

# 毛乌素沙地南缘全新世自然环境\*

黄 赐 璇

(中国科学院 地理研究所)  
国家计划委员会

**提 要:** 根据毛乌素沙地南缘柳树湾剖面的孢粉分析, 结合岩性、 $^{14}\text{C}$ 测定等资料, 揭示该地全新世植物群落的演替, 讨论自然环境的变迁。

**主题词:** 毛乌素沙地 全新世 环境变迁

毛乌素沙地是当前研究我国干旱地区环境变迁及研究沙漠化问题的一个关注点。有关沙地的起源与流沙迁移的论述众多, 概括其主要观点有二: 一为毛乌素沙地是人为因素形成的, 即沙地原是灌木草原或草原的环境, 唐、宋以来一千多年内, 或说近一百多年内由于战争、不合理开垦和过度放牧等原因造成沙地; 另一则认为毛乌素沙地是自然因素的产物, 早在汉代以前(距今约二千年前), 沙地已经产生, 人为因素只是与沙地的剧烈变化有关系<sup>[1]</sup>。本文通过毛乌素沙地南缘柳树湾全新世沉积剖面的孢粉分析, 阐明当地全新世植物群的历史, 讨论气候和环境的变化, 认为沙地的形成是自然发展规律, 人为因素只是后期加剧沙地发展的一个方面。

柳树湾剖面位于陕北靖边城北约25km的海则滩乡柳树湾村, 黄河支流无定河的上游——红柳河流经, 地理座标北纬 $37^{\circ}46'$ , 东经 $108^{\circ}50'$ , 地处毛乌素沙地南部沙地向黄土高原过渡的狭长地带, 海拔高程约1300m。毛乌素沙地地质构造属鄂尔多斯台向斜, 在中生代基岩(以疏松砂岩为主)和新生代红土层所构成的古地形上覆盖大量第四纪的冲积、湖积和风积的沙质沉积物, 包括深厚的黄土, 在经过侵蚀、剥蚀后形成的黄土梁状丘陵地形上, 又经沙积, 形成波状起伏的砂地, 沙丘高3—5m, 丘间和滩地上广布有泥炭(沙炭)层及常见过的黑垆土层, 气候干燥多风, 风大, 以西北风为主, 干燥度1.6—2, 年平均气温 $7.6-8.6^{\circ}\text{C}$ , 年温差

大。年降水量仅300—450mm, 南部为400—450mm, 集中于7—9月。所属地带性植被为温带旱生性草原, 以禾本科、豆科、莎草科植物为主, 菊科、藜科、百合科及其它杂类草

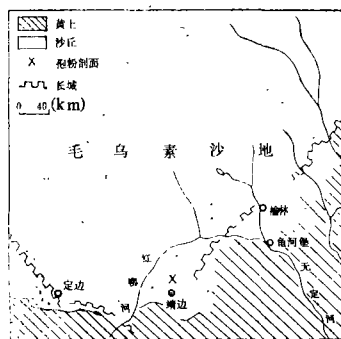


图1 孢粉剖面位置图

Simple map of the pollen profile

本文1989年1月12日收到, 1991年1月8日收到修改稿。

\* 本所陈永宗、景可先生提供孢粉样品及剖面的岩性资料, 梁玉莲完成实验室化学处理样品工作, 样品的 $^{14}\text{C}$ 数据是由北京师范大学地理系 $^{14}\text{C}$ 实验室测定, 在此一并致谢。

也占重要地位，但由于沙层的堆积，本地区地带性植物及天然植被极少，沙生植物占主要地位，广泛分布有沙蒿、沙柳、乌柳、沙米、沙竹、苦参及大叶针茅，滩地和河川地有盐生和水生植物分布〔2、3〕。

## 一、柳树湾剖面的孢粉组合及地质时代

### (一) 沉积剖面的描述及孢粉组合特征

柳树湾剖面出露於丘间河湾处一级阶地上，根据野外观察分析，此处可能原来是一个湖，后为沙与黄土沉积所填，最后又被河流切割。剖面可见厚度6.24m，未见底，自下而上可分5层：

1. 6.24—4.38m，厚1.86m，灰白、灰黑色、黄绿色，细砂夹黑色砂炭，含淡水螺化石，共采样3块，位于4.76m处的样品经 $^{14}\text{C}$ 测定，绝对年龄 $11280 \pm 160$ 年。

2. 4.38—2.28m，厚2.10m，黑色、褐黑色沙炭，采样7块，位于3.33m处样品经 $^{14}\text{C}$ 测定，绝对年龄 $5260 \pm 95$ 年。

3. 2.28—0.58m，厚1.7m，沙与黄土状土，采样1块。

4. 0.58—0.50m，厚0.08m，灰黑色沙炭，采样1块。

5. 0.50—0m，近代风沙，未采样。（图2）

共分析样品12块，获得孢粉化石1620粒，鉴定有35个科或属。以温带草本植物花粉最多，其中蒿属和藜科花粉占主要地位，最多时占组合总数60—70%，另有莎草科、菊科、苋科、藜科、龙胆科、伞形科、禾本科和水生植物香蒲属、眼子菜属、泽泻属、狐尾藻属花粉；灌木植物花粉有麻黄属、沙棘属、酸刺属、蔷薇属、胡枝子属；乔木植物花粉较少，主要有松属、云杉属、冷杉属、柳属、桦属、檉木属、栎属等花粉，除松属有时占较高比例，其余均不超过总数的1—3%；蕨类植物仅见1粒铁线蕨孢子。

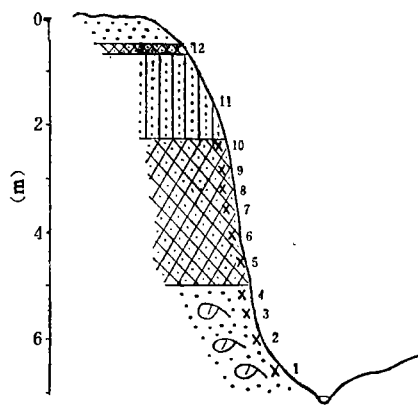
根据孢粉组合在剖面的变化绘制出孢粉图式（图3），并可划分出4个孢粉组合带。

#### I带：Artemisia-Pinus-Ephedra带

相当于剖面第1层，蒿属花粉占20—60%，松属花粉变幅较大，占7—46%，麻黄属花粉约10%，藜科花粉平均不到10%，水生植物花粉在10%以下，柳属和桦属花粉约占1—3%，有个别栎和檉木属花粉。沉积物的 $^{14}\text{C}$ 测年为 $11280 \pm 160$ 年。

#### II带：Artemisia-Pinus-Cyperaceae带

相当于剖面第2层，仍以蒿属花粉呈优势，占30—70%，松属花粉保持10—33%，莎草科花粉出现，由少至多，最高达到12%，然后又逐渐减少，栎属花粉略有增加，占1—3%，麻黄属花粉下降，水生植物花粉由多渐少至消失。本带上部藜科花粉有增加的趋势，沉积物的 $^{14}\text{C}$ 测年为 $5260 \pm 95$ 年。



X 1—12 采样编号和位置,其余同图4

图2 柳树湾地质剖面 and 采样示意图  
Map of the sampling sites and geological section at Liushuwan

Ⅲ带: *Chenopodiaceae-Artemisia* 带  
相当于剖面第3层, 藜科植物花粉持续增长, 达到剖面的高峰, 最高占总数62%, 蒿属花粉占28%, 有少量麻黄属和酸刺属花粉, 伴有龙胆科、伞形科和蓼科花粉。

Ⅳ带: *Artemisia—Chenopodiaceae*带  
相当剖面第4层, 花粉很少, 主要是蒿属, 其次为藜科花粉。

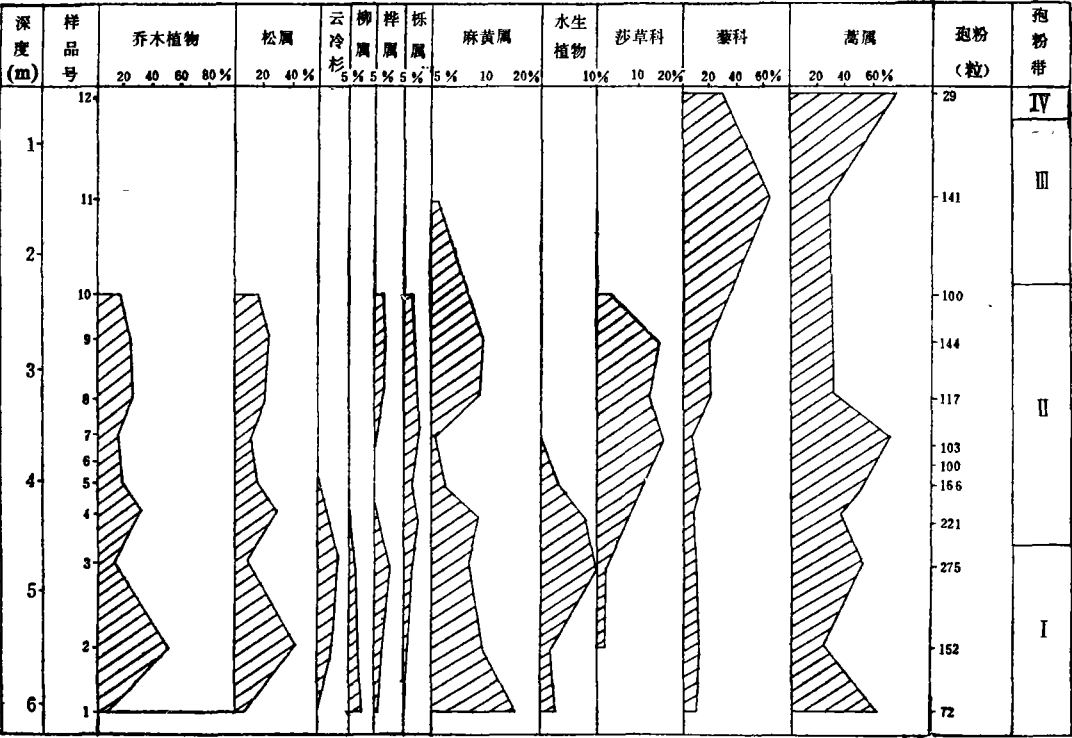


图 3 柳树湾全新世沉积物的孢粉图式  
Pollen diagram in the sediments of Holocene in Liushuwan

(二) 柳树湾剖面的沉积时代

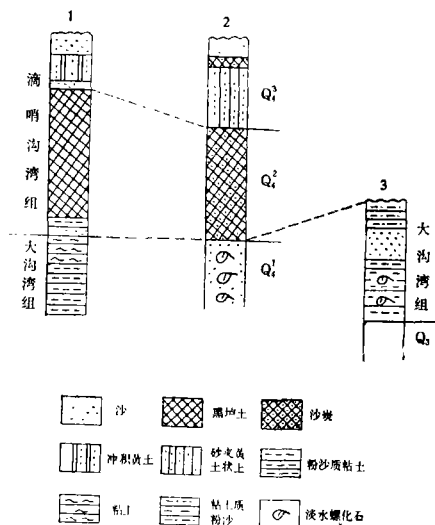
根据沉积物的岩性、孢粉组合特征、<sup>14</sup>C 测年数据等资料, 并与其它邻近地的剖面对比, 作如下讨论。

在鄂尔多斯高原东南洼地, 普遍有全新统地层出露, 包括无定河及其支流萨拉乌苏河 (即红柳河)、海流兔河等河谷两岸的河湖相地层, 以萨拉乌苏河地区最具代表性, 综合其全新统地层, 可分为上、下两组: 下部为大沟湾组, 由湖沼相的锈黄色细砂、灰白、灰绿至灰黑色粘土质粉砂和粘土组成, 厚 2—3 m; 上部滴哨沟湾组, 依次为湖沼相的锈黄色细砂、灰绿色粘土质粉砂、沙质黑垆土、风成沙、冲积黄土与现代风成沙, 厚 2—10m〔4〕。全新统下部的大沟湾组在萨拉乌苏河左岸滴哨沟湾附近出露十分清楚, 包括该层沉积物在内及其以下厚六、七十米早已为裴文中等学者作过研究, 被确定为华北晚更新统标准地层, 袁宝印

又把全剖面（厚72m）分为12层，1—10层为更新统，11—12层为全新统，即大沟湾组，对其岩性描述如下：第11层粉砂质粘土，灰绿、灰白色，含大量平卷螺、塔螺化石，个别地段含碳质，呈黑色，属湖相和湖沼相沉积，厚1.5m；第12层粉砂、粘土质粉砂，灰黄色，河流相沉积，厚1.5m。第11层的岩性在许多剖面中都能见到，这一层构成大部分地区高原面，可以被认作标志层〔5〕。位于同一流域的柳树湾剖面具有与上述相同的特征，底层厚1.86m，为灰白、灰黑、黄绿色细砂，夹黑色砂炭，含淡水螺化石，与上述第11层标志层非常相似，并与鄂尔多斯高原东南洼地综合剖面下部沉积物相对应，即大沟湾组；柳树湾剖面上部厚4m多的沉积物则与综合剖面上部沉积序列相对应，依次为黑、褐黑色沙炭（相应于综合剖面的沙质黑垆土）、沙与黄土状土（冲积黄土）、近代风沙，即相当滴哨沟湾组。柳树湾剖面沉积物既具有全新统底层标志层，又有与全新统综合剖面一致的沉积序列，因而可以被确定为全新统沉积。（见图4）

据袁宝印研究的剖面孢粉分析，1—5层为晚更新世中期，气候温和适宜；6—10层属晚更新世晚期，气候干冷，植被主要为蒿属、藜科、禾本科、麻黄属、个别松、桦、柳，呈温带或寒温带干草原或稀树草原，靠上部阔叶树减少至消失；第11层又出现阔叶树，并有草本植物和水生植物，反映气候由干冷转为较暖湿、具有全新世早期气候好转的特点〔5〕。柳树湾剖面底层（孢粉I带）孢粉表明，当时植被也有阔叶树、草本植物和水生植物，其中也含有蒿属、藜科、禾本科、麻黄属、松、桦、柳等晚更新世的植被成分，似乎柳树湾底层沉积时期的植物群既继承了晚更新世植物群，又反映了气候转暖湿的特点。

陕北高原常见到的全新统沉积是由黑垆土与上覆黄土状土所组成，王永炎等（1984年）认为黑垆土中的花粉反映草本植物为主（蒿属最多），有少量木本植物松、榆，属凉湿的气候和草原环境，上覆盖黄土状土所含孢粉反映的植物与现代植物相似，气候温旱，榆林梁峁顶层是由黑垆土、沙层和现代沙组成，孢粉分析结果说明气候也是由温凉偏湿向干旱转化<sup>1)</sup>。柳树湾剖面的中、下部同样是以蒿属为主，有一些松、柳、桦、栎；上部是藜、蒿



1. 鄂尔多斯东南洼地综合剖面（据董光荣等，1985年）

2. 柳树湾剖面

3. 萨拉乌苏河左岸滴哨沟湾附近剖面（据袁宝印，1978年）

图4 红柳河流域全新统地层柱状剖面对比图

Comparison of columnar section  
of Holocene strata in the  
Hongliu river basin

1) 王永炎等，中国黄土区第四纪气候的变化，全国黄土会议论文摘要，1984。

为主的小灌木草本,反映气候由湿润转为干旱,与上述孢粉分析结论一致。此外,根据广泛的对黑垆土的年龄测定应是在距今11000—3000年之间(中国科学院地球化学研究所 $^{14}\text{C}$ 研究室,1984年),柳树湾剖面中部有测年数据 $5268 \pm 95$ 年,下部有测年数据 $11280 \pm 160$ 年,大致与黑垆土同期。因此从剖面的岩性、孢粉组合特征和 $^{14}\text{C}$ 测年结果来看,都说明柳树湾剖面属于全新统地层。

## 二、植物群的演替与自然环境的变化

毛乌素沙地南缘全新世植物群的演替及自然环境的变化可分3个时期来讨论。

全新世早期(距今13000—9000年)。相应于孢粉Ⅰ带,沉积剖面第1层, $^{14}\text{C}$ 测年 $11280 \pm 160$ 年。植被为疏树草原,以蒿属为建群种的草原发展,丘陵或台地上有块状分布的松树林或松桦混合林,湖泊中水生植物和淡水螺较繁盛,岸边长有柳、檉木,丘间低洼处盐碱性的土壤适宜于藜科和麻黄属生长。气候总的来说属比较干旱的温带气候,但对全新世时期而言,则相对较湿凉,年降水量约500mm。

在早期沉积的花粉中,有1—1.5%的云杉、冷杉花粉,可能是来自较远的山地,云杉、冷杉植物主要分布在海拔较高的山地,而毛乌素沙地地势平缓,不具备云杉、冷杉生长条件,云杉、冷杉的花粉除主要降落在分布区内,也有少量可以搬运到较远的地区,如云杉花粉可搬运300—500km,甚至1450km处降落<sup>[6]</sup>,已有的孢粉分析资料说明,我国北方,例如东北北部低海拔山地,在晚更新世晚期普遍发育以云杉、冷杉为主的暗针叶林,至全新世早期,由于,气候转暖暗针叶林退缩至高海拔山地,仅有少些云杉、冷杉残留于低山<sup>[7]</sup>。柳树湾以北不到400km,便是内蒙古的阴山山脉,全新世早期这里可以生长云杉、冷杉,属于阴山山脉的大青山,在1900m以上现今仍有云杉林生长,该地又盛行西北风,全新世早期生长在阴山的云杉、冷杉,它们的花粉完全可能有少量随风迁至柳树湾附近降落,这也说明早期的气候在较大范围内都是比较凉湿的。

全新世中期(距今9000—4000年),相应于孢粉Ⅱ带,沉积剖面第2层, $^{14}\text{C}$ 测年 $5260 \pm 95$ 年。植被仍以蒿属为主的疏树草原,初期湖泊水生植物仍较多,后来逐渐减少,至大约距今5000年时消失,随之莎草科植物发展,再后是藜科渐渐增多。全新世中期,乔木的组成有变化,松属和桦属减少,栎属略有增加,植被近似于现今甘肃东部和陕西北部黄土高原上的暖温带森林草原和灌木草原区,虽然气候仍较干旱,但降水量略有增加,年降水约500—550mm,年平均气温约 $10^{\circ}\text{C}$ ,是全新世气候最适宜期。湖泊由于沙的淤积约在距今5000年时干涸,此后藜和麻黄迅速增加,显示气候向干旱发展,盐碱地扩大。

全新世晚期(距今4000年以来),相应孢粉Ⅲ带和Ⅳ带,剖面第3、4、5层。乔木植物消失,以藜或以蒿为主的草原相继出现,气候干旱。全新世晚期又可分两个亚期:第1个亚期距今4000—2000年,植被为以藜为主伴有蒿和麻黄、酸刺等的干草原,土壤盐渍化较高,气候比现今干旱,景观似现今内蒙古中部和陕西北部、甘肃中部的温带真草原带,年降水量只有280—380mm;第2个亚期是距今2000年之后,气候有所改善,与现今相近。据史料记载:毛乌素沙地原为草原带环境,公元413年,(距今1500年),唐初之前,这里是“沃野千里,仓稼

殷积，水草丰美，群羊塞道”，当时农牧十分发展，到唐朝中后期，战争频繁，不合理的农耕和放牧，人为地加速沙漠化〔3〕。由此可见，这个气候改善的时间大约在距今1500年前后，剖面顶部的薄层沙炭估计就是在此期沉积的，其上厚50cm的沙层可能是近1000多年来由于沙漠化加速而形成的。在全新世晚期，乔木植物的退出，除了因为降水量减少，气候更为干旱之外，还因地表被砂层所覆盖，土质过于疏松，不适宜乔木生长所致。估计全新世晚期，即4000年以来，柳树湾地区风沙堆积越来越多，渐渐演变成为现今的沙地。

毛乌素沙地南缘全新世植物群的变化大致为：散生松、桦、柳的蒿、麻黄草原——散生松、栎的蒿、莎草草原——藜、蒿草原——蒿、藜草原；气候的变化是：干旱偏凉湿——干旱偏暖湿——干旱温和。干旱是全新世气候变化中的主导因素，近4000年尤其明显，伴随干旱气候的是沙的堆积，在全新世期间不断增加和扩大。

三、沙炭沉积与沉积速率

毛乌素沙地现有大小湖泊170多个，大多数为古湖的残余，在沙地南部丘间和河湖滩地上广布着冲积、湖积的沙沉积物，常见数米厚黑色沙炭，下部多找到淡水螺化石，类似柳树湾沉积剖面，因此柳树湾剖面是具有代表性的。本区沙炭沉积与黄土高原黑垆土沉积大致同期，沉积环境较现今湿润；沙炭的发育又与我国东部湿润半湿润地区泥炭的发育相对应，从泥炭分布地点看，东部暖温带除个别地点，绝大多数是在距今10000年前后开始泥炭层的发育。柳树湾沙炭在距今11000年开始发育，至距今4000年前后停止，以后仅有薄层沙炭发育。即在全新世早、中期，气候比较湿润，植物较丰富，有机质积累，有利于湖泊沼泽化，形成近似于泥炭的沙炭。根据<sup>14</sup>C测定和沉积物厚度计算，11280年与5260年之间，约6000年内沉积1.43m厚沙炭，沉积速率为0.23mm/a，近5000年内沉积3.33m厚沙层，沉积速率为0.63mm/a，说明晚期的风沙沉积比早、中期沙炭沉积速度快将近两倍。

表 1 沉积速率比较表  
Comparison of sedimentary speed

柳 树 湾 剖 面		罗 布 泊 4 号 井 剖 面	
距今 ( × 10 <sup>4</sup> a )	沉积速率 ( mm/a )	距今 ( × 10 <sup>4</sup> a )	沉积速率 ( mm/a )
1.1— 0	0.42	2— 0	0.43
1.1—0.5	0.23	0.9—0.4	0.27
0.5— 0	0.63	0.4— 0	0.42

如果平均地计算柳树湾剖面的沉积，11280年内沉积4.76m厚的物质，平均速率为0.42mm/a。有趣的是在地理纬度高于柳树湾2度的新疆罗布泊，根据4号井钻孔剖面的计算〔8〕，29900多年来沉积速率是0.43mm/a，距今9360年至3610年的沉积速率是0.27mm/a，

3610年以来的沉积速率是 $0.42\text{mm/a}$ ，可以看到，上述两剖面总的平均沉积速率相近，在全新世早、中期的沉积速率也相近，但在晚期的沉积速率却是柳树湾剖面要大的多（表1），然而气候上罗布泊地区更为干旱，是否可以解释为最近几千年来，柳树湾地区人类活动更为频繁，破坏天然植被、加速沙沉积的缘故。

柳树湾剖面是毛乌素沙地南部全新统地层中比较有代表性的河湖相沉积剖面，通过孢粉分析，揭示沙地南缘全新世植物群的变化，以大约距今4000年为明显的界线，植被由4000年前的疏树草原演替为以后的蒿、藜草原，气候由于旱偏湿变化为干旱。4000年前，沙地的南缘仍为黄土高原的一部份，随着气候变干，渐渐变为沙地，近1000年来人类活动又加剧了这一进程，但是沙的沉积至少在一万多年前已经存在。现今的沙地应是全新世自然环境演变的必然结果。

### 参 考 文 献

- 〔1〕 赵永复.历史上毛乌素沙地的变迁问题.历史地理,创刊号,上海人民出版社,1981.34~37
- 〔2〕 陕西省水土保持局.陕西省水土保持简明区划.1982.3~4
- 〔3〕 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会.中国自然地理(历史自然地理).北京:科学出版社,1982.251~252
- 〔4〕 董光荣等.鄂尔多斯高原晚更新世以来的古冰缘现象及其气候地层学意义.地理研究,1985,(4)1:1~10
- 〔5〕 袁宝印.萨拉乌苏组的沉积环境及地层划分问题.地质科学,1978,3.
- 〔6〕 宋之琛等.孢子花粉分析.北京:科学出版社,1965.28~29
- 〔7〕 周昆叔等.中国北方晚更新世晚期以来古环境初步探讨.中国孢粉学会第一届学术会议论文集.北京:科学出版社,1979.
- 〔8〕 严富华等.新疆罗布泊罗4井的孢粉组合及其意义.地震地质,1983.(5)4:75~80

---

### 《地理研究》下期要目预告

朱 翔:湖南省经济增长极研究

尹泽生等:海水入侵研究的现状与问题

李月洪等:北太平洋夏季海平面气压场的时空分布及其与黄河、长江流域旱涝的关系

唐常源:森林小流域降雨出流机制的探讨

邹学勇:南昌地区风沙化土地风沙地貌发育规模和风沙活动预测

# THE CHANGES OF THE PHYSICAL ENVIRONMENT OF THE SOUTHERN MAOWUSHU SANDY LAND DURING HOLOCENE

Huang Cixuan

( Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences and State  
Planning Commission of the People's Republic of China )

**Subject terms:** Holocene, physical environment, Maowushu sandy land

## Abstract

The research profile is situated at Liushuwan of southern Maowushu sandy land at about 25 km north of the Jingbian City of Shannxi Province, 37°46'N, 108°50'E. The profile with a thickness of 6.24 m is fluvial and lacustrine deposits with many layers of sandy-peats. The age of the sediments belongs to Holocene period according to  $^{14}\text{C}$  dating.

Since 13000 years B.P., herbaceous *Artemisia* has been dominated in vegetation, and the climate has been always drier in the temperate zone, during which period the vegetation and the climate changed as follows. In 13000—9000 years B.P., the climate was dry and cold. In 9000—4000 years B.P., the climate was warm and relatively humid. Since 4000 years B.P., the climate was dry and lukewarm, and it was wet at about 1500 years B.P..

The accumulation of sand in the locality existed before 13000 years B.P. and continued until present. In 4000 years B.P., the dryness of climate began obvious. During the recent 1000 years, the tendency of the dry climate and the accumulation of sand have been accelerated by human activities.



