

中原地区周代马匹饲养方式研究

——以郑州、洛阳、三门峡等地马骨稳定碳氮同位素分析为例^{*}

周立刚¹ 侯彦峰¹ 曹金萍² 樊温泉¹ 马俊才¹ 吴业恒³ 燕飞⁴

(1. 河南省文物考古研究院; 2. 河南大学历史学院; 3. 洛阳市考古研究院; 4. 三门峡市仰韶文化研究中心)

关键词: 周代, 车马坑, 稳定同位素分析, 马匹饲养, 农业

摘要: 本文对郑州、洛阳、三门峡发掘的五处周代(车)马坑出土马骨开展了稳定碳氮同位素分析。结果表明, 西周时期贵族随葬马匹几乎全部是以粟(黍)及其秸秆为饲料, 东周马匹饲料中的草料比重明显增加, 并且可能包含小麦及其秸秆。东周时期中原马匹饲养方式呈现明显地区差异, 与三门峡上石河墓地所葬马匹相比, 郑韩故城内外所葬马匹饲料中包含更多草类或小麦。不同规模车马坑内马骨的同位素特征对比表明, 大型车马坑中马匹明显来源于多个牧场, 而小型车马坑中的马匹绝大部分可能来自同一牧场。这些结果为研究周代中原马匹饲养规模及农作物种植体系变化提供了新线索。

KEYWORDS: Zhou Dynasty, Chariot-horse pit, Stable isotope analysis, Horse husbandry, Agriculture

ABSTRACT: This study presents the results of stable carbon and nitrogen isotope analysis on Zhou Dynasty horse remains from five chariot-horse pits excavated in Zhengzhou, Luoyang, and Sanmenxia. The findings indicate that horses found in Western-Zhou nobles' tombs were primarily fed with foxtail millet and its straw, while Eastern Zhou horses had diets with a higher proportion of grass and wheat. Horse husbandry strategies also varied regionally during the Eastern Zhou period; for instance, horses in the Zheng and Han states consumed more wheat and grass compared to those in the Guo state. Isotopic comparisons suggest that horses buried in large pits came from multiple sources, while those in smaller pits likely originated from single farms. These results offer valuable insights into the scale of horse husbandry and agricultural transformations in the Central Plains during the Zhou Dynasty.

关于家马在中国起源的时间和地点, 研究成果仍然在不断更新中, 目前比较肯定的是, 晚商时期家马已经传入中原地区^[1]。马随后在中国古代贵族的社会生活中扮演着重要角色, 两周时期各地贵族墓葬或者与之相关联的祭祀遗迹中都发现有数量不等的马匹遗存^[2], 春秋时期葬马尤其繁盛^[3]。有研究认为, 两周时期的马匹主要有三个来源, 包括专门机构饲养、战争掠夺和北方游牧民族进贡^[4]。考虑到战争和贡赋途径获得马匹具有很大偶然性, 不能作为稳定来源, 这些数量庞大、用于祭祀或者陪

葬的马匹很可能主要来源于专门饲养机构。

周代马匹为圈养和放牧相结合^[5]。《周礼·天官·大宰》有:“七曰刍秣之式”的记载, 郑玄认为“刍秣”即为马匹饲料, 孙诒让进一步说明收割的草料及谷物秸秆为“刍”, 粟为“秣”^[6]。《诗经·小雅·鸳鸯》有“乘马在厩, 摧之秣之”, 《诗经·国风·汉广》有“之子于归, 言秣其马”等记载^[7], 现代学者认为这里的“摧”是莖, 即铡碎的草, “秣”是指粟^[8]。本文拟通过对郑州、洛阳及三门峡地区5处周代马坑中的马骨遗存开展稳定

^{*} 本文为河南省四个分时期专题历史文化研究项目“春秋时期科技生物考古研究”的阶段性成果。

表一 本文样本来源车马坑遗迹信息

遗址名称	年代	车马坑形状	尺寸 (米)		车数	马数	分析马数
			长	宽			
洛阳戒毒所马坑	西周	长方形	7.4	3.8	/	24	8
义马上石河墓地马坑	春秋	长方形	5.1	3.06-3.12	/	6	6
郑韩故城翠园小区一号车马坑	春秋	长方形	6.44	5.1	5	24	11
郑韩故城三号车马坑	春秋	长方形	11.7	10.6	48	124+	21
郑韩故城宏源生物马坑	战国	长方形	6	3.54-3.8	/	14	8

碳氮同位素分析,从食谱角度对中原地区周代马匹饲养问题进行研究,以验证文献记载的情况是否属实,并对不同地区之间的马匹饲养方式开展对比。

一、材料与方法

(一) 样本信息

本文分析研究的马骨材料分别来自于河南洛阳戒毒所马坑、三门峡义马上石河墓地马坑和郑州郑韩故城内外三处(车)马坑。

洛阳戒毒所马坑位于洛阳市瀍河回族区北窑村西北,为2021年洛阳市文物考古研究院(今洛阳市考古研究院)在配合戒毒所基础设施建设考古工作中发现,年代为西周时期,坑内共计发现24具摆放较为杂乱的马骨,通过形态学能够鉴定性别的个体均为公马,年龄在7~14岁,未发现马车或马饰。坑西北部约3米有一座被盗

的西周时期墓葬,可能为马坑所属墓葬^[9]。

三门峡义马上石河春秋墓地位于义马市市区南部,2018年由三门峡市文物考古研究所(今三门峡市仰韶文化研究中心)等进行发掘,清理了一批春秋时期墓葬和祔葬马坑^[10]。其中M14祔葬马坑内发现马骨6具,随葬器物有4件铜环、1

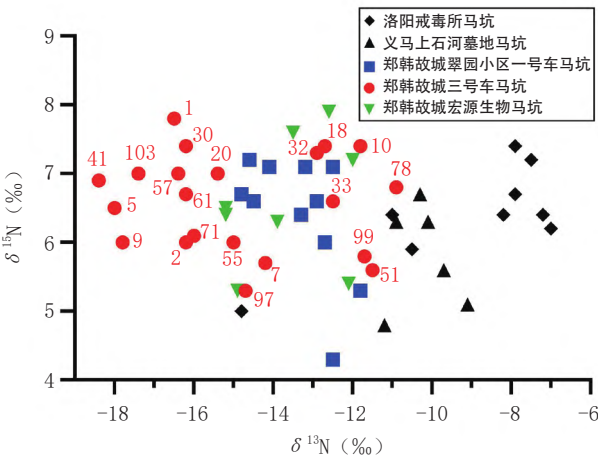
件铜矛。其中马骨保存较差,性别年龄无法鉴定。

位于郑州的郑韩故城在春秋和战国时期分别被郑国和韩国作为都城,城内外发现了郑韩两国的宫殿、作坊、墓葬、祭祀遗址等不同类型的遗迹,其中包括多座车马坑或殉马坑^[11]。本文选取郑韩故城内翠苑小区一号车马坑、郑国三号车马坑两处遗迹出土的春秋时期马骨,以及城外宏源生物马坑出土的战国时期马骨进行分析。翠园小区(后改名为华城铂宫)位于郑王陵博物馆东部,2008年考古人员在此发掘春秋时期墓葬10座、车马坑2座。其中一号车马坑内清理出5车24马。郑国三号车马坑位于后湾湾郑国贵族墓地的西北部,为春秋晚期郑公一号大墓的陪葬坑,2016年考古人员在此发掘清理出各类车辆48辆、马至少124匹^[12]。宏源生物工程公司位于郑韩故城外,距离东墙约4公里,2012年在此清理东周墓葬103座、战国马坑1座,坑内共发现14匹马。这三处遗迹所葬马匹通过形态学能够鉴定性别的个体均为公马,年龄多在7~10岁。

本研究从以上5处葬马遗迹中选取54具马骨采集55件样本参与分析,其中洛阳戒毒所马坑采集样本为来自8个不同个体的5颗牙齿和4件骨骼(其中1例个体同时采集牙齿和骨骼样本),其余遗址采集样本均为骨骼(表一、二)。

(二) 分析方法及结果

本研究中骨胶原蛋白的制备遵循开普敦大学方法^[13]。制备胶原蛋白冻干后由中国农业科学院农业环境稳定同位素实验室进行稳定同位



图一 五个遗址马骨稳定碳氮同位素比值散点图

素分析，测试仪器为vario PYRO cube元素分析仪和ISOPRIME-100质谱仪。 $\delta^{13}\text{C}$ 值以维亚纳美洲拟箭石（VPDB）为标准物质， $\delta^{15}\text{N}$ 值以大气中氮气（AIR）为标准物质。实验室测试结果长期精确度为 $\pm 0.2\text{‰}$ 。本次分析的55件马骨和牙齿样品都产出了合格的胶原蛋白^[14]并得出实验数据（图一；表二）。

二、西周马匹饲养方式

洛阳戒毒所马坑分析的9个样本同时包括牙齿和骨骼，两种材料的同位素比值分别反映研究个体幼年时期（牙齿）和下葬之前数年时间

内（骨骼）的食谱特征，需分别进行讨论。

5件牙齿样本的 $\delta^{13}\text{C}$ 最低值（7号个体， -14.8‰ ）和最高值（5号个体， -7.5‰ ）之间差异达 7.3‰ 。7号个体的饲料中显然同时包含 C_3 和 C_4 类植物，其余个体都以 C_4 植物为主，其中1号和5号个体几乎全部是以 C_4 植物为食。这种差异暗示这些马匹在幼年时期被喂食的饲料差别较大，很可能不是由同一处牧场饲养。4件骨骼样本的 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值为 $-7.6 \pm 0.6\text{‰}$ ，内部差异极小，反映它们的饲料全部是 C_4 类植物，且成分几乎完全相同。这种现象表明，这些个体在下葬之前的数年中，在同一处场所喂养的可能性很大。

牙齿与骨骼样品表现的同位素特征差异说明

表二 各遗址马骨样本信息及其稳定碳氮同位素分析结果

遗址	样品编号	性别	年龄 (岁)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	胶原 产出	C(%)	N(%)	C/N	$\delta^{13}\text{C}$ 平均值 (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ 平均值 (‰)
洛阳 戒毒所 马坑	1号（牙）	雄	14	-7.9	6.7	3.7%	43.82	16.27	3.1	-10.3 ± 2.9	6.2 ± 0.8
	4号（牙）	雄	9	-10.5	5.9	1.1%	43.65	16.13	3.2		
	5号（牙）	雄	8	-7.5	7.2	3%	43.85	16.49	3.1		
	7号（牙）	雄	10	-14.8	5	4.8%	43.87	16.27	3.1		
	8号（牙）	雄	11	-11	6.4	2.8%	43.77	16.4	3.1		
	1号（骨）	雄	14	-7.2	6.4	1.1%	43.55	16.28	3.1	-7.6 ± 0.6	6.6 ± 0.5
	9号（骨）	雄	13	-8.2	6.4	2.5%	43.31	16.25	3.1		
	18号（骨）	雄	不明	-7.9	7.4	2.3%	43.29	15.78	3.2		
	21号（骨）	雄	不明	-7	6.2	1.3%	43.5	16.77	3		
义马 上石河 墓地 马坑	M14-1	不明	不明	-10.3	6.7	1.9%	45.69	16.75	3.2	-10.2 ± 0.7	5.8 ± 0.7
	M14-2	不明	不明	-11.2	4.8	2.6%	44.76	16.52	3.2		
	M14-3	不明	不明	-9.1	5.1	2.3%	45.06	16.62	3.2		
	M14-4	不明	不明	-9.7	5.6	2.8%	46.17	16.94	3.2		
	M14-5	不明	不明	-10.1	6.3	1.3%	44.78	16.48	3.2		
	M14-6	不明	不明	-10.9	6.3	3.1%	45.16	16.64	3.2		
郑韩 故城 翠园 小区 一号 车马坑	CY1-2:31	不明	不明	-14.6	7.2	1.1%	46.83	16.18	3.4	-13.4 ± 1	6.4 ± 0.9
	CY1-3:12	雄	7	-12.5	4.3	1%	43.96	15.21	3.4		
	CY1-4:30	雄?	不明	-14.8	6.7	1.3%	34.25	12.07	3.3		
	CY1-4B:24	不明	不明	-13.3	6.4	1.6%	43.34	15.07	3.4		
	CY1-5:60	雄	9	-14.1	7.1	1.5%	35.72	12.57	3.3		
	CY1-6:28	雄	8	-13.2	7.1	1.8%	49.03	17.1	3.3		
	CY1-7:3	不明	不明	-12.5	7.1	1.5%	43.91	15.22	3.4		
	CY1-13:8	雄	8	-11.8	5.3	2.3%	42.11	14.69	3.3		
	CY1-16	不明	不明	-12.9	6.6	1.9%	36.85	12.47	3.4		
	CY1-18	雄?	>8	-14.5	6.6	2.7%	42.03	14.73	3.3		
	CY1-19	雄	8	-12.7	6	1.7%	41.8	14.89	3.3		

续表二

郑韩故城 三号车马坑	CMK3:1	不明	不明	-16.5	7.8	12.5%	47.93	17.75	3.1	-14.9±2.3	6.6±0.7
	CMK3:2	雄	不明	-16.2	6	13.2%	47.27	17.61	3.1		
	CMK3:5	不明	不明	-18	6.5	4.2%	46.67	17.27	3.2		
	CMK3:7	雄	不明	-14.2	5.7	7.9%	47.46	17.65	3.1		
	CMK3:9	不明	不明	-17.8	6	1.6%	45.39	16.64	3.2		
	CMK3:10	不明	不明	-11.8	7.4	5.2%	46.15	16.98	3.2		
	CMK3:18	不明	不明	-12.7	7.4	4.7%	47.07	17.5	3.1		
	CMK3:20	雄	7	-15.4	7	16.4%	47.5	17.64	3.1		
	CMK3:30	雄	不明	-16.2	7.4	1.5%	44.65	16.46	3.2		
	CMK3:32	雄	8	-12.9	7.3	4.2%	46.85	17.39	3.1		
	CMK3:33	雄	不明	-12.5	6.6	4%	46.73	17.22	3.2		
	CMK3:41	雄	不明	-18.4	6.9	15.5%	46.39	17.22	3.1		
	CMK3:51	雄	5	-11.5	5.6	3.5%	47.41	17.62	3.1		
	CMK3:55	不明	<5	-15	6	2%	45.29	16.72	3.2		
	CMK3:57	不明	不明	-16.4	7	2.7%	45.65	16.9	3.2		
	CMK3:61	不明	不明	-16.2	6.7	1.3%	45.68	16.71	3.2		
	CMK3:71	雄	不明	-16	6.1	1.8%	45.02	16.59	3.2		
	CMK3:78	雄	不明	-10.9	6.8	6.2%	46.99	17.3	3.2		
	CMK3:97	不明	不明	-14.7	5.3	4.2%	46.81	17.19	3.2		
	CMK3:99	雄	<5	-11.7	5.8	1.4%	45.35	16.74	3.2		
	CMK3:103	不明	不明	-16.4	7	2.7%	45.65	16.9	3.2		
郑韩故城 宏源生物马坑	HY1-2:47	雄	8	-14.9	5.3	1.2%	44.56	15.96	3.3	-13.7±1.3	6.6±0.9
	HY1-1:23	雄	9-10	-15.2	6.4	1%	42.25	14.35	3.4		
	HY1-3:43	雄	9	-12.1	5.4	1.5%	45.16	16.05	3.3		
	HY1-4:35	雄	12	-13.5	7.6	2.1%	43.38	15.11	3.3		
	HY1-6:12	雄	8-9	-12	7.2	2.2%	44.43	15.6	3.3		
	HY1-8:40	雄	8	-12.6	7.9	1.3%	45.35	15.63	3.4		
	HY1-11:6	不明	7	-13.9	6.3	1.6%	40.46	14.02	3.4		
	HY1-12:21	不明	7	-15.2	6.5	1.4%	44.42	15.65	3.3		

这一坑内的马匹幼年时期可能在不同的牧场出生并生长一段时间，后来被集中到同一牧场以同样的饲料进行喂养直至被下葬。其中1号个体的牙齿与骨骼同位素特征非常接近，反映其幼年到成年之后的喂养方式或场所并未发生明显变化。

三、东周马匹饲养方式

(一) 义马上石河墓地

义马上石河墓地可能是公元前655年被晋国灭掉之后的虢国遗民墓地，属春秋时期中小型贵族墓地^[15]。根据6具马骨的 $\delta^{13}\text{C}$ 值可判断这

些马匹的饲料中包含大量的 C_4 植物， C_3 植物所占比重较小，这些个体之间同位素比值的微小差异也反映它们应该是来自同一处饲养场所。

(二) 郑韩故城

郑韩故城的东周马骨样本分别来自3个规模和年代都不相同的遗迹，因此需要分别进行讨论。郑国三号车马坑中选取的21件样品 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值为 $-14.9\pm 2.3\text{‰}$ ， $\delta^{15}\text{N}$ 平均值为 $6.6\pm 0.7\text{‰}$ ，每个个体的碳氮同位素比值呈明显分散状态，稳定碳同位素比值的最低值 (-18.4‰) 与最高值 (-10.9‰) 之间的差异达 7.5‰ ，说明这些马的饲料成分存在显著差异

(图一;表二)。因此三号车马坑这批年龄相差不大的公马很可能有不同来源。学者对于凤翔血池遗址北斗坊马牲的同位素分析也观察到类似的现象^[16]。

三号车马坑内马骨绝大部分头向西,自东向西共计5列,各列马匹自南向北分别编号1~25、26~48、49~69、70~94、95~124。相邻马匹(如1、2号,9、10号,32、33号)之间的同位素特征并不相同。同时,具有非常相近同位素特征的几组个体,如2号和71号、32号和18号、99号和51号等(图一),在坑中并不处于相邻位置。根据这一现象判断,尽管这些马匹有不同来源,但是在坑中的具体摆放位置并未有意区分,即来源于不同马场的马匹是混杂放置的。

郑韩故城翠园小区一号车马坑分析的11例个体应以C₃和C₄植物为饲料。除CY1-3:12和CY1-13:8的氮值明显偏低外,其余个体的碳氮同位素比值都比较接近(图一;表二)。说明这些马的饲料成分相似,应该是在同一牧场喂养。

宏源生物战国马坑中8件马骨样本的稳定碳氮同位素平均值与翠园小区非常接近。尽管在图中的分布相对比较分散,但是其内部碳氮同位素比值差异不大(图一;表二)。T检验(Student T-test)结果表明,翠园小区车马坑和宏源生物战国马坑各自内部马骨的碳氮同位素比值不存在显著差异($\delta^{13}\text{C}$ 值 $P=0.59$; $\delta^{15}\text{N}$ 值 $P=0.69$),说明郑韩故城战国时期的马匹饲养方式与春秋时期相似,均以C₃和C₄类植物为饲料。各自相对较小的内部差异也暗示这些马匹很可能分别来自同一饲养场所。

整体而言,郑韩故城内不同规模(车)马坑葬马的来源或饲养方式存在明显差别。郑国三号车马坑内所葬马匹显然是来自多个有不同饲养方式的场所,大部分马的饲料兼有C₃和C₄类植物,但是有部分个体的饲料中C₃或C₄植物所占比重明显高于其他。另外两个小型马坑内的马匹可能都分别来源于单个牧场,喂养的饲料结构比较相似,兼有C₃和C₄类植物。此处的养马方式从春秋到战国时期并没有明显改变。

四、两周时期马匹饲养方式对比研究

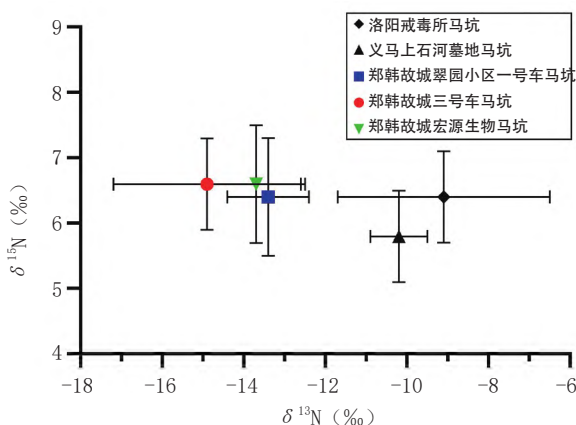
(一) 饲料成分

马是食草动物,其消化特点决定饲料应当以青粗饲料为主^[17],包括各种青草及农作物秸秆。同时由于马没有瘤胃发酵区,其对粗纤维食物的消化能力较差,所以必须适当补充以谷物为主的精饲料来满足生长的需要^[18]。因此,与作物相关的马饲料应同时包含谷物及其秸秆。

两周时期中原地区种植的C₄作物只有粟(*Setaria italica*)和黍(*Panicum miliaceum*),因此这些马的饲料中C₄类成分主要来源应是与粟(黍)有关,可能也包括部分C₄类植物狗尾草等,其余在中原种植的其他农作物(如小麦、大豆等)以及绝大部分草类均为C₃类植物^[19]。

以粟(黍)喂马的情况在文献即有反映。《左传·襄公五年》载,季文子“无衣帛之妾,无食粟之马……可不谓忠乎”^[20]。以“马不食粟”等事例来描述季文子的简朴和忠诚,从侧面说明当时以粟(黍)喂马在贵族中应当是比较常见的现象。洛阳戒毒所马坑西周马骨、义马上石河墓地马坑春秋马骨的同位素特征都表明它们的饲料几乎是完全以C₄植物为主,证明这些马匹几乎全部以粟(黍)的谷物和秸秆为饲料,饲养方式非常精细,因此在马厩中集中饲养的可能性非常大。以粟(黍)作为马匹的精饲料在唐代军马饲养中有明确规定^[21],本文的研究表明这种马匹喂养方式可能在周代中原地区已经形成。

对比5处遗迹的马骨同位素数据(表二;图三),两周时期不同地区马骨的氮同位素比值并没有明显差异,但是东周时期马骨的碳同位素比值相对西周有明显下降,这说明东周时期马匹饲料成分发生了明显改变,大量C₃植物被加入到马匹饲料中,这种现象在郑韩故城表现尤为明显。东周时期马匹饲料中大量增加的C₃类植物除了各种草类之外,还应当考虑当时已经广泛种植的豆类、小麦等农作物。因豆类作物氮同位素比值接近0‰^[22],如果动物大量食用豆类植物的果实或者秸秆,其机体组织应当



图三 5处遗址马骨稳定碳氮同位素比值平均值对比

具有很低的 $\delta^{15}\text{N}$ 值^[23]。但是，各处东周马骨的 $\delta^{15}\text{N}$ 值与洛阳西周马骨非常接近，说明前者饲料中并未包含大量氮值极低的豆类。另一种 C_3 类作物水稻，文献表明其在周代北方地区种植极少，是稀少或昂贵的食物^[24]，考古发现也极少，大量作为马匹饲料的可能性不大。因此，饲料中包含小麦的可能性尤其值得关注。

关于中原地区先民食谱的研究表明，小麦在公元前3000~前2000年传入中原地区，但是一直未能影响中原先民以粟为主粮的食谱结构^[25]。这种情况一直持续到东周时期才发生改变，但此时也仅有郑韩故城底层城市居民开始大量食用小麦，其余绝大部分人群仍以粟为主粮^[26]。那么，先民种植这种作物的动机就值得思考。结合东周时期马骨的同位素特征，我们认为至少有一部分小麦及其秸秆可能被用来作为饲料喂马。以麦喂马，在稍晚的出土文献资料中也能找到线索。例如在汉代的河西地区，麦类作物之一穬麦（一般认为是大麦）既作为边塞吏卒的粮食，也同时常做牛马草料^[27]。

同时需要注意的是，同为东周的郑韩故城马骨的同位素特征与义马上石河墓地相比也存在明显差异，前者食物来源中 C_3 植物的比重明显大于后者，说明郑韩故城马匹饲料中的草类或小麦更多。这种现象反映了东周时期马匹饲养方式也存在显著的地区差异。

钱穆认为，春秋之前粟可能是北方唯一大规模种植的粮食作物，“五谷”的盛行或者其它谷

物的广泛种植应出现在战国之后^[28]，因此西周至东周时期马匹饲料结构的变化可能与农作物种植体系的变化有关，东周时期马匹饲养方式的地区差异，则可能受农作物分布状况的影响。

（二）马匹来源

学者对凤翔血池遗址北斗坊马牲开展的同位素分析表明，这些被选作祭祀的马匹在生前最后一段时间可能经过了专门集中喂养^[29]。祭祀活动具有明确的时间计划，因此可以提前选择马匹并进行集中喂养。而丧葬活动具有偶发性，这些（车）马坑中的马匹不大可能提前选好，只能根据突发需要临时选择出来。因此本文所分析的同位素数据应当能够真实地反映这些马匹生前长期的而不是某一个特殊时间段的饲养方式。

洛阳戒毒所西周马坑中马匹骨骼和牙齿同位素数据对比表明，这些马可能在不同牧场出生并喂养一段时间之后，再集中到一处饲养，直至被下葬。义马上石河墓地马坑及郑韩故城的两处小型马坑（翠园小区和宏源生物）各自内部马骨同位素特征差异很小，说明各坑内所葬马匹生前相当长时间内喂食的饲料相似，每处遗迹的马匹应分别来源于单个牧场。由于没有相关的牙齿同位素数据，暂时无法确定它们幼年时期的饲养情况和来源。而郑国三号车马坑这样的大型遗迹中马匹的骨骼同位素明显呈现多样性特征，显然是为了丧葬活动的需要临时从不同牧场选择而来。

五、结论

通过对郑州、洛阳和三门峡发掘的5处不同规模（车）马坑出土马骨稳定碳氮同位素数据分析表明，西周时期马匹主要以粟（黍）的谷物和秸秆喂养，东周马匹的饲养方式与西周相比发生了明显变化，饲料中草类比重大幅度增加，或可能有大量小麦及秸秆用于喂马，导致这种变化的原因应当是农作物种植体系的改变。

大型车马坑内马匹的稳定同位素特征呈现多样性，说明其饲料成分差别大，可能来自不同牧场。相比之下小型（车）马坑内马匹的碳

氮同位素特征单一,可能来自相同牧场。这些特征为研究中原地区周代马匹饲养规模也提供了重要线索。结合此处观察到的稳定碳氮同位素差异现象,再对郑韩故城内外不同车马坑的马匹开展锶氧同位素及DNA分析,应当能够进一步厘清大型马坑中马匹的来源问题,为研究周代马匹资源的交流提供新证据。

[1] a. 菊地大树,刘羽阳. 中国古代家马再考[J]. 南方文物, 2019(1). b. 胡松梅,等. 2012~2013年度陕西神木石峁遗址出土动物遗存研究[J]. 考古与文物, 2016(4). c. 傅罗文,袁靖,李水城. 论中国甘青地区新石器时代家养动物的来源及特征[J]. 考古, 2009(5). d. 袁靖. 中国古代家养动物的动物考古学研究[J]. 第四纪研究, 2010(2).

[2] 李志鹏. 两周时期葬马遗存研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2013: 92-102.

[3] a. 山东省文物考古研究所. 齐故城五号东周墓及大型殉马坑的发掘[J]. 文物, 1984(9). b. 荆州博物馆. 湖北荆州熊家冢墓地2008年发掘简报[J]. 文物, 2011(2). c. 马俊才. 河南新郑郑国三号车马坑[J]. 大众考古, 2018(4).

[4] 同[2]: 78.

[5] 郭兴文. 论秦代养马技术[J]. 农业考古, 1985(1).

[6] 孙诒让. 周礼正义[M]. 北京: 中华书局, 1987: 100, 102.

[7] 李学勤主编. 十三经注疏·毛诗正义[M]. 北京: 北京大学出版社, 1999: 56, 866.

[8] 李群. 我国古代的养马技术[J]. 古今农业, 1996(3).

[9] 发掘资料现存于洛阳市考古研究院, 正在整理中。

[10] a. 燕飞, 郑立超, 杨海青. 河南义马上石河春秋墓地[J]. 大众考古, 2019(4). b. 三门峡市文物考古研究所, 义马市文物保护单位. 河南义马上石河春秋墓发掘简报[J]. 中原文物, 2019(4). c. 杨海青, 燕飞. 河南义马上石河春秋墓地考古发掘[J]. 大众考古, 2020(10). d. 河南省文物考古研究院, 等. 河南义马上石河春秋墓地M43、M48、M66发掘简报[J]. 中国国家博物馆馆刊, 2021(3). e. 河南省文物考古研究院, 等. 河南义马上石河墓地M93、M94发掘简报[J]. 华夏考古, 2021(2). f. 河南省文物考古研究院, 等. 河南义马上石河墓地M18及附葬马坑MK4发掘简报[J]. 考古与文物, 2021(4). g. 河南省文物考古研究院, 等. 河南义马上石河墓地M23、M33发掘简报[J]. 华夏考古, 2023(2). h. 河南省文物考古研究院, 等. 河南义马上石河墓地M82、M86发掘简报[J]. 华夏考古, 2023(4). i. 三门峡市仰韶文化研究中心, 义马市文物保护单位. 河南义马上石河墓地四座春秋墓的发掘[J]. 洛阳考古, 2023(3). j. 河南省文物考古

研究院, 等. 河南义马上石河墓地M22、M67和M77发掘简报[J]. 中原文物, 2023(6).

[11] 樊温泉. 郑韩故城近年来重要的考古发现与研究[J]. 华夏考古, 2019(4).

[12] 同[3]c.

[13] Sealy J., et al.. Comparison of two methods of extracting bone collagen for stable carbon and nitrogen isotope analysis: Comparing whole bone demineralization with gelatinization and ultrafiltration[J]. Journal of Archaeological Science, 2014, 47.

[14] Ambrose S. H.. Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis[J]. Journal of Archaeological Science, 1990(4).

[15] 杨海青, 燕飞. 河南义马上石河春秋墓地考古发掘[J]. 大众考古, 2020(10).

[16] 陈相龙, 等. 凤翔血池遗址北斗坊马牲饲养方式及相关问题[J]. 考古与文物, 2020(6).

[17] 阿里甫·努肉力, 克卫尔·阿不都热合满, 罗生金. 马的饲养管理与繁殖技术[J]. 黑龙江动物繁殖, 2020(6).

[18] a. 马立君. 马的饲养技术[J]. 农家参谋, 2020(16). b. 夏国兴. 马的消化特点与饲养的关系[J]. 云南农业科技, 1988(2).

[19] Zhou Ligang, et al.. Human diets during the social transition from territorial states to empire: Stable isotope analysis of human and animal remains from 770BCE to 220CE on the Central Plains of China[J]. Journal of Archaeological Science: Reports, 2017(11).

[20] 杨伯峻. 春秋左传注[M]. 北京: 中华书局, 1981: 944.

[21] 杨诗兴. 我国古代的家畜饲养标准[J]. 甘肃农业大学学报, 1964(2).

[22] Delwiche Constant C., Pieter L. Steyn. Nitrogen isotope fractionation in soils and microbial reactions[J]. Environmental Science & Technology, 1970(11).

[23] DeNiro Michael J., Samuel Epstein. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1981(3).

[24] 钱穆. 中国古代北方农作物考[C]//中国学术思想史论丛(第1卷). 北京: 生活·读书·新知三联书店, 2009: 1-35.

[25] 田成方, 周立刚. 古代中国北方粮食种植的历史变迁——基于人骨稳定同位素分析的视角[J]. 郑州大学学报(哲学社会科学版), 2020(5).

[26] 周立刚. 举箸观史: 东周到汉代中原先民食谱研究[M]. 北京: 科学出版社, 2020: 166-168.

[27] 高荣. 汉代河西粮食作物考[J]. 中国农史, 2014(1).

[28] 同[24].

[29] 同[16].

(责任编辑 郑颖)