运城盆地洪积扇全新世时期的野火与 环境变化的初步探讨

曹艳峰 黄春长 庞奖励

(陕西师范大学旅游与环境学院, 西安 710062)

摘要 通过对运城盆地典型黄土-古土壤剖面磁化率和炭屑含量的分析,研究了洪积扇全新世野火活动的规律及其与环境变化的关系。研究表明,在全新世早期(11500 ~ 8500 a B.P.),气候向温湿过渡,但仍较干旱,炭屑含量较高,野火活动比较频繁,说明气候干旱是野火发生的重要原因。而全新世中期(8500 ~ 3100 a B.P.),除夏商文化时期外,炭屑含量在整个全新世时期居于最低,野火活动最为微弱,与此时期气候温暖湿润密切相关。但在夏商文化时期(3800 ~ 3500 a B.P.)炭屑浓度出现峰值,野火活动较为频繁,是人类生产和生活活动作用的结果。全新世晚期(3100 ~ 0 a B.P.)炭屑含量大幅度增加,野火活动最为频繁,一方面与气候向干旱化发展有关,另一方面与大范围的人类活动密切相关;在干旱的气候背景条件下,人类活动加速了野火的发生频率和活动强度。

关键词 运城盆地 洪积扇 全新世 野火 环境

PRELIMINARY STUDIES OF WILD FIRE FREQUENCY AND ENVIRONMENTAL CHANGES DURING THE HOLOCENE ON THE ALLUVIAL PLAIN OF THE YUNCHENG BASIN

CAO Yan-Feng HUANG Chun-Chang and PANG Jiang-Li

(College of Tourism & Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract Charcoal, the product of the incomplete combustion of plant organisms, remains embedded in the soil and other kinds of sediments and can be used to construct a chronosequence of fire frequency over thousands to tens of thousands of years. The higher the charcoal concentration was, the more intense and frequent the wildfires were. Wildfire activity is related to both climatic changes and human activities, and this study was undertaken to document changes in the frequency of fire during the Holocene and related these to climatic changes and human activities. This research was carried out on the alluvial plain of the Yuncheng Basin in Xi'an County, northwest of Zhongtiao Mountain. We analyzed charcoal content in soil samples in three different particle fractions obtained from a DXF-S profile.

During the early Holocene (11500 - 8500 a B.P.), the climate was dry although it was becoming warmer and wetter. Large amounts of charcoal found in the soil during this period indicated that wildfires were frequent. The dry climate apparently creating favorable conditions for natural fires to occur, suggested the fire frequency was climatically controlled.

The Holocene Megathermal (8500 - 3100 a B.P.) was the warmest and wettest period during the Holocene, and we found very little charcoal in the soil with the exception of the Xia and Shang dynasties (3800 - 3500 a B.P.), when a peak in the charcoal content was showed. The high precipitation during this period apparently suppressed natural fires, but human activities increased the fire frequency during the Xia and Shang dynasties.

During the late Holocene (3100 - 0 a B.P.), the climate became drier and conditions were once again favorable for fires to occur naturally. The amount of charcoal in the soil greatly increased during this period that showed the greatest levels of fire activity of the entire Holocene. The high fire frequency was related to both the arid climate and increased human activities.

In conclusion, climatic conditions and human activities are two important factors that influence fire frequency. Under drier climatic conditions, natural fires are more prevalent and human activities increase both the frequency and intensity of fires.

Key words Yuncheng Basin, Alluvial fan, Holocene, Fire, Environment

自然和人类活动引起的森林和草原野火 (Cope & Chaloner, 1980; Scott, 2000) 引起生态环境的显著变化 (Singh & Geissler, 1985; Scott *et al.*, 2000; Falcon-Lang, 2000)。而野火的发生又需要一定的温度、湿度等天气或气候状况, 所以野火与当时的气候环境条件存在密切的关系。保存在土壤及其它沉积物中的炭屑具有独特的优越性, 在空间上分布很广, 在时间上可提供几千年甚至几万年的野火活动的连续记录, 因此, 通过对地质时期野火活动的研究不仅为古生态研究提供了很好的思路, 而且也是古气候研究的重要途径之一。本文试图通过对全新世黄土-古土壤剖面磁化率和炭屑的分析, 着重讨论运城盆地洪积扇全新世时期以来野火活动的特征及其与气候变化和人类活动的关系。

1 剖面地层划分和年代

研究地点位于山西运城盆地东北部中条山西北侧夏县的洪积扇前沿地区, 海拔 500 m。采样剖面 (DXF-S) 位于一个陡坎, 剖面高 4 m 多, 全新世黄土和土壤分层明显, 层次稳定, 易于识别和划分。在野外详细观测研究的基础上, 自地表向下每 2 cm 连续取样, 到 410 cm 深度, 共取得 205 个样品。通过野外观察和室内分析, 将 DXF-S 剖面地层从上至下依次分为: 表土层 (TS), 0 ~ 50 cm 之间; 黄土层 (L_0), 50 ~ 120 cm 之间; 古土壤层 (S_0), 120 ~ 334 cm 之间; 过渡黄土层 (L_t) 和 334 cm 以下的马兰黄土层 (L_l)。

在 DXF-S 剖面上, 古土壤层 S_0 (120 ~ 334 cm) 是个明显的标志层。根据关中和陕北南部利用 ^{14}C 和 TL 测年确定的马兰黄土顶界年代和黄土层 L_0 底界年代 (周明富等, 1990; An *et al.*, 1991), 并参照前人的有关研究成果 (施雅风等, 1992; Huang *et al.*, 2002, 2003a), 黄土高原的古土壤层 S_0 的年龄取 8500 ~ 3100 a B. P.。据格陵兰冰芯氧同位素记录, 目前对全新世起点的通用日历年代为 11500 a B. P. (Robert, 1992)。分析结果显示在剖面 160 ~ 220 cm 出现炭屑浓度峰值, 由于研究剖面处于东下冯古遗址外围, 这些炭屑应是夏商时代人类活动所产生。参照其考古学断代和 ^{14}C 年代数据 (中国社会科学院考古研究所, 1983) 以及有关的研究结果 (李伯谦, 1981), 可以断定其年代为 3800 ~ 3500 a B. P.。这样, 通过地层对比和夏商人类活动层位的确定, 就较好地解决了该剖面的断代问题, 为探索其野火活动

和环境变化建立了年代框架。

2 研究方法

磁化率测量: 首先称取风干土样 10.0 g, 在瓷研钵中研磨, 使得土体的粒径一般小于 2 mm, 编号装入塑料盒中。使用英国 Bartington 公司生产的 MS2 型磁化率仪对样品进行测量, 每个样品测 3 次, 取其平均值作为最终结果。

炭屑测量: 该测定方法由笔者本人在陕西师范大学环境变迁实验室独立完成, 其步骤为: 称取风干土样 50.0 g, 采用重液浮选法分离出炭屑, 分离方法与孢粉分离法大体相同, 然后在生物显微镜下观测和统计。其统计方法采用外加花粉法, 即将已分离出的炭屑样品中加入蒿子花粉 (一般加入 6 000 粒), 在统计炭屑的同时统计外加蒿子花粉到 250 粒。并按炭屑颗粒长轴将其分为 3 个粒级: 粗粒 ($> 100 \mu\text{m}$)、中粒 ($100 \sim 50 \mu\text{m}$) 和细粒 ($< 50 \mu\text{m}$)。统计完以后, 对炭屑的浓度加以换算, 其方法为:

$$W = A/B \times C/G$$

式中: W 为炭屑浓度 (粒 $\cdot \text{g}^{-1}$), A 为统计的炭屑数 (粒), B 为统计的外加花粉数 (粒), C 为样品中加入的外加花粉数 (粒), G 为所取土样的重量 (g)。

3 分析结果

磁化率分析表明 (图 1), 该剖面磁化率值随深度的不同有明显的变化, 其值变化在 $29 \times 10^{-8} \sim 195 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间, 其中, 过渡层 L_t 中最低在 $29 \times 10^{-8} \sim 44 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间; 古土壤层 S_0 中较高在 $42 \times 10^{-8} \sim 126 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间; 全新世黄土层 L_0 变化在 $75 \times 10^{-8} \sim 99 \times 10^{-8} \sim 195 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间, 表土层 TS 中出现峰值 (尤其在 0 ~ 20 cm), 最高可达 $195 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ (这与其所含灌溉淤积砂成分有关)。

炭屑分析结果表明 (图 1, 图 2): 总炭屑浓度变化在 230 ~ 530 粒 $\cdot \text{g}^{-1}$ 之间; $> 100 \mu\text{m}$ 炭屑浓度变化在 5 ~ 50 粒 $\cdot \text{g}^{-1}$ 之间; $100 \sim 50 \mu\text{m}$ 炭屑浓度变化在 10 ~ 70 粒 $\cdot \text{g}^{-1}$ 之间; $< 50 \mu\text{m}$ 炭屑浓度变化在 210 ~ 410 粒 $\cdot \text{g}^{-1}$ 之间。在全新世早期, 各粒级炭屑浓度较高。在全新世中期, 除在 160 ~ 220 cm 之间, 各粒级炭屑浓度出现峰值外, 该时期各粒级炭屑浓度在整个全新世居于最低。而在全新世晚期, 各粒级炭屑浓度大幅度增加。

图 1 夏县 DXF-S 剖面磁化率和木炭屑总浓度变化曲线

Fig.1 Diagrams showing the analytical results of magnetic susceptibility and total charcoal concentration in the Holocene loess-palaeosol sequences at DXF-S profile in Xiaxian County

TS: 表土层 Topsoil L₀: 黄土层 Loessial stratum WS₀: 弱发育古土壤层 Palaeopedological stratum of weak formation S₀: 古土壤层 Palaeopedological stratum L_t: 过渡黄土层 Loessial stratum of transition

图 2 夏县 DXF-S 剖面各粒级木炭屑浓度变化曲线

Fig.2 Diagrams showing the analytical results of three different particle fraction charcoal concentration in the Holocene loess-palaeosol sequences at DXF-S profile in Xiaxian County

TS, L₀, WS₀, S₀, L_t: 同图 1 See Fig.1

4 讨 论

4.1 磁化率的环境指示意义

黄土-古土壤的磁化率作为气候的代用指标。通常黄土的磁化率较低,古土壤的磁化率较高。这是因为黄土堆积时西北季风占优势,温度和降水量较低,气候寒冷干旱,风尘堆积物受次生风化改造很微弱;古土壤发育时东南季风占优势,温度和降水量较高,气候温湿,成壤强烈,次生的铁磁性矿物多。DXF-S 剖面磁化率的变化表明,全新世早期该地区气候仍然相当干旱,中期时气候温暖湿润,晚期气候有所恶化。

4.2 炭屑的环境指示意义

炭屑是植物体不完全燃烧的产物,被风和水流从炭屑产生地带到沉积地保存下来,因此炭屑常被称为“火的化石”。黄土-古土壤剖面炭屑是野火活动的代用指标,炭屑浓度的变化可以反映野火频率和强度的变化,炭屑浓度高时指示野火活动强烈,反之,则野火活动微弱。而气候是野火发生的重要因子,气候越干旱,野火发生的可能性越大,频率越高(张佳华等,1997;Fried *et al.*, 2004);另外野火的发生往往又与人类活动有着密切的联系,故炭屑含量的变化不仅可以指示气候变化,而且可以反映研究区人口数量和人类活动强度的变化(周新宇等,1993;许清海等,2002)。

4.3 全新世野火活动特征

通过对 DXF-S 剖面磁化率和炭屑的对比分析(图 1,图 2),该剖面依次经历了 3 个阶段:

全新世早期(11500~8500 a B.P.),气候开始由冷干向温湿过渡,气温回升,但仍相当干旱,降水量较低,空气相对湿度减小,使可燃物的温度提高而变干燥,易于点燃,且生物物质积累增加,为野火活动发生提供了很大的可能性。各粒级炭屑浓度出现峰值,表明野火活动比较频繁,地方性和区域性野火时有发生。也正是由于该时期气候比较干旱,野火活动频繁,烧失量较大,加之黄土的沉积速率较快,保存的炭屑量才较多。

全新世中期(8500~3100 a B.P.)是全新世最为温暖湿润的时期。虽然该时期气温增加更高,然而长期丰富的降水量一方面使空气的含水量增加,相对湿度增加,导致可燃物的可燃性减小;另一方面使可燃物自身充分吸水而含水量提高,可燃性也降低,因此野火发生的可能性微乎其微。从各粒级炭屑分析结果来看,野火活动总体上是最微弱的。当然,气

候湿润,野火发生的频率较低,烧失量小,古土壤沉积速率较慢,保存在土壤中的炭屑量较少。但是,在古土壤 S_0 层位的 220~160 cm 之间,对应夏商文化时期(3800~3500 a B.P.),各粒级炭屑浓度变化出现峰值表明,野火活动的频率较高,强度较大。这是因为在夏商文化时期(3800~3500 a B.P.),古人为了生存的需要,人为伐木、围猎、刀耕火种等使野火活动的频率提高,这标志着人类活动也是重要的火成因子。

在全新世晚期(3100~0 a B.P.),从 3100 a B.P. 开始,气候向干旱化发展(黄春长等,2003;Huang *et al.*, 2003b),植被退化,土壤也发生退化。在此期间,气温下降,降水量减少,空气的相对湿度减小,可燃物的可燃性提高,因此,在这种气候不稳定且比较干旱的时期,野火发生的频率提高;另外,各粒级炭屑浓度大幅度增加表明,该时期野火活动相当频繁,这不仅与干旱的气候有关,而且与人类活动的干扰有密切联系。3100 a B.P. 以来,一方面由于气候条件的恶化,另一方面由于生产力水平的提高,人类不断毁林草、开垦土地造田,正是这种大规模的人类活动,导致人为野火表现的相当突出。在气候和人类活动的双重影响下,野火发生的频率高,烧失量大,而黄土的沉积速率又较快,使得保存在土壤中的炭屑量在整个全新世居于最高。

5 结 论

1)全新世早期炭屑的含量较高,而全新世中期(除夏商文化时期外)炭屑含量在整个全新世总体居于最低,充分说明气候是野火活动的重要因素。气候越干旱,野火发生的可能性越大,野火活动的频率越高。

2)全新世中期温暖湿润的气候条件使野火发生的可能大大降低,但在夏商文化时期炭屑含量出现峰值,野火活动比较频繁,说明人类活动是野火活动的另一个重要因子。

3)全新世晚期炭屑含量大幅度增加,野火活动在全新世最为频繁,一方面与该时期气候向干旱化发展有关,另一方面与 3100 a B.P. 以来大范围的人类活动密切相关。人类活动是在干旱的气候背景条件下,加速了野火的发生频率和活动强度。

参 考 文 献

An ZS, Kukla G, Porter SC (1991). Magnetic susceptibility evidence of monsoon variation on the loess plateau of central China during the last 130 000 year. *Quaternary Research*, 36, 29–36.

- Cope MJ, Chaloner WG (1980). Fossil charcoal as evidence of past atmospheric composition. *Nature*, 283, 647 – 649.
- Falcon-Lang HJ (2000). Fire ecology of the carboniferous tropical zone. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 164, 339 – 355.
- Fried JS, Torn MS, Mills E (2004). The impact of climate change on wildfire severity: a regional for forecast northern California. *Climatic Change*, 64, 169 – 191.
- Huang CC(黄春长), Pang JL(庞奖励), Chen BQ(陈宝群), Zhou QY(周群英), Mao LJ(毛龙江), Li PH(李平华) (2003). Land degradation and its social impact in the Weihe river drainage basin during the predynastic Zhou western Zhou dynasty. *Quaternary Sciences* (第四纪研究), 23, 404 – 414. (in Chinese with English abstract)
- Huang CC, Pang JL, Chen SE, Zhang ZP (2003a). Holocene Dust Accumulation and the formation of polycyclic cinnamon soils in the Chinese Loess Plateau. *Earth Surface Processes and Landforms*, 28, 1259 – 1270.
- Huang CC, Pang JL, Huang P, Hou CH, Han PY (2002). Multi-disciplinary studies of the oldest cultivated soils in the southern part of the Loess Plateau of China. *Catena*, 47, 19 – 42.
- Huang CC, Zhao SC, Pang JL, Zhou QY, Chen SE, Li PH, Mao LJ, Ding M (2003b). Climatic aridity and the dislocations of the Zhou Culture in the Southern Loess Plateau of China. *Climatic Change*, 61, 361 – 378.
- Institute of Archaeology, Chinese Academy of Social Sciences(中国社会科学院考古研究所)(1983). *Radiocarbon Dates in Chinese Archaeology* (1965 – 1981) (中国考古学中碳十四年代数据集 1965 – 1981). Cultural Relics Press, Beijing, 15 – 20. (in Chinese)
- Li BQ(李伯谦) (1981). Primary study on the DongXiaFeng culture. *Cultural Relics of Central China* (中原文物), (1), 25 – 29. (in Chinese with English abstract)
- Robert N (1992). *The Holocene: an Environmental History*. Blackwell, Oxford, 1 – 315.
- Scott AC (2000). The Pre-quaternary history of fire. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 164, 281 – 329.
- Scott AC, Cripps JA, Collinson ME, Nichols GJ (2000). The taphonomy of charcoal following a recent heathland fire and some implications for the interpretation of fossil charcoal deposits. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 164, 1 – 31.
- Shi YF(施雅风), Kong ZC(孔昭宸), Wang SM(王苏民) (1992). The climatic fluctuation and important events of Holocene Megathermal in China. *Science in China* (Series B) (中国科学 B 辑), 22, 1300 – 1308. (in Chinese with English abstract)
- Singh G, Geissler EA (1985). Late Cenozoic history of vegetation fire, lake levels and climate, at Lake George, New South Wales, Australia. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 311, 379 – 447.
- Xu QH(许清海), Kong ZC(孔昭宸), Chen XD(陈旭东), Yang XL(阳小兰), Liang WD(梁文栋), Sun LM(孙黎明) (2002). Discussion on the environment changes and the effects of human impacts in the Eastordos Plateau since 4000 a B.P. *Quaternary Sciences* (第四纪研究), 22, 105 – 112. (in Chinese with English abstract)
- Zhang JH(张佳华), Kong ZC(孔昭宸), Du NQ(杜乃秋) (1997). Charcoal analysis and fire chances at Dongganchi of Fangshan in Beijing since 15 000 years B.P. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), 21, 161 – 168. (in Chinese with English abstract)
- Zhou MF(周明富), Zhou WJ(周卫健), Head J (1990). Stratigraphy and ^{14}C dating at Beizhuangcun site in recent thirty thousand years. In: Liu DS(刘东生) ed. *Loess • Quaternary • Global Changes* (Volume 1) (黄土•第四纪•全球变化 (第一卷)). Science Press, Beijing, 12 – 19. (in Chinese)
- Zhou XY(周新宇), Cai SM(蔡述明), Kong ZC(孔昭宸), Du NQ(杜乃秋) (1993). Primary study on vegetation and environment at Yiheyuan in Beijing. In: Zhang LS(张兰生) ed. *Studies on Historical Evolutionlaws of Living Environment in China* (中国生存环境历史演变规律研究). Ocean Press, Beijing, 32 – 43. (in Chinese)

责任编辑: 孔昭宸 责任编辑: 刘丽娟