晚商中国(1250~1046BC)农业制度的优越性研究: 来自考古稳定同位素的新证据

王宁^{1,2}, 王宇¹, 陶思远¹, 吴倩^{3*}

1. 江苏师范大学历史文化与旅游学院, 徐州 221116;

2. 中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室, 北京 100044;

3. 郑州市文物考古研究院, 郑州 450007

* 通讯作者, E-mail: wanging3@gmail.com

收稿日期: 2020-05-08; 收修改稿日期: 2020-07-22; 接受日期: 2020-08-03; 网络版发表日期: 2020-10-12

教育部人文社会科学研究青年基金项目(编号: 16YJCZH100、19YJAZH130)、国家自然科学基金青年项目(批准号: 41603009)和国家社会科学基金青年项目(编号: 18CKG023)资助

摘要 研究表明, 作为早期中国政治经济文化的中心区域, 中原地区的两次农业模式转变, 极大地提升了该地区的农业产量和抗灾能力, 促进了中原地区的崛起. 第一次是在早期复杂社会形成时期(2500~1600BC)率先由单品种农作物制度向多品种农作物制度过渡, 第二次是在商代(1600~1046BC)之后逐步地由依赖粟黍向以种植小麦为主的旱作农业模式转变. 为此, 文章选择商王朝建都和统治核心区域的郑州地区首次发现密集而排列有序的一处商代晚期墓葬群(郑州黄河路109号院墓地)出土的30例人骨和7例殉狗为研究对象, 展开考古稳定同位素分析. 结果表明, 商代晚期郑州地区的绝大多数先民仍以C₄类(粟黍)食物为主, 不同时期、性别、年龄和经济地位先民的食物结构差异并不明显, 但是C₃类(水稻和小麦)食物增多. 此外, 文章通过梳理多个遗址的考古稳定同位素和植物浮选结果发现, 多品种农作物的种植制度在商代主要存在于都城级别的高规格等级遗址中, 推测与其推广难度有关, 体现了商代晚期中原地区农业制度的先进性和复杂性, 为早期中国(1250~1046BC)农业制度的优越性研究提供了新的科学证据.

关键词 黄河路109号院, 商代晚期, 碳、氮稳定同位素分析, 多品种农作物制度, 优越性

1 引言

“民以食为天”, 中原地区农业的发展是早期中国复杂社会形成最为重要的前提条件之一. 农业考古研究表明, 中原地区的农业模式经历了两次重大转变(赵志军, 2007). 第一次是发生在中华早期复杂社会形成

时期(2500~1600BC). 在龙山时代以前, 中原地区的生业模式始终表现出粟(黍)作农业为主的北方旱作农业的典型特点. 在龙山时代之后, 稻谷和大豆开始得到普遍种植, 小麦引入并种植规模开始扩大, 中原地区逐渐呈现出由单品种农作物制度向多品种农作物制度转变的趋势, 长期以来单纯依靠粟作农业逐渐演变为包括

中文引用格式: 王宁, 王宇, 陶思远, 吴倩. 2021. 晚商中国(1250~1046BC)农业制度的优越性研究: 来自考古稳定同位素的新证据. 中国科学: 地球科学, 51(1): 92~102, doi: [10.1360/SSTe-2020-0115](https://doi.org/10.1360/SSTe-2020-0115)

英文引用格式: Wang N, Wang Y, Tao S, Wu Q. 2021. The study of superiority of China agricultural system in late Shang (1250~1046BC): New evidence from archaeological stable isotopes (in Chinese). Scientia Sinica Terrae, 51(1): 92~102, doi: [10.1360/SSTe-2020-0115](https://doi.org/10.1360/SSTe-2020-0115)

粟、黍、稻谷、小麦和大豆在内的“五谷丰登”的农耕模式. 这一率先转变所带来的经济优势, 为中原地区中华文明的崛起和发展创造了有利条件.

第二次转变, 发生在商代至汉代时期(AD1600~220). 前一时期引入的小麦, 这一时期在中原地区开始得到推广. 经过漫长的过程, 北方旱作农业逐步地由依赖粟黍向以种植小麦为主的模式发生转变. 这一改变为以黄河流域地区为政治和经济中心的秦汉帝国的建立和强大奠定了坚实的物质基础(赵志军, 2007; 郭怡等, 2016; 侯亮亮等, 2020).

商王朝(1600~1046BC)作为中国有确切出土文字记载的最早王朝, 正处在中原地区两次农业模式转变中的关键阶段. 地处中原腹地的郑州地区, 实为“天地之中”, 区位优势更是独占鳌头, 中华母亲河黄河从中穿过, 自然环境条件亦十分优越, 是商王朝早期都城所在地和统治的核心区域. 首都地区的农业和手工业发展程度理应代表了当时最先进的生产力水平. 因此, 继续深入开展郑州地区商代时期农业发展状况研究, 对于探讨中华早期复杂社会与农业发展等科学问题具有重大意义.

20世纪出现的考古C、N稳定同位素分析方法, 是揭示先民食物结构和生业模式强有力的研究手段. 根据“我即我食(You are what you eat)”原理, 通过人骨的 $\delta^{13}\text{C}$ 值可以直接揭示先民的植物类及其所食动物中植物类的主要食物种类和来源(Smith, 1972; Epstein等, 1997). 通过人骨的 $\delta^{15}\text{N}$ 值可以直接判断先民食物来源中的肉食资源比例及其营养等级(Minagawa和Wada, 1984; Hedges和Reynard, 2007). 相比植物浮选法在宏观层面上对整个遗址中农作物遗存出土数量和出土概率的科学统计, 考古稳定同位素分析能够在微观层面上精确地揭示先民个体对于不同食物的摄入比例, 以及不同先民个体之间的饮食差异, 从不同角度为研究古代农业发展提供更多的科学证据. 这一研究方法在中国大量考古遗址中已得到了广泛开展(Ma M M等, 2016; 董广辉等, 2017; Hu, 2018), 包括二里头文化的河南伊川南寨遗址(张雪莲等, 2003)、二里头遗址(张雪莲等, 2007)、新密新砦遗址(吴小红等, 2007)、登封南洼遗址(Zhang等, 2020)和先商文化的河南鹤壁刘庄遗址(Hou等, 2013)、河北磁县南城遗址(Ma Y等, 2016)等中原地区多处重要遗址先民和动物的稳定同位素分析, 加深了对商代以前二里头文化时期(2070~

1600BC)居民的生业模式和农业发展状况等问题的认识. 与此同时, 学界对河南偃师商城遗址(张雪莲等, 2003)、郑州小双桥遗址(王宁等, 2015; Wang等, 2017; 李宏飞和王宁, 2018)、南洼遗址(Zhang等, 2020)、安阳殷墟遗址(张雪莲等, 2003, 2017; Cheung等, 2017a, 2017b, 2017c)、山东济南刘家庄遗址(宫玮, 2016)和滕州前掌大墓地(张雪莲等, 2012)等商文化遗址开展了稳定同位素测试工作, 获取了商文化多处遗址先民的食物结构信息, 总体上阐明了商人以粟作农业为主的生业模式(Li等, 2020). 此外, 中原地区新郑遗址(Zhou等, 2017)、西亚斯和畅馨园(Dong等, 2017)、宋庄遗址和陈家沟遗址(Dong等, 2020)、申明铺遗址(侯亮亮等, 2012)的稳定同位素数据展现了商代以后小麦在中原地区逐步推广的过程. 禹州瓦店遗址(陈相龙等, 2017)、望京楼遗址(陈相龙等, 2018)和偃师商城遗址(胡佳佳, 2019)等家畜动物的考古稳定同位素分析结果也阐明了龙山时代晚期到商代时期中原地区家养动物的饲养状况.

商代时期的郑州地区作为中国古代农业发展过程中如此重要和关键的一环, 目前仅有商代早期偃师商城遗址($n=3$)(张雪莲等, 2003)、商代中期小双桥遗址($n=51$)(王宁等, 2015; Wang等, 2017; 李宏飞和王宁, 2018)和商代晚期南洼遗址($n=6$)(Zhang等, 2020)先民的C、N稳定同位素值公布, 学界对于这一阶段先民的食物结构和生业模式等相关信息的认识仍显薄弱. 目前仅有的稳定同位素研究表明, 中原地区商代先民仍然以 C_4 类(粟黍)植物为主要食物来源, 由于骨胶原碳氮稳定同位素信号不够灵敏, 没办法显示先民少量的或者短期摄入不同食物的信息, 尚未在稳定同位素角度发现第二次农业模式转变的明显信号. 这一时期先民的生业模式究竟有何特点? 多品种农作物制度的推广和实践达到何种程度? 尚需选取更多考古遗址开展稳定同位素分析工作, 提供新的数据, 予以解答.

为了继续探索早期中国农业发展状况, 本文以作为商王朝建都和统治核心区域的郑州地区为研究重点, 选择该地区目前首次发现密集而排列有序的商代晚期墓葬群(郑州黄河路109号院墓地)出土的30例人骨和7例殉狗为研究对象, 运用碳氮稳定同位素分析方法, 揭示该时段先民的食物结构状况以及个体饮食差异状况, 进而探索多品种农作物制度在中原地区的推广情况, 为探讨早期中国农业制度的优越性研究提供

更多的科学依据。

2 材料与方法

2.1 遗址考古背景

2012年底发掘的河南郑州黄河路109号院墓地(图1), 是郑州地区首次发现密集而排列有序的商代晚期墓葬群, 填补了该地区商代晚期墓葬研究的空白(吴倩等, 2015)。该墓地位于郑州市黄河路与花园路交叉口西南角(黄河路109号)。2012年11月至2013年1月, 为配合工程建设, 郑州市文物考古研究院对工程区内的古代遗迹进行了清理, 共发掘墓葬45座, 其中43座为商代晚期。墓葬皆为小型长方形竖穴, 大多长2~3m, 宽0.6~1m, 排列有序, 保存较好, 随葬品很少, 多为陶器, 少量铜器、玉器及贝币, 有5座墓中未发现随葬品。按陶器特征分析可将这批墓葬分为两个阶段, 分别属于殷墟二期(约)和三期。共有13座墓中发现有殉狗, 分别见于腰坑、二层台和墓葬填土中, 为商文化中特有的殉狗习俗。

2.2 样品选取

本次研究的样品全部来自黄河路109号院商代墓

地考古发掘出土的骨骼标本, 共37例, 其中人骨30例、殉狗7例。根据随葬陶器特征分析可将这批墓葬分为两个阶段, 分别属于殷墟二期(3例)和三期(17例), 其中10例墓葬(灰坑)因未出土随葬器物, 所以笼统归属为殷墟期(1250~1046BC)。殷墟二期大约对应甲骨文分期的武丁、祖庚、祖甲时期, 殷墟三期大约对应甲骨文分期的廪辛、康丁、武乙、文丁时期, 整体年代大约为1250~1102BC, 延续150年左右(中国社会科学院考古研究所, 2003)。由于这批人骨保存状况并不理想, 体质人类学鉴定难度较大, 部分样品的性别、年龄等信息缺失。详情见表1。

2.3 样品处理

样品前处理和骨胶原提取在中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室完成。据Richards和Hedges(1999)的方法, 并参考Jay和Richards(2006)对该方法的改进来提取骨胶原。利用手术刀和打磨机, 清除附在骨样表面的污染。称取大约1~2g骨样, 经去离子水清洗后, 置于0.5mol L⁻¹的HCl溶液(4℃)中脱钙, 每隔两天更换酸液, 至无气泡产生、骨样酥软为止。经过去离子水洗至中性, 常温下在0.125mol L⁻¹的NaOH溶液中浸泡20h后洗至中性。于0.001mol L⁻¹的HCL溶液中70℃

图1 黄河路109号院遗址及本文所引考古遗址的位置示意图

1, 南城; 2, 殷墟; 3, 刘庄; 4, 二里头; 5, 南寨; 6, 偃师商城; 7, 南洼; 8, 小双桥; 9, 新砦; 10, 刘家庄; 11, 前掌大

表 1 黄河路109号院墓地和殉狗骨骼样品信息和稳定同位素测试结果^{a)}

序号	墓葬编号	分期	开口面积(m ²)	性别/种属	年龄*	C(%)	N(%)	C/N	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	$\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$
1	M3	殷墟三期	1.05	—	—	43.78	16.27	3.1	-7.3	12.4
2	M4	殷墟三期	1.15	男	壮年	43.89	16.06	3.2	-7.1	12.0
3	M5	—	0.90	—	—	44.71	16.51	3.2	-9.1	10.1
4	M6	—	1.38	男	壮年	42.49	15.56	3.2	-7.3	11.1
5	M7	殷墟二期	2.11	男	青年	32.24	11.83	3.2	-7.3	11.0
6	M8	殷墟三期	1.84	男	青壮年	44.90	16.27	3.2	-7.3	11.6
7	M9	殷墟二期	1.79	男	壮年	43.34	16.04	3.2	-18.5	10.6
8	M10	—	1.92	男	青年	43.53	15.96	3.2	-17.3	11.3
9	M11	—	1.61	—	—	42.43	15.44	3.2	-7.4	7.4
10	M12	殷墟三期	1.58	女	老年	43.99	16.30	3.1	-8.5	12.2
11	M13	殷墟三期	1.76	—	中壮年	42.29	15.34	3.2	-7.9	10.6
12	M14	殷墟三期	2.32	男	壮年	43.80	15.72	3.3	-7.8	10.9
13	M15	殷墟三期	2.60	女	壮年	44.76	16.13	3.2	-7.9	10.7
14	M16	殷墟三期	1.68	男	青少年	46.21	16.77	3.2	-7.6	10.6
15	M17	殷墟三期	1.32	男	青少年	44.21	16.06	3.2	-8.8	10.9
16	M21	殷墟三期	1.92	女	青年	42.75	15.57	3.2	-7.4	11.9
17	M22	殷墟三期	1.76	男	壮年	40.79	15.02	3.2	-7.7	10.9
18	M23	—	1.61	男	青年	44.90	16.36	3.2	-7.8	12.4
19	M24	殷墟三期	2.43	女	壮年	41.13	15.16	3.2	-7.5	10.3
20	M25	—	2.42	女	青年	43.59	15.94	3.2	-16.6	9.4
21	M26	—	1.04	—	—	42.04	15.49	3.2	-7.8	11.6
22	M27	殷墟二期	1.98	—	—	44.14	16.14	3.2	-8.2	11.0
23	M28	殷墟三期	2.00	男	壮年	41.44	15.05	3.2	-7.3	11.3
24	M29	殷墟三期	2.02	女	中年	43.90	16.08	3.2	-7.9	10.2
25	M31	殷墟三期	1.89	男	中年	45.94	16.92	3.2	-7.5	11.6
26	M33	殷墟三期	2.50	女	中老年	44.53	16.22	3.2	-7.3	12.6
27	M34	—	1.68	女	壮年	44.96	16.06	3.3	-19.8	6.5
28	M43	殷墟三期	0.90	—	—	43.51	15.85	3.2	-8.3	12.2
29	M1	—	—	—	—	24.99	9.13	3.2	-13.1	10.2
30	H7	—	—	—	—	41.80	15.31	3.2	-19.9	16.6
31	M6	—	1.38	殉狗	—	42.93	15.88	3.2	-7.1	9.4
32	M7	殷墟二期	2.11	殉狗	—	44.20	16.31	3.2	-6.7	9.2
33	M12	殷墟三期	1.58	殉狗	—	43.78	16.11	3.2	-6.2	7.5
34	M15	殷墟三期	2.60	殉狗	—	43.82	15.96	3.2	-7.7	9.6
35	M21	殷墟三期	1.92	殉狗	—	42.50	15.65	3.2	-5.9	9.6
36	M33	殷墟三期	2.50	殉狗	—	41.10	14.95	3.2	-7.0	10.1
37	M34	—	1.68	殉狗	—	40.78	15.06	3.2	-10.6	13.5

a) M1和H7信息未在考古报告中公布,与发掘者沟通后,归属为殷墟期。*,个体年龄信息引自该遗址发掘报告公布信息(吴倩等, 2015)。采用了阶段性的年龄分期来归纳鉴定结果,具体分为婴儿期(0~2岁)、幼儿期(3~6岁)、少年期(7~14岁)、青年期(15~23岁)、壮年期(24~35岁)、中年期(36~55岁)和老年期(56岁以上)

明胶化48h, 趁热过滤, 冷冻干燥后得骨胶原。

2.4 测试分析

骨胶原的C、N含量及稳定同位素分析在中国科学院大学考古稳定同位素实验室完成, 所用设备为Elementar Vario-Isoprime100型稳定同位素质谱分析仪。测试C、N元素含量所用的标准物质为磺胺(Sulfanilamide)。C、N稳定同位素比值, 分别以IAEA-600、IAEA-CH-6标定碳钢瓶气(以VPDB为基准)和IAEA-600、IAEA-N-2标定氮钢瓶气(以AIR为基准)。此外, 每测试10个样品插入一个实验室自制胶原蛋白标样($\delta^{13}\text{C}$ 值为 $-14.7\pm0.1\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N}$ 值为 $(7.0\pm0.1)\text{‰}$)。样品的同位素比值以 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值表示, 分析误差均低于 $\pm0.2\text{‰}$ 。结果详见表1。

2.5 污染辨别

人体死亡掩埋后, 埋藏环境中的pH值、湿度、温度以及微生物等诸因素都将破坏骨骼原有的组织结构和化学成分(胡耀武, 2002)。因此, 辨别污染的样品并将其剔除是利用C、N稳定同位素分析先民食物结构的前提条件。现代骨胶原中C、N含量分别约为41%和15%(Ambrose, 1990), 本文所有样品骨胶原的C平均含量为 $(42.6\pm3.7)\%$, N平均含量为 $(15.6\pm1.4)\%$, 表明样品中的骨胶原保存状况良好。此外, 判断骨胶原是否污染, 更为重要的指标是其C/N摩尔比值。DeNiro(1985)认为, C/N摩尔比值在2.9~3.6的骨胶原可视为未污染。由表1可知, 37例样品的C/N比值全部介于3.1~3.2, 其平均值及标准偏差为 $(3.2\pm0.0)\%$, 表明所有样品的碳氮稳定同位素分析值是科学可信的。

3 结果与讨论

3.1 先民和殉狗的碳氮稳定同位素分析结果

先民和殉狗的C、N稳定同位素值如图2所示。总体而言, 30例先民个体中, 24例个体的 $\delta^{13}\text{C}$ 与 $\delta^{15}\text{N}$ 值较为接近, 其余6例个体 $\delta^{13}\text{C}$ 值明显偏低, 初步表明人群内部食物结构差异较大。7例殉狗中, 除1例 $\delta^{15}\text{N}$ 值较高以外, 其余6例较为接近。

30例先民骨胶原 $\delta^{13}\text{C}$ 均值为 $-9.7\pm4.1\text{‰}$, 分布范围为 $-19.9\sim-7.1\text{‰}$, 差异十分明显。根据先民骨胶原的 $\delta^{13}\text{C}$ 值高低划分, 其食物结构可分为3种类型(C_4 类为

图2 黄河路109号院墓地人和殉狗 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值的散点图

主、 C_3 类/ C_4 类混合和 C_3 类为主), 其 $\delta^{13}\text{C}$ 值范围分别是 $-6\sim-12\text{‰}$ 、 $-12\sim-18\text{‰}$ 和 $-18\sim-23\text{‰}$ (Pechenkina等, 2005; Barton等, 2009; Ma等, 2014)。其中, 粟黍类为典型的 C_4 类农作物, 稻谷、小麦和大豆为典型的 C_3 类农作物。以此为标准, 可知该遗址的先民主食中以 C_4 类为主的24例($-7.8\pm0.5\text{‰}$)、 C_3 类/ C_4 类混合为主的3例($(15.7\pm2.2)\text{‰}$)和 C_3 类为主的3例($-19.4\pm0.8\text{‰}$), 表明该遗址中的大部分先民以 C_4 类食物为主要食物来源, 同时少部分先民摄取了更多的 C_3 类食物, 初步体现了居民主食结构的多样性和复杂性。

30例先民骨胶原的 $\delta^{15}\text{N}$ 均值为 $(11.1\pm1.7)\text{‰}$, 分布范围为 $6.5\sim16.6\text{‰}$, 个体之间差异同样十分明显。除去上述 $\delta^{13}\text{C}$ 值明显偏低($<-12\text{‰}$)的6例个体以外, 剩余24例先民的 $\delta^{15}\text{N}$ 值有1例明显偏低(7.4‰), 其余23例分布范围为 $10.1\sim12.6\text{‰}$, 均值为 $(11.3\pm0.7)\text{‰}$, 再次体现了该地区先民食物结构的多样性和复杂性。

殉狗中除去 $\delta^{15}\text{N}$ 值较高的1例(C: -10.6‰ , N: 13.5‰)以后, 剩余6例的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 均值分别为 $-(6.8\pm1.6)\text{‰}$ 和 $(9.3\pm1.8)\text{‰}$, 分布范围分别为 $-10.6\sim-5.9\text{‰}$ 和 $7.5\sim10.1\text{‰}$, 以 C_4 类为主, 差异相对并不明显。

3.2 先民食物结构差异性分析

3.2.1 不同时期先民食物结构差异

由图3可知, C_3 类/ C_4 类混合和 C_3 类为主的6例个体, 除1例明确归属为殷墟二期以外, 其余5例无法判断归属二期还是三期。殷墟二期先民除去1例特殊值外, $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 均值分别为 $-(7.8\pm0.6)\text{‰}$ 和 $(11.0\pm0.0)\text{‰}$

图 3 不同时期先民 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值比较图 图 4 不同性别先民 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值比较图

($n=2$), 与殷墟三期先民 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 均值分别为 $(-7.7 \pm 0.5)\text{‰}$ 和 $(11.3 \pm 0.8)\text{‰}$ ($n=17$)几乎没有差异, 表明先民食物结构差异与时代变化无明显相关性。

3.2.2 不同性别和年龄先民食物结构差异

有学者提出古代社会男女社会地位不平等是导致饮食性别差异的重要原因(Dong等, 2017)。30例墓葬中, 可鉴定出性别的有20例, 包括12例男性和8例女性。如图4所示, 有16例个体以 C_4 类为主(10男6女), 有2例个体为 C_3 类/ C_4 类混合(1男1女), 有2例个体以 C_3 类为主(1男1女)。其中, C_4 类为主的男性 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 均值分别为 $(-7.6 \pm 0.5)\text{‰}$ 和 $(11.3 \pm 0.5)\text{‰}$ ($n=10$), 与 C_4 类为主的女性相比, $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 均值分别为 $(-7.7 \pm 0.4)\text{‰}$ 和 $(11.3 \pm 1.0)\text{‰}$ ($n=6$), 几乎没有任何差别。 C_3 类/ C_4 类混合和 C_3 类为主的4个个体中, 2例男性数据 $\delta^{13}\text{C}$ 值数据分别是

-18.5‰ 和 -17.3‰ , 与另外2例女性的 $\delta^{13}\text{C}$ 值差别不大(-19.8‰ 和 -16.6‰)。该遗址同位素数据表明, 男女食物结构总体上极为相似, 未发现性别不同导致食物结构差异的证据。

研究表明, 人骨胶原蛋白反映的是个体生前10年左右食物类型的平均状况(Ambrose和Norr, 1993)。通过观察不同年龄先民 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 值, 可以探讨不同年龄先民食物结构上的差异。该遗址30例墓葬中, 墓主人骨骼保存较好可鉴定出年龄的有22例。由图5和表1可知, C_3 类为主的2例均为青年, C_3 类/ C_4 类混合的2例均为壮年, C_4 类为主的不同年龄段死亡先民的 $\delta^{13}\text{C}$ 值差异并不明显。从先民 $\delta^{15}\text{N}$ 值来看, 中年到步入老年期存在一次明显的升高过程。古代有老年人享有吃肉特权的记载, 但是考虑的样品数量较少, 该结论有待进一步更多证据支持。

图 5 不同年龄先民 $\delta^{13}\text{C}$ (a)和 $\delta^{15}\text{N}$ (b)均值比较图

3.2.3 不同墓葬开口面积和随葬品类型先民食物结构差异

从表1可知, 这批墓葬开口面积最小的仅为 0.9m^2 , 最大的为 2.6m^2 , 虽然规模相差近3倍, 但是开口面积均小于 3m^2 . 按照《中国考古学·夏商卷》(中国社会科学院考古研究所, 2003)的划分标准, 该类墓属于“乙种第三类”, 墓主人均属于商代平民阶层. 如图6a所示, C_3 类/ C_4 类混合和 C_3 类为主的4例墓葬规模处于中间位置, 与剩余 C_4 类为主的24例墓葬规模的差异并不明显($p=0.382$).

随葬品的数量和种类也是衡量墓主人身份地位的一个重要参考标准. 考古报告公布的28例墓葬中, 随葬品多为陶器, 仅包含少量青铜器(3例)、玉器(9例)和贝币(3例). C_3 类/ C_4 类混合和 C_3 类为主的4例墓葬中, 随葬贝币2例, 玉器1例, 无青铜器, 并无显著特点. 剩余 C_4 类为主的24例墓葬中, 3例出土铜器墓主人的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 均值分别为 $-(7.9\pm 0.5)\text{‰}$ 和 $(11.3\pm 1.0)\text{‰}$, 与21例未出土青铜器墓主人的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 均值 $-(7.7\pm 0.5)\text{‰}$ 和 $(11.1\pm 1.1)\text{‰}$ 十分接近. 9例出土玉器墓主人的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 均值分别为 $-(7.8\pm 0.5)\text{‰}$ 和 $(11.4\pm 0.9)\text{‰}$, 与16例未出土青铜器墓主人的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 均值 $-(7.7\pm 0.5)\text{‰}$ 和 $(11.0\pm 1.2)\text{‰}$ 同样十分接近, 表明虽然墓主人的经济实力可能略有区别, 但食物结构差异并不明显.

综上所述, 本文在划分先民食物结构为3种类型的基础上(C_4 类为主、 C_3 类/ C_4 类混合和 C_3 类为主), 通过比较不同时期、性别、年龄、墓葬规模和随葬品类型的先民稳定同位素值, 发现个体饮食与时代、性别、社会地位差异不存在明显的相关性.

3.3 商代中原地区农业模式与考古稳定同位素的新证据

中原地区作为古代中国的政治经济中心, 已经开展了大量的植物考古研究工作(表2). 从夏文化的二里头遗址就浮现出了“五谷”(粟、黍、稻谷、小麦和大豆), 虽然小麦的绝对数量和出土概率很少, 但是稻谷的种植比较普遍, 南洼遗址亦是如此. 商代早期的河南登封王城岗遗址和二里头遗址中同样发现了“五谷”遗存, 并且小麦的出土概率大大增加, 多品种农作物制度的特点表现得十分明显. 商代中晚期, 稻谷的数量急剧减少, 小麦的出土概率继续提高. 整个过程中, 粟黍在“五谷”中的优势地位, 始终没有动摇.

夏代到商代时期中原地区目前已经公布稳定同位素测试数据的考古遗址有12处, 共计384例先民个体. 由表3可知, 仅有4例个体以 C_3 类为主, 有14例个体为 C_3 类/ C_4 类混合, 剩余336例个体以 C_4 类为主, 表明中原地区虽然出现了 C_3 类农作物(稻谷、小麦和大豆)的信号, 但这一时期 C_4 类农作物(粟黍)始终占有绝对主要地位, 与植物浮选所显示的多品种农作物并存的现象不尽相同, 很多遗址先民的稳定同位素分析结果并没有呈现出“五谷丰登”的特点.

如图7所示, 12处夏商遗址中出现 C_3 信号个体的遗址有5处, 其中包括中原地区的3处遗址, 分别是二里头遗址、小双桥遗址和殷墟遗址. 结合考古背景可知, 这3处遗址均属当时都城级别, 或许暗示多品种农作物的种植制度在当时主要存在于高规格等级的遗址中, 推测其作为当时一种非常先进和复杂的农业制度, 可能具有一定的推广难度, 同时也体现了中原地区农业发

图6 不同墓葬开口面积先民 $\delta^{13}\text{C}$ (a)和 $\delta^{15}\text{N}$ (b)值比较图

表 2 中原地区夏代到商代(2070~1046BC)考古遗址植物浮选结果

时代	绝对年代	遗址	样品数量	粟		黍		稻谷		小麦		大豆		参考文献
				绝对数量	出土概率	绝对数量	出土概率	绝对数量	出土概率	绝对数量	出土概率	绝对数量	出土概率	
夏	约2070~1600BC	二里头	101	5868	91%	961	64%	3240	70%	2	1%	80	27%	赵志军, 2007
		南洼	—	10890	—	878	—	10	—	6	—	96	—	吴文婉等, 2014
早商	约1600~1400BC	王城岗	14	1534	79%	160	71%	29	57%	191	79%	11	36%	赵志军, 2007
		二里头	18	1285	89%	169	50%	26	33%	6	33%	22	39%	赵志军, 2007
中商	约1400~1250BC	小双桥	—	1409	88.9%	51	44.4%	94	31.10%	127	28.90%	18	13.3%	钟华等, 2018
		南洼	—	847	—	39	—	0	—	16	—	28	—	吴文婉等, 2014
晚商	约1250~1046BC	赵村	28	4534	100%	68	100%	1	20%	17	60%	267	100%	王祁和史云征, 2019
		殷墟	146	3955	—	108	—	3	—	1	—	72	—	王祁等, 2018

表 3 中原地区夏代到商代先民C同位素统计表

序号	遗址	时代	绝对年代	属性	数量	$\delta^{13}\text{C}$ 值(n)			参考文献
						<-18‰	-18~-12‰	>-12‰	
1	新砦	夏代早期	约1850~1750BC	都城	8	0	0	8	吴小红等, 2007
2	南寨	夏代中晚期	约2070~1600BC	居址	9	0	0	9	张雪莲等, 2003
3	二里头	夏代	约2070~1600BC	都城	22	0	2	20	张雪莲等, 2007
4	南洼	夏代-商代晚期	约2070~1046BC	居址	19	0	0	19	Zhang等, 2020
5	刘庄	夏代	约2070~1600BC	墓地	21	0	2	19	Hou等, 2013
6	南城	夏代	约2070~1600BC	墓地	5	0	0	5	Ma Y等, 2016
7	偃师商城	商代早期-中期	约1600~1250BC	都城	3	0	0	3	张雪莲等, 2003
8	小双桥	商代中期	约1400~1250BC	都城	51	0	4	47	王宁等, 2015
9	殷墟	商代晚期	约1250~1046BC	都城	160	1	1	158	张雪莲等, 2003, 2017; Cheung等, 2017a
10	黄河路109号院	商代晚期	约1250~1046BC	墓地	30	3	3	24	本研究
11	刘家庄	晚商-西周	约1250~771BC	墓地	20	0	0	20	宫玮, 2016
12	前掌大	晚商-西周	约1250~771BC	墓地	36	0	2	34	张雪莲等, 2012
总计					384	4	14	366	

展的先进性.

本研究中的黄河路109号院遗址出现了大量C₃信号, 推测与其特殊的地理位置有关. 该遗址与郑州商城遗址十分接近, 距离不到2km, 而后者被学界认为是商王朝早期都城所在地(中国社会科学院考古研究所, 2003). 虽然商王朝在中后期迁都后离开此地, 但是这部分人群或许有可能保留了之前都城时期的多农作物

耕作模式. 此外, 除了一例个体的 $\delta^{15}\text{N}$ 值较为特殊, 异常偏高(16.6‰)以外, 其余C₃信号较为明显(<-12‰)的5例个体的 $\delta^{15}\text{N}$ 均值为(9.6±1.9)‰, 低于C₄信号明显人群(11.3±0.7)‰(n=23), 同样排除了这5例个体由于大量摄取野生动物导致体内C值降低的可能性.

作为夏商时期都邑级别的新砦遗址(n=8)和偃师商城(n=3), 未出现C₃类信号的个体, 推测或许与测试

图7 中原地区夏商时期先民C同位素散点图

样品数量较少有关。值得注意的是, 胡佳佳(2019)在研究偃师商城遗址祭祀坑中的猪性中($n=13$), 发现了3种类型(C_4 类为主、 C_3 类/ C_4 类混合和 C_3 类为主)食物结构并存的现象。由于猪的饲养受到人类活动的极大影响, 并在某种程度上能够反映先民的食物结构(侯亮亮, 2019), 这一新发现或许暗示偃师商城有可能同样存在3种类型食物结构的先民个体, 为多品种农作物的种植制度在当时主要存在于都城级别的高规格等级遗址中的观点增添了更多证据。

本文通过多个遗址的考古稳定同位素和植物浮选结果, 梳理了多品种农作物种植的制度在商代时期中原地区的实践状况。自新石器时代农业产生以来, 中原地区长期实行粟黍(C_4 类)为代表的旱作农业耕作模式, 夏商时期水稻和小麦等 C_3 类农作物开始大量出现。相对于之前单一种植粟黍, 这一时期小麦的广泛种植, 提高了农业种植结构的多样性, 使得农业系统能够抵御更多的风险, 为中原地区的进一步崛起和中华在秦汉时期的强盛奠定了基础。黄河路109号院遗址的考古稳定同位素研究, 证明了 C_4 类的食物(粟黍)和 C_3 类的食物(水稻和小麦)在商代晚期中原地区先民食物中共存的现象, 为早期中国农业制度的优越性研究提供了新的科学证据。

4 结论

本文通过对郑州地区一处商代晚期郑州黄河路109号院墓地的碳氮稳定同位素分析和梳理多个遗址

的考古稳定同位素和植物浮选结果, 得出如下结论。

(1) 商代以前中原地区的先民食物结构中, C_4 类的食物(粟黍)始终占据主要地位; 而在商代以后, C_3 类的食物(水稻和小麦)逐渐增多; 最晚至商代晚期, 郑州地区已经采用了多品种农作物的种植制度, 但大部分先民仍以粟作农业为主。

(2) 先民食物结构差异与时期、性别、年龄和经济地位区别的相关性并不明显。

(3) 多品种农作物的种植制度在当时主要存在于高规格等级的遗址中, 推测其作为当时一种非常先进和复杂的农业制度, 可能具有一定的推广难度, 同时也体现了中原地区农业发展的优越性。

致谢 感谢江苏师范大学刘效彬在样品选取过程中提供的帮助, 感谢浙江大学郭怡在样品前处理时提供的帮助。对专家审稿时所提的宝贵意见和建议表示感谢。

参考文献

- 陈相龙, 方燕明, 胡耀武, 侯彦峰, 吕鹏, 宋国定, 袁靖, Richards M P. 2017. 稳定同位素分析对史前生业经济复杂化的启示: 以河南禹州瓦店遗址为例. 华夏考古, (4): 70-79
- 陈相龙, 尤悦, 吴倩. 2018. 从家畜饲养方式看新郑望京楼遗址夏商时期农业复杂化进程. 南方文物, (2): 200-207
- 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
- 宫玮. 2016. 济南大辛庄、刘家庄商代先民食物结构研究. 硕士学位论文. 济南: 山东大学. 68-72
- 郭怡, 周杉杉, 陈刚, 李则斌. 2016. 江苏盱眙东阳军庄汉墓群出土人骨的稳定同位素分析. 东南文化, (6): 56-63
- 胡佳佳. 2019. 偃师商城祭祀猪牲饲喂方式及来源探讨. 硕士学位论文. 杭州: 浙江大学. 1-67
- 胡耀武. 2002. 古代人类食谱及相关研究. 博士学位论文. 合肥: 中国科学技术大学. 15-97
- 侯亮亮. 2019. 稳定同位素视角下重建先民生业经济的替代性指标. 南方文物, (2): 165-183
- 侯亮亮, 王宁, 吕鹏, 胡耀武, 宋国定, 王昌燧. 2012. 申明铺遗址战国至两汉先民食物结构和农业经济的转变. 中国科学: 地球科学, 42: 1018-1025
- 侯亮亮, 赵杰, 邓惠, 陈小三, 陈涛, 陶大卫, 郭怡. 2020. 稳定同位素和植物微体化石证据所见山西忻定盆地4000a BP前后的生业经济. 中国科学: 地球科学, 50: 369-379
- 李宏飞, 王宁. 2018. 小双桥遗址的商与夷. 北京: 中国社会科学出版社. 152-174
- 王宁, 李素婷, 李宏飞, 胡耀武, 宋国定. 2015. 古骨胶原的氧同位素

- 分析及其在先民迁徙研究中的应用. *科学通报*, 60: 838–846
- 王祁, 唐际根, 岳洪彬, 岳占伟. 2018. 安阳殷墟刘家庄北地、大司空村、新安庄三个遗址出土晚商植物遗存研究. *南方文物*, (3): 124–131
- 王祁, 史云征. 2019. 河北邢台赵村遗址出土商代植物遗存研究. *华夏考古*, (1): 87–93
- 吴倩, 张吉钦, 武云霞, 朱树玉, 李扬, 李曼, 赵向莉, 刘福来, 蔡强, 魏青利, 张贺君. 2015. 郑州黄河路109号院殷代墓葬发掘简报. *中原文物*, (3): 4–13
- 吴文婉, 张继华, 靳桂云. 2014. 河南登封南洼遗址二里头到汉代聚落农业的植物考古证据. *中原文物*, (1): 109–117
- 吴小红, 肖怀德, 魏彩云, 潘岩, 黄蕴平, 赵春青, 徐晓梅, Ogrinc N. 2007. 河南新砦人、猪食物结构与农业形态和家猪驯养的稳定同位素证据. 见: 中国社会科学院考古研究所考古科技中心, 编. *科技考古(二)*. 北京: 科学出版社. 49–58
- 钟华, 李素婷, 李宏飞, 赵志军. 2018. 河南省郑州市小双桥遗址浮选结果及分析. *南方文物*, (2): 163–169
- 张雪莲, 王金霞, 冼自强, 仇士华. 2003. 古人类食物结构研究. *考古*, (2): 62–75
- 张雪莲, 仇士华, 薄官成, 王金霞, 钟建. 2007. 二里头遗址、陶寺遗址部分人骨碳十三、氮十五分析. 见: 中国社会科学院考古研究所考古科技中心, 编. *科技考古(二)*. 北京: 科学出版社. 41–48
- 张雪莲, 仇士华, 钟建, 梁中合. 2012. 山东滕州市前掌大墓地出土人骨的碳、氮稳定同位素分析考古. (9): 83–96
- 张雪莲, 徐广德, 何毓灵, 仇士华. 2017. 殷墟54号墓出土人骨的碳氮稳定同位素分析. *考古*, (3): 100–109
- 赵志军. 2007. 公元前2500年~公元前1500年中原地区农业经济研究. 见: 中国社会科学院考古研究所考古科技中心, 编. *科技考古(二)*. 北京: 科学出版社. 1–11
- 中国社会科学院考古研究所. 2003. *中国考古学·夏商卷*. 北京: 中国社会科学出版社. 351–359
- Ambrose S H. 1990. Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis. *J Archaeol Sci*, 17: 431–451
- Ambrose S H, Norr L. 1993. Isotopic composition of dietary protein and energy versus bone collagen and apatite: Purified diet growth experiments. In: Lambert J B, Grupe G, eds. *Molecular Archaeology of Prehistoric Human Bone*. Berlin: Springer. 1–37
- Barton L, Newsome S D, Chen F H, Wang H, Guilderson T P, Bettinger R L. 2009. Agricultural origins and the isotopic identity of domestication in northern China. *Proc Natl Acad Sci USA*, 106: 5523–5528
- Cheung C, Jing Z C, Tang J G, Weston D A, Richards M P. 2017a. Diets, social roles, and geographical origins of sacrificial victims at the royal cemetery at Yinxu, Shang China: New evidence from stable carbon, nitrogen, and sulfur isotope analysis. *J Anthropol Archaeol*, 48: 28–45
- Cheung C, Jing Z C, Tang J G, Yue Z W, Richards M P. 2017b. Examining social and cultural differentiation in early Bronze Age China using stable isotope analysis and mortuary patterning of human remains at Xin'an Zhuang, Yinxu. *Archaeol Anthropol Sci*, 9: 799–816
- Cheung C, Jing Z C, Tang J G, Richards M P. 2017c. Social dynamics in early Bronze Age China: A multi-isotope approach. *J Archaeol Sci-Rep*, 16: 90–101
- DeNiro M J. 1985. Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction. *Nature*, 317: 806–809
- Dong G H, Li R, Lu M X, Zhang D J, James N. 2020. Evolution of human-environmental interactions in China from the Late Paleolithic to the Bronze Age. *Prog Phys Geography-Earth Environ*, 44: 233–250
- Dong Y, Morgan C, Chinenov Y, Zhou L, Fan W, Ma X, Pechenkina K. 2017. Shifting diets and the rise of male-biased inequality on the Central Plains of China during Eastern Zhou. *Proc Natl Acad Sci USA*, 114: 932–937
- Epstein H E, Lauenroth W K, Burke I C, Coffin D P. 1997. Productivity patterns of C₃ and C₄ functional types in the U.S. Great Plains. *Ecology*, 78: 722–731
- Hedges R E M, Reynard L M. 2007. Nitrogen isotopes and the trophic level of humans in archaeology. *J Archaeol Sci*, 34: 1240–1251
- Hou L L, Hu Y W, Zhao X P, Li S T, Wei D, Hou Y F, Hu B H, Lv P, Li T, Song G D, Wang C S. 2013. Human subsistence strategy at Liuzhuang site, Henan, China during the proto-Shang culture (~2000–1600 BC) by stable isotopic analysis. *J Archaeol Sci*, 40: 2344–2351
- Hu Y W. 2018. Thirty-four years of stable isotopic analyses of ancient skeletons in China: An overview, progress and prospects. *Archaeometry*, 60: 144–156
- Jay M, Richards M P. 2006. Diet in the Iron Age cemetery population at Wetwang Slack, East Yorkshire, UK: Carbon and nitrogen stable isotope evidence. *J Archaeol Sci*, 33: 653–662
- Li X, Zhang S J, Lu M X, Qiu M H, Wen S Q, Ma M M. 2020. Dietary shift and social hierarchy from the Proto-Shang to Zhou Dynasty in the Central Plains of China. *Environ Res Lett*, 15: 035002
- Ma Y, Fuller B T, Dong W, Shi L, Zhang X Z H Y W, Richards M P. 2016. Isotopic perspectives ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{34}\text{S}$) of diet, social complexity, and animal husbandry during the proto-shang period (ca. 2000–1600 BC) of China. *Am J Phys Anthropol*, 160: 433–445
- Ma M M, Dong G H, Lightfoot E, Wang H, Liu X Y, Jia X, Zhang K R, Chen F H. 2014. Stable isotope analysis of human and faunal remains in the Western Loess Plateau, approximately 2000 cal BC. *Archaeometry*, 56: 237–255

- Ma M M, Dong G H, Jia X, Wang H, Cui Y F C F H. 2016. Dietary shift after 3600 cal yr BP and its influencing factors in northwestern China: Evidence from stable isotopes. *Quat Sci Rev*, 145: 57–70
- Minagawa M, Wada E. 1984. Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: Further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age. *Geochim Cosmochim Acta*, 48: 1135–1140
- Pechenkina E A, Ambrose S H, Ma X L, Benfer R A. 2005. Reconstructing northern Chinese Neolithic subsistence practices by isotopic analysis. *J Archaeol Sci*, 32: 1176–1189
- Richards M P, Hedges R E M. 1999. Stable isotope evidence for similarities in the types of marine foods used by Late Mesolithic humans at sites along the Atlantic Coast of Europe. *J Archaeol Sci*, 26: 717–722
- Smith B N. 1972. Natural abundance of the stable isotopes of carbon in biological systems. *Bioscience*, 22: 226–231
- Wang N, Li S T, Hu Y W, Song G D. 2017. A pilot study of trophic level and human origins at the Xiaoshuangqiao Site, China (ca. 1400 BC) using δD values of collagen. *Acta Geol Sin-Engl Ed*, 91: 1884–1892
- Zhang G W, Zhang J, Zhao L Y, Tao D W, Zhou Y W, Han G H, Richards M P. 2020. Reconstructing diets and subsistence strategies of the Bronze Age humans from the Central Plains of China: A stable isotopic study on the Nanwa site. *Int J Osteoarchaeol*, 30: 362–374
- Zhou L, Garvie-Lok S J, Fan W, Chu X. 2017. Human diets during the social transition from territorial states to empire: Stable isotope analysis of human and animal remains from 770 BCE to 220 CE on the Central Plains of China. *J Archaeol Sci-Rep*, 11: 211–223

(责任编辑: 谢树成)