

华北地区旱田土壤氧化亚氮的排放

宋文质 王少彬

(中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085)

曾江海 王智平 张玉铭

(中国科学院石家庄农业现代化研究所, 石家庄 050021)

摘要

在 1991-1993 年间用封闭罩测定了对照田、施肥田 N_2O 的排放量。结果表明, N_2O 通量显示出时、空变化规律。对照田、施尿素田和施混合肥田(尿素加有机肥) N_2O 排放量分别是 $1.03 \pm 0.4 \text{ kg N / hm}^2 \text{ a}$; $1.9 \pm 0.6 \text{ kg N / hm}^2 \text{ a}$ 和 $2.1 \pm 1.0 \text{ kg N / hm}^2 \text{ a}$ 。尿素和混合肥释放 N_2O 系数分别为 0.29% 和 0.33%。由土壤含水量、土壤温度和速效氮浓度等土壤变量建立了 N_2O 排放的统计模式。

关键词: 氧化亚氮 氮肥 旱田 模式

大气中氧化亚氮浓度的增高以及由此引起对全球环境的危害已越来越受到人们的广泛关注。目前, 大气中氧化氮的增加率为每年 0.2% ~ 0.3%^[1,2]。氧化亚氮浓度的升高将导致全球温室效应的加剧, 并且会破坏平流层臭氧分子^[3-6]。

一般认为, 土壤中反硝化和硝化过程释放的氧化亚氮是全球氧化亚氮的主要源。受土壤中诸多因素相互作用的影响, N_2O 排放量随时间和地点的不同而变化, 因而要准确估算全球 N_2O 排放量显得比较困难。对区域和全球 N_2O 源的估算现在还是依据对具有不同代表性的区域生态系统排放量的研究结果为基础, 采用简单区划法进行计算, 尽管这种方法得出的结果范围较广, 但它仍是目前一种较为可行的源估算方法。在中国, 对 N_2O 排放的研究工作做得较少, 笔者报道在华北地区对典型冬小麦—玉米轮作旱田释放 N_2O 的一些研究结果, 这对估算中国区域 N_2O 源大小很有帮助。

一、实验场地及方法

1. 实验场地

在河北省石家庄市中国科学院农业现代化研究所栾城农业生态实验站建立实验基地 ($37^{\circ}53' \text{ N } 114^{\circ}14' \text{ E}$), 并且选择三块农田(不施肥田、施尿素田和施混合肥田), 分别测定其各自的 N_2O 通量。该地区土壤理化性质见表 1。农田管理方式为冬小麦—玉米轮作制。每

年9月耕地后播种冬小麦,次年6月收割,然后播种玉米,当年9月收获。每年施肥三次,时间分别是3月、7月和9月。年施氮肥总量分别是尿素 $300\text{kgN}/\text{hm}^2$,有机肥 $7.7\text{kgN}/\text{hm}^2$ 。

表1 土壤理化性质

土壤类型	有机质 (%)	总氮 (%)	pH	密度 (g/cm^3)	粘粒 (%)
轻土	0.74	0.080	8.5	1.41	30.1

2 实验方法

由密闭箱式监测土壤-大气间气体交换通量。箱子放置在田间使气体聚集约1~2h,放置前和放置后的气体中 N_2O 浓度差求得 N_2O 浓度差求得 N_2O 排放通量 (F)^[7]。

$$F = \frac{(C_1 - C_0)H}{t}$$

C_0, C_1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 分别是计时前和放置1~2h后箱内空气中 N_2O 的浓度, H (m), t (h) 分别指箱子高度和封闭时间。

气体样品中 N_2O 测试用装 Ni^{63} 放射源的电子捕获检测器的气相色谱仪进行分析^[6]。由温度计测定地下10cm处土壤温度。在1992~1993年间,每次测定 N_2O 通量时还采集0~20cm处土壤用物理或化学法分析土壤中含水量和速效氮含量^[7]。

二、结果和讨论

1. N_2O 通量的时、空变化分析

由于土壤环境条件的差异,土壤排放 N_2O 通量具有很强的昼夜变化和日变化规律。图1给出了冬小麦-玉米田施尿素地块上 N_2O 通量的昼夜变化趋势。由图可见, N_2O 通量常随时温的升降而波动,这表明土壤温度对 N_2O 通量的影响很大。 N_2O 通量昼夜变化有两个极值,极大值出现在下午3点而极小值在午夜,其差值可达6~10倍。这种昼夜变化现象与他人的报道结果相类似^[9,10]。

图2和图3表示了施肥和浇水后 N_2O 通量的日变化情形。显然,三块地上 N_2O 通量有差异。农事活动如施肥或浇水影响着 N_2O 排放量的大小。不施肥田 N_2O 通量变化幅度较小,施尿素和混合肥增加了土壤中氮的含量,也就导致这两块地上呈现较高的 N_2O 释放通量。施肥后,尿素地块上 N_2O 通量10d后升至最高值 $43\mu\text{gN}/\text{m}^2\text{h}$,而相应施混合肥地块上则在12d后 N_2O 通量达到最高值 $76\mu\text{gN}/\text{m}^2\text{h}$,随后,两者的 N_2O 通量都很快降低至平常值。施混合肥地块上 N_2O 通量较高以及极大值出现时间较晚的原因是土壤中施氮量高和混合肥肥效降低速度慢的缘故。

浇水对 N_2O 通量的作用也很强。浇水12d后三块地上 N_2O 通量都升为最高值,分别是 $2\mu\text{gN}/\text{m}^2\text{h}$, $4\mu\text{gN}/\text{m}^2\text{h}$ 和 $43\mu\text{gN}/\text{m}^2\text{h}$ (图3)。 N_2O 延迟排放表明反硝化过程是 N_2O 产生的主要过程,气体扩散则阻碍了 N_2O 的即刻排放。浇水提高了土壤的湿度,使得土壤在适宜的条件下激活了许多微生物,更重要的是含水量的提高导致了土壤中氧含量降低,这些条件均有利于反硝化反应的进行。当土壤变得越来越干燥时,土壤中微生物活性降低,又由于蒸发、植物吸收以及矿化作用等,此时土壤养分基本耗竭,使得反硝化和硝化反

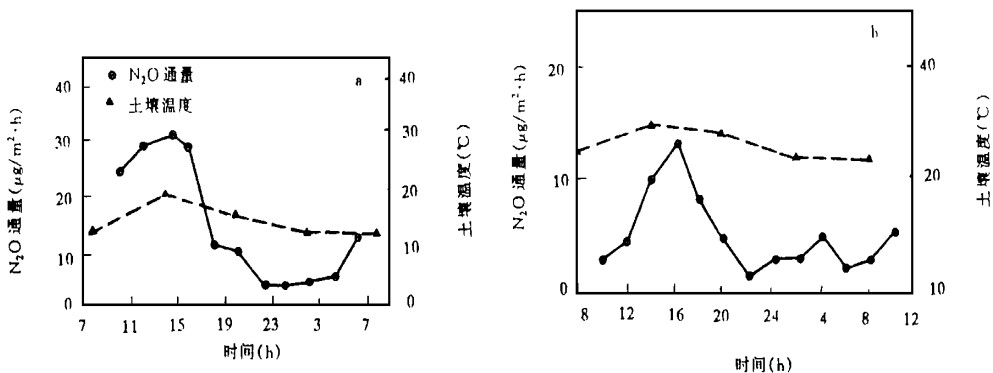


图1 施尿素地 N₂O 通量昼夜变化趋势

a. 冬小麦田 b. 玉米田

应减慢, N₂O 通量也就随之降低

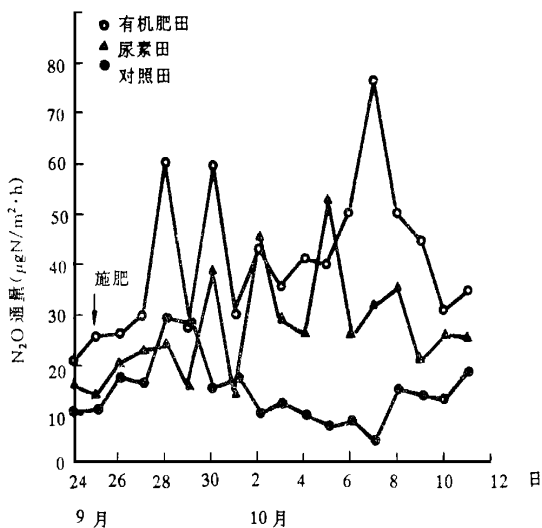


图2 施能对 N₂O 排放通量日变化的影响

农田土壤排放 N₂O 通量的季节变化也很显著。图 4 显示了 1992~ 1993 年间 N₂O 的排放通量、土壤含水量、土壤速效氮含量和土壤温度的变化情况。在整个冬季由于土壤温度低, N₂O 通量保持低排放水平, 开春后施追肥开始升高, 5 月中旬达到第二个高峰后降低。在玉米生长季节, N₂O 通量基本上变化不大。施肥后土壤速效氮含量不如小麦生长期施肥时那样高, 这也许就是 N₂O 通量没有形成第三个排放高潮的原因。

通过计算 N₂O 日排放量可知, 5 月 N₂O 排放量最高, 12 月排放量最低, 在施肥季节 (3 月、7 月和 9 月) N₂O 排放量亦较高 (表 2)。根据月排放量得出全年

各季节排放比例 (表 3)。三块田 N₂O 排放量在春、夏、秋三个季节相近, 各占全年 N₂O 排放量的 30% 左右。冬季时期, N₂O 排放量仅占 6%~ 8%。此结果与 Bremner 等人的报道略有不同。他们发现夏季时 N₂O 排放占全年排放量的一半以上^[11]。

观察结果还表明, 冬小麦生长期 N₂O 平均排放率大于玉米生长期的数值 (表 4), 这可能是因为玉米生长过程吸收了较多的碳、氮等养分使得土壤中速效氮成份较低的缘故 (图 4)。

表2 农田土壤 N₂O月排放量

日期	N ₂ O排放量 (gN /hm ² /m)		
	对照田	施尿素田	施混合肥田
03- 1991	62	186	
04- 1991	89	167	
05- 1991	103	246	
06- 1991	99	188	
07- 1991	122	206	
09- 1992	139	135	257
10- 1992	92	208	290
11- 1992	58	137	231
12- 1992	47	100	138
03- 1993	68	112	100
04- 1993	61	83	137
05- 1993	165	232	327
06- 1993	78	132	112
07- 1993	65	158	86
08- 1993	57	138	123
09- 1993	63	117	133

表3 不同季节 N₂O排放量比例

季节	N ₂ O排放百分数			
	对照田	尿素田	混合肥田	平均
春季	33	33	32	33
夏季	29	31	18	26
秋季	31	30	40	34
冬季	6	6	8	7

表4 冬小麦和玉米田

N₂O月均排放量

作物	N ₂ O排放量 (gN /hm ² /m)		
	对照田	尿素田	混合肥田
冬小麦	88.4	160.5	199.0
玉米	80.7	156.5	113.5

2. 土壤中 N₂O年排放量及氮肥释放 N₂O比率

由三种不同施氮肥处理田 N₂O月排放量计算出各自的年排放率。对照田 N₂O年排放率是 1.03±0.4kgN/hm²a。施尿素田由于含氮而使得其年排放率较高,为 1.91±0.85kgN/hm²a,此值是对照田排放量的 1.8倍。与对照田和施尿素田相比,施混合肥田 N₂O年排放率最高,达 2.1±1.01kgN/hm²a。

根据年排放率和相应的施氮量,农田中尿素和混合肥排放 N₂O率分别为 0.29%和 0.35%,此结果与 0.1%~0.6%的尿素产率相近^[12],而比 0.91%~0.93%的混合肥 N₂O产率偏低^[13]。

3. 排放模式

N₂O通量的变化说明有许多环境因素决定着 N₂O的产生和排放速率。预测其日变化和季节变化相当困难,而这对于估算 N₂O排放量十分重要。目前已有一些用土壤因素如湿度、温度、铵盐浓度及硝酸盐浓度来建立的统计模拟模式^[14]。尽管这些模式并不能满意地解释 N₂O排放变化,但实践证明,在某些情况下,这种方法依然有效^[15,16]。利用 1992~1993年间土壤变量中的土壤含水量、温度和速效氮浓度等数据,建立如下统计模式来模拟 N₂O排放速率变化。

$$\begin{aligned} \log(\text{N}_2\text{O通量}) = & 1.65 - 0.0091(\text{土壤含水量}) \\ & + 0.25 \log(\text{速效氮浓度}) \\ & + 0.019(\text{土壤温度}) \\ & r = 0.40 \end{aligned}$$

用此模式预测对照田,施尿素田和混合肥田 N₂O月排放率误差平均为 10% (图 5)。

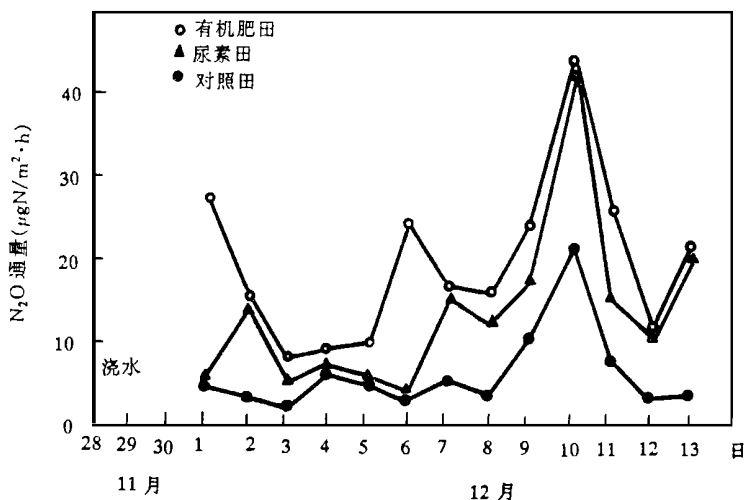


图3 浇水对 N₂O 排放通量变化的影响

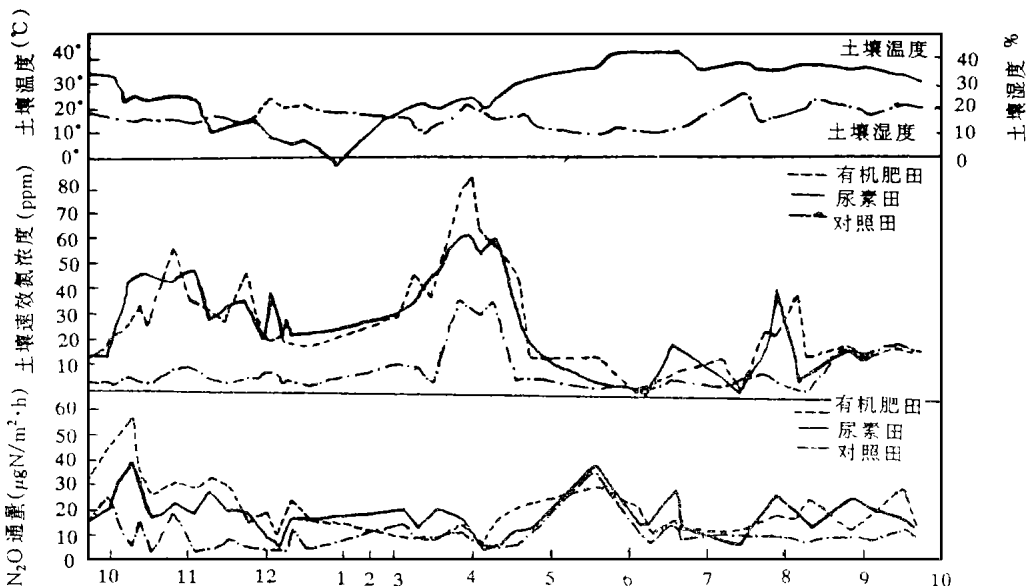


图4 1992~ 1993年间 N₂O 排放通量、土壤速效氮含量、土壤含水量和土壤温度的变化趋势

三、结 论

农田土壤排放 N₂O 通量具有明显的时、空变化规律。农事活动影响 N₂O 排放率, 施肥和浇水导致 N₂O 排放量增加。耕种不同作物的农田排放 N₂O 亦有区别。冬小麦田 N₂O 月均排放量大于玉米田的月均排放量。对照田、化肥田和混合肥田 N₂O 排放在 1.03~ 2.11kgN /hm² a 之间。尿素和混合肥的 N₂O 排放系数分别是 0.29% 和 0.35%。由回归分

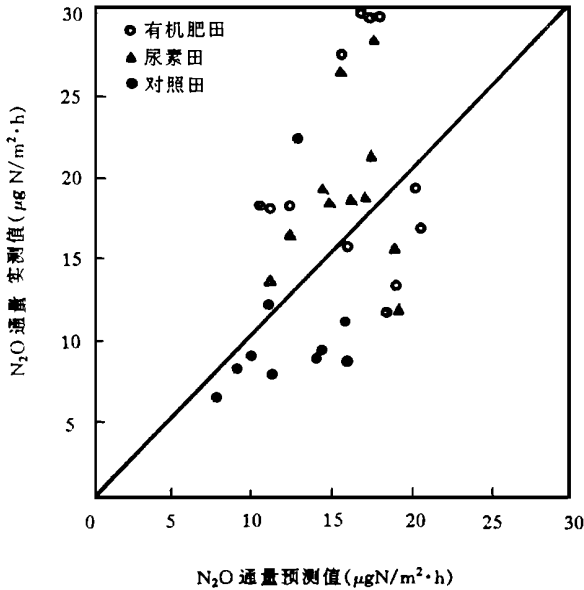


图5 N₂O月排放量预测值与测定值比较

析得出的 N₂O排放统计模式可以大致阐明 N₂O月排放量变化规律。

参 考 文 献

- [1] Badr O. and Probert S. D., Nitrous oxide in the earth's atmosphere, Appl. Ene., 41: 177(1992)
- [2] Bouwman A. F., The soil and greenhouse effect, John Wiley & Sons, Chichester, 1990, 60
- [3] Lashof D. A. and Ahuja D. R., Relative contributions of greenhouse gas emission to global warming, Nature, 344: 529(1990)
- [4] Rodhe H., A comparison of the contribution of various gases to the greenhouse effect, Science, 248: 1217(1990)
- [5] Crutzen P. J., Estimates of possible variations in total ozone due to natural causes and human activities, AM BIO, 3: 201(1974)
- [6] McElroy M. B., Elkins J. W., Sources and sinks for atmospheric N₂O Rev. Geophys & Space Phys. 14: 143(1976)
- [7] 曾江海等, 小麦、玉米轮作期土壤排放 N₂O通量及总量估算, 环境科学, 16(1): 32- 35(1995)
- [8] 王少彬, 宋文质等, 冬小麦田 N₂O排放, 农业环境保护, 13: 210(1994)
- [9] Conrad R., Seiler W., Factors influencing the loss of the fertilizer nitrogen to the atmosphere as N₂O, J. Geophys. Res., 88: 6709(1983)
- [10] Shepherd M. F., Barzetti S., The production of atmospheric NO_x and N₂O from a agricultural soil, Atmos. Environ. 25A: 1961(1991)
- [11] Bremner J. M., Robbins S. G., Seasonal variability in emission of nitrous oxide from soil, Geophys. Res. Lett., 7: 641(1980)
- [12] Granli T. and Bockman O. G., Nitrous oxide from agriculture, Nor. J. Agr. Sci (Supple), 12: 1(1994)
- [13] Cater R. L., Nitrous oxide production throughout the year from fertilized and manured maize fields, J. Environ. Qual. 16: 443(1987)
- [14] Smith K. A. and Arah J. R. M., Measurement and modelling of nitrous oxide emission from soil, Ecol. Buil., 42: 116(1993)
- [15] Myrold D. D., Denitrification in grass and winter wheat cropping systems of western Oregon, Soil Sci. Soc. Am.

J, 52 412(1988)

[16] Mosier A. R., Parton W. J. Modelling nitrous oxide evolution from cropped and native soils, Ecol. Bull, 35 229 (1983)

EMISSION OF NITROUS OXIDE FROM DRYLAND IN NORTHERN CHINA

Song Wenzhi Wang Shaobin

(Research Center for Eco- environmental Sciences,

Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085)

Zeng Jianghai Wang Zhiping Zhang Yuming

(Institute of Agricultural Modernization,

Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang 050021)

ABSTRACT

Flux of nitrous oxide was measured in control and fertilized plots using closed chamber from 1991 to 1993. Results indicated that N_2O flux showed temporal and spatial variations, Emissions of nitrous oxide from control, urea-fertilized and manured plots were $1.03 \pm 0.40 \text{ kgN /hm}^2 \text{ a}$, $1.91 \pm 0.58 \text{ kgN /hm}^2 \text{ a}$, and $2.11 \pm 1.01 \text{ kgN /hm}^2 \text{ a}$, respectively. Emission coefficients of urea and manure were 0.2% and 0.35%, respectively. Statistical model was developed combining soil water content, soil temperature and soil nitrogen concentration available.

Keywords nitrous oxide; nitrogen fertilizer; dryland