

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

(Shengtai Xuebao)

第 31 卷 第 1 期
Vol.31 No.1
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 1 期 2011 年 1 月 (半月刊)

目 次

青藏高原东缘林线杜鹃-岷江冷杉原始林的空间格局	缪 宁, 刘世荣, 史作民, 等 (1)
季风常绿阔叶林不同恢复阶段藤本植物的物种多样性比较	李帅锋, 苏建荣, 刘万德, 等 (10)
越冬和复苏时期太湖水体蓝藻群落结构的时空变化	顾婷婷, 孔繁翔, 谭 啸, 等 (21)
海南新村湾海草床主要鱼类及大型无脊椎动物的食源	樊敏玲, 黄小平, 张大文, 等 (31)
广西涠洲岛造礁珊瑚种群结构的空间分布	梁 文, 张春华, 叶祖超, 等 (39)
宽窄行栽植模式下三倍体毛白杨根系分布特征及其与根系吸水的关系	席本野, 王 烨, 贾黎明, 等 (47)
干旱河谷-山地森林交错带土壤水分与养分特征	刘 彬, 罗承德, 张 健, 等 (58)
信号分子水杨酸减缓干旱胁迫对紫御谷光合和膜脂过氧化的副效应	易小林, 杨丙贤, 宗学凤, 等 (67)
UV-B 辐射对南方红豆杉生活史型和紫杉烷类含量的影响	于景华, 李德文, 庞海河, 等 (75)
模拟氮沉降对石栎和苦槠幼苗土壤呼吸的影响	李 凯, 江 洪, 由美娜, 等 (82)
环渤海湾地区连作苹果园土壤中酚酸类物质变化	孙海兵, 毛志泉, 朱树华 (90)
不同施肥方法对马来沉香和土沉香苗期根系生长的影响	王 冉, 李吉跃, 张方秋, 等 (98)
秋华柳和枫杨幼苗对镉的积累和耐受性	贾中民, 魏 虹, 孙晓灿, 等 (107)
祁连山北坡退化林地植被群落的自然恢复过程及土壤特征变化	赵成章, 石福习, 董小刚, 等 (115)
中国北方农牧交错带 C3 草本植物 $\delta^{13}\text{C}$ 与温度的关系及其对水分利用效率的指示	刘贤赵, 王国安, 李嘉竹, 等 (123)
不同退耕模式细根(草根)分解过程中 C 动态及土壤活性有机碳的变化	荣 丽, 李守剑, 李贤伟, 等 (137)
黑龙江省完达山东部林区东北虎猎物生物量	周绍春, 张明海, 孙海义 (145)
生态保护项目对大熊猫栖息地的影响	张玉波, 王梦君, 李俊清 (154)
石灰和 EM 处理条件下土壤动物群落在落叶分解中的变化	高梅香, 张雪萍 (164)
基于 EPG 的麦长管蚜、麦二叉蚜和禾谷缢管蚜取食行为比较	苗 进, 武予清, 郁振兴, 等 (175)
对映-贝壳杉烷型二萜类化合物对土壤纤毛虫群落的毒性效应	宁应之, 杜海峰, 王红军 (183)
红脂大小蠹种群空间格局地统计学分析及抽样技术	潘 杰, 王 涛, 宗世祥, 等 (195)
山西不同生态型大豆种质资源蛋白亚基的变异	王燕平, 李贵全, 郭数进, 等 (203)
施肥和覆膜垄沟种植对旱地小麦产量及水氮利用的影响	李廷亮, 谢英荷, 任苗苗, 等 (212)
近 40a 甘肃省气候生产潜力时空变化特征	罗永忠, 成自勇, 郭小芹 (221)
基于 GIS 的农村住区生态重要性空间评价及其分区管制——以兴国县长冈乡为例	谢花林, 李秀彬 (230)
农户收入差异对生活用能及生态环境的影响——以江汉平原为例	杨 振 (239)
河北省耕地生态经济系统能值指标空间分布差异及其动因	王 千, 金晓斌, 周寅康, 等 (247)
土地利用对石漠化地区土壤团聚体有机碳分布及保护的影响	罗友进, 魏朝富, 李 渝, 等 (257)
专论与综述	
景观格局-土壤侵蚀研究中景观指数的意义解释及局限性	刘 宇, 吕一河, 傅伯杰 (267)
美国煤矿废弃地的生态修复	张成梁, B. Larry Li (276)
农田土壤食物网管理的原理与方法	陈云峰, 胡 诚, 李双来, 等 (286)
学术信息与动态	
旱地、荒漠和荒漠化: 探寻恢复之路 —— 第三届国际荒漠化会议述评	吕一河, 傅伯杰 (293)

景观格局-土壤侵蚀研究中景观指数的 意义解释及局限性

刘宇, 吕一河, 傅伯杰*

(中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085)

摘要: 景观格局分析是景观生态学研究的重要组成部分。景观指数是景观格局分析的有力工具。近年来, 景观格局与土壤侵蚀关系的相关研究增多, 常规景观格局指数得到应用。但针对土壤侵蚀过程的景观指数意义解释不足, 景观指数在刻画景观格局-土壤侵蚀过程关系存在局限。选择了连接性、多样性、边界/斑块密度、形状 4 个方面的 12 个常用景观指数, 对这些指数在景观格局-土壤侵蚀过程关系研究中的意义进行阐述, 对指数应用的局限性及其原因进行了分析。景观数据属性、景观指数本身性质和土壤侵蚀过程的复杂性使得常规景观格局指数在景观格局-土壤侵蚀关系研究中存在不足。这 3 方面的影响使得常规景观格局指数与土壤侵蚀表征变量之间不存在确定的关系, 从而难以通过景观指数来表征景观土壤侵蚀特征。缺乏土壤侵蚀过程基础是常规景观指数在土壤侵蚀研究应用中存在局限的主要原因。因此, 构建基于土壤侵蚀过程的景观指数是景观格局-土壤侵蚀关系研究的需要和新的发展方向。

关键词: 景观格局; 土壤侵蚀; 景观指数; 局限性

Implication and limitation of landscape metrics in delineating relationship between landscape pattern and soil erosion

LIU Yu, LÜ Yihe, FU Bojie*

State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, 100085 Beijing, China

Abstract: Landscape pattern analysis (LPA) is an important topic of landscape ecology. The ultimate goal of LPA is to link spatial patterns of landscape with ecological processes, and detect status of processes using landscape pattern information. By analyzing spatial arrangement of relevant factors about landscape, LPA can obtain information to predict dynamic pattern of ecological processes. Landscape metrics can represent the spatial distribution of landscape and it has been used as a common tool in LPA. In the past decades, with the development of landscape ecology theories and spatial information technology, many types of landscape metrics were developed. Soil erosion is a globally critical material transport process across earth surface. It is inherently impacted by spatial arrangement of source and sink areas, flow paths and impedances of runoff and sediment transport. To account for it, diverse landscape metrics have been widely applied to delineate the relationship between landscape pattern and soil erosion. In general, a perfect landscape metrics should logically reflect soil erosion process and coordinate well with process variables. However, published literatures indicated that many common landscape metrics did not have specific correlation with soil erosion variables. Consequently, there is lack of proper interpretation for most of the common landscape metrics based on mechanism of how landscape pattern affect soil erosion process. Besides, some inherent limitations of landscape metrics exist in linking landscape pattern with soil erosion. In this review, twelve common landscape pattern metrics concerning landscape connectivity, diversity, edge/patch density and shape characteristics were presented. Their implications and limitations in linking landscape pattern with soil erosion process and indicating soil erosion status were explicitly elaborated. As most of landscape metrics were not

基金项目: 中国科学院知识创新(KZCX2-YW-421-3); 国家自然科学基金资助(40930528, 40871085)

收稿日期: 2009-11-27; **修订日期:** 2010-09-19

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: bfu@cees.ac.cn

developed on the basis of soil erosion mechanism, there were lack of specific relationship between landscape metrics and variables expressing soil erosion status. The properties of landscape data, inheritance of metrics and complexity of soil erosion process across different scale caused limitations of applying landscape metrics in soil erosion research. The commonly used landscape analysis data only focused on land cover or land use type, but ignored spatial arrangement of different functionally topographical elements in soil erosion. With respect to inheritance of landscape metrics, most of them were only statistical expression of geometry characteristics or spatial distribution of land use or land cover units, which lacked of ecological meaning. For those developed based on other ecological processes, they were not perfectly suitable to indicate erosion process. The combination of above three limitations made the uncertainty and inability in using metrics to describe relationship between landscape pattern and soil erosion processes. Therefore, detecting soil erosion status under specific landscape pattern by common landscape metrics was unreliable. In summary, ignorance of physical mechanism of soil erosion process was the main reason for the limitation of employing landscape metrics to evaluate soil erosion probability or risk across landscapes. Development of landscape metrics based on soil erosion process is necessary. It is a new prospect in studying interaction between landscape pattern and soil erosion.

Key Words: landscape pattern; soil erosion; landscape metrics; limitation

景观空间格局分析作为景观生态学研究的重要组成部分^[1],是研究景观格局-生态过程相互作用的基本方法。尽管景观指数反映格局-过程关系的作用受到质疑^[2],本身也存在局限性^[2-5],它们仍然是景观格局分析的重要工具。土壤侵蚀是重要的地表过程。它包括土壤物质的原位剥离和沿地表的输移、沉积。景观要素作用于整个过程:雨滴溅蚀和地表水流冲刷过程中,地表的植被、生物结皮、枯落物、碎石等覆盖物起到保护层的作用;在泥沙沿汇流方向运移过程中,植被、碎石以及地表坑洼起到阻滞作用。景观要素的空间配置对土壤侵蚀影响显著。坡面小区实验证实,不同的植被格局下,径流侵蚀效果不同^[6]。坡面裸露区域和植被的空间组织对径流和侵蚀的预测有显著的影响^[7]。斑块的空间结构会非线性地放大生态水文过程^[8]。景观格局指数是描述景观空间组织结构的工具。随着景观生态学理论方法和空间信息获取和分析方法的发展,发展出众多的景观指数^[9]研究景观格局与生态过程的关系,并逐渐应用到土壤侵蚀研究中^[10-14],以探讨土壤侵蚀对格局的响应。

景观格局的生态解释是景观格局研究的主要目标之一^[2]。缺乏基于土壤侵蚀过程机制对景观指数深入分析含义和忽视景观格局指数的局限性是应用格局分析方法研究土壤侵蚀中存在普遍问题。本文基于土壤侵蚀过程机制对景观指数在水力侵蚀中的意义、局限性及其原因进行分析,探讨在土壤侵蚀研究中正确应用景观格局指数的方法和针对土壤侵蚀的景观格局指数发展。

1 土壤侵蚀中景观指数的含义及局限

1.1 景观指数选择

选择在土壤侵蚀研究中常用的 4 类景观指数:边界/斑块密度、形状指数、连接性指数、多样性指数(表 1)。所选景观指数都可用 Fragstats3.3 软件计算。

1.2 边界/斑块密度指数

边界、斑块密度度量景观破碎化。斑块密度(PD)指单位面积斑块数。类型水平上,指单位面积某一类型斑块数;景观水平上则是单位面积内斑块的总数。边界密度(ED)也有两个水平上的表达。类型水平指景观中单位面积内某一景观类型边界的长度;景观水平上指单位面积所有的各景观类型边界总长度。斑块密度、边界密度增大,景观趋于破碎化。裸露斑块产生导致植被斑块的破碎化,覆盖度的降低。植被斑块的产生或侵入引起的裸地斑块破碎化,植被覆盖度增加。

植被覆盖度与土壤侵蚀大致成负指数关系^[16-17]。研究表明,径流与植被斑块密度的增加呈负相关^[18]。理论和模拟模型研究^[19-20]发现生态系统滞留水沙的效应随多年生植被斑块密度和覆盖度增大、植被格局粒

度(植株个体的大小)减小而提高。

表 1 景观指数描述

Table 1 Description of selected Landscape metrics

景观指数 Metrics		计算公式 Formulations
边界/斑块密度 Edge/patch density	斑块密度 (PD)	$PD = (n/A) \times 10000 \times 100$ A 为整个景观或某一景观类型的面积 (m^2); n 为斑块数
	边界密度 (ED)	$ED = (E/A) \times 1000$ E 为景观中或景观类型边界总长度; A 为整个景观面积 (m^2)
形状 Shape	形状黏合度 (CONTIG)	$CONTIG = [(\sum_{r=1}^n C_{ijr})/a_{ij} - 1]/(V - 1)$ C_{ijr} 为景观类型 i 中斑块 j 的像元 r 的邻接值; a_{ij} 为斑块 ij 的面积; V 是 3×3 窗口内全部栅格邻接值之和; 窗口中心和对角线上邻接栅格赋值 1, 与其上下左右相邻的栅格赋值为 2
	斑块分维数 (FRAC)	$FRAC = 2\ln(0.25p_{ij})/\ln a_{ij}$ p_{ij} 为第 i 类型中第 j 个斑块的周长 (m); a_{ij} 为斑块 ij 的面积 (m^2)
	归一化形状指数 (NLSI)	$NLSI = (e_i - \min e_i)/(\max e_i - \min e_i)$ $\min e_i$ 为类型 i 的最小边界长度; $\max e_i$ 类型 i 的最大边界长度, 详细的计算方法见 ^[15] ; e_i : 类型 i 的边界总长度
	斑块类型水平	
周长-面积分维数 (PAFRAC)		$PAFRAC = \frac{[n_i \sum_{j=1}^n (\ln p_{ij} \times \ln a_{ij})] - [(\sum_{j=1}^n \ln p_{ij})(\sum_{j=1}^n \ln a_{ij})]}{(n_i \sum_{j=1}^n \ln p_{ij}^2) - (\sum_{j=1}^n \ln p_{ij})^2}$ a_{ij} 是斑块类型 i 第 j 个斑块的面积 (m^2); p_{ij} 为斑块类型 i 第 j 个斑块的周长 (m); n_i 为景观中斑块类型 i 的总斑块数
	景观水平:	$IPAFRAC = \frac{[N \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^N (\ln p_{ij} \times \ln a_{ij})] - [(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^N \ln p_{ij})(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^N \ln a_{ij})]}{(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^N \ln p_{ij}^2) - (\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^N \ln p_{ij})^2}$ N 为斑块总数
多样性 Diversity	斑块丰度 (PR)	$PR = m$, m 为景观类型数
	Shannon 指数 (SHDI)	$SHDI = - \sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i)$ P_i 为景观中类型 i 占的比例
	Simpson 指数 (SIDI)	$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^m p_i^2$
连接度 Connectivity	斑块类型水平	
	连接度 (CONNECT)	$CONNECT = 100 \times (\sum_{j=k}^n c_{ijk})/[n_i(n_i - 1)/2]$ c_{ijk} 为给定连接距离阈值内同类型斑块 j 和 k 之间的连接 (1 表示连接, 0 不连接); n_i 为景观类型 i 的斑块数; 景观水平
		$CONNECT = (\sum_{i=1}^m \sum_{j=k}^n c_{ijk}) / (\sum_{i=1}^m \frac{n_i(n_i - 1)}{2}) \times 100$ m 为斑块类型数

如图 2 所示,在植被覆盖度逐渐增加的模拟景观(图 1)中,斑块、边界密度与覆盖度的关系并非线性相关,因而与土壤侵蚀变量的关系不确定。在更多分类的复杂景观中,不确定性将增加。对土壤侵蚀过程而言,有意义的边界是水土保持功能上存在明显差异的斑块类型间的边界(如植被斑块与裸露土壤斑块间的边界)。明确斑块、边界增加的原因是判断土壤侵蚀变化的基础。土壤保持功能差的斑块增加或土壤保持功能

强的斑块破碎化,产流、产沙斑块的连通性、面积增加,土壤侵蚀增强。因此,类型水平上的斑块、边界密度在景观格局与土壤侵蚀关系中的意义大于景观水平。斑块边界定义随生态过程而异。对土壤侵蚀,边界是从土壤保持功能上分类的各类斑块界线。

1.3 形状指数

1.3.1 斑块水平

斑块黏合度(*CONTIG*)和斑块分维数(*FRAC*)分别从斑块内各栅格单元的“紧凑”程度和形状两个方面描述斑块。

斑块黏合度度量斑块内栅格“紧凑”程度。面积大而“紧凑”的斑块黏合度指数值大。对于土壤侵蚀过程,裸露斑块等对产流、产沙起正效应的斑块黏合度增

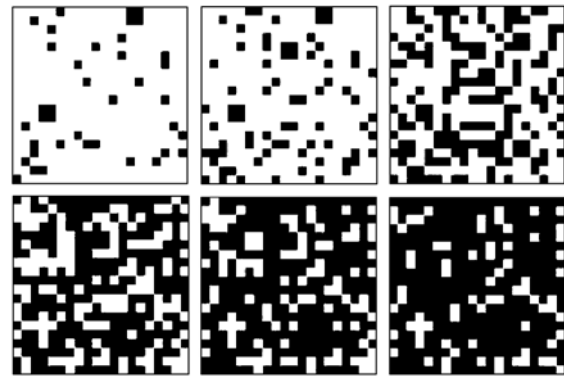


图1 随机模拟景观

Fig. 1 Simulated random distributed landscape

白色为裸地,黑色为植被

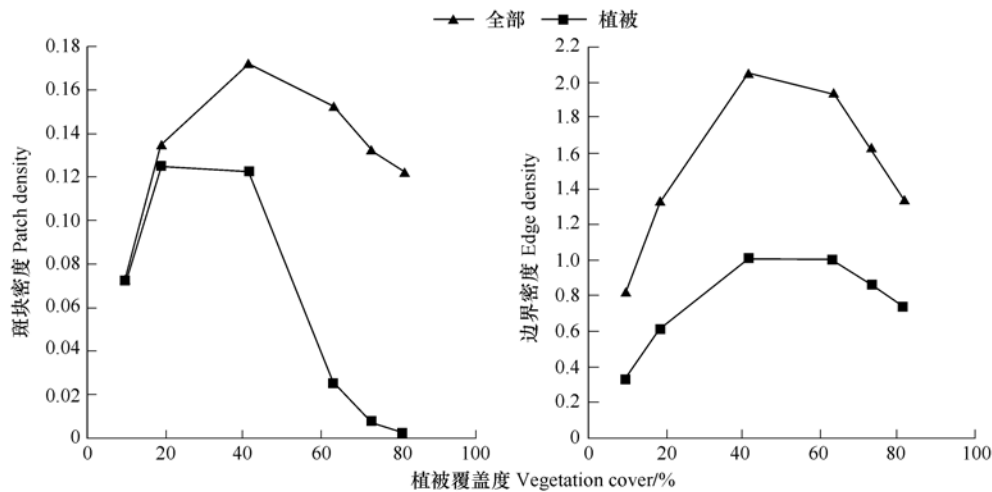


图2 模拟随机分布景观斑块、边界密度的与覆盖度的关系

Fig. 2 Relationship among patch/edge density and vegetation cover in simulated random distributed landscapes

大则侵蚀加强,而高盖度的草被斑块等起负效应的斑块黏合度指数值增加则侵蚀产流、产沙和水沙运移的阻力加大,通常意味着抑制侵蚀的作用增强。尽管如此,还须考虑到斑块类型间水土保持功能的差异。研究表明,灌丛替代草地,地表径流和侵蚀速率增加,灌丛有更大的植株间隙^[18]。

分维数反映了不同大小斑块的形状复杂性,取值范围为1—2。对二维斑块,分维数大于1意味着偏离欧几里得几何形状,即形状趋于复杂。分维数趋于1则斑块形状趋于简单。土壤颗粒到达最近的汇的概率取决于到汇的距离,路径特性、上坡来水和在下坡路径中补充的水量^[21]。斑块相对于汇流方向的空间位置形状决定斑块对产流起沙和土壤颗粒运移路径上阻力的贡献。植被斑块沿汇流方向延展或沿等高线方向延展利于减少泥沙输出。因此,斑块形状复杂化既可能增强也可能减弱土壤侵蚀。

1.3.2 类型、景观水平

(1) 归一化形状指数(*NLSI*)

NLSI 是斑块类型集聚程度的简单度量。斑块类型由在景观中占有高面积比例、高度集聚分布向分散(或者破碎化)分布、面积比例降低的转变过程中,指数值出现先增大后减小的变化;在斑块类型的空间分布由高度分散向集聚或面积扩展的变化过程中,指数值也会先增后减。高度破碎化的分布格局与破碎化程度很低的分布格局会有相近甚至相等的指数值(图3)。对土壤侵蚀发挥抑制功能的斑块类型面积比例一定时,*NLSI*

值增大表明该类型的分布分散化,但还需要明确分散化过程中斑块相对于水流、泥沙运移方向的空间排列,才能判断土壤侵蚀变化。如果景观中的斑块类型面积比例发生变化,也需要阐明变化的空间特征。总体上,*NLSI* 值与土壤侵蚀变量(侵蚀量等)之间没有明确一致的关系。

(2) 周长-面积分维数

周长-面积分维数(*PAFRAC*)是基于统计回归方法的景观指数,取值范围为1—2。样本量影响指数的准确性。样本量较小,即斑块数很少,指数值会大于理论上的上限值2,应避免使用。周长-面积分维数有斑块类型(*PAFRAC*)和景观水平(*IPAFRAC*)上两种计算方法(表1)。斑块类型水平周长-面积分维数是基于斑块类型的周长-面积回归关系的指数,即2与系数*b*(表1中计算公式的分母)的比值。*b*是回归方程(1)的斜率。景观水平的周长-面积分维数与斑块类型水平的周长-面积分维数原理一致,取值范围相同,而样本是景观中所有的斑块周长和面积。

$$\ln(\text{area}) = a + b \ln(\text{perimeter}) \quad (1)$$

与*FRAC*相似,斑块类型水平和景观水平分维数值大于1表示斑块形状复杂化,但*PAFRAC*和*IPAFRAC*反映一系列大小的斑块形状复杂性。周长与面积的对数在整个斑块大小系列上存在线性关系是前提条件。对于土壤侵蚀过程,景观水平上单纯的周长-面积关系刻画的景观形状指数的关系并不密切。从斑块类型的角度分析意义更明确。产流、产沙斑块和径流、泥沙阻滞斑块形状的复杂化对斑块的有效集水、产沙面积和水文连续性产生影响,从而对侵蚀产沙有影响。不同侵蚀程度的区域内景观分维数存在差异;斑块分维值与边缘地带大小、斑块有效作用面积有关^[14]。分维数是与空间位置无关的,而土壤侵蚀是一个空间过程。因而周长-面积分维数的变化对土壤侵蚀的表征是不确定的。在缺少土壤侵蚀相关的斑块空间配置(如产流产沙斑块在汇流路径上的位置、斑块的延展方向斑块的延展方向)和斑块生态水文功能属性等参数时,难以通过分维数值判断土壤侵蚀。

1.4 连接度指数

景观格局分析中针对不同地理-生态过程使用的连接度指数多基于生物过程建立。连接度主要有两个方面的涵义:景观空间结构连接度;考虑生物对单个景观要素(斑块、边界)和整个景观构型响应的功能连接度^[22]。连接度指数描述斑块间基于作用距离的连接程度,是斑块类型或景观内斑块连接度与同数量的斑块最大可能连结度的百分比。斑块连接与否取决于定义的距离。距离可采用欧氏距离或功能距离。常见的连接度指数在斑块类型和景观水平两个尺度描述景观空间结构连接性(表1)。斑块类型水平上,当计算的斑块类型只有一个斑块或该类斑块没有任何两个在设定的距离阈值内“连接”时,*CONNECT* = 0;每个斑块都连接时 *CONNECT* = 100。景观水平上,当景观或所有斑块类型都只包括一个斑块,或者没有任何一个斑块在定义的距离阈限内与其他斑块“连接”,*CONNECT* = 0;所有斑块都连接时 *CONNECT* = 100。

对土壤侵蚀,景观单元空间连接性很重要。裸露区域的大小、长度、连接性决定坡面尺度产流产沙过程。在流域/沟道网络水平上,不同沟道网络的连接性是关键^[23]。基于地表覆被格局的景观连接度指数在土壤侵蚀中的应用在坡面尺度上更恰当。裸露斑块的连接度增大有利于产流产沙;植被斑块连接度增大有利于抑制土壤侵蚀。但该关系只存于一定的阈值范围内。当上坡汇水面积增大,径流超过一定的阈值时,植被斑块阻

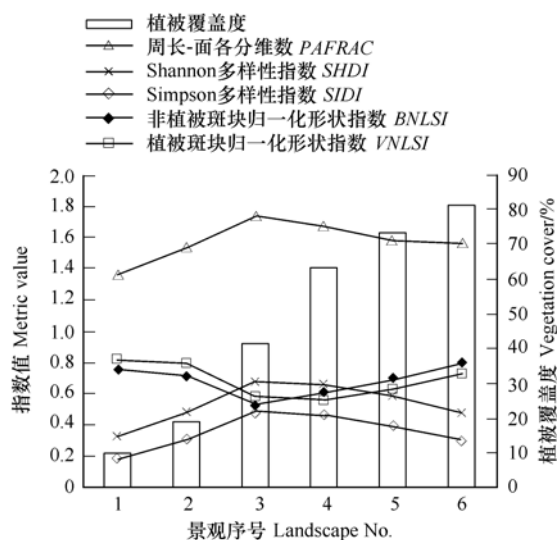


图3 模拟随机分布景观覆盖度增加过程中景观(2种类型)景观指数变化

Fig.3 Change of landscape metrics value in simulated landscapes corresponding to vegetation cover increase

滞水沙运移的功效急剧消减^[23]。此外,常规连接度指数表征的是所有方向上的连接性。而地表水沙运动是沿汇流路径方向的。

1.5 多样性指数

景观格局分析常用景观多样性指数包括斑块丰度(*PD*)、Shannon 多样性指数(*SHDI*)、Simpson 多样性指数(*SIDI*)等。多样性指数属于非空间性的景观指数,没有空间含义,反映景观内斑块类型数目的多少或各类型斑块所占的面积比例。土壤侵蚀是空间过程。不同水文响应特征斑块的空间分布位置很重要。当各类型面积分配从极度不均变化到占相等比例时多样性指数由小逐渐增加达到最大(图3)。在植被斑块或裸露区域破碎化过程中,多样性指数可呈先增后减的变化。而土壤侵蚀过程的特征变量(产流、产沙)却随植被斑块的破碎化而增大。研究^[18]表明,半干旱区植被格局属性和植被功能多样性与产流和产沙的关系较土壤表面属性更密切;总径流量和产沙量与植被功能多样性成负相关。植被功能多样性在土壤侵蚀研究中值得探讨。

2 景观指数局限的原因分析

景观指数表征景观土壤侵蚀存在的局限,导致难以根据指数值的变化对土壤侵蚀做出正确判断。其原因可概括为3方面。

2.1 景观数据属性

景观格局分析采用的数据属性制约着景观指数对景观格局与生态过程关系的准确表达。景观指数依赖于像元大小、地貌尺度和土地利用分类^[24]。土地利用调查、遥感影像解译获取的土地利用/覆被数据是景观格局分析中的主要数据源。这些数据消除了地形起伏特征,是地表景观覆被类型单元或要素空间镶嵌体在海拔无差异的虚拟地表的垂直投影。土壤侵蚀研究中常用的景观格局分析数据仅仅关注地表植被覆盖,而没有包括显著作用于侵蚀过程的不同地形功能单元的内容。这些数据上的原因直接制约着格局分析在土壤侵蚀中的意义。

景观分类影响景观指数值及指数与过程变量关系正确性。景观指数与土壤侵蚀变量之间存在相关性是用景观指数研究景观格局与土壤侵蚀之间关系的前提。这隐含一个条件:景观分类是针对土壤侵蚀过程的恰当分类,数据分辨率与侵蚀过程尺度相适应。对土壤侵蚀研究而言,从经济资源角度的土地利用分类系统不合适。应深入明晰景观作用于侵蚀过程的机理,基于侵蚀过程中景观的功能分类。陈利顶等^[25]将景观根据生态过程分为“源”和“汇”。Fryirs 等^[26]根据地形单元在泥沙沿地表运移过程中的作用,将地形单元划分为缓冲、阻碍、平滑体或毯。随后又在此基础上进一步细化,将缓冲分为山麓、冲积扇、阶地、连续洪积平原、牛轭湖淤积体;阻碍分为泥沙淤积体、输移能力受制约的蜿蜒河道、大坝^[27]。Mayor 等^[28]在用 *Flowlength* 表征景观产流产沙功能是也将景观划分成“源”和“汇”。

2.2 景观指数本身性质

常用的景观指数包括空间和非空间指数,大多仅从图形几何或空间拓扑的角度描述景观类型单元及其镶嵌的空间结构、分布以及统计特征,少数主要针对某个或一类生态过程或关注对象(如土地覆被类型)的空间分布特征设计。景观格局指数对景观格局与过程关系的反映基于景观指数与过程变量关系的统计分析。常规基于覆被格局的景观指数大多只刻画土壤侵蚀众多影响因素之一的地表覆被的几何形状、空间拓扑关系、类型比例配置等特征。阈值、非线性、不明确、对空间分辨率的敏感伴随着景观指数的应用^[2]。景观格局指数-过程关系的统计分析通常不是基于景观指数的全部数值范围,许多统计关系是基于人为生成的景观格局,不一定能代表真实的景观格局^[2]。景观指数与生态过程响应变量之间的关系不是线性,还包括生态过程显著变化的阈值。很少有证据证明常规景观指数能指示过程^[29]。对不同的景观格局和扩散行为,景观指数与过程变量间的统计关系高度不一致,有时不确定;对不同景观格局,同一景观指数与过程响应变量之间的相关性变化于高度正相关到高度负相关之间^[2]。

景观指数具有尺度特征。常规景观指数分属于斑块、斑块类型和景观3个尺度。土壤侵蚀过程是跨尺度的,需要对景观指数进行尺度推绎。景观指数受空间粒度变化^[30-31]、景观分类数^[24]和空间幅度的影响^[32]。

当前常用的景观指数大多不具有方向性。严格意义上,土壤侵蚀过程包括侵蚀和产沙两个过程^[15]。侵蚀不具有方向性,但位置决定外力的作用方式。泥沙在景观中的运移具有方向性。

2.3 土壤侵蚀过程复杂性

土壤侵蚀过程存在临界和尺度依赖性^[23]。各尺度上主导因素不同。对水力侵蚀的关键“产流”而言,在细尺度上(微型小区等),初始土壤属性非常重要;小区尺度上,植被斑块及其空间分布是重要的;坡面尺度,空间植被斑块或条带的空间构型变得重要,上坡水沙贡献区域的扩展是一个重要因素;在子集水区尺度,沟道中水的流失、响应单元间的空间连接及其与排水路径的连接性是主导;在流域/沟道网络水平上,沟道网络的连接性是关键^[23]。降雨、地形、土质、植被等因子对土壤侵蚀的影响随流域空间尺度的增大具有放大或缩小效应,主次顺序易位^[33]。坡面侵蚀随坡度变化^[34]存在临界坡度。产流过程中土壤前期水分^[23]、降雨量和雨强^[35]存在临界效应。土壤侵蚀变量与各影响因子之间不是线性关系^[16]。

土壤侵蚀的主导过程随尺度易位^[23]。点尺度上,雨滴溅蚀过程主导;小区尺度上,水流片蚀过程重要;坡面、集水区尺度上,细沟、冲沟侵蚀逐渐占据主导;小流域尺度,沟道水沙输送、沟岸冲刷淘蚀过程以及低洼地沉积更加显著;在更大尺度上,河流泥沙搬运、沉积过程逐渐主导。

3 讨论与结论

景观格局分析的最终目的是在不同尺度上将空间格局与生态过程联系起来^[36]。格局-过程关系的表达通过格局指数与过程变量间的联系实现。许多应用于土壤侵蚀研究的常规景观格局指数本身描述某种空间分布,或仅基于图形的几何形状、空间拓扑而未考虑任何生态过程发展起来。常规景观指数的理论基础基本上可归结为景观格局分析中经典的“斑块-廊道-基质”范式^[37]。土壤侵蚀过程是一个多尺度、非线性的空间化地理-生态过程。过程变量随景观格局的变化呈复杂的非线性。景观数据属性、常规格局指数本身性质、土壤侵蚀过程复杂性,使常规景观指数与土壤侵蚀过程变量间的统计关系存在不确定性。多个景观指数对于同一个过程变量缺乏一致性^[2]。常规景观格局指数构建时缺少对过程的考虑,削弱景观指数对格局-过程关系的准确刻画,对土壤侵蚀随景观格局变化发生的复杂变化难以有确切的指示作用。从而导致在解释指数变化的意义时出现矛盾甚至无法解释的窘境。景观格局分析需要新的理论范式加以补充和完善。

基于生态过程和景观功能,将景观格局融入指数中是解决景观指数局限性的途径。游珍等^[11]用等高线方向连通度、顺坡连通度表达连通度。Ludwig 等^[38-40]提出了基于景观滞留水土功能、覆被和地形属性及物质运动方向的方向性渗透指数(*DLI*)。*DLI*指数与覆盖度、景观破碎程度成负指数相关^[38](图4)。研究表明^[18],总径流量和产沙量与*DLI*指数呈正相关。Borselli 等^[21]基于径流、泥沙的迁移过程,提出分布式水沙流连接性指数(*IC*)和基于野外侵蚀实地调查数据、用于验证连接性的指数(*FIC*)。陈利顶等^[25]在划分景观功

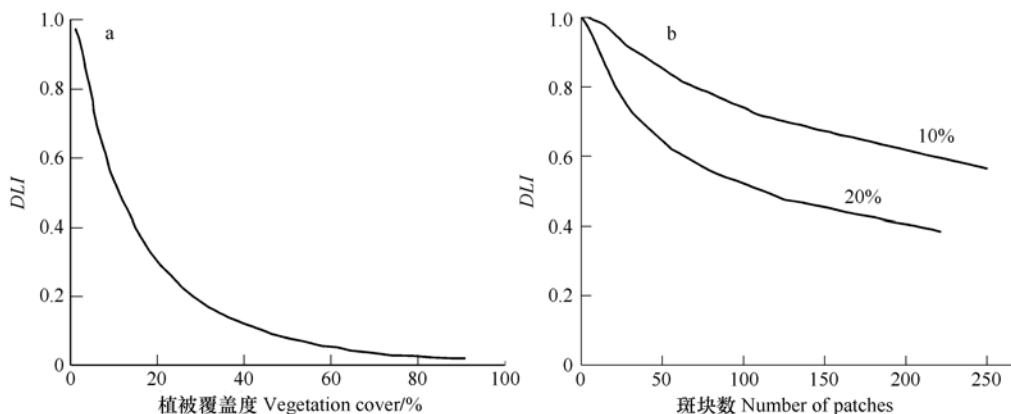


图4 斑块随机分布下 *DLI* 指数与覆盖度和固定覆盖度下斑块数的关系^[38]

Fig. 4 Changes *DLI* with the total cover formed by the random dispersion of single patch pixels, and the number of patches with 10% and 20% total patch cover respectively^[38]

能类型的基础上,从距离、相对高度和坡度 3 个方面建立不受尺度限制的景观空间负荷对比指数描述景观空间格局。傅伯杰等^[38]在考虑土地利用、地形、土壤、降雨等影响因素的基础上,应用尺度转换的方法,构建了不同尺度土壤侵蚀评价指数。Mayor 等^[28]在划分“源”和“汇”的基础上,用 *Flowlength* 作为水土流失研究中景观格局的表征,并在小区到集水区尺度的观测实验中验证了该指数与产流产沙的相关关系。这些指数针对土壤侵蚀过程设计,与土壤侵蚀的关系密切,指数值与土壤侵蚀变量的关系明确,能更好地描述和解释格局-过程关系,是土壤侵蚀过程研究中有效的景观指数。

综上所述,由于景观数据属性、指数本身性质和土壤侵蚀过程复杂性,常规景观指数在刻画景观格局-土壤侵蚀关系中不一致,存在不确定性,甚至无法刻画这种关系。在解释常规景观指数值的变化时,须充分考虑过程机理。基于土壤侵蚀过程机制的景观指数与产沙、产流等过程变量具有很好的相关性,能更好地描述和解释格局-过程关系,是景观格局-土壤侵蚀关系研究中景观指数的发展方向。按照基于水土保持功能的景观分类系统进行景观分类是基于土壤侵蚀过程构建相应指数的前提。

References:

- [1] Fu B J. The spatial pattern analysis of agricultural landscape in the loess area. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, 15(2):113-120.
- [2] Tischendorf L. Can landscape indices predict ecological processes consistently? *Landscape Ecology*, 2001, 16: 235-254.
- [3] Harbin L, Wu J G. Use and misuse of landscape indices. *Landscape Ecology*, 2004, 19: 389-399.
- [4] Chen J J, Zhang S W, Zheng D M. Uncertainty of the Quantitative Analysis on Landscape Patterns. *Arid Zone Research*, 2005, 22(1):63-66.
- [5] Lin M L, Cao Y, Wang X. Limitations of landscape pattern analysis based on landscape indices: a case study of Lizejian wetland in Yilan of Taiwan Province, China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19(1): 139-143.
- [6] Li Q, Li Z B, Lu K X, You Z. Experimental research on the runoff and sediment production in Loess Hilly Gully Region with different vegetation patterns. *China Rural Water and Hydropower*, 2008, 4: 100-104.
- [7] Boer M, Puigdefregas J. 2005. Effects of spatially structured vegetation patterns on hillslope erosion in a semiarid Mediterranean environment: a simulation study. *Earth Surface Processes and Landforms*, 30: 149-167.
- [8] Ludwig, J A, Bartley R, Hawdon A A, Abbott B N, McJannet D. Patch configuration non-linearly affects sediment loss across scales in a grazed catchment in north-east Australia. *Ecosystems*, 2007, 10: 839-845.
- [9] O'Neill R V, J R Krummel, Gardner R H, Sugihara G, Jackson B, DeAngelis D L, Milne B T, Turner M G, Zygmunt B, Christensen S W, Dale V H, Graham R L. Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology*, 1988, 1(3): 153-162.
- [10] Suo A N, Hong J, Lin Y, Ge J P. Relationships between soil and water loss and landscape pattern on Loess Plateau. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(9):1719-172.
- [11] You Z, Li Z B, Yuan Q G. The application of landscape ecology principles in soil erosion and a case analysis. *research of soil and water conservation*, 2005, 12(3):141-144.
- [12] You Z, Li Z B. The effect of landscape pattern on soil erosion in Loess Plateau catchment take Huangjia Ercha catchment as an example. *Journal of the Graduate University of the Chinese Academy of Sciences*, 2005, 22(4):447-453.
- [13] Chen D L, Yu X X. Relationship between adjustment of watershed landscape pattern and benefits of runoff and sediment reduction on loess hilly-gully region. *Science of Soil and Water Conservation*, 2005, 3(4):77-80
- [14] Zha X, Zhang P. Analysis of landscape pattern on soil erosion in Dongzhen Reservoir with GIS. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2007, 21(3): 43-47.
- [15] Milne B T. Lessons from applying fractal models to landscape patterns//Turner M G, Gardner R H, eds. *Quantitative Methods in Landscape Ecology*. New York: Springer-Verlag, 1991:199-235.
- [16] Cai Q G, Wang G P, Chen Y Z. *Watershed Soil Loss Process and Simulation in Loess Plateau*. Beijing: Science Press,1998:3-134.
- [17] Gimeno-García E, Andreu V, Rubio J L. Influence of vegetation recovery on water erosion at short and medium-term after experimental fires in a Mediterranean shrubland. *Catena*, 2007, 69:150-160.
- [18] Bautista S, Mayor Á G, Bourakhouadar J, Bellot J. Plant spatial pattern predicts hillslope runoff and erosion in a semiarid Mediterranean landscape. *Ecosystems*, 2007, 10: 987-998.
- [19] Puigdefregas J. The role of vegetation patterns in structuring runoff and sediment fluxes in drylands. *Earth Surface Process and Landforms*, 2005, 30:133-47.
- [20] Tongway D J, Ludwig J A. The conservation of water and nutrients within landscapes//Ludwig JA, Tongway D J, Freudenberger D O, *et al*, eds. *Landscape Ecology, Function and Management: Principles from Australia's Rangelands*. Melbourne: CSIRO, 1997: 13-22.
- [21] Borselli L, Cassi P, Torri D. Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: a GIS and field numerical assessment. *Catena*, 2008, 75: 268-277.
- [22] Kindlmann P, Burel F. Connectivity measures: a review. *Landscape Ecology*, 2008, 23: 879-890.
- [23] Cammeraat E L H. Scale dependent thresholds in hydrological and erosion response of a semi-arid catchment in southeast Spain. *Agriculture*,

- Ecosystems and Environment, 2004, 104:317-332.
- [24] Peng J, Wang Y L, Zhang Y, Ye M T, Wu J S. Research on the influence of land use classification on landscape metrics. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61(2): 157-168.
- [25] Chen L D, Fu B J, Xu J Y, Gong J. Location-weighted landscape contrast index: a scale independent approach for landscape pattern evaluation based on "Source—Sink" ecological processes. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(11): 2406-2413.
- [26] Fryirs K A, Brierley G J, Preston N J, Kasai M. Buffers, barriers and blankets: the (dis)connectivity of catchment-scale sediment cascades. *Catena*, 2007, 70: 49-67.
- [27] Fryirs K A, Brierley G J, Preston N J, Spencer J. Catchment-scale (dis)connectivity in sediment flux in the upper Hunter catchment, New South Wales, Australia. *Geomorphology*, 2007, 84:297-316.
- [28] Mayor Á G, Bautista S, Small E E, Dixon M, Bellot J. Measurement of the connectivity of runoff source areas as determined by vegetation pattern and topography: a tool for assessing potential water and soil losses in drylands. *Water Resources Research*, 2008, 44(10): W10423, doi: 10.1029/2007WR006367.
- [29] Corry R C, Nassauer J I. Limitations of using landscape pattern indices to evaluate the ecological consequences of alternative plans and designs. *Landscape and Urban Planning*, 2005, 72:265-280.
- [30] Shen W J, Wu J G, Lin Y B, Ren H, Li Q F. Effects of changing grain size on landscape pattern analysis. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(12): 2506-2519.
- [31] Uuemaa E, Roosaare J, Mander Ü. Scale dependence of landscape metrics and their Indicatory value for nutrient and organic matter losses from catchments. *Ecological Indicators*, 2005, 5: 350-369.
- [32] Shen W J, Wu J G, Ren H, Lin Y B, Li M H. Effects of changing spatial extent on landscape pattern analysis. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(11): 2219-2231.
- [33] Li X X, Li T H, Ni J R. Analysis on spatial scaling effects of water erosion in the Yellow River basin. *Progress in Geography*, 2008, 27(6):49-56.
- [34] Jin C X. The role of slope gradient on slope erosion. *Geographical Research*, 1996, 15(3):57-63.
- [35] Peng W Y, Zhang K L. Relationship of runoff and sediment with rainfall characteristics in different land use. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2001, 21(4):25-29.
- [36] Wu J G, Hobbs R J. *Key Topics in Landscape Ecology*. New York: Cambridge Press, 2007: 39-40.
- [37] Forman R T T. Some general principles of landscape ecology. *Landscape Ecology*, 1995, 10(3):133-142.
- [38] Ludwig J A, Eager R W, Bastin G N, Chewings V H. A leakiness index for assessing landscape function using remote sensing. *Landscape Ecology*, 2002, 17: 157-171.
- [39] Ludwig J A, Eager R W, Liedloff A C, Bastin G N, Chewings V H. A new landscape leakiness index based on remotely sensed ground-cover data. *Ecological Indicators*, 2006, 6: 327-336.
- [40] Ludwig J A, Bastin G N, Chewings V H, Eager R W, Liedloff A C. Leakiness: a new index for monitoring the health of arid and semiarid landscapes using remotely sensed vegetation cover and elevation data. *Ecological Indicators*, 2007, 7: 442-454.
- [41] Fu B J, Zhao W W, Chen L D, Lu Y H, Wang D. A multiscale soil loss evaluation index. *Chinese Science Bulletin*, 2006, 51(4):448-456.

参考文献:

- [1] 傅伯杰. 黄土区农业景观空间格局分析. *生态学报*, 1995, 15(2):113-120.
- [4] 陈建军, 张树文, 郑冬梅. 景观格局定量分析中的不确定性. *干旱区研究*, 2005, 22(1):63-66.
- [5] 林孟龙, 曹宇, 王鑫. 基于景观指数的景观格局分析方法的局限性:以台湾宜兰利泽简湿地为例. *应用生态学报*, 2008, 19(1): 139-143.
- [6] 李强, 李占斌, 鲁克新, 游珍. 黄土丘陵区不同植被格局产流产沙试验研究. *中国农村水利水电*, 2008, 4: 100-104.
- [10] 索安宁, 洪军, 林勇, 葛剑平. 黄土高原景观格局与水土流失关系研究. *应用生态学报*, 2005, 16(9): 1719-1723.
- [11] 游珍, 李占斌, 袁琼. 景观生态学原理在土壤侵蚀学中的应用与实例分析. *水土保持研究*, 2005, 12(3):141-144.
- [12] 游珍, 李占斌. 黄土高原小流域景观格局对土壤侵蚀的影响——以黄家二岔流域为例. *中国科学院研究生院学报*, 2005, 22(4): 447-453.
- [13] 陈东立, 余新晓. 黄土丘陵沟壑区流域景观格局调控与减水减沙效益. *中国水土保持科学*, 2005, 3(4):77-80.
- [14] 查轩, 张萍. 基于 GIS 的重要水源地东圳库区土壤侵蚀与景观格局分析. *水土保持学报*, 2007, 21(3): 43-47.
- [15] 蔡强国, 王贵平, 陈永宗. 黄土高原小流域侵蚀产沙过程与模拟. 北京: 科学出版社, 1998:3-134.
- [24] 彭建, 王仰麟, 张源, 叶敏婷, 吴健生. 土地利用分类对景观格局指数的影响. *地理学报*, 2006, 61(2): 157-168.
- [25] 陈利顶, 傅伯杰, 徐建英, 巩杰. 基于“源-汇”生态过程的景观格局识别方法-景观空间负荷对比指数. *生态学报*, 2003, 23(11):2406-2413.
- [30] 申卫军, 郭建国, 林永标, 任海, 李勤奋. 空间粒度变化对景观格局分析的影响. *生态学报*, 2003, 23(12): 2506-2519.
- [32] 申卫军, 郭建国, 任海, 林永标, 李明辉. 空间幅度变化对景观格局分析的影响. *生态学报*, 2003, 23(11): 2219-2231.
- [33] 李秀霞, 李天宏, 倪晋仁. 黄河流域水蚀区土壤侵蚀空间尺度效应分析. *地理科学进展*, 2008, 27(6):49-56.
- [34] 靳长兴. 坡度在坡面侵蚀中的作用. *地理研究*, 1996, 15(3):57-63.
- [35] 彭文英, 张科利. 不同土地利用产流产沙与降雨特征的关系. *水土保持通报*, 2001, 21(4):25-29.

CONTENTS

Spatial pattern analysis of a <i>Rhododendron-Abies</i> virginal forest near timberline on the eastern edge of Qinghai-Tibetan Plateau, China	MIAO Ning, LIU Shirong, SHI Zuomin, et al (1)
Changes of liana species diversity in different restoration stages of monsoonal broad-leaved evergreen forest	LI Shuaifeng, SU Jianrong, LIU Wande, et al (10)
Investigation on spatio-temporal pattern of cyanobacterial community structure by T-RFLP during overwinter and recruitment period in Taihu Lake	GU Tingting, KONG Fanxiang, TAN Xiao, et al (21)
Food sources of fish and macro-invertebrates in a tropical seagrass bed at Xincun Bay, Southern China	FAN Minling, HUANG Xiaoping, ZHANG Dawen, et al (31)
Spatial pattern of Scleractinian coral Population Structure in Weizhou Island, Beihai, Guangxi	LIANG Wen, ZHANG Chunhua, YE Zuchao, et al (39)
Property of root distribution of triploid <i>Populus tomentosa</i> and its relation to root water uptake under the wide-and-narrow row spacing scheme	XI Benye, WANG Ye, JIA Liming, et al (47)
Soil nutritional properties and moisture gradient of the ecotone between dry valley and montane forest of the Minjiang River	LIU Bin, LUO Chengde, ZHANG Jian, et al (58)
Signal chemical salicylic acid mitigates the negative effects of drought on photosynthesis and membrane lipid peroxidation of purple majesty	YI Xiaolin, YANG Bingxian, ZONG Xuefeng, et al (67)
Effects of supplementary UV-B radiation on life cycle forms and the accumulation of taxanes of <i>Taxus chinensis</i> var. <i>mairei</i>	YU Jinghua, LI Dewen, PANG Haihe, et al (75)
Effect of simulated nitrogen deposition on the soil respiration of <i>Lithocarpus glabra</i> and <i>Castanopsis sclerophylla</i>	LI Kai, JIANG Hong, YOU Meina, et al (82)
Changes of phenolic acids in the soil of replanted apple orchards surrounding Bohai Gulf	SUN Haibing, MAO Zhiqian, ZHU Shuhua (90)
Growing dynamic root system of <i>Aquilaria malaccensis</i> and <i>Aquilaria sinensis</i> seedlings in response to different fertilizing methods	WANG Ran, LI Jiyue, ZHANG Fangqiu, et al (98)
Accumulation and tolerance of <i>Salix variegata</i> and <i>Pterocarya stenoptera</i> seedlings to cadmium	JIA Zhongmin, WEI Hong, SUN Xiaocan, et al (107)
Dynamics of vegetation structure and soil properties in the natural restoration process of degraded woodland on the northern slope of Qilian Mountains, northwestern China	ZHAO Chengzhang, SHI Fuxi, DONG Xiaogang, et al (115)
Relationship between temperature and $\delta^{13}\text{C}$ values of C3 herbaceous plants and its implications of WUE in farming-pastoral zone in North China	LIU Xianzhao, WANG Guoan, LI Jiazhu, et al (123)
Carbon dynamics of fine root (grass root) decomposition and active soil organic carbon in various models of land use conversion from agricultural lands into forest lands	RONG Li, LI Shoujian, LI Xianwei, et al (137)
Prey biomass of the Amur tiger (<i>Panthera tigris altaica</i>) in the eastern Wanda Mountains of Heilongjiang Province, China	ZHOU Shaochun, ZHANG Minghai, SUN Haiyi (145)
The impact of conservation projects on giant Panda Habitat	ZHANG Yubo, WANG Mengjun, LI Junqing (154)
Fluctuation of soil fauna community during defoliation decomposition under lime and EM treatment	GAO Meixiang, ZHANG Xueping (164)
Comparative of feeding behaviors of <i>Sitobion avenae</i> , <i>Sitobion graminum</i> and <i>Rhopalosiphum padi</i> (Homoptera: Aphididae) using electrical penetration graph (EPG)	MIAO Jin, WU Yuqing, YU Zhenxing, et al (175)
Toxic effects of <i>ent</i> -kaurane diterpenoids on soil ciliate communities	NING Yingzhi, DU Haifeng, WANG Hongjun (183)
Geostatistical analysis and sampling technique on spatial distribution pattern of <i>Dendroctonus valens</i> population	PAN Jie, WANG Tao, ZONG Shixiang, et al (195)
Variation analysis of protein subunits of soybean germplasms of different eco-types in Shanxi	WANG Yanping, LI Guiquan, GUO Shujin, et al (203)
Effects of fertilization and plastic film mulched ridge-furrow cultivation on yield and water and nitrogen utilization of winter wheat on dryland	LI Tingliang, XIE Yinghe, REN Miaomiao, et al (212)
The changing characteristics of potential climate productivity in Gansu Province during nearly 40 years	LUO Yongzhong, CHENG Ziyong, GUO Xiaoqin (221)
Spatial assessment and zoning regulations of ecological importance based on GIS for rural habitation in Changgang Town, Xinguo county	XIE Hualin, LI Xiubin (230)
Influences of rural households' income differences on living energy consumption and eco-environment: a case study of Jiangnan Plain, China	YANG Zhen (239)
Spatial differences and its driving factors of emergy indices on cultivated land eco-economic system in Hebei Province	WANG Qian, JIN Xiaobin, ZHOU Yinkang, et al (247)
Effects of land use on distribution and protection of organic carbon in soil aggregates in karst rocky desertification area	LUO Youjin, WEI Chaofu, LI Yu, et al (257)
Review and Monograph	
Implication and limitation of landscape metrics in delineating relationship between landscape pattern and soil erosion	LIU Yu, LÜ Yihe, FU Bojie (267)
Ecological reclamation and restoration of abandoned coal mine in the United States	ZHANG Chengliang, B. Larry Li (276)
Managing farmland soil food web: principles and methods	CHEN Yunfeng, HU Cheng, LI Shuanglai, et al (286)

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 1 期 (2011 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 1 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@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 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		

