

北京房山东甘池15000年以来炭屑分析 及对火发生可能性的探讨

张佳华 孔昭宸 杜乃秋

(中国科学院植物研究所, 北京 100093)

摘要 火是森林和草原生态系统的重要因子。本文通过北京房山东甘池15000aB. P. 沉积物的炭屑、孢粉及烧失量(LOI)的分析, 试图讨论北京地区15000aB. P. 以来火发生的可能性, 提出火与植被中某些成分的相互关系及影响火发生的一些因素, 同时结合考古和历史地理资料说明人类活动引起火灾的情形和程度。

关键词 北京 15000年以来 火 炭屑 烧失量 孢粉分析

CHARCOAL ANALYSIS AND FIRE CHANGES AT DONGGANCHI OF FANGSHAN IN BEIJING SINCE 15000 YEARS B. P.

Zhang Jiahua, Kong Zhaochen and Du Naiqui

(*Institute of Botany, Academia Sinica, Beijing 100093*)

Abstract Fire is one of the major environmental factors in forest and grassland ecosystems. Based on the results of analysing charcoal, pollen and loss-on-ignition (LOI) in 15000 a B. P. sediments in Dongganchi, this paper deals with the possibility of fire occurring since 15000 a B. P. in Beijing. The time series analysis was used to infer patterns of fire as well as relationship between fire and some plants. In the meantime, other factors resulting in fire were considered. In addition, the man's effect on fire playing was discussed according to archaeological and historical material.

Key words Beijing, 15000 a B. P., Fire, Charcoal, LOI, Pollen analysis

近年来,生态学家愈来愈把火作为植被与环境整体动态研究的一部分。由于文字记载的资料和树木年轮中的火烧痕迹在时间和空间上都有相当大的局限性, 因此人们开始注意到在沉积物和泥炭中追溯有关火的发生历史状况, 进而用于历史植被的重建及对过去植被变化的探讨 (Swain, 1973)。

本文于1995-09-18收稿, 1995-10-04收到修改稿

国家自然科学基金、中国科学院古生物和古人类学科基础研究特别支持费项目。

本文从选题到论文完成承蒙刘东生、卢演俦、朱日祥、宋长青、王奉瑜、丛绍光等先生的支持和帮助, 特此致谢。

Iversen (1949; 1952; 1964; 1969) 首先将炭屑 (Charcoal) 与孢粉比较, 试图解释植被火灾的历史事实, 揭示火在土壤使用及植被变化中的影响。被称之为“火的化石”的炭屑有其特殊的优越性, 保存在沉积物中的炭屑在空间上分布很广, 在时间上可以提供几千年甚至几万年的火的活动的连续资料。因此, 近年来炭屑分析结合孢粉分析已成为研究森林火与森林生态环境相互关系的重要手段 (Robin, 1984)。

炭屑是由有机物质的不完全燃烧产生的。一次森林火产生的炭屑量取决于火的范围和火的强度。空气和水流是炭屑从产生地点到沉积地点的两种主要传播媒介 (陈因硕, 1990)。

炭屑含量的多少反映了过去火灾频率和火灾强度的变化, 当假定火灾强度长期没有变化的条件下, 炭屑含量就主要随火灾发生频率而增减, 森林中植被火灾事件越频繁, 则样品中的炭屑含量也就越高。此外, 炭屑含量和火灾频率变化也可反映人类活动影响的强弱, 因此火灾的发生和人类生活存在密切的联系 (周新宇等, 1993), 故可在一定程度上反映出研究地区人口数量和人为活动强度的变化。

1 研究地点和方法

1.1 区域概况

北京地处华北台地燕山沉降带。燕山运动使西部褶皱成山, 东部下降, 形成京西隆起和北京凹陷的雏形; 新喜马拉雅运动, 山区继续上升, 平原下降接受第三纪、第四纪沉积。山地经第三纪长期侵蚀风化和河流切割, 地形起伏和倒置不断加深, 在山麓沉积了以砾石为主的山麓相和急流相。本地区自西北至东南依次是中山、低山、丘陵岗台地、平原及洼地等, 最高峰白草畔和百花山, 海拔分别为2035m和1991m。组成山地的基质主要是灰岩, 其次是火山岩、砂页岩和花岗岩, 发育的土壤有棕壤和古红壤; 平原海拔30~50m, 微向东南方向倾斜, 发育有古红壤和冲积土, 平原河流众多, 并有一定面积的沼泽 (姚恒凯, 1989)。

本区属暖温带半湿润大陆性季风气候, 夏季炎热多雨, 冬季寒冷干燥, 年平均气温为10~11℃, 最冷月1月均温-4.7℃, 最热月7月均温26.1℃, 年降水量500~700mm, 季节分配不均, 6~8月降水量占全年的70%以上, 且年际变率大, 旱季降水集中 (刘华训, 1987)。

本区自然植被尚保存在西部山区, 在海拔1500m以上的中山分布有云杉 (*Picea*)、冷杉 (*Abies*) 和华北落叶松 (*Larix gmelini* var. *Principis-rupprechtii*) 等针叶林; 海拔1000m左右的低山区分布有松、栎、桦、榆、椴等针、阔混交林; 低山底部及丘陵岗台地区 (海拔100m以上) 分布有桦、榆、椴、朴 (*Celtis*)、檀 (*Pteroceltis*) 等落叶阔叶林; 东南广大平原上分布有落叶阔叶树和各种杂草所组成的草原; 河漫滩、低地生长着灌丛、草甸等; 低洼沼泽地生长着水生植物如眼子菜、狐尾藻等 (姚恒凯, 1989)。

1.2 工作方法

1.2.1 野外工作方法

采样点位于北京房山县长沟镇 (40.2°N, 116°E), 地表层主要是晚更新世或末次冰

期以来形成的松散沉积物,在山前洼地和古河道中发育有丰富的埋藏型泥炭和淤泥沉积;在山前和平原中的台地顶部发育有1~2m厚的风积物,类似黄土沉积,其中夹1~2层古土壤。

长沟东甘池剖面,挖掘揭露厚度为8.2m,如图1所示。采取较高精度的取样分别做孢粉分析、古地磁、昆虫、化学元素分析和序列的放射性碳素测定,通过剖面观察可看出,其上部主要为1套黄土状堆积夹1层古代耕作土壤;中、下部为1套湖沼相粉砂、淤泥和泥炭沉积,沉积纹理清晰,除剖面上部受人类活动影响外,在1.2m以下没有发现明显的扰动和后期改造现象(朱日祥等,1993)。

1.2.2 实验室工作方法

在8.2m的剖面上,共取样197块,多数取样间距2cm,分别做烧失量测定(600℃)和孢粉、炭屑分析。炭屑和孢粉分析时所用沉积物样品是按杜乃秋先生的无酸碱法进行定量分析(杜乃秋等,1990)。

1.2.3 孢粉和炭屑的统计鉴定

孢粉与炭屑统计是在德国 Carl Zeiss 厂出品的光学显微镜下放大400倍。将试管中的样品用玻璃棒蘸少许于载玻片上,加1滴甘油,然后用22mm×22mm的盖玻片制片,每号样品鉴定为3~10片,统计的化石花粉数大多在250粒以上。在统计孢粉的同时,将炭屑按其长轴分为3级:小于50 μ 、50~100 μ 、100 μ 以上,分别进行统计。

1.2.4 计算与图示

孢粉百分比含量、浓度以及沉积率(花粉粒数/cm²·a⁻¹)、炭屑浓度和烧失量计算作图,均采用 Tilia 软件在 IBM-PC 计算机上进行,如图2,3。下文中所列年代均为由11个¹⁴C 实测年龄回归所得的数据。

2 结果与讨论

2.1 炭屑统计分析

(1) 约15780~15118 aB. P., 实验统计结果表明,炭屑含量平均小于1000片/cm³,此时烧失量平均低于10%,孢粉谱分析可以看出,只有草本植物藜和蒿属的花粉,表明当时处于干冷的环境,生物量积累较少,因而也就不利于火的发生。

(2) 约15118~14767aB. P.,炭屑统计多数已高于1000片/cm³。从14923~14767 aB. P.。孢粉统计表明中生类草本植物花粉增加,推测当时的年平均温度有所升高,从而引起生物量增加,这样,火烧的物质基础得以建立,所以炭屑含量较高。但在高炭屑时,却出现烧失量的低值,这可能是火的温度高,使枯枝落叶、半腐殖质、腐叶及腐殖质上部受到烧毁



图1 北京房山东甘池东剖面岩性图
Fig. 1 Lithologic section diagram in east profile, Dongganchi, Beijing

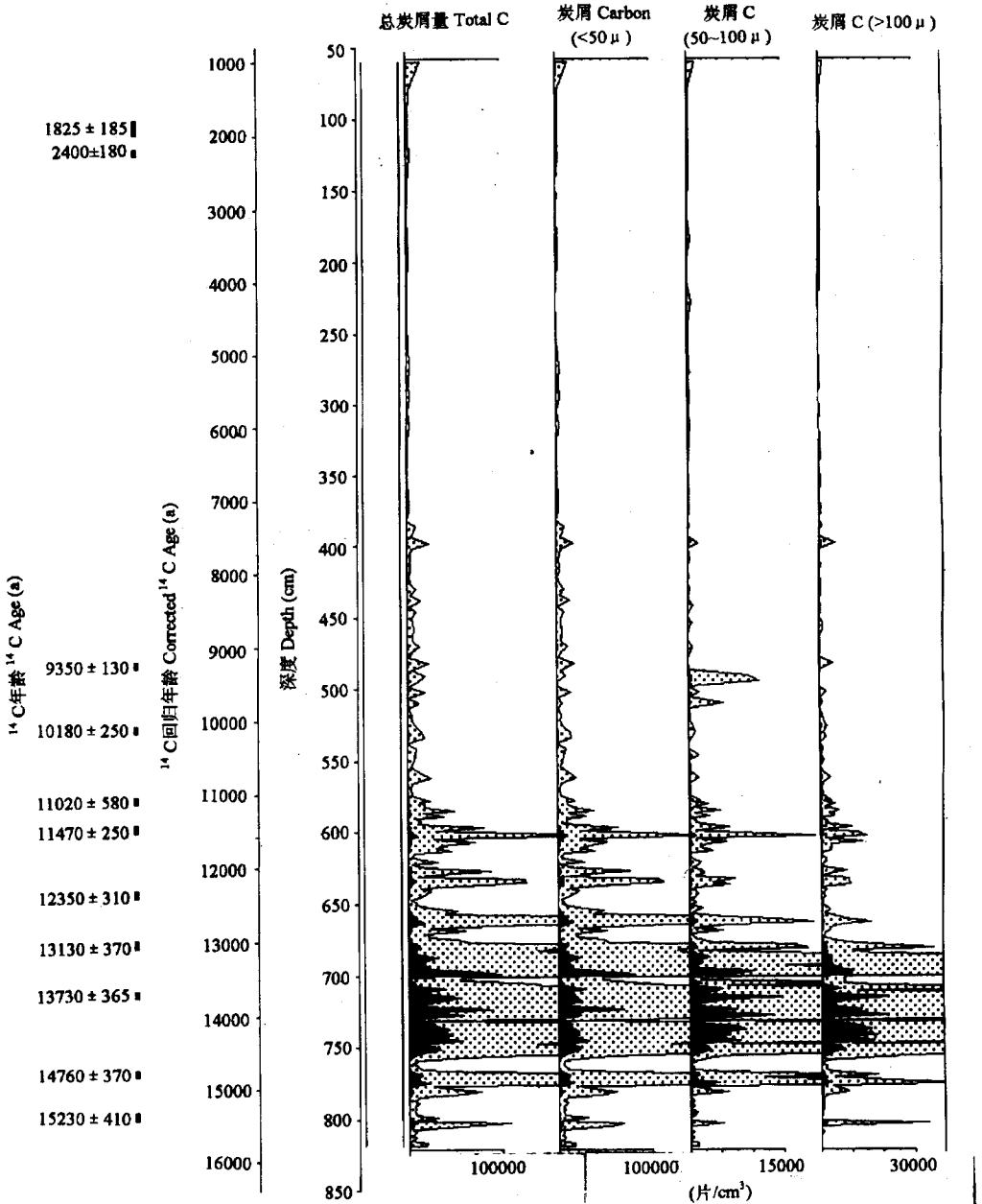


图2 北京房山东甘池东剖面炭屑浓度图式 (黑点放大10倍)

Fig. 2 Charcoal concentration diagram in east profile, Dongganchi, Beijing (×10)

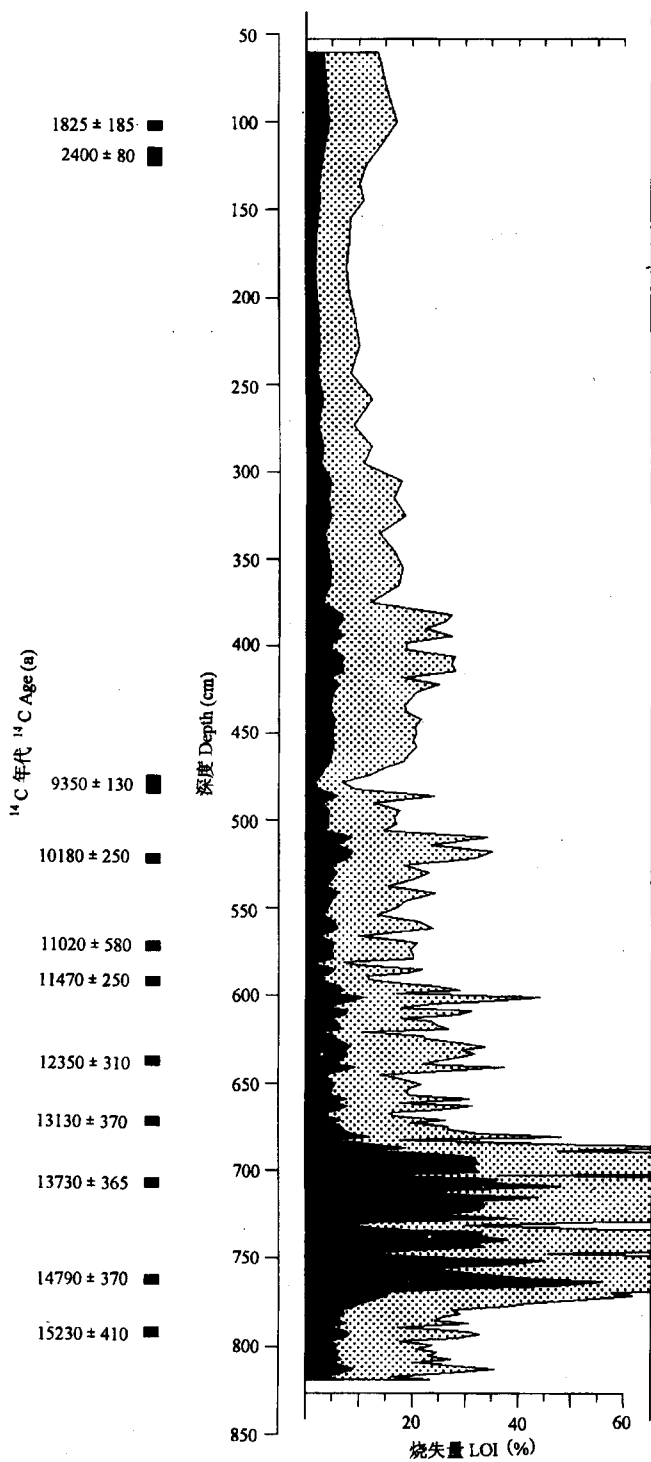


图3 北京房山东甘池东剖面烧失量图式

Fig. 3 Loss-on-ignition (at 600°C) diagram in east profile, Dongganchi, Beijing

所致 (R. F. 道本迈尔, 1959)。

(3) 约14728~14534 aB. P. 炭屑含量又有所下降, 但烧失量却增加, 平均为40%左右。在14689aB. P. 时, 最高达到55.91%, 而此时炭屑含量却只有477片/cm³。此段孢粉组合中, 乔木及中旱生草本类花粉浓度均趋下降, 但水生和湿生植物花粉却略有增加, 同时出现了一些藓类。这样看来, 此时较为潮湿的环境可能或多或少地抑制了火的发生。尽管陆地上生物量减少, 但生物量的积累并未减少, 一则火的发生次数减少, 同时在火的强度不大的时候, 土壤的肥力至少会在一定时期内是增加的。被烧死的根系, 对于它们的腐烂起到很好的作用, 更进一步改进了土壤肥力 (R. F. 道本迈尔, 1959), 所以腐殖质可能会增加。二则是苔藓类和水生植物的增加, 也会使主要以反映藓类泥炭为主的环境中烧失量的数值增加, 而并未出现炭屑的高值。

(4) 约14495~14105aB. P. 炭屑均很高, 平均在20000片/cm³, 有的甚至达到57371片/cm³。此时炭屑中小于50 μ 的炭屑含量为32101片/cm³, 50~100 μ 的炭屑含量为7995片/cm³, 两种炭屑占总炭屑含量的70%。此段中烧失量仍很高, 平均为30%, 岩性仍为泥炭层。从孢粉谱的统计来看, 此时乔木类有所增加, 草本类花粉量较前也有所增加, 同时仍存在如香蒲、眼子菜等水生植物, 此段中可能有火的发生, 但由于炭屑中小于100 μ 的占70%, 特别是小于50 μ 占到近60%, 这样火的发生地点要远离剖面。在中低山中由于冷性针叶树种, 如油松的易燃性, 使火的发生有所增加, 但剖面附近由于仍然是低位的沼泽或浅水。这样, 土壤中的分解力下降, 在有草类和藓类的浅水中易形成泥炭。所以本带呈现出高的炭屑含量和高的有机物烧失量。

(5) 约14105~13170aB. P., 仍出现了高炭屑含量、高的有机物烧失量, 乔木、草本及水生植物较多的一带。此段气候特征温和、湿润, 高的有机质烧失量反映出湿润环境中有机物的积累增多。良好的气候条件有利于地上生物量的增加, 使火发生的基础条件存在。

(6) 约13170~12547aB. P., 炭屑含量呈递减的趋势, 烧失量也明显下降, 但炭屑的含量仍然高于1000片/cm³, 有的甚至高达10000片/cm³。此时孢粉谱中的乔木、草本及水生植物仍较繁盛, 此时仍然有火发生, 但已显示有一些波动。

(7) 约12547~12508aB. P., 烧失量与前相差不大, 一般在5%左右。但炭屑却明显下降, 一般只有几百片/cm³, 同时花粉的含量明显下降。只有很少量的乔木、草本和水生植物, 蕨类植物孢子花粉浓度也很低。显然此段中气温干冷无大火发生。

(8) 约12508~10152aB. P.。炭屑含量大多均在1000片/cm³以上, 只有少量样达到5000片/cm³, 烧失量仍小于10%。从孢粉统计来看, 乔木、草本的浓度有所下降。此时水生植物的百分比有所提高。这样看来, 此段的气候条件偏湿, 但地上生物量不高, 因而可能使火的发生受到影响。

(9) 从10152~7971aB. P. 炭屑含量统计结果来看, 其浓度下降不明显, 但也有波动, 平均在300片/cm³, 烧失量仍小于10%, 从孢粉分析来看, 乔木和草本均有一定增加, 但浓度仍较低, 此时火的发生很难判断, 一则沉积环境改变, 导致炭屑的沉积量下降, 同时孢粉分析结果也难以真实反映当时的气候状况。一般来说, 此时的气温和湿度比

Younger dryas 时期有所增加,这样火灾可能又得以发生。但气候波动的同时又引起火灾发生规模的差异。

(10) 从7971~1000aB. P. 火的发生既有天然火,又有人为火。而且人类的出现、农牧业的发展、人口的增加,人为火的发生明显高于以前,对于炭屑所反映出火的发生状况,必须借助于历史资料和考古学方面的资料加以综合分析(周新宇等,1993)。

2.2 炭片统计中可能产生的误差

如果说根据炭片记录,推测澳大利亚历史火的真实情况已取得很好成绩的话(陈因硕,1990),而对于历史悠久的北京地区来说将会遇到许多实际困难,其中之一是在制备样品用于镜检时,炭片的数量已受到实验药品处理、操作技术(搅动、过滤)的影响。

炭屑是有机物质不完全燃烧后的产物。当脱水作用时,不同程序的缩水会引起组织的破裂以及所产生的炭屑尺寸的大小悬殊,即从几微米到几厘米长。由于炭屑很脆,大的炭屑往往会破裂成小的。炭屑保存有植物组成成份的结构,个别的炭屑可能还包括整个器官,诸如,叶子、组织的一部分(如木材)、整个细胞或细胞壁。在孢粉制备中,所遇到的微小的炭屑常常是一些细胞群,或者是细胞壁及细胞。

当炭屑温度增高时,氧和氢的浓度及炭屑的产量下降,在任何一次火中,由不同化学成份组成的物质和在不同温度压力以及氧化作用下会产生不同的炭屑。因而大量产生的炭屑中C元素的含量会有很大的变化。

炭屑在土壤中非常缓慢地氧化成 CO_2 , Shneour (1966) 证明微生物的活动对这一过程有所加强。炭片被氧化和腐蚀后经燃烧地而重新搬运,依据沉积物的环境,已沉积的炭屑可能受到物理、化学及生物学降解的影响(Robin L, 1984)。

3 讨论与结语

(1) 火灾发生基本应和生物量成正比,地上立枯物生物量增多,有利于可燃物的增多,从而有利火的发生和强度的增大。

其次,Rainier (1982) 认为火的发生与地形有密切关系,在河流两岸及北坡向均保存有原始较老的大面积的群落;而在南坡和较高地形条件下,则易于发生火灾。并且他认为,在大规模森林受到破坏后,森林的完全恢复大约需要75年以上的时间。

这样看来,东甘池剖面处在冲积平原的扇间洼地,因此高的炭屑可能为远处山地的乔木和草本发生火灾后随流水流入到东甘池的剖面,未腐烂而沉积下来。

(2) 炭屑的含量,一则和火发生规模大小有关,一则与沉积环境有关。因而炭屑反映出的火灾状况就愈趋于复杂性。一般说来,生物量增多,气候干旱,1年3季都会有较大的可能受到闪电火灾的周期性摧残。但从炭屑曲线图来看,由于炭屑沉积的环境改变,后期炭屑不易在剖面处沉积,因而炭屑的统计量下降,但相对于火灾并没有周期性地锐减。

结合本剖面绘制的炭屑和烧失量曲线图表明,炭屑的高低值形成几个周期,其长短不一。在各周期中,对应的环境并不一致。生物量堆积增多时,提供了火发生的物质基础,但潮湿环境中,发生的火灾,则可解释为潮湿环境中的突然的异常干旱的格局(R. M. 梅等,1980)。但从分析看,在12703aB. P. 处气候温暖潮湿,未发生大火灾,而在13482aB.

P. 处气候较寒冷的条件下, 潮湿的大背景下却有火灾发生, 这恰可解释为潮湿期的突然异常干旱的原因所致。

从炭屑、孢粉曲线图可看出, 炭屑第一高峰值对应于藜、蒿的上升, 第二高峰值对应于草本类的上升和乔木的下降, 只是针叶树中的云杉 (*Picea*) 有所增加。

从炭屑的曲线和孢粉浓度对应图中分析, 炭屑的高值基本对应于乔木的低值, 其中与椴呈很好的相关性。这可能与椴的树皮易燃有关¹⁾。同时与松、冷杉亦成相关性。但与云杉却成较好的正相关, 原因可能是云杉属晚裂球果, 成熟后留在树上宿存 (新疆八一农学院等, 1981), 因而火灾发生则对应于云杉的较高值。禾本科花粉的低值也可能和火灾引起禾本科植物的燃烧有关 (陈因硕, 1990)。在火灾中栎树林受损害最为严重, 从孢粉图来看, 直到火灾发生之后才有一个小的峰值。

在火烧中, 有许多通过各种方式生存耐火的种类的植被不仅未被火消灭, 而且在大火之后可能更大量地萌发, 因而高的炭屑对应于高的植被就不难解释了 (R. F. 道本迈尔, 1959)。

在人类活动加剧的过程中, 人为地伐木、烧荒加强, 一般应对于炭屑来说有一个逐渐增大的趋势 (周新宇等, 1993 (孔昭宸等, 1996))。但是由于炭屑的沉积环境的改变, 较轻的炭屑易于随流水搬运到下游较远的地方。因而在该剖面中, 7000aB. P. 以来炭屑的含量并没有显著地增加。但从2460aB. P. 以来, 炭屑有逐渐增大的趋势, 即从106片/克上升到753片/克。说明人类的活动对火的发生有很大的影响。

值得提及的是, 运用炭屑统计揭示火发生的可能性, 进而预测火的发生尚存在许多实际困难。但作为与孢粉统计同步进行的手段, 其在揭示历史植被发展、自然环境变化及人类活动的影响上, 仍不失理论和实践上的意义。

参 考 文 献

- 陈因硕, 1990: 澳大利亚白令湖早全新世森林演替中的森林火, 植物学报, 32 (1) 69~75。
- 周新宇、蔡述明、孙昭宸、杜乃秋, 1993: 北京颐和园地区3000年来的植被与环境初探。中国生存环境历史演变规律研究。海洋出版社, 北京, 32~43。
- 姚恒凯, 1989: 人类活动对房山县森林植被的破坏。中国科学院南京地理与湖泊研究所集刊, 1989第6号, 121~131。
- 刘华训, 1987: 北京山区的植被与环境, 京津地区生态环境研究文集, 气象出版社, 15~22。
- 朱日祥等, 1993: 北京地区15000年以来地磁场长期变化与气候变迁。中国科学 (B辑), 23 (12)。
- 杜乃秋、陈因硕, 1990: 重液浮选对花粉浓度计算的影响。植物学报, 32 (10) 794~798。
- 新疆八一农学院主编, 1981: 植物分类学, 农业出版社, 49~50。
- R. F. 道本迈尔, 1959: 植物与环境, 科学出版社, 北京。
- R. M. 梅等著, 1980: 理论生态学, 科学出版社, 北京, 199~204。
- Swain, A. M., 1973: A history of fire and vegetation in northeast Minnesota as recorded in lake sediments, *Quaternary Research*, 3: 383~395。
- Robin L. Clark, 1984: Effects on characoal of pollen preparation procedures. *Pollen et Spores*, 26 (3~4) 559~576。

1) 任国玉, 1994: 气候、植被与人类活动——中国东北近1万年环境演变问题 (北京师范大学博士论文)。