

文章编号 :1003 - 7578( 2006 )04 - 088 - 04

# 宝鸡陵塬地区全新世以来 成壤环境演变和沙尘暴活动研究<sup>\*</sup>

刘晓琼, 赵景波, 徐小玲, 周立花, 张红娟

( 陕西师范大学旅游与环境学院 西安 710062 )

**提 要** :全新世环境演变研究是过去全球变化研究的重点 ,也是当今全球变化研究的重点和热点。深入了解和探讨全新世成壤环境演变和沙尘暴活动对于丰富全新世环境变迁理论、认识现阶段的沙尘暴活动 ,促使人与自然环境协调发展都有着十分重要的意义。本文通过研究宝鸡陵塬地区全新世地层的粒度、磁化率、CaCO<sub>3</sub>和 pH 值四项指标 ,综合分析了本区全新世以来成壤环境演变及与之相关的沙尘暴活动信息。

**关键词** :陵塬地区 ; 全新世 ; 成壤环境演变 ; 沙尘暴活动

**中图分类号** :X43 **文献标识码** :A

近年来 ,有关全新世环境演变的研究成为地理学界的研究热点之一。深入了解和探讨全新世成壤环境演变和沙尘暴活动对于丰富全新世环境变迁理论、认识现阶段的沙尘暴活动 ,促使人与自然环境协调发展都有着十分重要的意义。干旱、半干旱地区的黄土高原地层蕴涵着丰富的古环境信息 ,西北黄土高原全新世以来的黄土 - 古土壤堆积序列更是真实地记载和反映了历史时期本区的环境变迁。这就为我们从中提取多项气候代用指标 ,来判断和认识全新世的冬、夏季风的演化史 ,并通过综合分析和对比多项气候代用指标来具体恢复全新世以来的成壤环境演变和沙尘暴活动提供了便利的基础。根据前人的研究 ,黄土 - 古土壤序列中的粒度、磁化率、CaCO<sub>3</sub>能够作为冬、夏季风互为消长的替代性指标<sup>[1-11]</sup>。而土壤中的 pH 值变化反映了黄土与古土壤因水分条件改变而发生的有规律的交替变化<sup>[12]</sup> ,在一定程度上能够反映当时的气候干湿状况。可见综合运用粒度、磁化率、CaCO<sub>3</sub>、pH 值这些气候代用指标可以比较全面地判识历史时期的季风活动状况。因此本文借用粒度、磁化率、碳酸钙和土壤 pH 值这四项指标以高分辨率揭示宝鸡陵塬地区全新世以来成壤环境演变并反演与当时季风活动状况相关的沙尘暴活动 ,并认为在再现成壤环境及沙尘暴活动时 ,粒度指标更为敏感。

## 1 区域概况与剖面特征

宝鸡市坐落于关中平原西端 ,北倚渭北黄土台塬 ,南踞秦岭 ,渭河流经市区。总的地势特点是南、北、西三面环山 ,中部低平 ,东部敞开 ,河流以渭河为主。宝鸡地区气候为暖温带半湿润季风气候 ,属于我国半干旱 - 半湿润季风环境敏感地带。这里四季分明 ,年平均气温 12.8℃ ,年日照 2100h。多年平均降水量 710mm ,50% 集中于七至九月 ,易出现早春旱和伏旱 ,秋有连阴雨。陵塬地区位于渭河以北 ,面积较为狭小。采样剖面位于宝鸡市区西北部陵塬胜利村 ,土壤剖面出露在 5 ~ 6m 的陡坎上 ,剖面中全新世黄土 - 古土壤序列表现明显 ,厚约 3.5m ,其下部出露浊橙色马兰黄土。整个剖面的宏观地层学和土壤学特征描述(表 1)。为了获得较高的时间分辨率 ,在野外进行了较为细致的观察 ,确定该剖面为原生未经人为扰动的全新世剖面。然后对

<sup>\*</sup> 收稿日期 :2005 - 04 - 20。  
基金项目 :国家自然科学基金资助项目( 40071006 ) ,教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目“西部经济发展与生态环境重建研究”( 04JZD00010 )。  
作者简介 :刘晓琼( 1977 - ) ,青海湟源人 ,博士研究生 ,研究方向为人地关系与城乡发展。 xiaoqiongliu2001@ 163. com

宝鸡胜利村剖面从地表开始每隔 2.5 cm 连续采样直至马兰黄土顶部 ,取得样品数分别为 81 个。

表 1 宝鸡胜利村剖面全新世黄土 – 古土壤序列特征描述

Tab. 1 Characters of Holocene Loess – palaeosol profile in Lingyuan area

深度 ( cm )	地层和 地层符号	地层学和土壤学描述
97.5 ~ 0	表土层 TS 和 黄土层 L <sub>0</sub>	浊棕色( 7.5YR6/3 ) 粉沙质 ,团粒状结构 ,多中小空隙 ,微团聚体 , 较紧实 ,坚硬 ,多根孔 ,蚯蚓孔较多 ,充以粪粒 ,有植物根系出现。
145 ~ 97.5	古土壤层 S <sub>0</sub> <sup>1</sup>	浊红棕色( 5YR4/4 ) 粘土质粉沙 ,棱柱状结构 ,含有蚯蚓孔 ,多小 孔隙 ,土体中有白色钙质菌丝体出现 ,充填于植物根孔或虫孔中。
157.5 ~ 145	黄土夹层 L <sub>x</sub>	浊橙色( 7.5YR6/4 ) 粉沙质 ,块状结构 ,含有中小孔隙 ,有微团聚 体 ,质地较为均一 ,顶部有蚯蚓孔 ,时有白色钙质出现。
157.5 ~ 185	古土壤层 S <sub>0</sub> <sup>2</sup>	浊棕色( 7.5YR5/4 ) 粘土质粉沙 ,棱柱状结构 ,极少有空隙出现 , 微团聚体发育 ,棱角状 ,较为紧实坚硬 ,断面较粗糙。
185 ~ 202.5	过渡层 Lt	红棕色( 5YR4/6 ) 粉沙质 ,块状结构 ,多中小空隙 ,较为疏松易碎 , 易碎成粉末 ,质地较为均一 ,接近马兰黄土。

中国黄土 – 古土壤序列是第四纪全球变化的良好信息载体<sup>[ 13 ,14 ]</sup>。确定黄土地层的年龄、建立比较准确的时间标尺 ,对于恢复古环境从而更精确的描述古气候变化有着十分重要的意义。黄土 – 古土壤序列年龄的确定是利用黄土记录进行全球变化研究的关键 ,前人对此做了很多的研究<sup>[ 15 – 18 ]</sup>。同样 ,为了准确表述全新世以来宝鸡陵塬地区的成壤环境演变和沙尘暴的活动 ,对所研究的剖面进行地层断代也是十分重要的。由于客观条件的限制 ,未对本文所研究的剖面进行年代测定 ,但是可根据已经测年的其他剖面为依据 ,通过地层对比确定本文研究的剖面地层年代。由于黄土地层分布稳定 ,这种对比是可靠的。故本文参照黄春长教授所研究的关中西部眉县清湫村剖面<sup>[ 17 ,19 ,20 ]</sup> ,确定陵塬剖面的地层年代。

2 各项气候指标及其反映的环境演变

文中粒度指标采用英国 Malvern 公司生产的 Masterize – S 型激光粒度仪测量 ;土壤磁化率用英国 Bar-  
tington 公司生产的 MS – 2B 型磁化率仪测取 ;土壤 CaCO<sub>3</sub> 的百分含量用气量法计算 ;用土壤 pH 计获取土  
壤 pH 值。

粒度、磁化率、碳酸钙等是黄土成壤环境演变的重要地质证据 ,它们作为反映冬、夏季风活动互为消  
长的替代性指标 ,能在一定程度上说明当时的成壤环境和沙尘暴活动的情况。深入认识和研究全新世时  
期黄土 – 古土壤序列所保存的气候环境信息 ,对于我们恢复和重建该时期的成壤环境和沙尘暴活动具有  
十分重要的意义。因此本文采用粒度、磁化率、CaCO<sub>3</sub> 和 pH 值四项指标获取全新世成壤环境演变和沙尘  
暴活动信息。粒度中 50 ~ 10 μm 粗粉砂和小于 5 μm 粘粒和胶体累积含量的变化分别指示了冬季风和夏  
季风的活动强弱 ,碳酸钙和土壤 pH 值反映了当时气候的湿润程度。这些气候代用指标为本文研究宝  
鸡陵塬地区全新世以来的成壤环境演变和沙尘暴研究提供了良好的条件。50 ~ 10 μm 粗粉砂、碳酸钙曲线  
峰值对应于成壤微弱 ,沙尘暴活动加剧的时期。而磁化率、小于 5 μm 粘粒和胶体累积含量的曲线峰值对  
应成壤强烈 ,沙尘暴活动减弱的时期( 图 1 )。

四项指标的综合分析和对比再现了宝鸡陵塬地区全新世以来的成壤环境演变及由之反映的沙尘暴活  
动 ,在本文中这四项指标较一致地再现了本地区古环境演变状况。具体而言它们所反映的古环境特征如下 :

( 1 )在全新世早期( 11500a B. P. ~ 8500a B. P. ) 这一时期对应于剖面中的过渡层 Lt ,对应的深度为  
202.5 ~ 185 cm ,这时关中平原地区东南季风势力开始增强 ,但因为夏季风效应滞后于冬季风的缘故 ,虽然  
气温回升 ,但是降水量仍然较少 ,气候较为干燥。宝鸡胜利村剖面中各项指标的变化表现为粗粉砂( 50 ~  
10 μm )含量开始减少 ,而粘粒和胶体的累积含量( < 5 μm )升高 ,Kd 值( 粘粒胶体累积组( < 5 μm ) 含量/  
粗粉砂粒组( 50 ~ 10 μm )含量 )亦表现出增长趋势 ,磁化率值表现为快速增大 ,碳酸钙则呈现减小趋势 ,pH  
值变化与碳酸钙含量变化相同。这表明陵塬地区在全新世早期气候呈好转趋势 ,成壤作用和粘化作用增  
强 ,沙尘暴活动次数显著减少 ,土壤的发育表现为边沉积边成壤。

( 2 )在全新世中期( 8500 a B. P. ~ 3100 a B. P. ) 这一时期对应于剖面中的 S<sub>0</sub><sup>2</sup>、S<sub>0</sub><sup>1</sup> 和 L<sub>x</sub> ,对应深度  
为 185 ~ 97.5 cm 段。这时粗粉砂( 50 ~ 10 μm )含量达到最低值 ,粘粒和胶体的累积含量( < 5 μm )达最大  
值 ,低频、高频磁化率出现峰值 ,碳酸钙和 pH 值出现最小值。从图 1 可以看出 ,在全新世中期( 全新世大

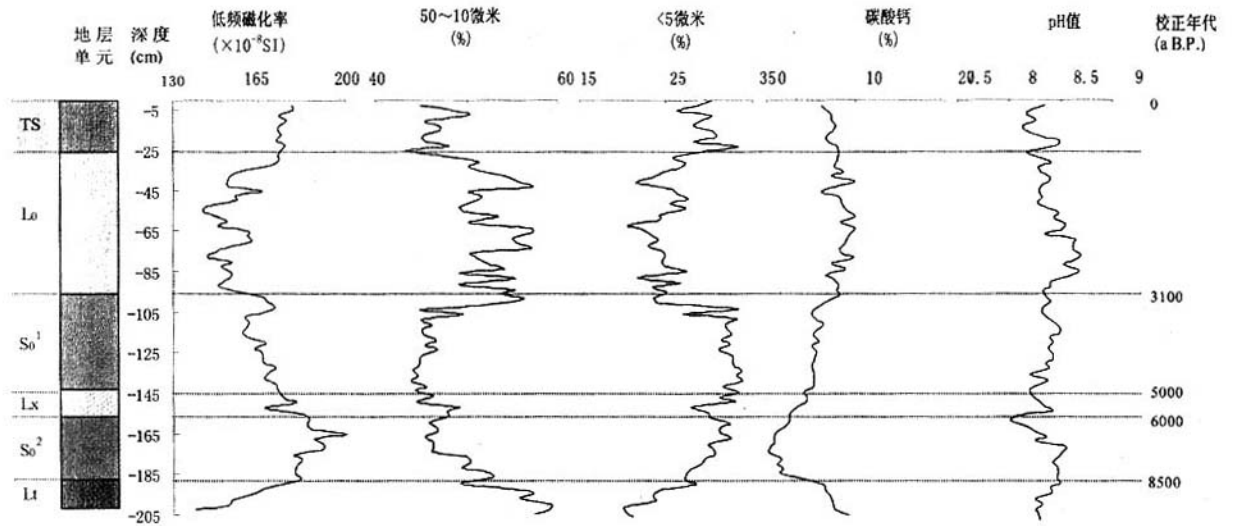


图 1 宝鸡陵塬剖面全新世黄土 - 古土壤磁化率、粒度、CaCO<sub>3</sub>、pH 值对比图

Fig. 1 Magnetic susceptibility, grain - size, CaCO<sub>3</sub>, pH value of Holocene Loess - palaeosol profile in Lingyuan area

暖期)宝鸡陵塬胜利村剖面中该时期的古土壤层  $S_0$  分裂为两层,说明全新世大暖期的气候存在明显波动,6000 ~ 5000 a B. P.(对应深度为 220 ~ 87.5cm)发生了一个干旱事件,形成黄土堆积,使得全新世中期古土壤分裂成为两层,表现为多周期土壤。这与许多学者的研究结果相同<sup>[21-24]</sup>。通过分析磁化率、粒度、CaCO<sub>3</sub>及 pH 值可知,在全新世大暖期,东南季风长期控制本地区,气候普遍温暖湿润,沙尘暴较少发生,风尘堆积速度减弱,土壤的次生粘化作用加强。同时由于降水量的增加,土壤剖面的淋溶和淋失作用也进一步加强,碳酸钙遭到强烈的淋失,在整个土壤剖面达到最低值。这时由于气候最为暖湿,植被类型可能为落叶阔叶林,土壤类型可能为褐土<sup>[25-27]</sup>。总的说来这时的土壤发育表现为成壤速率大于黄土的堆积速率与土壤的侵蚀速率,土壤表面随着黄土的堆积而加厚,形成了外观上无明显间断的土壤。但是这并不能说明全新世大暖期是持续温暖的,如图 1 所示,全新世大暖期的气候和成壤过程存在明显的波动。

(3)全新世晚期(3100 a B. P. ~ 至今)这一时期对应于剖面中的黄土层  $L_0$  和表土层 TS,对应深度为 97.5 ~ 0cm,从图 1 可以注意到这一时期剖面的各项指标的波动增大。具体表现为:粗粉砂(50 ~ 10 $\mu$ m)含量显著增加,粘粒和胶体累积含量(<5 $\mu$ m)显著减少,Kd 值明显减小,磁化率值急剧下降,较全新世前两个时期低,碳酸钙和 pH 值总体而言较前两个时期有所升高。这些指标的变化表明,以 3100 a B. P. 为界发生了季风的转型,西北季风势力开始增强,东南季风势力削弱。气候干旱化造成风尘堆积加速,土壤颗粒变粗,粘粒含量大幅度减少,碳酸钙含量增加,土壤的碱性增强,沙尘暴活动频繁。

通过分析我们注意到,粒度指标变化较其他三项指标快而且波动性强。其原因可能有三:其一,粒度所指代的冬季风的变化与其他三项指标指代的夏季风变化不同步,即后者有所滞后;其二,指代冬季风的粒度对季风格局的转变较其他三项指代夏季风的指标敏感性强;其三,各种气候替代指标与季风之间的对应机制可能还有着更为复杂的机理,而这尚需进一步的研究证实。由此可见,在反映本区沙尘暴活动时粒度指标是更为敏感的代用指标。

### 3 结论

本文通过研究宝鸡陵塬地区全新世地层的粒度、磁化率、CaCO<sub>3</sub>和 pH 值四项指标,综合分析了本区成壤环境演变及与之相关的沙尘暴活动,得出了如下的初步认识:

(1)本区全新世以来气候演化可分为三个阶段:早期气候逐渐转暖,生物风化成壤作用增强;中期气候达到最适宜,生物风化成壤作用最强。但在该时期也存在次一级的气候恶化,土壤退化的气候波动事件,晚期气候变得冷干化,成壤作用较中期减弱。

(2)在再现成壤环境及沙尘暴活动时,粒度、磁化率、碳酸钙和土壤 pH 值这四项指标有着较好的指示意义,而且各指标之间对应良好。但相比较而言粒度指标变化较为迅速,特别是在季风格局发生转变之际。因此在再现成壤环境及沙尘暴活动时,粒度指标较磁化率、CaCO<sub>3</sub>和 pH 值指标更为敏感。

(3)全新世以来宝鸡陵塬地区的沙尘暴活动表现为:在全新世早期由于生物风化成壤作用增强,沙尘暴活动减弱;在全新世中期生物风化作用最强,沙尘暴活动最弱;在全新世晚期气候变得冷干化,沙尘暴活动开始增强。在沙尘暴活动增强期,土层中粗粉砂含量增加,粘粒/粉砂值减小。表明这时西北季风势力增强,气候冷干,粉尘堆积速率增强,成壤环境恶化。沙尘暴活动减弱时期则恰好相反。

参考文献

[1] 李吉均,文世宣,张青松等.青藏高原隆起的时代、幅度与形式探讨[J].中国科学,1979(6):608-616.

[2] 杨怀仁.第四纪地质[M].北京:高等教育出版社,1987.

[3] Berg A, Loutre M F. Insolation values for the climate of the last 10 million years[J]. Quaternary Science Reviews, 1991, 10: 297-317.

[4] Kula G, Heller F, Liu X. Pleistocene climates in china dated by Magnetic susceptibility[J]. Geology, 1988, 16: 811-814.

[5] Heller F, Liu tungsheng. The fifth layer paleosol in the Lishi loess and their pale climatic significance[J]. Geophys J R Astron Soc, 1984, 77: 125-141.

[6] 赵景波.西北黄土区第四纪土壤与环境[M].陕西科技出版社,1994.32-78.

[7] 卢滨铸.黄土地层中的CaCO<sub>3</sub>含量变化与更新世气候旋回[J].地质科学,1981,16(2):122-131.

[8] 文启忠.黄土剖面中古气候变化的地球化学记录[J].第四纪研究,1995,15(3):223-230.

[9] 刘丛强,张劲,李春来.黄土中CaCO<sub>3</sub>含量及Sr同位素组成变化与古气候波动记录[J].科学通报,1999,44(10):1088-1092.

[10] 刘东生,丁仲礼.二百五十万年来季风环流与大陆冰量变化的阶段性耦合过程[J].第四纪研究,1992(1):28-32.

[11] 文启忠等.中国黄土地球化学[M].科学出版社,1989.

[12] 贾耀峰.土壤pH值及其环境意义.见:学位论文.关中盆地东部全新世成壤环境演变及其对人类文化的影响—以老官台全新世黄土剖面为例[A].2003.28-29.

[13] 张德二.中国历史文献中的高分辨率古气候记录[J].第四纪研究,1995(1):75-81.

[14] 姚耀栋,王宁练,施雅风.冰芯记录所揭示的气候环境变化[A].

[15] Kukla G, Heller F, Li X M et al. Pleistocene climates in china dated by magnetic susceptibility[J]. Geology, 1988(16):811-814.

[16] 丁仲礼,余志伟,刘东生.中国黄土研究新进展(三)时间标尺[J].第四纪研究,1991(4):336-348.

[17] Huang C C, Zhou J, Pang J L et al. High-resolution studies of the oldest cultivated soils in the southern Loess Plateau of China[J]. Catena, 2002, 47(1):29-42.

[18] 黄春长.渭河流域3100年前资源退化与地人关系演变[J].地理科学,2001,21(2):31-35.

[19] Huang C C, Zhuo J, Pang J L. A regional aridity phase and its possible cultural impact during the Holocene Megathermal in the Guanzhong Basin[J]. The Holocene, 2000, 10(1):135-143.

[20] Huang C C, Pang J L, Li P H. Abruptly increased climatic aridity and its social impact at 3100a BP on the Loess Plateau of China[J]. Journal of Arid Environments, 2002(3):1-13.

[21] 张占平,庞奖励,黄春长等.陕西岐山全新世黄土高分辨率气候记录[J].中国沙漠,2000,20(4):415-417.

[22] 庞奖励,黄春长,张占平等.陕西五里铺黄土微量元素组成与全新世气候不稳定性研究[J].中国沙漠,2001,21(2):151-156.

[23] 黄春长,庞奖励,张占平.黄土高原环境恶化的自然背景研究[J].陕西师范大学学报(自然科学版),2000,28(3):110-114.

[24] Huang C C, Pang J L, Zhao J B. Chinese loess and evolution of the East Asian monsoon[J]. Progress in physical Geography, 2000, 10(1):75-96.

[25] 侯春红.西安地区全新世中期环境研究[J].陕西师范大学学报(自然科学版),2001,29(1):96-99.

[26] 赵景波,黄春长.西安地区全新世土壤下部木本植物根孔的发现与研究[J].中国沙漠,2001,21(1):19-23.

[27] 孙建中,赵景波.黄土高原第四纪[M].科学出版社,1991,186-205.

# Environmental Change of Pedogenesis and Sandstorm Activity in the Lingyuan Area since Holocene

LIU Xiao-qiong, ZHAO Jing-bo, XU Xiao-ling,  
YAN Jun-ping, ZHOU Li-hua, ZHANG Hong-juan  
(College of Tourism and Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstracts

Study of Holocene environmental change is a focal point not only in the past but also in today. Understanding Holocene environmental change and sandstorm activity is very important for us to enrich the theory of Holocene environmental change, realize the geographical environment at the present stage, and impel people to develop with natural environment in harmony. In this paper we chose grain-size, magnetic susceptibility, Calcium carbonate and pH value of soil to acquire information about environmental change of Pedogenesis and sandstorm activity in Lingyuan area since Holocene.

**Keywords:** Lingyuan area; Holocene; environmental change of Pedogenesis; sandstorm activity