通化万发拨子遗址猪骨的 C, N 稳定同位素分析

管 理[①] 胡耀武[②*] 汤卓炜[③] 杨益民[②] 董 豫[①] 崔亚平[④] 王昌燧[②]

(① 中国科学技术大学科技史与科技考古系, 合肥 230026; ② 中国科学院研究生院人文学院科技史与科技考古系, 北京 100049; ③ 吉林大学边疆考古研究中心环境考古研究室, 长春 130012; ④ 西汉南越王墓博物馆, 广州 510040. * 联系人, E-mail: ywhu@gucas.ac.cn)

摘要 家猪驯化之初, 如何鉴别其与野猪的差异, 至今尚没有理想的科学方法. 为此采用 C, N 稳定同位素分析方法, 对吉林省通化市万发拨子遗址 26 座墓葬及灰坑中出土的猪骨进行了分析, 揭示了该遗址中家猪和野猪在食物结构上的差异, 探讨了采用食谱分析方法鉴别家猪与野猪的可行性. 未污染猪骨的骨胶原δ^{13}C 和δ^{15}N 分析显示, 猪主要以 C_3 类植物为食. 家猪与野猪的δ^{13}C 值无明显差异, 但δ^{15}N 值的差异显著, 这当与家猪食物中包含较多的蛋白质有关. 家猪与野猪食谱的内在差异, 预示着通过食谱分析方法科学鉴别家猪与野猪和探索家猪起源, 将具有广阔的前景.

关键词 家猪起源 食谱分析 **C, N**稳定同位素 野猪与家猪的鉴别

动物考古学和分子生物学, 是目前研究家猪起源的主要方法. 根据考古资料, 至目前为止, 世界上最早的家猪, 发现于土耳其东南部的Cayonu遗址, 其年代距今约 9000 年 [1]. 中国最早的家猪, 则见于约 8200~8000 年前的内蒙古赤峰兴隆洼、河北武安磁山以及浙江跨湖桥等遗址 [2]. 野猪和家猪的mtDNA序列分析显示, 家猪的驯化可能存在 2 个 [3]或多个中心 [4]. 然而, 尽管家猪的起源研究已经取得了颇为重要的成果, 但在驯化初期, 家猪和野猪的形态特征和DNA序列理应相同, 因此, 辨别驯化初期的家猪, 亟待另辟蹊径, 探寻新的研究思路.

提取考古遗址出土猪骨的骨胶原, 分析其 C, N 稳定同位素, 揭示家猪的食物结构, 已有不少报道. 例如, 山西陶寺遗址猪骨的 C 稳定同位素分析表明, 猪主要以C_4 类植物, 即以小米或小米剩余物为食 [5]. 半坡遗址的家猪, 其食物与该遗址的先民类似, 具有高的δ^{13}C和δ^{15}N值, 反映了其食物主要包括小米和较多的动物蛋白 [6]. 日本琉球岛的猪, 较其他诸岛具有较大的δ^{15}N值变异范围, 当与先民采用不同的饲养方式相关 [7]. 研究表明, 在Anatolia东南部的前陶时期遗址, 家猪的δ^{15}N值低于野猪, 似缘于其食物中的大量豆科植物比例 [8]. 纵观以上各研究成果, 不难发现, 主要从自然环境中获取食物的野猪, 一经驯化, 其食物将主要依赖于人工饲喂的农产品或人类的食物遗留, 这样, 它们与人类的食谱自然就形成了必然的联系. 因此, 通过食谱分析探讨家猪和野猪食物结构的差异, 或许可成为鉴别驯化初期家猪、探索家猪起源的一个有效方法. 本文拟对吉林省通化市万发拨子遗址出土的猪骨(包括野猪和家猪)进行C, N稳定同位素分析, 以便揭示两者间的食谱差异, 并籍此判断驯化初期鉴别家猪和野猪的可行性.

1 材料与方法

1.1 样品选择

依据吉林大学汤卓炜副教授的形态学鉴定结果, 从吉林通化万发拨子遗址选取了野猪、家猪及属性不明的猪骨, 共计 26 根. 猪骨的具体情况见表 1.

1.2 样品预处理

超声清洗骨样, 去除内外表面的污染物质, 粉碎骨样并过筛, 收集粒度为 40~60 目的骨粉. 以 0.1 mol/L 的 HCl 浸泡脱钙数天, 直至颗粒明显不见为止, 期间每隔一天更换一次新鲜酸液. 以去离子水清洗至中性后, 用 0.125 mol/L 的 NaOH 浸泡 20 h, 再洗至中性. 加入 0.001 mol/L 的 HCl, 于 95℃温度下明胶化(过夜), 趁热过滤, 冷冻干燥得骨胶原.

1.3 测试分析

(ⅰ) 元素分析

取少许骨胶原, 在中国科学技术大学理化中心 VARIO EL Ⅲ型元素分析仪上测定其C, N元素含量, 测定结果见表 1. 一般认为, 骨胶原的C/N摩尔比值介于 2.9~3.6, 可视为样品基本未受污染 [9], 能够用作

2007-03-16 收稿, 2007-06-06 接受
中国科学院知识创新工程项目(编号: KJCX35YWN12)和中国科学院研究生院院长基金资助

表 1　样品骨胶原的 C, N 含量及其稳定同位素的测试分析结果 a)

样品编号	遗迹单位	时代	性质及取样部位	C 含量	N 含量	C/N (摩尔比)	δ^{13}C(‰)	δ^{15}N(‰)
JW3	T396③	两汉	家猪右肱骨远端	16.48	6.017	3.52	−20.64	4.37
JW16	T196②:2	魏晋	家猪右胫骨远端	37.88	13.34	3.65	−21.20	5.57
JW18	H114	商周	家猪右胫骨远端	5.43	1.62	4.30	−21.60	4.62
JW24	F3	商周	家猪右胫骨远端	15.47	5.68	3.51	−20.61	4.45
JW12	T174③:8	两汉	家猪右距骨	31.11	11.55	3.46	−21.05	4.54
JW5	T466②	魏晋	家猪右桡骨近端	23.12	8.66	3.43	−20.72	4.36
JW6	T484③	两汉	家猪右桡骨近端	32.43	11.67	3.57	−22.99	5.23
JW10	T368④	春秋战国	家猪左肱骨远端	27.50	9.98	3.54	−21.57	4.29
JW15	T366③	两汉	家猪左肱骨远端	30.10	10.63	3.64	−19.60	5.34
JW21	T443②	魏晋	家猪左肱骨远端	23.74	9.01	3.39	−20.49	4.92
JW22	T370⑧:9	春秋战国	家猪左肱骨远端	10.05	3.54	3.65	−21.11	4.83
JW4	T396③:8	两汉	家猪左胫骨远端	36.70	13.51	3.49	−21.60	4.32
JW7	T405③	两汉	家猪左胫骨远端	36.30	13.12	3.56	−21.16	4.80
JW14	T435⑤	春秋战国	家猪左胫骨远端	36.80	13.25	3.57	−21.18	3.75
JW8	T196②:7	魏晋	家猪左距骨	33.92	12.24	3.56	−21.20	4.66
JW26	T555⑤:84	春秋战国	家猪左桡骨近端	20.60	7.62	3.48	−20.70	4.53
JW11	T396④	春秋战国	野猪右肱骨远端	34.91	12.7	3.53	−21.28	3.97
JW17	T370⑨:7	商周	野猪右肱骨远端	17.11	6.21	3.54	−20.59	3.82
JW19	F398⑩:19	商周	野猪右桡骨远端	30.10	10.63	3.64	−21.15	4.55
JW1	H58	商周	野猪左肱骨远端	29.34	10.76	3.51	−22.32	3.16
JW25	T397⑧	春秋战国	野猪左胫骨远端	31.73	11.60	3.52	−21.35	4.04
JW2	T396⑥	春秋战国	?右肱骨远端	30.16	11.2	3.46	−21.62	3.57
JW9	T376⑥	春秋战国	?右距骨	11.85	4.18	3.64	−20.66	4.48
JW23	T396②	魏晋	?左胫骨远端	36.26	13.38	3.48	−20.45	3.97
JW20	T398⑧:9	春秋战国	?左桡骨近端	27.43	10.25	3.44	−22.18	4.62
JW13	H35:38	春秋战国	?左桡骨	20.46	7.68	3.42	−20.98	4.21

a) 表中的“？”表示无法鉴定样品是家猪还是野猪

食谱分析. 为明了起见, 表 1 中污染严重的 6 个样品(C/N 比值>3.6)用黑体标示.

(ⅱ) 稳定同位素测定

C, N 稳定同位素的测试, 在中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所测试中心进行, 测试仪器为 Finnigan 公司生产的 MAT Delta plus 型固体质谱. 碳氮均以标定的钢瓶气为标准, 用 IAEA-N-1 标定氮钢瓶气(以空气为基准), 用 USGS 24 标定碳钢瓶气(以 PDB 为基准), 同时与相关单位进行横向校正. C 同位素的分析精度为 0.1‰, N 同位素的分析精度为 0.2‰. C 同位素的分析结果以相对于 PDB 的δ^{13}C 表示, 而N同位素的分析结果以相对于N_2(气态)的δ^{15}N 表示. 测试数据也列于表 1.

2　结果与讨论

2.1　猪的食物结构

从表 1 中数据可以看出, 未污染猪骨的δ^{15}N值介于 3.2‰~5.3‰之间, 落于食草类动物的δ^{15}N值范围(3‰~7‰)[10]内, 由此可以推断该遗址的猪主要以植物为食. 另一方面, 所有样品的δ^{13}C值在−22.99‰ ~ −20.45‰之间. 一般认为, C_3和C_4植物的δ^{13}C平均值分别为−26.5‰和−12.5‰[11]. 在食物被动物吸收并转变为骨胶原的过程中, 其δ^{13}C约富集 5‰. 因此, 以C_3 植物为食的猪, 其骨胶原的δ^{13}C值应为−21.5‰左右. 表 1 中δ^{13}C的数据表明, 该遗址中猪的骨胶原的δ^{13}C值非常接近C_3 植物平均值. 综上分析可以得出结论, 该遗址猪的食物以C_3类植物为主.

2.2　野猪与家猪的的食谱差异

为观察猪群间的食谱差异, 绘制了所有未污染样品的δ^{13}C 和δ^{15}N 散点图, 如图 1 所示. 由图 1 可以明显看出, 野猪、家猪以及性质未明猪, 它们的δ^{13}C 值差别不大, 而δ^{15}N 值的差异则颇为明显. 总体而言, 野猪的δ^{15}N 值最小, 家猪最高, 而性质未明的猪则基本居中. 家猪和野猪的δ^{13}C 和δ^{15}N 值的平均值显著性差异分析(independent sample test)进一步表明, 在$\alpha = 0.05$ 的显著性水平上, 两者的δ^{13}C 值不存在显著性差异($0.606 > 0.05$), 但δ^{15}N 值却差异显著($0.017<0.05$). 综合以上分析, 可以看出, 遗址中的家猪, 由于其部分食物依赖于先民的供给, 如先民的残

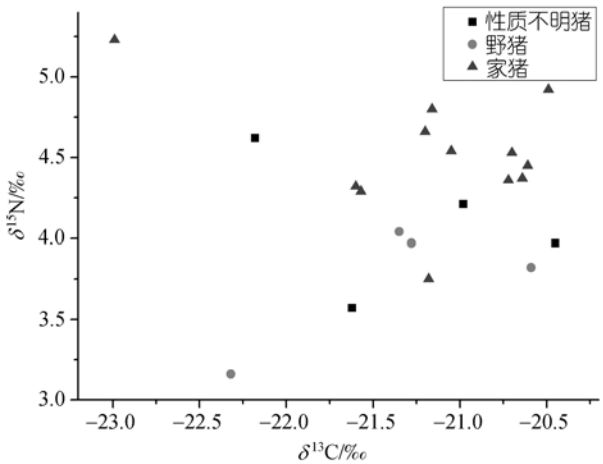

图 1 未污染样品的δ^{13}C 和δ^{15}N 散点图

羹冷炙等，导致其骨胶原的δ^{15}N 值高于野猪.

2.3 家猪与野猪的鉴别

Diamond等人[12]认为，野生动物的驯化，需要满足以下条件: (ⅰ) 固定的食物来源; (ⅱ) 生长相当迅速; (ⅲ) 在封闭环境中繁殖; (ⅳ) 性格柔顺; (ⅴ) 不易惊慌; (ⅵ) 可调的社会等级，即将人类视为其主人. 陈文华也指出，野猪的驯化，经历了拘禁、圈养等阶段[13]. 由此可见，人类对野猪的拘禁以及食物的供给，是野猪得以驯化成家猪的关键.

野猪虽属杂食类，但其食物以植物类为主(如叶类和果类)，偶尔摄取昆虫和小型哺乳动物等[14]. 故此，土耳其前陶遗址、日本诸岛考古遗址以及本文研究的万发拨子遗址中的野猪，其骨胶原的δ^{15}N值，均落于食草类动物范围. 而家猪，则由于人类饲喂其食物的不同，表现出极大的差异. 例如，土耳其遗址的家猪，主要以大量的豆科植物为食; 日本诸岛家猪的食物，包含了一定量的海生食物; 仰韶文化遗址的家猪，其食物主要来源于小米和人类的剩余食物. 万发拨子遗址的家猪，其食物虽仍以植物类为主，但业已包含部分人们的残羹冷炙. 由此推断，家猪与野猪的食谱，本质上应存在明显的区别，这说明，通过考古遗址出土猪骨的食谱分析，探讨猪群间食谱的差异，可望成为鉴别家猪与野猪的有效方法之一，对于家猪起源的深入研究将具有十分重要的意义.

3 结论

本文对万发拨子遗址出土的猪骨进行了稳定同位素分析，研究结果表明:

(ⅰ) 未污染猪骨的δ^{13}C 和δ^{15}N 值分析表明，其主要以 C_3 类植物为主食.

(ⅱ) 家猪与野猪的δ^{13}C 值不存在显著差异，δ^{15}N 值却差异显著，反映了两者虽都以植物类食物为主，但家猪因人类饲喂活动的影响，其食物中比野猪包含了更多的蛋白质.

(ⅲ) 家猪与野猪在食谱上的差异，可望成为鉴别驯化初期家猪以探索家猪起源的有效方法之一.

致谢 吉林大学考古系张全超老师，Suratissa 和罗鹏同学在取样过程中提供了帮助，中国科技大学生物系邹春森同学在样品制备过程中提供了帮助，在此一并致谢.

参 考 文 献

1 胡耀武，王昌燧. 家猪起源的研究现状及思考. 中国文物报，2004-3-23
2 袁靖. 中国古代家猪的起源. 西部考古(第一辑). 西安: 三秦出版社, 2006. 43—49
3 Giuffra E, Kijas J M H, Amarger V, et al. The origin of the domestic pig: Independent domestication and subsequent introgression. Genetics, 2000, 154: 1785—1791
4 Larson G, Dobney K, Albarella U, et al. Worldwide phylogeography of wild boar reveals multiple centers of pig domestication. Science, 2005, 307: 1618—1621[DOI]
5 蔡莲珍，仇士华. 碳十三测定和古代食谱研究. 考古，1984, 10: 949—955
6 Pechenkina E A, Ambrose S H, Ma X L, et al. Reconstructing northern Chinese Neolithic subsistence practices by isotopic analysis. J Archaeol Sci, 2005, 32: 1176—1189[DOI]
7 Minagawa M, Matsui A, Ishiguro N. Patterns of prehistoric boar Sus scrofa domestication, and inter-islands pig trading across the East China Sea, as determined by carbon and nitrogen isotope analysis. Chem Geol, 2005, 218: 91—102[DOI]
8 Löesch S, Grupe G, Peters J. Stable isotopes and dietary adaptations in humans and animals at Pre-Pottery Neolithic Nevali Cori, Southeast Anatolia. Am J Phys Anthropol, 2005, 131: 181—193[DOI]
9 DeNiro M J. Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction. Nature, 1985, 317: 806—809[DOI]
10 Ambrose S H, Katzenberg M A. Biogeochemical Approaches to Paleodietary Analysis. New York: Kluwer Academic/Plenum Publisher, 2000
11 van der Merwe N J. Carbon isotopes, photosysthesis and archaeology. Am Sci, 1982, 70: 596—606
12 Diamond J M. Guns, Germs, and Steel: The Fates of Human Societies. New York: W W Norton & Company, 1999
13 陈文华. 农业考古. 北京: 文物出版社, 2002
14 王京仁，李淑红，夏维福，等. 野猪生物学特性及驯养方法. 经济动物学报, 2002, 6(3): 52—54