考古生物指标记录的中国西北地区 5000 a BP 水稻遗存

李小强[①②]　周新郢[①③]　张宏宾[①③]　周 杰[①②]　尚 雪[①③]　John Dodson[④]

(① 中国科学院地球环境研究所, 西安 710075; ② 中国科学院黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710075; ③ 中国科学院研究生院, 北京 100049; ④ Institute for the Environment, Brunel University, Uxbridge, Middlesex UB8 3PH, UK. E-mail: lxq@loess.llqg.ac.cn)

摘要　西山坪遗址花粉、种子、植硅体等考古生物指标记录和加速器 ^{14}C 测年, 显示甘肃天水 5070 cal a BP 已开始种植水稻并在 5070 ~ 4300 cal a BP 时段持续存在, 是目前已知中国西北最老、最西北端的稻作遗存. 这一发现将史前稻作农业记录向西拓展了至少 2 个经度, 有助于准确判定 5000 a BP 这一重要时点东亚稻作农业的分布区域, 探讨新石器时代稻作农业传播的时间、路径和方式.

关键词　考古生物指标　中国西北　西山坪遗址　**5000 a BP**　水稻遗存

随着考古生物指标、基因技术和年代学研究的深入 [1~4], 科学家越来越关注"人类世"研究 [5]. 农业的出现作为新石器时期一个革命性事件, 对人类活动历史以及文明的诞生均产生重要影响. 研究农业起源、扩散与传播, 探讨农业活动导致环境状况的改变, 探索文化与文明的冲突与融合 [6,7], 已成为重要的科学问题.

中国农业起源于早全新世, 是世界公认的农业起源区之一 [8~10], 存在以长江中、下游地区的稻作农业(约 9000 a BP以前)和黄河中、下游地区的旱作农业(约 8000 a BP以前)两个独立中心, 与著名的西亚小麦农业起源中心(约 9500 ~ 7500 BC)一起被视为原始农业的两个主要起源中心 [1,11]. 新石器时期农业的扩展与传播导致了文化、语言以及文明的相互影响, 许多模型探讨了农业从起源区向外的辐射以及经济系统的移动、农业传播事件和人口增长与扩张 [1,6,7]. 水稻是世界上最重要的粮食作物之一, 亚洲超过 3 Tm^2 的土地种植了水稻, 全球水稻年产量可达 535 Mt[12,13]. 水稻属湿地农作物, 其发生和发展导致了植被与生态格局的改变以及CH_4等温室气体的排放, 对中全新世以来全球环境的变化产生重大影响 [14]. 目前, 已有许多研究工作讨论了水稻起源与文化发展等问题 [15,16], 关于稻作农业扩散与传播的时间、路径和方式, 稻作农业活动对环境产生的影响等研究, 是值得认真研究的重要课题.

中国甘肃及青海东部地区是新石器时代人类活动的重要区域, 甘肃天水及周边地区新石器文化出现早、规模大、序列完整, 孕育了灿烂的大地湾、马家窑和齐家文化等文化类型, 在中华文明的发展过程中有着举足轻重的作用 [17,18]. 甘肃天水地区已开展了大量考古调查工作以及气候变化与史前人类活动关系, 农业与畜牧业更替等研究 [17~20]. 由于缺乏考古生物学证据和高精度测年数据, 未能深入开展针对新石器人类活动及其发展历史, 栽培作物等物质文化的传播、交流、融合和相互影响, 农业活动的环境效应等研究. 2004 年, 选择甘肃西山坪遗址开展高分辨农作物种子、花粉、植硅体等考古生物指标研究, 结合高精度的AMS ^{14}C测年, 获得了中国西北最老的水稻遗存记录, 为新石器水稻在西北的种植时间以及稻作农业可能的传播路径和方式提供新证据.

1　研究区概况与研究方法

西山坪遗址(34°33′50″N, 105°32′41″E, 海拔 1330 m)是西北地区新石器时代重要遗址之一, 位于甘肃省天水市西 15 km耤河南岸的台地上, 高出河床约 50 m (图 1). 遗址北面是宽阔的耤河河谷(渭河上游), 东面约 300 m为耤河支流普岔河. 研究区气候属暖温带半湿润气候, 年均气温 11.6 ~ 8.3℃, 年均降水量 574 mm, 多集中在夏秋两季, 占年总降水量 77%. 基岩山地应属暖温带针阔叶混交林区, 黄土梁峁区植被应为森林草原和草原带 [21]. 研究区的自然植被已不复存在, 大多被小麦、玉米、马铃薯及糜、谷等农作物替代.

1947 年裴文中先生首先发现了西山坪遗址, 1956

2006-11-07 收稿, 2007-02-09 接受
国家自然科学基金项目(批准号: 40372077, 40572108)、中国科学院重大方向性项目(编号: KZCX3-SW-146)和"西部之光"项目资助

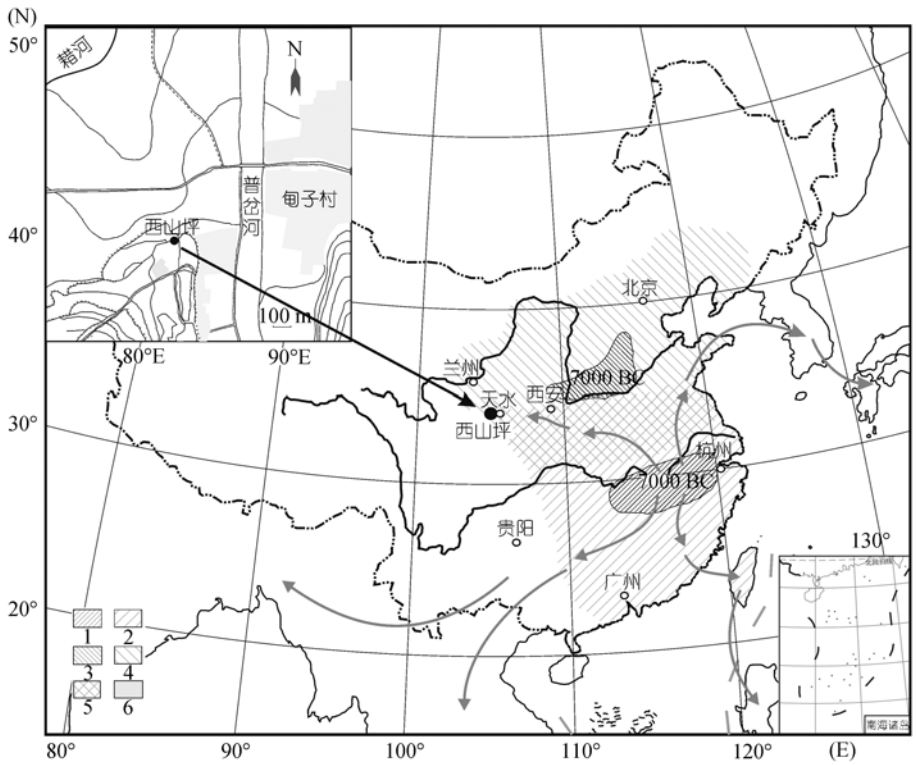


图 1 中国新石器稻作与旱作农业的起源与传播

1, 新石器早期稻作农业起源区; 2, 新石器稻作农业传播区; 3, 新石器早期旱作农业起源区; 4, 新石器旱作农业传播区; 5, 新石器中、晚期稻作和旱作农业混合区; 6, 村庄

年甘青考古队开展了较详细的考古调查, 测定遗址面积为 204800 m^2, 1986 年秋至 1990 年春甘青考古队对该遗址进行了全面的发掘, 出土较多的石器和陶器, 尤以新石器时代的马家窑和齐家文化时期遗存丰富 [22,23]. 中国社会科学院考古研究所将涵盖 7800 ~ 3000 a BP的文化遗存分为 8 期并明确了各文化期的时间关系 [23]. 通过对西山坪遗址及周边地区的全面勘察, 本研究选定遗址北部一个沉积序列连续、文化层发育好的剖面, 厚约 650 cm, 未见窖穴、窑穴和墓穴等扰动. 沉积剖面的磁化率变化、沉积物颜色和结构特征显示该套沉积为陆相, 未有水流作用的影响和改造, 从上至下可分为 7 层:

0 ~ 40 cm 现代耕作层, 质地疏松, 扰动明显, 具虫孔及大量植物根系.

40 ~ 130 cm 文化层, 褐色, 有零星陶片和较多炭屑颗粒散布.

130 ~ 260 cm 棕色疏松粉砂状土, 散布零星陶片碎屑.

260 ~ 340 cm 文化层, 黄色疏松细粉砂状土, 陶片及炭屑颗粒物少见.

340 ~ 440 cm 黄色疏松粉砂状土, 散布零星陶片和炭屑颗粒物.

440 ~ 570 cm 文化层, 褐色, 分布大量陶片碎屑及炭屑, 向下逐渐减少.

570 ~ 650 cm 黄色粉砂质土, 质地疏松, 未见陶片和炭屑颗粒物.

采用筛析-重液综合法 [24]分析花粉样品 64 块, 首先在筛析分析器中过滤样品(筛网孔径小于 10 μm), 使用$ZnCl_2$ 重液(比重 2.0)浮选底样, 再采用HI/KI重液(比重 2.0) 2 次浮选样品, 加入 1 片石松孢子(11670 粒/片)以计算花粉浓度. 采用标准分析程序 [25,26]分析植物硅酸体样品 65 块, 每个样品鉴定 15 种主要植硅体形态, 植硅体统计粒数均在 450 粒以上, 运用扫描电镜鉴定和区分几种重要栽培农作物硅酸体. 以 10 ~ 15 cm层厚采集约 80 kg重样品 20 个, 采用筛析浮选法提取各种考古遗存, 在双目实体显微镜下挑选出炭屑、炭化种子和植物残体等供研究 [27].

选择不同层位的 6 个炭屑和 2 个炭化种子样品, 在日本东京大学加速器实验室完成加速器 ^{14}C测年, 并对所测年龄进行了日历年校正(表 1)[28]. 考虑到 0 ~

40 cm为现代耕作层, 人为扰动明显、误差较大, 40 cm以上的分析数据未被使用. 整个剖面的 8 个年龄数据有 3 个年龄有倒置状况, 与地层层序不太一致. 130 cm 处的炭屑年龄偏新, 490 cm的年龄略偏老, 这在文化遗址剖面后期人类活动扰动或动物挖地洞等有关. 340 ~ 560 cm间的沉积可视为快速堆积的结果. 60 cm深度的炭屑年龄为 4330 cal a BP, 620 cm深度的炭化种子年龄为 5165 cal a BP, 选择 5 个线性相关良好的测年数据进行线形内插核外推, 建立西山坪遗址剖面的年代标尺. 650 ~ 40 cm深度的年龄为 5250 ~ 4300 cal a BP, 约 1000 a的一套沉积, 与马家窑文化期相当(图 2).

2　结果

从 20 个样品中共鉴定出 16 个类型的炭化种子和果实, 计有水稻(*Oryza sativa*)、小麦(*Triticum aestivum*)、粟(*Setaria italica*)、黍(*Panicum miliaceum*)、大麦 (*Hordeum vulgare*)、燕麦(*Avena* sp.)和野大豆(*Glycine soja*)等 7 种农作物种子、8 种草种和榛子果实. 水稻炭化种子在 16 个样品中有发现(图 2), 最早出现的层位在 5.85 m, 是 5 个完整粒和 7 个破碎粒(图 3). 西山坪水稻炭化种子一般长 4.45 ~ 4.93 mm, 宽 2.16 ~ 2.54 mm, 长宽比为(1.9 ~ 2.0)∶1. 对该层炭化水稻种子直接进行 AMS^{14}C 测年, 测定的年龄值为 5070 cal a BP. 所有的样品中均发现炭化黍种子, 最早的黍种子出现在剖面 620 cm 处, 对其直接测定的加速器 ^{14}C 年龄为 5165 cal a BP. 粟炭化种子在 19 个样品中出现, 基本分布于整个剖面, 最早出现年龄约为 5070 cal a BP. 小麦在剖面上部的 8 个样品中被检

表 1　西山坪遗址加速器 ^{14}C 测年 a)

深度/cm	实验室号	^{14}C 年龄/a BP	校正年龄/cal a BP	校正年龄(均值)/cal a BP	测年材料
60	TKa13882	3900±35	4236 ~ 4419	4328	炭屑
130	TKa13883	2785±30	2839 ~ 2949	2894	炭屑
345	TKa13884	4430±35	4870 ~ 5069	4920	炭屑
490	TKa13885	4855±35	5579 ~ 5655	5617	炭屑
560	TKa13886	4360±35	4845 ~ 4983	4914	炭屑
570	TKa13887	4400±35	4859 ~ 5051	4955	炭屑
585	TKa13890	4430±100	4833 ~ 5312	5073	炭化种子(水稻)
620	TKa13889	4490±35	5035 ~ 5295	5165	炭化种子(粟)

a) 2 个炭化种子和 6 个炭屑样品的加速器 ^{14}C测年在日本东京大学加速器质谱实验室完成, 校正年龄采用Calib Rev 4.4 软件完成 [28]

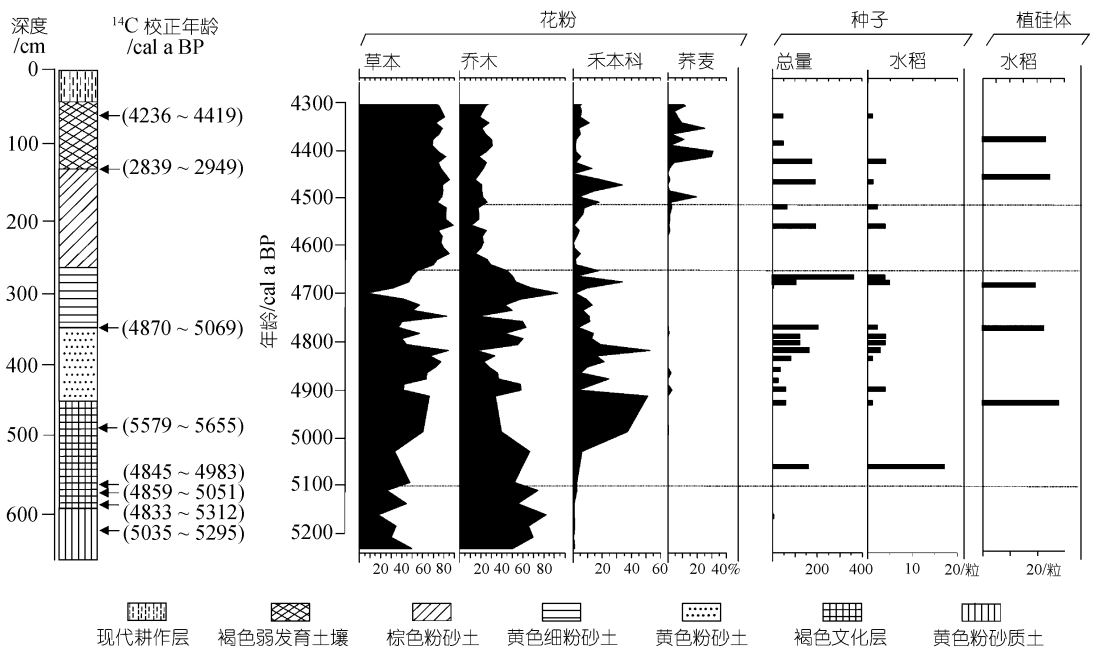


图 2　西山坪遗址花粉百分比、水稻种子和植硅体图谱

出, 最早出现的年代为约 4650 cal a BP, 燕麦在 2 个样品中出现, 年龄在 4600 cal a BP 左右.

西山坪遗址中共鉴定出水稻、粟和黍 3 种栽培作物硅酸体. 粟和黍硅酸体在 14 个样品中被检出, 主要是颖壳硅酸体. 在 5 个层位样品中鉴定出水稻硅酸体(最早出现在 560 cm), 主要是特征扇型(扇缘有龟甲状纹饰)和平行排列的哑铃型(其长轴与叶片长轴垂直)(图 3). 采用扫描电镜观察植物硅酸体的细微结构并和现代水稻、粟和黍硅酸体进行比对以提高鉴定的精度 [29,30]. 水稻植物硅酸体多数形成于水稻叶片表皮, 部分形成于颖壳, 其中扇缘具有鳞片状纹饰的扇型硅酸体粒数较多(图 3), 可能是由于扇型硅酸体抗风化能力较强, 在地层中保存较好的缘故; 平行排列的哑铃型相对较少, 而且排列的哑铃个数多在 2 ~ 4 个(图 3), 很难看到 5 个以上哑铃排列的硅酸体, 还可很清楚地看到一些排列状哑铃的单个破损体, 这可能说明排列状哑铃型硅酸体的抗风化能力比较弱, 在地层中不易保存. 水稻硅酸体记录进一步支持了西山坪遗址稻作农业的存在.

现代表土花粉研究显示, 禾本科花粉的代表性较弱, 即使在禾本科植物为建群种的草原群落中, 其花粉含量也多低于 10% [31]. 在农业活动强烈的地区, 禾本科作物的栽培是人类选择性种植的结果, 有别于自然状态的禾本科群落, 一般表现为“纯”禾本科植物的生长, 低代表性的禾本科花粉仍可在花粉组合中显示高含量, 其花粉含量的变化间接指示了农作物盖度的变化, 可视为人类农业活动的替代指标.

花粉百分比图谱显示(图 2), 西山坪遗址 5250 ~ 4300 cal a BP 时段的花粉变化可分为 5100 ~ 4650 和 4650 ~ 4300 cal a BP 两个主要阶段, 从 5100 cal a BP 开始, 禾本科等草本花粉百分比增长很快, 最高可达 21%, 而乔木花粉含量减少明显, 显示该阶段农业活动加强. 从 4650 cal a BP 开始, 针叶乔木花粉急剧降低到不足 1%, 阔叶乔木增加, 荞麦花粉含量增加而禾本科植物有所减少, 4500 cal a BP 以后, 荞麦花粉急剧增高(峰值可达 30%), 禾本科花粉也有较大提高, 显示研究区农业活动继续增强, 荞麦作物种植的增加.

3 讨论与结论

西山坪遗址花粉、种子和植物硅酸体记录结合高精度 AMS ^{14}C 测年, 揭示了西山坪 5250 ~ 4300 cal a BP 期间先民农业活动可分为两个主要阶段. 相较于 5250 ~ 5100 cal a BP 阶段, 从 5100 cal a BP 开始至

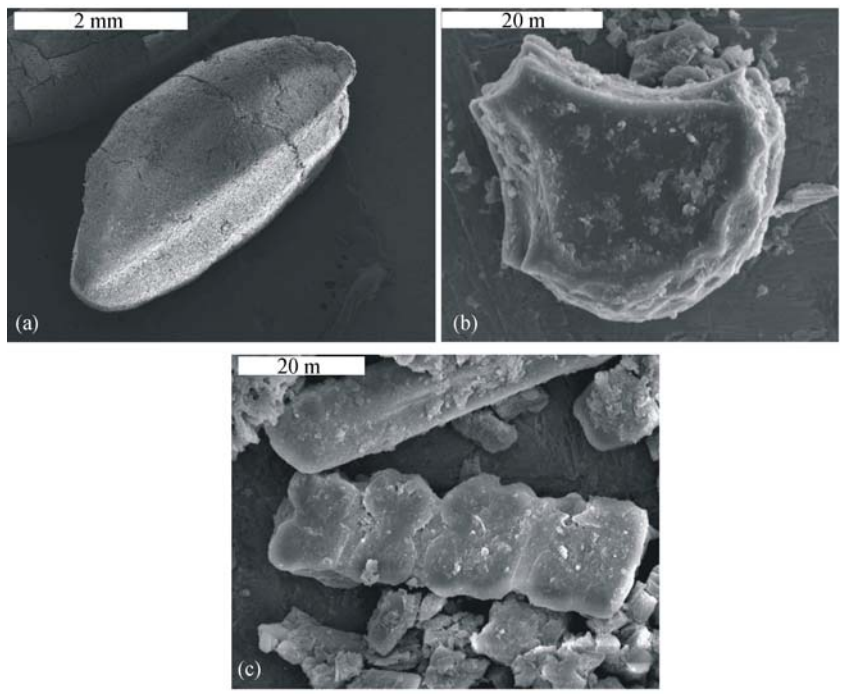


图 3 西山坪剖面水稻种子和植硅体扫描电镜图版

(a) 水稻种子(*Oryza sativa*); (b) 水稻特征扇型植硅体; (c) 水稻平行排列哑铃型植硅体

4650 cal a BP, 禾本科植物迅速增多, 乔木植物数量降低, 出现大量粟、黍、水稻种子和植硅体, 显示了研究区农业活动从5100 cal a BP开始显著加强, 并对研究点的植被类型产生了影响, 造成乔木植物明显减少. 在整个 5100～4650 cal a BP 阶段, 先民的农业活动已比较强烈, 出现了水稻湿地农业. 粟、黍作物种子鉴定出 1082 粒, 水稻有 41 粒, 粟、黍作物种子数量大约是水稻的 25 倍, 似可认为这一时段仍以粟、黍旱作农业为主. 4650 cal a BP 以来一个主要特点是小麦和燕麦等农作物出现以及高含量荞麦花粉出现, 大量的黍、粟种子和荞麦作物的高含量表明研究区仍然是以旱作农业为主, 但出现多种农作物种植记录.

粟、黍旱作农业起源于新石器时代的黄河流域[8,9], 中国北方大部分新石器遗址, 尤其是仰韶文化遗址显示了以粟、黍为主的旱作农业系统. 长江中、下游地区是水稻最早被驯化的地区, 包含几个早期重要的稻作农业中心, 如吊桶环遗址、彭头山遗址、浦江上山遗址和河姆渡遗址等[10,32~35]. 水稻一直是长江流域和中国南方的主要农作物.

史前先民从农业中心区向外扩散和迁徙, 导致了农业的广泛传播和农业文明间的交流与融合. 已有研究表明, 水稻向南传播到中国岭南地区的时间大约为 5000 a BP[36], 大约在 4300 a BP传播到泰国和越南, 4000 a BP到达马来西亚和菲律宾, 3500 a BP进入印度尼西亚. 水稻传播到印度次大陆的时间是约 4500 a BP, 3000 a BP抵达斯里兰卡[37]. 水稻向东传播到日本时间约为 2100 a BP[38]. 由于缺乏系统的植物考古研究和高精度测年数据, 使我们难以了解水稻传播到黄河中、下游不同地区的确切时间. 河南渑池仰韶村、陕西华县泉护村、陕西户县丈八寺和陕西扶风案板街等仰韶文化中晚期遗址中发现水稻遗存, 显示中国黄河中游地区以粟、黍为主的旱作农业区, 在新石器中、晚期已有水稻种植, 存在旱作农业和稻作农业的混合区, 这一区域的范围大致位于32°～37°N, 107.5°～120°E之间[39~41](图 1).

西山坪遗址(105°32′41″E)考古生物指标和高精度 ^{14}C 测年记录了在 5070 cal a BP 已开始种植水稻, 并在 5070～4300 cal a BP 时段 700 a 间持续存在. 西山坪水稻遗存是中国西北地区有精确定年的最老的稻作农业记录, 也是目前所知5000 cal a BP水稻种植的最西北端. 西山坪稻作遗存记录不仅说明了稻作农业早在 5000 a BP 已传播到中国西北天水地区, 也将中国新石器稻作农业记录向西拓展了至少 2 个经度. 这有助于准确判定 5000 a BP 这一重要时点东亚稻作农业的分布区域.

目前, 仍然缺乏直接证据检验早期农业传播的时间、路径和方式, 尤其是东亚和西亚两个农业起源中心之间农业文化的传播、交流与融合. 已有的研究结果显示直到公元 700 年水稻才由印度传播到欧洲的西班牙, 中亚和西亚新石器时代考古研究中没有稻作农业记录. 中国西北 5000 a BP 水稻遗存的发现也引起我们的思考, 起源于东亚的稻作农业是否通过中国西北地区, 经中亚传播到西亚甚至欧洲？其传播的时间、路径和方式如何？对农业和环境产生了怎样的影响？许多问题值得继续深入研究.

致谢 中国科学院植物研究所刘长江研究员完成植物种子鉴定, 中国科学院地质与地球物理研究所吕厚远研究员指导了植硅体分析, 赵宏丽、纪明参加了野外调查, 东京大学加速器实验室完成 ^{14}C 年龄测定, 在此一并致谢.

参 考 文 献

1 Bellwood P. First Farmers: The Origin of Agricultural Societies. London: Blackwell Publishing, 2005
2 Perry L, Sandweiss D H, Piperno D R, et al. Early maize agriculture and interzonal interaction in southern Peru. Nature, 2006, 440: 76—79[DOI]
3 Salamini F, Özkan H, Brandolini S R, et al. Genetics and geography of wild cereal domestication in the Near East. Nat Revi Genet, 2002, 3: 429—441
4 Mellars P. A new radiocarbon revolution and the dispersal of modern humans in Eurasia. Nature, 2006, 439: 931—935[DOI]
5 刘东生. 科学工作假说(Working Hypothesis)是科学创新的基础. 第四纪研究, 2006, 26(5): 673—677
6 Diamond J, Bellwood P. Farmers and their languages: The first expansions. Science, 2003, 30: 597—603[DOI]
7 Hazelwood L, Steele J. Spatial dynamics of human dispersals: Constraints on modelling and archaeological validation. J Archaeo Sci, 2004, 31: 669—679[DOI]
8 Underhill A. Current issues in Chinese Neolithic Archaeology. J World Prehis, 1997, 11(2): 103—160[DOI]
9 Shelach G. The earliest Neolithic cultures of Northeast China: Recent discoveries and new perspectives on the beginning of agriculture. J World Prehis, 2000, 14(4): 363—413[DOI]
10 Zhao Z. The middle Yangtze region in China is one place where rice was domesticated: phytolith evidence from the Diaotonghuan Cave, northern Jiangxi. Antiquity, 1998, 72: 885—897
11 Bellwood P. Early Agriculturalist population diasporas? Farming, languages, and genes. Ann Rev Anthropol, 2001, 30: 181—207[DOI]
12 Khush G S. Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. Plant Mol Biol, 1997, 35: 25—34[DOI]
13 Latha R, Srinivas C, Rao H M, et al. Approaches to breeding for salinity tolerance—A case study on Porteresia coarctata. Ann App

Biol, 2004, 144: 177—184[DOI]
14 Ruddiman W F. The anthropogenic greenhouse era began thousands of years ago. Clim Change, 2003, 61: 261—293[DOI]
15 Crawford G W, Shen C. The origins of rice agriculture: Recent progress in East Asia. Antiquity, 1998, 72: 858—866
16 Jiang L, Liu L. New evidence for the origins of sedentism and rice domestication in the lower Yangzi River, China. Antiquity, 2006, 80: 355—361
17 An C B, Tang L Y, Barton L, et al. Climate change and cultural response around 4000 cal a BP in the western part of Chinese Loess Plateau. Quat Sci Rev, 2005, 63: 347—352
18 夏敦胜, 马玉贞, 陈发虎, 等. 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. 兰州大学学报(自然科学版), 1998, 34(1): 119—127
19 朗树德. 大地湾遗址建筑遗存的初步研究. 考古与文物, 2002, 5: 12—17
20 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
21 吴征镒, 王荷生. 植物地理(上册). 北京: 科学出版社, 1983. 382—383
22 中国社会科学院考古研究所, 编. 师赵村与西山坪. 北京: 中国大百科出版, 1999. 102—160
23 谢端琚. 马家窑文化诸类型及相关问题. 考古与文物, 1985, 1: 63—71
24 李小强, 尚雪, 周新郢, 等. 高分辨黄土花粉分析的筛析-重液综合法. 干旱区地理, 2006, 29(5): 663—667
25 Lentfer C J, Boyd W E. Simultaneous extraction of phytoliths, pollen and spores from sediments. J Archaeo Sci, 2000, 27: 363—372[DOI]
26 王永吉, 吕厚远. 植物硅酸体研究及应用. 北京: 海洋出版社, 1993
27 Tsuyuzaki S. Rapid seed extraction from soils by a flotation method. Weed Res, 1994, 34(6): 433—436[DOI]
28 Stuiver M, Reimer P J, Bard E, et al. INTCAL 98 radiocarbon age calibration, 24,000-0 cal BP. Radiocarbon, 1998, 40: 1041—1083
29 Harvey E L, Fuller D Q. Investigation crop processing using phytolith analysis the example of rice and millets. J Archaeo Sci, 2005, 32: 739—752[DOI]
30 Lu H Y, Yang X Y, Ye M L, et al. Millet noodle in late Neolithic China. Nature, 2005, 437: 967—968[DOI]
31 许清海, 李月丛, 阳小兰, 等. 北方草原区主要群落类型表土花粉分析. 地理研究, 2005, 24(3): 394—402
32 Zhang Q C, Zhu C L, Liu T J. Environmental change and its impacts on human settlement in the Yangtze Delta, PR China. Catena, 2005, 60: 267—277[DOI]
33 裴安平. 彭头山文化的稻作遗存与中国史前稻作农业再论. 农业考古, 1998, 1: 193—203
34 游修龄, 郑云飞. 河姆渡稻谷研究进展及展望. 农业考古, 1995, 1: 66—70
35 盛丹平, 郑云飞, 蒋乐平. 浙江浦江县上山新石器时代早期遗址——长江下游万年前稻作遗存的最新发现. 农业考古, 2006, 1: 30—32
36 Dodson J R, Hickson S, Khoo R, et al. A vegetation and environment history for the last 14,000 years from Dingnan, Jiangxi Province, South China. J Intergrative Plant Biol, 2006, 48(9): 1018—1027[DOI]
37 Fuller D. Fifty years of archaeobotanical studies in India: Laying a solid foundation. In: Settar S, Korisettar R, eds. India Archaeology in Retrospect 3, 2002. 247—363
38 玄松南. 日本的稻作的起源与传播. 中国稻米, 1997, 5: 30—33
39 Gong X G. Brief discussion on the Early Neolithic rice/millet mixed agricultural region in China. Agricultural Archaeology, 1998, 89—90
40 方修琦, 章文波, 张兰生. 全新世暖期我国土地利用的格局及其意义. 自然资源学报, 1998, 13(1): 16—22
41 吴耀利. 黄河流域新石器时代的稻作农业. 农业考古稻作起源研究, 1994, 1: 78—84