

浙北嘉湖平原沉积环境与土壤发育的探讨*

范俊方 黄锦法

(浙江省嘉兴市农业局, 314002)

王伯先

(浙江省湖州市农业局)

张益农

(浙江省嘉兴农业学校)

王国峰

(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四个水稻土土属(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、粘粒矿物、 ^{14}C 、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、湖沼相四类。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^[1]。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%,是我国农业高产地区之一。对于嘉湖平原的形成和地貌发育史,曾有不少学者作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,作了较详细的论证^[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。我们选用本区分布最广的四种水稻土,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1),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,粘粒矿物鉴定, ^{14}C 测定及古遗址佐证(图1),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。

一、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-Wentwarth)粒度计算,将颗粒的直径 $d(\text{mm})$ 通过对数转化后,换

* 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。

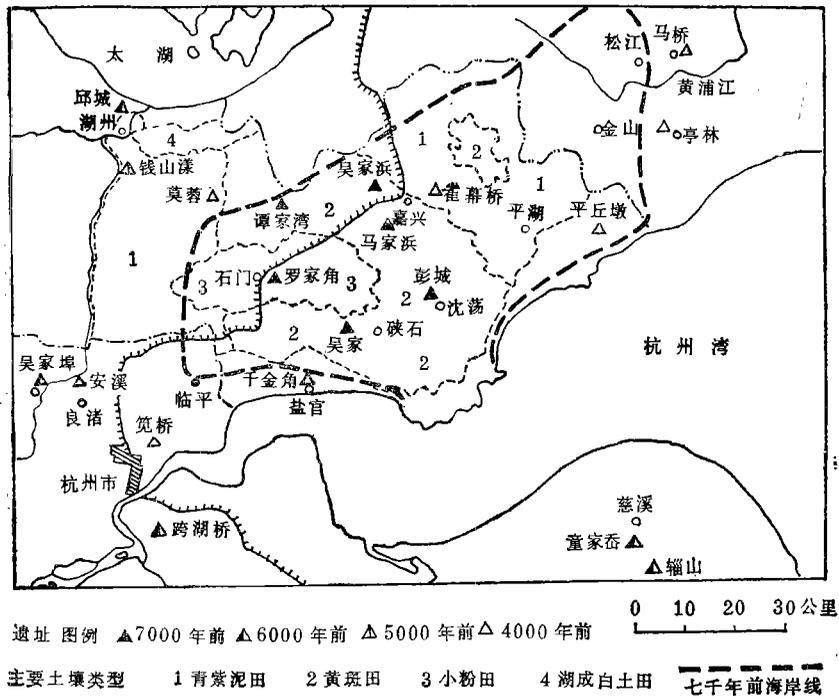


图 1 浙北嘉湖平原主要土壤类型及古遗址分布示意图

Fig. 1 Main soil types and the distribution of ancient ruins in Jia hu plain in the northern part of Zhejiang Province

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 $1\text{mm} = 2^0\text{mm}$; $0.5\text{mm} = 2^{-1}\text{mm}$; $0.001\text{mm} = 2^{-10}\text{mm}$; 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 $\bar{x}\phi$ 、 $\delta\phi$ 、 $SK\phi$ 及 $K\phi$, 计算公式¹⁾如下:

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

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

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。

1) 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.

$SK\phi$ (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, $K\phi$ 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, 把上述四种水稻土诊断层的机械分析数据, 换算成 ϕ 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 ($n = 30$)

Table 1 Particle parameter median of diagnostic horizons of different paddy soils

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		粉砂集中型
小粉田	W	6.425	2.385	0.735	2.528	粗	粉砂集中型

从表 1 的颗粒参数, 大致可归纳为三种颗粒类型:

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. 粉砂集中型: 以小粉田和湖成白土田为代表, 两者的 $\bar{x}\phi$ 值甚为接近, 以中粗粉砂为主, ϕ 值 5—6 > 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, 四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量化区分, 提供了科学依据。

二、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

Table 2 Combination of spore-pollen and microfossil in different soils

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 sedimentary environment
	盐植 生被	孢子	木植 本被	沼植 生被	有介 孔形 虫	盾形 化石	水孢 蕨子	植残 物体	
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 acutissima*)-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,反映出气候温凉的瀉湖湖沼环境。

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 (*Potamogeton*) 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,以上四种土壤是在四种不同沉积环境沉积物的基础上发育演变而成的。

三、土壤的矿物成分及粘粒矿物

对几种土壤粘粒,进行 X 射线衍射图谱分析及矿物成分测定,结果见表 3。

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 SiO_2 含量较高,而 Ca 、 Mg 、 K 、 Na 及阳离子代换量最低,粘粒矿物以伊利石、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, SiO_2 含量却最低,粘粒矿物以伊利石、绿泥田为主。陆相沉积物发育的黄斑田,介于上述两者之间。

表3 土壤的矿物成分及粘粒矿物

Table 3 Mineral composition and clay minerals of soils

采样地点 Locality	沉积类型 Sedimentary types	土壤类型 Soil types	烧失量 (%) Loss on ignition	化学组成(%) Chemical composition						粘粒矿物 (%) Clay mineral				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	
湖州太湖金涂	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

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,粘粒矿物以绿泥石、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。

四、成土年龄与土壤发育

从典型土壤的剖面中采集标本,进行 ¹⁴C 测定(表 4),并以境内主要古遗址作佐证(图 1)。

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 5600—7000 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,¹⁴C 测定均在 6000 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,为宜旱宜水的高肥力型水稻土。

海陆成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)^[2]。该区成土年龄在 5000—7000 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

表 4 嘉湖平原土壤 ^{14}C 测定年代
Table 4 ^{14}C dating of soils in Jia hu plain

采样地点 Locality	沉积类型 Sedimentary	土壤类型 Soil types	测定样本 Sample	埋深 (m) Depth	年代(年) Soil age (years)
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 ¹⁾	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

1) 系引自考古资料。

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 2000—5000 年间,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 4200—5300 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,质地粘细,土壤粘闭僵板,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 10 公里,围绕太湖呈弧状分布,成土年龄较短, ^{14}C 测定在 1000 多年,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,部面在犁底层以下有一层灰白色粉砂质层次,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。

五、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、粘粒矿物、 ^{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,1959: 长江三角洲的地貌发育史。地理学报,第25卷3期,201—220页。
2. 吴维棠,1983: 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,38卷2期,113—127页。
3. 严钦尚等,1987: 杭嘉湖平原全新世沉积环境的演变。地理学报,第42卷1期,1—15页。
4. 徐琪,1980: 太湖地区水稻土的发生分类。土壤学报,第17卷2期,120—132页。
5. 罗家角考古队,1981: 桐乡县罗家角遗址发掘报告。浙江省文物考古所学刊,1—42页,文物出版社。
6. 陈跃华,1981: 嘉兴市古遗址调查。浙江省文物考古所学刊,198—202页,文物出版社。
7. 张益农等,1988: 嘉兴水网平原母质类型初探。土壤第20卷2期,22—29页。

APPROACH ON SEDIMENTARY ENVIRONMENTS AND SOIL DEVELOPMENT IN JIA HU PLAIN OF THE NORTHERN ZHEJIANG PROVINCE

Fan Junfang, Huang Jinfa

(Jiaxing Agricultural and forestry Bureau of Zhejiang province, 314002)

Wang Boxian

(Huzhou Agricultural Bureau of Zhejiang province)

Zhang Yinong

(Jiaxing Agricultural school of Zhejiang province)

Wang Guofeng

(Jiaxing Institute of Agricultural Sciences Zhejiang province)

Summary

Jia hu plain is located at the lower Yangtse River Delta. paddy soils occupy about 88% of the cultivated lands. Historically, most of the paddy soils were used for rice-wheat rotation. At the present time, large areas have been adopted for rice-rice-barley (or rape) rotation.

The present article deals with the interrelation between Soil development and sedimentary environments in Holocene period. In order to study the sedimentary substances, We chose four kinds of representative paddy soils (lacustrine loamy albic paddy soil, silt-clayey yellow mottled paddy soil, silt. paddy soil, submergic clayey paddy soil) as testing samples, dating of ^{14}C , distribution of ancient ruins, particle parameter analysis, combination of microfossil and spore-pollen, clay mineral and mineral composition test were used to indicate the kinds of sedimentary substances. The results obtained show that the formation of different paddy soils are deeply influenced by the sedimentary environments. There are four sediments in the Jia hu plain, they are Tai hu lake coastal deposits, continental deposits, marinecontinental deposits and lacustrine deposits respectively. The different sediments affect significantly the distribution, characteristics and development of paddy soils.

Key words Jia hu plain, sedimentary environment, soil development