

广州地区晚季稻田甲烷排放通量 与施肥影响研究

杨 军¹ 陈玉芬¹ 胡 飞² 王国昌² 伍时照²

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

摘要 研究了广州地区晚季稻田在农业管理措施和肥效基本相同情况下, 施用不同肥料类型对稻田甲烷(CH_4)排放通量的影响。试验初步表明: 晚季稻田 CH_4 排放基本集中在水稻生长前期; 稻田处于灌溉淹水状态是 CH_4 产生的必要条件; 稻田处于干湿期间无明显 CH_4 排放; 施用有机肥料 CH_4 的排放量明显高于施纯化肥; 温度高有利于 CH_4 排放。

关键词 甲烷排放通量; 施肥; 水稻田

中图分类号 X 502

大量观测表明, 由于人类的活动, 大气中形成温室效应的主要气体如 CO_2 、 CH_4 和 N_2O 等不断增加(85-913-04-05 攻关课题组, 1994)。这一问题正受到国内外环境、农业等部门的日益关注。中国是一个水稻生产大国, 有关水稻田 CH_4 排放的研究, 各地区由于土壤, 气候条件、耕作方式以及灌溉方式不同, CH_4 的排放量有很大差异。水稻是华南地区主要的粮食作物, 但对水稻 CH_4 排放量与施肥影响研究报导尚不多。本文研究了 4 种不同施肥措施下晚季稻生长期内稻田 CH_4 排放量差异; 实测了 4 种不同施肥种类稻田的 CH_4 排放通量。目的在于寻找既能保证稳产高产, 又能减少 CH_4 排放量的施肥方法和栽培管理措施。

1 材料与方法

1.1 试验处理

(1) 猪粪; (2) 猪粪 + 化肥; (3) 蘑菇肥 + 化肥; (4) 化肥。

采用华南地区群众常用的施肥量, 分别设计了施用上述四种不同肥料种类, 其施肥时期、种类、数量见表 1。4 种施肥种类的试验田总施用 N、P、K 量相同。

1.2 供试土壤与肥料

见表 2。

1.3 水稻品种与栽培管理

水稻品种: “梗粳 89”, 为广东省当前大面积的高产优质栽培种, 1994 年 7 月 22 日播种, 8 月 12 日移栽, 规格 $1.65\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ (2~3 本), 11 月 10 日成熟, 全生育期 111 d。

试区面积: 各处理区面积 0.016 hm^2 , 见图 1。4 个试区均采用广州地区常规灌溉(即间歇灌溉)方式进行灌溉水管理。各试区折亩产量在 $410 \sim 430\text{ kg}$ 之间, 达广东省正常亩产量。

1995-07-08 收稿

表 1 试验处理、施肥量和施肥时期

处理编号	施肥种类	kg			
		8月9日 基肥	8月24日 移栽后4d	9月1日 移栽后12d	9月12日 幼穗分蘖期
处理1	猪粪	湿猪粪(含水量78.42%) 375 过磷酸钙 6.25			
处理2	猪粪+化肥	湿猪粪(含水量78.42%) 175 过磷酸钙 6.25	尿素 1.25	尿素 0.625 复合肥 2.25 KCl 3.125	尿素 1.25 复合肥 2.25 KCl 3.125
处理3	蘑菇肥+化肥	湿蘑菇肥(含水量62.94%) 175 过磷酸钙 6.25	尿素 1.25	尿素 0.625 复合肥 2.25	尿素 1.25 复合肥 2.25 KCl 3.125
处理4	化肥	过磷酸钙 6.25	尿素 2.25	尿素 1.25 复合肥 2.25 KCl 6.25	尿素 2.25 复合肥 5.0 KCl 6.25

表 2 供试土壤、肥料的基本理化性质

样品	有机质	全 N	全 P	全 K	有效 N	有效 P	有效 K	pH
		g/kg				mg/kg		
猪粪	700.79	21.80	18.17	13.40	1 707.86	15.49	12 558.94	8.62
蘑菇肥	494.62	21.44	3.35	11.28	1 450.63	2.45	10 084.01	8.42
稻田土	26.69	1.06	0.45	21.37	111.83	14.23	106.72	6.23

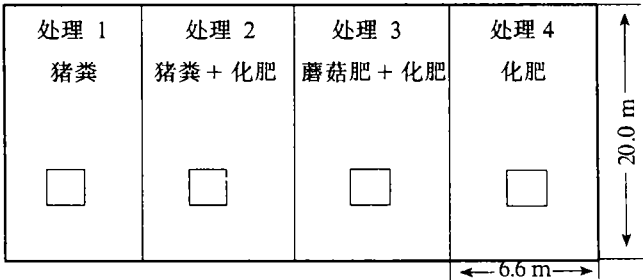


图 1 试区布局和采样点

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。在每个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在土壤之上,框槽内的水是保证采样箱扣入时起到隔绝箱内和箱外的大气的水封作用。采样时利用架空的水泥石条进入采样点,以防人为搅动稻田泥土及土层,影响测定结果。采样器为 50 mL 医用玻璃注射器,采样箱扣入框槽内立即采第一个样,以后每隔 5 min 采一个气样,每次采 5 个样,根据这 5 个

样的甲烷浓度和采样时间作图, 用线性回归法求直线的斜率 dc/dt , 最后可求得 CH_4 排放通量, 以 $mg/(m^2 \cdot h)$ 表示 (陈宇良, 1992)。上午、下午采样隔天轮流进行, 采样时间是早晨 6: 00 ~ 8: 00 或下午 17: 00 ~ 19: 00 时。

气相色谱仪用日本岛津 GC-9A 型, 载体为碳分子筛, 柱温 145 $^{\circ}C$, 检测器为 FID。 CH_4 峰可清楚地和其它峰分开, 进样定量管体积为 5 mL。 CH_4 标准气来自广州气体厂。

2 结果与分析

2.1 不同施肥种类 CH_4 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, 故用几何均值表示试验用的实际 CH_4 排放通量。不同施肥种类 CH_4 排放通量见表 3。

表 3 不同施肥种类生育期间 CH_4 排放通量 $mg \cdot (m^{-2} \cdot h)^{-1}$

处理编号	采样时间	算术均值	平日算术均值	几何均值	数据有效率	样本容量
处理 1	6:00 ~ 8:00	17.21	20.05	17.05	83.4	313
	17:00 ~ 19:00	22.89				
处理 2	6:00 ~ 8:00	12.61	14.28	12.21	85.0	316
	17:00 ~ 19:00	15.95				
处理 3	6:00 ~ 8:00	5.58	7.22	6.05	87.0	316
	17:00 ~ 19:00	8.86				
处理 4	6:00 ~ 8:00	6.14	6.68	5.53	85.9	309
	17:00 ~ 19:00	7.21				

从表 3 可知, 四种施肥处理水稻整个生育期间平均 CH_4 排放通量最高为施纯猪粪, 达 17.05 $mg/(m^2 \cdot h)$; 其次为施猪粪加化肥是 12.21 $mg/(m^2 \cdot h)$; 再其次是施蘑菇肥加化肥为 6.05 $mg/(m^2 \cdot h)$; 最低为施纯化肥仅为 5.53 $mg/(m^2 \cdot h)$ 。上述 4 种施肥处理的 CH_4 排放通量之比为 3.08: 2.21: 1.09: 1。

从供试肥料看出, 施用猪粪和蘑菇肥, 均是有机肥料, 猪粪无论有机质, 全 N、P、K 或有效 N、P、K 量均高于蘑菇肥。结合表 3 考虑, 处理 4 仅施化肥试区除了原来稻田中本身的少量有机质 (26.69 g/kg) 外, 并无施有机质肥, 其 CH_4 排放量为 4 种处理中最少, 从而表明在水稻管理及总施用 N、P、K 量机同; 肥料种类不同但稻谷产量无显著差异的条件下, 稻田 CH_4 排放量与施用有机肥的有机质成正相关, 即稻田施用有机质越多, CH_4 排放量越高。仅施用化肥稻田 CH_4 排放量最低。整个生育期施纯猪粪和施纯化肥的平均 CH_4 排放通量之比为 3.08: 1。

2.2 CH_4 的日排放规律

在水稻生长的分蘖盛期 (9 月 10 日) 和齐穗期 (10 月 12 日) 对 4 个试区分别每隔 2 h 观察 1 次, 进行 24 h 连续观测, 9 月 10 日观测值列于表 4, 日排放曲线见图 2 和图 3。10 月 12 日观测曲线见图 4。

从表 4 和图 2、图 3 看出, 9 月 10 日为水稻处于分蘖盛期, 4 种施肥处理稻田全天的 CH_4

表 4 甲烷排放日变化通量数据 (1994.09.10) mg · (m² · h)⁻¹

处理 编号	通量	时间											
		4:00	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	0:00	2:00
处理 1	甲烷排放通量	—	4.67	37.06	47.78	64.81	115.55	68.73	55.63	61.75	54.68	7.75	—
	日几何均值						46.43						
处理 2	甲烷排放通量	—	39.96	41.38	44.24	33.43	19.84	63.19	52.10	26.64	55.96	—	30.60
	日几何均值						40.10						
处理 3	甲烷排放通量	—	—	26.99	16.94	36.18	25.39	31.47	36.42	28.95	—	30.76	31.90
	日几何均值						21.26						
处理 4	甲烷排放通量	1.25	—	18.25	12.14	10.55	6.03	19.14	22.26	12.55	18.48	21.19	8.04
	日几何均值						11.86						

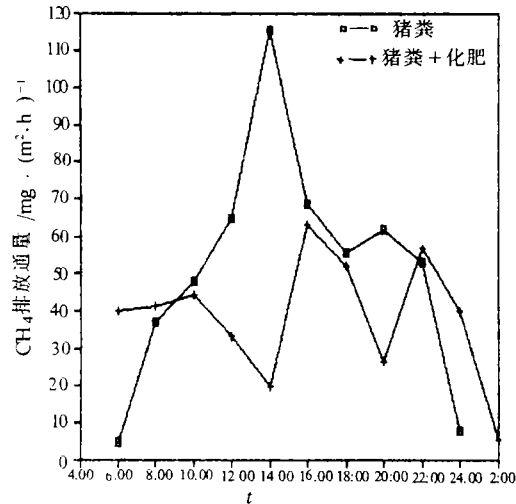


图 2 稻田水淹甲烷排放量日变化 (1994.09.10)

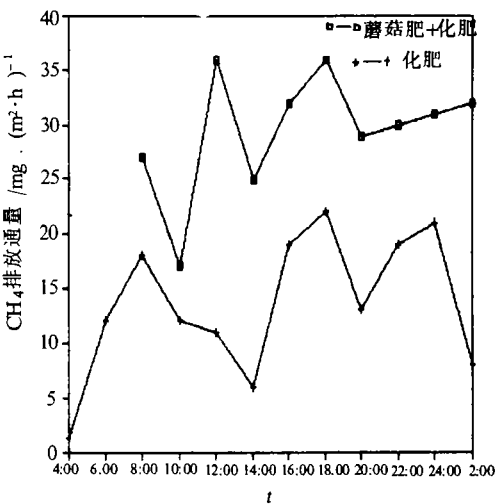


图 3 稻田水淹甲烷排放量日变化 (1994.09.10)

排放量均值大小顺序为猪粪、猪粪加化肥，蘑菇肥加化肥、化肥，其排放量高低顺序与整个生育期的均值相同，但当天的排放量出现的高峰略有不同。施猪粪的日排放量高峰期出现在14:00时；猪粪加化肥和蘑菇肥加化肥CH₄日排放高峰期出现在 16:00～18:00 时；施化肥的CH₄日排放虽然最高出面现在18:00时，但无明显的高峰期。其中处理 1(猪粪) 以 14:00 时排放通量最高，与处理 2、3、4 都不同，也与文献报导(闵航, 1993)的晚间和上午有较多的 CH₄ 排放，而中午 (10:00～14:00) 几无排放不一致。4 种处理的日排放所呈现的规律说明，CH₄

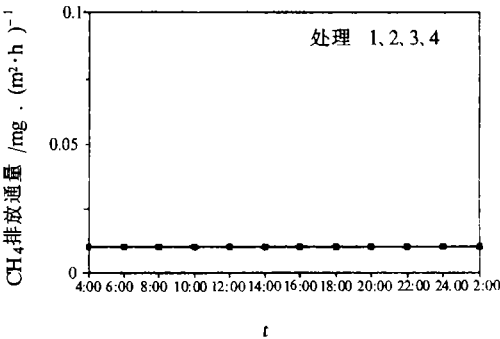


图 4 稻田干湿甲烷排放量日变化 (1994.10.12)

排放量以下午 14:00 ~ 18:00 时为最高,早晨为低,这与稻田的温度密切相关。稻田表层土壤由于太阳热能的辐射,温度由早晨开始上升,至下午 14:00 ~ 18:00 时为高,因此,稻田温度高,CH₄ 排放量增高;温度低,排放量降低。从表 3 也证明这一点,下午 CH₄ 排放均值高于上午,这是由于温度高,有利于 CH₄ 菌的活动所致。

从图 4 可看出,在稻田处于排灌干湿期,虽然水稻生长处于齐穗盛期,但 4 种不同施肥种类处理的 CH₄ 排放量基本一致,都几乎没有 CH₄ 排放;这是与水稻生育期处于中后期,稻田水份管理均用干湿排灌,稻田的厌氧菌活动能力降低,难于产生 CH₄ 所致。

2.3 不同施肥种类水稻整个生育期 CH₄ 的排放规律

1994 年 8 月 13 日到 11 月 10 日广州晚稻 4 种不同施肥方式 CH₄ 逐日排放曲线见图 5。

由图 5 可见,4 种不同肥料处理的 CH₄ 排放趋势是大致相同的。排放量高峰均在水稻生长前期,特别分蘖盛期,此期间实行浅水灌溉,稻田水层保持 2 ~ 5 cm,正是 CH₄ 排放集中期(8 月 13 日 ~ 9 月下旬),这是因为稻田在水淹状态时,在南方夏季的高温下,很适合水稻根部厌氧菌充分利用有机质分解还原产生大量的 CH₄。9 月下旬至收割,稻田水分管理实行干湿排灌,其间虽有灌水,但由于水稻生长中后期经历开花、灌浆、结实的生长旺盛期,田间耗水量大,加之秋天干燥,蒸发快导致灌水后不久稻田又处于干湿状态,此期间 CH₄ 排放量很低。由图 4 也可看出,在水稻生长中后期,稻田土壤处于干湿状态,CH₄ 日变化没有排放峰。试验证明,四种施肥处理的 CH₄ 排放集中期均与稻田浅水灌溉相对应,水稻生长中后期 CH₄ 排放量很低与稻田处于干湿状态相对应。

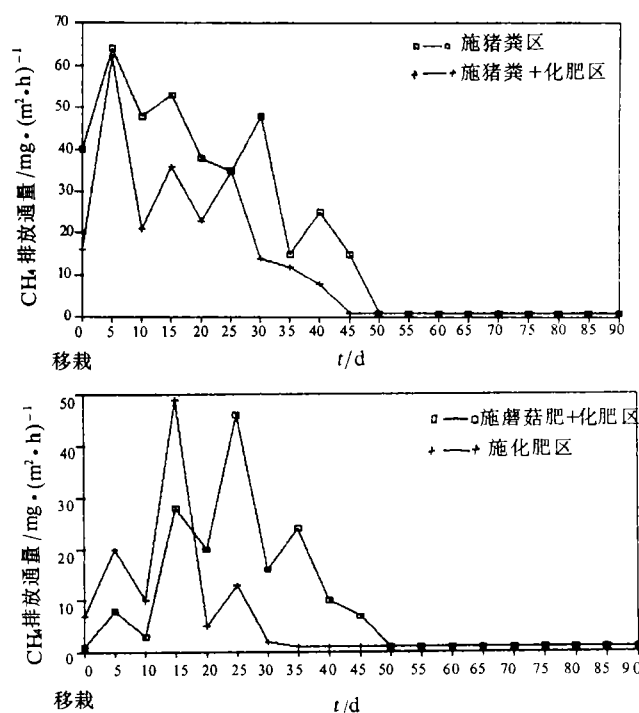


图 5 不同施肥区晚稻 CH₄ 逐日排放
(1994.08.12~1994.11.10)

3 结论与讨论

从上述的分析,初步表明:广州地区晚季稻田 CH₄ 排放量,基本集中在水稻生长的前期,至分蘖盛期为最高峰,这是由于高温、浅水灌溉(淹水状态)密切相关,因而稻田处于灌溉淹水状态是产生 CH₄ 的必要条件,稻田在干湿灌溉状态下,无明显的 CH₄ 排放。试验还表明,施有机肥 CH₄ 排放量明显高于施纯化肥;稻田表层土壤温度高有利于 CH₄ 排放。

由于 CH₄ 是主要温室气体之一,水稻田是引起大气中 CH₄ 浓度增加的一个主要方面,为此,适当控制 CH₄ 排放量是当前水稻生产面临的一个问题,以保护大气环境。从试验来看,

可适当施用有机质,合理配施化肥(包括尿素,复合肥),增施 P、K 肥,在可能情况下采用干湿排灌,这样既能增产增收,又能减少 CH_4 的排放量,有利于大气环境的保护。

参 考 文 献

- 85-913-04-05 攻关课题组. 1994. 我国稻田甲烷排放量发展趋势预测. 农业环境保护, 13(5): 256 ~ 258
- 闵 航, 陈美慈, 钱泽澍, 等. 1993. 水稻田的甲烷释放及生物学机理. 土壤学报, 30(2): 125 ~ 129
- 陈宇良, 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

RESEARCH ON THE RELATION BETWEEN METHANE EMISSION FLUX AND EFFECT OF APPLYING DIFFERENT KINDS FERTILIZER TO LATE RICE PADDY-FIELD IN THE GUANGZHOU AREA

Yang Jun¹ Chen Yufen¹ Hu Fei² Wang Guochang² Wu Shizhao²

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

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

Abstract

This study dealt with the effects of using four kinds of fertilizer application at the same effective fertility level under the normal late rice field management to paddy-fields in Guangzhou area on methane emission flux. The result showed that methane emitted significantly in the early growth phase of late rice in paddy-fields; in paddy-fields water immersion was a necessary condition for methane emission; no significant methane emitted in the dry-wet management period; methane emission flux in fields with organic manure applied was higher than that in fields treated with chemical fertilizers; higher soil temperature facilitated methane emission.

Key words methane emission flux; fertilizer application; paddy-field