

黄土高原部分地区 180-73 万年间

孢粉植物群和环境演变初探

马玉贞 潘安定 李吉均

(兰州大学地理科学系,兰州 730000)

提 要

根据黄土高原3个剖面的孢粉资料及测年数据,恢复了本区180-73万年期间的植被面貌。在此基础上,结合中国和全球其它地区的孢粉、构造、地层、水系演化和火山活动等特征,将此期间植被、气候和环境的演化划分为3个主旋回,6个主要演化阶段,10个亚阶段和5个事件。初步认识到,该时间段的气候环境演化有较大波动,且这些变化不限于局部地区,而是区域性的,是多种因素(内外动力)作用的结果,且有规律可循。

关键词 孢粉组合 演化阶段 主旋回 事件

一、前 言

第四纪是地球环境演化史上最晚的一次重大寒冷时期,而与人类的发展关系十分密切。研究第四纪古环境及其变化规律,是进行未来中长期环境演变预测的主要依据,地层孢粉分析则是陆相第四纪古环境、古生态研究的主要手段。目前,全球有关第四纪孢粉学研究主要集中于晚更新世以来,尤以全新世环境演变研究最多,而早、中更新世的研究程度相对较低,文献报道较少。在年代测定困难、研究材料不易获取等条件的限制下,孢粉工作者还是做了一定的工作,如刘兰锁(1982)、刘淑秋等(1985)、刘东生(1985)、唐领余等(1988)、贾翠华等(1989)、刘敏等(1990)、沈振区等(1990)、降延梅(1991)、刘兰锁(1991)、刘光琇(1994)、童国榜(1994)等。

我国早更新世孢粉化石层比较复杂,加之很多剖面缺乏年龄资料,故所得孢粉资料难以对比。但总的来看,在240万年前后,资料普遍显示各地气候经历了一次变迁过程;从200万年前后到180万年左右,各地资料较为一致的反映为干冷或干凉气候;从180万年至73万年的层段中,因采样密度不同等原因,划带较粗,在恢复古环境、重建古气候的研究结果上也有较大差别。

青藏高原是环境演变的一个“放大器”(或“启动器”),黄土高原则是地球环境演变的最好“记录器”之一。故选择青藏高原与黄土高原交汇地带的甘肃临夏东山顶剖面 and 兰州

* 青藏高原攀登计划项目资助

烟洞沟黄土-古土壤剖面,进行了较密集地采样与孢粉分析,本文在此两剖面所获资料的基础上,结合前人在西安白鹿塬刘家坡黄土-古土壤剖面所获孢粉资料,探讨180万年至73万年期间的植被和环境演化规律,为恢复第四纪古气候与古环境,预测未来环境变迁提供科学依据。

二、孢粉组合特征

(一) 甘肃临夏东山顶剖面

甘肃临夏盆地位于青藏高原东北缘(约120°30'E-104°E,35°10'N-35°50'N),属山前拗陷,为暖温带半湿润地区。盆地内自渐新世晚期以来沉积连续,地层完整,剖面实测613m。其中第四系厚149.4m,上部为60m厚的风成黄土堆积,下部为77m厚的第四纪早期湖相沉积。该剖面采样间距一般为1-2m,年代划分主要依据古地磁测量结果和¹⁴C年龄测定。据孢粉浓度变化,木本植物和草本植物花粉比例,喜暖植物孢粉的出现率及中生草本植物与旱生植物花粉比例等数据,在该剖面180万年至70万年层段中共划分出11个孢粉组合带(图1)。

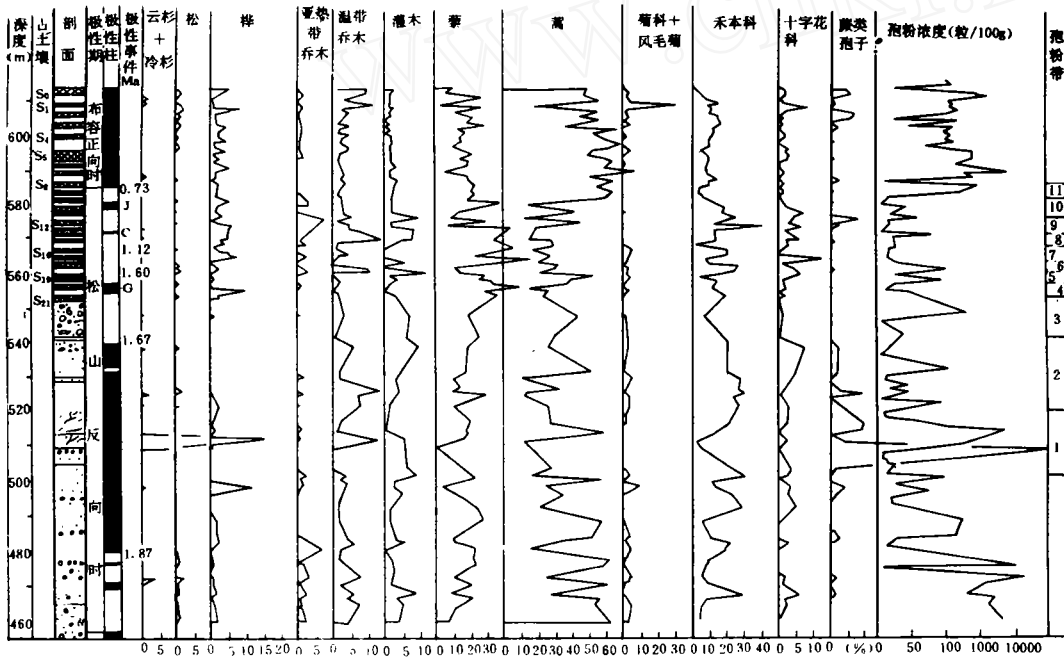


图1 临夏东山顶剖面第四纪孢粉图式

Fig.1 Quaternary Sporopollen chart from Dongshanding Section, Linxia

1. *Picea-Abies-Artemisia* 组合带(1.8-1.77Ma) 含大量云杉(*Picea*)、冷杉(*Abies*)花粉及水龙骨科(*Polypodiaceae*)、卷柏属(*Selaginella*)等蕨类植物孢子。植被类型为暗针叶林边

缘草甸,反映阴湿的沉积环境。

2. *Artemisia*-*Chenopodiaceae*-*Gramineae* 组合带(1.77-1.66Ma) 孢粉含量较低,组合中以草本花粉占优势,反映出以树木较少的草原环境为主。

3. *Chenopodiaceae*-*Artemisia*-*Gramineae* 组合带(1.66-1.60Ma) 孢粉组合中禾本科(*Gramineae*)、蒿属(*Artemisia*)和藜科(*Chenopodiaceae*)等草本花粉占绝对优势。特别是在1.65-1.60Ma时间段内,孢粉组合以藜科和蒿属花粉含量突然增高为特征,草本花粉含量达88.9-96.6%。

4. *Artemisia*-*Chenopodiaceae*-*Quercus* 组合带(1.60-1.50Ma) 孢粉组合中各类乔灌木花粉增加,喜暖树种时有出现,而藜科和蒿属等耐旱草本花粉有所减少。

5. *Chenopodiaceae*-*Artemisia*-*Gremiseae* 组合带(1.50-1.33Ma) 草本花粉含量再度增高,甚至可达97%以上,由各种旱生草本花粉占据统治地位,而乔、灌木极少。

6. *Chenopodiaceae*-*Artemisia*-*Ulmus* 组合带(1.33-1.20Ma) 组合中出现榆属(*Ulmus*)、槭属(*Acer*)、胡桃属(*Juglans*)、蔷薇科(*Rosaceae*)等多种乔木、灌木花粉,以及十字花科(*Cruciferae*)、眼子菜属(*Potamogeton*)和卫矛属(*Euonymus*)等中生、湿生草本花粉,反映了温暖湿润的环境特征。

7. *Artemisia*-*Gramineae*-*Chenopodiaceae* 组合带(1.20-1.12Ma) 各种旱生草本花粉含量居高不下,部分样品中草本花粉含量达极高值,而喜暖树种花粉绝迹。

8. *Betula*-*Artemisia*-*Chenopodiaceae* 组合带(1.12-1.0Ma) 花粉浓度较高,温带乔木分子含量增高,以桦属(*Betula*)和柳属(*Salix*)为主。

9. *Artemisia*-*Gramineae*-*Chenopodiaceae* 组合带(1.0-0.97Ma) 花粉浓度低,以草本植物为主,含少量温带乔、灌木花粉。

10. *Artemisia*-*Chenopodiaceae*-*Gramineae*-*Betula*-*Salix* 组合带(0.97-0.85Ma) 草本花粉含量相对偏低,有少量山核桃属(*Carya*)、胡桃属等喜暖树种花粉。

11. *Artemisia*-*Chenopodiaceae*-*Gramineae* 组合带(0.85-0.73Ma) 组合中草本花粉占绝对优势,同时喜暖乔木树种完全绝迹,仅有少量温带乔、灌木花粉。

(二) 兰州烟洞沟剖面

兰州盆地处于黄土高原西端(约35°50'N-37°N,103°E-104°E),现属温带半干旱地区范围,是李吉均提出的我国“季风三角”的枢纽位置(Li Jijun,1991),反映气候变化最为敏感。烟洞沟黄土剖面底部海拔1950m,总厚度约120m,由黄土-古土壤系列组成,年代划分主要依据古地磁测量结果。据孢粉浓度变化,木本植物和草本植物花粉比例、喜暖植物孢粉的出现率及中生草本植物与旱生草本植物花粉比例,在167万年至70万年期间共划分出9个孢粉组合带(图2)。

1. *Artemisia*-*Chenopodiaceae* 组合带(1.67-1.60Ma) 孢粉浓度低,种类较少,乔、灌木花粉少见。

2. *Chenopodiaceae*-*Artemisia*-*Betula*-*Salix* 组合带(1.60-1.47Ma) 孢粉种类丰富,组合中除较多的桦属、柳属和榆属等温带乔木树种之外,胡桃属、核桃属和栎属(*Quercus*)等暖温带乔木树种花粉时有出现,蔷薇科、豆科(*Leguminosae*)等灌木花粉也较常见。

3. *Artemisia*-*Gramineae* 组合带(1.47-1.42Ma) 孢粉贫乏,种类单调。

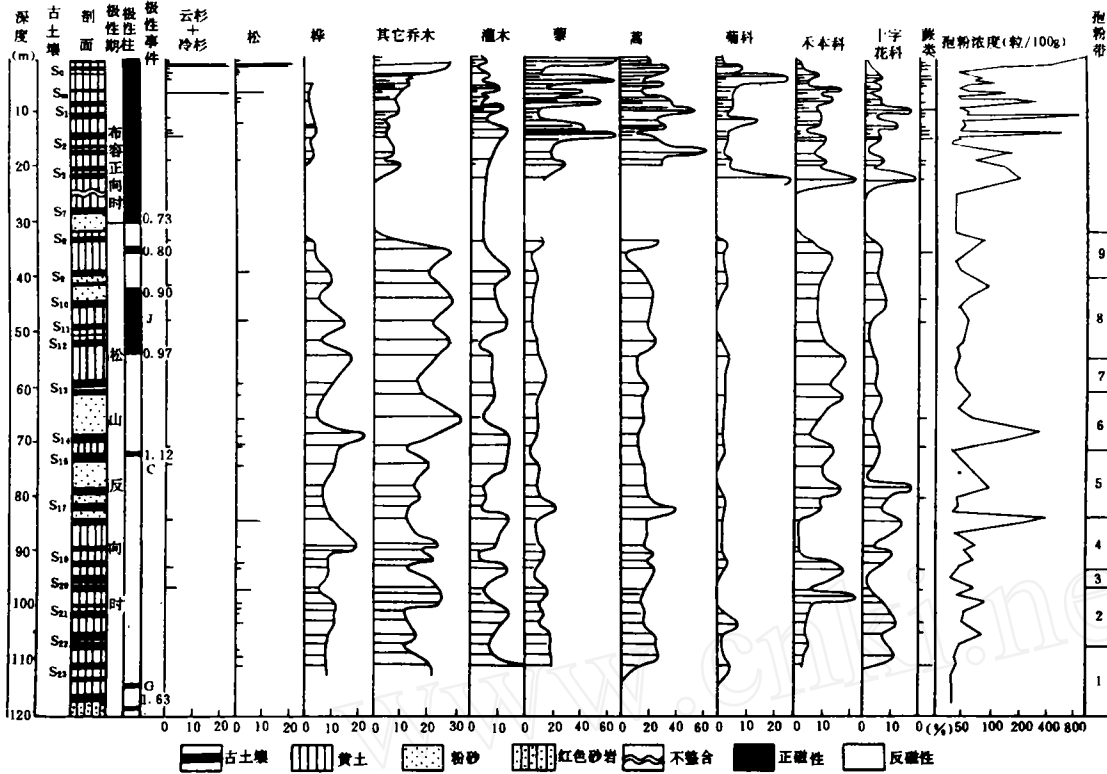


图2 兰州烟洞沟剖面孢粉图式

Fig.2 Sporopollen chart from Yandonggou, Lanzhou

4. *Artemisia-Betula-Salix-Chenopodiaceae* 组合带(1.42 - 1.2Ma) 组合特征与前述第1带相似, 乔、灌木花粉含量上升, 禾本科、十字花科、百合科(Liliaceae)和毛茛科(Ranunculaceae)等中生草本花粉含量也较多, 偶含湿生草本花粉。

5. *Artemisia-Chenopodiaceae-Gramineae* 组合带(1.2 - 1.12Ma) 草本花粉占统治地位。

6. *Artemisia-Gramineae-Rosaceae-Betula* 组合带(1.12 - 1.0Ma) 组合中乔、灌木花粉含量有所增加, 有桦属、柳属、栎属及多种温带乔木树种, 还有少量胡桃属、山核桃属花粉和蔷薇科等灌木花粉。

7. *Artemisia-Gramineae-Chenopodiaceae-Betula* 组合带(1.0 - 0.97Ma) 草本植物花粉多于前带, 尤其是早生草本植物蒿属、藜科等所占比重增大, 而前带常见的部分乔、灌木树种花粉则相对减少。

8. *Artemisia-Gramineae-Betula-Rosaceae-Salix* 组合带(0.97 - 0.85Ma) 乔木、灌木花粉的含量及种属在本带有所增加, 如桦属、柳属、榆属、栎属和蔷薇科等几乎出现于各样品中。禾本科、豆科和毛茛科等中生植物花粉也为常见分子, 本带草本花粉含量为全剖面最低阶段之一。

9. *Artemisia-Chenopodiaceae-Gramineae* 组合带(0.9 - 0.73Ma) 孢粉浓度偏低, 孢粉组

合以草本花粉含量增高为主要特征,木本植物花粉极少见。

三、陕西西安刘家坡剖面

刘家坡剖面位于秦岭北麓(105°50'E,34°50'E),海拔约 390m。赵景波(1984)、王永焱(1985,1987)、George Kukla(1987)等相继进行了多方面的研究。笔者据此通过对该剖面的孢粉组合、地层和年代等资料进行综合对比分析,归纳如图 3。根据草本植物及木本植物的种属特征及含量多寡,从 193-73 万年间划分出 6 个孢粉组合带如下:

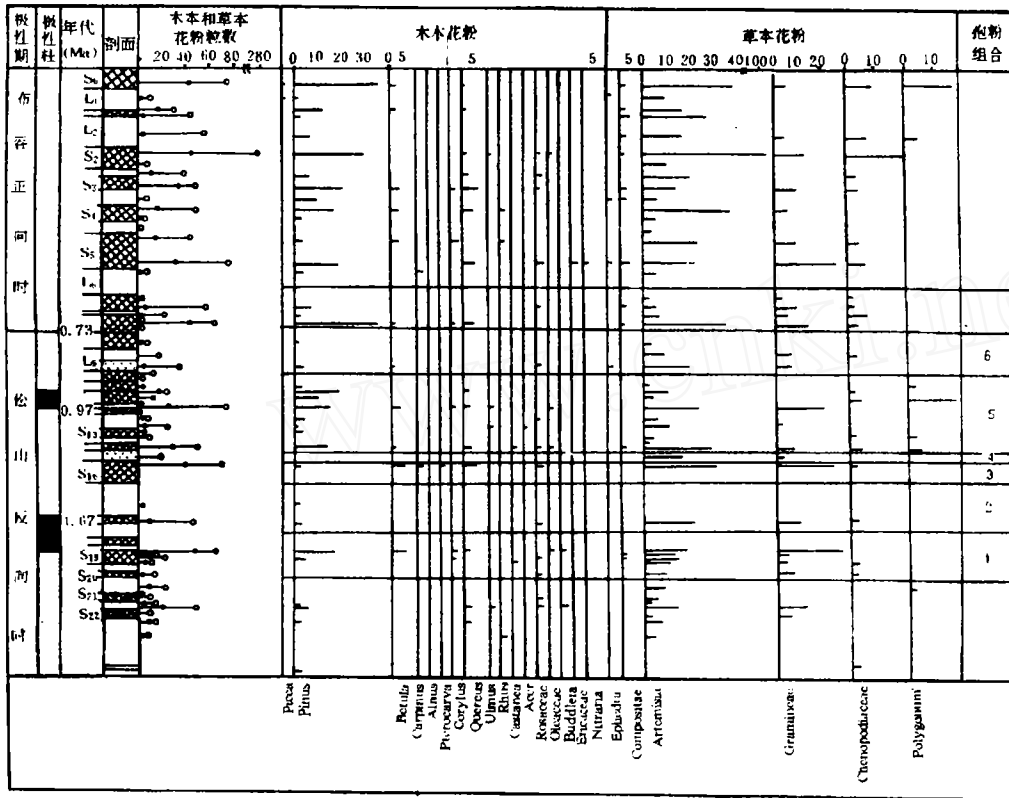


图 3 西安剖面孢粉类型和含量图

Fig.3 Types and quantity of pollen grains recovered in sequence at Xi'an

(据赵景波,1984;王永焱,1987;George Kukla, 1987 资料改编)

第 1 孢粉组合带(1.93-1.73Ma) 木本花粉占 42.3%,其中以松(*Pinus*)居首位,含少量桦属、栎、栗(*Castanea*),木樨科(*Oleaceae*)、柃属(*Fraxinus*)及榛(*Eorylus*)等,草本植物花粉占 55%,以禾本科和蒿属为主。植被类型为暖温带针叶-落叶阔叶混交林,气候温暖湿润。

第 2 孢粉组合带(1.73-1.36Ma) 孢粉较少。草本植物花粉占 82.7%,以蒿属为主,其次为禾本科和藜科等。木本植物少且以偏干旱成分为主。植被为草原-森林草原型,

气候温凉半干旱。

第3组合带(1.36-1.20Ma) 木本花粉占34.6%,以栎、榆和臭椿属(*Ailanthus*)为主,含少量鹅耳枥(*Carpinus*)和枫杨(*Pterocarya*)等。草本植物以蒿属、禾本科和藜科为主。该带不仅阔叶树花粉含量高,而且种属也较其它各带丰富,反映了阔叶林景观,气候暖湿。

第4组合带(1.20-1.13Ma) 孢粉少,木本植物花粉消失。草本植物花粉主要是蒿属及禾本科等花粉,为干旱草原植被,气候干冷风大。

第5组合带(1.13-0.83Ma) 孢粉丰富,草本与木本花粉含量接近或前者略多。草本以蒿属、禾本科和藜科为主。木本植物以松为主,伴生少量的栎、鹅耳枥,桤木(*Alnus*)及榆等,为针叶-阔叶混交林植被,气候温暖湿润,但在黄土层中木本及草本植物显著减少,气候为干燥。

第6组合带(0.83-0.73Ma) 孢粉少,草本植物花粉以蒿属、禾本科为主,有麻黄(*Ephedra*)出现。木本植物花粉仅有少量的松。植被为干旱草原型,且反映出风力加大,气候偏冷干。

四、讨论与认识

依据上述三个剖面的孢粉组合特征,初步可以看出黄土高原在180-73万年时间段内植被、气候和环境的演化有如下特点:

第一阶段(1.80-1.67Ma) 临夏地区这一层段中云杉和冷杉花粉所占的比例明显高于其它层位,其所反映的生态环境较现今湿润。西安刘家坡的孢粉组合也反映出(1.93-1.73Ma)阶段的植被为暖温带针叶-落叶阔叶混交林,气候温暖湿润。这种特征在其它地区也有反映。如云贵高原(童国榜,1994)在此时间段内的孢粉组合为 *Quercus-Castanopsis-Ulmus* 组合,反映气候温暖湿润。

第二阶段(1.67-1.40Ma) 包括临夏3-5孢粉组合带,兰州1-3孢粉组合带,西安第2孢粉组合带。其共同特征是孢粉浓度降低,草本花粉占优势,并以旱生草本和小灌木为主。在植被演化上明显表现出一次大的变化,反映出气候变得干冷。这种变化在其它地区也有反映,如云贵高原由前一阶段的阔叶林演变为以松、冷杉和水龙骨属(*Polypodium*)为主的针叶林,气候由温暖湿润演变为凉湿(童国榜,1994)。

1.67-1.43Ma是一个特殊的时期,除植被的明显变化外,在其它方面表现也很明显。如在临夏东山组地层之上形成一套河流相砾层(1.63-1.68Ma),代表黄河首次出现在临夏盆地中,并且排干了东山古湖之水(李吉均,1994);黄河现代水系也形成于1.67-1.45(1.43)Ma,且青藏运动C幕(1.67-1.43Ma,即新构造运动第3活化期)使黄河自临夏盆地内的“甘肃期准平面”下切,形成临夏大夏河最高级T₇阶地;临夏和兰州盆地首次出现黄土沉积地层;中国其它地区火山强烈喷发,古湖泊大部分消亡,现代水系格局诞生,冲积洪积泥石流堆积以及冰碛物十分发育(朱照宇等,1994)。孢粉植物群发生的演变正是这一历史性转折事件中的一个重要表现和记录。

该演化阶段在兰州和临夏地区又可分出3个亚阶段(Ⅱ₁,Ⅱ₂和Ⅱ₃)。Ⅱ₁(约1.67-1.60Ma)时间段孢粉浓度低,乔、灌木花粉少见,藜科和蒿属等草本花粉占绝对优势。Ⅱ₂(约1.60-1.50Ma)时间段,孢粉种类丰富,各类乔、灌木花粉增加,喜暖乔木时有出现,耐

旱草本减少。II₃(约 1.50-1.40Ma)时间段,孢粉贫乏,各种旱生草本花粉占主要地位。

朱照宇等(1994)认为在中国黄土区,第四纪气候的冷暖交替表现为沉积事件和成壤事件的更迭,从黄土-古土壤组合记录来看,2.5Ma 以来全球气候变化经历了 37 个旋回,从距今 1.60 到 0.8Ma 期间以 0.04Ma 的周期为主,且气候振荡频率大而振幅小。如此成立,则 1.67-1.43Ma 之间,气候变化至少有 6 个旋回,黄土-古土壤系列表现出了这种特征。在 1.50-1.40Ma 期间,河流下切能力加强,兰州盆地形成了黄河的 T₀ 阶地(潘保田, 1991),临夏盆地五泉砾岩褶皱变形和剥蚀,青藏高原及其附近地区发生了较为普遍的侵蚀作用,中国大陆火山喷发强烈,喷发地点达 6 个,超过了 1.67-1.64Ma 期间的地点数(4 个),古侵蚀面的记录和黄土沉积厚度等方面均表现出该期是一个事件。这也许说明在 1.67-1.40Ma 这个构造活化期有两个时间段最为激烈,即 1.67-1.64Ma 和 1.45-1.43Ma 时间段。在这两个时间段(事件发生期)植被贫乏,气候恶化;在构造运动较平稳期,植被发育,气候适宜。从上述证据来看,第二阶段的三个亚阶段可能具有普遍性。

第三阶段(约 1.40-1.20Ma) 前述三个剖面的孢粉组合中灌木和中湿生草本发育,均表现了一种在温暖湿润环境下的植被类型。云贵高原也表现出一种暖湿环境下的阔叶林植被类型。

第四阶段(约 1.20-1.12Ma) 孢粉少,木本植物花粉消失,为干旱草原植被,反映气候为干冷风大。这又是一次较大的事件发生期。经对兰州和临夏两剖面进行古地磁研究,均在该层测出一次反向极性事件,定为考伯(cobb)事件,时代应为 1.12Ma 前后(图 1, 2),据估算,这段低温期大概在 1.20-1.12Ma 期间。这一干冷期在华北平原中南部(童国榜, 1983)和黑龙江富拉尔基(刘敏等, 1990)地层孢粉中均有反映。在新构造运动方面主要表现为火山喷发和局部侵蚀面,活断层发育,为一构造活化期,但活动强度较小。在沉积方面表现为黄土沉积厚度较大,粒度较粗。

1.20-1.12Ma 期间的这一干冷阶段在全球均有表现,如在北美洲,Laurentian 冰盖甚至延伸到内布拉斯加(Nebraska),达北纬 41°N;在欧洲,冰盖延伸到 56°N。深海资料和古地磁事件也证明此期为一冷期(Zubakov, 1990)。

第五阶段(约 1.12-0.85Ma) 孢粉丰富,乔灌木花粉含量增加,并见有少量喜暖分子,为一暖期。该阶段的温暖性在全球其它地区也有表现。例如在北极地区,该阶段的气候比现在还要温暖;在荷兰与德国地区也均有这种特征;东欧和西西伯利亚的孢粉组合则为具有南亚特征的阔叶林植被类型(Zubakov, 1990)。

该阶段又可分为 3 个亚阶段, V₁ 和 V₃ 段基本相似,以多种乔灌木增加,喜暖分子时有出现和草本花粉含量降低为特征。V₂ 段(1.0-0.97Ma)则以孢粉浓度低、旱生草本植物增高为特征,说明在 1.0-0.97Ma 阶段有一次气候变化。古地磁加拉米洛(Jaramillo)事件(0.97-0.92)的发生也证明了这一点。在温暖的间冰期气候中出现短暂的干冷亚阶段,这在全球其它地区也有表现,如西北欧、地中海和前苏联等地区(Zubakov, 1990)。但在中国,限笔者所知,还没有其它方面的证据,这有待于进一步研究。

第六阶段(约 0.85-0.73Ma) 孢粉少,木本花粉零星出现,草本花粉占优势,反映出风力加大,气候偏干冷。在该期广泛发育了侵蚀面,火山喷发强烈;在黄土、河湖相地层中发育了许多断层和小褶曲。0.73Ma 为一重要的古地磁界线和若干事件的多发期,孢粉资料也佐证了这一点。

表1 黄土高原部分地区孢粉组合和气候演化表
Table 1 Sporopollen and Climate evolution on loess plateau

年代 Ma	孢粉组合			气候	亚阶段	主阶段	主旋回	事件
	甘肃临夏	甘肃兰州	陕西西安					
0.73	<i>Artemisia</i> - <i>Chenopodiaceae</i> - <i>Gramineae</i>	<i>Artemisia</i> - <i>Chenopodiaceae</i> - <i>Gramineae</i>	<i>Artemisia</i> - <i>Gramineae</i>	偏冷干	F	F		5
0.85	<i>Artemisia</i> - <i>Chenopodiaceae</i> - <i>Gramineae</i> - <i>Betula</i> - <i>Salix</i>	<i>Artemisia</i> - <i>Gramineae</i> - <i>Betula</i> - <i>Rosaceae</i> - <i>Salix</i>	<i>Pinus</i> - <i>Quercus</i> - <i>Artemisia</i> - <i>Gramineae</i>	较温暖湿润	E ₃	E	3	4
0.97	<i>Artemisia</i> - <i>Gramineae</i> - <i>Chenopodiaceae</i>	<i>Artemisia</i> - <i>Gramineae</i> - <i>Chenopodiaceae</i>		干冷	E ₂			
1.0	<i>Betula</i> - <i>Artemisia</i> - <i>Chenopodiaceae</i>	<i>Artemisia</i> - <i>Rosaceae</i> - <i>Betula</i>		较温暖湿润	E ₁			
1.12	<i>Artemisia</i> - <i>Gramineae</i> - <i>Chenopodiaceae</i>	<i>Artemisia</i> - <i>Chenopodiaceae</i> - <i>Gramineae</i>	<i>Artemisia</i> - <i>Gramineae</i>	干冷	D	D		3
1.2	<i>Chenopodiaceae</i> - <i>Artemisia</i> - <i>Ulmus</i>	<i>Artemisia</i> - <i>Betula</i> - <i>Salix</i> - <i>Chenopodiaceae</i>	<i>Quercus</i> - <i>Ulmus</i> - <i>Artemisia</i> - <i>Gramineae</i>	温暖湿润	C	C		2
1.33	<i>Chenopodiaceae</i> - <i>Artemisia</i> - <i>Gramineae</i>	<i>Artemisia</i> - <i>Gramineae</i>	<i>Artemisia</i> - <i>Gramineae</i> - <i>Chenopodiaceae</i>	干旱	B ₃	B	1	2
1.5	<i>Chenopodiaceae</i> - <i>Artemisia</i> - <i>Quercus</i>	<i>Chenopodiaceae</i> - <i>Artemisia</i> - <i>Betula</i> - <i>Salix</i>		较温暖湿润	B ₂			
1.6	<i>Artemisia</i> - <i>Chenopodiaceae</i> - <i>Gramineae</i>	<i>Artemisia</i> - <i>Chenopodiaceae</i>		干旱	B ₁			
1.66	<i>Artemisia</i> - <i>Chenopodiaceae</i> - <i>Gramineae</i>		<i>Pinus</i> - <i>Betula</i> - <i>Gramineae</i>	较温暖湿润	A	A		
1.77	<i>Picea</i> - <i>Abies</i> - <i>Artemisia</i>							
1.87								

综上所述,180-73 万年间孢粉植物群的变化反应出该时间段的气候和环境有较大波动(表1)。结合中国和全球其它地区的孢粉、构造、地层,水系演化和火山活动等特征,可将180-73 万年期间的植被和环境演变分为3 个主旋回,6 个主要演化阶段,10 个亚阶段和5 个事件(表1)。在每一个主旋回里孢粉植物群由含较多的温带乔灌木、少量暖温带分子、适量中生及早生草本所构成的植被类型演变为以旱生草本为主构成的干旱草原类型,气候由暖(温)湿演变干冷(凉),即包含一个暖(湿)期和一个冷(干)期。3 个主旋回的时代分别为:Ⅰ约1.80-1.40Ma;Ⅱ约1.40-1.12Ma;Ⅲ约1.12-0.73Ma。每一个主旋回的时间段约为0.40左右。这3 个主旋回可与全球变化相对比,具有普遍性和周期性。6 个主要演化阶段的时代分别为:A 约1.80-1.64Ma,暖(温)湿;B 约1.67-1.40Ma,干冷;C 约1.40-1.20Ma,暖(温)湿;D 约1.20-1.12Ma,干冷;E,1.12-0.85Ma,暖(温)湿;F 约0.85-0.73Ma,干冷。期中B 段又可三分,包括B₁,B₃ 2 个干冷期和B₂ 1 个暖湿期,其时代分别为1.67-1.60Ma,1.50-1.40Ma 和1.60-1.50Ma,在E 段中也可三分,包括2 个暖湿期(E₁,E₃)和1 个冷期E₂,其时代分别为1.12-1.0Ma,0.97-0.85Ma 和1.0-0.97Ma。每个阶段(亚阶段)的时间段大部分为0.1Ma 左右,但C 段延续时间较长,E₂ 段延续时间较短。另外在每一次植被类型发生转变,即干旱草原出现时,多出现古地磁事件、构造活动、火山喷发、沉积物性变化和水系演化等一系列现象或变化。笔者把植被转变为干旱草原类型和气候演化为干冷期视称为事件。据此,在1.80-0.73Ma 其间共判识

出 5 个事件。这也许说明气候变迁不限于个别地区,而是区域性的,是多种因素(内、外动力)作用的结果,且有规律可循。

参 考 文 献

- 王永焱、笹崎贞雄,1985:中国黄土研究的新进展,153-161页,陕西人民出版社。
- 王永焱,1987:中国黄土区第四纪古气候变化。中国科学(B辑),第10期,1009-1106页。
- 朱照宇、丁仲礼,1994:中国黄土高原第四纪古气候与新构造演化。44-95页,地质出版社。
- 李吉均、方小敏、朱俊杰等,1994:临夏盆地新生代地层古地磁年代与模式序列。青藏高原形成演化、环境变迁与生态系统研究,41-54页,科学出版社。
- 赵景波,1994:西安附近黄土层形成时期的古气候研究。西北大学学报,第4期,86-96页。
- 童国榜、张俊牌、羊向东等,1994:云贵高原晚新生代孢粉植物群与环境变迁。海洋地质与第四纪地质,第3期,91-104页。
- George Kukla, 1987: Loess stratigraphy in central China. Quaternary Science Reviews, vol 6. 191-219.
- Zubakov, V. A. & Borzenkova, I. I., 1990: Global palaeoclimate of the Late Cenozoic. pp. 201-212.

A PRELIMINARY STUDY ON POLYNOFLORA AND ENVIRONMENTAL EVOLUTION OF LOESS PLATEAU BETWEEN 1.8 Ma TO 0.73 Ma

Ma Yu-zhen, Pan An-ding and Li Ji-jun

(Department of Geography, Lanzhou University, Lanzhou 730000)

Key words sporopollen assemblage, evolution stages, cycle, event

The palaeovegetation during 1.80-0.73Ma has been reconstructed according to sporopollen data and dating results from the typical loess sections on the loess plateau (including the Yandonggou section in Lanzhou, the Xi'an and Linxia sections). The evolution of vegetation, climate and environment during 1.80-0.73Ma can be divided into 3 main cycles, which are 1.80-1.40, 1.40-1.12 and 1.12-0.73 Ma in age, based on results from other studies on sporopollen, tectonics, sedimentary stratigraphy, drainage system evolution and volcanic activities in China and the Northern Hemisphere. It can be further divided into 6 main evolution stages, which are 1.80-1.67, 1.67-1.40, 1.40-1.20, 1.20-1.12, 1.12-0.85 and 0.85-0.73 Ma. In addition, 10 substages and 5 events also can be distinguished. The processes of climatic and environmental changes show strong oscillations. A comparison between the data obtained from different places suggests that the environmental changes are of regional to global significance.