

绰墩遗址古水稻土孢粉学特征初步研究*

李春海¹ 章钢娅² 杨林章² 林先贵² 胡正义²
董元华² 曹志洪^{2†} 郑云飞³ 奎龙⁴

(1 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

(2 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

(3 浙江省文物考古研究所, 杭州 310004)

(4 苏州博物馆, 江苏苏州 215001)

摘要 自 1998 年以来, 绰墩遗址发现了大量的马家浜时期的水稻田。对遗址 VI 工作区两个剖面 P01 和 P03 进行植硅体和孢粉分析, P01 的植硅体分析结果显示在马家浜文化中晚期、马桥文化时期、宋代直至现代, 研究点都有水稻生长。孢粉分析还显示, 在植硅体浓度较高土壤沉积物中, 水生植物花粉在整个孢粉谱中所占比例较小, 与现代水田相似。这表明, 在新石器时代, 人类在种植水稻过程中可能已将杂草除去。绰墩遗址孢粉分析的结果可能为判断古水稻土提供一个有效的方法。

关键词 孢粉分析; 植硅体分析; 古水稻土; 新石器时代; 长江三角洲

中图分类号 Q913.84; P534

文献标识码 A

位于江苏省昆山市正仪镇北约 2 km 的绰墩遗址, 地处阳澄湖和傀儡湖之间的狭长地带(图 1), 总面积约 400 000 m²^[1]。1998~2003 年, 南京博物院、苏州博物馆、昆山文物管理所、中国科学院南京土壤研究所、浙江省农业科学院环境资源与土壤肥料研究所等合作, 先后进行了 6 次发掘。2003 年 11 月第 6 次发掘中, 在第 VI 工作区 300 m² 发掘范围内又发现了马家浜文化水稻田 22 块(S25~S46), 这些古水稻田打破原生土, 形成有田埂(保留原生土)相隔的圆角长方形或不规则等多种形状的低洼田块, 面积为 1~10 多 m², 几块或十几块田串联, 田块之间有水口连接, 有与田块配套的水沟、水塘、水井等灌溉系统, 在一些水塘、水井、水沟里出土了盆和罐等陶器, 拟为舀水灌溉所用。同时, 在灰坑中还淘洗出大量炭化米。根据最近的研究, 出土的炭化米的粒型变异比野生稻大的多, 粒形大小与野生稻差不多, 属于原始栽培的稻, 处于野生稻向栽培稻进化的阶段^[1]。

绰墩遗址古水稻田的发现对于研究东亚稻作农

业的发展具有重要的意义, 有必要开展多方面的研究。本研究对所发掘的一些古水稻田的表土层, P01 和 P03 两个剖面上相关层位的孢粉学记录进行了研究, 而且与覆盖其上的现代水稻土和采自附近的古湖沼沉积物的孢粉记录做了比较, 与植硅体分析相结合, 探讨了新石器时代水稻田的孢粉学特征。

1 现代地理环境

绰墩遗址位于太湖平原的阳澄湖低地, 地面高程一般在 3 m 以下。阳澄湖地区湖泊密布, 地势低下, 为古太湖泻湖的一部分, 经葑淤而成^[2]。

太湖地区属于中亚热带常绿阔叶林北部亚地带, 但是由于长时期的人类活动, 几乎不存在自然植被。常见的落叶阔叶和常绿阔叶乔木科属有: 常绿阔叶栎 *Quercus (Cyclobalanopsis)*、栲属 *Castanopsis*、栎属 *Quercus*、栗属 *Castanea*、枫香 *Liquidambar formosana*; 此外, 马尾松 (*Pinus massoniana*) 也比较常见。本地区由于有大量的湖泊存在, 地势低洼, 因此

* 国家自然科学基金项目“水稻土可持续利用机理研究~5000 年前埋藏古水稻土与现代水稻土质量的比较”(No. D0115-40335047, 40401002, 40572178) 资助

† 通讯作者, E-mail: zhcao@issas.ac.cn, Tel.: 025-86881057

作者简介: 李春海(1969~), 男, 江苏东海人, 中国科学院南京地理与湖泊研究所博士后, 主要从事第四纪孢粉学研究。E-mail: chhli@niglas.ac.cn

收稿日期: 2005-03-31; 收到修改稿日期: 2005-11-22

大量的水生植物分布, 常见的有: 莲(*Nelumbo nucifera*)、茭笋(*Zizania caduciflora*)、慈姑(*Sagittaria sagittiflora* var. *sinensis*)、睡莲(*Nymphaea tetragona*)、菱(*Trapa bispinosa*)、芡实(*Euryale ferox*)、水浮莲(*Pistia*

stratiotes)、凤眼莲(*Eichhornia*)、紫萍(*Spirodela polyrrhiza*)、浮叶萍(*Lemna minor*)、眼子菜(*Potamogeton franchetii*)、满江红(*Azolla imbricata*)、槐叶萍(*Salvinia natans*)等^[3]。

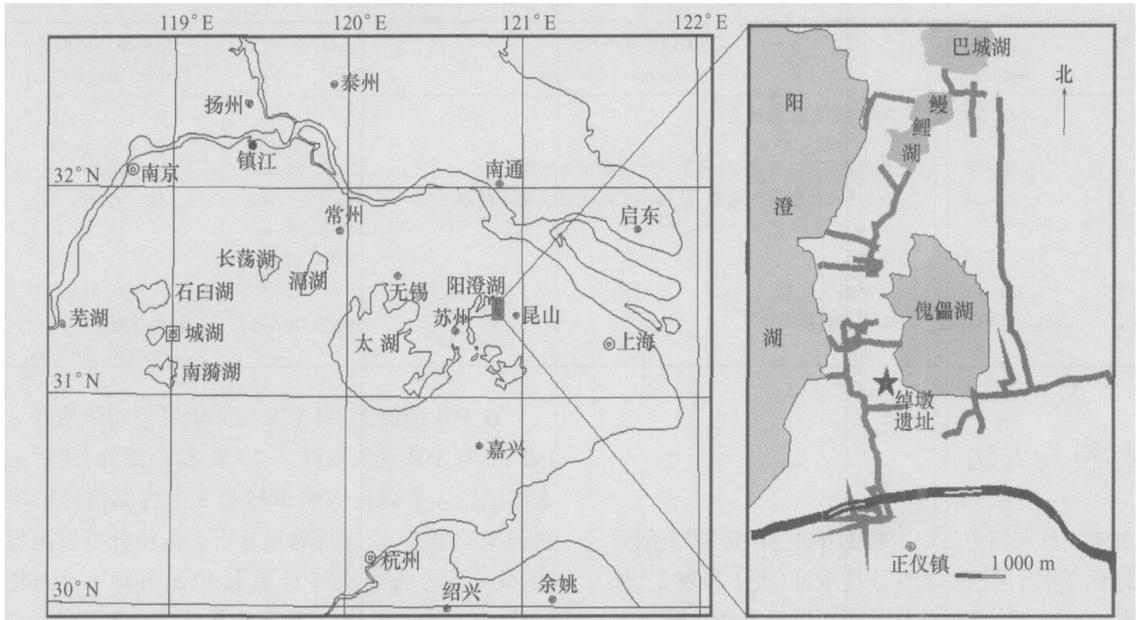


图 1 绰墩遗址地理位置图

Fig. 1 Position of Chuodun site

2 剖面描述与年代

由于使用土壤有机质测定的¹⁴C 年代数据有很大的不确定性^[4], 本研究主要使用考古器物类型资料提供的时间序列来确定年代顺序。VI 区的地层堆

积北部地势低为稻田, 南部地势高为村落高地, 现为村委会和小学所在地(31°24' 12.0" N, 120°50' 31.5" E)。1 号剖面(P01) 具体描述见表 1。根据考古器物, 160~ 130 cm 属于马家浜文化中期, 约为 6 000 a BP; 100 ~ 75 cm 属于马家浜文化中后期, 6 000~ 5 800 a BP; 75~ 57 cm 属于马桥文化时期,

表 1 P01 剖面层位描述、孢粉和植硅体取样深度

Table 1 Stratigraphical description, chronology, pollen and phytoliths sample of P01

编号 Number	深度 Depth (cm)	地层描述及时代 Sediment description and ages	孢粉取样 Pollen samples	植硅体连续取样 Phytolith samples (cm)
P01-9	0~ 22	灰黄色, 现代水稻土耕土层		0~ 15, 15~ 22
P01-8	22~ 42	扰动土, 宋代文化层, 现代水稻土心土层		22~ 42
P01-7	42~ 57	灰色淤土, 宋代文化层, 第一个埋藏的古水稻土层, 出土有青瓷碗, 高圈足碗等残片	P01-1 50 cm	42~ 57
P016	57~ 75	黄灰土夹黑灰色土, 马桥文化层(3 000 a BP), 是该埋藏古水稻土的心土层, 出土有泥质灰陶, 器形有盆, 三足盘, 豆把; 泥质橙黄陶、橘红陶、黑陶和原始瓷片等	P01-2 60 cm; P01-3 70 cm	57~ 75
P01-5	75~ 100	灰棕色土夹红烧土颗粒, 马家浜文化层(马家浜文化后期)	P01-4 85cm	75~ 100
P01-4	100~ 116	黑灰色, 马家浜文化层(马家浜文化后期), 出土很多陶片, 第二个埋藏的古水稻土的耕作层		100~ 116
P01-3	116~ 130	棕灰色土夹大量红烧土颗粒, 马家浜文化层(马家浜文化中后期), 第二个埋藏古水稻土的心土层	P01-5 118 cm	11~ 130
P01-2	130~ 160	棕灰色淤土, 局部黑灰色淤土, 出土大量马家浜文化陶片, 器形有盆、罐、豆、鼎等, 马家浜文化中期	P01-6 130 cm; P01-7 150 cm	130~ 150, 150~ 160
P01-1	> 160	黄土母质层	P01-8 175 cm	160~ 174, 174~ 200

4 000~ 3 700 a BP; 57~ 22 cm 属于宋代文化层, 1 279~ 960 AD; 22~ 0 cm 为现代耕作土。

3号剖面(P03), 距1号剖面东南约30 m, 剖面描述见表2。103 cm 以下, 时代大于6 600 a BP。

表2 P03剖面层位描述、孢粉和植硅体取样深度

Table 2 Stratigraphical description, chronology, pollen and phytoliths sample of P03

编号 Number	深度 Depth (cm)	地层描述及时代 Sediment description and ages	孢粉取样 Pollen samples	植硅体连续取样 Phytolith samples (cm)
P03-5	0~ 50	灰黄色, 现代水稻土		0~ 13, 13~ 23, 23~ 40, 40~ 50 50~ 60
P03-4	50~ 60	黄灰色, 宋代文化层, 属第一个埋藏的古水稻土层	P03-1: 50 cm	
P03-3	60~ 88	黄棕色, 马家浜文化层, 是第一个埋藏古水稻土的心土层	P03-2 60 cm; P03-3 70 cm; P03-4 80 cm	60~ 70, 70~ 88
P03-2	88~ 103	马家浜文化层		88~ 103
P03-1	103~ 130 cm 以下	黄土母质层	P03-5 108 cm	103~ 130, 130~ 155, 155~ 180, 180~ 200

3 材料与方法

由浙江省文物考古研究所对 P01 和 P03 两个剖面按照剖面的考古层位和岩性连续取样(表1和表2), 采用藤原等分析方法外加玻璃粒子法进行定量计算^[5,6]。

在 P01 剖面上, 根据考古文化层位间距取样 8 个(表1), 在 P03 剖面取样 4 个(表2)。此外, 还对来自太湖地区 4 个现代水稻田样和 3 个古湖沼样做了孢粉记录的研究, 以进行对比分析。孢粉分析采用标准 HF 酸分析方法^[7], 每个样品取 10 g, 外加 1 片石松孢子片剂(12 540 粒片⁻¹) 用于孢粉浓度计算。

表3 P01剖面植硅体浓度(个 g⁻¹)

Table 3 Phytoliths concentrations of samples from P01 profile (grains g⁻¹)

深度 Depth (cm)	稻 <i>Oryza</i>	芦苇 <i>Phragmites</i>	芒属 <i>Miscanthus</i>	竹亚科 <i>Phyllostachys</i>	黍属 <i>Milium</i>
0~ 15	19 476	1 025	15 376	7 175	3 075
15~ 22	17 093	0	23 930	4 558	1 140
22~ 42	14 147	0	19 806	3 773	1 886
42~ 57	25 271	8 748	31 102	8 748	0
57~ 75	11 477	956	13 390	956	0
75~ 100	3 542	885	20 366	0	1 771
100~ 116	105 159	0	6 632	0	0
116~ 130	64 007	2 371	33 189	0	2 371
130~ 150	17 327	1 238	17 237	0	1 238
150~ 160	19 678	2 952	17 711	0	0
160~ 174	0	4 337	18 431	0	0
174~ 200	0	0	1 009	0	0

4 结果与讨论

4.1 两个剖面相关层位的植硅体和孢粉记录

一般说来, 如果土壤中稻属植硅体的含量超过 5 000 个 g⁻¹, 说明有很大的可能性存在大量水稻生长^[8,9]。P01 剖面植硅体分析表明, 除生土层外各个层位都含有数量不等的植硅体, 然而 75~ 100 cm(马家浜文化层) 植硅体浓度小于 5 000 个 g⁻¹, 说明这个时期这个地点可能没有大量种植水稻。P03 剖面植硅体分析显示, 88 cm 深度以下没有发现任何水稻植硅体, 60~ 88 cm(马家浜时期) 只有少量的植硅

体(小于 2 000 个 g⁻¹), 说明没有水稻种植, 60 cm 以上水稻植硅体浓度普遍较高(23~ 40 cm 除外), 说明有大量水稻种植, 这与层位描述吻合。

12 个孢粉样大部分统计粒数均超过 200, 由于本文主要讨论研究点的植被变化, 单个科属的百分含量建立在所有孢粉总数之上。下文主要介绍 P01 基本情况。

P01 和 P03 的母质层花粉谱(图2, 图3) 基本相似, 孢粉浓度较低, 木本植物花粉都超过 20%, 主要是松和落叶栎。草本植物花粉, 香蒲属所占比例较高, 在 P01 中占 23%, 在 P03 中占 7.9%。在 P03 中, 禾本科花粉含量较高(45.8%), 香蒲的含量也比较

高(7.9%)。没有发现水稻的植硅体。这是没有人类影响之前的自然沉积物, 常绿阔叶栎和枫香属花

粉的出现, 表明气候比较温暖, 香蒲等水生植物花粉含量较高, 说明研究点环境湿润, 有湖沼存在。

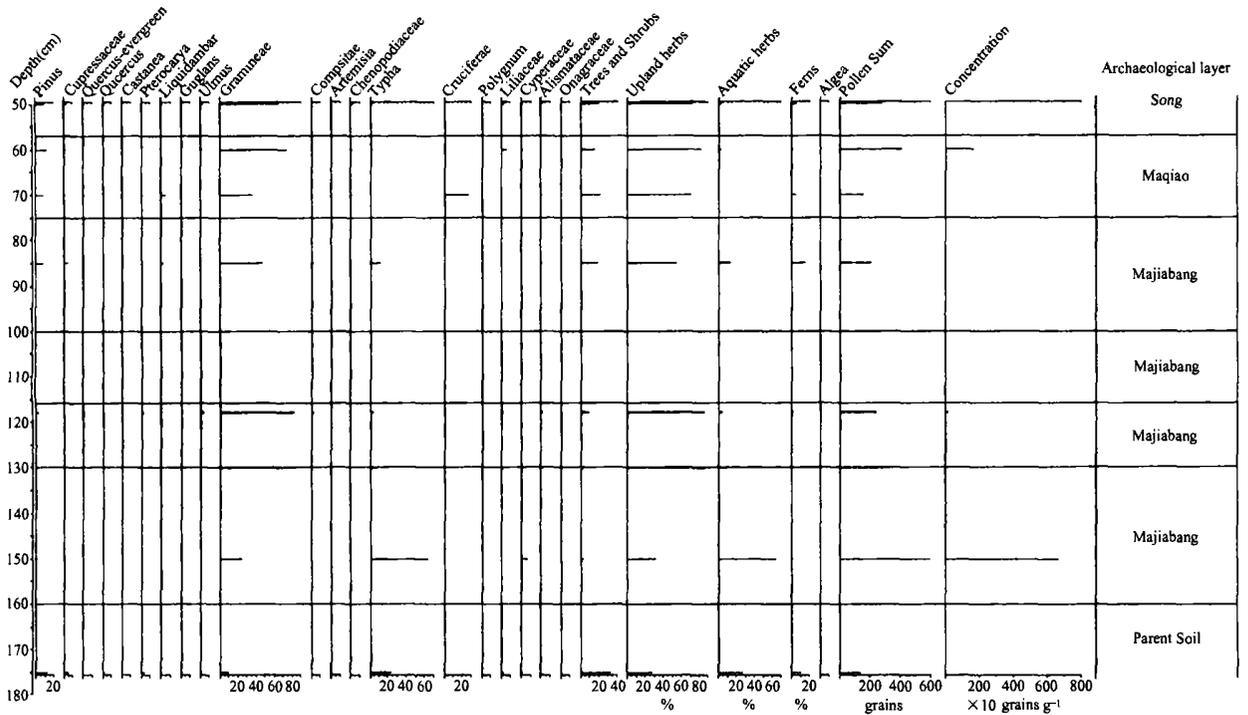


图 2 P01 剖面孢粉百分含量和总浓度图

Fig 2 Selected pollen diagram of P01 from Chundun site

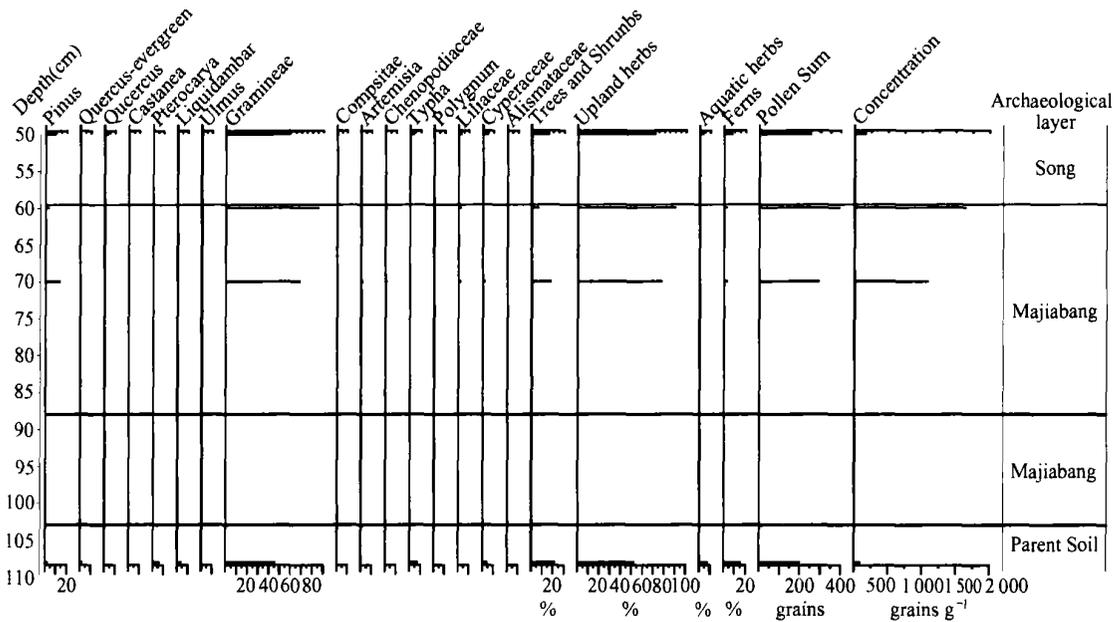


图 3 P03 剖面孢粉百分含量和总浓度图

Fig 3 Selected pollen diagram of P03 from Chundun site

150 cm, 孢粉浓度在整个剖面中为最高(67 042 粒 g⁻¹)。木本花粉在整个孢粉谱中所占比例很小

(仅 3.4%), 草本植物花粉约占 94.9%, 其中香蒲属约占 63.8%、禾本科占 23.8%。130~ 150 cm 和

150~160 cm 的植硅体分析发现大量的水稻植硅体, 分别达到 17 327 个 g^{-1} 和 19 678 个 g^{-1} (表 2)。

130~118 cm, 木本植物花粉含量相对较小 (3.4%~8.6%), 草本植物花粉含量较高, 其中最主要是禾本科 (47%~83%), 而香蒲属等其他水生植物花粉含量较低, 蕨类的孢子含量较高。116~130 cm 土壤的稻属植硅体含量为 64 007 个 g^{-1} , 说明有大量的稻属植物生长。

85 cm, 木本植物花粉占 19.3%, 草本植物花粉中香蒲的百分含量升高 (10.6%), 十字花科花粉在这个层位开始出现 (0.48%)。75~100 cm 水稻的植硅体含量为 3 542 个 g^{-1} , 在这个时期研究点可能没有稻属作物生长。

70 cm, 木本植物花粉为 19.3%, 草本植物中, 禾本科含量下降, 十字花科达到整个剖面的最高值

(27.6%), 香蒲含量是整个剖面的最低值 (0.6%), 其他的水生植物花粉含量也较少。孢粉浓度最低, 只有 162 粒 g^{-1} 。57~75 cm 的水稻植硅体含量为 11 477 个 g^{-1} , 说明在这个地方有稻属作物的生长。

50 cm 和 60 cm 的孢粉谱基本相似, 木本植物含量为 15%~19%, 其中松占优势; 草本植物中, 禾本科的含量比 70 cm 处上升, 水稻的植硅体, 在 42~57 cm 为 25 271 个 g^{-1} 。

P03 的 50 cm、60 cm、70 cm 孢粉谱的孢粉百分含量与 P01 的 130~118 cm 和 50 cm、60 cm 的孢粉百分含量接近, 草本植物花粉占优势, 其中禾本科的花粉最多。但是植硅体的含量有一定的差距, P03 的 50~60 cm 植硅体的含量为 15 306 个 g^{-1} , 但是 70 cm 处各个属的植硅体含量较低 (表 4), 有可能是实验误差。

表 4 P03 剖面植硅体浓度 (个 g^{-1})

Table 4 Phytoliths concentrations of samples from P03 profile (grains g^{-1})

深度 Depth (cm)	稻 <i>Oryza</i>	芦苇 <i>Phragmites</i>	芒属 <i>Miscanthus</i>	竹亚科 <i>Phyllostachys</i>	黍属 <i>Milium</i>
0~13	15 425	1 028	7 198	3 085	0
13~23	7 646	3 277	12 016	4 369	0
23~40	4 919	1 968	7 871	6 887	984
40~50	7 008	3 003	11 012	2 002	1 001
50~60	15 306	3 601	9 004	2 701	0
60~70	1 897	949	4 744	0	0
70~88	1 795	897	1 795	0	0
88~103	0	0	3 489	0	0
103~130	0	0	0	0	0
130~155	0	1 968	3 936	0	0
155~180	0	0	3 295	0	0
180~200	0	0	0	0	0

4.2 讨论

长江下游地区不少考古遗迹中已获大量的证据 (包括农具和碳化水稻) 证实早在河姆渡文化和马家浜文化时期人类就开展了水稻种植活动^[10~12], 草鞋山遗址和绰墩遗址古水稻田的发现更进一步提供了史前时期人类进行稻作农业活动的直接证据^[13,14]。

藤原等^[9]认为每克土壤中植硅体的含量多寡可以作为判断该土壤中是否种植水稻的一个工具。宇田津彻朗等^[8]认为观测到每克土壤中水稻的植硅体超过 5 000 个, 则生长水稻土的可能性很大。本文研究的两个剖面的植硅体分析结果显示, 研究地区在史前和历史时期几乎一直存在着稻作生长活动。在 P01 剖面中, 150 cm 以上大部分层位都含有大量的水稻植硅体 (75~100 cm 除外), 说明有水稻生长, 根据汤陵华的研究, 绰墩遗址水稻属于人工栽培的^[1]。这和草鞋山遗址第 8 单元东壁和西壁植硅体分析结果相同^[15]。虽然多数层位还未发现类似于

在 P01 的 100~116 cm 层位上观测到的古水稻田的外部形态证据, 但根据植硅体研究可以看出, P01 剖面所在地点从马家浜文化以来到现在的大部分时期都有水稻生长, 与土壤剖面结构的观测和其他各项分析的结果 (其他未显示资料) 均是相吻合的。

长江三角洲和江苏地区史前人类活动对植被变化有明显的影 响^[12,16]。本研究揭示母质层的木本花粉含量明显高于有人类活动的层位。木本花粉含量的减少有两个原因, 一个有可能是高海面 and 温暖湿润的气候造成太湖地区湖泊和沼泽面积扩大, 另外就是人类的影响。7.5~4.0 ka BP 是全新世高海面时期, 其中最高在 6.5~4.0 ka BP^[17]。陈中原等^[18]通过对太湖平原研究, 发现因海平面的上升, 导致地下水位的上升和湖沼面积扩大。南京句容宝华山 (5 140 ± 120 ¹⁴C a BP) 山龙眼化石的发现, 显示本地区当时温暖湿润的气候环境^[19]。虽然如此, 相对于 7.2~6 ka BP 特别温暖湿润的气候条件, 6~5

ka BP 是一个气候变化比较剧烈时期^[19]。由海平面变化导致的太湖平原水体面积的增减也是波动的, 如: 在 6.5~5.8¹⁴C ka BP 期间, 由于海平面的迅速上升, 太湖地区河流演化为高湖面型水下河道, 但是在 5.8~5.5¹⁴C ka BP 期间, 有一次低海面事件^[4]。因此, 气候和地形对于木本植物生长的影响应该是波动的。但是, P01 剖面孢粉分析结果显示在较长时间内木本植物花粉一直保持较少的比例, 唯一的例外是 70~85 cm。70 cm 处孢粉花粉谱中禾本科花粉含量减少, 而十字花科花粉比例较高, 可能反映这个时期出现水稻和其他十字花科植物交替种植的耕作方式, 此外, 总花粉浓度较低, 木本花粉浓度并没有显著上升, 说明木本植物没有扩展。85 cm, 根据植硅体分析表明人类的种植活动影响较小。可以看出, 木本植物花粉的增减主要原因在于禾本科植物花粉的数量的增多或者减少, 也即归因于人类的种植活动。母质层或者人类影响较小的层位, 木本植物花粉含量高于考古文化层的现象在其他考古遗址的孢粉记录中也有类似的表现^[16, 20~22, 12]。但是在长江下游地区的自然剖面或者钻孔中, 即使在海平面升高或者是全新世最湿热时期的水生植物花粉含量也没有显著上升, 如: 启东孔^[23]和建湖剖面^[24]。

不少研究者用禾本科花粉大小特征—即个体直径大于 40 μm 可能是水稻^[16], 论证长江中下游的水

稻种植活动。然而, 在考古遗址的孢粉记录中高含量的禾本科花粉经常伴随高含量的水生植物花粉, 如: 香蒲 (*Typha*)、眼子菜 (*Potamogetonaceae*)、蓼属 (*Polygonum*) 以及大量的水生蕨类, 如: 水龙骨 (*Polypodiaceae*) 等^[16, 25, 21, 22, 26]。在广富林遗址, 水稻植硅体丰富的层位, 禾本科和水生植物花粉呈同步的变化^[20, 25]。这种情况使我们对水稻种植的具体生产方式还难以做出清晰的了解, 即使有古水田的发现, 也无法科学判断水田的管理方式。因为大量的水生植物花粉和禾本科花粉 (或根据植硅体判断) 共存, 会让人得出田间管理粗放经营的看法。然而, P01 剖面的孢粉记录显示了截然不同的特征, 即在植硅体浓度较高的层位, 孢粉谱中禾本科花粉含量很高但水生植物花粉较低; 相反, 植硅体浓度较低的层位, 水生植物花粉含量恰相对较高 (图 3), 如: 在 85 cm, 植硅体含量小于 5 000 个 g^{-1} , 孢粉谱中出现大量的香蒲花粉。这种特征与绝大多数考古遗址的孢粉记录, 包括同一遗址其他探方的孢粉记录^[22]不同; 而与龙虬庄遗址的比较一致, 后者通过植硅体研究表明当时该地已有稻作农业活动^[12]。

由于长江三角洲地区海拔低, 河网密布, 在非人类种植的区域, 往往有大量的野生水生植物生长, 尤其是香蒲和芦苇等。这个地区考古点的孢粉记录中禾本科和水生植物花粉含量一般都比较, 反映了

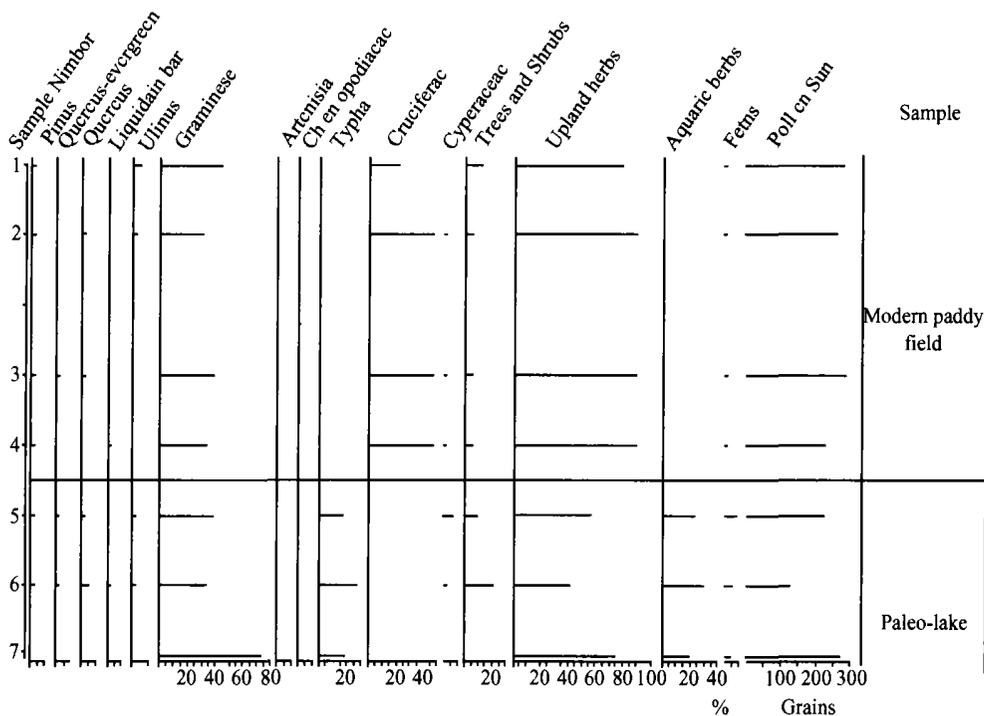


图 4 现代水稻土和古湖沼孢粉百分含量图

Fig. 4 Selected pollen diagram of samples from modern paddy field and paleo-lake

这种湖沼环境^[16, 21, 22, 25~28]与古湖沼样品的孢粉谱相近(图4)。绰墩遗址处于太湖地区最低洼处,紧邻阳澄湖和其他小湖,河网密布,即使是现在仍然有大量的野生水生植物生长。在本研究区的其他地点的孢粉记录也证实在当时有大量的水生植物生长,如萧家仪等^[21]的T0707南壁和T2904东壁孢粉记录显示香蒲在整个剖面中一直持续的大量出现,这两个地点可能没有进行水稻种植,因为禾本科花粉含量很小。

P01的130~118 cm(马家浜文化时期)和70~57 cm(马桥文化层)孢粉谱水生植物含量多少的特征与现代水稻土的非常相近(图4),P03的60 cm以上也显示相同的特征。

在不同地点的水稻田样品孢粉谱中,草本植物中占优势的是禾本科和十字花科的花粉(现代主要的作物是水稻和油菜),而水生植物花粉含量很少。这说明在古人种植水稻可能与现代人相似,除去水生杂草(淹水后,陆生杂草已被基本控制)而开始有一定的田间管理,当然水稻作为栽培作物的优势竞争生长也能淘汰一些其他水生杂草。汤陵华^[1]根据植硅体研究认为古代的田间管理可能是比较粗放,因为有大量的非水稻属的禾本科植硅体。但是不排除其他原因造成芦苇、竹子和芒草等植硅体存在,如:这些杂草在非水稻种植期生长,来自周边区域,或者是作为肥料,因为P01和P03的上部,在现代水稻土中仍然可以看到有大量的芒属、芦苇和竹亚科的植硅体,这可能需要更多的研究来揭示。虽然浓度高的植硅体对应于较低的水生植物花粉百分含量,也有例外,如150 cm,存在高浓度的植硅体和高含量的水生植物花粉共存的现象。由于150 cm在古水田表层的下部,可能是先于水田形成的沉积物,大量的植硅体是由于后来的人类活动造成的,即自然和人类活动共同的影响,沉积物中在含有大量的水稻植硅体同时,仍然含有大量的香蒲等水生植物花粉。

70 cm(马桥文化层),大量的十字花科植物花粉的出现,由于十字花科花粉产量较低,十字花科植物能在一定时期占优势,表明该时古人可能在试种蔬菜,耕作方式有一定的变化。

5 结论

虽然研究点的马家浜文化层以上的有些层位还没有找到明显的古水稻田遗迹,根据孢粉学记录结

合植硅体分析,仍有可能确定其是曾种植水稻的地点。本研究表明,古水稻田和现代水稻田的孢粉学特征具有一定的相似性:禾本科花粉占主要优势,水生植物花粉(如香蒲花粉)含量很少。这种现象不仅仅在本研究的地点出现,也可出现于长江三角洲的其他地区,如龙虬庄孢粉和植硅体研究中也在水稻植硅体含量较高的层位而水生植物花粉含量较少的现象^[12]。古人在耕作过程中,可能已经进行了一定的清除杂草的劳作,当然,水稻作为栽培作物的优势竞争生长也会淘汰一些其他水生杂草。因此,本研究获得的初步认识是:在长江三角洲水网密布地区,根据考古点土壤中水生植物与禾本科植物花粉含量的比例、结合植硅体分析做出是否有过水稻种植的判断。通过进一步的研究将有可能为古水稻土的诊断提供一种新的手段。

参考文献

- [1] 汤陵华. 绰墩遗址的原始稻作遗存. 东南文化, 2003(增刊1): 46~49. Tang L H. The relic of rice cultivation at Chunduo site (In Chinese). Southeast Culture, 2003(Suppl. 1): 46~49
- [2] 陈吉余, 虞志英, 恽才兴. 长江三角洲的地貌发育. 见: 陈吉余, 沈焕庭, 恽才兴, 等. 长江河口动力过程和地貌演变. 上海: 上海科学技术出版社, 1988. 1~18. Chen J Y, Yu Z Y, Yun C X. The geomorphic development in the Changjiang River delta (In Chinese). In: Chen J Y, Shen H T, Yun C X, et al. Processes of Dynamics and Geomorphology of the Changjiang Estuary. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 1988. 1~18
- [3] 吴征镒主编. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980. 666~697, 838~852. Wu Z Y, ed. The Vegetation of China (In Chinese). Beijing: Science Press, 1980. 666~697, 838~852
- [4] Wang Y, Amundson R, Trumbore S. Radiocarbon dating of soil organic matter. Quaternary Research, 1996, 45: 282~288
- [5] Fujiwara H. Fundamental studies in plant opal analysis: On the silica bodies of motor cell of rice plants and their relatives and the method of quantitative analysis. Journal of Japanese Archaeology Society, 1976, 9: 55~56
- [6] Fujiwara H. Study of plant opal analysis (4). Detection of plant opals in soil in Jomon vessels in the Kumamoto region. Archaeology and Natural Science, 1982, 14: 55~65
- [7] Faegri K, Iversen J. Textbook of Pollen Analysis. 4th Ed. London: John Wiley and Sons, 1989
- [8] 宇田津彻朗, 邹厚本, 藤原宏志, 等. 江苏省新石器时代遗址出土陶器的植物蛋白石分析. 农业考古, 1999(1): 36~45. Udatsu T, Zou H B, Hiroshi F, et al. Phytolith analysis on potteries from archaeological sites during the Neolithic, Jiangsu Province (In Chinese). Agricultural Archaeology, 1999(1): 36~45
- [9] Fujiwara H, Sugiyama S. Study of plant opal analysis (5). Investigation of rice paddy sites using plant opal analysis. Archaeology and Natural Science, 1984, 17: 73~85

- [10] 浙江省文物管理委员会, 浙江省博物馆. 河姆渡遗址第一期发掘报告. 考古学报, 1978(1): 39~ 94. Culture Relic Regulatory Commission of Chekiang Provincial, Provincial Museum. Report on the first excavation of Humudu site (In Chinese). *Acta Archaeologica Sinica*, 1978 (1): 39~ 94
- [11] 罗家角考古队. 桐乡罗家角遗址发掘报告. 见: 浙江省文物考古研究所编. 浙江省文物考古研究所学刊. 北京: 文物出版社, 1981. 1~ 42. The Archaeological Team of Luojiajiao. Report on excavation of Luojiajiao site, Tongxiang County (In Chinese). In: Zhejiang Institute of Cultural Relic Archaeology. ed. *Journal of Zhejiang Institute of Cultural Relic Archaeology*. Beijing: Cultural Relic Press, 1981. 1~ 42
- [12] Huang F, Zhang M. Pollen and phytolith evidence for rice cultivation during the Neolithic at Longqizhuang, eastern Jianghuai, China. *Vegetation History and Archaeobotany*, 2000, 19(3): 161~ 168
- [13] 谷建祥, 邹厚本, 李民昌, 等. 对草鞋山遗址马家浜文化时期稻作农业的初步认识. 东南文化, 1998(3): 15~ 24. Gu J X, Zou H B, Li M C, *et al.* A primary study on rice cultivation of Majiabang Culture at Caoxieshan site (In Chinese). *Southeast Culture*, 1998(3): 15~ 24
- [14] 苏州博物馆, 昆山市文物管理所, 昆山市正仪镇政府. 江苏昆山绰墩遗址第一至第五次发掘简报. 东南文化, 2003(增刊1): 1~ 42. Suzhou Museum, the Department of Kunshan Culture Relic Management, the Government of Zhengyi Town, Kunshan City. Brief report on the first to the fifth excavation of Chuodun site, Kunshan City (In Chinese). *Southeast Culture*, 2003(Suppl. 1): 1~ 42
- [15] 孙加祥, 汤陵华, 宇田津彻朗, 等. 草鞋山遗址各文化层植物蛋白石的试分析. 江苏农业科学, 1999(1): 17~ 19, 41. Sun J X, Tang L H, Udatsu T, *et al.* A primary study on phytolith from Caoxieshan relics (In Chinese). *Jiangsu Agricultural Sciences*, 1999(1): 17~ 19, 41
- [16] 王开发, 张玉兰, 封卫青, 等. 上海地区全新世植被、环境演替与古人类活动关系探讨. 海洋地质与第四纪地质, 1996, 16(1): 1~ 4. Wang K F, Zhang Y L, Fen W Q, *et al.* Researches on relationship among Holocene change vegetation environment evolution and human activities in Shanghai region (In Chinese). *Marine Geology and Quaternary Geology*, 1996, 16(1): 1~ 4
- [17] 赵希涛, 唐领余, 沈才明, 等. 江苏建湖庆丰剖面全新世气候变迁和海面变化. 海洋学报, 1994, 16(1): 76~ 88. Zhao X T, Tang L Y, Shen C M, *et al.* Holocene climate and sea level changes from Jianhu profile, Jiangsu Province (In Chinese). *Acta Oceanologica Sinica*, 1994, 16(1): 76~ 88
- [18] 陈中原, 洪雪晴, 李山, 等. 太湖地区环境考古. 地理学报, 1997, 52(2): 131~ 137. Chen Z Y, Hong X Q, Li S, *et al.* Study of archaeology-related environment evolution of Taihu Lake in southern Changjiang delta plain (In Chinese). *Acta Geographica Sinica*, 1997, 52(2): 131~ 137
- [19] 施雅风, 孔昭宸, 王苏民, 等. 中国全新世大暖期气候与环境的特征. 见: 施雅风主编. 中国全新世大暖期气候与环境. 北京: 海洋出版社, 1992. 1~ 18. Shi Y F, Kong Z C, Wang S M, *et al.* Basic features of climatic and environments during Holocene Megathermal in China (In Chinese). In: Shi Y F. ed. *The Climatic and Environments during Holocene Megathermal in China*. Beijing: China Ocean Press, 1992. 1~ 18
- [20] 张玉兰, 张敏斌, 宋建. 从广富林遗址中的植硅体组合特征看先民农耕发展. 科学通报, 2003, 48(1): 96~ 99. Zhang Y L, Zhang M B, Song J. Development of ancestors cultivation revealed in phytolith assemblages from Guangfulin relics (In Chinese). *Chinese Science Bulletin*, 2003, 48(1): 96~ 99
- [21] 封卫青. 福泉山考古遗址孢粉组合与先人活动环境分析. 上海地质, 1994, 49: 40~ 46. Fen W Q. Environment of ancestors activities and pollen assemblage from Fuquanshan archaeological site, Shanghai (In Chinese). *Shanghai Geology*, 1994, 49: 40~ 46
- [22] 萧家仪. 江苏吴江县龙南遗址孢粉组合与先民生活环境的初步研究. 东南文化, 1990(5): 259~ 263, 107. Xiao J Y. A primary study on living environment of ancestors inferred from pollen assemblage of Longnan site, Wujiang, Jiangsu Province (In Chinese). *Southeast Culture*, 1990(5): 259~ 263, 107
- [23] Liu K B, Sun S, Jiang X. Environmental change in the Yangtze River Delta since 12 000 a BP. *Quaternary Research*, 1992, 28: 32~ 45
- [24] 唐领余, 沈才明. 江苏北部全新世高温期植被与气候. 见: 施雅风主编. 中国全新世大暖期气候与环境. 北京: 海洋出版社, 1992. 80~ 93. Tang L Y, Shen C M. The vegetation and climate of Holocene Megathermal in northern Jiangsu Province (In Chinese). In: Shi Y F. ed. *The Climatic and Environments during Holocene Megathermal in China*. Beijing: China Ocean Press, 1992. 80~ 93
- [25] 张玉兰, 宋建, 吕炳全. 广富林遗址新发现及先人生活环境探析. 同济大学学报, 2002, 30(12): 1 454~ 1 457. Zhang Y L, Song J, Lu B Q. New discovery in archaeology and exploration of living environment of ancestors from Guangfulin relics in Shanghai (In Chinese). *Journal of Tongji University*, 2002, 30(12): 1 454~ 1 457
- [26] 王开发, 张玉兰, 蒋辉, 等. 崧泽遗址的孢粉分析研究. 考古学报, 1980(1): 59~ 66. Wang K F, Zhang Y L, Jiang H, *et al.* Pollen analysis and study of Songze site, Shanghai (In Chinese). *Acta Archaeologica Sinica*, 1980(1): 59~ 66
- [27] 李珍, 封卫青, 杨振京. 上海马桥遗址孢粉组合及先人活动环境分析. 同济大学学报(人文·社会科学版), 1996, 7(2): 69~ 75. Li Z, Fen W Q, Yang Z J. Pollen assemblage and study on ancestors environment from Maqiao site, Shanghai (In Chinese). *Journal of Tongji University (Humanities and Social Edition)*, 1996, 7(2): 69~ 75
- [28] Yi S, Saito Y, Zhao Q H, *et al.* Vegetation and climate changes in the Changjiang (Yangtze River) pollen records. *Quaternary Science Reviews*, 2003, 22: 1 501~ 1 519

POLLEN EVIDENCE FOR ANCIENT PADDY FIELDS AT CHUODUN SITE

Li Chunhai¹ Zhang Gangya² Yang Linzhang² Lin Xiangui²

Hu Zhengyi² Dong Yuanhua² Cao Zhihong^{2†} Zheng Yunfei³ Ding Jinlong⁴

(1 *Institute of Geography and Limnology Sciences, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China*)

(2 *Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China*)

(3 *Zhejiang Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology, Hangzhou 310004, China*)

(4 *Suzhou Museum, Suzhou, Jiangsu 215001, China*)

Abstract Since 1998, many paddy fields related to Majiabang Culture have been discovered at Chuodun site ($31^{\circ}24'12''$ N, $120^{\circ}50'31.5''$ E), Jiangsu Province. Studies of the ancient paddy fields at the Chuodun site are of great importance for unraveling the history of rice domestication in East Asia. To further validate this site as paddy fields, phytolith and pollen analyses were conducted for P01 and P03 profiles, which are located in the northeastern part of VI Unit. Pollen assemblages of ancient paddy soil also were compared with those of modern paddy soil to validate the method of pollen analysis as a possible approach toward the identification of ancient paddy fields. Results of phytolith analysis show that rice cultivation activities can be traced back to middle and late Majiabang Culture, Maqiao Culture and Song Dynasty at Chuodun site. Pollen data indicate that low aquatic herb pollen corresponding to more phytoliths in ancient paddy field. Low aquatic herb pollen value is also found in modern fields. This suggests that weeds might have been removed by human during rice cultivation in the Neolithic periods. Gramineae and aquatic herbs, together with phytolith analysis, can be used as an indicator of ancient paddy fields at archaeological sites on the Yangtze River Delta.

Key words Pollen analysis; Phytolith analysis; Ancient paddy soil; the Neolithic periods; Yangtze River Delta