

芦苇湿地温室气体甲烷(CH₄)排放研究

黄国宏¹, 肖笃宁¹, 李玉祥², 陈冠雄¹, 杨玉成², 赵长伟²

(1. 中国科学院沈阳应用生态研究所 陆地生态过程开放实验室, 沈阳 110015; 2. 双台河口国家级自然保护区管理处, 盘锦 124010)

摘要:用封闭式箱法对辽河三角洲芦苇湿地温室气体 CH₄ 的观测结果表明, 其排放有明显的季节变化规律。淹水前, 土壤为 CH₄ 汇。淹水期间, 有大量的 CH₄ 排放。排水后, CH₄ 排放明显减少。在测定期内, CH₄ 排放通量为 -968~2734 μgCH₄l/(m²·h)。另外, 土壤中产生的 CH₄ 主要是通过芦苇植株的传输作用进入到大气中。试验结果还表明, 有芦苇生长的湿地 CH₄ 排放是无芦苇生长的 15 倍。同时, 建议芦苇田应采用间歇灌溉的水分管理措施, 这样既能促进植株生长, 又能减少 CH₄ 排放。

关键词: 芦苇湿地; CH₄ 排放; 植株作用

CH₄ emissions from the reed wetland

HUANG Guo-Hong¹, XIAO Du-Ning¹, LI Yu-Xiang², CHEN Guan-Xiong¹, YANG Yu-Cheng², ZHAO Chang-Wei² (1. Laboratory of Terrestrial Ecological Process, Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110015, China; 2. Management Bureau of Shuangtaihekou National Nature Reserve, Panjin 124010, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(9): 1494~1497.

Abstract: Determination of the CH₄ flux from the reed wetland of Liaohe delta, China using closed chamber technique showed that the emission of CH₄ from the reed wetland had a significant seasonal variation. Before irrigation, wetland soil absorbed CH₄. Higher emission rate of CH₄ occurred during the flooding period. And after drainage, CH₄ emission decreased significantly. CH₄ flux from reed wetland ecological system during the period of measurement was -968~2734 μgCH₄/(m²·h). In addition, CH₄ released into atmosphere was mainly through the transportation of reed plant. The experimental result also showed that CH₄ emission from the wetland dominated with reeds was fifteen times greater than that without reeds. We suggest that the reed field should be flooded by intermittent management, which improves both growth of reeds and mitigates emission of CH₄.

Key words: reed wetland; CH₄ emission; plant function

文章编号: 1000-0933(2001)09-1494-04 中图分类号: Q945.11 文献标识码: A

CH₄ 是重要的温室气体, 它在大气中浓度的不断增加是引起全球变暖的原因之一。它的增温效应虽然仅次于 CO₂, 但减少其排放对缓和潜在的全球增温趋势却比减少 CO₂ 的排放更为有效^[1]。湿地与全球变化有着密切的关系, 也是最大的 CH₄ 天然排放源^[2], 而我国又是湿地面积最多的国家。目前国内外对人工湿地稻田 CH₄ 排放通量及其区域估算已有许多报道^[3], 对自然湿地 CH₄ 排放的研究报道尚少, 对芦苇湿地 CH₄ 的产生及排放研究几乎是空白。因此, 从 1997 年开始, 对我国四大河口三角洲之一的辽河三角洲芦苇湿地生态系统 CH₄ 排放进行了较深入研究, 其结果将为控制 CH₄ 排放及湿地合理开发利用提供科学依据。

1 材料和方法

基金项目: 国家自然科学基金(49631040)重点资助项目, 国家重点基础研究发展规划(G1999011805)资助项目

收稿日期: 1999-11-05 修订日期: 2000-12-10

作者简介: 黄国宏(1959~), 男, 沈阳市人, 博士, 研究员。主要从事全球变化研究。

1.1 试验地概况

辽河三角洲地处生态环境敏感地区,水土资源丰富,开发潜力大,面积达 4900km²,其中自然湿地占 53%。有世界第二大苇场,其面积为 10 万 hm²。试验地点选在该三角洲的赵圈河苇场内(40°52'N,121°35'E),全场总面积为 22125hm²,其中有苇面积为 14866hm²。湿地水源包括天然降水、双台子河水和稻田回归水。

1.2 CH₄ 的采集

装置为 80cm×80cm×150cm(或 80cm×80cm×250cm)四面和顶部封闭的有机玻璃箱构成。顶部有一电扇和一个采气孔,底部开口以罩在底座上。底座用不锈钢板制作而成,四周有水槽,插入地下 20cm,实验时往槽里浇上水(无水层时),以防止箱子和底座的接触处漏气。试验时,密闭 1h,用注射器抽取箱内气体后,再将箱子移开。每隔 10d 测一次 CH₄ 昼夜排放变化,用注射器取 6 次气样(每隔 4h 取 1 次,每次 50ml)并集中到一个气袋(大连光明化工研究所制造)中,然后带回实验室测定 CH₄ 昼夜排放的平均浓度。

1.3 CH₄ 的分析测试

采用日本岛津公司生产的 GC-14B 型气相色谱测定 CH₄ 含量。气化室温度 100℃,柱温 100℃,检测器温度 200℃。纯 N₂ 为载气,标气由国家标准物质研究中心提供。

1.4 CH₄ 含量计算方法

在单位面积上和单位时间内,由芦苇湿地释放或吸收 CH₄ 通量 F 是由多因素形成的综合宏观数据,可以表示为:

$$F = \frac{\Delta m}{A \cdot \Delta t} = \frac{\rho \cdot v \cdot \Delta c}{A \cdot \Delta t} = \rho \cdot h \frac{\Delta c}{\Delta t}$$

其中, ρ 为气体密度, h 为箱子高度, $\Delta c/\Delta t$ 为单位时间采气箱内 CH₄ 浓度的变化率。

2 结果与讨论

2.1 芦苇湿地 CH₄ 排放的季节变化

CH₄ 是有机质厌氧分解的最终产物。在淹水的嫌气土壤环境中,芦苇有机残体经厌氧水解细菌和产氢产乙酸细菌的分解,形成 CH₄ 的前体物质——H₂/CO₂、乙酸等简单无机和有机碳化合物,再由产甲烷细菌转化为 CH₄。根系分泌的有机物、根系自溶产物等也可以作为产甲烷的前体物质。此外,部分死亡根系在长期淹水条件下被分解为低碳有机物,也是产甲烷的良好中间体。从图 1 中可以看出,芦苇湿地 CH₄ 排放有明显的季节变化规律。6 月 10 日前,由于气候干燥,土壤含水量低,缺乏嫌气条件,芦苇湿地吸收 CH₄,其通量为 -29~-968μgCH₄/(m²·h)。而淹水后并随着淹水期延长以及气温不断升高,芦苇植株生长旺盛,CH₄ 排放量开始逐渐增加,出现了多个排放高峰并一直持续到 10 月底,其通量为 128~2734μgCH₄/(m²·h)。随后即使死亡的芦苇根系及其凋落物进一步增加,但土壤积水较少,温度降低,限制了甲烷菌的活动,使 CH₄ 排放显著下降。CH₄ 排放的季节变化与芦苇植株的根系密切相关。因为植株在生长过程中,其根状

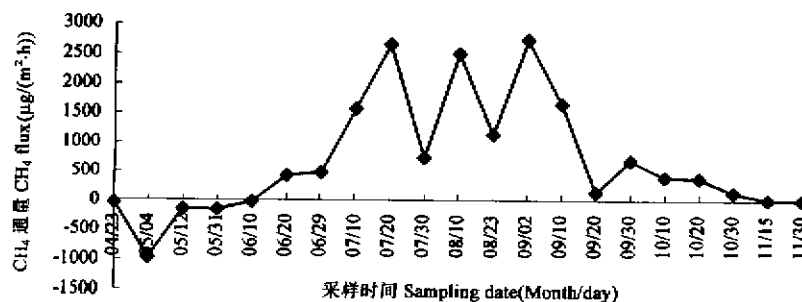


图 1 芦苇湿地 CH₄ 排放季节变化

Fig. 1 Seasonal variation of CH₄ emission from reed wetland

茎在土体内纵横穿插,不仅能增强土体的透性,而且据测定,每公顷芦苇的残留根量可达万余公斤^[4],它们在嫌气条件下经微生物作用缓慢分解后形成褐黑色腐殖层(含有机质3%~6%)^[5]。除此之外,土壤中 CH_4 的产生会受到芦苇植株光合作用的影响,主要是根系能向土壤中分泌有机酸、醌、氨基酸等有机物质。有报道指出,死根及根分泌物增强植物排放 CH_4 ^[6]。除根系的影响外,灌溉水也会对 CH_4 排放产生影响并可能增加其排放量。稻田回归水中会含有少量的氮,用于灌溉芦苇地时,不仅能促进芦苇植株的生长,增加植株总根量,增强其传输 CH_4 的能力,并使光合产物通过根系分泌至周围土壤环境中的量增加,从而提供较多的产甲烷基质。以上这些过程都能不同程度促进土壤中 CH_4 的形成及向大气中的排放,并受到温度、土壤氧化还原电位及水深等诸多因素的影响,说到底还是随季节的变化而变化。

2.2 芦苇植株对 CH_4 排放的影响

芦苇是多年生禾本科水生植物,其叶、叶鞘、茎、根状茎和不定根等各部位都具有发达的通气组织^[4]。从图2可以看出,在水面上切断芦苇植株后, CH_4 排放比对照略为减少,而在水下的土壤表面切断芦苇后, CH_4 排放量减少60%左右。也就是说,土壤中形成的 CH_4 至少有60%以上是通过芦苇植株释放进入到大气中的。在水面下切断芦苇植株后使 CH_4 排放降低的原因是来自于 CH_4 的氧化作用。当土壤中形成的 CH_4 在通过水层时,部分被甲烷氧化菌氧化掉。有报道指出,在通气的土壤表面,90%以上已产生的 CH_4 会被甲烷氧化菌氧化掉。而泥炭湿地生态系统中有11%~100%的生物源 CH_4 能被氧化^[7]。因此,芦苇植株不仅能通过根系分泌有机物质到根际土壤中促进 CH_4 产生,而且更重要的是它能为土壤中已产生的 CH_4 提供一个运输通道,使其在土壤中不被氧化而进入到大气中。正是由于芦苇植株对 CH_4 排放有明显的促进作用,所以芦苇湿地 CH_4 排放量大大高于没有芦苇的湿地。从图3可以看出,在长期淹水的湿地中, CH_4 排放几乎是没有任何生长的15倍。淹水稻田的研究结果也表明,有植物生长时,根系土壤产甲烷细菌、厌氧性纤维素菌、甲烷氧化菌及总挥发性有机酸含量都明显高于行间、株间土壤^[8]。也正是因为芦苇植株在生长过程中,其根系不断提供分泌物及死亡的残体,而这些物质又很容易被土壤中的发酵性细菌分解而形成产甲烷基质,从而大大促进了 CH_4 的形成并由此对芦苇湿地的碳循环产生重大影响。

2.3 CH_4 排放量估算

对赵圈河苇场195d观测结果进行了分析计算,得出芦苇湿地 CH_4 通量及排放总量(表1)。从表1中可以看出,通过 CH_4 排放进入到大气中的碳为271348kg。这一数字表明,芦苇湿地是温室气体 CH_4 的一个较大排放源,因此它在全球温室气体排放中的地位不能低估。此外,有必要对改进芦苇湿地灌溉体系进行试验和探索。既然 CH_4 的产生与排放是一个以生物学为主的过程,便可以通过选择适当管理措施在不影响芦苇产量的情况下,抑制或减少 CH_4 排放量。可采用少灌、多次的间歇灌溉方式,既能改善芦苇根部的通气条件,促进其发育,避免由于长期淹水造成的烂根、黑根等危害,同时又能减少 CH_4 的产生及排放,这是一项能取得经济和环境双重效益的措施,应尽早加以研究。

表1 CH_4 排放估算

Table 1 The estimation of CH_4 emission

通量范围($\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$)	平均通量($\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$)	芦苇面积(hm^2)	排放总碳量(kgC)
Range of flux	Average flux	Reed area	Total C
~968~2734	520	14866	271348



图2 切割芦苇对 CH_4 排放的影响

Fig. 2 The effect of cutting reed plant on CH_4 emission

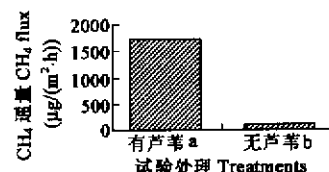


图3 芦苇植株对 CH_4 排放的影响

Fig. 3 The effect of reed plant on CH_4 emission

3 结语

- 3.1 对芦苇湿地温室气体 CH_4 进行观测后发现,其排放有明显的季节变化规律。大量的 CH_4 排放发生在夏季淹水期内,而在淹水前,土壤含水量低,表现为吸收 CH_4 。秋季排水后, CH_4 排放明显减少。测定期内, CH_4 排放的平均通量为 $520 \mu\text{gCH}_4/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。
- 3.2 芦苇植株不仅能通过其根系的作用促进 CH_4 的产生,而且还能将土壤中产生的 CH_4 传输到大气中,而难以被土壤及水层中的甲烷氧化菌氧化掉。
- 3.3 鉴于芦苇湿地也是一个 CH_4 排放源,因此应采取对策,如采用间歇灌溉等水分管理措施来减少 CH_4 的生成及向大气中的排放,同时又有利于植株的生长发育。

参考文献

[1] Hogan K B,*et al.* Methane on the greenhouse agenda. *Nature*, 1991,**354**:181~182.

[2] Ramesh R,*et al.* Anthropogenic Forcing on Methane Efflux from Polluted Wetlands(Adyar River)of Madras City. *India,AMBIO*,1997,**26**(6):369~374.

[3] 陈冠雄,黄国宏,等. 稻田 CH_4 和 N_2O 排放及养萍和施肥的影响. *应用生态学报*,1995,**6**(4):378~382.

[4] 胡启纯. 芦苇湿地与环境. 见:林业部野生动物与森林植物保护司主编. *湿地保护与合理利用*. 北京:中国林业出版社,1996. 306~310.

[5] 刘永思,等. 黄河北岸鸭绿江大洋河口地区的苇田土壤. *芦苇科技通讯*, 1984,(8):8~17.

[6] Sass R L and Fisher F M. Methane production and emission from a Texas rice field. *Global Biogeochem. Cycles*, 1990, **4**:47~68.

[7] Sundh I, Mikkela N and Svensson B H. Potential aerobic methane oxidation in a sphagnumdominated peatland—controlling factors and relation to methane emission. *Soil Biol. Biochem.* , 1995,**27**,829~837.

[8] 闵 航,陈美慈,等. 水稻田的甲烷释放及其生物学机理. *土壤学报*,1993,**30** (2):125~130.