

# 秦安大地湾高分辨率全新世植被演变 与气候变迁初步研究<sup>\*</sup>

夏敦胜 马玉贞 陈发虎 王建民

(兰州大学地理科学系, 730000 兰州)

**摘 要** 主要根据孢粉分析结果, 并结合磁化率、碳酸钙恢复了陇西黄土高原地区全新世期间植被、气候的变化过程。结果表明全新世气候存在3个大的阶段, 全新世早期(11~ 7kaB. P.) 气候以寒冷为主要特点, 中全新世(7~ 3kaB. P.) 气候温暖湿润, 晚全新世(3~ 0kaB. P.) 气候以干旱为主要特征。研究区全新世大多数时期为草原植被, 仅在8.5~ 7.8kaB. P. 短期内形成针叶林植被, 全新世期间曾出现5次干旱事件, 它们具有大约2ka的准周期, 并具有一定的突发性。距今4.2ka前后曾出现洪水事件。

**关键词** 全新世 孢粉记录 植被与环境变化

**中图法分类号** Q911.6 P532

秦安大地湾剖面位于我国新石器文化典型地区秦安大地湾遗址附近, 前人对该地区文化序列的研究相对较为深入<sup>[1~ 5]</sup>, 也利用孢粉分析开展了环境演化研究<sup>[3~ 4]</sup>, 但系统性不够, 难以重建较详细的自然环境变化序列。本文选择工作基础较好, 厚达8.3m的秦安大地湾全新世黄土记录, 利用较高分辨率(10cm, 约100a)孢粉分析, 结合磁化率和CaCO<sub>3</sub>含量变化, 探讨分析全新世植被演替, 气候变化和强粉尘堆积事件。

## 1 研究区自然概况

研究区位于黄土高原西部地区, 海拔在1000~ 1500m之间, 区内河流切割强烈, 地貌以梁、峁、沟和壑为主, 沟、峁高差一般为50~ 100m, 大者甚至到400m。河流谷地内阶地分布广泛, 阶地面平坦, 成为风尘堆积的良好环境, 全新世沉积相对较厚, 提供了研究全新世植被演替的较好记录。该地区为半湿润半干旱气候, 干燥度1.4~ 1.8, 年平均温度9~ 10℃, 年降水量为450~ 500mm, 地带性土壤为黑垆土。由于长时期的农业耕垦, 自然植被已不复存在, 代之而起的是次生灌丛草甸植被<sup>[6]</sup>。在六盘山地带有桦(*Betula*)、杨(*Populus*)、辽东栎(*Quercus liaotungensis*)、华山松(*Pinus amandii*)林分布<sup>[7]</sup>。

## 2 剖面地层及年代

近年来, 对陇西黄土高原进行几次考察, 选取了数个较理想的全新世黄土剖面, 进行地层

<sup>\*</sup> 收稿日期: 1997-05-07.

夏敦胜, 26岁, 男, 硕士生

国家自然科学基金资助项目(49571065).

通讯联系人

划分与样品采集 秦安大地湾全新世剖面具有典型代表性,位于甘肃省秦安县五营河(又名清水河)南岸(N 35° 96', E 105° 82'),为五营河切出的天然剖面,出露厚度10.6m,其顶面为河流二级阶地面 整个剖面均有一定的成壤作用,根据发育程度划分出5层古土壤和相隔的黄土 剖面上部8.3m 部分,自下而上可划分为:

- (1) Lm, 深8.3~ 7.9m, 河漫滩相, 灰黄色, 粘土质粉砂
- (2) S0S5, 深7.9~ 7.4m, 河漫滩相, 淡黑色, 多虫孔, 团粒状结构
- (3) S0L 5, 深7.4~ 6.6m, 淡黄色, 粘土质粉砂, 偶见根虫孔
- (4) S0S4, 深6.6~ 6.1m, 色黑, 典型黑垆土, 富含有机质, 多根虫孔, 较醒目 该层中部(6.3m)有机<sup>14</sup>C 测年为 $8\ 010 \pm 100$  aB. P. .
- (5) S0L 4, 深6.1~ 5.5m, 河漫滩相, 浅黄色, 较坚硬, 有一些根虫孔
- (6) S0S3, 深5.5~ 4.1m, 深褐色, 有机质含量极高, 团粒状结构, 多虫孔, 该层中部(5m)有机<sup>14</sup>C 测年为 $6\ 185 \pm 130$  aB. P. .
- (7) S0L 3, 深4.1~ 3.4m, 灰黄色, 偶见根虫孔, 已脱离水环境
- (8) S0S2, 深3.4~ 2.4m, 黑色, 有机质含量较高, 属于黑垆土型古土壤 该层中部(2.9m)有机<sup>14</sup>C 测年为 $3\ 310 \pm 100$  aB. P. .
- (9) S0L 2, 深2.4~ 1.6m, 浅灰色, 质地松软, 为典型黄土
- (10) S0S1, 深1.6~ 1.2m, 灰黑色, 成土作用较弱, 团粒状结构, 偶见陶片 该层中部(1.3m)有机<sup>14</sup>C 测年为 $2\ 230 \pm 60$  aB. P. .
- (11) S0L 1, 深1.2~ 0.6m, 浅黄色黄土, 偶见砾石
- (12) Sm, 深0.6m 至表面, 为耕作层, 富含植物根系, 疏松多孔

该工作剖面有机碳测年可与前人对该地区其它剖面的测年<sup>[1-4]</sup>(图1)进行对比, 结果较为吻合 例如莫多闻等(1996)对相对应的 S0S3和 S0S4有机<sup>14</sup>C 测年为 $5\ 720 \pm 90$  aB. P. 和 $8\ 155 \pm 70$  aB. P. , 与我们的测年基本相同, 证明我们测年资料可靠 用线性内插及外延法求得每一测点和主要土壤层的大致年龄, S0S1形成于2~ 2.4 kaB. P. , S0S2形成于3.0~ 4 kaB. P. , S0S3形成于5~ 7 ka, S0S4形成于7.8~ 8.5 ka, S0S5形成于9.7~ 10.5 ka

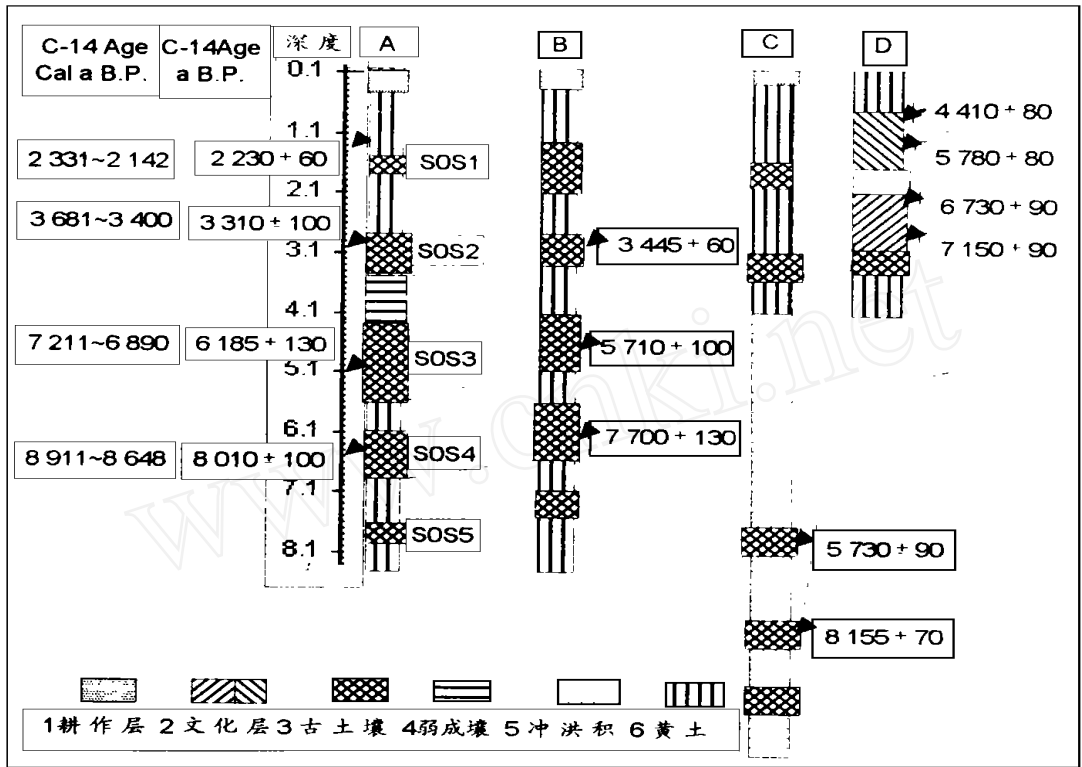
### 3 实验方法

孢粉分析样品间隔为10 cm, 共83块样 孢粉样品处理采用氢氟酸法 分析结果证明绝大多数样品富含孢粉颗粒 除个别样品外, 每一样品统计4张盖玻片(盖片22mm × 22mm), 统计数多在200粒以上 共统计出孢粉15 552粒, 分属45个科属 主要孢粉成分变化见图2 此外, 还分析了10 cm 间隔的CaCO<sub>3</sub>含量和磁化率变化

### 4 孢粉分析结果

根据孢粉图谱, 可明显地划分为3个带, 12个亚带, 如图2

I 带: 深8.3~ 5.7m, 年龄大致介于11~ 7 kaB. P. 本带孢粉组合特点为孢粉浓度较低 木本植物与草本植物百分含量比变化波动性较大 在木本植物中针叶林树含量占优势, 草本植物



(B-据王建力等, 1993; C-据莫多闻等, 1996; D-据黄春长 1991)

图1 大地湾全新世黄土—古土壤序列及与前人工作剖面对比

section B is based on Wang et al (1993), section C is based on Mo et al (1997), while section D is based on Huang (1991)

Fig 1 Loess-paleosol sequence from Dadwan section of Holocene

中以蒿 (*A r t e m i s i a*)、菊 (*C o m p o s i t a e*) 和豆 (*L e g u m i n o s a e*) 等为主, 本带可进一步划分为5个亚带

I-1: 深8.3~ 7.9m (11~ 10.5kaB. P.), 对应于Lm, 本亚带孢粉浓度较低(30~ 58粒/g), 木本植物(12.5%~ 27.3%)中以桦 (*B e t u l a*) 和栎 (*Q u e r c u s*) 为主, 松 (*P i n u s*) 等针叶树较少. 草本植物(66.7%~ 81.3%) 蒿、菊和豆占优势, 还含有少量唐松草 (*T h a l i c t r u m*)、茄 (*S o l a n a c e a e*) 和蓼 (*P o l y g o n u m*) 等

I-2: 深7.9~ 7.5m (10.5~ 9.7kaB. P.), 对应于SOS5 本亚带孢粉浓度急剧增加(102~ 164粒/g), 木本植物(14.3%~ 20.3%) 中松和云杉 (*P i c e a*) 占优势, 有少量栗 (*C a s t a n e a*) 出现, 草本植物的(77.4%~ 79.6%) 中菊的含量已接近蒿, 还出现少量蓼、毛茛 (*R a n u n c u l u s*) 和藜 (*C h e n o p o d i u m*).

I-3: 深7.5~ 6.7m (9.7~ 8.5kaB. P.), 对应于SOL5 本亚带孢粉浓度变得较低(26~ 63粒/g). 但木本植物高达65.2%, 其中尤以松、云杉和冷杉 (*A b i e s*) 等针叶树占优势. 草本植物(34.8%~ 78.8%) 中蒿、菊和藜占优势, 有少量香蒲 (*T y p h a*) 出现

I-4: 深6.7~ 6.0m (8.5~ 7.6kaB. P.), 对应于SOS4 本亚带孢粉浓度快速增至200粒/

克左右,木本植物(30.9% ~ 79.2%)中松、云杉和冷杉含量占优势,桦、栎和柳(*Salix*)含量略有增加,同时含有少量椴(*Tilia*)、栗草本植物(19.4% ~ 89.4%)中仍以蒿、菊和豆为主,含有一定量的藜、车前草(*Plantago*)和唐松草,有少量香蒲出现

I-5: 深6.0 ~ 5.7m (7.6~ 7kaB. P.), 对应于 SOL4 本亚带孢粉浓度迅速减少(26~ 54粒/g), 木本植物(20.3% ~ 30.4%)中以针叶树种占优势,并含有一定量栎和桦等阔叶树种,柳和栗逐渐消失草本植物(59.3% ~ 79.7%)中以蒿和豆占优势,还含有大量菊、藜、唐松草和车前草等

II 带: 深5.7 ~ 2.5m, 约7~ 3kaB. P. 本带孢粉浓度较高,木本植物含量较为稳定(13.7% ~ 33.9%),以落叶阔叶树为主,草本植物(66.1% ~ 85.3%)始终占优势,菊的含量已超过蒿的含量,形成以菊、豆和蒿为主的植被景观 本带上部有大量水生植物出现 根据孢粉组合特点可划分为三个亚带

II-1: 深5.7 ~ 4.2m (7 ~ 5kaB. P.), 对应于 S0S3 本亚带孢粉浓度从低于62粒/克波动式增加至235粒/g 木本植物(10.9% ~ 32.4%)中以栎和桦等落叶阔叶树为主

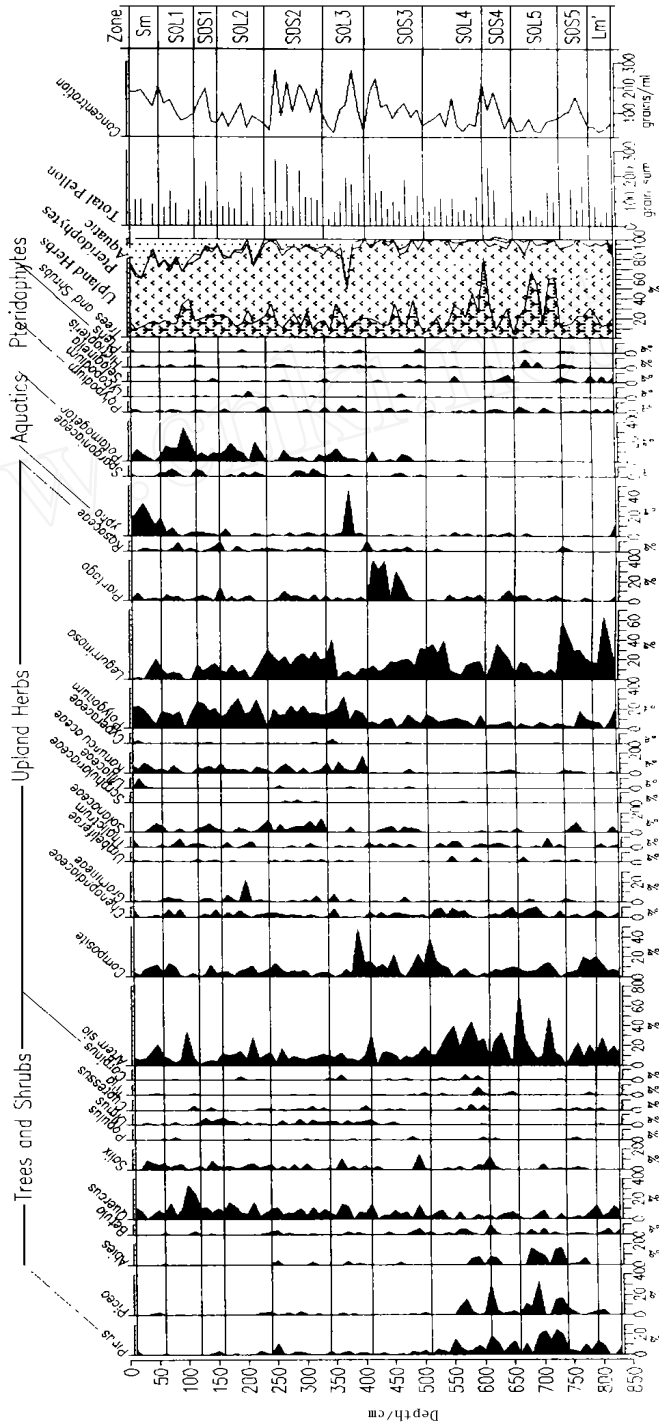


Fig. 2: Pollen percentage diagram from Dadawan in Qin'an

图2: 秦安大地湾剖面主要孢粉成分变化

Fig. 2: Pollen-spore percentage diagram from Dadawan in Qin'an

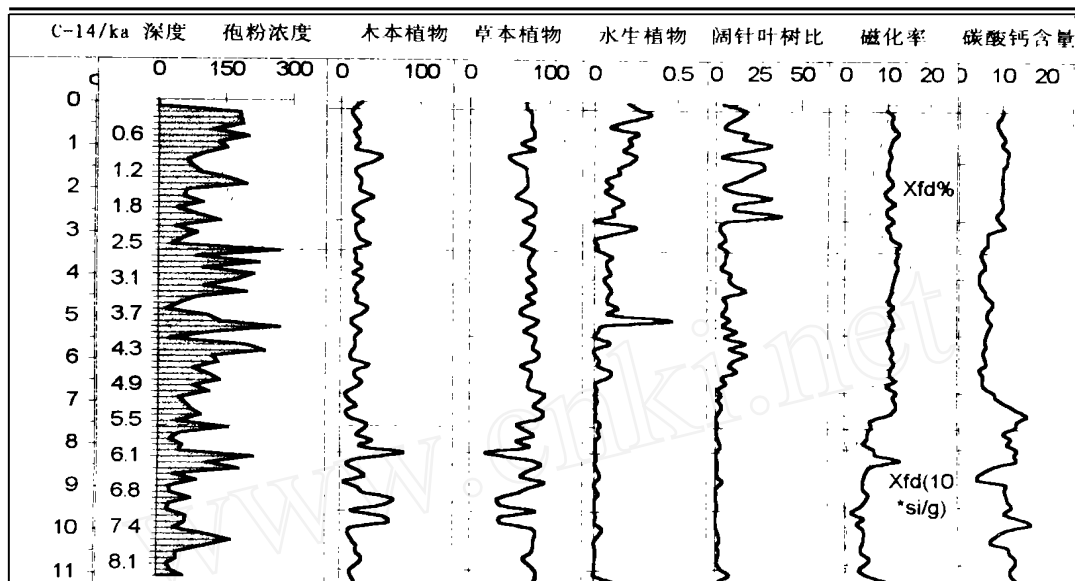


图3 秦安大地湾全新世黄土剖面孢粉图谱、磁化率及碳酸钙含量图

Fig 3 Correlation of Pollen-spore concentration with magnetic susceptibility and  $\text{CaCO}_3$  concentration from Dadawan section in Qin'an

草本植物(59.3%~87.5%)中菊、蒿和豆占优势,其中蒿和豆逐渐减少,菊逐渐增加。含有一定量的藜、唐松草、禾本科(Gramineae)、百合和蔷薇(Rosaceae)等。本亚带中部含有少量榆(*Ulmus*)和柳,上部含有大量栗和车前草,同时含一些茄科植物。

II-2: 深4.2~3.5m(5~4kaB.P.),对应于SOL3。本亚带孢粉浓度最显著的特点为“两谷夹一峰”,从约25~268~46粒/g,波动剧烈。木本植物(13.7%~33.9%)中以栎、柳和榆为主,同时含有一定量的松、冷杉、桦、柏(Cupressaceae)和杨(*Populus*)。草本植物(66.1%~85.3%)中蒿、藜、豆和茄占优势,伴生车前草、蔷薇和毛茛,水生植物快速增加,大约在4.2kaB.P.前后出现香蒲等水生植物含量的极大值。

II-3: 深3.5~2.5m(4~3kaB.P.),对应SOS2。本亚带孢粉浓度较高(101~268粒/g)。木本植物(15.5%~21.4%)以栎和榆为主,同时含一些柳、柏和松。草本植物(70.9%~81.8%)中藜、豆和蒿占优势,有一定量的蔷薇、茄、毛茛和伞形科出现,且香蒲、眼子菜(Potamogetonaceae)、黑三棱(Sparganiaceae)等水生植物大量出现。

III带: 深2.5~0.6m(3~1.0kaB.P.),本带孢粉浓度较低(29~153粒/g),有一定波动。木本植物(14.9%~41.7%)中以栎和柳等落叶乔木为主。草本植物(55%~82.1%)中水生植物含量稳定,以藜、眼子菜、蒿为主,根据孢粉组合可分为三个亚带。

III-1: 深2.5~1.6m(3~2.4kaB.P.),对应SOL2。本亚带孢粉浓度较低(39~136粒/g),木本植物(14.9%~40.3%)中以栎、榆和柳为主,还含有一些松、柏和栗。草本植物(57.1%~82.1%)中,蒿、菊和藜占优势,以眼子菜为主的水生植物明显增加。

III-2: 深1.6~1.2m(2.4~2kaB.P.),对应SOS1。本亚带孢粉浓度达200粒/g,木本植物(17.9%~24.7%)中以榆、柳和栎为主,同时含一些松和柏。草本植物(约70%)中藜和豆占优

势, 蒿、菊和藜次之 水生植物以眼子菜和香蒲为主

III-3: 深1.2~0.6m (2~1.0kaB. P.), 对应 SOL 1. 本亚带孢粉浓度逐渐增高到200粒/g, 上部略有减少. 木本植物(16.4%~41.7%)以栎和柳为主, 同时含少量杨、榆、柏和栗等. 草本植物含量波动较大, 蒿、菊和藜占优势, 上部眼子菜等水生植物含量可达10%以上

IV带: 深0.6m至地表, 年龄大约1.0kaB. P. 至今. 本带为地表土, 深受现代耕作影响, 孢粉浓度在185粒/g左右, 木本植物(约20%)以栎和柳为主, 还含有一些榆和冷杉. 草本植物(约70%)中蒿和菊含量迅速减少, 以香蒲为主的水生植物占主导地位

## 5 植被演替与气候变化

### 5.1 全新世植被与气候演化阶段

特定的自然地理环境分布着特定的植物区系, 特定的植物区系通过花粉雨产生特定的孢粉组合. 前人做了许多现代表土花粉与植被关系的工作<sup>[8-10]</sup>, 据孢粉分析结果, 结合磁化率、碳酸钙含量曲线和剖面土壤序列得出: 研究区全新世植被和气候变化存在着3个明显阶段

第一阶段(11~7kaB. P.): 孢粉浓度整体较低, 植被稀疏, 针叶树成分可达50%以上, 其中云杉含量最高, 而阔叶树成分含量较低. 指示气候相当寒冷. 同时, 这一时期菊蒿含量较高, 几乎不含水生植物, 而野外考察发现当时大地湾位于高河漫滩, 指示较干旱的气候状态. 因而, 整体而言, 早全新世气候不但相对寒冷, 而且也较干旱. 这一时段, 有两段植被生长较好时期, 孢粉浓度形成两个小峰, 剖面上发育河漫滩相古土壤, 而且CaCO<sub>3</sub>产生一定淋失. 前期为10.5~9.7kaB. P., 植被中木本成分(主要为针叶林成分)含量较低, 草本植物占主导因素. 在相对寒冷的气候条件下, 草本植物大量生长, 指示气候相对变暖. 这一时期我国西北地区为全新世的第一次古土壤发育时期, 青海湖岸有相应的古土壤发育<sup>[11]</sup>, 说明大地湾剖面记录有普遍意义. 晚期为8.5~7.8kaB. P., 其早期草本植物含量较高, 而晚期木本成分高达60%, 孢粉浓度较高, 孢粉组合中出现栗和椴等喜暖植物, 说明这一时期晚期有针叶林形成, 但持续时间较短. 这与莫多闻等(1996)在该地区所做工作结果基本一致. 此时期柴达木察汗盐湖出现淡化沉积层<sup>[12]</sup>, 青海湖<sup>[13]</sup>和岱海出现高水位<sup>[7]</sup>.

第二阶段(7~3kaB. P.): 这一阶段孢粉浓度相对较高, 草木植物种类繁多, 孢粉组合中阔叶树成分显著增加, 已在木本植物中占优势, 阔叶树与针叶树含量比值( $w/v$ )出现峰值, 指示这一阶段植被生长良好, 气候相对温暖湿润, 这一阶段频率磁化率出现明显的峰值, 指示成土作用强, 这与野外观察相一致. 整体较低的CaCO<sub>3</sub>含量, 说明这一阶段土壤发育时期淋溶作用强烈, 与较高的降水有关. 温暖湿润的气候组合与前人报道的全新世最宜期相吻合. 秦安大地湾剖面记录的气候最宜期气候仍存在次一级波动. 由距今7ka到约4.9ka间, 孢粉浓度波动升高(图3), 说明温湿程度在增加, 特别值得指出的是, 约在距今5.2ka前后孢粉组合中出现较高含量的栗属花粉, 说明当时气温远较今日温暖. 此外, 在距今5~4.0ka(SOL 3)期间, 阔叶树成分显著降低, 也几乎不含针叶树成分, 孢粉组合中以草本藜和蒿为主, 整体而言, 指示了相对干旱气候状况. 这一干旱事件在我国北方有较广泛反映<sup>[15-16]</sup>. 但在距今约4.2ka前后, 孢粉浓度出现高峰, 孢粉组合中香蒲等水生植物浓度高达40%, 香蒲生长需要有稳定的水体, 说明当时五营河水量丰沛, 最大可能起因于较高的降水量. 施少华(1993)曾报道过这一阶段的洪水事件. 我们调查中发现, 陇西黄土高原黄河水系曾在4ka前后普遍存在洪水沉积, 因此相对干旱

的5~4.0期间,至少在研究区气候突变性较大。在4~3kaB. P. 期间,较高的孢粉含量,平缓的高磁化率值及较低碳酸钙含量都说明该时期仍为稳定的高温高湿期。

第三阶段(3kaB. P. 至今):此时质量磁化率值明显较中期(7~3kaB. P.)逐渐降低,碳酸钙含量逐渐升高,说明成壤作用减弱,剖面上表现为两层风成黄土(SOL 2, SOL 1)堆积,且堆积速率在增加,指示气候整体趋于干旱,这一时期孢粉浓度较低,植被生长稀疏,亦说明气候相对变得更干旱,主要介于距今3.0~2.5ka的堆积时期,与传统的新冰期相对应,如我国的雪当冰进<sup>[16]</sup>。随后,孢粉浓度波动式升高与质量磁化率变化趋势相吻合。这一时期,在SOS1形成时期孢粉浓度形成小峰,时期上与我国秦汉温暖时期相吻合。近一千年来(对应于S0Sm)较高的孢粉浓度可能与人类耕作有关。

然而该阶段孢粉组合与孢粉浓度和剖面成壤发育所指示的气候意义相反,这一时期,阔叶树成分含量有升高的趋势,孢粉组合中几乎不含针叶树成分,同时水生植物亦显著升高,似乎指示出气候温暖湿润,这种孢粉组合可能记录了一种局地的生物环境条件。大地湾剖面位于五营河岸边,在大地湾处形成半圆形牛轭凹面,河水积聚于河流弯处,形成积水环境。据调查,这一积水湖沼环境在近代才被围垦为农田。因此,孢粉组合中的水生成分指示了这一积水环境的演化历史。湿润的湖沼岸边为阔叶树生长提供了良好条件,孢粉组合中缺少针叶树成分也说明近3.0ka以来气候干旱是大范围的。山地针叶树林带范围在减少,因而通过空气传播的针叶树花粉在减少,这时期的 $w/N$ 指示失真或只反映局地环境。

## 5.2 全新世气候事件

研究区位于我国半干旱半湿润地带,降水量多寡及分布形式直接影响着植物生长,全新世以来共有5次相对成壤作用较强的时期,剖面上表现为SOS1, SOS2到SOS5的发育时期,它们的孢粉浓度均较高,表明植被生长良好。相反, SOL 1, SOL 2至 SOL 5黄土沉积时期植被发育较差,孢粉浓度出现低谷,是气候相对干旱的产物,现有的研究表明,位于现今间冰期的全新世相对于末次冰期而言,气候不但温暖而且湿润<sup>[11~16]</sup>。风尘沉积频率在降低,幅度在减小。然而,大地湾剖面黄土层的出现,说明全新世气候也存在周期性的干旱事件, SOL 1约形成于距今2.0~1.0ka, SOL 2形成于3~2.4kaB. P., SOL 3形成于5.0~4.0kaB. P., SOL 4形成于7.6~7.0kaB. P., SOL 5形成于9.7~8.5kaB. P.,大约具有2000a准周期变化。这些周期性的干旱事件可能与准2000a太阳活动<sup>[17]</sup>相联系,现有的<sup>14</sup>C测年精度还无法确认这些干旱事件发生在太阳活动强或弱时期,或是太阳活动通过进入地球系统能量变化,影响大气环流变化,进而引起蒙古高压的周期性增强而导致我国冬季风的增强。近来研究发现,古里雅冰芯也记录到2000a准周期变化<sup>[18]</sup>。

全新世气候干湿变化除具有周期性外,还表现出从干旱阶段向湿润阶段过渡是逐步的,表现在孢粉浓度在古土壤发育阶段逐步升高。例如全新世最宜期发育的SOS2和SOS3相反,由湿润阶段向干旱阶段的转化具有一定的突发性,表现在花粉浓度急剧减少。这一特征类似我国现代冬夏季风的变化,夏季风由南向北逐步推进,而冬季风则以寒潮形式暴发,快速影响我国广大地区。其次,在距今4900~3900a间的干旱时期,中部出现极高成分的水生植物花粉,孢粉浓度出现较高峰,大地湾同一层位许多地点出现洪水堆积痕迹。说明短期内可能存在气候不稳定,出现强降雨时段导致洪水发展。距今约前后的洪水事件曾有普遍报道<sup>[19]</sup>,进一步证明大地湾剖面记录了一种大范围的气候环境变化。

## 6 结论

综上所述本研究有下列3点结论:

(1)全新世气候存在三个大的阶段,早全新世(距今11 000~ 7 000 a)气候以寒冷为主要特点,孢粉组合中针叶树花粉含量较高,中全新世(距今7 000~ 3 000 a)气候整体温暖湿润,晚全新世(距今3 000 a 以来)气候干旱为主要特征

(2)除8.5~ 7.8 kaB. P. 短时期发育针叶林植被外,研究区不曾发育森林植被,全新世植被的变化主要反映在草原植被中草本植物组合方式的变化,晚全新世出现的高水生植物和阔叶树花粉含量仅指示局地生景的变化

(3)全新世曾出现5次较强的干旱事件,它们具有大约2 000 a 准周期,干旱气候的发生具有突发性,距今4 200 ka 前后曾出现洪水事件,当时气候可能具有一定的不稳定性

致谢:中科院兰州冰川所刘光琇副研究员在本项研究中给予了悉心指导

## 参 考 文 献

- 1 陈发虎,张维信 甘肃地区的黄土层学与第四纪冰川问题 北京:科学出版社,1993 139~ 149
- 2 王建力,陈发虎,曹继秀 陇西黄土高原新石器文化与环境演变的可能联系 兰州大学学报(自然科学版),1993,29(4): 284~ 290
- 3 黄春长 甘肃秦安大地湾遗址植被与气候变迁 地理科学,1991,11(4): 328~ 335
- 4 莫多闻,李非,李水成等 甘肃葫芦河流域中全新世环境演化及对人类活动的影响 地理学报,1996,51(1): 59~ 69
- 5 安志敏 中国西部的新石器时代 考古,1987(2): 133~ 151
- 6 中国科学院植物研究所 中国植物区划(初稿).北京:科学出版社,1960 549~ 557
- 7 施雅风,孔昭辰 中国全新世大暖期气候与环境 北京:海洋出版社,1992 1~ 47
- 8 孙湘君,吴玉书 长白山针叶混交林的现代花粉雨 植物学报,1988,30(5): 549~ 557
- 9 刘光琇 神农架大九湖表土孢粉分析 西北植物学报,1990,10(3): 170~ 175
- 10 阎顺,许英勤 新疆阿勒泰地区表土孢粉组合 干旱区研究,1989(1): 26~ 33
- 11 陈发虎,汪世兰,张维信等 青海湖南岸全新世黄土剖面、气候信息及湖面升降探讨 地理科学,1991,11(1): 76~ 85
- 12 杜乃秋,孔昭辰 青海柴达木盆地察尔汗盐湖的孢粉组合及其在地理和植物学的意义 植物学报,1983,25(3): 275~ 281
- 13 孔昭辰,杜乃秋,山发寿等 青海湖全新世植被演变与气候变迁—QH85—14孔孢粉数值分析 海洋地质与第四纪地质,1990,10(6): 79~ 89
- 14 宋长青,王臻瑜,孙湘君 内蒙古大青山DJ 钻孔全新世古植被变化指示 植物学报,1996,38(7): 568~ 575
- 15 汪世兰,陈发虎,曹继秀 兰州河谷盆地近1万年的孢粉组合及气候变迁 冰川冻土,1991,13(4): 307~ 314
- 16 李吉均,冯兆东 横断山脉第四纪冰川遗迹 兰州大学学报丛刊,1984,61~ 72
- 17 Stuiver M, Braziunas F. Atmospheric  $^{14}\text{C}$  and century-scale solar oscillations. Nature, 1989, 338, 405~ 408
- 18 Thompson L G, Yao T, Davis M E, *et al*. Tropical climate instability: the last glacial cycle from a Qinghai-Tibetan ice core. Science, 1997, 276: 1821~ 1825



19 施少华 全新世高温期环境变化对太湖流域新石器变化的影响 湖泊科学, 1993, 5(2): 13~ 143

## High-resolution Record of Vegetation and Climate Variations in Longxi Loess Plateau During Holocene

*Xia Dunsheng Ma Yuzhen Chen Fahu Wang Jiamin*

(Department of Geography, Lanzhou University, 730000, Lanzhou, China)

**Abstract** A spore-pollen and sediment record of a 8.2m-long loess section from Dadawan (N 35° 76' N, 105° 82' E) in Longxi Loess Plateau, Northwest China, suggests several episodes of major vegetation and climate change over the past 11ka. (1) Holocene climate can be divided into three major stages. In early-Holocene from 11 to 7ka B. P., the low concentration of spore-pollen and high percentage of conifer and *Artemisia* and *Compositae* indicated that the climate was cold and arid. But during this stage, two periods (10.5~9.7 ka B. P. and 8.5~7.6 ka B. P.) with relatively high spore-pollen concentration and magnetic susceptibility value reflected a warm and wet climate. In middle Holocene between 7ka B. P. and 3ka B. P., high concentration of spore-pollen, the abundance of herbs and the rapid increase of deciduous broad-leaved taxa pointed to a warm and wet climate. In late-Holocene from 3ka B. P. to present, the  $\text{CaCO}_3$  concentrations were high, and the magnetic susceptibility value and the spore-pollen concentration were low, suggesting a more arid climate. (2) During the Holocene, the main vegetation of the studied area was prairie. However from 8.5 ka B. P. to 7.8 ka B. P. Conifer and deciduous broad-leaved taxa reached their highest percentage (60%) with the forests covering the area. (3) Our studies show that five arid events with cycle of 2000 a were documented during the Holocene. At about 4.2 ka B. P. the high value of *Aquatic* including *Typha*, *Sparganiaceae* and *Potamogeton* indicated that a flood event occurred and the climate was unstable at that time.

**Key words** Holocene spore-pollen record vegetation-environment change