

土壤肥料 与嘉兴现代农业

Turang Feiliao
Yu Jiaxing Xiandai Nongye

黄锦法 主编 倪雄伟 副主编

中国农业科学技术出版社

土壤肥料

与嘉兴现代农业

Turang Feiliao

Yu Jiaxing Xiandai Nongye

黄锦法 主编 倪雄伟 副主编

中国农业科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

土壤肥料与嘉兴现代农业 / 黄锦法主编. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2016.1

ISBN 978-7-5116-2394-2

I. ①土… II. ①黄… III. ①土壤肥力—研究—嘉兴市
IV. ①S158

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第291600号

责任编辑 闫庆健 段道怀

责任校对 马广洋

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街12号 邮编: 100081

电 话 (010) 82106632 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)
(010) 82109709 (读者服务部)

传 真 (010) 82106625

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 各地新华书店

印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 889mm × 1194mm 1/16

印 张 16

字 数 440千字

版 次 2016年1月第1版 2016年1月第1次印刷

定 价 50.00元

序

应黄锦法研究员之邀，本人非常高兴为他主编的《土壤肥料与嘉兴现代农业》一书作序。

浙江省嘉兴地区是中国科学院南京土壤研究所主持承担的“973”、“863”等国家重大项目和国家自然科学基金重点项目、中德合作的 DFG 项目等的实施基地之一，黄锦法研究员作为实施基地的负责人对这些项目的完成及成果的取得做出了重要贡献。本人先后曾数十次赴嘉兴工作，对嘉兴农业的现状、历史、人文、环境与生态还是比较熟悉的，感到嘉兴的农业——特别是可持续的稻作农业及水稻育种、桑基鱼塘等生态农业、城郊或都市农业等领域在全国是领先的。嘉兴是马家浜文化和灌溉稻作的发祥地，也是我国蚕桑和丝绸的起源地，嘉兴南湖更是中国共产党的诞生地。南湖儿女发扬红船精神，在这片土地上勤奋耕耘、意气风发、创新创优，谱写着都市型现代生态农业的新篇章。

本人和黄锦法研究员认识近三十年，他长期担任嘉兴市土壤肥料工作站站长和嘉兴市土壤肥料学会理事长等职，带领本地地区的土壤肥料工作者“干在实处，走在前列”，使当地的土壤肥料工作成绩斐然，硕果累累，受到浙江省内和国内同行的一致肯定。他经常深入基层，做试验研究，搞推广应用，指导科学施肥、改良土壤、科学种田；他善于总结经验和试验研究的技术资料，不断撰写论文在各级学术刊物上发表；他曾多次参加国内、国际学术讨论会，贡献其作为一线土肥工作者的学识和经验。他取得很多的荣誉是受之无愧的，是他辛勤劳动的结果。例如他为第一作者的论文“稻麦轮作田改为保护地菜田土壤肥力质量的演变”受到国内外学者的广泛好评和引用，引领了“土地利用模式改变对土壤质量影响”这一研究方向。“保护地土壤障碍的农化指标”等4篇论文均获得嘉兴市自然科学优秀论文(学术奖)一等奖，有5篇获二、三等奖，另有2篇论文分别获全国农业系统青年土肥工作者科技论文二等奖和浙江省自然科学优秀论文一等奖。

本书内容是将他及其合作者从事土壤肥料研究和推广工作30多年来撰写的50篇学术论文，分类汇编而成，共5部分，即土壤资源与土壤修复、高产农田建设与中低产田改良、土壤养分平衡与施肥技术、土壤微生物与微生物制剂研究、土壤肥料与生态农业。《土壤肥料与嘉兴现代农业》的出版，是一件非常有意义的事，因为这不仅是他及其同事在嘉兴地区传统农业向现代农业发展过程

中所做的土壤与肥料技术工作的经验、智慧和成果的结晶，而且对嘉兴地区目前现代农业中的土壤肥料工作仍然具有指导和参考价值。所以，本书是值得浙江省各级和国内相关地区土壤肥料研究人员、学生和农业干部阅读和借鉴的。相信本书出版将会对广大的土壤肥料科研和推广工作者以有益的启迪。

曹志洪

2015年7月18日于南京

前 言

“万物土中生”。土壤是农业生产最基本的重要自然资源，土壤质量状况不仅直接影响农业生产能力和可持续发展，而且对实现农业增效、农民增收、促进社会和谐和全面建设小康社会都有紧密的联系。浙江省嘉兴地处长江三角洲杭嘉湖平原东部，地势平坦，土壤肥沃，农耕历史悠久，是一个农牧结合、种养结合的综合高产农区，历来是国家重要的粮油、蚕桑、畜禽、淡水鱼商品生产基地。20世纪80年代初，全国第二次土壤普查在本市全面开展，基本查清了土壤资源及其肥力特性，为创新发展应用土壤肥料科学技术，推进传统农业向现代农业发展奠定了坚实的基础。

本书收录了编者和合作者自20世纪80年代中期至2015年所撰写的，在国家、省、市杂志上发表和市级开展相关专业研究的主要文稿，深刻纪录了这30年嘉兴现代农业发展中土壤肥料科学技术研发应用的重要经历。

本书第一篇：土壤资源与土壤修复。阐述了嘉兴平原成土过程、土壤特性、存在的主要土壤问题和采用的修复技术。第二篇：高产农田建设和中低产田改良。研究了高产农业的土壤环境条件，全面阐述高产农田建设和中低产田改良的目标、采取的工程与农艺措施。第三篇：农田土壤养分平衡与施肥技术。比较系统地研究了嘉兴平原多熟制农田养分平衡状况和合理施肥技术。第四篇：土壤微生物与微生物菌剂。研究了稻麦轮作田向蔬菜田演变的土壤微生物变化特征，以及微生物制剂的肥效作用。第五篇：土壤肥料与生态农业。扩展了土壤肥料技术领域，研究了农业固碳、碳汇和低碳技术，以及农业废弃物的综合利用等。本书适宜于中专学生和高校学生、土壤肥料工作者和广大农技人员阅读和参考。

本书收录的文稿中有领导、老师、同事的撰稿，在编辑过程中得到王国峰老师、汤惠民主任给予指导，并有中国科学院南京土壤研究所原所长、中国土壤学会原理事长、国家“973”项目首席科学家曹志洪研究员为本书作序，在此一并谨致谢意！由于编者的水平有限，书中难免有不当之处，敬请批评指正！

编 者

2015年11月于嘉兴

第一篇 土壤资源与土壤修复

□ 浙北嘉湖平原沉积环境与土壤发育的探讨	1
□ 浙北嘉湖平原水稻土中的古土壤层	7
□ 嘉兴平原土壤修复若干问题的探讨	10
□ 嘉兴市土壤障碍问题与对策研究	15
□ 保护地土壤障碍的农化性状指标	23
□ 稻麦轮作田改为保护地菜田的土壤肥力质量演变	29
□ 浙北黏质水稻土农田磷素径流流失量研究	37
□ 油菜垄作治理渍害技术研究初报	41
□ 稻田免耕直播对土壤肥力性状与水稻生长的影响	44
□ 浙北嘉湖平原三熟制农田渍害的研究	48
□ 浙北嘉兴平原水稻土持水特征的初步研究	55
□ 浙北嘉湖平原农田渍害的土壤因素及其特性	60
□ 切实改善土壤环境，保住我们生存之基本	65

第二篇 高产农田建设与中低产田改良

□ 浙北嘉兴平原吨粮田地力建设实践与发展探讨	68
□ 嘉湖平原高产农田地力培育与农业的可持续发展	74

□ 浙北嘉兴平原吨粮田的土壤环境及其培育	78
□ 嘉兴平原商品粮基地的地力建设	82
□ 标准农田培肥管理亟待加强	87
□ 嘉兴市高标准农田地力建设成效的评估与研讨	90
□ 浙北嘉湖平原“吨粮田”建设中若干土壤物理性的探讨	95
□ 不同施肥对浙北平原稻油—稻麦轮作制的新造农田养分 平衡和作物产量的影响	101
□ 《浙北水网平原中低产田改良研究与生产示范项目》实施总结	110
□ 浙北水网平原中低产田土壤供肥特点及施肥效应的探讨	114
□ 浙北低洼圩区农田暗管排水对土壤性状和供肥的影响	120

第三篇 土壤养分平衡与施肥技术

□ 嘉湖平原农田土壤养分平衡的分析(20世纪80年代前期)	126
□ 浙北嘉兴平原土壤养分的平衡状况及改善对策的探讨(20世纪90年代前期)	129
□ 嘉湖平原稻、麦作物氮素化肥合理施用技术的探讨	135
□ 蔬菜保护地土壤障碍的调查及矫治措施	140
□ 施有机肥重现农业循环经济链的对策研究	144
□ 环保型节氮肥料—脲铵在晚稻上的施用效果研究	152
□ CO ₂ 生物气肥对大棚蒲瓜和青椒生长及产量的影响	156
□ 嘉兴市化肥减量增效技术与对策	158

第四篇 土壤微生物与微生物菌剂

□ 保护地菜田与稻麦轮作田土壤微生物学特征的比较	162
□ 一种减少化肥污染的土壤微生物增肥剂的使用技术	170
□ 微生物制剂 SC27 对作物生长和土壤环境的影响	174
□ “久泰”复合微生物菌肥试验初报	179

第五篇 土壤肥料与生态农业

□ 浙北嘉兴平原土地利用变化与农林固碳生态功能的影响分析	182
□ 嘉兴市耕地保护与粮食综合生产能力研究	188
□ 嘉兴市农业碳汇及低碳农业技术应用策略	199
□ 化肥面源污染状况及防治对策	207
□ 水稻免耕直播省力栽培技术	212
□ 免耕直播稻田发生杂草的特点及防除技术	214
□ 规模养猪场粪便资源化利用途径与对策探讨	217
□ 杭嘉湖平原农业面源污染及其治理	221
□ 秸秆全量直接还田对土壤肥力及农田生态环境的影响研究	224
□ 浙北嘉兴平原土壤和作物硒元素研究初报	231
□ 推行土地季节性流转, 确保粮食生产的安全	234
□ Formulation of Organic Fertilizer Standard in Jiaying City Based on NY 525—2012	236
□ 基于 NY 525—2012 的嘉兴市有机肥料标准制定	240
□ 两种方法有机肥有机质含量测定与合格评定比较	243

浙北嘉湖平原沉积环境与土壤发育的探讨*

范俊方¹ 黄锦法¹ 王伯先² 张益农³ 王国峰⁴(1. 浙江省嘉兴市农林局 2. 浙江省湖州市农业局
3. 浙江省嘉兴农业学校 4. 浙江省嘉兴市农科所)

摘 要 浙北嘉湖平原发育, 深受全新世中、后期沉积环境所制约。本文以该区分布最广的4个水稻土土属(湖成白土田、黄斑田、小粉田、青紫泥田)为研究对象, 从颗粒参数、孢粉微体古生物组合、矿物成分、黏粒矿物、¹⁴C、古遗址等方面的测定、分析推断, 把本区沉积环境类型概分为滨湖相、陆相、海陆交互相、湖沼相4类。再进一步把沉积环境与土壤发育联系起来研究, 以揭示本区几种水稻土的分布规律、形成特点和基本属性。

关键词 嘉湖平原 沉积环境 土壤发育

浙江省北部的嘉湖平原, 北滨太湖, 东南濒临杭州湾和钱塘江, 系长江三角洲太湖平原的一部分^[4]。境内地势低平, 河网密布, 湖泊众多, 土壤肥沃, 水稻土约占耕地总面积的88%, 是我国农业高产田之一。对于嘉湖平原的形成和地貌发育史, 曾有不少学者做过多方面的考证和论述, 如浅海泻湖说^[1]、杭州湾北岸中部陆地说^[2], 1987年严钦尚等对杭嘉湖平原全新世沉积环境的演变, 做了较详细的论证^[3]。但以上论述, 大多从地质地理的角度阐明成陆过程, 把沉积环境与土壤发育联系起来研究, 在揭示土壤属性方面尚涉及不多。笔者选用本区分布最广的4种水稻土, 即脱潜型的青紫泥田、潜育型的黄斑田、小粉田、湖成白土田(图), 分别进行颗粒参数分析, 孢粉微体古生物鉴别, 矿物成分测定, 黏粒矿物鉴定, ¹⁴C测定及古遗址佐证(图), 以求从不同角度探索嘉湖平原沉积环境与土壤发育、分布及土壤属性的关系。

1 土壤颗粒参数分析

三角洲平原土壤的发育, 深受湖、河、江、海水动力的制约, 如仅凭国际制或卡庆斯基制颗粒分级标准, 尚难于确切鉴别其沉积环境类型。为此, 借鉴地质沉积学上应用的乌德-温德华思(woden-Wentworth)粒度计算, 将颗粒的直径d(mm)通过对数转化后, 换算成 ϕ 值($\phi = -\lg_2 d$)**。

这样, 任何一个粒径, 均有一个相应的 ϕ 值, 例如粒径1mm=20mm; 0.5mm=2⁻¹mm; 0.001mm=2⁻¹⁰mm; 其 ϕ 值则分别为0; 1; 10。粒径愈小, ϕ 值愈大, ϕ 值是整数, 它呈等差级数增减, 这样便于粒度分析资料的计算和作图。再进一步求出颗粒参数 $\bar{\phi}$ 、 $\delta\phi$ 、 $SK\phi$ 及 $K\phi$, 计算公式**如下:

* 本文承中国科学院南京土壤研究所徐琪研究员审阅; 浙江农业大学土化系吴玉卫副教授提供孢粉、微体古生物分析资料, 一并致谢;

** 同济大学科学技术情报组编印, 1979:《粒度资料的处理和应用》(海洋地质系) p.20

$$\bar{x}\phi = \frac{\sum f m\phi}{100} \quad \delta\phi = \sqrt{\frac{\sum f (m\phi - \bar{x}\phi)^2}{100}}$$

$$SK\phi = \frac{\sum f (m\phi - \bar{x}\phi)^3}{100\delta\phi^3} \quad K\phi = \frac{\sum f (m\phi - \bar{x}\phi)^4}{100\delta\phi^4}$$

式中： f 为每个粒级所占重量百分数（频率）；

$m\phi$ 为每个粒级的中间值，以 ϕ 表示；

$\phi = -\lg_2 d$ ； d 为颗粒直径（mm）。

$\bar{x}\phi$ （粒径中值）可表示颗粒的平均粗细，反映平原沉积物的平均颗粒，其数值越大，则平均颗粒越细。利用这个参数，可以划分不同的沉积环境区。

$\delta\phi$ （分选系数或标准差）说明水营力的大小而造成不同的分选性能， $\delta\phi$ 值大则分选性差， $\delta\phi$ 值小说明分选性好，土壤颗粒趋于均匀。

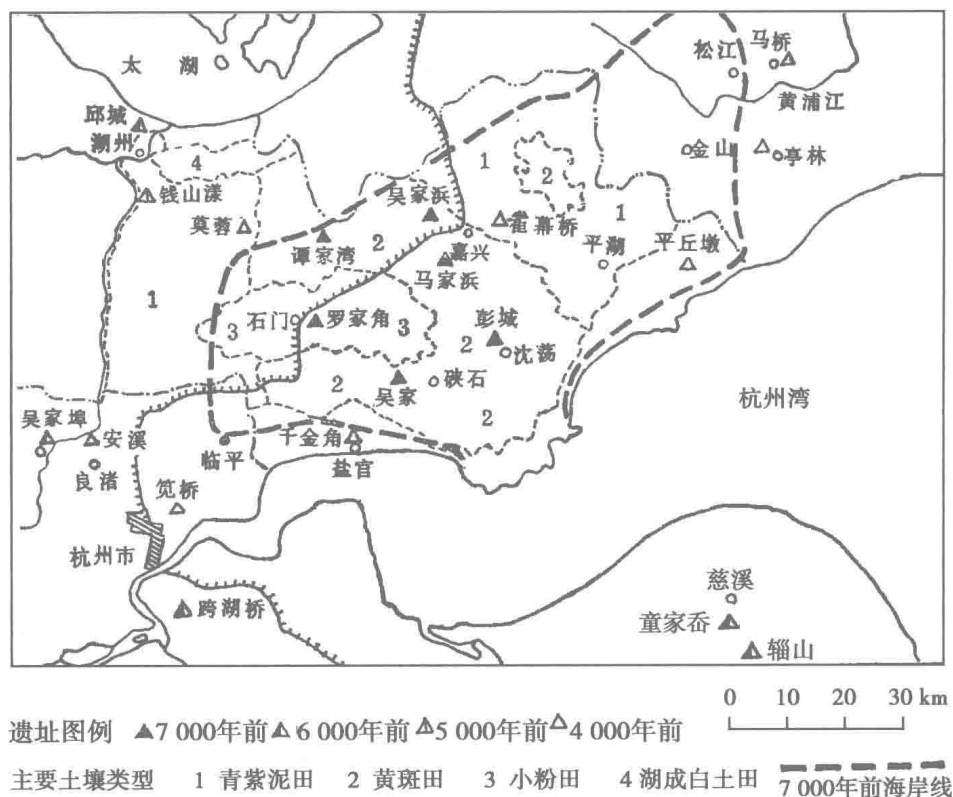


图 浙北嘉湖平原主要土壤类型及古遗址分布示意图

$SK\phi$ （偏度）表示土壤颗粒频率曲线偏态的程度， $SK\phi > 0$ 为正偏态，颗粒集中在粗粒部分， $SK\phi < 0$ 为负偏态，颗粒集中在细粒部分。一般江河相呈正偏态，湖相呈负偏态。

$K\phi$ （峰度）是衡量颗粒频率曲线尖峰形态的一个参数， $K\phi$ 中值很小时，曲线峰低而宽或出现多峰，说明沉积物的分选性差。

根据以上公式，把上述4种水稻土诊断层的机械分析数据，换算成 f 值，再计算出颗粒参数，列于表1。

表1 不同水稻土诊断层颗粒参数的参数 (n=30)

土壤类型 (Soil type)	诊断层 (Diagnostic horizon)	中数 (Median)				颗粒直径 (Piameter of Particle)	颗粒类型 (Particle type)
		$\bar{x} \phi$	$\delta \phi$	$SK \phi$	$K \phi$		
青紫泥田	G	8.336	2.551	-0.330	1.646	细	高胶粒型
黄斑田	W	7.194	2.479	0.325	1.989		颗粒均匀型
湖成白土田	E	6.507	2.169	0.557	1.902		粉沙集中型
小粉田	W	6.425	2.385	0.735	2.528		粗 粉沙集中型

从表1的颗粒参数,大致可归纳为3种颗粒类型。

(1)高胶粒型。以青紫泥田为代表,其 $\bar{x}\phi > 8$,颗粒最细, $SK\phi$ 为负值,为负偏态,胶粒含量高, ϕ 值11~12占37%左右, $\delta\phi$ 值最大, $K\phi$ 值最小。表明受水营力作用小,分选性差,频率曲线峰较低而宽,推断为静水沉积环境,多分布在水网平原的东北部和西部山麓前沿低洼沼泽地带。

(2) 颗粒均匀型。以黄斑田为代表, 其 $\bar{x}\phi$ 值比青紫泥田小一个数量级, $SK\phi$ 值为不大的正值, 分布较对称, 表明颗粒粗细搭配均匀, $\delta\phi$ 值略小, $K\phi$ 值增大, 说明所受水营力较青紫泥田大, 分选作用较好, 以动水沉积环境为主, 分布在水网平原中部的古台地地段。

(3)粉沙集中型。以小粉田和湖成白土田为代表,两者的 $\bar{x}\phi$ 值甚为接近,以中粗粉沙为主, ϕ 值 $5\sim6>30\%$,胶粒含量低, $\delta\phi$ 值小,说明水营力作用大,分选性好。由于地理位置的差异,湖成白土田 $\delta\phi$ 值最小,分选性最好,表明太湖湖岸水流波浪拍击强烈,为滨湖沉积环境。而小粉田的 $SK\phi$ 值和 $K\phi$ 值最大,表明沉积颗粒更粗,频率曲线峰尖而窄,进入新环境前后的改造作用强烈。呈条带状自东南向西北延伸,与古海湾区大致吻合,处于古海湾地带海陆交互沉积环境。

由此可见, 4种土壤的颗粒类型不同, 各项颗粒参数的差异, 反映了不同沉积环境中所受水营力作用的大小, 它为平原地区沉积物类型的定量化区分, 提供了科学依据。

2 土壤的孢粉微体古生物组合

从本区各地采集54个代表性土样(采样深度60cm),进行孢粉微体古生物鉴定,发现不同沉积物具有不同的孢粉微体古生物组合(表2)。

表2 不同土壤的孢粉微体古生物组合

土壤类型 (Soil type)	孢粉 (Spore-pollen)			微体古生物 (Microfossil)					气候和沉积环境 (Climate and scimentary environ ment)
	盐生 植被	孢子	木本 植物	沼生 植被	有孔虫 介形虫	盾形 化石	水蕨 孢子	植物 残体	
青紫泥田	+		++	+++		+	++	+++	温凉气候 湖沼水体环境
黄斑田		++	+++				+		较长期温暖湿润气候 淡水陆相沉积环境
小粉田	+++	+	++		++	+++			温暖略凉滨岸 海陆交互沉积环境
湖成白土田	+		++	++		+	+	+	温暖湿润气候 滨湖沉积环境

青紫泥田的孢粉，以水生草本植物占优势，木本植物次之，有麻栎 (*Quercus acutissi-ma*) – 水蕨 (*Ceratopteris*) 等组合。微体古生物分析仅见植物残体及少量盾形化石，未见有孔虫、介形虫，反映出气候温凉的泻湖湖沼环境。

黄斑田的孢粉，以木本植物为主，有麻栎、松属 (*Pinus*) – 水龙骨科 (*Polypodiaceae*) 孢子组合。微体古生物偶见少量水蕨孢子，未见有孔虫、介形虫及其它海生动物化石，反映出较长时期的暖热湿润气候、淡水陆相沉积环境。

小粉田的孢粉，以木本及盐生草本植被占优势，有藜科 (*Chenopodiaceae*)、蒿科 (*Artemisia*)、青刚栎 (*Quercus glauca*) 组合，微体古生物则以盾形化石占优势，尚有广盐海岸种的有孔虫等，盾形化石是海陆过渡相地层所特有，反映出温暖略凉的滨岸海陆交互沉积环境。

湖成白土田的孢粉，以木本、草本并重，有麻栎、禾本科 (*Gramineae*)、眼子菜 (*Potamogenton*) 等组合，微体古生物仅有少量盾形化石及植物残体，未见有孔虫、介形虫，反映出温暖湿润气候滨湖沉积环境。

由此可见，全新世期间气候的变化和环境的变迁，造成孢粉微体古生物组合的差异。可由孢粉、微体古生物组合来推断本区当时的沉积环境，以上4种土壤是在4种不同沉积环境沉积物的基础上发育演变而成的。

3 土壤的矿物成分及黏粒矿物

对几种土壤黏粒，进行 X 射线衍射图谱分析及矿物成分测定，结果见表3。

表3 土壤的矿物成分及黏粒矿物

采样地点	沉积类型	土壤类型	烧失量 (%)	化学组成 (%)					黏粒矿物 (%)					CEC (cmol(+)/kg)
				CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	总量	SiO ₂	蒙脱石	伊利石	高岭石	绿泥石	
湖州东迁	滨湖相	湖成白土田	1.52	0.69	0.69	1.47	1.64	4.49	81.14	13	64	11	11	6.6
湖州太湖金楼	滨湖相	湖成白土田	2.40	0.68	0.90	1.63	1.55	4.76	49.23	42	51	7	1	11.1
桐乡上市	海陆交互相	小粉田	3.46	1.34	2.62	2.32	1.78	8.06	46.04	++	+++	+	+++	17.3
湖州荃仁	陆相	黄斑田	4.61	0.78	2.16	2.98	1.28	7.20	33.05	16	76	7	1	14.7
湖州环渚	湖沼相	青紫泥田	6.72	0.67	2.72	3.09	0.94	7.46	23.90	7.1	76	6	10	27.7

从表3可见，滨湖相沉积物发育的湖成白土田，颗粒较粗，矿物成分以 SiO₂ 含量较高，而 Ca、Mg、K、Na 及阳离子代换量最低，黏粒矿物以伊利石、蒙脱石为主。湖沼相沉积物发育的青紫泥田，土壤有机质含量最高，烧失量及阳离子代换量均最大，SiO₂ 含量却最低，黏粒矿物以伊利石、绿泥石为主。陆相沉积物发育的黄斑田，介于上述两者之间。

海陆交互相沉积物发育的小粉田，SiO₂ 含量亦高，且 Na、Ca、Mg 含量最高，反映出脱盐的不彻底性，黏粒矿物以绿泥石、伊利石、蒙脱石并重。本区所有平原水稻土中，高岭石含量均低，这似与平原沉积物在土壤发育过程中，未经历强风化有关。

4 成土年龄与土壤发育

从典型土壤的剖面中采集标本, 进行 ^{14}C 测定(表4), 并以境内主要古遗址作佐证(图)

表4 嘉湖平原土壤 ^{14}C 测定年代

采样地点	沉积类型	土壤类型	测定样本	埋深(m)	年代(年) (Soil age)
湖州市荃仁	陆相	黄斑田	牡蛎	0.8	6378 ± 142
嘉兴市七星	陆相	黄斑田	腐泥	0.8	6585 ± 241
海盐县彭城	陆相	黄斑田	木板	(下)	6696 ± 125
桐乡罗家角*	海陆过渡相	小粉田	芦苇	1.6	7040 ± 150
湖州市含山	海陆过渡相	小粉田	牡蛎	1.0	5400 ± 75
德清新市	海陆过渡相	小粉田	牡蛎	1.2	6978 ± 140
湖州市钱三漾	淡水湖沼相	青紫泥田	竹绳	1.8	4580 ± 140
湖州菱湖	泻湖湖沼相	青紫泥田	腐泥	0.5	1955 ± 32
嘉善县陶庄	泻湖湖沼相	青紫泥田	腐泥	0.6	1580 ± 108
嘉兴市双乔	泻湖湖沼相	青紫泥田	泥炭	0.6	1835 ± 127
湖州市织里	滨湖相	湖成白土田	腐泥	0.4	1165 ± 236

注: 系引自有关考古资料

从表4可见, 本区平原不同沉积环境所发育的土壤, 成土年龄差异甚大, 并呈现规律性的分布, 各有不同的土壤属性。

全新世中期以后, 海面高度基本稳定, 嘉湖平原西侧为河口湾, 东南缘为海湾, 处于杭州湾北岸中部一大块沉积物, 此期间未遭海浸, 均为陆相地层^[2, 3]。它成陆最早, 分布的古遗址多属马家浜文化期(距今5 600~7 000年), 如嘉兴市郊马家浜、吴家浜, 海盐县彭城、海宁市庆云吴家等遗址。该区以陆相沉积物发育的黄斑田为主, 土体在40cm上下即出现深厚的古黄斑层, ^{14}C 测定均在6 000年以上。其特点是锈斑密布, 色泽鲜艳, 全层深厚可达数米, 上复现代沉积物, 经植稻水耕熟化而发育成黄斑田。该土壤质地适中, 养分丰富, 保肥供肥协调, 为宜早宜水的高肥力型水稻土。

海陆过渡相沉积物在本区中西部呈条带状分布, 由东南向西北延伸, 其走向与古海湾基本吻合。分布的古遗址有桐乡县罗家角遗址(系属马家浜文化早期)^[5]。该区成土年龄在5 000~7 000多年, 发育的土壤以小粉田为主。这种土壤质地轻松, 土色浅淡, 心底土呈薄片状水平层理, 大多有石灰反应, 土体通气透水性较好, 养分贮量不丰, 但转化释放较快, 作物前期起发性好而后期易脱力, 为速肥力型水稻土。

湖沼相沉积物多分布于碟形洼地边缘, 该区在距今2 000~5 000年, 曾发生湖泊众多、水域扩大与水域缩小, 沼泽发育的多次更替, 因而逐步形成深厚的腐泥层及泥炭层。分布的古遗址多属良渚文化期(距今4 200~5 300年), 如嘉兴市郊雀幕桥、湖州市郊莫蓉、平湖县平丘墩等遗址。该区发育的土壤多为青紫泥田, 这种土壤土体呈青灰色, 剖面中下层大多夹有致密的腐泥层或泥炭层, 质地黏细, 土壤黏闭僵板, 物理性差, 地下水位高, 内排水性能不良, 但养分贮量丰富, 潜在肥力高, 后劲足, 为稳肥力型水稻土。

近代滨湖相沉积物, 分布在太湖自然堤内侧, 纵深约10km, 围绕太湖呈弧状分布, 成土年龄较短, ^{14}C 测定在1 000多年前, 系全新世晚期沉积物发育而成。该区少见古遗址分布, 发育的土壤为湖成白土田, 剖面在犁底层以下有一层灰白色粉沙质层次, 该层厚度一般10~30cm, 通透性良好, 但养分贫乏, 上层系近期复盖物, 经耕作培肥, 大多已发育成中肥力型水稻土。

5 小结

全新世中后期的沉积环境,对嘉湖平原土壤的发育,关系极为密切,从颗粒参数、孢粉微体古生物组合、矿物成分、黏粒矿物、 ^{14}C 等方面测定分析,并以古文化遗址分布佐证,可把本区沉积类型概括为滨湖相、陆相、海陆交互相、湖沼相四种(杭州湾、钱塘江沿岸尚有海相沉积物发育的土壤,因面积较小、资料不全,不作阐述)。这些沉积物,在漫长的历史演变中,经剥蚀、下沉或抬升,并接受新的复盖物,发生多次层次重迭,加之人为水耕熟化、施肥、轮作、水分灌排、淋溶淀积等现代成土过程,分别形成了本区水网平原分布最广的湖成白土田、黄斑田、小粉田、青紫泥田四大土属,并呈现规律性的区域分布。每个土属的发育过程、理化特性、生产性能及改良利用等方面,均有很大的差别,在此基础上,再派生出众多的土种,构成目前应用的土壤基层分类系统。由此可见,对沉积环境的剖析,有助于阐明土壤的发育史及分布规律,掌握土壤属性与改良利用方向,宏观地认识土壤本质。

参考文献

- [1] 陈吉余,等.长江三角洲的地貌发育史.地理学报,1959,25(3):201-220.
- [2] 吴维棠.从新石器时代文化遗址看杭州湾两岸的全新世古地理.地理学报,1983,38(2):113-127.
- [3] 严钦尚,等.杭嘉湖平原全新世沉积环境的演变.地理学报,1987,42(1):1-15.
- [4] 徐琪.太湖地区水稻土的发生分类.土壤学报,1980,17(2):120-132.
- [5] 罗家角考古队.桐乡县罗家角遗址发掘报告.浙江省文物考古所学刊,文物出版社,1981:1-42.

(刊于《土壤学报》1993年第1期,获浙江省自然科学优秀论文一等奖)

浙北嘉湖平原水稻土中的古土壤层^{*}

张益农¹ 范俊方² 黄锦法² 王伯先³ 王国峰⁴

(1. 嘉兴农校 2. 嘉兴市农林局 3. 湖州市农业局 4. 嘉兴市农科所)

摘 要 本文以水稻土的泥炭层、腐泥层、古黄斑层、小粉层及白土层等古土壤埋藏层次为研究对象, 阐述其形成过程、特征特性及其与现代水稻土土体构型的关系, 以加深对土壤剖面层次的剖析, 土壤基层分类命名及水稻土分布的规律的认识。

关键词 古土壤层 水稻土

浙北嘉湖平原地处长三角洲南缘, 水稻土占耕地面积的88%。目前, 水稻土的基层分类和命名, 大多与土壤剖面的下部的埋藏层次有关, 如青紫泥田的腐泥层和泥炭层, 黄斑田的黄斑层, 小粉田的小粉层, 白土田的白土层等等。而这些埋藏层次形成年代久远, 属古土壤层, 现分别阐述如下。

1 腐泥层及泥炭层

本地区碟形洼地土壤剖面的中下部, 常有腐泥层及泥炭层, 其形成须追溯到嘉湖平原成陆以来, 曾发生过湖泊增多、水域扩大、水面缩小和沼泽发育的多次更迭; 当处于沼泽化环境时, 植物残体嫌气条件下, 炭化而成泥炭层。如碳素与土壤矿物质缩合, 则形成暗褐色、黏韧而不易被氧化的腐泥层。

泥炭层呈断续、条带状碟形分布, 延伸达数千米, 俗称“乌泥龙”, 埋藏深度不一, 出现于土体50cm上下, 厚度15~40cm。泥炭的质量, 不论在垂直或水平方向上, 都以中部为佳, 上下部及边缘较差。对中部取样测定, 泥炭发热量为8 374~12 500J/g, 固定碳10%~20%, 灰分30%~50%, 水分3%~6%。在嘉善县俞汇乡取土样(剖面60cm处), 进行微古、孢粉鉴定, 有较多的水蕨孢子及植物残体, 水蕨孢子喜于较静的水体中, 孢粉组合为木本植物花粉占优势, 反映当时气候温暖略干, 水塘广布, 有利于泥炭层的形成。嘉善县陶庄乡泥炭层经¹⁴C断代, 年龄为(1 580±108)年。

腐泥层埋深约50cm, 厚度为20~40cm, 表现特征为黑、黏、匀、细、重。嘉兴郊区大乔乡腐泥层测定, <0.001mm和0.01mm颗粒含量分别高达44.2%和77.1%, 粗粉粒/黏粒比仅0.55, 质地为中黏土, 有机质含量57.4g/kg, CEC29.7cmol(+)/kg, 经微古鉴定, 有较多的水蕨孢子及少量植物残体, 孢粉组合以草本植物占优势, 表明腐泥层是温凉潮湿气候下湖沼的静水沉积物。在土壤剖面中, 腐泥层的下界, 呈不整合接触犬牙交错, 这反映在沼泽化以前湖底是不平整的陆地, 上覆盖湖沼相沉积物, 进行沼泽化作用, 而腐泥层的上界, 却逐渐过渡, 无明确界线, 这说明以后的沉积环境是逐渐变化

^{*} 本文承浙江农业大学土化系陆景岗教授审阅, 吴玉卫副教授提供孢粉和微体古生物资料, 一并致谢

的。腐泥层经 ^{14}C 断代，嘉兴城郊双乔乡的为 $(1\ 835 \pm 127)$ 年，湖州郊区菱湖镇的为 $(1\ 955 \pm 32)$ 年。

2 古黄斑层

在高(平)田及碟缘区，距地表60cm以下，有一层黄棕色斑纹层，该层具有以下特点。

(1)分布范围广。几乎遍及嘉湖平原，层次深厚，从几十厘米以至几米。

(2)锈斑密布。有豆状、结核状，亦有晕纹状锈斑。还有粗大的锈管，这是芦苇等植物根管氧化的遗迹，在上体中交织在一起，形成黄棕色的古黄斑层。

(3)该层虽处于滞水层或地下水浸润之下。但呈现黄棕色，这可能是氧化铁已结晶陈化，且缺乏足量的活性有机质作还原剂，不易还原为低价铁之故。经微古孢粉鉴定，该层以木本植物为主，偶见少量的水蕨孢子，反映暖热湿润气候的陆相沉积环境。由此推断，在古老的水网平原上，曾经历频繁的干湿交替，氧化还原过程，土壤剖面中的铁发生强烈的蚀变与迁移，然后淀积于黄斑层中。取嘉善县凤桐乡黄斑田进行铁形态分析，结果见表1。

表1 黄斑田各层次铁的形态

层次	深度 (cm)	游离铁 (%)	无定形铁 (%)	活化度 (%)	晶化度 (%)	晶胶 比	Kh 值 *
耕作层	0~13	1.83	0.029	34.4	65.6	1.91	—
犁底层	13~23	1.89	0.418	23.7	76.3	3.22	1.69
黄斑层	23~100	2.75	0.181	4.4	95.6	21.73	11.37

注：* Kh 值(晶胶比层段系数) = 层段晶胶比 / 耕层晶胶比

由表1可见，黄斑层的晶化度和晶胶比远高于上面两层，其 Kh 值高达11.37，这表明在水稻土的前身，有一个较强的铁迁移过程，进行季节性氧化还原交替，铁淀积在剖面下部，从而形成色泽鲜黄的古黄斑层。该层经 ^{14}C 断代，嘉兴郊区七星乡的黄斑层为 $(6\ 585 \pm 241)$ 年，海盐县沈荡乡的为 $(6\ 696 \pm 125)$ 年；湖州郊区荃仁乡的为 $(6\ 778 \pm 142)$ 年。由此可见，上述各地黄斑层的形成年代甚为接近，它的形成远早于腐泥层。

3 小粉层

嘉湖平原中部桑基圩田区水稻土中，有成片的小粉田。呈带状分布。该土的剖面下部有一层小粉层，如桐乡县上市乡小粉层出现在30cm以下，厚达1m以上，质地轻松，中壤至轻壤，粗粉粒高达63.5%，小于0.001mm黏粒仅有11.3%，色泽浅淡，灰黄至灰白色，水平层理明显，大都有钙反应，易淀浆板结，状似“小粉”，微古鉴定有盾形化石，此化石乃海陆过渡相地层所特有。孢粉以木本及盐生草木植物占优势，反应温暖略凉气候的海陆交互环境。经 ^{14}C 断代，桐乡县石门乡的小粉层为 $(7\ 040 \pm 150)$ 年；德清县新市镇为 $(6\ 978 \pm 140)$ 年。从大范围看，小粉层呈西北向东南走向，呈宽带状延伸，这与古海湾地段基本吻合。因而推论，小粉层是全新世中期遭受海浸时所形成的海陆过渡相沉积物。因陆地极速外推，脱钙不彻底或钙质封存，故有石灰性反应。小粉层的上面，再覆盖近代沉积物，经水耕熟化而形成小粉田。

4 白土层

在太湖南岸自然堤内侧，纵深10余 km，分布着大片湖成白土田。该土剖面下部25~30cm处，有一层白土层，厚度30~50cm，灰白色至白色，质地轻松沙壤至中壤，粗粉粒含量67.3%~76.6%，