

甘肃疏勒河冲积扇绿洲全新世孢粉组合 和环境演化

毛洪亮¹⁾ 赵华¹⁾ 卢演侑²⁾ 王成敏¹⁾
张克旗²⁾ 杨振京¹⁾ 梁建军³⁾

1) 中国地质科学院水文地质环境地质研究所, 河北石家庄 050061; 2) 中国地震局地质研究所
地震动力学国家重点实验室, 北京 100029; 3) 地矿邢台地质工程勘察院, 河北邢台 054000

摘要 通过甘肃疏勒河冲积扇九道沟下游剖面(JDG)沉积物系统的孢粉分析,探讨了这一极干旱区全新世植被和气候环境演化。约4.3 m厚沉积剖面的孢粉组合特征清楚地反映了研究区全新世植被经历了6个发展演替阶段,从老而新依次为:针叶林为主的针阔混交林—灌丛草原;灌丛草原;疏林灌木草原;针叶树为主的针阔混交林—灌丛草原;草原植被;针叶林—灌木草原。与植被发展演替相对应的气候环境经历了凉较湿→温干→暖湿→温较湿→温干→凉较湿的变化。这些结果对于了解该地区全新世气候演化以及中国西北干旱区未来环境预测方面都具有重要意义。

关键词 孢粉组合,环境演化,全新世,疏勒河冲积扇绿洲

Pollen Assemblages and Environment Evolution in Shule River Alluvial Fan Oasis of Gansu

MAO Hongliang¹⁾ ZHAO Hua¹⁾ LU Yanchou²⁾ WANG Chengmin¹⁾ ZHANG Keqi²⁾
YANG Zhenjing¹⁾ LIANG Jianjun³⁾

1) Institute of Hydrogeology and Environmental Geology, CAGS, Shijiazhuang, Hebei 050061;

2) State Key Laboratory of Earthquake Dynamics, Institute of Geology, China Earthquake Administration, Beijing 100029;

3) Xingtai Institute of Geological Engineering and Mineral Exploration, Xingtai, Hebei 054000

Abstract Based on a systematic analysis of spore-pollen in sediments from the Holocene profile at Jiudaoguo (JDG) in the Shule River Alluvial Fan Oasis, Gansu Province, this paper discusses the climate and environment changes of this region during Holocene. The features of pollen assemblages from the bottom to the top of the section clearly show that the vegetation has experienced six developing stages since 12 kaB. P. or so, i. e., coniferous-broad-leaf mixed forest and grassland, brush grassland, sparse woods and shrub grassland, coniferous forest dominated by coniferous-broad-leaf forest-shrub grassland, grassland and coniferous forest-shrub grassland. The paleoenvironment corresponding to the paleovegetation has probably undergone the cool and comparatively moist period, the temperate and arid period, the warm moist period, the temperate and comparatively moist period, the temperate and arid period and the cool and relatively moist period. These results provide valuable information for understanding the details of climate changes and environmental evaluation in the arid area of Northwest China in Holocene.

Key words pollen assemblage, environment change, Holocene, Shule river alluvial fan oasis

本文由国家自然科学基金(编号:40472155)资助。

责任编辑:刘志强;收稿日期:2007-09-07;改回日期:2007-11-12。

第一作者简介:毛洪亮,男,1981年生,在读硕士研究生,主要方向为第四纪古环境、古水文;E-mail: lion607@163.com。

通讯作者:赵华;通讯地址:050061,河北省石家庄市石岗大街406号;电话:0311-87700723;E-mail: zhaohua65@163.com。

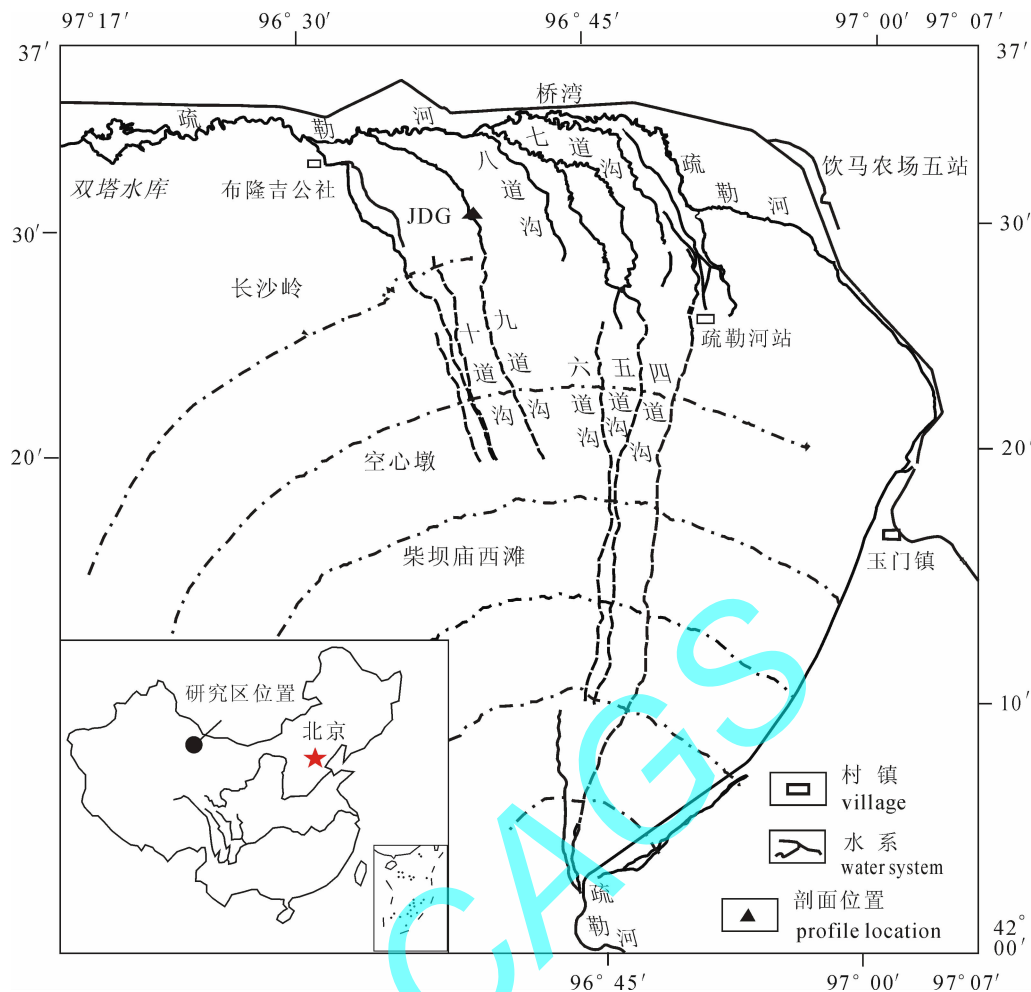


图1 研究区范围及剖面点位置
Fig.1 Study area and profile location

古气候重建是全球变化 (PAGES) 研究的重要内容之一。人们可以通过对第四纪沉积地层剖面、冰芯 (何元庆等, 2003)、石笋或石钟乳 (谭明等, 2002)、树木年轮 (潘娅婷等, 2007) 等的气候环境代用指标, 如粒度 (类延斌等, 2006; 胡思辉等, 2006)、碳氧同位素组成 (张美良等, 2004) 等的分析来反演古气候, 还可以从相关的历史文献资料中得到相关的古气候信息 (费杰等, 2004; 史兴民, 2005), 但依据孢粉资料重建古气候以其直接性和可靠性, 在古气候演化研究中具有不可替代的作用。甘肃河西走廊地区地处中国的西北内陆干旱区, 生态环境脆弱, 对于气候和生态环境变化非常敏感, 在过去全球变化研究中具有十分重要的地位。目前河西走廊东部的黑河、石羊河流域全新世古气候演化的研究比较多 (王乃昂等, 1999; 陈发虎等, 2001; 朱艳等, 2001; 赵强等, 2003; 齐乌云等, 2003), 而河西走廊西

部的疏勒河流域全新世古气候环境演化的研究, 大多限于汉唐 (2000 aB. P) 以来人类古文明与生态环境演变等方面的探讨 (李并成, 1998; 王乃昂等, 2002; 杨根生等, 2005)。笔者通过对疏勒河冲积扇绿洲全新世地层孢粉和孢粉组合特征分析, 探讨了疏勒河冲积扇绿洲全新世植被演变和气候—环境变化。

1 研究区概况

疏勒河发源于祁连山脉疏勒南山, 全长 620 km, 为祁连山西段汇水面积最大的一条常年有水河流, 该河穿越北祁连山西端照壁山后, 在阿尔金山断裂北侧山前平原, 携带的大量碎屑沉积物质堆积形成疏勒河冲积扇。冲积扇面积 2400 km², 扇面坡度 1.0°~1.5°, 扇顶距阿尔金山断裂约 4 km, 平面上呈略向西拖延的蚌壳状 (王萍等, 2004)。疏勒河冲

积扇绿洲大致位于东经 $96^{\circ}15'$ ~ $97^{\circ}15'$, 北纬 $42^{\circ}00'$ ~ $42^{\circ}40'$ 。本区具有典型大陆性气候特点, 多年平均气温 $6.95 \sim 9.42^{\circ}\text{C}$, 降水量 $39.6 \sim 63.4 \text{ mm/a}$, 蒸发量 $2469 \sim 2869 \text{ mm/a}$ 。土壤主要有棕漠土、盐土、草甸土、沼泽土和风沙土等^①。全新统地层沉积类型复杂, 主要有冲积、洪积、沼泽湿地沉积和风积。

2 孢粉样品的采集和分析

2.1 剖面描述

选取疏勒河冲积扇九道沟下游的一个剖面点进行孢粉取样, 出露地层厚约 4.3 m , 剖面位置如图 1 所示 ($\text{N}40^{\circ}30'$, $\text{E}96^{\circ}39'$)。根据野外观察, 按照其岩性特征, 将地层由上到下划分为 5 层:

上覆松散现代沉积

(1) $0 \sim 40 \text{ cm}$: 为棕褐色草甸土。

(2) $40 \sim 150 \text{ cm}$: 为灰色、深灰色粉砂质淤泥, 上部发育灰褐色碳质淤泥和泥炭, 呈透镜状分布, 风化后呈灰白色, 虫孔、根孔发育, 层理不清晰, 每个透镜层厚 10 cm 左右; 下部颜色变浅, 典型泥沼相。

(3) $150 \sim 180 \text{ cm}$: 为黄灰色、浅灰色粉砂、细砂, 见锈斑, 泥质含量低, 质地均匀, 分选好, 层理不清晰, 河流相、或片流相。

(4) $180 \sim 300 \text{ cm}$: 为锈黄色、杂色中细砂, 夹灰色透镜 ($1 \sim 2 \text{ cm}$) 状淤泥或淤泥质粉砂。质地均匀松散, 从上往下泥质增加, 逐渐变成灰黄色, 约 250 cm 处见 1 cm 厚的碳屑层, 辨状水流或片流相。

(5) $300 \sim 430 \text{ cm}$: 未见底, 灰色、黑灰色淤泥、粉砂质淤泥, 含大量植物残体, 根孔、虫孔发育, 局部见褐色碳质淤泥或泥炭 (透镜状), 从 $400 \sim 410 \text{ cm}$ 以下, 逐渐变为紫色砂质淤泥, 含大量小的钙结核, 根孔、虫孔和植物残体丰富, 典型泥沼相沉积。

2.2 孢粉分析

对九道沟下游剖面 (JDG) 的 31 块样品系统开展了孢粉分析研究, 样品在实验室处理后在显微镜下共鉴定统计到 12202 粒孢粉, 平均每个样品约 394 粒花粉, 这些花粉分属 51 个科属类型。孢粉的实验室分析处理方法为: ①取已碎、筛过样品置于耐高温坩埚内, 然后加入 HF 酸至反应完全, 而后加清水离心清洗至洗净为止; ②离心洗涤后的样品如果还含有铁、钙质, 就将样品转入烧杯中, 注入 36% 浓盐酸, 加热煮沸以清除氯化物。最后用清水洗涤至中性, 离心集中; ③然后根据镜下观察, 根据其中杂质多少, 决定是否需要再次氧化和重液悬浮 (王开发

等, 1988)。

2.3 粉浓度分析

孢粉浓度是指单位体积或者重量的沉积物中所包含的孢粉粒数 (王开发等, 1988)。试验样品分析过程中加入染色的石松孢子作指示花粉, 在样品鉴定的同时, 也统计出指示花粉数量, 然后按照下式计算孢粉浓度:

$$X = \frac{Nn}{N'G} \quad (1)$$

X —孢粉浓度 (粒/g); N —加入样品中的指示花粉数; N' —镜下统计的指示花粉数; n —镜下统计的化石孢粉数; G —分析所用样品重量 (杨振京, 2001)。根据以上公式计算得出孢粉浓度, 依据其样品深度做出总浓度曲线 (图 2)。

2.4 测年分析

采用 ^{14}C 和光释光测年方法对剖面 5 个样品进行了年代测定 (表 1), 然后采用内差法计算得出各深度地层的地质年龄。

3 孢粉组合特征

根据镜下孢粉鉴定统计结果, 选取木本植物花粉的松属 (*Pinus*)、云杉 (*Picea*)、冷杉 (*Abies*)、桦属 (*Betula*)、桤属 (*Alnus*)、麻黄 (*Ephedra*)、白刺 (*Nitraria*) 等, 以及草本植物花粉的禾本科 (*Gramineae*)、

表 1 疏勒河冲积扇绿洲 ^{14}C 和 OSL 测年数据

Table 1 ^{14}C and OSL dating results of Shule river alluvial fan oasis

样品号	埋深 /m	年龄 /a	备注
JDG01	1.1	3310 ± 100	^{14}C 测年
JDG02	1.95	5140 ± 770	OSL 测年
JDG03	2.85	6100 ± 520	OSL 测年
JDG04	3.3	5770 ± 120	^{14}C 测年
JDG05	4.1	10290 ± 120	^{14}C 测年

注: ^{14}C 测年由 中国地震局地质研究所地震动力学国家重点实验室尹金辉完成, OSL 测年由 中国地质科学院水文地质环境地质研究所释光实验室完成。

菊科 (*Compositae*) 蒿属 (*Artemisia*) 蒲公英型 (*Tara*) 紫菀型 (*Aster*) 大蓟型 (*Echi*) 荨麻 (*Urtica*) 莎草 (*Cyperaceae*) 伞形 (*Umbelliferae*) 蓼 (*Polygonum*) 香蒲 (*Typha*) 等 19 个科属类型, 按生态环境的相似性, 将云杉与冷杉、桦属与桤属、莎草与伞形和蓼、菊

① 刘少玉, 等. 2000. “疏勒河流域水资源开发利用及其地质环境研究”项目成果报告. 中国地质科学院水文地质环境地质研究所, 1~18.

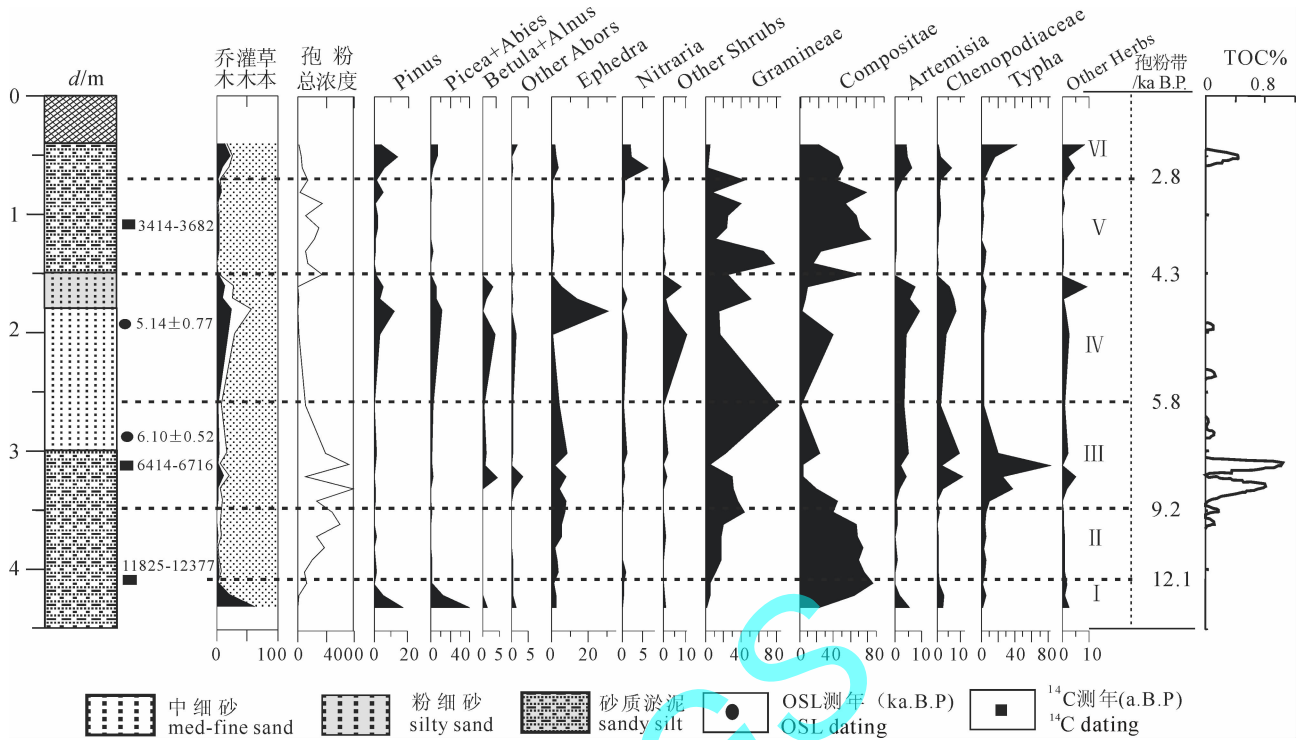


图 2 九道沟(JDG)剖面孢粉图示
Fig. 2 Pollen diagram of Jiudaogou profile

科等等合并,做出孢粉图示(图 2)。根据九道沟下游 JDG 剖面几种典型花粉类型图示(图 2)将本剖面划分为 6 个孢粉带,自下而上各孢粉组合带特征分述如下:

I 带:松-云杉-冷杉-菊科孢粉组合带(4.1~4.3 m):本带孢粉浓度低(14.3~98.7 粒/g),孢粉组合以草本植物花粉占优势为基本特征,为总数的 0~59.9%;乔木花粉次之,为 0~39.8%,灌木植物花粉仅为 0~2.5%。草本植物花粉主要为菊科(23.3%~87.2%),其次为禾本科,蒿、藜、香蒲含量较少。乔木植物花粉主要为云杉和冷杉,其含量达剖面之冠(39.8%),其次为松,个别时段亦有少量的桤、桦、柳等乔木树种出现。灌木植物花粉中麻黄最占优(2.1%~2.5%),白刺含量较少,其它灌木树种仅有很少量(0~0.3%)的存在。

II 带:菊科-禾本科-麻黄孢粉组合带(3.5~4.1 m)本带孢粉浓度较高(449.0~2975.9 粒/g),孢粉组合中草本植物花粉占绝对优势,为总数的 0~73.2%,灌木为 0~5.3%,乔木仅为 0~1.6%。草本植物花粉主要为菊科(39.5%~75.7%)和禾本科(11.4%~44.1%),其次为香蒲,还有少量的藜科、蒿属等;灌木以麻黄(1.9%~7.3%)为主,白

刺含量较少,荨麻仅在个别时段有少量出现;乔木中云杉和冷杉(0.3%~1.6%)占优势,但较前带明显减少,其次为松,榆在个别时段有少量发现。

III 带:禾本科-香蒲-菊科-麻黄孢粉组合带(2.6~3.5 m):本带孢粉丰富,植物种类繁多,孢粉浓度达剖面最大(546.6~3938.6 粒/g)。本带草本植物花粉占绝对优势,占到总数的 0~82%;灌木次之,为 0~8.3%,乔木仅占 0~3.8%。草本植物主要为禾本科(4.3%~82.1%),其次为香蒲和菊科(蒲公英属),其中香蒲含量在本段达剖面之冠(82%),粒径大于 40 μm 的禾本科植物花粉在本带上部有少量出现,含量为 0~0.3%;另外,草本植物还有少量的藜和蒿等等。灌木中麻黄含量(2.0%~8.3%)较高,白刺次之,胡颓子、蔷薇科、荨麻在个别时段有少量出现。乔木以云杉、冷杉为主,其次为松、桤木、桦在本带上部开始出现,含量较少,椴木、桦、柳、胡桃在个别时段也有少量出现。

IV 带:松-麻黄-禾本科-菊科孢粉组合带(1.5~2.6 m):本带孢粉丰富,植物种类繁多,但孢粉浓度较低(15.7~552.9 粒/g)。孢粉中以草本植物占优,为总数的 0~82.1%,乔木和灌木分别占 0~11.8%和 0~30.6%。草本植物花粉以禾本科

(15.3% ~ 50.6%) 和菊科(蒲公英属)(14.7% ~ 78.2%) 为主,其次是蒿属和藜科,大蓟、荨麻、紫菀含量较少,粒径大于 40 μm 的禾本科(0 ~ 0.8%)、十字花科、茄科、百合科在个别时段有少量出现。灌木以麻黄(0 ~ 30.6% 为主,白刺、荨麻含量较少,另外还有少量的虎而草、蔷薇科等等。乔木以云杉和冷杉(0 ~ 11.8%) 为主,其次为松,且松、云杉、冷杉、桦较前代有所增加,榆仅在个别时段有少量出现。

V带:禾本科—菊科孢粉组合带(0.7 ~ 1.5 m):本带孢粉组合单调,孢粉浓度较高(126.9 ~ 1728.9 粒/g)。孢粉组合特征是草本植物花粉占绝对优势,占总数的 0 ~ 78.2%;乔木次之,占 0 ~ 2.1%,灌木仅占 0 ~ 1.4%。草本菊科(蒲公英属)含量最高,亦达在该剖面上百分比含量之最大值(69.1%),禾本科次之,蒿、藜、大蓟香蒲等含量都很少,粒径大于 40 μm 的禾本科在本带个别时段亦有少量(0 ~ 0.1%) 出现。乔木以松(0.3% ~ 5.5%) 为主,其次为云杉和冷杉。灌木以麻黄(0 ~ 1.4%) 为主,白刺、荨麻含量极低(分别为 0 ~ 0.6% 和 0 ~ 0.7%)。

VI带:松—云杉—冷杉—菊科—香蒲孢粉组合带(0.4 ~ 0.7 m):本带孢粉丰富,孢粉浓度较大(75.7 ~ 676.6 粒/g)。草本植物花粉含量最高,占总数的 0 ~ 42%;乔木次之,为总数的 0 ~ 13.7%,灌木仅占 0 ~ 6.5%。草本植物花粉以菊科(蒲公英属)(13.5% ~ 25.1%) 为主,香蒲次之,还有少量禾本科、蒿、藜等和很少量粒径大于 40 μm 的禾本科(0.6% ~ 0.8%)。乔木花粉以松属(4.4% ~ 13.7%) 为主,其次为云杉、冷杉,栎、朴、椴、柳仅在个别时段有少量(0.3% ~ 0.5%) 出现。灌木中白刺含量(2.1% ~ 6.5%) 为最高,麻黄次之,荨麻、虎榛子、虎儿草仅在本段底部有所出现。

4 植被演替及古环境变化

在各种自然因素当中,要属植物对生存环境的反应最为敏锐,所以,通过认识植被的演变历史,能够了解到自然环境的诸多变化,尤其是气候的变化。而一定时代的孢粉组合代表了一定时代的特定植被类型,反应当时气候环境的整体特征。疏勒河下游剖面孢粉组合的纵向变化反映了本区全新世植被和气候的 6 个演替阶段:

第一阶段(12.1 ~ 13.1 kaB. P.) 以针叶林为主的针阔混交林—灌丛草原:此时期孢粉组合以草本

占优势为特征,木本植物花粉以针叶林为主,间有少量的阔叶林,反映了当时的植被状况可能是冲积扇周边地区的山前和低山上生长着松树林,林中生长着桦、桤木等落叶阔叶树种,较高的山上生长着云杉、冷杉;山前平原上生长着以禾本科为主的草原植被,河道两侧和沼泽地区生长着香蒲等湿生植物;但是本带孢粉浓度较低,故反映当时气候冷较湿,植被不很发育,这一结果与疏勒河下游安西古沼泽的分析结果有着较好的一致性(郑国章等,2006)。

第二阶段(9.2 ~ 12.1 kaB. P.) 灌丛草原:本阶段孢粉丰富,植物繁盛,孢粉浓度较大,林中针叶树种松、云杉数量减少,落叶阔叶树种桤木、桦属完全消失,而喜温凉的榆在个别时段出现,可能代表了一种温暖较干的气候。冲积扇绿洲上以蒿、藜、蒲公英、麻黄为主的灌木草原迅速发展,反映气温升高,但是降水量减少,植被生长适宜度降低。

第三阶段(5.8 ~ 9.2 kaB. P.) 疏林灌木草原:本阶段孢粉丰富,植物繁盛,孢粉浓度达剖面最大,TOC 含量达剖面最高(0 ~ 1.02%)。针叶树种松、云杉、冷杉数量增加,阔叶树种桤木、桦也同时有所增加;菊科的蒲公英属含量降低,但藜、蒿、麻黄等花粉数量增加,香蒲含量达剖面最高。反映当时的植被景观可能是冲积扇绿洲周边地区的山上生长着稀疏的针阔混交林,绿洲上生长着以禾本科为主的草原,草原上间生有麻黄等灌木植物,草原发育茂盛,气候温暖湿润。在 6.8 kaB. P. 地层中出现粒径大于 40 μm 的禾本科植物花粉,有可能反映当时人类在该地区开始农耕活动,历史上的仰韶文化也正是从 6.9 kaB. P. 左右开始崛起,并扩展到很大的区域。

第四阶段(4.3 ~ 5.8 kaB. P.) 以针叶树为主的针阔混交林—灌丛草原:本阶段孢粉丰富,TOC 含量较高(0 ~ 1.30%),乔木植物花粉百分比含量达剖面中的最大值,松和桦大量出现,为针阔混交林;乔木花粉以松占优,桦的数量较前带有所减少,反映当时冲积扇绿洲周边地区的山上海拔较高处形成以松为主的针叶林,针叶林线以下生长着以松为主的针阔混交林。草原面积有所减少,沼泽、河道面积减小。根据孢粉组合特征分析可推测,当时气温较前带有所升高,但降雨量减少,气候温较湿。在 4.5 kaB. P. 的地层中发现粒径大于 40 μm 的禾本科植物花粉,可能是对当时人类农业文明的一种反映。历史上在此期间,以陶瓷的发展为特点的马家窑文

化(5.3~4.2 kaB. P.)相应崛起,并且取代了之前的仰韶文化(吴永红,2006)。

第五阶段(2.8~4.3 kaB. P.)草原植被:该阶段孢粉浓度较大,孢粉种类较单调。乔木花粉松、云杉、冷杉及灌木花粉麻黄、白刺等数量都有所减少,草本的蒲公英数量剧增,湿生的香蒲数量却大量减少。反映当时气候转干,绿洲周边地区的山上云杉、冷杉数量减少,松的数量有所增加。冲积扇绿洲上的主要植被类型为禾本科、菊科,间生有蒿、藜科等草本,另外很少量的麻黄、白刺间生其中,气候温干。

第六阶段(2.3~2.8 kaB. P.)针叶林—灌木草原:本阶段孢粉浓度较高,孢粉丰富,植物种类多样,TOC含量达到剖面的又一个较高值(4.32%)。本带松和云杉、冷杉的数量均较前带有少量增加,但以云杉、冷杉增加更为突出为特征,反映当时云杉、冷杉为主形成的针叶林线下降,松林中间生榆、栎、椴等阔叶树种。山前平原地带麻黄、白刺等灌木树种增加,湿生的芦苇花粉进一步减少的同时水生植物香蒲含量却有所增加,表明当时气候凉较湿。自2.5 kaB. P.以来孢粉组合中粒径大于40 μm禾本科植物开始较多出现,这反映了春秋战国以来,当地居民的农耕活动有所加强。

5 结论与讨论

(1)孢粉组合特征清楚的显示出疏勒河冲积扇绿洲地区全新世以来古植被经历了6个大的发展演替阶段,依次是:以针叶林为主的针阔混交林—灌丛草原—灌丛草原—疏林灌木草原—以针叶树为主的针阔混交林—灌丛草原—草原植被—针叶林—灌木草原。

(2)与古植被发展演替相对应的古气候环境经历了:凉较湿→温干→暖湿→温较湿→温干→凉较湿6个演替阶段。

(3)9.2~4.3 kaB. P.时期,该地区气候总体上温和的,植被发育旺盛,这一结果与施雅风、孔昭宸的研究分析结果所反映的中国全新世大暖期(8.5~3.0 kaB. P.)在时间上具有较好的一致性(施雅风等,1992)。

(4)在距今6800 a的仰韶文化时期当地居民开始农耕活动,后来由于各种原因种农耕活动逐渐衰落,直到4500 a前的马家窑文化时期当地农业才又一度发展起来。春秋战国以来,该地区的农业得到较快发展,粒径大于40 μm的禾本科植物花粉出

现,表明人类农耕活动对于当地自然环境的影响日益显现。

致谢 孢粉鉴定由河北师范大学资源环境学院许清海教授和李月丛博士完成。童国榜研究员在数据的分析何处理方面给予了悉心指导,使我受益非浅。在此一并致谢!

参考文献

- 陈发虎,朱艳,李吉均,等. 2001. 民勤盆地湖泊沉积记录的全新世千年尺度季风变化. 科学通报, 46(17): 1414~1419.
- 费杰,周杰,安芷生. 2004. 历史文献记录的唐五代时期(618-959AD)气候冷暖变化. 海洋地质与第四纪地质, 24(2): 109~118.
- 何元庆,姚檀冻,沈永平,等. 2003. 冰芯与其它记录所揭示的中国全新世大暖期变化特征. 冰川冻土, 25(1): 11~18.
- 胡思辉,袁胜元,霍炬,等. 2006. 长江中游砂山的粒度特征及古气候环境意义. 地质科技情报, 25(1): 35~40.
- 李并成. 1998. 河西走廊汉唐古绿洲沙漠化的调查研究. 地理学报, 53(2): 106~114.
- 类延斌,张成君,尚华明,等. 2006. 青藏高原东北部希门错湖岩心粒度特征及其环境意义. 海洋地质与第四纪地质, 26(3): 31~38.
- 潘娅婷,袁玉江,喻树龙,等. 2007. 采用树轮图像分析法重建过去气候变化. 干旱区研究, 24(2): 255~260.
- 齐乌云,藤邦彦,穆桂金,等. 2003. 黑河尾间湖泊附近表层样品的孢粉分析及其环境指示意义. 水土保持研究, 10(14): 58~101.
- 施雅风,孔昭宸. 1992. 中国全新世大暖期气候与环境. 北京: 海洋出版社.
- 史兴民. 2005. 历史文献在全新地理环境变迁研究中的应用—以古气候研究为例. 咸阳师范学院学报, 20(6): 36~39.
- 谭明,侯煜峙,程海. 2002. 定量重建气候历史的石笋年层方法. 第四纪研究, 22(3): 209~219.
- 王萍,卢彦涛,丁国瑜,等. 2004. 甘肃疏勒河冲积扇发育特征及其对构造活动的响应. 第四纪研究, 24(1): 74~81.
- 王乃昂,李吉均,穆得芬,等. 1999. 河西走廊东段湖泊旋回及其古气候意义. 湖泊科学, 11(3): 225~230.
- 王乃昂,赵强,胡刚,等. 2002. 近2 ka河西走廊及毗邻地区沙漠化的过程及原因. 湖南师范学院学报(自然科学版), 15(3/4): 16~21.
- 吴永红,杨太保,于永涛,等. 2006. 河西走廊全新世气候变迁与古文化响应. 干旱区研究, 23(4): 650~653.
- 王开发,徐馨. 1988. 第四纪孢粉学. 贵阳: 贵州人民出版社.
- 杨振京,童国榜,刘志明,等. 2001. 银川盆地中更新世以来的孢粉组合与古环境变化. 地球学报, 22(4): 369~374.
- 杨根生,曲耀光,董光荣,等. 2005. 疏勒河下游生态保护研究. 中国沙漠, 25(4): 472~482.
- 赵强,王乃昂,程弘毅,等. 2003. 青土湖沉积物粒度特征及其古环境意义. 干旱区地理, 26(1): 1~5.
- 张美良,程海,林玉石,等. 2004. 桂林地区水南洞14~25万年石笋的碳氧同位素记录和古气候重建. 古地理学报, 6(1): 57~

68.

郑国璋, 岳乐平, 何军锋, 等. 2006. 疏勒河下游安西古沼泽全新世沉积物粒度特征及其古气候环境意义. 沉积学报, 24 (5): 733 ~ 739.

朱艳, 陈发虎, Madsen B D. 2001. 石羊河流域早全新世湖泊粉记录及其环境意义. 科学通报, 46 (19): 1596 ~ 1602.

References

Chen Fahu, Zhu Yan, Li Jijun, et al. 2001. The lake sediments in Minqin basin recoded the change of summer monsoon of millennium-hundred-scale during Holocene. Chinese Science Bulletin, 46 (17): 1414 ~ 1419 (in Chinese).

Fei Jie, Zhou Jie, AN Zhisheng. 2004. Temperature change in China over 618 ~ 959 AD: Base On Historical Records. Marine Geology & Quaternary Geology, 24 (2): 109 ~ 118 (in Chinese with English abstract).

Hu Sihui, Yuan Shengyuan, Huo Ju, et al. 2006. Grain Size Characteristics of Aeolian Sand-Dune at the Middle Reaches of the Yangtze River and Its Paleoclimatic and Environmental Significance. Geological Science and Technology Information, 25 (1): 35 ~ 40 (in Chinese with English abstract).

Li Bingcheng. 1998. An investigation and study on the desertification of the ancient in the Hexi Corridor. Acta Geographica Sinica, 53 (2): 106 ~ 114 (in Chinese with English abstract).

Lei Yanbin, Zhang Chengjiu, Shang Huaming, et al. 2006. The grain size characteristic of Ximencuo lake core in the north Tibet plateau and its environmental significance. Marine Geology & Quaternary Geology, 26 (3): 31 ~ 38 (in Chinese with English abstract).

Pan Yating, Yuan Yujiang, Yu Shulong, et al. 2007. Feasible Study on the Deduced Paleoclimate Change Using Image Analysis of Tree-ring from the Bortala River Basin. Arid Zone Research, 24 (2): 255 ~ 260 (in Chinese with English abstract).

Qi Wuyun, Kunihiro Endo, Mu Jingui, et al. 2003. Spore-pollen analysis of samples soil in vicinity of lakes, at the end of Heihe river and their environment indication. Research of Soil and Water Conservation, 10 (14): 58 ~ 101 (in Chinese with English abstract).

Shi Yafeng, Kong Zhaochen. 1992. Climate and environment during warm period of Holocene in China. Beijing: Ocean Publishing Company.

Shi Xingmin. 2005. Application of Historical Document in the Study of Holocene Geographical Environment Change-A case study of paleoclimate. Journal of Xianyang Normal University, 20(6): 36 ~ 39 (in Chinese with English abstract).

Tan Ming, Hou Juzhi, Cheng Hai. 2002. Methodology of Quantitatively reconstructing paleoclimate from annually laminated stalagmites.

Quaternary Sciences, 22 (3): 209 ~ 219 (in Chinese with English abstract).

Wang Ping, Lu Yanchou, Ding Guoyu, et al. 2004. Response of the development of the shule river alluvial fan to tectonic activity. Quaternary Sciences, 24 (1): 74 ~ 81 (in Chinese with English abstract).

Wang Naiang, Li Jijun, Mu Defen, et al. 1999. Lake cycle and Palaeoclimatic significance in eastern Hexi Corridor Journal of Lake Science, 11 (3): 225 ~ 230 (in Chinese with English abstract).

Wang Naiang, Zhao Qiang, Hu Gang, et al. 2002. Climatic and human factor for the desertification process in Hexi Corridor, China in the recent 2000 years. Journal of Normal University (Natural Science), 15 (3/4): 16 ~ 21 (in Chinese with English abstract).

Wu Yonghong, Yang Taibao, Yu Yongtao, et al. 2006. Holocene Climate Change and the Ancient Culture Response in Central Hexi Corridor. Arid Zone Research, 23 (4): 650 ~ 653 (in Chinese with English abstract).

Wang kaifa, Xu xin. 2001. Quaternary Palynology. Guiyang: People Publishing Company Of Guizhou.

Yang Zhengjing, Tong Guobang, Liu Zhengming, et al. 2001. Pollen Assemblages and Paleoenvironment Changes in Yinchuan basin since Mid-Pleistocene. Acta Geoscientia Sinica, 22 (4): 369 ~ 374 (in Chinese with English abstract).

Yang Gensheng, Qu Yaoguang, Dong Guangrong, et al. 2005. Study on ecology protection in lower reaches area of Shulehe river. Journal of Desert Research, 25 (4): 472 ~ 482 (in Chinese with English abstract).

Zhao Qiang, Wang Naiang, Cheng Hongyi, et al. 2003. Grain-size characteristics of Qingtu lake sediments and its palaeoenvironment explanation. Arid Land Geography, 26 (1): 1 ~ 5 (in Chinese with English abstract).

Zhang Meiliang, Cheng Hai, Lin Yushi, et al. 2004. Records of carbon and oxygen isotopes and palaeoclimate reconstruction from a stalagmite formed during 140 ~ 250 ka B. P. in Shuinan Cave, Guilin. Journal Of Palaeogeography, 6 (1): 57 ~ 68 (in Chinese with English abstract).

Zheng Guozhang, Yue Leping, He Junfeng, et al. 2006. Grain-size Characteristics of Sediments at Palaeo swamp in Anxi County in Down stream of Shulehe River during Holocene and Its Paleoclimatic Significance. Acta Sedimentologica Sinica, 24 (5): 733 ~ 739 (in Chinese with English abstract).

Zhu Yan, Chen Fahu, Madsen B D. 2001. The spore pollen recorded and its environment significance in Shiyanghe valley during the early of Holocene. Chinese Science Bulletin, 46 (19): 1596 ~ 1602 (in Chinese).