

农田温室气体 N₂O 释放的水热效应机理初探

白红英, 韩建刚, 张一平

(西北农林科技大学资源环境科学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 利用室内试验研究了农田温室气体 N₂O 释放的水热效应机理。结果表明, 西北干旱半干旱地区褐土在较低的湿度范围内 (3% ~ 22%), 土壤中 N₂O 释放速率与土壤湿度呈正相关; 土壤湿度接近田间持水量 (22%) 时, 释放速率最大; 超过田间持水量 (40%) 时, N₂O 释放速率越来越弱。在较低的湿度范围内 (3% ~ 22%), 30℃ 时土壤中 N₂O 的释放速率大于 10℃ 时的; 超过田间持水量 (40%) 时, 30℃ 时土壤中 N₂O 的释放速率小于 10℃ 时的。干燥土壤 (3%) 存在吸收 N₂O 的现象。

关键词: 温室气体; N₂O 释放速率; 水热因子

中图分类号: S131.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-2043(2003)06-0724-03

Mechanism of N₂O Emission Relying on Humidity and Temperature from Soil

BAI Hong-ying, HAN Jian-gang, ZHANG Yi-ping

(College of resources and environment science, Northwestern Sci-Tech University of Agriculture & Forestry, Yangling 712100, China)

Abstract: Preliminary mechanism of N₂O emission relying on both water contents and temperature in soil was studied in our lab. The results showed: soil N₂O emission rate increased with increase of soil water regime (from 3% to 22%), and it turned weaker and weaker when water content exceeded the soil water capacity (40%) in the drab soil of northwestern arid and semiarid areas. The highest emission rate occurred in soil water capacity. Soil N₂O emission rate was higher at 30℃ than that at 10℃ in the lower soil water regime (from 3 to 22%). However, the trend was opposite when over the soil water capacity (40%). Also, the wind drying soil could absorb N₂O weakly in the incubation experiments.

Keywords: greenhouse gas; N₂O emission rate; water and temperature factors

田间土壤的水分、温度因气候变化, 昼夜交替和各种外界条件的影响而处于一种复杂的动态变化, 土壤养分含量和有效性、土壤微生物活性等也随之发生各种变化。在这种条件下, 研究土壤中 N₂O 的释放通量与土壤水热性质之间的关系存在较大的偏差。因此, 本文在以前工作^[1,2]的基础上, 利用室内实试研究了土壤中 N₂O 释放的温度和水分效应, 以便进一步阐明田间条件下土壤中 N₂O 排放通量随水分和温度变化的原因。

1 材料与方法

供试土壤为褐土, 采自西北农林科技大学农作 I

站, 干燥后, 过 1 mm 筛。基本性状: 质地为重壤, 容重 1.32 g·cm⁻³, 物理性粘粒和粘粒含量分别为 490 g·kg⁻¹, 210 g·kg⁻¹, pH(水土比 1:1) 7.89, 碳酸钙含量 92.6 g·kg⁻¹, 田间持水量 22%。室内实验设定的水分含量分别为 3% (干燥土含水量)、10% (萎蔫含水量)、16% (作物正常生长含水量)、22% (田间持水量) 和 40% (饱和含水量)。温度设为 10℃ (低温) 和 30℃ (高温)。

称取 80 g 过 1 mm 筛的干燥土样, 使水分条件达到试验要求后, 置于 250 mL 培养瓶中, 用橡胶塞封口, 密闭恒温培养。培养后的第 1、2、3、4、5、7、11、13、16、19 d 用注射器从培养瓶上部空间取 1 mL 气体样品, 用于测定土壤中 N₂O 的释放速率, 重复 3 次。测定用 GC-ECD (GC-14A), 分离柱为两根长为 2 m 和 1 m 的不锈钢填充柱串联, 柱内填充料为 Porapak Q, 计算机程序 + 通滤阀将样品中的水分在进入检测器前

收稿日期: 2003-02-15

基金项目: 国家自然科学基金资助 (39970151)

作者简介: 白红英 (1962—), 女, 在读博士, 副教授, 主要从事土壤生态与水环境方面的研究。E-mail: hongyingbai@163.com

反吹掉,载气为高纯氮气,流速为 $60\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ 。检测器温度、柱温、进样口温度分别为 $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

N_2O 产生速率(f)用每天每克干土释放的 N_2O 的量($\text{mgN}_2\text{O}\cdot\text{g}^{-1}\text{干土}\cdot\text{d}^{-1}$)表示,计算公式如下:

$$f=d\times v\times\Delta c/\Delta t/M\times 273/T$$

式中: d 为培养瓶内气温气压下 N_2O 的密度(标准状况下 N_2O 的密度为 $1.25\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$), v 为培养瓶内上部有效空间的体积(mL); $\Delta c/\Delta t$ 为培养瓶内气体浓度随时间的增长率; M 为土壤干重(g); T 为培养瓶内温度(绝对温度 K)。

2 结果与分析

研究认为,水分主要是通过影响土壤通气状况,进一步影响氧气的有效性和土壤中 N_2O 从产生部位向大气中扩散^[4];背离土壤环境常年水分含量越远, N_2O 释放量越大^[5]。土壤温度对土壤有机质的矿化和微生物活性及土壤水分含量和状态都有影响,从而对 N_2O 的产生、传输和消耗过程也形成影响。而土壤反硝化过程为吸能反应,土壤有机质的分解为其提供主要的反应能量,最适宜温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$,可适应 $2\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度范围,随温度的升高其过程得到加强^[6]。本试验在 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下,室内测定了不同含水量条件土壤中 N_2O 的释放速率,结果如图 1 和图 2 所示。

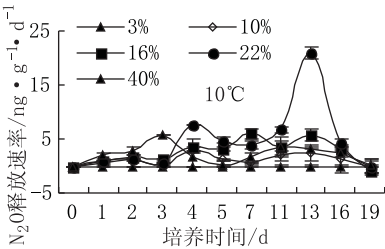


图 1 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时土壤中 N_2O 释放的水分效应曲线
Figure 1 Effects of water regime on N_2O discharge flux in the soil at $10\text{ }^{\circ}\text{C}$

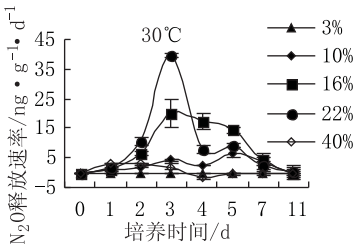


图 2 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时土壤中 N_2O 释放的水分效应曲线
Figure 2 Effects of water regime on N_2O discharge flux in the soil at $30\text{ }^{\circ}\text{C}$

从图 1 和 2 可以看出, $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,含水量为 10% 、 16% 、 22% 的土壤中 N_2O 的释放速率随着含水量的增加而增加, N_2O 的最大释放速率基本都出现在培养的第 13 d,随后开始逐渐降低。 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时土壤 N_2O 的释放速率也随着含水量的增加而增加,但 N_2O 的最大释放速率随含水量的增加,分别出现在培养的第 7、3、3 d,出现的时间明显的早于 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,随后其迅速开始下降; $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时土壤中 N_2O 释放速率明显的大于 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的释放速率。土壤含水量过高或过低时, N_2O 的释放速率都显著降低。两种温度下,含水量为 40% 的土壤中 N_2O 的释放速率在培养前期增长很快, $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时第 3 d 释放速率最高, $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时第 1 d 释放速率就达到最高。随着培养时间的延长, $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时释放速率迅速降低,而 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时释放速率的降低较为缓慢,结果表现为 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时释放速率高于 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时释放速率。出现这个结果有两种可能:土壤在饱和含水量时,土壤中 N_2O 的释放主要是通过土壤反硝化作用产生,随着温度的升高,土壤反硝化过程进一步加强,土壤气态氮化物的产生速率也逐渐加强。但此时,土壤逸出气态氮化物的种类发生了变化。由于水分的饱和,土壤中的氧气含量随着培养时间的延长而逐渐耗竭,温度的升高加剧了这个过程,它使土壤微生物的活性提高,有机碳消耗加快,硝态氮含量迅速降低,为土壤中 N_2O 进一步还原为氮气创造了条件,使得土壤中 N_2O 的释放速率相对降低,氮素的消耗迅速升高。或者,也可能是土壤在饱和含水量时, $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度已经不适宜于土壤反硝化过程的进行。

5 个含水量水平下, $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (较低温度) 时,土壤中 N_2O 释放速率的大小次序为: $22\% > 16\% > 40\% > 10\% > 3\%$; $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (较高温度) 时,土壤中 N_2O 释放速率的大小次序依次为 $22\% > 16\% > 10\% > 40\% > 3\%$; N_2O 的最大释放速率都发生在 22% (田间持水量) 时,但 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,土壤中 N_2O 的最大释放速率几乎为 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的 2 倍。

干旱半干旱地区冬小麦田因为较少的降雨和缺乏灌溉,表层土壤经常处于干燥状态(含水量在 $1\%\sim 3\%$ 范围内),为了查明该水分状况下土壤中 N_2O 释放的特点,室内试验研究了干燥土壤中 (3% 含水量) N_2O 的释放速率(图 3)。结果表明,干燥土存在吸收 N_2O 的现象,但吸收的强度在本试验条件下并不是很大,而且其变异性较大(变异系数: $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时为 $7\%\sim 80\%$; $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时为 $40\%\sim 142\%$),其吸收机理需进一步研究。

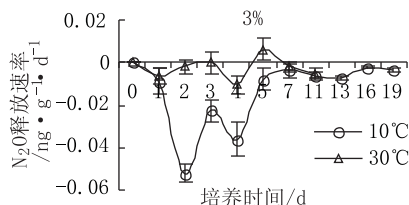


图 3 10℃ 和 30℃ 时风干土壤中 N_2O 的释放特点

Figure 3 Curves of N_2O discharge rate in the air-dried soil at 10℃ and 30℃

由以上结果可见, 在较低的湿度范围内 (3% ~ 22%), 硝化和反硝化过程产生的 N_2O 均随土壤湿度的增大而增加, 表现为 N_2O 释放与土壤湿度呈正相关。土壤湿度接近田间持水量 (22%) 时, 两个过程的 N_2O 产生速率均达到最大, 表现为释放最强。土壤湿度超过田间持水量 (40%) 时, 氧气供给越来越少, 两个过程逐渐移向不利于产生 N_2O 的生物化学平衡状态, 表现为 N_2O 释放越来越弱。

3 小结

(1) 较低的湿度范围内 (3% ~ 22%), 土壤中 N_2O 释放速率与土壤湿度呈正相关; 土壤湿度接近田间持水量 (22%) 时, 释放速率最大; 超过田间持水量

(40%) 时, N_2O 释放速率越来越弱。

(2) 在较低的湿度范围内 (3% ~ 22%), 30℃ 时土壤中 N_2O 的释放速率大于 10℃ 时的; 超过田间持水量 (40%) 时, 30℃ 时土壤中 N_2O 的释放速率小于 10℃ 时的。

(3) 干燥土壤存在吸收 N_2O 的现象。

参考文献:

- [1] 韩建刚, 白红英, 曲 东. 地膜覆盖对土壤中 N_2O 释放通量的时空影响[J]. 中国环境科学, 2002, 22(3): 286 - 288.
- [2] 白红英, 韩建刚, 张一平. 不同土层土壤理化生性状与反硝化酶、 N_2O 通量的相关性研究[J]. 农业环境保护, 2002, 21(3): 193 - 196.
- [3] 李西开. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1984.
- [4] Galbally I E. Factors controlling NO_x emission from soils[A]. In: Exchange of trace gases between terrestrial ecosystem and the atmosphere[C]. Andreae M O, schimel D S and Dahlem Eds. etc. Chichester. 1989. 23(6): 35 - 42.
- [5] 蔡祖聪, 等. 土壤水分状况对 CH_4 氧化, N_2O 和 CO_2 释放的影响[J]. 土壤, 1999, 31(6): 289 - 294.
- [6] 周文能, 林而达. 小麦地 N_2O 释放特征研究[J]. 中国农业气象, 1994, 15(1): 6 - 8.

欢迎订阅 2004 年《农业环境科学学报》(原《农业环境保护》)

《农业环境科学学报》(原《农业环境保护》)是由农业部主管、中国农业生态环境保护协会主办的全国性学术期刊。是中国科学引文数据库核心期刊, 列入被引频次最高的中国科技期刊 500 名之内并编入《中国学术期刊(光盘版)》。本刊主要刊登农业生态环境科学领域具有创新性的研究成果, 包括新理论、新技术和新方法。读者对象为从事农业科学、环境科学、林业科学、生态学、医学和资源保护等领域的科技人员和院校师生。

《农业环境科学学报》为双月刊, 大 16 开, 208 页, 每本定价 24.00 元, 全年定价 144.00 元。国内外公开发行, 全国各地邮局征订, 邮发代号 6 - 64。如读者在当地邮局漏订, 可通过邮局汇款至本刊编辑部补订。此外, 编辑部存有 2000 年以前的各卷合订本 (1999 年以前每本 50 元, 2000 年每本 80 元), 欢迎选购。

编辑部地址: 300191 天津市南开区复康路 31 号

电话: (022)23674336

传真: (022)23367139

电子信箱: caep@public.tpt.tj.cn