

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第23期 Vol.31 No.23 **2011**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 23 期

2011 年 12 月 (半月刊)

目 次

不同海拔高度高寒草甸光能利用效率的遥感模拟·····	付 刚,周宇庭,沈振西,等 (6989)
天山雪岭云杉大气花粉含量对气温变化的响应·····	潘燕芳,阎 顺,穆桂金,等 (6999)
春季季风转换期间孟加拉湾的初级生产力·····	刘华雪,柯志新,宋星宇,等 (7007)
降水量对川西北高寒草甸牦牛粪分解速率的影响 ·····	吴新卫,李国勇,孙书存 (7013)
基于 SOFM 网络对黄土高原森林生态系统的养分循环分类研究·····	陈 凯,刘增文,李 俊,等 (7022)
不同油松种源光合和荧光参数对水分胁迫的响应特征 ·····	王 琰,陈建文,狄晓艳 (7031)
盐生境下硅对坪用高羊茅生物学特性的影响 ·····	刘慧霞,郭兴华,郭正刚 (7039)
高温胁迫对不同种源希蒙得木叶片生理特性的影响·····	黄激激,张念念,胡庭兴,等 (7047)
黄土高原水土保持林对土壤水分的影响 ·····	张建军,李慧敏,徐佳佳 (7056)
青杨雌雄群体沿海拔梯度的分布特征·····	王志峰,胥 晓,李霄峰,等 (7067)
大亚湾西北部春季大型底栖动物群落特征·····	杜飞雁,林 钦,贾晓平,等 (7075)
湛江港湾浮游桡足类群落结构的季节变化和影响因素·····	张才学,龚玉艳,王学锋,等 (7086)
台湾海峡鲈鱼种群遗传结构·····	张丽艳,苏永全,王航俊,等 (7097)
洱海入湖河流苴河下游氮磷季节性变化特征及主要影响因素·····	于 超,储金宇,白晓华,等 (7104)
转基因鱼试验湖泊铜锈环棱螺种群动态及次级生产力·····	熊 晶,谢志才,蒋小明,等 (7112)
河口湿地植物活体-枯落物-土壤的碳氮磷生态化学计量特征 ·····	王维奇,徐玲琳,曾从盛,等 (7119)
EDTA 对铅锌尾矿改良土壤上玉米生长及铅锌累积特征的影响 ·····	王红新,胡 锋,许信旺,等 (7125)
不同包膜控释尿素对农田土壤氮挥发的影响·····	卢艳艳,宋付朋 (7133)
垄作栽培对高产田夏玉米光合特性及产量的影响·····	马 丽,李潮海,付 景,等 (7141)
DCE 不同施用时间对小麦生长期 N ₂ O 排放的影响 ·····	纪 洋,余 佳,马 静,等 (7151)
氮肥、钙肥和盐处理在冬小麦融冻胁迫适应中的生理调控作用 ·····	刘建芳,周瑞莲,赵 梅,等 (7161)
东北有机及常规大豆对环境影响的生命周期评价 ·····	罗 燕,乔玉辉,吴文良 (7170)
土壤施硒对烤烟生理指标的影响·····	许自成,邵惠芳,孙曙光,等 (7179)
不同种植方式对花生田间小气候效应和产量的影响·····	宋 伟,赵长星,王月福,等 (7188)
西花蓟马的快速冷驯化及其生态学代价·····	李鸿波,史 亮,王建军,等 (7196)
温度对麦长管蚜体色变化的影响·····	邓明明,高欢欢,李 丹,等 (7203)
不同番茄材料对 B 型烟粉虱个体发育和繁殖能力的影响 ·····	高建昌,郭广君,国艳梅,等 (7211)
基于生态系统受扰动程度评价的白洋淀生态需水研究·····	陈 贺,杨 盈,于世伟,等 (7218)
两种典型养鸡模式的能值分析 ·····	胡秋红,张力小,王长波 (7227)
四种十八碳脂肪酸抑藻时-效关系分析的数学模型设计 ·····	何宗祥,张庭廷 (7235)
流沙湾海草床重金属富集特征·····	许战州,朱艾嘉,蔡伟叙,等 (7244)
基于 QuickBird 的城市建筑景观格局梯度分析 ·····	张培峰,胡远满,熊在平,等 (7251)
景观空间异质性及城市化关联——以江苏省沿江地区为例·····	车前进,曹有挥,于 露,等 (7261)
基于 CVM 的太湖湿地生态功能恢复居民支付能力与支付意愿相关研究·····	于文金,谢 剑,邹欣庆 (7271)
专论与综述	
北冰洋海域微食物环研究进展·····	何剑锋,崔世开,张 芳,等 (7279)
城市绿地的生态环境效应研究进展·····	苏泳娴,黄光庆,陈修治,等 (7287)
城市地表灰尘中重金属的来源、暴露特征及其环境效应 ·····	方凤满,林跃胜,王海东,等 (7301)
研究简报	
三峡库区杉木马尾松混交林土壤 C、N 空间特征 ·····	林英华,汪来发,田晓堃,等 (7311)
广州小斑螟发生与环境因子的关系·····	刘文爱,范航清 (7320)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 336 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 39 * 2011-12



封面图说: 黄河的宁夏段属于中国的半荒漠地区,这里气候干燥、降水极少(250mm 以下)、植被缺乏、物理风化强烈、风力作用强劲、其蒸发量超过降水量数十倍。人们从黄河中提水引水灌溉土地,就近形成了荒漠中的绿洲。有水就有生命,有水就有绿色。这种独特的条件形成了人与沙较量的生态关系——不是人逼沙退就是沙逼人退。

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

于超, 储金字, 白晓华, 刘伟龙. 洱海入湖河流弥苴河下游氮磷季节性变化特征及主要影响因素. 生态学报, 2011, 31(23): 7104-7111.

Yu C., Chu J. Y., Bai X. H., Liu W. L. Seasonal variation of nitrogen and phosphorus in Miju River and Lake Erhai and influencing factors. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(23): 7104-7111.

洱海入湖河流弥苴河下游氮磷季节性变化特征 及主要影响因素

于 超¹, 储金字¹, 白晓华², 刘伟龙^{3,*}

(1. 江苏大学环境学院, 江苏镇江 212013; 2. 云南省环境科学研究院, 昆明 650034;

3. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

摘要:入湖河流携带污染物对洱海水环境的影响日益明显,对洱海入湖水量最大的河流——弥苴河下游水体氮磷进行了连续采样分析,以期为河口湿地建设和水质改善提供基础数据。结果表明:1)弥苴河水质介于地表水Ⅲ—Ⅴ类之间,主要污染物为氮和磷,其中总氮平均浓度为 1.17 mg/L,最高浓度达到 2.00 mg/L;总磷平均浓度为 0.06 mg/L;2)弥苴河下游总氮、总磷浓度丰水期高于枯水期,并呈现出季节性变化规律;3)弥苴河下游水体总氮、总磷年均浓度远高于洱海水体总氮、总磷年均浓度,其中总氮高出 2.10 倍,总磷高出 2.90 倍;4)弥苴河下游河段非点源污染占据主导地位。

关键词:洱海;弥苴河;氮;磷

Seasonal variation of nitrogen and phosphorus in Miju River and Lake Erhai and influencing factors

YU Chao¹, CHU Jinyu¹, BAI Xiaohua², LIU Weilong^{3,*}

1 The Environmental Department of Jiangsu University, Zhenjiang 212013

2 Yunnan Institute of Environmental Science, Kunming 650034

3 Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041

Abstract: Over previous years, increasing amounts of pollutants carried by rivers entering Lake Erhai are suspected to have affected its water quality. The long-term effects of human life and industry on the rivers include deterioration of upstream and river vegetation and serious soil erosion, which are main contributory sources of sediment and nutrients flowing into Lake Erhai. Industrial and human wastes delivered directly into streams obviously affect the water quality of Lake Erhai. Consequently, the study of the water quality of the main lowland river entering Lake Erhai and analysis of the current pollution conditions of Lake Erhai will allow appropriate countermeasures to be taken and, correspondingly allow the nitrogen and phosphorus pollution load to be reduced. This has practical significance in managing the water environment of Lake Erhai and mitigating environmental stress arising from unreasonable human development and utilization of natural resources.

A survey and analysis were undertaken of the major nutrient distribution in Miju River, the largest river flowing into Lake Erhai, and the results contrasted with those of the water of the Lake. The purpose was to provide data for the planned construction of a wetland in the estuarine region of the Miju River, to mitigate the pollutant loading. Thirteen sampling points were located in the lower reaches of the Miju River, an area seriously impacted by human activities. The water quality of the Miju River is between III and V, based on The People's Republic of China surface water environment quality

基金项目:云南省科技厅社会事业发展专项(2008CA020);国家自然科学基金项目(41001029)

收稿日期:2010-10-06; **修订日期:**2011-04-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wlliu@imde.ac.cn

standards. The two major pollution sources are total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP), with mean concentrations of 1.17 mg/L and 0.06 mg/L, respectively. The maximum TN concentration exceeded 2.00 mg/L, and concentrations varied monthly. NO_3^- -N concentrations varied from 0.21 to 1.42 mg/L, and NH_3 -N concentrations ranged from 0.08 to 1.23 mg/L. Mean concentrations of NO_3^- -N and NH_3 -N were 0.56 mg/L and 0.39 mg/L, respectively. Concentrations of both N and P in the Miju River varied seasonally, being much higher in the wet season than in the dry season. The maximum concentration of NO_3^- -N was in the dry season, while for NH_3 -N it was in the early wet season. Contents of N and P in the Miju River were 2.10 and 2.90 times higher, respectively, than in Lake Erhai. Mean annual concentrations of TN and TP in Lake Erhai between 1990 and 2000 were 0.286 mg/L and 0.018 mg/L, respectively, and were 0.55 mg/L and 0.024 mg/L between 2004 and 2008. Annual concentrations of TN and TP in the dock of Erhai were 0.91 mg/L and 0.03 mg/L, respectively, which far exceeded the recorded water quality data. With an increase of rainfall, N concentrations were first positively correlated and then negatively related later, TP concentrations were more affected by the rainfall which is a principal characteristic of non-point source polluted rivers. Nitrogen and phosphorus, derived mainly from irrigated farming and cultivated land fertilization, sewage, trash, livestock manures and plant waste from cultivated land, were carried by rainfall runoff. In a broad sense, non-point pollution played a leading role in the pollutant concentrations observed in the Miju River.

Key Words: Lake Erhai; Miju River; nitrogen; phosphorus

水体富营养化严重影响了水资源的利用,已成为全球关注的环境问题之一,并限制了社会的可持续发展^[1]。河流作为水体点源和面源的最终汇流通道,是造成湖泊或流域营养物质输入的主要途径之一^[2]。自 20 世纪开始,各国采取了多种措施对其进行治理和研究^[3-6]。

河流下游特别是河口处于湖泊和陆地、海洋和陆地的交界处,特殊的地理位置和复杂的水文条件使河口的化学、物理和生物作用更为复杂,污染问题也更为突出^[7-8]。由于水体层化作用限制大气氧交换以及丰富的营养物质、有机物的生物氧化过程,下游河流水体中大量耗氧常形成一个低氧区,导致水质下降,水生动植物生长受限甚至死亡,水体陷入恶性循环^[8-9]。因此,研究入湖河流河口段的水环境现状并采取相应的措施,从源头减少入湖的氮磷负荷,对改善湖泊水环境整体质量具有重要的意义。

洱海是云南省第二大湖泊,位于大理白族自治州中心地带,主要补给水源为上游河流输水,其中弥苴河是洱海最大的入湖河流。近年来,由于人类生产和生活的影响,河岸及其上游植被遭到破坏,水土流失严重,是洱海泥沙和营养物质的主要来源之一^[10]。河道两侧的生活和生产污染物直接进入河流,对洱海水质的影响非常明显。因此,研究洱海入湖河流的污染情况,分析下游入湖口河流水污染现状,对缓解河流不合理开发利用所带来的环境压力和洱海水环境治理具有现实意义。

以往洱海水环境研究多注重湖泊内营养物质的动态平衡和影响因素^[11-13],而对洱海污染的来源,特别是入湖河流营养物质的研究较少,对洱海最大的入湖河流弥苴河下游河口段氮磷的研究目前尚未见报道。为了客观评价弥苴河下游河口段水环境现状,本研究对弥苴河下游入湖河段进行 12 个月的连续采样,分析了不同形态氮磷含量分布及季节性变化,以期对即将建设的弥苴河河口湿地和洱海水环境保护提供相关的基础数据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

弥苴河位于云南省大理州洱海北端的洱源县境内,地处罗平山分水岭之东、马鞍山分水岭之西,跨东经 99°50′—100°02′、北纬 25°48′—26°16′,属澜沧江水系的洱海流域,河流全长 71.10 km,流域面积 1310.80 km²。50a 一遇洪峰流量为 185 m³/s,枯水期流量为 6.80 m³/s,平水期流量为 11.50 m³/s。平均坡降为 7.60%,河流等级为二级。弥苴河为洱海最大入湖河流,弥苴河水量占进入洱海的总地表水量的 50% 以上,

流域占整个洱海流域面积的 51.10%^[10]。

1.2 样品的采集

采样点位于弥苴河下游入洱海的河口段,自大理市上关镇江尾大桥起至弥苴河入洱海河口处止。由于当地农民灌溉需要,沿途河道内分布有多处灌溉排水口,与农田内灌溉渠道相连通,另外农家肥牲畜粪肥沿河边堆放,无任何管理措施进行管理,此河段受附近的人为活动干扰比较严重。

自 2009 年 8 月 5 日至 2010 年 7 月 20 日,每月 5 号、20 号定时采样分析。利用 GARMIN-Csx60 GPS 确定采样点 1 的具体位置(图 1),位于距弥苴河与洱海相交处 100 m 左右,附近没有农田,2—13 号点以弥苴河下游沿岸标志物(桥、拦污坝和闸)设立采样点,13 号点位于上关镇江尾大桥,距附近农田约 200 m 左右。河宽为 8 m 左右,所以每个断面只设一个采样点,另外在距入湖口西侧约 2.0 km 的洱海码头进行洱海水样的采集和分析。使用有机玻璃采样器取水表层 50 cm 水样,采集水样置于 250 mL 聚乙烯塑料瓶中带回实验室静置 30 min 后立即进行测定分析。

1.3 样品分析

总氮采用碱性过硫酸钾氧化法、硝氮采用紫外分光光度法、氨氮采用纳氏试剂法、总磷采用过硫酸钾氧化法测定^[14]。

1.4 统计分析

采用 SPSS 18.0 进行统计分析。

2 结果

2.1 弥苴河不同位置氮磷差异

弥苴河 13 个采样点的总氮、氨氮、硝氮和总磷的年均值见图 2。

总氮在弥苴河内最高值为 1.37 mg/L,最低值为 1.14 mg/L(图 2)。两个较高值出现在拦污坝(样点 11)和接近河口(样点 3)处。氨氮的浓度变化范围为 0.35—0.53 mg/L,硝氮的变化范围在 0.39—0.74 mg/L 之间。氨氮与硝氮呈相反的分布趋势,硝氮浓度总是高于氨氮浓度;总磷浓度变化范围在 0.051—0.085 mg/L 之间,在接近河口附近(样点 10 和 11)浓度明显升高。

2.2 不同月份氮磷变化

分析弥苴河下游流域内降雨量数据可以看出^①,降雨量呈现比较规律的季节性变化。弥苴河下游地区丰水期时间较长,为 4—10 月份,7—8 月份降雨量明显高于其他月份,河水流量也在此期达到最大。

对弥苴河下游总氮、硝氮、氨氮和总磷月均值的变化分析结果表明(图 3),各月总氮浓度变幅较大,介于 0.39—2.00 mg/L 之间。总氮年均浓度为 1.17 mg/L,最大值出现在丰水期 7 月份,最大值为 2.00 mg/L。在枯水期(11—12 月)总氮同样表现出很高的浓度,12 月份总氮达到 1.75 mg/L。平水期(9—10 月,2—3 月)总氮变化较小,年均浓度在 1.00 mg/L 以下。总氮在 8—10 月随着降雨量的减少而降低,11 月,降雨量继续降低,总氮却突然增加,达到一个小高峰,12 月及翌年 1 月,降雨量为零,河水中总氮含量逐渐减少到最低,2—7 月随着降雨量的逐渐增加而升高。

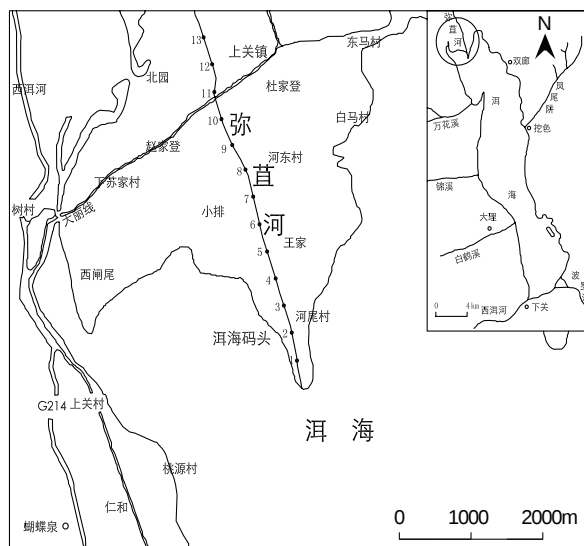


图 1 采样点分布图

Fig. 1 Sampling points distribution

① 降雨量数据来源于国家气象局

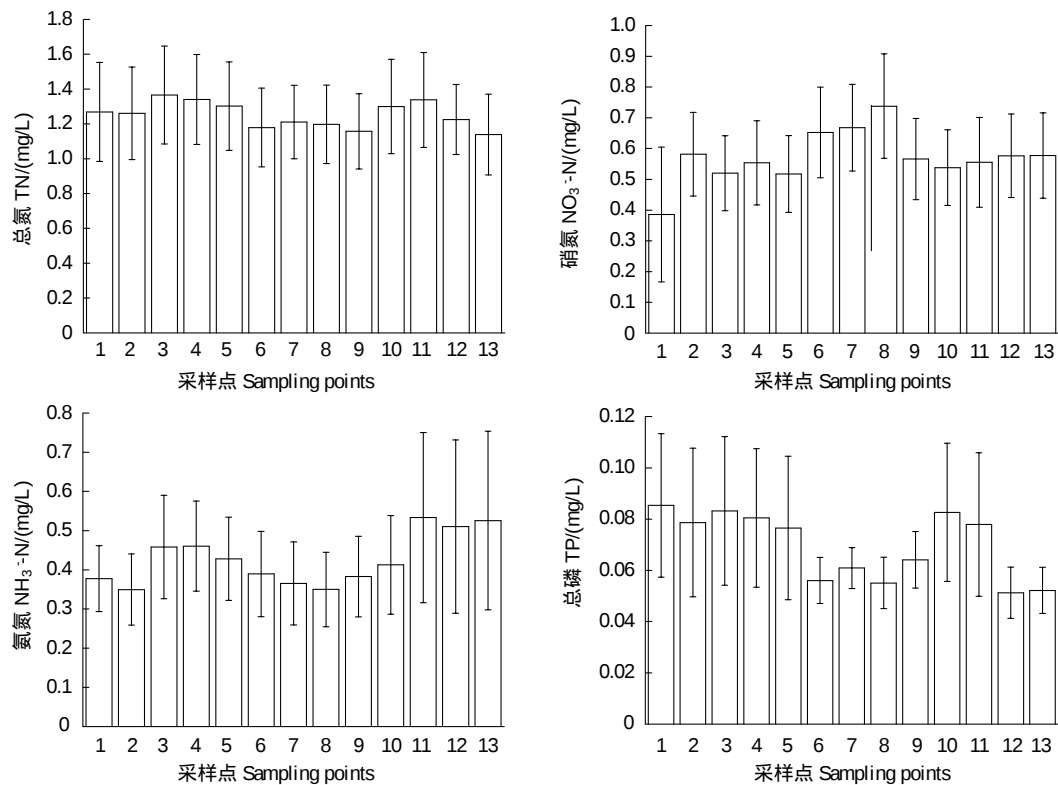


图2 2009—2010 年弥苴河不同点位氮磷年均变化

Fig. 2 N & P Variation in Miju river from 2009—2010

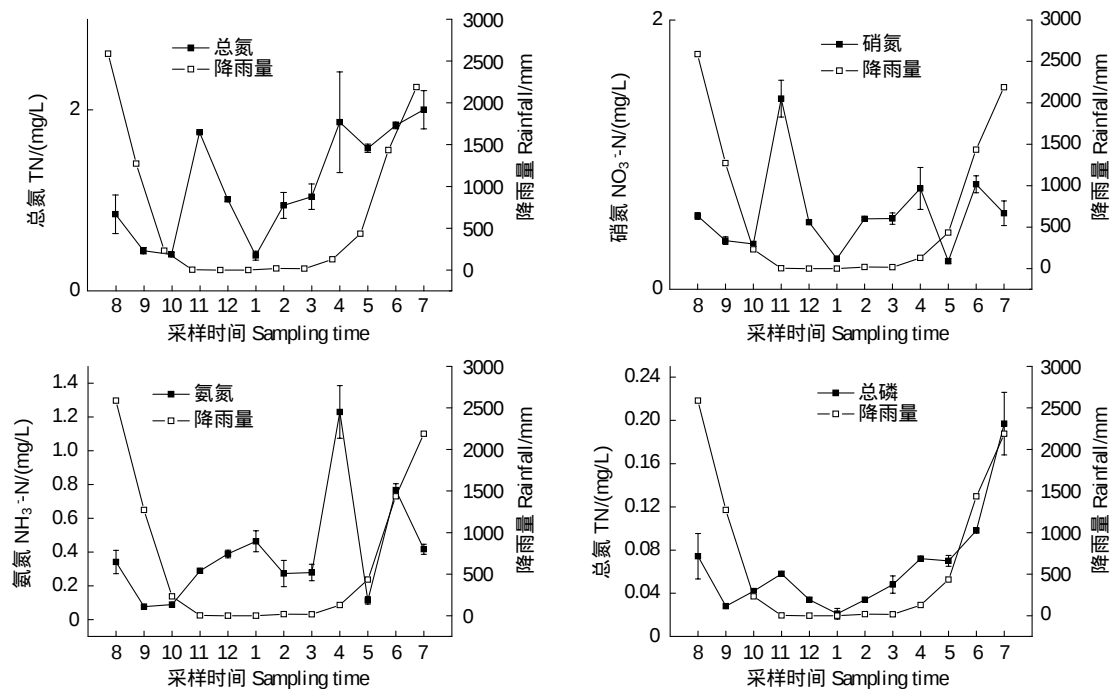


图3 不同月份氮磷变化

Fig. 3 Variation of N and P mean value (month) from 2009 to 2010

硝氮的变化范围在 0.21—1.42 mg/L 之间, 年均值为 0.56 mg/L。硝氮最大值出现在枯水期的 11 月份, 最大值为 1.42 mg/L, 其变化趋势与总氮相同, 即在 2009 年 9、10 月和 2010 年 1 月两个时间段内总氮和硝氮

的含量较低,在枯水期的11和12月份和丰水期的4—7月份总氮和硝氮浓度较高。7月硝氮含量与上年8月硝氮含量基本持平。

氨氮的变化范围在0.08—1.23 mg/L之间,年均浓度为0.39 mg/L,各月浓度变幅较大,最大值出现在丰水期的4月,达到1.23 mg/L。氨氮和硝氮同样在5月出现大幅度下降的趋势。总氮,硝氮和氨氮在丰水期初期(4月)的标准差明显增大,说明其浓度变幅较大。降雨量同氨氮和硝氮之间的变化关系大体上与总氮相一致,先随着降雨量的降低而降低,而当降雨量低于一定程度时,氨氮和硝氮却反而升高,硝氮在1、5月和7月份,氨氮在5月和7月份出现较大的波动。

枯水期期间,总磷变化较小,最低值出现在1月;但在丰水期浓度显著升高,7月达到最高值,浓度为0.20 mg/L。总磷年均浓度为0.07 mg/L,变化范围在0.02—0.20 mg/L之间。在丰水期(7—8月份),总磷标准差明显增大,说明降雨量对总磷影响较大。

2.3 弥苴河与洱海氮磷浓度对比

同期洱海河尾码头水质调查结果显示(图4),其总氮变化范围在0.45—2.17 mg/L之间,年平均浓度为0.91 mg/L,总磷变化范围为0.02—0.07 mg/L,平均浓度为0.03 mg/L。与弥苴河水体相比(数据采用13个采样点的月均值),码头水体氮磷变幅相对较小,但也在丰水期,氮磷表现出显著升高的趋势。

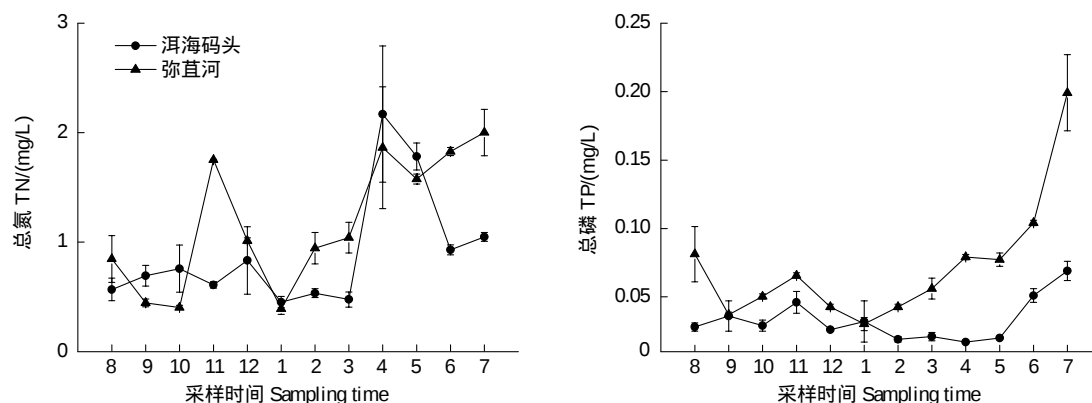


图4 洱海码头与弥苴河氮磷对比

Fig. 4 Comparison of N and P between the dock of Erhai Lake and Miju River

2004—2008年洱海水质(图5)监测数据显示^①,其总氮变化范围在0.46—0.68 mg/L之间,年平均浓度为0.55 mg/L;总磷变化范围为0.02—0.03 mg/L,平均浓度为0.024 mg/L。

洱海码头水体氮磷年均浓度小于同期弥苴河下游水体氮磷浓度,年均磷含量约为弥苴河水体磷含量的1/2,年均氮含量约为弥苴河的3/4。

洱海水体氮磷含量与弥苴河氮磷含量对比结果表明:洱海水体氮磷年均浓度远小于弥苴河氮磷浓度,洱海水体中总氮、总磷年均含量分别是弥苴河水体的1/2和1/3。洱海氮磷并没有随着弥苴河氮磷增减而产生大幅度的变化,这可能是因为氮磷在进入湖泊后有一个滞后扩散的过程,但是,弥苴河对洱海的影响是明显而直接的。

3 讨论

3.1 弥苴河下游氮磷的季节性变化

氮磷含量与降雨量的关系可以反映它们的主要来源^[15]。点源污染相对固定,不受降雨量大小的影响,所以氮磷含量主要受河水稀释效应的影响,随着降雨量的增大而减小;由于地表径流的冲刷作用,面源污染量随降雨量的增加而增加,因此受面源污染控制的河流氮磷含量同时受冲刷作用和河水稀释效应的影响,当降雨

① 大理市洱海保护管理局提供数据

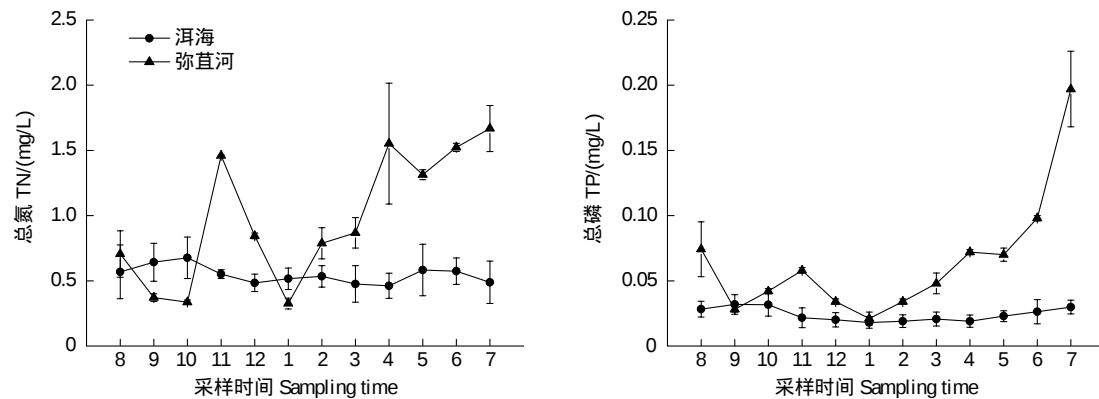


图5 近5年洱海水体与弥苴河水体氮磷年均值对比

Fig. 5 Comparison of N and P variation between Erhai Lake in recent five years and Miju River

量小于一定量时地表径流冲刷占主导地位,氮磷含量与之呈正相关关系,但是当降雨量继续增大到一定程度时则主要受河水稀释效应的影响,氮磷含量随着降雨量的增大而减小。

总氮含量在丰水期初期及中期显著升高,但由于本次研究采样时间跨度的限制,在同一年度降雨量高峰期(8月份)没有进行采样分析,所以同期内总氮含量数据缺乏,但参考上一年度同期8月份总氮数据,可以看出在降雨量达到高峰的时候,总氮含量与年度水平相比较低。氨氮和硝氮在丰水期初期(4月和6月)与降雨量呈正相关关系,在丰水期的中期(7月和8月)与降雨量呈负相关关系,而后在丰水期后期,氨氮随降雨量的降低有缓慢增加的趋势,硝氮随降雨量的降低缓慢减少。氮含量随着降雨量的增大先呈正相关后呈负相关,这是非点源污染河流的主要特征。弥苴河流域上游分布有洱源县城,点源污染不可忽视,但在下游流域,农业耕作作为人类活动的主要活动,氮污染主要来源于非点源污染,可见所研究河段非点源污染占据主导地位。

3.2 弥苴河氮磷的主要来源

生活垃圾污染虽然在少雨季节对水体影响较小,但却是雨季时流域污染暴发的重要原因^[16]。4—5月为雨季初期,非雨期地表积累的污水、垃圾、畜禽粪便、农田秸秆随着暴雨的冲刷进入河流,导致氮磷含量陡增;高原和半干旱区湖泊的水分蒸发作用远强于位于其他地区的湖泊,营养盐在沉积物中的累积更快^[17]。一些沉积物在生物扰动、水流、风的影响下会发生再悬浮,将营养物质释放到水体中^[18]。所以可以推断,丰水期水体磷含量突然增加,是由于雨水的冲刷和地表径流带入一部分磷进入水体,虽然通过减少外源磷负荷的措施可在一定程度上改善水质,但往往被沉积物再悬浮释放的磷延缓或抵消^[19-20]。

雨季初期(4月)和枯水期(11—1月),村民开始大面积的种植水稻和独蒜,大量施肥和区域便利的灌溉排水条件,尤其是河道与灌溉渠道的连通性导致河水倒灌入河道,使氮磷通过地表径流或地下径流进入弥苴河,使河水中氮磷的浓度升高,导致氮磷含量在丰水期和枯水期出现两次峰值。

弥苴河河道与灌溉渠道相连通,含有化肥的农田灌溉水倒灌入河道,导致硝氮增加。弥苴河河口段周围是人口密集的居民区,居民生活污水的排放较大,家畜养殖废水直接排入河道,也是水体氮磷的主要来源之一。生活污水和养殖场废水中氨氮浓度极高^[21-22],这些不经处理的污水直接排入河道,造成了河水氮含量的升高。

总氮在拦污坝(样点11)和接近河口(样点3)处出现两个峰值,调查表明大量垃圾在拦污坝处拦截,并且没有对其及时清除从而导致氮浓度升高。总磷在接近河口处(样点1至样点5)突然升高是因为河口特殊的地理位置和复杂的水文条件形成的河口浑浊带,河底淤泥中的沉积物再悬浮释放所致^[23-25]。这也是导致氮磷含量高于下游其他河段的原因之一。

弥苴河流域内主要的工业企业都已实施排污许可证制度,随着对工业废水污染的有效控制,流域污染尤其是农业面源污染已经取代点源成为弥苴河污染的最重要来源,面源污染的负荷比重在逐步上升。在进入洱

海的总氮和总磷中,农业面源污染分别占到 53% 和 42%^[26]。氨氮和硝氮是农业面源污染的主要形式,也是植物吸收的主要形式^[27],因此在下游河口地区建立以植物为主的人工湿地,去除入湖河流污染物,对减轻洱海富营养化,保护水环境具有积极的作用。

致谢:云南大学生命科学院李秋月、马锐和大理学院孔攀、袁巍同学在采样和分析过程中提供帮助,本文部分数据由大理市洱海保护管理局提供,在此一并致谢。

References:

- [1] Alexander R B, Elliott A H, Shankar U, McBride G B. Estimating the sources and transport of nutrients in the Waikato River Basin, New Zealand. *Water Resources Research*, 2002, 38(12): 1268-1280.
- [2] Zhang W L, Wu S X, Ji H J, Kolbe H. Estimation of agricultural non-point source pollution in China and the alleviating strategies I: estimation of agricultural non-point source pollution in China in early 21 Century. *Scientia Agricultura Sinica*, 2004, 37(7): 1008-1017.
- [3] Wang B D. Cultural eutrophication in the Changjiang (Yangtze River) plume: history and perspective. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2006, 69(3/4): 471-477.
- [4] Chai C, Yu Z M, Song X X, Cao X H. The status and characteristics of eutrophication in the Yangtze River (Changjiang) estuary and the adjacent East China Sea, China. *Hydrobiologia*, 2006, 563(1): 313-328.
- [5] Boers P C M. Nutrient emissions from agriculture in the Netherlands, causes and remedies. *Water Science Technology*, 1996, 33(4/5): 183-189.
- [6] Withers P J A, Davidson I A, Foy R H. Prospects for controlling nonpoint phosphorus loss to water: a UK perspective. *Journal of Environment Quality*, 2000, 29, 167-175.
- [7] Wang F, Zhang L J. A Review of the deposit mechanisms of sediment in estuaries of high turbidity. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2004, 2: 21-29.
- [8] Su W, Wang Y Y, Ma X F. Progress in water quality models for mechanism leading to the oxygen-depleted waters in estuaries. *Water Resources Protection*, 2004, 20(5): 1-4.
- [9] Summers J K, Weisberg S B, Holland A F, Kou J, Engle V D, Breitberg D L, Diaz R J. Characterizing dissolved oxygen conditions in estuarine environments. *Environmental Monitoring and Assessment*, 1997, 45(3): 321-330.
- [10] Cheng Y, Li B H, CiLi N B, He S F, Peng W Q. The study of rainfall erosivity in Miju River of Erhai basin. *Sold and Water Conservation in China*, 2008, 6: 29-33.
- [11] Du B H. Study on eutrophication of Erhai Lake. *Journal of Lake Sciences*, 1992, 4(2): 86-92.
- [12] Pan H X, Wang Y F, Dong Y S. Factor analysis of eutrophication in Erhai lake. *Journal of Lake Sciences*, 1999, 11(2): 184-188.
- [13] Zheng G Q, Yu X X, Jiang N, He L H. The cause for change of water quality of Erhai Lake and prediction of water quality. *Journal of Northeast Forestry University*, 2004, 32(1): 99-102.
- [14] SEPA. Monitoring and Analysis Method of Water and Waster Water. Beijing: China Environmental Science Press, 2006: 210-220, 243-284.
- [15] Duan S W, Zhang S. The variations of nitrogen and phosphorus concentrations in the monitoring stations of the three major rivers in china. *Scientia Geographica Sinica*, 1999, 19(5): 411-416.
- [16] Zhang C. The environmental affect of rural non-piont pollution and control measures in China. *Environmental Science Trends*, 2001, (4): 10-13.
- [17] Sun S C, Zhang C. Nitrogen distribution in the lakes and lacustrine of China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2000, 57(1): 23-31.
- [18] de Klein J. From Ditch to Delta: Nutrient Retention in Running Waters. Nederland: Wageningen University, 2008: 25-25.
- [19] Kim L H, Choi E, Stenstrom M K. Sediment characteristics, phosphorus types and phosphorus release rates between river and lake sediments. *Chemosphere*, 2003, 50(1): 53-61.
- [20] Pant H K, Reddy K R. Phosphorus sorption characteristics of estuarine sediments under different redox conditions. *Journal of Environmental Quality*, 2001, 30(4): 1474-1480.
- [21] Wang L X, Zhuang S R, Lu J L, Su M L, Hu Z Y. Nitrogen and phosphorus pollution in various water bodies in rural area of Changshu. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2009, 25(4): 55-59.
- [22] Xing G X, Shi S L, Du L J, Cao Y C, Sun G Q, Shen G Y, Sun D L. Situation of nitrogen pollution in water bodies in Suzhou region. *Acta Pedologica Sinica*, 2001, 38(4): 540-546.
- [23] Uncles R J, Stephens J A. Nature of the turbidity maximum in the Tamar Estuary, U. K. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 1993, 36(5): 413-431.
- [24] Schubel J R. Turbidity maximum of the Northern Chesapeake Bay. *Science*, 1968, 161(3845): 1013-1015.

- [25] Wolanski E, Gibbs R J. Flocculation of suspended sediment in the Fly River Estuary, Papua New Guinea. *Journal of Coastal Research*, 1995, 11(3): 754-762.
- [26] Li F X. Present situation of treatment of non-point source pollution and countermeasures in Erhai Lake. *Environment Science Survey*, 2008, 27(B6): 82-84.
- [27] Wu X L. The mechanism of waste water treatment in constructed wetland. *Environmental Science*, 1995, 16(3): 83-86.

参考文献:

- [2] 张维理, 武淑霞, 冀宏杰, Kolbe H. 中国农业面源污染形势估计及控制对策 I: 21 世纪初期中国农业面源污染的形势估计. *中国农业科学*, 2004, 37(7): 1008-1017.
- [7] 王飞, 张龙军. 高浑浊度河口沉积物的沉积机理评述. *海洋湖沼通报*, 2004, 2: 21-29.
- [8] 苏伟, 王业耀, 马小凡. 河口低氧区形成机理的水质模型研究进展. *水资源保护*, 2004, 20(5): 1-4.
- [10] 程艳, 李柄花, 此里能布, 和寿芳, 彭文启. 洱海弥苴河流域降雨侵蚀力特征研究. *中国水土保持*, 2008, 6: 29-33.
- [11] 杜宝汉. 洱海富营养化研究. *湖泊科学*, 1992, 4(2): 86-92.
- [12] 潘红玺, 王云飞, 董云生. 洱海富营养化影响因素分析. *湖泊科学*, 1999, 11(2): 184-188.
- [13] 郑国强, 于兴修, 江南, 何隆华. 洱海水质的演变过程及趋势. *东北林业大学学报*, 2004, 32(1): 99-102.
- [14] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法 (第四版). 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 210-220, 243-284.
- [15] 段水旺, 张申. 中国主要河流控制站氮、磷含量变化规律初探. *地理科学*, 1999, 19(5): 411-416.
- [16] 张从. 中国农村面源污染的环境影响及其控制对策. *环境科学动态*, 2001, (4): 10-13.
- [21] 王丽香, 庄舜尧, 吕家珑, 苏嫚丽, 胡正义. 常熟农村不同水体氮磷污染状况. *生态与农村环境学报*, 2009, 25(4): 55-59.
- [22] 邢光熹, 施书莲, 杜丽娟, 曹亚澄, 孙国庆, 沈光裕, 孙德玲. 苏州地区水体氮污染状况. *土壤学报*, 2001, 38(4): 540-546.
- [26] 李凤香. 洱海面源污染治理现状及对策. *环境科学导刊*, 2008, 27(B6): 82-84.
- [27] 吴晓磊. 人工湿地废水处理机理. *环境科学*, 1995, 16(3): 83-86.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 23 December, 2011 (Semimonthly)
CONTENTS

Satellite-based modelling light use efficiency of alpine meadow along an altitudinal gradient	FU Gang, ZHOU Yuting, SHEN Zhenxi, et al (6989)
Changes in the concentrations of airborne <i>Picea schrenkiana</i> pollen in response to temperature changes in the Tianshan Mountain area	PAN Yanfang, YAN Shun, MU Guijin, et al (6999)
Primary production in the Bay of Bengal during spring intermonsoon period	LIU Huaxue, KE Zhixin, SONG Xingyu, et al (7007)
Effect of rainfall regimes on the decomposition rate of yak dung in an alpine meadow of northwest Sichuan Province, China	WU Xinwei, LI Guoyong, SUN Shucun (7013)
SOFM-based nutrient cycling classification of forest ecosystems in the Loess Plateau	CHEN Kai, LIU Zengwen, LI Jun, et al (7022)
Characterization of the responses of photosynthetic and chlorophyll fluorescence parameters to water stress in seedlings of six provenances of Chinese Pine (<i>Pinus tabulaeformis</i> Carr.)	WANG Yan, CHEN Jianwen, et al (7031)
Effect of silicon supply on Tall Fescue (<i>Festuca arundinacea</i>) growth under the salinization conditions	LIU Huixia, GUO Xinghua, GUO Zhenggang (7039)
Effects of high-temperature stress on physiological characteristics of leaves of <i>Simmondsia Chinensis</i> seedlings from different provenances	HUANG Weiwei, ZHANG Niannian, HU Tingxing, et al (7047)
Soil moisture dynamics of water and soil conservation forest on the Loess Plateau	ZHANG Jianjun, LI Huimin, XU Jiajia (7056)
The distribution of male and female <i>Populus cathayana</i> populations along an altitudinal gradient	WANG Zhifeng, XU Xiao, LI Xiaofeng, et al (7067)
Analysis on the characteristics of macrobenthic community in the North-west Daya Bay of South China Bay in spring	DU Feiyan, LIN Qin, JIA Xiaoping, et al (7075)
The effects of season and environmental factors on community structure of planktonic copepods in Zhanjiang Bay, China	ZHANG Caixue, GONG Yuyan, WANG Xuefeng, et al (7086)
Population genetic structure of <i>Pneumatophorus japonicus</i> in the Taiwan Strait	ZHANG Liyan, SU Yongquan, WANG Hangjun, et al (7097)
Seasonal variation of nitrogen and phosphorus in Miju River and Lake Erhai and influencing factors	YU Chao, CHU Jinyu, BAI Xiaohua, et al (7104)
Population dynamics and production of <i>Bellamya aeruginosa</i> (Reeve) (Mollusca: Viviparidae) in artificial lake for transgenic fish, Wuhan	XIONG Jing, XIE Zhicai, JIANG Xiaoming, et al (7112)
Carbon, nitrogen and phosphorus ecological stoichiometric ratios among live plant-litter-soil systems in estuarine wetland	WANG Weiqi, XU Linglin, ZENG Congsheng, et al (7119)
Effects of EDTA on growth and lead-zinc accumulation in maize seedlings grown in amendment substrates containing lead-zinc tailings and soil	WANG Hongxin, HU Feng, XU Xinwang, et al (7125)
Effects of different coated controlled-release urea on soil ammonia volatilization in farmland	LU Yanyan, SONG Fupeng (7133)
Effects of ridge planting on the photosynthetic characteristics and yield of summer maize in high-yield field	MA Li, LI Chaohai, FU Jing, et al (7141)
Effect of timing of DCD application on nitrous oxide emission during wheat growing period	JI Yang, YU Jia, MA Jing, et al (7151)
The role of the fertilizing with nitrogen, calcium and sodium chloride in winter wheat leaves adaptation to freezing-thaw stress	LIU Jianfang, ZHOU Ruilian, ZHAO Mei, et al (7161)
Environment impact assessment of organic and conventional soybean production with LCA method in China Northeast Plain	LUO Yan, QIAO Yuhui, WU Wenliang (7170)
Effects of selenium added to soil on physiological indexes in flue-cured tobacco	XU Zicheng, SHAO Huifang, SUN Shuguang, et al (7179)
Influence of different planting patterns on field microclimate effect and yield of peanut (<i>Arachis hypogaea</i> L.)	SONG Wei, ZHAO Changxing, WANG Yuefu, et al (7188)
Rapid cold hardening of Western flower thrips, <i>Frankliniella occidentalis</i> , and its ecological cost	LI Hongbo, SHI Liang, WANG Jianjun, et al (7196)

- Effects of temperature on body color in *Sitobion avenae* (F.) DENG Mingming, GAO Huanhuan, LI Dan, et al (7203)
- Development and reproduction of *Bemisia tabaci* biotype B on wild and cultivated tomato accessions
..... GAO Jianchang, GUO Guangjun, GUO Yanmei, et al (7211)
- Study on ecological water demand based on assessment of ecosystem disturbance degree in the Baiyangdian Wetland
..... CHEN He, YANG Ying, YU Shiwei, et al (7218)
- Emergy-based analysis of two chicken farming systems: a perspective of organic production model in China
..... HU Qiuhong, ZHANG Lixiao, WANG Changbo (7227)
- Mathematical model design of time-effect relationship analysis about the inhibition of four eighteen-carbon fatty acids on toxic
Microcystis aeruginosa HE Zongxiang, ZHANG Tingting (7235)
- Enrichment of heavy metals in the seagrass bed of Liusha Bay XU Zhanzhou, ZHU Aijia, CAI Weixu, et al (7244)
- A gradient analysis of urban architecture landscape pattern based on QuickBird imagery
..... ZHANG Peifeng, HU Yuanman, XIONG Zaiping, et al (7251)
- Landscape spatial heterogeneity is associated with urbanization: an example from Yangtze River in Jiangsu Province
..... CHE Qianjin, CAO Youhui, YU Lu, et al (7261)
- CVM for Taihu Lake based on ecological functions of wetlands restoration, and ability to pay and willingness to pay studies
..... YU Wenjin, XIE Jian, ZOU Xinqing (7271)
- Review and Monograph**
- Progress in research on the marine microbial loop in the Arctic Ocean HE Jianfeng, CUI Shikai, ZHANG Fang, et al (7279)
- Research progress in the eco-environmental effects of urban green spaces
..... SU Yongxian, HUANG Guangqing, CHEN Xiuzhi, et al (7287)
- Source, exposure characteristics and its environmental effect of heavy metals in urban surface dust
..... FANG Fengman, LIN Yuesheng, WANG Haidong, et al (7301)
- Scientific Note**
- Spatial structures of soilcarbon and nitrogen of China fir and Masson pine mixed forest in the Three Gorger Reservoir Areas
..... LIN Yinghua, WANG Laifa, TIAN Xiaokun, et al (7311)
- The relationship between *Oligochroa cantonella* Caradja and environmental factors LIU Wenai, FAN Hangqing (7320)

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 23 期 (2011 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 23 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@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.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