

文章编号:1001-4810(2000)01-0005-08

用古植被面貌重建桂林 3.7 万年以来的气候变化^①

刘金荣,曹建华

(国土资源部岩溶动力学开放研究实验室,桂林 541004)

摘 要:末次冰期自 37kaB. P. 以来至 9kaB. P. 时段内,对桂林一带的影响主要是降温及降雨量减少,平均气温最低 7~9℃,比现今低 10~12℃,其间虽有波动,但未发现有冰川的证据。9~8kaB. P.,桂林气候发生突变,在 1ka 的时间内,平均气温的变化幅度达 12~13℃;8kaB. P. 时桂林年均气温升至 21~22℃,比现今高 2~3℃;3.69kaB. P. 时,气温升到最高,年均气温达 22~23℃,比现今高 3~4℃,年均降雨量也相应发生一定的变化。

关键词:孢粉组合;古植被;古气候重建;桂林

中图分类号:P532;Q911.6 文献标识码:A

0 前 言

对桂林一带末次冰期以来古气候变化已有多位学者作了有益的探索^[1~4]。本文在总结前人研究的基础上,适当补充分析样品,用古植被(孢粉)方法重建桂林一带 3.7 万年以来的古气候变化。

桂林地区既有孢粉鉴定又有测年资料的点共 11 个,其产地、分布及基本情况见图 1 和表 1。在由孢粉组合特征恢复古植被面貌过程中,利用了李文漪^[4]的植物花粉含量与植物在植被中含量关系的“R”值校正系数。

$$R = \frac{P}{V} = \frac{\text{某种植物花粉百分含量}}{\text{该种植物在植被中的百分含量}}$$

1 不同年代地层、孢粉组合、古植被与古气候条件

1.1 37.1~37.0kaB. P. (南圩湖沼堆积)

1.1.1 孢粉组合特征

① 国家自然科学基金项目(49632100)和地矿部“九五”重点科技项目(9501104)联合资助
第一作者简介:刘金荣,男,1936 年生,高级工程师,现被聘为国土资源部岩溶动力学开放研究实验室客座教授,1966 年毕业于成都地质学院水文地质工程地质专业。
收稿日期:1999-09-28

样品共发现孢粉 250 粒,其组合特点:(1)木本植物花粉占孢粉总数 90% 以上,蕨类孢子和草本花粉含量低,分别占 6.4%和 3.2%。(2)木本植物花粉中以壳斗科(Fagaceae)的栎属(*Quercus*)为主,占木花粉总数的 55.3%,其次为栗属(*Castanea*)占 27.9%,椴属(*Tilia*)、桦木科(Betulaceae)、楝树属(*Melia*)、胡桃属(*Jugian*)、无患子属(*Sapinclus*)等也占有一定数量。(3)草本植物花粉主要有大戟属(*Euphorbia*)、芸香属(*Ruta*)。(4)蕨类孢子主要为水龙骨科(Polypodiaceae),铁线蕨科(*Adiantaceae*)。

对以上几种植物花粉含量做 R 值校正后植被面貌为栎属—栗属—水龙骨科。

1.1.2 古植被面貌与古气候条件

据上述孢粉、植被组合特点知,当时的植被是以含有少量常绿成分并以栎、栗为优势树种的落叶阔叶林面貌。栎、栗属为落叶乔木,其分布北界与一年中有 4 个月气温在 10℃ 以上的指示线相当,生长环境要求年均温一年中高于 12℃ 的月份要逾 5 个月。组合中其它科属植物也多是温带暖温带常见树种,其内混生有少量亚热带分子。推测当时的气候条件为暖温带与亚热带的过渡带,年均气温约为 14~16℃,比现在低约 3~5℃。栎、栗二属都是喜温湿条件的植物,估计年均降雨量在 800~1000mm。



图 1 孢粉点位置分布图

Fig. 1 Distribution of the sampling location of sporopollen

表 1 桂林一带孢粉、¹⁴C 同一采样点基本情况表

Tab. 1 Sampling sites of sporopollen and ¹⁴C dating samples in Guilin

点号	位置	堆积类型	¹⁴ C 测年(kaB. P.)	测试单位
1	灵川县潮田乡南圩	沼泽淤泥层	37.0±0.5	北京大学
2	穿山 ZK1 号孔	沼泽泥炭层	34.5±1.5	岩溶研究所
3	东区三砖厂	沼泽泥炭层	32.777±0.15	岩溶研究所
4	天圣山北小山洞	洞穴堆积层	32.54±2.1	岩溶研究所
5	药山白骨洞	洞穴钙华堆积层	26.2±0.69	岩溶研究所
6	电子工业学院	沼泽淤泥层	18.9±0.25	岩溶研究所
7	桂林甄皮岩 01、02 剖面	洞穴堆积层	10.0~9.0	社科院考古所等
8	瓦窑 I 级阶地	沼泽泥炭层	8.004±0.96	岩溶研究所
9	甄皮岩 03 剖面	洞穴堆积层	8.0~7.35	王维达,1984
10	朝阳乡南村	沼泽泥炭层	6.398±0.115	岩溶研究所
11	制药厂铁西宿舍	沼泽泥炭层	3.69±0.076	岩溶研究所

岩溶研究所孢粉鉴定由王丽娟、曹建华等完成。

1.2 34.5kaB. P. (穿山 ZK1 号孔剖面)

1.2.1 孢粉组合特征

样品中孢粉丰富,有 15 科 10 多属 1 种。其特点:(1)木本植物花粉占孢粉总数的 61%,草本植物花粉占 27%,蕨类孢子占 12%。(2)木本植物花粉中又以阔叶树花粉占绝对优势,占木本植物花粉总数的 90%以上;少量的针叶树花粉有松属(*Pinus*)、油杉属(*Keteleeria*)、铁杉属(*Tsuga*)。(3)阔叶树花粉中以蔷薇科(*Rosaceae*)占优势,其含量达 48%。栗属、大戟科、栎属、芸香科、朴属(*Celtis*)均占有一定的比例。(4)草本植物花粉中以豆科(*leguminosae*)、禾本科(*Gramineae*)为主,各占 20%左右,其次为毛茛科(*Ranunculaceae*)(10%)、百合科(*Liliaceae*)(6%)、苦苣苔科(*Gesneriaceae*),以及藜科(*Chenopodiaceae*)、蓼科(*Polygonum*)。(5)水生植物有菖蒲属(*Acorus*)、黑三棱属(*Sparganium*)、水烛(*Trapa angustifolia*)等。(6)蕨类孢子主要以水龙骨科为主。

对以上几种植物花粉含量做 *R* 值校正后,植被组合为蔷薇科—栗属—豆科—禾本科—水龙骨科。

1.2.2 古植被面貌与古气候条件

据上述孢粉、植被组合特点推测,当时是以落叶阔叶树为主并含常绿植物的乔灌木混交林。壳斗科的栎、栗大量减少,以灌木为主的蔷薇科植物大量繁盛;蔷薇科分布全国各地,但主产在温带地区。草本植物的豆科、毛茛科、禾本科、蓼科、藜科等,水生植物的菖蒲属、黑三棱属、水烛等,在暖温带温带地区广布。其它科属植物也多数可延到温带暖温带。尤其是喜潮湿的油杉属和喜凉的铁杉属的出现,更对气候条件有特定的指示作用。可以推测当时处于暖温带气候条件,年均气温约为 12~14℃,比现在低 5~7℃,年均降雨量 1000~1200mm。

1.3 32.777±0.15kaB. P. (三砖厂剖面)

1.3.1 孢粉组合特点

样品孢粉十分丰富,共获 441 粒,有 45 科 50 多属 7 种。其特点:(1)木本植物花粉占孢粉总数的 75.1%,草本植物花粉占 24%,蕨类孢子仅占 0.9%。(2)木本植物花粉中以阔叶树花粉占绝对优势,其含量达 90%以上,针叶树花粉有松属占 3%、油杉属占 3%、铁杉属占 2.7%、冷杉属(*Abies*)、云杉属、池柏(*Taxodium ascendens*)各占 0.3%。(3)阔叶植物花粉以壳斗科各属为主,还有栎属占 12.7%、栗属占 1.5%和少量柯属(*Lithocarpus*)。其次为蔷薇科占 14.5%,桦木科各属含量之和占 9%,鹅耳枥属占 4.8%、铁木属、榛属(*Corylus*)、桦木属、桤木属(*Alnus*)。山矾属占 4.5%、黄连木属(*Pistia*)占 3.9%。其它还有榆属(*Ulmus*)、朴属、糙叶树属(*Aphananthe*)等。(4)草本植物花粉主要有毛茛科占 16.1%、豆科占 13.3%、莎草科(*Cyperaceae*)占 11.3%,其次有禾本科、金丝桃属(*Hypericum*)、苦苣苔科、百合科、车前科(*Plantaginaceae*)、藜科、蒿属(*Artemisia*)、菊科等。(5)水生植物有泽泻属(*Alisma*)、水鳖科(*Hydrocharitaceae*)、菖蒲属、睡莲属(*Nymphaea*)、芡属(*Euryale*)、黑三棱属、水烛、眼子菜科(*Potamogetonaceae*)、雨久花科(*Pontederiaceae*)等。(6)蕨类孢子有水龙骨科、水韭属(*Isoetes*)。

对上述一些植物花粉做 *R* 值校正后知,栎属在植被中含量约占 13.2%、栗属占 2.1%、桤木属占 5.1%、榆属占 4.5%、铁杉属占 4.5%、冬青属占 4.5%、山柳属占 4%、松属仅占 0.35%。植被组合为蔷薇科—栎属—毛茛科—豆科。

1.3.2 古植被面貌与古气候条件

从上述孢粉、植被组合特点知,当时古植被面貌是含常绿植物的针阔叶乔灌木混交林。壳斗科植物在增加,并出现了常绿的栲属、柯属,蔷薇科仍然繁盛,草本植物属种增加,孢粉总体面貌与上一孢粉组合相似。尤其针叶树中喜潮湿的油杉属、喜冷湿的铁杉、冷杉、云杉属这些气候指示植物的存在,对厘定当时的气候条件有重要意义。据有关资料及现代自然植被的分布特点^[4],可以推算当时该地应属暖温带气候,年均气温在 $10\sim 12^{\circ}\text{C}$,比现在低约 $7\sim 9^{\circ}\text{C}$;年均降雨量约在 1500mm 或以上。

1.4 30.0~24.0kaB. P. (天圣山北小洞、药山白骨洞剖面,去除“死碳”影响的推算时段)

1.4.1 孢粉组合特点

前者样品中共获孢粉 330 粒,有 9 科 14 属;后者样品含孢粉贫乏,仅发现 64 粒,有 13 科 8 属。其特点:(1)前者以木本植物花粉为主,占孢粉总数 67.3%,蕨类孢子为次,占 28.2%,草本植物花粉仅占 4.5%;后者以蕨类孢子为主,占孢粉总数的 53.1%,木本植物花粉为次,占 39.1%,草本植物花粉仅占 7.8%。(2)木本植物花粉以松属占绝对优势,最高含量达 94%,其它还见有栎属、栲属、枫杨属(*Prerocorya*)、大戟科、桦属、桤木属、杨梅属等。(3)蕨类孢子以凤尾蕨属为主,其含量为 20.4%~35.3%,其次为水龙骨科、里白属(*Hicriopteris*)、卷柏属(*Se-laginella*)、铁线蕨科、桫欏科(*Cyatheaceae*)等。(4)草本植物花粉有禾本科、蒿属、石竹科(*Caryophyllaceae*)、毛茛科、黎科、唇形科、蓼属等。

对以上一些植物花粉含量做 R 值校正后,植被组合为松属—凤尾蕨属—禾本科。

1.4.2 古植被面貌与古气候条件

据上述孢粉和植被组合反映的特点,当时古植被面貌是以针叶树松属为主的疏林景观。阔叶植物大量减少,耐旱的松属、凤尾蕨属、禾本科、蒿属、石竹科、蓼科却较繁盛。气候转为干凉(冷),降雨量减少,推算当时年均气温在 $7\sim 9^{\circ}\text{C}$,比现在低约 $10\sim 12^{\circ}\text{C}$;年均降雨量约为 500~700mm。

1.5 18.9±0.25kaB. P. (电子工业学院剖面)

1.5.1 孢粉组合特点

样品中共获孢粉 250 粒,有 8 科 19 属。其特点:(1)木本植物花粉占孢粉总数 76.8%,蕨类和草本孢粉含量低,分别占 9.6%、3.6%。(2)木本植物花粉中以壳斗科的栎、栗二属为主,其含量分别为 53.13%和 22.9%。其次有桦木科、楝树属、胡桃属、榆属、漆树属、枫香属(*Ligu-idambar*)等。(3)草本植物有百合科、豆科、菊科等。(4)蕨类孢子以水龙骨科为主。

对以上一些植物花粉含量做 R 值校正后,植被组合为栎属—栗属—水龙骨科。

1.5.2 古植被面貌与古气候条件

本孢粉组合与前述第一孢粉组合相似,属含常绿成分以壳斗科的栎、栗二属占绝对优势的落叶阔叶林面貌。年均气温约在 $14\sim 16^{\circ}\text{C}$,年均降雨量在 800~1000mm,气温出现回升波动。

1.6 10.0~9.0kaB. P. (甌皮岩 01、02 剖面中下部)

甌皮岩新石器早期反映的古植被面貌是以松属为主的疏林景观^[3]。落叶阔叶类多数为温带常见分子,如榛属、桦属、栎属、柳属(*Salix*)、榆属、朴属等,亚热带成分只个别见山核桃属、枫杨属。植被组合为凤尾蕨—松属—禾木科。由此推算当时年均温为 $8\sim 10^{\circ}\text{C}$ 比现在低 $9\sim 11^{\circ}\text{C}$,年均降雨量约 800~1000mm。

1.7 8.0±0.96kaB. P. (瓦窑 I 级阶地剖面)

1.7.1 孢粉组合特点

样品孢粉极为丰富,共获 641 粒,有 28 科近 40 属 9 种,其特点:(1)木本植物花粉占 76.6%,蕨类孢子占 14.7%,草本花粉仅占 8.7%。(2)木本植物花粉以壳斗科各属种含量最高,占 73.1%。有栎属占 24.4%、铁桐(*Q. glauca*)占 7.3%、饭甗桐(*Q. fleuryi*)占 3.5%、栲属占 26.9%、柯属占 3.9%、栗属占 3.3%等。草本植物以禾木科、毛茛科、苦苣苔科为主,其含量各占 17.9%。(3)水生植物花粉有菖蒲属、黑三棱属。蕨类孢子以水龙骨科为主。

对上述几种植物花粉含量做 R 值校正后,植被组合为栎属—栲属—禾木科—毛茛科—水龙骨科。

1.7.2 古植被面貌与古气候条件

据孢粉、植被组合特点推测,当时是以壳斗科为优势属种的常绿落叶阔叶林面貌。属亚热带气候条件,年均气温约 $21\sim 22^{\circ}\text{C}$,比现今高约 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$,年均降雨量在 $1500\sim 1700\text{mm}$ 。

1.8 $8.0\pm 0.65\sim 7.35\pm 0.9\text{kaB. P.}$ (甄皮岩 03 剖面)

孢粉组合以凤尾蕨科—山核桃属—松属—禾木科^[3]占主要,其中针叶树松属最高含量达 24.2%~34.8%,山核桃属最高含量占 13.3%~24.2%。阔叶植物中以胡桃科(主要山核桃属)、壳斗科、大戟科、榆科和金缕梅科(*Hanamelidaceae*)的树种占主要,最高含量达 72.9%,榛属和桦属最高仅占 6%。山核桃属是亚热带植物,需在 17°C 及 1000mm 的降雨量才能生长茂盛,低于或高于这种气候条件都不利于发展。由此推算当时年均气温在 $17\sim 19^{\circ}\text{C}$,年均降雨量约在 $1000\sim 1200\text{mm}$,属亚热带气候。

1.9 $6.4\pm 0.115\text{kaB. P.}$ (南村沼泽剖面)

1.9.1 孢粉组合特点

样品中孢粉十分丰富,共获孢粉 558 粒,有 25 科 47 属 1 种。其特点:(1)木本植物花粉占 49.1%,草本、蕨类孢粉为次,分别占 27.4%和 23.5%。(2)木本植物花粉以阔叶植物为主,其含量占 82.5%,针叶植物花粉有松属占 17.2%和个别杉科(*Tazodiaceae*)。(3)阔叶植物花粉以壳斗科属种为主,其含量占 40.5%。有栎属占 22.6%、栗属占 11.7%、栲属占 5.8%、山毛榉属占 0.4%。其次为枫香属、鹅耳枥属、桦木属、大戟科,个别见到棕榈科、卫矛科(*Celastraceae*)、山柳属等。(4)草本植物花粉以禾木科占优势,含量高达 57.5%,其次为蒿属占 20.3%,其它还有苦苣苔科、百合科、豆科、金丝桃属等。(5)水生植物花粉有狐尾藻属(*Myriophyllum*)、菖蒲属等。(6)蕨类孢子以里白属为主,其含量在 29%,其次有水龙骨科、蕨属、铁线蕨科等。

对上述几种植物花粉含量做 R 值校正后,植被组合为栎—栗—禾木科—里白属。

1.9.2 古植被面貌与古气候条件

由上述孢粉、植被组合特点推测,当时为常绿、落叶阔叶混生林,属亚热带气候条件,推测当时年均气温在 $18\sim 20^{\circ}\text{C}$,年均降雨量约 $1400\sim 1600\text{mm}$ 。

1.10 $3.69\pm 0.076\text{kaB. P.}$ (制药厂铁西宿舍剖面)

1.10.1 孢粉组合特点

样品中孢粉十分丰富,共获 397 粒,有 27 科 40 属 2 种,其特点:(1)木本植物花粉含量占 69%,草本和蕨类植物孢粉为次,分别占 16.9%和 14.1%。(2)木本植物以阔叶植物花粉为主,其含量占 92%,针叶植物花粉以松属为多,个别见铁杉、落叶松属。(3)阔叶植物花粉以壳斗科各属占优势,其含量占 65%,如栗属占 27.4%、栲属占 17.2%、栎属占 10.6%、桐属占 9.1%、山毛榉属占 0.7%。其次为天料木属(*Homalium*)占 4.4%,鹅耳枥属、桤木属、铁木属、锦鸡儿

属(*Caragana*)、山核桃属等。(4)草本植物花粉以禾木科为主,其含量占 29.8%,其它为豆科、蓼科、蒿属、莎草科、苦苣苔科等。(5)蕨类孢子以水龙骨科占绝对优势,其含量占 71.4%。其次有凤尾蕨属、里白属、桫欏科等。同时见大量喜暖的淡水环纹藻类。

对上述几种植物花粉含量做 *R* 值校正后,植被组合为栗属—栲属—禾木科—水龙骨科。

1.10.2 古植被面貌与古气候条件

据孢粉、植被组合特征推测,当时属亚热带常绿阔叶林景观。林中出现相当数量的热带亚热带雨林分子,如天料木属、木兰属、棕榈科、杨梅属、枫香、桑寄生等。尤其天料木属的出现,它是现在植物区系中桂南分布中心的特征属,现生长在年均气温 22~23℃,年均降雨量在 1200~2800mm 地区。由此推算当时该区年均气温约在 22~23℃,年均降雨量约 1700~1900mm。此时是该区最暖湿的时期。

2 古气候变迁重建

中国末次冰期由 70kaB. P. 开始,18~15kaB. P. 达到最盛,使海平面下降 130~150m。桂林一带也受其影响,使气温下降、降雨量减少,但未发现有冰川形成的证据。据现有 37kaB. P. 以来孢粉资料(图 2)分析,从 37kaB. P. 至今,出现过较明显的二次干凉(冷)时期(图 3),第一

图 2 桂林一带 37kaB. P. 以来平均气温、降雨量变化曲线

Fig. 2 Variation curve of the mean temperature and the rainfall in Guilin since 37 ka B. P.

次为 32.78kaB. P. 之后至 20kaB. P. 以前;第二次为 18.9kaB. P. 之后至 8kaB. P. 之前。前次时间长,后次时间短,但均使年均气温降至 8~9℃,都比现在低 11~10℃。植被是以耐旱的松属、禾木科、蒿属、凤尾蕨属等大发展,而阔叶树则大量减少或萎缩为特征。年均降雨量只有 700~1000mm。在 18.9kaB. P. 前后有一段时间气温波动回升,但时间可能不长。覃嘉铭、林玉石等在桂林盘龙洞钟乳石中也发现 32kaB. P. ~12kaB. P. 有沉积间断现象^[1,2],这与孢粉资料所揭示的干冷时期相吻合。9~8kaB. P. 是气候突变时段,8kaB. P. 左右,植被大量繁盛,壳斗科的常绿、落叶阔叶树属种大发展,由以前疏叶林面貌变为常绿落叶阔叶林景观;年均气温也由以前小于 10℃ 上升至 11~22℃;年均降雨量也由以前小于 1000mm 上升至大于 1500mm。1000 年时间内,年均气温变化幅度达 12~13℃,可能是新仙女木事件的反映。这种时间短,气温、降



图 3 桂林一带 37.1kaB. P. 以来孢粉变化图式

Fig. 3 Change curves of some spore-pollens in Guilin since 37.1 ka B. P.

雨量变幅特大的现象是值得进一步研究和特别重视的现象。3.69kaB. P. 时,年均气温达到最高,约 22~23℃,比现今高约 3~4℃。植被为常绿阔叶林,并有一些典型的热带亚热带雨林子。据李文漪等资料,2kaB. P. 以前,桂林荔枝树仍有大面积分布,1.2~0.23kaB. P. 气候有明

显下降,比现今温度低或差不多。

参考文献:

[1] 覃嘉铭. 洞穴沉积物氧同位素计温及古气候记录的研究[J]. 中国岩溶, 1996, 15(1~2).

[2] 林玉石等. 桂林盘龙洞石笋地质时代与环境[A]. 见: 岩溶与人类生存、环境、资源和灾害[C]. 广西师范大学出版社, 1996: 71~80.

[3] 王丽娟. 桂林甑皮岩洞穴遗址第四纪孢粉分析[J]. 人类学报, 1989, 8(1): 69~75.

[4] 李文漪等. 中国北、中亚热带晚第四纪植被与环境研究[M]. 海洋出版社, 1993.

[5] 叶祥清等. ^{14}C 年代数据的可靠性及其影响因素[A]. 第四纪冰川与第四纪论文集(碳十四专集)[C]. 地质出版社, 1987 (4).

[6] 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会. 中国自然地理(植被地理)(上、下册)[M]. 科学出版社, 1983, 1988.

[7] 王开发, 徐馨. 第四纪孢粉学[M]. 贵州人民出版社, 1988.

[8] 中国科学院植物研究所主编. 中国高等植物图签(1—5 册, 补编第一册)[M]. 科学出版社, 1972、1976、1982.

[9] 侯宽昭编. 中国种子植物科属词典(修订版)[M]. 科学出版社, 1984.

CLIMATE CHANGES SINCE 37000a B. P. RECONSTRUCTED
BY PALEOVEGETATION IN GUILIN

LIU Jin-rong, CAO Jian-hua

(Laboratory of Karst Dynamics, Minisitry of Land and Resources, Guilin 541004, China)

Abstract: The influence of the last Glaciation from 37000a B. P. to 9000a B. P. in Guilin area was mainly displayed by the drop in temperature and the reduction of rainfall. Although the evidence of glaciation couldn't be found yet, on the basis of the palaeovegetation, it was estimated that the mean temperature was 7~9℃ or 10~12℃ lower than that of the present. From 9000a B. P. to 8000a B. P., the abrupt change of the climate in Guilin took place, and the annual mean temperature came to 21~22℃ during 1000 years. It was 2~3℃ higher than that of the present. The changing amplitude was 12~13℃. Around 3690a B. P., the annual mean temperature rose to 22~23℃ or 3~4℃ higher than that of the present. The annual rainfall, meanwhile, also changed.

Key words: Sporopollen; Palaeovegetation; Palaeoclimate reconstruction; Guilin