

下辽河平原潮棕壤撂荒地和人工林 N₂O、CH₄ 排放研究^①

王重阳¹, 郑靖¹, 顾江新², 史奕¹, 陈欣¹

(1 中国科学院沈阳应用生态研究所陆地生态过程重点实验室, 沈阳 110016; 2 中国科学院大气物理研究所, 北京 100029)

摘要: 采用静态箱 (暗箱) 气相色谱法对下辽河平原潮棕壤撂荒地和人工林 N₂O、CH₄ 排放进行了为期 1 年的原位测量, 同时测量了土壤温湿度、气温, 土壤 NO₃⁻-N、NH₄⁺-N 含量等相关因子。结果表明, 在观测期间内人工林地土壤的 N₂O 排放通量明显高于撂荒地。撂荒地是大气 CH₄ 的源, 而人工林则是 CH₄ 的汇。对人工林的观测结果表明, N₂O 排放与 CH₄ 排放之间存在负相关关系 ($R^2 = -0.351$, $p < 0.05$, $n = 36$); 而撂荒地两种气体排放之间无明显相关关系。N₂O 排放通量和温度变化有很好的相关性。当土壤含水量在 200 g/kg 以上时, 土壤含水量与 CH₄ 气体排放具有较好的正相关关系。

关键词: 撂荒地; 人工林; N₂O; CH₄; 影响因子

中图分类号: X16

近几年我国大力开展对坡耕地的水土保持, 大量的荒地退耕还林 (草), 从而形成了不同年限的荒地。荒地和人工林面积在逐渐扩大, 成为我国广阔疆域中不可忽视的一部分。气候变暖一直是当今全球性的环境问题。目前国内外研究 N₂O 和 CH₄ 的文献较多, 也取得了大量的成果, 但都比较集中在农田、森林、草原、湿地等, 缺乏荒地和人工林 N₂O 和 CH₄ 监测的试验数据。

本文以下辽河平原潮棕壤撂荒地和人工林为研究对象, 在观测其 N₂O、CH₄ 排放通量的同时, 观测了土壤温度、大气温度、土壤湿度、土壤 NO₃⁻-N、NH₄⁺-N 的季节变化以及它们对温室气体排放变化的影响。目的是通过分析比较东北地区荒地和人工林 N₂O、CH₄ 排放通量, 对两种气体通量排放有更详细的了解, 为温室气体排放总量估算提供有力的依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况及试验设计

试验于 2003 年 10 月至 2004 年 10 月在中国科学院沈阳生态实验站 (41°31'N, 123°22'E) 进行。该站位于下辽河平原中部偏东, 属暖温带半湿润大陆性季风气候, 四季分明, 雨热同季, 年平均气温 7.0~8.0℃, ≥10℃活动积温 3300~3400℃, 年总辐射量为 5392.2~5643.0 kJ/cm², 无霜期 147~164 天, 年降水量在 650~700 mm 之间。土壤类型为潮棕壤, 其基本性质如下: 有机质含量 16.47 g/kg, 全 N 含量 0.86 g/kg, 全 P 0.67

g/kg, 速效 P 11.2 mg/kg, 速效 K 90.1 mg/kg, pH 6.7, NH₄⁺-N 7.0 mg/kg, NO₃⁻-N 6.1 mg/kg。

试验选择生态站研究区域内的撂荒地和人工林为研究对象。其中, 撂荒地始于 1995 年, 至今已 10 年, 前茬是水稻田。人工林于 1990 年种植树苗为 5 龄杨树苗, 至今已 15 年, 前茬也为水稻田。从 2003 年 10 月初至 2004 年 10 月初进行了 1 年的野外原位观测, 观测内容包括样地 N₂O、CH₄ 的季节排放, 土壤温度、大气温度、土壤湿度、土壤 NO₃⁻-N 及 NH₄⁺-N 的季节变化等。每个样地 3 个重复。其中, N₂O 和 CH₄ 的季节排放、土壤温度、大气温度、土壤湿度在 12 月、1 月和 2 月每月进行 1 次观测, 其他月份每周观测 1 次。土壤 NO₃⁻-N 及 NH₄⁺-N 的季节变化从 2004 年 5 月至 10 月每月采集土壤两次进行测定。撂荒地和人工林样地内人为影响因素控制在最小范围内 (即无牧、无割草行为, 不施肥和灌溉, 植物生长主要依靠天然环境因素的调控)。

1.2 采样及测定方法

温室气体采样系统由采样箱及多种附件组成, 主要包括采样箱体、基座、温度测定系统、气体收集和存储系统^[1]。采气装置为 50 cm × 50 cm × 50 cm 四面和顶部封闭的不锈钢箱, 外部用隔热材料包裹 (目的是为了隔绝光线, 保持箱内温度, 防止其过快上升)。顶部有两个小电扇、一个采气孔和一个温度感应器。底部开口罩在底座上, 底座用不锈钢制成, 插入地下 30 cm, 底座四周有水槽, 取样时水槽注水密封。采样

①基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (40331014) 和中国科学院创新专题 (KZ-CX-SW-01-01B-13) 资助。

作者简介: 王重阳 (1979—), 男, 辽宁沈阳人, 硕士研究生, 主要从事农田生态系统温室气体排放研究。

当天上午 9:00 时将箱子放在底座上,密封后 0、6、12、18 min 用注射器将箱子内的气体取出并带回实验室分析。试验过程中同时记录气温、土壤温度。

温室气体测定采用 Aglient 4890D 气相色谱仪 (GC)^[1]。柱温 55 °C, 转化器温度 375 °C。CH₄ 用 FID (电子捕获检测器) 检测, 温度为 200 °C; N₂O 用 ECD (氢焰离子化检测器) 检测, 温度为 330 °C。载气为高纯 N₂, 标气 (CH₄、CO₂ 和 N₂O 混合气体) 由国家标准物质研究中心提供。

土壤含水量在每天采集气体样品之前使用便携式测墒仪测定。在 2004 年 5 月至 10 月间, 每月 2 次, 每次 3 组采集撂荒地和人工林 0~10 cm 和 10~20 cm 土壤样品进行 NO₃⁻-N、NH₄⁺-N 含量的测定, 测定采用连续流动分析仪 (BRAN+LUEBBE Auto Analyzer III)。

1.3 气体通量的计算

在单位面积和单位时间内气体质量的变化(即气体通量 F), 用公式表示为:

$$F = \frac{M}{V_0} \frac{P}{P_0} \frac{T_0}{T} \frac{dC_t}{dt} h \quad (1)$$

式中, F 为土壤呼吸速率 ($\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$); M 为气体的摩尔质量 (g/mol); V_0 为标准状态下气体的摩尔体积 ($22.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$); T_0 和 P_0 分别为标准状态下空气的绝对温度 (K) 和气压 (hPa); P 为采样点的气压 (hPa); T 为采样时的绝对温度 (K); dC_t/dt 为观测时间内箱内气体浓度随时间变化的直线斜率, 正值表示排放, 负值表示吸收; C_t 为 t 时刻箱内被测气体的体积混和比浓度 (mg/L); t 为时间 (h); h 为采样箱高度 (m)。

1.4 数据处理

应用 Excel 和 SPSS 进行数据统计分析及作图。

2 结果与讨论

2.1 撂荒地和人工林 CH₄ 和 N₂O 排放的季节变化及比较

在观测期间内撂荒地和人工林的土壤-植物系统向大气排放 N₂O, 成为大气 N₂O 的源, 在观测期间撂荒地和人工林的 N₂O 排放通量变化范围分别是 $-0.046 \sim 0.400 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 和 $-0.096 \sim 0.718 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ (图 1); 全年 N₂O 排放量分别是 $0.064 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 和 $0.086 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。人工林地土壤的 N₂O 排放通量明显高于撂荒地, 一是由于人工林的凋落物在分解过程中, 其所含的营养物质逐渐释放到土壤中, 对土壤有机质含量的提高有明显的作用^[2]。土壤有机质的矿化产物不仅为反硝化过

程提供了反应底物, 有机质本身还为参与这一过程的微生物提供能源^[3], 从而加速了土壤微生物的反硝化作用。二是凋落物在微生物分解过程中, N 素仍保持在凋落物残体中, 使得凋落物中的 N 素积累较多。N 素是微生物的重要营养元素, N 素的增加刺激了微生物增殖^[2], 促进其硝化和反硝化过程, 使得凋落物本身的 N₂O 排放通量增大。由以上分析结果可以认为凋落物是人工林地土壤 N₂O 排放的重要影响因素之一。

由图 1 可知, N₂O 排放具有较明显的季节变化, 具体表现为: 两种土壤-植物系统的 N₂O 排放最大值均出现在秋冬季节, 土壤冻融期间 (11 月至次年 3 月) N₂O 排放量很大。但撂荒地和人工林在全年的变化趋势并不一致: 撂荒地在 1 月和 3 月的 N₂O 排放量最大, 其次是 10 月、5 月和 7 月, 其余月份排放不大, 波动也不大。而人工林 N₂O 月排放量的最大值出现在 10 月和 12 月, 其次是 3 月、4 月和 7 月, 其余季节排放无较大波动。一般认为, 不同的土地利用方式和管理方式会导致土壤体积质量 (容重)、pH 和有机 C、总 N 浓度的不同, 从而导致 N₂O 排放的不同^[4]。以往也认为, 由于不同的土壤类型、植被和地下生物量情况, 也会导致 N₂O 排放量各不相同^[5]。

有研究表明, 土壤冰冻和春季融化时期 N₂O 的排放量占全年总排放量的 70%^[4]。Goodroad 等^[6]也曾指出, 在早春温度很低的土壤冻融期间, N₂O 通量可以达到整个观测季节的最高数值。这一结果与本文的结果都表明土壤融化时期是 N₂O 排放的重要时期。有人认为, 冬闲水田是重要的尚未确定的 N₂O 释放源^[7], 但从本文的结果看来, 撂荒地和人工林在冻融期间排放的 N₂O 也不容忽视。土壤融化期间 N₂O 的排放有两个来源: ①土壤中已产生的 N₂O 在冰冻期间被封闭在土壤中, 当冰雪融化后再被释放出来; ②来自于冻融期间土壤微生物的硝化和反硝化作用^[8-9]。

两种土壤-植物系统 CH₄ 排放通量的变化趋势也不一致 (图 1)。在观测期间撂荒地和人工林的 CH₄ 排放通量变化范围分别是 $-0.351 \sim 0.448 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 和 $-0.490 \sim 0.411 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$; 全年 CH₄ 排放总量分别是 $3.126 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 和 $-1.760 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 即在全年范围内, 撂荒地表现为大气 CH₄ 的源, 而人工林则表现为 CH₄ 的汇。撂荒地在 10 月、12 月、3 月、4 月以及 7 月向大气排放 CH₄, 其余月份是大气 CH₄ 的汇。而人工林在 10 月至次年 4 月以及 8 月一直是大气 CH₄ 的汇, 其余月份则向大气排放 CH₄。Castro 等^[10]对红松林和阔叶混交林的 CH₄ 吸收作用进行了 6 年研究, 发现在这 6

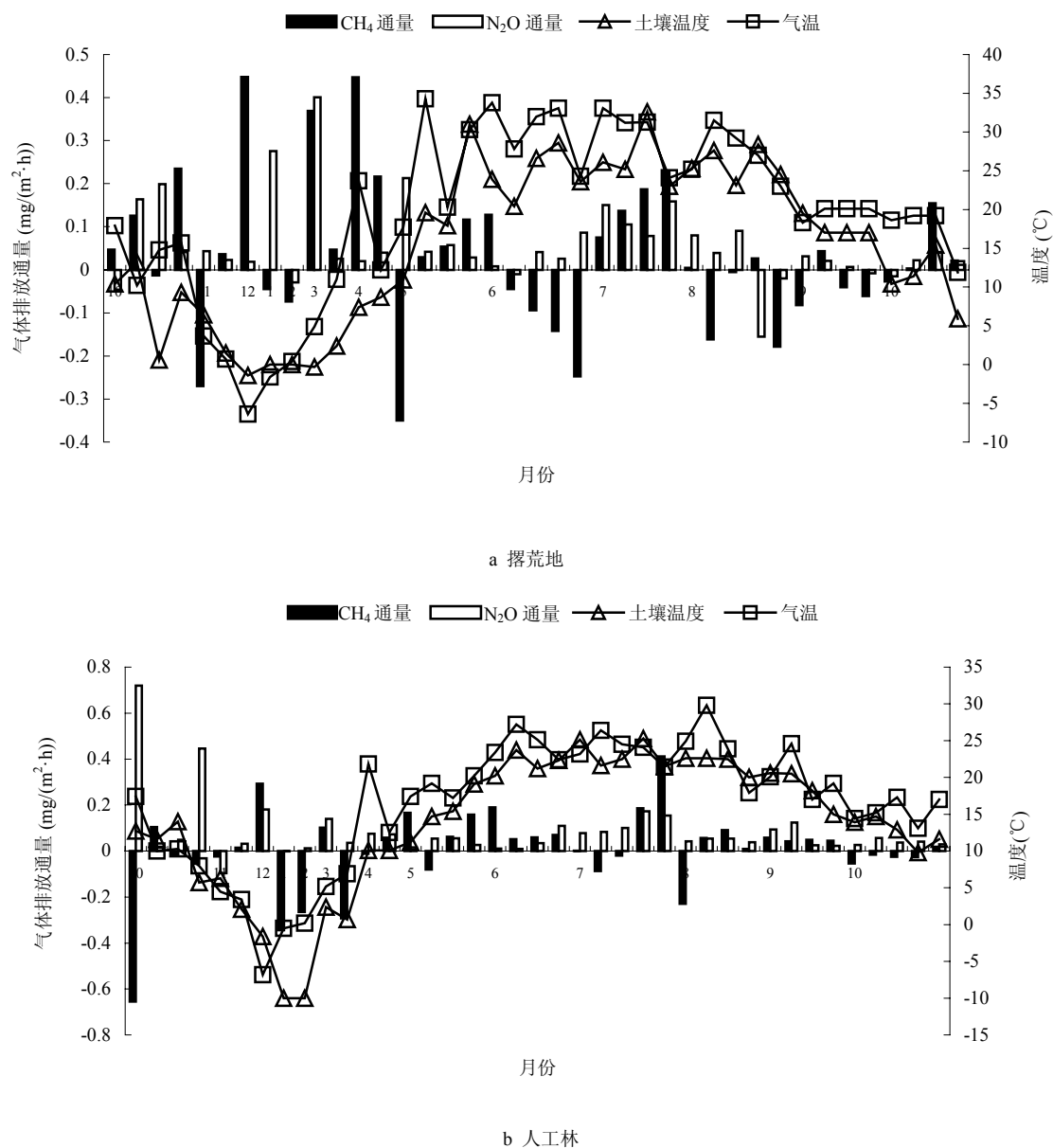


图1 撂荒地和人工林温室气体的季节变化

Fig. 1 Seasonal variations of greenhouse gases in abandoned land and artificial poplar forest

个不同年份中, CH₄通量的季节变化模式都很相似, 即CH₄消耗速率在早春和晚秋时最低, 而春末和初夏时上升, 到夏末和初秋时达到最高。本文的结论和此相似。

另外, 相关分析表明人工林CH₄排放与N₂O排放之间存在负相关关系 ($R^2 = -0.351$, $p < 0.05$, $n = 36$), 而撂荒地两者之间无明显相关关系。

2.2 土壤温度和气温的季节变化

如图1所示, 在全年范围内, 土壤温度和气温的变化趋势同步。撂荒地和人工林土壤温度和大气温度在 $-6.4 \sim 34.3^\circ\text{C}$ 以及 $-11.5 \sim 30.1^\circ\text{C}$ 之间波动。

有研究表明, 温度是土壤N₂O排放的主要控制因素^[11]。本试验并未发现温度与土壤N₂O排放之间有显著相关关系, 这可能是因为野外影响因素太多, 而这些环境因子之间具有复杂的交互关系, 导致温度并未表现出对N₂O排放的决定性影响。虽然没有观测到温度与N₂O排放通量间的显著相关, 但温度对N₂O排放通量的影响是存在的, 而且比较重要。图1中, N₂O排放通量随温度的升高而增加, 随温度的降低排放量减少。有研究表明, 在对长白山阔叶红松林土壤N₂O通量的原位观测时, 发现N₂O通量与温度呈正相关关

系,并在实验室土壤培养模拟实验中发现硝化作用的最适温度为 28℃,反硝化作用的最适温度为 35℃以上^[12]。实验室研究也发现,长白山阔叶红松林土壤 N₂O 排放速率与温度呈正相关关系 ($R^2 = 0.9302$, $p < 0.01$, $n = 25$)^[13]。

在撂荒地的观测中也未发现 CH₄ 通量与温度间具有显著相关关系,但如图 1 所示,撂荒地 CH₄ 排放通量随温度的升高而增加,随温度的降低排放量减少,而在人工林的观测中这样的影响并不明显。温度对 CH₄ 消耗作用的影响主要可能是由于微生物活性随温度变化而变化。Castro 等^[10]在野外研究中发现,当土壤温度从 -5℃ 上升到 10℃ 时,CH₄ 消耗速率从 0 增至 0.12 mg/(cm²·h),而当土壤温度在 10~20℃ 间波动时,消耗速率基本保持不变。Crill^[14]在研究针阔混交林土壤 CH₄ 消耗作用时发现气温由 0℃ 上升到 15℃ 时,CH₄ 消耗速率由 0.001 mg/(cm²·h) 增至 0.06 mg/(cm²·h),

但当气温从 15℃ 上升到 21℃ 时,平均 CH₄ 消耗速率只从 0.07 mg/(cm²·h) 增至 0.09 mg/(cm²·h)。实验室研究也表明,温度从 -2℃ 上升到 2℃ 时明显增加针阔混交林土壤的 CH₄ 消耗速率,而当温度从 2℃ 上升到 30℃ 时却只有极小影响^[15]。因此可以认为,在冬季或季节交替的过渡时期,温度是影响 CH₄ 消耗的一个重要影响因素。

2.3 土壤湿度的季节变化

从图 2 可以看出,在全年范围内,两种生态系统的土壤湿度都表现出明显的季节变化:从 03 年 10 月开始,由于降雨、降雪、冰雪融化等原因,土壤含水量一般都在 300 g/kg 以上;到了 2004 年 3 月以后,进入这个地区的干旱季节,土壤含水量持续降低,在 4 月末到 6 月中下旬,湿度降至 100~200 g/kg 之间。7 月以后进入降雨集中阶段,土壤含水量再次上升,并在 8 月和 9 月间出现较大波动。

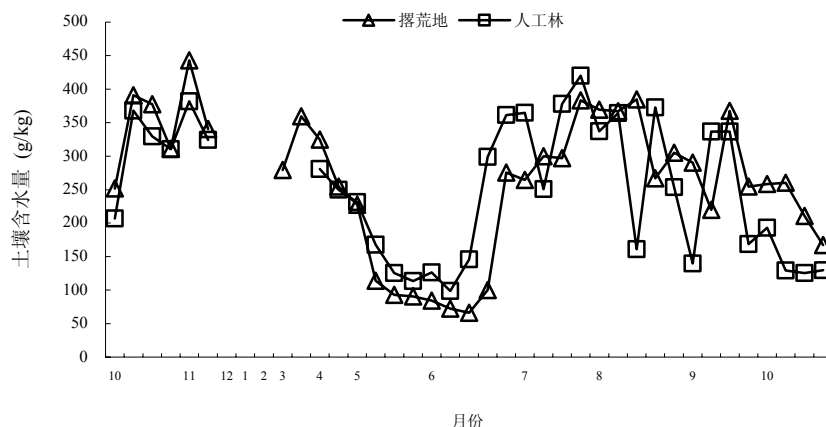


图 2 撂荒地和人工林土壤湿度的季节变化

Fig. 2 Seasonal variations of soil moisture in abandoned land and artificial poplar forest

经相关性分析,人工林和撂荒地 N₂O 通量季节变化与土壤含水量间没有显著相关性,但在对比图 1、2 时发现,撂荒地 N₂O 排放通量较大时对应土壤含水量也高,人工林这种现象并不明显。有研究表明,土壤含水量跟 N₂O 排放速率明显相关^[16]。土壤含水量的增加可促进土壤 N₂O 产生的微生物过程^[12]。Keller 和 Reiners^[17]发现草地 N₂O 通量随土壤含水量的增加而呈指数增加。并且这种非线性关系可用 Smith^[18]的模型来解释。当土壤含水量上升时, O₂ 的扩散作用呈线性下降,土壤中 O₂ 浓度下降,土壤厌氧区域的总体积呈指数形式上升,进而使硝化、反硝化作用也呈指数函数上升。反之,当土壤含水量下降时, O₂ 的扩散作用

就呈线性上升,土壤中 O₂ 浓度上升,土壤厌氧区域的总体积呈指数形式下降,进而使硝化、反硝化作用也呈指数函数下降。本文未观测到土壤含水量与 N₂O 通量间的显著相关,可能是观测期间的土壤含水量已经满足硝化作用或反硝化作用的需求,因而其他因素则成为主要限制因素。

当土壤含水量在 200 g/kg 以上时,土壤含水量与 CH₄ 气体排放具有较好的正相关关系。Born 等^[19]认为土壤含水量变化使 CH₄ 气体在土壤中的有效扩散作用发生改变,而土壤的 CH₄ 吸收作用恰好与土壤中 CH₄ 的有效扩散系数呈线性正相关。所以土壤含水量增加, CH₄ 有效扩散系数下降, CH₄ 吸收量下降;而当土壤

含水量下降, CH_4 有效扩散系数上升, CH_4 吸收量也增加。徐慧^[12]在阔叶红松林的野外试验结果也证明了 CH_4 吸收速率与土壤含水量间存在负相关关系。

2.4 土壤速效 N 含量的季节变化

在土壤中, 速效 N 主要以 NO_3^- -N 和 NH_4^+ -N 的形式存在, 因此, 土壤中有机 N 化合物转化为 NO_3^- -N 和 NH_4^+ -N 的速率将会直接影响土壤的 N 素供给能力^[20]。土壤中速效 N 含量的多少取决于 N 的矿化作用、硝化作用、反硝化作用及作物吸收作用之间的相对速率, 是作物吸收、施肥、土壤类型、降雨等环境条件影响下土壤中 N 素转化、淋洗移动的综合表现。在土壤中, NH_4^+ -N 呈还原态, 易被土壤胶体吸附与固定; NO_3^- -N 呈氧化态, 存在于土壤溶液中, 易到达根系表面或易被淋洗^[21]。

如图 3 所示, 撂荒地和人工林不同土层 NO_3^- -N 含

量和 NH_4^+ -N 含量的变化趋势都比较一致: 两种土壤生态系统在 0 ~ 10 cm 和 10 ~ 20 cm 土层的 NO_3^- -N 含量在 5 月中旬至 7 月中旬一直保持比较稳定的状态, 在 7 月末降至一低点, 然后人工林两土层的 NO_3^- -N 含量持续上升, 而撂荒地的 NO_3^- -N 含量变化并不明显。这是因为在春夏季节, 随着植株的生长, 植物对养分吸收增多, 土壤中可供淋洗的速效 N 含量下降, 故土壤中 NO_3^- -N 的浓度变化不大。而在秋季, 由于作物体逐渐衰老, 对 N 素吸收较少, N 素在土壤中的残留量和其他损失量相对增加, 因而 NO_3^- -N 含量也随之增加。相对人工林来说, 撂荒地凋落物和微生物不多, 这也影响了土壤 NO_3^- -N 含量的变化。

相对来说, 两种土壤生态系统 0 ~ 10 cm 土层 NH_4^+ -N 含量的变化与 10 ~ 20 cm 土层的变化不尽相同: 0 ~ 10 cm 土层的 NH_4^+ -N 含量在 7 月下旬和 9 月

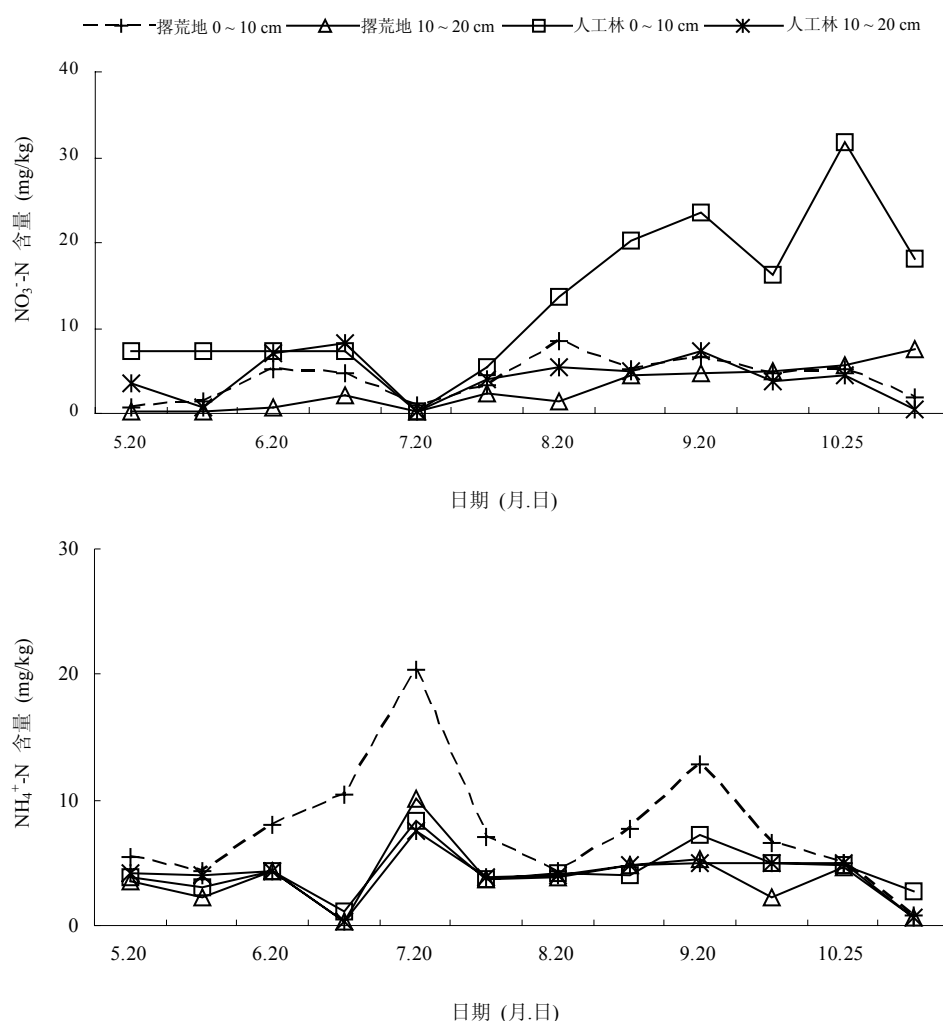


图 3 土壤 NO_3^- -N、 NH_4^+ -N 含量的季节变化

Fig.3 Seasonal variations of soil NO_3^- -N and NH_4^+ -N

下旬出现了两个高峰,而 10~20 cm 土层的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量只在 7 月下旬出现了一个高峰,而其余时期波动不大。在适宜的温度条件下,土壤含水量的增加会促进土壤微生物的矿化过程,因而土壤的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度随土壤含水量的增加而增加^[12-13]。在本试验地区降雨集中在 7—9 月,而且这段时期的土壤温度较高,因此土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量高峰也出现在这段时期。

不施肥的天然系统的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 来源主要取决于 N 的矿化作用和大气沉降。而土壤中 N 含量是一定的,因而 N 来源主要是降雨中的铵,因而两种生态系统 0~10 cm 土层的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量均比 10~20 cm 土层高。

3 结论

(1) 在观测期间内,撂荒地和人工林的土壤-植物系统向大气排放 N_2O ,成为大气 N_2O 的源。全年 N_2O 排放量分别是 0.064 kg/hm^2 和 0.086 kg/hm^2 。人工林土壤的 N_2O 排放通量明显高于撂荒地。 N_2O 排放具有较明显的季节变化。在全年范围内,撂荒地是大气 CH_4 的源,而人工林则是 CH_4 的汇。相关分析表明,人工林 CH_4 排放与 N_2O 排放之间存在负相关关系 ($R^2 = -0.351$, $p < 0.05$, $n = 36$),而撂荒地两者之间无明显相关关系。

(2) 本实验并未发现温度与土壤 N_2O 排放之间有显著相关关系,但温度对 N_2O 排放通量的影响是存在的, N_2O 排放通量随温度的升高而增加,随温度的降低排放量减少。在撂荒地的观测中也没有发现 CH_4 通量与温度间具有显著相关关系,但撂荒地 CH_4 排放通量随温度的升高而增加,随温度的降低排放量减少,而在人工林的观测中这样的影响并不明显。

(3) 人工林和撂荒地 N_2O 通量季节变化与土壤含水量间没有观察到显著线性相关,但在撂荒地的观测中可看出 N_2O 排放通量较大时土壤含水量也高,人工林这种现象并不明显。当土壤含水量在 200 g/kg 以上时,土壤含水量与 CH_4 气体排放具有较好的正相关关系。撂荒地和人工林不同土层 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量的变化趋势都比较一致。两种土壤生态系统 0~10 cm 土层的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量变化与 10~20 cm 土层的变化不尽相同:0~10 cm 土层的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量在 7 月下旬和 9 月下旬出现了两个高峰,而 10~20 cm 土层的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量只在 7 月下旬出现了一个高峰,而其余时期波动不大。两种土壤生态系统 0~10 cm 土层的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的含量均比 10~20 cm 土

层高。

参考文献:

- [1] 王跃思,郑循华,王明星,龚晏邦,白建辉. 气相色谱法检测大气中 N_2O 浓度. 分析测试技术与仪器, 1994 (2): 19-24
- [2] 胡承彪,韦源连. 两种森林凋落物分解及其土壤效应的研究. 广西农业大学学报, 1992, 11(4): 47-52
- [3] 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
- [4] Röver M, Heinemeyer O, Kaiser EA. Microbial induced nitrous oxide emissions from an arable soil during winter. Soil Biology and Biochemistry, 1998, 30: 1859-1865
- [5] 李香真,陈佐忠. 不同放牧率对草原植物与土壤 C, N, P 含量的影响. 草地科学, 1998, 6(2): 90-98
- [6] Goodroad LL, Keeney DR. Nitrous oxide emissions from soils during thawing. Can. J. Soil Sci. Plant Anal., 1984, 64: 187-194
- [7] 徐文彬,洪业汤. 冬闲水田土壤—一个重要的尚未确定的 N_2O 释放源. 环境科学研究, 1999, 12(3): 42-48
- [8] Teepe R, Brumme R, Beese F. Nitrous oxide emission from frozen soils under agricultural, fallow and forest land. Soil Biology and Biochemistry, 2000, 32: 1801-1810
- [9] 黄国宏,陈冠雄,吴杰. 东北典型旱作农田 N_2O 和 CH_4 排放通量研究. 应用生态学报, 1995, 6(4): 383-386
- [10] Castro MS, Stedudler PA, Mellio JM. Factor controlling atmospheric methane consumption by temperate forest soils. Global Biogeochemical Cycles, 1995, 9: 1-10
- [11] 徐文彬,刘维屏,刘广深. 温度对旱田土壤 N_2O 排放的影响研究. 土壤学报, 2002, 39(1): 1-7
- [12] 徐慧. 长白山森林生态系统土壤-大气之间 N_2O 和 CH_4 气体交换的研究. 北京: 中国环境科学出版社, 1996: 358-373
- [13] 张秀君. 林木及林下土壤 N_2O 排放的研究 (博士学位论文). 沈阳: 中国科学院沈阳应用生态研究所, 2001
- [14] Crill P. Seasonal patterns of methane uptake and carbon dioxide release by a temperate woodland soil. Global Biogeochemical Cycles, 1991, 5: 319-334
- [15] King GM, Adamsen APS. Effects of temperate on methane consumption in a forest soil and pure culture of the methanotroph methylomonas radar. Appl. Environ. Microbiol., 1992, 58: 2758-2763
- [16] 颜晓元,施书莲,杜丽娟,邢光熹. 水分状况对水田土壤 N_2O 排放的影响. 土壤学报, 2000, 37(4): 482-489
- [17] Keller M, Reiners WA. Soil-atmosphere exchange of nitrous oxide, nitric oxide, and methane under secondary succession of pasture to forest in the Atlantic lowlands of Costa Rica. Global Biogeochemical Cycles, 1994, 8: 399-409
- [18] Smith KA. Anaerobic zones and denitrification in soil: Modeling

- and measurement in denitrification in soil and sediment // Revsbech NP, Sorensen J. Denitrification in Soil and Sediment. New York: Plenum Press, 1990: 228–240
- [19] Born M, Doerr H, Levin I. Methane consumption in aerated soils of the temperate zone. *Tellus*, 1990, 42B: 2–8
- [20] Binkley D, Hart SC. The components of nitrogen availability assessments in forest soils. *Advances in Soil Science*, 1989, 10: 57–112
- [21] 田霄鸿, 李生秀, 王朝晖. 冬小麦等 4 种作物对铵、硝态氮的吸收能力. *西北植物学报*, 2000, 20(1): 29–37

N₂O and CH₄ Emissions from Abandoned Land and Artificial Poplar Forest in Aquic Brown Soil in the Lower Reaches of Liaohe Plain

WANG Chong-yang¹, ZHENG Jing¹, GU Jiang-xin², SHI Yi¹, CHEN Xin¹

(¹ Key Laboratory of Terrestrial Ecological Process, Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China;

² Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract: The N₂O and CH₄ emission fluxes from abandoned land and artificial poplar forest in aquic brown soil were measured by static closed chamber-gas chromatograph (GC) technique from Oct. 2003 to Oct. 2004. The soil temperature, soil moisture, soil content of NO₃⁻-N and NH₄⁺-N were observed at the same time. The results showed that abandoned land was the source of atmospheric CH₄, on the other hand, artificial poplar forest was the sink of CH₄. During the observation period, the N₂O emission flux in artificial forest was higher than that in abandoned land. There was a remarkable negative correlation between CH₄ and N₂O emission in artificial forest, but it was not evident in abandoned land. It also showed that N₂O emission flux changed with the temperature variation. When the soil moisture was higher than 200g/kg, there was a significant correlation between soil moisture and the emission of CH₄ in the study fields.

Key words: Abandoned land, Artificial forest, N₂O, CH₄, Impact factors