

DOI: 10.16359/j.cnki.cn11-1963/q.2017.0055

内蒙古魏家窝铺遗址陶器内淀粉粒反映的古人类食谱及相关问题

王春雪^{1,2}, 成璟瑭¹, 曹建恩³, 塔拉⁴, 熊增琰⁵, 关莹²

1. 吉林大学边疆考古研究中心, 长春 130012; 2. 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; 3. 内蒙古自治区文物考古研究所, 呼和浩特, 010010; 4. 内蒙古自治区博物院, 呼和浩特 010020; 5. 辽宁省文物考古研究所, 沈阳 110003

摘要：魏家窝铺遗址位于内蒙古赤峰市红山区文钟镇魏家窝铺村，是一处大型的红山文化中期环壕聚落遗址。在 2009-2011 年发掘出土的陶器中，许多平底器类标本内壁表面都发现有细腻的黑色灰烬，我们对这些灰烬和几件不含灰烬的陶器标本进行了植物残留物提取和鉴定，从六份样品中观测到了植物淀粉粒，这些淀粉粒可根据形态分为四种类型，分别代表了禾本科、植物地下储藏器官、疑似坚果的植物种类和未知种类。大量的禾本科淀粉粒在形态上与粟类（小米）淀粉粒极为相似，加之遗址中出土的大量炭化粟，我们推测，这些陶罐中的黑色灰烬为内部盛装的粟炭化分解所致，这些陶器正是红山文化中的食物储藏器。存在的其他类型淀粉粒表明，尽管魏家窝铺遗址出土的植物遗存已显示了较为确凿的农业经济，但采集经济也仍占有重要地位。

关键词：内蒙古；魏家窝铺；红山文化；粟；淀粉粒

中图分类号：K871.13； **文献标识码：**A； **文章编号：**1000-3193(2017)03-0406-09

Diet and related issues revealed by starch grain analysis on pottery unearthed from the Weijiawopu site, Inner Mongolia

WANG Chunxue^{1,2}, CHENG Jingtang¹, CAO Jianen³, TA La⁴,
XIONG Zenglong⁵, GUAN Ying²

1. Research Center of Chinese Frontier Archaeology of Jilin University, Changchun, 130012; 2. 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; 3. Institute of Archaeology of Inner Mongolia Autonomous Region, Huhhot 010010; 4. Museum of Inner Mongolia Autonomous Region, Huhhot 010020; 5. Institute of Archaeology of Liaoning Province, Shenyang 110003

收稿日期：2016-12-12； 定稿日期：2017-07-24

基金项目：国家重点基础研究发展计划（973 计划）（编号：2015CB953803）；国家社科基金青年项目（13CKG003）；吉林大学哲学社会科学青年学术骨干支持计划（2015FRGG02）

作者简介：王春雪（1981-），男，内蒙古宁城县人，理学博士，吉林大学边疆考古研究中心副教授，主要从事旧石器考古及动物考古学研究。E-mail: chunxuewang@163.com

通讯作者：关莹，女，理学博士，中国科学院古脊椎动物与古人类研究所副研究员，主要从事史前考古及植物考古学研究。E-mail: guanying@ivpp.ac.cn

Citation: Wang CX, Cheng JT, Cao JE, et al. Diet and related issues revealed by starch grain analysis on pottery unearthed from the Weijiawopu site, Inner Mongolia[J]. Acta Anthropologica Sinica, 2017, 36(3): 406-414

Abstract: The Weijiawopu site is located in Weijiawopu village in the city of Chifeng, Inner Mongolia. This site is a Ring Trench Settlement, which belongs to the Middle period of Hongshan Neolithic Culture. During the 2009-2011 excavation, many pottery flat-bottom tanks were unearthed with dark ash inside, which was collected for the plant residue analysis. Tanks without dark ash were also examined for the surface residues. From six specimens, starch grains were found after the laboratory processing. These starch grains could be classified into four groups, and identified to be from millet, plant underground storage organ, possibly nut and unidentifiable species. The tanks are thus speculated to be utensils for food stuff, for storage or transportation. The existence of plant underground storage organ indicates that the Weijiawopu occupants still gathered wild plants during the occupation time when they already domesticated crops.

Keywords: Inner Mongolia; Weijiawopu site; Hongshan Culture; Millet; Starch grain

1 引 言

魏家窝铺遗址位于内蒙古赤峰市红山区文钟镇魏家窝铺村, 遗址中心地理坐标为 40°08'28"N, 118°57'46"E, 海拔 725-726m, 是一处大型环壕聚落遗址, 年代上处于辽西地区新石器时代红山文化中期, 遗址出土的遗物主要有陶器、石器、蚌器以及动物骨骼, 其中陶器所占比例最大^[1,2]。植物考古学研究表明, 魏家窝铺遗址已有栽培农业存在^[3,4], 粟和黍的数量在遗址中尽管发现很少, 但代表了该时期西辽河上游地区红山文化的重要经济要素。2009-2011 年遗址发掘的房址平面均呈凸字形, 有瓢形坑灶。筒形罐陶胎较厚, 大口小底。斜口器低口侧腹壁外凸弧。壶为肩部圆弧, 腹部圆鼓, 体矮胖, 呈正方形。陶盆上多饰平行竖道平行短线。折腹钵为直口, 上腹较短, 腹部浅。垂腹罐方唇、直口、深腹。彩陶有红、黑两色, 单独使用, 图案有短平行竖线、短平行斜线、平行斜线组成的三角纹、细鳞纹等。夹砂陶满饰纹饰, 排列较为密集。筒形罐器表成组划纹数量多, 排列形式多样, 纹饰以之字纹为主。根据其出土层位及文化面貌, 发掘者认为魏家窝铺遗址年代为红山文化中期, 与白音长汗遗址一期和兴隆洼遗址二期^[1,2][兴隆洼遗址二期测有两个树轮校正测年数据: 6525±100 BP (ZK-1394)、6395±190 BP (ZK-2064)] 年代相当¹⁾。

本次遗址发掘出土的陶器以平底器为主, 还包括少量圆底器和有足器。器类有筒形罐、斜口器、釜、双耳罐、鼓腹罐、钵、鼎等, 其中许多平底器内壁发现有细腻的黑色灰烬, 疑似是陶器内部盛装的物质炭化分解所致。有学者认为, 该地区红山文化遗址中出土的此类平底器, 多数可能是用来盛装食物的, 尤其是作为植物类食材的储藏器^[1,2], 那么, 对这些黑色灰烬的鉴定就变得至关重要, 不仅可以为平底器功能的判断提供证据, 如果能够确定这些灰烬的植物学属性, 还能对遗址古人类的饮食结构做出讨论和判断。

红山文化中期, 我国南北各地古人类开始了定居或半定居的生活方式, 伴随着这种居住形态, 原始种植业和畜牧业逐步发展, 很多考古遗址中都出现了具有驯化特征的植物

1) 与遗址发掘领队的个人交流, 该遗址 2010--2011 年发掘测有年代数据, 将发表于正式考古发掘报告中。

遗存，显示了该阶段种植业的发展规模，北方旱作农业和南方稻作农业的基本框架也以之为基础得以确立。原始农业此时已经跨过了萌芽期，进入了向更加成熟、更为系统化种植业发展的重要阶段，因此，针对该时期遗址的植物考古学研究尤为重要，不仅要解决遗址古人类驯化植物的种类问题，还要解决这些植物性材料如何被加工、储藏和系统化利用。另外，在原始农业从萌芽到发展、成熟的过程中，狩猎采集经济的地位和比重发生了怎样的变化，以及这种变化对人类整个生计行为模式的影响，也是需要亟待解决的重要科学问题。植物微体化石分析为解决或深入讨论这些问题提供了一个全新的视角，使我们能够发现除炭化植物以外的细微证据，完善对遗址古人类植物资源利用的重建与阐释。魏家窝铺遗址地处旱作农业区，被认为是红山文化中期最具代表性的遗址，对其古代居民植物资源利用方面的探讨，对深入了解红山文化农业经济、社会发展水平等问题意义重大。

本项研究以植物微体化石提取与鉴定为手段，对魏家窝铺遗址出土平底器进行了分析，提取内容包括器内存在的黑色灰烬，以及不含有黑色灰烬的陶器内壁表面残留物样品，对这些样品进行了植物残留物的提取和鉴定，并以此对遗址平底器功能及古人类植物资源利用等相关问题进行了讨论。

2 采样及实验室处理

在考古学领域，残留物分析是指对遗址出土的遗物表面和器物内吸附的残存物质，以及某些液体和独立存在的固体残留物的提取和鉴定分析，即通过生物、化学、免疫、微观形态观察等多种现代手段识别出这些遗物接触过的动、植物种属，对其进行分析阐释，从而复原当时当地动植物资源分布状况和人类的选择及相关行为方式。我国新石器时代磨光石器的一些探索性研究已经为该领域构筑了良好的基础。一些学者曾对海岱地区史前遗址出土的石磨盘、石磨棒等器物进行过淀粉粒的提取及鉴定分析，大致确定了此类工具研磨坚果及谷物类的功能^[5, 6]。吕烈丹对广西桂林甄皮岩遗址出土的石制品进行了残留物分析，从 123 个样品中成功提取出植硅体或淀粉粒残留^[7]，甄皮岩遗址也因此产生了中国第

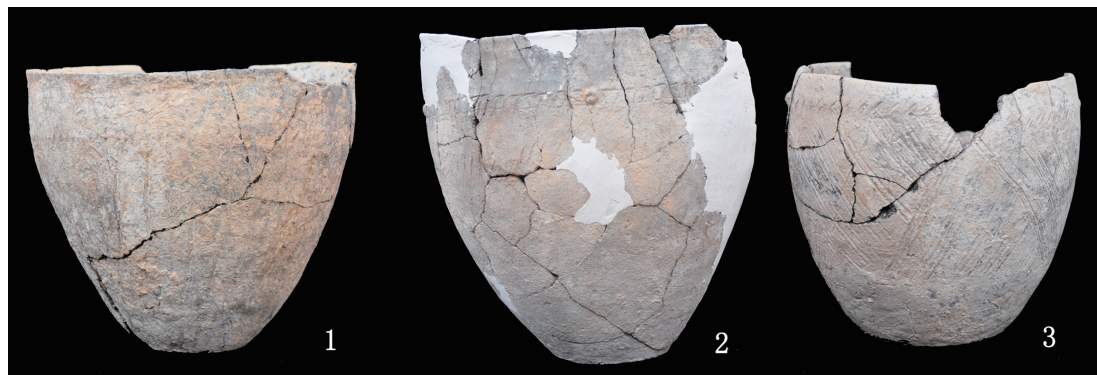


图 1 魏家窝铺遗址进行采样的部分陶器

Fig.1 Flat-bottom tanks discovered in Weijiawopu site

1. T2312-2; 2. T2606-6; 3. T2506-4

一部附带残留物分析报告的考古学专著,还有上宅遗址^[8]、跨湖桥遗址^[9]等,都进行过出土器物的植物残留物方面的工作。这些研究成果为新石器残留物的分析方法树立了模版和范例,同时提供了重要的参考和借鉴。基于此,我们采用了植物残留物提取方法,对魏家窝铺出土的陶器和灰烬标本进行了处理。

为避免外来污染,我们采用消毒金属工具对陶器表面的附着物进行了提取,采样陶器主要为平底器(图1),砂质灰褐陶居多,器表通体施有之字纹等纹饰;与此同时,我们还采集了与陶器伴生的土壤样品,以用于检验对比。这些样品被统一带回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,采用相同的实验室流程进行处理。残留物的提取与样品制作方法见关莹等文章^[10],大致分为浓缩、抗絮凝、重液浮选几个步骤,最后通过与现生植物微体化石的对比鉴定出植物性残留物质的种类及来源。具体实验步骤如下:

A. 浓缩。将蒸馏水注入样品,放入离心机中浓缩;

B. 抗絮凝处理。在样品中加入乙二胺四乙酸纳(NaEDTA)溶液。固定在往复型振动器上晃动,以使淀粉粒从土壤颗粒中脱离出来。完成后加入蒸馏水进行离心清洗。

C. 淀粉粒浮选。在样品中加入密度为1.6g/ml的多钨酸钠溶液,置入离心机浮选,将试管表面液体倒入淀粉粒样品试管,即为淀粉粒样品;

D. 植硅体样品提取。采集淀粉粒样品后的剩余物即为植硅体粗样。在样品中加入浓度为0.1%的乙二胺四乙酸纳(NaEDTA)溶液,固定在往复型振动器上晃动,以使植硅体从土壤颗粒中脱离出来。完成后加入蒸馏水进行离心清洗。

E. 植硅体浮选。在样品中加入密度为2.3g/ml的多钨酸钠溶液,置入离心机浮选,将表面液体倒入植硅体样品试管,作为植硅体样品;

对视觉效果上较为透明,无明显杂质的样品可以省略掉大多数步骤,采用离心机浓缩之后即可制作样片。

3 残留物提取结果

通过一系列实验室处理,我们从六份样品中观测到了植物淀粉粒,而与陶器伴生的土壤样品,则包含少量植物纤维和无法进行种属和器官部位鉴定的碎屑,明显与陶器内灰烬及陶器内表面中的内容物不同,因此我们排除了外部污染的可能性。六份样品的实验室处理信息见表1。其中,黑色灰烬内的淀粉粒数量较多,密度较大,而不含灰烬的陶器内壁所发现淀粉粒数量较少,我们推测,黑色灰烬是植物性材料炭化分解的直接产物,因此其中残存淀粉粒数量巨大,而不含黑色灰烬的陶器内壁的淀粉粒可能是由盛装植物性材料所发生的接触产生的,因此数量相对稀少,这种数量上的明显差别并不具有可比性,不能作为遗址埋藏时期植物类型多寡的证据。

对淀粉粒的鉴定基于以下标准:1)中国科学院古脊椎动物与古人类研究所现生标本数据库;2)目前已发表的相关文献。由于用以制备对比数据库的粟、黍植物均为现代栽培种,其淀粉颗粒的尺寸与野生种存在着差别。另外,植物的生长时间、营养状态等也

表 1 魏家窝铺遗址出土陶器内部发现的淀粉粒统计
Tab.1 The frequency of starch grains from the Wei Jiawopu site

样品号No.	标本名称 Name	样品来源 Sample source	淀粉粒样品号 Sample ID.	样片数 Sample No.	发现淀粉粒总量（颗） Total starch grains
s005	T2302-3	陶器内表面	ss005	2	6
s006	T2506-4	陶器内表面	ss006	2	5
s009	T2312-2	陶器内黑色灰烬	ss009	4	>100
s010	T1002-3	陶器内表面	ss010	2	8
s011	T240-3	陶器内黑色灰烬	ss011	3	>100
s012	T2606-6	陶器内表面	ss012	2	4

会影响淀粉粒的尺寸^[11, 12]。残留物由于在地下埋藏时间长，并经过了实验室处理的一系列过程，这些因素也可能会改变淀粉粒的尺寸。因此，淀粉粒尺寸并不能作为种属鉴定的决定性参数，而颗粒的形态特征则是非常重要的判断标准。所发现的淀粉粒，根据形态特征可分为 4 个类型：

A 类：近圆形颗粒，直径约 5-14μm，大部分集中于 7-11μm；偏光镜下呈现消光十字，十字臂窄而直，相交呈直角，脐点居中且闭合，少量见裂隙，层纹不可见，部分个体存在一个或多个小的面（图 2：1、2、3、4、6、8）。此类型的淀粉粒见于表 1 列出的全部 6 件被采样标本中。此种形态的淀粉粒呈现了禾本科粟和黍属植物种子淀粉粒的特征^[13, 14]。现代栽培粟的淀粉粒粒径大部分在 9-12μm 之间，而现代栽培黍的淀粉粒粒径大部分在 6.5-7.5μm 之间^[14]，从这个指标上看，A 类淀粉粒更近似于粟。

B 类：卵形颗粒，直径 20-30μm，偏光镜下呈现消光十字，十字臂窄而弯曲，相交呈直角，脐点偏心且开放，不见裂隙，层纹清晰可见（图 2：5）。该颗粒来自于标本 T1002-3。此类型呈现了薯蓣属（*Dioscorea*）、竹芋属（*Maranta*）、百合属（*Lilium*）和贝母属（*Fritillaria*）植物的地下储藏器官所产生的淀粉粒的形态特征^[8, 13, 15-22]。根据对比数据库，薯蓣属、百合属和贝母属植物的地下储藏器官产生的淀粉粒与类型 B 最为相似，均体现为形体较大、颗粒呈不对称椭圆形、消光十字臂弯曲、脐点不居中且多居于半径较大的一端、层纹可见。由于仅发现一颗此类颗粒，我们不能再做更详细的判断。

C 类：不对称肾形状颗粒，直径 8-12μm，偏光镜下呈现消光十字，十字臂窄而弯曲，相交呈约 60° 角，脐点居中，不见层纹（图 2：7）。该颗粒来自于标本 T2606-6。此类型淀粉粒曾被描述为来自坚果类植物的果实^[13, 23]，如栗子（*Castanea*）和橡子（*Quercus*）。这些坚果果实淀粉粒呈现的形态包括圆形、椭圆形、不对称肾形、对称肾形，有的个体存在 Y 形开放脐点，从形态上可以与禾本科植物淀粉粒区分开。此类型只有一个个体被发现，限制了我们对此类型的判断，因此目前不能对此类型给出结论。

D 类：多边形颗粒，直径约 18-21μm，偏光镜下消光十字臂相互垂直，脐点居中，不见层纹（图 2：6）。该颗粒从可见形态上呈现了某些禾本科植物种子淀粉粒的特征，但由于显微镜下被杂质覆盖，无法描述更详细的特征，我们没有对该颗粒的种属来源做出判断。

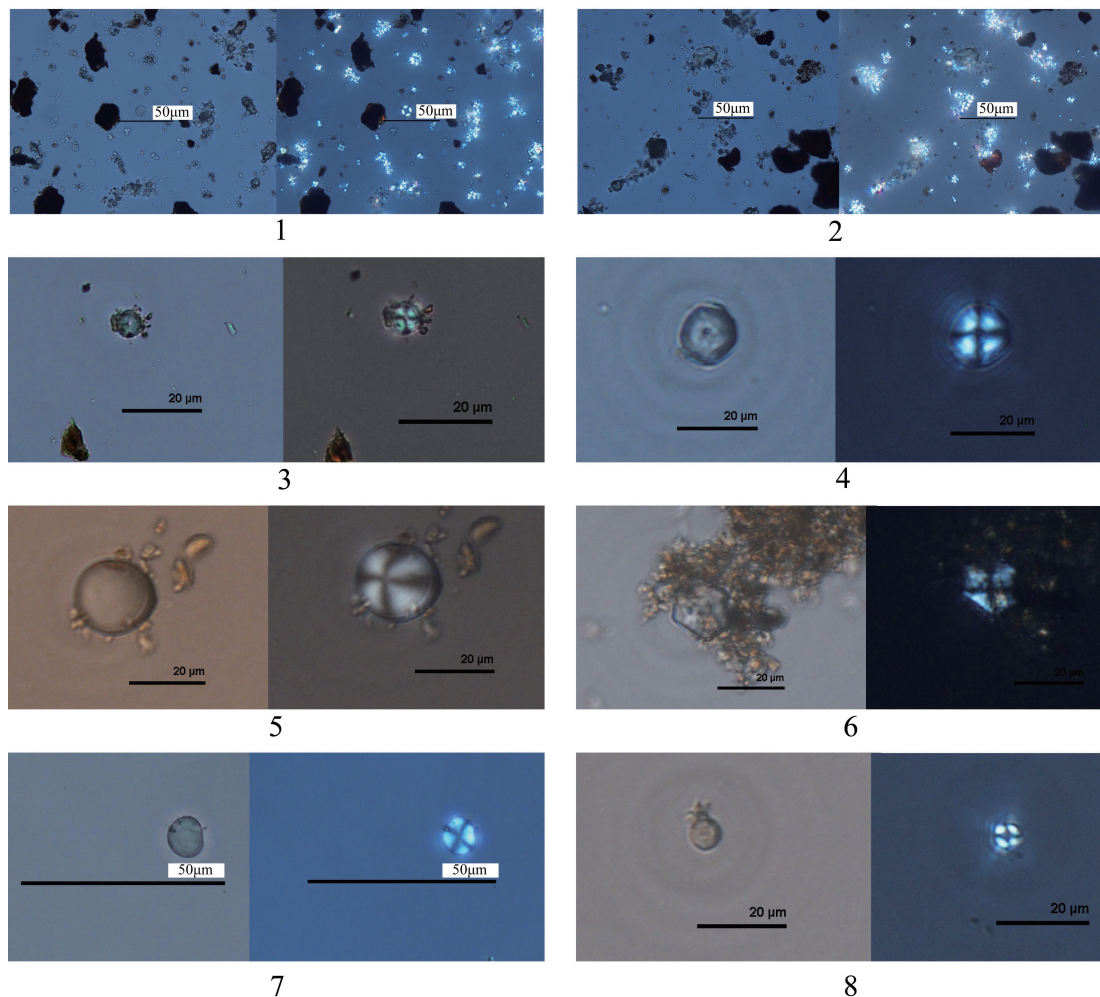


图 2 魏家窝铺遗址陶器内部发现的淀粉粒

Fig.2 Starch grains discovered in the inner surface of potteries from the Weijiawopu site

1. T2312-2 黑色灰烬中提取出的淀粉粒 (Starch grains extracted from black ashes in T2312-2) ; 2. T240-3 黑色灰烬中提取出的淀粉粒 (Starch grains extracted from black ashes in T240-3) ; 3, 7. T2606-6 内表面提取的淀粉粒 (Starch grains extracted from inner surface of T2606-6) ; 4. T2506-4 内表面提取的淀粉粒 (Starch grains extracted from inner surface of T2506-4) ; 5, 8. T1002-3 内表面提取的淀粉粒 (Starch grains extracted from inner surface of T1002-3) ; 6. T2302-3 内表面提取的淀粉粒 (Starch grains extracted from inner surface of T2302-3)

4 讨 论

红山文化遗址在我国分布密集, 昭示着此阶段人口的迅猛增长。魏家窝铺遗址为红山文化中期的大型环壕聚落遗址, 体现出了这一时期红山文化聚落规模的明显增大, 这些现象背后呈现的是新石器时代古人类经济形态的变化, 即农业经济逐渐占据更加重要的地位^[24]。在遗址中所发现的炭化农作物种子均来自对遗址堆积中土壤的浮选^[3, 4], 尽管这些

种子可以作为遗址原始种植业的重要证据，但本次残留物的提取结果呈现了更加直接的魏家窝铺居民与相应植物之间的相互关系，即，遗址居民不仅存在种植行为，还在此基础上储藏保存农作物种子，或许还进行着距离不等的运输，昭示了农作物贸易存在的可能性。

全新世以后，尽管气候在大尺度上趋于暖湿，但小气候事件频繁发生，区域性水热条件波动见诸于各地遗址的地层记录中，全球范围内的植被和动物群都因此受到了极大的影响，导致了北半球许多动植物种属的迁徙、新增和消亡，导致传统的狩猎采集经济受到影响，这种影响在辽西这一生态敏感地带尤为突出，为保证人口的生存繁衍，通过农业生产获得稳定的食物来源成为十分必要的选择^[24]。

人类对植物的开发与利用是漫长的但趋于复杂化与系统化的过程。在旧石器时代早期，古人类对植物的采集带有很大随机性，目前尚未发现该阶段古人类有系统地设计和组织植物采集活动的证据，而到了旧石器时代晚期，古人类不仅掌握了一定的植物营养价值和成熟季节性的知识、逐步完善了植物性食物原材料的加工和储藏技术，而且还在末次冰期气候频繁波动和人口增长的双重压力下主动扩大了食谱范围，将对处理和加工要求较高的野生禾本科植物种子加入了采集范围，并不断地增加它的比重，并在全新世产生了原始农业。我国北方干旱地带的植物利用历史一直以来都是十分重要的科学问题，宁夏水洞沟旧石器时代晚期遗址发现的对禾本科植物种子的采集和加工现象表明，古人类（晚期智人）在 30ka -20ka BP 已经拓宽了食谱范围，植物采集目标已从低投入、高回报转向了高投入高回报^[25, 26]。这为魏家窝铺时期原始种植业的产生奠定了坚实的知识储备基础，谱写了魏家窝铺农作物栽培的前奏。

粟的抗旱能力极强，能够在干旱少雨的地区正常生长，正迎合了魏家窝铺所在的赤峰地区的农作物选种诉求。结合遗址浮选结果来看，除粟以外，遗址还存在黍和其他类型的作物，但从比例上看，粟类和黍类占有的比重相对较大^[4]，遗址陶罐灰烬中发现的大量粟类淀粉粒也印证了这一点，可以认为，即便遗址时期存在多种栽培作物，对粟的种植和管理应居于重要地位。然而，较小的炭化粟粒和体积相对小的淀粉粒表明，在遗址时期，尽管古人类对作物进行了管理和维护，但其程度远不能与历史时期和近现代的农业相比，暗示了当时灌溉、种植间隔、播种季节等技术上还存在了很多问题，使种植业不能完全满足遗址居民的需求，因此红山文化中期，不仅在魏家窝铺，而且在其他遗址，普遍呈现出种植业与狩猎采集经济共存的现象，魏家窝铺出土的炭化粟粒占植物种子的 14.6%，炭化黍粒占植物种子的 32%^[4]，这表明粟和黍在本地农业中占有较大比重，但也并没有达到绝对优势。这被遗址中存在的 B 类和 C 类淀粉粒所印证。B 类淀粉粒所代表的植物地下储藏器官和 C 类淀粉粒所代表的坚果类食物资源也存在曾存在于陶器中，表明这些食物种类也直接参与了魏家窝铺的古人类经济生活，在其饮食结构中占有一席之地。根茎类和坚果类资源指示了史前传统的狩猎采集经济类型，在种植业尚在发展过程中的红山文化中期，狩猎采集经济和种植及驯养业互为补充，尽管根据现有的证据难以评估各自的比例，但二者毫无疑问共同承担了为本地居民提供食物来源的重任。

同时，平底器黑色灰烬中的粟类淀粉粒，虽然部分颗粒边缘模糊，但在偏光镜下的消光十字臂基本都较为清晰。有研究表明，经过研磨和蒸煮的粟淀粉粒消光十字臂都会发生改变，主要表现为消光臂宽度的增加及消光区域的扩大，另外，经过水煮的淀粉粒体积

还会发生不同程度的膨胀、变形和糊化^[27],因此我们判断,存在于平底器中的小米,并未经历诸如研磨和蒸煮等处理过程,应在处于原始状态时被放入容器中,因长期静置和干燥稳定的环境而炭化成为了灰烬。这表明,平底器的功能之一,应为盛装食物原材料。当然,这并不能排除有其他相似器物用于蒸煮食物的可能性。

5 结论与展望

考古器物残留物分析是西方上世纪七十年代发展起来的考古标本功能分析技术^[28],研究者从考古标本表面提取残留物样品,利用科学的检测手段进行定性定量分析判断残留物来源,从而了解古代动植物的加工、利用和相关载体的功能等^[29],这种革命性的方法,极大地推进了我们对遥远过去的认知,使我们从考古标本中获得了前所未有的信息。对魏家窝铺遗址的植物残留物分析很好地揭示了古代居民对不同植物资源的利用,并提供了原始种植业与狩猎采集经济协同发展的直接证据。在聚落环壕内,应该存在特定的农作物种植地,有专人对农作物进行管理维护,而与此同时,居民也会采集遗址周边野生的可食用植物,并将所有食物材料进行储藏。

魏家窝铺遗址至今尚未出土墓葬,没有任何人骨出土,因此我们不能对当时居民的牙齿残留物和骨骼同位素进行分析,限制了我们对其食谱的更深入认识,这有待将来对遗址区域更系统性的发掘,找到墓葬遗迹,出土人骨来解决。另外,本次研究的采样规模较小,得到的淀粉粒种类可能收到限制。下一步我们将扩大采样规模,加大采样数量和样品来源的种类,希望能够进一步丰富对魏家窝铺古人类植物资源利用的认识。

致谢: 遗址先期调查和发掘受到了内蒙古自治区博物馆、内蒙古自治区文物考古研究所、赤峰市博物馆、赤峰学院历史文化学院、赤峰市红山区文物管理所等单位的大力支持与协助,作者在此一并表示感谢。

参考文献

- [1] 成璟璐, 塔拉, 曹建恩, 等. 内蒙古赤峰魏家窝铺新石器时代遗址的发现与认识 [J]. 文物, 2014, (11): 47-52
- [2] 段天璟, 成璟璐, 曹建恩. 红山文化聚落遗址研究的重要发现——2010 年赤峰魏家窝铺遗址考古发掘的收获与启示 [J]. 吉林大学社会科学学报, 2011 (4): 18-21
- [3] 孙永刚, 赵志军. 魏家窝铺红山文化遗址出土植物遗存综合研究 [J]. 农业考古, 2013, (3): 1-5
- [4] 孙永刚, 曹建恩, 井中伟, 等. 魏家窝铺遗址 2009 年度植物浮选结果分析 [J]. 北方文物, 2012, (1): 37-40
- [5] 上条信彦. 山东半岛磨盘与磨棒的使用微痕及淀粉粒分析. 见: 峦丰实, 宫本一夫编, 海岱地区早期农业和人类学研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2008, 122-135
- [6] 王强. 海岱地区史前时期磨盘、磨棒研究 [D]. 山东大学考古学及博物馆学博士学位论文, 2008
- [7] 吕烈丹. 甄皮岩出土石器表面残余物的初步分析 [A]. 见: 中国社会科学院考古研究所等编. 桂林甄皮岩 [M]. 北京: 文物出版社, 2003, 646-651
- [8] Yang XY, Yu JC, Lu HY, et al. Starch grain analysis reveals function of grinding stone tools at Shangzhai site, Beijing [J]. Science in China D-Earth Sci, 2009, 52(8): 1164-1171
- [9] 杨晓燕, 蒋乐平. 淀粉粒分析揭示浙江跨湖桥遗址人类的食物构成 [J]. 科学通报, 2010, 55(7): 596-602

- [10] 关莹, Deborah M Pearsall, 高星, 等. 石制品植物残留物分析的实验室方法 [J]. 人类学学报, 2010, 29(4): 130-140
- [11] Oliveira AB, Rasnussen DC, Fulcher RG. Genetic aspects of starch granule traits in barley[J]. Crop Science, 1994, (34): 1176-1180
- [12] Gott B, Barton H, Samuel D, Torrence R. Biology of starch[A]. In: Torrence R. and Barton H. (Eds), Ancient Starch Research[C], Walnut Creek: Left Coast Press Inc, 2006, 35-46
- [13] Reichert ET. The Differentiation and Specificity of Starches in Relation to Genera, Species, etc [M]. Washington DC: Carnegie Institution of Washington, 1913
- [14] 杨晓燕, 吕厚远, 刘东生, 等. 粟、黍和狗尾草的淀粉粒形态比较及其在植物考古研究中的潜在意义 [J]. 第四纪研究, 2006, 25(2): 224-227
- [15] Emiola LC, Delarossa LC. Physicochemical characteristics of yam starches[J]. Food Biochemistry, 1981, (5): 115-130
- [16] Erdman M. Starch from arrowroot (*Maranta arundinacea*) grown at Tifton[J]. Georgia Cereal Chemistry, 1986, 63: 277-279
- [17] Chandler-Ezell K, Pearsall DM, Zeidler JA. Root and tuber phytoliths and starch grains document manioc(*Manihot esculenta*), arrowroot (*Maranta arundinacea*), and Lleren (*Calathea* sp.) at the Real Alto site, Ecuador.Economic Botany. 2006, 60(2): 103-120
- [18] Moorthy SN. Tuber Crop Starches[M]. Thiruvananthapuram Central Tuber Crops Research Institute Press, 1994
- [19] Gebre-Mariam T, Schmidt PC. Some physico-chemical properties of Dioscorea starch from Ethiopia[J]. Starch (Stärke), 1998, 50(6): 241-246
- [20] Hoover R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: A review[J]. Carbohydrate Polymers, 2001, 45: 253-267
- [21] Pérez E., Lares M. Chemical composition, mineral profile, and functional properties of canna (*Canna edulis*) and arrowroot (*Maranta* spp) starches[J]. Plant Foods for Human Nutrition (Formerly Qualitas Plantarum). 2005, 60(3): 113-116
- [22] Fullagar R, Field J, Denham T, et al. Early and mid Holocene tool-use and processing of taro (*Colocasia esculenta*), yam (*Dioscorea* sp.) and other plants at Kuk Swamp in the highlands of Papua New Guinea[J]. Journal of Archaeological Science, 2006, 33(5): 595-614
- [23] 杨晓燕, 孔昭宸, 刘长江, 等. 中国北方主要坚果类淀粉粒形态对比 [J]. 第四纪研究, 2009, 29(1): 153-158
- [24] 刘国祥. 红山文化研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2015, 1-780
- [25] 关莹, 高星, 李锋, 等. MIS3 晚期阶段的现代人行行为与“广谱革命”: 来自水洞沟遗址的证据 [J]. 科学通报, 2012, 57(1): 65-72
- [26] Guan Ying, Deborah M Pearsall, Xing Gao, et al. Plant use activities during the Upper Paleolithic in East Eurasia: Evidence from the Shuidonggou Site, Northwest China[J]. Quaternary International, 2014, 347(1): 74-83
- [27] 葛威, 刘莉, 陈星灿, 等. 食物加工过程中淀粉粒损伤的实验研究及在考古学中的应用. 考古, 2010, (7): 77-86
- [28] 关莹, 高星. 旧石器时代残留物分析: 回顾与展望 [J]. 人类学学报, 2009, 28(4): 418-429
- [29] 杨益民. 古代残留物分析在考古中的应用 [J]. 南方文物, 2008, (2): 20-25