

自编实验教材之一——

# 植硅体在考古学中的 应用

靳桂云 陈雪香

山东大学历史文化学院考古系

2006年5月

## 目 录

一、概论	3
二、植硅体在考古学研究中的应用	7
三、田野采样	11
四、实验室提取	14
五、植硅体的鉴定	17

## 一、概论

植硅体研究是一门新兴的边缘学科，是研究高等植物细胞中发育的硅质颗粒的学科。在英文中称 Phytolith, Plant opal, Opal phytolith, Grass opal, Bio-genicopaline silica, Silica body 等，日文中称植硅体。在中文里，早期称谓比较混乱，有植硅体、植硅石、植物硅石等，我们按照 2003 年以来的习惯做法，将其称为植硅体。

植硅体是指高等植物的根系在吸收地下水时同时吸收了一定量的可溶性二氧化硅，经植物的输导组织输送到茎、叶、花、果实等处时在植物细胞间和细胞内沉淀下来的固体非晶质二氧化硅颗粒。植硅体的形状依赖于原来植物细胞的形状和细胞之间的空隙，不仅不同植物种属的硅酸体形态不同，就是同一个植株的不同部位，产生的植硅体形态也有明显区别。

### （一）植硅体有以下特点：

1. **个体小，产量大。**凡是有植被的地方都会有植硅体的存在。

2. **硅酸体在<700℃加热,其物理、化学性质不会有大的变化**，因而可以在陶片、红烧土、铸范中进行植硅体分析。

3. **植硅体主要存在于植物的茎叶中**，一般生长过该种植物的土壤，就会相应的保存着其植硅体，分散程度低，不会像孢粉等可以因为自然风力的作用而飘扬，因而能在一定程度反映当地的植被情况，对于古环境、古气候的复原具有相当大的意义。在实际研究中，与孢粉等方法相结合，可以进行有效的研究。

4. **植硅体本身可以直接用于年代测定。**

5. **在透射光下植硅体无色或浅肉色**，有时为褐色，这是因为草地、森林中的火灾或者样品在灰化处理时碳元素附着在表面上造成的。

6. **植硅体的折射率在 1.4-1.5 之间，比重是 2.1-2.3。**

7. **土壤及地层中的植硅体经常有被溶蚀的现象。**出现这种现象的因素取决于多方面。如土壤的环境要素（温度、水分、酸碱度）和土壤的化学成分。此外，植硅体种类、表面面积和大小也影响溶解度。

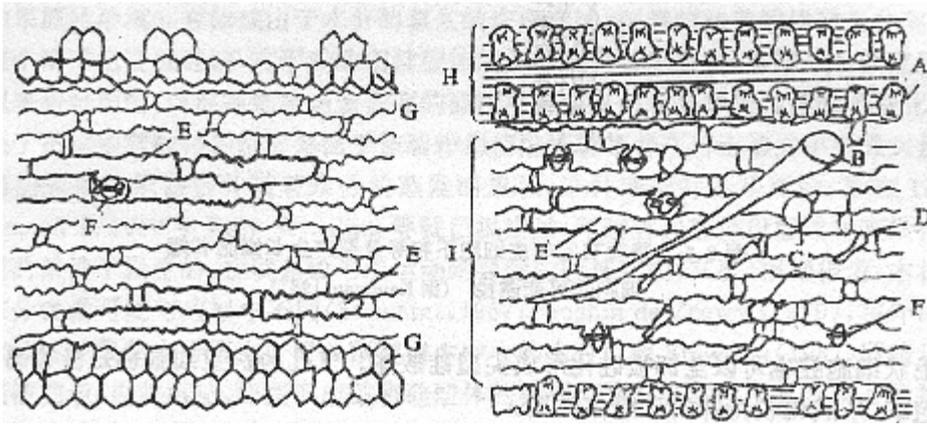
植硅体的上述特点，不仅使我们能够根据其形态区分不同的植物种属，而且可以判断其来源于植物的哪个部位。这就使得植硅体分析在研究考古遗址中各类植物遗存及其被人类利用方面具有明显的优势。同时，由于植硅体是硅质的，抗腐蚀能力强，当植物死亡、腐烂后，有机质部分消失，而硅酸体则可以在多种沉积环境中保留下来，并且保存量相当大。大量的分析表明，考古遗址的地层、灰坑中保存大量的植硅体，因为人类活动会将大量的植物带入考古遗址，植物在聚落内分解后就在土壤中积累植硅体，其中不仅有农作物的植硅体，还有人类利用野生植物的植硅体。这些信息都成为认识古代人类与植物关系的重要资料。

### （二）植硅体的产生与沉积

1. **硅含量在植物中的差异**

由于植物生理方面的特点,不同植物中硅的含量不同,硅在植物界中的分布是不均匀的。一般来讲,苔藓植物与羊齿植物(蕨类植物)中的硅含量比裸子植物和被子植物中高;在被子植物中,单子叶植物比双子叶植物高,单子叶植物中,禾本科和莎草科硅含量又比百合科、石蒜科等高。

在禾本科中,稻亚科中硅含量最高,不仅在禾本科中最高,也是所有植物中硅含量最高的。当然,稻亚科内部,硅的含量也不同。竹亚科中硅的含量仅少于稻亚科。黍亚科中硅含量略高于早熟禾亚科硅含量,但低于竹亚科。画眉草亚科是禾本科植物中硅含量最低的一个群体。



图一 禾本科植物表皮细胞中的植硅体  
(王永吉 吕厚远 1993)

## 2. 植物中植硅体含量的差异

在地上部分,叶子中硅的含量远远大于茎中。植物的壳食中硅的含量也很高。

一般来讲,富含植硅体的植物,在生长的初期植硅体含量就比较高,但还是有一个含量随着生长期逐渐增加的趋势,水稻在这方面很明显,越是生长的晚期阶段,叶子中硅的含量越高,而且稻壳中植硅体的含量一般达到20%以上。

植物中二氧化硅的含量与植硅体的产量有着密切的关系。植物落叶中灰份较多的植物,其灰份中含有的二氧化硅也较多,灰份与硅的相关系数达到0.74(N=23),说明植物中灰份含量的多少,二氧化硅的含量起到相当大的作用。这就是我们在考古遗址中进行采样是要尽量采集草木灰的原因。

## 3. 硅及植硅体在植物各器官及各生长期中的分布

植物体中的硅及植硅体含量不仅有植物间的差异,而且同一植物的不同器官和不同生长期也不同。

硅在植物中的分布大致有3类:禾本科植物类,大部分累积在地上部,根中很少;番茄和萝卜类,根部含量和地上部含量大致相等;绞车轴草类则根中的硅含量是地上部的8倍。

### (三) 植硅体的形态与分类

植硅体的形态多种多样,依赖于原植物组织细胞的形态,不同的植物可以产生不同的硅酸体形态组合和形态独特的个体,那些形态特征明显的可用于鉴定,有些甚至可以区分到亚

科、族甚至属，具有很强的分类学意义。

### 1. 植硅体一般形态特征

植硅体的形态是鉴定植物种类的重要依据，是进行植硅体分析的基础。植硅体的内部构造较贫乏，除个别短细胞植硅体内部有一些“颗粒”外，一般在植硅体内部几乎见不到任何构造特征。

不同植物种属的植硅体形态千差万别，如果不考虑形态之间系统发育的关系，单纯从形态来分析，大致可以分为：棒型、毛发型、长尖型、细长导管型、平板型、多边形、不规则边缘的薄板型、球型、立方体型、长方体型、扇型、哑铃型、十字型、帽型等。

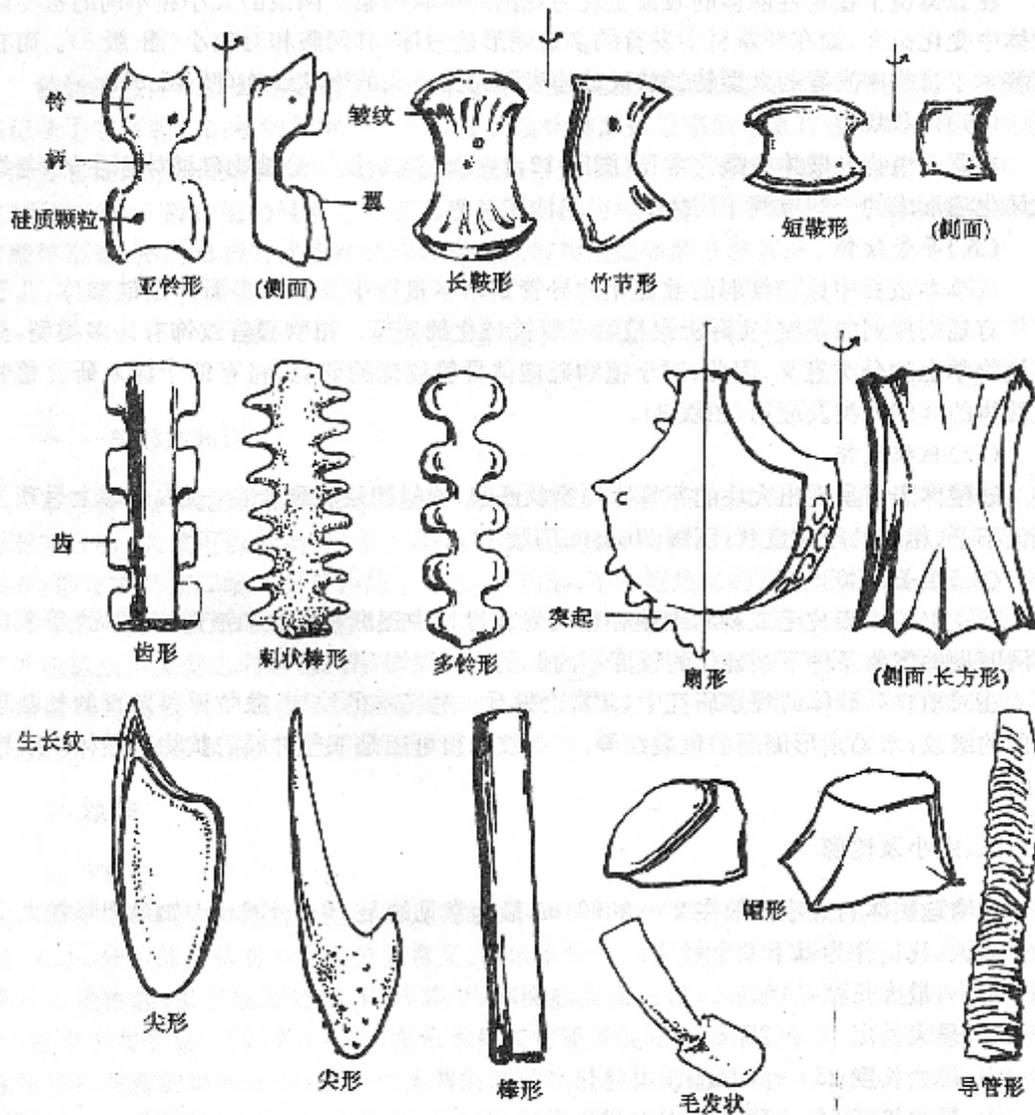


图 4-1 几种常见的植物硅酸体形态

扇形左半边带突起是竹亚科特有的形态,右半边为其它亚科的形态

图二 几种常见的植硅体形态

(王永吉 吕厚远 1993)

### 2. 现代植物植硅体形态

(1) 纹饰

- ① 突起
- ② 硅质颗粒
- ③ 网状纹饰
- ④ 穴状纹饰
- ⑤ 导管纹饰
- ⑥ 瘤状纹饰
- ⑦ 生长纹饰

(2) 大小及轮廓

植硅体大小多在 2~200 微米之间。最为常见的是 10~100 微米。

可以分为六个级别：

- ① 很小，最大长度小于 10 微米；
- ② 小，最大长度 10-25 微米；
- ③ 中，最大长度 25-50 微米；
- ④ 大，最大长度 50-100 微米；
- ⑤ 很大，最大长度 100-200 微米；
- ⑥ 极大，最大长度大于 200 微米

## 二、植硅体在考古学研究中的应用

植硅体研究在考古学中的应用始于 20 世纪初，德国科学家 Netolifzky (1912) 对采自瑞士和其它欧洲遗址的灰烬进行了研究，其中便包括了硅酸体的内容。他还在欧洲其它遗址中鉴定出了小麦和大麦的硅酸体 (1900)。但是直到 70 年代以后和 80 年代中期，硅酸体研究在考古中才得到了广泛应用。在我国，对硅酸体研究及其应用进行介绍的文章最早发表于 1989 年(王永吉等, 1989)。与此同时，植硅体分析在考古学中的应用也开始了，陆续发表了一些植硅体研究的文章。早期参与到其中的学者有蒋钦华、王增林、陈报章、吕厚远等。

中国的硅酸体研究在考古学领域首先并主要被应用于稻作农业的讨论上，包括水稻硅酸体的鉴定、亚种的判断等。随后，根据植硅体进行古环境的复原逐渐开始。伴随着硅酸体技术在应用中的进一步深入，对于稻田的探寻，谷物的收割、加工、储藏方式等研究逐渐展开，并将成为今后研究的重点。与此同时，中国学者在进行硅酸体具体实践的同时，对于硅酸体的分类及亚种判别、野生稻与栽培稻的区分，以及一些未知硅酸体的鉴别上的探索也在不断进行。植硅体自身的特性决定了在考古学研究中的巨大潜力，在今后的研究中，其必将发挥更加重要的作用。

### (一) 原始农业的起源与发展

中国原始农业的研究是考古学研究中的重要课题，其中对于稻作农业起源的研究不仅是现在，也是今后研究的热点。对于中国栽培稻的起源地，学术界一直争执不下，主要集中在华南、长江中下游、淮河中上游等地区。在具体的鉴定方法上，多采用传统的粒型判断方法，然而有学者提出，这种方法的正确率只有 60% 左右，在这种情况下，植硅体方法的介入，将会在一定程度上为中国稻作农业的研究提供更好的视角。

对于水稻植硅体的鉴别，王永吉、吕厚远等提出稻亚科的机动细胞植硅体(扇形植硅体)和短细胞植硅体(哑铃形植硅体)具有特殊形态，可以作为区别稻亚科植物的植硅体特点。顾海滨利用水稻扇形植硅体断面形状为扇形，具侧突，底面龟甲纹三个特点判断澧阳平原四个新石器遗址中出土的植硅体为扇形植硅体，并用 Q 型因子分析，模糊聚类分析方法对该结果进行检验。姜钦华提出颖片的硅化表皮细胞是稻属植物的特征。1996 年，吕厚远、吴乃琴等选择水稻亚科、竹亚科、芦竹亚科、画眉草亚科共 33 种禾本科植物扇型植硅体进行测量，得到了相关的判别方程式，并对考古遗存中的植硅体进行判定。陈报章等利用颖壳植硅体以及扇型植硅体的特征，判断贾湖先民可能以种植粳稻为主。

长江中下游地区是研究稻作农业发生与发展的重要区域之一，大量与稻作农业相关遗址的发现，为揭开这一地区古代稻作农业的发展情况提供了一个窗口，同时也推动了植硅体方法在具体研究中的运用。萧家仪等通过植硅体分析，认为在距今 8000 年前江苏张家港东山村遗址的先民就已经进行稻作活动。郑云飞等对太湖地区 8 个遗址共 24 份样品进行植硅体分析，认为水稻扇形植硅体在从马家浜文化、经崧泽文化，至良渚文化的发展过程中，植硅体表现出大颗粒增多，小颗粒减少的特点。继而，通过对河姆渡遗址与罗家角遗址植硅体形状特征的分析比较，认为该区的水稻具有多样性的特点，并展现出向粳稻演化的过程。此外

通过对楼家桥遗址、南庄桥遗址植硅体的分析，也再次证明了上述水稻系统演化的特点。

在淮河流域，姜钦华等对河南邓州八里岗遗址仰韶文化中晚期和石家河文化时期的土壤样品进行了植硅体分析，确定了当地先民的稻作农业活动，并根据石家河文化时期水稻植硅石的含量比仰韶文化中晚期含量高，推测稻作农业的强度是在不断增强的。王增林对尉迟寺遗址的土壤样品进行了硅酸体分析，认为粟米作物的种植规模和数量从大汶口文化时期到龙山文化时期逐渐减少，水稻种植则逐渐增加。王才林对龙虬庄遗址出土的距今 7000—5000 年水稻扇型植硅体进行了定量分析，判断该地区的主要为粳稻类型，且水稻产量呈现不断增加的趋势。此外，山东的诸多遗址，如两城镇遗址、庄里西遗址都利用植硅体的方法进行了相关研究。

在南方稻作农业研究的同时，北方地区包括秦岭、淮河一线的南北过渡地带，小麦、谷子等农业作物的植硅体研究也在继续。王增林在《尉迟寺遗址植硅体分析报告》中提到了“谷壳硅化表皮碎片”，吕厚远等对喇家遗址出土的面条进行土壤植硅体分析，得到谷子的颖壳植硅体，为利用植硅体方法鉴定谷子提供了一个线索与证据。其后，姚政权根据现代谷子样品植硅体形态的观察，认为发育于谷子颖片表皮带特殊表面纹理的大片表皮细胞群植硅体形态具有一定的鉴别意义，该植硅体较薄、透明状、纹理非常规整、边缘一般呈刺形或齿形。吴妍等在安徽滁州何郢遗址的样品中发现似于小麦颖片硅化表皮的植硅体形态。其后在安徽霍邱堰台西周遗址，发现麦类颖壳的植硅体，并且数量随着时代的推移而逐渐增多。另外，在山西襄汾陶寺遗址发现了谷子的植硅体。赤峰上机房营子遗址 H5 和 H9 样品中也观察到大量谷子颖壳植硅体和麦颖片植硅体。

## （二）农作物的种植与处理方式

植硅体主要存在于植物的茎叶中，一般生长过该种植物的土壤，就会相应的保存着其植硅体，因而利用植硅体寻找古人种植作物的地点成为可能。同时，在收割、加工、储藏作物的过程中，也会保留相应的植硅体证据。

在古代农业研究中，根据炭化植物种子和植硅体分析获得粮食种类的信息，固然是一个突破性成果。然而，某个聚落的居民食用了某些种类的粮食，并不直接说明这些粮食就是当地种植的，这种情况在商贸活动已经比较发达、进贡网络已经得到充分发展的商代，可能表现得更为突出。所以，对农业生产活动的全面研究和探讨就成为古代农业研究中的关键内容。根据考古学资料的特点，古代农业活动方面留下的证据，除了粮食作物种类外，就是农业工具（包括开垦荒地、耕种、中耕除草、收割和谷物加工乃至储存）和农田方面的证据。目前对于古代生产工具的研究，已经有一些进展，但谷物收割和加工工具和方式的研究，则多数都是推测阶段，而对于确定哪些是收割工具以及工具的使用方式，植硅体分析能够提供关键信息。因为所有用于谷物收割和加工的工具上面，都会或多或少地残留一些谷物植硅体，如果我们能够进行正确的采样和分析，就能获得收割和加工粮食作物种类乃至方法方面的信息。在古代农田的研究中，植硅体分析也是十分关键的手段。日本学者对水田的研究，主要是通过水田土壤植硅体分析结果进行的。

## 1. 寻找稻田

在水稻的研究中,判断水稻的当地以及大规模的种植对于判断该地区稻作农业的发展状况具有重要意义,从这个意义上说,稻田的出现是个重要的标志。同时,对于稻作农业的东传问题,稻田的发现也具有关键性的意义。我国古稻田的发现比较少,近年来利用植硅体的方法进行古稻田的寻找取得了一些重要的成绩。

从1991年始,王才林等对草鞋山遗址古稻田进行调查,在遗址南边200处60×60平方米的范围内设置调查区,并在该区域内以10~20米间隔设置80个取样点。采用定量分析的方法,计算出1个水稻蛋白石相当于水稻叶的重量、地上部干物重和稻谷的重量,确定1g土样中有多少水稻蛋白石,并以1g土壤中所含植物蛋白石在5000个以上为标准确定稻田区域。硅酸体定量分析的方法,为稻田的判别提供了新的计量标准,也更加准确。

靳桂云等在赵家庄遗址采用了系统采样的方法,即在可能的耕作区布置63个采样点,每个点先挖20厘米×20厘米的方坑,在坑内从上往下等间距采样,除点50和51纵向以5厘米间隔采集5个样品外,其余的61个点每个点都是纵向10厘米间隔采集3个土样(纵向以大写英文字母标识,如点1的3个样品分别标为1A,1B,1C),合计采集土样195个,再通过定量分析来判断古稻田的性质,指出即使是在土壤中水稻植硅体含量比较低(低于每克土壤中2000个),这种土壤也可能来自稻田遗迹,打破了以前以每克土样中含有5000个水稻扇型植硅体作为判断稻田的标准。样品中发现的水稻扇型、哑铃型及双峰硅酸体证明了水田的存在,而稗属、芦苇、竹亚科、芒属和莎草科的存在又很好的证明了这一结果。赵家庄遗址龙山文化早—中期(公元前2600~2300年)稻田的发现,缩短了中国与朝鲜半岛早期稻田之间的时间差,推动了东亚地区稻作农业传播路线的研究,并证明稻作农业从山东半岛直接传播到朝鲜半岛是可能的。

## 2. 谷物的加工、储藏方式

硅酸体在文化层中沉积下来,因而在一定程度上可以反映当地古人生活、生产的情况。又由于水稻的叶秆和稻壳产生的硅酸体形态不同,因而在考古遗存中可以根据水稻硅酸体的组合来分析谷物的收割、加工以及储藏方式,现在这方面的研究已经越来越引起学者的重视。

靳桂云等在河南登封王城岗遗址东的城墙附近灰坑,城墙夯土和壕沟填土内取样,根据H79、H85中来自谷壳的水稻硅酸体含量明显多于来自茎叶的植硅体的含量,推测在遗址聚落靠近城墙的部位曾经有谷物(脱壳)加工活动。

在山东五莲丹土遗址和日照两城镇遗址通过定量分析水稻植硅体浓度,以及水稻不同部位植硅体浓度的空间分布特点,分析聚落范围内空间功能的划分,以及稻作农业的加工方式。

## 3. 石器的收割功能

通过硅酸体的研究可以对遗址中出土的石器的功能进行准确的判断,这方面的工作正在开始,目前还不多,例如对赵家庄遗址双孔石刀的表面附着的水稻等农作物叶部植硅体的分析结果,说明双孔石刀是用于水稻等谷物收割的。

### (三) 遗址及其周围古环境的复原

利用植硅体能够所反映一定区域内气候及环境状况这一特点,考古遗址中出土的植硅体可以在一定程度上作为该遗址及其周围古环境的指示标。

郑云飞等对龙南遗址中的红烧土块进行了蛋白石分析,观察到除水稻以外的其他植物,如芦苇、茭白等,据此判断距今 5000 年左右的龙南村一带具有温暖湿润,河流众多的自然环境。

姜钦华对河南登封颍阳遗址考古土壤中的植硅石组合进行了研究,提出根据羊茅亚科喜生长于较高纬度和海拔较高的地区,而画眉草亚科和黍亚科喜生长于热带和亚热带地区,根据植硅石类型的比值阐明宏观环境条件,即羊茅型植硅石/(羊茅型+画眉草型+黍型)植硅石和画眉草型/(画眉草型+黍型)植硅石,前者比值越大,反映该地区气候凉爽、湿润;后者比值越大,则表明地区气候温暖、干旱甚至半干旱。该遗址中植硅石组合以羊茅草植硅石占优势,黍型和画眉草型植硅石含量不高,判断该地区的气候主要为温暖性质。

除此之外,还有黄翡等对苏州草鞋山遗址,顾延生等对洪山放鹰台遗址、黄陂盘龙城遗址、蔡甸陈子墩遗址,黄翡等对香港壕涌遗址,姚政权等温州老鼠山遗址、吴妍等对安徽滁州何郢遗址,吴妍等对安徽霍邱堰台西周遗址,王丹等对赤峰上房营子遗址以及贾湖遗址,洛阳皂角树遗址(西北角黄土剖面)等进行了植硅体分析,复原古环境状况。

但是,我们应该注意到,除了利用陶片进行硅酸体的判断外,绝大多数古环境的分析样品取自遗址的文化层中,而文化层是经过人类活动改变的土层,所以不能够准确的反映当地的自然环境状况,所以在研究中需要特别注意,最好选择遗址周围地区的自然沉积的地层进行取样研究。

Robinson 等人在美国开展的运用植硅体重建考古遗址古生态的工作结果表明:从考古遗址植硅体数据中所得到的推论要与依据孢粉等其它生物化石数据所得到的推论进行对比,这样才能证明植硅体在反映遗址古生态方面的意义。这种结果提示我们,在今后的环境考古研究工作中,要重视多种古环境气候指标的提取,并综合各类指标分析所得到的结果,只有这样,才能更客观地认识遗址的古生态特点。

### 三、田野采样

要对考古堆积中的植硅体进行鉴定，就要分析大量的现代样品，尤其要分析考古研究区现代常见的植硅体形态特征，据此来判别古代植物。在恢复古文化赖以发展的古气候和古环境的研究中，除了要采集遗址以外的自然剖面的样品外，还要采集现代表层土壤(沉积物)样品，利用现代表层土壤(沉积物)中的生物组合与相对应的气候参数(气温、降水)之间的相关关系，定量估算化石组合中所蕴含的古气候参数，进而恢复古气候。所以，将植硅体分析应用于考古学研究，就要采集现代植物样品、现代表层土壤样品(表层土壤样品要排除人类活动对植硅体所产生的影响给研究带来的偏差，尽量采集原生土壤样品)、遗址以外的自然剖面样品和考古样品。不同的样品采集方法和实验室处理方法是不同的(靳桂云，1998)。

#### (一) 现代植物标本的采集

为进行植硅体分析而采集现代植物标本，应注意以下几点：

1. 采集时间应选择在植物成熟期，一般选在秋季。
2. 除木本外，一般的草本植物最好全株采集，根、茎、叶、穗齐全，木本植物以采集成熟的树叶为主，外加少量的细枝条。
3. 样品采集量可视工作目的而定。
4. 植物样品采集最好能同植被下土壤样品的采集结合进行。

#### (二) 表层土壤及自然地层剖面样品的采集

野外表层土壤样品的采集要先将枯枝落叶层剥去，不做采集。采样厚度一般在0~10厘米，少量样品采集厚度在20厘米以上。实验室分析样品重量除个别样品是30克外，一般都分析15克样品，草原土壤用3克就够了。

遗址附近的自然地层剖面可以是湖泊、沼泽或泥塘的堆积。也可以是黄土或其它堆积。采样要保证样品不受污染，最好是沿剖面从下往上连续取样。采样间距根据具体情况而定，一般在2厘米左右。每个样品取干样5~10克。对每层样品所在的地层都要进行详细的地质描述，以供分析时参考。在采集硅酸体样品的同时，还要取用于年代测定的样品。



图三 山东胶南修齐园阶地采样剖面

### （三）考古发掘过程中采集的样品

在考古遗址中采集植硅体样品，内容很丰富。而且选择哪种采样方式取决于分析的目的及研究遗址的类型，在洞穴、贝冢、露天营地、史前聚落遗址中便有不同的采样方法和内容。在中国的新石器时代考古发掘中，最常见的是聚落遗址。这里以这类遗址为例说明采样方法。

**1. 采样分为土壤样品和遗物样品。**土壤样品还可以分为地层土壤样品和遗迹土壤样品。地层土壤样品可以采取柱状采样和槽式采样两种方法，一般都是从探方的四壁剖面取样。遗迹土壤样品则多采用水平采样的方法。

**（1）柱状采样**要选择地层关系明确并时间相对连续的探方剖面，这样硅酸体分析的结果才能比较准确地反映遗址内不同时期硅酸体组合连续变化的情况，从而得到人类使用植物的记录及变化情况。选定剖面后，要刮掉表层土壤，以确保样品不被污染，然后，从下往上按一定的间距连续采样，间距一般在5—10厘米，当然采样密度要取决于遗址的具体情况，尤其是堆积速率。柱宽不必超过30厘米。通常取样量为100—200g。在每采集完一个样品后都要清洁小铲，并且要把土壤样品放在安全、有标签的塑料带或小瓶中。为了了解地表和文化层以下自然土壤中的植硅体情况，对这两部分土壤也要采样。

**（2）槽式采样**是柱状采样的一个变种。具体做法是：选定剖面后，从中切下一个5~10厘米宽的柱子，放入一个三角形的铝质容器中，用塑料紧紧裹住，贮藏于实验室，以备日后采样、观察。



图四 王城岗遗址采样剖面

**（3）水平采样**主要用于各类遗迹。要尽量选择那些层位、范围都十分明确的遗迹如墓葬、房址、窖穴、灰坑等进行采样，当然选作取样分析的内容要根据研究目的而定，如果想

验证史前居民已种植某种谷物，那就应在窖穴、灰坑或推测的打谷场及古代的耕作层采样，如果是鉴定建房材料，最好在倒塌的屋顶或墙基的层位取样。这需要发掘前详细计划和发掘中相互配合。取样应在一个无风天气下进行。每个样品的重量控制在100~200克。每取一个样品都要清理一下工具上的泥土。土壤样品要放在无孔的容器(如密封口的塑料袋)中，不需要冷冻或化学处理。

## 2. 采样过程中应注意以下事项：

- (1) 采样前有总体设计，做到有计划和目的。
- (2) 结合考古学文化或者发掘情况采样。
- (3) 避免污染。
- (4) 写好标签。
- (5) 包装要注意安全性。
- (6) 运输过程中要注意保证样品完好。



图五 考古遗迹单位采集的植硅体样品

## 四、实验室提取

### (一) 现代植硅体的提取步骤

1. **植物预处理**，用稀盐酸或去污剂除去植物体(叶、茎)的表面尘物，用蒸馏水清洗、烘干，剪成小段，取5g左右，放入烧杯中。

2. **氧化处理**，把烧杯放入通风柜中，在烧杯中放入20ml浓HNO<sub>3</sub>，在电热版上加热，反复加入HNO<sub>3</sub>，直到有机质完全氧化，对于极难氧化的含油质较多的植物质，最后加入少量高炉酸，使样品氧化成白色粉末状。

3. **向烧杯中加入少量稀盐酸**，溶解灰分。

4. **用蒸馏水清洗，离心**。用中性树胶制片，在显微镜下观测、统计。



图六 制成的现代植硅体载玻片

### (二) 土壤样品植硅体提取步骤

从土壤样品中提取植硅体一般要经过以下几个步骤：

1. **准备工作**：选好土壤样品并做好样品遗迹单位的记录，然后各个土样取适量分别放入锡箔纸中，放在烘干机中烘烤6个小时后取出并研磨，每个样品取2克放入离心管中。

2. **加入H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、30%的稀盐酸除有机物和矿物**：在试管中加入H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>发反应后产生气泡，待反应结束后加入稀盐酸，煮沸去钙、铁，停止加热后待其自然冷却。

3. **除盐酸**：往冷却的试管中加入蒸馏水离心，如此三次，洗掉盐酸。

4. **重液浮选**：加入重液搅拌、震荡、离心，用吸管把漂浮在重液的植硅体吸出放入另一套试管。

5. **洗去重液**：往第二套试管中加蒸馏水离心，倒掉上面的液体。如此四次，剩下的就是比重高于水的植硅体。

6. **制片**：将植硅体放于载玻片上，滴中性树胶，加盖盖玻片，制片完毕。



图七 土壤样品的准备工作

### (三) 考古遗物包含植硅体的提取方法

对于考古发掘出土的遗物如陶瓷器碎片、红烧土、石器、动物牙齿等进行植硅体分析，首先也要解决分离硅酸体的问题。但由于陶器、瓷器、红烧土等是在高温下烧成的，颗粒分散极难，因此，处理前要在水中浸化，或在低真空软化后机械压碎、超声波破坏，必要时可以使用研磨机。

需要注意的是用物理磨碎的方法破坏土器的时候，也极有可能使硅酸体遭到破坏，而用超声波分散，可以避免破坏硅酸体，但控制超声波的频率是关键。对不同的样品如果频率不合适，常达不到理想的效果。

一般是用20KH2d的超声波使水中的物质徐徐破坏，而又保证硅酸体形态完整。具体到陶器碎片的硅酸体分析应遵循如下步骤：陶片采集、鉴定、洗涤、采图；用砂纸研磨陶器表面；用超声波清洗、破坏陶片；用筛析和采集法分选；重液浮选；制片、观察、统计。



图八 (a,b) 陶片的实验室处理工作

## 五、植硅体的鉴定

植硅体实验室鉴定用 NIKON E800 显微镜放大 400 倍完成。根据常规方法，每个样品统计大约 200 个植硅体。

植硅体形态鉴定，主要是采用与公开发表的文献进行对比的方法，因为目前还没有建立某个地区现代植物的植硅体对比标准，因此无法实现将考古遗址中发现的植硅体类型与该地区现代植物标本进行对比。

在对现代植物植硅体的研究中，目前对单子叶类植物，特别是其中的禾本科植物和莎草科植物的植硅体类型积累的资料比较多，除了已经确认的栽培作物如玉米、水稻、大麦和小麦、谷子和黍子等的植硅体类型外，对禾本科植物中常见的扇型、哑铃型、方型、长方型、尖型、棒型等植硅体类型及其组合的环境意义也有比较深入的研究，这些研究成果不仅成为古代农业研究、第四纪环境研究中的重要参考，也是研究全新世时期人类与环境关系的重要基础。由于对目前可鉴定植物植硅体类型的植物种属鉴别能力各不相同，有些可以比较准确地鉴定到科、属甚至种，但有些只能鉴定到目或纲，所以，对于考古遗址土壤中植硅体的类型，在鉴定和统计过程中，将其分为三类比较合理：不具备植物种属鉴定意义的植硅体类型、未知的植硅体类型和可鉴定的植硅体类型。

不具备植物种属鉴定意义的植硅体类型，主要有方型、长方型、尖型、棒型、部分扇型和哑铃型等，这些植硅体类型或者由于形态简单、缺乏表面特征（方型、长方型、尖型、棒型属于此类），或者是由于目前的研究还不够细致（部分扇型和哑铃型等属于此类），因此不具备植物种属的鉴别意义。但是，这些植硅体类型特别是其组合，有重要的古环境意义，同时，它们在考古遗址的土壤中经常大量出现，所以，如果能够对不同区域的考古遗址中出土这类植硅体组合进行对比分析，或可能得到一些区域环境方面的信息。例如，我们在王城岗遗址中发现的棒型中，以平滑棒型为主，而在山东日照两城镇和淄博桐林遗址中却以刺状棒型为主，上述遗址中出土的农作物的种类基本一致，这种不具备种属鉴定意义的棒型植硅体类型的差别，到底反映的是什么问题，我们需要在今后的工作中继续积累资料和加深认识，但毫无疑问，这种现象是我们必须加以注意的。据此，我们在统计时，将其作为一个类别，但不参与对可鉴定植硅体类型含量的计算。

可鉴定的植硅体类型，就是指那些可以鉴定到科、属，甚至种一级的植硅体类型，也包括只鉴定到纲或目的植硅体类型。如前所述，目前对禾本科植物植硅体类型的研究比较深入，所以，在可鉴定的植硅体类型中，以禾本科植物的植硅体类型比较多。由于禾本科植物分布范围广泛，并经常被人类利用，再加上该科植物植硅体产量高，这就决定了在考古遗址的土壤中多数都以禾本科植物的植硅体类型为主，在以前分析过的山东日照两城镇、河南登封王城岗等龙山时代考古遗址中都有这种情况。

禾本科植硅体类型中，可鉴定的类型有三大类：第一类是起源于植物叶片内的机动细胞扇型，其中，水稻、芦苇、竹子都有特定的扇型植硅体类型，除此以外的扇型还有很多种类，目前其与植物之间的关系还不十分清楚；第二类是表皮短细胞，包括哑铃型（包括十字型和

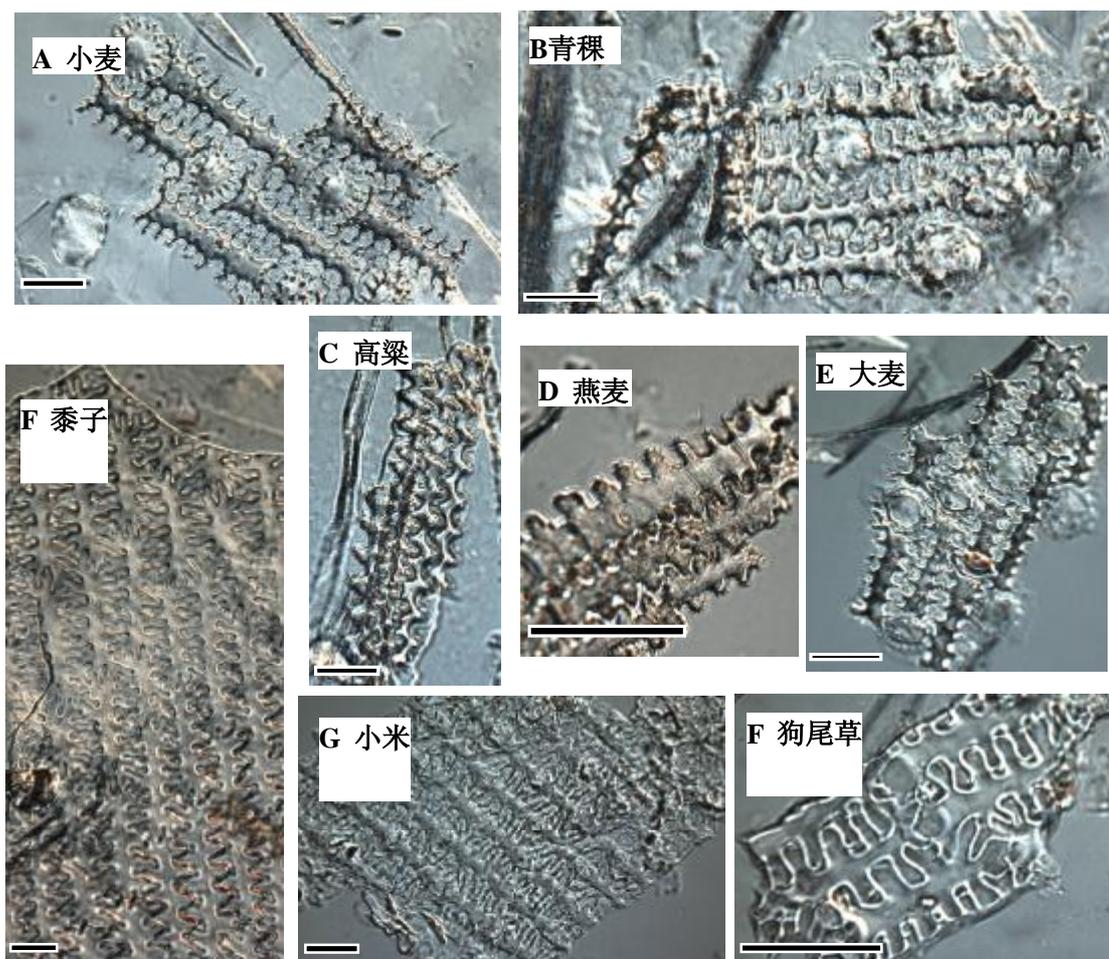
多铃型等，其中水稻具有典型的横排哑铃型植硅体)、竹节型(长鞍型)、鞍型(包括长鞍型和短鞍型)。第三类是植物颖果外稃上的植硅体，目前已经知道水稻、大麦和小麦、谷子和黍子外稃上的植硅体具有属甚至种一级的鉴定特征。

目前，学术界关于如何确定考古遗址中的栽培稻植硅体，已经有了比较成熟的标准。

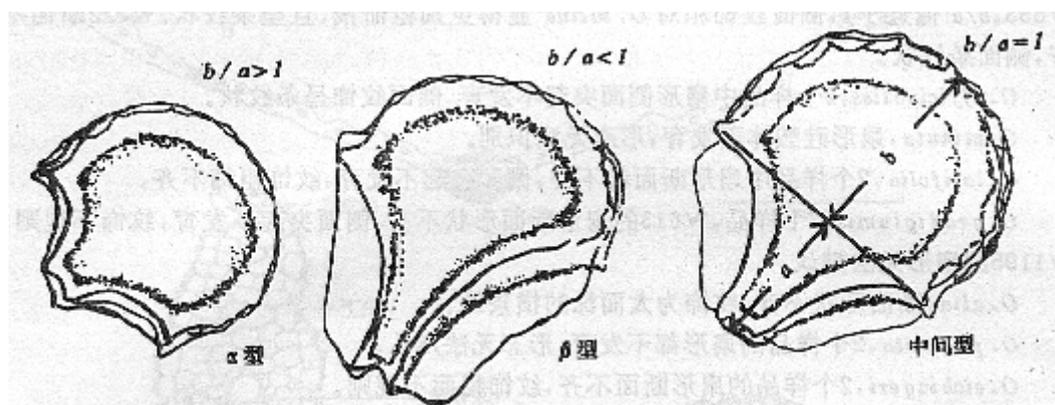
首先，由于稻属植物发育了区别于禾本科其它植物的特征扇型植硅体，所以，在没有野生稻生长的地区，只要在考古遗址中发现了属于稻属植物的扇型植硅体，就可以确认其为栽培稻植硅体<sup>[8]</sup>。中国的黄河流域不仅现代没有野生稻生长，可能在全新世温暖期之后的龙山时代也没有野生稻生长，所以，在黄河流域龙山时代及以后的考古遗址中，只要发现有稻属植物的植硅体，我们就可以认为这是栽培稻的遗存。

其次，在确认有稻属植物扇型植硅体的基础上，还可以根据这种扇型植硅体扇缘的纹饰区分栽培稻和野生稻，所以，即使分析南方地区史前时代考古遗址的植硅体，也可以根据扇型植硅体的形态来区分野生稻和栽培稻。虽然根据扇型植硅体已经能够判断考古遗址中是否有栽培稻，但确定考古遗址中是否有栽培稻遗存，一般情况下需要稻属扇型、横排哑铃型和稻壳的双峰乳突型植硅体在同一个考古遗址的相同或者不同遗迹中出现，这样的判断才是最科学可靠的。稻亚科的哑铃型植硅体在植物中的分布上有自己的特点，就是成排沿着与叶脉平行的方向排列，而其它亚科的哑铃型排列都是头尾相连成排分布的，植硅体本身的特点则是个体小，两端外缘不封闭、有裂隙，柄较短，有一种两端开裂、四角分开的哑铃型，也是稻亚科所特有的。来自稻壳的乳突型植硅体，形态特征也是稻亚科特有的，如果采用测量形态参数的方法，可以区分栽培稻和野生稻的植硅体。

相对于水稻，现代谷子植硅体形态的研究要欠缺得多。目前只有一篇文献涉及到谷子茎叶植硅体形态研究，一篇涉及到谷子和(或者)黍子颖壳植硅体形态研究。对于麦类作物植硅体的分析，已经发现，大麦和小麦的植硅体形态有比较明显的区别，主要表现在表皮细胞上的纹理结构不同。除了谷物类植硅体的植硅体外，我国常见的竹子、芦苇等植物的植硅体形态也具备了参考标准。



图七 西北地区现代常见农作物壳体植硅体



图八 稻亚科植硅体形态

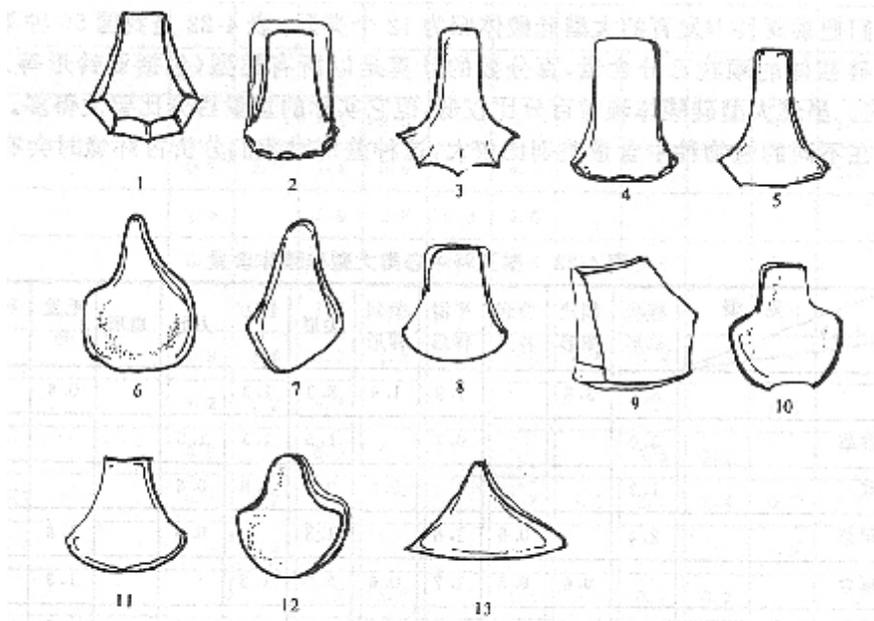
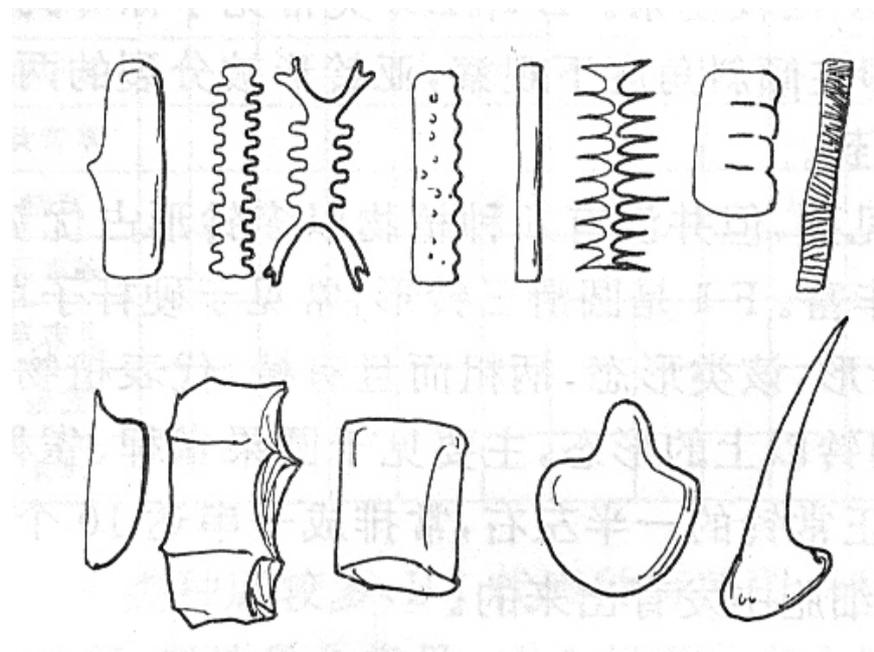


图 4-20 几种黍亚科植物中发育的扇形硅酸体

1. 弓果黍 2. 心叶碑 3. 求米草 4. 棕叶狗尾草 5. 竹叶草 6. 薏苡 7. 五节芒 8. 白茅  
9. 大油芒 10. 芒稷 11. 鼠尾婆罗草 12. 白羊草 13. 医 芒草

图九 几种黍亚科植物中发育的扇形植硅体



图十 几种黍亚科大型植物硅酸体图示