

# 设施菜田土壤一氧化二氮日排放特征观测研究

肖万里<sup>1</sup>, 李俊良<sup>2</sup>, 陈清<sup>3</sup>

(1. 潍坊科技学院 贾思勰农学院, 山东 寿光 262700; 2. 青岛农业大学 资源与环境学院, 山东 青岛 266109;

3. 中国农业大学 资源与环境学院, 北京 100083)

**摘 要:**以山东省寿光市设施菜田为研究对象,利用静态箱/气相色谱法对寿光市设施菜田进行一氧化二氮( $N_2O$ )排放通量的日变化观测,研究了  $N_2O$  气体日排放规律及静态箱法测定  $N_2O$  排放的适宜观测时间,以期为设施菜田  $N_2O$  减排提供理论依据。结果表明:追肥后  $N_2O$  排放日变化规律与表层土温(2,10 cm)日变化基本同步,15:00~16:00 左右出现  $N_2O$  排放通量最大值;追肥前  $N_2O$  排放日变化具有一定的随机性,随时间的变化波动性较大,与表层土温日变化的同步性较差;追肥显著促进了  $N_2O$  的排放,表层土温是追肥后  $N_2O$  规律性日变化的主控因素;运用静态箱人工采样的方法进行设施菜田土壤  $N_2O$  排放观测时,最适宜的采样时间追肥前应保持在 8:00~10:00,追肥后应保持在 9:00~11:00。

**关键词:**设施菜田;一氧化二氮( $N_2O$ );日排放;追肥

**中图分类号:**S 153.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)01-0044-03

研究表明,农田土壤是全球一氧化二氮( $N_2O$ )排放的主要来源<sup>[1]</sup>;影响农田土壤  $N_2O$  排放的主要因子是温度、水分、有机质含量、肥料等底物浓度等,其中肥料、水分的投入是较大的影响因素<sup>[2-9]</sup>。该研究选取水肥投入量比较大的山东省寿光市设施菜田作为研究对象,首次在该地区运用静态密闭箱法进行了  $N_2O$  气体日排放观测,旨在探索出  $N_2O$  气体日排放规律及静态箱法测定  $N_2O$  排放的观测时间,以期为设施菜田  $N_2O$  减排提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2004 年 9 月 21~22 日、2004 年 9 月 27~28

表 1

试验地土壤的基础理化性状

Table 1

Basal soil physicochemical characteristics of the experimental greenhouse

土层深度 Soil layer/cm	容重 Bulk density /kg · m <sup>-3</sup>	有机质含量 Organic matter content /g · kg <sup>-1</sup>	全氮含量 Total N content /g · kg <sup>-1</sup>	硝态氮含量 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N content /mg · kg <sup>-1</sup>	有效磷含量 Olsen-P content /mg · kg <sup>-1</sup>	速效钾含量 NH <sub>4</sub> OAc-K content /mg · kg <sup>-1</sup>	pH
0~10	1 420	18.3	1.37	112	437	299	5.71
10~30	1 450	11.0	1.04	43	243	147	6.34

注:液土比为 2.5:1。

Note: 2.5:1 (Water: Soil, v/w).

**第一作者简介:**肖万里(1979-),男,山东青岛人,博士研究生,讲师,现主要从事设施蔬菜生理生态与土壤生态等研究工作。E-mail: xiaowanli1818@163.com.

**责任作者:**李俊良(1962-),男,山东青岛人,博士,教授,现主要从事水肥资源高效利用研究工作。E-mail: jlli1962@163.com.

**基金项目:**国家公益性行业科研专项资助项目(201103003);潍坊科技学院校级课题资助项目(W13K035);山东半岛蓝色经济工程研究院科研计划资助项目(sdlgy2013y001)。

**收稿日期:**2013-10-22

日在山东省寿光市古城街道办事处罗家村(北纬 36°55', 东经 118°45')进行,该村为当地典型的设施番茄生产基地。

试验选用的日光温室为典型的水泥柱和钢架结构,已连续种植 5 a,温室内的种植面积为 84.0×7.8 m<sup>2</sup>。种植方式为典型的一年两季,2~6 月为春季、8~1 月为秋季、7 月份休闲。试验地土壤类型为粉质壤土。前茬作物为番茄。2004 年春季试验前 0~10、10~30 cm 土层土壤的基础理化性状见表 1。

### 1.2 试验方法

该试验采用静态密闭箱-气相色谱法观测传统栽培模式下  $N_2O$  的日排放规律,试验设置 3 次重复。

**1.2.1 静态密闭箱的设置** 每个试验重复设置 1 个固定的静态箱法观测位置,采样箱结构(图 1)由地上部分和地下部分(底座)构成。采样箱底面积为 90 cm×70 cm,高度为 60 cm,采样箱横截面包括整个施肥灌水沟和 2 株番茄植株。箱体四周及顶盖均由不锈钢板构成,外包 1.5 cm 厚泡沫塑料,整个箱体外围用不透明的黄色胶带固定。箱体顶部中间加 10 cm 直径的混气扇,其目的是使箱内气体混合均匀;一侧加温度计探头,采

样前后用天津产电子温度计测定采样前后箱内气温变化。风扇由 12VDC 胶体电池供电。采样箱底座由不锈钢板焊接制成,采样箱底座壁高 5 cm(从水槽底部计),底座底部插入土中部分深 10 cm,全部埋入土中。测定时箱体与采样箱底座接触部分用水密封。

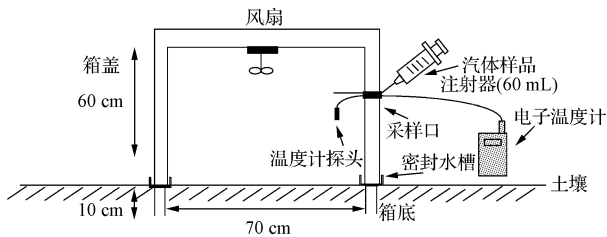


图 1  $N_2O$  采样箱结构

Fig. 1 Sketch map of the sampling box of  $N_2O$

1.2.2  $N_2O$  排放通量日变化观测 2004 年秋季第 2 次追肥前(2004 年 9 月 21~22 日)、后(2004 年 9 月 27~28 日)各选择全天具有典型代表的时间段,8:00~18:00,每隔 1 h 采集 1 次气体样品,采集量为 60 mL;18:00~6:00,每隔 2 h 采集 1 次气体样品。采样结束后,将地上部箱体挪开 1~2 h 使被罩土壤和植物得以恢复。采集气体样品时,同时人工测定采样前后箱内气温和地表、地下温度。

### 1.3 项目测定

样品采集结束后及时运回实验室,用 GC-14B 气相色谱仪(日本岛津公司生产)分析测定  $N_2O$  浓度。 $N_2O$  标准气体为中国标准物质中心 346  $\mu\text{g/L}$  标准气体。 $N_2O$  检测器为 ECD(电子捕获检测器),检测器温度 310 $^{\circ}\text{C}$ ,分离柱温度 60 $^{\circ}\text{C}$ 。采用十通进样反吹阀和四通切换阀进样, $N_2O$  保留时间为 4 min,载气为 99.999% 高纯氮气(山东半导体研究所生产),流速为 30 mL/min,测定  $N_2O$  气体的变异系数一般小于 5%。样品分析完毕后,运用千谱色谱软件(浙江大学研发)判峰,计算各个试验处理的  $N_2O$  排放通量。 $N_2O$  排放通量  $F = \rho \times V / A \times \Delta c / \Delta t \times 273 / (273 + T)$ 。式中, $F$  为气体排放通量( $N_2O-N \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ),正值为排放,负值为吸收; $\rho$  为标准状态下  $N_2O$  密度( $\mu\text{g/L}$ ); $V$  为气体箱体积( $\text{m}^3$ ); $A$  为气体箱的底面积( $\text{m}^2$ ); $\Delta c / \Delta t$  为  $N_2O$  随时间的累积量( $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ); $T$  为气体箱内温度( $^{\circ}\text{C}$ )。

## 2 结果与分析

2004 年 9 月 26 日秋季番茄第 2 次追肥前、后分别观测了传统处理设施番茄土壤  $N_2O$  排放通量以及表层土温的日变化。追肥前后日变化观测时,天气状况晴朗。

图 2 观测结果表明, $N_2O$  排放通量规律性日变化发

生在追肥之后, $N_2O$  排放通量日变化与表层土温(2、10 cm)日变化基本同步,15:00~16:00 左右出现  $N_2O$  排放通量最大值;追肥前  $N_2O$  排放通量日变化具有一定的随机性,随时间的变化波动性较大,与表层土温日变化的同步性较差。

从图 3 可以看出,设施番茄追肥后土壤  $N_2O$  排放通量日变化与 2、10 cm 土温日变化间的相关系数分别达到了 0.785、0.949( $n=17$ ),差异极显著。表明追肥后表层土温是  $N_2O$  规律性日变化的主控因素,温度升高促进了表层土壤中  $N_2O$  的排放。

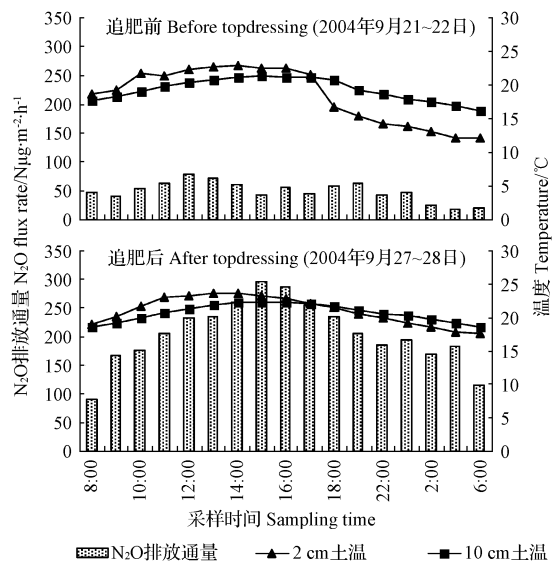


图 2 追肥前后  $N_2O$  排放通量与温度的日变化

Fig. 2 Diurnal variations of  $N_2O$  flux rate and temperature before and after topdressing

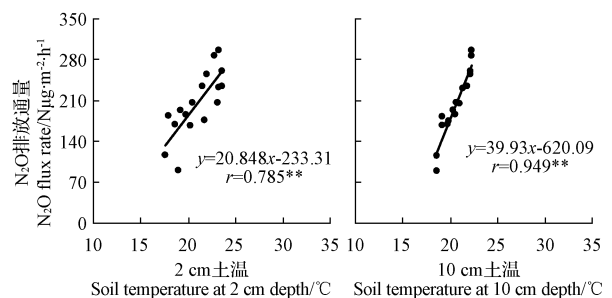


图 3 追肥后  $N_2O$  排放通量与 2cm 土温、10cm 土温的关系 (2004 年 9 月 27~28 日)

Fig. 3 Relationships between  $N_2O$  flux rate and soil temperature at 2 cm, 10 cm depth after topdressing (2004 年 9 月 27~28 日)

从该研究的观测结果来看,追肥前  $N_2O$  排放通量日平均值是  $N 46.0 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ,追肥后  $N_2O$  排放通

量的日平均值是  $N\ 199.0\ \mu g \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$ , 追肥显著促进了  $N_2O$  的排放, 因此在进行设施菜田土壤  $N_2O$  排放观测时, 必须要抓住追肥后  $N_2O$  排放的高峰期。

将追肥前、后  $N_2O$  排放通量日平均值与各采样时间的  $N_2O$  排放通量进行比较, 追肥前上午 8:00~10:00、下午 15:00~17:00、晚上 22:00~0:00 之间的  $N_2O$  排放通量观测值比较接近于平均值, 追肥之后 9:00~11:00、晚上 20:00~4:00 之间比较接近于平均值。考虑到人工采样方法的人力资源局限性, 该研究初步认为在运用静态箱人工采样的方法进行设施菜田土壤  $N_2O$  排放通量观测时, 最适宜的采样时间为追肥前 8:00~10:00, 追肥后 9:00~11:00。

### 3 结论

试验表明, 追肥前  $N_2O$  排放通量日变化具有一定的随机性, 追肥后  $N_2O$  排放通量呈现规律性日变化, 表层土温是追肥后  $N_2O$  规律性日变化的主控因素, 温度升高促进了表层土壤中  $N_2O$  的排放。追肥显著促进了  $N_2O$  的排放, 进行设施菜田土壤  $N_2O$  排放观测时, 必须要抓住追肥后  $N_2O$  排放的高峰期。运用静态箱人工采样的方法进行设施菜田土壤  $N_2O$  排放通量观测时, 最适宜的采样时间追肥前在 8:00~10:00, 追肥后在 9:00~11:00。

### 参考文献

- [1] Bouwman A F. Exchange of greenhouse gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere[C]//Bouwman A F. Soils and the Greenhouse Effect. Chichester: Wiley and Sons Ltd., 1990:61-127.
- [2] 蒋静艳, 黄耀. 农业土壤  $N_2O$  排放的研究进展[J]. 农业环境保护, 2001, 20(1):51-54.
- [3] Sehy U, Ruser R, Munch J C. Nitrous oxide fluxes from maize fields: relationship to yield, site-specific fertilization, and soil conditions[J]. Agriculture Ecosystems and Environment, 2003, 99:97-111.
- [4] 张玉铭, 胡春胜, 董文旭, 等. 农田土壤  $N_2O$  生成与排放影响因素及  $N_2O$  总量估算的研究[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(3):119-123.
- [5] 邹建文, 黄耀. 农业管理措施对  $N_2O$  排放的影响[J]. 农村生态环境, 2002, 18(1):46-49.
- [6] 焦燕. 土壤理化特性对农田甲烷和氧化亚氮排放的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2003.
- [7] Simojoki A, Jaakkola A. Effect of nitrogen fertilization, cropping and irrigation on soil air composition and nitrous oxide emissions in a loamy clay[J]. European Journal of Soil Science, 2000, 51(3):413-424.
- [8] Dobbie K E, McTaggart I P, Smith K A. Nitrous oxide emissions from intensive agricultural systems: variations between crops and seasons, key driving variables, and mean emission factors [J]. J Geophys Res, 1999, 104:26891-26899.
- [9] Mulvaney R L, Khan S A, Mulvaney C S. Nitrogen fertilizers promote denitrification[J]. Biol Fertil Soil, 1997, 24:211-220.

## Research on the Daily Variation Changes of the Nitrous Oxide Emissions of Greenhouse Vegetable Soil

XIAO Wan-li<sup>1</sup>, LI Jun-liang<sup>2</sup>, CHEN Qing<sup>3</sup>

(1. Jia Sixie Agricultural College, Weifang University of Science and Technology, Shouguang, Shandong 262700; 2. College of Resources and Environment, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109; 3. College of Resources and Environment, China Agriculture University, Beijing 100083)

**Abstract:** Taking Shouguang greenhouse vegetable soil as the research object, through the way of the Static Chamber/gas chromatography, the daily variation changes of the Nitrous Oxide( $N_2O$ ) emission flux was observed, the regular pattern of the daily variation changes of the  $N_2O$  emission flux and the best observation time were researched, in order to provide theoretical basis for the reduction of the  $N_2O$  emission flux of greenhouse vegetable soil. The results showed that the regularity of diurnal variation occurred after the topdressing, and  $N_2O$  emissions and the surface soil temperature (2, 10 cm) daily variation changes almost in the same step. The max of the  $N_2O$  emission flux appeared in 15:00~16:00; the  $N_2O$  emission flux was stochastic before the topdressing, which in the poor accordance of the surface soil temperature. The topdressing accelerate the  $N_2O$  emission, the surface soil temperature was the key factor of the changement of the  $N_2O$  emission flux. The most appropriate sampling time before topdressing should be maintained at 8:00~10:00, after topdressing should be maintained at between 9:00~11:00.

**Key words:** greenhouse vegetable soil; Nitrous Oxide( $N_2O$ ); daily emissions; topdressing