

DOI: 10.16359/j.cnki.cn11-1963/q.2016.0023

## 陕北榆林王阳畔遗址的植硅体分析

夏秀敏<sup>1,2</sup>, 孙周勇<sup>3</sup>, 杨利平<sup>3</sup>, 康宁武<sup>4</sup>, 陈相龙<sup>5</sup>, 王昌燧<sup>1,2</sup>, 吴妍<sup>1</sup>

1. 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所脊椎动物演化与人类起源重点实验室, 北京 100044; 2. 中国科学院大学科技史与科技考古系, 北京 100049; 3. 陕西省考古研究院, 西安 710054; 4. 榆林市文物考古勘探队, 榆林 719000; 5. 中国社会科学院考古研究所, 北京 100710

**摘要:** 榆林地处农牧交错带, 是研究环境演变和人地关系的理想地区。本文基于植硅体分析, 探讨了该地区王阳畔遗址仰韶晚期至龙山早期过渡阶段的农业生产情况及农业对环境的适应等。遗址剖面及灰坑样品的植硅体分析表明: 仰韶晚期, 粟和黍是先民的主要粮食作物, 而黍较粟始终保持着种植优势; 龙山早期, 粟作农业逐渐衰落。植硅体组合图谱显示, 先民在此遗址活动期间, 气候是略偏凉偏干的, 整体上较为稳定, 呈现出干凉化的趋势。综合来看, 农业活动的强弱在一定程度上响应了环境的变化。需要指出的是, 该遗址榆科植硅体的大量发现, 不仅补充了史前植物利用史, 同时也对丰富植硅体数据库具有重要意义。

**关键词:** 榆林; 仰韶晚期; 王阳畔遗址; 植硅体; 黍; 粟; 榆

中图分类号: Q914.2<sup>+</sup>2; 文献标识码: A; 文章编号: 1000-3193(2016)02-0257-10

### Analysis of phytoliths from the Wangyangpan archaeological site, Yulin, North Shaanxi

XIA Xiumin<sup>1,2</sup>, SUN Zhouyong<sup>3</sup>, YANG Liping<sup>3</sup>, KANG Ningwu<sup>4</sup>,  
CHEN Xianglong<sup>5</sup>, WANG Changsui<sup>1,2</sup>, WU Yan<sup>1</sup>

1. Key Laboratory of Vertebrate Evolution and Human Origins of Chinese Academy of Sciences, Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044; 2. Department of Scientific History and Archaeometry, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049; 3. Shanxi Provincial Institute of Archaeology, Xi'an 710054; 4. Yulin City Cultural Relics and Archaeology Exploration Team, Yulin 719000; 5. Institute of Archaeology, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100710

**Abstract:** Located in the farming-pastoral zone in northwestern China, Yulin is an appropriate region for researching environmental changes and human-land relationships. Here we examine the phytolithic record at the Wangyangpan site to reconstruct developmental history of the agricultural

收稿日期: 2014-07-04; 定稿日期: 2014-08-29

基金项目: 国家重点基础研究发展计划 (2015CB953803) 和国家自然科学基金面上项目 (41472145) 资助

作者简介: 夏秀敏 (1988-), 女, 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所硕士研究生, 主要从事植物考古学研究。

E-mail: zhengdaxiaxiumin@126.com

通讯作者: 吴妍, 女, 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所副研究员, E-mail: wuyan@ivpp.ac.cn

**Citation:** Xia XM, Sun ZY, Yang LP, et al. Analysis of phytoliths from the Wangyangpan archaeological site, Yulin, North Shaanxi[J].

Acta Anthropologica Sinica, 2016, 35(2): 257-266

economy and to explore the adaptive relationship of the agriculture to the environment from the Late Yangshao to the Early Longshan period. Analysis of phytolith samples from profiles and two pits indicates that different species of millet were the staple food crops cultivated during the Late Yangshao period while common millets (*Panicum miliaceum*) were superior to foxtail millets (*Setaria italica*), and that farming declined during the Early Longshan period. Furthermore, it reveals that the climate was slightly cool and dry during archaeological occupation. In addition, abundant phytoliths of *Ulmaceae* discovered from this site enrich the history of prehistoric plant use in China.

**Keywords:** Yulin; Late Yangshao Period; Wangyangpan site; Phytolith; Common millet; Foxtail millet; *Ulmaceae*

## 1 引 言

榆林地区位于陕北的北部，地处北方长城沿线农牧交错带的西段<sup>[1]</sup>，自古以来就是中原农耕人群与北方游牧民族交汇的重要区域<sup>[2]</sup>。该地区属于北方草原、沙漠地带向黄土高原的过渡区，对生态环境和气候变化的响应较为敏感，是研究环境演变和人地关系的适宜地带<sup>[3-5]</sup>。因此，系统探讨榆林地区农业活动与环境适应方式的演变，将有助于深入研究生态过渡带的文化演进过程与机制等重要科学问题。

仰韶温暖期，冷暖、干湿的气候波动，不仅会造成该地区土壤、植被的演替和自然环境的变迁，而且会导致古文化面貌和生计方式的适应性转变<sup>[6-10]</sup>。据调查，榆林地区的仰韶晚期（5.5 ka~4.8ka BP）<sup>[11-12]</sup>遗址大多分布于沙漠边缘或靠近水源的沙漠腹地，有学者推测这可能与气候变迁引发的环境危机有关<sup>[13]</sup>。胡松梅等学者从动物考古角度对陕北仰韶晚期五庄果梁遗址、杨界沙遗址、大古界遗址的经济形态进行了综合分析，认为当时为混合经济，先民同时从事狩猎、畜牧和种植业<sup>[14-16]</sup>。王辉等对陕北长城沿线的研究也得出该地区仰韶时代至龙山早期的生业模式为农业（种植和家猪饲养）和渔猎结合在一起的混合经济<sup>[12]</sup>。这些研究向世人展现了当时的环境动态和经济形态。然而，囿于考古资料和相关分析方法，迄今为止，人们对该地区农业活动的方式与强度，农业对环境响应等信息仍不甚清晰。

近年来，应用多学科协作探索人类活动，揭示其对环境的响应越来越受到学者的关注。目前，系统运用植物指标记录，探究农业的起源、扩散与传播，重建农业活动的方式与强度，揭示农业对环境的响应等方面，已取得了许多重要的成果。如前所述，陕北地区植物考古工作起步较晚，其仰韶晚期的遗存正式发掘不多，相关的植物考古资料尚未见发表。王阳畔遗址是该地区少数经过正式发掘的仰韶晚期至龙山早期遗址<sup>[17]</sup>。一般说来，相比于大植物遗存和孢粉，植硅体具有更强的耐酸、耐高温和原地沉积等优势<sup>[18-19]</sup>。通常根据土壤中所含植硅体的大小、形状、种类及丰度对比，推断其母源植物的种类和产量，则可望揭示该地区的古环境信息和农业生产状况<sup>[20]</sup>。

黍（*Panicum miliaceum*）和粟（*Setaria italica*）是中国北方早期农业的代表性作物，



### 3 样品采集与实验方法

野外发掘工作结束后，遗址的地层堆积情况颇为清晰，这时进行采样。T1 文化层堆积较厚，文化内涵丰富，所以我们在 T1 南壁和西壁进行了连续取样。首先，用手铲在西壁和南壁上各凿出一个柱状剖面，刮去表面的壁土以避免现代植硅体的污染；然后，按照考古地层学的方法划分地层（与发掘时划分的地层基本一致）；再根据地层，自下而上按照一定的间隔逐层取样；所取土壤样品装入密封袋内保存，依次编号。详细记录采样过程，绘制采样剖面图，取样结束后，拍摄剖面照片。T1 的剖面上共采集了 17 个样品，包括在遗址边缘荒地上获取的两个表土样品。此外，在遗址发掘的同时，陕西省考古研究院采集了 T2 的 H3（位于 T2 东部及 T1 西部）和 H19 两个单位（仰韶晚期）的土样，将其一并做了植硅体分析。现将 T1 剖面的文化层介绍如下：

层，表土层，黄粉沙土，土质疏松，厚 4~6cm。出土陶片多为夹砂灰陶，以篮纹及绳纹为主，可辨器型有罐、鬲、甗、钵等。

层，灰黑色花土，厚 30~50cm，覆盖全探方，西南堆积较厚，东北较薄，土质疏松。出土陶片较多，以夹砂灰陶为主，夹砂红陶次之，多是篮纹、绳纹。可辨器型有鬲、罐、钵。

层，灰褐色土，土质较疏松，厚 25~45cm，分布全方。出土陶片较多，多为夹砂红、灰陶。饰绳纹、篮纹，也有少量素面，可辨器型有罐、钵、盆、盘等，以罐为主。

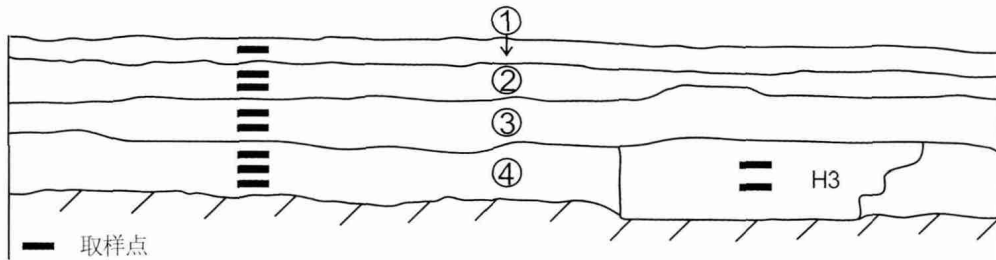


图 2 王阳畔遗址 T1 采样示意图

Fig.2 Sketch map showing the sampling place of square T1 at the Wangyangpan site

表 1 王阳畔遗址 <sup>14</sup>C 年代数据

Tab.1 Dates of the Wangyangpan site

OxCal v4.1.7 Bronk Ramsey (2010); r:5 Atmospheric data from Reimer et al (2009)

Lab 编号	单位	层位	测年样品	<sup>14</sup> C年代 (BP)	树轮校正后年代 (BC)	
					1 $\delta$ (68.2%)	2 $\delta$ (95.4%)
ZK-3516	H11	层下	木炭	4478±25	3327 (50.1%) 3218	3338(57.1%) 3206
					3121(10.7%) 3098	3195(34.2%)3088
					3176 ( 7.4%) 3160	3058( 4.1%) 3030
ZK-3518	H30	层下	木炭	4425±27	3100 (59.2%) 3012	3116 (80.5%) 2924
					3264( 6.3%) 3246	3266( 8.5%)3236
					2977 ( 1.5%) 2972	3321( 5.6%) 3272
					2948( 1.1%) 2944	3172( 0.9%) 3162

层,深灰色土,土质较疏松,厚 20~55 cm,全方分布。出土陶片较少,多夹砂红陶、灰陶,纹饰以篮纹、绳纹为主,少量素面;可辨器型有罐、钵、盆等。

遗址主要为仰韶晚期遗存,根据中国社会科学院考古研究所考古科技实验中心碳十四实验室的测年数据(陕西省考古研究院提供),校正后年代推定在距今 5300~4900 年之间(表 1);遗址中少量龙山早期遗存(层)目前暂没有测年数据。

采用常规的重液浮选法,对样品进行处理。首先称量 5 g 完全干燥的土样,放入试管。加入双氧水( $H_2O_2$ ),以去除样品中的有机质,放置加热板上使其反应 20 min。反应结束后再加入稀盐酸(10% HCl)并煮沸,去除铁、钙等矿物质。冷却后加入蒸馏水离心三次,以洗净盐酸。再以比重为 2.3~2.4 的溴化锌重液,使样品中的植硅体浮于重液表层,清洗后用加拿大树胶制片,最后将制成的样品置于日本 Nikon 公司生产的型号为 eclipse LV100POL 的显微镜(200× 和 500×)下进行观察、鉴定,并作数量统计。每一个样品均随机选择了 300 粒左右的植硅体进行统计分析,并按照最新的国际植硅体命名法规(International code for phytolith nomenclature 1.0)对部分植硅体的描述和命名做了更新<sup>[25]</sup>,同时列出传统命名以资对照。

## 4 结 果

本文分析观察了王阳畔遗址 19 个样本(17 个剖面样品和 2 个灰坑样品)的植硅体形态。其中,4 个来自表土层和生土层的样本,皆少有或几乎未见植硅体。这基本上排除了表土和生土污染的可能性。

目前禾本科植物植硅体类型的研究较为深入,因而在可鉴定的植硅体类型中,禾本科植物的植硅体类型较多。遗址剖面和灰坑样品中,可鉴定的植硅体形态类型主要有针型毛细胞(尖型)、棒型、双裂片型(哑铃型)、波状梯型(齿型)、帽型、方型、扇型、短鞍型、粟黍稃壳植硅体等(图 3 和 4)。其中针型毛细胞(尖型)、棒型、双裂片型(哑铃型)、波状梯型(齿型)、帽型占有相当大的比重,扇型、粟黍稃壳植硅体亦有相当数量。扇型中绝大部分为芦苇扇型。根据两剖面植硅体主要类型数量的变化,可将植硅体图谱自下而上划分为 4 个组合带(图 5 和 6)。

T1 西壁带(仰韶时代晚期,对应层):植硅体组合以针型毛细胞(尖型)、棒型、双裂片型(哑铃型)等为主,其次是一定量的黍稃壳植硅体,并含有少量波状梯型(齿型)、帽型以及方型。

带(仰韶时代晚期,对应层):针型毛细胞(尖型)、棒型、双裂片型(哑铃型)有所减少,粟、黍稃壳植硅体大幅度增加并达到最大值,出现了少量木本植硅体。

带(仰韶时代晚期,对应层):针型毛细胞(尖型)、棒型、双裂片型(哑铃型)占植硅体组合的绝大多数。粟、黍稃壳植硅体大幅度减少,方型和扇型植硅体有所增加。

带(龙山时代早期,对应层):植硅体组合仍是以针型毛细胞(尖型)、棒型、双裂片型(哑铃型)为主。农作物中粟稃壳植硅体有所减少,黍稃壳植硅体有所增加。扇型亦略有增加,不见木本植硅体。

T1 南壁带(生土层):植硅体组合以针型毛细胞(尖型)、棒型、波状梯型(齿型)为主,其次是芦苇扇型、方型、及帽型,并含有少量双裂片型(哑铃型)和海绵骨针。一定量的

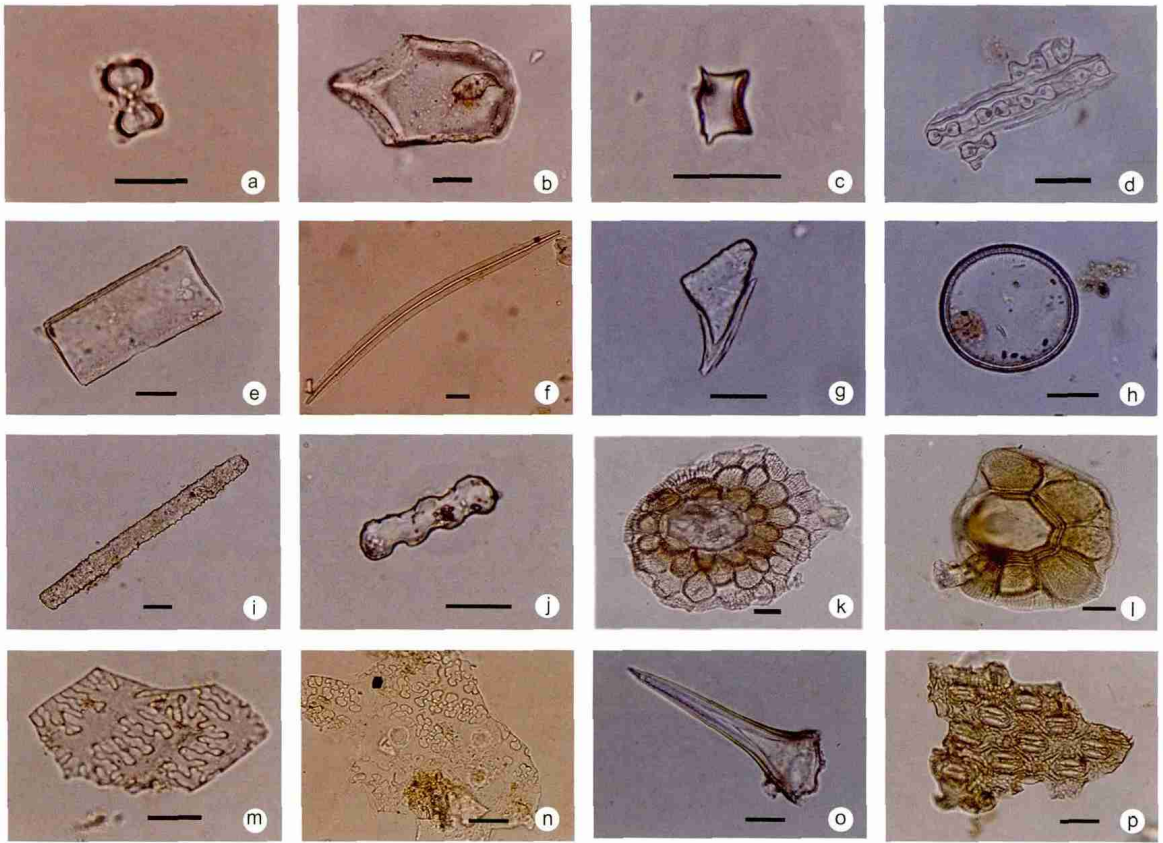


图 3 王阳畔遗址 T1 代表植硅体类型和硅藻

Fig.3 Photographs of typical phytoliths and diatom from square T1 at the Wangyangpan site

线段为 20μm (Scale bar=20μm)

(a)T1 南壁 (20-30cm) 双裂片型植硅体 (Bilobate short cell); (b)T1 南壁 (40-50cm) 芦苇扇型植硅体 (Scutiform); (c)T1 西壁 (90-100cm) 帽型植硅体 (Hat); (d)T1 西壁 (50-60cm) 双裂片型植硅体 (Bilobate short cell); (e)T1 西壁 (30-40cm) 长方型植硅体 (Rectangle); (f)T1 西壁 (30-40cm) 海绵骨针 (Sponge spicule); (g)T1 西壁 (50-60cm) 针型毛细胞植硅体 (Acicular hair cell); (h)T1 西壁 (50-60cm) 硅藻 (Diatom); (i)T1 西壁 (70-80cm) 刺棒型植硅体 (Elongate sinuous); (j)T1 西壁 (70-80cm) 波状梯型植硅体 (Trapeziform sinuate); (k)T2H19 榆科毛基? (hair base of Ulmaceae?); (l)T1 西壁 (90-100cm) 榆科毛基? (hair base of Ulmaceae?); (m)T1 西壁 (110-120cm) 黍稷壳 η 型植硅体 (η-type from husks of common millet); (n)T1 西壁 (110-120cm) 粟稷壳 Ω 型植硅体 (Ω-type from husks of foxtail millet); (o)T2H19 毛 (Hair); (p)T1 南壁 (40-50cm) 未知气孔 (Unknown stoma)

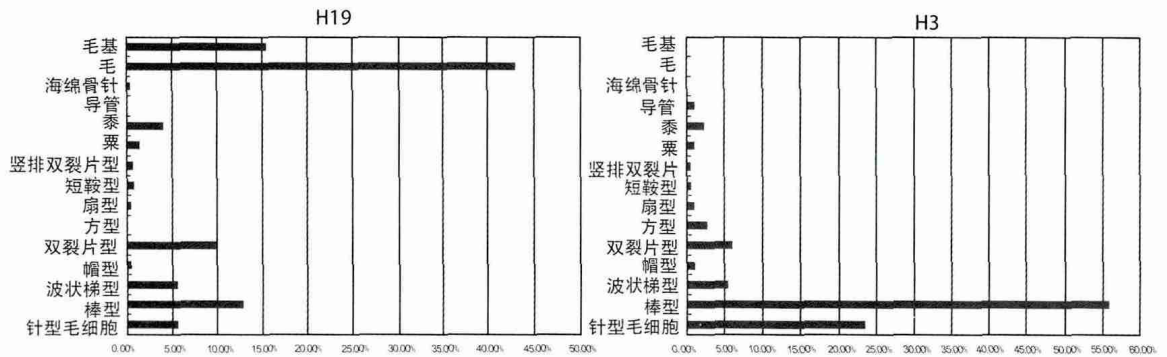


图 4 王阳畔遗址 H3 和 H19 植硅体、硅藻百分含量图谱

Fig.4 Content change (%) of phytoliths and diatom from pits H3 and H19 at the Wangyangpan site

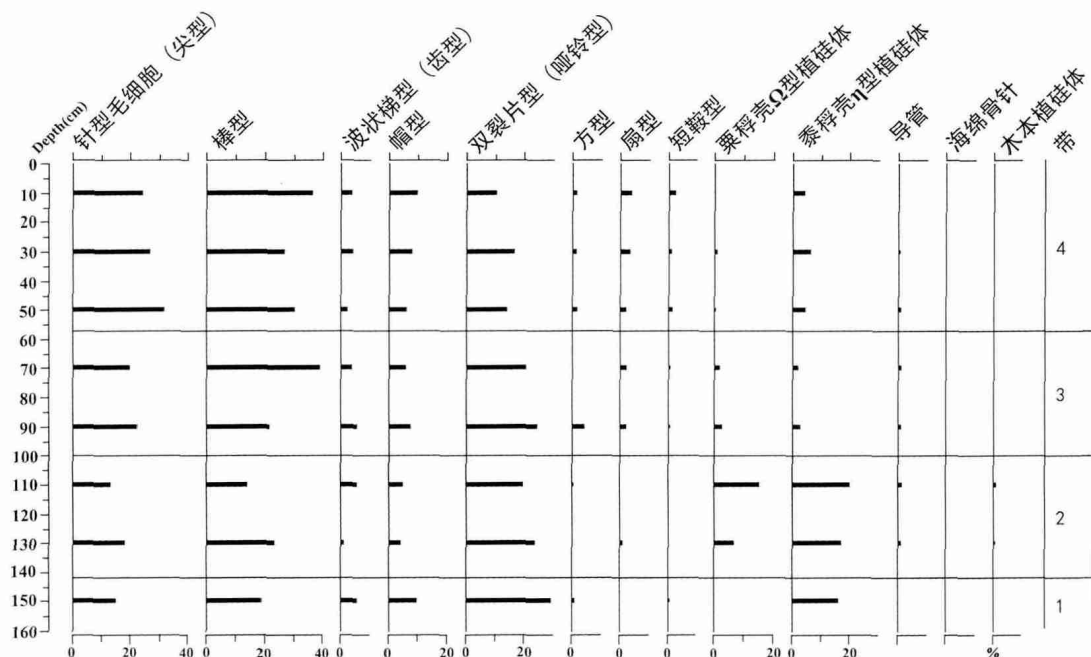


图 5 植硅体形态类型随 T1 西壁剖面深度变化的百分比图谱

Fig.5 Content change (%) of phytoliths from west square T1 at the Wangyangpan site

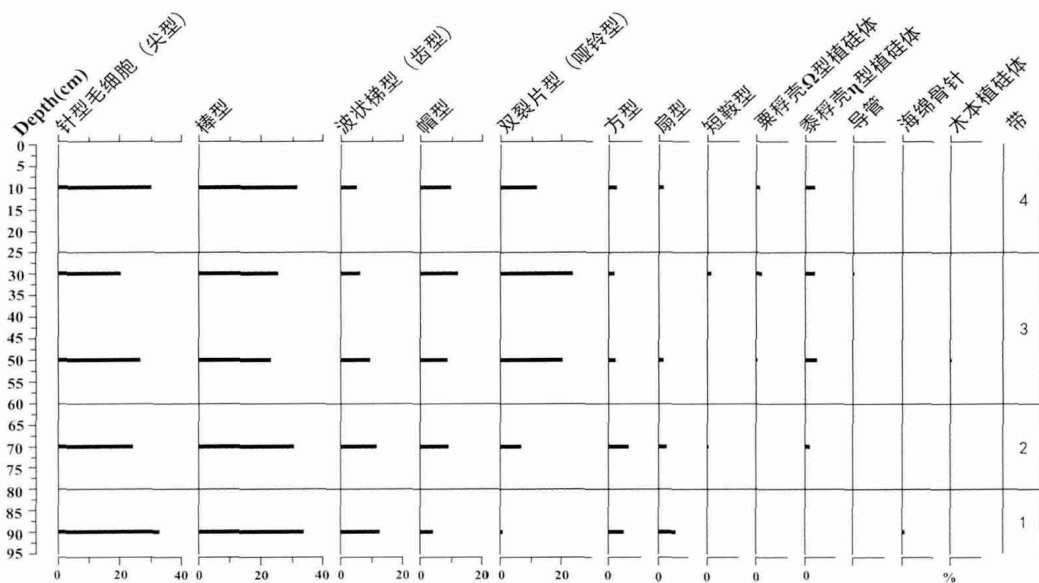


图 6 植硅体形态类型随 T1 南壁剖面深度变化的百分比图谱

Fig.6 Content change (%) of phytoliths from south square T1 at the Wangyangpan site

芦苇扇型和双裂片型（哑铃型）、海绵骨针的发现，反映了当时该区域为潮湿的水环境。

带（仰韶时代晚期，对应层）：植硅体组合仍以针型毛细胞（尖型）、棒型、波状梯型（齿型）为主，双裂片型（哑铃型）和帽型有所增加，芦苇扇型减少，海绵骨针消失。

值得注意的是,出现了黍稷壳植硅体。

带 (仰韶时代晚期,对应 ~ 层):针型毛细胞(尖型)、棒型、波状梯型(齿型)植硅体有所减少,但仍占大多数。粟稷壳植硅体出现,黍稷壳植硅体的比例增加,方型和芦苇扇型减少。此外,还有少量木本植硅体。

带 (龙山时代早期,对应 层):针型毛细胞(尖型)、棒型、波状梯型(齿型)总体比例增加,占组合中的绝大多数。帽型和双裂片型(哑铃型)减少,农作物见一定量的粟黍稷壳植硅体,仍有少量扇形、方型植硅体,不见海绵骨针和木本植硅体。

位于 T2 内部的 H3 和 H19 在植硅体基本形态上有一定的相似性,都有一定量的波状梯型(齿型)、棒型、双裂片型(哑铃型)植硅体,但仍有很大的差异。在 H3 的植硅体组合中,棒型、针型毛细胞(尖型)的比例总体上接近 80%,其次为一定量的双裂片型(哑铃型)、波状梯型(齿型)、方型植硅体,并含有帽型、扇型、短鞍型及粟黍稷壳植硅体。在 H19 的植硅体组合中,棒型、针型毛细胞(尖型)的比例总体上仅约 20%,以毛基和毛组合的木本植硅体的比例超过了 60%,而这些特殊的木本植硅体在形态上十分接近。

## 5 分析与讨论

### 5.1 遗址的农业生产状况

在王阳畔遗址的剖面和灰坑中,我们观察到了大量发育于粟、黍颖壳的植硅体。这种颖壳植硅体几乎在每一文化层都有发现,其数量伴随着剖面也有一定的变化。这一结果说明,粟类作物是该居址先民的主要粮食作物。结合遗址中发现的 7 座房址和出土的石质生产工具如刀、斧、镑、凿、磨棒等,我们有理由相信王阳畔先民从事相当规模的农业生产,且种植粟黍类农作物。此外,在该遗址发现有一定量的家猪、黄牛、绵羊、狗等家畜骨骼(资料尚未发表),反映了当时农业的发达和农产品的大量剩余。这也从侧面说明了当时的气候适宜农业生产。

仰韶晚期地层中发现大量的粟、黍稷壳植硅体,说明仰韶晚期当地先民可能以种植粟类作物为主,畜牧为辅。同时期的陕北靖边五庄果梁遗址的动物骨骼的 C、N 稳定同位素也表明家猪、狗、鼠类主要是以 C<sub>4</sub> 类植物为食的,这与先民从事粟作农业是密切相关的<sup>[26]</sup>。仰韶晚期之后,粟、黍颖壳的植硅体比例大幅度降低,这种现象可能意味着龙山早期粟作农业生产强度的降低。多种研究表明<sup>[3、12、27]</sup>,可能是因为伴随着沙漠的扩张、水源地减少等环境的进一步恶化,处于旱作农业发展边缘的榆林地区,单纯依靠原始农业逐渐不能满足人类的生活需求,而更趋向于农业、狩猎、采集相结合的混合经济模式。也正是在这种经济模式下,用于渔猎和采集的细石器在仰韶晚期晚段得到了大规模的使用<sup>[14]</sup>。

纵观两个剖面,黍的颖壳植硅体相比于粟的颖壳植硅体,其数量上始终占据优势。这种优势在仰韶晚期表现的最为明显,而在龙山时期减弱(见图 5)。据张健平等学者的研究,关中地区在 6000~2100 BP 期间,黍子的产量始终高于粟<sup>[24]</sup>。纬度更高的陕北地区,其环境条件相对于关中地区而言偏凉偏干,更能体现这一特点。黍子因其较强的耐旱耐瘠性,在该地的种植优势得到了较大程度的发挥。



令人感兴趣的是，在 H19 的土样中发现了大量的某种木本植硅体形态（图 3:k），且在地层单位中也有分布（图 3:l）。通过对比中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室植硅体数据库的若干现代样品，可以推断这些形态来源于榆科的叶片表皮细胞。此前磁山遗址的窖穴中也曾发现一定量的榆类植硅体<sup>[28]</sup>。此类植硅体的大量发现为木本植硅体的进一步研究和史前植物利用提供了有价值的参考信息。不过，欲给出明确结论，还需要深入开展现代对比样本的细致分析。

## 5.2 遗址环境背景分析

本文所用样品采自古文化遗址，取自文化层的土样可能存在先民的选择和扰动，对植硅体分析先民生存环境有一定的影响。但基于植硅体原地沉积的特性以及某些植硅体的生态特征，我们认为植硅体组合图谱还是能够在一定程度上反映微环境的变化。

吕厚远、王永吉通过对中国不同地区土壤中植硅体和现代植物的研究发现：禾本科不同亚科的植物，发育形态完全不同的短细胞植硅体<sup>[29]</sup>。湿润环境下生长的禾本科发育哑铃型、扇型、长方型和方型植硅体；分布在相对冷凉环境的禾亚科，主要生产齿型、帽型、棒型、尖型植硅体。在王阳畔遗址的样品中，棒型和针型毛细胞（尖型）植硅体数量最为丰富，占据 50% 左右。其次是哑铃型、帽型、齿型占有一定数量，扇型和方型植硅体在各个层位中都有分布。由植硅体组合图式（图 5、6）综合来看，王阳畔遗址存续期间气候波动不大，为略偏凉偏干的气候类型。代表冷凉环境的植硅体数量从仰韶晚期至龙山时期在不断增加，反映了一种干凉化的趋势。榆林新华遗址剖面、三道沟剖面、大保当剖面、何家梁剖面的多种气候代用指标显示，大体在 6 ka~5 ka BP 间是榆林地区气候最适宜的时期，气候较温暖湿润，风化活动较弱，也是古土壤发育程度较高的时期；但在 5 ka BP 前后，榆林地区的气温和降水已明显降低<sup>[30-36]</sup>。考古调查表明榆林地区仰韶晚期的遗址多分布于靠近水源的沙漠边缘或河流两岸，而之后在关中地区盛行的庙底沟文化在该地区消失不见，这一变化与 5000 BP 左右的环境危机不无关系<sup>[13]</sup>。同时，王阳畔遗址各层位中均发现有一定量的芦苇扇型植硅体，反映了遗址附近有湿地或河流存在，这与在遗址周围所看到的无定河及其支流的情况相符。

总的来说，王阳畔遗址（5300~4900 BP）是一种略偏凉偏干的气候类型，但仍适宜先民生存；与前期相比，气候转冷，呈现出干凉化的趋势。也正是在这样的环境背景下，王阳畔先民经历了仰韶晚期粟作农业的发展期到龙山早期的衰落期；同时伴随着气候的干凉，农业生产可能难以稳定的保证生计，促使人们去寻找其他的食物来源。

## 6 结 论

王阳畔遗址的植硅体分析虽然是尝试性的，但是仍取得了一定的成果。

仰韶晚期粟黍类植硅体的大量出现及其数量对比表明，粟类作物是此期该居址人们的主要粮食作物，黍子较粟一直有种植优势。龙山早期，粟黍类植硅体整体数量锐减，可能是气候恶劣或沙漠化扩大使得人们对粟作农业的依赖性有所降低，更趋向于农业、狩猎、采集的混合经济模式。

植硅体组合图式表明，王阳畔遗址期间，气候是略偏凉偏干，整体上比较稳定。与

前期相比,气候转冷,呈现出干凉走势。也正是在这样的环境背景下,王阳畔先民经历了仰韶晚期粟作农业发展期到龙山早期的衰落期。

在此次研究中识别出了榆类植硅体,不仅补充了史前植物利用历史,同时也丰富了植硅体的数据库,具体内容将另文专述。

## 参考文献

- [1] 赵哈林,赵学勇,张铜会,等.北方农牧交错带的地理界定及其生态问题[J].地球科学进展,2002,17(5):739-747
- [2] 韩建业.中国北方地区新石器时代文化研究[M].文物出版社,2003
- [3] 张兰生,方修琦,任国玉,等.我国北方农牧交错带的环境演变[J].地质前缘,1997,3
- [4] 周庭儒,张兰生.中国北方农牧交错带全新世环境演变及预测[M].地质出版社,1992
- [5] 李华章.中国北方农牧交错带全新世环境演变的若干特征[J].北京师范大学学报:自然科学版,1991,27(1):103-110
- [6] 吴文祥,葛全胜.全新世气候事件及其对古文化发展的影响[J].华夏考古,2005(3):60-67
- [7] 施雅风,孔昭宸,王苏民,等.中国全新世大暖期的气候波动与重要事件[J].中国科学:B辑,1992,22(12):1300-1308
- [8] 朱艳,陈发虎,张家武,等.距今五千年左右环境恶化事件对我国新石器文化的影响及其原因的初步探讨[J].地理科学进展,2001,20(2):111-121
- [9] 吕厚远,张健平.关中地区的新石器古文化发展与古环境变化的关系[J].第四纪研究,2008,28(6):1050-1060
- [10] 莫多闻,王辉,李水城.华北不同地区全新世环境演变对古文化发展的影响[J].第四纪研究,2003,23(2):200-210
- [11] 中国社会科学院考古研究所.中国考古学中碳十四年代数据集(1965-1991)[M].北京:文物出版社,1992
- [12] 王辉,莫多闻,袁靖.陕北长城沿线先秦时期生业与环境的关系[J].第四纪研究,2014,34(1):234-243
- [13] 康宁武.榆林市的仰韶时期遗存[J].考古与文物,2013(4):45-53
- [14] 胡松梅,孙周勇.陕北靖边五庄果梁动物遗存及古环境分析[J].考古与文物,2006(6):72-84
- [15] 胡松梅,孙周勇,杨利平,等.陕北横山杨界沙遗址动物遗存研究[J].人类学学报,2013,32(1):77-92
- [16] 胡松梅,杨利平,康宁武,等.陕西横山县大古界遗址动物遗存分析[J].考古与文物,2012(4):106-112
- [17] 陕西省考古研究院.2010年陕西省考古研究院考古调查发掘遗址新收获[J].考古与文物,2011(2):31-39
- [18] Piperno DR. Phytolith: A Comprehensive Guide for Archaeologists and Paleoecologists[M]. New York: Altamira Press, 2006
- [19] 吴妍.植硅体分析方法的应用与改进[D].中国科学技术大学,2008
- [20] 王才林,汤陵华,佐佐木章,等.植物蛋白石分析法及其在考古学上的应用[J].东南文化,1997,3(117):14-22
- [21] 游修龄.黍粟的起源及传播问题[J].中国农史,1993,12(3):1-13
- [22] 赵志军.有关农业起源和文明起源的植物考古学研究[J].社会科学管理与评论,2005(2):82-91
- [23] Lu H, Zhang J, Wu N, et al. Phytoliths analysis for the discrimination of foxtail millet (*Setaria italica*) and common millet (*Panicum miliaceum*)[J]. PLoS One, 2009, 4(2): e4448
- [24] 张健平,吕厚远,吴乃琴,等.关中盆地6000~2100 cal. a.B.P.期间黍、粟农业的植硅体证据[J].第四纪研究,2010,30(2):287-297
- [25] 李泉,吕厚远,王伟铭.国际植硅体命名法规(International Code for Phytolith Nomenclature 1.0)的介绍与讨论[J].古生物学报,2009(1):131-138
- [26] 管理,胡耀武,胡松梅,等.陕北靖边五庄果梁动物骨的C和N稳定同位素分析[J].第四纪研究,2008,28(6):1160-1165
- [27] 杨志荣,索秀芬.我国北方农牧交错带人类活动与环境的关系[J].北京师范大学学报:自然科学版,1996,32(3):415-420
- [28] 张健平.黍、粟和青狗尾草植硅体分析及我国典型农作物的起源与传播[J].2010
- [29] 吕厚远,王永吉.晚更新世以来洛川黑木沟黄土层中植物硅酸体研究及古植被演替[J].第四纪研究,1991,1:72-84
- [30] 王辉,莫多闻,潘永刚.陕西神木新华遗址环境考古研究[J].见:陕西省考古研究所,榆林市文物保护研究所编.神木新华[R].附录六.北京:科学出版社,2005:383-396
- [31] 高尚玉,靳鹤龄,陈渭南,等.全新世大暖期的中国沙漠[J].中国全新世大暖期气候与环境.北京海洋出版社,1992,161-167
- [32] 陈渭南,高尚玉.毛乌素沙地全新世地层化学元素特点及其古气候意义[J].中国沙漠,1994(1):22-30
- [33] 陈淑娥,樊双虎,刘秀花等.陕西榆林风沙滩区全新世气候和环境变迁[J].地球科学与环境学报,2010,32(1):81-88
- [34] 李智佩,岳乐平,薛祥煦,等.中国北方沙漠地区全新世气候变化的周期性探讨[J].干旱区地理,2007,30(2):170-176
- [35] 陈渭南,高尚玉,邵亚军,等.毛乌素沙地全新世孢粉组合与气候变迁[J].中国历史地理论丛,1993,1:39-54
- [36] 李保生,靳鹤龄.150ka以来毛乌素沙漠的堆积与变迁过程[J].中国科学:D辑,1998,28(1):85-90