

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

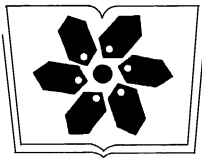
Acta Ecologica Sinica



第31卷 第17期 Vol.31 No.17 **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 17 期

2011 年 9 月 (半月刊)

目 次

海洋生态资本理论框架下海洋生物资源的存量评估·····	任大川,陈 尚,夏 涛,等 (4805)
内生真菌对羽茅生长及光合特性的影响·····	贾 彤,任安芝,王 帅,等 (4811)
基于遥感图像处理技术胡杨叶气孔密度的估算及其生态意义·····	蒋圣淇,赵传燕,赵 阳,等 (4818)
水文变异下的黄河流域生态流量·····	张 强,李剑锋,陈晓宏,等 (4826)
黄河三角洲重度退化滨海湿地盐地碱蓬的生态修复效果·····	管 博,于君宝,陆兆华,等 (4835)
浙江省某 PCBs 废物储存点对其邻近滩涂生态系统的毒性风险·····	何闪英,陈昆柏 (4841)
鄱阳湖苔草湿地甲烷释放特征·····	胡启武,朱丽丽,幸瑞新,等 (4851)
三峡库区银鱼生长特点及资源分析·····	邵晓阳,黎道峰,谭 路,等 (4858)
低温应激对吉富罗非鱼血清生化指标及肝脏 HSP70 基因表达的影响 ···	刘 波,王美珏,谢 骏,等 (4866)
Cd ²⁺ 对角突臂尾轮虫和曲腿龟甲轮虫的急性毒性和生命表统计学参数的影响 ·····	许丹丹,席貽龙,马 杰,等 (4874)
圈养梅花鹿 BDNF 基因多态性与日常行为性状的关联分析 ·····	吕慎金,杨 燕,魏万红 (4881)
华北平原玉米田生态系统光合作用特征及影响因素 ·····	同小娟,李 俊,刘 渡 (4889)
长期施肥对麦田大型土壤动物群落结构的影响 ·····	谷艳芳,张 莉,丁圣彦,等 (4900)
蚯蚓对湿地植物光合特性及净化污水能力的影响·····	徐德福,李映雪,王让会,等 (4907)
三种农药对红裸须摇蚊毒力和羧酸酯酶活性的影响 ·····	方国飞 (4914)
六星黑点豹蠹蛾成虫生殖行为特征与性趋向·····	刘金龙,宗世祥,张金桐,等 (4919)
除草剂胁迫对空心莲子草叶甲种群的影响及应对策略·····	刘雨芳,彭梅芳,王成超,等 (4928)
荒漠植物准噶尔无叶豆结实、结籽格局及其生态适应意义 ·····	施 翔,王建成,张道远,等 (4935)
限水灌溉冬小麦冠层氮分布与转运特征及其对供氮的响应·····	蒿宝珍,姜丽娜,方保停,等 (4941)
准噶尔盆地梭梭、白梭梭植物构型特征 ·····	王丽娟,孙栋元,赵成义,等 (4952)
基于地表温度-植被指数关系的地表温度降尺度方法研究 ·····	聂建亮,武建军,杨 曦,等 (4961)
岩溶区不同植被类型下的土壤氮同位素分异特征 ·····	汪智军,梁 轩,贺秋芳,等 (4970)
施氮量对麻疯树幼苗生长及叶片光合特性的影响 ·····	尹 丽,胡庭兴,刘永安,等 (4977)
黄土丘陵区羔沟流域典型植物叶片 C、N、P 化学计量特征季节变化 ·····	王凯博,上官周平 (4985)
克隆整合提高淹水胁迫下狗牙根根部的活性氧清除能力·····	李兆佳,喻 杰,樊大勇,等 (4992)
低覆盖度固沙林的乔木分布格局与防风效果·····	杨文斌,董慧龙,卢 琦,等 (5000)
东灵山林区不同森林植被水源涵养功能评价·····	莫 菲,李叙勇,贺淑霞,等 (5009)
11 种温带树种粗木质残体分解初期结构性成分和呼吸速率的变化 ·····	张利敏,王传宽,唐 艳 (5017)
连栽第 1 和第 2 代杉木人工林养分循环的比较·····	田大伦,沈 燕,康文星,等 (5025)
最优化设计连续的自然保护区·····	王宜成 (5033)
基于自然地理特征的长江口水域分区·····	刘录三,郑丙辉,孟 伟,等 (5042)
煤电一体化开发对锡林郭勒盟环境经济的影响·····	吴 迪,代方舟,严 岩,等 (5055)
专论与综述	
生态条件的多样性变化对蜜蜂生存的影响·····	侯春生,张学锋 (5061)
研究简报	
胶州湾潮间带大型底栖动物次级生产力的时空变化·····	张崇良,徐宾铎,任一平,等 (5071)
湿地公园研究体系构建·····	王立龙,陆 林 (5081)
基于生态足迹的半干旱草原区生态承载力与可持续发展研究——以内蒙古锡林郭勒盟为例·····	杨 艳,牛建明,张 庆,等 (5096)
学术信息与动态	
恢复与重建自然与文化的和谐——2011 生态恢复学会国际会议简介 ···	彭少麟,陈蕾伊,侯玉平,等 (5105)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 302 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 37 * 2011-09	



封面图说: 相当数量的降雪与低温严寒是冰川发育的主要因素,地球上的冰川除南北两极外,只有在高海拔的寒冷山地才能存在。喜马拉雅山造山运动使中国成为了世界上中低纬度冰川最为发育的国家,喜马拉雅山地区雪峰连绵、冰川四溢,共有现代冰川 17000 多条,是世界冰川发育的中心之一。

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

胡启武, 朱丽丽, 幸瑞新, 尧波, 胡斌华. 鄱阳湖苔草湿地甲烷释放特征. 生态学报, 2011, 31(17): 4851-4857.

Hu Q W, Zhu L L, Xing R X, Yao B, Hu B H. Methane emission from a *Carex*-dominated wetland in Poyang Lake. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(17): 4851-4857.

鄱阳湖苔草湿地甲烷释放特征

胡启武^{1,2,*}, 朱丽丽¹, 幸瑞新¹, 尧波¹, 胡斌华³

(1. 江西师范大学地理与环境学院, 南昌 330022; 2. 鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室, 南昌 330022;

3. 鄱阳湖南矶湿地国家级自然保护区, 南昌 330127)

摘要: 2009 年 5 月—2010 年 4 月在鄱阳湖南矶湿地国家级自然保护区选择以灰化苔草为建群种的洲滩, 设置土壤-植物系统 (TC)、剪除植物地上部分 (TJ) 2 个试验处理, 利用密闭箱-气相色谱法测定了鄱阳湖典型苔草湿地的甲烷 (CH_4) 释放通量。结果表明: 1) TC、TJ 2 个试验处理 CH_4 释放速率变化范围分别为 $-0.094\text{--}17.75\text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ 、 $-0.122\text{--}19.16\text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$, 均表现出明显的季节变化规律; 2) 地表未淹水期间, 剪草处理 CH_4 释放显著高于非剪草处理 ($t=2.69$, $P<0.05$); 地表淹水达到 15 cm 后, 剪草处理 CH_4 释放明显低于非剪草处理。3) 土壤 5 cm 温度、土壤水分与 2 处理非淹水期间 CH_4 释放速率均呈显著正相关, 是非淹水期间 CH_4 通量变化的主要控制因子, 2 因子能够共同解释非淹水期苔草湿地 65%—74% 的 CH_4 通量变异; 4) 试验期间, 苔草湿地 CH_4 释放量约为 $12.77\text{ gC}/\text{m}^2$, 相当于同期土壤有机质分解碳排放量的 4%, 甲烷释放的碳消耗不足苔草湿地年 NPP 的 1%。

关键词: 鄱阳湖; 湿地; 甲烷; 灰化苔草

Methane emission from a *Carex*-dominated wetland in Poyang Lake

HU Qiwu^{1,2,*}, ZHU Lili¹, XING Ruixin¹, YAO Bo¹, HU Binhua³

1 School of Geography and Environment, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China

2 Key Laboratory of Poyang Lake Wetland and Watershed Research, Ministry of Education, Nanchang 330022, China

3 The National Nature Reserve, Nanji Wetlands, Poyang Lake, Nanchang, 330127, China

Abstract: As the largest natural source of methane to the atmosphere, wetlands play an important role in global carbon cycles. Since methane flux data were not available in numerous wetland types over the world, there were still some uncertainties in global wetland methane budgets. In China, methane flux measurements in wetlands were mostly conducted in cold regions, such as the Sanjiang Plain and the Tibetan Plateau. However, few were conducted in southern wetlands for accurate methane budgets estimation in Chinese wetlands. Poyang Lake is the largest fresh lake in China, where the typical lake wetland covered approximately 3130 km² area. In this study, the marshland dominated by *Carex cinerascens* was selected for methane flux measurements, which is located in the national nature reserve, Nanji wetlands of Poyang Lake. To monitor methane flux from this type of wetlands, two treatments were designed: maintaining aboveground parts (TC) and removing aboveground parts (TJ), with three replicates for each treatment. Methane flux was measured between 9:00 and 11:00 at local time using a closed chamber-gas chromatograph method from May 2009 to April 2010, twice or three times per month. We aimed to clarify the characteristics of methane flux from the *Carex*-dominated wetland and their control factors, and thus provide basic data for further carbon budgets in the Poyang Lake wetland. Methane fluxes of the two treatments showed a clear seasonal variation pattern. It varied from -0.094 to $17.75\text{ mg CH}_4\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ for the TC treatment, and ranged from -0.122 to $19.16\text{ mg CH}_4\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ for the TJ treatment, respectively. Methane emission occurred in most

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40803022); 江西省教育厅青年科学基金资助项目 (GJJ10094)

收稿日期: 2011-05-16; **修订日期:** 2011-07-19

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: huqiwu1979@gmail.com

time, while its uptake only occurred in the winter. Methane emission rate increased dramatically when the soil surface was covered by substantial water, the maximum in the flooded period was nearly 100 times higher than in the non-flooded period. In contrast to wetlands in other regions, the mean value of methane flux ($13.05 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) from the one dominated by *Carex cinerascens* in the Poyang Lake under the standing water regime was higher than those in the Zoige Plateau, where they are dominated by *Carex muliensis* and *Carex meyeriana*, but lower than those in the Sanjiang Plain dominated by *Carex lasiocarpa*. Before flooding, methane flux from the TJ treatment was significantly higher than from the TC treatment ($t=2.69, P<0.05$). However, methane flux from the TJ treatment was much lower than from the TC treatment when the standing water table reached 15 cm depth. When *Carex cinerascens* was completely submerged, methane emission rate decreased by 75% in contrast to the condition that *Carex cinerascens* was partly submerged, as methane transmission was suppressed by the deep standing water. This confirmed that the aboveground plants in wetlands act as an additional methane transmission pathway. Soil moisture and soil temperature at 5 cm depth were positively correlated to methane flux of both treatments before soil surface was submerged. The two factors mainly controlled the methane flux variation before flooding, which could explain 65% to 74% variability of methane flux. During the experiment, methane emission from the *Carex cinerascens* dominated wetland was 12.77 gC/m^2 , which accounted for approximately 4% of soil microbial respiration, but less than 1% net primary productivity. Given the global warming potential of methane is 25 times higher than carbon dioxide, our result suggested that methane emission is as equally important as carbon dioxide despite its lower emission rates.

Key Words: Poyang Lake; wetland; methane; *Carex cinerascens*

湿地在全球甲烷排放中扮演着重要角色,是甲烷的最大天然释放源^[1]。由于不同区域、不同类型湿地甲烷排放信息极为缺乏,使得全球和区域湿地甲烷排放评估存在极大的不确定性。以全球天然湿地甲烷释放为例,Cao 等^[2]估计为 92 Tg/a ,Waltertffu^[3]估计为 260 Tg/a ,IPCC 发布的最佳估计则为 $100\text{—}231 \text{ Tg/a}$ ^[4]。迄今,有关湿地甲烷研究大多集中于低温区域^[5-7],暖热地区的湿地甲烷研究亟待加强。

中国天然湿地甲烷释放量约为 $1.7\text{—}2.2 \text{ Tg/a}$ ^[8-11],进行不同类型湿地甲烷通量及影响因子观测是准确评估中国天然湿地甲烷释放量的关键所在^[11]。鄱阳湖作为中国最大淡水湖,其湿地面积 3130 km^2 ,约占鄱阳湖总面积的 80%,超过了洞庭湖或太湖的全湖面积^[12],对于区域甲烷收支平衡具有重要意义。本研究选择广泛分布于鄱阳湖洲滩的苔草植物群落开展甲烷通量观测,探讨典型湖泊湿地甲烷释放的控制因子,为进一步评估鄱阳湖湿地碳平衡、降低区域甲烷释放评估的不确定性提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验地设置在鄱阳湖南矶湿地国家级自然保护区内,地理坐标为 $28^{\circ}52'05''\text{—}29^{\circ}06'50'' \text{ N}$, $116^{\circ}10'33''\text{—}116^{\circ}25'05'' \text{ E}$ 。南矶湿地自然保护区位于鄱阳湖南部,赣江三角洲前沿地带,在南昌市新建县界内,区内除南山岛和矾山岛(乡行政机构所在地,面积仅 4 km^2)外,其余为洲滩和水域,总面积约 330 km^2 。洲滩淹没时间视当年具体水文情势一般在 3—5 个月不等,非淹水时间长达 7—9 个月。多年平均气温 17.6°C ,平均降水量为 $1450\text{—}1550 \text{ mm}$ 。

保护区湿地植被主要有湿生植物、沉水植物和挺水植物 3 种类型,其中湿生植物以灰化苔草(*Carex cinerascens*)为优势种,是保护区面积最大的群落,遍布整个湿地。该类型群落高度一般在 $30\text{—}50 \text{ cm}$,盖度 $95\%\text{—}100\%$ 。群落外貌整齐,组成物种较少。主要伴生种有:下江委陵菜(*Potrantilla limprichtii*)、水田碎米荠(*Cardamine lyrata*)和水蓼(*Polygonum hydropiper*)等。土壤为草甸沼泽土,pH 值在 $5.0\text{—}5.6$ 之间,有机质和全氮含量分别为 4% 和 0.19% 。沉水植物以轮叶黑藻(*Hydrilla verticillata*)及穗花狐尾藻(*Mgriphyllum spicatum*)为优势种,挺水植物以南荻(*Triarrhena lutarioriparia*)为优势种,植株高度为 $140\text{—}160 \text{ cm}$,盖度为

90%—98%^[13]。

1.2 试验设计

选择苔草分布均一、具有代表性的地段建立试验观测点,设置2种处理,TC:保持自然状态下的苔草土壤—植物系统;TJ:齐地面剪除植物地上部分并清除地表凋落物(此工作在每次试验前一天进行);每个处理随机设置3个重复。

1.3 气体样品的采集与通量计算

1.3.1 气体样品的采集与分析

通量观测采用密闭静态箱-气相色谱法,观测频率为每月2—3次,观测时间选择在9:00—11:00点之间(代表1d中的平均值)。采样箱由箱体和底座2部分组成。箱体长、宽、高规格为50 cm×50 cm×50 cm,底座为20 cm×50 cm×50 cm(底座于通量观测前埋入土壤中,为避免土壤扰动采样期间不再取出)。采样箱外粘贴一层3 cm的泡沫隔热板,外覆白色防雨布,以防止太阳辐射下箱内温度的升高而影响观测结果。采样时底座密封槽内加水,使底座与顶箱间的气路密封,切断箱内外空气的自由交换。箱顶壁安装2个搅拌风扇,箱侧面分别安装电源插头、取气接口和便携式温度计探头,并配有F46采气管线及采气三通阀。样品采集用100 mL注射器,在30 min时间内每10 min采集1次气体样品(每次共采集4个气体样品)。样品采集后注入气袋运回实验室利用Agilent 4890D气相色谱仪进行CH₄气体浓度分析,并计算CH₄释放通量。通量观测的同时记录箱内温度、地表温度、土壤5 cm温度、土壤10 cm水分等环境因子,其中温度测定采用JM624便携式温度计,土壤水分分为体积百分含量,采用TDR水分仪测定。通量观测时间为2009年5月至2010年4月。

2009年7月下旬至9月上旬试验地呈持续淹水状态,最大淹水深度出现在8月份,达到1.6 m,于8月14—15日,开展了1次CH₄通量的日变化观测(具体时间为9:00,11:00,13:00,15:00,17:00,19:00,22:00,1:00,4:00,7:00)。日变化观测前1周在试验点架设固定支架(支架支点离水面5 cm),以使水、土扰动最小化。通量观测时,将采样箱扣于支架上,气体样品采集同上。

1.3.2 CH₄通量计算

$$F = \rho \frac{V}{A} \frac{P}{P_0} \frac{T_0}{T} \frac{dC_t}{dt}$$

式中, V 为箱内空气体积; A 为箱子覆盖的面积; C 为 t 时刻箱内被测气体的体积混合比浓度; t 为时间; ρ 为标准状态下的被测气体密度; T_0 和 P_0 分别为标准状况下的空气绝对温度和气压; P 为采样地点的气压; T 为采样时的绝对温度。

1.4 数据处理

采用Excel 2003和SigmaPlot 10.0软件进行数据处理及制图。采用SPSS 10.0软件对数据进行平均值的比较、相关、回归等统计分析,显著性水平设定为 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 苔草湿地非淹水期甲烷释放动态

苔草土壤-植物系统(TC)及地表剪草处理(TJ)CH₄释放通量均具有明显的季节变化规律,表现出春夏季节CH₄释放明显高于秋冬季节(图1)。非淹水期间,苔草湿地CH₄通量以释放为主,其中,土壤-植物系统处理及地表剪草处理CH₄释放最高值分别达到0.230,0.154 mg·m⁻²·h⁻¹;进入11月份以后,2处理均出现了CH₄吸收现象,其中,土壤-植物系统处理CH₄吸收最高达到0.094 mg·m⁻²·h⁻¹,地表剪草处理CH₄吸收最高达到0.122

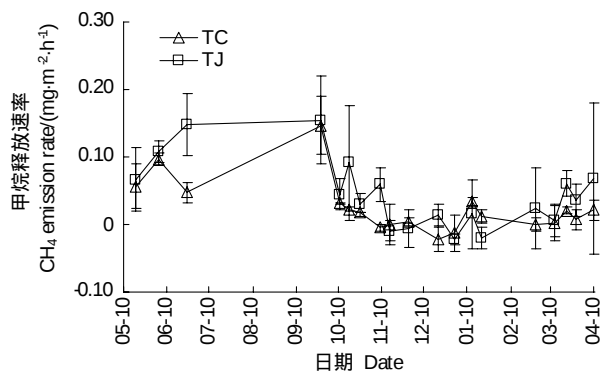


图1 苔草湿地非淹水期甲烷释放季节动态

Fig. 1 Seasonal variations of methane emissions from *Carex*-dominated wetland in non-flooded period

$\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 。气温降低会导致产甲烷菌以及参与甲烷发酵过程中的其它微生物活性降低从而减少甲烷通量,此外,低温限制了根系分泌物等的分解,从而抑制甲烷的产生与排放。统计分析显示非淹水期 2 处理 CH_4 释放差异显著 ($t=2.69$, $P<0.05$),表现为地表剪草处理 CH_4 释放速率高于未剪草处理。

2.2 苔草湿地淹水期甲烷释放变化

地表淹水期间 2 处理 CH_4 释放速率明显高于非淹水期,最高值相对于非淹水期增加近百倍。不同淹水深度下 2 处理 CH_4 释放速率存在较大差异,6 月 14 日地表淹水 1.8 cm 深度时,2 处理甲烷释放速率相差不大,分别达到 $17.00 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 、 $19.16 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$;7 月 21 日地表淹水 15 cm 时,地表剪草处理 CH_4 释放速率相当于未剪草处理的 52.4%;8 月 14 日地表淹水 160 cm 时, CH_4 释放速率进一步降低,仅相当于 6 月 14 日的 26.1% (图 2A);8 月 14 日 CH_4 通量日变化范围为 $2.64\text{--}5.62 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$,具有明显的日变化规律,最高值出现在 13:00 左右,最低值出现在 4:00 左右 (图 2B),释放速率与水温呈显著正相关 ($r=0.76$, $n=10$, $P<0.01$)。

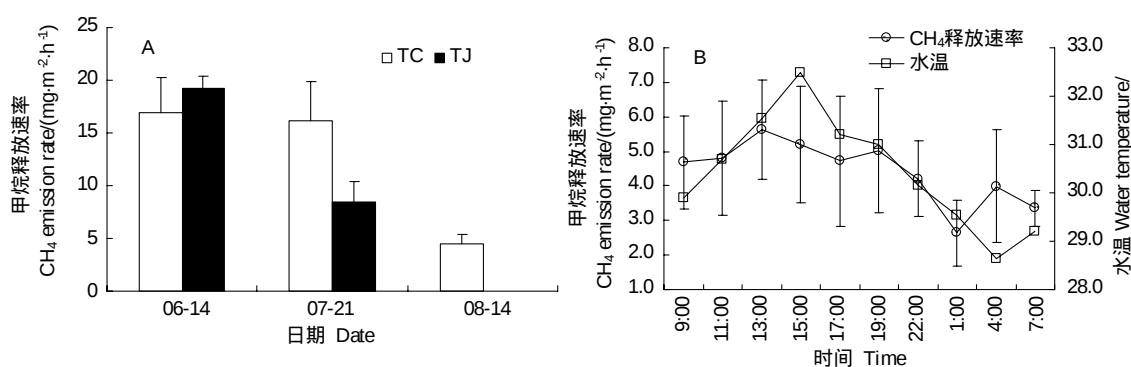


图2 苔草湿地淹水期不同淹水深度 CH_4 通量(A) 和 CH_4 通量日变化特征(B)

Fig. 2 Methane flux under different water depth (A) and diurnal variation of methane emission (B) from *Carex*-dominated wetland in flood period

2.3 甲烷通量与温度、水分的关系

温度是影响 CH_4 通量的一个重要因素,同时考虑淹水期和非淹水期,2 个试验处理 CH_4 通量与观测期间的气温、土壤温度、地表温度之间均未达到显著性相关,但非淹水期间的 CH_4 通量与气温、土壤温度、地表温度之间的相关性均达到了显著性水平,且与土壤 5 cm 的温度相关性最为显著 (图 3A, C)。土壤温度可以解释非淹水期苔草剪草处理 CH_4 通量变异的 64%,地表未剪草处理 43% 的 CH_4 通量变异可以用土壤温度的变化来解释。

湿地的水分状况不仅决定了湿地类型及其植物群落,其波动可以使湿地由产甲烷环境变为氧化甲烷环境,或者相反,因此被认为是影响 CH_4 释放最为强烈的因素。2 个试验处理 CH_4 释放速率在土壤淹水前后均发生极大变化,淹水后的 CH_4 释放是淹水前 CH_4 释放的近百倍。此外,非淹水期间的土壤水分与 CH_4 通量之间亦呈现显著正相关,土壤水分含量越高, CH_4 释放速率越大 (图 3B, D)。综合考虑土壤温度与水分,则 2 因子能共同解释非淹水期间 65%—74% 的 CH_4 通量变异。

3 讨论

3.1 鄱阳湖苔草湿地甲烷释放与其它地区比较

湿地甲烷排放具有极大的时空变异性^[14],以欧洲湿地为例,不同类型湿地甲烷年释放量在 $2\text{--}35 \text{ gC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ^[15]。鄱阳湖苔草湿地作为典型的亚热带湖泊湿地类型,淹水状态下,甲烷释放速率变化范围为 $2.64\text{--}19.16 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$,平均值为 $13.05 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$,高于若尔盖木里苔草沼泽 ($2.87 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)、乌拉苔草沼泽 ($4.51 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)、青海海北乱海子 ($2.46 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) 等高寒湿地以及辽河三角洲淹水后的芦苇湿地 ($0.128\text{--}2.734 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$);低于三江平原毛果苔草沼泽湿地的 CH_4 释放速率 ($17.29 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)^[16-18]。

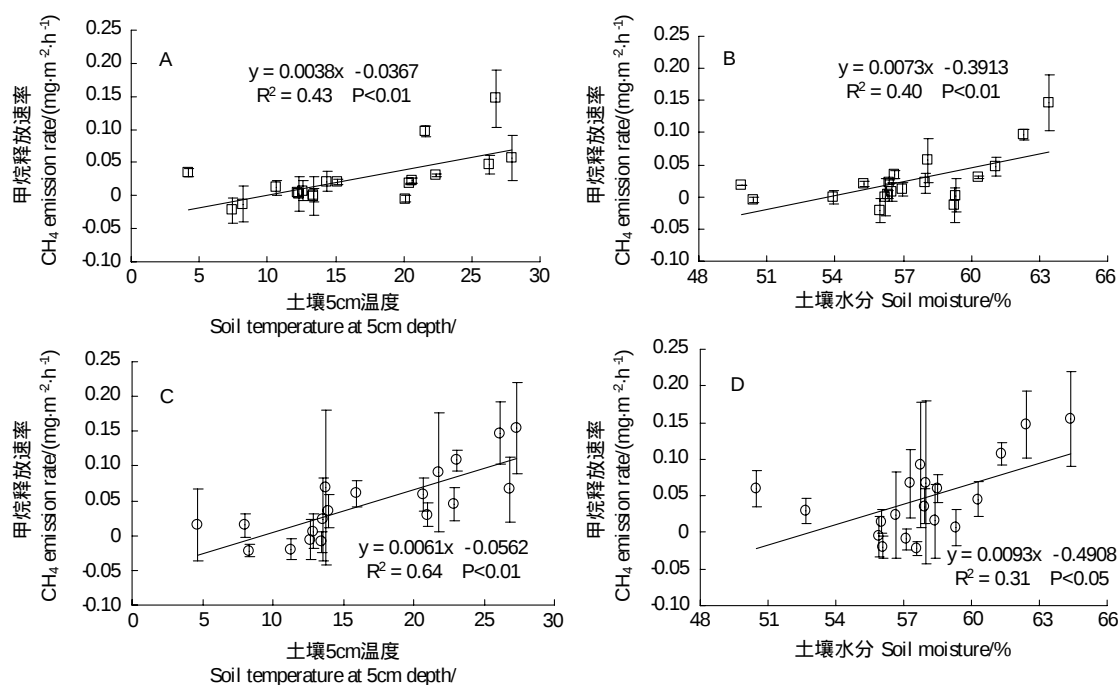


图3 非淹水期 CH_4 释放通量与土壤温度、水分之间的关系

Fig. 3 Relationship between methane flux and soil temperature and moisture in non-flooded period

A, B 表示苔草土壤-植物系统处理; C, D 表示苔草剪草处理

非淹水状态下, 苔草湿地 CH_4 释放速率最高值为 $0.23 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$, 低于青藏高原藏嵩草草甸 ($0.80\text{—}1.41 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)。两地土壤水分含量相似, 都在 60% 左右, 但土壤有机质含量差异明显, 鄱阳湖苔草洲滩土壤有机质含量为 4% 左右, 而青藏高原藏嵩草草甸有机质含量超过 10%, 极高的土壤有机质为产甲烷菌提供了充足的底物, 使得青藏高原原草甸的 CH_4 释放明显高于鄱阳湖非淹水期的草洲^[19]。

3.2 地表剪草对苔草湿地甲烷释放的影响

植物对甲烷通量的影响受到广泛关注, 植被特征, 如密度、生活型以及种类组成等都对甲烷的产生、氧化和传输等 3 个过程产生影响, 从而增加或减少甲烷的排放^[20]。湿地土壤中的 CH_4 可以通过 3 个途径向大气排放: 植物通气组织、气泡和液相扩散, 在有通气组织的植物存在下, CH_4 通过植物的释放速率是通过水相扩散的 10^4 倍^[21]。本研究设置了苔草土壤-植物系统和剪除地表植物 2 个处理, 在地表刚达到淹水状态时 (1.8 cm 深度), 未观测到 2 处理 CH_4 释放速率的明显差异, 这可能是由于地表淹水过浅使得地表植物的存在未显示出 CH_4 传输的优势, 而地表植物的剪除反而有助于土壤快速、充分的达到厌氧状态。地表淹水深度进一步增加, 达到 15 cm 时, 苔草土壤-植物系统 CH_4 释放速率相当于地表剪草处理 CH_4 释放速率的 2 倍; 地表淹水达到 160 cm 时, 苔草地上部分死亡且完全淹没于水下, 此时水-气界面 CH_4 释放速率减小至地表淹水但苔草出露于水面时的 26% 左右。这些观测结果均显示植物通气组织在 CH_4 传输中的重要作用, 与其它地区的研究结果一致^[22-23]。地表淹水过深, 土壤中已产生的 CH_4 在通过气泡或以扩散的形式穿越水层时, 被氧化的量增加, CH_4 的排放量反而减少^[24]。

当地表无淹水时, 剪草处理甲烷平均释放速率高于未剪草处理。一方面, 植物对甲烷的传输作用受水位影响, 当地表水位降低时, 植物对甲烷传输的作用削弱, 通过土壤孔隙扩散释放甲烷则显著增强^[25]; 另一方面, 有研究表明植物抑制甲烷释放的部位很可能存在于根、茎界面^[26], 地表剪草可能正好解除了这种限制, 从而促进了甲烷排放; 此外, 地表有草覆被地区的甲烷氧化要高于非植被覆盖区域^[23, 27], 氧气通过植物地上部分传输至地下根际层, 一方面加强了对根际层甲烷的氧化, 另一方面, 到达根际的氧气还可能促进土壤氧化-还原体系中的电子受体, 这些电子受体的产生进一步影响产甲烷菌的厌氧分解过程, 从而抑制甲烷的产生

和释放^[28]。

3.3 甲烷排放在苔草湿地碳平衡中的位置

甲烷排放在湿地碳平衡中扮演重要角色,鄱阳湖苔草湿地的碳平衡取决于碳吸收与碳排放之间的差值,碳吸收来自于净初级生产力(NPP),碳排放则来源于微生物对土壤有机质分解所释放的二氧化碳与甲烷。试验从2009年5月18日至2010年4月10日结束,持续时间为327 d。其中,地表无淹水、地表淹水但苔草出露水面、苔草枯死淹没于水下时间分别为266、32、39 d。依据试验期间苔草土壤-植物系统处理(TC)12次淹水状态(苔草出露水面2次,苔草淹没于水下10次)与19次非淹水状态的CH₄通量数据,估算出试验期间甲烷的释放总量为12.77 gCH₄-C/m²,近99%来自于地表淹水后的甲烷释放,地表无淹水状态的甲烷释放量极小,仅为0.12 gCH₄-C/m²。同期,苔草湿地土壤有机质分解释放CO₂的量约为317.89 gCO₂-C/m²,苔草湿地甲烷释放的碳排放量仅相当于土壤有机质分解释放CO₂的碳排放量的4%。尽管二者的排放量相差较大,但CH₄的增温潜势是CO₂的25倍^[4],因此,二者引起的温室效应几乎相当。

鄱阳湖苔草一年中有2个生长季,秋季苔草从洲滩退水之后开始萌发,至翌年1月份左右枯萎,春季苔草从1月底2月初开始萌发至洲滩淹水后结束。试验点苔草年净初级生产力(ANPP)约为1923.83 gC/m²^[29],由于研究年份鄱阳湖湿地淹水时间较短,甲烷释放的碳消耗不足NPP的1%。

References:

- [1] Bartlett K B, Harris R C. Review and assessment of methane emissions from wetlands. *Chemosphere*, 1993, 26(1/4): 261-320.
- [2] Cao M K, Gregson K, Marshall S. Global methane emission from wetlands and its sensitivity to climate change. *Atmospheric Environment*, 1998, 32(19): 3293-3299.
- [3] Walter B P, Heimann M, Matthews E. Modeling modern methane emissions from natural wetlands 1. Model description and results. *Journal of Geophysical Research*, 2001, 106(D24): 34189-34206.
- [4] IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York: Cambridge University Press, 2007.
- [5] Song C C, Xu X F, Tian H Q, Wang Y Y. Ecosystem-atmosphere exchange of CH₄ and N₂O and ecosystem respiration in wetlands in the Sanjiang Plain, Northeastern China. *Global Change Biology*, 2009, 15(3): 692-705.
- [6] Koelbener A, Ström L, Edwards P J, Venterink H O. Plant species from mesotrophic wetlands cause relatively high methane emissions from peat soil. *Plant and Soil*, 2010, 326(1/2): 147-158.
- [7] Long K D, Flanagan L B, Cai T B. Diurnal and seasonal variation in methane emissions in a northern Canadian peatland measured by eddy covariance. *Global Change Biology*, 2010, 16(9): 2420-2435.
- [8] Khalil M A K, Shearer M J, Rasmussen R A. Methane sources in China: historical and current emissions. *Chemosphere*, 1993, 26(1/4): 127-142.
- [9] Jin H J, Wu J, Chen G D, Nakano S, Sun G Y. Wetland methane emission evaluation on the Tibetan plateau. *Chinese Science Bulletin*, 1999, 44(16): 1758-1762.
- [10] Ding W X, Cai Z C, Wang D X. Preliminary budget of methane emissions from natural wetlands in China. *Atmospheric Environment*, 2004, 38(5): 751-759.
- [11] Ding W X, Cai Z C. Methane emission from natural wetlands in China: summary of years 1995—2004 studies. *Pedosphere*, 2007, 17(4): 475-486.
- [12] Liu X Z, Ye J Z. Jiangxi Wetland. Beijing: Chinese Forestry Press, 2000.
- [13] Liu X Z, Fan S B, Hu B H. Comprehensive and Scientific Survey of Jiangxi Nanjishan Wetland Nature Reserve. Beijing: Chinese Forestry Press, 2006.
- [14] Kayranli B, Scholz M, Mustafa A, Hedmark Å. Carbon storage and fluxes within freshwater wetlands: a critical review. *Wetlands*, 2010, 30(1): 111-124.
- [15] Saarnio S, Winiwarter W, Leitão J. Methane release from wetlands and watercourses in Europe. *Atmospheric Environment*, 2009, 43(7): 1421-1429.
- [16] Wang D X, Ding W X, Wang Y Y. Influence of major environmental factors on difference of methane emission from Zoige Plateau and Sanjiang Plain wetlands. *Wetland Science*, 2003, 1(1): 63-67.

- [17] Hirota M, Tang Y H, Hu Q W, Hirata S, Kato T, Mo W H, Cao G M, Mariko S. Methane emissions from different vegetation zones in a Qinghai-Tibetan Plateau wetland. *Soil Biology and Biochemistry*, 2004, 36(5): 737-748.
- [18] Huang G H, Xiao D N, Li Y X, Chen G X, Yang Y C, Zhao C W. CH₄ emissions from the reed wetland. *Acta Ecologica Science*, 2001, 21(9): 1494-1497.
- [19] Hu Q W, Wu Q, Li D, Cao G M. Comparative study on methane emissions from alpine grasslands with different soil water content. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(2): 118-122.
- [20] Sutton-Grier A E, Megonigal J P. Plant species traits regulate methane production in freshwater wetland soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 2011, 43(2): 413-420.
- [21] Chanton J P, Whiting G J, Showers W J, Crill P M. Methane flux from *Peltandra virginica*: stable isotope tracing and chamber effects. *Global Biogeochemical Cycles*, 1992, 6(1): 15-31.
- [22] Ding W X, Cai Z C, Tsuruta H. Plant species effects on methane emissions from freshwater marshes. *Atmospheric Environment*, 2005, 39(18): 3199-3207.
- [23] Duan X N, Wang X K, Ouyang Z Y. Effects of vascular plants on methane emissions from natural wetlands. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(12): 3375-3382.
- [24] Chen H, Zhou S, Wu N, Wang Y F, Luo P, Shi F S. Advance in studies on production, oxidation and emission flux of methane from wetlands. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 2006, 12(5): 726-733.
- [25] Kutzbach L, Wagner D, Pfeiffer E M. Effect of microrelief and vegetation on methane emission from wet polygonal tundra, Lena Delta, Northern Siberia. *Biogeochemistry*, 2004, 69(3): 341-362.
- [26] Kelker D, Chanton J. The effect of clipping on methane emissions from *Carex*. *Biogeochemistry*, 1997, 39(1): 37-44.
- [27] Van der Nat F J W A, Middelburg J J. Seasonal variation in methane oxidation by the rhizosphere of *Phragmites australis* and *Scirpus lacustris*. *Aquatic Botany*, 1998, 61(2): 95-110.
- [28] Laanbroek H J. Methane emission from natural wetlands: interplay between emergent macrophytes and soil microbial processes. A mini-review. *Annals of Botany*, 2010, 105(1): 141-153.
- [29] Hu Q W, Xing R X, Zhu L L, Wu Q, Yao B, Liu Y, Hu B B. Characteristics of CO₂ emission from *Carex*-dominated wetland in Poyang Lake in non-flooded period. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2011, 22(6): 1431-1436.

参考文献:

- [9] 金会军, 吴杰, 程国栋, 中野智子, 孙广友. 青藏高原湿地 CH₄ 排放评估. *科学通报*, 1999, 44(16): 1758-1762.
- [12] 刘信中, 叶居正. 江西湿地. 北京: 中国林业出版社, 2000.
- [13] 刘信中, 樊三宝, 胡斌华. 江西南矶山湿地自然保护区综合科学考察. 北京: 中国林业出版社, 2006.
- [16] 王德宣, 丁维新, 王毅勇. 若尔盖高原与三江平原沼泽湿地 CH₄ 排放差异的主要环境影响因素. *湿地科学*, 2003, 1(1): 63-67.
- [18] 黄国宏, 肖笃宁, 李玉祥, 陈冠雄, 杨玉成, 赵长伟. 芦苇湿地温室气体甲烷 (CH₄) 排放研究. *生态学报*, 2001, 21(9): 1494-1497.
- [19] 胡启武, 吴琴, 李东, 曹广民. 不同土壤水分含量下高寒草地 CH₄ 释放的比较研究. *生态学杂志*, 2005, 24(2): 118-122.
- [23] 段晓男, 王效科, 欧阳志云. 维管植物对自然湿地甲烷排放的影响. *生态学报*, 2005, 25(12): 3375-3382.
- [24] 陈槐, 周舜, 吴宁, 王艳芬, 罗鹏, 石福孙. 湿地甲烷的产生、氧化及排放通量研究进展. *应用与环境生物学报*, 2006, 12(5): 726-733.
- [29] 胡启武, 幸瑞新, 朱丽丽, 吴琴, 尧波, 刘影, 胡斌华. 鄱阳湖苔草湿地非淹水期 CO₂ 释放特征. *应用生态学报*, 2011, 22(6): 1431-1436.

CONTENTS

Marine ecological capital: valuation of standing stock of marine living resources	REN Dachuan, CHEN Shang, XIA Tao, et al (4805)
Effect of Endophytic fungi on growth and photosynthetic characteristics of <i>Achnatherum sibiricum</i>	JIA Tong, REN Anzhi, WANG Shuai, et al (4811)
Based on image processing technology estimating leaves stomatal density of <i>Populus euphratica</i> and analysis of its ecological significance	JIAN Shengqi, ZHAO Chuanyan, ZHAO Yang, et al (4818)
Evaluation of the ecological instream flow in the Yellow River basin with hydrological alterations	ZHANG Qiang, LI Jianfeng, CHEN Xiaohong, et al (4826)
The ecological effects of <i>Suaeda salsa</i> on repairing heavily degraded coastal saline-alkaline wetlands in the Yellow River Delta	GUAN Bo, YU Junbao, LU Zhaohua, et al (4835)
Toxicity risks to the closed tidal flat ecosystem of a PCBs waste savepoint at the coast of Zhejiang	HE Shanying, CHEN Kunbai (4841)
Methane emission from a <i>Carex</i> -dominated wetland in Poyang Lake	HU Qiwu, ZHU Lili, XING Ruixin, et al (4851)
The study on Ice-fish Resources in the Three Gorges Reservoir	SHAO Xiaoyang, LI Daofeng, TAN Lu, et al (4858)
Effects of acute cold stress on serum biochemical and immune parameters and liver HSP70 gene expression in GIFT strain of Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	LIU Bo, WANG Meiyao, XIE Jun, et al (4866)
Acute toxicity and effect of Cd ²⁺ on life table demography of <i>Brachionus angularis</i> and <i>Keratella valga</i>	XU Dandan, XI Yilong, MA Jie, et al (4874)
The association of BDNF gene polymorphisms with normal behavior traits in house-hold sika deer (<i>Cervus nippon</i>)	LÜ Shenjin, YANG Yan, WEI Wanhong (4881)
Characteristics and controlling factors of photosynthesis in a maize ecosystem on the North China Plain	TONG Xiaojuan, LI Jun, LIU Du (4889)
The soil macrofaunal community structure under a long-term fertilization in wheat field	GU Yanfang, ZHANG Li, DING Shengyan, et al (4900)
Effect of earthworms on the photosynthetic characteristics of wetland plants and their capacity to purify wastewater	XU Defu, LI Yingxue, WANG Ranghui, et al (4907)
Toxicity of three pesticides and their effects on carboxylesterase activity of <i>Propiloscerus akamusi</i>	FANG Guofei (4914)
Reproductive behavior character and sexual tendency of the adult <i>Zeuzera leuconotum</i> Butler (Lepidoptera: Cossidae)	LIU Jinlong, ZONG Shixiang, ZHANG Jintong, et al (4919)
Effects of herbicides stress on the population of alligator weed flea beetles, <i>Agasicles hygrophila</i> (Col.: Chrysomelidae) and corresponding strategies	LIU Yufang, PENG Meifang, WANG Chengchao, et al (4928)
Patterns of fruit and seed production and ecological significance in desert species <i>Eremosparton songoricum</i> (FABACEAE)	SHI Xiang, WANG Jiancheng, ZHANG Daoyuan, et al (4935)
Effect of different nitrogen supply on the temporal and spatial distribution and remobilization of canopy nitrogen in winter wheat under limited irrigation condition	HAO Baozhen, JIANG Lina, FANG Baoting, et al (4941)
Plant architecture characteristics of <i>Haloxylon ammodendron</i> and <i>Haloxylon persicum</i> in Zhungar Basin	WANG Lijuan, SUN Dongyuan, ZHAO Chengyi, et al (4952)
Downscaling land surface temperature based on relationship between surface temperature and vegetation index	NIE Jianliang, WU Jianjun, YANG Xi, et al (4961)
Differential characteristics of soil $\delta^{15}\text{N}$ under varying vegetation in karst areas	WANG Zhijun, LIANG Xuan, HE Qiufang, et al (4970)
Effect of nitrogen application rate on growth and leaf photosynthetic characteristics of <i>Jatropha curcas</i> L. seedlings	YIN Li, HU Tingxing, LIU Yongan, et al (4977)
Seasonal variations in leaf C, N, and P stoichiometry of typical plants in the Yangou watershed in the loess hilly gully region	WANG Kaibo, SHANGGUAN Zhouping (4985)
Clonal integration enhances the ability to scavenge reactive oxygen species in root of <i>Cynodon dactylon</i> subjected to submergence	LI Zhaojia, YU Jie, FAN Dayong, et al (4992)
Pattern of flow-covered sand-fixing woodland and its windbreak effect	YANG Wenbin, DONG Huilong, LU Qi, et al (5000)
Evaluation of soil and water conservation capacity of different forest types in Dongling Mountain	MO Fei, LI Xuyong, HE Shuxia, et al (5009)
Changes in structural components and respiration rates of coarse woody debris at the initial decomposition stage for 11 temperate tree species	ZHANG Limin, WANG Chuankuan, TANG Yan (5009)
Characteristics of nutrient cycling in first and second rotations of Chinese fir plantations	TIAN Dalun, SHEN Yan, KANG Wenxing, et al (5025)
The optimal design of a connected nature reserve network	WANG Yicheng (5033)
Sub-areas compartmentalization of Changjiang Estuary based on the natural geographical characteristics	LIU Lusan, ZHENG Binghui, MENG Wei, et al (5042)
The environmental and economic influence of coal-electricity integration exploitation in the Xilingol League	WU Di, DAI Fangzhou, YAN Yan, et al (5055)
Review and Monograph	
The influence of diversity changes of ecological conditions on the survival of honey bees	HOU Chunsheng, ZHANG Xuefeng (5061)
Scientific Note	
The spatio-temporal change in the secondary production of macrozoobenthos in the intertidal zone of Jiaozhou Bay	ZHANG Chongliang, XU Binduo, REN Yiping, et al (5071)
The studying system construction of wetland parks	WANG Lilong, LU Lin (5081)
Ecological footprint analysis of a semi-arid grassland region facilitates assessment of its ecological carrying capacity: a case study of Xilinguole League	YANG Yan, NIU Jianming, ZHANG Qing, et al (5096)

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 17 期 (2011 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 17 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