

季节性冻融期沼泽湿地 CO_2 、 CH_4 和 N_2O 排放动态

宋长春^{1,2}, 王毅勇¹, 王跃思², 赵志春¹

(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012; 2. 中国科学院大气物理研究所, 北京 100029)

摘要: 三江平原季节性冻-融时间长达 7~8 个月, 对沼泽湿地温室气体排放有重要影响. 采用静态箱/气相色谱法研究了三江平原冻-融期沼泽湿地温室气体排放特征, 表明三江平原不同类型沼泽湿地冬季都有明显的 CH_4 和 CO_2 排放, 且冬季沼泽湿地 CH_4 排放量在全年 CH_4 排放中占有重要份额. 融冻期沼泽湿地出现明显的 CH_4 和 CO_2 排放峰值, 季节性积水沼泽化草甸 CH_4 和 CO_2 排放量大于常年积水沼泽湿地, 而冬季常年积水沼泽湿地 CH_4 排放通量大于季节性积水沼泽化草甸. 融冻期 CO_2 排放通量与土壤温度(5cm)呈指数相关关系($R^2 = 0.912$, $p < 0.001$), 沼泽湿地 CO_2 排放通量与 CH_4 通量间也呈显著正相关关系($R^2 = 0.751$, $p < 0.001$). 冬季三江平原沼泽湿地是 N_2O 的汇, 融冻期随着土壤温度升高逐渐成为 N_2O 的源, 且在 5 月份沼泽湿地表层土壤(0~20cm)融冻期间 N_2O 排放通量明显增大. 三江平原土壤冻-融期间沼泽湿地温室气体的排放特征, 反映了冬季微生物活性的存在及融冻作用对土壤碳矿化和氮硝化、反硝化作用有重要影响.

关键词: 冻融作用; 沼泽湿地; 温室气体; 三江平原

中图分类号: X511 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2005)04-0007-06

Dynamics of CO_2 , CH_4 and N_2O Emission Fluxes from Mires During Freezing and Thawing Season

SONG Chang-chun^{1,2}, WANG Yi-yong¹, WANG Yue-si², ZHAO Zhi-chun¹

(1. Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, CAS, Changchun 130012, China; 2. Institute of Atmospheric Physics, CAS, Beijing 100029, China)

Abstract: In the Sanjiang Plain, the freezing and thawing phase have 7~8 months and play important role in the greenhouse gases emission. The characters of the greenhouse gases emission during freezing and thawing season in the Sanjiang Plain were studied, using the static chamber and gas chromatogram method. The results observed show that there were obvious CH_4 and CO_2 emissions in winter and the CH_4 emission made a relatively large contribution to the total CH_4 flux from the different type mires during the winter in the Sanjiang Plain. And there were significantly CH_4 and CO_2 emission peak values during thawing time. The CH_4 and CO_2 emissions fluxes from seasonal flooded mire were larger than that from continuously flooded mire during thawing time. On the contrary, the CH_4 and CO_2 emissions from continuously flooded mire were larger than that from seasonal flooded mire in winter. During thawing, there was exponential relationship between CO_2 fluxes and the soil temperature(5cm) ($R^2 = 0.912$, $p < 0.001$). Meanwhile, CO_2 fluxes was obviously correlated with the CH_4 emission fluxes ($R^2 = 0.751$, $p < 0.001$). The mires are N_2O sink in winter and gradually become N_2O source, with increasing temperature during thawing time. The characters of the greenhouse gases emission, during freezing and thawing in the Sanjiang Plain respond to the microbial activity in winter and the effects of thawing on soil carbon mineralization, nitrification and denitrification.

Key words: freezing and thawing; mire; greenhouse gas; Sanjiang Plain

季节性冻融是北方地区重要的气候特征, 北方湿地冻融期温室气体排放可能对大气化学季节性变化起着重要作用. 冻融作用影响土壤营养物质的迁移和转化, 对季节性冻土区碳平衡产生较大的影响, 冻融期 CO_2 排放量占全年土壤呼吸总量的 3%~50%^[1,2], 季节性冻土区, 冻融波动是营养物质活化的主要驱动因子, 其导致微生物吸呼强度^[3]和土壤中植物可利用营养物质浓度的增加^[4], N_2O 排放通量的增大^[5]. 冻融作用对冻原生态系统的营养物质的生物地球化学模式具有着重要影响^[6]. Dise^[7]通过对 Minnerota 不同类型湿地冬季 CH_4 排放研究, 发

现该区不同类型湿地冬季 CH_4 排放约占全年总排放量的 4%~21%. 金会军等^[8]研究了青藏高原沼泽湿地 CH_4 排放特征, 发现 5 月~6 月春季融冻期 CH_4 排放量较大. 目前, 全球范围内记录 CH_4 排放的最长观测记录为 Melloh 和 Crill^[9]在英国新汉普郡湿地连续进行长达 5 个生长季的观测, 发现冬季 CH_4 排放量占全年总排放量的 2%~9.2%, 但总体

收稿日期: 2004-10-12; 修订日期: 2004-12-14

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40471124); 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-SW-01, KZCX3-SW-332)

作者简介: 宋长春(1968~), 男, 博士, 研究员, 主要从事湿地生物地球化学研究, E-mail: Songcc@neigae.ac.cn

上讲,目前相关的研究多以室内控制试验为主,缺乏田间实际观测资料,国内关于冻融期湿地 CO₂、CH₄、N₂O 排放同时进行定位观测与研究尚未见报道.三江平原是中国最大的淡水沼泽湿地集中分布区,地处季节性冻土区,本文通过对该区典型沼泽湿地冻融期 2a 多的野外定位观测,试图探讨冻融期 CO₂、CH₄ 及 N₂O 的排放规律,认识季节性冻融作用对沼泽湿地温室气体产生和排放的影响.

1 材料与方法

1.1 试验区的选取

研究工作选取三江平原代表性湿地类型:常

年积水型毛果苔草(*Carex Lasiocarpa*)沼泽和季节性积水型小叶章(*Deuxia platyphylla*)沼泽化草甸进行对比研究,试验主要布置在区内中国科学院三江平原沼泽湿地生态试验站沼泽湿地综合试验场内(47°35′ N, 133°31′ E).观测场分布有多种类型的草本沼泽和沼泽化草甸,主要土壤类型为草甸沼泽土和泥炭沼泽土,沼泽湿地土壤有机质含量较高(表 1).

在沼泽湿地试验场分别布置 5、10、20、30、50、70、100、120 和 150cm 土壤温度传感器,传感器灵敏度为 ±0.1℃,利用 DT500 进行连续数据采集,采集时间步长为 1 次/h(整点采集),数据存贮按常规气象要素计录格式.

表 1 试验区沼泽湿地土壤理化性质
Table 1 Characters of the mire soil in field experimental plot

湿地类型	土壤类型	深度/cm	有机碳/%	全氮/%	容重/g·cm ⁻³
毛果苔	泥炭沼	0~5	32.18±1.91	1.47±0.23	0.35±0.08
草沼泽	泽 土	5~15	26.64±3.84	1.25±0.17	0.54±0.13
小叶章沼	草甸沼	0~5	14.81±5.10	0.95±0.25	0.56±0.21
泽化草甸	泽 土	5~15	7.63±0.72	0.82±0.25	0.79±0.17

1.2 气体样品的采集与分析

CO₂、CH₄ 和 N₂O 气体的采集利用静态箱法,采样箱(50cm×50cm×50cm)用不锈钢材料制成,箱底基座也采用不锈钢柜架.采集气体样品时,将采样箱放入基座凹槽中,并在凹槽中注水,保证密封性,采箱外用棉被包裹以确保采样时箱内温度变化不大,样箱内安装有搅气小风扇、温度传感器及采气三通阀,样品采集用 60 mL 注射器,在 30 min 时间段内每 10 min 采集 1 次气体样品(共采集 4 个气体样品).样品采集后 12h 内,用 HP4890 气相色谱仪实验室同时分析 CO₂、CH₄、N₂O 气体浓度,CO₂ 和 CH₄ 采用单阀单柱进样、分离系统,共用同一个离子火焰化检测器(FID),CH₄ 分离采用长度 2 m、内径 2 mm 的 60~80 目 13 XMS 色谱柱,柱箱温度 55℃,载气为高纯氮气,流量为 30 mL/min;CO₂ 分离条用长度 2 m、内径 2 mm 的 60~80 目 Porapak Q 色谱柱,检测器工作温度 200℃,载气为高纯氮气,流量为 30 mL/min. N₂O 采用单阀单柱进样,用电子捕获检测器(ECD)进行检测,利用以下公式计算气体通量:

$$J = \frac{dc}{dt} \cdot \frac{M}{V_0} \cdot \frac{p}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T} \cdot H$$

式中: J 为气体通量[mg·(m²·h)⁻¹]; c 为气体浓度(μg/ m³); dc/ dt 为采样时气体浓度随时间变化

的直线斜率; M 为被测气体摩尔质量; p 为采样点气压; T 为采样时绝对温度; V₀、p₀、T₀ 分别为标准状态下的气体摩尔、体积、空气绝对温度和气压; H 为水面以上采样箱高.

观测时间为 2002-11 ~ 2003-07,和 2003-11 ~ 2004-07,冬季(11 月~次年 3 月)每 2 周观测 1 次,融冻期(4 月~7 月初)每 2d 观测 1 次 CO₂、CH₄、N₂O 通量变化,当气体通量变化较大时每 1 天观测 1 次,每种类型沼泽湿地通量观测点设置 3 个重复,测量所得的通量数据,只有当回归系数 R² > 0.95 时,才视为有效数据.样品采集过程中,为防止扰动,在观测点附近架设栈桥,气体样品采集的同时,同步观测大气温度、土壤温度等环境要素.

2 结果与讨论

2.1 沼泽湿地季节性冻融作用特征

三江平原地处中国东北地区永久冻土带的南侧,年均气温 1.9℃左右,为季节性冻融区,每年土壤冻融时间(11 月~次年 7 月初)达 7~8 个月.但不同类型土壤冻融时间存在一定的差异^[10],常年积水沼泽湿地土壤冻融时间(11 月初~次年 7 月初)长于垦殖后农田土壤(10 月下旬至次年 5 月中旬左右),但垦殖后农田土壤冻深(1.5~1.8 m)大于沼泽湿地土壤(1.0~1.2 m),这与不同类型生态系统水

文条件、植物草根层厚度和凋落物覆盖情况有关,即主要受土壤热通量的影响.图 1 反映了三江平原沼泽湿地土壤冻、融特征,区内土壤最大冻深发生在每年的 1~2 月份,3 月下旬地表积雪和冰层开始融化,但一般表现为 13:00~14:30 融冻,波动性较大,4 月份随气温的进一步升高,表层冻结土壤融化,7 月份全部融通,每年冻融时间及冻融曲线虽然有一些差异,但表现出近似的变化规律.季节性冻融是中

国北方地区重要的气候特征,对不同类型生态系统的演化过程都有一定的影响,是土壤形成与发育、生态系统生物地球化学过程等的主要影响因素. Stadler^[11]研究发现,在冻结土壤中,当温度在 -5℃ 时,仍有 8%~20% 的液相水存在,这些土壤水中含有较高的活性营养物质,对生态系统生物化学过程有重要影响,冻融作用可能是北方沼泽泥炭地形成及物质累积与转化过程的主要驱动因子.

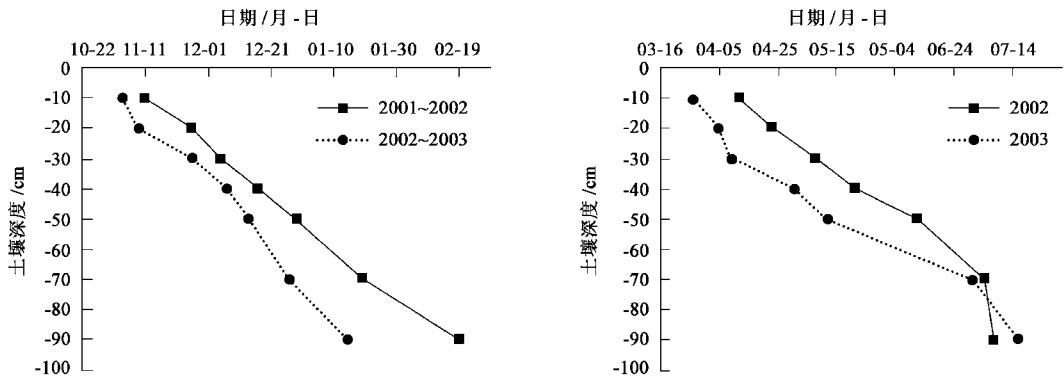


图 1 沼泽湿地土壤季节性冻融曲线
Fig.1 The seasonal freezing and thawing curve of the mire soil

2.2 季节性冻融期沼泽湿地 CH₄ 产生与排放特征
常年积水沼泽湿地和季节性积水沼泽化草甸在土壤冻结期都有明显的 CH₄ 排放(图 2),说明冬季沼泽湿地甲烷产生菌的作用仍然存在,但不同类型沼泽湿地 CH₄ 排放通量有一定的差异,常年积水沼泽湿地冬季 CH₄ 排放通量大于季节性积水沼泽化草甸,这与土壤水分条件和温度差异有关.融冻期(4 月~7 月初)2 种主要类型沼泽湿地 CH₄ 排放量明显增大,土壤冻层融通后,沼泽湿地 CH₄ 排放量又呈现减少的趋势.冻融期 2 种类型沼泽湿地 CH₄ 排放特征相近,表现为随气温升高 CH₄ 排放通量增大,但排放通量不同,常年积水沼泽湿地土壤冻结期 CH₄ 排放通量大于季节性积水沼泽化草甸,融冻期则相反,另外季节性积水沼泽化草甸融冻期 CH₄ 通量波动较大.总之,无论是冰雪覆盖期还是融冻期,沼泽湿地都表现为 CH₄ 的排放,虽然排放通量小于生长季,但通过对三江平原 2 种主要类型沼泽湿地全年 CH₄ 排放量初步估算,冬季(11 月~次年 3 月)沼泽湿地 CH₄ 总排放量约占全年排放量的 15.9%~23.8%.

冬季三江平原沼泽湿地 CH₄ 具有明显的排放,且在全年 CH₄ 排放中占有重要的份额,根据 3a 来的定位监测结果,三江平原冬季表层土壤温度最低

为 -13℃ 左右,根层土壤(10~30cm)最低温度为 -4℃~-7℃.Panikov 和 Dedys^[12]研究了冻结和融化条件下土壤 CO₂、CH₄ 的产生和排放,发现在 -16℃ 时,微生物仍有活性,土壤微生物的降解作用仍然存在,三江平原冬季 CH₄ 排放特征及土壤温度条件都说明微生物作用存在的必然性.融冻期沼泽湿地 CH₄ 排放通量明显增大,其与土壤微生物活性和土壤溶液中活性 C、N 含量增加有关.冬季死亡的微生物释放的 C、N 可为融冻期存活的微生物提供重要的基质^[5],冻融作用能够促进有机碎屑物的分解和 C、N 的矿化^[13,14],融冻期表层土壤(5~10cm)微生物的活性明显增加^[12],这些条件都有利于 CH₄ 的产生.

每年 4 月末,三江平原沼泽湿地表层土壤开始解冻,冬季产生的可能被“封存”在冻结土壤层中的 CH₄ 气体也被释放出来,同时随着萌芽期的到来,多年生植物的根也开始复苏,期间出现 CH₄ 高排放通量.对于三江平原季节性积水沼泽化草甸,春季地表积水较浅(一般 <5cm),表层土壤温度及土壤水分条件受气温波动和风的影响非常大,CH₄ 排放也出现明显的波动,常年积水沼泽地表积水深度 >15cm,且具有较厚的草根层(5~10cm),对气温波动的反应不敏感,CH₄ 排放通量波动性较小,但由于土

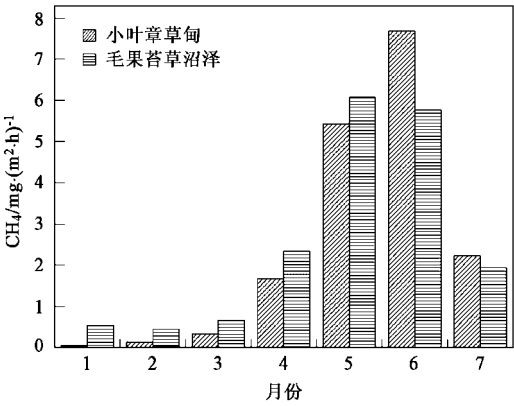


图 2 沼泽湿地冻-融期 CH_4 排放通量月均值变化
Fig. 2 Variations of monthly mean CH_4 emission fluxes from mire during freezing and thawing

壤温度受积水条件的影响而低于季节性积水沼泽化草甸,融冻期 CH_4 排放通量相对较小(图 3).另外,冬季常年积水沼泽的冰层和较厚的草根层(5 ~ 10cm)可隔离极低气温的大气与土壤的接触,土壤温度高于季节性积水沼泽,同时常年积水沼泽土壤水分条件比季节性积水沼泽化草甸好,利于 CH_4 的产生,因此 CH_4 排放通量相对较高.融冻期季节性积水沼泽化草甸因受气温升高的影响,土壤温度上升较快,这对 CH_4 排放有较明显的影响.

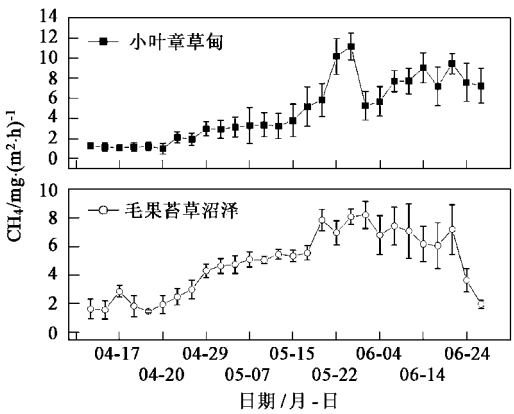


图 3 沼泽湿地融冻期(4月~7月初) CH_4 排放特征
Fig. 3 Dynamics of the CH_4 emission fluxes from mire during thawing

2.3 冻融过程与沼泽湿地 CO_2 排放的关系

冻融作用是促使微生物释放出植物可利用营养物质的重要因素之一^[15-17],影响土壤营养物质的迁移和转化,而湿地植物生长受制于营养物质的可利用性.冬季三江平原沼泽湿地仍有一定的 CO_2

排放(图 4),说明仍有微生物呼吸作用的存在,Elberling 和 Brandt^[18]的研究结果也证明土壤冻结条件下土壤呼吸作用的发生.

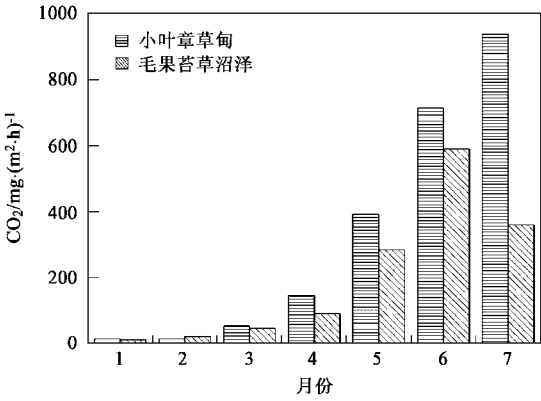


图 4 冻融期沼泽湿地 CO_2 排放通量月均值变化
Fig. 4 Variations of monthly mean CO_2 emission fluxes from mire during freezing and thawing

冬季产生的 CO_2 部分可能因冻结作用而固定于冻层中^[12],融冻期这部分 CO_2 被释放出来^[2],同时融冻作用导致微生物活性和土壤溶液中有效营养物质的含量增加^[3,5],对萌芽期湿地多年生植物根的生长非常有利,促进了融冻期 CO_2 的排放, CO_2 排放通量明显增大(图 4).冬季三江平原 2 种主要类型沼泽湿地 CO_2 通量值相差不明显,但融冻期季节性积水沼泽 CO_2 排放通量明显大于常年积水沼泽,这与 2 种类型沼泽湿地水文条件的差异和植物萌芽状况有关.

已有研究认为,冬季土壤 CO_2 排放通量与温度弱相关或没有相关关系^[19],但融冻期沼泽湿地土壤温度与 CO_2 排放通量呈显著指数相关关系(图 5),沼泽湿地 CO_2 排放通量与 CH_4 排放通量间也表现相关关系(图 6),但不同类型沼泽湿地这种相关关系稍有差异,其主要的受湿地水文条件的影响.

2.4 冻融作用对沼泽湿地 N_2O 排放的影响

土壤中 N_2O 的产生和排放主要来源于 N 的硝化和反硝化过程,土壤温度升高和 N 利用率增加都会促进 N_2O 的产生和排放^[20].冬季三江平原沼泽湿地是 N_2O 的汇,且季节性积水小叶章草甸对 N_2O 的固定能力大于常年积水沼泽,而融冻期随着土壤温度的升高而逐渐成为 N_2O 的源(图 7),在 5 月初表层冻结土壤融化期间 N_2O 排放通量明显增高,2 种类型沼泽湿地 N_2O 排放通量相近,近年来的研

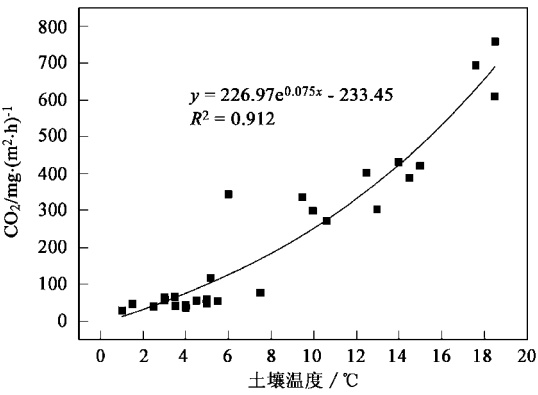


图5 融冻期 CO₂ 排放通量与土壤(5cm)温度的关系
Fig.5 The relationship between CO₂ fluxes and mire soil temperature(5cm) during thawing

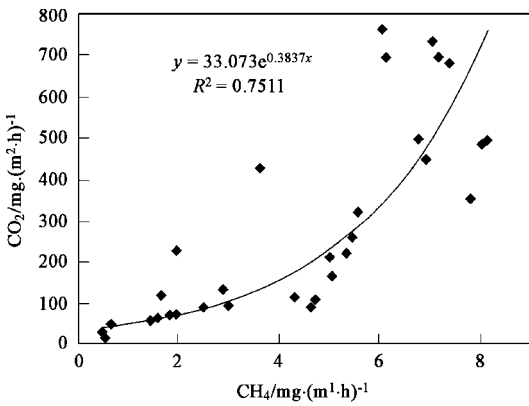


图6 融冻期沼泽湿地 CO₂ 排放与 CH₄ 通量的关系
Fig.6 The relationship between CO₂ and CH₄ emission fluxes during thawing

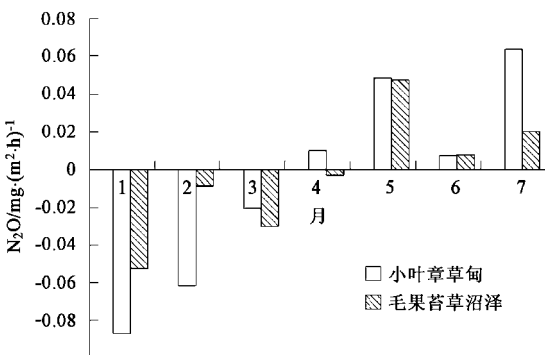


图7 冻融期沼泽湿地 N₂O 排放通量特征
Fig.7 Characters of monthly mean CO₂ emission fluxes from mire during freezing and thawing

究表明土壤融冻过程为 N₂O 产生与排放的主要源^[21, 22],融冻期 N₂O 的排放主要是由于融冻期间

土壤孔隙结构变化减少了氧的供应,此时土壤水分含量较高,利于反硝化过程,同时融冻期土壤水中较高的活性 C、N 含量也有利于 N₂O 的产生,室内和田间试验都表明微生物过程是控制融冻期 N₂O 产生与排放的生物地球化学过程.

3 结论

(1) 三江平原 2 种主要类型沼泽湿地冬季都为 CO₂ 和 CH₄ 排放源,融冻期出现明显的 CO₂、CH₄ 高排放值,季节性积水沼泽化草甸融冻期 CH₄ 排放通量大于常年积水沼泽,而土壤冻结期则相反,冬季 2 种类型沼泽湿地 CO₂ 排放通量差值不大.

(2) 三江平原沼泽湿地冬季 CH₄ 排放量,约占全年排放量的 15.9%~23.8%,在全年 CH₄ 排放中占有重要份额.

(3) 冬季三江平原沼泽湿地是 N₂O 的汇,而融冻期随着土壤温度的升高而逐渐成为 N₂O 的源,融冻期沼泽湿地 N₂O 排放通量明显增大.

(4) 三江平原冬季沼泽湿地根层土壤(10~30cm)最低温度为-4℃~-7℃,微生物仍能存活,冬季 CH₄ 和 CO₂ 的排放,证明了沼泽湿地土壤中微生物作用的存在.融冻期沼泽湿地土壤温度与 CO₂ 排放通量呈显著指数相关关系,土壤吸呼与 CH₄ 产生与排放间也存在一定的关系,季节性冻融作用对三江平原沼泽湿地温室气体的产生与排放有着重要的作用.

参考文献:

[1] Lafleur P M, Roulet N T, Admiral S W. Annual cycle of CO₂ exchange at a bog peatland[J]. Journal of Geophysical Research, 2001, **106**(3): 3071~3081.

[2] Wickland K P, Striegl R G, Mast M A, et al. Carbon gas exchange at a southern Rocky Mountain wetland, 1996~1998[J]. Global Biogeochemical Cycles, 2001, **15**: 321~335.

[3] Brooks P D, Williams M W, Schmidt S K. Inorganic nitrogen and microbial biomass dynamics before and during spring snow melt[J]. Biogeochemistry, 1998, **43**:1~15.

[4] Muller C, Martin M, Stevens R J, et al. Processes leading to N₂O emissions in grassland soil during freezing and thawing[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2002, **34**:1325~1331.

[5] Schimel J P, Clein J S. Microbial response to freeze-thaw cycles in tundra and taiga soils[J]. Soil Biology and Biochemistry, 1996, **28**: 1061~1066.

[6] Grogan P, Jonasson S. Controls on annual nitrogen cycling in the understorey of a sub-arctic birch forest[J]. Ecology, 2003, **84**:202~218.

[7] Dise N B. Methane emission from Minnesota peatlands: Spatial and seasonal variability[J]. Global Biogeochemical Cycles,

- 1993, **7**(1):123~142.
- [8] 金会军,吴军,程国栋,等. 青藏高原湿地 CH₄ 排放评估[J]. 科学通报,1999, **44**(16):1758~1762.
- [9] Melloh R A, Crill P M. Winter methane dynamics in a temperate peatland[J]. Global Biogeochemical Cycles, 1996, **10**(2):247~254.
- [10] 宋长春,王毅勇,阎百兴,等. 沼泽湿地垦殖前后土壤水热条件变化与碳氮动态[J]. 环境科学, 2004, **25**(3):168~172.
- [11] Stadler D. Water and solute dynamics in frozen forest soils — Measurements and modeling[J]. Diss. ETH Zurich,1996, **115**:74~79.
- [12] Panikov N S, Dedysh S N. Cold season CH₄ and CO₂ emission from boreal peat bogs (West Siberia): Winter fluxes and thaw activation dynamics[J]. Global Biogeochemical Cycles, 2000, **14**:1071~1080.
- [13] Prieme A, Christensen S. Natural perturbations, drying-wetting and freezing-thawing cycles, and the emission of nitrous oxide, carbon dioxide and methane from farmed organic soils[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2001, **33**:2083~2091.
- [14] Groffman P M, Driscoll C T, Fahey T J, *et al.* Effects of mild winter freezing on soil nitrogen and carbon dynamics in a northern hardwood forest[J]. Biogeochemistry, 2001, **56**:191~213.
- [15] Lipson D A, Schmidt, S K, Monson R K. Links between microbial population dynamics and nitrogen availability in an alpine ecosystem[J]. Ecology, 1999, **80**:1623~1631.
- [16] Grogan P, Jonasson S. Controls on annual nitrogen cycling in the understorey of a sub-arctic birch forest[J]. Ecology, 2003, **84**:202~218.
- [17] Grogan P, Michelsen A, Ambus P, *et al.* Freeze-thaw regime effects on carbon and nitrogen dynamics in sub-arctic heath tundra mesocosms[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2004, **36**:641~654.
- [18] Elberling B, Brandt K K. Uncoupling of microbial CO₂ production and CO₂ release in frozen soil and its implications for field studies of arctic C cycling[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2003, **35**:263~272.
- [19] Jones H G, Pomeroy J W, Davies T D, *et al.* CO₂ in Arctic snow cover: landscape form, in-pack gas concentration gradients, and the implications for the estimation of gaseous fluxes[J]. Hydrological Processes, 1999, **13**:2977~2989.
- [20] Sommerfeld R A, Mosier A R, Messelman R C. CO₂, CH₄ and N₂O flux through a Wyoming snowpack and implications for global budgets[J]. Nature, 1993, **361**:140~142.
- [21] Kammann C, Grunhage L, Muller C, *et al.* Seasonal variability and mitigation options for N₂O emissions from different managed grasslands[J]. Environmental Pollution, 1998, **102**:179~186.
- [22] Brumme R, Borken W, Finke S. Hierarchical control on nitrous oxide emissions in forest ecosystems[J]. Global Biogeochemical Cycles, 1999, **13**:1137~1148.