

科研成果论文汇编

第一集

中国科学院长沙农业现代化研究所

一九八四年十二月

目 录

- 潜育性和次生潜育化水稻土的形成及改良途经的研究总结报告 (1979—1984年)
.....中国科学院长沙农业现代化研究所潜育性水稻土改良课题协作组 (2—22)
- 桃源县治理潜育性稻田试验示范推广工作总结
.....桃源县治理潜育性稻田协作组 (23—25)
- 中稻栽培技术体系的研究.....蔡万云 王鹤生 (26—50)
- 关于中日合作水稻栽培试验的某些考察——论生育诊断的重要性
.....[日本]东京大学松崎昭夫 (51—61)
- 中日合作水稻研究课题的启示和组装技术的应用
.....魏国超 冯泽修 袁继树 (62—66)

潜育性和次生潜育化水稻土的形成及改良途径的研究总结报告

(1979—1984 年)

中国科学院长沙农业现代化研究所潜育性水稻土改良课题协作组

目 录

一、潜育性和次生潜育化水稻土的形成和类型

- (一) 问题的提出
- (二) 潜育性水稻土的形成
- (三) 潜育性水稻土的类型

二、潜育性水稻土的性质

- (一) 潜育性水稻土的物理性质
- (二) 潜育性水稻土的化学性质
- (三) 潜育性水稻土的养分特性
- (四) 潜育性水稻土的微生物性状
- (五) 潜育性水稻土的特性与作物生长和产量的关系

三、潜育性水稻土改良途径

- (一) 工程措施
- (二) 生物措施
- (三) 合理施肥
- (四) 综合改良措施

前 言

1978年8月~1979年5月对桃源县进行的农业资源综合考察和1978年12月~1979年12月进行的桃源县第二次土壤普查,查清了潜育性稻田的面积高达43.6万亩(其中各种青隔泥田116558亩,青泥田和冷浸田307772亩,沼泽性水田11890亩),占全县现有稻田105万亩的41.6%。比1958~1959年第一次土壤普查约有15万亩潜育性稻田增加28.6万亩^[1,2]。这对全县粮、油产量的提高是一个严重的障碍。据土壤普查估算,南方各省约有潜育性稻田一亿亩。

中国科学院根据长沙农业现代化研究所和桃源县人民政府的申请,将潜育性水稻土的改良列为基地县迫切需要解决的课题,于1979~1980年共拨出三项课题经费17万元,同时于1980年5月将潜育性水稻土改良列为长沙农业现代化研究所的院属重点课题,1982年将此课题并入南方低产

田(土)的低产原因及其改良途径这个院属重点课题。但潜育性水稻土的改良,仍为该院属重点课题在1984年以前的主要研究任务。

1981年春,湖南省科委鉴于潜育性水稻土的改良在桃源县取得了较好的经济效益,故对这个课题1979~1980年的阶段性成果颁发了二等科技成果奖。

从1979年开始,通过五年多的研究、试验、示范和推广,目前已对潜育性水稻土的形成和改良途径有了比较明确的认识和措施,桃源全县潜育性水稻土的改良面积已达二十万亩,累计共增产稻谷7680万斤,按每百斤稻谷11.5元计算,共增加产值883.2万元(若按平均价格每百斤13.5元计算,则增加产值1036.8万元),扣除工程措施成本100万元,获净经济效益783.2万元。现将研究结果综合报告如下。

一、潜育性和次生潜育化水稻土的形成和类型

(一) 问题的提出

潜育过程,有的称灰粘化过程,也有的称为潜水稻土离铁作用。早在1905年俄国学者Л.Н.Висоцкий就已提出潜育作用的概念。但只有在我国条件下,潜育作用的研究才与水稻土的改良实践密切结合起来。我国土壤学家熊毅早在三十年代就提出了潜育作用与灰化作用的区别;四十年代,沈粹培、陈家坊对水稻土的潜育层和潜育层进行了深入的对比研究;侯光炯等在水稻土分类中划分出了潜育水稻土亚类。由于潜育性水稻土的土层常被水分所饱和,造成缺氧,致使土壤中有较多的还原物质积累。从而影响水稻的生长。建国以来,进行了大量的潜育性水稻土的研究改良工作,但是一个时期以来,有的地方实行水利化而排灌系统又跟不上;为了提高单产,没有考虑土壤管理条件而推行单一的耕作制度;因此,潜育化水稻土的面

积不但没有减少,相反地还在不断增加。1977年春在太湖地区调查时,发现不少犁底层发育为“青泥层”的水稻土,1978~1979年在湖南桃源考察期间,发现犁底层发育为“青泥层”的水稻土更为广泛。此后,在广西桂林、江西吉安地区调查,都见有类似的情况。这种原来不是潜育性的土壤,发展为潜育化土壤,或原为潜育性水稻土,由于各种原因,潜育化有所加强,均称为“次生潜育化”,估计全国受不同程度的潜育化影响的水稻土近一亿亩。实际上,此种土壤不仅我国有,国外也有。日本水稻——席草连作的情况下,潜育作用也在加剧,朝鲜长期种植水稻的地区,土壤氧化层变浅,还原层加厚的情况,也是潜育

作用造成的。但不论是与我国过去的还是与国外的相比较,都没有象我国现在这样广泛。这是在我国条件下,集约农业中出现的一个新问题,也是我国在水利化和改制以后水稻土肥力上发生的一个亟待解决的问题。

(二) 潜育化水稻土的形成

潜育化水稻土的形成原因可分为内因和外因两个方面。

内因方面,首先是通透性不良。凡是出现青泥层的层次,其粘粒含量都比较高。分散系数都比较大。微切片观察表明犁底层都比较致密。粘层或砂层的有无,犁底层的孔隙性,地下水位的高低以及小地形条件

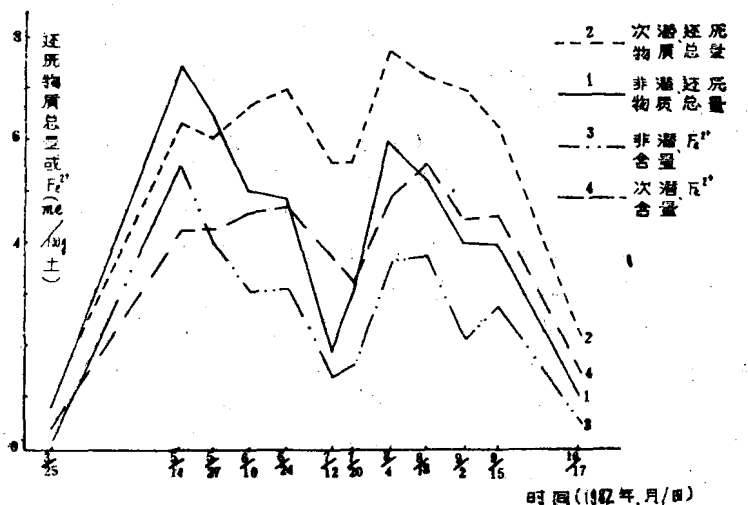
等都影响土壤的通透性。实验表明,土壤不渗漏时的氧化还原电位比渗漏适当的都低。

其次,大量可分解耗氧物质的存在,则是加速潜育化进程的必要条件。

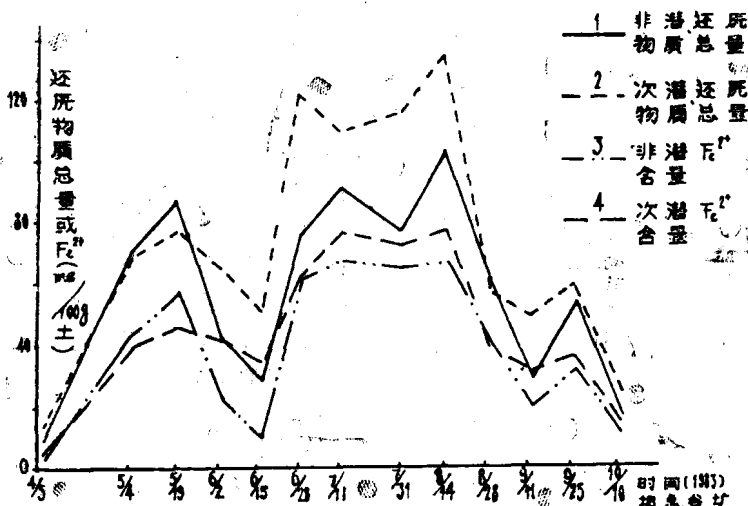
湖南省土肥所、岳阳地区农科所和湖南农学院土壤教研室的模拟试验都证明:凡施用有机肥料(包括绿肥、猪粪或稻草等)的淹水小区土壤,氧化还原电位迅速下降,还原物质明显增多,青泥层易于形成;而无有机物质的淹水小区土壤,则还原作用进展很慢〔注〕。我们在田间的动态观测试验表明,在施用高量绿肥的非潜育性红黄泥田中,绿肥翻耕

到插秧后一个月以内,其还原物质和 Fe^{++} 含量比施用低量绿肥的次生潜育化青夹泥田高一些,但到了6月初以后,红黄泥田耕层中的还原物质则迅速下降,青夹泥田耕层中的还原物质仍维持在较高的水平〔图1—(1)(2)〕,这一方面说明有机物的嫌气分解在加速潜育化过程的作用。同时,也说明还需具备形成潜育化的水分条件。

外因方面,形成潜育性和次生潜育化水稻土的外在条件主要是排水不良,耕作制度不当。如桃源县1978~1979年潜育性水稻土面积比1958~1959年增加了1.91倍,主要原因有二:一是修建了大量的塘坝



(1)



(2)

图1 次生潜育化与非潜育性水稻土还原物质的动态

〔注〕湖南省土壤和肥料学会1983年年会资料。

和水库,提高了周围稻田的地下水位;二是一季水稻改为双季水稻,延长了渍水时间,加上连续实行单一的耕作制度,使部分稻田出现了次生潜育化。此外,在一些地方实行浅耕、旋耕,使耕作层之下形成新的犁底层,加厚了原有犁底层,恶化了土壤的通透性,形成青泥层。

潜育作用的结果使还原物质积累,有机质和氮的含量增加。同时,在水稻土的淹水还原条件下,由于亚铁离子的增加,一部分阳离子被置换出来,从而增加了钾、钙、镁及钠的淋失。因而潜育作用也可加速铁、钙、磷、钾、硅的淋失。

(三) 潜育性水稻土的类型

根据土壤氧化还原状况,特别是潜育层出现部位和土体构型的特点,我们将水稻土的潜育化归纳为六个类型。

1. 表层潜育: 表层和犁底层处于季节性的还原状态下,其剖面特征为 $A_g-P-B-BC$ 或 $A_g-P_g-B-B-C$ (图 2-a)。

2. 犁底层潜育: 犁底层处于潜育状态,在剖面中按氧化层——还原层——氧化层的次序出现。底层有或无潜育层则视起源土壤而定,剖面构型为 $A-P_g-B-C(G)$ (图 2-b)。

3. 间层潜育: 表层或犁底层因水分不易下渗而处于潜育状态,中层常有一不透水层,底层常受地下水的浸渍,其剖面特征为 $A-P_g-B-G$ 或 A_g-P_g-W-G (图 2-c)。

4. 上位潜育: 潜育层出现的位置较高,耕作层、犁底层以下即为潜育层,剖面特征为: $A-P-G$ (图 2-d)。

5. 全层潜育和沅水潜育,全层潜育的特征是全剖面为水分所饱和,在水稻收获后,表层处于接触空气的条件下,除表层外均呈还原状态,其剖面特征为 A_g-G (图 2-e)。

沅水潜育是表面常年沅水,通体为水分饱和,全剖面处于还原状态,实际上也是全层潜育,其剖面为 A_g-G 。

6. 下位潜育: 耕作层、犁底层下已形成B层,潜育层出现于50—60cm以下,剖面为 $A-P-B-G$ (图 2-f)。

其中第六类对水稻正常生长已无大影响,而次生潜育化主要是指犁底层潜育。

二、潜育性水稻土的性质

潜育性水稻土由于潜育层经常处于水分饱和状态,土壤的通透性差,因而引起土壤中发生一系列不同于正常水稻土的物理、化学和生物作用,产生了一些潜育性水稻土特有的性质,这些性质对作物的生长发育都会产生不良的影响,必需进行改良,现将各种性质分述如下:

(一) 潜育性水稻土的物理性质

潜育性水稻土的主要特征是出现青泥层。一般来说,凡是出现青泥层的土层,其粘粒含量都比较高,质地比较粘重(表1),土壤微团聚体的组成百分率较低,土壤断裂模数较高,土壤吸水速度较小(表2)。由于这些不良的物理性状,造成潜育性土壤(尤其是潜育层)的水分都比较饱和。用负压计测定的结果表明(图3),在30毫米降雨量的当天,非潜育性黄泥田(地下水位在140厘米左右)20厘米的土层内,虽然水分吸力略低于强潜育性冷浸田(地下水位在50厘米左右)的土壤水分吸力,但自30厘米土层以下,黄泥田的土壤水分吸力急剧上升;在降雨较少的情况下,黄泥田的土壤水分吸力随着土层加深而增强。冷浸田的土壤水分吸力受降雨量的影响较小,而受地下水位的影响较大,在犁底层以下逐渐减弱至接近于零。系统的测定结果表明,潜育性愈强,土壤吸力愈低,其顺序是:强潜育性冷浸田<<轻潜育性青泥田<非潜育性黄泥田。

潜育性稻田的泥温,因潜育类型和所处地形部位不同而有较大的差异,一般冷浸田、涝泉型潜育性稻田的泥温比正常稻田的泥温分别低3~8℃和2~3℃。我们于1981年5~6月对平原区低洼地段的强潜育性青泥田和非潜育性潮泥田的泥温进行了观测,结果表明,在0~10厘米土层中,潮泥田的日平均泥温比青泥田高0.8℃,在10~15厘米的土层中潮泥田比青

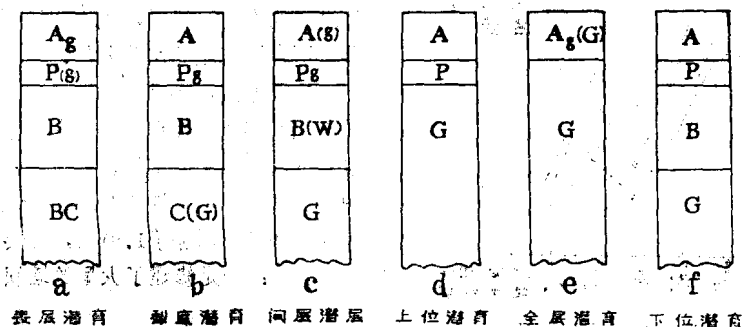


图 2 水稻土不同潜育化类型的剖面结构示意图

表1

几种潜育性水稻土的质地^[4,18]

采样地点	土壤类型	发生层次	深度 (cm)	颗 粒 含 量 (%)					粒 径: (mm)		质 地
				1—0.25	0.25—0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.005—0.001	<0.001	<0.01	
湖南桃源 爱吾	青隔	A	0—15	0.9	10.9	29.0	19.7	24.5	15.0	59.2	重粘壤土
		Pg	15—30	0.6	10.5	28.2	19.7	26.1	14.9	60.7	轻粘土
	黄红泥田	B	30—70	1.0	17.6	30.7	15.6	20.6	14.5	50.7	重粘壤土
		B C	70—90	10.2	30.3	22.8	12.2	14.6	9.9	36.7	中粘壤土
		C	90—110	14.5	29.1	19.5	13.0	14.3	9.6	36.9	中粘壤土
湖南桃源 郝坪	青隔	A	0—17	3.3	11.5	21.6	14.6	32.2	16.8	63.6	轻粘土
		Pg	17—35	2.1	12.6	21.6	12.5	30.6	20.6	63.7	轻粘土
	黄红泥田	Bg	35—86	13.6	8.2	23.8	16.5	24.9	13.0	54.4	重粘壤土
		B C	86—110	1.0	10.3	30.5	15.6	25.5	17.1	58.2	重粘壤土
湖南桃源 阮郊	青泥田	A	0—10	0.2	7.3	15.8	24.6	26.8	25.4	76.7	中粘土
		Pg	16—22	0.3	3.4	9.5	29.0	27.3	30.4	86.8	重粘土
	潮泥田	A	0—10	1.5	5.5	27.3	19.2	28.1	18.4	65.7	轻粘土
		P	16—22	1.0	5.6	22.7	20.1	28.5	22.1	70.8	轻粘土
湖南桃源 稻罗坪	青鸭屎泥田	A	0—13	3.0	6.1	24.4	10.2	28.5	25.7	61.7	轻粘土
		Bg	13—24	3.0	7.8	21.1	13.4	29.1	23.7	66.2	轻粘土
		G	24—58	2.5	2.0	26.4	8.5	30.0	28.8	67.4	轻粘土

表2

青泥田和潮泥田的某些土壤物理性质^[18]

(1984年)

土壤类型 及母质	地形	土壤 层次	土壤机械组成 (%)		土壤微团聚体 组成 (%)		土壤断裂模数 (kg/cm ²)	吸水速度 (毛管 水上升高度) (cm/小时)	有机质 (%)	采 样 地 点
			<0.01 (mm)	<0.001 (mm)	1—0.05 (mm)	1—0.01 (mm)				
青泥田 (沅江冲 积物)	沅江冲积平原, 低湿槽形洼地	耕作层	76.7	25.4	16.6	41.9	4.50	3.5	3.23	桃源 阮郊 青浪湖
		犁底层	86.8	30.4	10.9	40.0		3.3		
潮泥田 (沅江冲 积物)	沅江冲积平原	耕作层	65.7	18.4	16.5	54.1	3.36	5.7	2.55	桃源 阮郊 农科站
		犁底层	70.3	22.1	14.8	51.1		5.0		

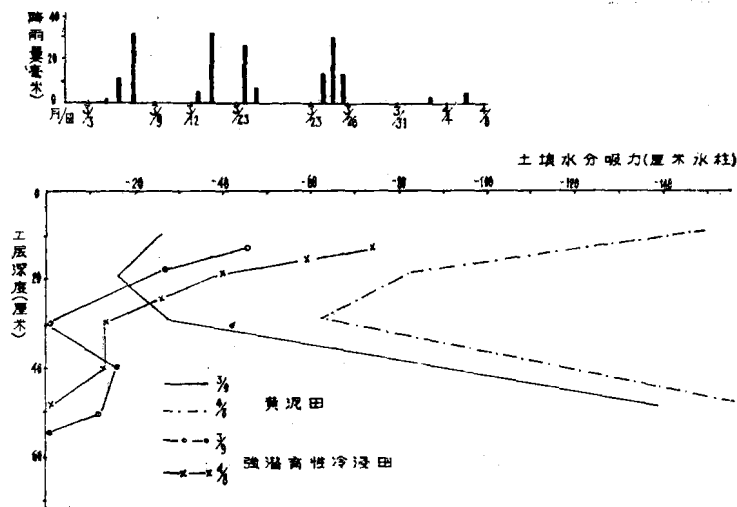


图3 非潜育性黄泥田和强潜育性冷浸田土壤水份吸力变化

泥田高 0.9°C 。

总之，物理性质差，是潜育性水稻土的主要不良性状之一，必须进行改良，才有利于作物生长。

(二) 潜育性水稻土的化学特性

正常水稻土中的化学作用是氧化还原过程交替进行，氧化还原物质也相应发生变化，而潜育性水稻土（尤其是潜育层）中则往往以还原过程为主，因此造成还原物质相对积累。还原物质的数量与成土母质、土壤中被还原的有机和无机物质的数量有关。但从大量的分析数据中（表3）可以看出，在同一土壤剖面中，凡是发生潜育化的土层，还原物质的积累量总是比未发生潜育化的土层高；在同一地区，成土母质相同，土壤的潜育化程度越强，则还原物质累积越多，而未发生潜育化的土壤中，还原物质累积量较少或接近于痕迹。

在还原过程占优势的潜育性土壤或土层中，生物作用也以嫌气分解为主，一些含碳高的有机物较难分解，相对积累较多，因此凡是潜育性土壤或潜育土层，其 C/N 值都比相应的非潜土壤或土层高，例如表3中所列冷浸田各土层的 C/N 为 $13.7\sim 13.8$ ，青夹黄泥田为 10.2 ，而黄泥田则为 8.0 。

在还原条件下，一些易被还原溶解的物质容易淋失，难于溶解的物质则相对富集。从表4中可以看出，硅相对积聚，而铁则明显淋失；而且，出现潜育还原作用的土层，还原性铁占全铁的百分比都较高，只有在有机质含量极少的C层，还原铁的含量才比较低。

土壤中的无定形硅是比较容易向可溶性硅转化的形态，分析结果表明，潜育性稻田土中无定形硅占全硅

的百分比都较低（ $0.48\sim 1.01\%$ ）；而未发生潜育化的土壤，其百分比都较高（ $0.73\sim 2.84\%$ ）。青泥层中的锰有明显淋溶，而在淀积层中则有积聚现象。

(三) 潜育性水稻土的养分特性

大量的分析数据表明，潜育性水稻土中全N含量并不低，有的甚至还高于同一地区的非潜育性土壤。主要是由于潜育性土壤一系列的障碍因素影响有机态氮的矿化。我们把无肥区水稻成熟期地上部分净吸收N量（扣除秧苗带入氮），粗略地视为该时期内土壤的供氮量，地上部分净吸收氮量与耕层土壤全氮量的比率，视为该时期的土

壤氮素矿化率，结果表明，青泥田（强潜育化）的氮素矿化量和矿化率只相当于同一成土母质的潮泥田（无潜育）的 62% 和 53% 。青夹黄泥田的氮素矿化量和矿化率只相当于黄泥田的 77% 和 80% （7）。用 ^{15}N 标记的稻草施入潜育性和非潜育性水稻土中，在不同时期测定水稻吸收的 ^{15}N 数量，结果（表5）表明（12），潮泥田上水稻吸收的N量来源于稻草的百分率（ $27.4\sim 29.8\%$ ），明显高于青泥田（ $23.1\sim 26.2\%$ ），红黄泥田与青夹泥田比较，也有相同趋势，说明潮泥田和红黄泥田中施入稻草的矿化和释放N的速率明显高于青泥田和青夹泥田。在土壤中加入 $1/2^{15}\text{N}$ 标记稻草和 $\text{N}1/2$ 硫酸铵后，由于硫酸铵影响稻草的矿化，同时，水稻既可吸收来自稻草的N，也可吸收来自硫酸铵的N，因此上述趋势不明显。

用 ^{15}N 标记化肥的N素平衡试验结果表明（表6）：青泥田上的水稻吸收的氮量来自化肥的占 $38.1\sim 42.6\%$ ，来自土壤的占 $57.4\sim 61.9\%$ ，而潮泥田上的水稻吸收的氮量，其中来自化肥的为 $27.7\sim 31.2\%$ ，来自土壤的占 $68.8\sim 71.2\%$ ，可见青泥田由于土壤中的有机态N素的矿化和释放缓慢，因此加强了水稻对化肥N素的依赖性（7）。

通过以上的分析，可以认为，加速潜育性水稻土中有机氮的矿化，是改良潜育性水稻土的重要着眼点之一。

潜育性水稻土中的全磷含量，有的比同一成土母质非潜育性水稻土低，也有的高些（表7），由于水稻土中的全磷含量既受成土母质的影响，更受人为施肥的影响，因此问题比较复杂。我们将不同潜育化程

表 3

潜育性水稻土的某些化学特性^{(*)、(2)} (1979, 1981年)

采土 地点	土壤类型 及母质 (母岩)	潜育 类型	发生 层次	土层深度 (cm)	还原物质总量 (毫克当量/ 100克土)	Fe ⁺⁺ (毫克/ 100克土)	Mn ²⁺ (毫克/ 100克土)	有机质 (%)	全氮 (N%)	C/N
桃源 镇 郊乡 李家岗村	青 泥 田 (河流冲积物)	上位潜育(强潜)	A	0—15	1.93	21.0	11.3	3.35	0.17	11.3
			Pg	15—39	3.21	81.0	13.0	2.25	0.11	11.8
			G	39—63	4.87	166.0	17.6	3.38	0.14	14.0
			G	63—84	6.07	232.0	7.0			
			Cg	84—110	3.05	78.6	4.0			
桃源 镇 郊乡 李家岗村	潮 泥 田 (河流冲积物)	无 潜 育	A	0—14	1.21	14.0	13.7	2.76	0.17	9.4
			P	14—29	1.55	4.2	2.7	2.21	0.15	8.5
			B ₁	29—51	1.07	3.0	0.3	1.14	0.08	8.2
			B ₂	51—73	1.08	2.0	0.2			
			C	73—110	1.29	2.0	0.2			
桃 源 茅草街乡 官山村	冷 浸 田 (第四纪红土)	全层潜育(强潜)	AG	0—20	9.24	442.4	5.4	3.55	0.15	13.7
			G	20—40	9.37	433.0	4.0	3.82	0.16	13.8
			G	40—60	8.95	414.7	13.8			
			G	60—80	9.90	461.5	4.3			
			G	80—100	6.60	255.0	1.7			
同 上	青 夹 黄 泥 田 (第四纪红土)	轻 度 潜 育	A	0—16	0.92	9.9	1.9	2.83	0.16	10.2
			P	16—30	0.82	20.5	0.1	2.58		
			Bg	30—64	2.07	67.2	1.5	0.70		
			Cg	64—100	1.50	52.1	2.8			
同 上	黄 泥 田 (第四纪红土)	无 潜 育	A	0—20	0.87	13.0	痕迹	2.62	0.19	8.0
			P	20—43	0.38	1.2	0.9	0.59	0.06	5.7
			B	43—74	0.54	1.4	0.9			
			C	74—→	0.45	1.2	0.5			
桃 源 太平桥乡 两汉港	青 沙 泥 田 (紫色砂页岩)	次 生 潜 育	A	0—15	0.46	14.8	6.3	3.55	0.20	10.5
			Pg	15—22	3.11	155.7	7.6	1.40	0.08	10.0
			Bg	22—48	2.78	136.2	6.2	0.45		
			B	48—71	0.15	痕迹	10.8	0.65		

表 4

次生潜育化水稻土的某些化学性质(%)

地点	成土母质 (或母岩)	土壤类型	层次	深度 (厘米)	烧失量 (%)	PH	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	还原性 铁占全 铁(%)
桃源 陬郊	沅江 河流 冲积 物	青隔沙泥 田	A	0—12	6.70	6.1	68.22	14.19	6.06	29.97	8.17	0.28
			Pg	12—30	5.84	6.7	67.96	14.53	6.44	28.09	7.92	3.24
			BC	30—40	5.02	6.5	67.82	15.69	6.80	26.50	7.33	0.08
桃源 陬郊	沅江 河流 冲积 物	青隔黑泥 田	A	0—12	7.93	6.5	64.46	16.08	5.26	32.61	4.80	0.95
			Pg	12—28	6.44	7.0	65.58	16.18	5.23	33.39	4.86	5.44
			Bg	28—45	5.94	7.1	65.78	16.35	5.31	32.98	4.82	4.39
			B	45—60	6.13	7.2	65.31	15.36	7.29	21.92	3.04	0.11
			Cg	80—90	6.78	7.2	61.59	18.32	7.78	21.05	3.70	0.08
桃源 太平 桥	紫 砂 页 岩	青隔黄泥 田	A	0—15	7.37	6.4	69.39	13.48	4.46	41.40	4.73	0.48
			Pg	15—22	6.03	—	71.26	13.15	4.37	43.28	4.70	5.10
			Bg	22—48	4.24	6.5	75.16	11.98	3.91	51.06	4.78	4.97
			B	48—71	4.04	7.0	72.82	11.82	5.97	32.06	3.07	—
			Bg	71—100	3.54	7.0	76.18	11.80	4.56	44.33	4.06	0.13
桃源 太平 桥	紫 砂 页 岩	青隔黄泥 田	A	0—16	5.17	6.2	72.98	11.97	4.14	46.91	4.52	0.49
			P	16—22	4.75	6.2	72.40	12.48	4.45	43.82	4.37	0.28
			B	40—86	3.65	7.0	74.26	11.81	4.52	43.67	4.10	—
			Bg	86—100	3.1	7.5	77.19	10.50	4.01	51.20	4.10	—

度和非潜育性水稻土中磷的形态进行了分析和计算(表7),从中可以看出三点:(1)潜育性水稻土中磷酸铝(Al—P)、磷酸铁(Fe—P)占无机磷的百分率,除个别土壤外,一般都比相应的非潜育性水稻土的低;(2)潜育性水稻土中包闭态的磷酸盐(O—P)占无机磷的百分率,一般都比非潜育性水稻土的高;(3)凡是有石灰反应的水稻土,其中磷酸钙占无机磷的百分率都比较高,而相应的潜育性水稻土及无石灰反应的水稻土都比较低。通过这些分析可以看出,在潜育还原的条件下,一些较易溶解的磷化合物有相对下降的趋势,而较难溶解的磷化合物的比值则相对提高。这种趋势长期发展下去,则将会降低潜育性水稻土中有效磷的含量。我们在长沙县谷塘乡青夹泥田(次生潜育)和红黄泥田上,于1982~1983年测定有效磷的动态结果也说明,青夹泥田中的速效磷低于红黄泥田^[15]。但施用磷肥是否有效,则取决于当时该土壤中速效磷的含量水平。

近一百个土壤样品分析结果表明,潜育性水稻土中的全钾(K₂O)含量与潜育化作用没有明显的相关,而与成土母质的相关较为明显,例如红土母质发育的水稻土全钾(K₂O)含量为1.44±0.13%,紫色砂页岩的为1.40±0.35%,石灰岩的为2.18±0.66%,板页岩的为2.33±0.38%,沅江河流冲积物的为2.38±0.20%,长江冲积物的为2.80%,花岗岩的为2.2±0.03%。按一般土壤化学原理推测,土壤长期渍水,对速效钾的释放会有影响,但在我们的分析结果中看不出一致的规律,至于施用钾肥是否有效,则应视该土壤当时的有效钾含量及作物种类而定,我们的动态测定结果表明,若土壤速效钾经常在30ppm以下,对晚稻(尤其是杂交水稻)施钾肥可能有明显效果^[15]。

微量元素Mn在潜育层中的含量都比较低,而在潜育层的下一层则有富集现象。有效态Cu、Zn、B、Mo的含量都比较低,尤其是Zn和Cu,有的土层中

表5

潜育性和非潜育性水稻土中稻草的矿化、供N和硫酸的供N过程⁽¹²⁾

(1982年, 毫克N/微区)

试验地点	土壤类型	潜育状态	测定日期 (月日)	¹⁵ N 标记稻草				$\frac{1}{2}$ ¹⁵ N 标记稻草 + $\frac{1}{2}$ ¹⁵ N 硫酸						
				水稻 净吸收 N量	来源于稻草			水稻 净吸收 N量	来源于稻草			来源于硫酸		
					N量	占净吸收N%	稻草N利用%		N量	占净吸收N%	稻草N利用%	N量	占净吸收N%	N利用率%
桃源陂乡	青泥田 ^{*1}	强潜育	6.18	400	105	26.2	16.7	510	64	12.5	20.0	94	18.4	26.2
			7.5	540	125	23.1	19.4	688	79	11.5	24.7	99	14.4	27.6
	潮泥田 ^{*2}	无潜育	6.18	389	116	29.8	18.7	499	56	11.2	17.5	90	18.0	27.6
			7.5	532	146	27.4	23.2	649	83	12.8	25.9	105	16.2	29.1
长沙谷塘乡	青夹泥田 ^{*3}	次生潜育	6.8	489	108	22.1	17.3	438	58	13.2	18.1	97	22.1	27.8
			7.1	716	148	20.5	23.1	775	98	12.6	30.6	107	13.8	30.7
	红黄泥田 ^{*4}	无潜育	6.8	303	92	30.4	14.8	388	59	15.2	18.4	90	23.2	25.8
			7.1	528	143	27.1	22.4	629	79	12.5	24.7	123	19.5	35.2

注: ①水稻品种均为广陆矮4号 ②微区为直径29厘米的塑料筒 ③试验期间红黄泥田上水稻净吸收N量低于青夹泥田, 可能因前者生物固定量较大所致, 已在另文作了讨论。

*1—4, 土壤全N含量分别为0.172%, 0.171%, 0.308%, 0.320%。

表6 潜育性和非潜育性水稻土上¹⁵N标记化肥的N素平衡和稻株氮素营养的来源⁽⁷⁾ (1981年)

地 点	土 壤 类 型	潜 育 状 态	水 稻 品 种	试 验 日 期	氮 肥 品 种	地上部 分对化 肥N利 用率 (%)	化肥N 在土壤 中残留 率 (%)	地上部 分和土 壤对化 肥N的 回收率 (%)	地上部分吸收氮素的来源 (毫克N/微区)				A值** (克N/微区)	
									净 吸 收 N 量	来源于化肥		来源于土壤		
										N量	占净吸 收N量 (%)	N量		占净吸 收N量 (%)
桃 源 陂 郊 乡	青 泥 田	强 潜 育	广陆矮 4号	5月4日	硫酸	31.1	22.6	53.7	365	157	42.6	209	57.4	0.69
					尿素	32.8	21.3	54.1	443	168	38.1	274	61.9	0.84
	潮 泥 田	无 潜 育	广陆矮 4号	7月1日	硫酸	31.7	25.9	57.6	504	159	31.2	345	68.8	1.13
					尿素	30.5	21.9	52.4	545	156	27.7	388	71.2	1.27
L.S.D. (P=0.05)							5.6					60		
桃 源 官 山 村	青夹黄 泥田	轻 潜 育	温 选 青	5月20日	硫酸	40.0	19.9	59.8	675	201	29.9	474	70.1	1.19
					尿素	43.7	25.4	69.1	633	224	35.5	409	64.5	0.92
	黄泥田	无 潜 育	7月8日	硫酸	41.4	24.6	65.9	674	209	31.0	465	69.0	1.13	
				尿素	37.0	31.7	68.7	636	190	30.1	446	69.9	1.23	
L.S.D. (P=0.05)						4.5	9.6	9.1						

*已扣除秧苗带入的N量。 **A值 = $M \times \frac{S}{F}$ [A为土壤中其活性与肥料相当的一部分N素数量; M, 加入的标记肥料N量(克); S, 作物吸收的土壤N量(克); F, 作物吸收的肥料N量(克)]。

表 7

潜育性和非潜育性水稻土中磷的含量和形态*

(单位: P的ppm) (10)

地 点	土壤类型	成土母质 (或母岩)	潜 育 状 态	全 磷 (P)	有 机 磷	无 机 磷	Al—P		Fe—P		Ca—P		O—P		无机P 占全P (%)
							含 量	占无 机P (%)	含 量	占无 机P (%)	含 量	占无 机P (%)	含 量	占无 机P (%)	
桃源县 稻罗坪村	鸭屎泥	石灰岩	非潜	720	229	491	20.0	4.1	118.0	24.0	138.0	28.1	1215	43.7	68.2
	青鸭屎泥	石灰岩	潜育	540	184	356	6.0	1.7	69.5	19.5	95.0	27.7	185	52.0	65.9
桃源县 稻罗坪村	青夹泥田	板页岩	潜育	333	147	186	7.5	4.0	48.4	26.0	30.0	16.1	100	53.8	55.9
	浅黄泥田		非潜	500	168	332	18.5	5.6	136.4	41.1	42.5	12.8	135	40.7	66.4
桃源县 和平乡	紫泥田	紫色土	非潜	397	132	265	11.3	4.3	68.0	25.7	86.1	32.5	100	37.7	66.8
	青紫泥田	紫色土	潜育	486	118	368	12.5	3.4	15.4	4.2	225.0	61.1	115	31.3	75.7
桃源县 陬郊乡	青泥田	河流冲积物	强潜	325	106	219	6.4	2.9	46.4	21.2	31.2	14.2	135	61.6	67.4
	潮泥田	河流冲积物	非潜	535	152	383	18.5	4.8	99.4	26.0	105.3	27.5	160	41.8	71.6
桃源县 官山村	冷浸田	第四纪红土	强潜	378	124	254	12.8	5.0	57.2	22.5	43.7	17.2	140	55.1	67.2
	黄泥田	第四纪红土	非潜	535	158	377	24.4	6.5	131.3	34.8	71.3	18.9	150	39.8	70.5
	青夹黄泥田	第四纪红土	轻潜	565	140	425	20.0	4.7	118.4	27.9	113.1	26.6	173	40.7	75.2
汨罗县 川山坪乡	青夹黄泥田	花岗岩	潜育	612	104	508	65.0	12.8	135.2	26.6	76.2	15.0	232	45.7	83.0
长沙谷塘乡 大桥村	红黄泥田	第四纪红土	非潜	624	191	433	52.5	12.1	155.8	36.0	110.0	25.4	115	26.6	69.4
	青夹泥田		次潜	536	192	344	33.0	9.6	85.0	24.7	88.0	25.6	138	40.1	64.2
长沙谷塘乡 高岸村	黄泥田	紫色砂页岩	非潜	600	309	391	45.6	11.7	144.7	37.0	77.0	19.7	124	31.7	65.2
	青夹泥田		次潜	610	171	439	45.4	10.3	120.2	27.4	123.2	28.1	150	34.2	72.0
	青夹泥田	风化物	强次潜	460	130	330	23.7	7.2	108.3	32.8	54.4	16.5	144	43.6	72.0
平江县 浯口乡	冷浸田	板页岩	强潜	567	158	409	12.5	3.1	146.2	35.7	48.4	11.8	202	49.4	72.1
	黄泥田	板页岩	非潜	620	213	407	15.6	3.8	135.0	33.2	58.0	14.3	198	48.6	65.6
岳阳市 君山农场	青紫潮泥	长江冲积物	潜育	814	161	653	15.0	2.3	55.0	8.4	350.0	53.6	233	35.7	80.2

*由本所龚惠群等同志分析,注: Al—P磷酸铝盐, Fe—P磷酸铁盐, Ca—P磷酸钙盐, O—P包闭态磷酸盐。

只有痕迹。

(四) 潜育性水稻土的微生物性状

潜育性水稻土经常处于水分饱和状态,土壤中缺氧,因此一些好气性微生物受到抑制,分析结果表明(表8),潜育性水稻土中的细菌数量只相当于同一母质的非潜育性水稻土的12.4~81.8%,真菌数量为7.7~62.2%,放线菌数量为5.6~81.6%,这样低的微生物数量必将影响土壤中的生物化学作用和过程。有机物和有机态氮的分解和矿化缓慢是必然的结果。

我们对潜育性和非潜育性水稻土中矿化N量的动

态测定表明,正常水稻土中有机物的矿化、生物固定、再矿化和生物吸收过程都比较活跃,净矿化率明显高于潜育化土壤,土壤发生潜育化,不利于有机物的矿化和N的供应。潜育化愈强,有机物的矿化和生物固定愈弱,水稻对稻草作为N源(通常稻草不作为氮肥施用,只是为试验的方便,施用了¹⁵N标记的稻草)单独施用时的N素利用率愈低,这些结果与土壤中的微生物状况是吻合的[12,15]。

(五) 潜育性水稻土的特性与作物生长和产量的关系

表 8

不同潜育化程度的水稻土中微生物数量

单位 (万/克干土)

母质 (母岩)	土 壤	细菌	真菌	放线菌	纤维粘菌	固氮菌	采样地点及时间
石灰岩	(1)非潜育性水稻土	1098.5	5.13	241.39	0.292	2.10	桃源杨溪桥乡稻罗坪村
	(2)次生潜育化水稻土	527.0	3.80	13.50	0.742	1.42	
	(3)强度潜育性水稻土	312.0	2.40	17.94	0.014	0.18	
板页岩	(1)非潜育性水稻土	292.8	6.88	202.09	0.344	0.13	83.4.
	(2)次生潜育化水稻土	156.0	15.30	63.49	0.045	0.11	
	(3)强度潜育性水稻土	143.1	1.26	26.60	0.012	0.36	
紫色砂页岩	非潜育性水稻土	1236.9	13.26	197.34	0.886	0.66	桃源和平乡 84.4.
	次生潜育化水稻土	1011.3	8.04	120.50	0.189	0.78	
	强潜育性水稻土	855.5	1.02	28.51	0.056	0.23	
第四纪 红色粘土	非潜育性水稻土	1441.6	12.78	234.60	5.589	0.07	桃源茅草街乡官山村 84.4.
	次生潜育化水稻土	642.4	7.95	74.94	1.060	0.28	
	强潜育性水稻土	179.1	2.44	27.51	0.076	0.25	
沅江河流 沉积物	非潜育性水稻土	1922.6	8.79	216.42	5.904	2.46	桃源陬郊乡 84.4.
	次生潜育化水稻土	1243.2	4.28	176.50	3.290	1.35	
	强潜育性水稻土	1053.6	2.45	48.49	1.247	2.08	

表 9

僵苗和正常水稻的土壤还原物质状况^(*)

观 测 地 点	水稻 状况	地上部分(五蔸)		还原物质总量	活性还原物质	Fe ⁺⁺	电位	电导率	备 注
		平均株高 (厘米)	干 重 (克/5蔸)	me/100克土	me/100克土	mg/100克土	mv	$\mu\Omega/cm$	
桃源尧河	僵 苗	32	15	5.90	4.96	224.9	93	35	黑根多
	好 苗	42	30	3.60	2.65	112.3	110	30	白根多
桃源观音寺	僵 苗	27	2	7.23	6.54	307.1	69	72	黑根多
	好 苗	52	28	4.71	3.72	155.3	122	52	白根多

表10

土壤还原物质动态变化 (单位: 毫克当量/100克土) (1981年盆栽)

处 理	插 秧 前 (淹水后6天)		分 蘖 盛 期 (淹水后34天)		始 穗 期 (淹水后55天)		成 熟 期 (淹水后86天)	
	还原物质 总量	其 中 Fe ⁺⁺ 含量	还原物质 总量	其 中 Fe ⁺⁺ 含量	还原物质 总量	其 中 Fe ⁺⁺ 含量	还原物质 总量	其 中 Fe ⁺⁺ 含量
CK ₀ (不施肥)	5.33	4.02	6.87	5.02	7.84	5.31	6.89	5.30
CK ₂ (施相当10克 绿肥的化肥N)	4.99	3.68	6.60	4.95	8.49	5.47	6.28	4.83
MV ₁₀ (10克干紫云英粉)	5.49	3.96	7.11	5.23	8.53	5.32	6.62	4.88
MV ₂₀ (20克干紫云英粉)	6.29	3.96	7.12	4.95	8.33	5.09	7.11	5.06
MV ₁₀ + Fe ⁺⁺ (10克紫云英 + Fe ⁺⁺)	5.05	3.76	8.18	6.41	10.35	6.78	9.03	6.98

注: 试验在每盆施N、P₂O₅、K₂O各0.5克基础上进行。

潜育性水稻土由于渍水、缺氧，还原物质累积量大，因此对作物生长极为不利，我们于1980年6月13日在桃源的尧河及观音寺进行了调查，并测定了正常水稻和僵苗稻株的高度、干重及土壤中的各种还原物质浓度，结果列入表9。

从表9可以看出，凡是出现僵苗的土壤，其还原物质含量都比正常稻苗的土壤中高得多。即使不出现典型的僵苗，青泥田中的水稻分蘖也比潮泥田中的低得多（图4）。

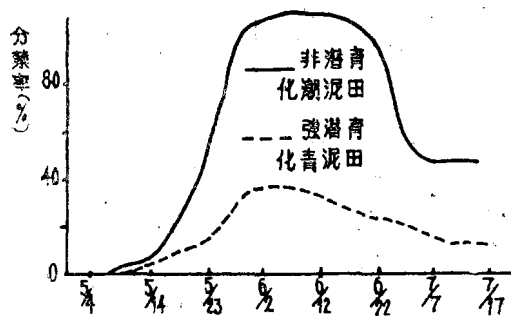


图4 桃源阮邵青泥田和潮泥田早稻分蘖动态 (1981年)

关于还原物质对水稻毒害的临界水平，我们曾用盆栽进行模拟试验，在2.5公斤土壤中分别加入10克或20克干紫云英，12.45克 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 及5克葡萄糖，同时施用 ^{15}N 标记化学氮肥，观测还原物质对水稻吸收利用N素的影响。可能是盆栽试验采用的土壤本身的还原物质含量已经较高（不施肥处理在淹水种稻期间的含量均大于5毫克当量/100克土），因此施入紫云英、葡萄糖或亚铁后，土壤还原物质含量增加不多（表10），氧化还原电位一般变动在（-59~+24）毫伏之间，仅施 Fe^{2+} 的处理在水稻生长中、后期的电位比较低些，一般在-102~-131毫伏之间。土壤还原物质总量中，几乎都是活性还原物质，其中 Fe^{2+} 约占三分之二，施入20克紫云英后，活性有机还原物质迅速增加。在早稻生育期间，从分蘖盛期至始穗期，土壤还原物质含量均较高，成熟期虽有所降低，但仍高出移栽期15~30%（施亚铁的更高）（表10）〔7〕。

施入亚铁极明显地提高了化肥氮的利用率，降低

了氮的损失，同时还提高了水稻总累积氮量（表11）〔7.11〕，但是稻谷产量却明显低于不施亚铁的处理。施入葡萄糖，增强了土壤还原条件，表现出增加氮素损失的趋势，又因葡萄糖是一种能源物质，故促进了微生物的活动，增加了氮素的生物固定，有降低化肥氮利用率，提高土壤供氮能力的趋势（表11）〔7〕。

紫云英全盆混施，对化肥氮的利用率和损失率与对照无明显区别，但集中施在下层的，使下层土壤的还原条件增强，极明显地降低了尿素在土壤中的残留氮量（表11），但对稻谷产量的影响与对照无差异〔7〕。

由于盆栽试验条件与大田相差悬殊，看来，要找出一个还原物质对水稻毒害的临界指标是比较困难的。国外科学家在这方面做了不少工作，他们认为，铁的毒害的临界值因水稻品种、使用的铁盐形态及植物的其它营养状态、水稻在不同生长阶段的敏感性和环境因素（如温度和幅射等）的不同而异，Ishizuka (1961) 用培养液培养，当 Fe^{2+} 的浓度达10ppm以上时，水稻生长即受影响，Ponnamperuma (1958) 和Mulleriyawa (1966) 用斯里兰卡的土壤进行盆栽，铁的浓度在30~80ppm时，出现青铜病（铁毒症状）。而在其他营养供应良好时，Okuda和Takahashi (1965) 及Mulleriyawa (1966) 采用水培。当铁的浓度为100~500ppm才发现青铜病，国际水稻所 (1972) 用土培，当铁的浓度为300~400ppm才发现青铜病〔注〕。我们的试验也表明，在各种营养的供应都充分时，水稻抗“铁毒”的能力是比较强的。因此，对还原物质的危害指标必须做具体的分析。

从生长实践中可以看到，潜育化的程度不同，对水稻的生长和产量的影响也不一样。我们曾选择不同类型的潜育性水稻土以同一地区的非潜育性水稻土作对照，进行定位试验，现将第一年试验的部分产量结果列入表12。从表12中可以看出，在不施肥的情况下，青泥田、青鸭屎泥田、青夹黄泥田和青夹泥田早稻产量分别为对照田的56.3%，103.6%，95.5%和83.9%，晚稻产量分别为对照的68.9%，98.6%，77.3%和96.3%。施用化肥以后，一般都可以缩小产量差距，个别的甚至可以超过对照田的产量，可见施肥是提高潜育性水稻土的作物产量的有效措施，而通过各种途径改良潜育性水稻土，则是提高作物产量的根本性措施。

〔注〕见The International Rice Research Institute, Soils and Rice (1978)

表11 几种还原物质对水稻氮素营养的来源及¹⁵N标记尿素的氮素平衡的影响 (1981年早稻盆栽)

处 理	稻株 (包括根系) 对化肥N的吸收利用 %	化肥N在土壤中的残留 %	稻株土壤总回收化 肥 N %	化肥N的亏缺 (%)	稻株吸收N的来源 (毫克N/盆)						
					净吸收N量 (扣除秧苗N)	来源于化肥		来源于紫云英 (差减法)		来源于土壤	
						N量	占净吸收N %	N量	占净吸收N %	N量	占净吸收N %
CK (施NP ₂ O ₅ , K ₂ O各0.5克/2.5公斤土, 盆,)	32.8	9.9	42.7	57.3	460	151	32.8			309	67.2
M.V. ₁ (化肥+10克干紫云英/盆)	31.6	10.3	41.9	58.1	647	146	22.6	187	28.9	314	48.5
M.V. ₂ (化肥+20克干紫云英/盆)	32.5	9.6	42.1	57.9	798	150	18.8	338	42.4	310	38.8
M.V. _{下1} (化肥+10克干紫云英/盆, 施在下层)	31.1	7.4	38.5	61.5	673	144	21.4	213	31.6	316	47.0
M.V. _{下2} (化肥+15克干紫云英/盆, 施在盆下层)	30.6	7.4	37.9	62.1	729	141	19.3	269	36.9	319	43.8
Fe ⁺⁺ (化肥+12.45 FeSO ₄ ·7H ₂ O/盆)	42.2	11.0	53.2	46.8	511	195	38.2			316	61.8
G. (化肥+5克葡萄糖/盆)	29.3	10.1	39.4	60.6	473	135	28.5			338	71.5
L.S.D. (0.05)	4.2	1.7	5.1	5.1		20				17	
L.S.D. (0.01)	5.8	2.3	7.0	7.0		27				23	

注: 土壤残留较少, 亏损较大的原因: N肥用量多 (0.5克N/盆) 且为液肥混施, 插秧时因还原物质含量较多, 气温高等原因, 使秧苗受害, 3日后又重栽秧。各处理均重复4次。

表12 不同潜育性稻田的产量比较 (单位: 斤/亩) (1981年)

处 理	水 稻 产 量		桃 源 陬 郊		桃 源 稻 罗 坪		桃 源 官 山		长 沙 谷 塘*	
			青泥田	潮泥田	青鸭尿泥	鸭尿泥	青夹黄泥田	黄泥田	青夹泥田	红黄泥田
不 施 肥	早 稻	产 量	261	464	320	309	575	602	591	704
		为对照 %	56.3	100	103.6	100	95.5	100	83.9	100
	晚 稻	产 量	162	235	487	494	309	400	607	630
		为对照 %	68.9	100	98.6	100	77.3	100	96.3	100
施 氮 磷 钾 肥	早 晚	产 量	508	518	404	443	638	657	722	801
		为对照 %	98.0	100	91.2	100	97.1	100	90.1	100
	晚 稻	产 量	282	295	569	616	452	402	717	728
		为对照 %	95.6	100	92.4	100	112.4	100	98.5	100

* 长沙谷塘的水稻产量是1982年的。

三、潜育性水稻土的改良利用途径

潜育性稻田的性质和类型不同,改良利用的途径和措施也不相同。例如,原生潜育性水稻土一般地下水位都较高,降低地下水位是首要的改良措施。而次生潜育化水稻土主要是犁底层潜育,可着重改良表层和犁底层的通透性。现将经过试验研究和生产实践证明行之有效的改良途径分述如下:

(一) 工程措施

改良潜育性水稻土首先要求排除土壤的渍水,降低地下水位,增加土壤的通透性,降低土壤中的还原物质,促进潜在养分的释放。开沟排水是达到这些目的的有效途径。但是,不同类型的潜育性水稻土对开沟的要求也不一样。一般来说,表层潜育或犁底层潜育性稻田的外排水条件都比较好,开沟的要求着重于排

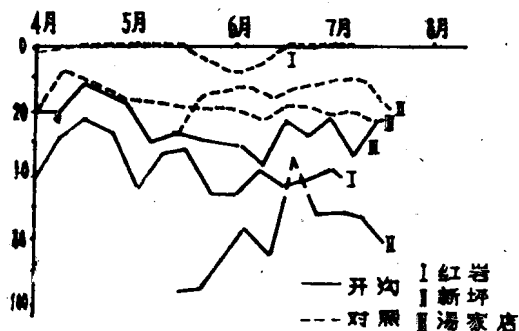


图5 开明沟抬田对降低地下水位的影响

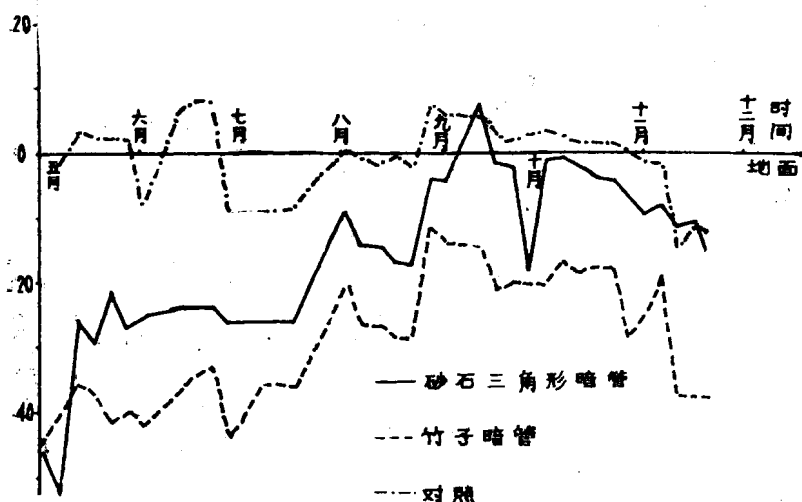


图6 暗沟对降低地下水位的影响(稻罗坪)

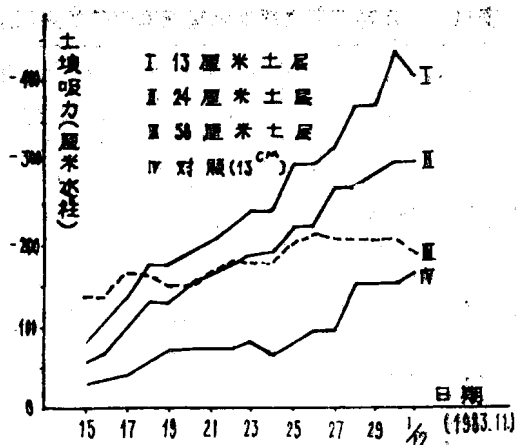


图7 暗管排水后土壤水分吸力的动态变化

除田面渍水和防止周围田块的侧渗和流水浸入。因此可以在田内开边沟,避开周围稻田水分渗入。在种植旱作物时,采取高垄深沟。至于象中层潜育、间层潜育、上位潜育及全层潜育等稻田,则需采取深沟排渍,降低地下水位,土质粘重的稻田,还必须在田内设置暗沟,以加快排除渍水的速度,实践表明,开沟(包括明、暗沟)抬田有以下几点效应:

1. 降低稻田的地下水位,减少土壤渍水。

无论是开明沟(图5)或暗沟(图6),对降低地下水位都有明显的作用。桃源县稻罗坪村的一片深泥脚烂泥田,过去习惯于冬泡,1980年开挖80厘米深的暗沟,至1983年11~12月测定,其排除渍水的效应仍很高,土壤吸力比未开沟的对照田高得多(图7)。

2. 提高土壤的泥温和通透性。

由于开沟排除了冷浸渍水,因此使不同类型的潜育性水稻土的泥温有不同程度的提高(图8),在排除渍水的条件下,土壤的透气性也有了明显的改善(表13)。

3. 降低了土壤还原物质的积累,提高了土壤的氧化还原电位。

庄家桥村位于沅江平原,有一片稻田外排水条件较差,在稻田内开暗沟后,对降低土壤氧化还原电位和还原物质都有一定作用(表14)。

表13 暗沟排水对土壤透气性的影响^[17]
(透气系数, 单位: $\times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{秒}$)

土层深度 (厘米)	青潮沙泥田		青鸭屎泥田	
	开暗沟	未开沟 (对照)	埋竹子 暗管	未开沟 对照
0—15	19.434	0.566	1.203	0.114
15—30	14.822	0.424	0.049	0.096
30—45	17.439	0.419	0.048	0.053

注: 1980年7月25日测定。

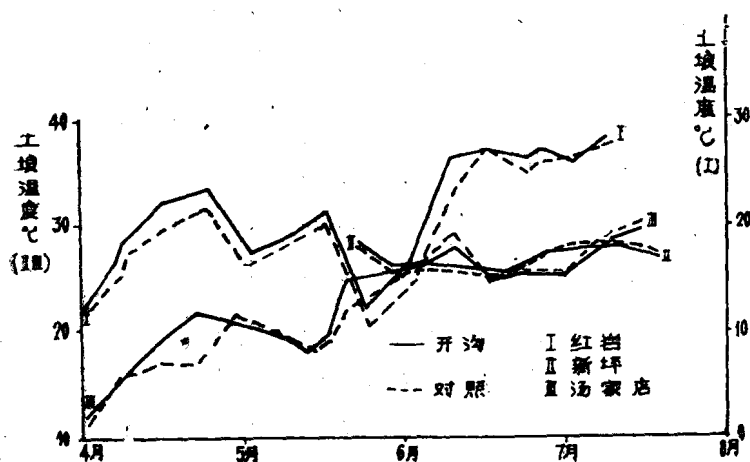


图8 开明沟对土壤温度的影响

由于开沟改善了作物生长的土壤环境, 促进了作物对土壤养分的吸收, 从而增加了作物的产量。据大面积统计, 开沟稻田的稻谷产量比对照田平均增加60~70斤/亩, 增产率15~20%。

为了提高开沟排水的效益, 根据现有的经验必须注意如下四点: (1) 因地形地势合理布局, 平原低洼地区, 要建立区域性的排、灌水系统, 避免串灌; 山丘地区, 首先要开好环山沟, 排灌分开, 将涝泉冷浸水排除。(2) 因土制宜, 沟的稀密要适度。一般粘质土的沟与沟之间的距离可小些, 砂质土可宽些; 开明沟或是开暗沟, 还是需要明暗沟结合, 都要因土壤性质和土体构型而定。(3) 明沟或暗沟的深度,

一般以能将地下水位降到60厘米以下为宜, 主沟可深些, 支沟可浅些。

(4) 明沟挖成后最好在两旁种上有经济价值的植物(如桑树等), 既可以固土防冲, 也能增加经济收入。暗沟的修筑, 尽量做到就地取材, 讲究实效。

(二) 生物措施

生物措施包括两方面的内容, 一是针对潜育性水稻土渍水时间过长的问題, 在轮作或换茬中加入1~2季旱作, 缩短稻田的渍水时间; 二是种植较能适应潜育性稻田的作物品种, 以提高作物产量, 现分述如下:

表14

暗沟对降低青隔沙泥田中还原物质的影响^[17] (1980年, 桃源庄家桥)

测定日期 月·日	处 理	土壤氧化 还原电位 (mv)	还原物质 (毫克当量/100克土)				Fe ²⁺ 、Mn ²⁺ (毫克/100克土)		
			总 量	活 性	活性有机	非活性	Fe ²⁺	Mn ²⁺	水溶性 Fe ²⁺
6·9	开暗沟	/	7.96	6.87	1.24	1.02	314.4	24.9	0.5
	对照田	/	8.02	7.17	1.35	0.85	325.5	26.0	0.9
7·9	开暗沟	100	5.54	5.23	1.23	0.31	223.3	12.1	1.3
	对照田	40	5.79	5.24	0.97	0.55	238.1	27.3	1.3
7·23	开暗沟	86	4.95	3.60	0.46	1.35	175.2	21.6	0.7
	对照田	73	6.97	5.51	0.43	1.46	283.6	25.4	0.9
9·11	开暗沟	/	3.25	2.34	0.53	0.91	101.2	20.2	0.8
	对照田	/	4.14	3.07	0.68	1.07	133.7	21.2	0.7

1. 水旱轮作, 改良潜育性水稻土

目前对改良潜育性稻田比较行之有效的轮作制, 一是在种双季稻后, 秋冬翻耕, 种一季油菜、蚕豆、大、小麦或蔬菜, 为了保证每年有一定的绿肥面积, 也可以采取冬种作物与绿肥轮作, 紫云英、箭舌豌豆等绿肥作物最好采取翻耕后播种, 这比板田过冬能更好地改善土壤氧化还原条件; 二是在春季种一季黄豆间作玉米(或单种黄豆或玉米), 然后种一季杂交晚稻, 既可改善土壤条件, 又能获得全年增产; 三是种一季中稻, 再种一季夏熟旱作物, 也可获全年丰收。水旱轮作的效应, 可归纳为三点:

(1) 改善土壤的通透性, 提高氧化还原电位, 降低还原物质的含量。

1979~1980年在桃源杨溪桥稻罗坪的试验结果表明: 冬种油菜, 由于进行耕耙晒垡, 改善了土壤的物理性质和通透性能, 其消潜作用不仅在当季比绿肥或板田过冬好, 而且影响到第二年栽植早稻或中稻时的土壤条件。从表15中可以看出, 在三次测定中, 油菜——早稻或油菜——中稻的土壤中, 除7月4日油菜——早稻田的还原物质总量高于绿肥——早稻田外, 其它测定的还原物质都比绿肥——早稻或绿肥——中稻田低。在冬种作物时, 采取油菜、蚕豆、大、小麦与绿肥轮作换茬是有益于改良潜育性水稻土的(表15)。有的地方在水旱轮作时, 采取少耕或免耕法,

表15 油菜—水稻连作与绿肥—水稻连作对土壤还原物质影响的比较^[20] (次潜稻田耕层, 1980年)

种植方式	测定日期 (月·日)	还原物质(毫克/100克土)			Fe ²⁺ Mn ²⁺ 含量 (毫克/100克土)	
		还原物质总量	活性还原物质	活性有机还原物质	Fe ²⁺	Mn ²⁺
绿肥—早稻	5.20	7.34	6.54	3.43	173.8	3.4
	6.15	7.96	7.44	2.00	303.7	35.8
	7.4	8.61	6.64	1.04	312.9	18.9
油菜—早稻	5.20	2.38	1.63	0.37	70.4	8.6
	6.15	5.29	4.18	0.65	197.0	20.9
	7.4	9.86	6.42	0.67	321.2	19.8
绿肥—中稻	5.20	3.66	2.68	0.30	132.8	16.7
	6.15	5.97	5.31	0.98	241.6	37.9
	7.4	9.20	6.03	0.46	311.0	23.6
	8.9	10.42	10.13	2.63	418.6	25.6
油菜—中稻	5.20	1.54	0.71	0.40	17.2	8.6
	6.15	2.39	1.45	0.40	58.5	19.5
	7.4	8.07	5.83	0.98	271.1	23.4
	8.9	6.13	5.64	0.67	221.7	23.5

表16 两种轮作复种制, 作物生长期土壤还原物质动态 (1983年, 长沙谷塘)

测定日期 (月·日)	还原物质总量 me/100g土		活性还原物质 me/100g土		Fe ²⁺ mg/100g土		Mn ²⁺ mg/100g土		Eh (mv)	
	玉米、 黄豆 —晚稻	早稻 —晚稻	玉米、 黄豆 —晚稻	早稻 —晚稻	玉米、 黄豆 —晚稻	早稻 —晚稻	玉米、 黄豆 —晚稻	早稻 —晚稻	玉米、 黄豆 —晚稻	早稻 —晚稻
5.4	2.77	3.60	0.47	2.35	13.2	91.6	0	0	+362	+311
5.19	1.79	4.84	0.68	4.11	15.1	155.0	3.10	8.52	+339	+171
6.2	2.00	5.12	0.74	3.28	22.2	91.5	3.06	6.52	+245	+95
6.15	1.52	4.63	0.61	3.16	7.7	98.8	3.95	10.95	+309	+93
6.28	3.60	7.32	1.67	4.71	90.7	202.4	4.38	4.85	+377	+82
7.12	3.30	3.97	1.11	2.08	47.9	101.9	1.54	6.60	+278	+198
7.31	6.68	7.33	3.73	4.29	174.6	201.6	5.97	3.28	+98	+120
8.14	8.53	9.21	5.36	5.31	198.6	233.7	4.36	0.51	+75	+78
8.28	3.49	5.56	2.15	3.79	78.1	162.2	5.63	5.37	+148	+97
9.11	3.79	5.33	2.85	4.33	118.4	188.0	6.58	7.11	+82	+66
9.25	3.40	4.31	2.82	3.53	96.2	142.9	5.79	4.80	+149	+115
10.10	1.31	1.52	1.01	1.10	28.2	41.3	0.04	2.60	+294	+280