中国科学: 地球科学 2020 年 第 50 卷 第 6 期: 735 ~ 747
SCIENTIA SINICA Terrae earthcn.scichina.com
《中国科学》杂志社 SCIENCE CHINA PRESS
论 文

阿姆河流域贵霜时期的水稻遗存及喜马拉雅南麓通道的农业交流

陈冠翰[1,2,3], 周新郢[1,2,3*], 王建新[4†], 马健[4], Mutalibjon KHASANNOV[5], Nasibillo KHASANOV[4], Robert N. SPENGLER[6], Amridin BERDIMURODOV[5], 李小强[1,2,3‡]

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. 中国科学院生物演化与环境卓越创新中心, 北京 100044;
3. 中国科学院大学, 北京 100049;
4. 西北大学文化遗产学院, 西安 710069;
5. Institute of Archaeology, Uzbek Academy of Sciences, Samarqand 140151, Uzbekistan;
6. Max Planck Institute for the Science of Human History, Jena 07745, Germany
* 通讯作者, E-mail: zhouxinying@ivpp.ac.cn
† 通讯作者, E-mail: 13319185059@163.com
‡ 通讯作者, E-mail: lixiaoqiang@ivpp.ac.cn

收稿日期: 2019-05-16; 收修改稿日期: 2019-10-19; 接受日期: 2020-01-21; 网络版发表日期: 2020-04-03
国家自然科学基金项目(批准号: 41572161、41730319)和中国科学院战略性先导科技专项B类项目(编号: XDB26000000)资助

摘要 稻作农业的起源与传播及早期文明交流是当前学术界关注的热点问题. 本研究针对中亚阿姆河流域乌兹别克斯坦的卡尔查延(Khalchayan)遗址进行了初步的植物考古学研究, 首次在中亚地区发现了水稻遗存, 其AMS ^{14}C日历校正年代为1714~1756cal a BP, 属贵霜时期(Kushan). 通过将遗址中出土的水稻遗存与中国、印度地区同时期的水稻遗存及南亚地区现代栽培稻的形态进行对比, 研究显示卡尔查延遗址的古栽培稻与中国南方和印度西北部地区栽培稻形态上更为接近, 为南亚粳稻类型. 综合周边地区的植物考古学及年代学研究资料, 显示其传播途径是由中国西南经南方通道传播到印度河流域后传入到阿姆河流域. 卡尔查延遗址发现的碳化水稻是中亚地区首次发现的水稻遗存, 指示了水稻至少在1714~1756cal a BP时就已经出现在了中亚地区, 相应的饮食文化的转变也可能在这一时期开始. 该研究为进一步研究稻作农业在全球尤其是内陆干旱-半干旱地区的传播提供了新的资料.

关键词 水稻, 中亚, 卡尔查延遗址, 农业传播, 种子形态, 文明交流, 一带一路

中文引用格式: 陈冠翰, 周新郢, 王建新, 马健, Khasannov M, Khasanov N, Spengler R N, Berdimurodov A, 李小强. 2020. 阿姆河流域贵霜时期的水稻遗存及喜马拉雅南麓通道的农业交流. 中国科学: 地球科学, 50: 735–747, doi: 10.1360/SSTe-2019-0103
英文引用格式: Chen G, Zhou X, Wang J, Ma J, Khasannov M, Khasanov N, Spengler R N, Berdimurodov A, Li X. 2020. Kushan Period rice in the Amu Darya Basin: Evidence for prehistoric exchange along the southern Himalaya. Science China Earth Sciences, 63: 841–851, https://doi.org/10.1007/s11430-019-9585-2

© 2020 《中国科学》杂志社

1 引言

中全新世以来旧大陆早期农业文明的交流是人类社会发展最宏伟壮观的重大事件，在早全新世欧亚大陆上相对独立发展的农业文化圈，经过数千年的发展逐步向外扩张，于5000a BP以后开始了快速和广泛的交流(Jones等, 2011; Zinkina等, 2019). 源于西亚的青铜冶炼术、马车、驯化绵羊(*Ovis aries*)、小麦(*Triticum aestivum*)、大麦(*Hordeum vulgare*)农业经过中亚和北亚通道进入东亚地区，而源自东亚大陆的粟(*Setaria italic*)、黍(*Panicum miliaceum*)、桃(*Amygdalus persica*)等作物也随即进入到中亚及欧洲地区，这个过程促进了旧大陆文明整体的快速发展，因此也被称为早期全球化过程(Amzallag, 2009; Fan等, 2012; Miller等, 2016; Stevens等, 2016; Zhou等, 2016).

在早期全球化过程中，最具有指示性的是农业作物的扩散与交流. 来自不同文明区，经过人们栽培选择了数千年的优良作物在扩散过程中，与本地的作物相互补充，共同组成了更加具有多样性的农业系统，而使不同区域的农业文明具有更高的生产力和更广泛的环境适应性，并且能够更富有弹性地应对气候变化(Zhao, 1998; Jiang和Liu, 2006; Fuller等, 2009; Fuller, 2011a; 赵志军, 2015). 而另一方面, 这些作物为了适应当地气候环境产生变异，或者与当地亲缘野生物种杂交, 产生了新的地方品系(Fuller等, 2010; Gross和Zhao, 2014). 因此, 研究在早期全球化过程中, 重要农业作物的交流与传播的时间、路径不仅可以了解不同区域文明的农业体系、生产力水平、农作物品种演化过程, 也可对早期文明的交流时间及影响提供有力证据.

水稻一直是亚洲乃至全球最重要的粮食作物，其两个大的栽培品系——粳稻(*Oryza sativa japonica*)和籼稻(*Oryza sativa indica*)的起源、驯化及传播过程是当前学术界最为关注的热点问题之一(Fuller和Rowlands, 2009; Jones等, 2011; Zheng等, 2016; 郑云飞等, 2016). 目前的证据显示，原始栽培水稻野生稻(*Oryza rufipogon*)被驯化于中国长江中下游地区，并在8000a BP向周边地区扩散(吴诗池, 1998; 安志敏, 1999; 黄镇国和张伟强, 2002; 秦岭, 2012; 吕厚远, 2018). 粳稻类在全新世气候适宜期逐渐向中国北方、西北及西南扩散(Zhang J P等, 2010, 2012; Jin等, 2014; He等, 2017; Deng等, 2018b). 而籼稻可能在约4000a BP前在恒河平原地区与当地的野生种完成杂交驯化后逐渐沿喜马拉雅山南麓的恒河平原向西北及东南方向扩散，再沿海平原及内陆河谷逐渐扩散至印度中部及南部地区、锡兰岛以及东南亚(Fuller, 2011b; Gross和Zhao, 2014; Castillo等, 2016).

尽管水稻在整个亚洲及非洲地区被广泛栽培，但目前所有关于早期水稻的研究均来自东亚、南亚和东南亚等地区，尚没有证据显示水稻农业在数千年以前从东亚或者南亚地区进入到中亚或者西亚. 本研究基于中亚阿姆河流域(乌兹别克斯坦境内)卡尔查延(Khalchayan)遗址的植物考古学研究, 分析了阿姆河贵霜时期(Kushan)的农业结构及栽培水稻的品系. 并在此基础上讨论了史前时代东亚地区的水稻农业向中亚地区扩散与交流的时间与路径.

2 材料与方法

2.1 研究区域概况

卡尔查延(Khalchayan)遗址(38°17′37″N, 7°58′44″E)是阿姆河流域著名的考古遗址之一，其位于乌兹别克斯坦东南部苏尔汉河流域(图1). 苏尔汉河为阿姆河的一级支流, 长175km, 流域面积13500km^2. 1月平均气温3 ℃，7月平均气温30 ℃，平原地区年降水量130~360mm，山前地区年降水量440~620mm(袁政, 2004). 该地区最早的考古活动可以追溯至1925年，在20世纪60~70年代苏联的考古工作者对该地区进行了大量的考古工作, 发现大量定居点, 其中部分定居点横跨了多个时期(Пугаченкова, 1966).

卡尔查延遗址为苏尔汉河流域的一处大夏、贵霜时期城市遗址，年代约为2400~1650a BP(Пугаченкова, 1966). 该遗址由苏联考古工作者于1959年发现，并在1959~1963年间进行了多次的发掘，遗址南北长2.5km，东西宽1.5km，内部分为Hanakatepa与Karabagtepa两部分, 其中Hanakatepa包括宫殿区(X-1)、西区(X-2)与西南区(X-3)三部分；Karabagtepa则位于Hanakatepa东部(Пугаченкова, 1966). 宫殿区共含有4个文化层，出土的遗物主要包括陶片、木炭、动物骨骼等，除此之外还包括大量2050a BP左右的钱币、泥塑和壁画，其墙壁上的雕塑与贵霜早期钱币“赫劳斯”上描绘的统治者形象十分相近，出土的陶器主要为高足杯、圈足碗、单耳壶、双耳壶等，类型不复杂，特点

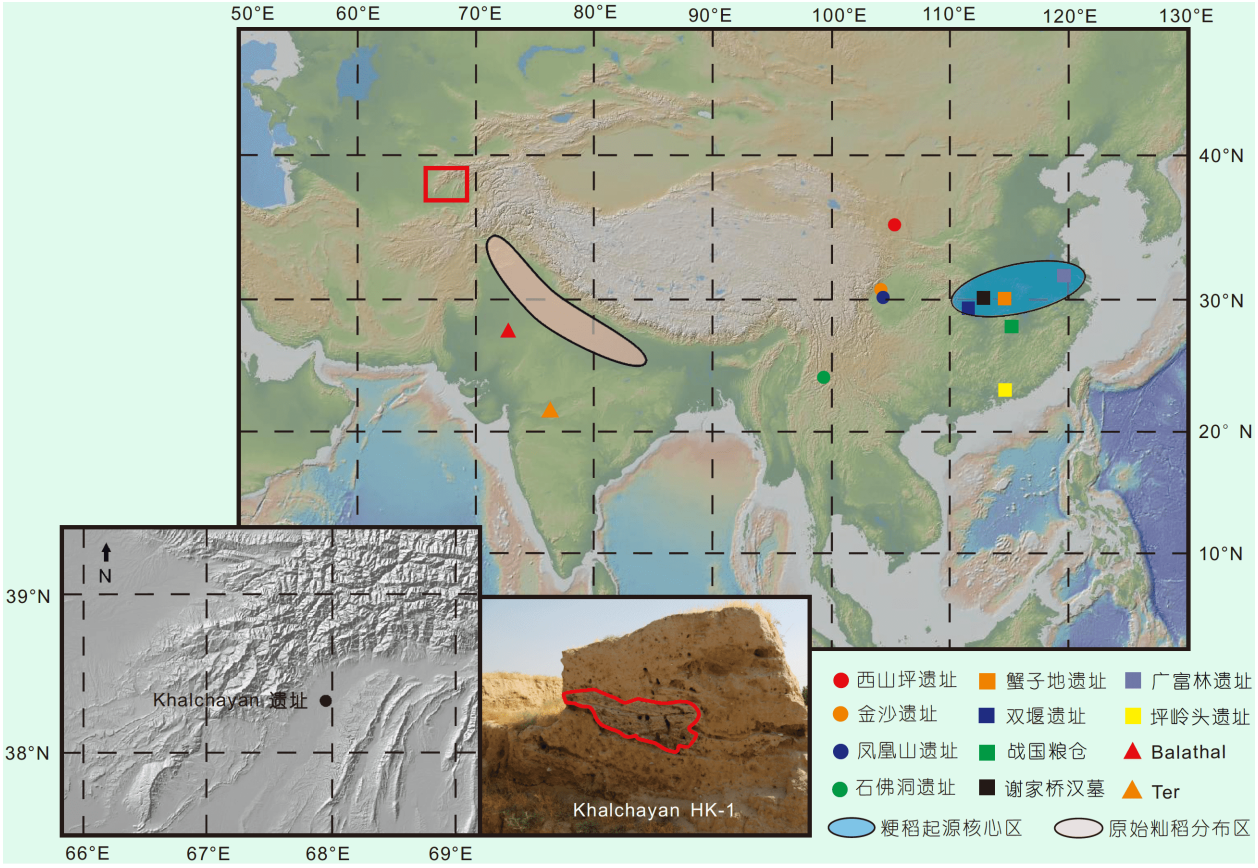


图 1　**研究区域、卡尔查延(Khalchayan)遗址位置、灰坑及对比遗址位置**

鲜明(Пугаченкова, 1966, 1971).

2.2　样品采集及实验方法

大植物浮选的工作在发掘驻地进行. 我们对Hana-katepa西部宫殿区内的Khalchayan HK-1灰坑(图1)样品进行了浮选. 浮选所得的上浮部分悬挂阴干, 样品整理、分类与鉴定的相关工作在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进行. 将完整的植物种子遗存从浮选样品中挑出后使用徕卡Leica M205 C体式显微镜对出土植物种子遗存进行鉴定及拍照.

使用型号为225kV-μCT的micro-CT设备(由中国科学院高能物理所研发)扫描出土水稻遗存(孙承凯等, 2018; 王燕芳等, 2017). 扫描参数设置如下: 电压140kV, 电流120/100μA, 360°旋转扫描, 步幅0.5°, 每个角度扫描4次, 扫描分辨率为6.27μm(*X*、*Y*、*Z*轴一致). 扫描获得的投影图(Raw projections)通过IVPP225kVCT_Recon软件转换成.raw格式的断层图(Tomographic slices), 每张断层图尺寸为2048×2048像素.

使用VGstudio 2.2软件将断层图导入, 将数据保存为.Tiff格式文件后导入Mimics 19.0软件中处理, 使得样品与基座的分离, 从而获得水稻种子表面的三维结构. 分离过程使用Mimics 19.0的多层编辑(Multiple slices modification)和阈值设定(Thresholding)功能. 在阈值设定前, 将种子部分的灰度最大值作为阈值上限, 通过阈值设定选择种子区域后, 对缺失或多选区域进行多层编辑, 获得包含整个种子表面的蒙版(Mask). 最后使用三维运算功能(3D calculating)获得种子的三维模型并在此基础上使用Mimics 19.0软件中的测量工具获得种子的三维数据.

同时, 从炭化的植物大化石遗存中挑选同种野草的炭化种子与一颗碳化水稻种子进行AMS ^{14}C测年, 样品送至美国BETA实验室进行测试. 测年样品的前处

理采用AAA(Acid-Alkali-Acid)方法, 首先将样品研碎后在去离子水中分散, 然后用加热的HCl冲洗去除其中的碳酸盐, 再用NaOH除去样品中的次生有机酸, 最后再用酸进行冲洗, 中和溶液后进行烘干处理. 日历矫正年龄使用OxCal软件获取, 以InCal13作为参考数据库将取得的^{14}C年龄结果校正为日历校正年龄(Ramsey, 2009; Reimer等, 2013).

3 结果

3.1 测年结果

对灰坑内出土的炭化植物种子的测年结果显示(表1), 该灰坑的日历矫正年代为3164~2925cal a BP. 通过年代推测该灰坑形成于中亚地区铁器时代中期的亚兹(Yaz)文化期1期和2期的过渡阶段(Dani和Masson, 1992). 然而对水稻种子及其他农作物遗存进行直接测年的结果显示, 水稻种子的日历校正年代为1714~1756cal a BP, 属于贵霜时期. 由于AMS^{14}C测年在植物考古相关研究中的广泛应用, 目前已经发现在很多遗址中存在晚期谷物遗存入侵早期地层的现象(Deng等, 2019), 同时对灰坑中发现的其他作物种子进行测年, 其日历校正年代显示为1632~1534cal a BP, 因此推测在该灰坑中发现的水稻种子遗存为后期混入, 但同样不排除杂草种子中存在老碳效应的可能性.

3.2 大植物遗存浮选结果

在灰坑内的大植物浮选中, 出土种子遗存由当地原生植物及粮食作物构成. 共发现10类植物种子, 共计198粒. 粮食作物包括炭化水稻(*Oryza sativa*)2粒、炭化两棱大麦(*Hordeum vulgare*)3粒、炭化小麦(*Triticum aestvum*)5粒、炭化粟(*Setaria italica*)20粒. 其他作物包括碳化葡萄(*Vitis vinifera*)碎片1粒、亚麻(*Linum usitatissimum*)8粒、小扁豆(*Lens culinaris*)1粒、豌豆(*Pisum sativum*)2粒. 同时还发现有藜(*Chenopodium* sp.)、蓼(*Polygonum* sp.)、田紫草(*Lithospermum arvense*)、骆驼刺(*Alhagi sparsifolia*)、拉拉藤(*Galium aparine*)等当地原生植被种子, 以田紫草(*Lithospermum arvense*)数量最多(图2).

3.3 水稻形态

对灰坑内出土的水稻, 在显微镜下拍照并初步测量其长、宽、厚度等属性后, 利用225 Micro CT对其扫描, 通过Mimics research 19.0软件对其进行高分辨率的三维重建后对种子遗存的三维数据重新进行精确测量, 数据以三维重建为准. 由于其中一颗水稻(Khalchayan 02)在扫描过程中产生破损, 因此其长度数据使用人工拍照测量的数据(三维重建模型见附件).

4 讨论

4.1 卡尔查延遗址水稻与其他地区水稻遗存的形态对比

如何鉴定水稻遗存中的粳稻(*Oryza sativa japonica*)与籼稻(*Oryza sativa indica*)一直以来都是农业考古的一个重要问题. 目前已有的判别方法主要包括依据水稻形态、扇形植硅体形态、双峰型植硅体形态及古DNA方法等多种方法, 目前不同方法之间还存在较为广泛的争议(Kato和Kosaka, 1930; 杨忠义等, 2006; 马永超等, 2017). 由于卡尔查延遗址中出土的水稻遗存标本较少, 因此采用形态学方法来对其类型进行判断.

稻米形态是应用最广泛的辨别粳稻与籼稻的指标之一, 其常用的方法是使用水稻的长宽比(*L*/*W*), 但是具体标准之间尚且存在巨大的差异(游修龄, 1976; 郑云飞等, 2004; Fuller等, 2007). 除此之外, 对于是否需要对遗址中出土的作物通过经验公式恢复至新鲜稻谷状态等问题还尚无统一的结论(张文绪和裴安平, 2000; 马永超等, 2017). 由于目前对于水稻在炭化过程中的形态变化等相关研究尚不完善, 因此本文依据Castillo等根据国际水稻研究所(IRRI)对现代标本的统

表 1 卡尔查延遗址AMS^{14}C测年结果

实验室编号	样品名称	类型	δ^{13}C(‰)	年代(a BP)	σ值	矫正年代(cal a BP)
BETA-515838	Halecharan 01	田紫草	−22.5	2900±40	2	3164~2925
BETA-530014	Khalchayan 02	水稻	−24.6	1740±30	2	1714~1756
BETA-533104	Khalchayan 03	小麦	−24.7	1690±30	2	1632~1534



图 2　卡尔查延遗址出土的植物遗存

1~2, 水稻(*Oryza sativa*); 3, 大麦(*Hordeum vulgare*); 4, 小麦(*Triticum aestvum*); 5, 豌豆(*Pisum sativum*); 6, 小扁豆(*Lens culinaris*); 7~8, 亚麻(*Linum usitatissimum*); 9, 田紫草(*Lithospermum arvense*); 10~12, 粟(*Setaria italica*); 13~15, 藜(*Chenopodium* sp.); 16~18, 蓼(*Polygonum* sp.); 19~20, 拉拉藤(*Galium aparine*); 21~22, 骆驼刺(*Alhagi sparsifolia*)

计数据修订的标准, 使用遗址中出土的水稻遗存的原始数据进行判别(长宽比>2.2者为籼稻, <2.0者为粳稻)来对遗址中出土水稻的类型归属进行确定(Castillo, 2013; Castillo等, 2016).

对卡尔查延遗址中出土的水稻进行形态测量的结果显示, 两颗水稻长4.10~4.29mm, 宽2.13~2.51mm, 厚1.62~1.79mm, 长宽比为1.71~1.93. 依据前人对古代与现代标本进行研究所得出的标准, 卡尔查延遗址中出土的水稻呈现为近似粳稻的形态(图3).

选取国内西北、西南、华南及印度中部与西北部地区的遗址中3000a BP以来与卡尔查延遗址年代较为接近的水稻遗存以及南亚地区现代粳稻和籼稻进行形态对比(图3; 表2)(周季维, 1981; 阚勇, 1983; 徐鹏章, 1998; 李小强等, 2007a; 姜铭等, 2011; 向安强等, 2012, 2013, 2015; Castillo, 2013; 邓振华等, 2013; 唐丽雅等, 2014; Castillo等, 2016). 结果显示, 卡尔查延遗址中出土的水稻在长宽比上与中国和印度地区遗址中的粳稻较为一致, 但是其籽粒的长度相对于同时期中国与印度的遗址中出土的水稻平均长度、宽度均偏小, 与国内部分遗址以及印度西北部地区Balathal遗址的水稻遗存在大小上较为相近. 而与南亚地区的现代栽培稻相比, 卡尔查延遗址的水稻遗存与现代栽培粳稻长宽比接近, 但是颗粒明显较小. 而与现代南亚地区的栽培籼稻对比, 二者之间则存在明显的形态差异.

4.2　水稻出现在卡尔查延遗址的路径及传播方式

近十年来, 除植物大化石分析外, 植硅体分析、淀粉粒分析及动物骨骼C、N同位素分析等多种新兴研究方法在农业起源、农业传播及古食谱研究等领域得到广泛的应用并取得了很多成果(吕厚远, 2018). 但是

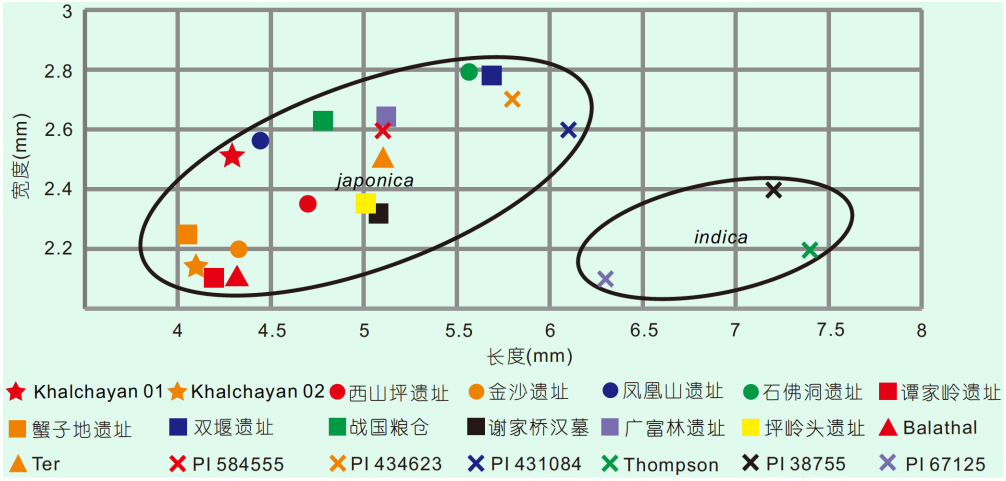


图 3　中国及南亚地区古稻及现代水稻形态数据对比图

表 2　中国及南亚地区古稻及现代水稻形态数据统计

名称	长度(mm)	宽度(mm)	长宽比(*L*/*W*)	年代(a BP)	地点	类型
Khalchayan 01	4.29	2.51	1.71	1740±30	乌兹别克斯坦	*japonica*
Khalchayan 02	4.1	2.13	1.93	1740±30	乌兹别克斯坦	*japonica*
西山坪遗址	4.69	2.35	2.00	5070~4300	甘肃庆阳	*japonica*
金沙遗址	4.34	2.2	1.97	3200	四川成都	*japonica*
凤凰山遗址	4.45	2.55	1.75	3000	四川成都	*japonica*
石佛洞遗址	5.56	2.79	1.99	2925±110	云南耿马	*japonica*
谭家岭遗址	4.24	2.16	2.28	5000~4000	湖北天门	*japonica*
蟹子地遗址	4.03	2.25	1.79	4200~3900	湖北大冶	*japonica*
双堰遗址	5.68	2.78	2.04	3000	湖南澧县	*japonica*
战国粮仓	4.78	2.63	1.82	2500	江西新干	*japonica*
谢家桥汉墓	5.08	2.32	2.19	2133	湖北荆州	*japonica*
广富林遗址	5.12	2.64	1.94	2500	上海松江	*japonica*
坪岭头遗址	5.01	2.35	2.13	4000	广东龙川	*japonica*
Balathal	4.3	2.1	2	2090±30	印度西北部	*japonica*
Ter	5.1	2.5	2.1	2250±30	印度中部	*japonica*
PI 584555	5.1	2.6	1.96	现代	尼泊尔	*japonica*
PI 434623	5.8	2.7	2.15	现代	不丹	*japonica*
PI 431084	6.1	2.6	2.35	现代	缅甸	*japonica*
Thompson	7.4	2.2	3.36	现代	泰国	*indica*
PI 38755	7.2	2.4	3.00	现代	印度	*indica*
PI 67125	6.3	2.1	3.00	现代	印度	*indica*

作为最传统且直观的研究方法，出现在遗址中的炭化植物大化石遗存依旧是最直接可信的资料. 同时由于大化石在地层中存在选择性保存，虽然在遗址中发现了大量植硅体，但在干旱半干旱地区，炭化的水稻种子遗存十分稀有，即便在遗址中有所发现也仅仅只有几颗(李小强等，2007a)，因此将其与植硅体等其他方

法结合使用可以极大地提高结论的可靠性(Chen等, 2012; 黎海明等, 2016; 夏秀敏等, 2017; Deng等, 2018a; Wang等, 2018). 因此, 虽然卡尔查延遗址中目前发现的炭化水稻只有2颗, 但作为中亚地区首次发现的水稻遗存, 对研究水稻农业向中亚甚至西亚地区的传播依旧具有十分重要的意义.

水稻在中国起源后的传播路径大致分为向北和向南两个方向, 粳稻在长江中下游驯化之后, 于8000~7000a BP的全新世温暖适宜期快速向北传播至山东章丘西河-长青月庄-河南郑州朱寨-新郑唐户等多个遗址, 并在6000~5000a BP继续向西北传播至关中平原及甘肃河湟地区(Zhang J P等, 2010, 2012; Jin等, 2014). 5000~4000a BP左右向南传播主要包括两条路线, 一支在4000a BP左右由福建-台湾传播至菲律宾吕宋岛地区; 另一支则从甘肃天水扩散至四川云贵低海拔地带及中南半岛地区(He等, 2017; Deng等, 2018b).

印度地区虽然早在5000a BP时就开始种植水稻, 但遗传学研究显示, 粳稻和籼稻驯化的性状受相同等位基因的控制, 这些等位基因起源于粳稻, 这证明了中国和印度水稻种植的独立起源, 然后驯化性状通过杂交逐渐状从粳稻渗入到当地栽培的原始籼稻中, 由此建立了驯化的籼稻亚种, 因此目前学界认为现代印度栽培籼稻为驯化粳稻传播至印度后与当地野生籼稻亚种杂交驯化后的产物(图4)(Fuller等, 2010; Fuller, 2011b; Gross和Zhao, 2014). 对于驯化粳稻从中国西南地区扩散至印度河平原的具体时间与路径, 还尚无定论(Castillo, 2013; Castillo等, 2016).

水稻为一年生水生草本植物, 属喜温好湿的短日照作物, 由于其在生长过程中需要大量的水分, 因此气候较为干旱、降水较少的地区进行种植通常需要种植者具有一定的水田管理技术(Fuller, 2011a). 北方及内陆地区由于降水较少, 种植水稻通常需要大规模灌溉来保证水分供应, 中国境内水稻分布的最西端为甘肃西南部的西山坪遗址以及庆阳遗址(张文绪和王辉, 2000; 李小强等, 2007a), 上述两遗址处在季风区与非季风区交界处的山前地带, 气候为温暖的半湿润气候, 现代年降水量为574mm(李小强等, 2007a). 卡尔查延遗址所在的苏尔汉河流域为干旱的大陆性气候, 现代年降水量仅155mm, 且该地区夏天炎热, 冬天寒冷. 全新世晚期全球气候处在一个逐渐变冷变干的过程之中, 在灌溉技术普及之前该地区的水热条件应该不足以支撑水稻种植. 目前, 已经有研究显示, 在约4000a BP时期, 中亚地区山地的牧民已经开始利用季节性降水的差异将驯化作物纳入了其生存战略, 而河谷地区的居民在小麦的栽培中已经开始小规模地利用山前河流冲积扇上地表水来进行灌溉(Miller, 1999; Spengler等, 2014). 同时, 在巴克特里亚西部马尔吉亚纳(Margiana)地区的米斯里安平原, 以达希斯坦(Dahestan, 又称大益)文化为代表的先进农业定居文明已经在米斯里安平原南部修建了50~60km长的灌溉水渠系统, 与之相似的利用小水渠引流山溪或大河三角洲水流的灌溉系统(又被称为Geoksiur农业)在巴克特里亚等地的青铜晚期和铁器时代文明中同样可见(Dani和Masson, 1992). 南亚地区在3000a BP时水稻的种植方式也逐渐由“旱稻”向湿田耕作过度, 水稻也由印度北部已经传播至较为干旱的德干高原、印度南部以及斯里兰卡地区(Fuller, 2011a). 另外, 河中地区在1600a BP时出现了本地栽培的棉花遗存(Brite等, 2017), 说明在1600a BP时当地的灌溉系统已经可以支持需要大量灌溉用水作物的种植活动. 1714~1756cal a BP水稻在卡尔查延遗址出现时, 该地区居民可能已经掌握了满足水稻栽培需求的灌溉技术.

南亚地区最早的水稻遗存AMS测年日历矫正结果为8350cal a BP(Saraswat, 2005; Tewari等, 2006), 但是没有足够的证据证明其是驯化水稻. 而印度地区最早的栽培稻遗存的日历校正年代为4950~4550cal a BP的早哈拉帕时期(Fuller, 2011a), 4000a BP时, 水稻已经广泛分布于印度西北部, 恒河上游及巴基斯坦等地区(Fuller等, 2010; Fuller, 2011a, 2011b). 而在3850a BP, 在印度西北部巴基斯坦地区的斯瓦特山谷和俾路支斯坦等地的哈拉帕(Harrapa)晚期遗址中已经发现驯化粳稻的存在(Fuller, 2006; Fuller等, 2010; Castillo, 2013; Castillo等, 2016). 同时, 在南亚西北部也首次出现了部分中国起源的作物, 包括黍(*Panicum miliaceum*)、杏(*Armeniaca vulgaris*)、桃(*Amygdalus persica*)及大麻(*Cannabis sativa*)(Fuller, 2011b). 结合出现作物的类型, 可以认为中国在3850a BP已经通过绿洲通道与中亚及印度地区产生了农业交流.

目前的研究显示, 中国境内水稻分布的最西端为甘肃西南部的西山坪遗址(李小强等, 2007a, 2007b)以及庆阳遗址(张文绪和王辉, 2000), 而位于西方的河西走廊乃至新疆地区的遗址中并无水稻遗存发现(An等,

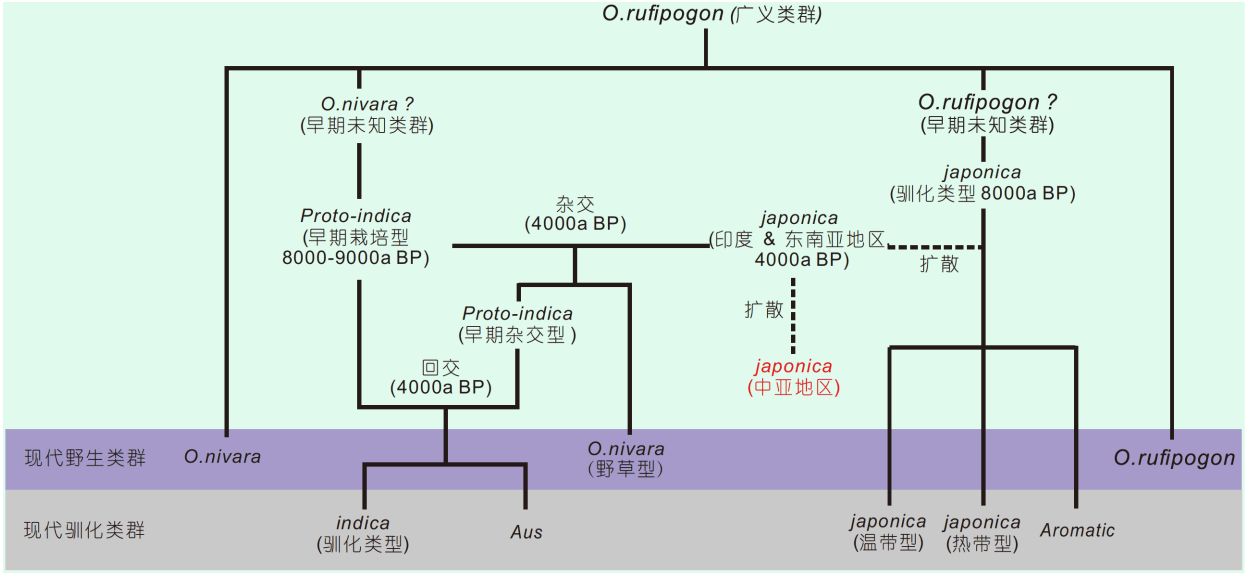


图 4　水稻演化示意图

据Garris等(2005)、Fuller等(2010)、Fuller(2011b, 2011a)、Castillo等(2016)和He等(2017)

2010; Zhang D J等, 2010; Zhou等, 2011; 董广辉等, 2017), 因此水稻的分布在中亚与中国中部之间存在着一个巨大的空间阻隔. 结合前述形态学研究, 卡尔查延遗址出土的水稻遗存与印度西北部地区Balathal遗址的水稻遗存在大小上较为相近, 因此相对于喜马拉雅山南麓及东南亚地区密集分布的水稻遗存, 水稻通过中国西北炎热干旱的绿洲通道向西进行长距离扩散的可能性较低. 也有部分学者的研究显示遗址中早期出现的外来作物可能是作为高等级人群的等级地位象征或应用于宗教及祭祀场所(Long等, 2018). 由于卡尔查延遗址中水稻出土的数量很少, 出土位置为一灰坑而非墓葬, 也缺乏周边存在宗教或祭祀场所的相关证据, 因此很难断定其具体用途. 结合前述在水稻传播至中亚之前, 当地居民已经将一定的水资源管理技术应用于农业生产之中, 说明水稻在当时存在作为食物被种植的可能性. 但是对于出土水稻的具体用途还可能还需要进一步的数据支持才能进行确定.

另一方面, 卡尔查延(Khalchayan)遗址出土水稻的日历矫正年代为1714~1756cal a BP, 与印度西北部Balathal遗址出土的水稻遗存形态上较为接近. 对两个年代稍早的印度遗址中出土水稻进行的古DNA研究显示, 印度两遗址水稻为粳稻的可能性较高, 且为驯化类型, 同时还具有一定的籼稻成分(Castillo等, 2016; Castillo, 2013). 而对同时期东南亚泰国地区的水稻遗存进行的古DNA研究结果显示, 当地主要的栽培水稻同样为粳稻, 且不含籼稻成分(Castillo, 2013; Castillo等, 2016). 现在当地广泛种植的籼稻为后期从印度传入的早期驯化籼稻与本地水稻杂交后的产物. 因此, 在1714~1756cal a BP水稻出现于卡尔查延遗址时, 印度河及恒河流域的籼稻可能还并没有被广泛种植或依旧处在一个杂交驯化的过程中. 基于目前的考古发现, 从时间及空间的角度可以推测出现在中亚的水稻来源为南亚西北部, 其从印度西北部及巴基斯坦地区向北扩散, 进而到达阿姆河流域(图5).

3000a BP左右的印度为后哈拉帕文明时期, 印度-雅利安人也已经从伊朗高原地区迁移进入印度次大陆与本地文化融合, 在印度河流域北部旁遮普等地的犍陀罗墓葬文化兴盛(Dani和Masson, 1992; Harmatta, 1992). 而早在哈拉帕文明时期, 印度河流域的文明就已经和两河流域产生了密切的贸易往来. 通过语言学及物产的对比, 认为在两河流域苏美尔文明的楔形文字记录中将印度河文明称为“麦鲁哈(Meluhha)”, 两个文明主要通过巴林等地区作为中介来进行海上贸易(国洪更和吴宇虹, 2004). 棉花作为南亚地区起源的纤维作物, 因为其具有重要的商品属性, 早在6000a BP左右就已经出现在阿拉伯地区北部的皇家墓葬中(Moul-

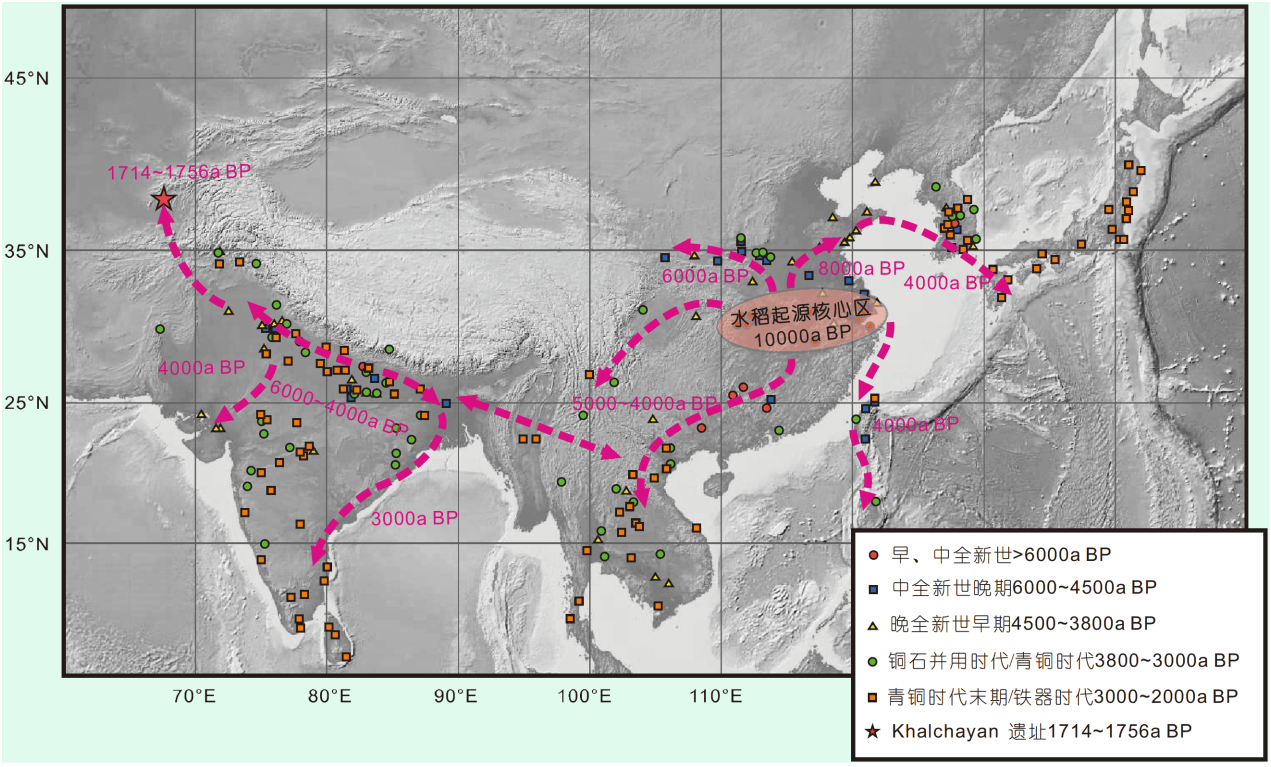


图 5　水稻在东亚、南亚及中亚地区的传播路径

herat等, 2002; Brite和Marston, 2013). 当时两河流域的农业技术无法使棉花度过阴冷的冬天, 因此该地区发现的棉花很可能是通过贸易活动来源的(Brite和Marston, 2013; Brite等, 2017). 虽然少见哈拉帕文明的元素在同时期其他文明中出现, 但是在哈拉帕文明的遗址中也出土了大量在印度河流域并不存在而产于阿富汗、美索不达米亚甚至中国的矿石所制作的工艺品(Lahiri, 1990). 结合同一时期印度-雅利安人从伊朗高原地区向周边的扩散, 这足以说明哈拉帕文明时期的印度地区与西亚及中亚地区存在着较为密切的贸易及交流. 但是现有的中亚地区青铜-铁器时代的植物考古研究记录研究显示, 水稻在青铜时代并没有由印度河文明区传播到中亚地区(Fuller, 2011a; Miller, 1999; Miller等, 2016; Spengler等, 2014, 2013; Stevens等, 2016).

在此之后, 月氏人在约2150a BP在甘肃西部被匈奴击败, 其中一支迁入巴克特里亚地区, 被称为"大月氏", 征服了一般被认为是希腊-巴克特里亚王国的大夏, 但是由于大月氏臣服大夏到贵霜帝国建立之前一个多世纪间相关历史记载与考古材料的缺乏, 这一混乱时期被称为"黑暗时代"(Dani等, 1994). 对于月氏人到来时希腊-巴克特里亚王国是否还存在, 月氏人与灭亡希腊-巴克特里亚王国的游牧民族是否存在联系, 目前还存在很大的争议.

而在此之后, 月氏帝国五翕侯之一的贵霜翕侯丘就却(Kujūla Kadphises Ⅰ)于1920a BP于印度河流域西北部山区建立了贵霜帝国, 随后逐渐向南部、北部及西北部扩张, 并于1823~1810a BP迦腻色迦一世统治时期扩张至咸海、阿富汗以及阿姆河流域, 统治了包括巴克特里亚、贝拿勒斯、克什米尔以及信德的广大地区, 其钱币在花剌子模、和田及东伊朗地区也有发现, 帝国由此进入大贵霜王朝时期(Dani等, 1994). 帝国的扩张为印度河地区与中亚阿姆河流域建立稳定的商业贸易创造了条件, 从而促进了地区之间的交流, 从客观条件上为印度河地区的文明加强与阿姆河地区的贸易联系及区域间物产、技术与文化的进一步交流创造了重要的条件. 与此同时, 原产于印度河流域的棉花在1660~1580cal a BP时出现了中亚本地种植的驯化品种(Brite和Marston, 2013; Brite等, 2017), 结合卡尔查

延遗址中出土水稻的日历校正年代为1714~1756cal a BP, 上述两种作物出现在河中地区的时间紧随贵霜帝国扩张至河中地区的时间之后, 也从侧面增加了卡尔查延遗址中发现的水稻来源自印度河流域的可能性.

4.3 中亚贵霜时期的农业结构及饮食文化转变

除炭化水稻遗存外, 卡尔查延遗址中还出土了有炭化小麦、大麦(两棱)、豌豆、亚麻、小扁豆、葡萄等作物, 这些作物主要起源于两河流域, 在4000a BP的阿姆河青铜文明(Oxzus Civilization)中已经被广为栽培(Frachetti等, 2010; Miller, 1999; Miller等, 2016; Spengler等, 2014), 显示了中亚地区从青铜时代到铁器时代, 区域农业文化及农业结构的传承, 反应了当时较为多样化的农业及果树栽培体系. 遗址中炭化粟的发现也指示了当地农业结构受到了来自中国北方农业系统的影响(Fuller等, 2010). 浮选出的各种栽培作物炭化种子的数量相对比较均衡, 显示在经过中全新世气候转型及更广泛的农业文化交流后, 阿姆河流域的农业系统相比于青铜时代与铁器时代具有更为多样化和均衡的体系, 为农耕文明在当地的进一步发展发展提供了重要的物质基础. 水稻在1714~1756cal a BP出现在中亚地区可能不仅仅意味着水稻品种及栽培技术的传入, 也可能指示了以米饭为主食的饮食文化逐渐进入并和中亚地区当地原本由麦粒粥、烤制馕及豆粥等麦类制品为主的饮食体系(Аскаров, 1973)逐渐融合. 考虑到现今中亚地区传统的烹饪方式, 可以推测现今中亚地区以馕、抓饭、烤肉为主要食物的饮食体系可能在1714~1756cal a BP前后就已经开始逐渐形成.

5 结论

栽培水稻至少在距今1714~1756cal a BP的贵霜时期就已经出现在中亚阿姆河流域, 其类型为栽培粳稻, 传播途径是由中国西南地区, 经南亚通道传播到印度河流域, 再北上传播到阿姆河流域. 水稻进入到阿姆河流域后, 炭化小麦、大麦(两棱)、豌豆、小扁豆、粟、小扁豆、葡萄等作物一同组成了中亚地区多样化的农业系统. 而中亚地区相应的饮食文化也可能发生调整, 现今中亚地区以馕、抓饭、烤肉为主要食物的饮食体系可能在1714~1756cal a BP后就逐渐出现. 早期文明的交流与农业全球化对中亚地区早期文明的繁盛和发展提供了重要的基础.

致谢 本研究属中乌联合考古工作的组成部分. 感谢乌兹别克斯坦铁尔梅兹大学Annaev Tukhuash教授、Navbatov Djasur等在野外工作中的帮助. 感谢两位评审专家提出的宝贵意见.

参考文献

安志敏. 1999. 中国稻作文化的起源和东传. 文物, (2): 63–70, 92

邓振华, 刘辉, 孟华平. 2013. 湖北天门市石家河古城三房湾和谭家岭遗址出土植物遗存分析. 考古, (1): 91–99, 92

董广辉, 杨谊时, 韩建业, 王辉, 陈发虎. 2017. 农作物传播视角下的欧亚大陆史前东西方文化交流. 中国科学: 地球科学, 47: 530–543

国洪更, 吴宇虹. 2004. 古代两河流域和巴林的海上国际贸易——楔形文字文献和考古发现中的狄勒蒙. 东北师大学报, (5): 82–88

黄镇国, 张伟强. 2002. 再论中国稻作的起源发展和传播. 热带地理, 22: 76–79

姜铭, 赵德云, 黄伟, 赵志军. 2011. 四川成都城乡一体化工程金牛区5号C地点考古出土植物遗存分析报告. 南方文物, 3: 68–72

阚勇. 1983. 云南耿马石佛洞遗址出土炭化古稻. 农业考古, (2): 80–83, 82

黎海明, 左昕昕, 康利宏, 任乐乐, 刘峰文, 刘鸿高, 张乃梦, 闵锐, 刘旭, 董广辉. 2016. 植物大化石和微体化石分析揭示的云贵高原新石器-青铜时代农业发展历程. 中国科学: 地球科学, 46: 926–938

李小强, 周新郢, 张宏宾, 周杰, 尚雪, Dodson J. 2007a. 考古生物指标记录的中国西北地区5000a BP水稻遗存. 科学通报, 52: 673–678

李小强, 周新郢, 周杰, Dodson J, 张宏宾, 尚雪. 2007b. 甘肃西山坪遗址生物指标记录的中国最早的农业多样化. 中国科学D辑: 地球科学, 37: 934–940

吕厚远. 2018. 中国史前农业起源演化研究新方法与新进展. 中国科学: 地球科学, 48: 181–199

马永超, 靳桂云, 杨晓燕. 2017. 水稻遗存的判定及相关问题研究进展. 东方考古: 131–157

秦岭. 2012. 中国农业起源的植物考古研究与展望. 考古学研究: 260–315

孙承凯, 孙小玲, 周蜜, 刘立群, 邢松. 2018. 山东新泰乌珠台人类牙齿的形态学特征. 人类学学报, (3): 446–459

唐丽雅, 罗运兵, 陶洋, 赵志军. 2014. 湖北省大冶市蟹子地遗址炭化植物遗存研究. 第四纪研究, 34: 97–105

王燕芳, 魏存峰, 阙介民, 张文定, 孙翠丽, 舒岩峰, 侯叶茂, 张久昶, 史戎坚, 魏龙. 2017. 古生物CT装置的研制及应用. 古脊椎动物学报, 57: 84–92

吴诗池. 1998. 浅论中国原始稻作农业的起源与发展. 农业考古, (1): 87–93, 117

夏秀敏, 殷宇鹏, 许卫红, 吴妍. 2017. 水稻遗存在陕西华县东阳遗址的发现与探讨. 人类学学报, 36: 369–381

向安强, 张文绪, 曹毅, 刘桂富. 2012. 湖南澧县大坪双堰东周水井出土古稻研究. 作物学报, 38: 1943–1947

向安强, 张文绪, 黄跃, 郑庭义. 2013. 广东龙川坪岭头遗址出土古稻研究. 天津农业科学, 19: 80–83

向安强, 张文绪, 杨开勇. 2015. 荆州谢家桥一号汉墓出土古稻研究. 江汉考古, (4): 110–114

徐鹏章. 1998. 四川成都凤凰山出土的西汉炭化水稻及有关遗物. 农业考古, (3): 105–109

杨忠义, 曹永生, 苏艳, 刘晓利, 李华惠, 卢义宣. 2006. 中国栽培稻的籼稻和粳稻分类及方法(综述). 西南农业学报, 19: 480–487

游修龄. 1976. 对河姆渡遗址第四文化层出土稻谷和骨耜的几点看法. 文物, (8): 20–23

袁政. 2004. 乌兹别克斯坦共和国苏尔汉河州简介. 中亚信息, (1): 30–32

张文绪, 裴安平. 2000. 炭化米复原及其古稻特征的研究. 作物学报, 26: 579–586

张文绪, 王辉. 2000. 甘肃庆阳遗址古栽培稻的研究. 农业考古, (3): 80–85

赵志军. 2015. 小麦传入中国的研究——植物考古资料. 南方文物, (3): 44–52

郑云飞, 蒋乐平, Crawford G W. 2016. 稻谷遗存落粒性变化与长江下游水稻起源和驯化. 南方文物, (3): 122–130

郑云飞, 蒋乐平, 郑建明. 2004. 浙江跨湖桥遗址的古稻遗存研究. 中国水稻科学, 18: 33–38

周季维. 1981. 长江中下游出土古稻考察报告. 云南农业科技, (6): 1–6, 50

Amzallag N. 2009. From metallurgy to bronze age civilizations: The synthetic theory. Am J Archaeol, 113: 497–519

An C B, Ji D X, Chen F H, Dong G H, Wang H, Dong W M, Zhao X Y. 2010. Evolution of prehistoric agriculture in central Gansu Province, China: A case study in Qin'an and Li County. Chin Sci Bull, 55: 1925–1930

Brite E B, Khozhaniyazov G, Marston J M, Negus Cleary M, Kidd F J. 2017. Kara-tepe, Karakalpakstan: Agropastoralism in a Central Eurasian Oasis in the 4th/5th century A.D. Transition. J Field Archaeol, 42: 514–529

Brite E B, Marston J M. 2013. Environmental change, agricultural innovation, and the spread of cotton agriculture in the Old World. J Anthropol Archaeol, 32: 39–53

Castillo C. 2013. The archaeobotany of Khao Sam Kaeo and Phu Khao Thong: The agriculture of late prehistoric southern Thailand. Dissertation for Doctoral Degree. London: University College London

Castillo C C, Tanaka K, Sato Y I, Ishikawa R, Bellina B, Higham C, Chang N, Mohanty R, Kajale M, Fuller D Q. 2016. Archaeogenetic study of prehistoric rice remains from Thailand and India: Evidence of early japonica in South and Southeast Asia. Archaeol Anthropol Sci, 8: 523–543

Chen T, Wu Y, Zhang Y, Wang B, Hu Y, Wang C, Jiang H. 2012. Archaeobotanical study of ancient food and cereal remains at the Astana Cemeteries, Xinjiang, China. PLoS One, 7: e45137

Dani A H, Masson V. 1992. History of Civilizations of Central Asia, Vol. I, The Dawn of Civilization: Earliest Times to 700 BC. Paris: UNESCO Press. 441–458

Dani A H, Staff U, Asimov M, Litvinsky B, Samghabadi R S, Bosworth C. 1994. History of Civilizations of Central Asia Vol. II The Development of Sedentary and Nomadic Civilizations, 700 BC to AD 250. Paris: UNESCO Press. 96–254

Deng Z, Fuller D Q, Chu X, Cao Y, Jiang Y, Wang L, Lu H. 2019. Assessing the occurrence and status of wheat in late Neolithic central China: The importance of direct AMS radiocarbon dates from Xiazhai. Veget Hist Archaeobot, 29: 61–73

Deng Z, Hung H, Fan X, Huang Y, Lu H. 2018a. The ancient dispersal of millets in southern China: New archaeological evidence. Holocene, 28: 34–43

Deng Z, Hung H, Carson M T, Bellwood P, Yang S, Lu H. 2018b. The first discovery of Neolithic rice remains in eastern Taiwan: Phytolith evidence from the Chaolaiqiao site. Archaeol Anthropol Sci, 10: 1477–1484

Fan X, Harbottle G, Gao Q, Zhou W, Gong Q, Wang H, Yu X, Wang C. 2012. Brass before bronze? Early copper-alloy metallurgy in China. J Anal At Spectrom, 27: 821–826

Frachetti M D, Spengler R N, Fritz G J, Mar'yashev A N. 2010. Earliest direct evidence for broomcorn millet and wheat in the central Eurasian steppe region. Antiquity, 84: 993–1010

Fuller D Q. 2006. Agricultural origins and frontiers in South Asia: A working synthesis. J World Prehist, 20: 1–86

Fuller D Q. 2011a. Finding plant domestication in the Indian Subcontinent. Curr Anthrop, 52: 347–362

Fuller D Q. 2011b. Pathways to Asian civilizations: Tracing the origins and spread of rice and rice cultures. Rice, 4: 78–92

Fuller D Q, Harvey E, Qin L. 2007. Presumed domestication? Evidence for wild rice cultivation and domestication in the fifth millennium BC of the Lower Yangtze region. Antiquity, 81: 316–331

Fuller D Q, Qin L, Zheng Y, Zhao Z, Chen X, Hosoya L A, Sun G P. 2009. The domestication process and domestication rate in rice: Spikelet bases from the lower Yangtze. Science, 323: 1607–1610

Fuller D Q, Rowlands M. 2009. Towards a long-term macro-geography of cultural substances: Food and sacrifice tradition in East, West and South Asia. Chin Rev Anthropol, 12: 1–37

Fuller D Q, Sato Y I, Castillo C, Qin L, Weisskopf A R, Kingwell-Banham E J, Song J, Ahn S M, van Etten J. 2010. Consilience of genetics and archaeobotany in the entangled history of rice. Archaeol Anthropol Sci, 2: 115–131

Garris A J, Tai T H, Coburn J, Kresovich S, McCouch S. 2005. Genetic structure and diversity in *Oryza sativa* L. Genetics, 169: 1631–1638

Gross B L, Zhao Z. 2014. Archaeological and genetic insights into the origins of domesticated rice. Proc Natl Acad Sci USA, 111: 6190–6197

Harmatta J. 1992. The Emergence of the Indo-Iranians: The Indo-Iranian Languages. Paris: UNESCO Press. 357–378

He K Y, Lu H Y, Zhang J P, Wang C, Huan X J. 2017. Prehistoric evolution of the dualistic structure mixed rice and millet farming in China. Holocene, 27: 1885–1898

Jiang L, Liu L. 2006. New evidence for the origins of sedentism and rice domestication in the Lower Yangzi River, China. Antiquity, 80: 355–361

Jin G Y, Wu W W, Zhang K S, Wang Z B, Wu X H. 2014. 8000-year old rice remains from the north edge of the Shandong Highlands, East China. J Archaeol Sci, 51: 34–42

Jones M, Hunt H, Lightfoot E, Lister D, Liu X, Motuzaite-Matuzeviciute G. 2011. Food globalization in prehistory. World Archaeol, 43: 665–675

Kato S, Kosaka H. 1930. On the affinity of the cultivated varieties of rice plants, *Oryza sativa* L. J Dept Agric Kyushu, 2: 241–276

Lahiri N. 1990. Harappa as a centre of trade and trade routes: A case study of the resource-use, resource-access and lines of communication in the Indus civilization. Ind Econ Soc Hist Rev, 27: 405–444

Long T, Leipe C, Jin G, Wagner M, Guo R, Schröder O, Tarasov P E. 2018. The early history of wheat in China from ^{14}C dating and Bayesian chronological modelling. Nat Plants, 4: 272–279

Miller N F. 1999. Agricultural development in western Central Asia in the Chalcolithic and Bronze Ages. Veget Hist Archaebot, 8: 13–19

Miller N F, Spengler R N, Frachetti M. 2016. Millet cultivation across Eurasia: Origins, spread, and the influence of seasonal climate. Holocene, 26: 1566–1575

Moulherat C, Tengberg M, Haquet J F, Mille B. 2002. First evidence of cotton at Neolithic Mehrgarh, Pakistan: Analysis of mineralized fibres from a copper bead. J Archaeol Sci, 29: 1393–1401

Ramsey C B. 2009. Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon, 51: 337–360

Reimer P J, Bard E, Bayliss A, Beck J W, Blackwell P G, Ramsey C B, Buck C E, Cheng H, Edwards R L, Friedrich M, Grootes P M, Guilderson T P, Haflidason H, Hajdas I, Hatté C, Heaton T J, Hoffmann D L, Hogg A G, Hughen K A, Kaiser K F, Kromer B, Manning S W, Niu M, Reimer R W, Richards D A, Scott E M, Southon J R, Staff R A, Turney C S M, van der Plicht J. 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50000 years cal BP. Radiocarbon, 55: 1869–1887

Saraswat K. 2005. Agricultural background of the early farming communities in the Middle Ganga Plain. Pragdhara, 15: 145–177

Spengler R, Frachetti M, Doumani P, Rouse L, Cerasetti B, Bullion E, Mar'yashev A. 2014. Early agriculture and crop transmission among Bronze Age mobile pastoralists of Central Eurasia. Proc R Soc B, 281: 20133382

Spengler R N, Chang C, Tourtellotte P A. 2013. Agricultural production in the Central Asian mountains: Tuzusai, Kazakhstan (410–150 BC). J Field Archaeol, 38: 68–85

Stevens C J, Murphy C, Roberts R, Lucas L, Silva F, Fuller D Q. 2016. Between China and South Asia: A Middle Asian corridor of crop dispersal and agricultural innovation in the Bronze Age. Holocene, 26: 1541–1555

Tewari R, Srivastava R, Singh K, Saraswat K, Singh I, Chauhan M, Pokharia A K, Saxena A, Prasad V, Sharma M. 2006. Second preliminary report of the excavations at Lahuradewa, District Sant Kabir Nagar, UP: 2002-2003-2004 & 2005-06. Pragdhara, 16: 35–68

Wang C, Lu H, Gu W, Zuo X, Zhang J, Liu Y, Bao Y, Hu Y. 2018. Temporal changes of mixed millet and rice agriculture in Neolithic-Bronze Age Central Plain, China: Archaeobotanical evidence from the Zhuzhai site. Holocene, 28: 738–754

Zhang D J, Chen F H, Bettinger R L, Barton L, Ji D X, Morgan C, Wang H, Cheng X Z, Dong G H, Guilderson T P, Zhao H. 2010. Archaeological records of Dadiwan in the past 60 ka and the origin of millet agriculture. Chin Sci Bull, 55: 1636–1642

Zhang J, Lu H, Gu W, Wu N, Zhou K, Hu Y, Xin Y, Wang C. 2012. Early mixed farming of millet and rice 7800 years ago in the middle Yellow River region, China. PLoS One, 7: e52146

Zhang J P, Lu H Y, Wu N Q, Li F J, Yang X Y, Wang W L, Ma M Z, Zhang X H. 2010. Phytolith evidence for rice cultivation and spread in Mid-Late Neolithic archaeological sites in central North China. Boreas, 39: 592–602

Zhao Z J. 1998. The Middle Yangtze region in China is one place where rice was domesticated: Phytolith evidence from the Diaotonghuan Cave, Northern Jiangxi. Antiquity, 72: 885–897

Zheng Y F, Crawford G W, Jiang L P, Chen X G. 2016. Rice domestication revealed by reduced shattering of archaeological rice from the lower Yangtze valley. Sci Rep, 6: 28136

Zhou X Y, Li X Q, Zhao K L, Dodson J, Sun N, Yang Q. 2011. Early

agricultural development and environmental effects in the Neolithic Longdong basin (eastern Gansu). Chin Sci Bull, 56: 762–771

Zhou X Y, Li X Q, Dodson J, Zhao K L. 2016. Rapid agricultural transformation in the prehistoric Hexi corridor, China. Quat Int, 426: 33–41

Zinkina J, Christian D, Grinin L, Ilyin I, Andreev A, Aleshkovski I, Shulgin S, Korotayev A. 2019. Archaic Globalization: The Birth of the World-System. Cham: Springer International Press. 25–49

Аскаров А. 1973. Сапаллитепа. Ташкент: ФАН.УзССР. 1–172

Пугаченкова Г А. 1966. Халчаян. Ташкент: Наука УзССР. 1–287

Пугаченкова Г А. 1971. Скульптура Халчаяна. Москва: Искусство. 1–201

(责任编委: 赵艳)