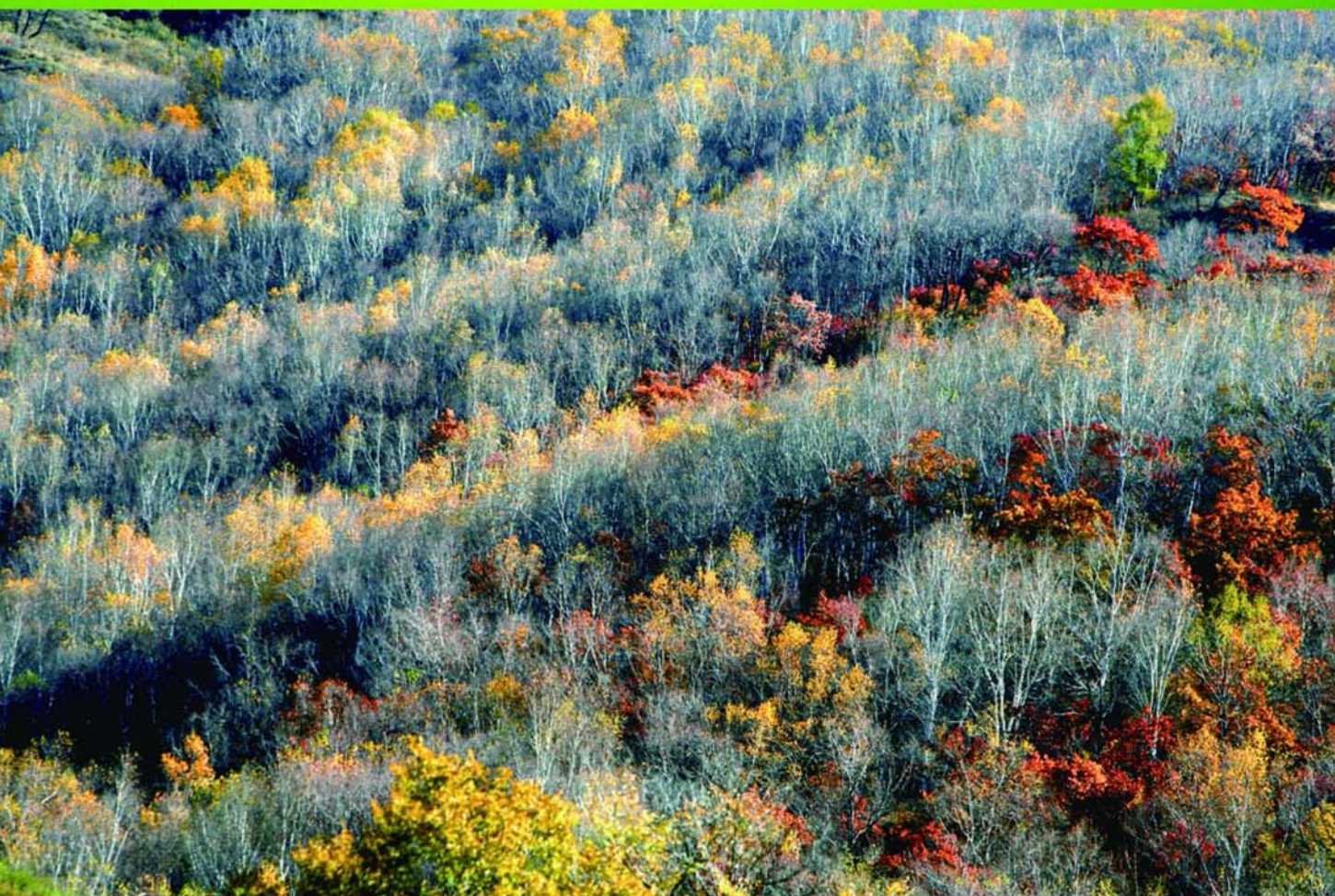


ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第16期 Vol.31 No.16 **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 16 期

2011 年 8 月 (半月刊)

目 次

人工和天然湿地芦苇根际土壤细菌群落结构多样性的比较·····	汪仲琼,王为东,祝贵兵,等 (4489)
不同土壤水分下山杏光合作用光响应过程及其模拟·····	郎 莹,张光灿,张征坤,等 (4499)
不同颜色遮阳网遮光对丘陵茶园夏秋茶和春茶产量及主要生化成分的影响·····	秦志敏,付晓青,肖润林,等 (4509)
镉胁迫对烟草叶激素水平、光合特性、荧光特性的影响·····	吴 坤,吴中红,邵付菊,等 (4517)
条浒苔和缘管浒苔对镉胁迫的生理响应比较·····	蒋和平,郑青松,朱 明,等 (4525)
盐胁迫对拟南芥和盐芥莲座叶芥子油苷含量的影响·····	庞秋颖,陈思学,于 涛,等 (4534)
长期双季稻绿肥轮作对水稻产量及稻田土壤有机质的影响·····	高菊生,曹卫东,李冬初,等 (4542)
基于水量平衡下灌区农田系统中氮素迁移及平衡的分析·····	杜 军,杨培岭,李云开,等 (4549)
苏北海滨湿地互花米草种子特征及实生苗生长·····	徐伟伟,王国祥,刘金娥,等 (4560)
基于 AnnAGNPS 模型的三峡库区秭归县非点源污染输出评价·····	田耀武,黄志霖,肖文发 (4568)
镉污染对不同生境拟水狼蛛氧化酶和金属硫蛋白应激的影响·····	张征田,庞振凌,夏 敏,等 (4579)
印度洋南赤道流区水体叶绿素 a 的分布及粒级结构·····	周亚东,王春生,王小谷,等 (4586)
长江口滩涂围垦后水鸟群落结构的变化——以南汇东滩为例·····	张 斌,袁 晓,裴恩乐,等 (4599)
应用鱼类完整性指数 (FAII) 评价长江口沿岸碎波带健康状况·····	毛成贵,钟俊生,蒋日进,等 (4609)
基于渔业调查的南极半岛北部水域南极磷虾种群年龄结构分析·····	朱国平,吴 强,冯春雷,等 (4620)
水稻模型 ORYZA2000 在湖南双季稻区的验证与适应性评价·····	莫志鸿,冯利平,邹海平,等 (4628)
旱地农田不同耕作系统的能量/碳平衡·····	王小彬,王 燕,代 快,等 (4638)
宁夏黄灌区稻田冬春休闲期硝态氮淋失量·····	王永生,杨世琦 (4653)
太湖沉积物有机碳与氮的来源·····	倪兆奎,李跃进,王圣瑞,等 (4661)
日偏食对乌鲁木齐空气可培养细菌群落的影响·····	马 晶,孙 建,张 涛,等 (4671)
灰飞虱与褐飞虱种内和种间密度效应比较·····	吕 进,曹婷婷,王丽萍,等 (4680)
圈养马来熊行为节律和时间分配的季节变化·····	兰存子,刘振生,王爱善,等 (4689)
塔里木荒漠河岸林干扰状况与林隙特征·····	韩 路,王海珍,陈加利,等 (4699)
珍稀植物伯乐树一年生更新幼苗的死亡原因和保育策略·····	乔 琦,秦新生,邢福武,等 (4709)
垃圾堆肥复合菌剂对干旱胁迫下草坪植物生理生态特性的影响·····	多立安,王晶晶,赵树兰 (4717)
CLM3.0-DGVM 中植物叶面积指数与气候因子的时空关系·····	邵 璞,曾晓东 (4725)
基于生态效率的辽宁省循环经济分析·····	韩瑞玲,佟连军,宋亚楠 (4732)
专论与综述	
土壤食物网中的真菌/细菌比率及测定方法·····	曹志平,李德鹏,韩雪梅 (4741)
生态社区评价指标体系研究进展·····	周传斌,戴 欣,王如松,等 (4749)
问题讨论	
不同胁迫条件下化感与非化感水稻 PAL 多基因家族的差异表达·····	方长甸,王清水,余 彦,等 (4760)
研究简报	
钦州湾大型底栖动物生态学研究·····	王 迪,陈丕茂,马 媛 (4768)
人工恢复黄河三角洲湿地土壤碳氮含量变化特征·····	董凯凯,王 惠,杨丽原,等 (4778)
基于地统计学丰林自然保护区森林生物量估测及空间格局分析·····	刘晓梅,布仁仓,邓华卫,等 (4783)
晋西黄土区辽东栎、山杨树干液流比较研究·····	隋旭红,张建军,文万荣 (4791)
小兴安岭典型苔草和灌木沼泽 N ₂ O 排放及影响因子·····	石兰英,牟长城,田新民,等 (4799)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-08	



封面图说:在长白山麓低海拔地区的晚秋季节,成片的白桦林用无数根白色的树干、树枝烘托着林冠上跳动的金黄色叶片,共生的柞木树冠用更浓重的颜色显示了它的存在,整个山梁层林尽染,秋意浓浓。

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

石兰英, 牟长城, 田新民, 孙晓新, 刘霞, 程伟, 冯登军, 吴云霞, 李婉姝. 小兴安岭典型苔草和灌木沼泽 N_2O 排放及影响因子. 生态学报, 2011, 31 (16): 4799-4804.

Shi L Y, Mu C C, Tian X M, Sun X X, Liu X, Cheng W, Feng D J, Wu Y X, Li W Z. N_2O Emission and its driving factors from typical marsh and shrub swamp in Xiaoxing'an Mountains, Northeast China. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31 (16): 4799-4804.

小兴安岭典型苔草和灌木沼泽 N_2O 排放及影响因子

石兰英^{1,2}, 牟长城^{2,*}, 田新民¹, 孙晓新², 刘霞², 程伟²,
冯登军², 吴云霞², 李婉姝²

(1. 牡丹江师范学院生物系, 牡丹江 157012; 2. 东北林业大学林学院, 哈尔滨 150040)

摘要: 为了研究小兴安岭林区典型苔草和灌木沼泽 N_2O 排放通量的季节动态、年际动态及其与环境因子的关系, 并估算排放总量, 2007 和 2008 年在植物生长季采用静态箱-气相色谱法, 对小兴安岭林区典型修氏苔草 (*Carex schmidtii*) 沼泽和油桦-修氏苔草 (*Betula ovalifolia*-*Carex schmidtii*) 灌木沼泽 N_2O 排放进行了监测。结果表明, 苔草和灌木沼泽 2007 年生长季 N_2O 排放总量分别为 0.14 kg/hm^2 和 0.29 kg/hm^2 ; 2008 年分别为 0.68 kg/hm^2 和 -0.10 kg/hm^2 。苔草和灌木沼泽 N_2O 排放通量除灌木沼泽 2008 年变化规律性不明显外, 均具有比较显著的季节变化, 最大排放出现在夏季或夏、秋季节, 其中 2007 年 N_2O 排放平均通量为 $0.0037 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ 和 $0.0082 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$; 2008 年为 $0.016 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ 和 $-0.0025 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ 。分析表明, 苔草沼泽 N_2O 排放年际差异不显著, 灌木沼泽 N_2O 排放年际差异显著; 不同类型沼泽间 N_2O 排放差异不显著; 仅苔草沼泽 2007 年 N_2O 排放通量与水位具有显著的负相关性 ($r = -0.52, P < 0.05, n = 15$)。

关键词: N_2O 排放; 苔草沼泽; 灌木沼泽; 水位; 温度

N_2O Emission and its driving factors from typical marsh and shrub swamp in Xiaoxing'an Mountains, Northeast China

SHI Lanying^{1,2}, MU Changcheng^{2,*}, TIAN Xinmin¹, SUN Xiaoxin², LIU Xia², CHENG Wei², FENG Dengjun², WU Yunxia², LI Wanzhu²

1 Department of Biology, Mudanjiang Normal University, Mudanjiang 157012, China

2 College of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

Abstract: Wetlands play an important role in nitrogen storage, especially at high latitudes. Natural wetlands are characterized by anaerobic conditions and low turnover rates of organic matter, and are thus important terrestrial sinks for nitrogen. Nitrous oxide (N_2O) is an important atmospheric trace gas and a component of the biological nitrogen cycle. It is agreed that the observed increase in atmospheric concentrations of greenhouse gases like N_2O has led to a warming of the earth's surface. Nitrous oxide also contributes to the depletion of stratospheric ozone. Nitrogen losses in the form of N_2O , during the decomposition of wetland soils have recently attracted considerable attention because of their contribution to global climate change. Despite intensive international research, even the newest global N_2O balance still casts considerable uncertainties when evaluating the specific sources of enhanced N_2O . The wetlands of the Xiaoxing'an Mountains are important natural forested wetlands in China. Fluxes of N_2O have been measured in various ecosystems but few studies have investigated the emissions of N_2O from the freshwater marsh ecosystems in the Xiaoxing'an Mountains. In this paper, N_2O fluxes were measured in the *Carex schmidtii* marsh and *Betula ovalifolia*-*Carex schmidtii* shrub swamp ecosystems of the

基金项目: 国家自然科学基金 (30670349); 黑龙江省教育厅科研项目 (11551515, 11553118); 牡丹江师范学院教改规划项目 (10-XY01068)

收稿日期: 2010-09-09; **修订日期:** 2011-03-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: mcnefu@yahoo.com

Xiaoxing'an Mountains in the growing seasons of 2007 and 2008. Static chamber and gas chromatography was used to study the seasonal and inter-annual variations of N_2O flux and its relationship with environmental factors. Annual N_2O emissions from the marsh and shrub swamp were 0.14 and 0.29 kg/hm^2 in 2007 and 0.68 kg/hm^2 and -0.10 kg/hm^2 in 2008. There were obvious seasonal changes in N_2O emissions during the measurement period except in the shrub swamp in 2008. The largest emissions were either in summer or summer and fall for both years (0.0037 $\text{mg}\cdot\text{N}_2\text{O}\text{ m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ and 0.0082 $\text{mg}\cdot\text{N}_2\text{O}\text{ m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ for the marsh and shrub swamp in 2007 and 0.016 $\text{mg}\cdot\text{N}_2\text{O}\text{ m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ and -0.0025 $\text{mg}\cdot\text{N}_2\text{O}\text{ m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ for marsh and shrub swamp in 2008). There was no significant difference in N_2O emissions between the different ecosystems, but annual differences in N_2O emission were observed in the shrub swamp and not in the marsh ecosystem. N_2O fluxes from the marsh were significantly negatively correlated with water table ($r = -0.52, P < 0.05, n = 15$) in 2007 and the water table influenced the variation of N_2O emissions throughout the growing season. The N_2O fluxes in the marsh and shrub swamp ecosystems of the Xiaoxing'an Mountains were not significantly correlated with temperature (air temperature, temperature inside chamber and soil temperature at 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40 cm). The gaseous losses of soil N from the study area to the atmosphere were small therefore the *Carex schmidtii* marsh and *Betula ovalifolia-Carex schmidtii* shrub swamp ecosystems of the Xiaoxing'an Mountains were sinks or low sources of N_2O during the growing season. The emissions of N_2O were strongly affected by the water table and exhibited seasonal changes.

Key Words: N_2O emission; marsh; shrub swamps; water table; temperature

N_2O 是最重要的温室气体之一, 由于对全球气候变化具有重要的推动作用及对臭氧层的破坏作用而受到广泛的关注^[1]。湿地由于特殊的水位条件形成的厌氧环境和较低的有机物质转换速率使其成为陆地重要的氮汇^[2], 因此, 以 N_2O 形式的沼泽土壤氮损失有别于其它生态系统。自然湿地 N_2O 排放量相对较低, 一般表现为汇或者弱源^[3-4]。

土壤中的 N_2O 通过硝化作用和反硝化作用产生, 硝化作用是有氧条件下土壤排放 N_2O 的主要来源^[5]; 反硝化作用是化学或微生物活动的结果, 被认为是在氧气受限的条件下, 土壤中 N_2O 的主要来源, 但前期过程非微生物作用, 而是 pH 值小于 5 条件下对空气的还原^[6-7]。因此, 湿度的增加降低了土壤中氧的扩散速率, 进而影响 N_2O 的排放量。大量研究表明, 水位是影响常年积水沼泽 N_2O 生长季排放通量的主要因素^[8], 在较低水位时具有较高排放量^[3-4]。此外, 也有研究认为沼泽湿地 N_2O 排放与土壤温度存在正相关关系^[9]。由于湿地土壤特殊的水文特点, 不同类型及年份间其 N_2O 源汇状况具有一定的不确定性, 排放的变异性较大。有的研究发现 N_2O 排放放在春、夏季高, 秋、冬季低^[9-11], 也有研究发现其在秋季最高, 夏季次之, 冬季最低^[12]。因此, 有关湿地 N_2O 的源汇、排放规律及主控因素等方面仍需深入研究。

我国天然沼泽湿地约占全国湿地总面积三分之一, 而小兴安岭是东北三大林区湿地主要分布区之一^[13], 目前, 国内对森林、草原、农田 N_2O 排放研究较多, 而对沼泽湿地 N_2O 排放研究较少, 且之间存在一定的排放差异^[9, 14]。本文根据野外实地观测结果, 分析了小兴安岭林区典型修氏苔草 (*Carex schmidtii*) 沼泽和油桦-修氏苔草 (*Betula ovalifolia-Carex schmidtii*) 灌木沼泽 N_2O 排放的季节动态及其影响因素, 揭示林区典型苔草和灌木沼泽 N_2O 排放规律, 以便为客观评价我国天然湿地温室气体排放总量、控制温室气体排放及湿地保护与合理利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

研究地点位于小兴安岭中段, 黑龙江省东北部伊春市友好林业局永青林场, 地理坐标是 $128^{\circ}30'36''$ — $128^{\circ}45'00''\text{E}$, $48^{\circ}03'53''$ — $48^{\circ}17'11''\text{N}$, 平均海拔在 260—500 m, 属于温带大陆湿润季风气候。年平均气温约 0.4°C , 年积温为 2000—2500 $^{\circ}\text{C}$ 。年平均降雨量为 630 mm, 全年有 2 个降水高峰期, 一个是冬季降雪, 另一个

是每年 7—8 月的降雨,高峰期降水占全年降雨量的 70%。无霜期约为 110 d。最早霜期在 9 月上旬,最晚霜期在次年的 5 月中旬结束。地带性土壤是暗棕壤,占有土壤类型的 71%,草甸土和沼泽土占 27%,泥炭土占 2%^[15]。本研究有 2 种沼泽,参照郎惠卿的标准^[16],以优势植被进行分类,分别为:修氏苔草 (*Carex schmidtii*) 沼泽和油桦-修氏苔草 (*Betula ovalifolia*-*Carex schmidtii*) 灌木沼泽。

1.2 气体采集与分析

气体通量采用静态箱-气相色谱法测定^[17]。取样前将规格为 50 cm × 50 cm × 10 cm 不锈钢底座插入土壤中 10 cm,底座上部四周带有凹槽,取样时注水密封。整个生长季底座放在试验地不动,以保证对底座内部的植被和土壤的干扰最小。不锈钢顶箱规格为 50 cm × 50 cm × 50 cm,内顶部安有直径 10 cm 的小风扇,取样时风扇保持转动,避免箱内出现气体浓度差。箱顶部中心开有直径 1 cm 的小孔,内置橡胶塞作为取样口。箱侧面开 2 个小孔,用于数字温度计探头和风扇电源线通过,分别用橡胶塞和硅胶密封。植物生长超过一定高度后,需要在顶箱和底座之间加同样规格的延长箱。箱外都粘贴保温材料,以减少箱内温度波动。每个类型的沼泽内重复设置 3 个静态箱,共 6 个。采样时站在草丘上,使踩踏的影响降至最低。

取样时间为 2007 年 6 月 4 日—10 月 24 日,2008 年 5 月 14 日—10 月 24 日,取样频率为每月 3 次,约 10 d 取 1 次。用 60 mL 聚氯乙烯医用注射器经三通阀连接铁针头通过箱顶部橡胶塞取样。每个静态箱分别在封闭后 0、10、20、30 min 取 1 管气体,共 4 管。气体样品用注射器取出后转移进 500 mL 气体采集袋(大连光明化工研究设计院设计)保存并带回实验室,在 1 周内用 HP5890 II 气相色谱仪分析浓度。利用以下公式计算 N₂O 气体排放通量

$$F = (\Delta m / \Delta t) \times \rho \times (V/A) = h \times \rho \times (\Delta m / \Delta t)$$

式中, F 为气体的通量($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$), V 为观测箱的容积(m^3), A 为观测时包围的土壤面积(m^2), ρ 为箱内气体密度(mol/m^3), $\Delta m / \Delta t$ 为气体在观测时间内浓度随时间变化的直线斜率, h 为观测箱的高度(m)。 F 为正值时表示释放,负值时表示吸收^[18]。不同年份生长季 N₂O 排放平均通量根据生长季每月上、中、下旬 N₂O 排放通量的实测数据计算获得,并根据各月上、中、下旬 N₂O 排放通量分别计算各月排放总量和得排放总量。

1.3 环境因子测定

气体采样时,原位同步测定气温、箱温、0、5、10、15、20、30、40 cm 土温以及观测点水位。温度的测定使用 JM624 便携式数字温度计(天津今明有限公司生产)来进行。沼泽水深通过在采样箱附近挖井,用直尺直接测量。

1.4 数据处理

采用 SPSS 11.0 Pearson 相关分析环境因素与通量的关系,应用成对样本 T 检验进行一对数据的差异性检验。

2 结果

2.1 N₂O 通量的季节动态

2007 年苔草沼泽 N₂O 排放通量随季节变化基本呈现出波动性单峰型变化规律,最大排放出现在夏季;灌木沼泽 N₂O 排放基本呈现出三峰型变化规律,最大排放量出现在夏、秋季节。其季节变化规律为:苔草沼泽 6 月上旬(出现最低排放值 $-0.019 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)—8 月上旬(出现了两个排放峰值 $0.015 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 和 $0.029 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)整体上呈现出波动性上升趋势,其中,7 月中旬—8 月上旬排放较高,但波动性较大,8 月中旬以后排放呈现波动性升高趋势(-0.002 — $0.009 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$);灌木沼泽在 6 月上旬、7 月中旬、10 月上旬分别出现了 3 个排放峰值(0.025 、 0.027 和 $0.036 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$),其它时段均表现为不规则的波动,仅在 8 月和 10 月下旬出现两个吸收峰(均为 $-0.003 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)(图 1)。

2008 年苔草沼泽 N₂O 排放通量随季节变化基本上呈现出三峰型变化规律,最大排放出现在夏(8 月上旬为 $0.05 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)、秋季(9 月和 10 月下旬,分别为 $0.173 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 和 $0.043 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$);灌木沼泽 N₂O

排放变异性较大,无明显规律性,最大排放量出现在夏季的7月上旬(图1)。苔草沼泽生长季 N_2O 整体表现为排放;灌木为微弱的吸收,表现为 N_2O 的弱汇。

2.2 不同沼泽类型及年际间排放对比

苔草和灌木丛沼泽2007年(6—10月)生长季 N_2O 排放通量为 $0.0037 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 和 $0.0082 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$, 2007年生长季排放总量为 $0.14 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 和 $0.29 \text{ kg}/\text{hm}^2$;2008年(5月中旬—10月)季节排放通量为 $0.016 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 和 $-0.0025 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$,2008年生长季节排放总量为 $0.68 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 和 $-0.10 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。通过对苔草沼泽和灌木沼泽两年生长季的观测数据进行成对样本 T 检验可知,两种类型沼泽 N_2O 排放通量间无显著的差异($P>0.05, n=32$)。苔草沼泽不同年际间 N_2O 排放通量无显著差异($P>0.05, n=15$),而灌木沼泽2007年是 N_2O 的排放源,2008年为 N_2O 的汇,两年生长季 N_2O 排放通量差异显著($P<0.05, n=15$)。

2.3 环境因子对 N_2O 排放通量的影响

小兴安岭苔草沼泽2007年 N_2O 排放通量与水位具有显著的负相关性($r=-0.52, P<0.05, n=15$);灌木沼泽2008年 N_2O 季节排放通量与水位负相关,但未达到显著水平($r=-0.34, P>0.05$)。小兴安岭苔草和灌木沼泽2007和2008年 N_2O 季节排放通量与温度(空气温度、箱内温度、0—40 cm 土壤温度)均无显著的相关性($P>0.05$)。

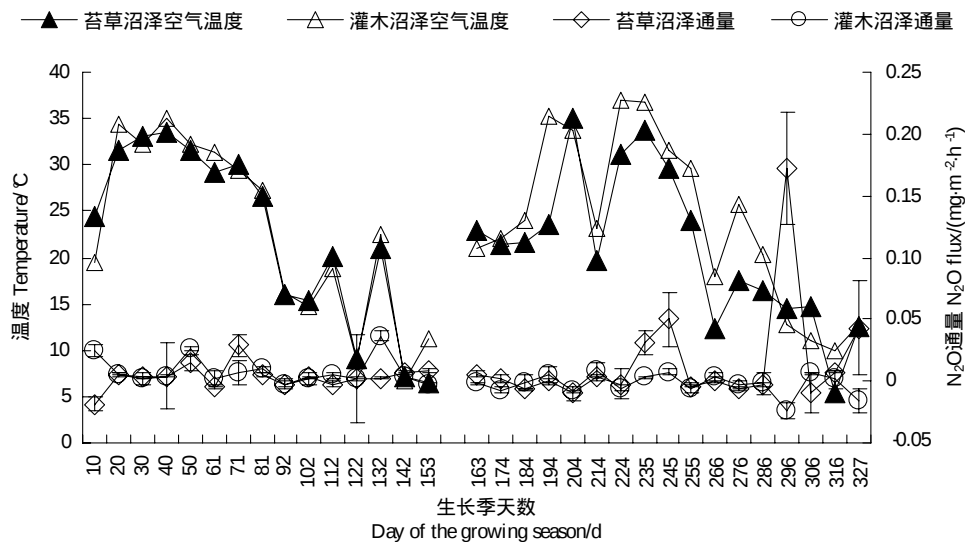


图1 苔草和灌木沼泽 N_2O 排放通量及空气温度的季节和年际变化

Fig. 1 Seasonal and inter-annual variations of N_2O fluxes from the *Carex schmidtii* and shrub swamps and air temperature

3 讨论

由于土壤温度和土壤含水量是影响 N_2O 排放变化形式的关键因素^[19],小兴安岭苔草和灌木沼泽在两年的观测初期由于温度逐渐升高,土壤温度也升高,微生物代谢活性增强,植物生长代谢较旺盛,有可能促进 N_2O 的产生。因此,在6月初或5月中旬开始 N_2O 排放呈现出逐渐升高的趋势,同时,水位变化下土壤的干湿交替(图2)使得硝化作用和反硝化作用交替成为 N_2O 的主要产生机制,植物生长及传输作用等在不同阶段影响程度不一,致使 N_2O 排放呈现出不同的规律性。小兴安岭沼泽湿地 N_2O 在夏季具有较高排放量,这在很多

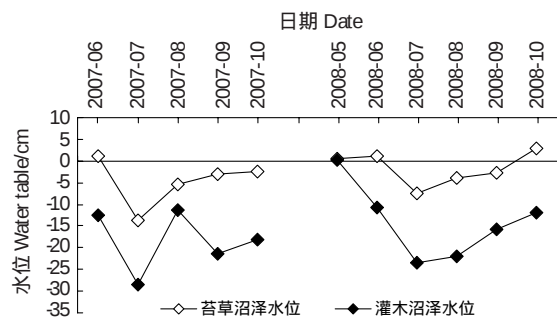


图2 苔草和灌木沼泽水位的季节及年际变化

Fig. 2 Seasonal and inter-annual variations of water table in the *Carex schmidtii* and shrub swamps

研究中也得到了相近的结论^[9-11]。

van den Heuvel 等对比多种研究结果认为 N_2O 排放受土壤过程、土壤理化性质、水位、土壤温度等多种因素影响,但在不同的空间尺度上又受不同因素的控制^[20]。水位作为影响沼泽 N_2O 排放的最重要因子之一,同时也影响温度、土壤 PH 等其它环境因子,进而对沼泽 N_2O 排放产生综合作用。灌木沼泽年际间 N_2O 排放产生显著差异可能是两年不同水位条件(图 2)及由水位引起的土壤温度、土壤理化性质等因素的变化共同影响的结果。在季节通量方面,苔草和灌木沼泽湿地排放值显著的低于以往的一些研究^[8,21],其原因除了研究地点土壤性质差异外,还与不同地区、不同年际的气候和环境因素差异导致的湿地水文状况不同有密切的关系。

土壤 N_2O 主要排放机制、排放过程及排放通量都受土壤水分的强烈影响。有研究表明,土壤含水量为饱和和含水量 45%—75% 时,由于硝化作用和反硝化作用,可产生较多的 N_2O ^[22]。土壤处于饱和含水量以下时 N_2O 排放量随土壤水分的增加而增加,而在饱和含水量以上时 N_2O 的排放逐渐减弱^[22-23]。本研究的两种沼泽湿地在两年的观测期内地表长期过湿,土壤含水量在饱和含水量以上,因此,表现为随着水位的升高 N_2O 排放减少,水位与 N_2O 的季节排放具有显著的负相关性,这种关系已被众多的研究所证实^[3,8-9]。 N_2O 在沼泽土壤中的产生和排放是个复杂的过程,受很多因素的制约。

References:

- [1] Dyominov I G, Zadorozhny A M. Greenhouse gases and recovery of the Earth's ozone layer. Greenhouse gases, ozone, and electrodynamics; their changes in the middle atmosphere and lower thermosphere. *Advances in Space Research*, 2005, 35(8): 1369-1374.
- [2] Augustin J, Merbach W, Rogasik J. Factors influencing nitrous oxide and methane emissions from minerotrophic fens in northeast Germany. *Biology and Fertility of Soils*, 1998, 28(1): 1-4.
- [3] Regina K, Nykänen H, Silvola J, Martikainen P J. Fluxes of nitrous oxide from boreal peatlands as affected by peatland type, water table level and nitrification capacity. *Biogeochemistry*, 1996, 35(3): 401-418.
- [4] Martikainen P J, Nykänen H, Silvola J, Crill P. Effect of a lowered water table on nitrous oxide fluxes from northern peatlands. *Nature*, 1993, 366(6450): 51-53.
- [5] Williams P H, Jarvis S C, Dixon E. Emission of nitric oxide and nitrous oxide from soil under field and laboratory conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 1998, 30(14): 1885-1893.
- [6] Hénault C, Germon J C. Quantification de la dénitrification et des émissions de protoxyde d'azote (N_2O) par les sols. *Agronomie*, 1995, 15(6): 321-355.
- [7] Vallejo A, Diez J A, López-Valdivia L M, Gascó A, Jiménez C. Nitrous oxide emission and denitrification nitrogen losses from soils treated with isobutylenediurea and urea plus dicyandiamide. *Biology and Fertility of Soils*, 2001, 34(4): 248-257.
- [8] Yang J S, Liu J S, Wang J D, Yu J B, Sun Z G, Li X H. Emissions of CH_4 and N_2O from a wetland in the Sanjiang Plain. *Journal of Plant Ecology*, 2006, 30(3): 432-440.
- [9] Song C C, Wang Y Y, Wang Y S, Zhao Z C. Character of the greenhouse gas emission in the freshwater mire under human activities. *Scientia Geographica Sinica*, 2006, 26(1): 82-86.
- [10] Liikanen A, Huttunen J T, Karjalainen S M, Heikkinen K, Väisänen T S, Nykänen H, Martikainen P J. Temporal and seasonal changes in greenhouse gas emissions from a constructed wetland purifying peat mining runoff waters. *Ecological Engineering*, 2006, 26(3): 241-251.
- [11] Wang Y Y, Zheng X H, Song C C, Zhao Z C. N_2O flux in typical wetlands of Sanjiang Plain. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(3): 493-497.
- [12] Søvik A K, Kløve B. Emission of N_2O and CH_4 from a constructed wetland in southeastern Norway. *Science of the Total Environment*, 2007, 380(1/3): 28-37.
- [13] State Forestry Administration. First investigation of wetland resources of China. *New Safety*, 2004, 2(9): 24-25.
- [14] Mu C C, Liu X, Sun X X, Shi L Y, Feng D J, Cheng W, Wu Y X. Emissions of CO_2 , CH_4 and N_2O from broad-leaved forested swamp soils in Xiaoxingan Mountains. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(17): 4598-4608.
- [15] Shi L Y, Mu C C, Tian X M, Jin J L, Jin Z M. CH_4 emission and its driving factors from different marshes in Xiaoxing'an Mountains, Northeast China. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(19): 5289-5295.
- [16] Lang H Q. Wetland Vegetation in China. Beijing: Sciences Press, 1999: 35-74.

- [17] Wang Y S, Wang Y H. Quick measurement of CH_4 , CO_2 and N_2O emissions from a short-plant ecosystem. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2003, 20(5): 842-844.
- [18] Huang G H, Xiao D N, Li Y X, Chen G X, Yang Y C, Zhao C W. CH_4 emissions from the reed wetland. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(9): 1494-1497.
- [19] Liu X R, Dong Y S, Qi Y C. Research progresses in nitrous oxide emission from soil. *Progress in Geography*, 2005, 24(6): 50-58.
- [20] van den Heuvel R N, Hefting M M, Tan N C G, Jetten M S M, Verhoeven J T A. N_2O emission hotspots at different spatial scales and governing factors for small scale hotspots. *Science of the Total Environment*, 2009, 407(7): 2325-2332.
- [21] Nykänen H, Alm J, Lång K, Silvola J, Martikainen P J. Emissions of CH_4 , N_2O and CO_2 from a virgin fen and a fen drained for grassland in Finland. *Journal of Biogeography*, 1995, 22(2/3): 351-357.
- [22] Qi Y C, Dong Y S. Nitrous oxide emissions from soil and some influence factors. *Acta Geographica Sinica*, 1999, 54(6): 534-542.
- [23] Rudaz A O, Wälti E, Kyburz G, Lehmann P, Fuhrer J. Temporal variation in N_2O and N_2 fluxes from a permanent pasture in Switzerland in relation to management, soil water content and soil temperature. *Agriculture Ecosystem and Environment*, 1999, 73(1): 83-91.

参考文献:

- [8] 杨继松, 刘景双, 王金达, 于君宝, 孙志高, 李新华. 三江平原生长季沼泽湿地 CH_4 、 N_2O 排放及其影响因素. *植物生态学报*, 2006, 30(3): 432-440.
- [9] 宋长春, 王毅勇, 王跃思, 赵志春. 人类活动影响下淡水沼泽湿地温室气体排放变化. *地理科学*, 2006, 26(1): 82-86.
- [11] 王毅勇, 郑循华, 宋长春, 赵志春. 三江平原典型沼泽湿地氧化亚氮通量. *应用生态学报*, 2006, 17(3): 493-497.
- [13] 国家林业局. 全国首次湿地资源调查. *新安全*, 2004, 2(9): 24-25.
- [14] 牟长城, 刘霞, 孙晓新, 石兰英, 冯登军, 程伟, 吴云霞. 小兴安岭阔叶林沼泽土壤 CO_2 , CH_4 和 N_2O 排放规律及其影响因子. *生态学报*, 2010, 30(17): 4598-4608.
- [15] 石兰英, 牟长城, 田新民, 金建丽, 金志民. 小兴安岭不同沼泽甲烷排放及其影响因子. *生态学报*, 2010, 30(19): 5289-5295.
- [16] 郎惠卿. 中国湿地植被. 北京: 科学出版社, 1999: 35-74.
- [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 (CH_4) 排放研究. *生态学报*, 2001, 21(9): 1494-1497.
- [19] 刘杏认, 董云社, 齐玉春. 土壤 N_2O 排放研究进展. *地理科学进展*, 2005, 24(6): 50-58.
- [22] 齐玉春, 董云社. 土壤氧化亚氮产生、排放及其影响因素. *地理学报*, 1999, 54(6): 534-542.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.31, No. 16 August, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

A comparative study on the diversity of rhizospheric bacteria community structure in constructed wetland and natural wetland with reed domination	WANG Zhongqiong, WANG Weidong, ZHU Guibing, et al (4489)
Light response of photosynthesis and its simulation in leaves of <i>Prunus sibirica</i> L. under different soil water conditions	LANG Ying, ZHANG Guangcan, ZHANG Zhengkun, et al (4499)
Effects of colour shading on the yield and main biochemical components of summer-autumn tea and spring tea in a hilly tea field	QIN Zhimin, FU Xiaoqing, XIAO Runlin, et al (4509)
Effects of cadmium on the contents of phytohormones, photosynthetic performance and fluorescent characteristics in tobacco leaves	WU Kun, WU Zhonghong, TAI Fujun, et al (4517)
Comparative physiological responses of cadmium stress on <i>Enteromorpha clathrata</i> and <i>Enteromorpha linza</i>	JIANG Heping, ZHENG Qingsong, ZHU Ming, et al (4525)
Effects of salt stress on glucosinolate contents in <i>Arabidopsis thaliana</i> and <i>Thellungiella halophila</i> rosette leaves	PANG Qiuying, CHEN Sixue, YU Tao, et al (4534)
Effects of long-term double-rice and green manure rotation on rice yield and soil organic matter in paddy field	GAO Jusheng, CAO Weidong, LI Dongchu, et al (4542)
Nitrogen balance in the farmland system based on water balance in Hetao irrigation district, Inner Mongolia	DU Jun, YANG Peiling, LI Yunkai, et al (4549)
Seed characteristics and seedling growth of <i>Spartina alterniflora</i> on coastal wetland of North Jiangsu	XU Weiwei, WANG Guoxiang, LIU Jin'e, et al (4560)
Assessment of non-point source pollution export from Zigui county in the Three Gorges Reservoir area using the AnnAGNPS model	TIAN Yaowu, HUANG Zhilin, XIAO Wenfa (4568)
Effects of Cadmium pollution on oxidative stress and metallothionein content in <i>Pirata subpiraticus</i> (Araneae: Lycosidae) in different habitats	ZHANG Zhengtian, PANG Zhenling, XIA Min, et al (4579)
The distribution of size-fractionated chlorophyll a in the Indian Ocean South Equatorial Current	ZHOU Yadong, WANG Chunsheng, WANG Xiaogu, et al (4586)
Change of waterbird community structure after the intertidal mudflat reclamation in the Yangtze River Mouth: a case study of NanHui Dongtan area	ZHANG Bin, YUAN Xiao, PEI Enle, et al (4599)
Application of fish assemblage integrity index (FAII) in the environment quality assessment of surf zone of Yangtze River estuary	MAO Chengze, ZHONG Junsheng, JIANG Rijin, et al (4609)
Population age structure of Antarctic krill <i>Euphausia superba</i> off the northern Antarctic Peninsula based on fishery survey	ZHU Guoping, WU Qiang, FENG Chunlei, et al (4620)
Validation and adaptability evaluation of rice growth model ORYZA2000 in double cropping rice area of Hunan Province	MO Zhihong, FENG Liping, ZOU Haiping, et al (4628)
Coupled energy and carbon balance analysis under dryland tillage systems	WANG Xiaobin, WANG Yan, DAI Kuai, et al (4638)
The nitrate-nitrogen leaching amount in paddy winter-spring fallow period	WANG Yongsheng, YANG Shiqi (4653)
The sources of organic carbon and nitrogen in sediment of Taihu Lake	NI Zhaoxui, LI Yuejin, WANG Shengrui, et al (4661)
Effect of partial solar eclipse on airborne culturable bacterial community in Urumqi	MA Jing, SUN Jian, ZHANG Tao, et al (4671)
Comparative study on density related intra- and inter-specific effects in <i>Laodelphax striatellus</i> (Fallen) and <i>Nilaparvata lugens</i> (Stål)	LÜ Jin, CAO Tingting, WANG Liping, et al (4680)
Behavior rhythm and seasonal variation of time budget of sun bear (<i>Helarctos malayanus</i>) in captivity	LAN Cunzi, LIU Zhensheng, WANG Aishan, et al (4689)
Disturbance regimes and gaps characteristics of the desert riparian forest at the middle reaches of Tarim River	HAN Lu, WANG Haizhen, CHEN Jiali, et al (4699)
Death causes and conservation strategies of the annual regenerated seedlings of rare plant, <i>Bretschneidera sinensis</i>	QIAO Qi, QIN Xinsong, XING Fuwu, et al (4709)
Effects of municipal compost extracted complex microbial communities on physio-ecological characteristics of turfgrass under drought stress	DUO Lian, WANG Jingjing, ZHAO Shulan (4717)
Spatiotemporal relationship of leaf area index simulated by CLM3.0-DGVM and climatic factors	SHAO Pu, ZENG Xiaodong (4725)
Analysis of circular economy of Liaoning Province based on eco-efficiency	HAN Ruiling, TONG Lianjun, SONG Yanan (4732)
Review and Monograph	
The fungal to bacterial ratio in soil food webs, and its measurement	CAO Zhiping, LI Depeng, HAN Xuemei (4741)
Indicators for evaluating sustainable communities: a review	ZHOU Chuanbin, DAI Xin, WANG Rusong, et al (4749)
Discussion	
Differential expression of <i>PAL</i> multigene family in allelopathic rice and its counterpart exposed to stressful conditions	FANG Changxun, WANG Qingshui, YU Yan, et al (4760)
Scientific Note	
Ecology study on the benthic animals of QinZhou Bay	WANG Di, CHEN Pimao, MA Yuan (4768)
Change characteristics of soil carbon and nitrogen contents in the Yellow River Delta soil after artificial restoration	DONG Kaikai, WANG Hui, YANG Liyuan, et al (4778)
Estimation and spatial pattern analysis of forest biomass in Fenglin Nature Reserve based on Geostatistics	LIU Xiaomei, BU Rencang, DENG Huawei, et al (4783)
Study on sap flow in forest of <i>Quercus liaotungensis</i> and <i>Populus davidiana</i> by using the TDP method	SUI Xuhong, ZHANG Jianjun, WEN Wanrong (4791)
N ₂ O Emission and its driving factors from typical marsh and shrub swamp in Xiaoxing'an Mountains, Northeast China	SHI Lanying, MU Changcheng, TIAN Xinmin, et al (4799)

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 16 期 (2011 年 8 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 16 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