

土壤理化条件变化对含硫气体释放的影响*

乔维川, 席淑琪, 张晋华, 杨震 (南京理工大学环境科学与工程系, 南京 210094, E-mail: yangz@mail.njust.edu.cn)

摘要: 研究在不同的室内培养条件下, 土壤的各种物理化学条件对含硫气体释放的影响. 结果表明, 土壤在含水率为50%~75%, pH= 3. 25~ 8. 62, 较大的C·N条件下, 各含硫气体的释放量较大. 而光照条件对于不同的硫源释放含硫气体的情况各有不同. 环境条件通过改变微生物的活动改变了各硫源的生化分解的产硫量.

关键词: 土壤, 物理化学, 挥发性硫气体, 释放.

中图分类号: X144 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2000)01-0078-03

The Influences of Physico-chemical Factors on the Emission of Volatile Sulfur Gases from Soil

Qiao Weichuan, Xi Shuqi, Zhang Jinhua, Yang Zhen (Department of Environmental Science and Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China E-mail: yangz@mail.njust.edu.cn)

Abstract: In this paper, the influences of physico-chemical factors on the emissions of volatile sulfur gases from soil were investigated under different incubation conditions. The results showed that under 50%~75% of water content, pH= 3. 25~ 8. 62, more ration of organic carbon and nitrogen, sulfur gases emitted more; and under different light, emission was different from different sulfur sources. It was concluded that the reason of different emission was that environmental condition changed the amount of sulfur emission by changing activities of the microbes.

Keywords: soil, physico-chemical, volatile sulfur gases, emission.

挥发性含硫气体是自然界硫循环的重要组成部分, 对环境有着较大的影响^[1,2]. 据估计^[3], 全球含硫气体释放总量约为36~110Tg/a(1Tg=10¹²g). 土壤是含硫气体释放的主要来源之一, 大约为7~77Tg/a^[4]. 从土壤中所释放的含硫气体主要为H₂S、COS、CS₂、CH₃SH、DMS和DMDS^[5]. 其中COS、DMS和CS₂被认为是内陆土壤释放的主要硫化合物, 其释放总量可达0.3~0.8Tg/a^[6]. 由于土壤中存在许多不确定因素, 因而目前对土壤含硫气体的释放情况了解得还不多. 本文通过在土壤中添加不同硫源并对其进行室内模拟培养, 研究物理化学条件对土壤含硫气体释放的影响.

1 实验方法

(1) 实验仪器与药品 GC-6000A 型气相

色谱仪, 火焰光度检测器, 全自动培养箱, 电光分析天平, 数字式pH计, 浓盐酸(化学纯), KOH(分析纯).

(2) 土样的采取与制备 土样(理化性状见表1)取自南京东郊水稻田表层淹土(0~10cm)以及旱地土(黄棕壤). 把土样通风晾干, 拣去石块、根茎等杂物, 研细后用直径1mm的筛子过筛, 充分混合后用四分法取出一部分作测定土壤成分之用, 其余放入广口瓶备用.

表1 土样的理化性状

土类	OC/%	TN/%	TS/%	pH 值
水稻土	1.85	0.16	0.15	7.49
旱地土	1.17	0.12	0.12	7.54

* 国家自然科学基金资助项目(Project Supported by the National Natural Science Foundation of China): 29677007
作者简介: 乔维川(1973~), 男, 硕士研究生.
收稿日期: 1999-03-31

(3)土壤含水量的影响 在4只培养瓶中同时添加土样20g,再分别加入胱氨酸、半胱氨酸、硫酸二乙酯各100mg,甲硫氨酸3mg,每只培养瓶中添加不同的水量(添加方法见表2).

表2 培养瓶中的水量添加方法

持水状态	半干土	半湿土但不饱和	饱和但未淹水	淹水
含水率/%	25	50	75	150
含水量/ml	5	10	15	30

土样在35℃下昼夜24h光照培养,并测定培养瓶中顶空硫气体的组成.以下的光照培养均与此相同.

(4)土壤pH值的影响 取4只培养瓶,土样20g,含水量30ml,测定时间10min,硫源的添加同(3),分别用HCl和NaOH调节出4种不同的pH值.将4份土样在光照条件下培养.

(5)土壤类型的影响 实验采用水稻淹土和旱地土(黄棕壤),称取不同土样(旱地土,水稻土)20g,分别倒入培养瓶,再分别加入68mg甲硫氨酸,150mg胱氨酸,250mg半胱氨酸,各加入30ml蒸馏水,在光照条件下培养.

(6)光照条件的影响 分别准确称取半胱氨酸,胱氨酸,硫酸二乙酯100mg,甲硫氨酸3mg,土样20g,蒸馏水30ml(含水率150%)各2组,分别在无光照和光照条件下对照培养.

2 结果分析与讨论

2.1 土壤含水率对硫释放的影响

表3表明,硫源释放含硫气体的最佳含水率为50%~75%,这也是土壤中微生物生长的较适宜的含水条件^[7],当含水率继续增大时,由于微生物多为微需氧型或兼性厌氧型微生物,因而微生物活性受到抑制甚至死亡,导致硫释放减少.

由表3也可知,由于氨基酸是微生物的营养物质,有利于其生长,因而硫释放也较大.

表3 含水率对含硫气体累积释放量的影响/(ng·g⁻¹)

含水率/%	25	50	75	150
胱氨酸	196	5340	4590	730
半胱氨酸	132	6954	5464	1305
甲硫氨酸	762	5936	3271	2265
硫酸二乙酯	81	1137	897	474

2.2 土壤pH-Eh值对硫释放的影响

pH对土壤中硫源分解产生含硫气体有较

大影响(表4),各硫源产生各种硫气体的最适pH范围大致为3.25~8.62(表5).

表4 pH值对含硫气体累积释放量的影响/(ng·g⁻¹)

pH	3.25	5.22	7.33	8.62
胱氨酸	212	487	238	401
半胱氨酸	407	662	1311	170
甲硫氨酸	3198	3475	1196	1251
硫酸二乙酯	226	1557	583	201

土壤在中性偏酸的环境下硫释放较多,这与土壤中微生物有其适宜生长的pH值相一致^[7].在酸性条件下,出现含硫气体衰减较慢的现象可能是由于此时培养瓶中OH⁻自由基较少;H₂S, DMS, CH₃SH的释放初始时间较长,这可能是由于微生物休眠期芽孢复苏期长的缘故.

表5 产硫微生物的最适pH值范围

添加物质	胱氨酸	半胱氨酸	甲硫氨酸	硫酸二乙酯
COS	7.09~7.33	7.1~7.9	3.5~6.9	5.5~6.31
H ₂ S	5.22~6.72	3.5~7.5		5.5~6.72
CS ₂	3.25~5.87	3.5~6.6		3.5~4.51
CH ₃ SH	3.25~5.87	3.5~6.61	3.5~6.9	5.5~6.72
DMS	7.09~8.62	7.09~7.9	7.35~8.50 3.5~6.43	5.5~6.72
DMDS			3.5~6.9	

2.3 土壤类型对硫释放的影响

土壤类型的不同,肥料的添加都会使土质发生改变,这是造成各种土壤含硫气体释放量不同的重要因素(表6).

表6 不同土壤释放含硫气体的最高累积量/(ng·g⁻¹)

含硫气体	甲硫氨酸		胱氨酸		半胱氨酸	
	水稻土	旱地土	水稻土	旱地土	水稻土	旱地土
COS	675	189	3026	1822	1541	665
H ₂ S	12	15	101	585	841	1350
CS ₂	0	0	46	18	108	81
CH ₃ SH	*	*	33	65	351	104
DMS	237	*	21	26	35	0.5
DMDS	1088	*	0	0	0	0

* 超过GC检测限

表6表明,不同硫源在不同类型土壤中的含硫气体释放量各不相同.水稻土中有机碳及全氮量高于旱地土,且C:N较大,土壤中微生物数量也略多,但等量同种硫源在水稻土中释放的含硫气体量并非都高于在旱地土中的释放量.比如,当甲硫氨酸作硫源时,只有COS,

CH₃SH 在水稻土中释放多于旱地土;当胱氨酸作硫源时,只有 COS、CS₂ 在水稻土释放较多;当半胱氨酸作硫源时,COS、CS₂、CH₃SH、DMS 由水稻土中释放较多.

为了说明有机碳源和氮源对土壤中硫源分解释放含硫气体的影响,通过在水稻土中添加葡萄糖(有机碳源)、硝酸铵(氮源)来检测分析(表7).

表7 有机碳源和氮源释放 COS 的最高累积
释放量/ng·g⁻¹

添加物	无	胱氨酸	半胱氨酸	甲硫氨酸	硫酸二乙酯
无		187	194	2219	130
葡萄糖(4g)	2600	3054	2837	2140	2184
硝铵(0.54g)	351	498	456	122	359

表7表明,葡萄糖(有机碳源)和硝酸铵(氮源)的加入使土壤的 C·N 比改变,土壤对微生物的养料供应情况相应发生了变化,这使不同种类微生物的活性和竞争能力发生了改变,最终导致含硫气体释放的变化.结果显示,有机碳的加入使含硫氨基酸分解产生的大部分含硫气体的释放量增加,而它对硫酸二乙酯分解的影响恰恰相反.在水稻土中添加一定量的硝酸铵(氮肥)可以大大降低含硫气体的释放量,从而改善还原性含硫气体对植物根系的毒害,这对农业生产有较为重要的指导意义.

2.4 光照条件的变化对硫释放的影响

不同光照条件下各含硫气体释放的情况见表8.

表8 各硫源在不同光照条件下各含硫气体的
最高累积释放量/ng·g⁻¹

培养条件	培养方式	COS	H ₂ S	CS ₂	CH ₃ SH	DMS
半胱氨酸	非光照	189		13		
	光 照	212	22	83	49	
胱氨酸	非光照	1123		21	52	
	光 照	98	25	51	55	
硫酸二乙酯	非光照	602		27	76	
	光 照	196		30		
甲硫氨酸	非光照	431			759	678
	光 照	768			679	1060

表8表明,无光照条件与有光照相比,不少含硫气体的释放量有较大的改变,共存在4种释放变化情况:①不释放;②释放量减少;③释放量相差不大;④释放量增大.原因可能是微生物的光能营养型与化能营养型的不同,当微生物

营养类型为严格光能营养时,在无光照条件下不释放含硫气体,当微生物是化能营养型时,在无光照条件下,由于没有光能微生物与之竞争,它的代谢较为旺盛,释放量增大,当然微生物还存在着兼性营养型.当有光照时,它们主要以光能作能量,在无光照条件下,则以化学能作为能量.至于有些兼性微生物,光照对其影响不大;而有些兼性微生物如利用化学能则代谢较缓慢,造成释放量减少.

3 结 论

(1)土壤含水率在50%左右较适于大部分硫源的含硫气体释放.

(2)土壤中分解不同硫源产生各种含硫气体的微生物各有其生长的适宜 pH 值范围,大致为3.25~ 8.62.

(3)土质不同使硫源分解产生各种含硫气体的量不同,土壤中较大的 C·N 会使硫释放增大,一定量硝铵氮肥的施加则能明显抑制含硫气体释放.

(4)光照条件对不同硫源释放含硫气体的影响各有不同.

参考文献

1 J H·塞恩菲尔德.空气污染-物理化学基础.北京:科学出版社,1986.34~ 43

2 Anderson T L, Wolfe G V et al. Biological sulfur, clouds and climate. Encyclopedia of Earth System. Science, 1992, 1: 363~ 375

3 Adams F D, Farwell S O. Biogenic sulfur source strengths. American Chemical Society, 1981, 15 (12): 1493~ 1498

4 Mianam i K et al. Volatilization of carbonyl sulfide from paddy soils treated with sulfur-containing substances. Soil Sci Plant Nutr., 1981, 27: 339~ 345

5 Staubes R et al. Flux of COS, DMS and CS₂ from various soils in Germany. Tellus, 1989, (41B): 305~ 313

6 Andreae M O et al. Exchange of sulphur between biosphere and atmosphere over temperate and tropical regions. In: Sulphur Cycling on the Continents, Eds. Howarth R W et al., SCOPE: John Wiley & sons Ltd, 1992, 27~ 61

7 陈文新.土壤和环境微生物学.北京:北京农业大学出版社,1989.11~ 12, 418~ 439