

淮河下游的史前农业文明

——兼论“栽培的稻”与“栽培稻”

张敏

(南京博物院, 江苏南京 210016)

【摘要】淮河流域是我国粳型稻作农业的起源地,淮河下游的泗洪顺山集遗址发现了距今9000—7000年的稻作遗存,高邮龙虬庄遗址发现了距今6600—5500年的稻作遗存。通过稻米粒型的观察,发现距今5800—5500年之间的炭化稻已具有无芒、非落粒性、大粒化等一系列的栽培稻性状,为我国最早的栽培稻;根据淮河下游稻作遗存的发现,可将我国的稻作农业划分为野生稻——“栽培的稻”——栽培稻三个发展阶段,淮河下游率先完成了由“栽培的稻”——“栽培稻”的驯化,淮河下游的农业文明为中华文明的起源做出了应有的贡献。

【关键词】淮河下游;史前时期;“栽培的稻”;“栽培稻”;农业文明

【中图分类号】S-09;K207 **【文献标志码】**A **【文章编号】**1000-4459(2023)03-0029-13

Prehistoric Agricultural Civilization in the Lower Reaches of the Huai River: On "Cultivated Rice" and Cultivated Rice

ZHANG Min

(Nanjing Museum, Nanjing 210016)

Abstract: The Huai River basin is the origin of japonica-type rice farming in China, and rice farming remains dating from 9000 to 7000 years ago have been found at the Shunshanji site in Sihong in the lower reaches of the Huaihe River, and 6600 to 5500 years ago at the Longquzhuang site in Gaoyou. Based on the observation of rice grain type, it is found that the carbonized rice from 5800 to 5500 years ago has a series of cultivated rice characters such as no awning, non-shattering and large grain, which is the earliest cultivated rice in our country. According to the discovery of the rice remains below the Huai River, the rice agriculture of our country can be divided into three development stages of wild rice -- "cultivated rice" -- cultivated rice, and the domestication from "cultivated rice" -- cultivated rice was completed in the lower reaches of the Huai River, and the agricultural civilization below the Huai River makes due contribution to the origin of Chinese civilization.

Key words: The lower reaches of the Huai River; The prehistoric period; "Cultivated rice"; Cultivated rice; agricultural civilization

一、淮河下游的古地理环境

淮河下游的南岸为里下河平原。里下河平原东濒黄海,西止里运河,南至长江,北抵废黄河。里下河平原原为浅海大陆架,燕山运动以来成为苏北凹陷带的一部,受第四纪最后一次海侵成为浅海湾,由

【收稿日期】2022-09-26

【作者简介】张敏(1951-),男,南京博物院研究员,南京大学历史学院兼职教授,江苏省文史研究馆馆员,研究方向为长江下游的史前文化、吴越文化。

于长江、淮河带来泥沙冲击而形成沙嘴形的三角洲不断东移,海湾逐渐退缩,加之黄海海流不断地回旋和海浪的冲击而形成南北向的沙堤,随着沙堤的不断成长和长江三角洲、淮河三角洲的不断延伸,三者逐渐连接,海湾被封闭而演变为潟湖;成为潟湖后,仍不断受到长江和淮河一部分泥沙的填积,原来的水面被分割成大大小小的湖荡沼泽,而潟湖向外排水的孔道也逐渐发育成网状的大小河流。由于泥沙的沉积,原来的海积层逐渐形成陆地,加之潟湖的沉积,大约在距今7000年前形成了里下河平原。里下河平原平均海拔5米以下,周高中低,呈浅碟状,其间河网密布,湖荡星罗,“水乡泽国”为淮河下游的典型地貌^①。

淮河下游的植被为落叶阔叶林带向常绿阔叶林带的过渡类型。植物孢粉中草本植物占绝对优势,其中尤以水生植物为多,如香蒲属、眼子菜属、黑三棱属、蓼属、水鳖属、莎草科、水蕨属等;禾本科亦有相当数量;木本植物占有一定比例,以栎属为主,此外还有山毛榉、栗/栲属、榉属、青冈属、松属、桑属、榆属、枫香属等,反映了在大片的湖沼周围已有部分高地成陆^②。淮河下游发现的动物遗骸中,陆生哺乳动物有麋鹿、梅花鹿、野猪、水牛、獐、小鹿、家猪、家犬等,水生动物有鲤鱼、青鱼、乌鳢、龟、鳖、鼋、丽蚌、楔蚌、曲蚌、裂齿蚌、篮蚬、中华圆田螺等^③。

据淮河下游距今7000—5000年的植物孢粉、动物遗骸和沉积相的研究,这一地区年平均气温比现今高出2~3℃,属暖温带向中亚热带的过渡带;动植物反映的生态环境表明这一时期的淮河下游为稀疏森林——草原——湖沼景观。

发生于距今10000年后的全新世大暖期(Megathermal)是人类进入全新世以来的第一个气候适宜期^④,全新世大暖期的发生为农业的起源与发展提供了优渥的生态环境,“农业革命的多处实现,意味着它很可能是先前人类文化的进化与自然环境的独特结合的必然结果”^⑤,发生在距今10000年前后的农业革命改写了人类发展的进程,预示着农业化时代的到来。

温暖的气候、充沛的水源、埠湿的地貌、肥沃的土壤为淮河下游稻作农业的蓬勃发展提供了优越的自然环境,全新世大暖期成为淮河下游稻作农业欣欣向荣的契机和外因。

二、淮河下游的史前稻作遗存

新石器时代,淮河下游的新石器时代的稻作遗存主要发现于泗洪顺山集、海安青墩、高邮龙虬庄等新石器时代遗址。

(一)顺山集遗址

- ① 凌申:《全新世以来里下河地区古地理演变》,《地理科学》2001年第5期。郭盛乔等:《里下河地区全新世自然环境变迁》,《中国地质》2013年第1期。
- ② 萧家仪:《龙虬庄遗址古生态环境研究》,龙虬庄遗址考古队:《龙虬庄:江淮东部新石器时代遗址发掘报告》,科学出版社,1999年,第397-402页;黄翡等:《龙虬庄遗址的孢粉与植硅石分析》,龙虬庄遗址考古队:《龙虬庄:江淮东部新石器时代遗址发掘报告》,科学出版社,1999年,第402-409页;朱诚:《龙虬庄遗址新石器时代环境研究》,龙虬庄遗址考古队:《龙虬庄:江淮东部新石器时代遗址发掘报告》,科学出版社,1999年,第409-417页。
- ③ 李民昌:《龙虬庄遗址动物遗存的鉴定与研究》,龙虬庄遗址考古队:《龙虬庄:江淮东部新石器时代遗址发掘报告》,科学出版社,1999年,第465-490页。
- ④ 竺可桢:《中国近五千年来气候变迁的初步研究》,《考古学报》1972年第1期;唐领余等:《江苏北部全新世高温期植被与气候》,施雅风主编:《中国全新世大暖期气候与环境》,海洋出版社,1992年,第80-92页;王星光:《中国全新世大暖期与黄河中下游地区的农业文明》,《史学月刊》2005年第4期;侯林春等:《中国全新世暖期农业考古文化分区及人地关系特征》,《干旱区资源与环境》2009年第9期。
- ⑤ [美]罗伯特·J·布雷伍德:《农业革命》,中国社会科学院考古研究所编:《考古学的历史·理论·实践》,中州古籍出版社,1996年,第245-263页。

顺山集遗址位于淮河下游以北、洪泽湖以西的重岗山北侧的坡地,面积17.5平方米。

顺山集遗址的文化遗存分为三期,第一期距今8500—8300年,第二期距今8300—8000年,第三期距今8000—7500年。

顺山集遗址的多个遗迹单位浮选出炭化稻^①,顺山集遗址的一至三期均发现水稻植物硅酸体^②。

顺山集的植硅体检测报告认为“一期至三期地层中,驯化型水稻遗存连续出现,并随着时间的推移,驯化型水稻所占比例逐渐增加,表明距今8500—7500年间,顺山集遗址先民一直在利用和栽培水稻,并有意或无意中逐步驯化水稻,从一期至三期,水稻的驯化水平逐渐提高。”

(二)青墩遗址

青墩遗址位于淮河南岸的里下河平原东南部,东距黄海55公里,遗址近似正方形,海拔约3米,四周环水,面积2万多平方米。

青墩遗址的堆积分为6层,其中第3至第6层为新石器时代文化层。发掘报告将其分为上、中、下三个文化层,下文化层至中文化层距今6000—5500年,上文化层距今5500—5000年。

下文化层中发现少量的炭化稻谷,在一些硬结了的人畜粪便中也发现没有被消化掉的稻壳^③,推测从下文化层开始已从事原始农业。

(三)龙虬庄遗址

位于淮河南岸的里下河平原中部偏西,海拔2.6米,遗址近似正方形,四周环水,面积约5万平方米,是里下河平原面积最大、保存最好的一处遗址。

龙虬庄遗址的堆积有8层,其中第4至第8层为新石器时代文化层堆积。

龙虬庄遗址的主要文化内涵可分为连续发展的两期:第8层、第7层为第一期,距今6600—6300年;第6层、第5层为第二期前段,距今6300—5800年,第4层为第二期后段,距今5800—5500年。

为了便于定性定量分析,对龙虬庄T3830^④第4至第8层的全部土壤逐层进行了淘洗水选,除第5层为居住面未发现稻米外,第8层浮选出炭化稻米40余粒,第7、6、4层每层均浮选出炭化稻米1000余粒,在16平方米的单位面积中共浮选出炭化稻米5038粒,龙虬庄遗址发现的炭化稻米不仅数量众多,而且大多保存完好,颗粒完整;此外,在遗址第4至第8层的土壤中普遍发现水稻植物硅酸体^⑤。

三、淮河下游稻作遗存的分析研究

龙虬庄遗址发现的稻作遗存资料丰富,序列完整,是研究淮河下游稻作农业的代表性遗址。

江苏省农业科学院粮食作物研究所、中国农业大学植物遗传育种系对龙虬庄遗址的稻作遗存进行了综合研究。

(一)炭化稻米的性状与植物硅酸体

为通过炭化稻米的性状了解龙虬庄遗址稻作农业发展演化的进程,江苏省农业科学院的汤陵华先生对龙虬庄遗址出土的炭化稻进行了粒型观察和粒型指数的测量计算和分析研究,对遗址文化层的土

① 南京博物院等:《顺山集:泗洪县新石器时代遗址考古发掘报告》,科学出版社,2016年,第298页。

② 罗武宏等:《江苏顺山集稻作农业的植硅体证据》,南京博物院等:《顺山集:泗洪县新石器时代遗址考古发掘报告》,科学出版社,2016年,第363—373页。

③ 南京博物院:《江苏海安青墩遗址》,《考古学报》1983年第2期。

④ 探方是考古发掘单位,一般以5×5米的方坑为一个探方。探方的编号是根据遗址的分布范围在西南角设立永久坐标基点,采用直角坐标系第I象限对遗址进行全面布方,以长度5米为一个单位,X轴与Y轴分别取2位数字相并组成4位数字的探方号。T3830中的T表示探方,38表示X轴的第38个单位,30表示Y轴的第30个单位。

⑤ 龙虬庄遗址考古队:《龙虬庄:江淮东部新石器时代遗址发掘报告》,科学出版社,1999年,第440页。

壤进行了植物硅酸体的测量与判别^①。

1. 炭化稻米的观察

炭化稻米采自龙虬庄T3830第8层、第7层、第6层、第4层。在3倍和5倍放大镜下观察,炭化稻米多呈糙米状,可清晰地观察到糙米沟纹,其中一部分米上附有稻壳的残余,极少数为精米状,有数粒成束腰状,另有一些稻壳保存完好的稻粒颖尖无芒,有的还连有花序轴,以上性状均表现出人工栽培的基本特征(图1)。



图1 龙虬庄遗址出土的炭化稻(1-4的比例相同)

从便于传播的长芒野生稻到便于收获的无芒栽培稻,从野生稻自生自灭所必需的落粒性逐渐演变为人类所希望的非落粒性,从小粒型野生稻的低产量到大粒型栽培稻的高产量,这一过程在第8至第4层的炭化稻上得以充分反映;尤其是无芒、大粒化、非落粒性这一系列为适应栽培化而产生的性状在龙虬庄遗址第4层的炭化稻中表现得一览无余,与现代栽培稻的各类性状基本相似。

龙虬庄第8至第6层的炭化稻尚处于野生稻向栽培稻的转型期,第4层业已形成栽培稻。

2. 炭化稻米的形态变异

龙虬庄T3830出土的炭化稻米的数量极多,因此对第8、7、6、4层的炭化稻米作随机取样后,在谷物投影仪下测量炭化稻米的长、宽、厚。由于在淘洗时一部分炭化稻的外层受到磨损,测量时只选用其中粒型完整、充实饱满、可清晰地观察到糙米沟纹的个体。

测量和比较不同地层的炭化稻米的变异情况,可以对淮河下游新石器时代人工栽培水稻的演化过程有一个初步的了解。

^① 汤陵华:《龙虬庄遗址稻作遗存的鉴定与分析》,龙虬庄遗址考古队:《龙虬庄:江淮东部新石器时代遗址发掘报告》,科学出版社,1999年,第441-448页。

龙虬庄 T3830 各层中炭化稻米的粒长、粒宽、粒厚的平均数、标准差和变异系数列于表 1。

表 1 龙虬庄 T3830 各文化层中炭化稻米的粒型特征值

层位	第 8 层	第 7 层	第 6 层	第 4 层
检测数	14 粒	65 粒	48 粒	118 粒
粒长	平均数 X(mm)	4.84	4.72	4.58
	标准差 S.D.	0.47	0.56	0.51
	变异系数 .V.%	9.65	11.90	11.13
粒宽	平均数 X(mm)	2.24	2.31	2.28
	标准差 S.D.	0.23	0.31	0.30
	变异系数 .V.%	10.17	13.61	13.09
粒厚	平均数 X(mm)	1.65	1.69	1.65
	标准差 S.D.	0.21	0.23	0.29
	变异系数 .V.%	12.74	13.67	17.64

表 1 中,第 4 层的粒长平均为 5.80 毫米,第 6、第 7、第 8 层分别为 4.58、4.72、4.84 毫米,根据差异显著性检验,第 4 层炭化稻米的粒平均长在 1% 水平上极显著地长于其他三层的炭化稻米;粒长的分布范围以第 4 层为最大,分布于 4.0~7.5 毫米;第 6、第 7 层分布范围略小,97% 落在 3.5~6.0 毫米;第 8 层 80% 左右的炭化稻米粒长 4.5~5.5 毫米;各层之间的标准差也以第 4 层最大,第 6、第 7 层居中,第 8 层最小。

粒宽的情况与粒长相同,第 4 层的粒宽平均与其他三层的粒宽平均在 1% 的水平上有极显著的差异,从第 8 至第 4 层,各层粒宽的变异系数有明显增大的趋势。

同样,粒厚的变异系数和标准差也是由第 8 层向第 4 层逐渐增大,但各层粒厚分布的峰值相同,没有显著的差异(图 2)。

3. 炭化稻米的粒型指数

通过计算炭化稻米的长/宽值、长×宽的平方根和长×宽×厚的立方根,分别用以估计粒型指数、粒大指数和粒重指数。

同时用 5 个江苏农家品种脱去谷壳,用同样的方法测量糙米的长、宽、厚,作为对照(表 2)。

表 2 炭化米与农家品种的粒型指数 (L,粒长;W,粒宽;T,粒厚。)

稻种	层位/农家品种	L/W	$\sqrt{L \times W}$	$\sqrt[3]{L \times W \times T}$
炭化稻	第 4 层	2.31	3.85	2.97
	第 6 层	2.03	3.22	2.57
	第 7 层	2.07	3.29	2.64
	第 8 层	2.19	3.28	2.61
农家稻	矮黄种	1.94	3.96	3.00
	长颈骨糯	1.82	3.78	3.01
	黑种	1.78	3.91	3.06
	麻雀青	2.07	3.91	2.88
	黄种	1.96	3.88	2.98

从表 2 可以看出,龙虬庄遗址第 8、第 7、第 6 层炭化米的粒型指数比现代农家品种略大,第 4 层炭化米的粒型指数比现代农家品种大得多;粒大指数和粒重指数则是第 4 层炭化米与现代农家品种相似,而第 6、第 7、第 8 层的炭化稻米小于现代农家品种。

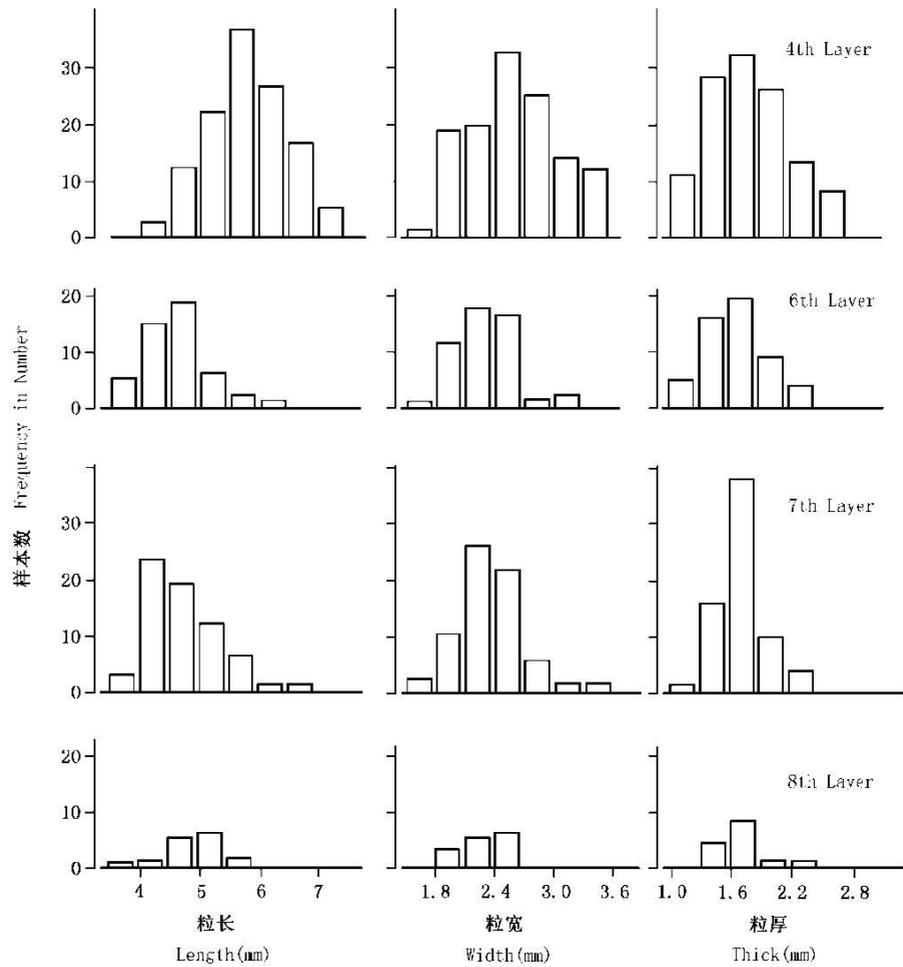


图2 炭化稻米粒型值分布图(采自《龙虬庄》第444页)

鉴于这一结果,可知古代粳型稻粒与现代农家品种相比略显细长,在籽粒的大小及粒重上,第4层已有与现代农家品种相似的水平,其他三层的炭化稻还处于野生稻向栽培稻的演变过程中,稻米的粒型指数分析表明淮河下游的稻作遗存皆属粳型稻。

4. 水稻植物硅酸体的判别

土壤样品采自龙虬庄T3929的第4至第8层。土样粉碎后加水在超声波清洗器中以20KHZ、20mA的强度清洗15分钟,利用沉降速率,去除土壤胶体,洗漂干净后,干燥制片。在光学显微镜下测量50个水稻植物硅酸体的上长(A)、下长(B)、宽(C)、厚(D)4个参数(图3)。根据判别函数确定各文化层中水稻植物硅酸体所属的粳籼类型。

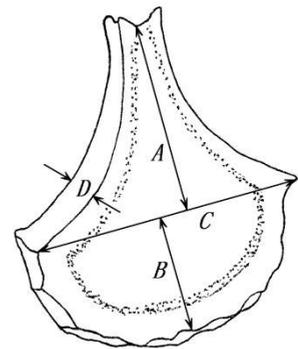


图3 水稻植物硅酸体示意图

以地方品种花谷、荒山石作为粳、粳稻对照,取其抽穗后的剑叶,风干后在茂福炉中550℃焚烧6个小时,用超声波清除灰份,在光学显微镜下测量叶片机动细胞硅酸体的形态。

检测结果除第8层未见水稻植物硅酸体外,其他四层均见大量的水稻植物硅酸体。第7、第6、第5、第4层中的水稻植物硅酸体与粳型地方品种荒山石和籼型地方品种花谷的叶片机动细胞硅酸体的长、厚、宽及尖度(B/A)等形态值见表3。

表3 各文化层水稻植物硅酸体和叶片细胞硅酸体的形态及籼粳差别值Z

炭化稻/地方品种	长(A+B) μ	宽(C) μ	厚(D) μ	B/A	判别值(Z)
第4层炭化稻	41.26	34.05	27.55	0.90	1.21
第6层炭化稻	41.06	33.45	25.86	0.91	0.87
第7层炭化稻	39.52	34.16	27.63	0.87	0.77
第8层炭化稻	39.97	32.00	26.57	0.88	1.08
花谷	40.73	35.59	17.66	1.10	-1.74
荒山石	42.29	40.38	28.11	0.96	0.24

从表中可以看到籼稻花谷的B/A平均值大于1,属 α 型;粳稻荒山石的B/A平均值小于1,属 β 型。第4、5、6、7层中水稻植物硅酸体的B/A值均小于1,属 β 型。各层水稻植物硅酸体的厚度值亦与粳稻硅酸体的厚度值相近。

用判别函数公式 $[Z=0.2505 \times (A+B) - 0.2080 \times C + 0.2330 \times D - 0.4278 \times B/A - 8.0926]$ 求出籼粳类型的判别值(Z),以0.0327为判别临界值,大于此值者为粳,小于此值者为籼^①。

龙虬庄T3929第4、5、6、7层的水稻植物硅酸体根据籼粳判别公式计算得到的值分别为1.2081、0.8733、0.7688、1.0803,均大于判别临界值,表明第4至第7层均为粳型稻。

(二)水稻植物硅酸体的判别与换算

为进一步了解龙虬庄遗址稻作农业发展演化的进程,江苏省农业科学院的王才林先生根据采集于龙虬庄T1526的第4至第8层以及第8层以下生土层等6个土壤样本,对水稻植物硅酸体进行了分析,并通过水稻植物硅酸体分析研究,对水稻的地上干物重量和稻谷产量进行了推算,从另一个角度对龙虬庄稻作农业的演进过程进行探讨^②。

1. 水稻植物硅酸体的判别

在龙虬庄T1526的6个土壤样本中,除了生土层(第9层)以外,第4至第8层均检测到大量水稻机动细胞硅酸体来源的植物硅酸体的存在。

对各文化层样本中检出的水稻植物硅酸体进行了形态分析,测定其长、宽、厚和形状系数4个形状,将各形状的平均值代入前述籼粳判别式进行亚种判别。

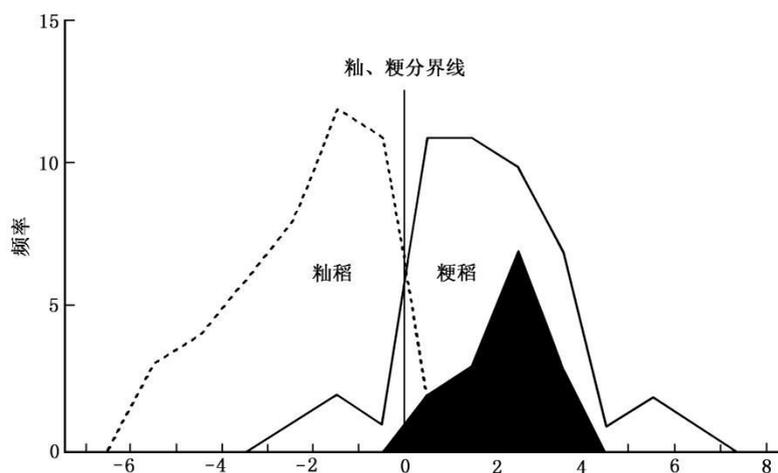


图4 龙虬庄遗址水稻植物硅酸体形态性状籼粳判别值分布图(采自《龙虬庄》第452页)

① 藤原宏志:《プラント・オパール分析法の基礎的研究》,《考古學と自然科学》1976年第9號。

② 王才林:《龙虬庄遗址水稻植物蛋白石的分析》,龙虬庄遗址考古队:《龙虬庄:江淮东部新石器时代遗址发掘报告》,科学出版社,1999年,第448-458页。

龙虬庄遗址第4至第8层3次重复测定的15个样本植物硅酸体形态性状判别值的分布与97个亚洲地方品种(籼稻50个、粳稻47个)机动细胞硅酸体形态性状的判别值的分布进行比较的结果(图4)。

图中虚线表示50个籼稻地方品种的分布区域,实线表示47个粳稻地方品种的分布区域, $Z_4=0$ 为籼、粳分界线,龙虬庄遗址第4至第8层出土水稻植物硅酸体形态性状的判别值均分布于 $Z_4>0$ 的粳稻区域内。

根据各文化层水稻植物硅酸体4个形态性状的平均值得到的籼、粳判别值在0.52~2.64,这一结果表明龙虬庄遗址出土的炭化稻属于粳稻类型(表4)。

层位	长(μm)	宽(μm)	厚(μm)	形状系数	判别值(Z_4)
第4层	43.28d	34.43d	30.12a	0.94a	2.64c
第5层	41.43c	33.14c	30.16a	0.96a	2.06c
第6层	41.41c	32.31c	30.36a	0.97a	2.27c
第7层	38.13b	31.03b	30.04a	0.92a	1.17b
第8层	36.55a	29.69a	29.43a	0.97a	0.52a

从各文化层出土水稻植物硅酸体形态性状判别值的变化情况来看,第8至第4层有自下而上增大的趋势(图5)。

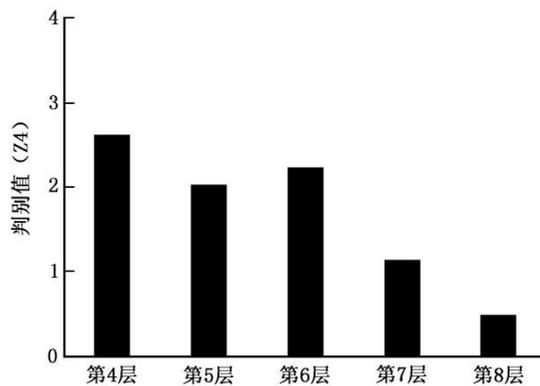


图5 龙虬庄遗址水稻植物硅酸体形态性状籼粳判别值柱状图(采自《龙虬庄》第453页)

龙虬庄第8层和第7层的判别值较小,分别为0.52和1.17,而第4、5、6层的判别值均在2以上。从各文化层水稻植物硅酸体4个形态性状的平均值来看,长和宽两个性状也有自下而上增大的趋势。

各文化层的平均值进行差异显著性测定的结果表明,除第5层与第6层的长与宽无显著差异以外,其余各文化层的平均值之间的差异均达1%的显著水平;第8层和第7层的长与宽则明显小于第4层至第6层;厚度与形状系数两个性状各文化层平均值的变化不大(图6)。

将龙虬庄遗址各文化层所含水稻植物硅酸体的形态性状与来自太湖地区的26个粳稻地方品种机动细胞硅酸体的形态性状进行比较的结果表明,龙虬庄遗址水稻植物硅酸体4个形态性状的分布虽然均未超出地方品种的分布范围,但两者的分布高峰明显不同。

龙虬庄遗址水稻植物硅酸体4个形态性状的分布高峰除了宽度向小值方向偏移之外,其余性状均向大值方向偏移(图7)。差异显著性测定的结果表明,龙虬庄遗址的水稻植物硅酸体除了宽度略小于粳稻地方品种机动细胞硅酸体的宽度以外,其余性状两者之间的差异均达1%的显著水平。

通过水稻植物硅酸体的分析,龙虬庄遗址出土的炭化稻属于粳稻类型,水稻植物硅酸体的分析表明淮河下游属粳型稻作农业分布区。

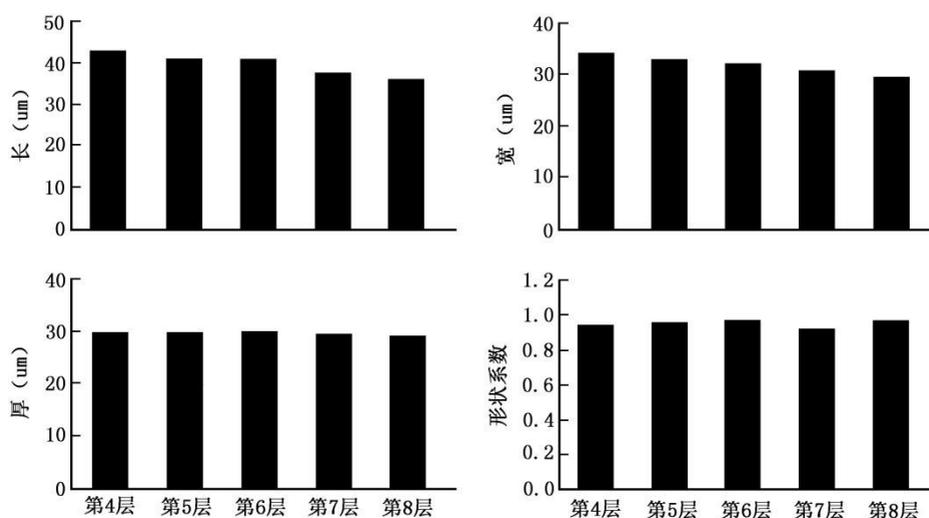


图6 龙虬庄遗址水稻植物硅酸体4个形态性状平均值变化图(采自《龙虬庄》第453页)

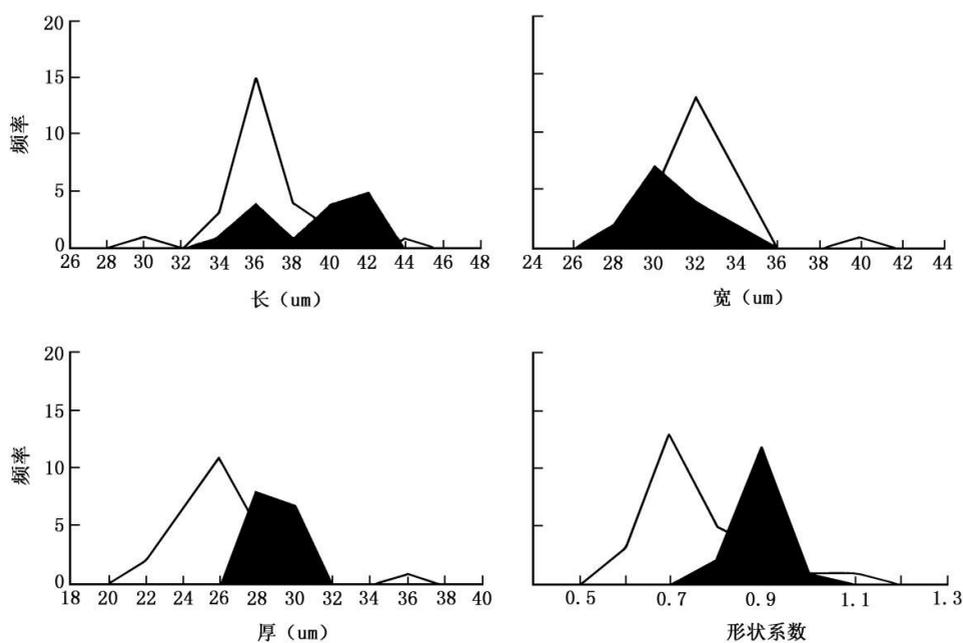


图7 龙虬庄遗址水稻植物硅酸体与26个粳稻地方品种机动细胞硅酸体4个形态性状(采自《龙虬庄》第454页)

2. 水稻植物硅酸体与干物重量、稻谷产量的换算

水稻植物硅酸体与干物重量、稻谷产量换算的主要步骤如下^①：

- ①一定体积的土壤样本烘干称重,并计算土壤容重;
- ②将土壤敲碎成粉末状,然后称取1g土样放入15ml的玻璃瓶;
- ③加入一定量(以重量计)的精制玻璃砂,作为定量分析时的参照物;
- ④加水并注入数滴分散剂后,用250W、38KHz的超声波处理20分钟,以清除植物硅酸体表面所吸附的土壤黏粒;

① [日]藤原宏志:《プラント・オバール分析法の基礎的研究(3):福岡・板付遺跡(夜白期)水田および群馬・日高遺跡(弥生時代)水田にけるイネ(Oryza sativa L.)生産総量の推定》,《考古學と自然科学》1979年第12號。

- ⑤ 用Stokes的水中沉底法剔除粒径小于10 μ m的微小粒子和其他杂质；
- ⑥ 烘干、制片后在光学显微镜下镜检观察。

根据各种植物机动细胞硅酸体的形态特征,鉴别各种植物硅酸体的起源植物。然后分别计数同一视野中玻璃砂和水稻、芦苇、竹亚科、稗属和芒属等的植物硅酸体数目,由下式分别计算出1g土样中所含各种植物硅酸体的数量(N)。

$$N = a \times GW / SW \times NP / NG$$

式中:a=1g玻璃砂中所含玻璃砂的数量,若30万个玻璃砂重0.023g,则 $a = 1 / 0.023 \times 3 \times 10^5$

GW=在上述第③步所加入玻璃砂的重量(g)

SW=在上述第②步实际所称取的土样重量(g)

NP=视野中植物硅酸体的数目

NG=视野中玻璃砂的数目

根据1g土样中所含植物硅酸体的数量N和各种植物的硅酸体系数(1个硅酸体所相当的植物体地上部干物重或种子重),换算出单位体积土壤的植物生产量。本文用与1英亩(100 m²)1cm厚的土壤中所含植物硅酸体的量相当的植物生产量(t)来表示,即t/a.cm。

换算成地上部干物重和稻谷产量,第8层分别为1.16和0.41t/acm,至第4层则分别达到20.82和7.29t/a.cm,表明龙虬庄遗址从第8层开始就有了稻作农业,其后稻的产量不断提高,在距今6600—5500年之间,稻谷的产量增长了近18倍(图8)。

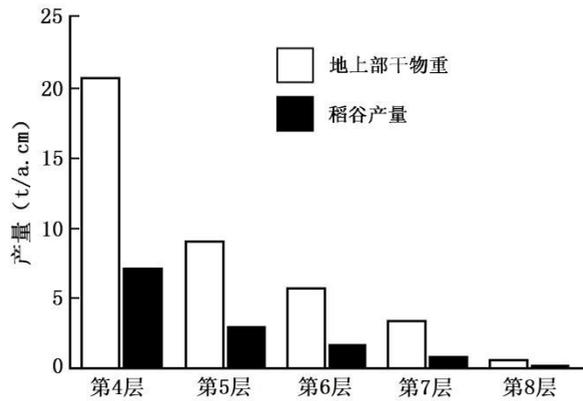


图8 从植物硅酸体数量推算的水稻地上部干物重和稻谷产量示意图(采自《龙虬庄》第451页)

在6个土壤样本中,除了生土层外,第4至第8层均检测到大量水稻机动细胞硅酸体来源的植物硅酸体的存在(表5)。

表5 龙虬庄T1526第4至第9层水稻植物硅酸体定量分析结果

层位	1g土壤中水稻植物硅酸体的数量	换算成水稻产量(t/a.cm)	
		地上部干物重	稻谷重
第4层	70813	20.82	7.29
第5层	31978	9.35	3.28
第6层	20703	6.09	2.13
第7层	13060	3.84	1.35
第8层	3960	1.16	0.41
第9层(生土层)	0	0	0

从第8层至第4层,水稻植物硅酸体的含有量自下而上逐渐增加的趋势十分明显。第7层是第8层

的3倍以上,第7层至第5层均以50%左右的比率增长,第4层又是第5层的2倍以上。

在第8至第4层普遍检测到大量水稻植物硅酸体且其数量不断上升的事实表明,龙虬庄遗址的稻作农业在1000年的历史进程中,得到了持续稳定的发展。龙虬庄遗址的稻作生产可分为三个阶段:第8层为第一阶段,稻作生产水平很低;第7至第5层为第二阶段,稻作生产出现第一次大的进步,并维持一定的增长速度;第4层为第三阶段,稻作生产出现第二次大的进步,并达到前所未有的水平。

这是在我国农业考古中首次通过水稻植物硅酸体的数量推算的水稻地上部干物重和稻谷产量。龙虬庄的稻谷产量在1000年内增加近18倍虽然是推算,但稻谷产量呈逐年增长的趋势是显而易见的。龙虬庄遗址稻作农业的发展过程反映了淮河下游水稻栽培水平的提高,反映了龙虬庄遗址的稻作农业经历了持续稳定的发展历程。

(三)炭化稻DNA片段的提取

我国古代的稻作农业虽有炭化稻米粒型研究、外稃表面双峰乳突扫描电镜研究、植物硅酸体研究的间接支持,但缺乏更为直接的古稻DNA证据。

中国农业大学植物遗传育种系的李晨、孙传清、姜廷波、王象坤先生从龙虬庄遗址出土的距今5500年前的单粒炭化稻中提取了DNA,经过RAPD扩增得到扩增片段,并用Southern杂交证实了扩增片段系古稻DNA片段^①(图9)。

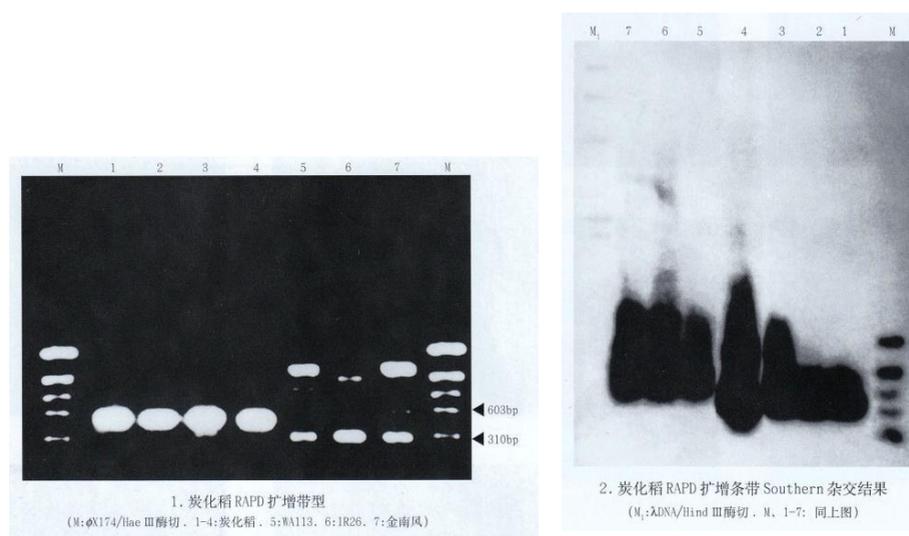


图9 龙虬庄遗址炭化稻RAPD扩增与杂交结果(采自《龙虬庄》图版八四)

这是我国农业考古中首次在炭化稻中成功提取了古稻DNA片段,为我国古稻的鉴定及中国栽培稻的起源与演化的研究提供了一条更为有力的新途径和新方法,为进一步鉴别野生稻还是栽培稻及籼粳属性开辟了新的途径。

四、“栽培的稻”与“栽培稻”

野生稻(*Oryza rufipogon* Griff.),多年生草本植物,禾本科,稻属。野生稻的基本特征是下部于节上生根,小穗型,长芒,谷粒呈长圆形,易落粒^②;野生稻是栽培稻的原始形态,普通野生稻是亚洲栽培稻的

① 李晨等:《龙虬庄遗址单粒炭化稻DNA片段的提取与RAPD扩增》,龙虬庄遗址考古队:《龙虬庄:江淮东部新石器时代遗址发掘报告》,科学出版社,1999年,第458-460页。

② 高立志等:《普通野生稻 *Oryza rufipogon* Griff. 生态分化的初探》,《作物学报》2000年第2期。

祖先种^①。

栽培稻是农学名词。栽培稻是一年生草本植物,禾本科,稻属。栽培稻的基本特征是植株生长快,不易倒伏,穗型大,无芒,谷粒大,不易落粒。栽培稻具有适应性强、可控性高、产量大、方便收获等特征,栽培稻的形成导致稻谷产量的大幅度提高。

稻作农业发生于人类对野生稻的栽培,栽培稻是由普通野生稻经人工驯化后,种质发生变异,逐渐演化成适用于栽培的稻种。

稻作农业的起源是因人类对野生稻进行栽培、驯化而产生的,野生稻性状向栽培稻性状的转化是一个漫长的过程,在这漫长的进化过程中,驯化中的野生稻最终演变为栽培稻,成为必须依赖人类行为才能进行正常再繁殖的栽培稻。因此稻作农业的起源远远早于栽培稻的形成。

稻作农业的发展除表现为生产工具的逐渐进步与栽培技术的逐渐完善外,还表现为对原始种质的驯化。在水稻的栽培过程中,既有通过干燥贮藏的手段不自觉地进行驯化,还有通过选择留种的手段有意识地进行驯化,以促使原始种质向人工栽培种质进化。驯化的过程一般是选择穗秆不易折断、稻粒不易脱落、单穗颗粒较多且稻粒饱满的作为稻种,然后贮藏于干燥的环境里,逐渐改变了水稻的自然习性,加之驯化的连续性,使进化得到巩固^②。

水稻的驯化与演进是在人类行为作用下十分缓慢的进化过程,从野生型到栽培型首先经过的是人类无意识的机械淘汰,这一过程的结果往往是落粒性降低,着粒性和育性的提高,小花数增多及种子的大粒化等,即通过人工驯化使稻米粒性的生物性状发生了质的变化。

我国栽培稻的形成大致经历了三个阶段:第一阶段人类开始进行野生稻的采集与栽培;第二阶段人类通过选择不易倒伏的,稻秆粗壮、穗大、颗粒饱满的稻谷进行收获、干化、贮存、留种、育苗、栽培等一系列人工行为,对水稻进行驯化并广泛传播;第三阶段,经过漫长的演进及驯化历程,人工干预的结果使水稻产生了质的变异,稻米粒型发生突变,终于形成了脱离原始性状的栽培稻。

稻作农业的起源与发展即水稻种质的渐变至突变的过程。稻作农业的形成是人、稻之间协同进化的过程,水稻种质的渐变至突变的过程即“野生稻——栽培的稻——栽培稻”的驯化、演进过程。

我国的稻作农业发生于距今12000年前后^③,距今5000年前的稻作遗存已发现100余处^④。以往凡发现的稻作遗存多称之为“栽培稻”,从而混淆了“栽培的稻”与“栽培稻”的基本概念。目前发现栽培稻的仅有龙虬庄。龙虬庄第4层稻作遗存的发现,界定了栽培稻的基本特征与基本性状,因此介于“野生稻”与“栽培稻”之间的、处于缓慢的进化过程中的稻皆为“栽培的稻”,无论是澧县彭头山和八十垱^⑤、舞阳贾湖^⑥还是浦江上山^⑦、桐乡罗家角^⑧、余姚河姆渡^⑨所发现的稻作遗存皆属“栽培的稻”而不是“栽培稻”。

① 程侃声等:《亚洲稻的起源与分化:活物的考古》,南京大学出版社,1993年,第81-87页;王象坤:《中国栽培稻的起源、演化与分类》,应存山主编:《中国稻种资源》,中国农业出版社,1993年,第120-140页;顾铭洪、程祝宽等:《水稻起源、分化与细胞遗传》,科学出版社,2020年,第62-74页。

② 张敏等:《江淮东部的原始稻作农业及相关问题的讨论》,《农业考古》1996年第3期。

③ 张文绪等:《湖南道县玉蟾岩古栽培稻的初步研究》,《作物学报》1998年第4期;袁家荣:《湖南道县玉蟾岩1万年以前的稻谷和陶器》,严文明等主编:《稻作·陶器和都市的起源》,文物出版社,2000年,第31-41页;彭适凡:《江西史前考古的重大突破——谈万年仙人洞与吊桶环发掘的主要收获》,《农业考古》1998年第1期;北京大学考古文博学院等:《仙人洞与吊桶环》,文物出版社,2014年,第242-250页。

④ 裴安平等:《长江流域的稻作文化》,湖北教育出版社,2004年,第35-48页。

⑤ 湖南省文物考古研究所:《彭头山与八十垱》,科学出版社,2006年,第182页,第544-561页。

⑥ 河南省文物考古研究所:《舞阳贾湖(二)》,科学出版社,2015年,第462-468页。

⑦ 浙江省文物考古研究所等:《浦江上山》,文物出版社,2016年,第252-258页。

⑧ 罗家角考古队:《桐乡罗家角遗址发掘报告》,《浙江省文物考古所学刊》,文物出版社,1981年,第1-34页。

⑨ 浙江省文物考古研究所:《河姆渡:新石器时代遗址发掘报告》,文物出版社,2003年,第424-439页。

“野生稻”到“栽培稻”的演进过程与野猪到“家猪”的演进过程是相似的,家猪是人类对野猪饲养、驯化的产物。野猪的特征是形体瘦长、长吻、竖耳、有獠牙;家猪的特征形体是肥胖、短吻、垂耳、无獠牙。家猪的渐变过程即“野猪——饲养的猪——家猪”的演进过程,因此“饲养的猪”与“家猪”同样是两个不同的概念。野猪不会因为一经人工饲养即成为家猪,野生稻也不会因为一经人工栽培即成为“栽培稻”;从野猪到家猪经历了数千年的演进过程,从野生稻到“栽培稻”也同样经历了数千年的演进过程。

龙虬庄遗址发现的由“栽培的稻”——“栽培稻”的发展演化过程,不仅揭示了淮河下游人工驯化改良水稻种质的过程,而且反映了至少在距今5500年之前人工选择优化稻种已取得了显著的效应,尽管这一过程是十分缓慢的。龙虬庄遗址的炭化稻是我国第一次在同一遗址、同一探方的不同层位中浮选出来的,代表了淮河下游史前稻作农业的发展序列,反映了淮河下游延续千年之久的水稻栽培史,构成了淮河下游的稻作农业发展史。

淮河下游栽培稻的出现,表明淮河下游通过驯化与演化率先完成了由“栽培的稻”向“栽培稻”的转型,标志着淮河下游从此进入高产量农业的新时代,淮河下游也因之成为我国最发达的史前稻作农业文化区之一。

五、淮河下游的农业文明

“农,天下之本”^①,农业在人类社会的发展历程和文明化进程中发挥着积极的作用。

距今12000—4000年是我国的新石器时代^②,我国的农业文明诞生、发展于这一时代,黄河流域的粟作农业与淮河、长江流域的稻作农业构成了我国农业文明的两大体系^③。

农业的发展导致史前社会人口的增殖,人口的增殖导致聚落规模的扩大化和复杂化,聚落规模的扩大化和复杂化导致社会分工的细致化和社会分层的复杂化,农业的产生奠定了中华文明起源的物质基础,而在此基础上所产生的农业文明则孕育了中华文明^④。农业是文明的支柱,农业的出现改变了人与自然的关系,农业的起源使人类由攫取性经济转变为生产性经济。

淮河下游的稻作农业发生于距今9000年前后,距今5500年前后淮河下游率先完成了由“栽培的稻”到栽培稻的演化历程,稻作农业的出现对中华文明的形成与发展产生了巨大的影响。

淮河流域是我国粳型稻作农业的起源地。淮河上游的偏粳型——粳型稻作农业发生于距今9000—7500年的贾湖遗址^⑤,淮河下游的偏粳型——粳型稻作农业发生于距今8500—7500年的顺山集遗址,淮河下游农业文明的发生与淮河上游基本同步;而淮河下游的龙虬庄遗址发现了距今6600—5500年连续发展的粳型稻作农业序列,展现了我国稻作农业由“野生稻——栽培的稻——栽培稻”的驯化、演进、突变的全过程,展示了淮河下游稻作农业持续稳定发展的绚丽画卷。

栽培稻的出现表明淮河下游的原始先民通过驯化与演化率先完成了由“栽培的稻”向“栽培稻”的转型,淮河下游也因之成为我国最发达的史前稻作农业文化区。淮河下游的农业文明推进了长江下游的文明化进程,淮河下游的农业文明为中华文明的起源做出了应有的贡献。

(责任编辑:徐定懿、黎海明)

①《史记·孝文本纪》,中华书局,1982年,第428页。

②中国社会科学院考古研究所编著:《中国考古学·新石器时代卷》,中国社会科学出版社,2010年,第802页。

③钱耀鹏:《略论中国史前农业的发展及其特点》,《农业考古》2000年第1期;任式楠:《中国史前农业的发生与发展》,《学术探索》2005年第6期。

④严文明:《农业起源与中华文明》,《中国乡村发现》2016年第5期。

⑤陈报章等:《舞阳贾湖新石器时代遗址炭化稻米的发现、形态学研究及意义》,《中国水稻科学》1995年第3期,1995年;张居中等:《舞阳贾湖炭化稻米粒型再研究》,《农业考古》2009年第4期。