

华南地区泥肉田的熟化特性及其定向培育

龔子同 陈志誠

(中国科学院土壤研究所)

我国华南地区广大农民把当地高度熟化的水稻土称为泥肉田。通过调查研究,在同一土壤气候带内,不同起源的水稻田,都有发育成泥肉田的可能性,所以研究泥肉田的形成、特性和培育具有很大的现实意义。

一、泥肉田形成的土壤地带性

我国水稻土分布很广,横跨各个土壤生物气候带,发育于各种母质上,几乎遍及全国各地。其中以秦岭—淮河以南的丘陵谷地和江、湖冲积平原上分布最为广泛。由于人们因地制宜地利用了自然条件,在不同农业气候条件下,创造了不同的耕作制度,采取了相应的耕作、灌溉和施肥措施,因而给各个地区的水稻土打上了深刻的农业地带性的烙印。

华南地区,由于人们充分利用了当地的热量和土壤条件,创造了双季稻连作的耕作制度。为了满足两季水稻对水分的要求,需要灌溉的时间长,年需水量也较大,土壤淹水通常占全年三分之二的時間,年需水量约为700—1,500毫米。只要渗漏良好,水稻土地下水位可以高至50厘米左右,而不必采用开沟排水措施,同样可以满足水稻丰产的要求。由于酸性土壤母质的养分贮量并不丰富,为了满足两季水稻对养分的要求,与灌溉的同时,必须加强耕作和施肥措施,在人为的培育下,水稻土逐渐改变母质所遗留下的特征,产生一系列新的特性。耕层酸碱度迅速自pH 4.5—5.5提高到5.5—6.5,盐基饱和度自20—30%增至60—80%,有机质含量亦由1—2%增至3%左右,有机质的碳氮比为11左右,第一组胡敏酸含量较高,有效性磷钾也大为丰富;在微生物方面,球菌的数量也较高。培育这种两季水稻丰产所赖以生长的土壤,主要是在水耕的情况下进行,所以泥肉田的形成是以水耕熟化过程为主。

在长江中下游地区,人们因地制宜地创造了稻麦两熟的耕作制度。土壤灌水时间较短,需水量也较少,一般一年中约有三分之一的时间土壤淹水,年需水量500—1,000毫米,高度熟化的水稻土,地下水位一般不超过60—80厘米,耕作施肥等措施也不同于泥肉田,即要在夏秋满足水稻生长需要,同时在冬春也要使三麦不受湿害而得到丰产。高度熟化水稻土是鱗血蚕砂土,呈中性反应,盐基饱和,土壤的微结构状况较双季稻还佳,有机质2.5%左右,腐殖质组成亦较复杂,碳氮比在10左右。第二组胡敏酸含量较高。在微生物方面芽孢杆菌也较多。培育这种稻麦两熟的肥沃土壤,主要是水、旱耕交替进行的熟化过程。

为了解水稻土的发育规律,必须揭露熟化过程的对立面,即反熟化过程。由于自然条件和耕作措施的不同,不同地带的反熟化过程也不一样。就上述两类水稻土来说,反熟化过程主要是淋溶过程。淋溶过程造成的结果之一是形态上出现白色土层,因而使土壤

物理性质恶化，养分缺乏，土壤肥力锐降。淋溶过程中以铁锰的移动较为明显，所以通常以此作为淋溶过程的指标^[2-4]。两个地区以铁锰为指标的淋溶过程显示出各自的地带性特点。如广东徐闻的水稻土中活性铁与全铁比，活性锰与全锰比，分别为90%和65%左右，而江苏兴化的水稻土相应的为42%和58%。广东南海水稻土渗漏水中的铁为4.98毫克/升，锰为6.41毫克/升，而江苏常熟的相应为1.25毫克/升和0.45毫克/升。这种情况表明，在水耕熟化的情况下铁锰的活性很大，淋溶过程的发展都可以使土壤贫于铁锰而逐渐发白，最终不论在轻质或粘质的母质上，都足以使铁锰大量淋失而形成白色土层，从而

图1 水稻土农业地带性特点图式^(注)

农业气候		南亚热带	中亚热带	北亚热带		
耕作制度		双季稻连作	单季稻与双季稻并存	稻麦轮作		
土 壤 形 成 过 程	熟化过程	水耕熟化 (还原过程)	← 加强 →	水、旱耕交替熟化 (氧化还原交替过程)		
	易 变 特 性	pH	5.5—6.5	6.0—7.0	6.5—7.5	
		盐基饱和度(%)	60—80	70—90	90 以上	
		土壤微结构 1—0.005毫米(%)	20.5/(19)	↔	27.5/(45)	
		有机质(%)	2.90/(41)	2.47/(21)	2.24/(40)	
		C/N	11.6/(37)	10.2/(12)	10.1/(26)	
		腐殖质组成	第一组胡敏酸	← 增加 →	第二组胡敏酸	
	土壤微生物	球菌	← 增加 →	芽孢杆菌		
	相对 稳定 特性	粘粒 (<2 微米) 部分	SiO_2/Al_2O_3	1.72/(6)	2.10/(6)	3.04/(6)
			$SiO_2/Al_2O_3 + Fe_2O_3$	1.46/(6)	1.78/(6)	2.41/(6)
粘土矿物类型			高岭类(三水铝矿)为主	高岭类(云英)为主	蒙脱-云英(高岭类)为主	
淋 溶 过 程	铁锰的 活动性	活性铁/全铁	0.91/(4)**	68.7/(3)*	42.1/(3)	
		活性锰/全锰	0.65/(2)**	未测	58.3/(2)	
	渗漏 水质 (毫克/升)	pH	5—6	6—7	7 左右	
		Fe	4.98/(3)	↔	1.25/(5)	
		Mn	6.41/(14)	3.56/(12)*	0.45/(14)	
		SiO_2	18.91/(15)	16.41/(12)*	3.03/(4)	

注：以耕作土壤高产地区作为代表。

南亚热带、中亚热带、北亚热带分别以珠江三角洲、湘赣闽平原、长江三角洲为代表。

表中有“**”者为江西红壤丘陵区水稻土，有“*”者为赣东砖红壤区水稻土。其中所列分子为平均值，分母为标本数。

降低土壤肥力。泥肉田和鱧血蚕砂土主要粘土矿物分别以高岭-三水铝矿(氧化铁)和蒙脱-云泰(高岭类)为主。因而前者的反熟化过程可暂名“高岭化”过程,后者为“白土化”过程,以区别两者的不同。以图1 渗漏水中硅的含量来看,泥肉田地区的脱硅作用进行得非常强烈,而鱧血蚕砂土地区的脱硅作用比较微弱。因此,前者高岭化过程正在进行,这是不容置疑的。但是后者的淋溶过程,在目前情况下还不可能发展到高岭化过程阶段,而只有在轻质母质上由于粘粒的淋失,养分缺乏,耕性变劣而有白土化过程的进行^[5,6],因而华南双季稻区的水稻土形成过程,是水耕熟化过程和“高岭化”反熟化过程的矛盾统一,高度熟化的土壤是泥肉田;长江中下游稻麦轮作区,水稻土形成过程是水、旱耕熟化和“白土化”反熟化过程的矛盾统一,高度熟化的土壤是鱧血-蚕砂土。

我们研究了各类水稻土的矛盾特殊性;就可以把华南地区的水稻土和其他地区的水稻土区别开来,以便根据这一农业气候带的自然条件,因地制宜的来利用改良土壤,并定向地把它們培育成为高度熟化的泥肉田。

二、泥肉田的熟化特征

泥肉田是水耕熟化过程和“高岭化”反熟化过程的矛盾统一,以水耕熟化为矛盾主要方面时的产物,因而显示出一系列的良好特性,当然,水耕熟化过程的发展是不停的,随着社会的发展和科学技术的进步,肥力可以不断提高,但如若放松了土壤管理,反熟化过程占了优势也可转变为低产土壤。在目前的农业技术条件下,泥肉田的特征可以用农民群众的语言加以说明,即:“爽而不漏”、“深而不陷”、“软而不烂”和“肥而不膩”。简言之,为“爽、深、软、肥”。“爽而不漏”是合宜的水文状况,“深而不陷”即深厚的熟化层,“软而不烂”是指良好的耕性,“肥而不膩”是丰富的养分贮量和供应速度与水稻需要量的协调。四者缺一不可。下面我们即就这几个方面作进一步的说明。

1. 水文状况 泥肉田的水文状况是良好的。首先是水质良好,属重碳酸—二氧化硅($\text{HCO}_3-\text{SiO}_2$)水,不含大量的氯化物(如咸田)和硫酸盐(如矾田)。其次水分剖面是良水型的。从图2可知,当灌水时,此种土壤需水量不大,排水、晒田时亦易排净晒透。而地表水型水稻土灌水时需水量大,地下水型水稻土由于全剖面被水所饱和而难于排水晒田。

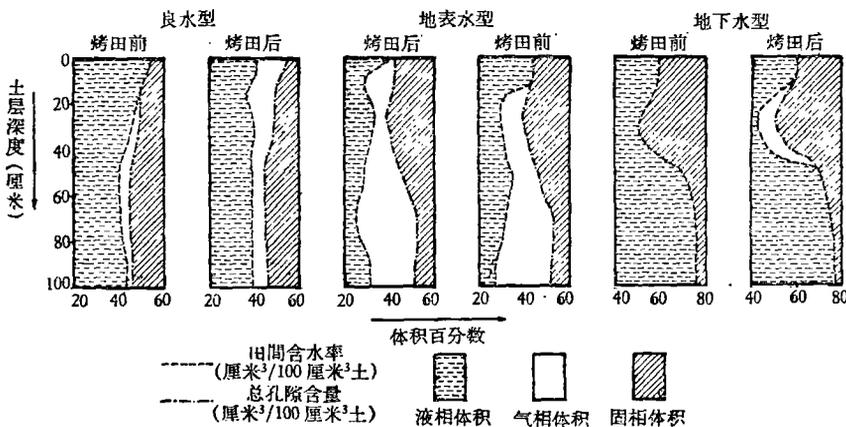


图2 不同水分类型三相变化比较图

。再次是渗漏适量，一般为 0.5—1 毫米/小时左右，从表 1 可知，这样的渗漏速度既有利于

表 1 不同渗漏速度的土壤对水稻根系发育的影响

土壤名称	渗漏速度 (毫米/小时)	水 稻 根 系 状 况					
		根 色	根 系		鲜 重		平均长度 (厘米)
			根 系	%	克	%	
渗漏适当 (泥肉田)	0.71	黄	42.2	60.3	21.74	65.5	14.25
		白	25.1	37.3	10.89	32.9	15.06
		黑	16.0	2.3	0.52	1.60	7.82
渗漏过慢 (积水田)	0.24	黄	28.8	42.1	20.05	57.0	15.40
		白	18.0	26.4	7.88	22.4	13.35
		黑	21.5	31.5	7.25	20.6	14.40

土壤环境更新，促进养分转化和根系发育，同时也不致因漏水而使养分大量淋失。因而这种水分类型耐旱、耐涝、易灌、易排，有利于地上部分的生长，亦利于根系的发育，宜种水稻，又宜旱作。

2. 熟化层厚度 泥肉田常具有较完全的剖面结构，通常剖面的发育是耕作层(A)——犁底层(P)——乌泥层(DB)——斑纹层(B)——青斑层(BG)——青泥层(G)——母质层(C)。其中熟化层厚度(APDB)往往超过 30—40 厘米。而沙质浅脚田、浅脚黄泥田犁底层紧实，肥力低下，因而水稻根系常卷曲而短小。烂泥田，湖洋田耕层或犁底层以下即为青泥层，虽然养分含量并不低，但熟化层仍然很浅，根系因地下水影响而难于下伸。所以泥肉田因其具有深厚的熟化层，而有利于水稻的生长，并且在将来进一步加深耕作层时可以达到预期的目的。

3. 耕作特性 通常农民将水稻土的耕性简略地划分酥性、刚性、板性和僵性四种，泥肉田的耕性是酥性的，土壤质地自中壤—轻粘有，有机质含量较高，结构良好，5—0.5 毫米的团聚体含量一般在 20% 以上，湿时软熟，干时疏松，耕作容易，犁田平整，插秧舒适，生长整齐。刚性土壤有机质和土壤质地比较适当，惟土壤结构性稍差，5—0.5 毫米团聚体在 15% 左右。板性土壤质地轻，有机质缺乏，结构性很差。其中砂子田中砂含量高，沉沙田细砂含量高，而积粉田则富含粗粉砂，所以耕耙以后颗粒沉降很快，栽秧困难，水稻发棵性很差。僵性土壤质地粘重而有机质缺乏，结构性很差。犁耙以后或成大块，或高度分散，故犁田时犁壁跳动，耕作深度不一。由于泥肉田具有良好的耕性，因而便于耕作，有利于作物生长，并且还大大的节约了劳力。^[7]

4. 养分供应 华南水稻土上氮素的肥效最为明显，磷肥在肥力低下的黄泥田(红壤性水稻土)上较为明显，钾肥在目前的施肥条件下，尚不明显。所以通常所指的养分供应，主要是指氮素的供应而言，由于土壤剖面结构、熟化层厚度、土壤的吸收容量和养分的贮量不同，通常农民将养分供应分为慢、稳、快和猛几种。泥肉田的养分含量一般比较丰富，有机质 2.5—3.5% 吸收容量大，一般在 10 毫克当量/100 克土以上，对肥料的种类选择性较小，养分释放比较均匀，能缓慢地供给水稻生长的需要。

当然上面四个方面仅仅是泥肉田熟化特征的几个主要方面，而不是它的全部。但是

表 2 不同耕性土壤的質地和团聚体

耕性	土壤名称	采集地点	土 粒 部 分 % (毫 米)							5—0.5 毫米 团聚体
			1—0.25 中砂	0.25— 0.05細砂	0.05— 0.01 粗粉砂	0.01— 0.005 中粉砂	0.005— 0.001 細粉砂	<0.001 粘粒	<0.01 粘粒	
酥性	泥肉田	广东南海	4.4	34.1	18.5	9.5	19.3	14.2	43.0	26.21
	烏塗田	广东澄海	5.4	12.5	20.1	19.1	14.3	18.6	52.0	21.56
	黄泥田	广东英德	5.4	14.1	23.6	12.0	25.1	19.3	56.4	29.14
刚性	泥骨田	广东南海	2.6	11.9	36.0	11.0	24.0	14.5	49.5	16.81
	粘塗田	广东澄海	0	18.1	19.4	15.4	18.8	28.3	62.5	14.90
	硬底田	广东英德	7.9	22.4	21.9	14.0	21.2	12.6	47.8	16.78
板性	沙仔田	广东澄海	49.3	25.6	5.6	6.0	6.1	7.4	19.5	6.78
	沉沙田	广东阳江	26.3	41.8	11.6	2.2	7.6	10.1	19.9	7.24
	粉沙泥田	广东阳江	1.9	29.6	34.5	10.3	12.1	11.6	34.0	8.46
僵性	紫泥田	广东南雄	3.9	10.2	32.3	15.7	24.1	13.8	53.6	5.64
	赤土田	广东徐闻	7.1	7.1	16.4	9.2	18.8	41.4	69.4	6.06

即使从这几个方面来看,我們可以得到这样一个概念,即泥肉田一般都沒有災害性因子,具有滿足水稻生长基本要求的土壤条件,如养分的貯量、水分的供給和根系发育的环境等。而且在通常情况下,根据水稻生长的需要,易于运用耕作和肥水措施来調节土壤的养分和水分状况,以达到高产的目的。

三、泥肉田的定向培育

在自然界中并没有泥肉田的存在,只有当人类耕作施肥达到相当水平以后才有泥肉田的形成。虽然形成泥肉田的水稻土种类复杂,但根据其培育过程和采取的措施,大体可划分为三个阶段。第一阶段是自然土壤改造阶段,在这个阶段内,某些自然土壤的特性,还相当多的保留,仅仅具备了种植水稻的最低要求。第二阶段是水稻土建造阶段,在这个阶段内,基本上具备了水稻生长的必要条件,但肥力开始分化。第三阶段是高度熟化阶段,此时母质的影响退居次要地位,泥肉田的特性已充分表现出来。然而由于水稻土的起源不同,各阶段的

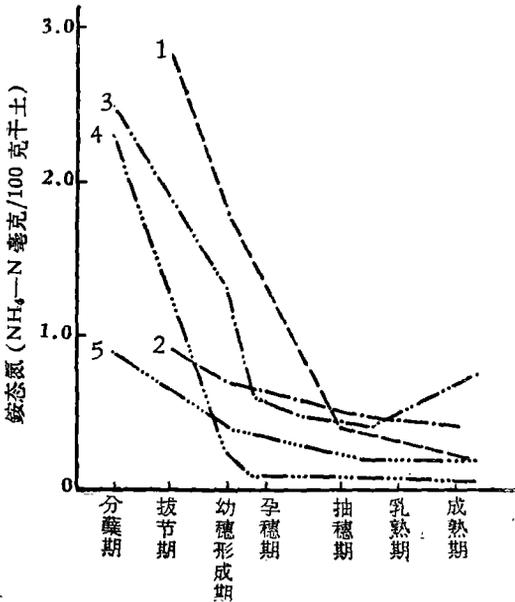


图 3 不同类型水稻土的养分供应情况

- 1. 泥肉田 2. 低肥田 3. 泥肉田
- 4. 一般田 5. 黄泥田

(为避免追肥影响,除去数厘米的表土,取表土以下的土壤作分析)

影响退居次要地位,泥肉田的特性已充分表现出来。然而由于水稻土的起源不同,各阶段的

主要矛盾不同,所以其表现形式也不同。为了探討泥肉田的培育途径,必須分別不同的起源来闡明。

1. 地带性土壤起源水稻土的培育过程

此种土壤灌水种稻以前大部为紅壤,灌水后耕层被水分所饱和,处于还原状态,但剖面下部如图 4 所示仍与紅壤相似,因而它們熟化过程暫名为漬水熟化过程^[8]。

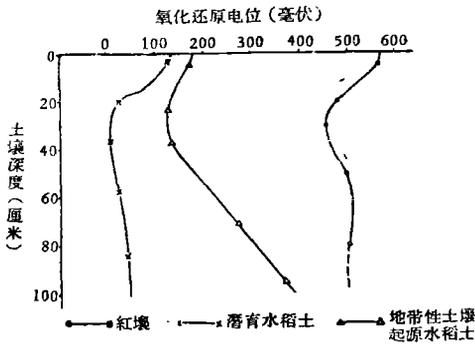


图 4 地带性土壤起源水稻土的氧化还原剖面

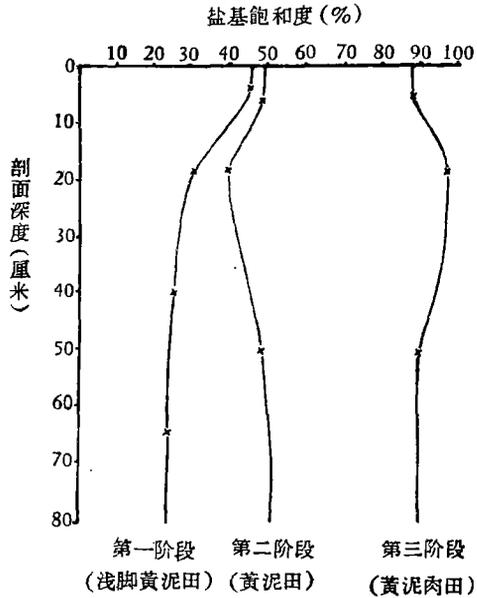


图 5 地带性土壤起源水稻土的发育阶段和土壤盐基饱和度的关系

紅壤所存在的主要问题是酸性反应,盐基不饱和,且易干旱。种稻以后,由于灌溉、施肥和耕作的作用,在第一阶段内首先改变了原有的水分和氧化还原状况,創造了水稻土所特有的耕作层,此种耕作层的特点是微酸性反映,氮素和有效磷鉀的含量較母质丰富,盐基饱和度也較高,所以也有人称此为复盐基过程(图 5)。但是由于灌溉水源缺乏,在土壤水分类型上属地表水型,因而熟化过程时断时續,所以在这一阶段,仅仅初步改造了自然土壤的表层特性,而未深及剖面下部,表现在剖面上耕层浅薄,仅 10—12 厘米,且大多系僵性土壤,犁底层尚未完全形成,因而灌水时需要大量水分湿润下层,每遇干旱土壤沿块状结构面开裂,而形成寬大的垂直裂隙,严重影响水稻生长。由此看来,第一阶段的主要问题是保証水源,經濟用水。第二个阶段由于水源得到了保証,水分状况由地表水型变为良水型,人为的熟化过程进一步发展,熟化的特征扩大到耕作层以下,养分和粘粒开始有淋淀作用,剖面下部的酸碱度和盐基饱和度也随着增加,此时熟化过程和反熟化过程斗争的比較激烈,在正确的耕作技术条件下,土壤肥力可以在原有的基础上提高;相反的,由于有机肥料用量不足,或长期实行“串灌”,使养分和粘粒淋失,会使土壤板結。第三阶段熟化过程进一步加强,反熟化过程更趋微弱,开始发育成为图 6 所示的典型剖面,通常这类土壤因有一部分地下水位較浅而缺乏 G 层而只有 BG 层,熟化层深厚,全剖面接近或基本上被盐基所饱和,耕性一般是酥性的,即具备了泥肉田的特性,但仍应该注意保証水源和經濟

用水,以便不断提高土壤肥力。

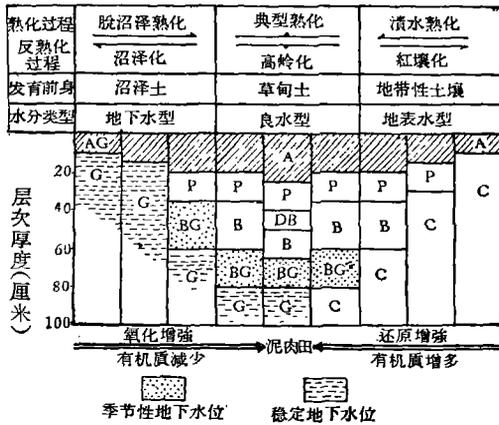


图6 泥肉田形成过程图式

2. 草甸土起源的水稻土的培育过程

此种土壤水分状况良好,大部属良水型水稻土。从剖面结构来看,是一种比较理想的剖面,所以它们的熟化过程,可以称为典型水耕熟化过程。

草甸土的自然肥力较高,种稻以后,第一阶段即破坏了原有的生草层而创造了水稻土的耕作层。在新冲积物上发育的水稻土,在这个阶段中,由于剖面尚未发育完全,在很多情况下,耕层以下还保持着天然的沉积的层次,因此,常有漏水漏肥的现象发生。第二阶段在灌溉淤积作用的影响下改造了土壤层次,创造了水稻土的剖面特性,特别是犁底层的形成制止了漏水漏肥,此时耕层的肥力开始分化,若与利用草甸土天然肥力的同时进一步进行深耕熟化,采用深耕结合培施有机肥(在过沙过粘的土壤上还采用加沙入泥的办法)或采用综合措施,那末,土壤肥力可以不断提高,很快发展成为酥性土。相反的,只利用草甸土的天然肥力而忽视进一步深耕熟化,有机质和养分即趋于下降,耕性亦要变坏。在这种情况下,粘重的土壤即成刚性土,轻质的土壤上即成板性土,最后形成具有高岭土层的白鳧泥田。第三阶段是在第二阶段的基础上,进一步精耕细作,使熟土层更加深厚,犁底层向下推移,土壤的耕性更加改善而成为泥肉田。在这个阶段中,常由于不适量的施肥使土壤养分供应过猛,而易于引起水稻的疯长或倒伏。

3. 沼泽土起源水稻土培育过程

此种土壤的熟化过程一开始就与沼泽化作斗争,所以可称之为脱沼泽水耕熟化过程。

沼泽土具有不同厚度的腐泥层和潜育层。开垦后的第一阶段,腐泥层破坏而建立耕作层(AG或A),此时地下水位很高,灌溉水和地下水常相联接,土壤水分处于过饱和状态,固相分散于液相之间,土壤浮烂,呈强还原状态,所以在措施上首先是开沟排水,以降低地下水位。第二阶段随着地下水位的降低,灌溉水和地下水分离,氧化还原电位的剖面均一性被打破(见图7),同时发生层次分化,犁底层和青斑层相继出现,这些层次的氧化还原电位相应升高,然而常常由于有机质的分解,而伴随着耕性恶化,土壤发僵,土壤有效肥力降低。第三阶段,水分类型已由地下水型发展为良水型,土壤剖面中已有斑纹层出现,这是沼泽土起源的水稻土熟化的重要指标。铁锰在土壤剖面中开始有淋溶淀积形成,粘

粒在剖面中的重新分配而上低下高,这是与沼泽土由于静水沉积而上细下粗的情况相反。

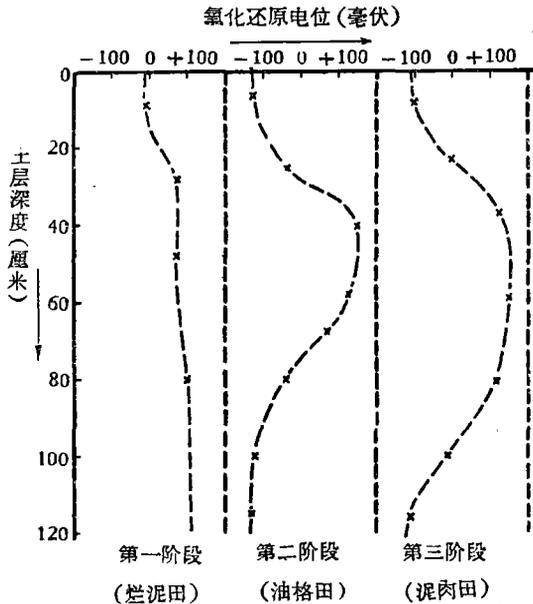


图7 沼泽土起源的水稻土发育阶段与土壤氧化还原电位剖面关系

4. 盐渍土起源的水稻土培育过程

此种土壤的熟化过程是与盐渍化作斗争,草甸沼泽盐土上还伴随着脱沼泽过程。

盐渍土种稻的第一阶段,土壤中含盐较高($>0.3\%$)影响水稻生长,此时仅具水稻土的耕作层,水稻土剖面尚未形成,在新冲积物上发育的水稻土往往渗漏过快,而草甸沼泽土发育的渗漏过慢,水分状况不稳定。这一阶段首要的措施是水利措施,如防咸蓄淡、整治排灌系统、建立合理的排灌制度等。第二阶段随着脱盐过程的发展,全盐量降低至 0.3% 以下,水稻的剖面已基本具备,水分状况比较稳定。这个阶段通常进一步采用耕作措施进行改良,如用犁冬晒白的方法,使盐分在表面积累,然后早春提前灌水入田,充分犁耙,使盐分溶解于水中,再经大排大灌可以把大量盐分排除,但是在这一阶段盐分尚未根本消除,至第三阶段,已具有良好的水分状况和剖面结构,即成为酥性的泥肉田,但也有时因为伴随着脱盐而使养分贫乏和耕性变坏。

当然培育成了泥肉田,仅仅为了水稻的丰产创造了良好的可能性,要把这种可能性变为现实性,还要根据水稻各生长阶段的生理特点,通过精耕细作,合理管理,灵活运用耕作和肥水措施,来适时适量满足水稻对水分和养分的需要,才能得到丰产,但是泥肉田的形成毕竟为丰产奠定了良好的土壤条件。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院土壤研究所普查工作组:南方水稻土发生分类。土壤学报,1959,7卷1—2期。
- [2] Shioiri: The Chemistry of paddy soils in Japan. 1954.
- [3] Funabiki: Some new knowledge on the physical and chemical properties of rice-field soils with special reference to their morphological characters. 1950.
- [4] Карманов, И. И.: О почвах рисовых полей Нижней Бирмы и некоторых других областей

Бирмаского Союза. Почвоведение, 1960, № 8.

- [5] 于天仁等:太湖流域低产“白土”的成因及其改良。土壤学报, 1959, 7卷 1—2期。
 [6] 周传槐:江苏的“白土”水稻田。土壤学报, 1958, 6卷 4期。
 [7] 中国科学院土壤研究所广东工作组:广东省几种水稻土耕层中团聚体与土壤耕性及肥力状况的关系。土壤, 1961, 第3期。
 [8] Шувалов, С. А.: О почвах земледельческих районов Центрального Китая. Из полевых наблюдений на территории реки Янцы. Почвоведение. 1959, 11.

ON THE CHARACTERISTICS AND DEVELOPMENT OF HIGH FERTILE PADDY SOILS DEVELOPED UNDER DOUBLE-CROP RICE PLANTATION IN KWANGTUNG

KUNG TZU-TUNG AND CHEN TZU-CHAN

(*Institute of Soil Science, Academia Sinica*)

A type of high fertile paddy soil is developed under the cultivation of double-crop rice on the alluvial deposit of delta region Chu-Kiang.

As resulted from high fertilization by manures and muds and also from the long-time submerged condition, about 8 months in one year, these soils contain small granulars (0.005—1 mm. according to Kachinski method) around 20% and organic matter 2.5—3.5%, with average C/N ratio 11.6.

The ratios of reducible Fe/total Fe and reducible Mn/total Mn in soils average about 0.91% and 0.65 respectively. Soil drainage water contains a mean value of 4.9 mg Fe and 6.4 mg Mn per liter. The soils are of good physical properties, with an average plowing layer of 20—30 cm in thickness. The annual yield from two crops rice attains 500—600 kg per mow, or 7500—9000 kg per hecta. Such soils also developed on the low terrace of red earth. In case water supply is sufficient, the usual agricultural practice for doublecrop rice plantation can also convert them into the fertile type.