

中世纪温暖期气候变化的花粉化石记录^{*}

任国玉

(北京师范大学, 北京 100875)

张兰生

(国家气候中心, 北京 100081)

摘 要 麦里泥炭剖面高分辨率花粉化石记录表明, 东北科尔沁沙地在相当于中世纪温暖期阶段夏季降水量曾显著增加, 主要表现为沙丘上的乔木和草本植物均获得了繁茂的生长, 花粉沉积速率明显上升。作者推测, 在中世纪温暖期中, 欧亚大陆作为一个整体夏季温度可能暖于今天, 这可能通过增强夏季风环流使中国东北夏季雨量增多, 为沙丘植物茂盛生长提供了有利条件。

关键词 中世纪温暖期 花粉化石 科尔沁沙地 夏季风环流

中世纪温暖期是近 2000 年来气候史上的一个重要事件, 受到古气候学界的广泛注意^[1~3]。根据历史文献、树木年轮、湖泊水位和花粉化石等资料, 在欧洲^[1]、北美^[4,5]、俄罗斯北极地区^[6]、格陵兰和南美巴塔哥尼亚^[7]等许多地区发现了中世纪温暖期气候变化的信号。最近的工作表明, 我国十一世纪到十三世纪的冬季可能是偏暖的, 最暖阶段可能发生在十三世纪^[8,9]。但是, 有关中世纪温暖期气候变化的很多细节问题仍有待解决, 尤其是它的空间分布范围, 温度季节变化差异和季风区雨量响应等问题, 更需要结合多种替代性指标进行调查和分析。在这里, 我们利用麦里泥炭剖面高分辨率花粉化石记录, 对中世纪温暖期夏半年雨量变化进行重建和讨论。我们的工作表明, 东北科尔沁沙地在中世纪温暖期内夏季雨量曾明显增多, 这可能是由夏季风环流加强引起的。

1 现代环境和研究方法

麦里位于东北科尔沁沙地东南边缘, 地理座标为 42°52'N, 122°53'E。海拔高度 155 m。地表由沙丘和丘间低地组成垅甸相间的地貌格局, 大部分沙丘为固定沙丘和半固定沙丘, 少部分发展成流动沙丘。固定沙丘上生长着以蒙古栎 (*Quercus mongolia*), 榆树 (*Ulmus pumila*), 元宝槭 (*Acer truncatum*) 和小叶朴 (*Celtis bungeana*) 等为主的乔木, 及其以冰草 (*Agropyron cristatum*) 和隐子草 (*Cleistogenes spp.*) 等禾草为主的草本植物; 半固定沙丘覆盖着差巴嘎蒿 (*Artemisia halodendron*), 麻黄 (*Ephedra sinica*), 小叶锦鸡儿 (*Caragana microphylla*), 羊草 (*Aneurolepidium chinense*) 和冰草等半灌木和草本植物, 尤以差巴嘎蒿最具代表性; 流动沙丘上多生长沙米 (*Agriophyllum squarrosum*), 虫实 (*Corispermum*), 刺蓬 (*S. ruthenica*) 等藜科植物。

这个地区属于典型的温带季风气候, 1 月平均气温为 -14°C, 7 月平均气温为

1995-08-21 收到

^{*} 本文得到国家攀登计划支持

23°C, 年降水量约为 500 mm, 其中 90% 集中在植物生长季内。降水量由东南向西北方向逐渐减少, 至甘旗卡降到 450 mm。450 mm 降水量等值线也构成了栎属和槭属乔木分布的西北边界。超过此线, 乔木中只有更耐旱的榆属还可以生长。降水是本区植物生长和分布的主要限制因子。

采样地点处于麦里村西新开的泥炭地排水沟内。剖面沉积物由泥炭组成^[10]。样品以 2 cm 间距连续采集, 其中深度在 80 cm 以上者和 80 cm 以下的奇数号样品进行了花粉分析。百分比计算的基数是全部陆生花粉粒数, 花粉浓度以单位体积干沉积物中的花粉粒数 (粒/cm³) 表示。6 个¹⁴C 年代值和样品深度之间呈极好的线性关系, 保证了年代估算的可靠性^[10]。

2 结果及其分析

图 1 和图 2 分别表示近 2000 年来麦里剖面花粉浓度和花粉百分比统计结果。在这段时间的花粉变化上, 一个最突出的特征就是, 在¹⁴C 年龄 1000~660 a BP 之间主要种类花粉浓度值均显著增大 (图 1)。尽管栎属和松属等乔木花粉浓度增加更为明显 (图 2), 但蒿属和藜科等草本植物花粉沉积数量也同时上升了。在乔木中, 栎属花粉浓度和百分比的升高尤其引人注目。显然, 这个花粉浓度的高值带不仅表明当时植物花开得更多更好, 而且也一定指示沼泽地周围沙丘上各主要种类的乔木和草本植物生长得更加茂盛了。

在 10¹~10² 年的时间尺度上, 地区性植被演变的基本强迫因子是人类活动和气候变化。二者都可以对植被演化产生重要影响。但是, 我们认为, 引起上述植物茂盛生长的主导因子是气候变化, 而不是人类活动, 理由如下。

2.1 时间特征

经过树木年轮校正, ¹⁴C 年代 1000~660 a BP 对应于实际年龄 974~660 a BP, 即

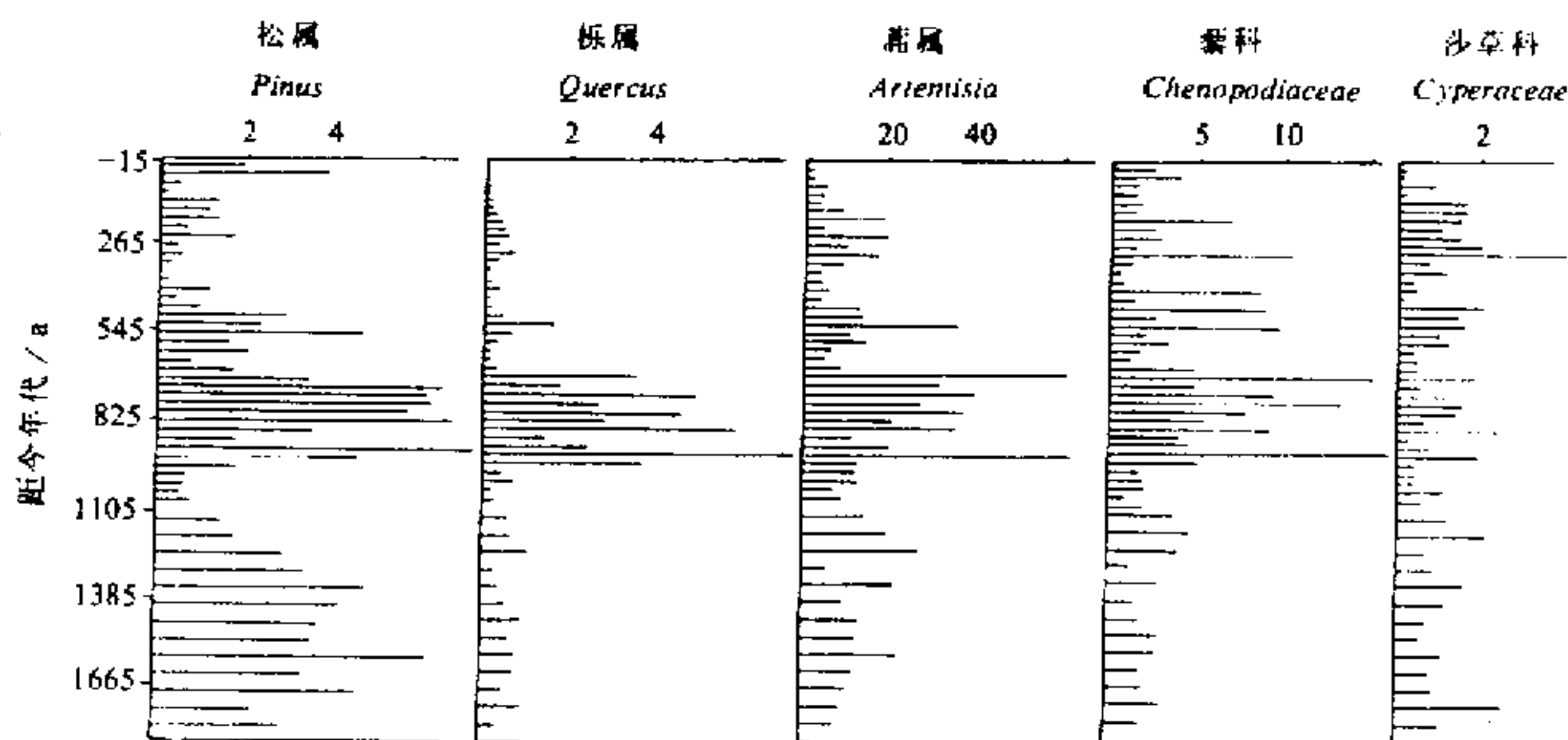


图 1 麦里泥炭剖面主要种类植物花粉浓度
单位: 10³ 粒/cm³

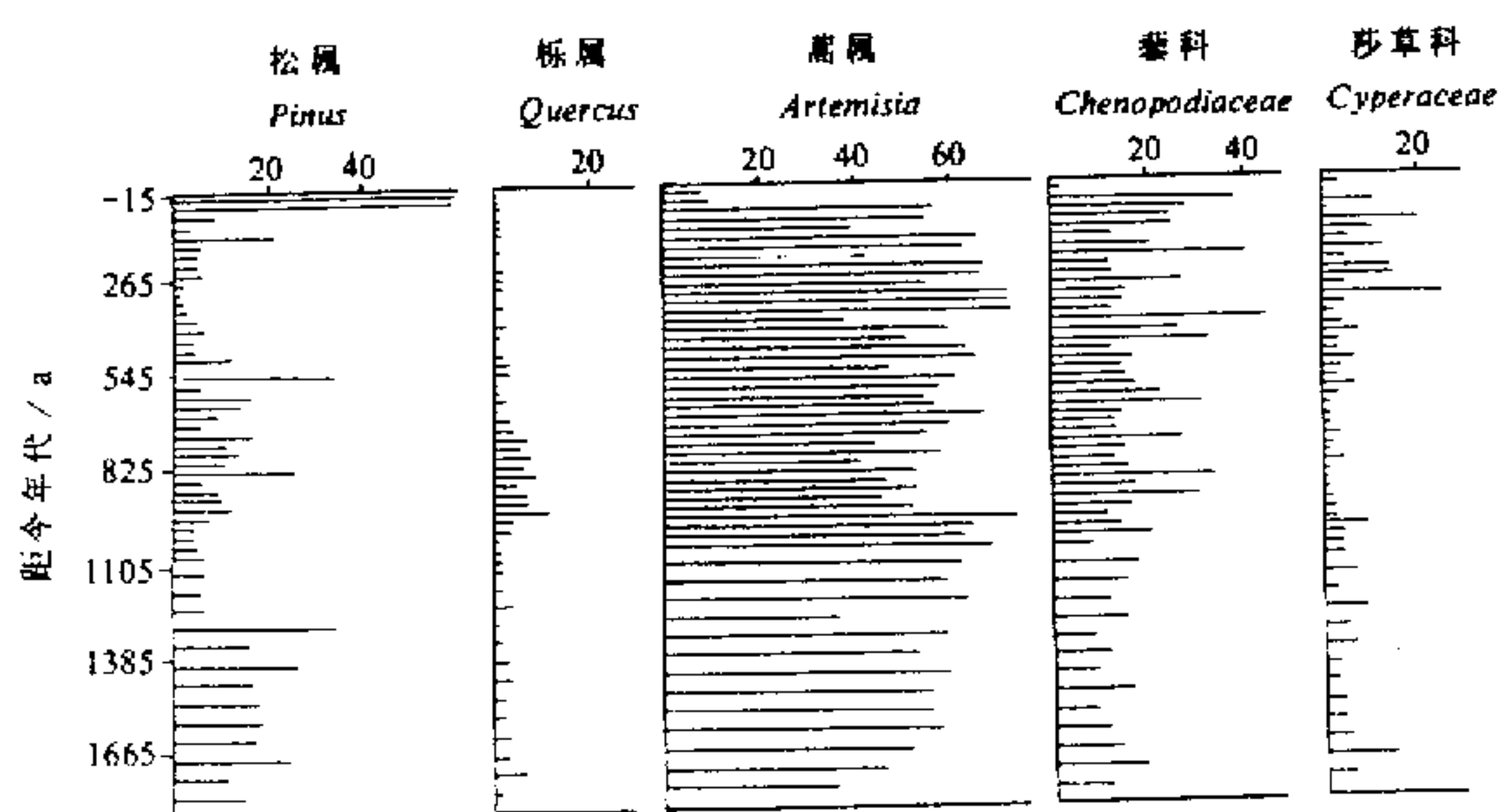


图2 麦里泥炭剖面主要种类植物花粉百分比

公元 975 年到 1290 年。这段时间相当于中世纪温暖期阶段。根据 Lamb 的研究，中世纪温暖期的最暖时段在北美、俄罗斯西部和格陵兰是发生于公元 950~1200 年之间；欧洲在公元十世纪后期已显著变暖，但大部分地区最暖时期出现在公元 1150~1300 年之间^[1]。可以看出，麦里泥炭剖面花粉浓度高值区间的起迄年代与北半球其它地区中世纪温暖期非常接近，可能是宏观气候变化信号的反应。

2.2 人类活动

自 3100 a BP 以后，人类活动对麦里地区的植被施加了一种持续性压力，这是导致乔木长期趋于减少和草本植物趋于增多的主要外部强迫因子^[11]。显然，当这种人为压力在较短时间尺度上加强或减弱时，植被状态也将作出相应的适应性调整。人为活动压力加强，乔木会进一步减少，表现为乔木种群密度低于长期趋势水平；反之亦然。因此，人为压力的松弛（relaxation）可以引起植被的恢复，特别是可以导致具有长生命周期的乔木的相对旺盛发育。

但是，公元 975 年至公元 1290 年相当于北方的辽代和金代。历史记载和考古资料都表明，辽代的科尔沁沙地及其辽北地区人口得到了极大的发展，农业空前繁荣。在科左后旗、康平县、法库县、阜新市和库伦旗都发现了大量辽代遗址。文献记载辽代有大量汉族人和渤海人迁移到科尔沁地区从事农业，人口增加很多^[12~15]。因此，辽代的麦里地区人类活动强度不仅没有减轻，而且还比原来显著地增大了。辽初开始的沙地植物特别是乔木的大发展显然不是人类活动压力松弛的结果。

2.3 乔木花粉

这个时期栎属花粉浓度的大幅度增加最具有代表性，表明麦里泥炭地周围固定沙丘上蒙古栎种群显著地扩大了，生长发育条件得到有效改善。

现代以蒙古栎为优势种的杂木疏林在科尔沁沙地仅分布于东南边缘地带，其西北界在麦里剖面以北约 25 km 处，通过甘旗卡—吉尔嘎朗—金宝屯。此线以西北不见蒙古栎，椴树和元宝槭，但可以生长刺榆和大果榆。由于年降水量和干燥度等值线同植物分

布界线平行,说明降水或土壤水分是决定蒙古栎等乔木生长及植被水平分异的基本因子。中世纪温暖期内蒙古栎种群的扩大指示降水量或土壤水分含量增加。其它乔木种类种群的扩大反应了同样事实。

松属花粉是地区外起源的,可能主要来源于辽西山地。它和栎属花粉几乎同时上升,说明二者不是由具有局地或地区性特点的人类活动因子控制的,而是更广大区域范围内气候变化的表现。当时的降水量可能至少在东北中南部都普遍增加了。

2.4 草本花粉

主要种类草本植物,特别是蒿属和藜科花粉浓度在这个时期也明显上升。这和 1000 a BP 以前截然不同,因为那时栎属等乔木花粉浓度和蒿属、藜科等草本植物花粉浓度一般呈相反方向变化,而此时二者均表现增长。解释这个花粉变化上的差别,可能涉及到不同的外部强迫因子作用。

在¹⁴C 年龄 1000 a BP 以前,人口和人为压力长期缓慢的增加引起蒙古栎等乔木不断减少,部分固定沙丘依次转化为半固定沙丘和半流动沙丘,蒿属和藜科等草本植物相对增多;在 1000~660 a BP 之间,气候的影响居主导地位,降水量的显著增加引起了不同植物种类生长条件的同时改善和种群密度的同时增大。在固定沙丘上,蒙古栎等乔木长得更高更多;而在半固定沙丘上,差巴嘎蒿群丛和藜科植物也发育得更茂密。

莎草科花粉浓度没有表现出增高,这是极为特殊的。莎草科花粉主要由沼泽地内部的苔草生产。沼泽是一种典型的隐域环境,其形成和发展受地下水和河水位影响,不直接由气候控制。气候变得很湿润时,地下水位可以不表现出明显变化。这不仅是因为麦里接近沙地边缘,排泄条件良好,而且也和旺盛生长的沙地植物加强蒸散作用有关。在中世纪温暖期内,尽管降水的增加已经促进了沙丘上的植物发育,但由于地下水位没发生明显改变,沼泽植物的生长和原来比较也没有表现出重要变化。

综上所述,公元 975~1290 年之间花粉浓度的大幅度上升和沙丘植物的茂盛生长无法用人类活动的影响来解释。它们代表了一个明确的气候变化信号,指示当时降水量或土壤水分含量可能显著提高了。

3 讨论和结论

麦里地区的降水量高度集中于 5~9 月的植物生长季节内,因此公元 975~1290 年期间化石花粉浓度变化实际上指示的是夏季雨量的显著增加。从花粉浓度变化看,夏季雨量的增加似乎具有突变性质,在这个时期结束时雨量的减少也比较突然。

东北地区夏季雨量和夏季风环流强度之间存在密切联系。在夏季风强盛且控制时间长的年份,东北夏半年的降水量也多;反之亦然。在中世纪温暖期内,东亚的夏季风环流可能曾经增强,夏季风环流建立的时间可能也已提前,使东北的雨季开始时间提早,这将十分有利于缓解晚春和早夏的干旱,促进植物生长。

夏季风环流的强弱取决于大尺度海陆之间的热力对比。夏季海陆之间热力差异越大,夏季风环流也就越强盛。中世纪温暖期夏季风增强可能导源于欧亚大陆和太平洋之间海陆热力差异的变大。

由于还不知道中世纪温暖期内太平洋表层水温和气温的变化, 因此也无法确切了解欧亚大陆和太平洋之间温度差别是否已发生了显著改变。但是, 在一般情况下, 海洋强大的热力惰性和对外部强迫因子影响的平抑作用使其表层水温的变化常常远不如陆地剧烈。这种平抑效应不仅发生在年际时间尺度的变化上, 可能也发生在十年到世纪时间尺度的变化上。

在另一方面, 北半球陆地的增暖至少在欧洲、中亚、北美和格陵兰都已得到证实, 东亚内陆可能也变暖了。从现有的资料看, 中世纪温暖期的升温在冬半年和夏半年均有表现。在欧洲, 公元 1000~1200 年之间干暖夏季和温暖冬天出现的频率很高。北欧、俄罗斯和北美地区树木年轮资料实际上反应的都是当时夏季温度的增暖^[1,4,5]。在中国东部, 亚热带作物和冬小麦种植北界以及冬春物候资料主要指示冬季是更温和的^[8,9]。里海的水位比较低说明俄罗斯东部和中亚地区当时夏季是干暖的^[1]。因此, 在中世纪温暖期内, 欧亚大陆作为一个整体夏季可能是更暖热的, 但东亚季风区的增暖似乎主要表现在冬天。

由于欧亚大陆夏季变得更热, 而太平洋表层水温变化较小, 大规模海陆之间温度差别可能已经加大, 从而导致东亚夏季风环流增强, 中国东北地区的夏季雨量提高。夏季雨量的增多则是造成科尔沁沙地植物繁茂生长的直接原因。

参 考 文 献

- 1 Lamb, H. H., 1977, *Climate: Present, Past and Future*, Vol.2, Methuen, London, 435~461.
- 2 Roberts, 1994, N., *The Changing Global Environment*, Blackwell, Oxford, 1994, 69~98.
- 3 Crowley, T. and North, G. R., 1991, *Paleoclimatology*, Oxford University Press, 92~109.
- 4 Graybill, D. A. and Shiyatov, S. G., 1992, Dendroclimatic evidence from the northern Soviet Union, in: *Climate Since A.D. 1500* (Eds. Bradley, R. S. and Jones, P. D.), Routledge, 393~414.
- 5 Scuderi, L. A., 1993, A 2000-year tree ring record of annual temperature in the Sierra Nevada Mts., *Science*, 259, 1433~1436.
- 6 Bernabo, J. C., 1981, Quantitative estimates of temperature changes over the last 2700 years in Michigan based on pollen data, *Quaternary Research*, 15, 143~159.
- 7 Villalba, R., 1990, Climatic fluctuations in northern Patagonia during the last 1000 years as inferred from tree-ring records, *Quaternary Research*, 34, 346~360.
- 8 张德二, 1993, 我国“中世纪温暖期”气候的初步推断, *第四纪研究*, 1, 7~14.
- 9 满志敏, 张修桂, 1993, 我国东部中世纪温暖期的历史证据和基本特征的初步研究, *中国生存环境历史演变规律研究* (一) (张兰生主编), 北京: 海洋出版社, 95~104.
- 10 任国玉, 张兰生, 科尔沁沙地麦里晚全新世的花粉与植被演化, *植物学报*, (待发表)
- 11 任国玉, 1994, 气候、植被与人类活动, 北京师范大学博士学位论文, 37~71.
- 12 景爱, 1987, 历史时期东北农业的分布与变迁, *中国历史地理论丛*, 2, 95~119.
- 13 张柏忠, 1991, 科尔沁沙地历史变迁及其原因的初步研究, *内蒙古东部区考古学文化研究文集* (内蒙古文物考古研究所主编), 北京: 海洋出版社, 140~167.
- 14 林荣贵, 1992, 辽代东北地区的经济开发, *中国边疆史地研究*, 2, 12~26.
- 15 赵松乔, 1985, 中国沙漠, 戈壁的形成和演化, *中国干旱区自然地理* (赵松乔主编), 北京: 科学出版社, 1~17.

Climate of the Medieval Warm Period in Maili Region as Inferred from Fossil Pollen Record

Ren Guoyu

(National Climate Center, Beijing 100081)

Zhang Lansheng

(Beijing Normal University, Beijing 100875)

Abstract In a high-resolution pollen record from Maili Bog, Northeast China, the period from 1000 a BP to 660 a BP stands out as a unique one characterized by the increased pollen concentration and lush growth of plants. It is impossible that the relaxation of human interference stress is the cause for the change, because the population density and intensity of agriculture activities in Liao Dynasty and Jin Dynasty were much larger than the previous periods. The close correspondence of the event with the Medieval Warm Period in the start and end dates, the simultaneous rise in both tree and herb pollen influx in the period, with that of the trees being slightly more obvious, and the modern relationship between sand land plants and climate in the region all call for an explanation involving in a change in precipitation or dryness. Summer rainfall in the Medieval Warm Period had to experience a marked increase for the improved plant growing condition. The documentary records about forest, agricultural harvest and sand dune status, as well as the fossil pollen evidence from the neighboring regions, are generally in favor for the above explanation. A possible mechanics for the rainfall increase is the rise of summer temperature over Eurasia as a whole, which leads to a more vigor summer monsoon circulation in the temperate East Asia.

Key words Medieval warm period fossil pollen Horqin Sand summer monsoon circulation