析景观破碎化指数在不同尺度上空间特征及其尺度效应,分别选择 1992 年 500、1000m 和 2800m,1999 年 1000、1500m 和 2200m,2009 年 500、1000m 和 3000m 作为各年份上的高、中、低三种分析幅度,分别考察不同幅度水平下的景观破碎化空间变异及其尺度效应。

2.1.3 典型幅度下景观破碎化空间变异特征

基台值通常表示系统内总的变异,而块金基台比值可以作为研究对象空间自相关的分类依据,一般若该 比值小于 25%,属于强度空间自相关,若比值在 25%—75%,属于中等程度空间自相关,若比值在 75%以上, 属于弱空间自相关<sup>[17]</sup>。从表 1 可以看出,3 个时期不同幅度下的 *C*<sub>0</sub>/(*C*<sub>0</sub>+*C*)绝大多数在 25%以内,说明景观 破碎化空间自相关强烈,表明由空间自相关部分(结构因素)引起的空间异质性较高。由空间自相关系数 Moran's I 可知,该指数反映空间邻接和空间近邻的区域单元属性值的相似程度<sup>[18]</sup>,不同幅度下的 Moran's I 在 0—1 之间,说明景观破碎化均存在正的空间自相关,且 Moran's I 随着研究幅度的扩大而上升,表明在较大 幅度上破碎化格局的相似性更强,相似属性的破碎化空间集聚作用明显。变程与 Moran's I 表现出相同的变 化特征,随幅度的增加而变大,即景观破碎化空间依赖的范围也随之而变大,并且在大尺度上具有明显的空间 自相关性特征,但是其空间变化的差异程度明显降低。分维数表示半变异曲线的曲率,代表了变程范围内空 间变异的速度,3 个时期各幅度下的分维数均较高,在 1.848—1.956 之间,意味着在各自变程范围内景观破碎 化空间变异的程度较大;同时分维数随幅度的增加而降低,表明随着研究幅度变大,变程范围内的空间变异程

Table 1         Semivariogram theoretical model and its parameters of effective mesh size at different extents										
年份 Year	幅度/m Extent	块金值 <i>C</i> 0	基台值 C <sub>0</sub> +C	Proportion $C_0/$ $(C_0+C)$	Fractal	Moran's I	变程/m A <sub>0</sub>	$R^2$	RSS	拟合模型 Model
1992	500	0.0141	0.1392	0.1013	1.949	0.2853	620.00	0.877	$8.690 \times 10^{-4}$	Exponential
	1000	0.0169	0.1628	0.1038	1.928	0.5404	1090.00	0.921	$6.355 \times 10^{-4}$	Exponential
	2800	0.0185	0.1520	0.1217	1.855	0.8372	3580.00	0.987	$7.251 \times 10^{-5}$	Exponential
1999	1000	0.0045	0.1970	0.0228	1.938	0.5696	2170.00	0.972	$3.149 \times 10^{-4}$	Spherical
	1500	0.0046	0.1922	0.0239	1.921	0.7201	3000.00	0.947	$4.756 \times 10^{-4}$	Spherical
	2200	0.0192	0.1854	0.1036	1.898	0.8142	2080.00	0.946	$3.713 \times 10^{-4}$	Exponential
2009	500	0.0245	0.1950	0.1256	1.956	0.3314	640.00	0.929	$9.088 \times 10^{-4}$	Exponential
	1000	0.0221	0.2302	0.0960	1.925	0.6497	1250.00	0.968	$5.915 \times 10^{-4}$	Exponential
	3000	0.0873	0.3226	0.2706	1.848	0.9276	4160.00	0.912	$2.972 \times 10^{-3}$	Gaussian

表1 不同幅度下景观破碎化指数半变异函数模型及参数

从各个年份半变异函数拟合的模型及其参数来看,在不同分析幅度上的差异也比较明显。1992年指数 模型的拟合度随幅度的增加而提高。由块金基台比值 C<sub>0</sub>/(C<sub>0</sub>+C)可知,3 个分析幅度上由随机部分引起的空 间异质性占总空间异质性的比重分别为 10.13%、10.38%和 12.17%, 三者相差不大, 说明该年份景观破碎化空 间异质性主要源自于区域生态系统自身结构因素的作用结果,即土地利用空间结构相对稳定,各类型斑块破 碎度不大。随着幅度的改变,块金值、块金与基台比值不断变大,景观破碎化空间变异的块金效应呈现出来, 由随机部分所造成的空间异质性不断增加。1999 年景观破碎化同样表现出较强的空间自相关特征,2200m 幅度下半变异曲线拟合为指数模型,块金值为0.0192,随机因素对破碎化空间异质性的贡献值为10.36%;而 1000m 和 1500m 幅度下均拟合为球状模型,并且两者各项参数水平相差不大,随机因素所造成的空间异质性 贡献值仅为 2.28%和 2.39%。2009 年 500m 和 1000m 幅度下半变异曲线拟合为指数模型,块金基台比值为 0. 1256 和 0.0960; 而 3000m 幅度下拟合为高斯模型, 块金基台比值为 0.2706, 此时随机因素对总空间变异程度 的贡献相对较大。

2.2 1000m 幅度下景观破碎化空间异质性分析

2.2.1 景观破碎化指数的统计特征

通过前述分析得知.3个时期典型幅度上景观破碎化的空间总变异相差不大.其中1992年与1999年的 变异特征比较接近,最大空间总变异均出现在1000m研究幅度上,且模型拟合度均在0.92以上,理论模型拟 合优良;而 2009 年基台值呈现上升态势,即该年份景观破碎化空间变异明显,3000m 研究幅度上的基台值相 对较大,说明该研究幅度下的景观破碎化空间异质性特征突出。然而,景观破碎化是在同一方法下基于有效 粒度尺寸(栅格)进行的分析,其计算的误差在尺度效应的影响下,随着幅度的增加,较大幅度内部较小尺度 上的破碎化空间变异容易被忽视,这种尺度所产生的误差以块金效应表现出来[23],同时,较大的块金值也意 味着较小尺度上的某种生态过程不可忽视[16]。从表1可以看出,3000m幅度下的块金值最大,说明该研究幅 度下忽略了较小尺度上的空间变异,因此,考虑到大城市边缘区县域尺度景观破碎化的空间格局及其土地利 用结构特征,在借鉴相关研究成果的基础上<sup>[24-26]</sup>,选取 1000m 幅度作为研究顺义区土地景观破碎化空间变异 较为适宜。

对 3 个年份 1000m 研究幅度下的景观破碎化指数统计分析可知(表 2),1999—2009 年变异系数变化的 幅度明显高于 1992—1999 年的水平,说明近十年来破碎化空间变异加速,破碎化斑块的变化呈现出逐步缩小 的趋势;特别是破碎化指数中值水平加速下降,表明空间破碎化越来越强烈,微小景观斑块数量不断增加,土 地利用空间转换频率持续提高。3个年份上统计数据的偏态值和峰度值都接近于零,说明有效粒度尺寸空间 样点数据接近正态分布总体;数据偏态值为正值,且峰度值在后期转为正值,说明数据差异逐渐变大且多分布 在平均数附近,反映出后期多数区域内景观破碎变化剧烈。

**去**? 不同在份下暑观破碎化指数的统计转征

Table 2Descriptive statistics of effective mesh size at different years											
	年份 Year	极差 Range	最小值 Min.	最大值 Max.	均值 Mean	中值 Median	标准差 Std. Dev.	变异系数 C. V.	偏态值 Skewness	峰度值 Kurtosis	
	1992	91.91	6.10	98.01	58.05	57.69	20.52	35.34	0.024	-0.839	
	1999	91.11	6.90	98.01	52.88	51.46	20.86	39.44	0.222	-0.722	
	2009	90.81	7.20	98.01	42.45	38.83	20.05	47.23	0.861	0.356	

#### 2.2.2 景观破碎化指数时间分异特征

景观破碎化半变异函数的动态如图 4 所示,1992 年与 2009 年拟合为指数模型,1999 年拟合为球状模型。 整体而言,空间变异的动态特点表现出一定的相似性,空间自相关性显著,并且其空间变异程度在时间上表现 出明显的上升趋势;在变程范围内的空间异质性变化强烈,空间变异与距离呈正相关,当距离增加超过变程 时,破碎化在空间上的差异不明显,此时空间自相关性可以忽略。3 个时期的分异特征主要表现在以下几个 方面:1)块金值 *C*<sub>0</sub>表示随机部分的空间异质性特征,3 个时期块金值 *C*<sub>0</sub>分别为 0.0169、0.0045 和 0.0221,表明 块金作用较小,在 1000m 研究幅度之内的破碎化变异特征并不显著,该研究幅度能较好地反映景观破碎化的 空间异质性特征。2)基台值(*C*<sub>0</sub>+*C*)代表区域化变量系统中最大的变异,3 个时期分别为 0.1628、0.1970 和 0. 2302,说明景观破碎化空间变异随时间的推移而不断加剧,其中,2009 年基台值相对突出,表明 1999—2009 年间控制破碎化的某些因子的空间变异性明显增强。3)3 个时期空间异质性中的随机变异均小于空间自相 关变异,并且相差较大,说明由空间自相关部分引起的空间异质性占据主导地位。







#### 2.3 景观破碎化空间格局特征

#### 2.3.1 景观破碎化指数的空间分布特征

有效粒度尺寸高值代表破碎化程度低,景观范围内土地利用方式单一、分布连续,低值代表破碎化程度高,土地利用空间变化剧烈、离散程度高<sup>[20]</sup>。从图 5 可以看出,顺义区景观破碎化指数高值区与低值区交错分布,通过 3 个时期对比发现,高值区不断增加。从空间分布来看,1992 年东部山地平原交接区域破碎化强

5369

烈,西部、南部相对平稳:1999年中部地区破碎化突出,西北部、东北部景观格局相对规整:2009年除东北部山 地、中部城区中心、西南部机场等比较大的斑块区域外,绝大部分的地区被高值区所覆盖,景观格局破碎化异 常强烈。



Fig.5 The spatial pattern of effective mesh size

#### 2.3.2 景观破碎化各向异性分析

景观破碎化作为反映土地利用空间结构特征的区域生态变量,其半变异函数在空间上除了是间隔距离 h 的函数外,还与方向有关,并且在区域范围内和各方向上差异明显,存在空间变异的各向异性[16]。对照景观 破碎化格局的各向异性来看(表3),1992年与2009年空间变异的各项异性特征相似,在 E-W 和 NW-SE 方向 上分维数偏大,而1999年则在 E-W 和 NE-SW 方向上的分维数较大,表明在这些方向上景观破碎化空间变异 程度高,并且空间格局复杂。1992 年景观破碎化各方向变异大小为 NW-SE>E-W>NE-SW>N-S, 1999 年为 E-W>NE-SW>NW-SE>N-S,2009 年为 E-W>NW-SE>N-S>NE-SW。

Table 5 Fractal dimensions for effective mesh size in different directions						
方向		分维数/Fractal dimention				
Direction	1992 年	1999 年	2009 年			
N-S(0°)	1.901	1.924	1.914			
$NE-SW(45^\circ)$	1.912	1.940	1.905			
E-W(90°)	1.941	1.948	1.942			
NW-SE(135°)	1.951	1.938	1.936			

表 3 景观破碎化指数不同方向分维数

在此,以景观破碎化最为激烈的2009年各向异性特征为例(图6),各方向上变异特征明显,并且在不同 距离上影响破碎化变异的作用强度不一样,NE-SW 方向上的曲线整体上扬,表明该方向上破碎化空间相关程 度随距离增大,并对破碎化空间过程起着较重要的作用;N-S、E-W和 NW-SE 方向上曲线达到某一个距离后 开始下降,不再表现出空间自相关性,E-W方向上空间自相关范围最小,大致为12km,而N-S方向上空间自相 关变化范围最大,约为15km。

#### 2.3.3 景观破碎化空间集聚特征

各年期局部空间自相关分析显示(图7),在通过显著性检验的空间聚集点对中,主要分为H-H(即景观破 碎化高值点周围为高值点)和 H-L(即景观破碎化高值点周围为低值点)两种空间聚集类型,即空间上相似属 性聚集与相异属性聚集的空间格局显著。H-H 类型代表空间异质性集聚的正相关,表现为聚合的空间格局, 说明破碎化特征不明显;H-L类型代表空间异质性集聚的负相关,表现为离散的空间格局,说明破碎化特征相 对突出。该分布格局特征表明,大城市边缘区破碎化空间差异显著,集中连片的某一土地利用类型集聚特征 突出,同时交错分布的土地利用分散格局也较为明显。从图 5 可以看出,1992 年 H-H 类型主要分布于西北部 和南部,中部偏东和东北角区域也有零散分布,H-L类型分布区域较广,在东北部、东部有大量分布,中部和西 南部分布也较多。1999年 H-H 类型分布相对零散,主要分布于西北部、中东部等地区,H-L 类型主要分布于 西南部和南部区域。2009年 H-H 类型空间分布相对集中,主要分布于西南部、东北部及中部偏东等地区,H-

5370



图 6 景观破碎化空间异质性的方向分异模型(2009年)







L类型主要分布于中部、南部、西部及部分东部。

#### 2.4 景观破碎化生态过程分析

2.4.1 土地破碎化特征

通过对三个时期 1000m 幅度下景观破碎化空间格局分析发现,其空间变异随时间推移表现出明显的上 升趋势,并且反映出土地利用的破碎化特征,破碎化程度较高的区域土地利用呈现明显的空间离散特征,土地 利用类型交错分布,而破碎化程度较低的区域大多位于耕地集中分布区和城镇建成区。借助 AreCIS 空间分 析功能,有效粒度尺寸在平均值和中值以上的栅格,在 1992 年景观破碎化空间格局中面积占到 35.01%和 35. 51%,对应在土地利用上,分别有 83.06%和 83.04%属于耕地景观;在 1999 年时面积比重占到 37.75%和 39. 94%,相应地有 76.74%和 76.43%属于耕地景观;到 2009 年,其面积占到 37.59%和 44.59%,却只有 51. 35%和 51.73%位于耕地景观。总的来说,有效粒度尺寸位于中值以上栅格的比重呈现升高的趋势,究其原因则是因 为城镇扩张加快,连片建设用地增多;与此对应,该部分破碎化面积中的耕地景观却出现加速减少的迹象,说 明耕地景观破碎化不断加剧。

5371

#### 2.4.2 景观破碎化空间变化特征

景观破碎化空间异质性随经济社会发展表现出明显的区位特征,主要交通道路沿线一直是破碎化程度高 的区域,同时,经济增长集聚中心的破碎化空间变异也相对强烈,随着城镇化的快速推进,一些区域的景观破 碎化空间变异呈现出低-高-低的趋势,如在城镇扩张带上,随着新的建成区的形成,景观破碎化降低。对照前 述各向异性特征分析可知,南-北方向上潮白河流域一直是破碎化空间变异较大的区域,这是因为潮白河部分 河段干涸,沿河两岸分布较多的建设用地,并且与耕地、林地交错分布,土地利用类型及景观错杂。1992 年 东-西方向上顺平路沿线土地利用方式空间变化差异较大,破碎化程度较高,这是因为在当时顺平路为北京市 城区通向东部地区的主要通道,经济活动频繁,许多产业用地沿道路分布;而东南-西北方向上分维数较大,则 是因为东南部分布有大量的农村居民点用地和采矿用地,从而造成破碎化空间上的变化差异相对较高。

从景观破碎化空间异质性特征来看,由于块金效应不明显,即空间自相关对景观破碎化总空间异质性的 影响较大,反映在土地利用空间结构上,则主要是受高强度经济活动的影响造成的土地利用变化所致。1992 年至1999年这一时期,顺义区处于由传统郊区农业大县向工业化迈进的关键时期,各级工业园区迅速发展起 来,特别是在西南方向上,首度机场作为重要的航空枢纽直接影响着顺义区与北京市城区之间的交流,在空港 经济强烈辐射作用的影响下,机场周边用地形态变化强烈,破碎化程度较高。1999年后,随着城镇化进程的 大力推进和二三产业的迅猛发展,顺义区逐步形成了以西南部天竺、后沙峪、南法信为围绕首度机场的空港经 济圈,西北部高丽营镇和赵全营镇迅速崛起的重点镇,南部李桥镇国门商务区以及北部北小营镇奥运商圈等 多个发展区域,加之多项基础设施建设和顺义新城规划建设,从而导致破碎化空间变异在多个方向上变化激 烈,空间分布格局复杂。从景观破碎化指数的空间格局变化来看,1999年后,随着城镇交通建设的快速发展, 景观破碎化指数高值区的分布由西北、中南部和东部地区逐步向西南、东南和东北部转移,在此过程中,原本 集中连片的耕地区域逐渐被城镇扩张和交通建设所侵占和打破,并且高值区中的建设用地景观上升加快。

(1)景观破碎化空间变异具有明显的尺度依赖性特征,由空间自相关引起的景观破碎化异质性明显。 1992年和1999年景观破碎化空间总变异相对缓和,2009年空间总变异强烈,并且在变程范围内的空间变异 突出。为有效探索大城市边缘区景观破碎化空间变异特征,通过不同尺度上的异质性对比,选取1000m幅度 作为研究区景观破碎化的空间异质性分析较为适宜。

(2)顺义区景观破碎化空间变异随时间表现出明显的上升趋势,破碎化斑块的变化呈现出逐步缩小的趋势,其中 1999—2009 年间景观破碎化空间变异强烈。

(3)顺义区景观破碎化空间格局复杂,1992年东部山地平原交接区域破碎化强烈,1999年中部区域破碎 化相对突出,2009年全区呈现大面积的景观破碎化格局,尤以中、西部区域强烈。同时,景观破碎化空间分布 的集聚性与分散性显著,不仅集中连片的某一土地类型分布集中,而且交错混杂的多种土地类型的分布十分 明显,并且这种格局呈现加剧发展的态势。

(4)景观破碎化主要受高强度经济活动的影响,各向异性分析表明,交通路网发展建设成为景观破碎化 重要的推动力。在土地利用景观格局上,破碎化程度强烈区域的土地利用呈现明显的空间离散特征,突出表 现为耕地破碎化不断加剧;同时,随着城镇化快速推进,中心城市的辐射作用强烈,景观破碎化表现出明显的 区位特征,特别是 1999—2009 年这一阶段,景观破碎化重点区域快速向西部、南部等城区及机场周边地区 转移。

#### 4 讨论

景观格局变异特征与尺度转换之间的关系一直是景观生态学研究的核心问题之一,探讨格局空间变异的 作用机理及其尺度特征是为深入理解景观格局的有效途径,本文在分析景观破碎化空间变异尺度依赖性特征 的基础上,阐释了各时期高、中、低研究幅度下的空间变异性,并基于1000m研究幅度下定量地获得了景观破 碎化的空间变异特征及其格局,分析结果可为土地、城镇规划以及景观生态建设提供参考。与此同时,对区域

#### 景观格局及其生态过程多视角的研究还有待加深,特别是对景观格局动态的作用机制有待进一步挖掘。

#### References :

- [1] Wang Y C. The models of traditional culture landscape conservation based on landscape fragmentation analysis: a case study of Zhibzhen in Zhejiang province. Geographical Research, 2011, 30(1): 10-22.
- [2] Qiu J X, Wang X K, Lu F, Ouyang Z Y, Zheng H. The spatial pattern of landscape fragmentation and its relation with urbanization and socioeconomic developments: a case study of Beijing. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(9): 2659-2669.
- [3] Geri F, Amici V, Rocchini D. Human activity impact on the heterogeneity of a Mediterranean landscape. Applied Geography, 2010, 30: 370-379.
- 4] Wu B, Ci L J. Temporal and spatial patterns of landscape in the Mu Us Sandland, Northern China. Acta Ecologica Sinica, 2001, 21(2): 191-196.
- [5] Poelmans L, Rompaey A V. Detecting and modeling spatial patterns of urban sprawl in highly fragmented areas: A case study in the Flanders-Brussels region. Landscape and Urban Planning, 2009, 93: 10-19.
- [6] Xi J Y, Cho N N. Spatial and temporal dynamics of urban sprawl along two urban-rural transects: A case study of Guangzhou, China. Landscape and Urban Planning, 2007, 79: 96-109.
- [7] Hong B, Liu S, Li S H. Ecological landscape planning and design of an urban landscape fringe area: a case study of Yang'an district of Jiande city.
   Procedia Engineering, 2011, 21: 414-420.
- [8] Wei Y P, Zhang Z Y. Assessing the fragmentation of construction land in urban areas: An index method and case study in Shunde, China. Land Use Policy, 2012,29:417-428.
- [9] Shrestha M K, York A M, Boone C G, Zhang S N. Land fragmentation due to rapid urbanization in the Phoenix Metropolitan Area: Analyzing the spatiotemporal patterns and drivers. Applied Geography, 2012, 32:522-531.
- [10] Buyantuyev A, Wu J G, Gries C. Multiscale analysis of the urbanization pattern of the Phoenix Metropolitan landscape of USA: Time, space and thematic resolution. Landscape and Urban Planning, 2010,94:206-217.
- [11] Xiao D N, Chen W B, Guo F L. On the basic concepts and contents of ecological security. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002, 13(3): 354-358.
- [12] Fu B J, Xu Y D, Lv Y H. Scale characteristics and coupled research of landscape pattern and soil and water loss. Advances in Earth Science, 2010, 25(7): 673-681.
- [13] Wang Z Q. Geo-statistics and its application in ecology. Beijing: Science Press, 1999: 150-155.
- [14] Wang J, Fu B J, Qiu Y, Chen L D, Yu L. Spatial heterogeneity of soil nutrients in a small catchment of the loess plateau. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(4): 805-813.
- [15] Jaeger J A G. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. Landscape ecology, 2000, 15: 115-130.
- [16] Li H B, Wang Z Q, Wang Q C. Theory and methodology of spatial heterogeneity quantification. Chinese Journal of Applied Ecology, 1998, 9(6): 651-657.
- [17] 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.
- [18] Wu J G. Landscape ecology pattern, process, scale and hierarchy. Beijing: Higher Education Press, 2000: 11-13.
- [19] Li S C, Cai Y L. Some scaling issues of geography. Geographical Research, 2005, 24(1): 11-18.
- [20] Gao J B, Cai Y L. Spatial heterogeneity of landscape fragmentation at multi-scales: a case study in Wujiang river basin, Guizhou province, China. Scientia Geographica Sinica, 2010, 30(5): 742-747.
- [21] Chen L D, Lu Y H, Fu B J, Wei W. A framework on landscape pattern analysis and scale change by using pattern recognition approach. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(3): 663-670.
- [22] Bu R C, Li X Z, Hu Y M, Chang Y, He H S. Scaling effects on landscape pattern indices. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(12): 2181-2186.
- [23] Yue W Z, Xu J H, Tan W Q, Zhao J, Su F L. Spatial scale analysis of the diversities of urban landscape: a case study with in the external circle highway of Shanghai city. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(1): 122-128.
- [24] Yue W Z, Xu J H, Xu L H, Tan W Q, Mei A X. Spatial variance characters of urban synthesis pattern indices at different scales. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(11): 2053-2059.
- [25] Xu J H, Yue W Z, Tan W Q. A statistical study on spatial scaling effects of urban landscape pattern: a case study of the central area of the external circle highway in Shanghai. Acta Geographica Sinica, 2004, 59(6): 1058-1067.

[26] Xu L H, Yue W Z, Cao Y. Spatial scale effect of urban land use landscape pattern in Shanghai city. Chinese Journal of Applied Ecology, 2007, 18 (12): 2827-2834.

#### 参考文献:

- [1] 王云才. 基于景观破碎度分析的传统地狱文化景观保护模式——以浙江诸暨市直埠镇为例. 地理研究, 2011, 30(1): 10-22.
- [2] 仇江啸,王效科,逯非,欧阳志云,郑华.城市景观破碎化格局与城市化及社会经济发展水平的关系——以北京城区为例.生态学报, 2012,32(9):2659-2669.
- [4] 吴波, 慈龙骏. 毛乌素沙地景观格局变化研究. 生态学报, 2001, 21(2): 191-196.
- [11] 肖笃宁,陈文波,郭福良.论生态安全的基本概念和研究内容.应用生态学报, 2002, 13(3): 354-358.
- [12] 傅伯杰,徐延达,吕一河.景观格局与水土流失的尺度特征与耦合方法.地球科学进展,2010,25(7):673-681.
- [13] 王政权. 地统计学及在生态学中的应用. 北京: 科学出版社, 1999: 150-155.
- [14] 王军,傅伯杰,邱扬,陈利顶,余莉.黄土高原小流域土壤养分的空间异质性.生态学报,2002,22(8):1173-1178.
- [16] 李哈滨, 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.
- [17] 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.
- [18] 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: 11-13.
- [19] 李双成,蔡运龙. 地理尺度转换若干问题的初步探讨. 地理研究, 2005, 24(1): 11-18.
- [20] 高江波,蔡运龙.区域景观破碎化的多尺度空间变异研究——以贵州省乌江流域为例.地理科学,2010,30(5):742-747.
- [21] 陈利顶, 吕一河, 傅伯杰, 卫伟. 基于模式识别的景观格局分析与尺度转换研究框架. 生态学报, 2006, 26(3): 663-670.
- [22] 布仁仓,李秀珍, 胡远满, 常禹, 贺红士. 尺度分析对景观格局指标的影响. 应用生态学报, 2003, 14(12): 2181-2186.
- [23] 岳文泽,徐建华,谈文琦,赵晶,苏方林.城市景观多样性的空间尺度分析——以上海市外环线以内区域为例.生态学报,2005,25(1): 122-128.
- [24] 岳文泽,徐建华,徐丽华,谈文琦,梅安新.不同尺度下城市景观综合指数的空间变异特征研究.应用生态学报,2005,16(11): 2053-2059.
- [25] 徐建华,岳文泽,谈文琦.城市景观格局尺度效应的空间统计规律——以上海中心城区为例.地理学报,2004,59(6):1058-1067.
- [26] 徐丽华, 岳文泽, 曹宇. 上海市城市土地利用景观的空间尺度效应. 应用生态学报, 2007, 18(12): 2827-2834.

# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33 , No. 17 Sep. ,2013 (Semimonthly) CONTENTS

#### Frontiers and Comprehensive Review

The overview and prospect of chemical composition of plant cuticular wax ZENG Qiong, LIU Dechun, LIU Yong (5133)
Research progresses in carbon budget and carbon cycle of the coastal salt marshes in China
CAO Lei, SONG Jinming, LI Xuegang, et al (5141)
Autecology & Fundamentals
Effects of straw interlayer on soil water and salt movement and sunflower photosynthetic characteristics in saline-alkali soils
ZHAO Yonggan, PANG Huancheng, LI Yuyi, et al (5153)
Adaptations of dimorphic seeds and seedlings of Suaeda salsa to saline environments
LIU Yan, ZHOU Jiachao, ZHANG Xiaodong, et al (5162)
Responses of root morphology of peanut varieties differing in drought tolerance to water-deficient stress
DING Hong, ZHANG Zhimeng, DAI Liangxiang, et al (5169)
The relationship between physiological indexes of apple cultivars and resistance to Eriosoma lanigerum in summer
WANG Xicun, ZHOU Hongxu, YU Yi, et al (5177)
Physiological responses of Salicornia bigelovii to salt stress during the flowering stage
LIU Weicheng, ZHENG Chunfang, CHEN Chen, et al (5184)
Biological characteristics and cultivation of fruit body of wild medicinal mushroom <i>Perenniporia fraxinea</i>
The study of characteristics of soil microbial communities at high severity burned forest sites for the Great Xingan Mountains an
example of slope and aspect
Effect of different fertilizer combinations and straw return on microbial biomass and nitrogen-fixing bacteria community in a paddy
soil
Structural characters and nutrient contents of leaves as well as nitrogen distribution among different organs of big/headed wheat
WANG Lifeng WANG Devien SHANGGUAN Zhouning (5219)
Effects of EP 1 on openial moments and anxiety in Mus musculus
Deputation Community and Ecosystem
Formation, Community and Ecosystem
Gap characteristics in the mixed broad-leaved Korean pine forest in Alaoxing an Mountains
LIU Shaochong, WANG Jinghua, DUAN Wenbiao, et al (5234)
Soil nitrogen and phosphorus stoichiometry in a degradation series of <i>Kobresia humulis</i> meadows in the Tibetan Plateau
LIN LI, LI Yıkang, ZHANG Fawei, DU Yangong, et al (5245)
An analysis of carbon flux partition differences of a mid-subtropical planted conferous forest in southeastern China
HUANG Kun, WANG Shaoqiang, WANG Huimin, et al (5252)
The niche of annual mixed-seeding meadow in response to density in alpine region of the Qilian Mountain, China
ZHAO Chengzhang, ZHANG Jing, SHENG Yaping (5266)
Functional feeding groups of macrozoobenthos from coastal water off Rushan PENG Songyao, LI Xinzheng (5274)
Landscape, Regional and Global Ecology
Effects of selective cutting on vegetation carbon storage of boreal Larix gmelinii-Carex schmidtii forested wetlands in Daxing'anling,
China MU Changcheng, LU Huicui, BAO Xu, et al (5286)
CO2 flux in the upland field with corn-rapeseed rotation in the karst area of southwest China
······ FANG Bin, LI Xinqing, CHENG Jianzhong, et al (5299)
Monitoring spatial variability of soil salinity in dry and wet seasons in the North Tarim Basin using remote sensing and electromagn-
etic induction instruments YAO Yuan, DING Jianli, LEI Lei, et al (5308)
Methane and nitrous oxide fluxes in temperate secondary forest and larch plantation in Northeastern China
Butterfly diversity and vertical distribution in eastern Tianshan Mountain in Xinjiang
ZHANG Xin, HU Hongying, LÜ Zhaozhi (5329)

Dynamics of aerodynamic parameters over a rainfed maize agroecosystem and their relationships with controlling factors
CAI Fu,ZHOU Guangsheng,MING Huiqing, et al (5339)
The response process to extreme climate events of the household compound system in the northern slope of Tianshan Mountain
LI Xiliang, HOU Xiangyang, DING Yong, et al (5353)
Analysis on spatial-temporal heterogeneities of landscape fragmentation in urban fringe area: a case study in Shunyi district of
Beijing LI Can, ZHANG Fengrong, ZHU Taifeng, et al (5363)
Resource and Industrial Ecology
CPUE Standardization of <i>Illex argentinus</i> for Chinese Mainland squid-jigging fishery based on generalized linear Bayesian models
LU Huajie, CHEN Xinjun, CAO Jie (5375)
Spatial-temporal differentiation of water quality in Gufu River of Three Gorges Reservoir
RAN Guihua, GE Jiwen, MIAO Wenjie, et al (5385)
Urban, Rural and Social Ecology
Comparison environmental impact of the peasant household in han, zang and hui nationality region: case of zhangye, Gannan and
Linxia in Gansu Province
Research Notes
The seasonal variation and community structure of zooplankton in China sea
DU Mingmin, LIU Zhensheng, WANG Chunsheng, et al (5407)
Immunotoxicity of marine pollutants on the clam Ruditapes philippinarum
DING Jianfeng, YAN Xiwu, ZHAO Liqiang, et al (5419)
Influence of submerged macrophytes on phosphorus transference between sediment and overlying water in decomposition period
WANG Lizhi, WANG Guoxiang (5426)
Distribution patterns of alien herbs in the Yiluo River basin GUO Yili, DING Shengyan, SU Si, et al (5438)

## 《生态学报》2013年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于1981年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持"百花齐放,百家争鸣"的方针,依靠和团结广大生态学科研工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科研人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的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;新书评价和 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,300页,国内定价90元/册,全年定价2160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

本期责任副主编 张利权

编辑部主任 孔红梅 执

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33卷第17期(2013年9月) ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 17 (September, 2013)

编	辑	《生态学报》编辑部 地址 北京海滨区双洼路 18 号	Edited	by	Editorial board of
		邮政编码,100085			ALL 18 SL
		电话:(010)62941099			Add:18, Snuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
		www.ecologica.cn			www.ecologica.cn
		shengtaixuebao@ rcees. ac. cn			shengtaiyuebao@ rees. ac. cn
主	编	王如松	Editor-in-ch	ief	WANG Rusong
王	管	中国科学技术协会	Supervised	bv	China Association for Science and Technology
土	刅	中国生念子子会中国私学院生态环境研究中心。	Sponsored	by	Ecological Society of China
		地址,北京海淀区双清路18号	-		Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
		邮政编码:100085			Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出	版	斜学出版社	Published	by	Science Press
		地址:北京东黄城根北街 16 号			Add:16 Donghuangchenggen North Street,
		邮政编码:100717			Beijing 100717, China
印	刷	北京北林印刷厂	Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House,
发	行	斜学出版社			Beijing 100083, China
		地址:东黄城根北街16号	Distributed	by	Science Press M -
		邮政编码:100/1/ 由话 (010)64034563			Add:16 Donghuangchenggen North
		电话:(010)04034303 E-mail.journal@csng_net			Street, Beijing 100717, China
订	购	全国各地邮局			
国外发	行	中国国际图书贸易总公司	<b>D</b> //		E-mail:journal@cspg.net
		地址:北京 399 信箱	Domestic		All Local Post Offices in China
<u> ж</u> и-	7 <del>11</del>	邮政编码:100044	roreign		China International Book Trading
1 舌约	2宫 证	京海工商广字第8013号			Add P. O. Box 300 Boiiing 100044 China
计刂	ЫС				Add:r. 0. box 599 beijing 100044, Unina

ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元