

广州地区早稻田施肥对 N₂O 排放影响的初步研究

杨 军¹ 陈玉芬¹ 胡 飞² 伍时照² 王国昌²

(1 华南农业大学实验中心; 2 华南农业大学农学系, 510642 广州)

摘要 研究了广州地区华南农业大学早季稻实验田在农业管理措施和肥效基本相同的情况下, 施用不同肥料对稻田 N₂O 排放通量的影响。试验初步表明: 早季稻稻田 N₂O 排放规律是施纯化肥稻田 N₂O 排放集中在施肥后第 4 d ~ 18 d; 施有机肥加化肥稻田 N₂O 排放集中在施肥后第 5 d ~ 10 d; 施猪粪肥几乎无 N₂O 排放。施肥期稻田处于灌溉干湿状态有利于 N₂O 排放。稻田处于灌溉淹水状态不利于 N₂O 排放。稻田表层土壤温度高有利于 N₂O 排放。

关键词 N₂O 排放通量; 施肥; 水稻田

中图分类号 X 503.231

氧化亚氮(N₂O)是大气中主要温室气体之一, 对大气温室效应的贡献仅次于二氧化碳(CO₂)和甲烷(CH₄), 其浓度已从工业革命的 288 μg/L 上升到目前的 310 μg/L; 在大气中 N₂O 的浓度虽仅是 CO₂ 浓度的 1/1000 左右, 但从等摩尔温度效应看, N₂O 为 CO₂ 的 100 倍, 为 CH₄ 的 50 倍。大气中的 N₂O 主要来自土壤、海洋, 它们属于 N₂O 的天然排放源, 其次是人为源如氮肥的使用, 生物物质的燃烧, 化石燃料的燃烧等(王少彬等, 1993)。其中, 土壤生物过程, 土地利用及农事活动是它的主要排放源, 占总排放量的 80% 左右。在农业生产上由于施用氮肥引起的 N₂O 排放量变化较大, 据估计约占氮肥施用量的 0.5% ~ 7%。中国是主要的水稻生产国, 但关于稻田 N₂O 的研究和报导还不多, 为此, 本研究选在双季稻作区的广州进行, 设计施用 4 种不同肥料种类, 探讨其 N₂O 排放规律, 目的在于寻找既能保证稳产高产, 又能减少 N₂O 排放量的施肥方法和栽培管理措施, 以期制订稻田 N₂O 排放的控制对策提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验处理

采用华南地区群众常用的施肥量, 分别设计了施用: 1. 化肥, 2. 蘑菇肥加化肥, 3. 猪粪加化肥, 4. 猪粪等 4 种不同肥料种类, 其施肥时期和施肥量见表 1。

1.2 供试土壤与肥料

水稻种植过程中所施用的有机肥猪粪, 蘑菇肥的基本理化性质见表 2。由表 2 可见, 猪粪的有机质及其它各项肥效均高于蘑菇肥。

供试区土壤(干基)的有机质为 26.69 g/kg, 全 N 为 1.06 g/kg, 全 P 为 0.45 g/kg, 全 K 为 21.37 g/kg, 土壤 pH 值为 6.2。

表 1 不同肥料种类、施肥量和施肥时期						
处理 编号	施肥 类型	施肥量/ kg				产量/ kg·(hm ²) ⁻¹
		4 月 9 日 (基肥)	4 月 18 日 (移栽后 4 d)	4 月 29 日 (移栽后 15 d)	5 月 10 日 (幼穗分化期)	
处理 1	化肥		尿素 4	尿素 2	尿素 2	3 930
				复合肥 ¹⁾ 2. 5	复合肥 2. 5	
				KCl 8	KCl 8	
处理 2	蘑菇肥 + 化肥	湿蘑菇肥 (含水量 62%) 400	尿素 2	过磷酸钙 8	过磷酸钙 8	4 050
				尿素 1	尿素 1	
				复合肥 1. 25	复合肥 1. 25	
处理 3	猪粪 + 化肥	湿猪粪 (含水量 70%) 20	尿素 2	KCl 4	KCl 4	3 840
				过磷酸钙 4	过磷酸钙 4	
				尿素 1	尿素 1	
处理 4	猪粪	湿猪粪 (含水量 70%) 400		复合肥 1. 25	复合肥 1. 25	4 140
				KCl 4	KCl 4	
				过磷酸钙 4	过磷酸钙 4	

1) 复合肥中有效 N、P、K 各含 15%

表 2 供试有机肥料的基本理化性质(干基)

样品	pH	有机质	全 N	全 P	全 K
		g/kg			
猪粪	8. 62	700. 79	21. 80	18. 17	13. 40
蘑菇肥	8. 42	494. 62	1. 06	3. 35	11. 28

1. 3 试验品种和栽培管理

水稻品种:“粳粳 89”, 为广东省当前大面积的高产优质栽培种, 1995 年 3 月 7 日播种, 4 月 14 日移栽, 规格 16. 5 cm×20. 0 cm (2~3 本), 7 月 17 日成熟, 全生育期 133 d。4 试区均采用广州地区常规灌溉方式(即间歇灌溉)进行灌溉水管理。各处理区面积均为 0. 016 hm²。试区布局和采样点布局见图 1。

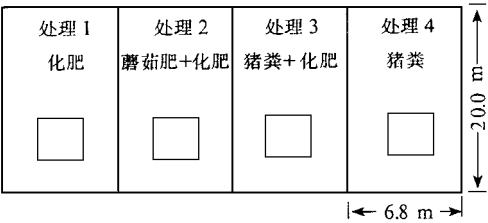


图 1 试区布局和采样点

在水稻生长的中后期雨水多, 水稻收割前稻株有倒伏, 故产量偏低, 但各试区产量均高于同期平均水平(约 3 750 kg/hm²)。各试区产量见表 1。

1. 4 采样及分析方法

采样箱材料: 0. 5 cm 厚有机玻璃板材, 采样箱尺寸: 30 cm×30 cm×70 cm, 箱内有小风扇以使气体混合均匀, 在采样点固定安置一个用 1 mm 不锈钢板焊成且不漏水的回型框, 采样时框内注水以保证采样箱扣入时起到隔绝箱内和箱外的大气作用。采样器为

50 mL医用玻琉注射器, 采样箱扣入框槽内立即采第一个样, 以后每隔 20 min 采一个气样, 每次每区采 4 个样。采样时间: 每天上午 06:00~08:00 和下午 17:00~19:00。

经过对注射器中气样进行 48 h 跟踪测定(赵瑞兰等, 1995)结果表明, 试验中 N₂O 的浓度随贮放时间的加长, 其含量逐渐降低, 因此, 每次采样完毕立即送仪器室检测。参照稻田 CH₄ 排放通量计算方法(陈宗良等, 1992)计算 N₂O 排放通量, 单位以 $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 表示。

用日本岛津 GC-9A 型带 ECD(⁶³Ni)检测器的气相色谱仪; 柱长 2 m, 内径 3 mm, 填充 50~80 目 Porapak Q; 柱温 70℃, 检测器温度 300℃, N₂O 峰可和其它峰分开, 进样定量管体积为 5 mL; 载气是经 9A 分子筛、硅胶、脱氧剂净化后的高纯氮气(99.99%), 流速 50 mL/min; 标准气为广州气体厂出品, 经中科院北京生态环境研究中心提供的标准 N₂O 气校正, 用高纯氮(N₂)气做稀释气, 稀释后的浓度为 23.90 $\mu\text{g}/\text{L}$ 。

2 结果与分析

2.1 不同肥料种类处理的 N₂O 平均排放通量

几何均值可排除由于种种原因包括数据失效造成缺测带来的影响, 故用几何均值表示水稻 N₂O 排放通量。不同施肥种类 N₂O 排放通量表 3。

表 3 不同施肥种类水稻生育期间 N₂O 排放通量 $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$

处理 编号	施肥 类型	采样 时段	排放通量 平均值	算术均值	几何均值	数据有 效率/(%)	样本容量
处理 1	化肥	06:00~08:00 17:00~19:00	94.65 198.34	146.50	139.32	97.7	560
处理 2	蘑菇肥 + 化肥	06:00~08:00 17:00~19:00	4.19 14.78	9.49	10.82	96.2	560
处理 3	猪粪 + 化肥	06:00~08:00 17:00~19:00	9.85 19.41	14.63	17.95	95.4	560
处理 4	猪粪	06:00~08:00 17:00~19:00	0.00 0.00	0.00	0.00	98.0	280

从表 3 可知, 4 种施肥处理水稻整个生育期 N₂O 排放通量最高为施纯化肥, 达 139.32 $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$; 其次为施猪粪加化肥是 17.95 $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$; 再次是施蘑菇肥加化肥为 10.82 $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$; 施猪粪稻田没有观测到 N₂O 排放。上述 4 种施肥处理的 N₂O 排放通量之比为 12.88:1.66:1:0。

2.2 稻田 N₂O 日排放规律及与土温、水温日变化关系

1995 年 5 月 24 日对处理 1 试区每隔 2 h 观测一次, 进行 14 h 连续观测, N₂O 观测曲线见图 2。同期观测到的稻田土壤 2 cm 温度、水温度变化曲线见图 3。由图 2 可见, N₂O 排放高峰出现在 13:00~16:00 时, 最高出现在 14:30 时, 这与稻田的土温水温密切相关。稻田表层水及土壤由于太阳热能的辐射, 温度由上午开始上升, 至下午 13:00~18:00 时为最高。由图 2、图 3 可见, 稻田 N₂O 排放与稻田表层水温、土温成正相关, 稻田水温、土温增高, 则 N₂O 排放量增大; 水温、土温降低, 则 N₂O 排放量减少, 早晨和傍晚 N₂O 排放

较低, 此期间稻田土壤温度也为最低。从表 3 也证明这一点, 下午 N₂O 排放均值高于上午, 表明稻田表层土壤温度高有利于 N₂O 排放。

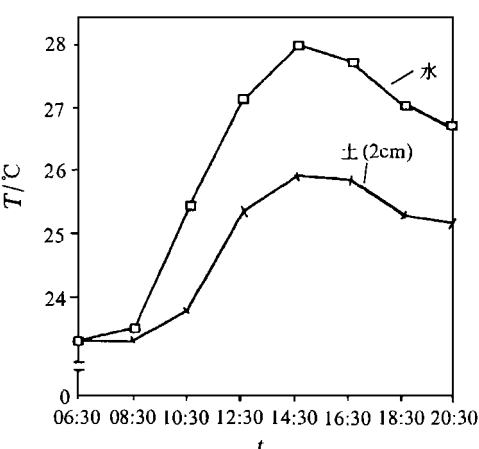
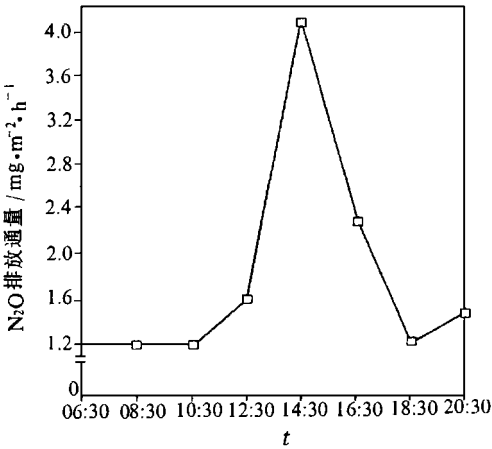


图 2 稻田 N₂O 排放量日变化(1995. 05. 24)

图 3 稻田表层水温土温日变化(1995. 05. 24)

2.3 不同施肥种类水稻整个生育期 N₂O 排放规律

2.3.1 排放规律 1995 年 4 月 14 日至 7 月 17 日广州早季稻 4 种施肥处理 N₂O 逐日排放曲线见图 4、图 5。

结合表 1 和图 4、图 5 看, 秧苗移栽(4 月 14 日)后 4 d, 稻田第 1 次追施肥料(4 月 18 日), 处理 1 于施肥后第 4 d 开始有 N₂O 排放, 随后排放量逐日上升, 于第 9 d ~10 d 为高峰期, 随后排放量逐日减少, 至第 13 d 基本无 N₂O 排放; 处理 2 和处理 3 于施肥后第 4 d 开始有 N₂O 排放, 至第 8 d 为最高峰, 到第 10 d 已基本无 N₂O 排放。稻田第 2 次追施肥料是移栽后 15 d(4 月 29 日), 随后各处理区均没有观测到此次施肥后的排放峰期。稻田第 3 次追施肥料是幼穗分化期(5 月 10 日), 处理 1 于施肥后第 3 d 就开始有 N₂O 排放, 至第 10 d 最高峰, 随后

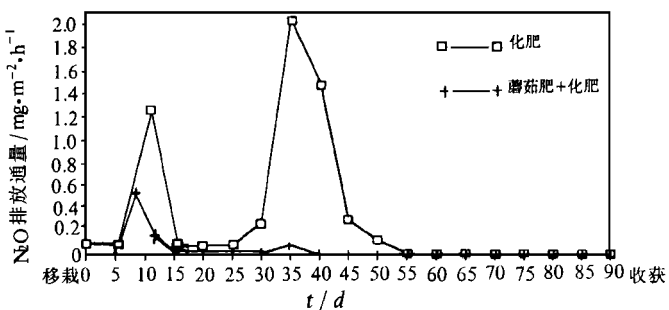


图 4 稻田 N₂O 逐日排放曲线(1995.04.14 ~ 1995.07.17)

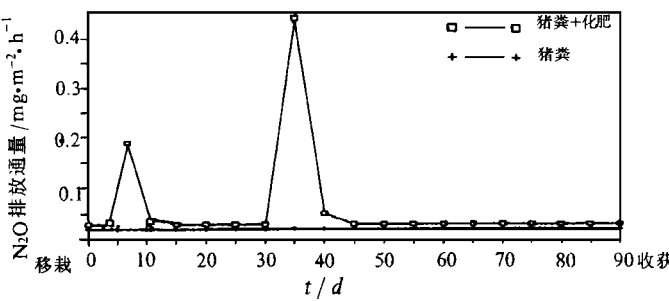


图 5 稻田 N₂O 逐日排放(1994. 05. 14 ~ 1995. 07. 17)

逐渐降低, 至第 21 d 才基本无 N_2O 排放; 处理 2 和处理 3 于施肥后第 4 d 开始有 N_2O 排放, 其中处理 2 在第 7 d 为最高峰, 至第 9 d 已基本无 N_2O 排放; 处理 3 在第 9 d 为最高峰, 至第 11 d 已基本无 N_2O 排放。处理 4 在水稻整个生育期均没有观测到 N_2O 排放。

2.3.2 N_2O 排放规律与稻田灌溉水关系 1995 年 4 月 14 日至 7 月 17 日每次采样时记录稻田表层水深见图 6。

由图 6 看第 1 次施肥后的 N_2O 排放期, 稻田水深基本保持在 6 cm ~ 3 cm 之间(水淹状态); 第 2 次施肥后由于第 2 d、第 3 d 连降大暴雨, 稻田处于深度水淹, 所施化肥有可能被雨水冲淋流失, 故第 2 次施肥后各处理区均没有观测到 N_2O 排放; 第 3 次施肥后的 N_2O 排放期, 稻田水深保持在 3 ~ 0 分之间(干湿状态)。结合表 1、图 4、图 5 和图 6 看, N_2O 排放量除与所施尿素量成正相关外, 还与稻田灌溉水深密切相关。处理 1 和处理 3 在第 3 次施肥后的排放峰高(或排放量)大体上是第 1 次施肥后的排放峰高的一倍, 而第 3 次各区所施尿素量仅是第 1 次各相应区所施量的 1/2 倍。

以上表明: 施肥期稻田处于水淹状态不利于 N_2O 排放, 且 N_2O 排放周期短, 排放量低; 处于干湿状态有利于 N_2O 排放, 且 N_2O 排放周期长, 排放量大。

2.4 结论与讨论

从上述的分析, 初步表明: 广州地区早季稻稻田 N_2O 排放规律是施肥期稻田处于淹水状态不利于 N_2O 排放, 且排放周期短, 其中施纯化肥稻田 N_2O 排放集中在施肥后第 4 d ~ 13 d, 施有机肥加化肥稻田 N_2O 排放集中在施肥后第 4 d ~ 10 d; 施肥期稻田处于灌溉干湿状态有利于 N_2O 排放, 且排放周期较长, 其中施纯化肥稻田 N_2O 排放集中在施肥后第 3 d ~ 20 d; 施有机肥加化肥稻田 N_2O 排放集中在施肥后第 4 d ~ 10 d; 施纯猪粪稻田没有观测到 N_2O 排放。稻田表层土壤温度高有利于 N_2O 排放。

由于 N_2O 是主要温室气体之一, 水稻田是引起大气中 N_2O 浓度增加的一个方面, 为此, 适当控制 N_2O 排放量是当前水稻生产面临的一个问题。从试验结果看, 种植水稻如果采用施纯化肥, 所排放的 N_2O 量非常高, 比施用有机肥加化肥稻田 N_2O 排放量高出近 12 倍, 非常不利于大气环境保护。试验证明采用有机肥加化肥的施肥方式: 可大大降低 N_2O 排放(降低原因包含: 第一是减少化肥施用量从而减少了 N_2O 排放; 第二是由于有机肥料的作用而使稻田减少了 N_2O 的产生, 从而 N_2O 排放减少。本文试验结果, 由于设计问题只说明了第一点。)。施纯有机肥, 虽然 N_2O 排放观测为零, 但同期 CH_4 排放量较高(杨军等, 1996), 也为不理想的施肥种类。对水稻田 CH_4 和 N_2O 排放同时进行监测和研究是我们下一步的工作方向。从整个试验结果看, 在保证水稻生产稳产高产的前提下, 应大力推广有机肥加化肥的施肥类型。即适当施用有机质, 合理配施化肥, 包括尿素、复合肥, 增施 P、K 肥, 这样可以大大减少种植水稻过程中 N_2O 的排放量, 有利于大气环境保

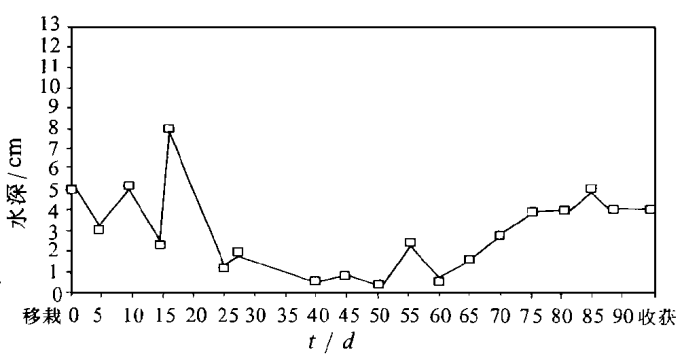


图 6 水稻生育期稻田水深记录曲线

护。

致谢 试验过程中, 得到华南农业大学实验中心孔宪扬高级实验师的大力帮助, 谨致谢忱。

参 考 文 献

- 王少彬, 苏维瀚. 1993. 中国地区氧化亚氮排放量及其变化的估算. 环境科学, 14(3): 42~46
- 陈宗良, 高金和, 袁 怡, 等. 1992. 不同农业管理方式对北京地区稻田甲烷排放的影响研究. 环境科学研究, 5(4): 1~7
- 杨 军, 陈玉芬, 胡 飞, 等. 1996. 广州地区晚季稻田甲烷排放通量与施肥影响研究. 华南农业大学学报, 17(2): 17~22
- 赵瑞兰, 赵海涛, 张玉良, 等. 1995. 固定燃烧源排放 N_2O 的采样、分析方法及其监测. 环境化学, 14(2): 113~117

PRELIMINARY REPORT ON EFFECTS OF DIFFERENT FERTILIZERS UPON N_2O EMISSION FROM EARLY RICE FIELDS IN THE GUANGZHOU AREA

Yang Jun¹ Chen Yufen¹ Hu Fei² Wu Shizhao² Wang Guochang²

(1 Experimental Center, South China Agr. Univ., Guangzhou 510642;

2 Dept. of Agronomy, South China Agr. Univ.)

Abstract

Effects of different kinds of fertilizers on the flux of N_2O emission from early rice fields was investigated in the Guangzhou area under basically equal conditions of both field management practices and fertilizer efficiency. Experiments showed that in fields treated with chemical fertilizer alone, the N_2O emission occurred 4~18 days following the application of fertilizer, whereas in plots receiving organic manure plus chemical fertilizer it took place 5~10 days following the application, and almost no N_2O was emitted from plots supplied with organic manure alone. In the period of fertilization, draining the paddy field favoured the emission of N_2O , but flooding the field did not. A higher temperature in the surface soil also contributed to N_2O emission.

Key words N_2O emission flux ; fertilization; paddy fields