

文章编号: 1000-0550(2006)05-0740-07

岩溶地区现代土壤与洞穴石笋中单甲基支链烷烃 与烷基环己烷对比研究^①

蒲 阳^{1,2} 黄俊华^{1,2} 黄咸雨^{1,2} 阮小燕³ 崔景伟^{1,2} 谢树成^{1,2}

(1 中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室 武汉 430074

2 中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质教育部重点实验室 武汉 430074 3. 中国地质大学(武汉)资源学院 武汉 430074)

摘 要 利用 GCM S(气相色谱-质谱仪), 对采自湖北清江流域和尚洞洞顶的土壤样品与洞内石笋样品进行分析, 发现土壤中存在的七个系列单甲基支链烷烃在所有的石笋样品中均可以找到, 呈现相似的模式, 石笋中七个系列支链烷烃有可能来自洞穴滴水携带的土壤中的支链烷烃, 但是也不能排除石笋原地生长的微生物的贡献。烷基环己烷的分布在土壤与石笋中呈现了相似的模式, 但是主峰碳数有所变化, 高碳数部分与低碳数部分的相对含量也发生了变化。主要原因可能是微生物选择性降解的结果, 也有可能是土壤与石笋中微生物种类分布差异所造成的。本次研究初步显示了相对封闭稳定的洞穴沉积物与上覆土壤层中生物标志化合物的异同。

关键词 生物标志化合物 单甲基支链烷烃 烷基环己烷 土壤 石笋 微生物

第一作者简介 蒲阳 男 1980 年出生 硕士 地球化学

中图分类号 P593 **文献标识码** A

1 引言

利用湖北清江流域洞穴石笋生物标志化合物(又名分子化石)进行全球变化的研究逐渐展开:和尚洞 2 号石笋低碳数与高碳数的正构脂肪醇、酮相对含量的比值与同一根石笋中氧同位素变化曲线有较好的对应关系, 反映了生物标志化合物对古气候变化的响应, 同时也间接反映了生态系统的变化^[1], 而不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸相对含量的比值与氧同位素也有一定的对应关系, 其高值对应了寒冷气候事件(北大西洋冰筏漂砾事件 H₁)^[2]。说明石笋中的有机质包含了丰富的古气候、古环境信息, 必须深入研究。在此之前, 石笋中有机质的研究主要是利用荧光微层与灰度进行古气候、古环境的研究, Shopov 等^[3]等发现石笋具有荧光微层, 并了解到主要来自土壤的有机酸(主要是胡敏酸和富里酸)形成, 秦小光^[4]等认为石笋微层的灰度变化主要由滴水携带和原地生长的有机物所造成, 滴水中有有机物含量的变化就反映了近地表的有机物变化, 包括植被、动物、微生物等, 其中又以植被生物量的变化为主。但是石笋中可作为生物标志化合物的众多有机物却较少人问津。

烷烃类化合物是第四纪全球变化研究中的常提

及的生物标志化合物, 以往的研究主要集中在对正构烷烃、萜类、甾类等生物标志化合物的讨论, 而支链烷烃与烷基环己烷却较少提及, 相关的文献资料较少。原因是这两类物质在石笋的有机抽提物中含量相对较低, 鉴定困难。有关这两类生物标志化合物的研究主要集中在石油、煤、岩石的研究中。

支链烷烃与烷基环己烷这两种生物标志化合物被认为与微生物的作用紧密相关^[6]。而微生物的活动与气候环境变化是紧密联系的, 所以这两类物质也是第四纪研究中不可忽视的两类生物标志化合物。本文对土壤及石笋中这两类化合物进行了分析, 比较了它们在土壤与石笋中碳数分布的异同, 分析了可能的原因, 为石笋中有机质来源问题提供了进一步的证据。

2 材料与方法

研究地区属于亚热带季风型气候, 温和多雨, 四季分明。年平均气温 13°~16°C, 区内降水年平均为 1 200~1 700 mm, 主要集中在 4~9 月。本研究所采集的样品来自湖北长阳清江半峡和尚洞。和尚洞位于 30°45'N, 110°42'E, 发育于上寒武统(Є₃), 围岩为细晶白云岩。洞口高程约 205 m, 和尚洞洞顶植

① 国家自然科学基金(批准号: 90211014, 40572098)资助。

收稿日期: 2005-12-19 收修稿日期: 2006-03-03

被繁盛, 植被类型主要以木本植物以及山地灌草丛为主。采样时为 8 月份, 正值夏季。

土壤样品的采集: 取样点在和尚洞正上的岩溶表土, 取样点高程 574 m, 先去掉土壤表层的枯枝落叶, 然后从表层土壤垂直向下取土壤样品 7 个。土壤样品采集时用布袋装好, 采集回来以后立即用烘箱烘干, 然后粉碎至 80 目。

石笋样品的采集: HS 4 石笋采自距洞口 120 m 处, 石笋采集时仍在生长。样品取回后用切割机将石笋沿纵剖面切割开, 从石笋的顶部向下取样至底部, 在长 239 cm 的石笋上共取样品 50 个, 每个样品约 50~100 g 粉碎至 80 目, 最后烘干。土壤样品与石笋样品均用氯仿在索氏抽提器中抽提 72 小时, 将抽提液浓缩称重。用层析柱法分离出饱和烃、芳烃、非烃。饱和烃部分直接进行气相色谱—质谱联用仪 (GC/MS) 分析。

在整个流程中防止污染十分重要。在样品的采集过程中要戴上一次性手套, 避免人手的直接接触。试验过程中所有玻璃器皿均经过酸洗, 所有滤纸、手套、棉花均用氯仿试剂抽提 72 小时。

GC/MS 分析采用 HP6890 型气相色谱与 HP5973 型质谱联用仪。色谱条件: HP-5MS 石英毛细管柱 (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm), 始温 70°C, 升温速率 3°C/min 终温 280°C, 终温恒温 15 min 进样口温度 300°C, 进样量 1 μL, 氦气为载气。质谱条件: 电子轰击源, 电离能量 70 eV, GC 与 MS 接口温度 280°C。

3 结果与讨论

3.1 土壤与石笋中单甲基支链烷烃的比较

土壤样品与石笋样品的抽提物中, 根据质谱图特征离子碎片以及文献资料的对比^[7, 8], 共鉴定出 2-, 3-, 4-, 5-, 6-, 7-, 8 甲基支链烷烃等七个系列的支链烷烃。相同系列的单甲基支链烷烃在蓝细菌的培养物中也被鉴定出来^[9, 10]。

在晚三叠纪的油砂样品中发现系列单甲基支链烷烃, 通过单体同位素的测定发现短链单甲基支链烷烃 (C₁₄—C₂₂) 可能主要来源于蓝细菌; 长链单甲基支链烷烃 (C₂₅—C₃₆) 来源于蓝细菌之外的其他一些微生物, 如一些自养细菌^[11]。而在原油^[12]、岩石^[13, 14]与现代沉积物^[15~18]中也均检测出短链单甲基支链烷烃, 均认为与蓝细菌的活动密切相关。

国内外有关土壤中蓝细菌的报道比较多, 有关研究表明蓝细菌在土壤中有维持土壤肥力^[19]、指示土

壤环境的作用^[20, 21]。在干旱地区蓝细菌有指示水源的作用^[22]。而石笋中有关蓝细菌的报告较少。

从图 1 可以发现石笋与土壤中单甲基支链烷烃的系列完全相同, 碳数分布特征也相似 (主要为 C₁₆—C₂₂ 的支链烷烃)。石笋中单甲基支链烷烃可能的来源有两个: ①来源于地下水所带来的洞顶土壤层中的支链烷烃 ②石笋表面生长的微生物贡献了相同系列的支链烷烃。从图 1 中可以发现石笋中单甲基支链烷烃相对含量增高 (与相邻的正构烷烃比较可以看出), 而土壤中单甲基支链烷烃相对正构烷烃含量较低, 这种差异说明石笋原地生长的微生物可能贡献了一定的单甲基支链烷烃。石笋中的这些短链单甲基支链烷烃极有可能来自于蓝细菌。

和尚洞 4 号石笋中检测的单甲基支链烷烃极有可能洞穴滴水带来的洞顶土壤层中的单甲基支链烷烃。但是也不能完全排除石笋原地生长微生物产生单甲基支链烷烃的可能, 必须进行单体同位素的研究才能进一步确认。

3.2 土壤与石笋中烷基环己烷的比较

本次研究中的七个土壤样品中的烷基环己烷基本呈现了相似的分布模式 (见图 2), 碳数分布主要在 C₁₅—C₂₁ 之间, 低碳数的烷基环己烷占主要部分, 高碳数的烷基环己烷 (碳数大于 22) 含量相对较低, 在色谱图上没有较好的表现出来。所有样品均呈单峰形分布, 以 C₁₇ 为主峰 (除个别样品以 C₁₈ 为主峰), 无明显奇偶优势。

图 3 为部分石笋样品中烷基环己烷的质量色谱图 (图中标注出了该样品距石笋顶部的距离), 从图中可以看到所有的样品呈现了相似的分布模式: 碳数分布主要在 C₁₆—C₂₆ 之间, 呈单峰形分布, 无明显奇偶优势。均以低碳数的烷基环己烷 (碳数不大于 22) 为主, 主峰碳数主要为 C₁₈、C₂₀, 有部分样品以 C₁₉ 和 C₂₁ 为主峰。

烷基环己烷在石油^[23]及煤^[24]等化石燃料的研究中经常被提及, 往往被作为判断物源的代用指标, 有时还可以作为判断沉积环境和成熟度的标志^[25]。在最新的有关 P-T 事件的研究中被认为来源于某种浮游植物的 C₃₃ 烷基环己烷在界限层附近呈现了较大的波动, 是指示生态系统变化的一种潜在的生物标志化合物^[26]。

关于烷基环己烷来源的说法有许多中, 最重要的一种是在成岩过程中来源于菌藻类的直链脂肪酸环化脱羧形成烷基环己烷^[27, 28], 这种假设在微生物的

催化加氢热解反映中得到证实^[29,30]。在这种情况下形成的系列烷基环己烷往往与相同来源于正构脂肪

酸的正构烷烃具有相似的碳数分布。

土壤中系列支链烷烃

石笋中系列支链烷烃

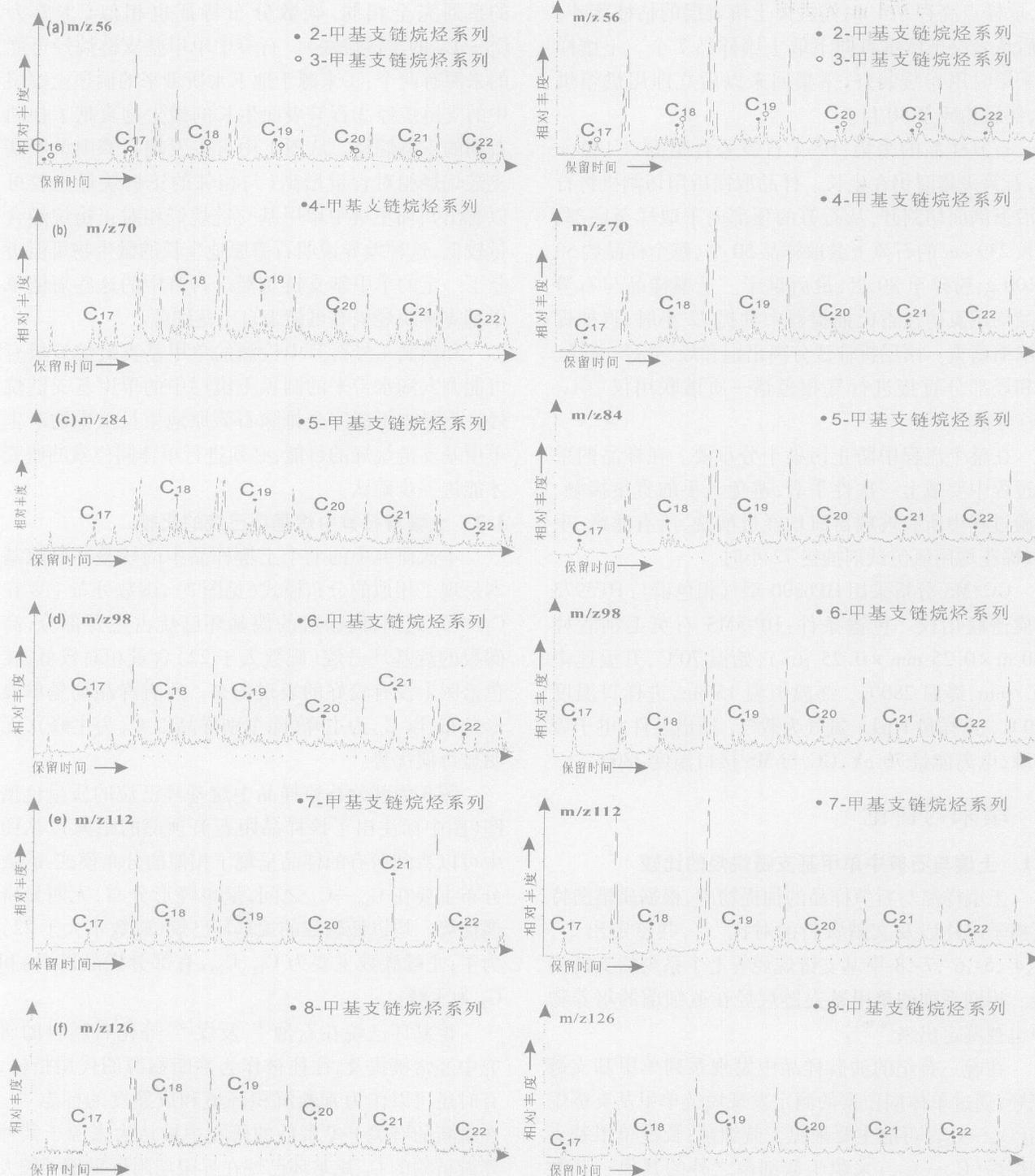


图 1 土壤中单甲基支链烷烃与石笋中单甲基支链烷烃对比

Fig 1 The comparison of the monoalkanes in the soil and in the stalagmite

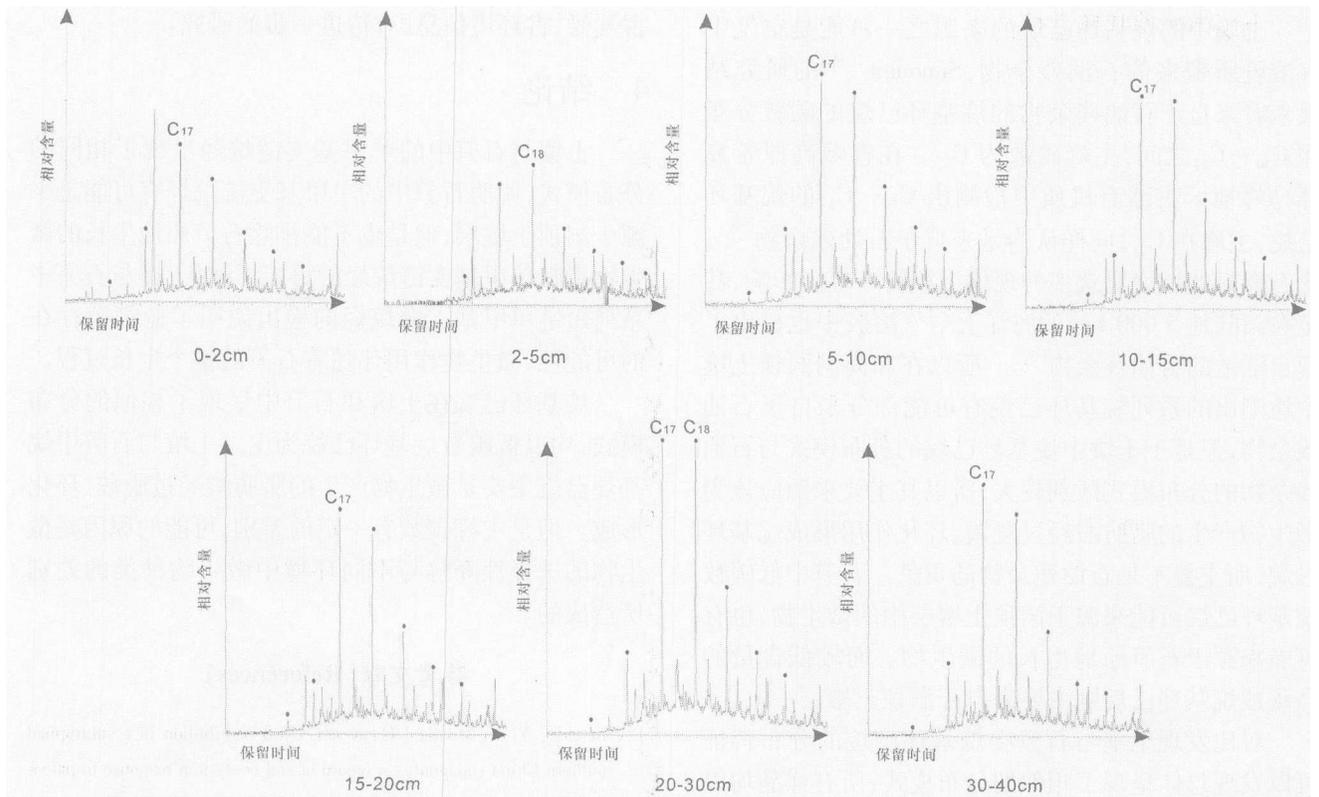


图 2 土壤样品中的烷基环己烷质量色谱图 (m/z82)

Fig. 2 Mass chromatogram of alkylcyclohexanes in the soil sample

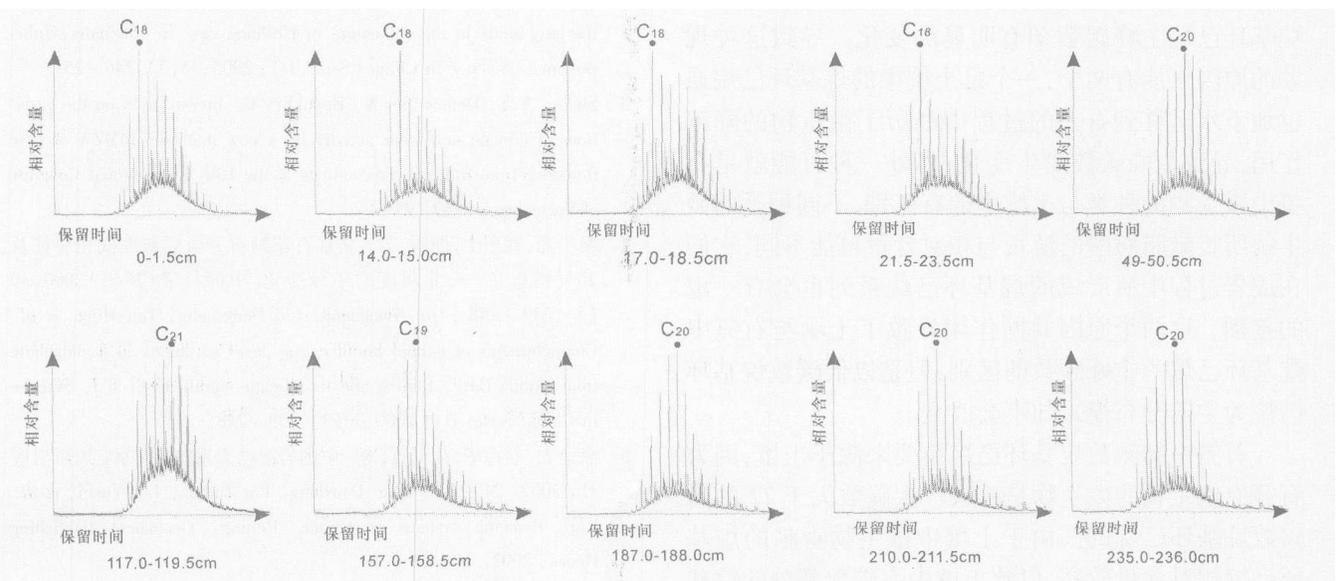


图 3 部分石笋样品中烷基环己烷质量色谱图 (m/z82)

Fig. 3 Mass chromatogram of alkylcyclohexanes in some of the stalagmite

此外在某些特定的环境中一些特殊的微生物也会产生烷基环己烷, 如喜酸热菌和化石藻中存在 C₁₇ 和 C₁₉ ω-环己基直链脂肪酸, 直接从细菌膜类脂物输入环己基脂肪酸并进而通过脱羧形成烷基环己

烷^[31]。在海底冷泉碳酸盐岩中古细菌来源的类脂甘油醚是烷基环己烷的另外一个可能的来源^[32]而在某些矿物的影响下, 干酪根在高温条件下也会裂解产生烷基环己烷^[33]。

土壤中的烷基环己烷的来源之一可能是空气中气溶胶所带来的石油残余物, Simoneit^[34]的研究结果来看来自于石油残余物的烷基环己烷的碳数分布在 C_{20} — C_{27} 之间, 主峰碳数为 C_{25} 。在青藏高原希夏邦马峰地区雪冰有机质中检测出 C_{20} — C_{27} 的烷基环己烷, 主峰在 C_{23} , 同样认为是来自于石油残余物^[35]。化石燃料的燃烧对众多的现代沉积物产生了影响, 甚至在离陆地 5 000 km 的海洋上空气溶胶中也检出了源自陆地的石油残余物^[36]。所以在和尚洞洞顶土壤中检测出的系列烷基环己烷有可能部分来自于石油残余物, 但是于土壤中烷基环己烷的分布模式与石油残余物的分布模式区别较大, 所以其主要来源应该为微生物产生的脂肪酸经过脱羧、环化作用形成烷基环己烷, 而主要不是石油残余物的贡献。石笋中低碳数烷基环己烷可能来源于洞顶土壤层中的微生物, 也有可能来源于石笋原地生长的微生物。而较低含量的高碳数烷基环己烷则主要来自于洞顶土壤层。

对比发现土壤与石笋中烷基环己烷的分布特征可以发现总体呈现了相似的分布模式: 所有样品均以低碳数的烷基环己烷为主, 高碳数的含量相对较低, 且均无奇偶优势。说明烷基环己烷的主要来源可能是微生物, 包括各种细菌及蓝藻。但是土壤与石笋中烷基环己烷主峰碳数却有明显的变化。导致这种现象的原因可能有两个, 一个是土壤中的烷基环己烷通过地下水运移到石笋的过程中经历了微生物的降解作用, 导致主峰碳数发生变化; 另外一种可能就是石笋中微生物的种类与土壤中的有区别, 不同种类的微生物所贡献脂肪酸的链长与相对含量可能不同, 它们在成岩过程中所形成的烷基环己烷系列也会有一定的差别。这两个原因共同作用导致了土壤与石笋中烷基环己烷的主峰碳数的区别, 但是以低碳数烷基环己烷为主的分布模式却不会改变。

石笋中高碳数烷基环己烷主要来源于土壤, 因为石笋原地生长的微生物是不会产生碳数大于 22 的高碳数烷基环己烷的。由于土壤中微生物贡献的烷基环己烷相对含量较高, 以致土壤中高碳数部分的烷基环己烷在图谱上的表现不是十分明显, 而石笋中高碳数烷基环己烷峰形完整, 可以清晰的检测出来。这说明了土壤中微生物活动相对强烈的多, 导致土壤中低碳数烷基环己烷的相对含量较高。

同时从石笋烷基环己烷质量色谱图中可以看到不同深度的烷基环己烷的主峰碳数有明显的变化, 这些变化可能与微生物活动密切相关, 可能包含一定的

古气候、古环境信息, 有待进一步的研究。

4 结论

土壤与石笋中的单甲基支链烷烃呈现了相同的分布模式, 说明石笋中的单甲基支链烷烃有可能是来源于洞顶土壤层, 但是也不能排除石笋原地生长的微生物贡献单甲基支链烷烃的可能, 同时土壤与石笋中系列短链单甲基支链烷烃的检出说明了蓝细菌存在的可能性, 微生物作用伴随着石笋的整个生长过程。

烷基环己烷在土壤和石笋中呈现了相似的分布模式, 均以低碳数烷基环己烷为主。土壤与石笋中烷基环己烷主要是微生物产生的脂肪酸经过脱羧、环化形成。但是主峰碳数有一定的差别, 可能的原因是微生物的选择性降解与不同环境中微生物种类的差别所造成的。

参考文献 (References)

- Xie S G, Yi Y, Huang J H, *et al*. Lipid distribution in a subtropical southern China stalagmite: a record of soil ecosystem response to paleo-climate change. *Quaternary Research*, 2003, 60: 340~347
- 谢树成, 黄俊华, 王红梅, 等. 湖北清江和尚洞石笋脂肪酸的古气候意义. *中国科学 (D) 辑*, 2005, 35 (3): 246~251 [Xie Shucheng, Huang Junhua, Wang Hongmei, *et al*. The significance of the fatty acids in the stalagmite in Heshang cave in Qingjiang Hubei province. *Science in China (Series D)*, 2005, 35(3): 246~251]
- Shopov Y Y, Demendjiev V, Buyukliev G. Investigation on the variations of climate and solar activity by a new method—LMZA of cave flowstone from Bulgaria. *Proceedings of the 10th International Congress of Speleology*, 1989, 95~97
- 秦小光, 刘东生, 谭明, 等. 北京石花洞石笋微层灰度变化特征及其气候意义——II 灰度的年际变化. *中国科学 (D 辑)* 2000, 30 (3): 239~248 [Qin Xiaoguang, Liu Dongsheng, Tan Ming, *et al*. Characteristics of annual laminae gray level variations in a stalagmite from Shihua Cave, Beijing and its climate significance (II). *Science in China (Series D)*, 2000, 30(3): 239~248]
- 袁道先, 刘再华, 林玉石, 等. 中国岩溶动力系统. 北京: 地质出版社, 2002, 21~22 [Yuan Daoxian, Liu Zaihua, Lin Yushi, *et al*. Karst dynamic systems of China. Beijing: Geological Publishing House, 2002, 21~22]
- Summons R E, Powell T G, Boreham C J. Petroleum geology and geochemistry of the Middle Proterozoic McArthur Basin, Northern Australia. III. Composition of extractable hydrocarbons. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1988 (52): 1747~1763
- Lu H, Peng P A, Sun Y G. Molecular and stable carbon isotopic composition of monomethylalkanes from one oil sand sample: source implications. *Organic Geochemistry*, 2003, 34: 745~754
- Kenig F, Dirk Jan H S, David C. Structure and distribution of branched aliphatic alkanes with quaternary carbon atoms in Cenozoic

- nian and Turonian black shales of Pasquia Hills (Saskatchewan, Canada). *Organic Geochemistry* 2005 36: 117~138
- 9 Köster J, Volkmann JK, Rullkötter J *et al*. Mono-, di- and trimethyl-branched alkanes in cultures of the filamentous cyanobacterium *Calothrix scopulorum*. *Organic Geochemistry* 1999 30: 1367~1379
- 10 Dembitsky V M, Dor J, Shkrob J, Akim M. Branched alkanes and other apolar compounds produced by the cyanobacterium *Microcoleus vaginatus* from the Negev Desert. *Russian Journal of Biorganic Chemistry* 2004 27: 110~119
- 11 Hong Lu Ping, an Peng Yongge Sun. Molecular and stable carbon isotopic composition of monomethylalkanes from one oil sand sample: source implications. *Organic Geochemistry* 2003 (34): 745~754
- 12 Summons R E, Jahnke L L. Identification of the methylhopanes in sediments and petroleum. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 1992 54: 247~251
- 13 Cockell C S. Impact shocked rocks: insights into archean and extraterrestrial microbial habitats and sites for prebiotic chemistry? *Advances in Space Research* 2004 33: 1231~1235
- 14 Fike D, Cockell C S, Pearce D, Lee P. Heterotrophic colonization of impact shocked rocks from the Houghton impact crater, Canadian High Arctic. *International Journal of Astrobiology* 2003 1: 311~323
- 15 Shiea J, Brassell S G, Ward D M. Mid chain branched mono- and dimethyl alkanes in hot spring cyanobacterial mats: a direct biogenic source for branched alkanes in ancient sediments? *Organic Geochemistry* 1990 15: 223~231
- 16 Shiea J, Brassell S G, Ward D M. Comparative analysis of extractable lipids in hot spring microbial mats and their component photosynthetic bacteria. *Organic Geochemistry* 1991 17: 309~319
- 17 Robinson N, Eglinton G. Lipid chemistry of Icelandic hot spring microbial mats. *Organic Geochemistry* 1990 15: 291~298
- 18 Kenig F, Sinnighe Danste J S, Kock van Dalen A G, *et al*. Occurrence and origin of mono-, di- and trimethylalkanes in modern and Holocene cyanobacterial mats from Abu Dhabi, United Arab Emirates. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 1995 59: 2999~3015
- 19 Song T Y, Mårtensson L, Eriksson T, *et al*. Biodiversity and seasonal variation of the cyanobacterial assemblage in a rice paddy field in Fujian, China. *FEMS Microbiology Ecology* 2005 54: 131~140
- 20 Lukešová A, Hoffmann L. Soil algae from acid rain impacted areas of Kránské Hořiny. *1. A legál Communities Vegetatio* 1996 125: 123~136
- 21 Nagya M L, Johansena J R, Stclair L L. Recovery patterns of microbial soil crusts 70 years after arsenic contamination. *Journal of Arid Environments* 2005 63: 304~323
- 22 Garcia Pichel F, Pringault O. Cyanobacteria trackwater in desert soils. *Nature* 2001 413: 380~381
- 23 Benwarton Robert Alexander, Rogert Kagi. Characterisation of the methenium tetroxide oxidation products from the aromatic unresolved complex mixture of a biodegraded crude oil. *Organic Geochemistry* 1999 30: 1255~1272
- 24 Dong J Z, Vorkink W B, Milton L L. Origin of long chain alkylcyclohexanes and alkylbenzenes in a coal-bed wax. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 1993 57: 837~849
- 25 张军营, 曾凡桂, 郭建珠, 等. 不同成因类型煤中烷基环己烷和烷基苯的特征探讨. *中国煤田地质*, 1996 8(1): 17~19 [Zhang Junying, Zeng Fangui, Guo Jianzhu, *et al*. The characteristics cyclohexanes and alkylbenzenes in coals of different genetic types. *Coal Geology of China* 1996 8(1): 17~19]
- 26 Grice K, Richard J T, Robert Alexander *et al*. A potential biomarker for the Permian-Triassic ecological crisis. *Earth and Planetary Science Letters* 2005 236: 315~321
- 27 Jones R B, Belsky T, McCarthy E D, *et al*. The organic geochemistry of ancient sediments I. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1966 30: 1191~1222
- 28 Rubinstein I, Strausz O P. Geochemistry of the thiourea adduct fraction from an Alberta Petroleum. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 1979 43: 1387~1392
- 29 Gordon D L, Stephen A B, Linda L J. A catalytic hydrolysis method for the rapid screening of microbial cultures for lipid biomarkers. *Organic Geochemistry* 2004 36: 63~82
- 30 Gelin F, Leeuw J W, Sinnighe Danste J S, *et al*. The similarity of chemical structures of soluble aliphatic polyaldehyde and insoluble algaenan in the green microalga *Botryococcus braunii* race A as revealed by analytical pyrolysis. *Organic Geochemistry* 1994 24: 423~435
- 31 De Rosa M A, Gambacorta L, Minale L, *et al*. The formation of ω -cyclohexyl fatty acids from shikimate in an acidophilic thermophilic *Bacillus*. *Biochemistry Journal* 1972 128: 751~754
- 32 Pancost R D, Ioanna Bouloubassi, Giovanni A. Bisi, *et al*. Three series of non-isoprenoidal dialkyl glycerol diethers in cold seep carbonate crusts. *Organic Geochemistry* 2001 33: 695~707
- 33 Spino B. Effects of the mineral matrix on the distribution of geochemical markers in thermally affected sedimentary sequences. *Organic Geochemistry* 1984 6: 543~560
- 34 Simonait B R T. Organic matter of the troposphere: characterization and sources of petroleum and pyrogenic residues in aerosols over the western United States. *Atmospheric Environment* 1984 18: 51~67
- 35 谢树成, 姚檀栋, 康世昌, 等. 青藏高原希夏邦马峰地区雪冰有机质的气候与环境意义. *中国科学 (D辑)*, 1999 29(2): 457~465 [Xie Shucheng, Yao Tandong, Kang Shichang, *et al*. Climatic and environmental implications from organic matter in Dasuopu glacier in Xixiabangma in Qinghai Tibetan Plateau. *Science in China (Series D)*, 1999 42(4): 457~465]
- 36 Simonait B R T, Cardoso J N, Robinson N. An assessment of terrestrial higher molecular weight lipid compounds in aerosol particulate matter over the south Atlantic from about 30°~70° S. 1991. *Chemosphere* 23: 447~465

Monoethylkanes and Alkylcyclohexanes in Modern Soil and Stalagmite in Krast Area

PU Yang^{1,2} HUANG Junhua^{1,2} HUANG Xianyu^{1,2}
RUAN Xiaoyan³ CUI Jingwei^{1,2} XIE Shucheng^{1,2}

(1 State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources China University of Geosciences Wuhan 430074

2 Biogeology and Environment Geology of Ministry of Education China University of Geosciences Wuhan 430074

3 Faculty of Resources China University of Geosciences Wuhan 430074)

Abstract Using GC/MS analysis, we find the monoethylkanes and alkylcyclohexanes in the soil and stalagmite samples. Seven series of monoethylkanes found in the soil can also be detected in the stalagmite and they exhibit the same distribution patterns. The monoethylkanes in the stalagmite possibly derive from the soil on the top of the cave that transported by the drip water. But we can not exclude the contribution of the microorganisms living on the stalagmite. Alkylcyclohexanes exhibit the different maxima in the soil and the stalagmite. These phenomena may be caused by the selective degradation or different microorganism distribution in the stalagmite and soil. This research reveals the similarities and differences of the biomarker in the soil and stalagmite.

Key words biomarker monoethylkanes alkylcyclohexanes soil stalagmite microorganism

《中国学术期刊文摘》中文版和英文版 2007年征订启事

《中国学术期刊文摘》分中文版(简称CSAC)和英文版(简称CSAE)两种,各自收录了我国高水平学术期刊中基础科学、医学、农业科学和工程技术领域约40个学科的论文文摘,全景展现我国的科研成果与进展。

作为综合性科技类检索刊物,《中国学术期刊文摘》致力于将我国科学技术各领域的原创性学术成果全面、快速地向科技工作者交流、传播,其中CSAE是我国第一份综合性英文版科技类学术检索刊物。

《中国学术期刊文摘》由中国科学技术协会主管,科技导报社主办并负责编辑、出版、发行,对科研单位、高等院校、图书馆以及广大科技工作者检索和了解我国的科技研究成果、学术研究动向具有重要的参考价值。

《中国学术期刊文摘(中文版)》刊号为CN 11-3501 N,ISSN 1005-8923 2007年为半月刊,大16开,国内定价38.00元/册,全年定价912元,邮发代号:82-707。

《中国学术期刊文摘(英文版)》刊号为CN 11-5411 N,ISSN 1673-4084 2007年改为月刊,大16开,国内定价15.00元/册,全年定价180元,邮发代号:80-487。

欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆订阅。

通讯地址:北京市海淀区学院南路86号科技导报社(邮编100081)

联系电话:010-62103122

联系人:姚玉琴

征订信箱:wzbjb@cast.org.cn

单位主页: <http://www.csac.org.cn>

户名:科技导报社

账号:0200001409089017271

开户银行:工商银行百万庄支行