

# 几何形态测量和稳定同位素视角下河南 下王岗遗址出土猪骨的相关研究

戴玲玲 高江涛 胡耀武

(上海 200433) (辽宁 大连 116029) (北京 100710)

**摘要:**野猪驯化为家猪的过程中,存在野猪的管理(控制)、家猪逃离人类控制返回自然环境、家猪和野猪的杂交等环节。本文利用几何形态分析和稳定碳、氮同位素方法,对河南下王岗遗址出土猪骨(牙)进行牙齿形态和食物结构分析。整体上看,下王岗遗址猪的  $M_2$  质心值小于野猪,牙齿形态与野猪差别明显。龙山文化时期猪骨稳定同位素有两组情况:一组猪食用大量  $C_4$  类植物,应源于中原地区圈养方式饲养的家猪;另一组猪的食物结构与野生鹿科相似,似为野猪。然而,几何形态分析显示,牙齿尺寸大的猪,其牙齿形态仍属家猪范围,暗示这部分猪很可能为返野的家猪。本研究突破以往对考古遗址猪群“非家即野”的二分法,对深入了解我国家猪驯化的复杂化过程极具借鉴意义。

**关键词:**下王岗遗址;猪;几何形态测量;稳定同位素

中图分类号:K871.13

文献识别号:A

文章编号:1001-0327(2019)06-0125-11

## 一、前言

众所周知,家猪由野猪驯化而来。长期以来,动物考古学家主要依据形态差异判断考古遗址中出土的猪骨属于野猪或家猪<sup>[1]</sup>。然而,越来越多的研究显示,猪的驯化并非一蹴而就,而是经过极其漫长和反复的过程<sup>[2]</sup>,不能简单地采用“二分法”进行区分。例如在家猪驯化的最初阶段,常常是对野猪进行控制和管理为主。然而,在这种松散的管理模式下,普遍存在家猪和野猪的杂交,造成二者区分困难。即使是已经驯化的家猪,也可逃离人类管控范围,重新回归自然状态,成为返野的家猪(feral pigs)<sup>[3]</sup>。再如形态学判定为野猪的个体,也可与人类活动发生紧密联系,产生文化意义上的家猪<sup>[4]</sup>。故此,考古遗址中出土的猪骨,包含驯化过程中各种状态(status)的猪群,而不仅仅只是驯化过程两个端点的家猪

和野猪。显然,深入了解考古遗址中猪群的组成,对进一步探索家猪的驯化机制及演变过程极具意义。

近年来,国际动物考古学界越来越关注此方面的研究,尝试运用几何形态测量(geometric morphometric)、稳定同位素分析、古DNA等方法,揭示古代家猪驯化模式以及饲养过程中猪群的各种状态<sup>[5]</sup>,探索家猪的驯化机制及演变过程<sup>[6]</sup>。例如:Krause-Kyora等通过几何形态测量和古DNA方法,对德国北部Ertebølle文化时期的猪骨进行了分析,发现这一地区的狩猎采集人群在中石器时代就存在对家猪的利用<sup>[7]</sup>;Balasse等采用稳定同位素和几何形态测量方法,分析了罗马尼亚境内Gumelnița文化时期多处考古遗址出土的猪骨(牙),显示其除家猪和野猪外,另有部分猪的牙齿尺寸大但形态与家猪一致,且其食物结构与野猪非常相近;这些个体很可能为返野

**作者:**戴玲玲,复旦大学文物与博物馆系、辽宁师范大学历史文化旅游学院;高江涛,中国社会科学院考古研究所;胡耀武,复旦大学文物与博物馆系。

的家猪,是遗址居民捕猎所得<sup>[8]</sup>。

我国是世界上家猪独立驯化的中心之一。距今9000年的贾湖遗址就已发现了我国目前最早的家猪<sup>[9]</sup>。目前,我国的动物考古学者通过对考古遗址出土的猪骨(牙)的种属鉴定、尺寸测量、量化统计、食性等分析,初步建立了我国不同区域内家猪的出现与演化及猪群饲养方式的基本框架<sup>[10]</sup>。然而,不可否认的是,纵观已有研究,在判定中国古代猪群的结构和属性时,普遍采用“非家即野”的二分法,缺乏对家猪驯化过程中多个环节及猪群属性复杂化的认识,限制了对我国古代家猪驯化过程、演化机制的深入探索。

由此,本文针对河南下王岗遗址出土的猪骨(牙),首次尝试结合几何形态测量和C、N稳定同位素分析,从猪的牙齿形态(尺寸和形状)和猪群的食性角度,揭示各个时期猪群的组成、猪牙齿形态的演变和各时期猪群的食物结构,探讨整个遗址猪群的牙齿形态和食物结构的多样性,深入了解该遗址猪群的组成特征、猪的饲养和管理等重要信息。

## 二、研究方法

### (一) 几何形态测量

几何形态测量由生物形态分类研究发展而来。该方法突破以往对形态的线性测量和形态描述,通过提取具有解剖学意义的标志点(landmark)和半标志点(semi-landmark),获取形态数据,利用计算机、数字图像技术和统计学方法,经过排列数据的整合和分析,进行形态参数的细致区分<sup>[11]</sup>。

早在20世纪80年代,就有学者尝试将几何形态测量运用于动物考古研究<sup>[12]</sup>。国际动物考古学会(ICAZ)于2002年设立了专门工作组(Archaeozoology, Genetics and Morphometrics, AGM),定期举行国际研讨会,推动几何形态测量方法在动物考古中的应用。近年来,几何形态测量被越来越广泛应用于国际动物考古研究中,为种属(亚种)之间的形态区分、家畜

的驯化和迁徙等提供了重要信息。如:Evin等利用这一方法,成功地实现了对现生家猪、野猪、返野家猪、家/野杂交猪、捕获野猪的牙齿形态的区分<sup>[13]</sup>;Bopp-Ito等对瑞士青铜时代多处遗址猪牙齿的几何形态分析指出:不同地区猪的牙齿形态呈现多样化特征,主要受各地区地理、环境及文化等因素的影响,对猪采用不同的饲养方式所造成的<sup>[14]</sup>;Duval等通过11处高卢和意大利地区的考古遗址出土猪牙齿的几何形态测量分析发现,高卢地区的猪牙齿形态并没有因罗马化过程发生明显变化,仍然沿用当地传统的畜牧策略<sup>[15]</sup>。然而,迄今为止,该技术尚未应用于国内动物考古中。

### (二) C、N稳定同位素分析

C、N稳定同位素分析基于“我即我食(you are what you eat)”原理,通过对考古遗址出土动物骨骼的稳定同位素分析,重建其食物结构,探讨家畜的饲养方式、了解家畜的驯化机制。这一方法最早于20世纪80年代引入我国,目前,愈来愈普遍运用于探讨我国家畜饲养策略、人和动物之间的关系等等。需要指出的是,稳定同位素分析的研究材料——猪骨或牙齿,多数基于传统的线性测量(即猪下颌M<sub>3</sub>长),缺少与牙齿形态的紧密结合,对猪群的属性判断,也仅做家/野区分<sup>[16]</sup>,从而忽视了其它属性的猪群、不同饲养(管理)方式下猪群牙齿尺寸、形态和食物结构之间的相互关系。

## 三、考古遗址、研究材料和相关分析

下王岗遗址位于河南省淅川县,东、北、西三面为丹江环绕,时代跨度从仰韶时代晚期直至汉代,是汉水流域考古学文化序列建立的关键遗址,为探讨汉水流域古代文化的发展和演变、南北文化的交流与融合提供了重要材料<sup>[17]</sup>。

2008~2010年,中国社会科学院考古研究所山西队配合南水北调工程,对下王岗遗址进行发掘,在地层、灰坑、壕沟和房址等单位

出土了大量动物骨骼遗骸。经种属鉴定、量化统计等得知,下王岗遗址中,猪的可鉴定标本数及最小个体数分别为2339和213,在哺乳动物中所占比例分别为38.6%和46.1%,为我们开展此次研究提供了充足材料。

### (一) 几何形态测量

本研究选择下颌 $M_2$ 作为几何形态测量分析对象,原因在于,猪的臼齿保存好且数量多,且猪的三颗下颌臼齿中, $M_2$ 是研究表型多样性和驯化过程中的关键表型标记(phenotypic marker), $M_2$ 受基因控制的强度高,可以很好地探究猪群内部基因与表型之间的关系<sup>[18]</sup>。

为判断下王岗遗址的猪群属性,选择了贾湖、甌皮岩、兴隆洼、西水坡以及现代的家猪、野猪 $M_2$ 作为参照(表一)。

几何形态测量分析主要包括以下几个方面。

(1) 用配以微距镜头(60毫米)的CanonEOS-70相机,对每一颗猪 $M_2$ 拍摄正投影照片。

(2) 在tpsDig2.12<sup>[19]</sup>软件中,对每颗牙齿的标志点和半标志点进行描绘(图一)。

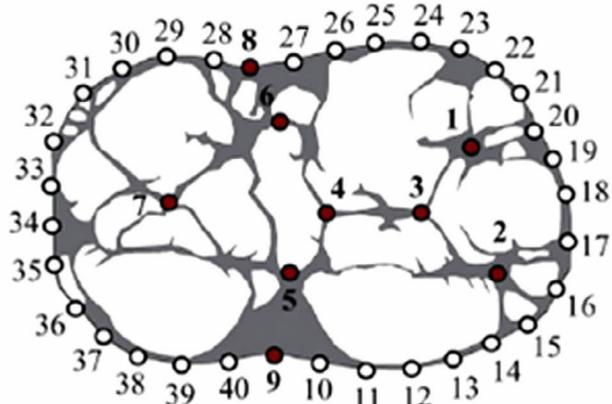
(3) 采用广义普鲁克分析(Generalized Procrustes Analysis, GPA)方法,将样本图片进行平移、缩放和旋转处理,使用最小二乘法使它们的同源(半)标志点尽可能接近,完成坐标数据的配准,排除因摆放位置、方向和尺寸等非形状因素对各样本坐标点数据的影响。

(4)  $M_2$ 质心值(centroid size)的单变量方差分析(ANOVA)。质心值在GPA过程中形成,是所有半标志点到重心点的平方累加值的平方根,反映了牙齿的大小<sup>[20]</sup>。

(5) 通过Tps软件数字化处理后得到 $M_2$ 的形状数据,建立与MorphoJ软件<sup>[21]</sup>相匹配的数

表一 几何形态测量分析样品( $M_2$ )信息

遗址名称	分期/文化	编号	年代	数量
甌皮岩	/	ZPY	8000-5000BC	5
贾湖	I/磁山-裴李岗	JH-I	7000-6600BC	1
贾湖	II/磁山-裴李岗	JH-II	6600-6200BC	6
贾湖	III/磁山-裴李岗	JH-III	6200-5800BC	8
兴隆洼	I/兴隆洼	XLW-I	6100-5700BC	11
兴隆洼	II/兴隆洼	XLW-II	5700-5300BC	26
西水坡	仰韶	XSP	5000-4000BC	113
下王岗	I/仰韶	XWG-I	4600-2700BC	11
下王岗	II/屈家岭	XWG-II	3400-2500BC	7
下王岗	III/龙山	XWG-III	2600-1900BC	46
下王岗	IV/二里头	XWG-IV	1850-1550BC	5
下王岗	V/西周	XWG-V	1060-770BC	27
下王岗	VI/汉代	XWG-VI	200BC-200AD	3
新砦	I/龙山	XZ-I	2050-1900BC	4
新砦	II/新砦	XZ-II	1870-1750BC	15
新砦	III/二里头	XZ-III	1735-1705BC	14
现代标本		编号	地理位置	数量
野猪(s.scrofa)		WB_N	北方	18
野猪(s.scrofa)		WB_S	南方	5
家猪(s.s.domestica)		DOM	不详	6



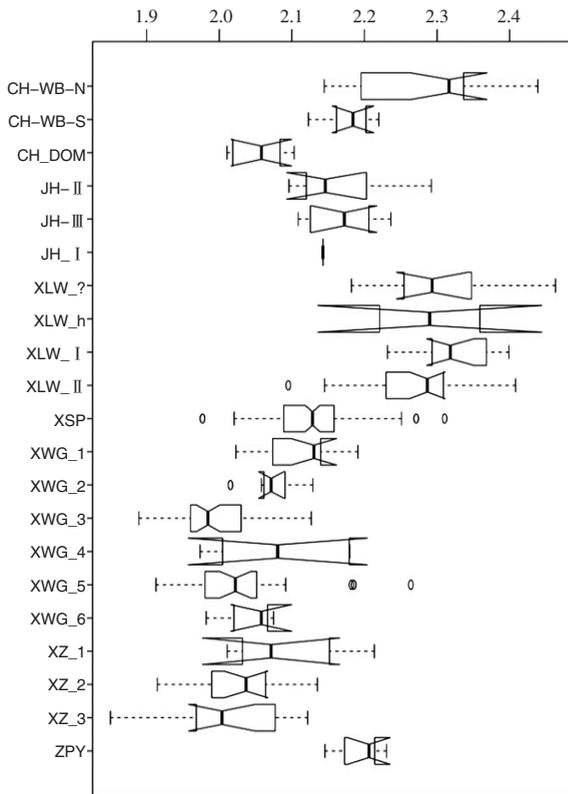
图一  $M_2$ 标志点和半标志点示意图 (1~9为标志点,10~40为半标志点,引自Cucchi等<sup>[23]</sup>)

据文件。

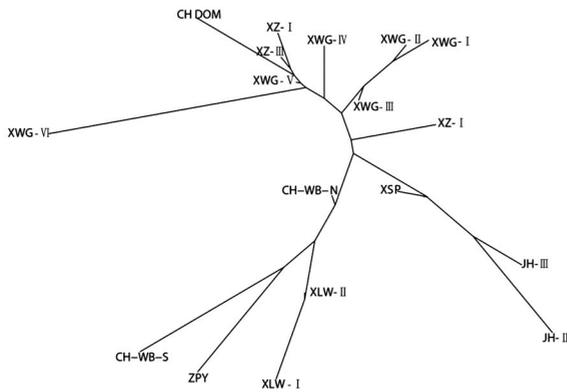
(6) 牙齿形状的异速生长(Allometry)分析,检验牙齿形状变异是否受尺寸影响<sup>[22]</sup>。

(7)  $M_2$ 形状的多元方差分析(MANOVA)和典型变量分析(Canonical variates analysis, CVA)。

尺寸和形状的各项分析结果均用R语言软件绘制所得。



图二 猪下颌M<sub>2</sub>质心值分布



图三 邻接法绘制的系统发育树

## (二) 稳定同位素

下王岗遗址选取54例猪下颌用于C、N稳定同位素分析，目的是便于稳定同位素数据与几何形态测量结果的对比分析。此外，鹿、獾、虎、兔等27例骨骼样品也做了同位素分析，为猪的食性分析提供同位素背景值。骨胶

原的提取参照Jay等<sup>[24]</sup>所描述的方法；同位素值的测定在中国农业科学院环境与可持续发展研究所测试中心进行。在排除污染样品外，共有80例样品符合稳定同位素分析。

## 四、结果

### (一) 几何形态测量

#### 1. M<sub>2</sub>质心值

M<sub>2</sub>质心值的多样本单变量方差分析结果显示，不同组之间存在显著差异 ( $F=46>1$ ,  $p=5.889E-81<0.01$ )。下王岗遗址所有时期M<sub>2</sub>质心值明显小于各野猪组(古代和现代)，与各家猪组的尺寸更接近。各时期M<sub>2</sub>质心值存在较为明显的波动，仰韶文化开始，M<sub>2</sub>质心值持续下降，龙山文化时期达到最低，二里头文化时期突然上升，到了西周和汉代，M<sub>2</sub>质心值再次下降(图二)。

#### 2. M<sub>2</sub>形状

M<sub>2</sub>的异速生长检验显示：约0.6%的个体存在较为明显的异速生长现象 ( $\%predicted=0.6397\%$ ,  $p=0.0317$ )，绝大部分M<sub>2</sub>的形状和尺寸之间不存在显著的相互影响关系。

剔除异速生长样本后，对其它标本M<sub>2</sub>的形状进行多元方差分析，结果显示，不同组之间在M<sub>2</sub>形状上存在明显差异 (Wilk's Lambda=0.0005578,  $F=1.951$ ,  $df1:1200$ ,  $df2:1506$ ,  $P<0.0001$ )。

基于普氏形状距离(Procrustes shape distance)、运用邻接法(neighbor joining)绘制的系统发育树(图三)显示，家猪和野猪在谱系树上的距离反映了它们在M<sub>2</sub>形状上的“巨大”差异，下王岗遗址各时期的猪M<sub>2</sub>形状与晚期家猪(新砦遗址)及现代家猪接近，与早期家猪相差较大。

#### 3. 下王岗遗址各时期猪M<sub>2</sub>形状的演变

下王岗遗址各个时期猪群M<sub>2</sub>形状的典型变量分析结果显示，除龙山文化时期(XWG3)，从早到晚，猪M<sub>2</sub>的形状呈现出由左上方向右下方的变化趋势；龙山文化时期，M<sub>2</sub>形状则偏离了这个演变轨迹(图四)。

## (二) 稳定同位素分析

由图五可知,野生鹿科和兔的 $\delta^{13}\text{C}$ 值反映出下王岗遗址的野生自然植被是以 $\text{C}_3$ 类为主;獾、虎等由于食用较多动物性蛋白, $\delta^{15}\text{N}$ 值明显高于食草动物。

下王岗遗址猪的稳定同位素值范围非常大, $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值的范围分别为 $-21.5\text{‰} \sim -7.6\text{‰}$ 、 $2.7\text{‰} \sim 8.2\text{‰}$  ( $N=48$ ),说明猪群在食物结构上存在很大差异,有的完全以 $\text{C}_3$ 类植物为食,有的几乎全部食用 $\text{C}_4$ 类植物;不同个体在动物性蛋白的摄取上也存在很大不同。

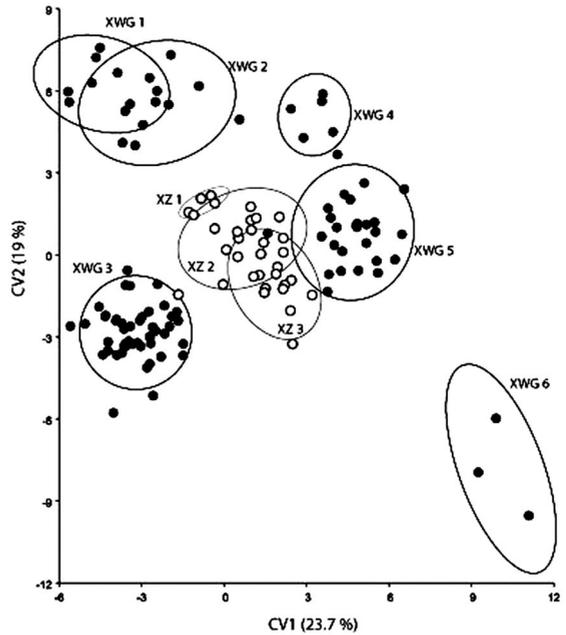
比较不同时期猪的稳定同位素数据可以看出(图五),除龙山文化时期外,从早到晚,下王岗遗址的猪群 $\delta^{13}\text{C}$ 值整体上呈现出不断升高的趋势,反映出 $\text{C}_4$ 类植物的摄入量逐渐增加;但到了汉代, $\delta^{13}\text{C}$ 值略有回落。 $\delta^{15}\text{N}$ 值也表现出从早到晚逐渐升高的规律,尤其到了汉代,猪的 $\delta^{15}\text{N}$ 值明显高于前期。与其它时期不同,龙山文化时期的猪可以分为两组,一组 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 值均较低;另一组则均较高。

## 五、讨论

(一) 下王岗遗址各个时期猪牙齿形态的变化

下王岗遗址的猪无论 $M_2$ 尺寸(图二)还是形状(图三)均与现生和古代家猪的关系更为密切,与野猪关系较远。并且,这种差异得到了统计分析的验证。由此我们初步认为,下王岗遗址的猪群整体是由家猪组成。

但是,不同时期猪 $M_2$ 在尺寸和形状的演变过程呈现出明显的波动。 $M_2$ 质心值的平均值从仰韶文化时期开始下降,到龙山文化时期达到最低值,二里头文化时期陡然上升,到西周和汉代文化时期,再次波动下降(图二)。 $M_2$ 形状演变过程中最明显的波动出现在龙山文化时期。整个龙山文化时期 $M_2$ 的形状发生了异变,偏离了仰韶至汉代的演变轨迹。二里头文化时期, $M_2$ 的形状稍微偏离这一轨迹,但偏离度远不如龙山文化时期。总体上, $M_2$ 尺寸和形状的波动基本一致,即主要出现在龙山



图四 下王岗遗址各时期猪 $M_2$ 形状的典型变量分析

文化时期,二里头文化时期不太显著。

(二) 下王岗遗址猪的食物结构及饲养方式

下王岗遗址所在的豫西南地区,三面环山,丘陵起伏,河谷平原发育。该区地处亚热带北部边缘,属于亚热带大陆性季风气候,四季分明,光热条件好,降水适中<sup>[25]</sup>。全新世时期以来,豫西南地区大部分为森林覆盖<sup>[26]</sup>。一般认为,森林环境不利于 $\text{C}_4$ 植物的生长<sup>[27]</sup>。结合鹿、兔等野生动物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值,可以推断本地区自然植被以 $\text{C}_3$ 植物为主。

豫西南的过渡性地理位置和适宜的水热资源,为农作物的生长提供了优越条件。该地区是我国史前粟稻混作的重要分布地区之一<sup>[28]</sup>。下王岗遗址的植物遗存分析表明,从仰韶文化时期至西周时期,下王岗遗址始终是粟稻混作的农业结构特点,并且旱作农业所占的比重略高于稻作农业;屈家岭文化时期,水稻的比例虽然略有上升,但是仍未超过旱作农业;龙山文化时期发现小麦遗存。此外,野大豆、狗尾草等遗存大量出土,表明野果和

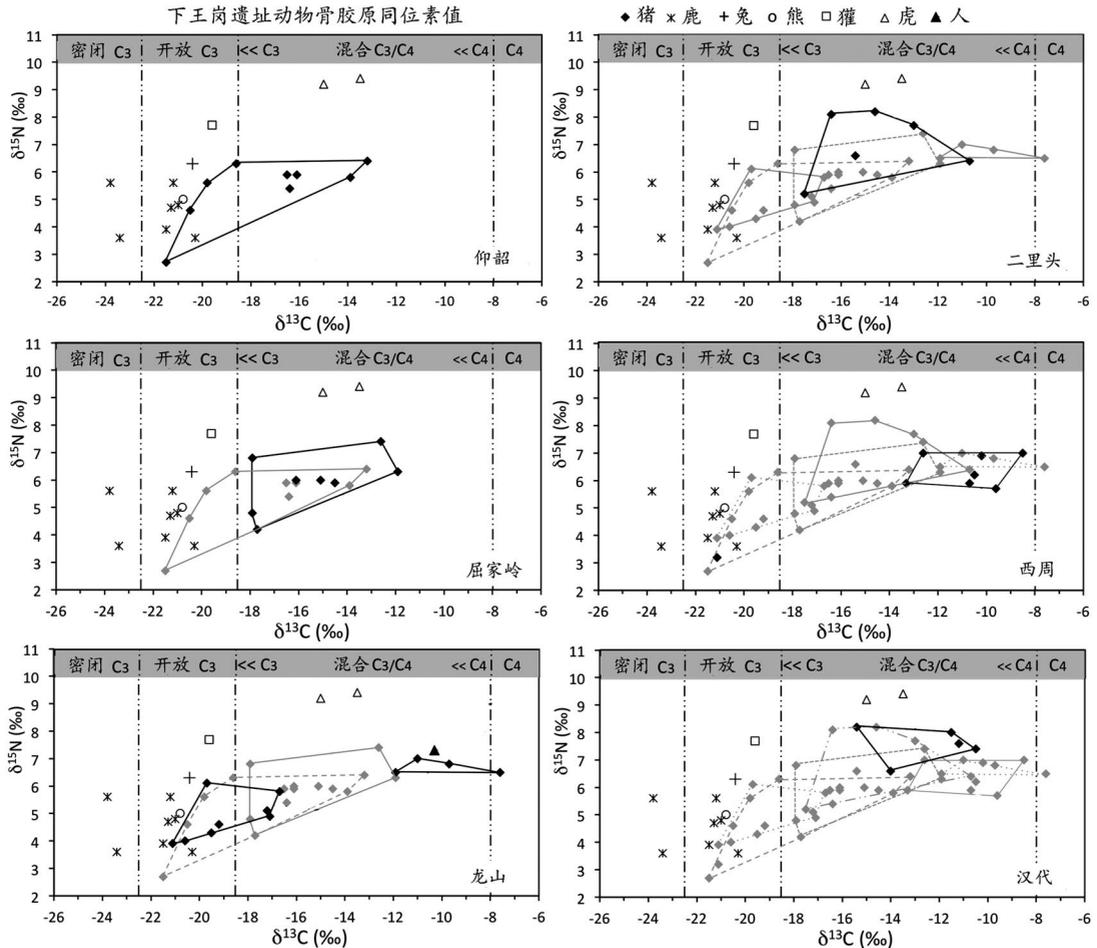


图5 下王岗遗址各时期动物骨骼C、N稳定同位素值散点图  
 (“密闭”指示森林环境；“开放”指示非森林环境；“<<”/“>>”表示C<sub>3</sub>或C<sub>4</sub>比例逐渐增加)

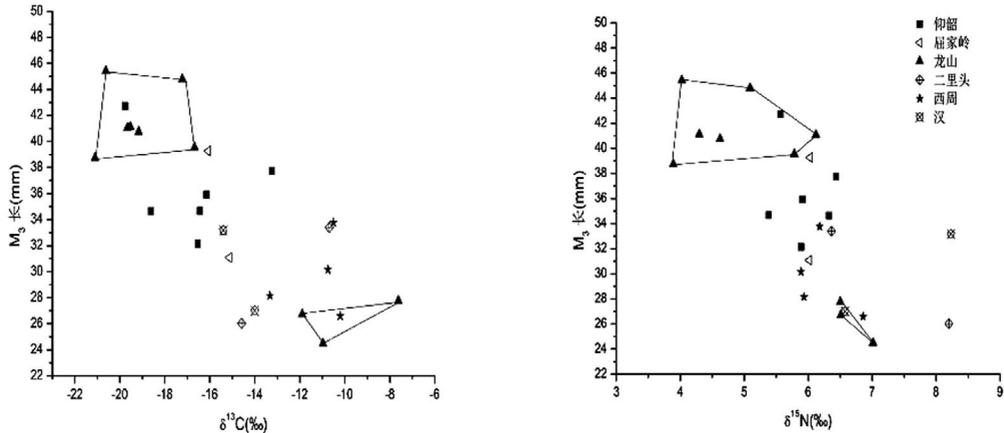
野菜是该遗址先民重要的食物来源<sup>[29]</sup>。《周礼·职方氏》记载“河南曰豫州，……，其畜宜六扰，其谷宜五种”，可见商周时期，南阳地区已形成五谷种植制度。汉代，小麦种植在全国得以推广<sup>[30]</sup>，但也有学者认为南阳地区汉代的农业结构以水稻为主<sup>[31]</sup>。

仰韶和屈家岭文化时期，猪的 $\delta^{13}\text{C}$ 值反映了猪群具有C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>混合的食物结构，但其较低的 $\delta^{15}\text{N}$ 值，表明其摄入的动物性蛋白很少。由此推断这时期的家猪是以粗放型的野外放养为主。

龙山文化时期，按照稳定同位素数据可以将猪分为两组：一组食用了大量的C<sub>3</sub>类植

物，且蛋白质的摄入量很少，与野生鹿科动物的食物结构比较相似；另一组的食物中含有大量C<sub>4</sub>类作物，营养级明显高于第一组。鉴于下王岗遗址龙山文化时期的粟稻混作农业结构，我们推断后一组猪可能并非本地饲养，而是源于粟作农业发达的中原地区。前一组很可能是采用较仰韶和屈家岭文化时期更为粗放的饲养方式，即完全以野生植物为食，但也不排除其它可能，下文将作详细讨论。

二里头文化时期，所有猪均呈现出C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>混合的食物结构。同时，这一时期猪的食物中含有较多的动物性蛋白。结合二里头文化时期的农业考古背景，推断这些猪可能以圈养



图六 龙山文化时期猪骨稳定同位素值与下颌M<sub>3</sub>尺寸关系

为主，由人类提供大量的饲料及农作物副产品，食用一些人类的食物残渣及人类粪便等。

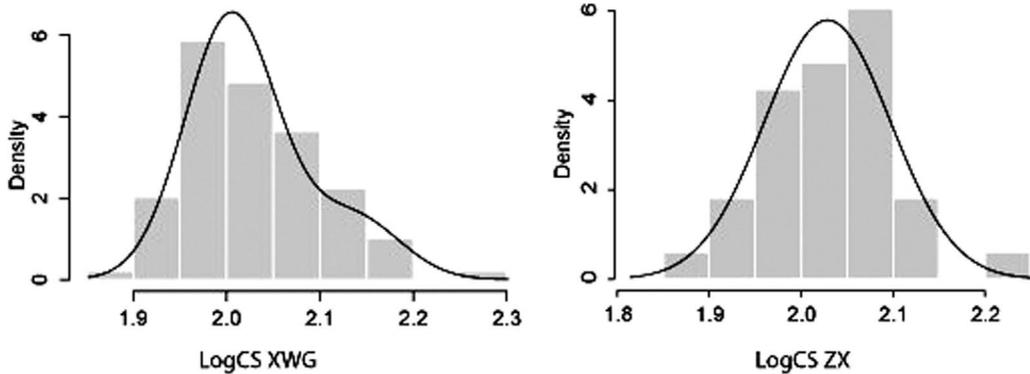
西周和汉代猪的 $\delta^{13}\text{C}$ 值，也反映了 $\text{C}_3$ 、 $\text{C}_4$ 混合的食物结构。西周时期， $\text{C}_4$ 类植物的食用量比较高，与龙山文化时期的一组比较接近。汉代，猪群的 $\delta^{15}\text{N}$ 值明显升高，这可能与圈养技术在汉代推广有关。《说文解字》中记载“以谷圈豕养也”，汉代也有数量众多的猪圈模型出土<sup>[32]</sup>。带厕圈养的猪在食用了人的粪便后，食物中动物性蛋白增多，引起 $\delta^{15}\text{N}$ 值的升高。此外，汉代农业种植规模扩大，施肥技术得到大力推广<sup>[33]</sup>，带厕猪圈可以促进积肥，施肥会造成农作物 $\delta^{15}\text{N}$ 值升高<sup>[34]</sup>，当先民以此类农作物副产品喂养家猪时，这种效应会传递至猪的骨骼组织中，造成其 $\delta^{15}\text{N}$ 值升高。

### (三) M<sub>2</sub>牙齿形态和猪食物结构的综合分析

从几何形态测量的结果来看，下王岗遗址的猪无论是尺寸还是形状，都属于家猪的范畴。但是，主要在龙山文化时期，猪M<sub>2</sub>的尺寸和形状都明显偏离了整个遗址从早到晚的演变轨迹。基因虽是决定牙齿形态的最重要因素，但是，品种、饲养策略、食物结构和环境等选择性压力(selective pressure)，同样会对牙齿形态产生影响，造成形态的多样化<sup>[35]</sup>。所有猪牙均取自于同一遗址，仰韶至汉代，虽然豫西南地区出现过气候的波动，但整体上并

未发生根本性变化，可以排除自然环境因素的影响。因此，下王岗遗址龙山文化时期猪牙齿形态的变异，则很可能是由于食物结构、饲养方式等差异造成的。

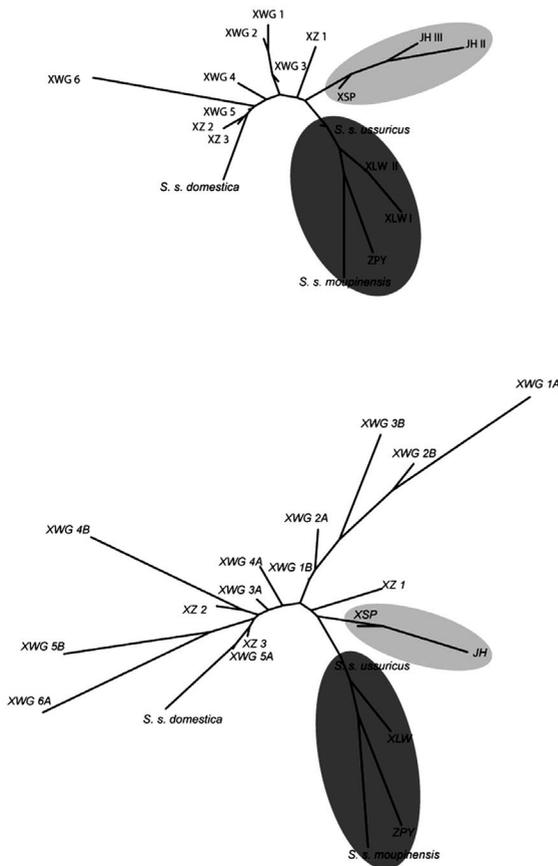
作为南北文化交流的重要通道，下王岗遗址在不同时期均受到南北文化的影响和控制<sup>[36]</sup>。仰韶文化和屈家岭文化时期，当地的猪以野外放养为主，未因不同文化的冲击而发生明显改变。到了龙山文化时期，随着“中央政权”对三苗的征伐，部分饲养于中原地区、大量食用粟(黍)类作物的家猪，随之被带到了下王岗遗址所在地区。中原地区自粟作农业大规模种植以后，家猪普遍以圈养的方式进行管理，改变了早期粗放式的饲养方式。在生长环境发生极大变化的情况下，猪的牙齿形态发生了显著变化，牙齿尺寸明显减小。当这部分猪被引入至下王岗遗址后，与当地长期散养的猪发生杂交，引发当地原有猪群牙齿形态和尺寸的变化。二里头文化时期对三苗的征伐使豫西南地区并入中原版图，继续居住于此的苗民“易其俗”，并入华夏族的系统<sup>[37]</sup>。但是，受豫西南地区的自然资源和粟稻混作的农业结构制约，圈养并投喂以粟(黍)类作物的饲养方式，被投喂粟、水稻及采集的野生植被所取代。这一时期，引自于中原地区的猪逐渐减少，下王岗遗址的猪群逐渐恢复到以当地的家猪为主，猪群的牙齿形态也回



图七 下王岗遗址M<sub>2</sub>质心值聚类分析所得的核密度图

表二 下王岗遗址各个时期猪M<sub>2</sub>质心值的分组

Centroid size	XWG_1	XWG_2	XWG_3	XWG_4	XWG_5	XWG_6
A (<2.1)	4	5	43	3	24	3
B (>2.1)	7	2	3	2	3	0



图八 基于M<sub>2</sub>质心值聚类分析结果所得下王岗遗址猪牙齿形态的系统发育树

归了原有的演变轨迹。但是,家猪最初散养的饲养方式逐渐被圈养所取代,导致整个猪群的生长环境和食物结构不断发生变化,猪的牙齿形态也随之发生演变。

龙山文化时期的猪,按照同位素值可以分为两组(图五)。在前面的讨论中,我们推断与鹿科动物食物非常接近的猪可能是采用完全放养的形式、让其在周围觅食。但是,当我们将这组猪的稳定同位素数据和传统动物考古研究中最常见的判断家/野的标准——下颌M<sub>3</sub>长进行对比时发现(图六),这组猪的M<sub>3</sub>长普遍大于39毫米;另外一组猪的M<sub>3</sub>尺寸非常小(24.5~27.7毫米)。按照以往的研究思路<sup>[38]</sup>,稳定同位素值和M<sub>3</sub>尺寸指示第一组是野猪,第二组是家猪。然而,几何形态测量数据却为我们提供了新的研究线索和诠释。

为进一步探讨下王岗遗址龙山文化时期大尺寸猪的属性,我们对M<sub>2</sub>质心值进行了混合分析(mixture analysis)。结果显示:除汉代外,其余各期猪M<sub>2</sub>的质心值都可分为大、小两组(likelihood=125.59, BIC=232.80),即屈家岭至西周时期以质心值小于2.1的为主,仰韶文化时期则以大于2.1的

为主(图七;表二)。

基于对 $M_2$ 质心值的聚类分析,将下王岗遗址每个时期的猪群分成尺寸大、小不同的两组,再次对 $M_2$ 形状进行分析,以检验尺寸大的 $M_2$ 是否会呈现不同的形态特征。结果显示,下王岗遗址中各个时期,即使尺寸大的 $M_2$ ,仍然与家猪的牙齿形态更相近,而与野猪差异明显(图八)。

由此,结合龙山文化时期猪群的食物结构和 $M_2$ 的几何形态测量数据,可对这一时期食物结构与鹿科动物食物接近的、牙齿尺寸偏大的猪(原认定为野猪)作出新的认识。这部分猪很可能为返野的家猪。其 $M_2$ 所呈现的家猪形态特征是基因决定的,但由于逃离了人类的控制,重新回到自然环境中,生存环境和习惯与野猪一致,导致其牙齿尺寸的相应变化。故此,这部分猪在形态上虽为“家猪”,但实为“野猪”,为人群狩猎所得。

#### (四) 展望

本研究为国内首次利用几何形态测量方法对我国考古遗址出土的猪牙齿进行形态分析,同时结合稳定同位素数据,对考古遗址猪群的组成和属性进行深入分析,发现下王岗遗址龙山文化时期可能存在返野的家猪。这突破了以往“非家即野”的局限,对全面探索该遗址家猪的驯化和演变过程具有重要价值。

然而,在研究取得进展的同时,我们也应清醒地看到,以上推断与利用传统的 $M_3$ 尺寸分析所得结果并不一致。究其原因,我们认为,这可能缘于两种分析方法取样的不一致。本项研究,首先进行的是稳定同位素分析,为利于对猪群属性的判断(下颌 $M_3$ 的长度),取样时尽量选择保留完整 $M_3$ 的下颌。几何形态测量晚于稳定同位素分析,且选择下颌 $M_2$ 作为分析对象。众所周知, $M_2$ 的萌出时间早于 $M_3$ 。如果样本中保留了完整 $M_3$ ,则通常 $M_2$ 已经磨损严重,难以进行几何形态测量。因此,并非所有稳定同位素的样本,都进行了几何形态测量分析,这使得两个推论的分析对象并

非完全一致。

## 六、结论

稳定同位素和几何形态测量对下王岗遗址出土猪骨(牙)的综合分析,使我们对该遗址猪群的结构、饲养方式演变有了新的认识。仰韶文化时期开始,猪以“粗放”的野外放养为主。这一模式在龙山文化时期,由于中原文化势力的进入而中断。中原地区“圈养”的家猪呈现不同的牙齿形态和尺寸,造成了下王岗遗址猪群牙齿形态的波动。这种圈养方式逐渐成为下王岗遗址后期家猪饲养的主要方式。

龙山文化时期,食物结构与野生鹿科非常相近的猪,虽然其牙齿尺寸较大,但牙齿形态与家猪相近,由此推断可能是返野的家猪,系狩猎所得,突破了以往“非家即野”的认识。

但是,受几何形态测量及稳定同位素分析取样的方法所限,并非所有样本都同时进行了两种分析,因此无法保证所分析数据源于完全一致的样本。具体体现为,利用 $M_3$ 尺寸和稳定同位素分析推断龙山文化时期有野猪,而几何形态测量则认为是返野的家猪。无论如何,作为形态分析的重要手段,几何形态测量在我国考古遗址猪群属性的分析上展现出潜在的应用前景。对各个时期考古遗址猪群牙齿进行几何形态分析,不仅可以深化对家猪驯化过程的认识,还可为探讨不同地区、不同饲养策略下家猪的形态演变提供重要依据。在今后研究中,在大力开展几何形态分析的同时,还应结合古DNA、稳定同位素分析等多种分析方法,多角度、系统地探讨我国家猪的驯化和演变机制。

**附记:** 中国社科院考古研究所的李志鹏和吕鹏、西北大学的刘欢以及兰州大学的任乐乐等同仁在材料整理过程中给予了指导和帮助,在此表示真挚的感谢。

**注释:**

[1]Albarella, U., et al. The domestication of the pig (*Sus scrofa*): new challenges and approaches. In: Zeder, M. et al

(eds). *Documenting Domestication: New Genetic and Archaeological Paradigms*, 2006, pp: 209~227.

[2]Ervynck, A., et al. Born Free? New Evidence for the Status of “*Sus scrofa*” at Neolithic Çayönü Tepesi (Southeastern Anatolia, Turkey). *Paléorient*, 2001, 27(2).

[3]Zeder, M. A. Pathways to Animal Domestication. Biodiversity. In: P. Gepts et al.(eds). *Agriculture: Domestication, Evolution, and Sustainability*, 2012, pp: 227~259.

[4]Vigne, J. D. et al. Pre-Neolithic wild boar management and introduction to Cyprus more than 11,400 years ago. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2009, 106 (38).

[5]Zeder, M. A. The Domestication of Animals. *Journal of anthropological research*, 2012, 68 (2); Marshall, F. B., et al. Evaluating the roles of directed breeding and gene flow in animal domestication. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2014, 111(17); Vigne, J. D. The origins of animal domestication and husbandry: A major change in the history of humanity and the biosphere. *Comptes Rendus Biologies*, 2011, 334(3).

[6]Zeder, M. Archaeological approaches to Documenting Animal Domestication. In: Zeder, M. et al (eds). *Documenting Domestication: New Genetic and Archaeological Paradigms*, 2006, pp:171~180.

[7]Krause-Kyora, B., et al. Use of domesticated pigs by Mesolithic hunter-gatherers in northwestern Europe. *Nature Communications*, 2013, 4.

[8]Balasse, M., et al. Wild, domestic and feral? Investigating the status of suids in the Romanian Gumelnița (5th mil. cal BC) with biogeochemistry and geometric morphometrics. *Journal of Anthropological Archaeology*, 2016, 42.

[9]罗运兵、张居中:《河南舞阳县贾湖遗址出土猪骨的再研究》,《考古》2008年第1期;T. Cucchi, et al. Early Neolithic pig domestication at Jiahu, Henan Province, China: clues from molar shape analyses using geometric morphometric approaches. *Journal of Archaeological Science*, 2011, 38.

[10]罗运兵:《中国古代猪类驯化、饲养与仪式性使用》,科学出版社,2012年。

[11]Zelditch, M. L., et al. *Geometric morphometrics for biologists: a primer*. London, Academic Press, 2012.

[12]Kratochvíl, Z., et al. Tierknochenfunde aus der grossmährischen Siedlung Mikulčice: zum siebzigsten Geburtstag von Univ. Prof. PhDr. Josef Poulík, Academia, 1981.

[13]Evin, A., et al. Phenotype and animal domestication: A study of dental variation between domestic, wild, captive, hybrid and insular *Sus scrofa*. *BMC Evolutionary Biology*, 2015, 15(1).

[14]Bopp-Ito, M., et al. Phenotypic diversity in Bronze Age pigs from the Alpine and Central Plateau regions of Switzerland. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 2018, 21.

[15]Duval, C., et al. Did Romanization impact Gallic pig morphology? New insights from molar geometric morphomet-

rics. *Journal of Archaeological science*, 2015, 57.

[16]管理等:《食谱分析方法在家猪起源研究中的应用》,《南方文物》2011年第4期。

[17]河南省文物研究所:《浙川下王岗》,文物出版社,1989年。

[18]P. M. Butler, Studies of the Mammalian Dentition - Differentiation of the Post-canine Dentition. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1939, 109(1).

[19]F. J. Rohlf, tpsDig-Thin Plate Spline Digitizer, version 2.12. *Computer Program*, 2008.

[20]同注[13]。

[21]C. P. Klingenberg. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources*, 2011, 11(2).

[22]Mosimann, J. E. Size allometry: size and shape variables with characterizations of the lognormal and generalized gamma distributions. *Journal of the American Statistical Association*, 1970, 65 (330); Klingenberg, C. P. Heterochrony and allometry: the analysis of evolutionary change in ontogeny. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 1998, 73(01).

[23]T. Cucchi, et al. Early Neolithic pig domestication at Jiahu, Henan Province, China: clues from molar shape analyses using geometric morphometric approaches. *Journal of Archaeological Science*, 2011, 38.

[24]M. Jay, M. P. Richards. Diet in the Iron Age cemetery population at Wetwang Slack, East Yorkshire, UK: carbon and nitrogen stable isotope evidence. *Journal of Archaeological Science*, 2006, 33(5).

[25]刘国旭、江富建:《南阳黄山遗址优越的农耕环境与独山玉文化研究》,《农业考古》2009年第1期。

[26]周廷儒、任森厚:《中国自然地理—古地理》,科学出版社,1984年;黄以柱:《略论豫西地区环境的变迁与对策》,《河南大学学报(自然科学版)》1985年第1期。

[27]H. Epstein, et al. Productivity patterns of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> functional types in the US Great Plains. *Ecology*, 1997, 78(3).

[28]王星光、徐桐:《新石器时代粟稻混作区初探》,《中国农史》2003年第3期;刘桂娥、向安强:《史前“南稻北粟”交错地带及其成因浅析》,《农业考古》2005年第1期。

[29]唐丽雅:《江汉地区新石器时代晚期至青铜时代农业生产动态的植物考古学观察》,中国社会科学院博士学位论文,2014年。

[30]彭卫:《关于小麦在汉代推广的再探讨》,《中国经济史研究》1958年第4期; 卫斯:《我国汉代大面积种植小麦的历史考证——兼与(日本)西嶋定生先生商榷》,《中国农史》1989年第4期; 惠富平:《汉代麦作推广因素探讨——以东海郡与关中地区为例》,《南京农业大学学报:社会科学版》2001年第4期。

[31]龚胜生:《汉唐时期南阳地区农业地理研究》,《中国历史地理论丛》1991年第2期。

[32]刘馨修:《汉唐时期的养猪业》,《农业考古》2003年第3期; 刘欢:《陕西地区出土汉代陶猪的初步研究》,《南方文物》2014年第1期。

[33]王春瑜、张占成:《我国古代农田施肥简述》,《历史教学》1961年第10期;龚良:《“圉”考释——兼论汉代的积肥与施肥》,《中国农史》1995年第1期;谭黎明、谭佳远:《古代农田施肥理论的研究》,《安徽农业科学》2014年第21期。

[34]J. Berntsen, et al. Simulating residual effects of animal manures using <sup>15</sup>N isotopes. *Plant and Soil*, 2007, 290(1); X. Wang, et al. Millet manuring as a driving force for the Late Neolithic agricultural expansion of north China. *Scientific Reports*, 2018, 8(1).

[35]A. Evin, et al. Unravelling the complexity of domestication: a case study using morphometrics and ancient DNA analyses of archaeological pigs from Romania. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 2015, 370.

[36]同注[17]。

[37]樊力:《略论三苗族及其文化在中华文明进程中的地位和作用》,《中原文物》1998年第1期;樊力:《豫西南地区新石器文化的发展序列及其与邻近地区的关系》,《考古学报》2000年第2期。

[38]同注[16]。

## Geometric Morphometric and Stable Isotopic Studies of Pig Bones from the Xiawanggang Site, Henan Province

Dai Lingling, Gao Jiangtao, Hu Yaowu

(Shanghai 200433) (Dalian, Liaoning 116029) (Beijing 100710)

Abstract: Pig domestication must have involved a few intermediate stages, such as the human management or cultural control of wild boar, the risk that humans lost control over domestic pigs which returned to the nature, and the hybrid between wild boar and domestic pigs. The present paper attempts to investigate the degree of domestication for pig populations found at the Xiawanggang site in Henan Province, using geometric morphometrics (GMM) and stable isotopic approaches. The results are summarized as follows: (1) regarding the shape and size of M<sub>2</sub>, the pig population at Xiawanggang is more similar to domestic pigs than to wild boars; (2) given that stable isotopic data characterized the pig bones from the Longshan times into two groups, one group consuming heavily on C<sub>4</sub> plants while the other showing a dietary pattern similar to that of wild deer. Thus, the former consists of pigs that were domesticated following the animal husbandry strategies popular in the Central Plains and the latter seem to be wild boars; and (3) GMM suggest that some pigs have larger yet morphologically domestic teeth, possibly an indication that they were domestic pigs returning to the nature. The present study, instead of paying attention to the wild/domestic dichotomy, investigates the complex process of pig domestication, which is of significance to the understanding of pig domestication in ancient China.

Keywords: the Xiawanggang site, pig, geometric morphometrics, stable isotopes

(责任编辑、校对: 段姝杉)