

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

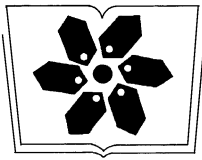
中国生态学会2011年学术年会专辑



第31卷 第19期 Vol.31 No.19 **2011**

中国生态学会
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 19 期

2011 年 10 月 (半月刊)

目 次

卷首语	本刊编辑部 (I)
我国生态学研究及其对社会发展的贡献	李文华 (5421)
生态学的现任务——要在混乱和创新中前进	蒋有绪 (5429)
发展的生态观:弹性思维	彭少麟 (5433)
中国森林土壤碳储量与土壤碳过程研究进展	刘世荣,王 晖,栾军伟 (5437)
区域尺度陆地生态系统碳收支及其循环过程研究进展	于贵瑞,方华军,伏玉玲,等 (5449)
流域尺度上的景观格局与河流水质关系研究进展	刘丽娟,李小玉,何兴元 (5460)
中国珍稀濒危孑遗植物珙桐种群的保护	陈 艳,苏智先 (5466)
水资源投入产出方法研究进展	肖 强,胡 聃,郭 振,等 (5475)
我国害鼠不育控制研究进展	刘汉武,王荣欣,张凤琴,等 (5484)
基于 NDVI 的三江源地区植被生长对气候变化和人类活动的响应研究	李辉霞,刘国华,傅伯杰 (5495)
毛乌素沙地克隆植物对风蚀坑的修复	叶学华,董 鸣 (5505)
近 50 年黄土高原地区降水时空变化特征	王麒麟,范晓辉,王孟本 (5512)
森林资源可持续状况评价方法	崔国发,邢韶华,姬文元,等 (5524)
黄土丘陵区景观格局对水土流失过程的影响——景观水平与多尺度比较	王计平,杨 磊,卫 伟,等 (5531)
未来 10 年黄土高原气候变化对农业和生态环境的影响	俄有浩,施 茜,马玉平,等 (5542)
山东近海生态资本价值评估——近海生物资源现存量价值	杜国英,陈 尚,夏 涛,等 (5553)
山东近海生态资本价值评估——供给服务价值	王 敏,陈 尚,夏 涛,等 (5561)
特大冰冻灾害后大明山常绿阔叶林结构及物种多样性动态	朱宏光,李燕群,温远光,等 (5571)
低磷和干旱胁迫对大豆植株干物质积累及磷效率的影响	乔振江,蔡昆争,骆世明 (5578)
中国环保模范城市生态效率评价	尹 科,王如松,姚 亮,等 (5588)
污染足迹及其在区域水污染压力评估中的应用——以太湖流域上游湖州市为例	焦雯珺,闵庆文,成升魁,等 (5599)
近二十年来上海不同城市空间尺度绿地的生态效益	凌焕然,王 伟,樊正球,等 (5607)
城市社区尺度的生态交通评价指标	戴 欣,周传斌,王如松,等 (5616)
城市生态用地的空间结构及其生态系统服务动态演变——以常州市为例	李 锋,叶亚平,宋博文,等 (5623)
中国居民消费隐含的碳排放量变化的驱动因素	姚 亮,刘晶茹,王如松 (5632)
煤矿固废资源化利用的生态效率与碳减排——以淮北市为例	张海涛,王如松,胡 聃,等 (5638)
城市遮阴环境变化对大叶黄杨光合过程的影响	于盈盈,胡 聃,郭二辉,等 (5646)
广东永汉传统农村的聚落生态观	姜雪婷,严力蛟,后德仟 (5654)
长江三峡库区昆虫丰富度的海拔梯度格局——气候、土地覆盖及采样效应的影响	刘 晔,沈泽昊 (5663)
东南太平洋智利竹筴鱼资源和渔场的时空变化	化成君,张 衡,樊 伟 (5676)
豚草入侵对中小型土壤动物群落结构特征的影响	谢俊芳,全国明,章家恩,等 (5682)

我国烟粉虱早春发生与秋季消退·····	陈春丽, 鄧军锐, 戈 峰, 等 (5691)
变叶海棠及其伴生植物峨眉小檗的水分利用策略 ·····	徐 庆, 王海英, 刘世荣 (5702)
杉木人工林不同深度土壤 CO ₂ 通量·····	王 超, 黄群斌, 杨智杰, 等 (5711)
不同浓度下四种除草剂对福寿螺和坑螺的生态毒理效应·····	赵 兰, 骆世明, 黎华寿, 等 (5720)
短期寒潮天气对福州市绿地土壤呼吸及组分的影响·····	李熙波, 曾文静, 李金全, 等 (5728)
黄土丘陵沟壑区景观格局对流域侵蚀产沙过程的影响——斑块类型水平·····	王计平, 杨 磊, 卫 伟, 等 (5739)
气候变化对物种分布影响模拟中的不确定性组分分割与制图——以油松为例·····	张 雷, 刘世荣, 孙鹏森, 等 (5749)
北亚热带马尾松年轮宽度与 NDVI 的关系 ·····	王瑞丽, 程瑞梅, 肖文发, 等 (5762)
物种组成对高寒草甸植被冠层降雨截留容量的影响·····	余开亮, 陈 宁, 余四胜, 等 (5771)
若尔盖湿地退化过程中土壤水源涵养功能 ·····	熊远清, 吴鹏飞, 张洪芝, 等 (5780)
桂西北喀斯特峰丛洼地不同植被演替阶段的土壤脲酶活性·····	刘淑娟, 张 伟, 王克林, 等 (5789)
利用混合模型分析地域对国内马尾松生物量的影响 ·····	符利勇, 曾伟生, 唐守正 (5797)
火烧对黔中喀斯特山地马尾松林土壤理化性质的影响·····	张 喜, 朱 军, 崔迎春, 等 (5809)
不同培育时间侧柏种基盘苗根系生长和分布·····	杨喜田, 董娜琳, 闫东锋, 等 (5818)
Cd ²⁺ 与 CTAB 复合污染对枫香幼苗生长与生理生化特征的影响 ·····	章 芹, 薛建辉, 刘成刚 (5824)
3 种入侵植物叶片挥发物对早稻幼苗根的影响 ·····	张凤娟, 徐兴友, 郭艾英, 等 (5832)
米槠-木荷林优势种群的年龄结构及其更新策略 ·····	宋 坤, 孙 文, 达良俊 (5839)
褐菖鲉肝 CYP 1A 作为生物标志物监测厦门海域石油污染状况 ·····	张玉生, 郑榕辉, 陈清福 (5851)
基于输入-输出流分析的生态网络 φ 模式能流 ρ 模式能流测度方法 ·····	李中才, 席旭东, 高 勤, 等 (5860)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 444 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 50 * 2011-10	



封面图说: 胡杨是我国西北干旱沙漠地区原生的极其难得的高大乔木, 树高 15—30 米, 能忍受荒漠中的干旱环境, 对盐碱有极强的忍耐力。为适应干旱气候一树多态叶, 因此胡杨又称“异叶杨”。它对于稳定荒漠河流地带的生态平衡, 防风固沙, 调节绿洲气候和形成肥沃的森林土壤具有十分重要的作用。秋天的胡杨林一片金光灿烂。

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

王计平, 杨磊, 卫伟, 陈利顶, 黄志霖. 黄土丘陵沟壑区景观格局对流域侵蚀产沙过程的影响——斑块类型水平. 生态学报, 2011, 31(19): 5739-5748.

Wang J P, Yang L, Wei W, Chen L D, Huang Z L. Effects of landscape pattern on watershed soil erosion and sediment delivery in hilly and gully region of the Loess Plateau of China: patch class-level. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(19): 5739-5748.

黄土丘陵沟壑区景观格局对流域侵蚀产沙过程的影响 ——斑块类型水平

王计平^{1,2}, 杨磊^{1,3}, 卫伟¹, 陈利顶^{1,*}, 黄志霖²

(1. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085; 2. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 北京 100091;

3. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要:在黄土丘陵沟壑区, 景观格局对侵蚀产沙过程有着复杂的影响, 且与尺度密切相关。选取河口—龙门区间内 42 个水文站控制流域为研究对象, 以侵蚀模数、输沙模数和泥沙输移比作为表征各流域单元内土壤侵蚀、产沙及泥沙输移过程的特征指标, 运用景观指数和 CCA 排序, 系统分析了斑块类型水平上景观格局对流域侵蚀产沙过程的影响。结果表明: 流域侵蚀产沙及泥沙输移过程中, 空间分异特征随景观类型不同而异; 对于不同用地类型, 影响“过程”空间分异的景观格局指标不同, 显著影响流域侵蚀产沙及泥沙输移过程的景观指数有草地平均斑块面积 (AREA_MN3)、居民建设用地景观面积百分比 (PLAND5)、居民建设用地和其它类型用地景观的斑块密度 (PD5 和 PD6), 其中斑块密度 (PD) 是影响流域侵蚀产沙及泥沙输移过程的共性指标; 草地、居民建设用地、其它类型用地的景观格局特征对“过程”变化的解释程度要高于其它景观类型。开展景观格局与生态过程关系研究时, 不仅需要考虑景观格局的整体效应, 更应关注单一景观类型及其格局特征对一些生态过程的指示意义。

关键词:黄土丘陵沟壑区; 斑块类型水平; 景观格局指数; 侵蚀产沙; 土地利用

Effects of landscape pattern on watershed soil erosion and sediment delivery in hilly and gully region of the Loess Plateau of China: patch class-level

WANG Jiping^{1,2}, YANG Lei^{1,3}, WEI Wei¹, CHEN Liding^{1,*}, HUANG Zhilin²

1 Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 10085

2 Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091

3 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

Abstract: Landscape pattern has a significant and complex effect on soil erosion and sediment delivery in the loess hilly and gully region. This scale dependent effect is a central problem to be solved in landscape ecology. In this study, the watersheds from Hekou to Longmen (Helong section), where 42 hydrological stations located, were selected as the study area in the loess hilly and gully region. Specially, soil erosion modulus, sediment transport modulus and sediment delivery ratio were used as the indices to represent features of soil erosion and sediment delivery process in each watershed. Effects of landscape pattern on soil erosion and sediment delivery process were systematically analyzed based on landscape metrics and canonical correspondence analysis (CCA) at patch-class level. The results indicated that the spatial variation of soil erosion and sediment process has a close relationship with patch classes. Landscape metrics affecting the spatial variation of soil erosion and sediment processes varies with land use categories. The landscape metrics, which had significant influences on soil erosion and sediment delivery, include mean patch area of grassland (AREA_MN3), percentage of landscape area of residential land (PLAND5), patch density of residential land (PD5) and patch density of other land use types (PD6).

基金项目:国家自然科学基金项目 (40925003); 林业公益性行业科研专项 (201004058); 中国博士后科学基金 (20100480365)

收稿日期:2011-06-21; **修订日期:**2011-07-19

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liding@rcees.ac.cn

Futhermore, patch density is a landscape metrics that could impact on both soil erosion and sediment delivery. Landscape pattern characteristics of grassland, residential land, and other land use types have more significant influences on soil erosion and sediment delivery than the remaining landscape classes. This study suggested that on exploring the relationship between landscape pattern and ecological process, not only the impacts of the whole landscape pattern on ecological process should be examined, but also the effects of each single class and their patterns in the landscape on ecological process should be considered.

Key Words: loess hilly and gully region; patch-class level; landscape metrics; soil erosion; land use

景观格局是指大小和形状不一的景观镶嵌体在空间上的排列,是各种生态过程在不同尺度上综合作用的结果。土地利用作为人类利用土地各种活动的综合反映,是景观格局时空演变的直接驱动^[1],也是地表许多生态过程演化的重要因素。流域侵蚀产沙及泥沙输移过程除了取决于受降雨、土壤、植被等因素外,与流域土地利用时空格局密切相关^[2-4]。不同土地利用方式下土壤侵蚀产沙及泥沙输移过程不同^[5]。一般情况,农田的侵蚀特征与自然植被有明显差异^[6]。在黄土丘陵沟壑区,人为扰动强烈且坡度较高的农田和人工草地最易遭受侵蚀^[7],因此农田退耕可以显著降低泥沙量和径流量^[8]。但上述研究多是基于小区或地块尺度上的观测试验结果,当空间尺度增大时,景观类型随同降雨、地形及土壤特性的环境因子的空间配置的变化可能导致水文结构和土壤侵蚀系统的改变,水土流失过程会随斑块空间镶嵌特征改变而发生非线性变化^[9]。正确理解斑块空间格局与侵蚀产沙过程关系随尺度变化规律对深化景观格局与生态过程关系至关重要。

景观格局分析主要研究景观的结构组成特征及其空间配置关系,是揭示景观格局与生态过程相互作用的基本方法。景观指数是对景观格局的定量表征,自提出以来因其计算过程简单、结果直观准确而被广泛应用于景观生态学研究。根据景观格局的尺度特征,可将景观指数分为斑块、斑块类型和景观 3 个层次。在不同层次上景观指数与过程反应变量间相关程度不一。通常斑块类型水平指数比景观水平指数通常显示出更强的与反应变量之间的统计学上的关系^[10]。有研究表明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要显著大于景观水平^[11]。景观格局分析就是通过确定这些指数来理解其代表的生态学意义。但受景观指数本身性质和生态过程复杂性的制约^[11],景观指数常因未能准确反映景观特征及其生态学意义而饱受批评^[12]。如何将景观指数与具体生态学过程联系起来或发展新的景观指数是目前景观生态学研究的难题之一。许多学者为此进行了积极的探索。Ludwig^[9]等人提出方向性渗透指数(DLI)用于刻画景观覆被阻滞水土的能力。陈利顶^[13]等人从距离、相对高度和坡度 3 个方面构建不受尺度限制的景观空间符合对比指数,用于评价景观功能单元空间分布的合理性及其对过程的指示意义。Luck 和 Wu^[14]将梯度范式与景观格局指数相结合来分析样带或局部地区景观格局特征。索安宁^[15]等应用 DCCA 排序技术将景观格局和水土流失过程联系起来,解释流域尺度上水土流失特征沿景观梯度变化。这些研究均基于具体过程,将一些理论范式和景观格局融入景观指数中,给景观格局分析注入新的活力。然而由于生态过程的复杂性、影响因素多重性及其随时空尺度的变异性,这些新的指数在解析格局-过程相互关系时仍面临诸多疑惑和难点。因此针对当前景观格局分析现状及其面临的困境,如何利用现有景观格局指数并通过设定尺度和分析角度来挖掘其生态学意义对景观指数应用潜力的拓展和景观生态学研究的深化尤为重要。本文以黄土丘陵沟壑区河口-龙门区间内 42 个水文站控制流域为对象,运用景观指数分析法和 CCA 排序技术,从斑块类型水平探讨土地利用空间格局对流域侵蚀产沙及泥沙输移过程的影响,揭示较大尺度上景观格局与流域水土流失过程关系。以期对黄河中游地区流域水土保持规划和土地资源管理提供科学依据。

1 研究区与数据

1.1 研究区域与流域

黄河中游河口镇到龙门区间(简称“华龙区间”),地处黄土高原腹地,35°40′—40°34′N,108°02′—112°44′

E 之间,总集水面积约为 11 万 km^2 ,占黄土高原面积的 17.8%,是我国乃至世界土壤侵蚀和产沙强度最大的区域,也是黄河洪水的主要来源区之一(图 1)。该地区属于温带大陆性季风气候,年平均气温在 $3.6\sim 11.8\text{ }^{\circ}\text{C}$,气温由南向北递减,各地的高温相差较小,低温相差较大,区间多年平均降水量为 431.2 mm。南部的黄龙山地区年降水量最大,北部内蒙古自治区风沙区年降水量最小。区间植被相对较差,仅有局部范围有较好自然植被分布,大部分地区为人工种植而形成的次生植被。河龙区间地处我国地势第二阶梯的尾部,平均海拔 1000—2000 m,地势分布北高南低,东西高中间低,其中河东是东北高、西南低,河西是西北高、东南低。地形主要分为黄土丘陵沟壑区、沙丘沙地草滩区、基岩出露区等,其中以黄土丘陵沟壑区为主。区间地面崎岖起伏,支流纵横,丘陵沟壑密度达到 $5\sim 6\text{ km/km}^2$ 。区间水系十分发达,流域面积超过 1000 km^2 的黄河一级主要支流有 21 条,总面积为 92295 km^2 占区间面积的 82.7%。本研究根据流域设站及其水文监测记录连续情况,选择区间主要水系中 42 个水文站控制流域作为样本开展研究(表 1)。

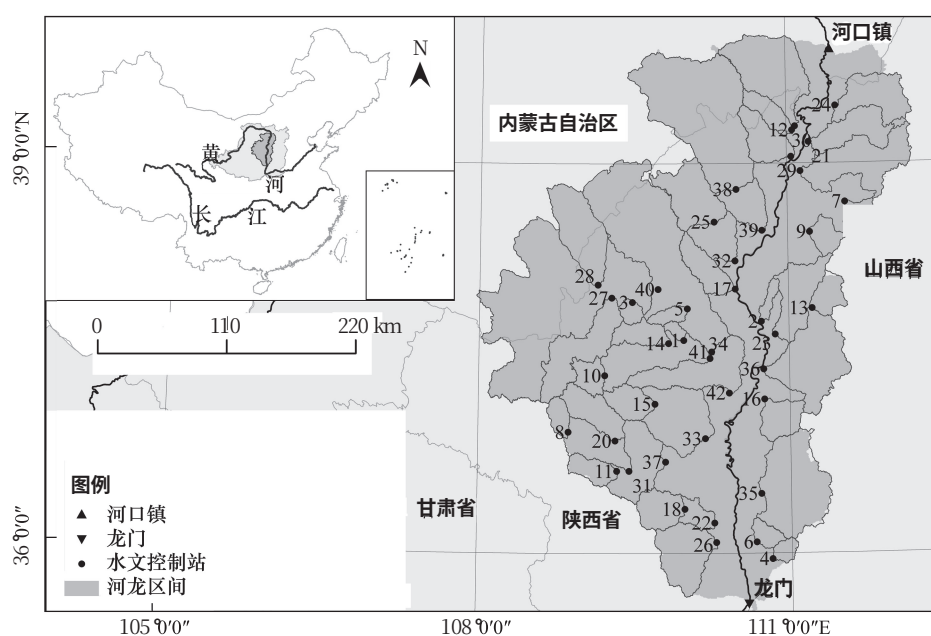


图 1 河龙区间地理位置图

Fig. 1 Location of the study area

1.2 基础数据

研究需要土地利用、土壤、地形、降雨、水文等资料。其中土地利用数据来源于中国黄土高原地区资源与环境遥感系列图编委会;土壤属性数据来源于中国土壤数据库、《陕西土壤》和《山西土壤》,1:50 万土壤矢量化数据和各观测站次降雨数据来源于黄土高原区域数据共享运行服务中心;1:5 万矢量地形数据来源于国家基础地理信息数据库;水文资料来源于中华人民共和国水利部水文局科教处。

2 研究方法

2.1 侵蚀产沙及泥沙输移过程特征指标计算

土壤侵蚀模数用来刻画流域土壤侵蚀严重程度,输沙模数可以反映流域侵蚀产沙强度,泥沙输移比表征流域侵蚀泥沙输移效率以及对上游土壤侵蚀的响应程度。本研究选取土壤侵蚀模数(EM)、输沙模数(SM)和泥沙输移比(SDR)作为流域单元侵蚀产沙及泥沙输移过程特征指标(简称“过程”指标),其中评价单元的侵蚀模数利用 GIS 技术和 RUSLE^[16]模型来完成,单位为 $\text{t}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$;流域产沙模数通过水文监测资料计算,单位为 $\text{t}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,对于给定流域单元,其泥沙输移比等于输沙模数与侵蚀模数的比值。鉴于篇幅限制,各指标计算过程参见文献^[17]。研究用到的土地利用数据是基于国家 1985 年黄土高原土地利用普查图,经图形拼接、空间校正、裁剪、空间统计等处理过程,其结果用来反映 20 世纪 80 年代河龙区间各流域土地利用相对状

况与空间格局。根据水文资料的可获取性,流域产沙模数利用 1979—1988 年逐日径流量、含沙量和悬移质输沙率计算而来,用来表征研究时段内流域平均产沙强度。

表 1 河龙区间主要水系、子流域及其水文控制站

Table 1 The major rivers, subcatchments, and hydrological stations in Hekouzhen-Longmen Section

水系-子流域 River and subcatchment	水文站 hydrological station	子流域面积 Catchment area/ km ²	编号 No.	水系-子流域 River and subcatchment	水文站 hydrological station	子流域面积 Catchment area/ km ²	编号 No.
无定河-岔巴沟	曹坪	185.51	1	黄河-汾川河	新市河	1661.39	22
黄河-清凉市沟	杨家坡(二)	282.98	2	黄河-湫水河	林家坪	1873.63	23
无定河-黑木头川	殿市	324.86	3	黄河-偏关河	偏关(三)	1889.92	24
黄河-鄂河	乡宁	327.57	4	黄河-秃尾河	高家堡	2096.62	25
无定河-马湖峪河	马湖峪	368.12	5	黄河-仕望川	大村	2143.43	26
州川河-州川河	吉县	435.76	6	无定河-芦河	横山	2395.14	27
岚漪河-东川河	岢岚	476.23	7	无定河-海流兔河	韩家岭	2469.08	28
黄河-延水	杏河	481.81	8	黄河-朱家川河	下流碛	2880.57	29
黄河-蔚汾河	兴县(二)	645	9	皇甫川-皇甫川	皇甫(三)	3177.02	30
无定河-大理河	青阳岔	666.68	10	黄河-延水	延安	3212.42	31
黄河-延水	枣园	718.45	11	黄河-秃尾河	高家川	3244.87	32
黄河-清水川	清水(二)	733.56	12	黄河-清涧河	延川	3464.98	33
黄河-北川河	圪洞	748.94	13	无定河-大理河	绥德	3892.42	34
无定河-小理河	李家河	811.44	14	黄河-听水河	大宁	3989.76	35
黄河-清涧河	子长	918.19	15	黄河-三川河	后大成	4102.96	36
黄河-屈产河	裴沟	1022.26	16	黄河-延水	甘谷驿	5890.42	37
黄河-芦佳河	申家湾	1120.22	17	窟野河-窟野河	神木(二)	7309.55	38
黄河-汾川河	临镇	1123	18	窟野河-窟野河	温家川(三)	8518.68	39
黄河-孤山川河	高石崖(三)	1263.99	19	无定河-无定河	赵石窑	15390.94	40
黄河-延水	安塞	1330.48	20	无定河-无定河	丁家沟	23594.07	41
县川河-县川河	旧县	1562.67	21	无定河-无定河	白家川	29971.36	42

2.2 景观指数选取与计算

根据土地利用一级分类将河龙区间土地利用划分为耕地、林地、草地、水域、居民建设用地、未利用地等 6 类。为探讨斑块类型水平上景观格局对流域系统侵蚀产沙及泥沙输移过程的影响,选取文献中常用景观指数(表 2),利用景观格局分析软件包 Fragstats 3.3 计算各水文站点控制的子流域的景观指数数值。各景观指数的生态学意义和计算公式参见文献^[18]。由于一些景观指数间存在明显相关而产生多重共线问题,本文利用方差扩大因子法进一步筛选有意义的格局指标。为便于区别和分析,将耕地、林地、草地、水域、居民建设用地和其它用地分别用 1、2、3、4、5 和 6 来表示,按照“指标名称+景观类型代码”方式表示不同斑块类型上各景观指数。例如,耕地景观的斑块数量表示为 NP1,林地景观的平均斑块面积表示为 AREA_MN2,其它类推。

2.3 统计分析——典范对应分析(CCA)

典范对应分析方法是由对应分析/相互平均(CA/RA)修改而产生的新方法,它把 CA/RA 和多元回归结合起来,每一步计算结果都与环境因子进行回归而详细地分析研究对象与环境之间的关系,并可以直观地把环境因子、物种、样方同时表达在排序轴的坐标平面上。以河龙区间 42 个水文站控制流域为样本,以每个样区 3 个水文指标作为响应变量来描述该样区的“过程”特征,以景观水平和斑块类型水平上景观格局指数作为影响流域“过程”的解释变量,运用 CCA 排序方法来分析景观格局与“过程”关系。在 CCA 排序图中,某个景观指数到坐标原点向量的长度表示其影响“过程”的强度,方向表明其相关性的正负;它与某个“过程”特征指标或其它景观指数之间合成向量的方向表明其相关性的正负,当二者之间的夹角小于 90°为正相关,大于

90°为负相关,垂直则无相关性。上述分析利用 CANOCO 4.5 软件包^[19]来完成。

表 2 斑块类型水平上的景观指数
Table 2 The landscape indices used in analysis at the class level

景观指数 Landscape index	缩写 Abbreviation	景观指数 Landscape index	缩写 Abbreviation
景观类型面积 Total (Class) Area	CA	斑块分维数变异系数 Coefficient of Variation of Fractal Dimension	FRAC_CV
景观类型面积百分比 Percentage of Landscape	PLAND	平均邻接度指数 Mean Contiguity Index	CONTIG_MN
斑块数量 Number of Patches	NP	邻接度指数变异系数 Coefficient of Variation of Contiguity Index	CONTIG_CV
斑块密度 Patch Density	PD	周长-面积分维数 Perimeter-Area Fractal Dimension	PAFRAC
最大斑块指数 Largest Patch Index	LPI	丛生度 Clumpiness Index	CLUMPY
边缘密度 Edge Density	ED	散布与并列指数 Interspersion and Juxtaposition Index	IJI
景观形状指数 Landscape Shape Index	LSI	斑块连接度 Connectance Index	CONNECT
平均斑块面积 Mean Patch Area	AREA_MN	斑块连结度 Patch Cohesion Index	COHESION
斑块面积变异 Coefficient of Variation in Patch Area	AREA_CV	斑块分离度 Landscape Division Index	DIVISION
平均斑块分维数 Mean patch fractal dimension	FRAC_MN	斑块聚集度 Aggregation Index	AI

3 结果分析

3.1 不同景观格局特征指标与“过程”特征指标的 CCA 排序

3.1.1 耕地

在斑块类型水平上耕地景观连接度、平均斑块分维数、斑块密度、斑块分离度、散布与并列指数是影响流域土壤侵蚀及泥沙输移的主要指标(图 2)。其中,耕地斑块连接度与土壤侵蚀模数存在正相关;斑块密度与输沙模数存在明显的正相关,耕地景观分离度与流域泥沙输移比存在正相关。高的景观连接度和破碎度使得流域耕地景观分离度增大,进而对流域的泥沙输移产生影响。CCA 第二排序轴累积解释泥沙输移因子 15.8%,但两排序轴上泥沙输移与景观因子的相关性并不显著,说明耕地景观格局特征并不是影响河龙区间土壤侵蚀及泥沙输移过程的主要因素。

3.1.2 林地

林地的景观连接度、斑块总面积、平均斑块面积和平均斑块分维数等景观格局指标同流域土壤侵蚀模数存在明显的正相关关系,而与流域输沙模数表现出负相关;林地斑块密度与流域输沙模数表现出一定的正相关;林地斑块周长-面积分维数、散布与并列指数对流域泥沙输移比表现出明显的正相关关系(图 2),这说明林地景观空间格局对“过程”的影响主要表现为林地面积、斑块连接度、斑块形状的复杂程度等指标的影响。此外,林地的景观格局与“过程”关系的累积解释量要高于耕地(表 2)。

3.1.3 草地

由图 2 可知,草地景观格局对泥沙输移的影响较为复杂,各景观指标对流域侵蚀模数和输沙模数的影响较泥沙输移比明显,主要表现为:草地斑块的分维数和分离度对土壤侵蚀的正效应;草地斑块面积对输沙模数具有正效应;草地斑块总面积和平均斑块面积及其斑块类型的排列特征对泥沙输移比具有明显正相关,这表明草地总面积和平均斑块面积增大会对土壤侵蚀产生抑制作用,但有利于流域泥沙输移;草地斑块形状的复杂程度对流域输移过程特征表现出抑制作用,但不利于控制土壤侵蚀,因此控制流域泥沙输移除关注草地面

积外,更应该考虑草地斑块形状和密度。从 CCA 排序特征值可以看出(表 3),第一排序轴上,“过程”特征与草地景观格局特征显著相关,相关系数为 0.73,草地景观格局特征能够累积解释“过程”变异的 50.2%。因此草地景观斑块的设计与管理可能是有效抑制水土流失的一种有效途径。

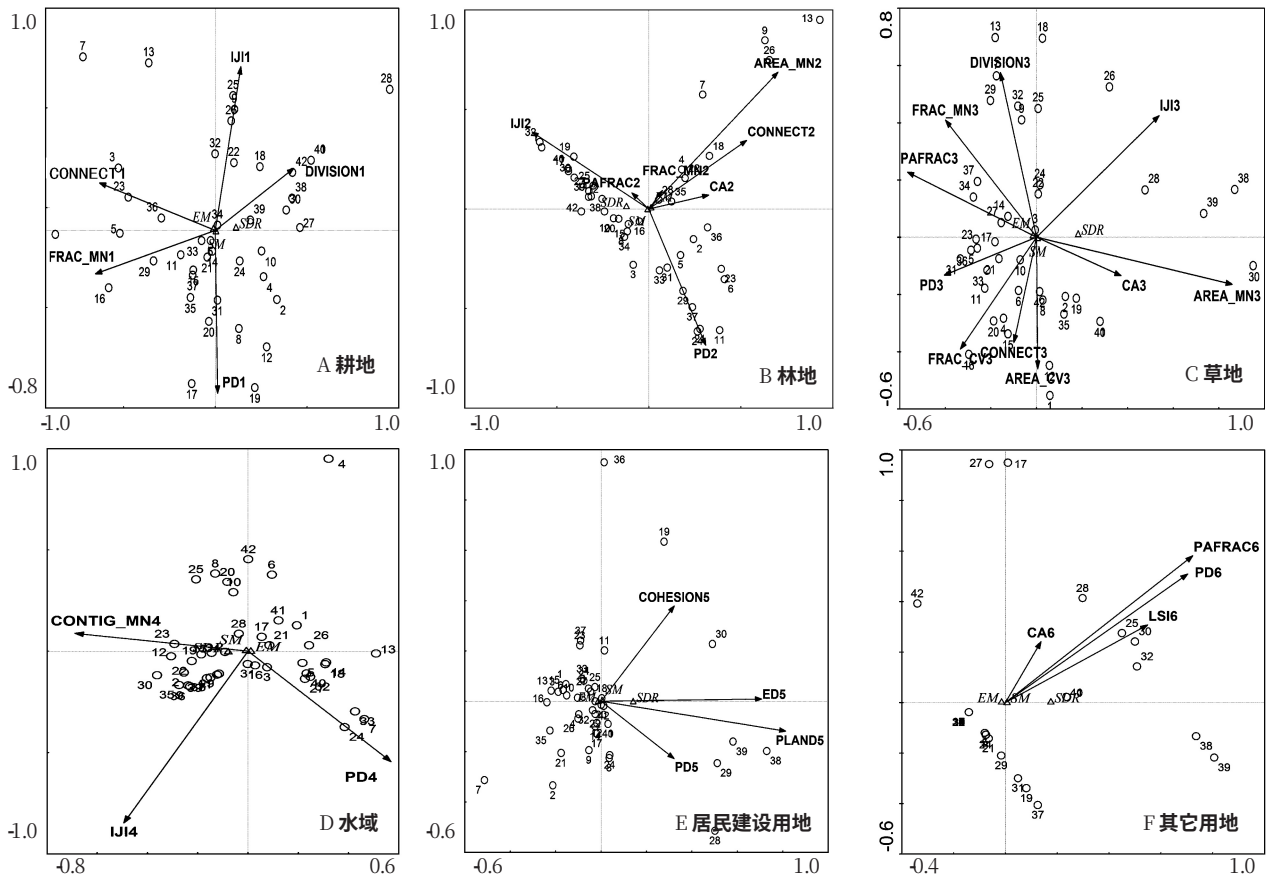


图 2 斑块类型水平上不同景观格局指数与流域“过程”特征指标的 CCA 排序

Fig. 2 CCA ordination of “processes” characteristic indexes and pattern characteristic indexes of different landscape types at class level in 42 watersheds

3.1.4 水域

在斑块类型水平上仅有少数的水域景观斑块特征指标对泥沙输移过程存在影响,主要表现为:水域斑块的邻接程度对流域输沙具有一定作用,而水体斑块密度与土壤侵蚀存在正相关(图 2)。水域景观斑块数量与流域土壤侵蚀存在正相关关系,河道的邻接程度越高,流域的输沙模数也越大。这可能与选择性侵蚀有关,如黄河高原地区重力侵蚀、河渠冲刷导致的侵蚀等。

3.1.5 居民建设用地

排序分析表明居民建设用地的边缘密度、面积比重、斑块密度和斑块聚合度指数对流域输沙和泥沙输移比具有积极作用,而与流域土壤侵蚀存在负相关关系(图 2)。居民建设用地的面积大小、破碎化程度和边缘效应对流域输沙表现出促进作用,进而增大了流域的泥沙输移比。但从河龙区间流域居民建设用地与泥沙输移过程关系的排序图来看,大部分流域的居民建设用地分布格局能有效抑制流域泥沙输移,只有少数流域的居民建设用地格局不利于水土保持,如朱家川流域、皇甫川流域以及神木和温家川水文站控制的子流域。

3.1.6 其它用地

从图 2 可知,其它用地类型景观格局与流域“过程”变量相互关系分布主要集中于排序轴第二象限围成的区域,主要表现为斑块密度、最大斑块指数、周长-面积分维数和其它用地总面积对年平均输沙模数的影响。

除极少数流域外,河龙区间大部分流域泥沙输移与其它类型用地景观类型斑块特征没有明显相关关系。

表 3 斑块类型水平上各景观类型 CCA 排序的特征值及累积解释量

Table 3 Eigenvalues, cumulative variances of “processes” characteristic and “processes”-pattern relationship for different landscape types at class level

景观类型 Landscape types	排序轴 Axes	格局-“过程” 相关性 Pattern- “process” correlations	“过程”特征累计变异/% Cumulative percentage variance of the “process”	格局-“过程”关系 累积变异/% Cumulative percentage variance of Pattern- “process” relation	特征值 Eigenvalues	典范特征值 Canonical eigenvalues	P
A	第一轴	0.396	14.8	93.6	0.024	0.004	0.248
	第二轴	0.435	15.8	100.0			
B	第一轴	0.433	17.8	96	0.024	0.004	0.382
	第二轴	0.388	18.6	100.0			
C	第一轴	0.730	50.2	97.9	0.024	0.012	0.006
	第二轴	0.437	51.3	100.0			
D	第一轴	0.453	19.0	99.2	0.024	0.005	0.196
	第二轴	0.148	19.2	100.0			
E	第一轴	0.730	50.6	99.7	0.024	0.012	0.005
	第二轴	0.178	50.7	100.0			
F	第一轴	0.828	64.8	100.0	0.024	0.016	0.005
	第二轴	0.058	64.9	100.0			

3.2 不同景观格局与“过程”特征指标的 CCA 特征值及解释度比较

从表 4 可看出,在斑块类型水平上不同景观类型格局指数与泥沙输移过程特征指标相互关系及其各自的累积解释度在 CCA 排序轴上的表现各不相同。其中第一轴上景观格局与“过程”相关性最高的斑块类型是其它类型用地,相关系数达 0.828 ($P=0.005$),草地、居民建设用地次之,相关系数均为 0.73,达到了显著水平。这说明在斑块类型水平上,相对于其它土地利用类型,草地、居民建设用地和其它类型用地的景观格局对解释“过程”变化和格局-“过程”相互关系的能力更强。

表 4 斑块类型水平 CCA 排序的特征值及累积解释量

Table 4 Eigenvalues, cumulative variances of “processes” characteristic and “processes”-pattern relationship at class level

排序轴 Axes	AX1	AX2	AX3	AX4
特征值 Eigenvalues	0.019	0.000	0.004	0.001
格局与“过程”特征相关性 Pattern-“process” correlations	0.911	0.481	0.000	0.000
流域单元“过程”特征累积解释/% Cumulative percentage variance of “process”	78.8	80.0	97.2	100.0
格局-“过程”关系累积解释量/% Cumulative percentage variance of Pattern-“process” relation	98.5	100.0	—	—

3.3 斑块类型水平景观格局指标与“过程”特征指标间的关系

CCA 排序特征值及累积解释量分析表明(表 4),在斑块类型水平上,典范对应分析的特征值总和为 0.024,其中第一主轴的特征值为 0.019,占总特征值的 79.2%;排序轴的前 2 轴累积可以解释泥沙输移过程特征变化的 80%,其中第一排序轴累积解释泥沙输移过程特征变化的 78.8%,累积解释流域单元斑块水平上格局与“过程”特征关系的 98.5%,表明该排序轴集中反映了全部排序轴景观格局-侵蚀产沙及泥沙输移过程关系信息的绝大部分。

CCA 排序轴第一轴流域单元景观格局与“过程”特征的相关系数为 0.911,CCA 排序轴第二轴上二者间的相关系数为 0.481(表 4),说明在斑块类型水平上景观格局与流域侵蚀产沙及泥沙输移过程存在着较为密

切的影响关系。

为了进一步确定每个景观格局特征指标对流域“过程”特征变化的解释程度,利用边缘解释量和条件解释量来刻画,其中边缘解释量是指每个格局变量的单独作用,条件解释量是指在所有格局变量存在的前提下被引入的格局变量的作用,即以其它格局变量为协变量。在 CANOCO 软件环境中,利用自动向前回归分析,发现草地平均斑块面积、居民建设用地比例、居民建设用地的边缘密度和其它用地的斑块密度等指标的边缘解释量最高,均达到了 0.01,即解释量占总的典范特征值的 4.9%,Monte Carlo 检验表明这 4 个斑块类型水平上的景观格局特征指标对流域“过程”具有显著影响(表 5)。此外林地平均斑块面积对流域侵蚀产沙及泥沙输移过程的影响也达到显著水平($P=0.05$)。

表 5 斑块类型水平上基于向前逐步回归分析获得的边缘解释量和条件解释量

边缘解释量 Marginal effects			条件解释量 Conditional Effects			P	F
变量 Variable	序号 Var. N	Lambda1	变量 Variable	序号 Var. N	LambdaA		
AREA_MN3	15	0.01	AREA_MN3	15	0.01	0.002	23.53
PLAND5	26	0.01	PD6	32	0	0.002	8.84
PD6	32	0.01	PD1	1	0	0.022	6.29
ED5	28	0.01	ED5	28	0.01	0.010	6.25
LSI5	29	0	AREA_CV3	16	0	0.086	2.51
LSI6	33	0	PAFRAC2	10	0	0.094	2.69
PAFRAC3	19	0	FRAC_MN1	2	0	0.128	2.67
IJI3	20	0	FRAC_CV3	18	0	0.054	3.50
FRAC_MN1	2	0	PD5	27	0	0.100	2.83
AREA_MN2	8	0	COHESION5	30	0	0.050	4.00
IJI2	11	0	IJI2	11	0	0.078	3.43

从 CCA 排序图可以看出(图 3),在斑块类型水平上,流域侵蚀产沙及泥沙输移过程在不同景观格局上分异特征差异很大。主要表现为:居民建设用地斑块聚合度与输沙模数、侵蚀模数呈现出明显的正相关关系;居民建设用地的斑块密度和边缘密度、草地平均斑块面积、林地散布与并列指数、其它用地的斑块密度等指数对泥沙输移比具有正效应。在类型水平上,根据土地利用格局与流域侵蚀产沙及泥沙输移过程关系的空间分异特征,可以将研究区流域单元分为 3 大类:第一类样本流域位于排序图的第一象限左上角区域,该区域内的流

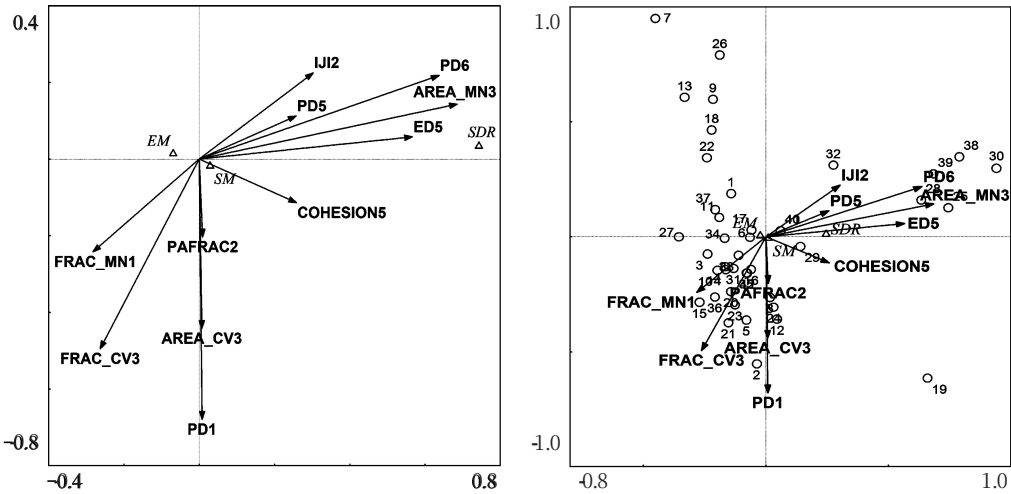


图 3 斑块类型水平景观格局指数与“过程”特征指标的 CCA 排序

Fig. 3 CCA ordination of “processes” characteristic indexes and landscape pattern characteristic indexes at class level in watersheds

域单元以土壤侵蚀为主导,斑块水平上土地利用格局对土壤侵蚀的影响较小;第二类样本流域单元位于排序轴的第二象限右上角区域,该区域内的流域单元泥沙输移比较高,主要受林地景观散布与并列指数、草地平均斑块面积、居民建设用地景观连通度、斑块密度、边缘密度和其它用地类型的斑块密度等格局指标共同影响,其中居民建设用地的边缘密度与流域泥沙输移比关系最为密切;第三类流域单元位于排序轴的第四象限左下角区域,该区域内耕地和草地的平均分维数及变异特征较为明显,流域单元土壤侵蚀和泥沙输移过程空间分异特征较为相近,泥沙输移比相对较低。

4 结论与讨论

景观格局对侵蚀产沙及泥沙输移过程影响极为复杂,与空间尺度有着紧密的关系。本文以黄土丘陵沟壑区典型流域单元为对象,借助景观格局指数分析法,从斑块类型水平上探讨了景观格局对侵蚀产沙及泥沙输移过程的影响。结果表明:在斑块类型水平上,流域侵蚀产沙及泥沙输移过程空间分异特征随景观类型不同而异;对于不同用地类型,影响“过程”空间分异的景观格局指标不同,显著影响流域侵蚀产沙及泥沙输移过程的景观指数有草地平均斑块面积(AREA_MN3)、居民建设用地景观面积百分比(PLAND5)、居民建设用地和其它类型用地的斑块密度(PD5和PD6);其中斑块密度(PD)是影响流域侵蚀产沙及泥沙输移过程的共性指标;草地、居民建设用地、其它类型用地的景观格局特征对“过程”变化的解释程度要高于其它土地利用类型。

进行传统的土地利用格局与生态过程相互关系研究时,人们过分强调整个景观水平上土地利用格局变化特征对生态过程的影响,而没有注意到个别土地利用类型或该类型下某些格局特征对一些生态过程的指示意义。此外,片面或孤立地将土地利用或景观格局划分为不同等级类型,进行空间格局与过程相互关系研究,可能会忽略一些重要的信息。流域景观作为一种特殊自然综合体,其空间格局实际上是由不同土地利用类型或景观要素斑块构成的空间镶嵌体,它对流域侵蚀产沙及泥沙输移过程影响是景观水平和斑块类型水平上异质景观元素相互嵌套、共同作用的结果。景观格局强烈影响着土壤侵蚀、产沙及泥沙输移过程,同时也受到这些过程反馈作用的影响,因此有必要从新的角度来深入理解这种作用机制。

References:

- [1] Wang J P, Chen L D, Wang Y F. Research on landscape pattern change in Loess Plateau: current status, issues and trends. *Progress in Geography*, 2010, 29(5): 535-542.
- [2] Yang M, Li X Z, Yang Z P, Hu Y M, Wen Q C. Effects of sub-watershed landscape patterns at the upper reaches of Minjiang River on soil erosion. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18(11): 2512-2519.
- [3] Bakker M M, Govers G, van Doorn A, Quetier F, Chouvardas D, Rounsevell M. The response of soil erosion and sediment export to land-use change in four areas of Europe: the importance of landscape pattern. *Geomorphology*, 2008, 98(3/4): 213-226.
- [4] Fu B J, Wang Y F, Lu Y H, He C S, Chen L D, Song C J. The effects of land-use combinations on soil erosion: a case study in the Loess Plateau of China. *Progress in Physical Geography*, 2009, 33(6): 793-804.
- [5] van Rompaey A, Krasa J, Dostal T. Modelling the impact of land cover changes in the Czech Republic on sediment delivery. *Land Use Policy*, 2007, 24(3): 576-583.
- [6] Verstraeten G, Prosser I P, Fogarty P. Predicting the spatial patterns of hillslope sediment delivery to river channels in the Murrumbidgee catchment, Australia. *Journal of Hydrology*, 2007, 334(3/4): 440-454.
- [7] Wei W, Chen L D, Fu B J, Gong J. Mechanism of soil and water loss under rainfall and earth surface characteristics in a semiarid loess hilly area. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(11): 3847-3853.
- [8] Fu B J, Liu S L, Chen L D, Lü Y H, Qiu J. Soil quality regime in relation to land cover and slope position across a highly modified slope landscape. *Ecological Research*, 2004, 19(1): 111-118.
- [9] 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(2): 442-454.
- [10] Tischendorf L. Can landscape indices predict ecological processes consistently? *Landscape Ecology*, 2001, 16(3): 235-254.
- [11] Liu Y, Lü Y H, Fu B J. Implication and limitation of landscape metrics in delineating relationship between landscape pattern and soil erosion. *Acta*

- Ecologica Sinica, 2011, 31(1): 267-275.
- [12] Chen L D, Liu Y, Lü Y H, Feng X M, Fu B J. Landscape pattern analysis in landscape ecology: current, challenges and future. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(11): 5521-5531.
- [13] 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.
- [14] Luck M, Wu J G. A gradient analysis of urban landscape pattern: a case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA. *Landscape Ecology*, 2002, 17(4): 327-339.
- [15] 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): 1719-1723.
- [16] Renard K, Foster G, Weesies G, McCool D, Yoder D. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). USDA Agriculture Handbook #703. Greenbelt: Agricultural Research Service, 1997: 384-384.
- [17] Wang J P. Effects of Landscape Patterns on Watershed Soil Erosion and Sediment Delivery. Beijing: Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, 2010.
- [18] Wu J G. Landscape Ecology: Pattern, Process, Scale and Hierarchy. Beijing: Higher Education Press, 2000.
- [19] Lepš J, Šmilauer P. Multivariate Analysis of Ecological Data Using CANOCO. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

参考文献:

- [1] 王计平, 陈利顶, 汪亚峰. 黄土高原地区景观格局演变研究综述. *地理科学进展*, 2010, 29(5): 535-542.
- [2] 杨孟, 李秀珍, 杨兆平, 胡远满, 问青春. 岷江上游小流域景观格局对土壤侵蚀过程的影响. *应用生态学报*, 2007, 18(11): 2512-2519.
- [7] 卫伟, 陈利顶, 傅伯杰, 巩杰. 半干旱黄土丘陵沟壑区降雨特征值和下垫面因子影响下的水土流失规律. *生态学报*, 2006, 26(11): 3847-3853.
- [11] 刘宇, 吕一河, 傅伯杰. 景观格局-土壤侵蚀研究中景观指数的意义解释及局限性. *生态学报*, 2011, 31(1): 267-275.
- [12] 陈利顶, 刘洋, 吕一河, 冯晓明, 傅伯杰. 景观生态学中的格局分析: 现状、困境与未来. *生态学报*, 2008, 28(11): 5521-5531.
- [13] 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.
- [15] 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.
- [17] 王计平. 景观格局对流域侵蚀产沙及泥沙输移过程影响研究. 北京: 中国科学院生态环境研究中心, 2010.
- [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.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 19 October, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Ecology research and its effects on social development in China	LI Wenhua (5421)
The current mission of ecology-advancing under the situation of chaos and innovation	JIANG Youxu (5429)
Resilience thinking: development of ecological concept	PENG Shaolin (5433)
A review of research progress and future prospective of forest soil carbon stock and soil carbon process in China	LIU Shirong, WANG Hui, LUAN Junwei (5437)
Research on carbon budget and carbon cycle of terrestrial ecosystems in regional scale: a review	YU Guirui, FANG Huajun, FU Yuling, et al (5449)
Advances in the studying of the relationship between landscape pattern and river water quality at the watershed scale	LIU Lijuan, LI Xiaoyu, HE Xingyuan (5460)
Research on the protection of <i>Davidia involucrata</i> populations, a rare and endangered plant endemic to China	CHEN Yan, SU Zhixian (5466)
Progress on water resources input-output analysis	XIAO Qiang, HU Dan, GUO Zhen, et al (5475)
Research advances of contraception control of rodent pest in China ...	LIU Hanwu, WANG Rongxin, ZHANG Fengqin, et al (5484)
Response of vegetation to climate change and human activity based on NDVI in the Three-River Headwaters region	LI Huixia, LIU Guohua, FU Bojie (5495)
Remediation of blowout pits by clonal plants in Mu Us Sandland	YE Xuehua, DONG Ming (5505)
Precipitation trends during 1961—2010 in the Loess Plateau region of China	WANG Qixiang, FAN Xiaohui, WANG Mengben (5512)
An evaluation method for forest resources sustainability	CUI Guofa, XING Shaohua, JI Wenyuan, et al (5524)
Effects of landscape patterns on soil and water loss in the hilly area of loess plateau in China: landscape-level and comparison at multiscale	WANG Jiping, YANG Lei, WEI Wei, et al (5531)
The impacts of future climatic change on agricultures and eco-environment of Loess Plateau in next decade	E Youhao, SHI Qian, MA Yuping, et al (5542)
Valuation of ecological capital in Shandong coastal waters: standing stock value of biological resources	DU Guoying, CHEN Shang, XIA Tao, et al (5553)
Valuation of ecological capital in Shandong coastal waters: provisioning service value	WANG Min, CHEN Shang, XIA Tao, et al (5561)
The dynamics of the structure and plant species diversity of evergreen broadleaved forests in Damingshan National Nature Reserve after a severe ice storm damage in 2008, China	ZHU Hongguang, LI Yanqun, WEN Yuanguang, et al (5571)
Interactive effects of low phosphorus and drought stress on dry matter accumulation and phosphorus efficiency of soybean plants	QIAO Zhenjiang, CAI Kunzheng, LUO Shiming (5578)
The eco-efficiency evaluation of the model city for environmental protection in China	YIN Ke, WANG Rusong, YAO Liang, et al (5588)
Pollution footprint and its application in regional water pollution pressure assessment: a case study of Huzhou City in the upstream of Taihu Lake Watershed	JIAO Wenjun, MIN Qingwen, CHENG Shengkui, et al (5599)
Ecological effect of green space of Shanghai in different spatial scales in past 20 years	LING Huanran, WANG Wei, FAN Zhengqiu, et al (5607)
Assessing indicators of eco-mobility in the scale of urban communities ...	DAI Xin, ZHOU Chuanbin, WANG Rusong, et al (5616)
Spatial structure of urban ecological land and its dynamic development of ecosystem services: a case study in Changzhou City, China	LI Feng, YE Yaping, SONG Bowen, et al (5623)
The carbon emissions embodied in Chinese household consumption by the driving factors	YAO Liang, LIU Jingru, WANG Rusong (5632)
The research on eco-efficiency and carbon reduction of recycling coal mining solid wastes: a case study of Huabei City, China	ZHANG Haitao, WANG Rusong, HU Dan, et al (5638)
Effects of urban shading on photosynthesis of <i>Euonymus japonicas</i>	YU Yingying, HU Dan, GUO Erhui, et al (5646)

Ecological view of traditional rural settlements: a case study in Yongnan of Guangdong Province	JIANG Xueting, YAN Lijiao, HOU Deqian (5654)
The altitudinal pattern of insect species richness in the Three Gorge Reservoir Region of the Yangtze River: effects of land cover, climate and sampling effort	LIU Ye, SHEN Zehao (5663)
Spatial-temporal patterns of fishing grounds and resource of Chilean jack mackerel (<i>Trachurus murphyi</i>) in the Southeast Pacific Ocean	HUA Chengjun, ZHANG Heng, FAN Wei (5676)
Impacts of <i>Ambrosia artemisiifolia</i> invasion on community structure of soil meso- and micro- fauna	XIE Junfang, QUAN Guoming, ZHANG Jiaen, et al (5682)
Appearance in spring and disappearance in autumn of <i>Bemisia tabaci</i> in China	CHEN Chunli, ZHI Junrui, GE Feng, et al (5691)
Water use strategies of <i>Malus toringoides</i> and its accompanying plant species <i>Berberis aemulans</i>	XU Qing, WANG Haiying, LIU Shirong (5702)
Analysis of vertical profiles of soil CO ₂ efflux in Chinese fir plantation	WANG Chao, HUANG Qunbin, YANG Zhijie, et al (5711)
Eco-toxicological effects of four herbicides on typical aquatic snail <i>Pomacea canaliculata</i> and <i>Crown conchs</i>	ZHAO Lan, LUO Shiming, LI Huashou, et al (5720)
Effects of short-term cold-air outbreak on soil respiration and its components of subtropical urban green spaces	LI Xibo, ZENG Wenjing, LI Jinqian, et al (5728)
Effects of landscape pattern on watershed soil erosion and sediment delivery in hilly and gully region of the Loess Plateau of China: patch class-level	WANG Jiping, YANG Lei, WEI Wei, et al (5739)
Partitioning and mapping the sources of variations in the ensemble forecasting of species distribution under climate change: a case study of <i>Pinus tabulaeformis</i>	ZHANG Lei, LIU Shirong, SUN Pengsen, et al (5749)
Relationship between masson pine tree-ring width and NDVI in North Subtropical Region	WANG Ruili, CHENG Ruimei, XIAO Wenfa, et al (5762)
Effects of species composition on canopy rainfall storage capacity in an alpine meadow, China	YU Kailiang, CHEN Ning, YU Sisheng, et al (5771)
Dynamics of soil water conservation during the degradation process of the Zoigê Alpine Wetland	XIONG Yuanqing, WU Pengfei, ZHANG Hongzhi, et al (5780)
Soil urease activity during different vegetation successions in karst peak-cluster depression area of northwest Guangxi, China	LIU Shujuan, ZHANG Wei, WANG Kelin, et al (5789)
Analysis the effect of region impacting on the biomass of domestic Masson pine using mixed model	FU Liyong, ZENG Weisheng, TANG Shouzheng (5797)
Influence of fire on a <i>Pinus massoniana</i> soil in a karst mountain area at the center of Guizhou Province, China	ZHANG Xi, ZHU Jun, CUI Yingchun, et al (5809)
The growth and distribution of <i>Platyclus orientalis</i> Seed-base seedling root in different culture periods	YANG Xitian, DONG Nalin, YAN Dongfeng, et al (5818)
Effects of complex pollution of CTAB and Cd ²⁺ on the growth of Chinese sweetgum seedlings	ZHANG Qin, XUE Jianhui, LIU Chenggang (5824)
The influence of volatiles of three invasive plants on the roots of upland rice seedlings	ZHANG Fengjuan, XU Xingyou, GUO Aiying, et al (5832)
Age structure and regeneration strategy of the dominant species in a <i>Castanopsis carlesii</i> - <i>Schima superba</i> forest	SONG Kun, SUN Wen, DA Liangjun (5839)
A study on application of hepatic microsomal CYP1A biomarkers from <i>Sebastiscus marmoratus</i> to monitoring oil pollution in Xiamen waters	ZHANG Yusheng, ZHENG Ronghui, CHEN Qingfu (5851)
The method of measuring energy flow and pin ecological networks by input-output flow analysis	LI Zhongcai, XI Xudong, GAO Qin, et al (5860)

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 19 期 (2011 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 19 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		



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