

耕种制度对西南地区冬水田 甲烷排放的影响*

魏朝富 高明 黄勤 车福才 杨剑虹 谢德体

(西南农业大学, 重庆 400716)

蔡祖聪 徐 华

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘 要 1995 年 5 月 15 日~1997 年 5 月 15 日两年在田间条件下研究我国西南地区冬水田甲烷排放量及耕种制度的影响。结果表明:冬水田水稻生长期甲烷排放通量在 $0.47\sim 171.12\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 间, 平均值达 $33.91\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{h}$, 并且在每年长达 250~280 天的非水稻生长期仍在排放甲烷, 排放通量在 $2.51\sim 54.52\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 间, 平均为 $13.24\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{h}$, 使得冬水田甲烷年累积排放量高达 $165.82\text{g}/\text{m}^2$, 是目前世界上各类稻区各类利用方式下甲烷排放量最大的一类稻田。与冬水田相比, 半旱垄作(中稻)能减少甲烷年累积排放量 3.36% 和 33.53%; 而水稻生长期半旱垄作(稻麦)和水旱轮作(稻麦)甲烷排放通量比冬水田低 34.11% 和 38.47%~66.65%, 甲烷年累积排放量只占冬水田的 36.7% 和 11.96%~34.27%。采用半旱垄作(稻麦)和水旱轮作(稻麦)是减少我国西南地区冬水田甲烷排放量最有效的方法之一。

关键词 甲烷排放通量, 稻田, 冬水田, 耕种制度

中图分类号 S152.6

稻田被认为是大气甲烷的最主要排放源之一。1981 年 Cicerone 等首次报道了稻田甲烷排放速度的直接测定结果。随后, 科学家们分别在意大利, 德国, 美国, 日本, 泰国等测定稻田甲烷的排放通量^[1~4], 并且, 试图对全球的甲烷排放量进行估算, 如 1992 年 Watson 估算稻田甲烷排放量占甲烷排放总量的 4%~35%; IPCC 提出的甲烷源和汇的估算表, 稻田甲烷排放量占 12%。估算差异之大主要是全球稻田甲烷测定点不多, 测定时间连续性不够, 对不同气候, 不同土壤和不同利用方式下稻田甲烷排放机理和影响因素的研究不够深入所致^[1, 2]。

中国是世界上最早栽培水稻的国家之一。水稻播种面积达 3300 余万 hm^2 , 约占世界稻作面积的 22%, 占中国耕地面积的四分之一。稻田甲烷排放极受国际社会的关注。我国自 1987 年正式开始稻田甲烷排放实地测定, 已先后在北京、南京、杭州、天津、广州、贵阳、

* 国家自然科学基金项目(49771073)和中国科学院重点资助项目(KZ952—J1—203)

收稿日期: 1999-01-19; 收到修改稿日期: 1999-07-25

武汉、四川等地对稻田甲烷排放进行了大量的实地测定及机理研究^[1,3,5]。王明星、郑循华、上官行健等根据生态气候带、地貌特征和耕作制度将中国划分为五大稻区,分区对稻田甲烷排放通量进行了测定,对稻田甲烷产生、转化、排放机理及影响因素进行了系统研究^[3,6~9];陶战、谢小立等重点研究了各类氮肥和有机肥在稻田甲烷排放上的作用^[10,11];闵航等探讨了稻田甲烷释放的微生物机理^[12];蔡祖聪等深入研究了土壤条件对稻田甲烷排放的影响^[13,14],这些测定和研究结果为制定如何减少我国稻田甲烷排放的方案和措施提供了重要的科学依据。但是,这些研究主要是针对水稻生长期内稻田的甲烷排放。

冬水田是水稻长期栽培过程中形成的一种特殊稻田,广泛地分布于我国西南地区。仅重庆市就达 110 万 hm^2 ,占水稻栽种面积 59.0% 以上。这种稻田一年四季淹水,土壤处于还原状态,稻田甲烷的排放显然具其特点,不仅在水稻生长期稻田甲烷排放量高,如 1988~1990 年陈德章、王明星等对四川乐山地区稻田甲烷排放量的测定结果仍是目前世界上所有有关水稻生长期稻田甲烷排放通量报道中最高的记录,达 $67.0\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ^[6],而且,在冬闲期间,稻田也有可能排放甲烷。因此,研究我国西南地区冬水田甲烷的排放对制定减少稻田甲烷排放量的对策措施具有重要的理论意义和实践意义。

1 材料与方法

1.1 观测研究地点与气候土壤条件

本研究在重庆市北碚区西南农业大学试验场进行。该场地处东经 $106^\circ 26'$,北纬 $30^\circ 26'$,海拔 230m,年平均气温 18.3°C ,年降雨量 1105.4mm,年日照 1276.7h。土壤为侏罗纪沙溪庙组紫色沙泥岩发育的灰棕紫泥水稻土,其土壤耕作层基本性质列于表 1。

表1 供试土壤的基本性质

Table 1 Basic properties of the studied soil

处理 Treatment	pH	有机质 O.M. (g/kg)	全N Total N (g/kg)	有效N Available N (mg/kg)	有效P Available P (mg/kg)	有效K Available K (mg/kg)
冬水田(中稻)	7.14	34.56	1.87	146	8.4	161.8
半旱垄作(中稻)	7.06	36.27	1.98	146	8.3	139.9
半旱垄作(稻麦)	6.80	40.63	2.31	177	22.6	123.6
水旱轮作(稻麦)	6.62	32.53	1.75	134	20.0	118.7

1.2 试验处理

试验是在不同耕种制度下紫色水稻土肥力演变长期定位试验田上进行的。1995 年选择三个处理:①冬水田(中稻):一季中稻,一年四季处于淹水状态;②半旱垄作(中稻):垄沟宽 0.35m,垄宽 0.25m,垄高 0.25m,一季中稻,垄埂一年四季处于浸润状态;③水旱轮作:水稻生长期稻田处于淹水状态,水稻收获后,开沟排水种植小麦等小春作物。1996 年又增设一个处理:④半旱垄作(稻麦):即在半旱垄作(中稻)基础上,冬季在垄埂上种植小麦等小春作物。

试验小区面积为 20m^2 ,重复四次。试验水稻品种为汕优 63 号。1995 年 5 月 15 日栽秧,8 月 21 日收

获。1996年5月23日栽秧,9月2日收获。栽秧前施底肥:尿素190kg/hm²,过磷酸钙500kg/hm²,氯化钾75kg/hm²;水稻分蘖期追施一次肥:尿素80kg/hm²,氯化钾75kg/hm²。1996年栽秧前还施人畜粪20000kg/hm²。

1.3 甲烷的采样与测定

甲烷气体采样采用静态箱法^[13]。箱高1m,底面51cm×51cm。水稻生长期每周采样两次,水稻收获后每周采样一次。样品甲烷浓度用气相色谱测定,FID作检测器。

2 结果与讨论

2.1 我国西南地区冬水田甲烷排放规律

2.1.1 冬水田甲烷排放通量 1995年5月15日~1997年5月15日两年对冬水田甲烷排放通量的测定结果(表2)表明,我国西南地区冬水田甲烷排放通量明显不同于世界上其它地区稻田甲烷排放情况。水稻生长期冬水田甲烷排放通量,1995年和1996年分别为16.10mg/m²·h和51.37mg/m²·h,两年的平均值为33.91mg/m²·h。除四川乐山地区稻田甲烷排放通量67.0mg/m²·h外,该结果是日前有关水稻生长期稻田甲烷排放通量报道中较高的记录。这就说,在水稻生长期,我国西南地区冬水田甲烷排放通量是目前世界上各类稻区各类利用方式下稻田甲烷排放通量最大的一类稻田^[1,15]。冬水田不仅在水稻生长期内排放甲烷,而且在每年长达250~280天的非水稻生长期(冬闲期)内仍在排放甲烷。1995年8月21日~1996年5月23日和1996年9月2日~1997年5月15日两次非水稻生长期,冬水田甲烷排放通量分别为10.55mg/m²·h和16.07mg/m²·h,其数值低于水稻生长期甲烷排放通量。但是,由于非水稻生长期长,其累积排放量接近或者甚至高于水稻生长期内的排放量。这样,使得冬水田甲烷年排放量成倍增大,1995年5月15日~1996年5月23日和1996年5月23日~1997年5月15日两年冬水田甲烷年累积排放量分别为107.78g/m²和225.78g/m²,平均值为165.82g/m²。因此,我国西南地区冬水田甲烷排放量,无论是水稻生长期的排放通量(mg/m²·h),还是年排放量(g/m²·a),均显著地高于世界上其它稻区的甲烷排放量。

表2 我国西南地区冬水田甲烷排放通量

Table 2 Fluxes of methane emission from the year-round flooded paddy field in southwest China

日期 Date	时间 (天数) Time (days)	采样次数 Number of sample (n)	排放通量 Flux (mg/m ² ·h)				排放量 Seasonal emission (g/m ²)
			变幅 Range	平均值 Mean	标准差 S. D.	变异系数 C. V.(%)	
1995.5.15~1996.5.23(一年)	373	43	0.47~54.52	12.04	8.24	62.5	107.78
水稻生长期(5.15~8.21)	100	26	0.47~33.03	16.10	7.78	48.3	38.64
非水稻生长期(8.21~5.23)	273	17	1.81~54.52	10.55	12.40	117.5	69.12
1996.5.23~1997.5.15(一年)	361	45	2.21~171.12	26.06	24.89	95.5	225.78
水稻生长期(5.23~9.2)	102	24	2.21~171.12	51.37	63.11	70.3	125.75
非水稻生长期(9.2~5.15)	259	21	3.66~46.68	16.07	12.16	75.7	99.89

2.1.2 冬水田甲烷排放的季节性 稻田甲烷的排放是由稻田土壤中甲烷的产生、再氧化以及传输共同作用的结果。甲烷的传输主要有三种路径,即植物体通气组织、水层冒气泡及水液体相扩散,其中 90% 以上的甲烷是通过植株体通气组织排放的。因而,稻田甲烷的排放量随稻田植物生长状态及生长环境的变化而发生显著改变。

(1) 水稻生长期。1995 年 5 月 15 日~1995 年 8 月 21 日间的水稻生长期 100 天里,稻田甲烷排放通量在 $0.47\sim 33.03\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ (图 1),变异系数为 64.5%,即在水稻生长期甲烷排放通量相差甚大。1995 年冬水田甲烷排放通量基本上属于三峰型,1995 年 5 月 25 日排放量为 $0.47\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$,以后随着水稻幼苗的生长逐渐增加,到 6 月 25 日达第一个峰值,峰值为 $24.85\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 。这个峰值产生的原因是这段时期气温适宜,一般在 $23\sim 26^\circ\text{C}$,水稻正是营养生长旺季,分蘖数达 11.2/株。水稻地上部良好生长为地下部生长创造了良好基础,水稻此时根的数量及长度随着分蘖的旺盛而增加到一定程度,根系发达,新陈代谢旺盛,包含有碳氢化合物、有机酸及氨基酸的根系分泌物大量分泌出来,而根系分泌物是产生甲烷的有机物来源,它们在土壤厌氧条件下被分解发酵成 CO_2/H_2 及乙酸(CH_3COOH),从而被产甲烷菌利用,产生较多甲烷^[7]。水稻地上部和地下部良好的生长也为土壤中产生的甲烷气体向大气的排放提供了较好的通道。随着分蘖期的结束,水稻进入孕穗期,即水稻植株由营养生长向生殖生长转化,水稻体内有机物开始主要向穗转移,根分泌的有机物数量相对下降,而且水稻根系在穗分化前后增加最快,根系细胞的氧化力相对较高^[16],使土壤中产生的甲烷被较快地氧化,因而造成 6 月底到 8 月中旬这段时期甲烷排放通量虽有小波动,但总趋势是下降的。直到 7 月底 8 月初,冬水田甲烷排放量上升到第二高峰,也是整个水稻生长期内的最高值,达到 $33.03\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 。此峰值产生原因是部分根系老化、死亡,根细胞的脱落,黑根的逐渐增多等都为土壤中产生甲烷菌的活动提供了理想碳源;其次,根系氧化力在抽穗期通常最低,根系氧化甲烷数量减少则有利于土壤中甲烷的累积。在水稻收获的前几天,即 8 月 17 日,甲烷排放达到第三高峰,此值很小,只有 $18.72\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$,主要是水稻根系腐烂、腐解引起的。

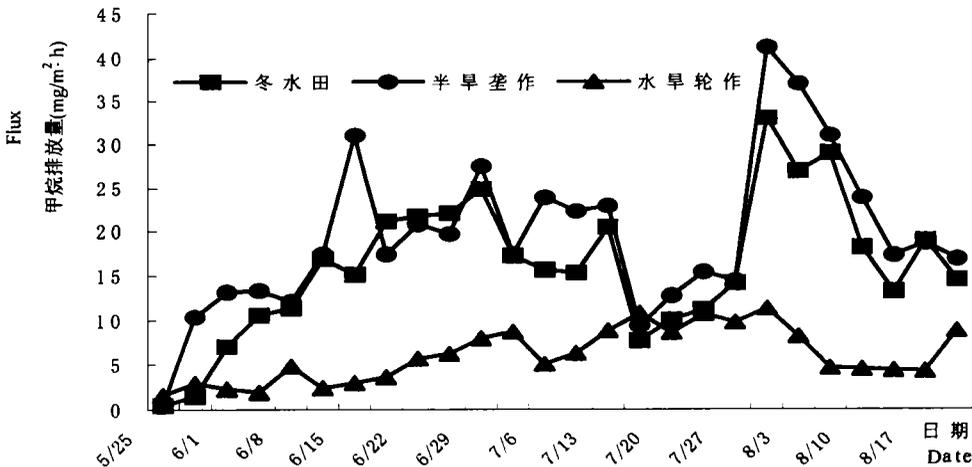


图 1 1995 年水稻生长期稻田甲烷排放量

Fig.1 Fluxes of methane emission from the rice paddy fields during the rice growing season in 1995

而 1996 年, 由于栽秧前增施了有机肥料, 使冬水田甲烷排放通量在 6 月 19 日前出现两个大的峰值, 6 月 3 日甲烷排放通量高达 $171.1\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ (图 2)。10 天以后, 再一次出现通量为 $112.8\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 的峰值。6 月 19 日以后, 施有机肥对冬水田甲烷排放的作用逐步平稳, 所显示的甲烷排放通量曲线仍与 1995 年的相似, 为三峰型, 只是各峰值出现的时间和数值大小不同而言。1995 年和 1996 年冬水田甲烷排放量最高月和最低月出现的时间相同, 最高月出现在 6 月, 1995 年为 $12.06\text{g}/\text{m}^2$, 1996 年为 $50.91\text{g}/\text{m}^2$; 最低月在 5 月, 1995 年为 $0.114\text{g}/\text{m}^2$, 1996 年为 $1.738\text{g}/\text{m}^2$ 。

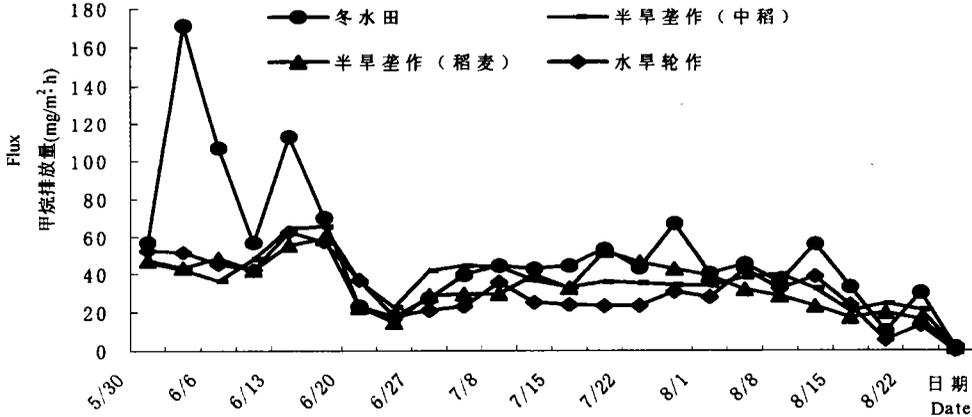


图 2 1996 年水稻生长期稻田甲烷排放量

Fig.2 Fluxes of methane emission from the rice paddy field during the rice growing season in 1996

从表 2 可知, 1996 年水稻生长期冬水田甲烷排放量明显比 1995 年高, 平均排放通量是 1995 年的 3.19 倍, 排放通量最高值比 1995 年高出 $138.07\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, 是 1995 年的 5.18 倍; 1996 年水稻生长期内的累积排放量为 $125.75\text{g}/\text{m}^2$, 而 1995 年水稻生长期内的累积排放量仅为 $38.64\text{g}/\text{m}^2$, 相差 3.25 倍, 造成甲烷排放量年际差异如此之大的原因部分是 1996 年栽秧前增施了有机肥, 施用有机肥能明显促进稻田甲烷的排放^{[1], [2]}, 其次是 1996 年水稻栽秧比 1995 年推迟了一周, 水稻生育期延长了 2 天, 其气温、土温、水稻的生长状态等都可能影响到稻田甲烷的排放。实际上, 王明星等 1988~1990 年在四川省乐山地区测定的单季中稻水稻生长期稻田甲烷排放量, 相差高达 13.3 倍^[3]。

(2) 非水稻生长期。非水稻生长期冬水田甲烷排放通量总体上低于水稻生长期, 其变异系数也明显小于水稻生长期。这主要是非水稻生长期期间气温、土温都明显比水稻生长期低, 也相对较为稳定, 从而使微生物的活性以及甲烷气体在土壤中的移动性都显著下降; 其次, 非水稻生长期植物的生长势也明显比水稻生长期差, 而稻田中生长的植物是稻田甲烷排放量的主要通道。但非水稻生长期冬水田甲烷的排放通量也表现出明显的规律性 (图 3~4)。1995 年水稻收获以后至 10 月中旬, 甲烷排放量相对较高在 $5.14 \sim 16.31\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 间, 其间有两个较明显高峰值, 9 月 7 日和 9 月 28 日分别为 $16.31\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 和 $12.45\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 。这一时段的甲烷排放量主要决定于稻田中再生稻、杂草的生长状况以及气温、土温的波动等。随后一直到 3 月下旬, 气温、土温均较低, 并且相对稳定, 甲烷排放通

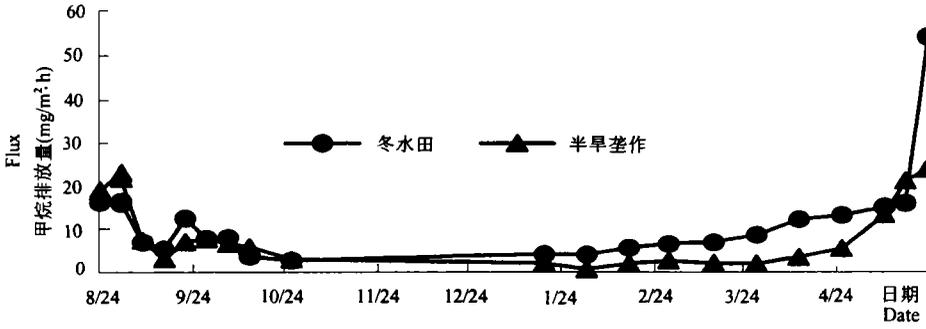


图 3 1995年非水稻生长期稻田甲烷排放量

Fig.3 Fluxes of methane emission from the rice paddy field during the non-rice growing season in 1995

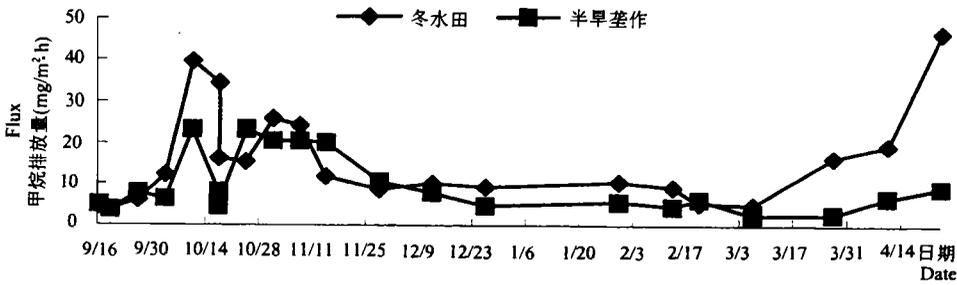


图 4 1996年非水稻生长期稻田甲烷排放量

Fig.4 Fluxes of methane emission from the rice paddy field during the non-rice growing season in 1996

量相对稳定地保持在 $2.51 \sim 8.81 \text{mg/m}^2 \cdot \text{h}$ 间; 3月中下旬以后, 随着气温、土温的逐步上升, 稻田中杂草的生长速率和生长量增大, 甲烷排放通量也随着升高, 至 5月 16日达到 $6.53 \text{mg/m}^2 \cdot \text{h}$ 。5月 23日甲烷排放量高达 $54.52 \text{mg/m}^2 \cdot \text{h}$, 与水稻栽秧前施用的人畜粪所含甲烷有关。

1996年非水稻生长期冬水田甲烷排放的规律性与1995年类似, 只是1996年的排放量明显比1995年高, 水稻收获后甲烷排放量峰值出现的时间明显延迟, 峰值也要高得多。

2.2 耕种制度对稻田甲烷排放的影响

改变冬水田耕种利用方式, 如将一季中稻的冬水田改为半旱垄作或者稻麦轮作, 能显著地改变冬水田生态环境及土壤条件^[17], 从而可以改变稻田甲烷的排放(表3和图1~4)。

首先, 耕种制度的不同直接影响稻田甲烷年累积排放量的大小。1995年5月15日~1997年5月15日的两年间, 半旱垄作(一季中稻)年甲烷累积排放量分别为 104.16g/m^2 和 150.07g/m^2 , 与冬水田甲烷全年累积排放量相比, 减少 3.36% 和 33.53%; 半旱垄作(稻麦)和水旱轮作(稻麦)在长达 250~280天的秋冬春时期里, 种植小麦、油菜等旱地作物, 土壤积水排干, 土壤水分含量通常在田间持水量的 70%~90% 范围内, 土壤处于氧化状态, 嫌气微生物(如甲烷生成菌)的活性受抑制, 这种状态下的土壤不会排放甲烷, 实际上这种状态的土壤还会消化一定量的甲烷。因而, 半旱垄作(稻麦)和水旱轮作(稻麦)只是在水稻

表3 耕种制度对稻田甲烷排放的影响

Table 3 Effect of tillage—cropping systems on methane emission from the rice paddy fields

日期 Date	冬水田(中稻) Year-round flooded paddy field		半旱垄作(中稻) Ridge culture (semilate rice)		半旱垄作(稻麦) Ridge culture (rice-wheat)		水旱轮作(稻麦) Paddy-upland rotation (rice- wheat)	
	(mg/m ² ·h)	(g/m ²)	(mg/m ² ·h)	(g/m ²)	(mg/m ² ·h)	(g/m ²)	(mg/m ² ·h)	(g/m ²)
1995.5.15~1996.5.23(一年)	12.04	107.78	11.64	104.16				12.89
水稻生长期(5.15~8.21)	16.10	38.64	19.54	46.90			5.37	12.89
非水稻生长期(8.21~5.23)	10.55	69.12	8.74	57.26				
1996.5.23~1997.5.15(一年)	26.26	225.78	17.32	150.07		82.86		77.38
水稻生长期(5.23~9.2)	51.37	125.75	36.72	89.90	33.85	82.86	31.61	77.38
非水稻生长期(9.2~5.15)	16.07	99.89	9.68	60.17				

生长期内才排放甲烷, 甲烷年累积排放量也就是水稻生长期内的排放量。当再次淹水种植水稻时, 封闭于土壤孔隙中的部分氧气能增加土壤对甲烷的氧化力, 从而, 也可能减少稻田甲烷的排放。1995年5月15日~1997年5月15日两年, 水旱轮作(稻麦)年甲烷累积排放量为 12.89g/m²和 77.38g/m², 比同期冬水田甲烷排放量减少 88.04% 和 65.73%; 1996年5月23日~1997年5月15日间, 半旱垄作(稻麦)的年甲烷累积排放量为 82.86g/m², 分别只为同期冬水田和半旱垄作(中稻)甲烷排放量的 36.7% 和 55.2%。

其次, 耕种制度还影响到稻田甲烷排放通量的大小。与冬水田甲烷排放通量(mg/m²·h)比较, 1995年水稻生长期内半旱垄作(中稻)的甲烷排放通量相对较高, 而1996年水稻生长期内半旱垄作(中稻)的甲烷排放通量比冬水田低。出现这种两年测定结果不一致的原因是1995年水稻生长期内降雨量大, 降雨次数多, 致使半旱垄作(中稻)的垄埂长时间处于淹水状态, 没有起到半旱垄作增强土壤与大气间气体交换的作用, 同时, 垄作水稻生长状态又明显优于冬水田水稻, 这可能有助于甲烷的排放。1996年半旱垄作(中稻)的水分管理被严格地控制在浸润状态, 垄埂顶部土壤暴露在空气中, 有利于土壤空气与大气之间的气体交换^[16], 从而抑制了稻田甲烷的生成。在非水稻生长期, 实验区的降雨量和降水次数都明显低于水稻生长期, 半旱垄作(中稻)的垄埂土壤处于浸润状态, 其甲烷排放通量在两个冬闲期均低于冬水田甲烷排放通量。

在半旱垄作(稻麦)和水旱轮作(稻麦)两种耕种制度下, 水稻生长期内稻田甲烷排放通量也明显比冬水田低, 其中, 尤以水旱轮作水稻生长期甲烷排放通量最低, 1995年和1996年分别只占冬水田甲烷排放通量的 33.35% 和 61.53%。1996年半旱垄作(稻麦)水稻生长期甲烷排放通量也只占冬水田的 65.89%。这是由于半旱垄作(稻麦)和水旱轮作(稻麦)水稻收获后排水种植小麦等旱地作物, 土壤暴露在空气中, 土壤氧化还原电位提高, 一些还原性物质通过各种氧化过程而被转化为氧化态, 如铵态氮通过硝化过程而转变为硝态氮, 低价 Mn²⁺ 和 Fe²⁺ 被氧化为高价 Mn、Fe。土壤处于氧化状态的时间越长, 这些还原物质的氧化就越彻底, 第二年淹水还原这些物质所需的时间也就越长, 从而显著地减少稻田甲烷的排放。改变冬水田的耕作制度, 采用半旱垄作(稻麦)和水旱轮作(稻麦)是减少

我国西南地区冬水田甲烷排放量最有效的方法之一。

参 考 文 献

1. 蔡祖聪. 土壤痕量气体研究展望. 土壤学报, 1993, 30(2):117~124
2. 朱玖, 田洪海, 李金龙等. 大气甲烷的源和汇. 环境保护科学, 1996, 22(2):5~9
3. 王明星, 戴爱国, 黄俊等. 中国 CH_4 排放量的估算. 大气科学, 1993, 17(1):52~64
4. Akira Watanabe. Methane production and its fate in paddy soils. Soil Sci. Plant Nutr., 1995, 41(2):225~233
5. 吴海宝, 叶兆杰. 我国稻田甲烷排放量的初步估算. 中国环境科学, 1993, 13(1):76~80
6. 陈德章, 王明星, 上官行健等. 我国西南地区的稻田甲烷排放. 地球科学进展, 1993, 8(5):47~54
7. 王明星, 李晶, 郑循华. 稻田甲烷排放及产生、转化、输送机理. 大气科学, 1998, 22(4):600~612
8. 郑循华, 王明星, 王跃思等. 华东稻田 CH_4 和 N_2O 排放. 大气科学, 1997, 21(2):231~237
9. 上官行健, 王明星, 沈壬兴等. 我国华中地区稻田甲烷排放特征. 大气科学, 1994, 18(3):358~365
10. 陶战. 我国不同地区稻田甲烷排放量及控制措施. 农业环境保护, 1998, 17(1):1~7
11. 谢小立, 王卫东, 上官行健等. 施肥对稻田甲烷排放的影响. 农业生态环境(学报), 1995, 11(1):10~14
12. 闵航, 陈美慈, 钱泽澍. 水稻田的甲烷释放及其生物学机理. 土壤学报, 1993, 30(2):125~130
13. 蔡祖聪, 徐华, 卢维盛等. 冬季水分管理方式对稻田 CH_4 排放量的影响. 应用生态学报, 1998, 9(2):171~175
14. 蔡祖聪, 沈光裕, 颜晓元等. 土壤质地、温度和 Eh 对稻田甲烷排放的影响. 土壤学报, 1998, 35(2):145~154
15. Cai Zu Cong. Category for estimate of CH_4 emission from rice paddy fields in China. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 1997, 49:171~179
16. 卢婉芳, 陈苇. 稻田 CH_4 排放的研究进展. 中国农学通报, 1995, 11(3):38~41
17. 魏朝富, 高明, 车福才等. 浸润垄作稻田土壤生态系统的研究. 生态学杂志, 1993, 12(3):26~30

EFFECTS OF TILLAGE-CROPPING SYSTEMS ON METHANE EMISSIONS FROM YEAR-ROUND FLOODED PADDY FIELD IN SOUTHWEST CHINA

Wei Chao-fu Gao Ming Huang Qin Che Fu-cai Yang Jian-hong Xie De-ti

(*Southwest Agricultural University, Chongqing 400716*)

Cai Zu-cong Xu Hua

(*Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008*)

Summary

Fluxes of methane emission from the year-round flooded paddy field and tillage-cropping systems effects were investigated for two years from 15 May 1995 to 15 May 1997 in field in Southwest China. The results showed that fluxes of methane emission from the year-round flooded paddy field during the rice growing seasons varied from $0.47 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{h}$ to $171.12 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{h}$, and averaged $33.91 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{h}$. But, it was the most important and the most remarkable that there were $2.51 \sim 54.42 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{h}$ of methane emission fluxes, averagely $13.24 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{h}$ during the nonrice growing season from 250 days to 280 days yearly. So, the year-round flooded paddy field with $165.82 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ of methane emission flux was the one of largest methane emission flux in varieties of paddy fields in the world now. The ridge culture (semilate rice) could reduce yearly methane emission fluxes in rice paddy field by 3.36% in 1995 and 33.53% in 1996 compared with the year-round flooded paddy field. The mean fluxes of methane emission in the paddy fields under the ridge culture (rice-wheat) system and under the paddy-upland (rice-wheat) rotation system during the rice growing seasons were lower than those under year-round flooded paddy field, and yearly fluxes of methane emission only accounted for 36.7% and 11.96%~34.27% of those under year-round flooded paddy field at the sametime. The ridge culture (rice-wheat) system and the paddy-upland (rice-wheat) system were one of the most effective methods for reducing flux of methane emission from the year-round flooded paddy field in Southwest China.

Key words Methane emission flux, Paddy field, Year-round flooded paddy field, Tillage-cropping system