

中国亚热带、热带泥炭形成的水热条件 与微生物分解相关性

白光润¹, 王淑珍², 高峻¹, 于金莲¹

(1. 上海师范大学 旅游学院, 上海 200234; 2. 上海师范大学 生命与环境科学学院, 上海 200234)

摘要: 泥炭是由于植物残体积累大于微生物分解量的结果, 两者都与水热条件有密切关系, 是特殊水热条件组合长期持续的产物。作者对中国亚热带、热带地区6省(市)9个观测点进行了46次野外定点观测工作, 通过大量实测数据, 探明泥炭累积与植物生长、微生物分解与气候、地表水、酸碱环境的关系。初步进行了地表积水环境的大气湿度与水中溶氧量的关系的研究。证明大气湿度影响水中的溶解氧, 溶解氧影响到微生物分解, 从而制约泥炭的累积, 探讨了环境中草本植物分解与水热条件和微生物区系的相关性, 揭示了亚热带草本泥炭形成的生物-环境机制。

关键词: 亚热带; 热带; 泥炭; 水热条件; 微生物分解

中图分类号: X144 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-5137(2004)03-0091-07

泥炭的形成是各种自然因素综合作用的结果, 而水热条件是泥炭形成的决定性因素。水分和热量直接影响沼泽植物种类、生长发育、微生物的分解量、分解强度、泥炭累积, 并决定沼泽的水文条件。

本研究从1999年7月~2002年7月通过对中国上海师范大学校园、上海崇明岛陈家镇、江苏昆山阳澄湖畔、浙江安吉龙王山、云南昆明角水湖、云南滇池草海、广东湛江遂溪、海南文昌、海南南山亚热带、热带地区6省(市)9个观测地点进行了46次野外定点观测工作, 探讨了环境中草本植物分解与水热条件和微生物区系的相关性, 揭示了亚热带草本泥炭形成的生物-环境机制。

1 材料与方法

1.1 同步定位观测地点的地理位置及区域环境(见表1)。

1.2 试验材料

苔草(*Carx scabrifolia*)。

1.3 材料处理方法

苔草洗净 → 切成1cm → 烘干 → 称重(干重10g) → 装入尼龙网袋(口径0.5mm) → 分别置于观测点 → 终重(4个样的平均值)

置放时间分别为1999年7月~2001年7月; 位置分别为: 地上: 地表5cm土壤中; 水下: 0.3m水中; 底泥: 水下0.3m底泥中。

收稿日期: 2004-05-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(49872052)。

作者简介: 白光润(1943-), 男, 上海师范大学旅游学院教授。

表1 定位观测地点的地理位置及区域环境

实测地点	纬度	经度	海拔高度(m)	平均温度(°C)		各月积温(°C)		RH(%)	
				多年平均	观测年	多年平均	观测年	多年平均	观测年
上海崇明陈家镇	N31°50′	E121°55′	1	16.8	17.2	201.3	206.2	77	77
江苏昆山阳澄湖	N31°10′	E121°26′	3	16.5	17.1	198.0	205.2	78	77
浙江安吉龙王山	N30°22′	E119°21′	1500	8.5	8.7	93.5	95.7	83	83
云南昆明角水湖	N25°01′	E102°41′	1895	14.9	15.6	179.0	187.5	72	70
云南滇池草海	N24°52′	E102°35′	1800	15.1	15.7	181.2	188.4	72	71
广东湛江遂溪	N24°52′	E102°35′	7	24.4	23.8	279.9	285.3	78	80
海南文昌	N19°37′	E110°45′	21	22.0	24.1	264	289.2	87	80
海南三亚南山	N18°14′	E109°31′	6	26.0	26.3	310.0	315.0	88	79

多年平均:1950~2000,观测年:2000年

1.4 取样

在规定时间、规定地点,分别采用保温瓶保藏,取水样、苔草样,于冷藏(3°C~4°C)保存待分析。

1.5 样品的菌相、菌量分析

1.5.1 好氧细菌、放线菌、真菌的分析

取水样分别以牛肉膏蛋白胨、高氏1号、马丁氏培养基进行稀释涂布平板法。

1.5.2 厌氧菌的分析

厌氧罐法。

1.6 试验材料(苔草)

不同观测地点、同一置放位置,试验材料(苔草)两年分解量的比较,采用单因素方差分析法。

2 结果与讨论

2.1 材料置放、取样时间及分解状况(见表2)。

表2 材料置放、取样时间及分解状况

地点	置样时间 (年.月)	原重 (g)	取样 时间	终重 (g)	分解量* (平均值)	两年分解量 (%)	pH**	泥炭形成湿热比 (V***)
上海崇明陈家镇	1999.7	10	2000.7	5.00	50.0	66.0	6.8	0.0095
			2001.7	3.38	32.3			
江苏昆山阳澄湖	1999.7	10	2000.7	5.20	48.0	63.8	7.1	0.0133
			2001.7	3.62	30.3			
浙江安吉龙王山	1999.7	10	2000.7	7.3	27.0	43.1	5.9	0.0331
			2001.7	5.69	22.0			
云南昆明角水湖	1999.7	10	2000.7	7.20	28.0	44.1	6.7	0.0107
			2001.7	5.59	16.8			
云南滇池草海	1999.7	10	2000.7	7.10	29.0	46.1	6.8	0.0106
			2001.7	5.39	17.1			
广东湛江遂溪	1999.7	10	2000.7	3.50	65.0	77.0	7.1	0.0090
			2001.7	2.30	34.1			
海南文昌	1999.7	10	2000.7	3.86	61.4	71.3	6.6	0.0140
			2001.7	2.87	25.7			
海南三亚南山	1999.7	10	2000.7	0.48	95.2	95.4	7.0	0.0923
			2001.7	0.46	4.8			

* 同一地点,相同置放位置,不同点分解量平均值; ** 水中; *** $V = (S - 56\%) / T$ (V:泥炭形成湿热比,S: >0°C期间平均相对湿度,T: >0°C期间平均气温)

泥炭的累积受环境条件的制约. 泥炭形成于积水的沼泽环境中, 研究观测证明, 水中的环境比地表环境, 分解缓慢, 因为积水的环境, 处于嫌气状态, 微生物分解缓慢, 且积水低洼也有利于植物残体的聚集和累积, 不受外力(风、流水、动物、人)的搬运和干扰.

2.2 不同地点同一置放位置试验材料(苔草)两年分解量的方差分析(表3~5)

表3 不同地点同一置放位置两年(1999年7月~2001年7月)分解量(%)

	上海崇明 陈家镇	江苏昆山 阳澄湖	浙江安吉 龙王山	云南昆明 角水湖	云南滇池 草海	广东湛江 遂溪	海南文昌	海南三亚 南山	合计
1	66.0	62.6	37.7	46.1	48.2	78.9	70.2	94.4	
2	65.1	63.7	45.4	43.2	44.4	76.2	73.5	92.1	
3	66.2	64.0	43.2	40.7	43.5	77.6	71.6	96.3	
4	66.7	65.5	46.1	46.4	48.4	75.3	69.9	98.3	
$\sum x$	264.0	255.8	172.5	176.4	184.5	308.0	285.2	381.6	2028.00
n	4	4	4	4	4	4	4	4	32
\bar{x}	66.0	63.6	43.1	44.1	45.1	77.0	71.3	95.4	63.35
$\sum x^2$	17425.34	16363.70	7173.90	7800.90	8529.51	23723.81	20342.86	36426.90	138086.92

$$C = 128524.50$$

$$SS_T = 9562.42$$

$$SS_i = 9441.67$$

$$SS_e = 120.75$$

$$df_T = 31$$

$$df_i = 7$$

$$df_e = 24$$

$$St^2 = 1348.81$$

$$Se^2 = 5.03$$

$$F = 268.15$$

$$F_{0.05}(7, 24) = 2.42$$

$$F_{0.01}(7, 24) = 3.50$$

$$F > F_{0.01}$$

$P < 0.01$, 说明8个地点同一置放位置两年分解量的百分率差异非常显著.

表4 不同地点同一置放位置两年分解量的方差分析表

变异原因	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
地点间	7	9441.67	1348.81	268.15**	2.42	3.50
年代间	24	120.75	5.03			
总变异	31	9562.42				

最小显著差数法检验.

$$Sx_1 - x_2 = 1.59 \quad df = 24 \quad t_{0.05} = 2.064 \quad t_{0.01} = 2.797 \quad LSD_{0.05} = 3.28 \quad LSD_{0.01} = 4.$$

45

各地点间差数见表5

表5 不同地点同一置放位置两年分解量比较

地点	江苏昆山 阳澄湖	浙江安吉 龙王山	云南昆明 角水湖	云南滇池 草海	广东湛江 遂溪	海南文昌	海南三亚 南山
上海崇明陈家镇	2.2	22.9**	21.9**	19.9**	11.0**	5.3**	29.4**
江苏昆山阳澄湖		20.7**	18.8**	17.7**	13.2**	7.5**	31.6**
浙江安吉龙王山			1.0	3.0	33.9**	28.2**	52.2**
云南昆明角水湖				2.0	32.9**	27.2**	52.3**
云南滇池草海					30.9**	25.2**	49.3**
广东湛江遂溪						5.7**	18.4**
海南文昌							24.1**

** 两地间差异极显著

由表3可见上海周边两地(上海崇明陈家镇与江苏昆山阳澄湖)差异不显著, 两者与其他地方均呈

极显著差异;浙江安吉龙王山与其他地方也均呈极显著差异;云南昆明角水湖与浙江安吉龙王山和云南滇池草海差异不显著,但与其他地方均呈极显著差异;云南滇池草海与浙江安吉龙王山差异不显著,但与其他地方均呈极显著差异;广东湛江遂溪、海南文昌、海南三亚南山与其他所有地方均呈极显著差异。

2.3 不同地点、分解残余量与 $>0^{\circ}\text{C}$ 期间平均气温的相关性(见图 1)

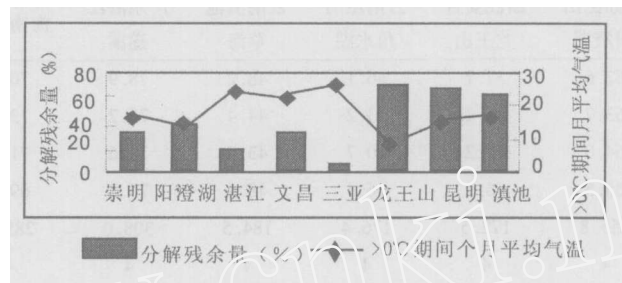


图 1 分解残余量与 $>0^{\circ}\text{C}$ 期间月平均气温的相关性

2.4 不同地点、分解残余量与 $>0^{\circ}\text{C}$ 期间平均相对湿度的相关性(见表 1, 图 2)

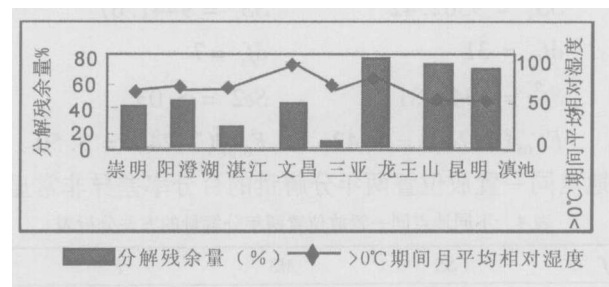


图 2 分解残余量与 $>0^{\circ}\text{C}$ 期间平均相对湿度的相关性

2.5 不同地点、分解残余量与 $>0^{\circ}\text{C}$ 期间月温积的相关性(见图 3)

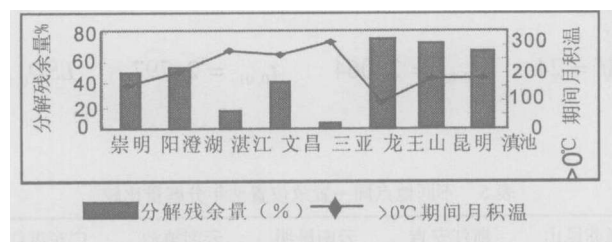


图 3 分解残余量与 $>0^{\circ}\text{C}$ 期间月温积的相关性

2.6 $>0^{\circ}\text{C}$ 期间平均气温、积温、分解量随纬度变化率(见表 6)

表 6 $>0^{\circ}\text{C}$ 期间平均气温、积温、分解量随纬度变化率

地点	$>0^{\circ}\text{C}$ 期间平均气温随纬度变率	$>0^{\circ}\text{C}$ 期间积温随纬度变率	分解量随纬度变率
三江平原*—上海	$0.210^{\circ}\text{C}/1$ 纬度	$7.0^{\circ}\text{C}/1$ 纬度	0.96% / 1 纬度
上海—三亚	$0.68^{\circ}\text{C}/1$ 纬度	$8.0^{\circ}\text{C}/1$ 纬度	3.35% / 1 纬度

* 前一个课题(水热组合关系和沼泽植物的生物学特性决定泥炭的形成机制)的研究数据

泥炭的分布调查结果,有的沼泽、浅湖累积泥炭,有的则不累积泥炭,其原因取决于温度、空气湿度(水中的湿度都是 100%)。研究选取的指标是 $>0^{\circ}\text{C}$ 期间平均气温和这期间的平均相对湿度。如图 2 所

示, 热带的广东、海南沿海地区一年内基本分解, 而地处海南岛东部湿润地带的文昌则出现一个小的泥炭累计高峰, 这显然是空气湿度高所致. 上海、昆山一带虽然人类破坏严重, 但就是在平原地区依然可以看到大片薄层泥炭. 研究证明“水热对比制约泥炭形成”.

由图 1~3 与表 4 可见:

(1) 同是东部沿海平原丘陵地区从寒温带至亚热带(三江平原—上海) $>0^{\circ}\text{C}$ 期间平均气温和分解量随纬度增加缓慢; 从亚热带至热带(上海—三亚) $>0^{\circ}\text{C}$ 期间平均气温和分解量随纬度增加迅速, 后者更为明显(表 4), 当年就基本分解掉. 这表明温室效应造成增温, 亚热带至热带碳消耗巨大. 温室效应一旦加强, 年均温提高 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$, 亚热带、热带的泥炭将迅速分解, 沿海地区湿地储存的炭将全部向大气转化.

(2) 湿度对泥炭形成影响显著, 文昌 $>0^{\circ}\text{C}$ 期间平均气温处于三亚和湛江之间, 差异较小, 但其湿度有所增加即造成泥炭大量累积, 这表明泥炭对湿度的表征比温度更敏感, 是很值得研究的课题.

(3) 亚热带 1000m 以上高山上普遍积累泥炭, 除温度低的因素以外, 与高山气压低溶解氧含量少有关.

3.1 观测点水样菌相、菌量分析结果(见表 7)

由于沼泽池水中菌最大数量值在 7 月, 故取样在此时.

表 7 不同地点不同位置 3 年(2000 年 7 月, 2001 年 7 月, 2002 年 7 月)水样(均为晴天)的菌相、菌量

		龙王山	崇明岛	阳澄湖	湛江	三亚	昆明	滇池	文昌
水中 (个/mL)	H	12×10^3	18×10^4	16×10^4	12×10^5	27×10^5	11×10^2	35×10^2	7×10^5
	Y	505	660	809	990	28×10^4	45	10^0	987
	F	61	90	58	170	50×10^2	60	198	146
	Z	75	88	89	161	50×10^2	81	190	187
微生物总量		12×10^3	18×10^4	16×10^4	12×10^5	27×10^5	12×10^2	35×10^2	7×10^5

H: 好氧细菌, Y: 厌氧菌, F: 放线菌, Z: 真菌(均为 $\Sigma 5$ 个平板/年的平均值/3 年的均菌量)

表 8 不同地点不同位置微生物总菌量(1×10^7)

	龙王山	崇明岛	阳澄湖	湛江	昆明	滇池	文昌	三亚
水中(个/ml)	0.0012	0.018	0.016	0.12	0.00012	0.00035	0.07	0.27
池湖底泥(个/g)	0.004.6	11	20	48	0.0032	0.0079	0.4	101
地面 5cm 深处(个/g)	0.36	46	61	510	0.067	0.82	59	823

由表 5, 表 6 可见不同地点同一位置的微生物总量亚热带 $<$ 热带、高山 $<$ 平地; 同一地点不同位置微生物总量水中 $<$ 池湖底泥 $<$ 地面 5cm 深处; 不同地点、不同位置不同菌相的菌量不同, 水中普遍规律是好氧细菌 $>$ 厌氧菌 $>$ 真菌 $>$ 放线菌, 池湖底泥中是好氧细菌 $>$ 厌氧菌 \approx 真菌 \approx 放线菌, 地面 5cm 深处是好氧细菌 $>$ 真菌 \approx 放线菌 $>$ 厌氧菌.

微生物菌相、菌量的分析可见, 微生物总量与泥炭累积呈负相关, 水中以好气性细菌为主. 我国热带、亚热带地区气候炎热、温度高, 虽然沼泽植物生长量大, 但分解过程占优势、分解强度大, 泥炭积累受到抑制, 如海南三亚、湛江没有泥炭发育, 湛江属于历史性埋藏泥炭区, 但现今只积累腐殖质. 昆山阳澄湖周边虽然历史上有过较厚层的埋藏泥炭, 但现代只有极薄层(5-10 厘米)的泥炭. 地处热带的文昌水中微生物总量比湛江低, 植物分解量低, 与空气湿度大, 阴天多有关.

2.8 不同地点同一位置微生物总量(水中)与 $>0^{\circ}\text{C}$ 期间平均气温的相关性(见图 4)

图 4 可见不同地点同一位置苔草的分解量与微生物总量几乎呈正相关,

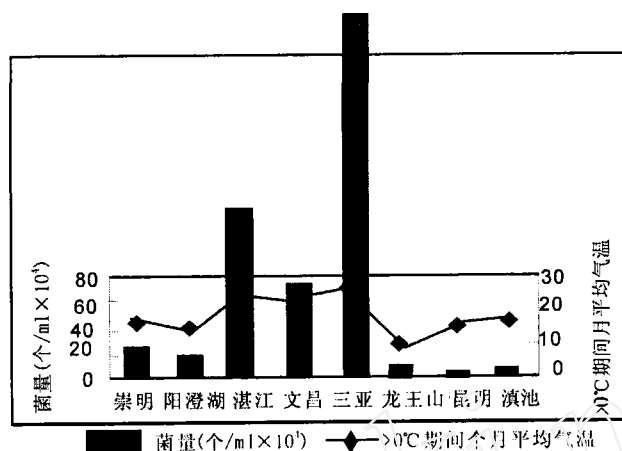


图4 不同地点微生物总量(水中)与>0°C期间月平均气温的相关性

2.9 同一地点不同位置苔草的分解量与微生物总量的相关性(见图5)

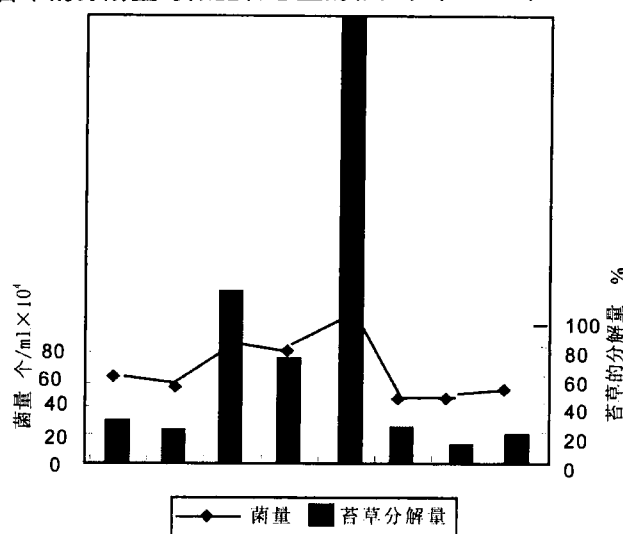


图5 苔草的分解量与微生物总量的相关性

图5可见同一地点不同位置苔草的分解量与微生物总量也几乎呈正相关. 因为地表材料很快被干燥导致含水量过低, 不利于微生物分解(属于本实验的对照)不属于正常现象, 故不列为图中.

3 结论

(1) 我国热带、亚热带地区气候炎热、温度高, 虽然沼泽植物生长量大, 但分解过程占优势、分解强度大, 泥炭积累受到抑制如广东湛江、上海崇明岛、昆山阳澄湖均属于历史性埋藏的泥炭, 近代未形成新泥炭, 只积累腐殖质.

(2) 在热带、亚热带地区温度高、沼泽池湖蒸发面上的饱和水汽压较大、饱和差大、易于蒸发, 不易形成泥炭, 泥炭形成于蒸发小、湿度大、温度低的山地、高原地区, 如浙江安吉龙王山、云南黑龙潭、昆明滇池均不同程度累积泥炭层.

(3) 本研究定点的沼泽池湖均属于不落干的持续积水环境, 所以土壤的稳定性很强, 积水中的还原条件几乎完全由微生物的活动建立起来的, 所以分解强度与泥炭形成呈很强的相关性.

(4) 亚热带、热带的泥炭累积, 对水面空气湿度反应极为敏感, 同是热带地区, 温度差异小, 湿度差异大, 微生物分解差异巨大, 这是水中溶解氧差异造成的。

(5) 东亚季风区中高纬 - 中低纬 (北纬 50° ~ 北纬 30°) 泥炭分解随纬度变化缓慢, 中低纬 - 低纬 (北纬 30° ~ 北纬 18°) 泥炭分解随纬度变化迅速, 碳循环活跃, 这里的水热组合造就了微生物分解变率显著的环境, 是碳分解的温度敏感地带, 这对研究温室效应对碳循环影响具有重要意义。

参考文献:

- [1] 白光润. 泥炭形成水热系统[J]. 地理学报, 1988, 41(2).
- [2] 白光润, 王升忠, 冷雪天. 草本泥炭形成的生物环境机[J]. 地理学报, 1999, 54(3): 247-254.
- [3] BAI GUANG RUN. The Climatic mechanism of peat formation, wetland environment and peatland utilization, proceedings of international conference[R]. 94 on wetland environment and peatland utilization[Z]. 1994, 8, Changchun.
- [4] BAI GUANG RUN. Bio-environmental mechanisms of herbaceous peat formation sustaining our peatlands[R]. Proceedings of the 11th international peat congress[Z]. 2000, Quebec.

Liquid-heat conditions and microbial decomposition on the forming of Turf Deposits

BAI Guang-run¹, WANG Shu-zhen², GAO Jun¹, YU Jin-lian¹

(1. College of Tourism, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China;

2. College of Life and Environment Sciences, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China)

Abstract: Turf Deposits are resulted from plant remnants on condition that they are accumulated faster than decomposed. Both functions are closely related to the liquid-heat conditions of the environment and are the result of its sustained processing. Through a vast amount of data which the authors collected by field surveying on nine spots distributed in six provinces (cities) of tropic and subtropic zones, the relationship between turf deposits and plant growth, as well as that between microbial decomposition and climate, surface water and acid-alkali environment are verified. A research on the relationship between the humidity of atmosphere and the dissolved oxygen in water has been carried out. The result showed that the quantity of dissolved oxygen will be affected by humidity, and the former in turn will effect microbial decomposition and turf accumulation. Finally, the relativity between the herbage decomposition and the liquid-heat conditions and microbial systems was discussed and the bio-environmental organism in the forming of herbal turf deposits in the tropic and subtropic zoned clarified.

Key words: subtropic zones; tropic zones; turf; liquid-heat conditions; microbial decomposition