

太湖地区水稻土的发生分类

徐 琪 陆彦椿 朱洪官

(中国科学院南京土壤研究所)

太湖地区是太湖流域之泛称,包括西起莫干山、北止茅山、南达钱塘江、北到长江右岸的广大地区。在行政上分辖于两省一市(江苏、浙江省与上海市)。除西部与西北部有低山丘陵屏障外,主要是由三角洲形成的平原,故地形平坦开阔,河川纵横,平原间有残丘兀立,并有众多湖泊,水土资源条件均比较优越。共有土地面积近3万平方公里,其中低山丘陵占20.8%,水面积占20.5%,平原圩区占58.7%,可概括为二山二水六分田。

地跨北亚热带与中亚热带过渡地区,气候温暖湿润,光照条件较好,适于某些亚热带经济林木生长,农作物以稻、麦为主,豆、棉次之,长期以来采用稻、麦两熟制,在目前品种组合条件下,可一年两熟或一年三熟(稻、稻、麦)。

该区是古老农业地区之一,据考已有数千年的种稻历史。在长期的生产活动中,兴修水利,平整土地,辟山造田,筑圩围垦,形成大面积水稻土,占耕地面积的90%以上,向誉为“鱼米之乡”。近年来,随着农田基本建设的发展,建成了大面积的高产稳产农田。

对该区水稻土发生与肥力的研究,各地都在进行,由于缺乏一个完整的水稻土分类系统,同名异土、异土同名普遍存在,有碍于科研成果的交流与推广。同时,为了加速农业现代化的建设,实行科学种田,也需要土壤分类作为参考,因此研究水稻土的发生分类不仅有生产意义,而且也有科学意义。

一、水稻土的主要形成过程

水稻土是在渍水耕作条件下形成的一类土壤,除周期性耕作外,还有水这个因素的活跃影响。所以其形成过程与发生性质均具有与众不同的特点。同时,水稻土又是自然因素与人为因素共同作用下的产物,就其条件、过程与属性而言,不仅具有共性,而且也有明显的地区性。该区水稻土的形成过程主要仍是氧化还原交替过程,在这个地区还附加有鳝血形成作用与白土形成作用。现分别简述如下:

1. 氧化还原交替作用。在渍水条件下,植物残体的嫌气性分解,使铁锰还原,土粒分散,由于铁锰低价盐类的渲染,形成青灰色土层或称灰粘层^[1]。

水稻土中由于排水与灌溉有明显的季节性,所以氧化还原过程的表现与一般水成土并不相同,也表现季节性的氧化还原作用。灌溉季节,整个耕层,除表层外,多呈还原状态,排水之后又变为氧化状态,尤其通过耕翻晒垡,在还原情况下形成的一些性状,可完全消失,只在排水不良或地表积水的某些土壤中,在不翻耕时可能有青灰色土团得以出现。由于犁底层的滞留与过滤作用,水稻土中随下渗水流淋溶的物质,尤其是有机物质的数量甚微,同时渗渍层有某些闭合孔隙包含空气,只在为下降水流充塞的裂隙或常年滞水的土层

中才有明显的潜育斑纹出现。形成水稻土特有的斑状潜育层。除起源土壤之残留而外,在水旱轮作下的水稻土中,犁底层以下出现灰粘化的可能性是不大的。这是同水成土的最大差别。

目前在栽培双季稻的情况下,由于泡水时间长,还原作用的影响加重,尤其在耕层变浅,亚耕层的一部分常年得不到翻耕,在排水措施跟不上的田块中,往往出现表潜层(青泥层)。该层结构变坏, Eh 值变低,并含有明显数量的亚铁离子,不仅有碍于通气爽水,而且毒害根系。所以凡出现这种土层的田块,多僵麦僵稻,既不利于水稻活棵,更有碍于旱作高产。

该区改制时间不长,又加强了排水措施,表潜层尚不普遍,并随天气而变化,但对高产稳产的影响已露端倪。例如 1977 年春季多雨,青泥层比较普遍,凡出现这一层的田块旱作物(三麦、油菜)一般都难高产。在双季稻栽培历史长的地区,尤其平原圩区,水稻土中的表潜现象比较明显,形成较厚的青泥层,不仅因机具下陷而有碍耕作,而且也可能是妨碍水稻持续高产的不利因素。

2. 鳝血形成。鳝血指出现于耕层的鲜红色胶膜,是该区水稻土肥力的主要形态指标^[14,16],就鳝血土形成的条件而言可归纳为三。(1)鳝血土多出现于已进入硅铝酸盐风化阶段的母质上,在石灰性母质上是不易形成的。(2)排水状况较好,地下水位适中(旱季地下水位多低于 50 厘米)。漏水田与囊水田不易形成鳝血,如亚耕层出现青泥层者亦难见鳝血。(3)耕层有机质含量较高并不断更新,从多数标本看,鳝血土耕层有机质含量一般多高于 2% 或低于 3.5%,在此变幅之外,耕层中也可能出现鳝血,但不稳定或者形成假的鳝血。

鳝血是一种有机铁的络合物,在淹水季节形成,在落干后出现。在稻田落干过程中,由还原状态逐渐转入氧化状态,土壤溶液不断浓缩渗透,由于犁底层之滞留,这类有机络合物,则附着于亚耕层土团间之裂隙面或孔隙壁上,一般不透过犁底层。所以犁底层对鳝血而言起氧化栅或过滤栅的作用。犁底层结持紧密,大孔隙少,同时,在淹水时期,一般水稻土,尤其爽水性水稻土,从犁底层起多呈氧化状态,由于物理与物理化学环境的突变,可能是鳝血停积于耕层的原因。在犁底层以下,特别在暗沟的孔壁上有时亦发现鳝血斑块,在湿润条件下,其色泽与耕层中的一般无二,但一旦暴露于空气,少则一天,多则数日,其色渐退而转棕黄,最后成锈色,这种鳝血可称为假鳝血。

经电镜组研究证明¹⁾,真鳝血呈网状结构,在网格点阵上附着氧化铁颗粒,而假鳝血的网格状结构则不发育。游离铁,尤其络合态铁,鳝血与鳝血土均明显高于周围土体与非鳝血土。

3. 白土形成。白土同假潜育土有很多相似之处。这类水稻土在本世纪三十年代已经发现,并名为灰化水稻土^[13]。经进一步的研究证实^[14]这类水稻土的形成不是灰化,而是铁质还原淋溶的结果。五十年代之后随着白浆土的确立^[18]与白土的进一步研究^[1,18,15]更证实了上述看法的正确性。现在看来,其形成过程大体上可以分为三个阶段。(1)铁锰的淋溶与淀积:渍水还原首先导致铁锰的淋溶,使包被于土粒或结构体表面的铁锰质胶膜消散,

1) 顾新运、李淑秋, 1979: 水稻土中“鳝血”特性的研究。《太湖地区水稻土肥力研究论文集(摘要)》, 中国科学院南京土壤研究所编。

为粘粒的分散与机械淋溶打下基础。(2)粘粒的淋溶与淀积: 随着铁锰淋溶, 粘粒的淋洗淀积亦趋活跃, 逐渐形成铁锰贫乏、粘粒量低的白土层与粘粒铁锰富集的淀积层。这类剖面的特点是土体全量化学组成明显分异, 而粘粒化学组成则相当均一, 由于这类剖面的形成, 土壤中的滞水现象出现。(3)溶铁作用: 淋溶作用的发展, 使土体中盐基淋失, 在淹水还原时期, 亚铁离子可置换吸收复合体中之盐基, 吸收复合体越来越不饱和, 侵入复合体中的氢离子可使粘土矿物蚀变^[25]。粘粒硅铝率稍变宽, 阳离子交换量变小(表 1)。

表 1 滞水水稻土粘粒的化学性质

Table 1 Chemical characters of clay in stagnating paddy soil

土 层 Horizon	粘粒含量(%) Clay	阳离子交换量 (m.e./100g土) CEC	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$
白土层 (WL)	18.3(5)	44.02(3)	3.30(4)	4.40(4)
黄泥层 (Bg)	38.2(5)	49.68(3)	3.18(4)	3.43(4)

注: 括弧内数字为标本数。部分资料引自参考文献[1]。

Note: Numeral in brackets is number of samples.

对太湖地区白土的形成问题, 已经发表了不少看法^[1, 12], 从目前情况看, 在红壤或黄棕壤及其再沉积物上发育的水稻土, 一般都表现明显的白土化作用, 这是毋庸置疑的。只是由于地形母质不同, 表现有所不同而已。在由黄土组成的平原上, 在海拔高于 5 米的地段、水稻土中普遍出现白土层, 该层下限在 50 厘米左右, 粉沙量较高, 所以有人认为是两次沉积造成的^[12], 重矿物分析证明, 两层矿物组成基本一致, 可以进一步说明白土形成作用不是双层母质造成的。而在海拔 4—5 米的低平原地区黄土母质较粘, 白土发育迟缓, 犁底层下的白土层厚不足 10 厘米。在圩区粗粉沙量稍高的母质上也可因潜育作用形成白土层, 丘陵地区由于修筑梯田, 土层多经扰动, 种稻后不仅白土形成迅速, 而且由于水分侧渗, 在剖面中下部往往形成侧漂层。

目前, 太湖地区的白土在形态上所以变得比较复杂, 既同起源土壤的残留特性有关, 也同水稻土的发育有关^[16]。例如白土中的铁锰结核, 看来是起源土壤残留下来的, 或是在水稻土形成的早期形成的, 因为在目前水旱轮作条件下灌溉水量大, 同时排水落干快, 这都是不利于铁锰大量积聚的。另外, 由于人为耕作翻动, 白土层层位有的紧接犁底层, 有的下移到 40 厘米以下, 有的白土层已全部消失。从白土的某些理化性质看, 例如盐基饱和度高, pH 值接近中性都是不利于溶铁作用的。但是从另一方面看, 例如白土层中粘粒硅铝率略宽与粘粒交换量较低, 而且 pH 值有随肥力降低而下降的趋势, 也不能排斥溶铁作用的影响。

此外, 沿江冲积平原上的水稻土目前尚处脱石灰阶段。一般讲, 灌溉水可以促进土壤中的脱钙作用, 但是由于淤灌与施用河泥等措施, 在剖面中上部已无石灰的土壤上耕层往往出现复石灰现象。

二、地形、母质与耕作制度对水稻土的影响

水稻土是人工水成土。举凡水稻可以正常生长,有灌排条件的地区和土壤上均可以形成发育。因此,为了说明水稻土的发生特点,谈谈地形、母质与耕作制度同水稻土发生特点的关系是必要的。

1. 地形、母质与水稻土发生的关系。太湖地区由高而低,由西而东,地形、母质的历史演变是清楚的,对水稻土的形成发育颇有影响。

低山丘陵地区地形、母质同水稻土的关系。低山虽然由比较古老的岩层组成,但其风化成土产物多遭侵蚀,对水稻土影响不大,而影响较大的是红色风化壳及其上之土壤。根据地质学家的见解这是早、中更新世间冰期的形成物,北部多为下蜀黄土覆盖,只在山麓阶地有所出露,下蜀黄土的南界可达安徽宣(城)、郎(溪)、广(德)与弁山一线,在其附近偶见有下蜀黄土下伏红土的剖面与黄土残丘,其南以红土为主,其北下蜀黄土与红土在山麓交错分布。红土风化程度较高,种稻后,尤其在土层已扰动的梯田上,白土形成十分明显^[7]。

下蜀黄土是继红土之后沉积的,其上发育了黄棕壤,关于下蜀黄土的成因其说不一,主风成者有,主泛溢说者也有^[4],不论哪种学说均难以解释其多样性。从成土风化角度讲,在其沉积之后,经过冰期间冰期之更迭,气候几经变迁,尤其间冰期到来,海平面上升,气候湿热^[9],出现较强的淋溶过程,其中之粘盘、胶膜、铁锰结核与灰色条纹,可能是当时的形成物,同时与生物气候变化一致。下蜀黄土及其上土壤淋溶程度由北而南逐步增强^[7],种稻后的白土形成过程也有同样趋势。值得提出的是宁镇山系周围的黄土,不仅含磷量高,而且改稻后白土形成作用表现不甚明显。这是同山系周围新构造运动的抬升幅度大、剥蚀重有关呢?还是同灰岩的风化产物有关呢?确是值得进一步探讨的。

平原地区地形、母质与水稻土发生的关系。第四纪地质学家认为平原地区的沉积物都是全新世以来沉积的,但是从沉积物的形态与性质看,组成太湖平原的物质同下蜀黄土颇为相似,粘土矿物均以水云母为主,并有高岭与蛭石^[9]。种稻后也容易形成白土。

这一平原呈龟背状,以洮滆湖与锡澄槽河地区最高,海拔多在7米以上,向南斜倾,至阳澄湖与泖淀湖左近没入地下,这一平原的内部不仅有湖泊洼地,而且有冲沟形成,这是地壳有升有降的证明,据古地理研究证明第四纪以来,先后有过三次海侵,最后一次海侵发生在距今16500—13000年之间^[9]。海水内侵、海岸线达到丘陵地区之边缘^[11],这一平原沦为翰海,这种说法应作具体分析。从成土物质看,这一平原未受海水侵淹,只是由海面上升,海水顶托、太湖水域扩大,由于潮汐作用,使湖岸不断侵蚀,形成母质的微域差异,影响土壤的微域分布规律,例如在江苏省吴县金山公社范围内,海拔5.3米以上系白土,5米以下系黄泥土,而两者之间为黄泥白土,显示母质对土壤之影响。正因为这一原因,所以在太湖平原中部(海拔6米以上)多出现白土,而平原与圩区过渡地区(海拔4米上下)多出现黄泥土。

1) 许冀泉等, 1979: 太湖地区水稻土中的粘粒矿物。《太湖地区水稻土肥力研究论文集(摘要)》, 中国科学院南京土壤研究所编。

在距今 7000 年前后,地壳下沉^[20]、海岸东移,长江入海口在镇江江阴之间¹⁾。长江两岸的沙堤形成,北岸即高沙地带,南岸即孟河平原,沉积物多沙性,石灰虽已淋失,但剖面中尚残存石灰结核。之后,随着地壳继续下沉、三角洲迅速成长,沿江平原形成,这一垄状平原之主体或称岗身,可从常熟县北部的浒浦一直延伸到上海附近,组成物质虽然为壤质,但有向下游变细趋势。据岗身内侧古泻湖埋藏泥炭的¹⁴C测定,距今 5785 ± 185 年,由此推断岗身的形成当为距今 6000 年左右²⁾,其上土壤石灰淋洗明显,剖面中下部见豆状石灰结核或钙积层。由岗身向外或向下游伸延。多为有史以来或者具体的说是唐宋以后成陆的,目前仍在堆积成陆中,其上土壤不仅呈强石灰性,而且沙粘间层明显。钱塘江夹带泥沙量少,堆积慢,杭州附近的平原与孟河平原成因类同,但无石灰结核。而嘉兴崇福一带的平原成陆时间与岗身相当,但其淋溶作用较强。剖面中只有石灰铁质结核,粘土矿物鉴定也证明,沙州县与嘉兴县所采标本类似,均以蒙脱与水云母为主。而平湖一带平原成陆时间迟,可能受长江迴流沉积影响,其粘土矿物组成同沙州县的标本类似,均以水云母与蒙脱为主,并有绿泥石。

湖荡洼地地形、母质与水稻土发生的关系。据考太湖入海通道凡三,即娄江、黄浦江与晋江,黄浦江为主要泄洪干道,由于长江迴流沉积使黄浦江沿岸沉积成为平原。其上土壤与岗身上的土壤类似。这一平原的形成使湖泊洼地一分为二,其北的阳澄湖洼地,多受近代长江泛滥影响,沉积物多呈中性到微碱性,覆盖现象普遍,其上覆盖层除受潜育作用影响呈灰色外,常见豆状石灰结核,灰粘化作用不显著。而其南部之沼泽土,物质来源于东西苕溪,物质来源少,堆积慢,在湖流影响下,底部多粗粉沙质,其上有厚度不一的湖积层,越近湖滨湖积物越薄,直至形成小粉沙土。这类土壤呈中性—微酸性,并间有返酸田之出现。

2. 耕作制度的演变与水稻土发生发展的关系。水稻土的发生发展除受自然因素的影响外,主要还受人定向培育措施所左右,具体说,人们培育水稻土的方向和措施均视耕作制度而定。为了满足耕作制度对土壤条件的要求,便需采取相应的改土培肥措施。

太湖地区也是一个古老农业区。考古发现^[21],在距今数千年前,即所谓青莲岗文化期已有水稻栽培,当时处于渔猎向农业的过渡阶段,采用类似轮荒的田莱制^[2],并开始筑圩围田^[22],以防洪涝。这是该区稻田土壤形成的开始。之后随着社会的发展和农业技术的进步,到春秋战国时代,为了满足对粮食日益增长的需求,在扩大耕地的同时,也增加了复种,田莱制渐被水稻连作代替,《周礼》曾有扬州荆州宜稻的记述,当时太湖地区属扬州所辖。使水田土壤的发展又进入另一阶段。据古籍记述,唐宋时代三麦开始在该区引种。宋代曾为推行与巩固稻麦两熟制做过一番努力^[20]。《吴郡图经续记》曾有“吴中……其稼则刈麦种禾一岁再熟。稻有早晚其品名甚繁”的记载^[23]。由此可见,稻麦两熟在该区实行只千余年历史。宜稻宜麦的水稻土开始培育。爽水水稻土成为定向培育的目标。目前水稻土的某些诊断性质开始出现与形成。由此可见,水稻土的发生演变同耕作制度的更替是休戚相关的。不同耕作制度条件下形成的某些水稻土发生特征,在目前有的已经消失,

1) 江苏省水利厅, 1961: 太湖地区水利史。(资料)

2) 陈吉余, 1978: 历史时期的海岸变迁。(未刊稿)

有的可能保留下来,从而使水稻土的发生性质变的十分复杂。

三、水稻土的发生分类

研究水稻土发生分类的工作已经进行了四十多年,但能否成为一个独立发生类型的问题,直到目前并未解决,在几家有影响的土壤分类学派所制定的分类系统中,水稻土并没有明确的分类位置。

在从事研究水稻土发生分类的土壤学家中间,尤其在中日土壤学家中间,虽然重视水稻土发生分类的研究,但由于对水稻土的概念理解不同,在分类上也大相径庭,为了制定太湖地区水稻土的分类,对前人的工作进行回顾是必要的。

1. 水稻土分类观点的简介。有关研究水稻土分类的文章相对而言,虽然比较少,但也反映出一些不同的观点,现归纳简述如下。

三育观点。潴育、淹育与潜育简称三育^[5,7,21],着重表达渍水耕作条件下水分状况与水稻土发育的关系,提出的发生层及其划分原则直到现在仍未失去其科学意义。由于当时科学技术水平限制,对那些是水稻土的诊断层与诊断特性同起源土壤没有明确区分,故分类依据并不十分明确具体。与之类似的观点是三水与三源,所谓三水是指地表水、地下水与过渡型水(或称良水)而言^[21,26,27]。着重表达水分类型与水稻土的关系,日本学者研究较多^[32]。尽管研究了铁锰淀积与潜育斑(或潜育)层的划分依据,并作为进行水稻土分类的标准,但由于对水分类型与土体构型的相关性简单化,也没有明确指出水稻土的固有特征,所以对水稻土的概念则比较含混。三源的概念是缘起于水成土、半水成土与自成土(或称为沼泽土、草甸土与地带性土),着眼于起源土壤,虽然也得到了不少的赞同^[29,34,36,39],但是,陷入了种稻土壤均为水稻土这一泛泛概念,借以区别水稻土的诊断层多为起源土壤所固有,而没有重视水稻土特有的诊断性质,所以其分类多雷同于一般水成土与半水成土的分类。

地理发生观点。在以三水或三源区分土类的基础上,以熟制或熟制下水稻土某些差异作为将土类合并成亚纲的依据。如分成双季稻、稻麦两熟、单季稻……等亚纲^[3,21],这一分类的弱点在于熟制并不是土壤本身的属性,而且如同地理发生学派的分类一样,是处理分类的一种方式,而不是真正的分类学。

诊断层观点。自美国第七次分类草案问世之后,各国土壤学家竞相效尤,相继提出了两种分类原则,继杜德^[37]之后,松板太明^[33]提出了日本水稻土与美国分类的对应方案,这是三源观点的合乎逻辑的发展。而川口与久马^[30,31]则提出了以水稻土淀积层的发育程度作为区分水稻土与稻田土壤的指标,凡有淀积层发育的水稻土名为 Aquorizem,而无 B 层发育的,不论种稻多少年均不应称为 Aquorizem,而只能在起源土壤中作为亚类处理。音羽道三(1967)提出铁锰淀积层与表潜层作为水稻土之诊断层。这两种观点均颇有借鉴之处,只是还不够完整。试想 B 层有铁锰淀积层与粘粒淀积层之分,其发育程度同地形母质与水分类型有密切关系,而表潜层是一定耕作制度下的产物,所以作为水稻土的诊断层是值得商榷的。

2. 关于水稻土的概念。早就有人提出水稻土一名不宜作分类学名称,且易混淆。水

稻土分类观点的分歧关键在于对水稻土概念的理解,现在看来对水稻土的概念可分为三种,即凡种稻土壤均称为水稻土^[33],已有发育的稻田土壤以及有B层发育的水稻土^[30,31]。前一种观点太泛,而后一种观念偏窄,至于已有发育的水稻土如何理解,是在分类之前首先需要回答的问题。

谈到水稻土的发育,首先得确认水稻土是在灌溉耕种条件下形成的人为水成土。由于灌水与耕作的影响,应该具有其诊断特性,诊断层及其特有的土体构型。一般都知道,水稻土中的物质淋溶淀积决定于氧化还原作用。而主宰淋溶物质在剖面中分配的则是水分类型。在一定的水分类型下,形成一定的诊断特性与土体构型,而土体构型已经形成又反过来影响物质在剖面中的再分配,所以土体构型与水分类型是一个不可分割的整体,仅仅用三源与三水概括是远远不够的。关于水稻土发生层的划分依据,也随着对水稻土概念的不同而异,持三源观点的学者一般都把起源土壤的诊断层作为水稻土发生层,而持三水观点的学者则着眼于铁锰的淋溶淀积与潜育斑纹的形成^[21,32],我们认为都是不够全面的。从太湖地区水稻土特点看,耕层、犁底层、渗渍层与淀积斑状潜育层是必备的四个层次,由此构成了水稻土特有的土体构型。

耕层(A):在淹水季节,除表层呈氧化状态外,其余均处还原状态,糊烂而不成型,旱季耕层也分化成两层,第一层的表面,厚仅几毫米,致密有的呈片状,其下5—6厘米由较分散的土粒组成,较致密,根锈多,第二层厚7—8厘米土团大而裂隙多、在不翻耕时,可能出现夹灰土团,表面可能附着胶膜或鳞血。因长期种植双季稻则可形成青泥层(Ag)。

犁底层(P):紧实、容重较大,起氧化栅或过滤栅作用,锈斑锈线多而色暗。

渗渍层(W):具垂直裂隙,稜块稜柱结构,外被胶膜,内淀锈色斑纹,胶膜厚薄不一,色泽有淡有暗。白色渗渍层(WL)与侧漂层(SL)是淋溶较强的反映。

淀积斑状潜渍层(Bg):稜块状结构,结构体小,而节理无方向,胶膜薄,锈斑大而呈淡黄,质地较粘重。

在一般情况下,犁底层之下土层都是水稳性的。当然这种划分仅是以形态为依据的。从铁锰淋溶淀积而言,除耕层受施泥肥影响,铁锰多累积外,犁底层以下既有淀积,也有淋溶,渗渍层尤其如此,同时铁锰的分离淀积同土体构型的发育和水分状况的变化又有密切联系,所以只注意铁锰淀积,而不研究水分状况的变化对铁锰重新淋溶的影响是很难说明水稻土形态发生特点的。

基于上述,凡是具备耕层、犁底层与渗渍层的稻田土壤方能称为水稻土,而无渍渗层发育的稻田土壤不应看作水稻土。

3. 关于水稻土的分类原则与系统。在研究水稻土分类时,应说明我们构成分类系统的二个原则。(1) 水稻土的诊断性质与诊断层是在渍水耕作条件下不断形成的,并随水稻土的发展而完善,同时与耕作制度有密不可分的联系。(2) 水稻土是在不同母质上发展起来的,随着水稻土的形成发育,母质的某些性状消失,但母质的残留特性仍然存在,由此可以判断水稻土在发展上的阶段性。

太湖地区水稻土分类系统暂分为五级,其划分依据如下:

一级 成土过程所影响的主要诊断层之有无,以及由主要诊断层所构成的土体构型与水分类型上的类别。

表 2 太湖地区水稻土分类系统简表
Table 2 The classification system of paddy soils in Tai-lake area

一 级	二 级	三 级	四 级
爽水水稻土 Permeable paddy soil	典型爽水水稻土 Typical permeable paddy soil	黄土状母质 Loessal deposits	黄 泥 土 乌 黄 泥 土
	过渡爽水水稻土 Intermediary permeable paddy soil	湖积, 冲积物 Old lacustrine alluvial deposits	黄 泥 土 黄 板 塌 土
		粉质黄土状母质 Silt-loamy loessal deposits	乌 散 土 白底乌散土
侧渗水稻土 Side bleaching paddy soil	典型侧渗水稻土 Typical side bleaching paddy soil	淋溶的黄土母质 Bleached loess	白 土 头 板 浆 白 土 乌 白 土 小 粉 土
	过渡侧渗水稻土 Intermediary side bleaching paddy soil	黄土母质 Loess	马 干 土 黑 马 干 土
滞水水稻土 Stagnating paddy soil	典型滞水水稻土 Typical stagnating paddy soil	粉质黄土母质 Silt-loamy loessal deposits	小 粉 白 土 细 沙 白 土
	过渡(表潜)滞水水稻土 Intermediary stagnating paddy soil	黄土或冲积-湖积物 Loessal deposits or alluvial-lacustrine deposits	黄 泥 白 土 青 黄 泥 土
囊水水稻土 Waterlogged paddy soil	典型囊水水稻土 Typical waterlogged paddy soil	湖积物 Lacustrine deposits	青 沙 土 青 泥 白 土 沙底青紫泥 青 紫 泥
		石灰性湖积物 Limy lacustrine deposits	乌 棚 土 沙 乌 棚 土 黄 泥 头 土
	过渡性囊水水稻土 Intermediary waterlogged paddy soil	湖积物 Lacustrine deposits	青 泥 土 草 楂 青 沙 土 沙底青泥土
		石灰性湖积物 Limy lacustrine deposits	灰 护 底 竖 头 乌 棚 土
漏水水稻土 Percolating paddy soil	典型漏水水稻土 Typical percolating paddy soil	冲积物 Alluvial deposits	乌 沙 土 乌 泥 土
		海岸沉积物 Coastal deposits	狗 头 沙 土 小 粉 沙 土 黄 泥 底 沙 土
	过渡漏水水稻土 Intermediary percolating paddy soil	层状冲积物 Alluvial deposits with interbedded clay and sand layer	黄 夹 沙 沙 夹 黄 沙 土

- 二级 体现类型内主要诊断层之变异与土体构型上的变化,既有典型的,也有过渡的。
三级 不同母质和质地剖面类型以及水分状况上之差异。
四级 主要依据半米土层内质地层次排列或机械组成上的差异。
五级 耕层质地,结构与耕性变化,鳝血有无为形态指标。

第一级是基本分类单元,体现与物质淋溶淀积有关的土体构型与水分状况。对一个地区而言,区体水分状况比较稳定,具体到一个田块或一方田而言,经过人工排水,水分状况可能有较快的变化,但与现时水分状况一致的剖面性态的形成则需要一个相当长的过程。所以对水分状况而言并非是一个不可捉摸的因素。第四级系基层分类单元,即一个分类系统的基础,必须具有相对稳定的性质,所以考虑以根系活动层内相对稳定的性状作为划分依据。耕层中的某些性状易受人为措施所左右,不宜作为基层分类单元的划分依据。

在命名上采用分段命名法,即第一级到第三级采用连续命名,而第四级开始采用当地习用名称。

现将太湖地区水稻土的分类列于表 2。

4. 水稻土类型的主要发生特点:

爽水水稻土 这类水稻土的土体构型由耕层(A)、犁底层(P)、渗渍层(W)与淀积斑状潜育层(Bg)组成。

由于受人为影响深刻,在这类水稻土半米或甚至一米土层都是由人工堆叠或翻动过的。广泛分布于太湖平原地区,多为近村田。

总的来说,这类水稻土的剖面分异不甚明显,粘粒有所移动,在犁底层与淀积斑状潜育层粘粒量较高,但未形成明显的粘粒淀积层次。游离铁锰在剖面中有所淋溶淀积,而且与无定形铁锰不同。游离铁除耕层外,自犁底层开始向下开始淀积,所淀积斑状潜育层最高,而游离锰在渗渍层下部最高。无定形铁以犁底层与渗渍层上部最高,而无定形锰的累积位置低于铁,铁淀积层在上,锰淀积层在下的这种特点同爽水状况有密切关系(图 1A)。

侧渗水稻土 这类水稻土的土体构型由耕层(A)、犁底层(P)、白色渗渍层(WL)与侧漂层(SL)组成。

这类水稻土分布于丘陵地区的梯田中,在建造梯田时土层多经扰动。由于受地形影响,水分由高而低流动,所以除上部土层受淋溶外,在原地表与堆叠土层之间辄有侧向水流,故经常形成侧漂层。

这类水稻土质地剖面一般是上部粉沙量高,而下部较粘重,这既同淋淀作用有关,也同地表流失有关。游离铁锰在耕层、犁底层较低,淀积斑状潜育层最高,但其下之侧漂层游离铁锰量则较低。无定形铁锰则是另一种情况,无定形铁除耕层犁底层较高外,向下渐低,以侧漂层最低。无定形锰在白色渗渍层累积,而下渐少,以侧漂层与其下土层最低(图 1B),这说明侧漂层只淋洗铁锰,而对粘粒并不影响。

滞水水稻土 这类水稻土的土体构型由耕层(A)、犁底层(P)、白色渗渍层(WL)与淀积斑状潜育层(Bg)组成。

这类水稻土广泛分布于太湖平原地区,在高平原地区尤为集中连片,一般为远村田。

这类水稻土的剖面淋淀作用最明显。不仅有粘粒淋洗层,也有粘粒淀积层,剖面分异

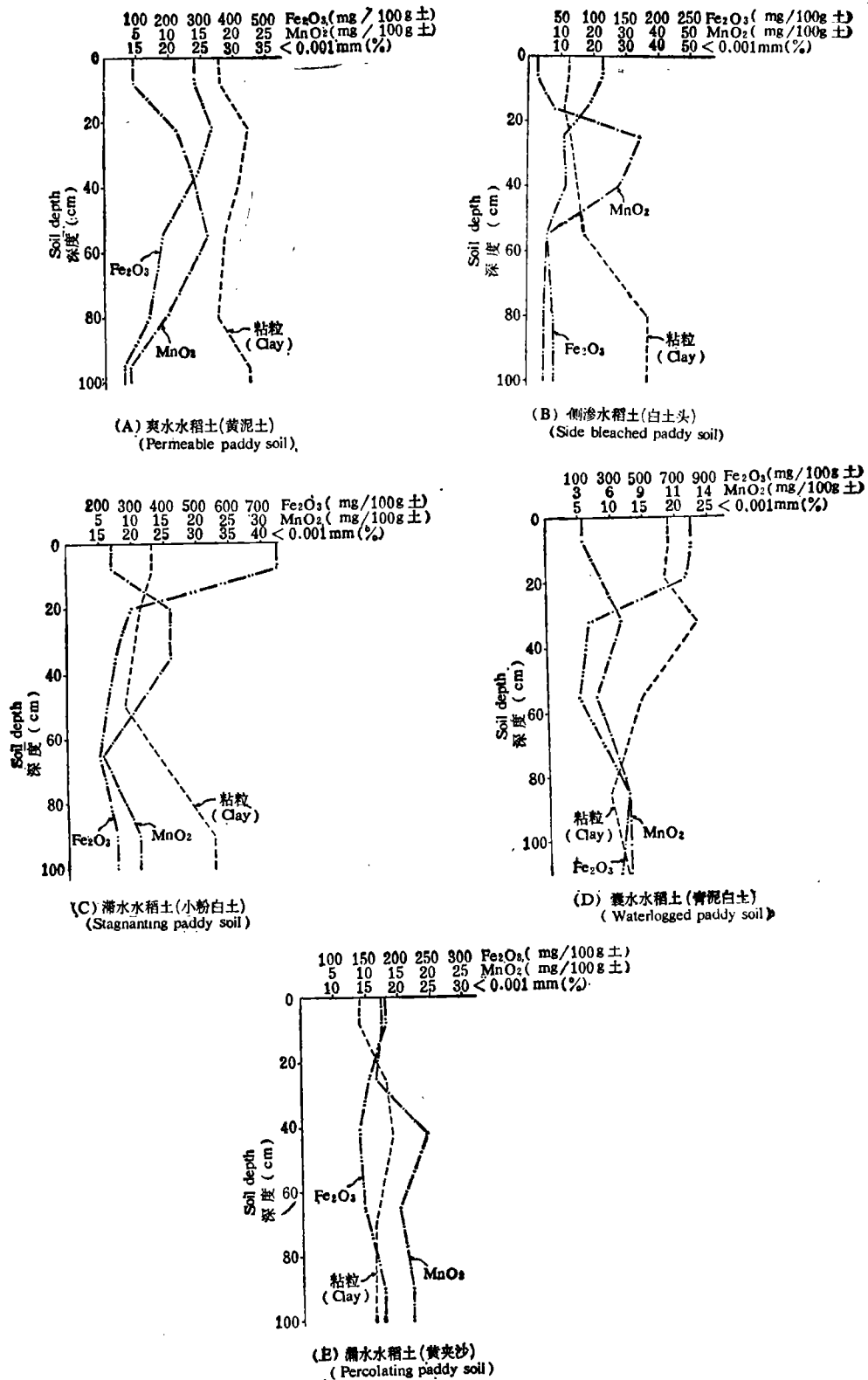


图 1 粘粒、无定形铁锰在水稻土剖面中的分布

Fig. 1 The distribution of clay and amorphous Fe_2O_3 , MnO_2 in the profile of paddy soils

度(Bg层容重×粘粒/WL层容重×粘粒)多大于1.5,甚至2。与粘粒淋洗淀积一致,游离铁锰以白土层最低,淀积层最高,犁底层铁锰均有累积。无定形铁耕层比犁底层高,向下渐少,而淀积斑状潜育层最低,无定形锰耕层较低,犁底层与白土层最高,淀积斑状潜育层最低(图1C),这同粘粒淀积层滞水有密切关系。充分表明土体构型、水分类型同铁锰淋淀的互相关系。

囊水水稻土 这类水稻土的土体构型是由耕层(A)、犁底层(P)、渗渍层(W)与潜育层(G)组成。因系由沼泽土演变而来,故在剖面中下部仍有残留的潜育层存在。

这类水稻土多分布于湖荡圩区,脱沼泽程度多与微地形起伏关系密切。堆叠土层厚的头进田原潜育层几乎下降到70—80厘米以下,由二、三进田到圩心田,原潜育层层位依次升高。

机械组成剖面除表层40厘米以上受人为施用泥肥影响质地变轻外,其下系湖相沉积剖面,粘粒由上而下渐减。游离铁锰与形态剖面一致,渗渍层下部为白色土层,两者含量较低,而无定形铁锰则不尽相同。无定形铁以耕层和犁底层最高,向下减少,而无定形锰则以渗渍层较高,水分经常潜渍的土层较低,其下又有增高(图1D),从形态分析可能系起源土壤之影响。

漏水水稻土 这类水稻土的土体构型由耕层(A)、犁底层(P)、渗渍层(W)、淀积斑状潜育层(Bg)或母质层(C)组成。

在沿江平原地区这类水稻土有最广泛的分布。因该平原成陆时间是愈近江边愈短,所以水稻土的发育也因之而异。有的已发育为水稻土剖面,有的在渗渍层下即有沙粘间层。

这类水稻土的机械组成剖面受沉积层理与粘粒移动双重影响。如图1E所示,粘粒在渗渍层有所增加,结合胶膜看可能同淀积有关。其下即为母质层。游离铁锰同粘粒量有关,而无定形铁锰则有重新淋淀趋势,铁以耕层与犁底层最高,向下渐减而底层稍高,锰则在渗渍层以下较高,可能同漏水状况有关。

参 考 文 献

- [1] 于天仁、谢建昌、杨国治、高子勤、陈家坊、沈壬水、丁昌璞、周起昆, 1959: 太湖流域低产“白土”的成因及其改良。土壤学报,第7卷1—2期,42—58页。
- [2] 友于, 1959: 由西周到前汉的耕作制度沿革。农史研究集刊,第二册,科学出版社。
- [3] 中国科学院土壤研究所土壤普查组, 1959: 南方水稻土发生分类问题。土壤学报,第7卷1—2期,28—41页。
- [4] 方鸿祺, 1961: 长江中下游第四纪地质。地质学报,第41卷3—4期,354—366页。
- [5] 朱莲青、马溶之、侯光炯、宋达泉, 1938: 水稻土土层分类及命名概则。土壤特刊乙种4号,73—78页。
- [6] 朱莲青, 1940: 水稻土的构造。土壤季刊,第1卷2期,11—17页。
- [7] 朱莲青, 1941: 水稻土应该成为一个独立土类么。土壤季刊,第1卷3期,48—58页。
- [8] 朱长文,同治癸酉十月:《吴郡图经续记》。江苏书局刊版。
- [9] 陈吉余, 1959: 长江三角洲的地貌发育。地理学报,第25卷3期,201—221页。
- [10] 李长年, 1962: 清代江南地区的农业改制问题,中国农业科学,第7期,44—50页。
- [11] 肖楠森, 1959: 华东“地下海”。南京大学学报,第2期55—78页。
- [12] 周传槐, 1958: 江苏省的白土水稻土。土壤学报,第6卷4期,217—227页。
- [13] 侯光炯、马溶之, 1938: 江西省南昌地区灰化水稻土的形态特点。土壤特刊甲种3号。
- [14] 徐琪、陈志诚, 1961: 瓣血土的形成及其在土壤改良上的意义。土壤通报,第4期43—57页。
- [15] 徐琪, 1962: 长江中下游白土的分布规律及其形成过程。土壤学报,第10卷1期,44—52页。

- [16] 徐琪, 1964: 苏南地区水稻土之发生演化。土壤学报, 第 12 卷 1 期, 63—73 页。
- [17] 徐琪、费振文、陆彦椿, 1964: 江苏黄土地陵上土壤分布规律、发生特点及其利用。土壤通报, 第 3 期, 8—16 页。
- [18] 曾昭顺、庄季屏、李美平, 1963: 论白浆土的形成和分类问题。土壤学报, 第 11 卷 2 期, 111—129 页。
- [19] 曾昭顺、尹焕章, 1961: 江苏古代历史上的两个问题。江海学刊, 第 12 期, 1—28 页。
- [20] 虞志英, 1959: 长江三角洲新构造运动。华东师大地理论文集, 第 3 期, 35—48 页。
- [21] 菅野一郎, 1964: 日本水稻土的新分类系统。土壤译丛, 2 期。
- [22] 熊毅, 1941: 水稻土命名之商榷。土壤季刊, 第 1 卷 3 期, 42—47 页。
- [23] 熊毅, 1941: 水稻土的某些化学性质。土壤特刊, 甲种 4 号。
- [24] 缪启愉, 1959: 吴越氏在太湖地区的圩田制和水利系统。农史研究集刊, 第二册, 139—155 页。
- [25] Brinkman R., 1970: Ferrollysis, a hydromorphic soil forming process, *Geoderma* 3.
- [26] Kanno I., 1956: A scheme for soil classification of paddy fields in Japan with special reference to mineral paddy soils. *Bull. Kyushu Agr. Expt. Sta.* 4: (2).
- [27] Kanno I., 1962: A new classification system of rice soils in Japan, *Intern. Soc. Soil Sci.* vol. 4 and 5.
- [28] Kanno I., 1977: Genesis of rice soils with special reference to profile development (not for publication).
- [29] Kasase K. etc, 1973: Color photographic of paddy soils, Kodansha.
- [30] Kawaguchi K. and Kyuma K., 1969: Lowland rice soil in Malaya, Rep. On Research in Southeast Asia Nat. Sci. Seris No 5.
- [31] Kawaguchi K. and Kyuma K., 1969: Lowland rice soil in Thailand Rep. On Research in Southeast Asia Nat. Sci. Seris No 4.
- [32] Matsui T., 1966: A proposal on a new classification system of paddy soils in Japan, *Pedologist* vol. 10.
- [33] Matsujaka Y., 1969: Study on the classification of paddy soil in Japan (English summary), *Bull. Nat. Inst. Agr. Sci.* B 20.
- [34] Mutsuchi, 1974: Pedogenic characteristics of paddy soils and their significance in soil classification (English summary) *Bull. Nat. Inst. Agr. Sci.* B 29.
- [35] Otowa M., 1967: The nomenclature of soil horizon in paddy soils (English summary) *Bull. Nat. Inst. Agr. Sci.* B 18.
- [36] Oyoma M., 1962: A classification system of paddy rice field soils based on their diagnostic horizons (English summary) *Bull. Nat. Inst. Agr. Sci.* B 18.
- [37] Дададь Р., 1965: К вопросу о генезисе и классификации рисовых почв. География и классификация почв Азий, Москва.
- [38] Фридланд В. М., 1965: Тропические почвы рисовых полей на примере северного Вьетнама. Докл. к Междунар. Конгрессу почвоведов.
- [39] Пантон В. М., 1965: Почвенные карты Малайи 1962 года. География и классификация почв Азий, Москва.

THE GENESIS AND CLASSIFICATION OF THE PADDY SOILS, TAI-LAKE BASIN, JIANGSU PROVINCE, CHINA

Xu Qi, Lu Yan-chun and Zhu Hong-guan
(*Nanjing Institute of Soil Science, Academia Sinica*)

Summary

Tai-lake basin locates at the lower Yangtse delta under a northern monsoon climate. It covers an area of about 30 thousand square kilometers. Paddy fields occupy about 90% of the total cultivated area.

Historically, most of the land are used for rice-wheat rotation annually. At present, when conditions are favorable, large areas have been adapted for three crops a year i. e. rice-rice-

upland crops (barley, rape or wheat). It is one of the high productive areas in this country with annual yield averaging 9—10.5 tons of grain per hectare.

Since paddy soils are developed under long time of submersion with periodical wet and dry cultivation, the main pedogenic process of paddy soil is alternative action of reduction and oxidation accompanied with the formation of ferro-humic coating and streaks and formation of Paitu. In consequence, the morphological feature of paddy soils as well as their physical, chemical and biological properties are diverged from the original upland soils. The presence of a plowed layer, plowpan, perco-submergic layer or illuvial gley spotted layer usually characterizes the specific features of a paddy soil profile.

Gleization process prevails in all submerged soils. However, owing to the periodical wet and dry state during rice cultivation, reduction potential appears only in the surface layer of paddy soil at a waterlogged condition. Once the flooding water has been drained off, the surface soil begins to segment into plowed horizon and subplow horizon. Only in the case of poorly drained paddy fields, gley colored clodds and granulars appear in the subplow horizon. Deeper subsoils below the plowpan layer generally possess an oxidation potential, and gleid speckles occasionally coat the surface of soil cleavages. The formation of spotted gleid clayey horizon seldom occurs in the paddy soil of Tai-lake area.

The formation of the reddish speckles and streaks coating on the soil clodds and cleavages is usually through the following processes. A ferro-humic complex is firstly formed under the submerged condition at a reduction potential. But the reddish coloration appears only at dry state when the ferrous substances are partially oxidized into ferric states. Paddy soils bearing such a pedogenic process characterize high fertility and productivity. Conditions necessary to provide the formation of ferro-humic complex involve following three factors, at first a decalcified deposits of neutral to slightly acid reaction; secondly, a well drained condition with water table below 50 cm at dry period; thirdly, a high content of humus in the surface soil and the active portion of the humic matter is constantly renewed.

Paitu or soils with a bleached sub-horizon are formed by another pedogenic process under rice cultivation. These soils are usually developed on red earth, high leached loess (The Xiasu loam) or decalcified alluvial and lacustrine deposits. The development of bleached soil undergoes three stages. At first, the iron-manganese coatings occurred on the original soil profile are destroyed under the reduction potential of a submerged state, followed by the dispersion of soil particles and then facilitated the downward migration of clay. Secondly, illuviation of clay particles and ferro-manganous materials converts the reducing horizon into a whitish silty layer, characterizing the typical feature of Paitu, which is under laid by a layer of clayey deposit rich in Fe-Mn materials. Thirdly, further development of the bleaching process makes whitish silty horizon weakly acid and the colloidal fraction of this horizon shows a comparatively high $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ and low exchange capacity of clay, in comparison with any other parts of the soil profile.

Recently, paddy soils are denominated as anthraquic soil, which is classified into five main soil groups according to the pattern of soil profile and its water regime. They are permeable paddy soil, side bleaching paddy soil, stagnating paddy soil, waterlogged paddy soil and percolating paddy soil.