

大兴安岭近 1000 年来气候变化的泥炭记录

林庆华¹, 冷雪天², 洪冰¹

1. 中国科学院 环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002; 2. 东北师范大学 泥炭研究所, 长春 130026

摘要:大兴安岭摩天岭泥炭藓泥炭纤维素的 $\delta^{13}\text{C}$ 时间序列揭示了近 1000 a 来该区气候的演变过程。区内 1000 a 的气候经历了 950~700 a BP、700~300 a BP 及 300 a BP 以来三个阶段百年尺度的干湿波动, 这些波动上又叠加了一系列数十年尺度的气候变化。该序列指示了大兴安岭地区近代气候向着偏干方向发展。

关键词:泥炭; 大兴安岭; 气候变化

中图分类号: Q946.91⁺4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2802(2004)01-0015-04

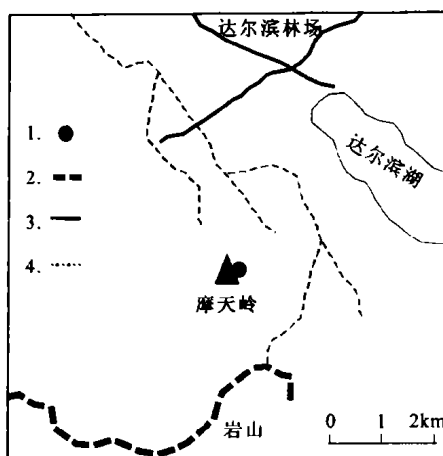
泥炭纤维素碳、氢、氧稳定同位素与泥炭孢粉作为反映过去气候变化的有效替代性指标, 已愈益受到广泛的关注。研究表明, 无论是湖泊沉积物还是沼泽泥炭沉积物的 $\delta^{13}\text{C}$ 和孢粉分析, 对气候的温湿变化和季风交替演化均具有良好的指示意义^[1-3]。但大小兴安岭地区作为中国贫营养泥炭的典型发育地, 一直缺乏气候变化代用指标的系统研究。贫营养泥炭是泥炭发育的最高阶段, 其演化过程中, 成碳植物脱离了地下水的补给, 靠天然降水为生长水源, 因此, 泥炭同位素记录与过去气候变化有着更为密切的关系^[4]。本研究是大小兴安岭贫营养泥炭稳定同位素研究的阶段成果, 旨在为东亚季风气候区提供较高分辨率的过去变化信息。

大兴安岭位于蒙古高原与松辽平原的过渡地带。区内森林资源丰富, 是我国主要森林采伐地之一, 亦是我国贫营养泥炭地的重要分布区。采样点位于大兴安岭山地中段的阿尔山市伊尔河镇东偏北约 70 km 的高山(摩天岭, 海拔 1711.11m)北坡, 距天山林场东南约 9.3 km, 距达尔滨湖北岸约 2600 m、坡度约 30°的山坡, 经纬度为 N 47°22'45", E 120°38'77"。采样位置见图 1。

1 样品采集及实验

达尔滨湖北岸位于高山的东北坡麓, 属于熔岩堰塞湖, 海拔约 1200 m, 湖滨、坡麓及山腰地带沼泽广布。沼泽发育且类型丰富, 垂直分带明显, 由湖滨至山腰, 呈现富营养→中营养→贫营养沼泽的分布规律。

样地北坡 1400~1600 m 的贫营养泥炭藓沼泽, 发育在永久冻土玄武岩风化壳上, 剖面探坑位于落叶松、狭叶杜香、泥炭藓沼泽与落叶松、偃松、泥炭藓沼泽过渡处, 海拔约 1500 m。地表沼泽植物类型: 偃松(*Pinus pumila*)、兴安落叶松(*Larix gmelini*)、尖叶泥炭藓(*Sphagnum acutifolium*)、白齿泥炭藓(*Sphagnum girgensohnii*)、镰刀藓(*Drepanocladus aduncus*)、狭叶杜香(*Ledum palustre var. angustum*)、宽叶杜香(*Ledum palustre var. dilatatum*)、兴安杜鹃越桔(*Vaccinium utisidaea*)、柳叶绣线菊(*Spiraea salicifolia*)、宽叶蓝靛果忍冬(*Lonicera caerulea var. edulis*) 与刺玫蔷薇



1. 采样点; 2. 废弃的林场铁路; 3. 公路; 4. 林间小路

图 1 摩天岭贫营养泥炭采样位置图

Fig. 1 Location of the peat sampling site at Motianling Mountain

收稿日期: 2003-07-03 收到, 08-22 改回

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40073033)

第一作者简介: 林庆华(1966—), 男, 副研究员, 从事环境地球化学研究. E-mail: qinghualin@public.gz.cn.

薇(*Rosa davurica*)等。人工挖掘一个剖面,依据野外与室内植物残体分析可知其性状为:0~60 cm 为现代泥炭藓层;61~80 cm 为棕黄色棕褐色泥炭藓泥炭冻层,分解度约 10%~15%;81~98 cm 为黄褐色、褐色泥炭藓泥炭冻层,分解度为 20%~30%。以上层位中贫营养泥炭藓占 50~90%;99~106 cm 为黑色中营养泥炭冻层,分解度约 40%;106 cm 以下为灰绿色岩石(玄武岩)风化冻土层。

切割剖面以 1 cm 的间隔分样,泥炭样本进行高分辨率的稳定同位素时间序列分析和孢粉分析。

样本分选出泥炭藓成分后,用标准程序^[5,6]提取 α -纤维素。纤维素 $\delta^{13}\text{C}$ 采用玻璃管密闭燃烧法^[7]测定。称取 2 mg 纤维素样品与 2 g 氧化铜丝于硬质玻璃管内,以铂丝为催化剂,在真空系统中熔封玻璃管。置马弗炉中 550℃ 灼烧 1 h,所得 CO_2 在真空系统上纯化后在 MAT-252 气体同位素比值质谱仪上测定 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 值,结果均以相当于 PDB 标准的 $\delta^{13}\text{C}$ 表示。以国际原子能机构(IAEA)标准纤维素为实验控制标准,测量精度小于 $\pm 0.1\text{‰}$ 。每批样品随机设置两个平行样,标准偏差小于 $\pm 0.1\text{‰}$ 。以上分析均在环境地球化学国家重点实验室完成。

泥炭纤维素的 ^{14}C 年龄测定在东北师范大学 ^{14}C 年龄实验室完成, ^{14}C 年龄的树轮校正根据美国华盛顿大学第四纪同位素实验室 M. Stuiver 等 Calib 4.3 年龄校正程序进行^[8](图 2)。其余层位的样品年代用两个实测年龄间线性内插获得。

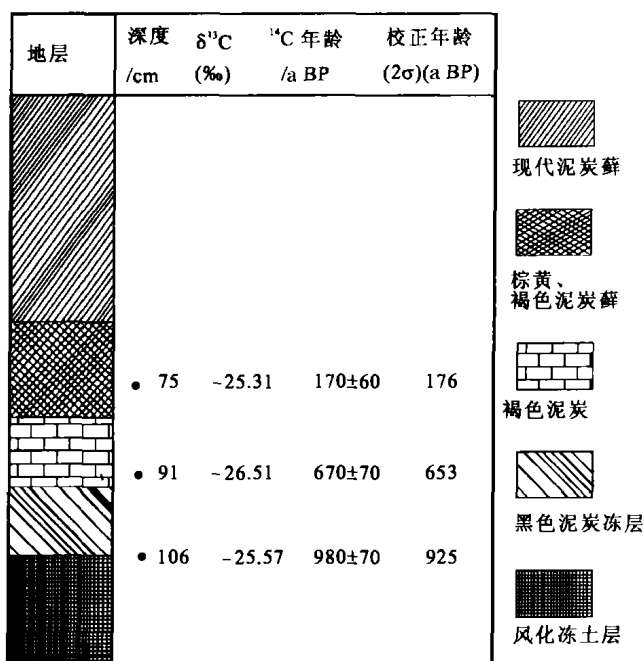


图 2 大兴安岭泥炭地层及年龄

Fig. 2 Stratigraphy and ages of the peat bog of Daxing Anling

2 研究结果与讨论

研究区位于东亚季风区北端,降水主要受控于季风,同时受中高纬度西风带环流的影响。季风区植物(树轮、纤维素) $\delta^{13}\text{C}$ 时间序列与季风强度、降水、湿度等关系已经得到日益深入的研究,连同 Francey 等人^[9]的碳同位素分馏机理,这些成果为将植物纤维素 $\delta^{13}\text{C}$ 值用作气候变化的代用指标奠定了基础。过去的树轮^[10]和泥炭纤维素稳定碳同位素研究^[11,12]指出,植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值指示了温度、降雨和夏季风的变化, $\delta^{13}\text{C}$ 偏正暗示夏季风较弱和干旱, $\delta^{13}\text{C}$ 负极则指示夏季风的加强和降雨增多。

图 3 的 $\delta^{13}\text{C}$ 序列曲线较为清晰地记录了大兴安岭季风气候区近 1 ka 气候的演化历程。从图 3B 可以推断出 3 个明显的气候变化阶段:950~700 a BP 摩天岭的藓类泥炭纤维素的 $\delta^{13}\text{C}$ 值在全系列平均值周围呈现一种百年尺度的波动;700~300 a BP 几乎所有的 $\delta^{13}\text{C}$ 值均低于全系列的平均值;300 a BP 迄今系列的 $\delta^{13}\text{C}$ 值几乎都在平均值以上。

(1)950~700 a BP(1000~1250 AD),区域季风气候强弱交替,气候干湿波动。在这一时期的金川泥炭 $\delta^{18}\text{O}$ 曲线^[13]上记录了较高的温度和温度波动变化;这一时期对应于欧洲中世纪温暖期(930~1240 AD)。

950~700 a BP 泥炭中孢粉分析结果:950 a BP 蒿属(25.00%)、落叶松属(1.09%)花粉达到剖面的最低值,毛茛科花粉(15.87%)达最高值,气候为寒冷偏湿;800~930 a BP 时灌木花粉(24.06%)含量高于乔木花粉(21.80%),达到剖面最高值;松属(1.50%)花粉为最低值。区域气候为凉冷偏干;670~800 a BP,松属花粉含量(2.47%~14.07%)达到剖面最高值。泥炭藓孢子时多时少,反映了寒冷略干的气候。这一时期区内呈现近百年尺度的相对干湿气候波动,在约 700 a BP 时气候发生较大的转折,进入较长时期的相对偏湿期。

(2)700~300 a BP(1250~1650 AD)时季风活动加强,带来更多的降雨,气候较为潮湿。摩天岭的泥炭孢粉也记录了寒冷略湿的气候。这一时期的金川泥炭 $\delta^{18}\text{O}$ 曲线(750~120 a BP)和 $\delta^{13}\text{C}$ 曲线(1200 AD 后)记录了显著的寒冷和潮湿气候,相当于欧洲小冰期的寒冷气候阶段。两次激烈的冷峰分别在 1530 AD 和 1619 AD。

(3)300 a BP(1650 AD)以来,区内季风活动减

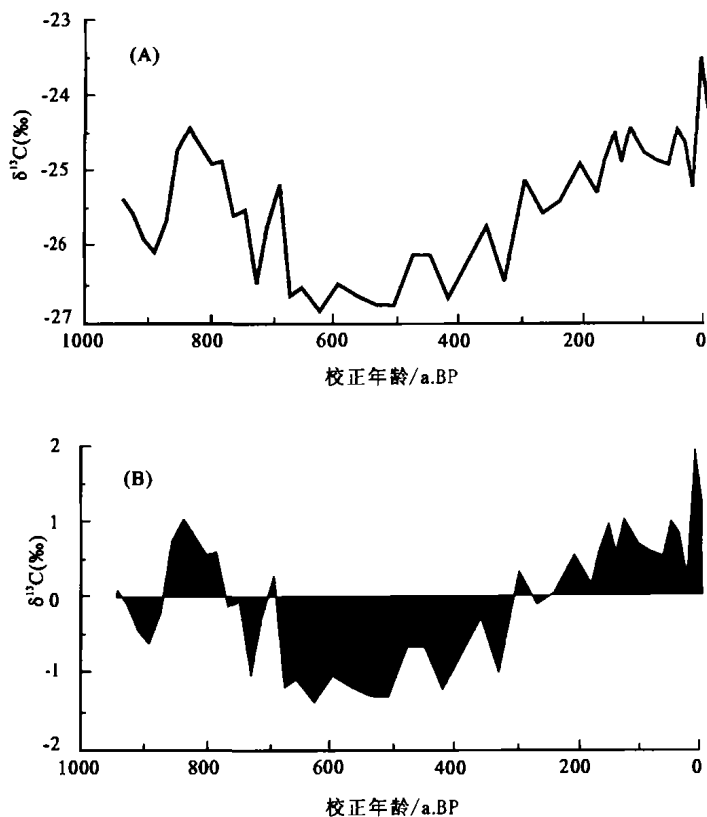


图3 A为 $\delta^{13}\text{C}$ 变化曲线,B为 $\delta^{13}\text{C}$ 距平曲线

Fig. 3 (A) The $\delta^{13}\text{C}$ profile of peat cellulose for Daxing Anling core
(B) It's deviation from the mean of the peat $\delta^{13}\text{C}$ time series

弱,降雨减少,气候转干。后期金川泥炭的 $\delta^{18}\text{O}$ 曲线记录了气候的现代升温趋势。

值得注意的是,金川泥炭和其他的研究^[14]均揭示了现代全球升温现象,引起的干旱趋势的气候响应。大兴安岭的干旱趋势是否与升温有响应关系,还值得进一步探索。

从图4可以看出,从约500 a BP(1450 AD)起,序列 $\delta^{13}\text{C}$ 开始表现了明显的增长趋势,区域气候在一系列数十年的波动中,总体上向着偏干方向发展,与东北季风区域及全球的气候发展趋势吻合。

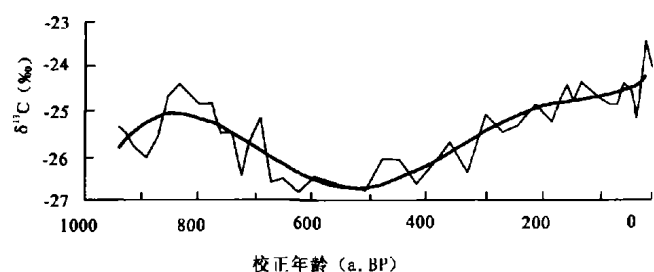


图4 大兴安岭泥炭 $\delta^{13}\text{C}$ 的6次拟合曲线

Fig. 4 The fitting curve of the peat $\delta^{13}\text{C}$ of Daxing Anling

3 结论

总体上说,近1 ka BP以来区域一直为冷湿季

风气候所控制,泥炭藓贫营养泥炭的发育本身揭示了这一点。但由于泥炭纤维素 $\delta^{13}\text{C}$ 对气候和季风强度变化的敏感性,且 $\delta^{13}\text{C}$ 序列对气候的变化似具有一种放大作用,区域微小的气候变化可以通过 $\delta^{13}\text{C}$ 得到清晰地反映,从而指示研究区乃至更大的时空范畴的气候相对变化特征。

大兴安岭摩天岭泥炭是我国典型的贫营养泥炭,主要由泥炭藓残体组成,在剖面中连续沉积,从约1 ka前开始发育。泥炭发育完全由降水补给,降水主要受东亚季风与各种气旋影响,泥炭的稳定碳同位素序列指示了季风及其带来的降水的强弱。

摩天岭贫营养泥炭纤维素的 $\delta^{13}\text{C}$ 曲线清楚显示大兴安岭地区过去1 ka来气候特别是相对湿度和降雨的演变过程。950~700 a BP、700~300 a BP及300 a BP迄今,大兴安岭经历了3个百年尺度的气候波动;在此基础上叠加了一系列数十年尺度的气候变化。近代区域气候向着偏干方向演化。

值得进一步研究的是在更大的时空尺度上,探索泥炭 $\delta^{13}\text{C}$ 与季风的的关系,以及关于季风降水与升温的响应关系。

参考文献(Reference):

- [1] Sukumar R, Ramesh R, Plant R K, Rajagopalan G. A $\delta^{13}\text{C}$ record of late Quaternary climate change from tropical peats in southern India[J]. Nature, 1993, 364: 703-706.
- [2] 张振克,王苏民,吴瑞金.全新世中期洱海湖泊沉积记录的环境演化与西南季风变迁[J].科学通报,1998,(43):2127-2128.
Zhang Zhenke, Wang Sumin, Wu Ruijin. The Environmental evolution recorded in Mid Holocene lacustrine sediments of Er Hai and the southwest monsoon change[J]. Chinese Science Bulletin, 1998, 43: 2127-2128. (in Chinese)
- [3] 周卫健,李小强,董光荣,Porter S C, Stuiver M, Donahue D, Jull A J T. 新仙女木期沙漠/黄土过渡带高分辨率泥炭记录[J].中国科学(D辑),1996,(26):118-124.
Zhou Weijian, Li Xiaoqiang, Dong Guangrong, Porter S C, Stuiver M, Donahue D, Jull A J T. The High resolution of peat records in desert/loess transitional region during Younger Dryas[J]. Science in China (Series D), 1996, 26: 118-124.

(in Chinese)

- [4] 林庆华, 洪业汤, 朱咏焯, 董丽敏, 王羽, 冷雪天, 李汉鼎. 中国典型泥炭区现代植物的 C、O 同位素组成及在古环境研究中的意义[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2001, 20: 93—97. Lin Qinghua, Hong Yetang, Zhu Yongxuan, Dong Limin, Wang Yu, Leng Xuetian, Li Handing. The carbon and oxygen isotope composition of modern plants from typical peat bogs in China and its significance on the palaeoclimatic study[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2001, 20: 93—97. (in Chinese with English abstract)
- [5] Deniro M J, Epstein S. Isotopic composition of cellulose from aquatic organisms[J]. Geochim. Cosmochim. Acta, 1981, 45: 1885—1894.
- [6] Epstein S, Yapp C J, Hall H. The determination of D/H ratio of nonexchangeable hydrogen in cellulose extracted from aquatic and land plants[J]. Earth and Planetary Science Letters, 1976, 30: 241—245.
- [7] Sofer Z. Preparation of carbon dioxide for stable carbon isotope analysis of petroleum fractions[J]. Analytical Chemistry, 1980, (52): 1389—1391.
- [8] Stuiver M, Reimer P J, Bard E, Beck J W, Burr G S, Hughen K A, Kromer B, McComac F G, Plicht J V D, Spurk M. Radiocarbon calibration program rev 4. 3[J]. Radiocarbon, 1998, 40: 1041—1083.
- [9] Francey R J, Farquhar G D. An explanation of $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ variations in the tree rings[J]. Nature, 1982, 297: 28—31.
- [10] Edwards T W D, Graf W, Trumborn P, Stichler W, Lipp J, Payer D. $\delta^{13}\text{C}$ response surface resolves humidity and temperature signals in trees[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2000, 64: 161—167.
- [11] Indermuhle A, Stocker T F, Joos F. Holocene carbon—cycle dynamics based on CO_2 trapped in ice at Taylor Dome, Antarctica[J]. Nature 398, 1999, 121—126.
- [12] 刘禹, 吴祥定, Leavitt S, Hughes M K. 黄陵树木年轮稳定 C 同位素与气候变化[J]. 中国科学(D 辑), 1996, (26): 125—130.
- Liu Yu, Wu Xiangding, Leavitt S, Hughes M K. The stable carbon isotope in tree rings of Huangling and climatic change [J]. Science in China (Series D), 1996, 26: 125—130. (in Chinese)
- [13] Hong Y T, Wang Z G, Jiang H B, Lin Q H, Hong Bing, Zhu Y X, Wang Y, Xu L S, Leng X T, Li H D. A 6000-year record of changes in drought and precipitation in northeastern China based on a $\delta^{13}\text{C}$ time series from peat cellulose[J]. Earth and Planetary Science Letters, 2001, 185: 111—119.
- [14] 洪冰, 林庆华, 朱咏焯, 冷雪天, 王羽, 洪业汤. 红原泥炭苔草的碳同位素组成与全新世季风变化[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2003, 22(2): 99—103. Hong Bing, Lin Qinghua, Zhu Yongxuan, Leng Xuetian, Wang Yu, Hong Yetang. Carbon isotopic composition of the carex mulieenis remain of the Hongyuan peat bog in the eastern Tibetan Plateau and the Indian Ocean summer monsoon variation in the Holocene[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2003, 22(2): 99—103. (in Chinese with English abstract)
- [15] Bender M M. Variations in the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios of plants in relation to the pathway of photosynthetic carbon dioxide fixation [J]. Photochemistry, 1971, 10: 1239—1244.
- [16] 洪业汤, 姜洪波, 陶发祥, 洪冰, 曾毅强, 李汉鼎, 冷雪天. 近 5 ka 温度的金川泥炭 $\delta^{18}\text{O}$ 记录[J]. 中国科学(D 辑), 1997, (27): 525—530. Hong Yetang, Jiang Hongbo, Tao Faxiang, Hong Bing, Zeng Yiqiang, Li Handing, Leng Xuetian. The recent 5ka of temperature recorded in Jinchuan peat $\delta^{18}\text{O}$ [J]. Science in China (Series D), 1997, 27: 525—530. (in Chinese)
- [17] DeNiro M J, Epstein S. Isotopic composition of cellulose from aquatic organisms[J]. Geochim. Cosmochim. Acta, 1981, 45: 1885—1894.

The Peat Record of 1ka of Climate Change in Daxing Anling

LIN Qing-hua¹, LENG Xue-tian², HONG Bing¹

1. State Key Lab. of Environmental Geochemistry, CAS, Guiyang 550002, China;
2. Institute of Peat Mire, Northeastern Normal University, Changchun 130026, China

Abstract: The peat cellulose $\delta^{13}\text{C}$ sequence in Daxing Anling reveals 1ka of climate change in Northeast China. During the period of 950~700 a BP, 700~300 a BP, 300 a BP to present, 3 climate fluctuation of centennial scale are developed in Daxing Anling. The coincident results are got from the peat pollen analysis and from Jinchuan peat. Our study indicated that the recent climate in Daxing Anling area became drier and drier.

Key word: peat; $\delta^{13}\text{C}$; climate change