



公元前第二千纪以来东欧平原西南部黍作物的利用

安婷^{1*}, 朱萝雅¹, 田洁¹, 温成浩^{2*}, 杨猛³, 郝红星³, Magda LAZAROVICI⁴,
Gheorghe LAZAROVICI⁴

1. 浙江大学艺术与考古学院, 杭州 310028

2. 中国社会科学院考古研究所, 北京 100101

3. 郑州市文物考古研究院, 郑州 450007

4. Institute of Archaeology Iasi, Iasi 700505, Romania

* 通讯作者, E-mail: jiezian@zju.edu.cn(安婷), wench@cass.org.cn(温成浩)

收稿日期: 2024-05-14; 收修改稿日期: 2024-10-14; 接受日期: 2024-11-14; 网络版发表日期: 2024-12-18

中国社会科学院考古研究所创新工程项目(2020KGYJ002)、国家自然科学基金项目(20CKG024)和中国社会科学院学科建设项目(DF2023ZD14)资助

摘要 欧亚大陆早期东西交流及其对人地关系演变的影响是多学科关注的前沿科学问题。东欧平原西南部是早期东西交流的关键枢纽, 驯化于中国的作物黍约3600年前传入该地区, 显著早于欧洲其他地区。受限于系统植物考古研究的不足, 该地区黍作物利用的演替过程及其影响因素尚不清楚。文章选取罗马尼亚雅西(Iasi)巴亚-因穆基(Baia-În Muchie)遗址和多布若瓦茨(Dobrovăț)开展系统植物浮选与年代测定工作。结果显示, 研究区所出土的200余粒黍遗存与东亚地区已发表数据在尺寸上未见显著差异, 但粒型更为瘦长; 东欧平原西南部黍遗存出现年代相较于欧洲其他地区明显偏早, 跨高加索的黑海北部路线可能是黍经西亚进入欧洲的重要通道; 自青铜时代晚期以来, 该地区黍作物的利用延续了两千余年乃至更久, 且存在明显的历时性波动, 相对集中于青铜时代末至铁器时代初(1200~800BC)和罗马帝国晚期(AD250~400); 气候变化是背后重要驱动因素之一, 黍有可能是作为应对干冷气候的优势作物而被种植利用。本研究为探究黍传入东欧平原西南部的年代以及在该地区的利用变化提供了重要的基础数据, 有助于全面认识早期东西交流及其对关键节点地区人地关系演变的影响。

关键词 植物考古, 粟作农业, 东西交流, 青铜时代, 东欧平原西南部

1 研究背景

欧亚大陆东西交流的历史及其影响是地理学、考古学、历史学和遗传学等多学科关注的重大科学问题, 相关讨论涉及动植物、冶金术、城市化、游牧、语言等诸多方面(Sherratt, 2006; 傅罗文等, 2009; Lu

等, 2009; 杨建华和邵会秋, 2014; Jones等, 2016; Miller等, 2016; Zhou等, 2016; 陈坤龙等, 2018; 董广辉等, 2022)。5000~1500BC间欧亚大陆的东西交流出现并强化(安成邦等, 2017, 2020; Liu等, 2019), 其带来的技术革新促使不同区域史前人类适应生存环境的能力显著增强(Chen等, 2015; Frachetti等, 2017)。起源于欧亚大

中文引用格式: 安婷, 朱萝雅, 田洁, 温成浩, 杨猛, 郝红星, Lazarovici M, Lazarovici G. 2025. 公元前第二千纪以来东欧平原西南部黍作物的利用. 中国科学: 地球科学, 55(2): 500–511, doi: 10.1360/SSTe-2024-0133

英文引用格式: An T, Zhu L, Tian J, Wen C, Yang M, Hao H, Lazarovici M, Lazarovici G. 2025. Broomcorn millet cultivation in the SW East European Plain since the second millennium BC. Science China Earth Sciences, 68(2): 487–497, <https://doi.org/10.1007/s11430-024-1462-3>

陆东西两侧的农作物, 其跨地区的传播和交汇利用是史前东西交流的重要形式之一(Lightfoot等, 2013; 董广辉等, 2017; Zhou等, 2020), 其过程与驱动因素的研究是当前学术界关注的热点, 对认识欧亚大陆东西方交流历史及其与文化地理格局的时空变化关系具有重要的意义。

丝绸之路(绿洲通道)和欧亚草原通道是史前和历史时期农牧人群迁徙扩散的主要通道(Zhao, 2011). 起源于西亚地区的麦类作物在东亚地区传播和利用的时空模式逐渐清晰(靳桂云, 2007; Long等, 2018; Dong, 2018). 黍粟约在10000年前驯化于中国北方(Lu等, 2009; Zhao, 2011), 前人研究已基本厘清其西传至中亚、西亚的时空过程(Frachetti, 2012; Huang等, 2023), 但黍粟何时传入欧洲及其在当地利用的历史尚不清晰. 虽然黍粟遗存常出土于欧洲5000BC年以前的遗址地层中, 但其测年结果均晚于1600BC(Filipović等, 2020), 显示其出土层位可能受到扰动. 因此, 在欧洲东西交流关键枢纽地区开展系统的植物考古工作、进行系统的黍粟遗存测年非常必要。

东欧平原西南部南抵黑海和亚速海北岸, 西以喀尔巴阡山脉为界, 东至顿河流域, 北与俄罗斯为邻, 包括罗马尼亚、摩尔多瓦和乌克兰, 是丝绸之路和欧亚草原的重要通道之一(图1), 也是欧洲连接中亚、西亚等地区的主要通道. 该地区新石器时代以来相继出现了库库特尼-特里波利文化(Cucuteni-Tripolye Culture, 新石器到铜石并用时代, 5000~3600BC)、乌萨托瓦文化(Usatovo Culture, 铜石并用到青铜时代, 3500~2950BC)、颜那亚文化(Yamnaya Culture, 青铜时代, 3200~2400BC)、洞室墓文化(Catacomb Culture, 青铜时代, 2800~2000BC)、多绳纹文化(Multi-cordoned Ware Culture, 青铜时代, 2100~1750BC)、诺瓦萨巴廷尼夫卡文化(Noua-Sabatynivka Culture, 青铜时代, 1700~1200BC)、木椁墓文化(Timber-chambered Tomb Culture, 青铜时代, 1800~1200BC)和别洛泽尔斯卡亚文化(Belozerskaya Culture, 青铜到铁器时代, 1200~900BC)、斯基泰文化(Scythians Culture, 铁器时代, 700~300BC)、萨尔马提亚文化(Sarmatian Culture, 铁器时代, 300BC~AD400)和希腊罗马(Greek and Roman Culture, 铁器时代, 300BC~AD476)等考古学文化. 已有考古研究表明, 自库库特尼-特里波利文化晚期超大聚落解体后, 特里波利人自此向东部草原扩散

(Müller等, 2016); 而在颜那亚文化时期, 更有来自欧亚草原的人群向西迁徙至此(Narasimhan等, 2019). 欧亚大陆史前时代植物考古主要集中在东亚、欧洲西部和西亚两河流域等地区, 从中亚到东欧平原这一广袤区域开展的植物考古工作相对有限. 目前已有国内学者前往中亚开展考古发掘和植物考古的工作(王建新等, 2014; 陈冠翰等, 2020), 而地处交通枢纽位置的东欧平原西南部关注度较低, 植物考古研究更为薄弱。

东欧平原西南部新石器时代以来主要农作物传播和种植结构变化的时空框架已基本建立(Pashkevych, 2012; Corso等, 2022). 麦类作物约在5500BC从西亚传播至该地区(Motuzaitė-Matuzevičiūtė等, 2016), 主要类型为二粒小麦、单粒小麦和斯卑尔脱小麦, 辅之以六棱裸大麦和皮大麦. 1600BC之后, 黍作物开始出现, 随后在农作物结构中的比例不断提高, 直至青铜时代末期-铁器时代超越麦类作物. 然而, 该地区地层上下扰动严重, 炭化黍存在错层现象, 部分年代与所出土遗址的时代误差较大(Motuzaitė-Matuzevičiūtė等, 2013). 此外, 以往研究仅关注早期(2000BC之前)地层中的植物遗存, 2000BC之后该地区的植物考古资料缺失明显, 无法从历时性视角获取更详细的作物种植结构信息. 已有黍遗存测年数据主要来自研究区东部, 黍在该地区传播的时空过程仍不明朗, 粟何时传入该地区尚不清晰. 若要厘清东欧平原西南部黍粟传播与利用的时空过程, 分析其在作物种植结构中比重的历时性变化, 亟待开展系统植物考古研究和碳十四年代测定。

鉴于上述原因, 本项目拟对东欧平原西南部罗马尼亚境内的2个遗址, 包括巴亚-因穆基(Baia-În Muchie, 铜石并用时代-铁器时代)和多布若瓦茨(Dobrovăț, 铜石并用时代及铁器时代)遗址进行系统的土壤样品采集和浮选, 通过对炭化植物种子进行碳十四年代测定, 以建立年代框架构建人类对植物资源利用的过程. 本项目研究成果有助于深化对黍粟西传时空过程及其影响因素的研究, 对于推动史前东西交流的关键节点和相关人地关系的研究具有重要学术价值和意义。

2 样品来源与研究方法

巴亚-因穆基(47°25'53"N, 26°12'35"E, 海拔375m)

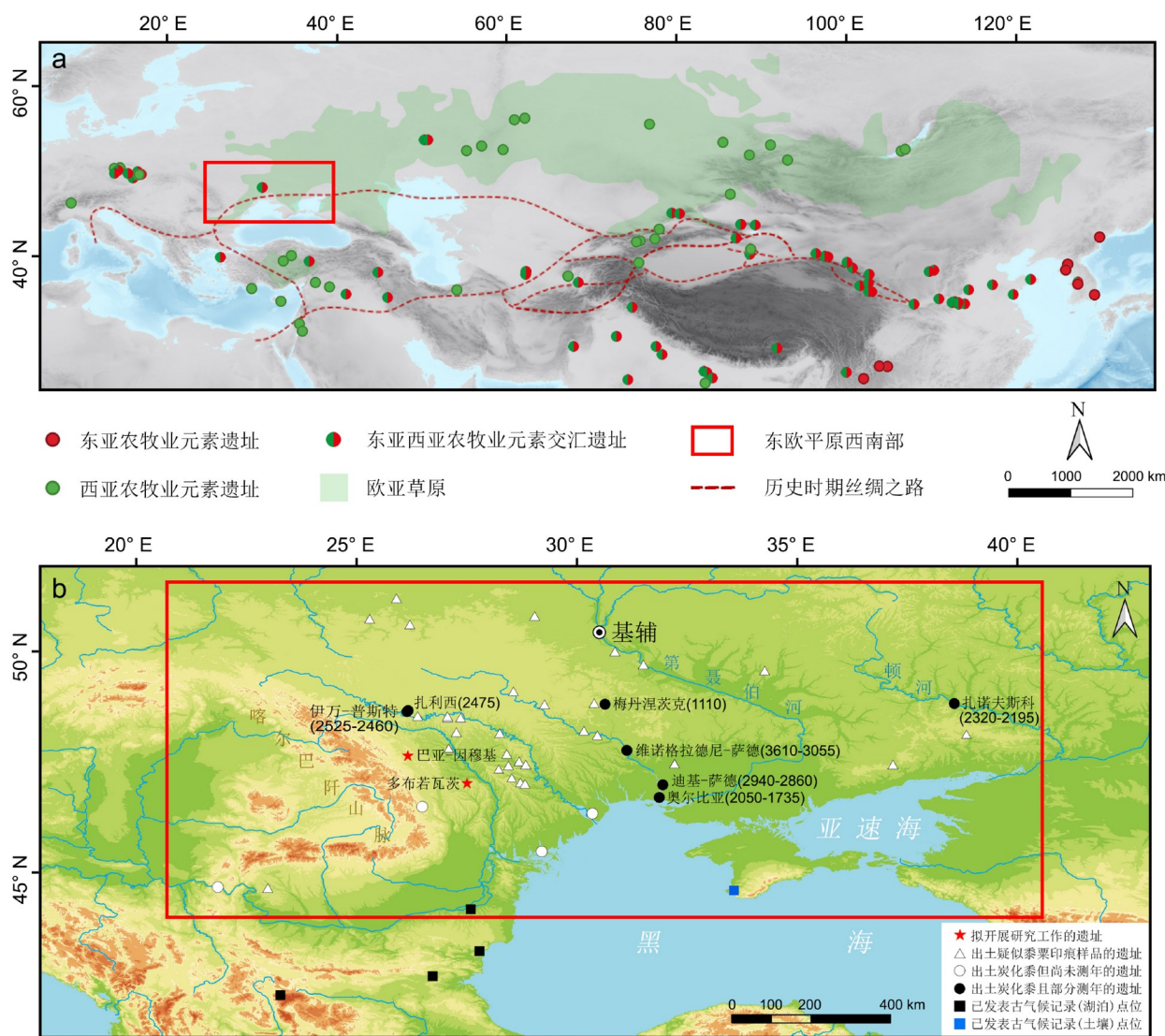


图 1 已有研究所显示的距今4000~3000年间欧亚大陆农牧业扩散与交流情况

(a) 改绘自董广辉等(2022); (b) 遗址所标注年代基于该遗址出土黍粟遗存的碳十四年代, 单位均为a BP

遗址于1998年首次发现, 位于罗马尼亚村庄巴亚以北2km的苏恰瓦(Suceava)县, 地处喀尔巴阡山脉地区下部的莫尔道河(Moldau)大河谷的洪水台地上, 位于罗莫西洛兹(Ŕomuzul Mocirlos)河和罗麦尔(Ŕomuzul Mare)河之间。在一个半圆形山前地带的台地边缘, 发现了大量人工排水渠。2012~2014年共进行了3次发掘, 发掘总面积524m², 地层序列包括铜石并用时代早期和晚期、青铜时代以及铁器时代, 保存和记录最为完整的两个文化层年代分别为铜石并用时代早期和铁器时代。

多布若瓦茨(46°56'1"N, 72°43'55"E, 海拔280m)遗址地处雅西城以南约30km的一处丘陵地带, 处于农田向森林的过渡地带。为了更系统和全面地了解库库特尼彩陶文化, 并为仰韶文化的研究提供跨文化对比的启发性案例, 中国社会科学院考古研究所、郑州市文物考古研究院、罗马尼亚科学院雅西分院雅西考古研究所和雅西摩尔多瓦国家文化博物馆四家单位于2019年进行了首次考古发掘, 2023年进行了第二次考古发掘。之前的地磁勘探在沿森林边缘的土路下发现一排九座互相独立的房址, 2023年发掘了3号房址、5号房

址和6号房址. 多布若瓦茨遗址文化堆积以库库特尼A期文化遗存为主, 另有铁器时代遗存.

巴亚-因穆基遗址的浮选样品来自灰坑、陶罐、火塘以及房址, 共浮选土样452升, 其中铜石并用时代早期, 即前库库特尼文化时期(Pre-Cucuteni Culture, 4900~4300BC)的3号灰坑、1号火塘以及4号火塘中共浮选土样三百余升, 其余土样来自铜石并用时代晚期侯罗第什提(Horodiște, 3500~3000BC)文化、青铜时代和铁器时代地层. 多布若瓦茨遗址浮选采取针对性采样法与网格采样法相结合的方法, 取样点包括房址、灰坑、祭坛等遗迹单位. 采集库库特尼A文化时期(4500~4200BC)浮选土样27份, 铁器时代浮选土样11份, 共计38份, 浮选土样总量共计653升, 平均每份浮选样品的土量约为17升. 植物浮选工作是在发掘现场进行的, 大植物遗存获取采用小水桶浮选法(赵志军, 2004), 使用的分样筛规格为80目, 孔径为0.2mm. 浮选所获得的大植物遗存为研究遗址年代问题提供了较好的分析样本. 同时, 为更好探究黍传入欧洲的年代问题, 本研究选择部分黍和小麦的炭化种子样品分别在牛津和BETA实验室进行加速器质谱(AMS)碳十四年代测定, 排除晚期植物遗存混入或被扰乱而造成的讨论偏差.

3 研究结果

浮选出土的炭化植物遗存分别为炭化木屑以及植物种子等两类, 浮选样品中的炭化木屑由于条件限制未全部拣选, 故而不对其进行分析.

浮选出土植物种子可分为农作物和非农作物两大类. 巴亚-因穆基遗址出土炭化黍(*Panicum miliaceum*) 97粒, 炭化小麦(*Triticum* sp.) 2粒, 占全部出土植物遗存的73%; 非农作物种子则包括蓼科(Polygonaceae)和禾本科(Poaceae)等, 共计18粒, 占出土全部植物遗存的13%; 未知种子以及碎种子共计19粒.

多布若瓦茨遗址中农作物有黍(*P. miliaceum*)和小麦属(*Triticum* sp.), 合计149粒, 占全部出土植物遗存的50.00%; 非农作物主要有禾本科(Poaceae)、苋科(Amaranthaceae)、蓼科(Polygonaceae)、马齿苋科(Portulacaceae)、茄科(Solanaceae)、茜草科(Rubiaceae)、忍冬科(Caprifoliaceae)、果核等, 共计74粒, 占出土全部植物遗存的25%; 未知种子以及碎种子共计

75粒.

在巴亚-因穆基遗址浮选出土的植物遗存中, 黍遗存占绝对性优势. 而在多布若瓦茨遗址浮选出土植物遗存中, 炭化黍在铁器时代农作物遗存中绝对数量占比高达82.2%, 远多于小麦的出土数量, 在库库特尼时期的堆积中也发现有6粒. 同时, 在出土概率方面, 多布若瓦茨遗址黍在库库特尼时期和铁器时期的出土概率均与小麦持平, 而巴亚-因穆基遗址黍遗存的出土概率也占据优势(图2).

从巴亚-因穆基遗址和多布若瓦茨遗址的浮选结果来看, 无论是绝对数量还是出土概率, 自东亚传播至欧洲的黍与作为欧洲传统农作物的小麦相比均不占下风.

另由于考古遗址中出土农作物籽粒之间的粒径、重量等差异较大, 部分学者倾向利用不同农作物的千粒重或者千粒体积指标对籽粒数量进行校正后再进行相应的比较(Zhou等, 2016). 本文参考小麦和黍重量百分比的计算公式, 以更好计算小麦和黍在当地生活中所占的经济比重, 具体而言是以现代黍和小麦的千粒重作为换算因子来计算遗址中各类作物的重量百分比, 公式如下:

$$P(S) = \frac{N_S \times F_S}{N_1 \times F_1 + N_2 \times F_2},$$

其中, $P(S)$ 是某种(计算)作物的实际重量百分比; N_S 为该(计算)作物的粒数, F_S 为该(计算)作物的实际粒重; N_1 为出土黍的粒数; $F_1=7.5g$, 为现代黍的平均千粒重; N_2 为出土小麦的粒数; $F_2=35g$, 为现代小麦的平均千粒重, 计算可知黍在青铜时代及铁器时代占农作物经济总量有所上升, 从浮选结果来看可与小麦平齐, 甚至超过小麦(表1).

本研究挑选了3份巴亚-因穆基遗址前库库特尼文化地层出土的炭化黍、10份多布若瓦茨遗址不同时期遗迹单位出土的炭化黍和2份多布若瓦茨遗址库库特尼A期晚段遗迹单位出土的炭化小麦进行了碳十四测年, 共获得14个炭化黍年代数据和2个炭化小麦年代数据(表2). 基于IntCal20(Reimer等, 2020)校正曲线, 用OxCal v.4.4.4(Ramsey, 2017)软件对碳十四年代进行了校正. 结果显示, 炭化黍最早年代为1442~1285cal BC, 最晚则延续到cal AD890~1020, 两粒炭化小麦分别为4336~4226cal BC和4333~4224cal BC.

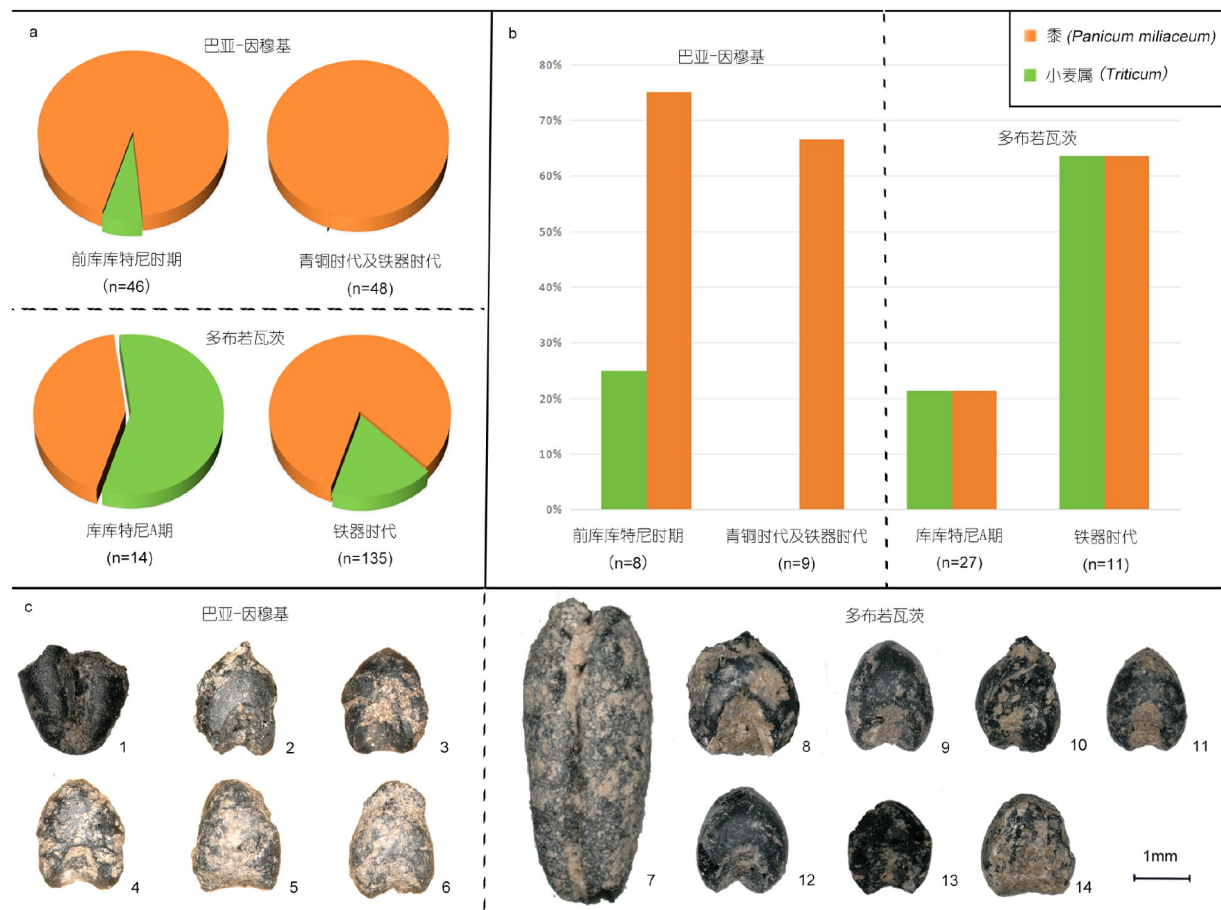


图 2 巴亚-因穆基遗址和多布若瓦茨遗址农作物图

(a) 绝对数量统计图; (b) 出土概率统计图; (c) 巴亚-因穆基遗址(左边)和多布若瓦茨遗址出土的部分炭化小麦和炭化黍图, 其中1和7为小麦, 2~6和8~14为黍. n表示粒数(number)

表 1 巴亚-因穆基遗址和多布若瓦茨遗址农作物重量百分比

文化年代		小麦		黍	
		绝对数量	重量百分比(%)	绝对数量	重量百分比(%)
巴亚-因穆基	前库库特尼	2	60.87	6	39.22
	青铜时代及铁器时代	0	0	91	100
多布若瓦茨	库库特尼A期	8	80.35	6	19.65
	铁器时期	24	50.22	111	49.78

4 讨论

4.1 黍粒型特征

罗马尼亚巴亚-因穆基遗址和多布若瓦茨遗址作为少数有中国学者参与发掘的东南欧遗址, 对于探讨东西方之间农作物交流和饮食传统有重要的研究价

值. 饮食传统常常和谷物粒型相辅相成, 西方的烘焙(baking and roasting)传统倾向于选择粒型较大的谷物, 以便于将谷物磨成面粉后制作面包; 东亚地区的蒸煮传统(steaming and boiling)为了方便直接煮熟整粒谷物, 而倾向于选择粒型较小的谷物(Liu等, 2016, 2020; Ritchey等, 2021). 该假说在麦类作物粒型尺寸的东西

表 2 多布若瓦茨遗址(DT)和巴亚-因穆基遗址(BI)农作物测年结果

实验室编号	遗址	时代	遗迹	类型	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	年代(a BP)	校正年代 (cal BC/AD, 2σ)
Beta-678302	DT	铁器时代	祭坛	小麦	-23.2	5380±30	4333~4224BC
Beta-678303	DT	铁器时代	房址	小麦	-23.9	5390±30	4336~4226BC
Beta-678284	DT	库库特尼A	房址	黍	-9.6	2690±30	902~803BC
Beta-678285	DT	库库特尼A	房址	黍	-9.5	2560±30	805~747BC
Beta-678287	DT	库库特尼A	房址	黍	-10.8	1840±30	AD124~250
Beta-678288	DT	库库特尼A	房址	黍	-9.1	2740±30	932~813BC
Beta-678289	DT	库库特尼A	房址	黍	-9.7	1090±30	AD890~1020
Beta-678290	DT	铁器时代	房址	黍	NA	3110±30	1442~1285BC
Beta-678293	DT	铁器时代	房址	黍	-8.9	2850±30	1114~924BC
Beta-678295	DT	铁器时代	房址	黍	-8.2	2760±40	1002~821BC
Beta-678296	DT	铁器时代	灰坑	黍	-10.3	2780±30	1007~891BC
Beta-678299	DT	铁器时代	房址	黍	-9.7	2800±30	1018~895BC
OxA-30533 BA-1	BI	前库库特尼	火塘	黍	-10.1	1718±34	AD250~413
OxA-31350 BA-2	BI	前库库特尼	灰坑	黍	-8.62	1734±26	AD247~404
OxA-31351 BA-3	BI	前库库特尼	火塘	黍	-10.77	1808±25	AD166~335
OxA-31352 BA-3	BI	前库库特尼	火塘	黍	-7.88	1780±29	AD241~352

方差异上得到具体体现(Liu等, 2016; Sun等, 2024). 由于欧洲地区缺少具有量化统计意义的数据, 在以往研究中尚缺少对东、西方黍遗存粒型特征的系统讨论. 罗马尼亚多布若瓦茨遗址和巴亚-因穆基遗址出土的200余粒黍遗存为探究该问题提供了重要参考.

具体来讲, 多布若瓦茨遗址出土炭化黍遗存117粒, 其中保存完好者77粒, 平均粒长1.68mm, 平均粒宽1.42mm, 平均粒厚1.13mm; 粒长主要集中在1.5~1.8mm, 粒宽主要集中在1.3~1.6mm, 粒厚则主要集中在1.1~1.2mm, 长宽比为1.19. 巴亚-因穆基遗址同样出土有炭化黍遗存, 对该遗址较为完整的9粒炭化黍进行测量, 其长宽均值为1.92mm×1.45mm, 长宽比达到了1.32. 综合两个遗址炭化黍的尺寸数据, 黍的长宽均值为1.71mm×1.43mm, 长宽比约为1.20, 远远大于东亚地区炭化黍的长宽比(Sun等, 2024). 如图3所示, 将本研所得炭化黍尺寸数据与已发表东亚地区的数据进行对比, 尺寸上未见显著差异, 然而东欧平原西南部出土炭化黍宽度偏小, 粒型明显更加瘦长. 那么, 东欧平原西南部地区黍粒型的“瘦长”是否受控于饮食习惯等因素?

欧洲的部分古典文献中记录了黍作物的食用方式, 其中食用黍的最早书面证据见于古罗马时期, 科拉

姆莱(Columella, AD4~70)写道: “用小米做成面包, 趁热吃很美味. 用数量不限的粟或黍捣碎去掉麸皮煮成粥, 味道相当好, 尤其是和牛奶一起吃”; 老普林尼(Pliny the Elder, AD23~79)则在他的《自然史》第十八卷中提及: “在坎帕尼亚, 小米的口感特别好, 人们用它来煮粥; 它还能做成非常甜的面包. 此外, 萨尔玛提亚部落主要以小米粥为生, 甚至以掺有马奶或马腿静脉血的生食为生.” 由上述文献可知, 在古罗马时期黍主要用以制作面包和煮粥.

事实上, 在欧洲东南部地区, 黍用以制粥的饮食传统并未改变. 20世纪80年代, 日本京都大学学者对于罗马尼亚等地粟黍的传统食用方式进行了民族学调查. 结果显示, 罗马尼亚主要将黍制作为米片粥(Porridge, 即将黍压成片状煮粥)或是制作无酒精的饮料(Sakamoto, 1987). 现在乌克兰地区则喜食南瓜小米粥, 此外还有Golubcy(用卷心菜叶包裹小米粥)和Kulish(用黍为原料的传统菜肴)等传统吃法(Pashkevych, 2022).

目前对于东欧平原西南部黍相关的煮食器物和技术知之甚少, 而对文献记载和相关民族学材料而言, 东欧平原西南部黍利用的主要方式为煮粥食用. 此外, 在饮食方式上, 现代东欧平原西南部用黍制作面包时多为整粒加入而非磨粉, 东欧地区对于黍的利用方式相

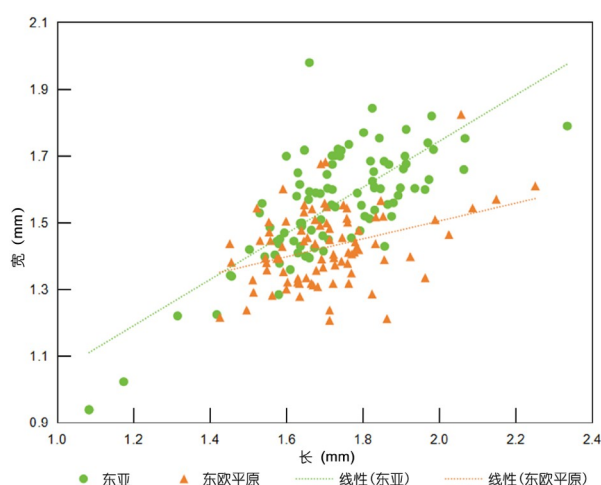


图3 东亚地区和东欧平原西南部出土黍遗存尺寸比较
东亚地区数据来源于Sun等(2024)

比东亚地区并未发生实质性差异, 依然为粒食。

植物种实籽粒的大小可能受到多方面因素的影响。黍于公元前三千纪从东亚向中亚、西亚传播, 至公元前第二千纪中期传播至欧洲, 其到达东欧平原西南部时的大小可能受到多个传播环节的影响, 气候、人工管理条件乃至炭化的时间和温度均会影响考古遗址出土炭化黍的籽粒大小。目前有关欧亚大陆不同地区黍尺寸差异的研究材料相对较少, 有待未来更多新材料出现后做进一步分析。

4.2 黍西传至东欧平原西南部的具体过程

黍是起源于中国北方地区的重要农作物之一, 大约距今10000年前开始被栽培利用(Lu等, 2009; Zhao, 2011)。前期研究表明, 受到中亚游牧人群快速兴起的影响, 绿洲之路在公元前三千纪末逐渐成为欧亚大陆农牧业东西交流的重要通道, 通过该通道, 农业扩散和发展的进程加速(Liu等, 2019; 董广辉等, 2022)。哈萨克斯坦(Spengler等, 2014)、土库曼斯坦(Spengler等, 2018; Motuzaite-Matuzeviciute等, 2022)以及伊朗(Huang等, 2023)等地的植物考古学证据显示黍可能在公元前三千纪末期经由“绿洲之路”从东亚传播至西亚, 目前西亚地区最早的黍遗存来自伊朗哈雷卡什(Ghale-Kash)遗址, 年代可追溯到2050BC(Huang等, 2023)。

已发表的欧洲地区黍遗存碳十四测年数据主要来自中欧和北欧地区, 东欧平原西南部和巴尔干半岛等

地区的数据相对较少。欧洲新石器及铜石并用时代遗址出土的黍遗存, 常常是晚期地层混入的(Lightfoot等, 2013; Motuzaite-Matuzeviciute等, 2013; Corso等, 2019; Filipović等, 2020; An, 2023), 黍抵达欧洲的实际年代可能远远晚于出土黍遗存的文化层年代。欧洲最早的炭化黍证据来自乌克兰境内青铜时代晚期的维诺格拉德尼萨德(Vinogradnyi Sad)遗址, 约为1600BC(Filipović等, 2020), 这说明最迟在公元前第二千纪中期, 黍已经(经由西亚)抵达东欧平原西南部地区。

黍由西亚传至欧洲有两种可能的传播路线: 从伊朗向北跨过高加索地区进入东欧的乌克兰(黑海北部路线), 或是从伊朗向西经安纳托利亚半岛到达南欧的希腊地区(黑海南部路线)(Valtueña等, 2017; Herrscher等, 2018; Corso等, 2022; 邓振华, 2022)。目前欧亚大陆交界地区(高加索地区、安纳托利亚半岛)尚未出现1600BC以前的黍遗存证据(Liu等, 2019; Martin等, 2021; Corso等, 2022)。然而考虑到巴尔干半岛南部黍遗存测年数据最早为1301~1215BC(Filipović等, 2020), 远远晚于东欧平原西南部地区, 有理由推测跨高加索的黑海北部传播路线可能性更大。未来期待东欧平原西南部、欧亚大陆交界地区和巴尔干半岛地区更多的植物考古和测年工作, 以促进黍西传具体路线问题的解决。

4.3 东欧平原西南部黍作物的利用变化及其影响因素

自5500BC麦类作物由西亚传入东欧平原西南部后(Motuzaite-Matuzeviciute等, 2016), 该地区主要种植二粒小麦、单粒小麦和斯皮尔特小麦, 辅之以六棱裸大麦和皮大麦(Pashkevych, 2012), 直至青铜时代中晚期, 黍作物才明确出现在该地区(Filipović等, 2020)。本研究所得黍遗存的10个碳十四测年数据显示, 自公元前第二千纪中期以来, 黍作为东欧平原西南部主要作物之一被长期栽培和利用。

结合东欧平原西南部已发表的27个炭化黍测年数据(Motuzaite-Matuzeviciute等, 2013; Filipović等, 2020; An, 2023), 黍作物在该地区的栽培利用存在明显的历时性波动(图4)。1600BC左右黍首次出现在东欧平原西南部, 之后黍遗存主要集中在1200~800BC和AD250~400两个时段。下文将详细介绍该地区公元前第二千纪以来的考古学文化背景。

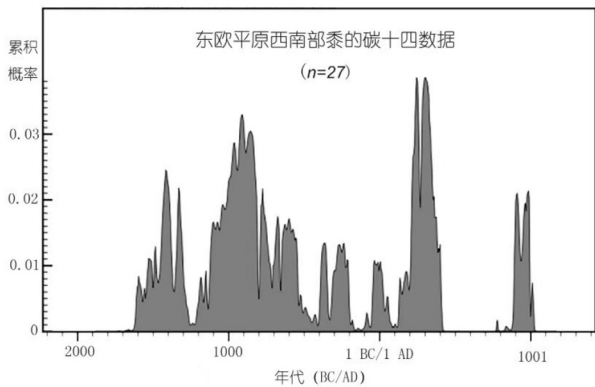


图 4 东欧平原西南部已有黍遗存碳十四数据的概率累积曲线

青铜时代晚期(1700~1200BC), 东欧平原西南部主要分布着乌克兰境内的萨巴廷尼夫卡文化、摩尔多瓦和罗马尼亚境内的诺瓦文化和科斯罗根(Coslogeni)文化, 它们同属一个紧密联系的文化系统, 主要分布在森林草原南部和喀尔巴阡盆地、多瑙河下游、第聂伯河下游之间的草原地带, 最远可达亚速海(Parzinger, 2013)。来自该文化区其他遗址的植物考古学数据表明, 在青铜时代中晚期, 黍逐渐变为大麦和小麦以外的主要农作物(Pashkevich, 2003)。同位素证据显示, 这一时期人类的饮食依然以 C_3 作物为主, 辅之以肉类和鱼类(Privat, 2004), 黍作为一种新的农作物在这一时期逐渐得到种植和利用。

青铜时代末期至铁器时代早期(1200~800BC), 黍的种植量得到快速提升。东欧平原西南部27个黍测年数据中, 落于该测年区间的数据有8个, 占总测年样本约30%。其中, 多布若瓦茨遗址随机挑选的10粒黍遗存中, 超过半数的黍遗存均落在该测年区间。这一时期, 东欧平原西南部主要分布着别洛泽尔斯卡亚文化, 该文化的多个遗址出土了黍遗存(Filipović等, 2020), 人骨同位素研究结果也显示, 部分人群主要食用 C_4 作物(Privat, 2004)。这表明, 别洛泽尔斯卡亚人群开始接受了这种新的作物, 并将其作为主食。

部分学者认为, 青铜时代至铁器时代早期黍在农作物结构中比例的不断提高与气候变化有关(Corso等, 2022)。东欧平原西南部及周边地区的石笋氧同位素和湖泊钻孔、土壤剖面的花粉记录均显示2000BC以来该区域气候呈现干冷化趋势(Tonkov等, 2008; Feurdean等, 2021; Cruz-Silva等, 2023), 黍作为应对干冷气

候的优势作物而被种植利用。至1200BC前后, 气候急剧干冷化, 百年尺度的极端气候事件被认为导致了该地区青铜时代晚期文化的崩溃(Kaniewski等, 2010; Drake, 2012; Finné等, 2017)。别洛泽尔斯卡亚文化人群可能正是为了应对气候极端干冷化提高了黍的种植量, 导致黍在农作物结构中的比例不断提高, 部分人群主要进食黍。

铁器时代中晚期(800BC~AD100), 东欧平原西南部地区分布着许多族群, 包括斯基泰人和希腊殖民者。目前该地区已发表的27个黍遗存测年数据中有7个落在该时段。斯基泰人是游牧部落, 以畜牧业为生。然而, 考古发现的定居遗址、粮仓以及炭化谷物表明, 斯基泰人也从事一定量的农业活动(Pashkevich, 1999), 主要种植大麦、黍和少量的二粒小麦, 粟作农业是其生业经济的重要组成部分。对斯基泰人群开展的同位素研究显示, 少数高度流动的个体与定居群体在饮食上存在差异, 前者没有食用黍的信号, 而后者在大多数情况下都食用 C_4 作物(Ventresca Miller和Makarewicz, 2019)。相比于青铜时代的其他农业群体, 作为游牧群体的斯基泰人较少从事农业生产, 但黍却在其一定比重的农业经济生产中占据重要地位。一方面, 这可能与黍种植所需劳动力投入较低有关(Miller等, 2016), 且黍可以和大麦交替轮作, 从而在一年内获得多次收成; 另一方面, 也可能与黍秸秆可用作牲口饲料、补充季节性草源不足有关(Larrazabal等, 2015)。同时期位于黑海北岸希腊殖民地的部分遗址也发现了炭化黍(Filipović等, 2020), 证明这一时期位于该地区的希腊殖民者可能也在种植和食用黍作物。

罗马帝国晚期(AD250~400)是该地区栽培利用黍作物的另一个关键时期。东欧平原西南部地区的测年黍中, 有5粒落在罗马帝国晚期, 占总测年黍数量的19%。在这一时期, 东欧平原西南部主要为斯拉夫人聚集地, 部分则在罗马帝国统治下。一方面, 黍一直是该地区斯拉夫部落的主要粮食作物(Pashkevych, 2022); 另一方面, 罗马帝国在公元1世纪征服了达契亚, 占领部分东欧平原西南部地区, 领土范围到达多瑙河中下游地区, 同时也带来了罗马人(主要是平民)食用黍的饮食习惯。罗马帝国晚期欧洲出现的强烈气候变化, 被认为是导致西罗马帝国崩溃的原因(Büntgen等, 2011), 黍可能作为应对恶劣气候的优势作物得到了进一步的推广和普及。

自公元前两千纪开始, 黍出现在东欧平原西南部地区并传播、栽培利用延续至今。尽管每个时期都存在黍的利用, 但是存在明显的历时性波动。青铜时代末至铁器时代初(1200~800BC)、罗马帝国晚期(AD250~400)气候急剧变化, 也是对应于东欧平原西南部黍大量利用的关键时期。来自法国的黍素证据同样显示, 黍的种植量在青铜时代晚期和罗马时代晚期得到了大幅度的提高(Jacob等, 2008), 这与东欧平原西南部地区炭化黍遗存的证据相契合, 显示了气候变化可能在更大地理范围尺度上影响到黍在欧洲的栽培利用。未来期待在东欧平原西南部地区系列遗址开展更多植物考古和测年工作, 更加系统地探讨青铜时代以来黍在东欧平原西南部地区的利用变化及其背后的气候、社会政治经济环境等多种影响因素。

5 总结

欧亚大陆早期东西交流及其对人地关系演变的影响是多学科关注的前沿科学问题。东欧平原西南部是早期东西交流的关键枢纽, 驯化于中国的作物黍约在3600年前传入该地区, 显著早于欧洲其他地区。受限于系统植物考古研究的不足, 该地区黍作物利用的演替过程及其影响因素尚不清楚。基于此, 本研究选取东欧平原西南部罗马尼亚巴亚-因穆基遗址和多布若瓦茨遗址开展了系统的土壤样品采集、植物浮选和年代测定工作。

结果显示, 研究区所出土的200余粒炭化黍种子与东亚遗址已发表黍遗存数据在尺寸上未呈现显著差异, 但粒型更为瘦长; 东西方之间黍作物呈现粒型差异的原因, 仍有待未来进一步深入研究。东欧平原西南部黍遗存出现年代相较欧洲其他地区明显偏早, 跨高加索的黑海北部路线可能是黍经西亚进入欧洲的重要通道。该地区黍作物的利用延续了两千余年乃至更久, 且存在明显的历时性波动, 相对集中于青铜时代末至铁器时代初(1200~800BC)、罗马帝国晚期(AD250~400); 气候变化是背后重要驱动因素之一, 黍可能作为应对干冷气候的优势作物而被种植利用。

参考文献

安成邦, 王伟, 段阜涛, 黄伟, 陈发虎. 2017. 亚洲中部干旱区丝绸之

- 路沿线环境演化与东西方文化交流. 地理学报, 5: 875-891
- 安成邦, 王伟, 刘依, 张曼, 段阜涛, 王鑫, 陈发虎. 2020. 新疆全新世环境变迁与史前文化交流. 中国科学: 地球科学, 50: 677-687
- 陈冠翰, 周新郢, 王建新, 马健, Mutalibjon K, Nasibillo K, Amridin B, 李小强. 2020. 阿姆河流域贵霜时期的水稻遗存及喜马拉雅南麓通道的农业交流. 中国科学: 地球科学, 50: 735-747
- 陈坤龙, 梅建军, 潜伟. 2018. 丝绸之路与早期铜铁技术的交流. 西域研究, 2: 127-137
- 邓振华. 2022. 粟黍的起源与早期传播. 考古学研究, 1: 172-214
- 董广辉, 杜琳垚, 杨柳, 卢敏霞, 仇梦晗, 黎海明, 马敏敏, 陈发虎. 2022. 欧亚大陆草原之路-绿洲之路史前农牧业扩散交流与生业模式时空变化. 中国科学: 地球科学, 52: 1476-1498
- 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
- 傅罗文, 袁靖, 李水城. 2009. 论中国甘青地区新石器时代家养动物的来源及特征. 考古, 5: 80-86
- 靳桂云. 2007. 中国早期小麦的考古发现与研究. 农业考古, 4: 11-20
- 王建新, Berdimurodov A, 马健, 陈爱东, 周新郢, 孙危, 曹辉, Khasanov K, Raximov K. 2014. 2014年乌兹别克斯坦撒马尔罕盆地南缘考古调查简报. 西部考古, (1): 1-32
- 杨建华, 邵会秋. 2014. 商文化对中国北方以及欧亚草原东部地区的影响. 考古与文物, 3: 45-57
- 赵志军. 2004. 植物考古学的田野工作方法——浮选法. 考古, 3: 80-87
- An T. 2023. The Rise of Trans-Eurasian Exchange: Re-visiting the Correlation Between Movement of Chinese Millet and Painted Pottery Before the 2nd Millennium BC. Berlin: Springer Nature
- Büntgen U, Tegel W, Nicolussi K, McCormick M, Frank D, Trouet V, Kaplan J O, Herzig F, Heussner K U, Wanner H, Luterbacher J, Esper J. 2011. 2500 years of European climate variability and human susceptibility. Science, 331: 578-582
- Chen F H, Dong G H, Zhang D J, Liu X Y, Jia X, An C B, Ma M M, Xie Y W, Barton L, Ren X Y, Zhao Z J, Wu X H, Jones M K. 2015. Agriculture facilitated permanent human occupation of the Tibetan Plateau after 3600 B.P. Science, 347: 248-250
- Corso M D, Hamer W, Hofmann R, Ohlrau R, Shatilo L, Knitter D, Dreibröd S, Saggau P, Duttman R, Feeser I, Knapp H, Benecke N, Videiko M, Müller J, Kirleis W. 2019. Modelling landscape transformation at the Chalcolithic Tripolye mega-site of Maidanetske (Ukraine): Wood demand and availability. Holocene, 29: 1622-1636
- Corso M D, Pashkevych G, Filipović D, Liu X, Motuzaitė-Matuzeviciute G, Stobbe A, Shatilo L, Videiko M, Kirleis W. 2022. Between cereal agriculture and animal husbandry: Millet in

- the early economy of the north Pontic region. *J World Prehist*, 35: 321–374
- Cruz-Silva E, Harrison S P, Prentice I C, Marinova E, Bartlein P J, Renssen H, Zhang Y. 2023. Pollen-based reconstructions of Holocene climate trends in the eastern Mediterranean region. *Clim Past*, 19: 2093–2108
- Dong G H. 2018. A new story for wheat into China. *Nat Plants*, 4: 243–244
- Drake B L. 2012. The influence of climatic change on the Late Bronze Age collapse and the Greek Dark Ages. *J Archaeol Sci*, 39: 1862–1870
- Feurdean A, Grindean R, Florescu G, Tanțău I, Niedermeyer E M, Diaconu A C, Hutchinson S M, Nielsen A B, Sava T, Panait A, Braun M, Hickler T. 2021. The transformation of the forest steppe in the lower Danube Plain of southeastern Europe: 6000 years of vegetation and land use dynamics. *Biogeosciences*, 18: 1081–1103
- Filipović D, Meadows J, Corso M D, Kirleis W, Alsleben A, Akeret Ö, Bittmann F, Bosi G, Ciută B, Dreslerová D, Effenberger H, Gyulai F, Heiss A G, Hellmund M, Jahns S, Jakobitsch T, Kapcia M, Kloof S, Kohler-Schneider M, Kroll H, Makarowicz P, Marinova E, Märkle T, Medović A, Mercuri A M, Mueller-Bieniek A, Nisbet R, Pashkevich G, Perego R, Pokorný P, Pospieszny L, Przybyła M, Reed K, Rennwanz J, Stika H P, Stobbe A, Tolar T, Wasylkowa K, Wiethold J, Zerl T. 2020. New AMS ^{14}C dates track the arrival and spread of broomcorn millet cultivation and agricultural change in prehistoric Europe. *Sci Rep*, 10: 13698
- Finné M, Holmgren K, Shen C C, Hu H M, Boyd M, Stocker S, Hart J P. 2017. Late Bronze Age climate change and the destruction of the Mycenaean Palace of Nestor at Pylos. *PLoS ONE*, 12: e0189447
- Frachetti M D, Smith C E, Traub C M, Williams T. 2017. Nomadic ecology shaped the highland geography of Asia's silk roads. *Nature*, 543: 193–198
- Frachetti M D. 2012. Multiregional emergence of mobile pastoralism and nonuniform institutional complexity across Eurasia. *Curr Anthropology*, 53: 2–38
- Herrscher E, André G, Bodet C, Chataigner C, Decaix A, Goude G, Hamon C, Mort F L, Lyonnet B, Martin L, Messenger E, Oberlin C, Ollivier V, Poulmarc'h M, Sermet C, Vila, E. 2018. The origins of millet cultivation in the Caucasus: Archaeological and archaeometric approaches. *Préhistoires Méditerranéennes*, 6: 1–27
- Huang Y, Deng Z, Nashli H F, Fuller D Q, Wu X, Safari M. 2023. The early adoption of East Asian crops in West Asia: Rice and broomcorn millet in northern Iran. *Antiquity*, 97: 674–689
- Jacob J, Disnar J R, Arnaud F, Chapron E, Debret M, Lallier-Vergès E, Desmet M, Revel-Rolland M. 2008. Millet cultivation history in the French Alps as evidenced by a sedimentary molecule. *J Archaeol Sci*, 35: 814–820
- Jones M K, Hunt H, Kneale C J, Lightfoot E, Lister D, Liu X Y, Motuzaite-Matuzeviciute G. 2016. Food globalisation in prehistory: The agrarian foundations of an interconnected continent. *J Br Acad*, 4: 73–87
- Kaniewski D, Paulissen E, Van Campo E, Weiss H, Otto T, Bretschneider J, Van Lerberghe K. 2010. Late second-early first millennium BC abrupt climate changes in coastal Syria and their possible significance for the history of the Eastern Mediterranean. *Quat Res*, 74: 207–215
- Larrazabal A M, Teira-Brión A, Sopelana-Salcedo I, Arranz-Otaegui A, Zapata L. 2015. Ethnobotany of millet cultivation in the north of the Iberian Peninsula. *Veget Hist Archaeobot*, 24: 541–554
- Lazarovici C M, Lazarovici G, Stratulat L, Turcanu S, Berzovan A, Oancă M, Kovács A, Oprean C, Wen C, Guo Z, Wu J, Hou X, Mischka C. 2020. The Cucuteni A3 site from Dobrovăț-Pădurea Buda. 2019 Research. *Arheologia Moldovei*, 43: 141–173
- Lightfoot E, Liu X, Jones M K. 2013. Why move starchy cereals? A review of the isotopic evidence for prehistoric millet consumption across Eurasia. *World Archaeol*, 45: 574–623
- Liu X, Lister D L, Zhao Z, Staff R A, Jones P J, Zhou L, Pokharia A K, Petrie C A, Pathak A, Lu H, Motuzaite-Matuzeviciute G, Bates J, Pilgram T K, Jones M K. 2016. The virtues of small grain size: Potential pathways to a distinguishing feature of Asian wheats. *Quat Int*, 426: 107–119
- Liu X, Jones P J, Motuzaite-Matuzeviciute G, Hunt H V, Lister D L, An T, Przelomska N, Kneale C J, Zhao Z, Jones M K. 2019. From ecological opportunism to multi-cropping: Mapping food globalisation in prehistory. *Quat Sci Rev*, 206: 21–28
- Liu X, Reid R E B, Biehl P F. 2020. The prehistoric roots of Chinese cuisines: Mapping staple food systems of China, 6000 BC–220 AD. *PLoS ONE*, 15: e0240930
- Long T W, Leipe C, Jin G Y, Wagner M, Guo R Z, Schröder O, Tarasov P E. 2018. The early history of wheat in China from ^{14}C dating and Bayesian chronological modelling. *Nat Plants*, 4: 272–279
- Lu H Y, Zhang J P, Liu K, Wu N Q, Li Y M, Zhou K S, Ye M L, Zhang T Y, Zhang H J, Yang X Y, Shen L C, Xu D K, Li Q. 2009. Earliest domestication of common millet (*Panicum miliaceum*) in East Asia extended to 10,000 years ago. *Proc Natl Acad Sci USA*, 106: 7367–7372
- Martin L, Messenger E, Bedianashvili G, Rusishvili N, Lebedeva E, Longford C, Hovsepyan R, Bitadze L, Chkadua M, Vanishvili N, Le Mort F, Kakhiani K, Abramishvili M, Gogochuri G, Murvanidze B, Giunashvili G, Licheli V, Salavert A, Andre G, Herrscher E. 2021. The place of millet in food globalization during Late Prehistory as evidenced by new bioarchaeological data from the Caucasus. *Sci*

- Rep, 11: 13124
- Motuzaitė-Matuzevičiūtė G, Ananyevskaya E, Sakalauskaitė J, Soltobaev O, Tabaldiev K. 2022. The integration of millet into the diet of Central Asian populations in the third millennium BC. *Antiquity*, 96: 560–574
- Motuzaitė-Matuzevičiūtė G, Kiryushin Y F, Rakhimzhanova S Z, Svyatko S, Tishkin A A, O’Connell T C. 2016. Climatic or dietary change? Stable isotope analysis of Neolithic-Bronze Age populations from the Upper Ob and Tobol River basins. *Holocene*, 26: 1711–1721
- Motuzaitė-Matuzevičiūtė G, Staff R A, Hunt H V, Liu X Y, Jones M K. 2013. The early chronology of broomcorn millet (*Panicum miliaceum*) in Europe. *Antiquity*, 87: 1073–1085
- Miller N F, Spengler R N, Frachetti M. 2016. Millet cultivation across Eurasia: Origins, spread, and the influence of seasonal climate. *Holocene*, 26: 1566–1575
- Müller J, Knut R, Mykhailo V. 2016. Trypillia Mega-Sites and European Prehistory: 4100–3400 BCE. London: Routledge
- Narasimhan V M, Patterson N, Moorjani P, Rohland N, Bernardos R, Mallick S, Lazaridis I, Nakatsuka N, Olalde I, Lipson M, Kim A M, Olivieri L M, Coppa A, Vidale M, Mallory J, Moiseyev V, Kitov E, Monge J, Adamski N, Alex N, Broomandkhoshbacht N, Candilio F, Callan K, Cheronet O, Cullen B J, Ferry M, Fernandes D, Freilich S, Gamarra B, Gaudio D, Hajdinjak M, Harney É, Harper T K, Keating D, Lawson A M, Mah M, Mandl K, Michel M, Novak M, Oppenheimer J, Rai N, Sirak K, Slon V, Stewardson K, Zalzal F, Zhang Z, Akhatov G, Bagashev A N, Bagnara A, Baitanayev B, Bendezu-Sarmiento J, Bissembeaev A A, Bonora G L, Charginov T T, Chikisheva T, Dashkovskiy P K, Derevianko A, Dobeš M, Douka K, Dubova N, Duisengali M N, Enshin D, Epimakhov A, Fribus A V, Fuller D, Goryachev A, Gromov A, Grushin S P, Hanks B, Judd M, Kazizov E, Khokhlov A, Krygin A P, Kupriyanova E, Kuznetsov P, Luiselli D, Maksudov F, Mamedov A M, Mamirov T B, Meiklejohn C, Merrett D C, Micheli R, Mochalov O, Mustafokulov S, Nayak A, Pettener D, Potts R, Razhev D, Rykun M, Sarno S, Savenkova T M, Sikhyambaeva K, Slepchenko S M, Soltobaev O A, Stepanova N, Svyatko S, Tabaldiev K, Teschler-Nicola M, Tishkin A A, Tkachev V V, Vasilyev S, Velemínský P, Voyakin D, Yermolayeva A, Zahir M, Zubkov V S, Zubova A, Shinde V S, Lalueza-Fox C, Meyer M, Anthony D, Boivin N, Thangaraj K, Kennett D J, Frachetti M, Pinhasi R, Reich D. 2019. The formation of human populations in South and Central Asia. *Science*, 365: eaat7487
- Parzinger H. 2013. Ukraine and South Russia in the Bronze Age. In: Fokkens H, Harding A, eds. The Oxford Handbook of the European Bronze Age. Oxford: Oxford University Press. 898–918
- Pashkevich G. 1999. New evidence for plant exploitation by the Scythian tribes during the early Iron Age in the Ukraine. *Acta Palaeobot, Suppl. 2*: 597–601
- Pashkevich G. 2003. Paleoethnobotanical evidence of agriculture in the steppe and forest-steppe of east Europe in the Late Neolithic and Bronze Age. In: Boyle K, ed. Prehistoric Steppe Adaptation and the Horse. Cambridge: McDonald. 97–287
- Pashkevych G. 2012. Environment and economic activities of Neolithic and Bronze age populations of the Northern Pontic area. *Quat Int*, 261: 176–182
- Pashkevych G. 2022. The (pre) history of common millet (*Panicum miliaceum*) in Ukraine and its place in the traditional cuisine. In: Kirleis W, Dal Corso M, Filipovic D, eds. Millet and What Else. Leiden: Sidestone Press. 27–38
- Privat K. 2004. Palaeoeconomy of the Eurasian Steppe: Biomolecular Studies. Oxford: University of Oxford
- Ramsey C B. 2017. Methods for summarizing radiocarbon datasets. *Radiocarbon*, 59: 1809–1833
- Reimer P J, Austin W E N, Bard E, Bayliss A, Blackwell P G, Bronk Ramsey C, Butzin M, Cheng H, Edwards R L, Friedrich M, Grootes P M, Guilderson T P, Hajdas I, Heaton T J, Hogg A G, Hughen K A, Kromer B, Manning S W, Muscheler R, Palmer J G, Pearson C, van der Plicht J, Reimer R W, Richards D A, Scott E M, Southon J R, Turney C S M, Wacker L, Adolphi F, Büntgen U, Capano M, Fahrni S M, Fogtmann-Schulz A, Friedrich R, Köhler P, Kudsk S, Miyake F, Olsen J, Reinig F, Sakamoto M, Sookdeo A, Talamo S. 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*, 62: 725–757
- Ritchey M M, Sun Y, Motuzaitė-Matuzevičiūtė G, Shoda S, Pokharia A K, Spate M, Tang L, Song J X, Li H, Dong G H, Vaiglova P, Frachetti M, Liu X. 2021. The wind that shakes the barley: The role of East Asian cuisines on barley grain size. *World Archaeol*, 53: 287–304
- Sakamoto S. 1987. Origin and dispersal of common millet and foxtail millet. *Jarq-Japan Agric Res Quart*, 21: 84–89
- Sherratt A. 2006. The trans-Eurasian exchange: The prehistory of Chinese relations with the West. In: Mair V H, ed. Contact and Exchange in the Ancient World. Honolulu: Hawaii University Press. 32–53
- Spengler R, Frachetti M, Doumani P, Rouse L, Cerasetti B, Bullion E, Mar’yashev A. 2014. Early agriculture and crop transmission among Bronze Age mobile pastoralists of Central Eurasia. *Proc R Soc B*, 281: 20133382
- Spengler R, Nigris I, Cerasetti B, Carra M, Rouse L M. 2018. The breadth of dietary economy in Bronze Age Central Asia: Case study from Adjı Kui 1 in the Murghab region of Turkmenistan. *J*

- [Archaeological Sci-Rep](#), 22: 372–381
- Sun Y, Ritchey M, Zhong H, Tang L, Sergusheva E, Shi T, Song J, Li H, Dong G H, Liu X. 2024. Variation of millet grain size and cooking techniques across Asia between the late fourth and first millennia BC. [Antiquity](#), 98: 401–416
- Tonkov S, Bozilova E, Possnert G, Velcev A. 2008. A contribution to the postglacial vegetation history of the Rila Mountains, Bulgaria: The pollen record of Lake Trilistnika. [Quat Int](#), 190: 58–70
- Valtueña A A, Mittnik A, Key F M, Haak W, Allmāe R, Belinskij A, Daubaras M, Feldman M, Jankauskas R, Janković I, Massy K, Novak M, Pfrengle S, Reinhold S, Šlaus M, Spyrou M A, Szécsényi-Nagy A, Törv M, Hansen S, Bos K I, Stockhammer P W, Herbig A, Krause J. 2017. The Stone Age plague and its persistence in Eurasia. [Curr Biol](#), 27: 3683–3691.e8
- Ventresca Miller A R, Makarewicz C A. 2019. Intensification in pastoralist cereal use coincides with the expansion of trans-regional networks in the Eurasian Steppe. [Sci Rep](#), 9: 8363
- Zhao Z J. 2011. New archaeobotanic data for the study of the origins of agriculture in China. [Curr Anthropol](#), 52: S295–S306
- Zhou X Y, Li X Q, Dodson J, Zhao K L. 2016. Rapid agricultural transformation in the prehistoric Hexi corridor, China. [Quat Int](#), 426: 33–41
- Zhou X Y, Yu J J, Spengler R N, Shen H, Zhao K L, Ge J Y, Bao Y G, Liu J C, Yang Q J, Chen G H, Weiming Jia P, Li X Q. 2020. 5,200-year-old cereal grains from the eastern Altai Mountains redate the trans-Eurasian crop exchange. [Nat Plants](#), 6: 78–87

(责任编辑: 赵志军)