

文章编号:1001-4810(2013)01-0023-06

碳酸盐岩红土植硅体记录的指示意义

农日正,李仁成,董松声,何伟松,黄春玲,赵胜利,何玲玉
(桂林理工大学地球科学学院/广西隐伏金属矿产勘查重点实验室,广西 桂林 541001)

摘 要:选取广西桂林市雁山碳酸盐岩红土剖面,对红土中的植硅体类型、分布及含量进行了定量分析。发现:(1)表土植硅体形态多样、含量丰富,含量从剖面表层向下迅速减少,20 cm 及其以下植硅体含量极少或没有;(2)除了 0~0.1 m 内有植硅体富集外,其他深度再也没有发现新的植硅体富集层;(3)受淋滤和生物扰动作用影响,植硅体可能出现向下 10~20 cm 的运移,但运移对其形态和大小没有明显的选择性,植硅体形态组合受运移影响不大,能够很好地反映上覆植被的组成和所处地区的气候总体特征;(4)研究区植硅体富集于红土表层,且为剖面中的唯一富集层,是红土形成过程植硅体运移的反映,支持了红土的碳酸盐岩风化成因;(5)植硅体运移选择性不明显的特点,为利用碳酸盐岩红土植硅体客观分析和重建古环境提供了基础和可能。

关键词:碳酸盐岩;红土;风化成因;植硅体;古环境

中图分类号:Q914.2;P532 **文献标识码:**A

0 引 言

红土是我国热带、亚热带地区第四纪以来季风气候环境下的产物,红土根据成因不同可分为多种类型,其中研究比较深入的有网纹红土和碳酸盐岩红土。网纹红土为沉积风化型红土,是中国南方古环境演化与气候变迁的重要陆相沉积载体。碳酸盐岩红土形成于我国南方碳酸盐岩广泛分布区,是我国区域性特殊土,是一种除含少量石英外,富含粘土矿物、胶体 SiO₂、赤铁矿及三水铝石等成分的红色粘土,由于了解其成因对岩溶地区水土流失、环境保护有重要意义^[1],被广大学者所重视。目前,主要有外来沉积说、溶蚀-交代说、溶蚀-残积说三种观点^[2],其中以“溶蚀-交代说”和“溶蚀-残积说”为代表的“风化成因说”被广大学者认可,其理论依据主要在于发现红土形成和演化过程中其剖面结构构造、物理、化学组成及特性与母岩具有联系或一致性^[1,3-11]。然而,并没有充分理由和根据彻底否定“外来沉积说”的观点,碳

酸盐岩红土的成因机制依然存在争议。

植硅体是指植物通过吸收单硅酸,在细胞内或细胞间硅化而形成的非晶质二氧化硅;植物组织腐烂能够保存在地质体中,以难溶的硅酸质形态出现,其个体很小,但抗氧化分解能力强,容易保存^[5]。植硅体主要赋存于植物茎叶之中,比重较大,多为原地堆积埋藏,能够反映当地的植被类型,利用植硅体分析可以提取沉积物中赋存的古植被、古气候信息,利用植硅体进行古植被重建、古气候学研究是当前国际上生物地层、气候地层研究的一个新兴方向^[6-10]。植硅体分析重建古环境、古植被、古气候广泛应用于不同地区的土壤及各种沉积物,其主要原理是根据不同深度植硅体形态组合的差异代表不同时代(时期)的植被面貌,从而推断不同时期的气候、环境或土地利用方式^[7,11-14],其中我国南方红土是利用植硅体分析进行古环境和古气候重建研究的重要载体之一^[10,15]。然而,利用土壤中的植硅体分析重建古环境和古生态存在以下问题:由于受到生物扰动及淋滤作用,对土壤植硅体组合受运移影响的研究较少,具有分歧和不

基金项目:国家自然科学基金(11262009); 广西自然科学基金(2012jjAA50018)
第一作者简介:农日正(1990-),男,本科,资源环境与城乡规划专业。
通讯作者:李仁成(1972-),男,博士,副教授,第四纪地质学专业。E-mail: lirencheng_xie@163.com。
收稿日期:2012-09-17

确定性, Fisher 等^[16]和 Rovner^[17]认为植硅体在土壤中不易向下运移, 而一些学者认为植硅体土壤中有明显的运移现象^[18-19]。另外, 由于土壤质地和种类差异, 植硅体的运移速度和幅度显著不同^[19]。植硅体的运移现象一方面造成古环境重建时间误差, 另一方面影响植硅体形态组合特征, 从而大大影响古环境重建的科学性和客观性。

对碳酸盐岩红土的植硅体分布及运移机制进行探讨, 一方面有利于寻找碳酸岩盐红土形成原因的新证据, 可为岩溶地区碳酸盐岩红土的“风化成因说”提供生物化石证据, 进而更有力的排除碳酸盐岩红土的“外来沉积说”; 另一方面, 有利于认识和评价红土植硅体运移作用对古环境重建的作用和影响。本文选取广西桂林市岩溶发育区碳酸盐岩红土剖面为对象, 分析其植硅体含量、类型及形态组合变化特征, 并探讨了其指示的碳酸岩盐成因及环境意义。

1 地理概况

广西桂林市有大量碳酸盐岩出露, 岩溶地貌发育, 采样点位于桂林雁山区桂阳公路(即 G321 国道)旁, 桂林理工大学雁山校区往南大约 500 m 处的一砖厂旧址, 经度为 $110^{\circ}18'34''E$, 纬度为 $25^{\circ}2'50''N$ (图 1)。该地区地处低纬, 属亚热带季风气候, 气候温和, 雨量充沛, 光照充足, 气候条件优越。采样点碳酸盐岩红土发育, 土层厚度大约 10 m, 距离该采样剖面东北方向 10 m 处有灰岩出露。研究区域的自然植被为亚热带常绿阔叶林带, 采样点表土主要生长灌木及草本植物。土壤 pH 值约为 4.5, 从表面至 20 cm 深度, 粘粒含量较高, 在 20 cm 深度以下, 具有肉眼明显可见的风化母质碎屑和斑点, 呈带状分布。红土剖面大致可分为: (1) 枯枝落叶层, 厚度 0~3 cm, 呈暗灰色, 主要由未腐化或半腐化的枯枝落叶组成; (2) 腐质

层, 厚度为 3~10 cm, 暗红色, 含有机质及根系, 粘土含量较高; (3) 淋溶层, 厚度为 10~150 cm, 红棕色土, 保留有原岩中的泥质薄片及燧石、含条带状风化残余母质碎屑及斑点构造; (4) 淀积层及红色粘土层, 厚度 150~1 000 cm, 黄红色土层, 含较丰富的风化母质碎屑; (5) 母质层, 10 m 以下, 为中厚层较纯的中泥盆统东岭组灰岩。

2 采样及试验分析方法

根据王和吕^[5]、Lu 等^[9]和 Madella 等^[20]的分类标准, 禾本科主要产出的植硅体包括以下类型: 机动细胞产生的长方型、正方型和扇型; 表皮短细胞产生的主要有多来自于画眉草亚科(C_4)的短鞍型, 黍亚科(C_4)的哑铃型、十字型, 竹亚科的长鞍型, 早熟禾亚科(C_3)的冒型、齿型、多铃型等; 表皮长细胞产生的平滑棒型、突起棒型、刺棒型等; 毛基细胞产生的长尖型和短尖型。木本植硅体主要有: 粗糙球型、光滑球型、多面体型、薄板型、纺锤型、导管型、靴型等。植硅体形态尽管具有多样性和重复性, 但禾本科 6 大亚科特征植硅体具有重要的生态环境意义, 其中部分特征形态可以鉴定到亚科水平^[3]。由于早熟禾亚科属于 C_3 植物, 适应于温凉、湿润的气候, 画眉草亚科属于 C_4 植物, 适应于高温、干旱的气候, 黍亚科属于 C_4 植物, 适应于温暖、湿润的气候, 因此, 根据各亚科植硅体不同形态组合, 以干旱指数 I_{ph} (aridity index) $\{I_{ph} = \text{画眉草亚科(Chloridoideae)} / [\text{画眉草亚科(Chloridoideae)} + \text{黍亚科(Panicoideae)}]\}$ 来反映气候的干旱程度^[21](Diester-Haass et al., 1973)。王伟铭^[22]综合考虑了植物的不同光合途径及现代表土植硅体不同类型的分布规律, 将草本植硅体的主要类型大致分为冷、暖两组, 并建立了温暖指数 $I_w = (\text{示暖型}) / (\text{示暖型} + \text{示冷型})$ 。依照以上分类标准, 本实验提取了碳酸盐岩红土中植硅体颗粒, 分析其形态、含量、组合、干旱指数(I_{ph})及温暖指数(I_w)随剖面深度的变化情况, 并探讨其指示意义。

沿剖面由上至下分别采集 5 cm、10 cm、20 cm、35 cm、50 cm、70 cm、1 m、1.5 m、3 m、5 m、7 m、9 m 处土壤 150 g 左右, 装入样品袋, 谨防外界污染。试验采用湿氧化法, 具体操作步骤如下: (1) 将采集的土壤样品烘干, 粉碎, 过 40 目筛, 称重 80 g 左右, 置入大烧杯, 每个样品加入标样玻璃珠 60 mg; (2) 加入 30% 的 H_2O_2 溶液, 静置数小时, 至无反应, 以除去有机质; (3) 加水稀释反应溶液, 静置 2 h 后, 倒掉上清液, 重复 4~5 次, 以除去部分粘土; (4) 加入 10% 的稀盐酸, 静置 12 h, 以除去矿物质盐类, 然后加水稀

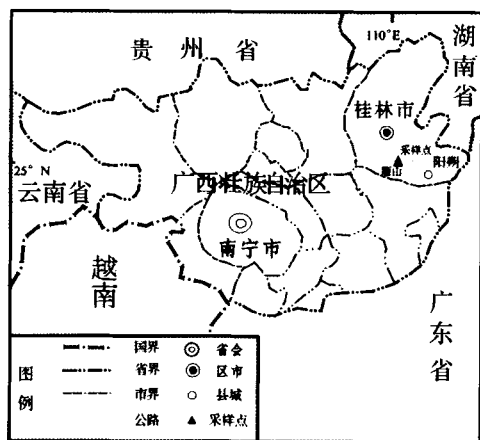


图 1 研究区域位置图

Fig. 1 Map of study location

释,静置 2 h 后,倒掉上清液,重复 4~5 次,以稀释酸性溶液并除去粘土;(5)将样品转移至大离心管,除水,干燥,加入比重为 2.3 g/mL 的 ZnI_2 重液,离心 20 min(3 000 r/min);(6)用吸管吸取大离心管中含植硅体的悬浮液,置入小烧杯中,滴入几滴冰醋酸,加入蒸馏水稀释,静置 2~4 h,倒掉上部液体,重复 3~4 次,稀释重液;(7)倒掉小烧杯上部水溶液,移入小离心管,离心 10 min(3 000 r/min),倒掉上部清液,得到含植硅体颗粒的水溶液 2~3 mL 左右,以备观察;(8)用 NIKON 偏光显微镜,40 倍目镜下观察、鉴定植硅体的形态及类型并照相,每个样品统计植硅体数

量 200 粒以上,并统计玻璃珠数量以定量。

3 试验结果

本剖面表土层含较为丰富且种类多样的植硅体,主要来源于禾本科草本植物示暖型的长方型、正方形、扇型、长鞍型、短鞍型、哑铃型植硅体,示冷型的冒型、棒型、长尖型和短尖型植硅体,木本植物产生的粗糙球型、光滑球型、多面体型、薄板型、纺锤型,此外,还有石细胞和一些不能确定形态的类型(图 2)。植硅体统计时能够统计标样玻璃珠的数量。

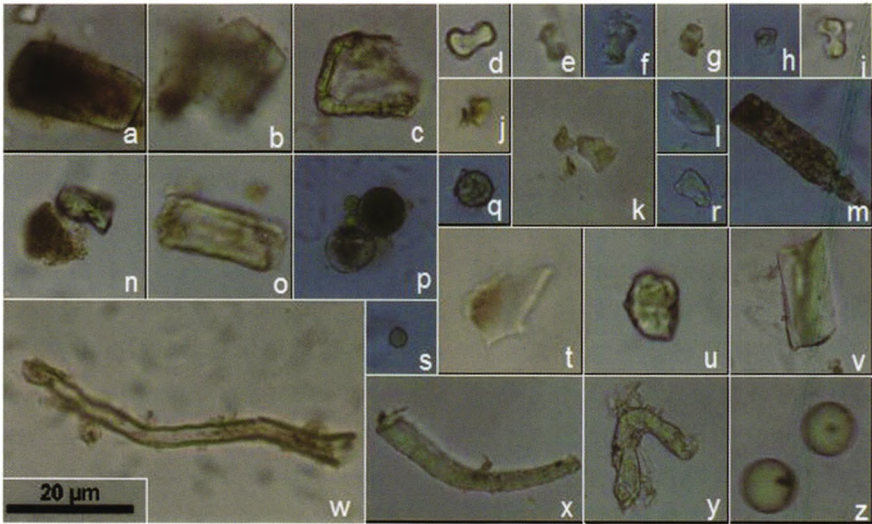


图 2 植硅体形态类型

Fig. 2 Morphotype of representative phytolith

a. 长方型;b. 正方形;c. 扇型(机动细胞);d,e,f. 长鞍型;g,h. 短鞍型;i. 哑铃型;j,k. 冒型;l,m. 尖型;n,o. 多面体;p. 光滑球型;q,s. 刺球型;t. 薄板型;r,u,v. 不确定型;w,x,y. 石细胞;z. 玻璃珠

不同深度的样品植硅体含量差异显著,深度 5 cm 处含量丰富,10 cm 处含量迅速减少,约为 5 cm 深度植硅体含量的 1/8,20 cm 及 20 cm 以下的样品基本不含植硅体,即除了最表层(0~0.1 m)有植硅体富集外,以下再没有发现其他的植硅体富集层(表 1)。5 cm、10 cm 草本短细胞及棒型各类型植硅体的相对含量变化不大,草本短细胞(短鞍型、哑铃型、长鞍型、齿型、冒型之和)相对含量分别为:25.2 %、22.0 %,棒型相对含量分别为:4.7 %、5.1 %;10 cm

相对于 5 cm 处草本短细胞及棒型植硅体含量没有出现明显的增加现象。5 cm、10 cm 处木本植物相对含量分别为:9.7 %、15.3 %,根据木本与禾本科草本植硅体含量,可以恢复木本与草本覆盖的相对比重^[6-7],5 cm、10 cm 木本与草本的比值为 0.15、0.28,10 cm 相对于 5 cm,木本与草本的比值较高,另外 10 cm 相对于 5 cm 竹亚科(长鞍型)含量高, C_4 禾本科植物喜暖干的画眉草亚科比暖湿的黍亚科比重大。根据各类型植硅体的含量,可以计算不同深度

表 1 不同深度植硅体形态类型及含量

Tab. 1 Morphotype and content of phytolith at different depths

样品	长方型	正方形	扇型	长鞍型	短鞍型	哑铃型	齿型	冒型	尖型	棒型	刺球型	光滑球型	多面体型	薄板型	石细胞	不确定型	植硅体数	玻璃珠
S-5	32	11	38	24	18	14	4	15	24	14	16	5	4	4	3	72	298	18
S-10	20	12	24	28	16	8	4	9	26	15	24	8	7	6	4	78	295	136
S-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	有

注:样品编号用‘S-’+深度(cm)表示,深度超过 20 cm 的样品同 S-20,因而省略,表 2 同表 1。

干旱指数及温暖指数,表土(5 cm、10 cm)干旱指数 0.71、0.67(表 2)。
(I_{ph})分别为:0.56、0.67;温暖指数(I_w)分别为:

表 2 不同深度植硅体百分含量及分析指数的值
Tab.2 Percentage and index values of phytolith at different depths

样品	长鞍型/%	短鞍型/%	哑铃型/%	齿型/%	冒型/%	棒型/%	草本短细胞/%	木本/%	木本/草本	干旱指数	温暖指数
S-5	8.1	6	4.7	1.3	5	4.7	25.2	9.7	0.15	0.56	0.71
S-10	9.5	5.4	2.7	1.4	3.1	5.1	22	15.3	0.28	0.67	0.67
S-20	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—

4 讨 论

4.1 植硅体含量变化与碳酸盐岩红土的风化成因

本碳酸盐岩剖面表层植硅体含量丰富。大量研究表明现代土壤由于大量植物生长,表层通常是植物残体的直接接受体,通常含丰富的植硅体。碳酸盐岩红土形成地区水热条件较好,现代植物大量生长,为表层富集植硅体提供了可能。植硅体在淋滤或土壤生物扰动作用下会出现一定距离的向下运移。植硅体淋滤作用运移模拟实验表明植硅体在沙质沉积物中存在运移现象,低频和高频灌溉条件下5个月分别向下运移 $2.7\pm1.6\text{ mm}$ 和 $3.7\pm0.2\text{ mm}^{[18]}$ 。实验表明,在淋滤及生物扰动作用下,植硅体在肥沃沙质和淤泥质自然土壤中一年内可以向下运移 $3.99\pm1.21\text{ cm}$ 和 $3.86\pm0.56\text{ cm}^{[19]}$ 。由于运移作用,植硅体通常呈现表土层富集、从表层向下逐渐减少的分布格局^[18-19]。一般来说,具有多个植硅体的富集层的地质体,往往出现于下列情况:多期次形成的沉积物,因为不同时期物源植物生长的数量和种类具有差异,沉积物沉积的速率大小不同而形成多个植硅体富集层,例如泥炭、文化层、湖相沉积物及沉积物形成的土壤等^[13, 23-25];一次性形成的沉积物或土壤,由于枯枝落叶多次产生出现,导致腐质粉末多次进入土层,从而也可以形成非唯一植硅体富集层。而唯一的植硅体富集层通常出现于一次性形成的沉积物或风化成因形成的风化壳(土壤),此类地质体植硅体丰度分布一般具有从富集层或从表层向下减少的特征。本剖面碳酸盐岩红土具有唯一的植硅体富集层,且从表层向下含量逐渐减小,符合风化成因的地质体植硅体的丰度分布特点,因此,植硅体的此种分布特征支持了碳酸盐岩红土是风化形成的。本土壤剖面保留有泥质薄片、燧石、条带状碎屑及斑点等风化残余母质结构、构造也说明了这一点。

由于植硅体的埋藏效应能够影响土壤不同深度的植硅体含量,从而导致土壤剖面自表层向下植硅体含量减少或没有,但由于植硅体主要成分为非晶质二

氧化硅,具有较强的抗风化、腐蚀能力,同时,植硅体在酸性环境下比较稳定^[5],而本剖面不同深度的土壤pH值接近于4.5,属于酸性土壤;另外,植硅体如果存在明显的埋藏效应,会由于溶蚀作用、运移的机械碰撞或磨蚀作用形成一些破损、变形、残缺的形态,而实际上在20 cm以下几乎没有发现明显的破损、变形或残缺的植硅体。因此,植硅体的分布特征不是植硅体的溶蚀形成的,而是碳酸盐岩红土在风化形成过程中表土植硅体运移的结果。

4.2 植硅体运移与古环境重建

碳酸盐岩红土植硅体垂向含量的变化特征是红土风化形成过程中植硅体运移的反映,植硅体主要分布在土壤表面至10 cm深度之间,10 cm以下含量较小、并迅速降低,20 cm以下基本不含植硅体,由此说明植硅体在碳酸盐岩红土表层的运移幅度为10~20 cm。由于采样分辨率较低的原因,其运移幅度的准确确定还需进一步研究。植硅体在碳酸盐岩红土中尽管存在一定距离的向下运移,但该剖面为自然剖面,根据其厚度、发育程度(主要为粘土成分)可知其形成时间较长,因而,从长时间尺度上来讲其运移幅度相对较小。Fishkis等^[18-19]认为植硅体在不同的水动力条件下和不同质地的土壤中运移速度和幅度存在显著差别。碳酸盐岩红土植硅体运移幅度较小可能与红土的水动力条件、质地和结构、植被面貌等因素有关,碳酸盐岩红土中粘土较为致密,含砂量小,孔隙度比较细小,特别是地表以下,水动力较弱,植硅体的向下运移能力微弱;红土中含有较高的粘土成分,粘粒小,对植硅体的吸附能力可能较强;另外,虽然生物扰动对植硅体的向下运移起重要作用^[18, 26],然而一些岩溶地区红土植被较少,气温较高,有机质氧化较为迅速,再加上土壤致密,可能导致土壤生物扰动较少或较弱。

已有研究表明,植硅体的大小和形态能够影响其在土壤中的运移,其中颗粒较小的和细长型的植硅体容易受水动力及细小孔洞的机械俘获作用,较易受到影响^[19]。但本研究剖面植硅体垂直分布情况有所不

同,在本剖面深度为5 cm与10 cm样品中草本植硅体除了含量存在明显差异外,草本短细胞植硅体形态组合差异不明显;土壤下层(10 cm)较上层(5 cm)相比,禾本科短细胞植硅体及棒型含量没有出现增加现象,表明实验统计的植硅体在碳酸盐岩红土向下运移过程中不存在明显的“筛选”现象。该现象的形成可能与以下因素有关:首先,可能与统计植硅体的粒径大小有关,本实验统计的粒径多大于5 μm ,而Fishkis等^[19]报道的随深度有明显增加趋势的植硅体颗粒粒径多小于7 μm ;其次,与碳酸盐岩红土本身的特性相关,红土粘土含量高、粒径小、吸附能力强,可能造成植硅体运移总体速度较慢,差异不明显,植硅体的运移往往因土壤类型不同而不同,研究发现细长型植硅体在锥形土中存在优先向下运移的现象,但在淋溶土中此现象不明显^[19];最后,可能与植硅体的溶蚀有关,尽管粒径较小的植硅体相对容易溶蚀,下层粒径较小的植硅体可能会因溶蚀作用抵消由“筛选”运移而至的那部分增加量,但由于土壤剖面pH值变化不大,均为酸性,对植硅体的溶解作用较小,因此,此作用较小。

在古环境重建研究中,植硅体在土壤及沉积物中的运移会影响古环境重建时间的准确性以及形态组合的原始性和代表性。植硅体在不同类型土壤或沉积体的运移具有差异,碳酸盐岩红土中的植硅体受运移“筛选”作用小,不同大小和形态的植硅体运移具有同步性,对整体组合影响不大,为客观、准确重建植被和环境提供了可能。研究区域表层红土温暖指数为0.71,表明气候比较温暖,这与本地区属于亚热带季风气候相一致;干旱指数为0.56,与我国亚热带地区表土相比相对较高^[12],一方面可能与降水的季节分布不平衡有关,6—11月份降水偏少,气候干旱,另一方面可能与岩溶地区红土形成后其表层植被较为稀疏,土壤含蓄水分的能力较差,有利于C₄草本植物的生长有关系。植硅体组合中含有较高比重的木本植硅体粗糙球型、光滑球型、薄板型、多面体型、石细胞等,这与剖面所在地主要为灌木及草本植物混生、邻近常绿硬叶、阔叶林分布区的自然景观相符合,采样点邻近常绿硬叶、阔叶林分布区,在风力或水力作用下可能贡献部分木本植硅体。由于运移对红土中植硅体形态组合影响不大,不同深度的植硅体可以代表不同时期的植被面貌,10 cm处相对于5 cm处,C₄禾本科植物中喜暖干环境的画眉草亚科比喜暖湿的黍亚科比重大,显示了气候干湿条件的变化;竹亚科比重高,可能表明此处竹子曾经有大量生长;含较高比重的木本植硅体可能表明原来上覆植被含有更大比重的木本或灌木植物,说明此处自然景观曾经主要以森林植被为主,植硅体可能记录了此处由森林生态

系统向灌木及草地生态系统转变的过程。不过,以上古环境变化仅仅限于同现代环境的比较及定性描述,为了获得碳酸盐岩红土植硅体记录的不同时代的具體古环境信息,还需高分辨率的采样及准确的定年数据,因此,还需要进一步的研究。

5 结 论

(1)岩溶地区碳酸盐岩红土表层自上而下,植硅体含量迅速降低,除表层之外,没有发现其他的植硅体富集层。表明红土是碳酸盐原地风化形成的,从而支持了碳酸盐岩红土的“风化成因说”。植硅体的分布特征是碳酸盐岩红土在风化形成过程中表土植硅体运移的反映。

(2)淋滤和生物扰动作用对岩溶地区碳酸盐岩红土中的植硅体的运移幅度大约为15~20 cm,淋滤速度总体较慢、幅度较小,可能与红土中粘土含量高、粒径小,对植硅体的吸附作用强有关;从形态上来说,选择性运移现象不明显,运移作用对植硅体的形态组合特征影响不大,这为利用碳酸盐岩红土准确、客观地重建古植被及古气候提供了基础和可能。

(3)研究区碳酸盐岩红土植硅体形态组合的温暖指数较高、干旱指数较大,表明碳酸盐岩红土表土植硅体组合能够比较客观的指示区域的气候特征,土壤植硅体含量的垂直方向变化可能记录了森林生态系统向灌木及草地生态系统转变的过程。

参考文献

- [1] 李景阳,朱立军,梁凤.碳酸盐岩红土风化壳主要特征及红土成因探讨——以贵州典型剖面为例[J].水文地质工程地质,2001,(5):7—11.
- [2] 徐则民,黄润秋,唐正光,等.中国南方碳酸盐岩上覆红土形成机制研究进展[J].地球与环境,2005,33(1):29—35.
- [3] 孙承兴,王世杰,刘秀明,等.碳酸盐岩风化壳岩—土界面地球化学特征及其形成过程——以贵州花溪灰岩风化壳剖面为例[J].矿物学报,2002,22(2):126—132.
- [4] 冯志刚,王世杰,周德全,等.黔北新蒲红色风化壳剖面的粒度分布特征——兼论岩溶区上覆土层的物质来源[J].地质科学,2001,39(3):440—451.
- [5] 王永吉,吕厚远.植物硅酸体研究及应用[M].北京:海洋出版社,1993.
- [6] Alexandre A, Meunier J D, Lezine A M, et al. Phytoliths: indicators of grassland dynamics during the late Holocene in inter-tropical Africa[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1997, 136: 213—229.
- [7] Barboni D, Bonnefille R, Alexandre A, et al. Phytoliths as palaeoenvironmental indicators, West Side Middle Awash Valley, Ethiopia[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1999, 152: 87—100.
- [8] Fredlund G G, Tieszen L T. Calibrating grass phytolith assem-

- blages in climatic terms; application to late Pleistocene assemblages from Kansas and Nebraska [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1997, 136: 19–211.
- [9] Lu H Y, Wu N Q, Yang X D, et al. Phytoliths as quantitative indicators for the reconstruction of past environmental conditions in China I: phytolith-based transfer functions [J]. *Quaternary Science Reviews*, 2006, 25: 945–959.
- [10] 顾延生, 秦养民, 朱宗敏. 浙江长兴中·晚更新世红土植硅体与分子化石记录及其环境意义[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2007, 27(1): 125–130.
- [11] Alexandre A, Meunier, J D, Mariotti A, et al. Late Holocene phytoliths and carbon-isotope record from a latosol at Salitre, South-Central Brazil [J]. *Quaternary Research*, 1999, 51(2): 187–194.
- [12] Li R C, Cater J A, Xie S C, et al. Phytoliths and microcharcoal at Jinluojia archeological site in middle reaches of Yangtze River indicative of paleoclimate and human activity during the last 3000 years[J]. *Journal of Archaeological Science*, 2010, 37: 124–132.
- [13] 张新荣, 胡克, 介冬梅. 泥炭沉积中植硅体对环境指示的意义——以吉林敦化泥炭剖面为例[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2005, 35(6): 694–698.
- [14] 范斌, 许世远, 俞立中, 等. 巢湖沉积植硅体组合及中全新世以来的环境演变[J]. *湖泊科学*, 2006, 18(3): 273–279.
- [15] 王伟铭, 虞子冶, 杨浩. 江西星子县第四纪红土层的植硅石和孢粉研究及意义[J]. *微体古生物学报*, 1997, 14(1): 41–48.
- [16] Fisher R F, Newell Bourne C, Fisher W F. Opal phytoliths as an indicator of the foristics of prehistoric grasslands[J]. *Geoderma*, 1995, 68(1): 213–255.
- [17] Rovner I. Plant opal phytolith analysis[J]. *Advances in Archaeological Method and Theory*, 1983, 6: 225–266.
- [18] Fishkis O, Ingwersen J, Streck T. Phytolith transport in sandy sediment: Experiments and modeling[J]. *Geoderma*, 2009, 151: 168–178.
- [19] Fishkis O, Ingwersen J, Lamers M, et al. Phytolith transport in soil: A field study using fluorescent labeling[J]. *Geoderma*, 2010, 157: 27–36.
- [20] Mardella M, Alexandre A, Ball T (ICPN Working Group). International code for phytolith nomenclature 1.0[J]. *Annals of botany*, 2005, 96: 253–260.
- [21] Diester-Haas L, Schrader H J, Thiede J. Sedimentological and paleoclimatological investigations of two pelagic ooze cores off Cape Barbas, North-West Africa [J]. *Meteor Forschungs-Ergeb.*, 1973, Reihe C, (16): 19–66.
- [22] 王伟铭, 刘金陵, 周晓丹. 南京直立人洞穴堆积的植硅体气候指数研究[J]. *科学通报*, 2003, 48(11): 1205–1208.
- [23] Carter J A. Phytolith analysis and paleoenvironmental reconstruction from Lake Poukawa Core, Hawkes Bay, New Zealand[J]. *Global and Planetary Change*, 2002, 33: 257–267.
- [24] Albert R M, Shahack-Gross R, Cabanes D, et al. Phytolith-rich layers from the Late Bronze and Iron Ages at Tel Dor (Israel): mode of formation and archaeological significance[J]. *Journal of Archaeological Science*, 2008, 35: 57–75.
- [25] Kelly E F, Blecker S W, Yonker C M, et al. Stable isotope composition of soil organic matter and phytoliths as paleoenvironmental indicators. *Geoderma*, 1998, 82: 59–81.

Indicative significance of phytolith records in laterite developed on carbonate rocks

NONG Ri-zheng, LI Ren-cheng, DONG Song-sheng, HE Wei-song,
HUANG Chun-ling, ZHAO Sheng-li, HE Ling-yu

(College of Earth Sciences/Guangxi Key Laboratory of Hidden Metallic Ore Deposits Exploration,
Guilin University of Technology, Guilin, Guangxi 541004, China)

Abstract: Types, distribution and content of phytolith extracted from laterite developed on carbonate rock are analyzed quantitatively in Yanshan district, Guilin city, Guangxi. Some findings are shown as below. (1) Phytolith types are various in surface soil. The content of phytolith presents high values in modern soil, decreases quickly from surface laterite down to bottom and becomes very little or absent at 20 cm deep. (2) No phytolith-rich layers are found except in the surface soil (0~0.1 m) on the profile. (3) Influenced by leaching and bioturbation, phytolith in laterite developed on carbonate rocks can be transported downward with approximate 10~20 cm. However, phytolith translocation has no pronounced selectivity to their types and sizes and only has little effect on its assemblage in soil. The vegetation and climate recorded in phytolith assemblages in laterite soils are well accorded with natural conditions in this area. (4) Surface laterite is the only phytolith enriched layer on the profile. This distribution character suggests phytolith transport from surface soil to bottom during the formation of laterite, which supports the view that the laterite originated by carbonate rock weathering. (5) The characteristics that transportation of phytolith having no pronounced selectivity to phytolith assemblage makes it possible to reconstruct paleoenvironments by analyzing phytolith data objectively.

Key words: carbonate rock; laterite; weathering origin; phytolith; paleoenvironment

(编辑 韦复才)