

## 鼎湖山针阔叶混交林地表 CH<sub>4</sub> 通量

周存宇<sup>1,2</sup>, 周国逸<sup>1</sup>, 王迎红<sup>3</sup>, 张德强<sup>1</sup>, 刘世忠<sup>1</sup>, 孙扬<sup>3</sup>

1. 中国科学院华南植物园, 广东 广州 510650; 2. 长江大学园艺园林学院, 湖北 荆州 434025; 3. 中国科学院大气物理研究所, 北京 100029

**摘要:** 用静态箱-气相色谱法对鼎湖山针阔叶混交林的地表 CH<sub>4</sub> 通量进行了为期一年的原位观测和研究。结果表明, 该林型土壤总体为大气 CH<sub>4</sub> 的吸收汇, 通量年变化范围 60 ~ -120 μg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>, 在雨季向旱季过渡的 9、10 月份, 土壤对 CH<sub>4</sub> 的吸收较为强烈, 而在冬季的 1 月份, 吸收通量最小; 凋落物层对该林型地表 CH<sub>4</sub> 的吸收没有明显的阻隔作用; 多元回归分析发现 CH<sub>4</sub> 通量与地下 5 cm 温度显著相关, 尤其是在土壤湿度变化不大的旱季, 土壤表层温度为影响 CH<sub>4</sub> 通量的主导因子。

**关键词:** 鼎湖山; CH<sub>4</sub> 通量; 季节动态; 针阔叶混交林

中图分类号: X142

文献标识码: A

文章编号: 1672-2175 (2005) 03-0333-03

CH<sub>4</sub> 是大气中的一种重要的温室气体, 尽管它在大气中的体积分数只有  $1.8 \times 10^{-6}$ , 但其辐射吸收势是 CO<sub>2</sub> 的 32 倍, 对温室效应的相对贡献率为 19%, 该贡献率在所有受人为影响的温室气体中仅次于 CO<sub>2</sub><sup>[1]</sup>。由于人类活动 (包括稻田、畜牧业、天然气管道泄漏、生物质燃烧、矿物燃料燃烧等) 的影响, 近几十年来, CH<sub>4</sub> 在大气中的体积分数持续上升, 目前的年增长率为 0.4%<sup>[2]</sup>。大气 CH<sub>4</sub> 的汇主要是在大气对流层 CH<sub>4</sub> 与自由基发生化学反应, 另外土壤是大气 CH<sub>4</sub> 的一个重要的汇, 据估计, 全球好气土壤所消耗的大气甲烷的量约为每年 15~45 Tg, 占总汇的 8% 左右, 该汇所吸收的 CH<sub>4</sub> 与每年受人为影响大气中增加的 CH<sub>4</sub> 量相当<sup>[3]</sup>。我国对土壤的 CH<sub>4</sub> 汇功能研究较少, 近十几年来只有少量工作在北方的草原, 森林, 旱田和湿地等生态系统开展<sup>[4-7]</sup>, 迄今尚未见对南亚热带森林土壤的 CH<sub>4</sub> 汇功能的研究报道。为探明南亚热带主要森林类型土壤的 CH<sub>4</sub> 源汇功能及其变化规律, 本研究选择在鼎湖山分布最广的针阔叶混交林为对象, 对其地表 CH<sub>4</sub> 通量和主要环境因子进行了为期一年的观测, 该项研究可为我国森林生态系统主要温室气体源汇清单的制定提供重要依据, 对广东珠江三角洲地区的长期环境规划也有一定的参考价值。

### 1 实验地点及方法

#### 1.1 实验地点

实验地点设在鼎湖山自然保护区, 位于广东省中西部, 东经 112°30'39"~112°33'41", 北纬 23°09'21"~23°11'30", 面积 1155 hm<sup>2</sup>, 最高峰鸡笼山海拔 1000.3 m。该区属南亚热带季风湿润气候, 年平均降水量 1956 mm, 主要集中在 4~9 月份, 占全年的 76%; 年平均温度为 20.9 °C, 最冷月 (1 月)

和最热月 (7 月) 平均温度分别为 12.0 °C 和 28.0 °C; 年平均相对湿度为 80.8%。采样观测点位于保护区内五棵松针阔叶混交林样地, 处于地带性植被季风常绿阔叶林的边缘, 是阔叶树种侵入人工或自然的马尾松 (*Pinus massoniana*) 林后形成的, 为演替系列中间阶段的典型代表类型。群落垂直结构可分为四层, 乔木 2 层, 灌木 1 层, 草本 1 层, 此外还有多种藤本和附生的层间植物。组成种类以常绿树种占绝对优势, 大部分属热带亚热带成分。针阔叶混交林占鼎湖山森林总面积的 61.5%, 为该区的优势植被类型<sup>[8]</sup>。

#### 1.2 实验方法

CH<sub>4</sub> 通量利用静态箱/气相色谱法测定。采样箱为组合式, 即由底座和顶箱两部分组成, 底座和顶箱均为不锈钢板制成。底座: 长 ( $L$ ) × 宽 ( $W$ ) × 高 ( $H$ ) × 钢板厚度 ( $T$ ) = 500 mm × 500 mm × 100 mm × 2.5 mm, 水封槽:  $W$  (槽宽) ×  $H$  ×  $T$  = 20 mm × 30 mm × 2.5 mm; 顶箱:  $L$  ×  $W$  ×  $H$  ×  $T$  = 500 mm × 500 mm × 500 mm × 1.5 mm。顶箱封顶, 内装 2 个轴流混气扇、采样管、测温口。实验观测前将底座打入采样位点, 由于采样点设在坡地, 故采样箱无法用水密封, 改为在水封槽内粘贴弹性密封胶带, 用于底座和箱体的密封。观测区内设置 2 种处理: 采样前去除地表凋落物 ( $S$ ); 保留地表凋落物 ( $L+S$ )。在每个采样点罩箱后 0、10、20、30 min 分别用 100 mL 医用注射器采集箱内气体 90 mL, 采样后及时带回实验室分析。此外, 在通量测定的同时观测地表温度、5 cm 深处土壤温度、气温和地下 10 cm 土壤含水量。用 HP4890D 气相色谱仪测定 CH<sub>4</sub> 浓度, CH<sub>4</sub> 检测器为火焰离子化检测器 (FID), 检测器、分离柱的温度分别是 200 °C、55 °C,

基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-SW-01); 重要方向性项目(KSCX2-SW-120)

作者简介: 周存宇 (1968 - ), 男, 博士生, 从事森林与大气间温室气体交换的研究。

收稿日期: 2005-01-04

载气为高纯氮气,流速  $30 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$  [9]。各种温度用便携式数字温度计(JM624)测定,土壤含水量用中国生态系统网络统一配置的土壤测墒仪(MPKit)测定。

从2003年5月至2004年3月,每周一次对地表  $\text{CH}_4$  通量及其相关环境因子进行原位观测,观测时间固定在上午的9:00~11:00。

## 2 结果与分析

### 2.1 地表 $\text{CH}_4$ 通量的月动态

在近一年的观测期间,该林型原状地表  $\text{CH}_4$  通量的平均值为  $-44.60 \pm 5.79 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ,变化范围在  $60 \sim -120 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$  之间,在总共41次有效观测中只有3次为正值,其它均为负值,说明该林型土壤总体上为甲烷的汇。将每月的观测值平均后得到针阔叶混交林地表  $\text{CH}_4$  通量的月变化趋势如图1。从图中可以看出,平均而言全年各个月份该林

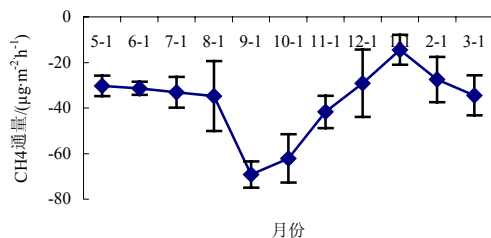


图1  $\text{CH}_4$  通量的月动态  
Fig. 1 Monthly pattern of  $\text{CH}_4$  flux

型土壤均为  $\text{CH}_4$  的吸收汇,吸收高峰在9,10月份,而在最冷月的一月份,吸收最弱。该动态与孙向阳 [5] 在北京低山区森林和齐玉春 [10] 在贡嘎山森林所得到的  $\text{CH}_4$  通量季节变化规律基本一致,只是吸收高峰出现的月份不同。

土壤吸收或排放甲烷与土壤含水量密切相关,过高或过低的土壤湿度都不利于土壤中甲烷氧化细菌的活动,当土壤水分处于过饱和时,土壤微生物的活动就从好气过程转向嫌气过程为主,甲烷氧化菌受到抑制而产甲烷细菌活动增强,土壤可以成为产生  $\text{CH}_4$  的源。本研究所在区域受东南季风的影响,雨旱季分明,雨季降雨频繁,土壤含水量较高,大雨过后某些低洼处甚至短期内处于渍水状态,本研究曾于8月份在某些观测点得到  $\text{CH}_4$  通量为正值,即土壤向大气排放甲烷;相反,在该区的旱季土壤则长期处于缺水状态,严重时甚至出现土壤干裂。而9、10月份处于雨季和旱季的交替阶段,温度适中,降水逐渐减少,给土壤中的甲烷氧化细菌提供了有利的条件,所以在这两个月份  $\text{CH}_4$  吸收通量最大。

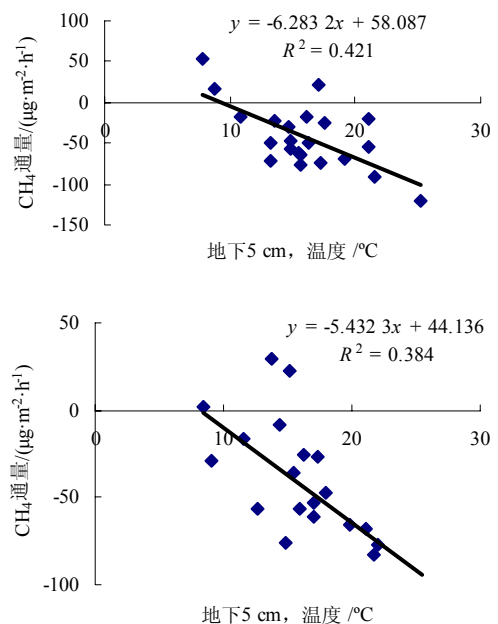
### 2.2 地表凋落物对 $\text{CH}_4$ 通量的影响

保留和去除地表凋落物两种处理条件下  $\text{CH}_4$  通

量的年平均值分别为  $-44.60 \pm 5.79$  和  $-47.23 \pm 5.71 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ,去除地表凋落物后的  $\text{CH}_4$  通量年平均值增加6%,但方差分析表明两种处理的  $\text{CH}_4$  通量之间没有显著差异。董云社 [11] 在德国温带森林的研究发现,去除地表有机层后,土壤消耗  $\text{CH}_4$  的速率增加,年均增加量为17%,且两种处理间有显著差异,与本研究的结果不尽相同。产生这种差异的主要原因可能是,位于南亚热带的针阔叶混交林的地表凋落物的分解速率远大于位于温带森林的地表凋落物的分解速率,使得该林型的凋落物层的厚度小于温带森林凋落物层的厚度,而凋落物层对  $\text{CH}_4$  通量的影响完全是一个物理过程,即通过阻隔作用减缓了大气中  $\text{CH}_4$  向土壤的传输 [11],本研究中的针阔叶混交林下的凋落物层较薄,所以这种阻隔作用不如温带森林地表凋落物层的明显。

### 2.3 $\text{CH}_4$ 通量与温度的关系

$\text{CH}_4$  通量与多种环境因子有关,如土壤温度,土壤湿度,土壤有机质含量,土壤酸度,土地利用方式等等 [12],就本研究而言  $\text{CH}_4$  通量的动态变化主要是土壤温度和土壤湿度共同影响的结果。多元回归分析表明,无论是保留还是去除地表凋落物,该林型地表  $\text{CH}_4$  通量都与地下5 cm的土壤温度有显著的相关性(图2)。有关研究证实 [5],土壤中的甲



L+S 为保留凋落物的处理, S 为去除凋落物的处理  
图2  $\text{CH}_4$  通量与地下5 cm 温度的相关性  
Fig. 2 The relationship between  $\text{CH}_4$  flux and soil temperature at 5cm depth

烷氧化细菌主要存在于土壤表层,所以相对于气温和地面温度而言,  $\text{CH}_4$  通量对5 cm深土壤温度更为敏感。由于土壤温度和土壤含水量对甲烷氧化细菌

都有影响,而在鼎湖山的雨季往往水热同期,在温度适宜甲烷氧化细菌活动时,较高的土壤含水量相反会抑制它们的活性,因此从全年来看 CH<sub>4</sub> 通量与 5 cm 土壤温度的相关系数并不高(保留和去除凋落物两种处理条件下的相关系数分别只有 0.28 和 0.13)。在鼎湖山的旱季,土壤含水量变化不大,在这种条件下 CH<sub>4</sub> 通量的变化则主要受土壤温度的控制,所以将旱季的 CH<sub>4</sub> 通量与土壤温度做相关分析发现,两种处理条件下,这两者之间的相关性都大为提高,分别达到 0.42 和 0.38。

### 3 结语

(1) 鼎湖山针阔叶混交林土壤总体为甲烷的汇,年平均吸收通量为  $-44.60 \pm 5.79 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ , 吸收较强的月份为 9、10 月,最弱的月份为 1 月。

(2) 位于南亚热带的该林型的凋落物分解较快,使得凋落物层的厚度不及温带森林的凋落物层,因此凋落物层对大气-土壤间的甲烷气体交换的阻隔作用不明显。

(3) 在该研究区域的旱季,土壤含水量变化不大的情况下,CH<sub>4</sub> 的吸收通量与地下 5 cm 温度有较好的相关性,说明在旱季土壤表层温度是影响 CH<sub>4</sub> 通量的主导因子。

### 参考文献:

- [1] BOUWMAN A F. Soils and greenhouse effect[M]. Chichester: West Sussex Wiley Press, 1990.
- [2] 李克让. 土地利用变化和温室气体净排放与陆地生态系统碳循环[M]. 北京: 气象出版社, 2000: 2 - 3.  
LI KERANG. Land use change, greenhouse gases emission and carbon cycle of terrestrial ecosystem[M]. Beijing: China Meteorology Press, 2000: 2 - 3.
- [3] STEUDLER P A, BOWDEN R D, MELILLO J M, *et al.* Influence of nitrogen fertilization on methane uptake in temperate forest soils[J]. *Nature*, 1989, 341: 314 - 316.
- [4] 黄国宏, 陈冠雄, 吴杰, 等. 东北典型旱作农田 N<sub>2</sub>O 和 CH<sub>4</sub> 排放通量研究[J]. *应用生态学报*, 1995, 6(4): 383 - 386.  
HUANG GUOHONG, CHEN GUANXIONG, WU JIE, *et al.* N<sub>2</sub>O

- and CH<sub>4</sub> fluxes from typical upland fields in northeast China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1995, 6(4): 383 - 386.
- [5] 孙向阳. 北京低山区森林土壤中 CH<sub>4</sub> 排放通量研究[J]. *土壤与环境*, 2000, 9(3): 173 - 176.  
SUN XIANGYANG. CH<sub>4</sub> emission flux of forest soils in lower mountain area, Beijing[J]. *Soil and environmental sciences*, 2000, 9(3): 173 - 176.
  - [6] 杜睿, 黄建辉, 万小伟, 等. 北京地区暖温带森林土壤温室气体排放规律[J]. *环境科学*, 2004, 25(2): 12 - 16.  
DU RUI, HUANG JIANHUI, WAN XIAOWEI, *et al.* The research on the law of greenhouse gases emission from warm temperate forest soils in Beijing region[J]. *Environmental science*, 2004, 25(2): 12 - 16.
  - [7] 杨继松, 于君宝, 刘景双, 等. 三江平原湿地岛状林 CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O 排放通量的特征[J]. *生态环境*, 2004, 13(4): 476 - 479.  
YANG JISONG, YU JUNBAO, LIU JINGSHUANG, *et al.* CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O fluxes in an island forest in wetland, Sanjiang Plain[J]. *Ecology and Environment*, 2004, 13(4): 476 - 479.
  - [8] 曹洪麟, 黄忠良, 张林艳, 等. 鼎湖山自然保护区植被类型[A]. 热带亚热带森林生态系统研究(9) [C]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 1 - 9.  
CAO HONGLIN, HUANG ZHONGLIANG, ZHANG LINYAN, *et al.* Vegetation map of Dinghu Mountain Nature Reserve[A]. *Tropical and Subtropical Forest Ecosystem(9)* [C]. Beijing: China Environmental Science Publishing House, 2002: 1 - 9.
  - [9] WANG YUESI, WANG YINGHONG. Quick measurement of CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from a short-plant ecosystem[J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2003, 20(5): 842 - 844.
  - [10] 齐玉春, 罗辑, 董云社, 等. 贡嘎山山地暗针叶林带森林土壤 N<sub>2</sub>O 和 CH<sub>4</sub> 排放研究[J]. *中国科学(D 辑)*, 2002, 32(11): 934 - 941.  
QI YUCUN, LUO JI, DONG YUNSHE, *et al.* Experimental study on N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> fluxes from the dark coniferous forest zone soil of the Gongga mountain, China[J]. *Science in China (series D)*, 2002, 32(11): 934 - 941.
  - [11] 董云社, 彭公炳, 李俊. 温带森林土壤排放 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 时空特征[J]. *地理学报*, 1996, 51(增刊): 120 - 128  
DONG YUNSHE, PENG GONGBING, LI JUN. Seasonal variations of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O fluxes from temperate forest soil[J]. *Acta Geographica Sinica*, 1996, 51(suppl.): 120 - 128.
  - [12] 王琛瑞, 黄国宏, 梁战备, 等. 大气甲烷的源和汇与土壤氧化甲烷研究进展[J]. *应用生态学报*, 2002, 13(12): 1 707 - 1 712.  
WANG CHENRUI, HUANG GUOHONG, LIANG ZHANBEI, *et al.* Advances in the research on sources and sinks of CH<sub>4</sub> and CH<sub>4</sub> oxidation(uptake) [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(12): 1 707 - 1 712.

## CH<sub>4</sub> fluxes from soil of coniferous broad-leaved mixed forest in Dinghu Mountain

ZHOU Cun-yu<sup>1,2</sup>, ZHOU Guo-yi<sup>1</sup>, WANG Ying-hong<sup>3</sup>, ZHANG De-qiang<sup>1</sup>, LIU Shi-zhong<sup>1</sup> SUN Yang<sup>3</sup>

1. South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China;
2. College of Horticulture and Garden, Yangtze University, Jingzhou 434025, China;
3. Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China

**Abstract:** In situ CH<sub>4</sub> flux from soil of coniferous and broad-leaved mixed forest in Dinghushan Biosphere Reserve was measured for one year by using static chamber-gas chromatograph technique. The results are given as follows: The soil of this type of forest was the sink of CH<sub>4</sub> to the atmosphere as a whole, but was the source of CH<sub>4</sub> occasionally in rainy season, the annual CH<sub>4</sub> flux ranged from 60 to  $-120 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$  with average of  $-44.60 \pm 5.79 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ . Strong CH<sub>4</sub> sink appeared at the end of rainy season and the start of dry season, weak CH<sub>4</sub> sink appeared in winter. Litter layer had no distinct impact on CH<sub>4</sub> uptake by soil. CH<sub>4</sub> flux was significantly correlated with soil temperature at 5 cm depth, especially during dry season when the soil moisture was rather stable.

**Key words:** Dinghu mountain; CH<sub>4</sub> flux; seasonal dynamics; coniferous and broad-leaved mixed forest