

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

刘丽娟, 李小玉, 何兴元. 流域尺度上的景观格局与河流水质关系研究进展. 生态学报, 2011, 31 (19): 5460-5465.

Liu L J, Li X Y, He X Y. Advances in the studying of the relationship between landscape pattern and river water quality at the watershed scale. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31 (19): 5460-5465.

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*

(森林与土壤生态国家重点实验室, 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016)

摘要: 利用景观生态学原理研究流域尺度上土地利用及其空间格局对河流水质的影响, 已成为流域环境研究中的热点问题。在综合评价国内外土地利用变化与河流水质关系研究的基础上, 阐述了景观格局在流域水环境研究中的重要性, 并根据国内外研究进展, 对景观格局与水质关系的研究方法和手段进行了分类分析, 同时也对流域尺度上的景观-水质模型研究进展也进行了分析总结, 最后指出了景观格局与水质关系研究的核心问题和未来研究的热点方向。

关键词: 景观格局; 河流水质; 流域尺度; 模拟

Advances in the studying of the relationship between landscape pattern and river water quality at the watershed scale

LIU Lijuan, LI Xiaoyu, HE Xingyuan*

State Key Laboratory of Forest and Soil Ecology, Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China

Abstract: It is a hot issue that to study the relationship between land use pattern and river water quality by the principle of landscape ecology at the watershed scale. Based on the overview of the international research of this issue, this paper discussed the importance of landscape pattern in the study of water environment at the watershed scale, analyzed and classified the research methods of the relationship between landscape pattern and river water quality at the watershed scale. The watershed landscape-water quality models were also overviewed. The scientific problems and hot direction of the research of landscape pattern and river water quality were also put forward.

Key Words: landscape pattern; river water quality; watershed; modeling

随着人类社会的不断发展, 景观格局在流域到全球的多种尺度上都发生了显著变化, 并由此不断改变着地球表面的生物、能量和水分等多种过程, 使之成为上个世纪以来最受关注的科学问题之一^[1]。而农业用地的持续增加则是景观格局变化的关键因素, 占全球土地 40% 的农业生产每年的用水量达全球用水总量的 85%^[2], 并且到 2050 年仍将有 10 亿 hm^2 的自然生态系统被转化为农业用途^[3], 农业已成为水体氮、磷污染的最主要来源^[4]。水环境对景观格局变化极为敏感, 水域(湿地)面积、分布格局、水质、水文特征等的变化, 与土地变化和人类活动有着密切的关系^[5-6], 随着全球范围内 IGBP 和 LUCC 计划的推行, 有关景观格局变化的水环境效应研究已经成为资源环境领域科学研究的热点问题之一^[7], 并已取得了不少研究成果。本文对流域尺度上景观格局与河流水质的关系研究进行了综述, 对研究方法进行了分类, 在综合研究现状的基础上, 提出了未来研究的新方向。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40971272, 40830746)

收稿日期: 2011-03-23; **修订日期:** 2011-09-16

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hexy@iae.ac.cn

1 流域尺度上的土地利用与水质关系研究

有关土地利用与河流水质关系的研究已有较长时间^[8],许多研究表明土地利用与河流水体中的氮、磷含量有着显著关系^[9],这种关系随着非点源污染的广泛关注而被进一步证实^[10]。Johnson^[11]对有关土地利用和水质关系的研究进行了系统总结和分析,认为 GIS 和空间分析技术将成为量化研究土地利用和水质关系的基础工具,并将这一过程分为 3 个阶段:第 1 阶段始于 20 世纪 60 年代,研究内容主要集中于流域形态特征对河流浊度、溶解氧和温度的影响^[12];第 2 阶段为 20 世纪 70 年代,主要研究河流污染物的动态变化和定量分析污染源的扩散^[13];第 3 阶段为利用遥感、GIS 和多元统计等技术手段综合分析土地利用与河流沉积物^[14-15]、营养元素^[16]等的相互关系,尽管近年来有关该内容的研究有很多,但仍没有形成一种综合而有效的方法,研究结果也因所用方法的不同而不相一致。

有关土地利用与河流水质的研究,常在不同的尺度上得到不同的结果^[17],如 Roth^[18]在不同尺度上研究了生物群落和景观类型的关系,发现大尺度的土地利用更有利于解释水环境中的生物群落状况;而 Lammert^[19]在同一研究区所进行的类似研究且表明,小尺度的土地利用与水环境的关系则更为密切。Kearns^[20]认为出现这种结果的原因是研究方法都过度依赖于景观组成指标(如农业或城镇用地所占的百分比),没有充分考虑到景观格局的空间形状和排列等指标,而这些指标则可更好的解释土地利用在空间配置、连通性、邻接特征等方面的差异对水质的影响。

2 流域尺度上的景观格局与河流水质关系研究

近年来的许多研究将景观生态学的空间格局引入到土地利用与水质关系的研究中,试图建立景观指数与流域水质之间的量化关系,研究方法和手段可以概括为 4 个方面。

(1)“子流域”分析法:即将某一流域分解为足够数量的子流域作为分析样本,然后分别计算每个子流域的景观指标,并监测其水质特征,以子流域作为样本对景观指标和水质进行相关性分析。如 Jones^[14]分析了美国东部 78 个小流域的 6 个水质指标与 16 个景观指标之间的相关性,发现景观指标可解释水质变化因素的 65%—86%,但景观指标仍以景观类型比例为主,没有考虑格局指标;Kearns^[20]将一个 2200km²的流域划分为 84 个子流域,分析了景观格局指数与水质特征的相关性,结果表明斑块密度和斑块形状可解释 85% 的相关性;Griffith^[21]选取了 290 个大小不等的小流域,比较分析了土地利用类型、NDVI 和河流水质间的相互关系,结果发现与河流水质的相关性 NDVI 显著高于土地利用类型比例;Johnson^[22]将流域划分为 85 个子流域,选取了 3 个景观组分指标和 11 个空间格局指标,分析了景观指标与水质的关系,结果表明荒草地面积是最好的水质度量指标,这与 King^[23]强调空间格局指标的结论正好相反;Amiri^[24]以 21 个子流域作为研究对象,选取景观类型面积比例和斑块、类型、流域 3 个尺度上的空间格局指标,通过多元线性回归分析了它们和水质指标之间的关系,结果表明类型水平上景观指数可有效的反应水质变化特征;Tu^[25]通过地理加权回归模型分析了 84 个子流域的水质和土地利用指标关系,结果表明土地利用指标的水质解释能力随着流域尺度上的城市化程度而变化。

基于“子流域”的景观格局与河流水质关系研究,是近年来非点源污染研究的热点问题,但由于子流域划分的不确定性以及子流域之间景观类型比例的差异性,使得研究结果也具有一定的区域性和不确定性。总体上来说,该方法更加适合于子流域特征明显的流域上游或者受人类干扰相对较小的区域。

(2)“缓冲区”分析法:借助于缓冲区的设置,以河流或观测站(采样点)为中心设定不同距离的缓冲区,从空间上研究土地利用类型与河流的距离对水质的影响。如 Basnyat^[26]根据距离河道的远近和地形将流域划分为河岸带和影响带,分别在流域、河岸带、影响带 3 个水平上分析了土地利用类型的面积比例与水质指标之间的相关性,结果发现流域水平的土地利用和水质回归关系不显著,而河岸带和影响带的回归关系都是显著的,靠近河道的河岸带,正作用景观(林地和草地)和负作用景观(集镇、农田、果园)对水质的影响程度明显高于远离河道的影响带;King^[23]通过对河流和河流采样点进行不同距离的缓冲区设定,用距离加权值来代替土地利用的空间格局(形状和组合),在空间尺度上研究了流域土地利用和河流生态指标的关系,认为某一

土地利用类型与水环境的简单相关性无法与其它土地利用类型分离,当将各种土地利用类型的作用综合考虑时,这种相关性就完全不同了;Nash^[27]对河流分别以 0、30m 和 60m 计算缓冲区,对采样点以 300 和 600m 计算缓冲区,然后分别以流域和缓冲区内的各土地利用类型比例及河流长度和河网密度作为景观指数,分析了土地利用与水质特征的关系。

该方法的优点是易于量化不同土地利用类型对河流水质的影响范围和影响程度,缺点是由于缓冲区较窄的带状特征对土地利用的空间格局考虑较少,过于强调景观类型的作用,研究结果对空间格局效应体现不够。

(3)“梯度”分析法:即在流域尺度上通过城乡梯度带分析人类活动对河流水质的影响。Wear^[28]研究了城乡梯度带的景观格局变化过程,并探讨了将其用于水质分析的可能,认为流域最偏远部分以及城市外围带是两个对水质影响最大的区域;Wang^[29]应用综合污染指标研究了城市化背景下上海城区、郊区和农村区域对地表水质的影响,发现农村地区的水质污染最为严重。

该方法可用于在较大的流域尺度上甄别河流污染主要来源,分析流域从上游到下游的污染动态,也可用于量化分析城镇等人口聚集区对河流水质的影响范围和程度。但在采样梯度设定时应尽可能避免工业点源对于分析结果的影响。

(4)“源-汇”理论的应用:即通过“源”、“汇”景观之间的各种比例关系,定量表达景观-水质之间的格局-过程关系。陈利顶等^[30]基于“源-汇”理论提出了非点源污染过程的景观格局评价模型——景观空间负荷对比指数;岳隽^[31]利用灰色关联分析方法研究了深圳市西部水库流域景观格局指数与水质指标的关联关系,并探讨不同时空尺度上“源”“汇”景观空间分异特征变化对水质的影响程度。

该方法较好的结合了景观格局和面源污染过程,但是由于计算过程的复杂和相关参数获取的不确定性,在实际应用中还有待进一步完善。

从以上综述可以看出,从景观生态学的角度出发,探索景观内不同土地利用及其格局对生态过程的影响,而不是局限在某一景观单元范围内,这种探索代表了一个富有发展潜力的方向^[32]。然而,较多的景观指数被用于水环境研究的过程中也出现了许多具体问题,如:用于样本分析的有些子流域仅有少数几个斑块,无法计算格局指数;由于不同流域中景观格局的差异而导致同一指数得到相反的结果,以及其他一些外部决定性因素导致景观指数失灵等情况^[16];景观类型的面积比例和景观空间格局指数,究竟那类与水质的关系更为密切?还有待进一步探索和完善。

以上几个方面的研究在国际上已有较多的探索,但在国内还较少,究其原因,一方面是由于国内的水环境监测站点和网络不够完善,流域尺度上的水环境数据无法满足研究需求;另一方面是国内研究在小尺度上较为深入,而对流域尺度重视不够。景观生态学为研究流域的宏观景观结构变化和水环境过程演变及其关系提供了一种新的视角和方法,因此,以流域作为研究单元,在不同尺度上开展景观格局与水环境的量化研究,从宏观尺度上为区域水环境保护和管理提供科学依据,同时,也对景观生态学理论在流域水环境研究中的应用进行探索,应该是未来流域尺度上有关水环境研究的重点内容之一。

3 流域景观-水质机理模型研究

人类活动对生态环境的影响主要发生在流域生态系统尺度上,尤其农业生产活动导致的非点源污染,主要通过影响流域生态系统,进而影响人类生存质量和可持续发展。非点源污染的影响因素一般包括流域气候因子、人类活动影响、下垫面状况等,其中气候因子是非人为可调控的,而农业污染物质排放受到集约化农业发展的压力,难以实现减量,因此,作为下垫面主要指标的土地利用和景观结构,就成了控制非点源污染的支配性因子^[33]。景观结构/土地利用不仅决定着诸如蒸发、渗透、地表径流、地下流等水文过程参数的率定,而且对土壤侵蚀过程、污染物质的形态与迁移也会产生重大影响,无疑是景观-水质模型的重要内容^[34]。流域景观结构/土地利用与水质关系成为研究热点,出现了数以百计的模拟模型,Borah 和 Bera^[35-36]从数学基础和应用两大方面对流域尺度上的 11 个景观-水质模型进行了系统的分析和比较,这些模型包括连续模型(ANSWERS-Continuous、AnnAGNPS、HSPF 和 SWAT)、单次事件模型(AGNPS、ANSWERS、DWSM 和

KINEROS) 以及长期和单次混合模型(CASC2D、MIKE SHE 和 PRMS),通过数学基础的综合分析,认为 SWAT 模型最适合于以农业占主导地位的流域长期模拟,HSPF 模型最适合于农业和城市混合流域的长期模拟,而 DWSM 模型最适合于农业和城郊流域的单次暴雨事件模拟。基于上述结论,对最为常用的 SWAT 和 HSPF 两大连续模拟模型的应用进展进行比较和分析。

SWAT 模型是一个具有很强物理机制的长时段流域分布式水文模型,它能够利用 GIS 和 RS 提供的空间数据信息,模拟复杂流域中多种不同的水文物理过程,包括水、沙、化学物质和杀虫剂等输移与转化过程。HSPF 模型经过多次改进和完善,现已发展到 12.0 版本,具有可视化的操作界面,是最完善的水文水质模型之一,可在不同流域用于径流、非点源污染、农药、土地管理等模拟与预测。SWAT 和 HSPF 都被集成于美国环保局开发的流域管理模型 BASINS 系统中,该系统基于 GIS 环境,是达到最新技术水平的环境评价和模拟系统。

SWAT 和 HSPF 都可用于较大的流域尺度,能够反映地形、土壤、土地利用等特征在流域尺度上的空间异质性。对于该两大经典模型的适应性及其模拟和预测能力等方面的差异,已有较多的研究进行了分析比较。在径流模拟与预测方面, Van Liew^[37] 通过对 SWAT 和 HSPF 模型 3 个定量指标和 2 个定性指标的比较发现, HSPF 在模型校正流域的结果较好,而 SWAT 在模型验证流域的结果较好,认为模型效果的差异主要由两个模型产流机制的不同造成,并且认为 SWAT 模型更适合于模拟长期气候变化对地表水资源的影响;在水质模拟方面, Nasra^[38] 分析比较了它们对 P 扩散的模拟,发现 SWAT 模拟的日总磷量校正结果更好,而另一研究也表明 SWAT 对营养物质荷载的模拟同样强于 HSPF^[39],并认为 HSPF 对营养物质的低估是由于没有考虑到农业管理实践;而 Im^[40] 的比较结果则不同,发现两个模型都可较好的模拟径流和沉积物的变化,但 HSPF 的模拟精度高于 SWAT, HSPF 更适合于时间步长大于 1 月的模拟。可见两个模型互有长短,在不同的流域有不同的表现,在流域水质模拟中都得到广泛的应用^[36]。

近几年来,流域模拟模型与 GIS 的结合越来越被重视,已成为一种发展趋势^[41]。以数据库、模型库、知识库三库集成为主体的决策支持系统(Decision Support System, DSS)与基于 GIS 的空间分析技术相结合,即空间型决策支持系统(Spatial DSS, SDSS),是流域水质模拟的新阶段和重要趋势。

在国内, SWAT 和 HSPF 模型用于流域水文模拟的研究已经很多,而且方法和技术不断改进,发展成熟^[42-43],但在流域水质模拟方面和景观格局的集成应用较少^[33],仅在小流域尺度有所探索^[44-45],对于模型的本地化和改进还需进一步探索。

4 研究展望

许多研究表明流域尺度上景观格局对于河流水环境的影响极为显著,景观格局及其表征指数可有效解释流域各种水环境效应^[46],并且通过定点比较和经验模型等方法建立了土地利用和水环境特征之间的统计关系^[6],但大多数研究仅限于不同土地利用类型对水质的影响或小尺度的河岸带范围内^[47-48],而从景观生态学的角度对土地利用空间格局的综合水质效应研究却较少。虽然近年来有关景观空间格局与水质关系的研究已有探索,但大多仅限于景观指数与水质关系敏感性的分析和甄别^[20]。因此,关于土地利用的空间格局与水环境的量化关系,既是目前研究的热点,也是难点所在,不论从理论探索还是从实践应用上都具有重要意义,在今后的研究中应重点加强以下几个方面:

(1) 建立流域尺度上的水质长期监测网络,由于河流水质的不稳定性,只有长期的监测数据才能够和景观格局匹配;

(2) 筛选与河流水质关系密切的景观指数,由于许多景观指数的不确定性,不同的研究者在不同的研究区域选用了不同的景观指数,造成了景观指数与河流水质关系研究的随机性;

(3) 排除点源污染的影响,由于人类活动的加剧,部分点源污染能够通过景观格局体现,而有些点源污染的影响力则无法在格局分析中体现,需在流域尺度研究中予以排除。

References:

- [1] Lambin E F, Turner B L, Geist H J, Agbola S B, Angelsen A, Bruce J W, Coomes O T, Dirzo R, Fischer G, Folke C, George P S, Homewood K, Imbernon J, Leemans R, Li X B, Moran E F, Mortimore M, Ramakrishnan P S, Richards J F, Skånes H, Steffen W, Stone G D, Svedin U, Veldkamp T A, Vogel C, Xu J C. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, 2001, 11(4): 261-269.
- [2] Turner B L II, Lambin E F, Reenberg A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2007, 104(52): 20666-20671.
- [3] Tilman D, Fargione J, Wolff B, D'Antonio C, Dobson A, Howarth R, Schindler D, Schlesinger W H, Simberloff D, Swackhamer D. Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science*, 2001, 292(5515): 281-284.
- [4] Foley J A, DeFries R, Asner G P, Barford C, Bonan G, Carpenter S R, Chapin F S, Coe M T, Daily G C, Gibbs H K, Helkowski J H, Holloway T, Howard E A, Kucharik C J, Monfreda C, Patz J A, Prentice I C, Ramankutty N, Snyder P K. Global consequences of land use. *Science*, 2005, 309(5734): 570-574.
- [5] Azous A L, Horner R R. *Wetlands and Urbanization: Implications for the Future*. Boca Raton: CRC Press LLC, 2001.
- [6] Allan J D. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 2004, 35(1): 257-284.
- [7] DeFries R, Eshleman K N. Land-use change and hydrologic processes: a major focus for the future. *Hydrological Processes*, 2004, 18(11): 2183-2186.
- [8] Lenat D R, Crawford J K. Effects of land use on water quality and aquatic biota of three North Carolina Piedmont streams. *Hydrobiologia*, 1994, 294(3): 185-199.
- [9] Hall K J, Schreier H. Urbanization and agricultural intensification in the lower Fraser River Valley: impacts on water use and quality. *GeoJournal*, 1996, 40(1/2): 135-146.
- [10] Ritter W F, Shirmohammadi A. *Agricultural Nonpoint Source Pollution: Watershed Management and Hydrology*. Boca Raton: Lewis Publishers, 2001.
- [11] Johnson L B, Richarads C, Host G E, Arthur J W. Landscape influences on water chemistry in midwestern stream ecosystems. *Freshwater Biology*, 1997, 37(1): 193-208.
- [12] Kuehne R A. A classification of streams, illustrated by fish distribution in an eastern Kentucky creek. *Ecology*, 1962, 43(4): 608-614.
- [13] Thomas G W, Crutchfield J D. Nitrate-nitrogen and phosphorus contents of streams draining small agricultural watersheds in Kentucky. *Journal of Environmental Quality*, 1974, 3: 46-49.
- [14] Jones K B, Neale A C, Nash M S, van Remortel R D, Wickham J D, Riitters K H, O'Neill R V. Predicting nutrient and sediment loadings to streams from landscape metrics: a multiple watershed study from the United States Mid-Atlantic Region. *Landscape Ecology*, 2001, 16(4): 301-312.
- [15] Ahearn D S, Sheibley R W, Dahlgren R A, Anderson M, Johnson J, Tate K W. Land use and land cover influence on water quality in the last free-flowing river draining the western Sierra Nevada, California. *Journal of Hydrology*, 2005, 313(3/4): 234-247.
- [16] Griffith J. *Interrelationships Among Landscapes, NDVI, and Stream Water Quality in the U. S. Central Plains [D]*. Lawrence: Department of Geography, University of Kansas, 2000: 222-222.
- [17] Dovciak A L, Perry J A. In search of effective scales for stream management: does agroecoregion, watershed, or their intersection best explain the variance in stream macroinvertebrate communities?. *Environmental Management*, 2002, 30: 365-377.
- [18] Roth N E, Allan J D, Erickson D L. Landscape influences on stream biotic integrity assessed at multiple spatial scales. *Landscape Ecology*, 1996, 11(3): 141-156.
- [19] Lammert M, Allan J D. Assessing biotic integrity of streams: effects of scale in measuring the influence of land use/cover and habitat structure on fish and macroinvertebrates. *Environmental Management*, 1999, 23(2): 257-270.
- [20] Kearns F R, Kelly N M, Carter J L, Resh V H. A method for the use of landscape metrics in freshwater research and management. *Landscape Ecology*, 2005, 20(1): 113-125.
- [21] Griffith J, Martinko E A, Whistler J L, Price K P. Interrelationships among landscapes, NDVI, and stream water quality in the U. S. Central Plains. *Ecological Applications*, 2002, 12(6): 1702-1718.
- [22] Johnson G D, Patil G P. *Landscape Pattern Analysis for Assessing Ecosystem Condition*. New York: Springer Science+Business Media, LLC, 2006: 57-78.
- [23] King R S, Baker M E, Whigham D F, Weller D E, Jordan T E, Kazyak P F, Hurd M K. Spatial considerations for linking watershed land cover to ecological indicators in streams. *Ecological Applications*, 2005, 15(1): 137-153.
- [24] Amiri B J, Nakane K. Modeling the linkage between river water quality and landscape metrics in the Chugoku District of Japan. *Water Resources Management*, 2009, 23(5): 931-956.
- [25] Tu J. Spatially varying relationships between land use and water quality across an urbanization gradient explored by geographically weighted regression. *Applied Geography*, 2011, 31(1): 376-392.
- [26] Basnyat P, Teeter L D, Flynn K M, Lockaby B G. Relationships between landscape characteristics and nonpoint source pollution inputs to coastal

- estuaries. *Environmental Management*, 1999, 23(4): 539-549.
- [27] Nash M S, Heggem D T, Ebert D, Wabe T G, Hall R K. Multi-scale landscape factors influencing stream water quality in the state of Oregon. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2009, 156(1/4): 343-360.
- [28] Wear D N, Monnica G T, Robert J N. Land cover along an urban-rural gradient: implications for water quality. *Ecological Applications*, 1998, 8(3): 619-630.
- [29] Wang J Y, Da L J, Song K, Li B L. Temporal variations of surface water quality in urban, suburban and rural areas during rapid urbanization in Shanghai, China. *Environmental Pollution*, 2008, 152(2): 387-393.
- [30] 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.
- [31] Yue J, Wang Y L, Li G C, Wu J S, Xie M M. The influence of landscape spatial difference on water quality at differing scales: a case study of Xili reservoir watershed in Shenzhen city. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(12): 5271-5281.
- [32] Turner M G. Landscape ecology: what is the state of the science?. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 2005, 36: 319-344.
- [33] Hao F H. *Watershed Water Quality Models and Modeling*. Beijing: Beijing Normal University Publishing Group, 2008.
- [34] Jin W B, Li B L. Development of watershed-scale landscape-water quality models. *Science and Technology Review*, 2008, 26(7): 72-77.
- [35] Borah D K, Bera M. Watershed-scale hydrologic and nonpoint-source pollution models: review of mathematical bases. *Transactions of the ASAE*, 2003, 46(6): 1553-1566.
- [36] Borah D K, Bera M. Watershed-scale hydrologic and nonpoint-source pollution models: review of applications. *Transactions of the ASAE*, 2004, 47(3): 789-803.
- [37] van Liew M W, Arnold J G, Garbrecht J D. Hydrologic simulation on agricultural watersheds: choosing between two models. *Transactions of the ASAE*, 2003, 46(6): 1539-1551.
- [38] Nasr A, Bruen M, Jordan P, Moles R, Kiely G, Byrne P. A comparison of SWAT, HSPF and SHETRAN/GOPC for modelling phosphorus export from three catchments in Ireland. *Water Research*, 2007, 41(5): 1065-1073.
- [39] Saleh A, Du B. Evaluation of SWAT and HSPF within basins program for the upper north Bosque River watershed in central texas. *Transactions of the ASAE*, 2004, 47(4): 1039-1049.
- [40] Im S, Brannan K M, Mostaghimi S, Kim S M. Comparison of HSPF and SWAT models performance for runoff and sediment yield prediction. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 2007, 42(11): 1561-1570.
- [41] Strager M P, Fletcher J J, Strager J M, Yuill C B, Eli R N, Lamont S J. Watershed analysis with GIS: the watershed characterization and modeling system software application. *Computers and Geosciences*, 2010, 36(7): 970-976.
- [42] Liu C M, Zheng H X, Wang Z G. *Watershed Distributed Hydrological Model*. Zhengzhou: Yellow River Conservancy Press, 2006.
- [43] Yu Z B. *Principle and Application of Watershed Distributed Hydrological Model*. Beijing: Science Press, 2008.
- [44] Gao Y, Zhu B, Zhou P, Zhi Y E, Tang J L. Study on the application AnnAGNPS and SWAT to non-point resource pollution research: a case of Yanting Agro-Ecological Experimental Station, Chinese Academy of Sciences. *Journal of Shanghai Jiaotong University (Agricultural Science)*, 2008, 6(6): 567-572.
- [45] Qin Y M, Xu Y L, Li H E. SWAT model of non-point source pollution under different land use scenarios in the Heihe river basin. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2009, 29(2): 440-448.
- [46] de la Cr  taz A L, Barten P K. *Land Use Effects on Streamflow and Water Quality in the Northeastern United States*. Boca Raton: Taylor and Francis Group, LLC, 2007.
- [47] Singh V P, Frevert D K. *Watershed Models*. Boca Raton: CRC Press, 2006.
- [48] Zampella R A, Procopio N A, Lathrop R G, Dow C L. Relationship of land-use/land-cover patterns and surface-water quality in the Mullica River Basin. *Journal of the American Water Resources Association*, 2007, 43(3): 594-604.

参考文献:

- [30] 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.
- [31] 岳隼, 王仰麟, 李贵才, 吴健生, 谢苗苗. 不同尺度景观空间分异特征对水体质量的影响——以深圳市西丽水库流域为例. *生态学报*, 2007, 27(12): 5271-5281.
- [33] 郝芳华. *流域水质模型与模拟*. 北京: 北京师范大学出版社, 2008.
- [34] 金卫斌, 李百炼. 流域尺度的景观-水质模型研究进展. *科技导报*, 2008, 26(7): 72-77.
- [42] 刘昌明, 郑红星, 王中根. *流域水循环分布式模拟*. 郑州: 黄河水利出版社, 2006.
- [43] 余钟波. *流域分布式水文学原理及应用*. 北京: 科学出版社, 2008.
- [44] 高扬, 朱波, 周培, 支月娥, 唐家良. AnnAGNPS 和 SWAT 模型对非点源污染的适用性研究——以中国科学院盐亭紫色土生态试验站为例. *上海交通大学学报(农业科学版)*, 2008, 6(6): 567-572.
- [45] 秦耀民, 胥彦玲, 李怀恩. 基于 SWAT 模型的黑河流域不同土地利用情景的非点源污染研究. *环境科学学报*, 2009, 29(2): 440-448.

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 in 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