

珠江三角洲几种水稻土的结构体特征及其与肥力的关系*

钟 炎 云

(广东省土壤研究所)

珠江三角洲地区地势平坦、河网纵横、水热资源丰富,土壤肥沃,农业生产水平较高,盛产大米。农业土壤主要是水稻土,全区共有672万亩,约占总耕地的82%〔1〕,其类型以坭肉田、坭骨田和油格田等为主。过去曾有不少人从宏观方面对这些土壤的肥力状况做了大量的工作〔2〕。作者于1980、1981年研究了该地区几种水稻土的结构特征及其与肥力的关系,现将所获得的结果整理如下。

一、供试土壤与研究方法

(一)供试土壤 采集于南海、番禺、惠阳、清远、东莞、中山等县的坭肉田、坭骨田、油坭田、油格田和黄坭田等五种水稻土。土壤母质除黄坭田是红壤残丘冲积物质外,其余均属三角洲冲积物。几种水稻土的主要理化性状如表1。

表1 几种水稻土的主要理化性质

土 壤	容 重 (克/厘米 ³)	总孔 隙度 (%)	孔 隙 比	毛管持 水量 (%)	田间持 水量 (%)	阳离子交 换量 (毫克当量/ 100克土)	有机 质 (%)	全氮 (%)	磷 (P)		钾 (K)		
									全量 (%)	速 效 (ppm)	全量 (%)	代换态 (ppm)	缓效态 (ppm)
坭肉田	1.03	59.6	1.22	49.6	44.6	15.22	4.77	0.184	0.061	18.75	1.10	40	140
坭骨田	1.40	50.0	1.00	31.0	30.8	9.96	2.01	0.103	0.038	9.0	2.16	45	452
油格田	1.26	53.5	1.15	40.5	38.0	—	2.37	0.145	0.062	1.25	1.46	45	235
油坭田	1.27	53.3	1.14	39.3	37.9	—	3.32	0.154	0.063	5.45	1.53	255	705
黄坭田	1.42	51.4	1.05	33.8	32.2	—	—	—	—	—	0.93	40	60

注:① 速效磷用0.5N NaHCO₃ 浸提,钼锑抗比色法测定;② 代换态钾用1N HN₄OAC浸提,火焰光度计法测定;
③ 缓效态钾用1N HNO₃ 煮沸浸提,火焰光度计法测定;④ 田间持水量用威尔科克斯法测定。

(二)研究方法

1. 土壤结构体测定及其微形态观察:

结构体测定——用常规的土壤物理测定法。

微形态观察——用环氧树脂固化原状土,磨成薄片在偏光显微镜下观察并拍摄照片。

2. 模拟试验:

(1) 土壤水分吸力的模拟试验——将原状土(长×宽×高为20×13×10厘米)放在底部有孔、垫有滤纸的铝盒内,置于湿布上,使土壤达到毛管持水量后,用微形张力计测定土壤由湿到干的吸力变化。然后再将土壤置于水中浸泡24小时后取出,再用微形张力计测定土壤由湿到干的吸力变化。

(2) 土壤对铵吸附的模拟试验——将原状土浸泡在数量一定、浓度已知的硫酸铵溶液中,24小时后取出淋干,测定剩余溶液数量及溶液中NH₄-N的含量。用减法计算出被土壤吸附的NH₄-N数量。

3. 田间定位观测: 选择有代表性的东莞、南海两

县的坭肉田和坭骨田,在作物不同发育阶段时测定土壤铵态氮、土壤呼吸强度、土壤氧化还原电位,并对作物长相、植株干重、次生根数量进行动态观测,最后测产考种。

二、结果与讨论

(一)结构体特征

1. 团聚体状况: 几种水稻土微团聚体含量测定结

* 参加该项工作的还有黄美艳同志。文中土壤理化性质的部分分析工作由我所物理室、农化室和地理室有关同志协助完成。本文曾得到北京农业大学叶和才教授的指导和斧正,在此一并感谢。

① 中南土壤研究室化学、物理、微生物组,珠江三角洲几种主要水稻土的基本特征及其培育土壤肥力的途径。土壤汇刊,第5集,5—7页,1964。

果(表2)表明, 坭肉田耕层土壤中1—0.25毫米微团聚体显著多于其他三种土壤。

在偏光显微镜下观察土壤薄片, 可见这些土壤的团结构体状况在微形态特征上也有较大的差异。

坭肉田耕作层中团聚体发育较好, 其形状有圆形,

椭圆形和不规则的多边形。外缘较光滑, 垒结较松弛, 颜色为灰黑色。直径一般为0.05—0.3毫米, 最大者有0.6毫米(附图照片1), 并有不少蚯蚓粪。

坭骨田耕作层土壤中未见有团聚体的发育, 孔隙也很少(附图照片2)。

表2 耕层土壤微团聚体和机械组成(%)

土壤	采样地点	项目	粒 径 (毫 米)					
			1.00—0.25	0.25—0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.005—0.001	<0.001
坭肉田	南海县	微团聚体	24.74	22.78	26.28	12.36	10.53	3.31
		机械组成	2.3	15.7	20.6	17.4	22.6	21.4
	东莞县	微团聚体	23.13	18.08	27.96	9.58	17.63	3.62
		机械组成	5.3	22.7	20.8	9.3	16.9	25.0
	番禺县	微团聚体	31.77	16.06	24.13	12.50	11.08	4.46
		机械组成	2.6	7.7	17.7	14.7	24.6	32.7
坭骨田	东莞县	微团聚体	7.82	24.90	31.08	12.07	13.91	10.22
		机械组成	3.0	17.5	26.0	13.4	12.1	28.0
	番禺县	微团聚体	6.43	14.68	31.46	13.58	24.52	9.33
		机械组成	0.24	4.76	18.0	14.8	28.3	33.9
油格田	中山县	微团聚体	10.12	27.54	28.73	10.77	15.24	7.60
		机械组成	0	11.0	22.5	12.8	25.7	28.0
油坭田	中山县	微团聚体	3.94	16.90	36.78	10.04	22.42	9.92
		机械组成	0	3.50	22.9	13.6	27.6	32.4

注: 微团聚体用卡琴斯基吸管法测定;

机械组成用鲍氏比重计法测定。

油格田耕层土壤中有少量发育较好的团聚体, 其直径在0.068—0.15毫米左右, 外缘不很光滑, 多为不规则的多边形, 垒结稍松(附图照片3)。

油坭田耕层土壤中未见有团聚体的发育, 但有较多黑色腐殖化和半腐殖化的植物残体(附图照片4)。

黄坭田的耕层中未见有团聚体, 植物残体也较少, 骨骼颗粒很细, 而且排列致密(附图照片5)。

2. 土壤孔隙状况及其分布特点:

(1) 土壤孔隙状况——测定土壤孔隙度的结果(表3)表明, 坭肉田的总孔隙度、毛管孔隙度和通气孔隙度均比坭骨田的高。经方差分析, 坭肉田和坭骨田之间总孔隙度的差异属极显著; 它们之间的毛管孔隙度、通气孔隙度的差异属显著。

在偏光显微镜下观察了这些土壤薄片中的孔隙状况。

坭肉田耕层土壤中孔隙发育较好, 一般呈近树枝状分布, 直径多为0.01—0.56毫米。犁底层中只有少量孔隙, 偶见较大的孔洞;

坭骨田全剖面孔隙发育较差, 除耕层偶见发育较

表3 坭肉田、坭骨田耕层土壤孔隙状况

土壤	采样地点	总孔隙度 (%)	毛管孔隙度 (%)	通气孔隙度 (%)
坭肉田	东莞县	55.0	50.9	7.4
	南海县	59.6	49.6	14.7
	番禺县	61.0	56.4	7.8
	惠阳县	57.0	53.3	11.4
坭骨田	清远县	55.0	47.1	12.9
	东莞县	50.0	45.4	6.8
	南海县	52.0	49.6	7.2
	番禺县	50.0	44.6	7.4
田	惠阳县	48.0	46.4	3.7
	清远县	50.9	37.6	15.3
方差分析		F = 12.5 F _{0.01} = 11.02	F = 7.45 F _{0.01} = 11.2 F _{0.05} = 5.31	F = 8.45 F _{0.01} = 13.75 F _{0.05} = 5.99

注: 总孔隙度% = (1 - 土壤容重/土壤比重) × 100

通气孔隙度 = 总孔隙度 - 田间持水量时水分所占孔隙

好的孔隙外,其余各层多为封闭的、孤立的孔隙、洞孔及微孔隙、裂隙、整个土体很紧实;

油格田耕层中可见有发育较好的孔隙,孔径一般为0.02—0.2毫米;

油坭田耕层中仅有少量孔隙,孔径为0.01—0.03毫米。其余多为孤立的封闭性孔隙、孔洞和裂隙;

黄坭田耕层土壤的孔隙发育很差,孔隙的孔径一般仅为0.009—0.02毫米。其他各层仅见孤立的、封闭性的孔隙、孔洞。整个土体排列致密。

(2) 土壤孔隙的分布特点——测定各土壤原状土

在低基质势(0—1巴)时的水分特征曲线(以下简称“曲线”,图1)。根据这些“曲线”,用茹林公式计算当量孔隙直径,得不同孔径范围内土壤当量孔隙度(表4)。可以看出,坭肉田、油格田的孔隙分布比坭骨田、油坭田均匀,既有大孔隙,又有中、小孔隙,大、小孔隙搭配也较佳,适于作物生长。如水稻苗期需要土壤水分处于饱和状态,此时有相当数量的小孔隙起着保水作用。水稻生长后期又常需排水烤田,大孔隙则起了爽水的作用。坭骨田、油坭田缺少较粗的大孔隙,细孔隙多,所以不能适应水稻全生育期对水分的要求。

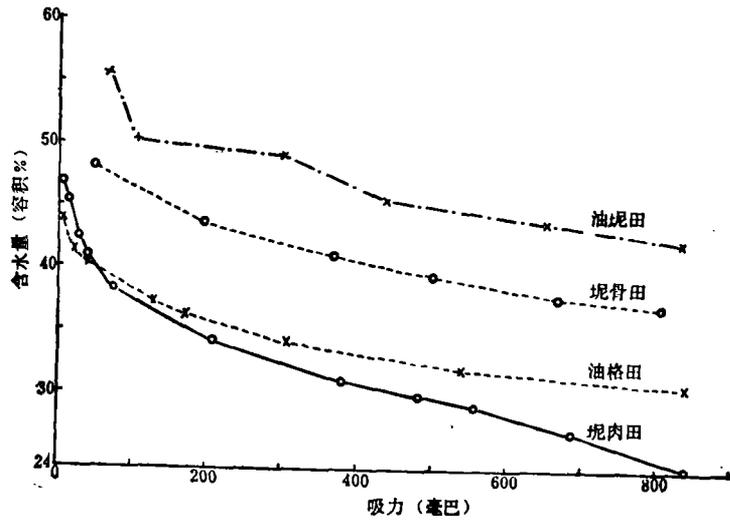


图1 几种水稻土的水分特征曲线(湿→干)

表4

几种水稻土的当量孔隙度(0—1巴)

土壤	项 目	孔 隙 直 径 (毫 米)							
		0.56—0.113	0.113—0.075	0.075—0.029	0.029—0.015	0.015—0.0079	0.0079—0.006	0.003—0.0036	0.0036—0.0033
坭肉田	孔隙度(%)	4.4	1.8	6.7		3.0	1.3	5.8	2.1
	占总孔隙度(%)	17.5	7.2	26.7		12.0	5.2	23.1	8.4
坭骨田	孔隙度(%)	0	0	4.5		2.7	1.5	2.4	0.6
	占总孔隙度(%)	0	0	38.5		23.1	12.8	20.5	5.1
油格田	孔隙度(%)	2.7	1.1	2.1	2.2	2.6	1.0	2.7	3.3
	占总孔隙度(%)	15.3	6.2	11.9	12.4	14.7	5.6	15.3	18.6
油坭田	孔隙度(%)	0	0	5.2	1.4	3.5	3.5		0.4
	占总孔隙度(%)	0	0	37.1	10.0	25.0	25.0		2.9

从图1的“曲线”中还可看出,当吸力从0增加到200毫巴时,坭肉田、油格田分别释放出12.7和8.5毫米的水分,比坭骨田和油坭田分别多8.2和2.6毫米。因此,坭肉田、油格田的水分条件较好,适于作物生长,

产量要比坭骨田、油坭田高10—30%(表5)。

3. 土壤结构体的稳定性:

先将坭肉田、坭骨田原状土的水分含量达毛管持水量,测得“泡水前”水分特征曲线,再将该土淹泡于

表 5

几种水稻土上作物生育状况与产量

地点	土壤	作物	株高 (厘米)	植株干重(克/株)			次生根(条/株)			产量 (斤/亩)	备注
				分蘖期	孕穗期 (开花期)	抽穗期 (结荚期)	分蘖期	孕穗期 (开花期)	抽穗期 (结荚期)		
东莞县	坭肉田	水稻	81.6	—	1.33	7.66	—	39.3	110.2	780	早稻实产
			78.2	—	0.84	0.49	—	13.6	64		
	坭骨田	花生	—	—	5.0	11.7	—	—	—	630	全年实产
			—	—	2.7	9.2	—	—	—		
南海县	坭肉田	水稻	93.6	11.6	33.3	30.0	86.8	65.6	107.6	699	晚稻实产
			88.1	9.5	28.2	30.0	62.3	45.0	88.8		

注：括号内为花生的生育期。

水中24小时取出，再测得“泡水后”的水分特征曲线。然后计算，绘出相应的水分特征曲线的斜率与土壤水吸力的关系曲线(简称“关系曲线”，图2和图3)。从图中可以看到坭肉田的两对“曲线”差异较小，基本吻

合；坭骨田的则差别较大。表明坭肉田的结构体经水泡后被破坏的程度很轻，坭骨田的结构体被破坏较严重，致使大孔隙减少。

在偏光显微镜下观察到的情况与上述相似；坭肉

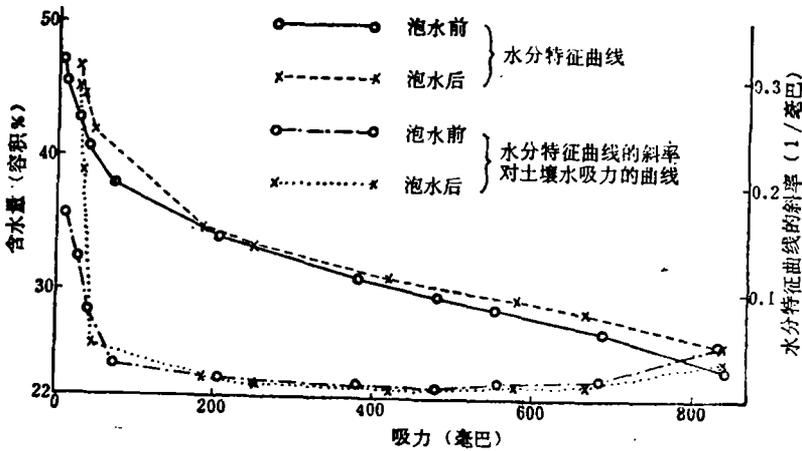


图 2 坭肉田的水分特征曲线(湿→干)

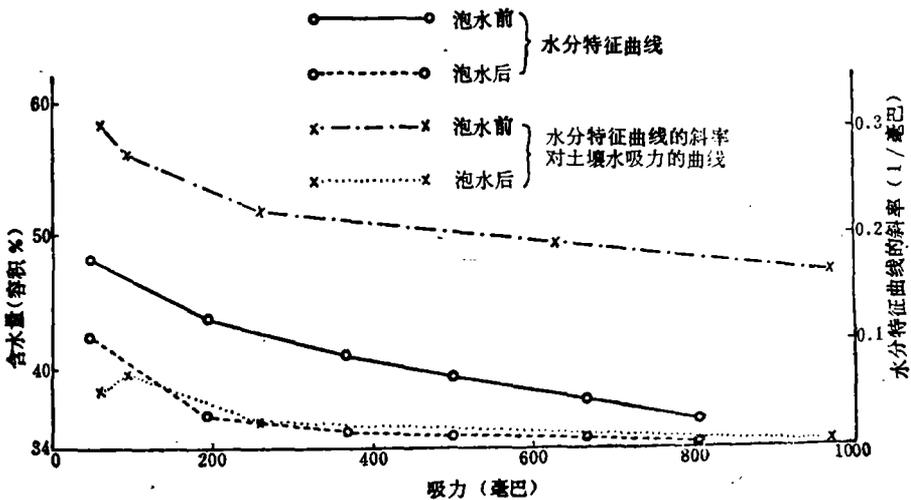


图 3 坭骨田的水分特征曲线(湿→干)

田结构体“泡水前”、“泡水后”基本一致，仅圆形、椭圆形的团聚体少些，不规则的团聚体多些，孔隙状况无明显变化；坭骨田团聚体少，很难发现，而且稍有发育的孔隙也消失了。

由上可见，坭骨田结构体的稳定性远不及坭肉田，这可能是因为在坭肉田中土壤的絮凝作用产生了原颗粒稳定群^[3]。

(二) 土壤的保肥、供肥性能

为了解以上几种水稻土的保肥、供肥性能，我们用原状土进行保氮的模拟试验。并选择较典型的坭肉田、坭骨田的田块，在作物不同发育阶段定点测定土壤中残存的铵态氮含量。从试验结果可看出：

(1) 坭肉田对 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的吸附总量，约比坭骨田高5.4毫克/100克土，油稻田、油坭田两者的吸附总量相似，黄坭田的吸附总量最小(表6)。从而可知，这几种水稻土中，坭肉田的保肥能力最强，黄坭田最差，油坭田与油稻田相近，这可能与油坭田土体内半腐解的有机残体较多有关。

表6 几种水稻土对铵态氮的吸附量

(单位：毫克/100克土)

土壤	南海县	东莞县	番禺县	惠阳县	清远县	中山县	平均
坭肉田	19.50	15.12	17.35	17.59	15.23	—	16.96
坭骨田	—	12.29	11.53	9.77	12.59	—	11.54
油稻田	—	—	—	—	—	12.66	12.66
油坭田	—	—	—	—	—	12.35	12.35
黄坭田	—	—	—	—	8.6	—	8.6

(2) 在水稻整个生育期间，坭肉田上作物生长旺盛，但耕层中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量下降却较缓慢，尤在孕穗—抽穗期，几乎无变化，仅在抽穗以后才有较明显下降。坭骨田上的作物生长虽然不好，但土壤中的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量却呈直线下降(图4)。这说明坭肉田的供肥性能比坭骨田好得多。

(三) 土壤结构体特征与土壤肥力的关系

综上所述，这五种水稻土的结构体特征具有较显著的差异，而这种差异与它们的肥力水平一致，即坭肉田、油稻田是这五种水稻土中较肥沃的土壤，耕层中团聚体，特别是较大的团聚体多，叠结较松弛，孔隙多，有大、小孔隙搭配，且相互连通。这种结构体特征通气透水性好，有利于植物根系的生长、土壤微生物的活动和养分的分解矿化。因此，它在整个作物生育期内土壤的呼吸强度、氧化还原电位及速效养分含量均较高(表7)。

坭骨田、油坭田不及坭肉田肥沃的原因与它们的结构体发育较差有一定关系。由于结构体发育不良，

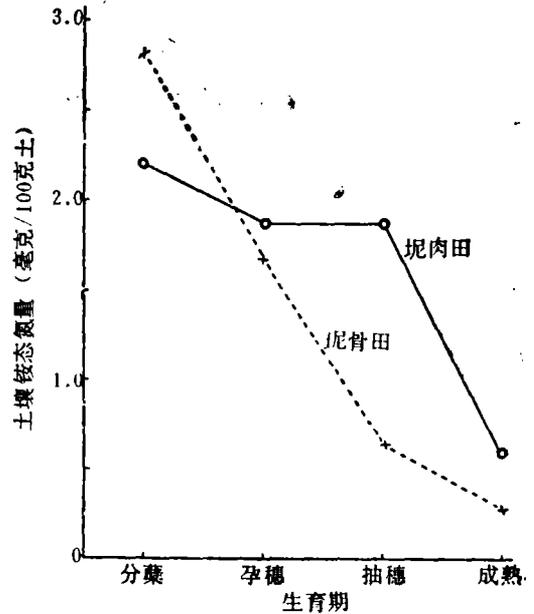


图4 水稻不同生育期土壤铵态氮含量

土壤中水、气之间矛盾突出，尤其是油坭田，耕层以下常因水分过多，通气不良，处于嫌气环境下，有机体的分解矿化甚微^[4]。故在薄片可见较多的黑色腐殖化和半腐殖化的植物残体。

黄坭田的结构体发育很差，颗粒很细，而且排列致密，除耕层有少量发育稍好的孔隙外，其余各层仅见孤立的封闭性孔隙、孔洞，微孔隙较多，通气不良。因此存在于耕层的少量有机残体也难以分解、矿化。所以，这种土壤不仅潜在养分低，速效养分缺乏^①，而且水分供应状况也较差，故在这几种水稻土中，肥力水平最低。

三、改良利用意见

研究表明，土壤结构体状况是影响土壤肥力的重要因素。因此制定改良、培育土壤措施应与改善土壤结构体状况相结合。

1. 坭肉田、油稻田，它们的结构体状况较好，土壤肥力亦较高，但微团聚体数量还不够多，尤其是油稻田。因此，今后还需增施有机肥，精耕细作，促进土壤结构体进一步发育，为大幅度提高产量创造条件。

2. 坭骨田、黄坭田，它们的结构体较差，其主要原因是有机胶结物质不足，以及耕作粗放。因此，增

① 陈子健等，珠江三角洲及其相邻地区的土壤农业区划，中南土壤专刊，第2号，79页，1966。

(下转第236页)

WW, 场, 存各组组长, M个向量。
 G, 场, 存各组累计实际频数, M个向量。
 GG, 场, 存各组长实际频数, M个向量。
 F, 场, 存正态化后的各组频数, M个向量。
 T, 场, 存各组组长值, M个向量。
 TT, 场, 存各组组长值的平方, M个向量。
 P, 常数 $1/\sqrt{2\pi}$ 。H, 步长。
 I, J, 循环参数。
 B, C, D, E, F, K, P, S, U, V, Z, AB, ST, OS,
 OL, TS, TL, 工作单元。

计算机印出结果中的有关符号, 说明如下:
 N, 样品数。Zn, 元素名, 本例为锌。
 DA, 数据, 即输入的样品观测值。
 R, 全距。D, 组距。
 NO. OF ITEM, 组数。ORIGIN, 正态化前。
 AM, 均值。SD, 标准差。
 $X \pm 2S$, 均值加减两倍标准差。
 SIGMA F, 正态化后总频数。
 SIGMA TF, $\sum tf$ 值。
 SIGMA TTF, $\sum t^2 F$ 值。
 t BAR, 平均组值。St, 组值标准差。

NORMALIZED, 正态化后。M, 均值。
 $X \pm Sx$, 均值加减一个标准差。
 $X \pm 2Sx$, 均值加减两个标准差。

参考文献

- [1] 唐涌六, 数据分布类型检验及其在土壤学中的应用 I. 偏度、峰度检验法及其计算机程序。土壤, 16卷2期, 66—69页, 1984年。
- [2] 唐涌六, 数据分布类型检验及其在土壤学中的应用 II. Shapiro—Wilk W 检验法及其计算机程序。土壤, 16卷3期, 112—115页, 1984。
- [3] 唐涌六, 数据分布类型检验及其在土壤学中的应用 III. Vistelius 置信带法及其计算机程序。土壤, 16卷4期, 150—152页, 1984。
- [4] 唐涌六, 数据分布类型检验及其在土壤学中的应用 IV. 克方检验法及其计算机程序。土壤, 16卷5期, 192—195页, 1984。
- [5] 薛仲三, 医学统计方法和原理, 150—152页, 人民卫生出版社, 1978。
- [6] 杨国治, 环境中若干元素的自然背景值及其研究方法, 85—87页, 科学出版社, 1982。

(上接第213页)

表7 几种水稻土在不同时期的呼吸强度和氧化还原电位

地点	土壤	作物	呼吸强度(克/厘米 ² ·天)				氧化还原电位(毫伏)		
			分蘖期 (苗期)	孕穗期 (开花期)	抽穗期 (结荚期)	成熟期	分蘖期 (苗期)	孕穗期 (开花期)	抽穗期 (结荚期)
东莞县	坭肉田	水稻	0.71	0.95	—	—	—	-1.5	284
			坭骨田	0.71	0.55	—	—	—	-2
	坭肉田	花生	3.3	5.7	4.2	—	564	538	560
			坭骨田	1.4	3.4	4.1	—	504	459
南海县	坭肉田	水稻	2.7	4.7	4.6	0.4	53	388	512
			坭骨田	2.3	2.2	0.3	0.3	64	352

注: 括号内为花生的生育期。

施有机肥(或与绿肥轮作)是培育该土壤的基本措施, 同时还要注意深耕松土, 促进土体向良好的结构体方向发展。

3. 油坭田: 土体各层中均含有较多黑色腐殖化、半腐殖化的有机残体, 但因土体通透性能差, 处于淹水时间较长, 所以有机质分解十分缓慢, 有机胶结物质随之不足。另外, 因土壤干湿胀缩作用较差, 作物根系生长发育差, 致使土壤结构体发育不良。这类土壤应加强排水和疏松土壤措施, 改善土壤通透性能。有条件的地区, 应推行水旱轮作, 为改善土壤结构体状况创造良好的条件。

参考文献

- [1] 钟功甫、李次尼编著, 珠江三角洲, 13页, 商务印书馆, 1960年。
- [2] 龚子同等, 珠江三角洲土壤, 土壤专刊, 第36号, 科学出版社, 1964。
- [3] J. W. Dickson and P. Smart, Some Interactions Between Stress and Microstructure of kaolin (in Modification of Soil Structure, Edited by W. W. Emerson et al.), p. 57., copyright by John Wiley & Sons Ltd, 1978。
- [4] 彭拉姆帕鲁马著(刘志光等译), 渍水土壤的化学与水稻生长的关系, 45页, 科学出版社, 1966。