《中国灌溉稻田起源与演变及相关古今水稻土的质量》评述

孟赐福[1，2]
（1 浙江农林大学环境与资源学院，浙江临安 311300）
（2 浙江省农业科学院环境资源与土壤肥料研究所，杭州 310021）

A Review on the Book *Origin and Evolution of Irrigated Rice Fields and Quality of Related Ancient and Present Paddy Soils in China*

MENG Cifu[1，2]
（1 *School of Environmental and Resource Sciences*，*Zhejiang A and F University*，*Lin'an*，*Zhejiang* 311300，*China*）
（2 *Institute of Environment Resources and Soil-fertilizer*，*Zhejiang Academy of Agricultural Sciences*，*Hangzhou* 310021，*China*）

我国水稻栽培已有七千多年的历史，大约距今1万年前后，居住在我国长江中下游、珠江流域一带的先民就完成了野生稻驯化为栽培稻的实践，逐步开发了水稻栽培和稻米主食。水稻土是中国重要的土地资源，也是面积最大、分布最广的耕地土壤类型。目前，中国水稻种植面积3 300多万hm^2，占全国粮食作物播种面积的1/4，占全世界水稻面积的23%，其产量约占全国粮食总产量的二分之一，占全世界水稻总产量的39%。

随着我国人口数量的增长、人们生活质量的提高和对自身健康的关切，对水稻的产量和品质的要求愈来愈高。因此，自20世纪90年代以来，对土壤质量的研究受到全世界各方面人士的广泛关注。1999年10月由曹志洪和周健民主持的“土壤质量演变与持续利用”项目成为我国土壤学界获批的第一个“973”项目（No.G19990118）。该项目的研究成果集中反映在科学出版社出版的“中国土壤质量研究系列专著”，其中《中国土壤质量》（曹志洪和周健民等著）是其代表作。

中国灌溉稻田起源与演化的研究不仅关系到水稻土质量的培育方向和演变趋势，而且关系到健康水稻土生态系统的建设。有鉴于此，曹志洪在国家自然科学基金重点项目（2005—2008）、德中合作DFG项目（2008—2013）和中德科学中心资助的项目（2010—2013）等资助下，联合国内外多学科的60位专家进行了长达10余年的室内外调查、考察与研究。内容涵盖了对以潮汐灌溉稻作和渔猎为特征的河姆渡文化的探究，对埋藏古水稻田的诊断及标准的建立，水稻、稻田和稻作文化在华夏大地、周边国家及世界各地的传播，杭州湾南岸浅海沉积物上50～2 000年时间序列水稻土的形成与发育的机理，史前埋藏水稻土肥力质量和环境质量的研究，不同时间序列水稻土与旱地土土壤质量的比较，灌溉稻田生态和环境功能的探讨等等。这些研究成果集中反映在曹志洪编著的《中国灌溉稻田起源与演变及相关古今水稻土的质量》一书中（科学出版社出版，2015年，北京）。这是迄今为止国内外首部全面、系统研究灌溉稻田起源与演变的专著。该专著内容丰富，数据翔实，科学考证严谨，分析问题深入、辩证，极具创新性，为灌溉稻田起源与演化研究及水稻土可持续发展提供了一个全新的视角，因此出版以来受到国内外专家的一致好评，许多著名专家建议将此专著翻译成英文出版，以便让更多的国外同行了解我国在灌溉稻田起源与演化方面的研究进展。

在该书出版之前，我有幸仔细地研读了全书，一股新鲜之感扑面而来。该专著的创新之处和研究成果主要体现在以下七个方面：

首先，该书选取土壤学和考古学均有待深度挖掘的研究内容。以人工灌溉稻田为依托的马家浜文化、崧泽文化、良渚文化等璀璨的稻作文明，通过考古学家和土壤学家的通力合作，鉴定了苏州绰墩

遗址6 000年前马家浜时期面积较小、形状不定的44块灌溉稻田（平均面积为5.5 m^2 /块），澄湖遗址5 000年前崧泽时期面积较大、形状渐定的20多块灌溉稻田（平均面积为12 m^2/块），杭州临平茅山遗址4 000年前良渚时期面积很大、形状规范的5块灌溉稻田（平均面积约为0.67 hm^2/块），从而阐明了史前灌溉稻田的发展与演变是一个面积从小到大、形状由不规则到统一的矩形的漫长过程，为土壤学和考古学拓展了研究领域，深化了理论认识。

其次，深化了灌溉稻田和水稻土发育的认识。杭州湾南岸浅海沉积物上发育的50～2 000年时间序列水稻土的研究结果显示，在平原沉积物上连续种植灌溉水稻或实行灌溉水稻—小麦（油菜）轮作发育为成熟水稻土需要300年和700年的时间。

第三，采用野外调查与室内分析并重的研究方法，比较了在相同的母质、地形、气候、植被条件下形成的50、100、300、500、700及2 000年的水稻土和相邻旱地土的肥力质量和健康质量的演变趋势，从而探明了时间序列水稻土的肥力质量和环境质量是随着种植年限的延长而提高，表现为全氮和有效氮、速效磷、速效钾含量是逐渐提升的，有机碳含量不断增加，碳汇的功能愈加突出，因此稻田的生产力也是渐次提高的，同时探明灌溉稻田是环境友好的人工湿地系统、水稻土是可持续利用的土地利用模式。

第四，大量的数据表明，灌溉稻田是人工湿地生态系统，它具有自然湿地的基本生态功能，因而是环境友好和可持续利用的土地使用方式，其主要的生态功能是：具有调节土壤蓄水保水抗旱防涝的能力；在淹水嫌氧条件下土壤能积累更多的有机质、产生更多的生物碳以及通过秸秆焚烧、草木灰或秸秆还田等而残留在灌溉稻田中的植硅体碳（phytolith-occluded organic carbon，PhytOC）是陆地土壤长期固碳的重要机制之一；在水旱轮作条件下有利于生物多样性的保持、增强有益微生物的活动，因而具有更大的生物固氮效率；在水旱轮作和氧化还原条件的循环下，有利于土壤中潜在矿物养分的释放和有毒有机物质的分解；大面积表面有淹水层的稻田有利于调节城市热岛效应，调节城市气温，减少PM2.5等扬尘和雾霾等灾害天气；稻田淹水保护了表层土壤不被流失，不仅土壤肥力得以保持，也减少了氮磷向水体的排放，从而降低了水体面源污染的威胁；随着水稻种植年限的延长，产甲烷优势种群的数量减少而甲烷氧化菌的优势种群增加，产甲烷势逐渐下降。因此，在水资源充分、降雨量足够的地方应尽量地保持有足够多的灌溉稻田面积，既有利于粮食安全保障，也有利于生态和环境的保护。

第五，通过不同时间序列水稻土和旱地土的比较，明确了水耕种稻加速了水稻土的形成，从而提出了从浅海沉积物发育为水稻土需要经历的三个阶段：第一阶段仅需几十年的时间（0～50年）即可完成，其形成的特点是快速脱盐，初步形成犁底层，从而完成使冲积土向人为雏形水耕土的发展；第二阶段是人为雏形水耕土向成熟水耕土过渡的阶段，这个阶段视母质质地的不同大约需要300～700年的时间来完成，具体表现为水耕与旱耕措施对成土影响之差异渐趋明显，水稻土的脱钙加速、表层有机碳储量持续增加，表土有机质含量趋于稳定；第三阶段大约也需300～700年的时间，其形成特征是心土层的形成，铁锰氧化物的形成和转化，伴随着表征水耕土主要形态特征的锈斑和锈纹的形成，从而完成人为成熟水耕土向人为老年水耕土转变。水稻土中非晶质铁氧化物是水稻土中黏土矿物表面积聚和覆盖有机碳的物质，有机碳和铁氧化物起着互相保护的作用；从浅海滩涂湿地发育为水稻土的初期成土过程中就有大量新鲜有机质的积累可能与有机质—铁氧化物的形成有关。

第六，发现了水耕人为土累积有机质的两个新途径：其一是用苯-多甲酸比值微生物标记来评价土壤中黑炭的累积程度，黑炭积累会随着耕作年限的延长而增加。当海涂围垦种稻300年左右总有机碳达到平衡时，黑炭占耕作表层总有机碳的7%～11%，即每公顷可达13 t黑炭，其速率是相邻旱地土的1.8倍。其二是水稻土中残留有大量的稻植硅体，植硅体碳是水稻土有机碳的组分之一。植硅体可在土壤中长期保存数百至千年之久。这两点是水耕人为土累积有机质的新机制。

第七，对时间序列水稻土的微生物学特性研究表明：微生物生物量碳和土壤DNA含量是随水耕年限的延长而逐渐提高的；随水耕年限的延长，微生物多样性模式的变化较那些功能基因丰度的变化更明显，水稻土中氨氧化古菌基因拷贝的绝对数量（以g^{-1} dw 计算）高于旱地土，而滩涂湿地则是最低的。不同耕作年限水稻土氨氧化古菌基因拷贝的

相对丰度无显著性的差异，说明氨氧化古菌在水稻土中能很好地适应变化着的环境条件。

《中国灌溉稻田起源与演变及相关古今水稻土的质量》一书共分五篇。第一篇为原始稻作的起源与发展，主要叙述新石器时期中国南方的生态条件、新石器时期中国南方古人类文明及野生稻驯化、新石器晚期中国南方的稻作文明；第二篇为新石器时期我国南方的灌溉稻田，主要介绍长江中游澧县城头山遗址埋藏的稻田、太湖流域马家浜文化时期埋藏的灌溉稻田、长江下游菘泽文化时期埋藏的灌溉稻田、长江下游良渚文化时期埋藏的灌溉稻田，以及可能发现埋藏有史前灌溉稻田的其他遗址；第三篇为史前埋藏水稻土质量的研究，主要介绍史前埋藏水稻土的剖面描述、史前埋藏水稻土的物理特性、史前埋藏水稻土的肥力质量、史前埋藏水稻土的微生物学特性、史前埋藏水稻土的健康质量、史前埋藏水稻土的环境质量；第四篇为时间序列水稻土的生物地球化学特性，主要论述杭州湾南岸平原的海塘与时间序列土壤、时间序列水稻土与旱地土成土过程的比较，时间序列水稻土的土壤质量、时间序列水稻土的微生物学特性；第五篇为稻作文化之传布，主要介绍了发源于长江下游的灌溉稻田为特征的稻作农业和稻作文化在国内外，从陆上和海上传布的几条路线的依据和传说。

全书约有47万余字，图文并茂，内容深入浅出，在阐明研究结果的同时，还介绍了一些新技术如^{13}C固（液）体核磁共振、生物标记、植硅体、基因分析和分子生物学等在土壤研究上的应用。本书可供土壤学、农学、生态学、环境学、农业考古学等学者和大学生、研究生等参考。