

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica



第31卷 第14期 Vol.31 No.14 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 (SHENTAI XUEBAO)

第31卷 第14期 2011年7月 (半月刊)

## 目 次

厦门市三个产业土地利用变化的敏感性.....	黄 静,崔胜辉,李方一,等 (3863)
黄河源区沙漠化及其景观格局的变化.....	胡光印,董治宝,逯军峰,等 (3872)
岩溶山区景观多样性变化的生态学意义对比——以贵州四个典型地区为例.....	罗光杰,李阳兵,王世杰,等 (3882)
基于城市地表参数变化的城市热岛效应分析 .....	徐涵秋 (3890)
北京市土地利用生态分类方法.....	唐秀美,陈百明,路庆斌,等 (3902)
长白山红松臭冷杉光谱反射随海拔的变化.....	范秀华,刘伟国,卢文敏,等 (3910)
臭冷杉生物量分配格局及异速生长模型.....	汪金松,张春雨,范秀华,等 (3918)
渔山岛岩礁基质潮间带大型底栖动物优势种生态位.....	焦海峰,施慧雄,尤仲杰,等 (3928)
食物质量差异对树麻雀能量预算和消化道形态特征的影响.....	杨志宏,邵淑丽 (3937)
桂西北典型喀斯特区生态服务价值的环境响应及其空间尺度特征.....	张明阳,王克林,刘会玉,等 (3947)
隔沟交替灌溉条件下玉米根系形态性状及结构分布.....	李彩霞,孙景生,周新国,等 (3956)
不同抗病性茄子根系分泌物对黄萎菌的化感作用.....	周宝利,陈志霞,杜 亮,等 (3964)
铜在草-菇-土系统中的循环与生物富集效应 .....	翁伯琦,姜照伟,王义祥,等 (3973)
鄱阳湖流域泥沙流失及吸附态氮磷输出负荷评估 .....	余进祥,郑博福,刘娅菲,等 (3980)
柠条细根的分布和动态及其与土壤资源有效性的关系.....	史建伟,王孟本,陈建文,等 (3990)
土壤盐渍化对尿素与磷酸脲氨挥发的影响.....	梁 飞,田长彦 (3999)
象山港海域细菌的分布特征及其环境影响因素.....	杨季芳,王海丽,陈福生,等 (4007)
近地层臭氧对小麦抗氧化酶活性变化动态的影响.....	吴芳芳,郑有飞,吴荣军,等 (4019)
抑制剂和安全剂对高羊茅根中酶活性和菲代谢的影响.....	龚帅帅,韩 进,高彦征,等 (4027)
南苜蓿高效共生根瘤菌土壤的筛选.....	刘晓云,郭振国,李乔仙,等 (4034)
汉江上游金水河流域土壤常量元素迁移模式.....	何文鸣,周 杰,张昌盛,等 (4042)
基于地理和气象要素的春玉米生育期栅格化方法 .....	刘 勤,严昌荣,梅旭荣,等 (4056)
日光温室切花郁金香花期与外观品质预测模型 .....	李 刚,陈亚茹,戴剑锋,等 (4062)
冀西北坝上半干旱区南瓜油葵间作的水分效应.....	黄 伟,张俊花,李文红,等 (4072)
<b>专论与综述</b>	
鸟类分子系统地理学研究进展 .....	董 路,张雁云 (4082)
自然保护区空间特征和地块最优化选择方法 .....	王宜成 (4094)
人类活动是导致生物均质化的主要因素.....	陈国奇,强 胜 (4107)
冬虫夏草发生的影响因子.....	张吉忍,余俊锋,吴光国,等 (4117)
自然湿地土壤产甲烷菌和甲烷氧化菌多样性的分子检测.....	余晨兴,全 川 (4126)
<b>研究简报</b>	
塔里木河上游典型绿洲不同连作年限棉田土壤质量评价 .....	贡 璐,张海峰,吕光辉,等 (4136)
高山森林凋落物分解过程中的微生物生物量动态.....	周晓庆,吴福忠,杨万勤,等 (4144)
生物结皮粗糙特征——以古尔班通古特沙漠为例.....	王雪芹,张元明,张伟民,等 (4153)
不同海拔茶园害虫、天敌种群及其群落结构差异 .....	柯胜兵,党凤花,毕守东,等 (4161)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 306 \* zh \* P \* ¥ 70.00 \* 1510 \* 33 \* 2011-07



封面图说:内地多呈灌木状的沙棘,在青藏高原就表现为高大的乔木,在拉萨河以及雅鲁藏布江沿岸常常可以看到高大的沙棘林和沼泽塔头湿地相映成趣的美丽景观。

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

余进祥, 郑博福, 刘娅菲, 刘成林. 鄱阳湖流域泥沙流失及吸附态氮磷输出负荷评估. 生态学报, 2011, 31(14): 3980-3989.  
Yu J X, Zheng B F, Liu Y F, Liu C L. Evaluation of soil loss and transportation load of adsorption N and P in Poyang Lake watershed. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(14): 3980-3989.

## 鄱阳湖流域泥沙流失及吸附态氮磷输出负荷评估

余进祥<sup>1</sup>, 郑博福<sup>2,\*</sup>, 刘娅菲<sup>3</sup>, 刘成林<sup>2</sup>

(1. 江西农业大学, 南昌 330045; 2. 南昌大学环境与化学工程学院 鄱阳湖环境与资源利用教育部重点实验室, 南昌 330031;  
3. 江西省农业环境监测站, 南昌 330046)

**摘要:**水土流失是吸附态氮磷输出负荷的主要方式,也是非点源污染评估的重要环节。鄱阳湖流域水土流失及其所带来的泥沙和吸附态氮磷等营养盐将直接影响到鄱阳湖的生态功能,进而影响着长江中下游水环境安全。科学估算鄱阳湖赣江、抚河、信江、饶河、修河等五大流域的土壤侵蚀量和吸附态氮、磷的输出负荷,将为鄱阳湖流域农业非点源污染控制及鄱阳湖生态建设和环境保护提供理论依据。以 2007 年全国第一次农业污染源普查数据和 2007 年江西省土壤质量调查数据为基础,利用 RUSLE 方程和 GIS 的空间统计功能,对江西省境内鄱阳湖流域的土壤侵蚀量和吸附态氮、吸附态磷的输出负荷进行估算。结果表明:基于 RUSLE 得到的 2007 年鄱阳湖五大流域输沙模数比较可信,鄱阳湖流域内泥沙、吸附态氮、吸附态磷的年输出负荷分别为 1245183t、3383t 和 73t,其中赣江流域吸附态氮磷的年输出负荷最大,占鄱阳湖全流域的 58.1%,抚河、饶河、信江、修河等分别占 11.2%、7.2%、11.3% 和 12.2%。与流域内农业污染源总氮、总磷排放量相比较,尽管流域尺度内泥沙的输出负荷相对较大,但吸附态氮、磷的输出负荷较小,应该不是鄱阳湖水污染中总氮和总磷等营养盐的主要来源。

**关键词:**鄱阳湖流域; 颗粒态氮; 颗粒态磷; 水土流失; 非点源污染

## Evaluation of soil loss and transportation load of adsorption N and P in Poyang Lake watershed

YU Jinxiang<sup>1</sup>, ZHENG Bofu<sup>2,\*</sup>, LIU Yafei<sup>3</sup>, LIU Chenglin<sup>2</sup>

1 Jiangxi Agriculture University, Nanchang 330045, China

2 The Key Laboratory of Poyang Lake Environment and Resource Utilization of Ministry of Education, School of Environmental & Chemical Engineering, Nan Chang University, Nanchang 330031, China

3 Jiangxi Province Agriculture Environmental Monitoring Administration, Nanchang 330046, China

**Abstract:** As China's largest freshwater lake and the international important wetland, the Poyang Lake has extremely valuable ecological function and plays an important part in maintaining the safety of regional and national ecological security. Due to the main transportation way of the particle Nitrogen (N) and Phosphorus (P), sediment and nutrients caused by soil erosion of the Poyang Lake watershed not only directly affect ecological functions of the Poyang Lake but also pose risk potential on mid-and down stream of the Yangtze River. Therefore the purpose of this study was to make an assessment of soil erosion and output load of the particle N and P in five sub-watersheds of the Poyang Lake, including Ganjiang river, Fuhe river, Raohe river, Xinjiang river, Raohe river and Xiuhe river in order to provide theoretical information for agricultural non-point source pollution management, ecological construction, and environmental protection in Poyang lake watershed. Based on data of the First National Agriculture Pollution Source Census and Soil Quality Survey of Jiangxi province in the Watershed in 2007, RUSLE model and spatial statistic function of GIS were used for assessing soil erosion and output nutrients (particle N and P) load in the Poyang Lake watershed. Results showed that the sediment

基金项目:国家科技支撑计划项目(2007BAC23B02);全国污染源普查重大专项(WX-Z-07-11)

收稿日期:2010-05-07; 修订日期:2010-11-02

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: bfzhen@ncu.edu.cn

transport modulus of the five sub-watersheds based on RUSLE in 2007 is reliable. The soil erosion load of Poyang Lake watershed amounted to 9913921t/a, in which Ganjiang, Fuhe, Xinjiang, Raohe, and Xiuhe Rivers accounted for 63.3%、9.9%、9.9%、6.2% and 10.7% of the total load, respectively, and the sediment transport modulus of each watershed above mentioned was 9.09、8.92、9.76、7.59 and 10.61  $t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$ , respectively. Compared with that published in Changjiang Sediment Bulletin (CSB), as for sediment transport modulus errors of the five sub-watersheds, the maximum relative error is that from Ganjiang river sub-watershed as high as 66.7%, the minimum relative error is that from Raohe river sub-watershed as low as 11%, and the average error of these five sub-watersheds was as much as 42.3%. Furthermore, output loads of erosion sand, particle N and particle P transportation were 12451831, 33831 and 731 t/a in the Poyang Lake watershed, respectively. Among these output loads, the adsored N and P from the Ganjiang river sub-watershed was the biggest, more than any of other sub-watersheds, accounting for 58.1% of the total load of the Poyang Lake watershed. The output nutrients load from the Fuhe river, Raohe river, Xinjiang river, and Xiuhe river accounted for 11.2%, 7.2%, 11.3% and 12.2% of the total load of the Poyang Lake watershed, respectively. Compared with output loads of TN and TP from agricultural pollution sources, the erosion sand load from the Poyang Lake watershed was relative high, but the output loads of the adsored N and P from the watershed were low, which were proved not the primary source of nutrients in the Poyang Lake. Due to difficulty of getting spatial distribution data of the nutrient background contents in the whole Poyang Lake watershed, thus the relationship between pollutant background contents and land use, soil and topography could not be reflected properly, which affected the precision and reliability of pollution load assessment in the watershed scale to some degree. Therefore, it is crucial for non-point source pollution assessment in the Poyang Lake watershed in the future through strengthening the fundamental research related to soil erosion and reducing evaluation model cumulative deviation.

**Key Words:** Poyang Lake watershed; particle nitrogen; particle phosphorus; soil erosion; non-point source pollution

非点源污染是水体氮、磷等营养盐的主要来源,也是水体富营养化的主导因子,而水土流失是吸附态营养盐的主要迁移载体。在田间尺度内,因水土流失而导致吸附态氮、磷等营养盐的输出负荷是农田总氮和总磷流失的主要方式<sup>[1-5]</sup>。但流域尺度内氮、磷等营养盐的输出负荷评估主要是通过流域监测模型进行评估,RUSLE 模型是各类监测模型用于估算吸附态氮磷的基础子模型<sup>[6]</sup>。当前,大量流域监测模型的引用和使用取得了很好的效果,但因基础参数的研究不足和基础信息不详,导致研究结果的偏差较大,影响流域评估结果的可信度<sup>[7]</sup>。

在鄱阳湖流域,农业非点源污染的流域尺度的评估研究很少,尤其是吸附态营养盐的评估。本文充分利用2007年江西省第一次农业污染源普查的基础数据,借助地理信息系统(GIS),结合江西省1:25万的数字地图,运用RUSLE模型对江西省内鄱阳湖流域的赣江、抚河、饶河、信江和修河等子流域的水土流失和吸附态氮、磷等输出负荷进行估算,科学评估鄱阳湖流域非点污染源污染的状况。

## 1 研究方法

### 1.1 研究区域

鄱阳湖位于北纬28°24'至29°46',东经115°49'至116°46',地处江西省北部,长江中下游南岸<sup>[8]</sup>。鄱阳湖是我国最大的淡水湖和国际重要湿地,具有极其重要的生态功能,对维系区域和国家生态安全具有重要作用。鄱阳湖水系是由赣江、抚河、信江、饶河、修河五大河流(简称“五大水系”)及各级支流,加上青峰山溪、博阳河、樟田河、潼津河等独流入湖的小河,以及其他季节性的小河溪流和鄱阳湖组成。鄱阳湖流域面积16.22×10<sup>4</sup>km<sup>2</sup>,相当于江西省国土面积的97.2%,其中15.67×10<sup>4</sup>km<sup>2</sup>位于江西省境内,占流域面积的96.6%,占江西国土面积的94%。

鄱阳湖承纳五大水系,经鄱阳湖调蓄注入长江的水量143.6×10<sup>9</sup>m<sup>3</sup>(1951—2007年平均值),约占长江流

域大通水文站年径流量的15%，是一个过水性、吞吐型、季节性的淡水湖泊<sup>[9-10]</sup>。随着鄱阳湖流域经济的快速发展，湖区地表径流和五大水系携带的非点源污染物、工业废弃物排入湖体，造成湖泊水质恶化<sup>[11-13]</sup>，富营养化加剧，水生生态系统结构遭到破坏，综合功能减退，湖泊老化过程加快<sup>[14-15]</sup>。当前，总氮、总磷是鄱阳湖水体污染的主要因子和水体富营养化的主导因子，鄱阳湖局部水域总氮、总磷浓度超过水体富营养化临界值，具备发生“水华”现象的营养盐基础<sup>[16]</sup>。

## 1.2 数据来源

数据来源于江西省农业厅提供的2007年全国第一污染源普查的江西省农业污染源普查数据、2007年江西省农业污染源普查的输出系数监测数据，2007年江西省国土资源厅提供的江西省土壤质量调查数据，江西省气象局提供的2007年江西省83个县（市、区）雨量站的降雨数据，以及江西省测绘局提供的江西省1:25万的数字地图等。利用江西省农业污染源普查中水田、旱地、果园、水旱轮作、茶园等不同农业土地利用方式的数据对全省数据地图进行比对、修正。运用ARCGIS提取DEM图形，划分流域和集水单元。

## 1.3 RUSLE方程

修正的通用土壤流失方程RUSLE(Revised Universal Soil Loss Equation)是通过对大量试验数据进行统计分析而建立的一种土壤侵蚀和各影响因子关系的模型<sup>[6]</sup>。

$$A=R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (1)$$

式中， $A$ 为年土壤侵蚀量( $t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ )； $R$ 为降雨侵蚀力因子( $MJ \cdot mm \cdot hm^{-2} \cdot h^{-1} \cdot a^{-1}$ )； $K$ 为土壤可蚀性因子( $t \cdot h \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$ )； $L$ 为坡长因子（无量纲）， $S$ 为坡度因子（无量纲），通常 $L$ 与 $S$ 合在一起使用，称为 $LS$ ，即坡长坡度因子（无量纲）； $C$ 为植被与作物管理因子（无量纲）； $P$ 为土壤保持措施因子（无量纲）。

该模型结构简单，参数易于获取，计算简便，同时考虑了影响土壤侵蚀的主要因素，能够比较准确地预测坡面侵蚀量，在国内外流域尺度土壤侵蚀估算中得到了广泛应用<sup>[17-21]</sup>。

## 1.4 流域泥沙氮、磷负荷估算

泥沙负荷包括因坡面水土流失产生的土壤颗粒中进入河道的部分，其与土壤侵蚀量的关系：

$$L=Dr \cdot A \quad (2)$$

式中， $L$ 为泥沙负荷量； $A$ 为流域土壤年侵蚀量； $Dr$ 为泥沙输移比(SDR)。

$Dr$ 与众多因子有关，如泥沙的来源与质地、沙源与主河道的距离、沟壑密度、流域面积、坡度、坡长、土地利用/土地覆盖变化以及降雨-径流因素等。很多针对泥沙输移比(SDR)的研究表明， $SDR$ 与流域面积存在一定的关系<sup>[22-30]</sup>，特别是在地形地貌、土壤特性、土地利用、土壤侵蚀类型及分布、水土保持措施等大体相同的丘陵平原及小流域地区，泥沙输移比主要受流域面积的影响，呈现出泥沙输移比随流域面积增加而减小的反比关系<sup>[22-23]</sup>。

由于在鄱阳湖流域未开展过泥沙输移比的相关研究，并考虑到鄱阳湖流域主要是低山丘陵和平原地区，其泥沙输移比采用美国农业部提出的泥沙输移比与流域面积的关系式<sup>[29]</sup>：

$$SDR=0.5656 \cdot A^{-0.11} \quad (3)$$

式中， $SDR$ 为泥沙输移比（无量纲）； $A$ 为流域面积( $km^2$ )。

## 1.5 鄱阳湖流域吸附态污染负荷估算

吸附态污染物以土壤侵蚀为运移载体，同时，其流失负荷也受到氮、磷元素在土壤颗粒中的富集比例的影响。采用颗粒态氮磷营养盐迁移经验模型进行计算：

$$L=Dr \cdot A \cdot Q \cdot \eta \quad (4)$$

式中， $L$ 为吸附态污染物流失量( $t/a$ )； $Dr$ 为泥沙输移比(SDR)(无量纲)； $A$ 为土壤侵蚀量( $t/a$ )； $Q$ 为流失土壤中污染物的背景含量( $mg/kg$ )； $\eta$ 为吸附态污染物的土壤富集比。

## 2 结果与分析

### 2.1 降雨侵蚀因子估算

降雨侵蚀力因子 $R$ 值与降雨量、降雨强度、降雨历时、雨滴大小及雨滴下降速度有关，它反映了降雨对土

壤的潜在侵蚀能力。降雨侵蚀力难以直接测定,本文借鉴 Fournier 流域降雨侵蚀力指数<sup>[32]</sup>,采用 Arnoldus 提出的模型<sup>[33]</sup>进行降雨侵蚀因子 R 值的估算。

$$F_{\text{mod}} = \sum_{i=1}^{12} r_i^2 / P \quad (5)$$

$$R = a \cdot F_{\text{mod}} + b \quad (6)$$

式中, $F_{\text{mod}}$ 为改进后的傅里叶指数(无量纲), $r_i$ 为月降雨量(mm), $P$ 为年降雨量(mm); $R$ 为降雨侵蚀力因子( $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ ); $a$ 和**b**为气候带决定的常数。

游松财依据研究地区气候条件与世界其它地区的类比分析,计算出江西省泰和县灌溪乡的  $a$  及  $b$  值分别为 4.17 和 -152<sup>[34]</sup>,则:

$$R = 4.17 \cdot F_{\text{mod}} - 152 \quad (7)$$

利用 2007 年江西省 83 个雨量站的月降雨和年降雨量数据,采用式 5 和式 7 估算各雨量站降雨侵蚀力因子( $R$ )(表 1)。将表 1 数据空间化并插值可得到 2007 年鄱阳湖流域降雨侵蚀力因子( $R$ )的分布图。

表 1 2007 年各雨量站  $R$  值

Table 1  $R$  value of rainfall station in 2007

雨量站 Rainfall station	$R$ /( $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ )	雨量站 Rainfall Station	$R$ /( $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ )	雨量站 Rainfall Station	$R$ /( $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ )
修水	7546.93	德安	7509.24	广丰	7758.60
铜鼓	6563.56	永修	10502.40	上饶	9142.21
宜丰	8236.47	湖口	4833.30	新建	6883.46
万载	6718.95	星子	6754.94	新干	5910.49
上高	7725.60	都昌	6653.84	峡江	7244.13
萍乡	8879.24	波阳	5672.47	永丰	10535.28
莲花	7274.10	景德镇	8723.08	乐安	10904.93
分宜	5981.28	婺源	8067.40	吉水	11909.44
宜春	7468.73	靖安	11596.85	崇仁	9989.33
新余	6072.46	奉新	11903.29	金溪	7804.65
安福	7332.82	安义	11016.73	资溪	11603.23
吉安	10378.33	高安	6737.29	宜黄	8340.23
宁冈	13285.35	南昌	6138.40	南城	9464.72
永新	9776.90	樟树	5381.99	南丰	9007.16
井冈山	19232.36	丰城	6311.31	黎川	9152.47
万安	11071.61	余干	7807.77	兴国	13424.21
遂川	11151.02	进贤	9039.67	宁都	14465.04
太和	12072.21	万年	8723.76	广昌	8804.77
崇义	10234.16	余江	9001.98	石城	15172.06
上犹	9719.95	抚州	10163.53	瑞金	14345.20
南康	11129.96	东乡	7509.25	于都	13902.32
赣州	10010.16	乐平	7812.48	会昌	15552.84
大余	11730.20	德兴	9873.33	安远	13409.42
信丰	12723.94	弋阳	8846.94	全南	14652.42
九江	4179.41	横峰	8570.47	龙南	19650.43
瑞昌	5089.13	贵溪	8707.42	定南	20629.10
庐山	8543.28	铅山	9514.89	寻乌	14700.63
武宁	6914.41	玉山	7747.84		

## 2.2 土壤可蚀性因子估算

通用土壤流失方程中的土壤侵蚀性因子  $K$  是指标准小区单位降雨侵蚀力因子的土壤流失量。土壤可蚀

性因子  $K$  的大小与土壤质地、土壤有机质含量有较高的相关性。利用全国第二次土壤普查得到的江西省土壤类型分布数字地图,根据梁音等人对土壤可蚀性的研究结果<sup>[35]</sup>,并计算了不同土壤类型的可蚀性因子( $K$ ),经过单位换算,土壤可蚀性因子  $K$  取值如表 2。

### 2.3 坡度坡长因子估算

坡度因子  $S$  是在其他条件相同的情况下,任意坡度下的单位面积土壤流失量与标准小区坡度下单位面积土壤流失量之比。坡长因子  $L$  是在其他条件相同的情况下,任意坡长的单位面积土壤流失量与标准坡长单位面积土壤流失量之比。针对  $L$ 、 $S$  的估值,本研究采用 Van Remortel<sup>[36]</sup>改进了 Hickey<sup>[37]</sup>提出的基于 DEM 的方法,该方法充分利用计算资源而不牺牲精度,同时针对大区域的研究,提高了计算速度。

### 2.4 植被与作物管理因子计算

植被与作物管理因子( $C$ )是在相同的土壤、地形和降雨条件下,某一特定作物或植被情况下土壤流失量与连续休闲的土地土壤流失量,反映了植被对地表的保护作用,完全没有植被保护的裸露地面  $C$  值取最大值 1.0,地面得到良好保护时, $C$  值取 0.001, $C \in [0.001, 1]$ <sup>[38]</sup>。

植被与作物管理因子( $C$ )主要体现了植被与作物管理因子对土壤侵蚀的综合作用,其值大小最主要还是取决于具体的植被覆盖、耕作管理措施,因此  $C$  值主要和土地利用类型有关。本研究在对流域耕作管理制度的普查基础上,参照有关植被与作物管理因子( $C$ )的研究<sup>[18, 38]</sup>,根据鄱阳湖流域土地利用现状,估算出各种土地利用类型的  $C$  平均值(表 3)。

表 2 鄱阳湖流域主要土壤类型的可蚀性因子  $K$

Table 2  $K$  of soil type in Poyang Lake Watershed

土壤类型 Soil Type	$K/(t \cdot (MJ)^{-1} \cdot mm^{-1})$	土壤类型 Soil Type	$K/(t \cdot (MJ)^{-1} \cdot mm^{-1})$
红壤	0.0304	棕壤	0.0158
黄棕壤	0.0288	黄壤	0.0251
红壤性土	0.0299	潮泥田	0.0544
紫色土	0.0452	黄泥土	0.0179

表 3 鄱阳湖流域各种土地利用类型植被与作物管理因子  $C$  取值

Table 3  $C$  of land-use cover and management in Poyang Lake watershed

土地利用类型 Land-use type	$C$	土地利用类型 Land-use type	$C$
森林	0.003	农业用地	0.63
草地	0.05	灌木丛	0.014
裸地	1.0	居民地	0.003
水系	0.0	未利用地 *	1.0

未利用地主要指河滩地、裸露岩石等,其  $C$  值参考裸地取 1.0

### 2.5 土壤保持措施因子计算

土壤保持措施因子( $P$ )是表示采用专门措施后的土壤流失量与顺坡种植时的土壤流失量的比值,一般无任何水土保持措施的土地类型  $P$  值为 1。国内确定  $P$  值的方法少有报道,实际计算中一般通过对比的方法求出某些水土保持措施下的  $P$  值,但不同地区的误差较大。土壤保持措施因子  $P$  被认为是 RUSLE 方程中最难确定的因子,因此,只能粗略估算  $P$  值。本研究在对水土保持现状普查的基础上,根据土地利用类型,以及坡度来确定江西省土壤保持措施因子  $P$  值。 $P$  值与坡度和土地利用类型之间的关系如表 4 所示。

通过对鄱阳湖流域土地利用图和坡度图进行叠置,并将不同的类型的图斑设置为相应的  $P$  值,鄱阳湖流域土壤保持措施因子  $P$  值范围在 0.11—1.00 之间,平均值为 0.35。

### 2.6 流域土壤侵蚀量估算

在对研究区域内的所有变量分布图栅格化后,并将每个变量分布图网格大小设置为相同的值,根据通用土壤流失方程 RUSLE 将各变量叠置相乘,即可估算出鄱阳湖流域 2007 年土壤侵蚀量分布情况(图 1)。

通过流域划分,并统计各流域土壤侵蚀总量,可得到鄱阳湖五大流域土壤侵蚀量统计(表 5)。

表 4 土壤保持措施因子( $P$ )

Table 4 Soil conservation practice factor  $P$

土地利用类型 Land-use type	坡度 Slope/%	$P$
农业用地	0—5	0.11
	5—10	0.12
	10—20	0.14
	20—30	0.19
	30—50	0.25
	>50	0.33
森林	0—200	0.8
	0—200	1.0
其他		

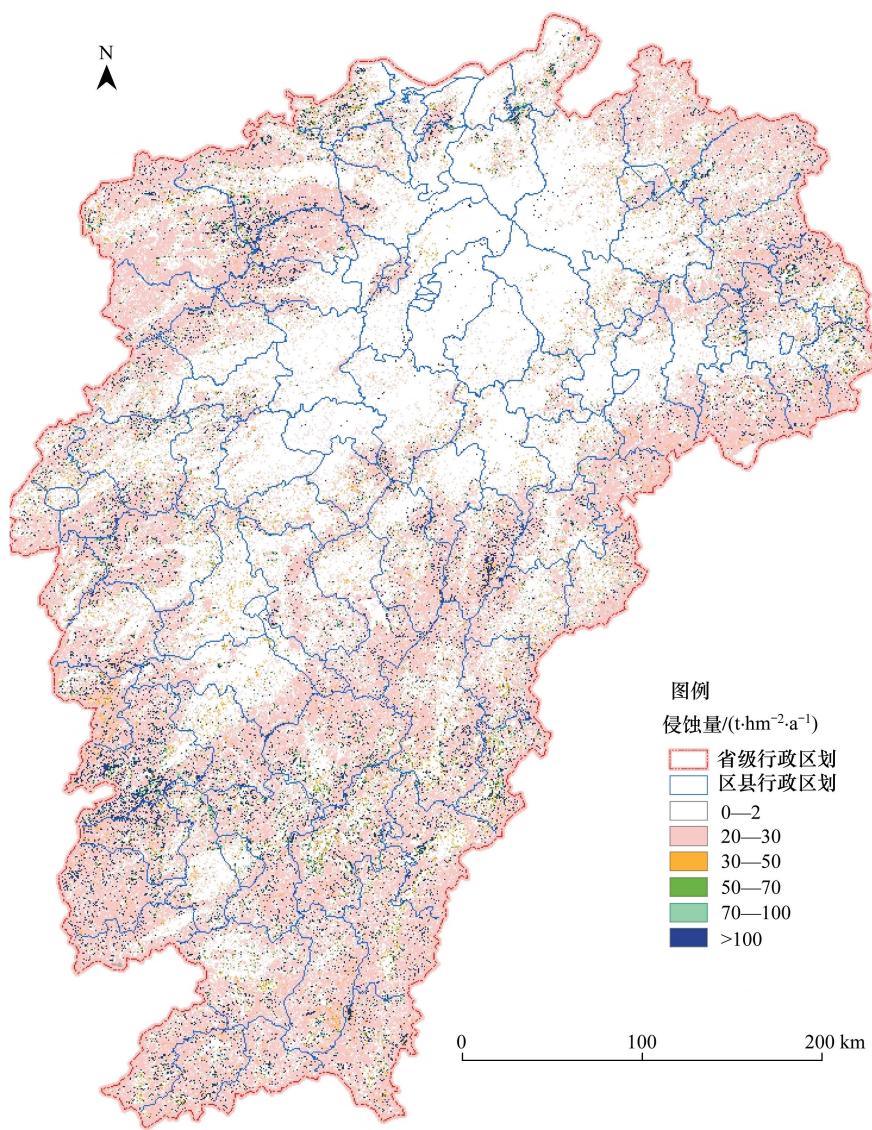


图1 鄱阳湖流域土壤侵蚀量分布图

Fig. 1 Distribution map of soil erosion load in Poyang Lake watershed in 2007

## 2.7 流域泥沙负荷估算

将鄱阳湖五大河流域面积代入式3计算得到各流域的SDR,并结合表5中各流域土壤粘侵蚀量,可计算得到相应的泥沙负荷量,计算结果见表6。

为进一步验证本研究中计算的鄱阳湖五大流域泥沙负荷与输沙模数,将本研究计算结果与2007年长江泥沙公报(Changjiang Sediment Bulletin (CSB),简称“公报”)<sup>[39]</sup>上的鄱阳湖五大流域输沙模数进行对比,结果如表7。

通过误差分析,鄱阳湖五大流域输沙模数误差中,赣江流域误差较大为66.7%,饶河流域误差较小为11%,鄱阳湖五大流域输沙模数的平均误差为42.3%。因为RUSLE方程的变量较多,数据处理比较繁琐,各变量在处理时不可避免地引入误差,最后累积到土壤侵

表5 2007年鄱阳湖五大流域土壤年侵蚀量

Table 5 Annual soil erosion load in five sub-watersheds of Poyang Lake in 2007

流域名称 Sub-watershed	面积/km <sup>2</sup> Area	土壤侵蚀量/(t/a) Soil erosion load
赣江流域	79540.5	6271600
抚河流域	14334.7	979390
信江流域	14334.7	981319
饶河流域	11915.0	616412
修水流域	14333.8	1065200

蚀量和泥沙负荷量,以致影响到输沙模数,因此,该误差可认为在可接受的范围内。

## 2.8 鄱阳湖流域吸附态污染负荷估算

研究次降雨过程中红壤小流域5种不同土地利用方式土壤N和P养分流失特征的结果表明,不同形态养分的富集率不同,有效氮富集比为1.18,有效磷富集比为1.38<sup>[40]</sup>。由于江西省大部分土壤属于红壤类型,将该研究结果借鉴到鄱阳湖流域具有一定可行性。

土壤中营养物质背景含量与土壤类型,土地利用类型以及坡度等因素有关,是一个难以确定的物理量。本研究借鉴前人研究成果,并推广到整个鄱阳湖流域。李忠佩等人<sup>[41]</sup>通过田间采样分析并比较第二次土壤普查的背景资料,研究了江西省余江县高产水稻土有机碳和养分的含量状况及其近20余年来的变化,并分析其环境意义,结果表明,江西省余江县高产水稻土表层0—10cm的全氮和磷的背景含量分别为(2.09±0.55)g/kg,(42.7±32.7)mg/kg,均达到非常丰富的水平。近20余年来土壤全氮和磷含量显著增加,以致更易进入水体。

表6 2007年鄱阳湖五大支流域输沙模数与泥沙负荷估算量

Table 6 Sediment transport modulus and soil load estimate in five sub-watersheds of Poyang Lake in 2007

流域名称 Sub-watershed	SDR	泥沙负荷估算量/(t/a) Soil load estimate	输沙模数/(t·km <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> ) Sediment transport modulus
赣江流域	0.1153	722960.7	9.09
抚河流域	0.1428	139867.6	8.92
信江流域	0.1428	140143.0	9.76
饶河流域	0.1461	90088.5	7.59
修水流域	0.1428	152123.3	10.61

表7 2007年鄱阳湖五大支流域输沙模数估算精度

Table 7 Precision of sediment transport modulus in five sub-watersheds of Poyang Lake in 2007

流域名称 Sub-watershed	计算的输沙模数/ (t·km <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> ) Sediment transport modulus calculated	公报记载的输沙模数* (t·km <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> ) Sediment transport modulus in CSB	误差/% Error
赣江流域	9.09	27.30	-68
抚河流域	8.92	17.30	-48
信江流域	9.76	16.90	-42
饶河流域	7.59	6.86	11
修水流域	10.61	18.80	-44

\* 2007年长江泥沙公报中的输沙模数是根据各流域实测的水沙特征值计算得到,可以认为是实测值

由于无法获取整个鄱阳湖流域营养物背景含量空间分布数据,在该研究中只能将其分布看作空间均匀不变的常量,因此,无法反映污染物背景含量与土地利用类型、土壤类型、地形趋势之间的关系,导致本结果存在一定偏差。

“五河”流域中,赣江流域吸附态氮和吸附态磷的输出负荷最大,占鄱阳湖全流域的58.1%,抚河、饶河、信江、修河等分别占11.2%、7.2%、11.3%和12.2%(表8)。与2007年各流域总氮、总磷的排放量相比(表8),各流域总氮、总磷的输出负荷相对很小。因此,流域尺度内,河流输出泥沙中吸附态氮、磷的负荷不是鄱阳湖各流域水污染中总氮和总磷等营养盐的主要来源。

## 3 结论与讨论

(1)鄱阳湖流域侵蚀泥沙、吸附态氮和吸附态磷的流域尺度内输出负荷分别为1245183t、3383t和73t。吸附态氮、磷的输出负荷不仅与农业利用方式和生产规模有关,还与不同流域的地形地貌特征有关。

(2)鄱阳湖五大流域的泥沙输出负荷与2007年长江泥沙公报的各流域年输沙量相差较大,可能是由于土壤营养物质背景值是一个均匀参数。但是本研究数字地图以本次农业污染源普查数据为基础,而且运用的

参数较多,充分考虑了流域的地形、植被、降雨等多个因子,研究结果虽存在一定误差,应在合理范围之内,可信度较高。

表 8 2007 年鄱阳湖五大支流域吸附态营养物负荷

Table 8 Adsorption nutrients load in five sub-watersheds of Poyang Lake in 2007

流域名称 Sub-Watershed	吸附态氮负荷/(t/a) Load of adsorption Nitrogen	吸附态磷负荷/(t/a) Load of adsorption Phosphorus	总氮排放量*/t Total Nitrogen discharge	总磷排放量*/t Total Nitrogen discharge
赣江流域	1964.3	42.6	36329.6	4476.7
抚河流域	380.0	8.2	8306.5	1026.6
信江流域	380.8	8.3	5903.6	697.5
饶河流域	244.8	5.3	3252.1	329.9
修水流域	413.3	9.0	3360.0	323.4

总氮排放量和总磷排放量数据来自江西省农业厅的《江西省第一次农业污染源普查技术报告》

(3)流域尺度内,与总氮、总磷排放量相比,泥沙中吸附态氮和吸附态磷的输出负荷相对很小,不是水体污染中氮磷的主要来源。

(4)水土流失是田间尺度农业非点源污染的主要输移方式,而且鄱阳湖流域的相关参数的基础研究较为薄弱,在一定程度上影响了流域尺度的污染负荷评估精度和可信度。因此,加强水土流失有关模型基础参数研究,减少评估模型的累积偏差,是今后鄱阳湖流域农业非点源污染评估研究的重要环节。

#### References:

- [1] Liang T, Wang H P, Zhang X M, Yuan J W, Zhang S. Simulation study of non-point source pollution under different landuse in Guanting reservoir watershed. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2005, 25(4): 483-490.
- [2] Huang M X, Zhang S, Tang Y J, Chen X B. Nitrogen losses from farm runoff under simulated rainfall conditions. *Soil and Environmental Sciences*, 2001, 10(1): 6-10.
- [3] Li H P, Jin Y, Li Y. Comparative study of nitrogen losses between surface flow and interflow of farmland under artificial rainfall conditions. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2008, 22(2): 6-9.
- [4] Wu X Y, Zhang L P, Ni H B, Zhu X M. Research on characteristics of nitrogen and phosphorus loss under different coverage in Qingshan lake valley. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2008, 22(1): 56-59.
- [5] Ma K, Wang Z Q, Chen X, You L. Study on properties of nutrient loss from red soil in sloping land under different rainfall intensities. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2002, 16(3): 16-19.
- [6] Renard K G, Foster G R, Weesies G A, McCool D K, Yoder D C. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) // Agriculture Handbook Number 703. Washington D C: United States Department of Agriculture, 1997.
- [7] Zheng L B, Gui X A, Wang S P, Yu L Z, Yang H Z. Review of non-point source pollution modeling: parameter estimation and simplification by sensitivity and uncertainty analysis. *Environmental Pollution and Control*, 2008, 30(5): 69-73.
- [8] Hydrology Bureau of Jiangxi Province. Jiangxi Water System. Wuhan: Changjiang Press, 2007: 196-197.
- [9] Wang X H. Wetland Ecosystem Assessment of Poyang Lake. Beijing: Science Press, 2004: 27-32.
- [10] Editorial Board of Poyang Lake Study. Poyang Lake Study. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1988: 15-18.
- [11] Lu L J. Investigation on Poyang Lake water pollution by eutrophication. *Journal of Lake Science*, 1996, 8(3): 241-247.
- [12] Lu L J. Eutrophication assessment of Poyang lake. *Water Resources Protection*, 1994, (3): 47-52.
- [13] Wan J B, Yan W W. Evaluation methods application in and probing into eutrophication of Poyang Lake area. *Journal of Jiangxi Normal University: Natural Science Edition*, 2007, 31(2): 210-214.
- [14] Zhao Q G, Huang G Q, Qian H Y. Ecological environment and sustainable development of Poyang Lake. *Acta Pedologica Sinica*, 2007, 44(2): 318-326.
- [15] Wang X H, Yan B Y, Wu G C. Mountain Rivers and Lakes Project. Beijing: Science Press, 2006: 46-55.
- [16] Yu J X, Liu Y F, Zhong X L, Yao J. Evaluation method of eutrophication in Poyang Lake and its leading factors. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2009,

- 21(4): 125-128.
- [17] Chen Y M, Liu G B, Zheng F L, Zhang W. Proceeding and application on soil erosion model of RUSLE. Research of Soil and Water Conservation, 2004, 11(4): 80-83.
- [18] Luo Z J, Liu Y L, Jia Z L. Study on estimation of the amount of soil erosion in small watershed based on GIS and RS. Journal of Central China Normal University: Natural Science Editon, 2005, 39(2): 269-272.
- [19] Liu M, Hu Y M, Xu C G. Quantitative study of forest soil erosion based on GIS, RS and RUSLE — a case study of Huzhong region, Daxing'anling. Research of Soil and Water Conservation, 2004, 11(3): 21-24.
- [20] Gao J B, Zhou Q F, Chang Q, Li S C. Evaluating the ecological service function of soil conservation based on RUSLE and GIS. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2009, 45(1): 151-157.
- [21] Li C, Li J X, Zhu F G, Cao L, Chen Z, Wu T, Wu M, Sun H J. Sensitivity evaluation and key sensitive factors identification of soil erosion around Hangzhou Bay based on RUSLE. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(7): 1577-1585.
- [22] Jing K, Shi C X. Study on the relationship between sediment yield and drainage area. Journal of Sediment Research, 2007, (1): 17-23.
- [23] Sun H C, Li Q Y. Application of self-similar shape-division principle in the set-up of se sediment transport ratio model of small valley. Yangtze River, 2004, 35(3): 12-13, 21-21.
- [24] Maner S B. Factors Influencing Sediment Delivery Ratios in The Blackland Prairie Land Resource Area. Fort Worth: US Department of Agriculture, Soil Conservation Service, 1962: 10-12.
- [25] Renfro G W. Use of erosion equations and sediment delivery ratios for predicting sediment yield//Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources. Washington DC: Agricultural Research Service, US Department of Agriculture, 1975: 33-45.
- [26] Haith D A, Tubbs L J. Watershed loading functions for nonpoint sources. Journal of the Environmental Engineering Division, 1981, 107(1): 121-137.
- [27] Vanoni V A. Sedimentation Engineering, Manual and Report No 54. New York: American Society of Civil Engineers, 1975.
- [28] Boyce R C. Sediment routing with sediment delivery ratios//Present and Prospective Technology for ARS. Washington DC: US Department of Agriculture, 1975.
- [29] USDA. Soil Conservation service: hydrology//US Government SCS National Engineering Handbook, Section 4. Washington DC: US Department of Agriculture, 1972.
- [30] Lim K J, Sagong M, Engel B A, Tang Z X, Choi J, Kim K S. GIS-based sediment assessment tool. Catena, 2005, 64(1): 61-80.
- [31] Shen Z Y, Liu R M, Ye M, Ding X W, Xu Q G, Jia H Y. Characteristics of Non-point Source Pollution and Its Changes in Upper Reach of Yangtze River Basin. Beijing: Sciences Press, 2008. 220-252.
- [32] Fournier F. Climat et Erosion. Paris: Press Universitaires de France, 1960.
- [33] Arnould H M J. An approximation of the rainfall factor in the universal soil loss equation//De Boodst M, Gabriels D, eds. Assessment of Erosion. Chichester: John Wiley and Sons, Inc, 1980: 127-132.
- [34] You S C, Li W Q. Estimation of soil erosion supported by GIS — a case study in Guanji township, Taihe, Jiangxi. Journal of Natural Resources, 1999, 14(1): 62-68.
- [35] Liang Y, Shi X Z. Soil erodible K in east hillyfields of the southern Yangtze river. Research of Soil and Water Conservation, 1999, 6(2): 47-52.
- [36] van Remortel R D, Maichle R W, Hickey R J. Computing the LS factor for the revised universal soil loss equation through array-based slope processing of digital elevation data using a C++ executable. Computers and Geosciences, 2004, 30(9/10): 1043-1053.
- [37] Hickey R. Slope angle and slope length solutions for GIS. Cartography, 2000, 29(1): 1-8.
- [38] Wang W Z, Jiao J Y. Quantitative evaluation on factors influencing soil erosion in China. Bulletin of Soil and Water Conservation, 1996, 16(5): 1-20.
- [39] Changjiang Water Resources Commission. Ministry of Water Resources (CWRC, MWR). Changjiang Sediment Bulletin. Wuhan: Changjiang Press, 2008: 8-9.
- [40] Wang X L, Li H X, Hu F, Qin J T, Zhang B. Characteristics of nitrogen and phosphorus loss under different land use patterns in small red soil watershed during course of rain. Journal of Soil and Water Conservation, 2005, 19(5): 31-34, 55-55.
- [41] Li Z P, Zhang T L, Chen B Y. Changes of organic carbon and nutrient contents in highly productive paddy soils in Yujiang County of Jiangxi Province. Scientia Agricultura Sinica, 2006, 39(2): 324-330.

#### 参考文献:

- [1] 梁涛, 王红萍, 张秀梅, 袁婧薇, 章申. 官厅水库周边不同土地利用方式下氮、磷非点源污染模拟研究. 环境科学学报, 2005, 25(4): 483-490.

- [ 2 ] 黄满湘, 章申, 唐以剑, 陈喜保. 模拟降雨条件下农田径流中氮的流失过程. 土壤与环境, 2001, 10(1): 6-10.
- [ 3 ] 李恒鹏, 金洋, 李燕. 模拟降雨条件下农田地表径流与壤中流氮素流失比较. 水土保持学报, 2008, 22(2): 6-9.
- [ 4 ] 吴希媛, 张丽萍, 倪含斌, 朱晓梅. 青山湖流域不同地表覆盖降雨径流中氮磷流失过程研究. 水土保持学报, 2008, 22(1): 56-59.
- [ 5 ] 马琨, 王兆骞, 陈欣, 尤力. 不同雨强条件下红壤坡地养分流失特征研究. 水土保持学报, 2002, 16(3): 16-19.
- [ 7 ] 郑丽波, 杜新安, 王少平, 俞立中, 杨海真. 非点源污染模型参数数字化及不确定性研究进展. 环境污染与防治, 2008, 30(5): 69-73.
- [ 8 ] 江西省水文局. 江西水系. 武汉: 长江出版社, 2007: 196-197.
- [ 9 ] 王晓鸿. 鄱阳湖湿地生态系统评估. 北京: 科学出版社, 2004: 27-32.
- [10] 《鄱阳湖研究》编委会. 鄱阳湖研究. 上海: 上海科学技术出版社, 1988: 15-18.
- [11] 吕兰军. 鄱阳湖富营养化调查与评价. 湖泊科学, 1996, 8(3): 241-247.
- [12] 吕兰军. 鄱阳湖富营养化评价. 水资源保护, 1994, (3): 47-52.
- [13] 万金保, 闫伟伟. 鄱阳湖水质富营养化评价方法应用及探讨. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2007, 31(2): 210-214.
- [14] 赵其国, 黄国勤, 钱海燕. 鄱阳湖生态环境与可持续发展. 土壤学报, 2007, 44(2): 318-326.
- [15] 王晓鸿, 鄢帮有, 吴国琛. 山江湖工程. 北京: 科学出版社, 2006: 46-55.
- [16] 余进祥, 刘娅菲, 钟晓兰, 尧娟. 鄱阳湖水体富营养化评价方法及主导因子研究. 江西农业学报, 2009, 21(4): 125-128.
- [17] 陈云明, 刘国彬, 郑粉莉, 张卫. RUSLE 侵蚀模型的应用及进展. 水土保持学报, 2004, 11(4): 80-83.
- [18] 罗志军, 刘耀林, 贾泽露. 基于 RS 和 GIS 的小流域土壤侵蚀量估算研究. 华中师范大学学报: 自然科学版, 2005, 39(2): 269-272.
- [19] 刘森, 胡远满, 徐崇刚. 基于 GIS、RS 和 RUSLE 的林区土壤侵蚀定量研究——以大兴安岭呼中地区为例. 水土保持研究, 2004, 11(3): 21-24.
- [20] 高江波, 周巧富, 常青, 李双成. 基于 GIS 和土壤侵蚀方程的农业生态系统土壤保持价值评估——以京津冀地区为例. 北京大学学报(自然科学版), 2009, 45(1): 151-157.
- [21] 李铖, 李俊祥, 朱飞鸽, 曹璐, 陈朱, 吴彤, 吴明, 孙海菁. 基于 RUSLE 的环杭州湾地区土壤侵蚀敏感性评价及关键敏感因子识别. 应用生态学报, 2009, 20(7): 1577-1585.
- [22] 景可, 师长兴. 流域输沙模数与流域面积关系研究. 泥沙研究, 2007, (1): 17-23.
- [23] 孙厚才, 李青云. 应用分形原理建立小流域泥沙输移比模型. 人民长江, 2004, 35(3): 12-13, 21-21.
- [31] 沈珍瑶, 刘瑞民, 叶 阖, 丁晓雯, 许其功, 贾海燕. 长江上游非点源污染特征及其变化规律. 北京: 科学出版社, 2008: 220-252.
- [34] 游松财, 李文卿. GIS 支持下的土壤侵蚀量估算——以江西省泰和县灌溪乡为例. 自然资源学报, 1999, 14(1): 62-68
- [35] 梁音, 史学正. 长江以南东部丘陵山区土壤可蚀性 K 值研究. 水土保持研究, 1999, 6(2): 47-52.
- [38] 王万忠, 焦菊英. 中国土壤侵蚀因子定量评价研究. 水土保持通报, 1996, 16(5): 1-20.
- [39] 水利部长江水利委员会. 长江泥沙公报. 武汉: 长江出版社, 2007: 8-9.
- [40] 王晓龙, 李辉信, 胡锋, 秦江涛, 张斌. 红壤小流域不同土地利用方式下土壤 N、P 流失特征研究. 水土保持学报, 2005, 19(5): 31-34, 55-55.
- [41] 李忠佩, 张桃林, 陈碧云. 江西余江县高产水稻土有机碳和养分含量变化. 中国农业科学, 2006, 39(2): 324-330.

**ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31 ,No. 14 July,2011( Semimonthly)**  
**CONTENTS**

The sensitivity of Xiamen's three industrial sectors to land use changes .....	HUANG Jing, CUI Shenghui, LI Fangyi, et al (3863)
Desertification and change of landscape pattern in the Source Region of Yellow River .....	HU Guangyin, DONG Zhibao, LU Junfeng, et al (3872)
Comparison of ecological significance of landscape diversity changes in karst mountains; a case study of 4 typical karst area in Guizhou Province .....	LUO Guangjie, LI Yangbing, WANG Shijie, et al (3882)
Analysis on urban heat island effect based on the dynamics of urban surface biophysical descriptors .....	XU Hanqiu (3890)
Primary exploration on the ecological land use classification in Beijing .....	TANG Xiumei, CHEN Baiping, LU Qingbin, et al (3902)
Changes of spectral reflectance of <i>Pinus koraiensis</i> and <i>Abies nephrolepis</i> along altitudinal gradients in Changbai Mountain .....	FAN Xiuhua, LIU Weiguo, LU Wenmin, et al (3910)
Biomass allocation patterns and allometric models of <i>Abies nephrolepis</i> Maxim .....	WANG Jinsong, ZHANG Chunyu, FAN Xiuhua, et al (3918)
Niche analysis of dominant species of macrobenthic community at a tidal flat of Yushan Island .....	JIAO Haifeng, SHI Huixiong, YOU Zhongjie, et al (3928)
The influence of different food qualities on the energy budget and digestive tract morphology of Tree Sparrows <i>passer montanus</i> .....	YANG Zhihong, SHAO Shuli (3937)
The response of ecosystem service values to ambient environment and its spatial scales in typical karst areas of northwest Guangxi, China .....	ZHANG Mingyang, WANG Kelin, LIU Huiyu, et al (3947)
Root morphology characteristics under alternate furrow irrigation .....	LI Caixia, SUN Jingsheng, ZHOU Xinguo, et al (3956)
Allelopathy of the root exudates from different resistant eggplants to verticillium wilt ( <i>Verticillium dahliae</i> Kleb.) .....	ZHOU Baoli, CHEN Zhixia, DU Liang, et al (3964)
Biological cycle and accumulation of lanthanum in the forage-mushroom-soil system .....	WENG Boqi, JIANG Zhaowei, WANG Yixiang, et al (3973)
Evaluation of soil loss and transportation load of adsorption N and P in Poyang Lake watershed .....	YU Jinxiang, ZHENG Bofu, LIU Yafei, et al (3980)
Effects of soil resource availabilities on vertical distribution and dynamics of fine roots in a <i>Caragana korshinskii</i> plantation .....	SHI Jianwei, WANG Mengben, CHEN Jianwen, et al (3990)
Effects of soil salinization on ammonia volatilization characteristics of urea and urea phosphate .....	LIANG Fei, TIAN Changyan (3999)
Distribution of marine bacteria and their environmental factors in Xiangshan Bay .....	YANG Jifang, WANG Haili, CHEN Fusheng, et al (4007)
Concentration of O <sub>3</sub> at the atmospheric surface affects the changes characters of antioxidant enzyme activities in <i>Triticum aestivum</i> .....	WU Fangfang, ZHENG Youfei, WU Rongjun, et al (4019)
Effects of inhibitor and safener on enzyme activity and phenanthrene metabolism in root of tall fescue .....	GONG Shuaishuai, HAN Jin, GAO Yanzheng, et al (4027)
Screening of highly-effective rhizobial strains on Alfalfa ( <i>Medicago polymorpha</i> ) in soil .....	LIU Xiaoyun, GUO Zhenguo, LI Qiaoxian, et al (4034)
Geochemical evolution processes of soil major elements in the forest-dominated Jinshui River Basin, the upper Hanjiang River .....	HE Wenming, ZHOU Jie, ZHANG Changsheng, et al (4042)
Integrating geographic features and weather data for methodology of rasterizing spring maize growth stages .....	LIU Qin, YAN Changrong, MEI Xurong, et al (4056)
A model for predicting flowering date and external quality of cut tulip in solar greenhouse .....	LI Gang, CHEN Yaru, DAI Jianfeng, et al (4062)
Moisture effect analysis of pumpkin and oil sunflower intercropping in semi-arid area of northwest Hebei Province .....	HUANG Wei, ZHANG Junhua, LI Wenhong, et al (4072)
<b>Review and Monograph</b>	
Theoretical backgrounds and recent advances in avian molecular phylogeography .....	DONG Lu, ZHANG Yanyun (4082)
A review on spatial attributes of nature reserves and optimal site-selection methods .....	WANG Yicheng (4094)
Human activities are the principle cause of biotic homogenization .....	CHEN Guoqi, QIANG Sheng (4107)
Factors influencing the occurrence of <i>Ophiocordyceps sinensis</i> .....	ZHANG Guren, YU Junfeng, WU Guangguo, et al (4117)
Molecular detection of diversity of methanogens and methanotrophs in natural wetland soil .....	SHE Chenxing, TONG Chuan (4126)
<b>Scientific Note</b>	
Soil quality assessment of continuous cropping cotton fields for different years in a typical oasis in the upper reaches of the Tarim River .....	GONG Lu, ZHANG Haifeng, LÜ Guanghui, et al (4136)
Dynamics of microbial biomass during litter decomposition in the alpine forest .....	ZHOU Xiaoqing, WU Fuzhong, YANG Wanqin, et al (4144)
The aerodynamic roughness length of biologicalsoil crusts;a case study of Gurbantunggut Desert .....	WANG Xueqin, ZHANG Yuanming, ZHANG Weimin, et al (4153)
Differences among population quantities and community structures of pests and their natural enemies in tea gardens of different altitudes .....	KE Shengbing, DANG Fenghua, BI Shoudong, et al (4161)

# 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

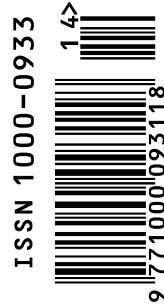
编辑部主任 孔红梅

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 14 期 (2011 年 7 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA  
(Semimonthly, Started in 1981)  
Vol. 31 No. 14 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