

新垦赤红壤结构特性的演化*

唐淑英 钟继洪 杨兴邦 谭 军

(广东省土壤研究所, 510650)

摘 要

本文探讨新垦赤红壤结构特性的变化, 定位试验结果表明: (1) 在亚热带生物气候条件下垦殖赤红壤, 由于耕作管理扰动土壤, 将不可避免地产生土壤砂化或粉砂化现象。(2) 新垦赤红壤在利用过程中, 水稳性团聚体不断发生变化, 较大粒径团聚体增多, 较小粒径部分减少。(3) 新垦赤红壤团聚体增加的原因, 对豆科与非豆科作物轮作土壤来说, 主要是土壤有机质含量有了提高; 对多年生台湾草土壤来说, 主要是植物根系的穿插作用。(4) 作物轮作式土壤的容重、孔隙都有所改善, 更有利于作物生长; 多年生台湾草式的土壤孔隙度则有所减少。

关键词 新垦赤红壤, 土壤特性演化, 轮作方式, 颗粒组成, 团聚体

本文是新垦赤红壤肥力演变定位试验研究内容之一。该试验布置在广州市东北部大坑岗的缓坡丘陵上, 土壤为花岗岩母质发育而成, 具有土层深厚、剖面分化明显、脱硅富铝化作用明显等发生特征。成土矿物以高岭石为主, 伴有多水高岭石、伊利石和少量蛭石。粘粒部分的 Fe_2O_3 含量, 表心土在 80—110g/kg 之间, 底土为 40g/kg, Al_2O_3 全剖面均在 330g/kg 左右; $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 在 1.6—1.8 之间。土壤质地以轻石质轻壤土为主, 中壤为次。土壤肥力很低, 存在着红壤的酸、瘦、砂通病(表 1)。

为了创造土壤培肥熟化条件, 保证作物收成, 我们将坡地修筑为梯地, 并逐步设置了灌溉条件, 使在春秋旱季能进行补充性灌溉。为了使科研成果能结合实际和较易推广, 采取了中等偏下的施肥水平, 并进行了藤秆回田措施。

耕种轮作方式是以豆科(包括花生、大豆、紫云英、绿豆、红花豌豆)与非豆科(包括玉米、马铃薯、香蕉芋、台湾草)的种植比例不同而分为 1:1 式(一季豆科一季非豆科作物)、1:2 式(一季豆科两季非豆科作物)、2:1 式(两季豆科一季非豆科作物)和多年生台湾草(第一年种后, 每年将草皮铲走让其再生)四个处理。每个处理设三个重复, 每重复区面积均为 1 亩。在轮作周期中, 各处理的总施肥量是相同的, 而各轮作作物的施肥量则根据种类需要而定。各轮作处理各年度的作物种植安排见表 2。

新垦赤红壤第一个轮作周期的试验结果表明: 在具备基本生产条件的情况下垦殖赤红壤, 不但能取得明显的经济效益, 而且土壤养分得到成倍提高, 水热状况得到明显改善, 微生物得到繁殖和活化, 土壤结构孔隙状况也得到改善与调整。本文仅就土壤结构变化方面进行探讨。

* 国家自然科学基金资助项目。

表 1 赤红壤垦殖前主要理化性质

Table 1 Basic physical and chemical properties of lateritic red soil before cultivation

pH	5.24±0.18	>3mm 砾石 (g/kg) >3mm gravel		250.00
有机质 (g/kg) O.M.	5.6±1.3	颗粒组成 (g/kg) (粒径: mm)	3—1	130.2
全氮 (g/kg) Total N	0.22±0.05		1—0.25	363.0
全磷 (g/kg) Total P	0.13±0.01	Particle size distribution	0.25—0.05	112.1
全钾 (g/kg) Total K	1.27±3.6		0.05—0.01	116.3
CEC [cmol(+)/kg]	4.54		0.01—0.005	61.4
交换性盐基 [cmol(+)/kg]	Ca 1.77		0.005—0.001	108.4
Exchangeable base	Mg 0.11	<0.001	108.6	
	K 0.13	0.05—0.001mm 粉粒 (g/kg)		286.1
盐基总量 [cmol(+)/kg]	Na 0.22	3—0.05mm 砂粒 (g/kg)		605.3
Sum of bases	2.22	<0.01mm 物理性粘粒 (g/kg)		278.4
盐基饱和度 (%)	48.93	质地名称 Texture		轻石质轻壤土
Base saturation percentage				

表 2 不同轮作方式各年度栽种作物表

Table 2 Yearly changes crops under different rotation cropping patterns

年度 Year	轮作方式 Pattern of rotation			台湾草 Taiwan grass
	1:1 ¹⁾	1:2 ¹⁾	2:1 ¹⁾	
1985	玉米→花生→马铃薯	花生→玉米→胡萝卜	休闲→甘薯→红花豌豆	新植台湾草
1986	大豆→甘薯→休闲	花生→休闲→马铃薯	绿豆→玉米→红花豌豆	一次再生台湾草
1987	花生→玉米→紫云英	玉米→花生→马铃薯	绿豆→甘薯→红花豌豆	二次再生台湾草
1988	香蕉芋→红花豌豆	玉米→花生→马铃薯	绿豆→玉米→红花豌豆	三次再生台湾草
1989	玉米→绿豆→休闲	玉米→花生→休闲	大豆→玉米→休闲	四次再生台湾草

1) 1:1、1:2 和 2:1 是豆科与非豆科作物栽培季数比率。

一、新垦赤红壤颗粒组成的变化

(一) <0.001mm 粘粒含量的变化

根据三个重复小区平均,新垦赤红壤种植前,各轮作方式 0—20cm 土壤粘粒的含量是 95—120g/kg,垦殖后,随着耕种年限的延长而不断减少,特别是第一、二年成直线下下降,第三、四年下降幅度较缓,种植四、五年后,不轮何种轮作方式,土壤粘粒都明显降低到 26—80g/kg,降低幅度为 35—72%。以 2:1 式为最大,多年生台湾草区为最小,其降低顺序为 2:1 > 1:1 > 1:2 > 多年生台湾草式。

(二) <0.01mm 物理性粘粒含量的变化

包括 0.01—0.005、0.005—0.001 及 <0.001mm 三级在内的物理性粘粒,其含量也随着种植利用而先急剧后平缓地降低,各轮作土壤种植四年后,0—20cm 土层物理性粘粒

表 3 新疆赤红壤不同轮作方式土壤颗粒组成的年度变化

Table 3 Yearly changes of particle size distribution of newly cultivated lateritic red soil under different rotation cropping patterns

轮作方式 Pattern of rotation	小区号 Plot No.	年·月 Year Month	>3mm 砾石 (g/kg) Gravel	颗粒组成 (g/kg) (粒径: mm) Particle size distribution								0.05— 0.001mm 粉粒 (g/kg) Silt	3—0.05 mm 砂粒 (g/kg) Sand	<0.01mm 物理性粘粒 (g/kg) Physical clay	质地名称 Name of texture
				Particle size distribution											
				3—1	1—0.25	0.25— 0.05	0.05—0.01	0.01— 0.005	0.005— 0.001	<0.001					
1:1	7,10,13	1984.3	23.6	352.6	109.4	122.7	65.6	115.8	94.9	304.0	601.1	275.9	轻石质轻壤土		
	区平均	1986.3	29.0	374.5	92.1	183.4	83.1	115.3	49.0	381.8	569.2	247.4	同上		
		1988.3	23.3	374.5	150.7	116.7	48.6	151.4	49.0	316.7	633.8	249.5	同上		
1:2	5,12,15	1984.3	27.0	363.6	110.9	108.0	59.2	102.6	118.5	269.8	611.7	280.3	同上		
	区平均	1985.4	23.6	397.4	93.0	115.8	65.3	116.9	95.2	298.0	606.8	277.3	同上		
		1986.3	21.5	397.0	95.7	169.9	56.2	114.4	72.6	340.5	586.9	243.2	同上		
		1988.3	17.7	402.4	132.6	118.4	56.8	122.7	67.0	297.9	635.1	246.5	同上		
2:1	8,11,14	1984.3	24.3	371.3	127.3	119.2	60.6	108.1	96.1	287.9	616.0	264.8	同上		
	区平均	1985.4	19.9	415.2	102.4	143.9	78.9	90.9	64.5	313.7	621.8	234.3	同上		
		1986.3	25.0	409.0	126.0	176.2	48.9	111.6	33.4	336.7	629.9	193.9	轻石质砂壤土		
		1988.3	18.8	415.5	158.4	127.0	51.7	132.7	26.6	311.4	662.0	211.0	轻石质砂壤土		
多年生台湾草	6,9,16	1984.3	25.0	364.4	100.7	115.5	60.2	107.0	124.8	282.7	592.5	292.0	同上		
	区平均	1986.3	22.9	347.6	86.4	206.9	67.4	125.0	75.6	399.3	525.1	268.0	同上		
		1988.3	27.6	361.3	150.7	121.3	65.3	114.8	80.2	301.4	618.4	260.3			

表 4 不同轮作方式土壤

Table 4 Yearly changes of water stable aggregates

轮作方式 Pattern of rotation	小区号 Plot No.	年、月 Year Month	采土深度 (cm) Sampling	团聚体组成 (g/kg)(粒径: mm)		
				>5	5-2	2-1
1:1	7,10,13 区平均	1984.3	0-10	21.6	22.2	45.8
			10-20	17.1	14.0	49.3
	7,10 区平均	1986.3	0-10	32.0	20.6	93.9
			10-20	15.8	19.2	99.6
	7,10 区平均 7,10,13 区平均	1987.2	0-10	33.7	25.0	101.2
1988.3		0-10	53.9	24.3	98.9	
7,10 区平均	1989.10	0-10	20.4	15.4	88.1	
1:2	5,12,15 区平均	1984.3	0-10	38.6	15.2	45.7
			10-20	17.2	14.0	49.3
	5,12 区平均	1986.3	0-10	45.4	31.0	103.1
			10-20	6.1	10.5	78.9
	5,12 区平均 5,12,15 区平均	1987.2	0-10	19.4	23.8	108.1
1988.3		0-10	22.5	17.0	93.8	
5,12 区平均	1989.10	0-10	23.5	20.9	100.8	
2:1	8,11,14 区平均	1984.3	0-10	28.1	16.2	43.5
			10-20	17.2	14.0	43.9
	8,11 区平均	1986.3	0-10	48.4	26.5	74.0
			10-20	29.5	21.4	97.2
	8,11 区平均 8,11,14 区平均	1987.2	0-10	37.1	28.5	97.3
1988.3		0-10	15.7	17.9	95.0	
8,14 区平均	1989.10	0-10	20.6	16.7	96.3	
多年生台湾草	6,9,16 区平均	1984.3	0-10	44.8	23.2	91.0
			10-20	44.8	23.2	91.0
	6,9 区平均	1986.3	0-10	53.6	24.6	46.3
			10-20	17.2	14.0	49.3
	6,9 区平均 6,9,16 区平均	1987.2	0-10	104.5	36.2	93.6
1988.3		0-10	68.2	26.6	76.3	
6,9 区平均	1989.10	0-10	111.6	41.7	97.6	
6,9,16 区平均	1988.3	0-10	138.7	33.7	97.0	
		10-20	26.6	14.5	88.8	
6,9 区平均	1989.10	0-10	362.2	36.3	178.4	

水稳性团聚体年度变化

in soil under different crop rotation patterns

Aggregate size distribution			>0.25mm 团聚体 (g/kg) Aggregate	>1mm 团聚体 (g/kg) Aggregate	种后比种前增幅(%) Increment after cultivation as compared with before cultivation	
1—0.5	0.5—0.25	<0.25			>0.25mm 团聚体	>1mm 团聚体
236.8	115.6	558.0	442.0	89.6	—	—
238.9	123.3	557.3	442.7	80.5	—	—
239.8	110.2	503.5	496.5	146.5	+12.33	+63.90
202.8	102.3	560.3	439.7	134.6	-0.68	+67.20
251.5	112.2	476.4	523.6	159.9	+18.46	+78.46
238.7	106.8	477.4	522.6	177.1	+18.24	+97.66
254.0	108.4	513.7	486.3	123.9	+10.02	+53.91
266.7	102.7	427.3	572.7	203.3	+29.57	+126.90
239.1	118.0	543.4	456.6	99.5	—	—
238.9	123.3	557.3	442.7	80.5	—	—
272.3	125.9	423.3	577.7	179.5	+26.52	+80.40
256.0	115.4	533.1	466.9	95.5	+5.47	+18.63
271.6	107.6	469.5	530.5	151.3	+16.18	+52.06
283.8	113.3	469.6	530.4	133.3	+16.16	+43.00
260.0	112.4	482.4	517.6	145.2	+16.92	+80.37
263.3	93.4	491.7	508.3	151.6	+11.32	+52.36
250.4	112.4	549.4	450.6	87.8	—	—
238.9	123.3	557.4	442.6	80.5	—	—
266.1	120.5	464.5	535.5	148.9	+18.84	+69.59
278.9	117.6	460.4	539.6	148.1	+21.92	+83.98
232.6	106.7	497.8	502.2	162.9	+11.45	+85.54
269.2	103.7	498.5	501.5	128.6	+11.30	+46.47
268.9	104.9	492.6	507.4	133.6	+14.64	+65.96
266.7	105.9	468.4	531.6	159.0	+17.98	+81.09
234.3	120.5	520.7	479.3	124.5	—	—
238.9	123.3	552.7	442.7	80.5	—	—
205.6	107.4	452.6	547.4	234.4	+14.21	+88.27
234.9	117.8	476.2	523.8	171.1	+18.32	+112.55
202.2	96.1	450.8	549.2	250.9	+14.59	+101.53
205.7	89.1	435.8	564.2	269.4	+17.71	+116.39
227.5	103.2	539.4	460.6	129.9	+4.04	+61.37
155.9	71.5	195.7	804.3	576.9	+67.81	+363.37

降低的幅度多为 10—20%，顺序是 2:1 > 1:2 和 1:1 > 多年生台湾草式。

(三) 0.05—0.01mm 粉粒含量的变化

各轮作式 0—20cm 土壤粉粒的百分含量,在种植利用后各年度都比种植前有较明显的增加,但增加幅度不一,第一、二年达 15—45%,第三、四年只有 4—10%,其含量和增幅都是 1:1 式和多年生台湾草区高于 1:2 和 2:1 式。

(四) 3—0.05mm 砂粒含量的变化

砂粒是土壤颗粒中比例最大的组成,种植前,各轮作式的平均含量是 590—610g/kg。种植过程中,砂粒含量在 520—660g/kg 之间变化,或增或减,随粉粒含量变化而转移,粉粒含量增加幅度大的年份,砂粒相对减少,反之便相对增加。也就是说,新垦赤红壤随着粘粒的减少,往往出现砂化或粉砂化现象。从砂粒的含量来说,始终是 2:1 > 1:2 > 1:1 > 多年生台湾草式,因此,2:1 式的砂化现象较明显,1:2 和 1:1 式主要出现粉砂化现象(表 3)。

二、新垦赤红壤水稳性团聚体的变化

考虑到花岗岩赤红壤砂砾多,往往干扰团聚体数量分析,因此我们采用 H.I. 萨维诺夫(CABB-NHOB)法测定土壤水稳性团聚体的同时,把 >1mm 砂粒筛分出来,并加以扣除,然后再计算 >5、5—2 和 2—1mm 团聚体数量。

赤红壤种植前各轮作区 >0.25mm 水稳性团聚体总量在 440—470g/kg 之间,>1mm 团聚体含量在 80—120g/kg 之间,差值不大。种植后,土壤水稳性团聚体的变化规律如下。

(一) 大粒径团聚体增多,小粒径团聚体减少

不论任何轮作方式,5—2 和 2—1mm 的粗粒径团聚体均随着种植年限而逐渐增加,前者增加幅度多在 1 倍以上,最小增幅也在 60—70%,后者增幅在 10—100% 之间。>5mm 团聚体虽有增有减,但以增加者多。1—0.5mm 团聚体除多年生台湾草区呈减少现象外,其他各轮作式也以 6—15% 的幅度增加。0.5—0.25 和 <0.25mm 两级小粒径团聚体,则以 3—25% 的幅度减少,多年生台湾草的个别年份还比种植前减少 40—60%。这些规律说明:在上述生产条件下,不论何种轮作方式,都能改善土壤水稳性团聚体状况,而且 >1mm 团聚体的增加幅度,最能反映土壤团聚结构的变化速度。

(二) 不同深度耕层土壤团聚体同步增加

在耕作种植和施肥的影响下,不同深度耕层土壤团聚体增加数量虽有不同,但其增加幅度却较相近,有些轮作式 10—20cm 耕层增值速度甚至比 0—10cm 表层还快。如各轮作式各年度 >1mm 团聚体数量,0—10cm 比种植前增加 5—12% 之间,10—20cm 增加了 4—7%,但增值幅度却前者在 53—102%,后者在 50—86%。因此到 1988,各轮作式 >1mm 团聚体的含量都提高到 120—150g/kg 以上,而且 1:2 和 2:1 式 10—20cm 的土壤团聚体含量比 0—10cm 土层还略高。只有单靠根系的分割作用而种植后不再耕耘和不再施有机肥料的台湾草式,土壤团聚体增加的速度始终是 0—10cm 土层快得多,10—20cm 土层 >1mm 团聚体始终都较上部土层明显地低(表 4)。

(三) 各轮作式土壤团聚体增加特点有异有同

以 1:1 式轮作的土壤,水稳性团聚体逐渐增加的规律较明显,而且 10—20cm 土层团聚体数量始终少于 0—10cm 土层。

1:2 式轮作土壤,水稳性团聚体的增值不稳定,增幅也是高低起伏,但轮作后期,10—20cm 土层团聚体的增幅较大,达到以至超过 0—10cm 土层的数量,深层熟化作用较明显。

2:1 式土壤团聚体增加过程,变幅较小。0—10cm 土层 >0.25mm 团聚体增加幅度在 11—19%, >1mm 团聚体增幅在 46—81%。但 10—20cm 土层却与 0—10cm 土层齐头并进,而且前者的数量和增幅都比后者大,向深层熟化的作用也较明显。

多年生台湾草式土壤团聚体增加的规律也很明显,而且增值增幅都较大, >1mm 团聚体增值幅度在 88% 至 3 倍多。但这种种植式由于每年铲草皮时削去 2—3cm 表土,而且自 1984 年种植后再没有耕作施肥,团聚体的形成主要靠集中于浅层的根系穿插切割作用,因而 10—20cm 团聚体的数量始终比 0—10cm 土层少。

总之,丘陵赤红壤种植后,由于耕种熟化作用,团聚体的数量有较明显的变化。从 1984 年与 1988 年 0—20cm 土层的对比来说, >1mm 团聚体增加的绝对数量和相对数量,都是多年生台湾草 >1:1 > 1:2 > 2:1 式(表 5)。

表 5 各轮作式 0—20cm 土层 1988 年水稳性团聚体状况比较(1988)

Table 5 Comparison of waterstable aggregates in 0—20cm soil layer among different crop rotation patterns (1988)

轮作方式 Pattern of rotation	团聚体组成(g/kg)(粒径: mm) Aggregate size distribution						>0.25mm 团聚体 (g/kg) Aggregate	>1mm 团聚体 (g/kg) Aggregate	1988 年比 1984 年(%) Increment compared with 1984	
	>5	5—2	2—1	1—0.5	0.5—0.25	<0.25			>0.25mm 团聚体	>1mm 团聚体
1:1	37.2	19.9	93.5	246.4	107.6	495.6	504.4	150.5	+14.04	+75.80
1:2	23.0	19.0	97.3	271.9	112.9	476.0	524.0	139.3	+16.54	+57.10
2:1	18.2	17.3	95.7	269.1	104.3	495.6	504.4	131.1	+12.97	+56.20
多年生台湾草	82.7	24.1	92.9	216.6	96.2	487.6	512.4	199.7	+10.88	+88.80

(四) 各级团聚体的肥力特征

根据 1988 年 3 月采集原状土分筛出各级团聚体进行有机质、全氮、全磷和全钾分析结果表明:(1)各级水稳性团聚体的养分含量,一般是粒径愈大,有机质含量愈高,粒径愈小,含量也愈低。但 <0.25mm 团聚体又略有回升。各轮作式 >5mm 团聚体的有机质含量大多在 10—16g/kg 之间,1—0.5mm 团聚体的有机质则在 2—12g/kg 之间, <0.25mm 团聚体的有机质又提到 5—13g/kg。(2)0—10cm 土层各级团聚体的有机质和养分含量,一般都高于 10—20cm 土层,但 1:2 式则例外,其 10—20cm 土层的肥力不但比其他轮作式的同土层高,也比本种植式 0—10cm 的土层高,这可能与非豆科作物茬口多,禾本科根系和块根块茎作物对较深土层的熟化有较大作用有关(表 6)。(3)各轮作式之间 0—20cm 土层的有机质和无机营养元素的含量顺序是 1:1 > 1:2 > 2:1 > 多年生台湾草式,

表 6 不同轮作方式土壤各级水

Table 6 Contents of organic matter and nutrients in

轮作方式 及小区 Pattern of rotation and plot No.	采土深度 (cm) Sampling depth	团聚体粒径 (mm) Aggregate size	团聚体组成 (g/kg) Aggregate size distribution	有机质 (g/kg) O. M.	全氮 (g/kg) Total N	全磷 (g/kg) Total P	全钾 (g/kg) Total K	
1:1 (10 区)	0—10	>5	85.5	16.9	0.87	0.60	12.1	
		5—2	20.2	13.7	0.81	0.44	8.7	
		2—1	97.1	8.2	0.62	0.25	5.5	
		1—0.5	210.3	12.5	1.00	0.58	14.4	
		0.5—0.25	91.2	9.0	0.69	0.47	11.6	
		<0.25	495.7	10.3	0.76	0.79	15.2	
		>0.25 平均	504.3	12.1	0.80	0.47	10.5	
		>1 平均	202.8	12.9	0.77	0.43	8.8	
	10—20	>5	2.7	16.3	0.55	0.63	12.7	
		5—2	6.1	7.3	0.42	0.29	6.6	
		2—1	76.8	4.8	0.30	0.19	5.5	
		1—0.5	199.9	4.1	0.61	0.23	6.6	
		0.5—0.25	86.4	6.2	0.55	0.37	14.3	
		<0.25	628.1	6.1	0.95	0.54	15.8	
		>0.25 平均	371.9	7.7	0.49	0.34	9.1	
		>1 平均	85.6	9.5	0.42	0.37	8.3	
	0—20	>0.25	438.1	9.9	0.65	0.41	9.8	
		>1	144.2	11.2	0.60	0.40	8.6	
	2:1 (11 区)	0—10	>5	14.6	11.6	0.98	0.53	12.2
			5—2	21.7	3.6	0.43	0.25	9.4
			2—1	97.1	3.1	0.42	0.18	8.8
1—0.5			285.9	2.2	0.21	0.27	8.9	
0.5—0.25			102.9	3.4	0.41	0.37	9.9	
<0.25			477.8	7.5	0.55	0.76	14.9	
>0.25 平均			522.2	4.8	0.49	0.32	9.8	
>1 平均			133.4	5.6	0.61	0.32	10.1	
10—20		>5	6.5	5.9	0.93	0.54	11.0	
		5—2	12.6	2.2	0.14	0.30	8.8	
		2—1	100.6	1.2	0.09	0.19	8.8	
		1—0.5	313.3	3.9	0.26	0.40	13.2	
		0.5—0.25	104.1	3.1	0.18	0.30	11.6	
		<0.25	462.9	7.5	0.42	0.75	12.1	
		>0.25 平均	537.1	3.3	0.32	0.35	10.7	
		>1 平均	119.7	3.1	0.39	0.34	9.5	
0—20		>0.25	529.7	4.1	0.41	0.34	10.3	
		>1	126.5	4.4	0.50	0.33	9.8	

稳定性团聚体的有机质和养分含量

soil aggregates under different crop rotation patterns

轮作方式 及小区 Pattern of rotation and plot No.	采土深度 (cm) Sampling depth	团聚体粒径 (mm) Aggregate size	团聚体组成 (g/kg) Aggregate size distribution	有机质 (g/kg) O. M.	全氮 (g/kg) Total N	全磷 (g/kg) Total P	全钾 (g/kg) Total K
1:2 (12 区)	0-10	>5	10.9	11.1	0.93	0.54	13.8
		5-2	12.3	6.3	0.34	0.33	11.1
		2-1	87.0	12.5	1.09	0.72	17.6
		1-0.5	322.5	7.9	0.54	0.52	15.5
		0.5-0.25	115.5	5.8	0.00	0.49	13.3
		<0.25	451.8	10.9	1.06	0.77	19.1
		>0.25 平均	548.2	8.7	0.70	0.52	14.3
		>1 平均	110.2	10.0	0.79	0.53	14.2
	10-20	>5	23.5	12.6	1.56	0.63	13.8
		5-2	22.2	10.8	1.15	0.54	11.6
		2-1	101.1	16.3	1.69	0.92	15.4
		1-0.5	294.1	10.8	1.16	0.67	14.9
		0.5-0.25	120.3	6.7	0.46	0.47	12.7
		<0.25	438.8	11.7	1.10	0.86	17.4
		>0.25 平均	561.2	11.4	1.20	0.65	13.7
		>1 平均	146.8	13.2	1.47	0.70	13.6
	0-20	>0.25	554.7	10.1	1.09	0.59	14.0
		>1	128.5	11.6	1.00	0.62	13.9
	台湾草 再生式 (9 区)	0-10	>5	138.2	9.8	0.37	0.34
5-2			19.9	11.9	0.55	0.42	11.5
2-1			84.9	3.9	0.25	0.16	6.6
1-0.5			168.4	4.0	0.12	0.18	7.8
0.5-0.25			85.8	5.1	0.23	0.25	11.1
<0.25			502.8	5.2	0.37	0.33	13.8
>0.25 平均			497.2	6.9	0.30	0.27	9.6
>1 平均			243.0	8.5	0.39	0.31	9.7
10-20		>5	4.3	10.8	0.69	0.45	9.9
		5-2	4.6	5.7	0.67	0.18	8.3
		2-1	73.9	4.7	0.61	0.22	10.2
		1-0.5	184.4	2.6	0.30	0.20	13.3
		0.5-0.25	116.7	2.0	0.24	0.17	11.1
		<0.25	616.1	3.4	0.30	0.23	12.8
		>0.25 平均	383.9	5.2	0.45	0.24	10.6
		>1 平均	82.8	7.1	0.66	0.28	9.5
0-20		>0.25	440.1	6.1	0.38	0.26	10.1
		>1	162.9	7.8	0.53	0.30	9.6

表 7 各轮作式种植前后主要土壤性质变化(0—20cm)

Table 7 Changes of principal soil properties after cultivation

轮作方式 Pattern of rotation	<0.001mm粘粒(g/kg)Clay		有机质 (g/kg) O.M.		>1mm 团聚体(g/kg) Aggregate	
	种植前 (1984) Before cultivation	轮作后 (1988) After rotation	种植前 (1984) Before cultivation	轮作后 (1988) After rotation	种植前 (1984) Before cultivation	轮作后 (1988) After rotation
1:1	9 4.9	49.5	5.0±0.9	11.1±0.5	85.1	150.5
1:2	11 8.5	67.0	6.7±1.5	10.5±0.3	90.0	139.3
2:1	9 6.1	26.6	4.6±1.2	9.3±1.5	84.2	131.1
多年生台湾草	12 4.8	80.2	6.2±0.6	5.8±1.0	102.5	199.7

这与除台湾草式外各轮作方式种植后的团聚体数量排列顺序相同。种植台湾草后土壤有机质变化不大,含量最低,而团聚体数量最大,增幅最多的原因,是禾本科草类密集须根的长年穿插分割所致(表 7)。

三、新垦赤红壤容重、孔隙的变化

土壤容重和孔隙度也是反映土壤特性的指标,我们的试验区,种植前 0—10cm 土层的总孔隙在 51—53% 之间,毛管孔隙度在 37—40% 之间,非毛管孔隙在 11—16% 之间,容重在 1.23—1.27g/cm³ 之间。10—20cm 土壤总孔隙度在 45% 左右,其中毛管孔隙占 41% 左右,非毛管孔隙在 4% 以下,容重为 1.45g/cm³。可见土壤反映出上层松散,下层紧实的特性。垦殖后,由于耕作、管理、施肥等措施的影响,赤红壤的容重、孔隙也发生明显的变化,这几种轮作方式的变化有两种不同的表现:一种表现是总孔隙度和毛管孔隙度有所增加,非毛管孔隙度有所改善。这是 1:1、1:2 和 2:1 轮作式的共同规律。轮作四年后的 1988 年,这三种方式 0—10cm 土壤的总孔隙都提高到 52.5—54.3%,毛管孔隙提高到 43—44%。而各轮作区的土壤非毛管孔隙度,在 0—10cm 土层都降低到 6—11%,10—20cm 土层则提高到 3.7—6.0% 之间。同时,各轮作式 0—10cm 土层容重多提高到 1.29g/cm³。10—20cm 土层则降低到 1.35—1.4g/cm³ 之间。虽然总孔隙度增加的幅度不大,只有 0—10%,但毛管孔隙和非毛管孔隙增减的幅度却较大,0—10cm 土层,毛管孔隙增加的幅度为 15—17%,非毛管孔隙减少的幅度达 30—50%。这就有利于改善丘陵土壤松散表层的通气有余、持水不足、易于干旱的状况,有利于蓄水保墒而较适于作物生长。另一种表现是土壤容重增加,各种孔隙均减少。这是多年生台湾草式土壤所特有。由于这种方式在种植后不再耕作和每年带土铲用草皮,致使每次按深度分层测定的容重、孔隙,并不完全是原来的土层,而实际带有部分较下层土壤的性质,因此种植后 0—10cm 的孔隙状况往往与种植前 10—20cm 土层的情形相近(表 8)。

表 8 不同轮作方式土壤当量孔隙率年度变化
Table 8 Yearly changes of equivalent porosity in soil under different crop rotation patterns

轮作方式 Pattern of rotation	小区号 Plot No.	年、月 Year. Month	采土深度 (cm) Sampling depth	当量孔隙组成(%) (粒径: mm)					总孔隙 Total porosity (%)	毛管孔隙 Capillary porosity (%)	非毛管孔隙 Non-capillary porosity (%)	容重 (g/cm ³) Bulk density
				Equivalent porosity								
				>1.2	1.2—0.05	0.05— 0.005	<0.005					
1:1	7、10、13区平均	1984.3	0—10	11.40	6.20	9.60	24.20	51.40	40.00	11.40	1.27	
			10—20	3.60	3.60	11.00	26.90	45.10	41.50	3.60	1.45	
			7、10区平均	6.40	2.30	16.10	26.90	51.70	45.30	6.40	1.34	
	1:2	7、10区平均	1988.3	0—10	6.20	10.50	11.90	23.90	52.50	46.30	6.20	1.29
				10—20	6.00	6.70	10.80	25.90	49.40	43.40	6.00	1.40
5、12、15区平均				16.20	5.40	8.10	23.60	53.30	37.10	16.20	1.24	
2:1		5、12区平均	1986.4	0—10	8.00	3.33	20.90	21.20	53.40	45.40	8.00	1.29
				10—20	3.40	9.00	15.50	25.60	45.40	42.00	3.40	1.40
	5、12、15区平均			11.00	11.70	9.10	22.50	54.30	43.30	11.00	1.21	
	2:1	8、11、14区平均	1984.3	0—10	12.90	6.40	9.40	24.00	52.70	39.80	12.90	1.23
				10—20	3.60	3.60	11.00	26.90	45.10	41.50	3.60	1.45
11、14区平均				6.00	2.90	17.70	23.70	50.30	44.30	6.00	1.35	
多年生台湾草		8、11、14区平均	1986.4	0—10	2.80	0.70	10.10	28.20	41.80	39.00	2.80	1.55
				10—20	6.20	10.80	13.20	22.50	52.70	46.50	6.20	1.29
	6、9、16区平均			3.70	8.10	10.70	25.00	47.50	43.80	3.70	1.39	
	6、9区平均	1984.3	0—10	14.40	5.30	8.10	24.20	52.00	37.60	14.40	1.27	
			10—20	3.60	3.60	11.00	26.90	45.10	41.50	3.60	1.45	
6、9、16区平均	1986.4	0—10	2.70	0.70	9.00	30.30	42.70	40.00	2.70	1.55		
		10—20	1.90	0.40	4.30	32.50	39.10	37.20	1.90	1.59		
6、9、16区平均	1988.3	0—10	2.50	3.30	8.10	25.90	39.80	37.30	2.50	1.58		
		10—20	2.40	2.80	8.90	28.40	42.50	40.10	2.40	1.57		

四、小 结

1. 在亚热带的生物气候条件影响下,即使是在垦殖前修筑了梯地,由于种植前后的耕作、管理、施肥等扰动了土壤,因此土壤粘粒的流失是不可避免的。而且颗粒愈小,流失愈多愈快,一般在开垦第一、二年流失量最大。而土壤粘粒和物理性粘粒的减少,导致粉粒在颗粒组成中比例增加,从而出现土壤砂化或粉砂化现象。从粘粒的含量及其减幅,与砂粒和粉粒的含量及其增幅双关性来看,不同轮作式土壤的砂化和粉砂化程度的顺序是: $2:1 > 1:1 > 1:2 >$ 多年生台湾草式。也就是说豆科比例愈大而愈严重。

2. 不论何种轮作方式都能改善土壤团聚结构的状况。其表现是大粒径团聚体增多,小粒径团聚体减少, $>0.25\text{mm}$ 团聚体总量略有增多, $>1\text{mm}$ 团聚体增加明显。

3. 赤红壤种植后,即使在粘粒普遍减少的情况下,土壤团聚体仍普遍增加的原因,除多年生台湾草式是由于根系的机械作用外,其他轮作式主要是在耕作施肥影响下土壤有机质普遍提高所致。因此,有机质含量较高的轮作式往往大粒径团聚体增加幅度最大, $>1\text{mm}$ 团聚体的数量也愈多。

4. 容重、孔隙的变化反映出两种情况:一种是每年进行耕作施肥的轮作式,对土壤孔隙性质有改善作用,使之更适于作物生长的要求;另一种是多年生台湾草式不但孔隙特性没有改善,且各级孔隙都普遍减少。这说明,新垦赤红壤只借助根系作用而形成的土壤团聚体,数量虽多,但质量不如其他轮作式的土壤团聚体好。不过这种多年生的种植方式却能减少土壤冲刷,有利水土保持。

参 考 文 献

1. 中国科学院南京土壤研究所主编,1980: 中国土壤。科学出版社。
2. 姚贤良、于德芬: 1962: 赣中丘陵地区红壤性水稻土的结构状况及其肥力意义。土壤学报,第10卷3期,267—288页。
3. 熊毅、姚贤良、樊润威,1965: 土壤结构的性态研究。土壤学报,第13卷4期,411—417页。

CHANGES OF STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF NEWLY CULTIVATED LATERITIC RED SOIL

Tang Shuying, Zhong Jihong, Yang Xingbang and Tan Jun

(Soil Science Institute of Guangdong Province, 510650)

Summary

This paper primarily discusses the changes of structural characteristics of newly cultivated lateritic red soil. Results are summarized as follows:

(1) Under subtropical bioclimate condition, it was unavoidable for newly cultivated lateritic red soil to be sandified due to disturbance by tillage and other management practice. It was found that after cultivation, the contents of $< 0.001\text{mm}$ clay and $< 0.01\text{mm}$ physical clay in newly cultivated red soil reduced by 35—72% and 10—20% respectively, $0.05\text{—}0.01\text{mm}$ silt increased by 20—55%, while $3\text{—}0.05\text{mm}$ sand increased or decreased with the changes of silt content.

(2) Waterstable aggregate composition of the lateritic red soil changed after cultivation. $> 1\text{mm}$ aggregates increased more than one time over before cultivation, while $< 0.5\text{mm}$ aggregates decreased by 3—25%. The increase of $> 1\text{mm}$ aggregates in 0—20cm soil layer under different patterns of crop rotation was in the descending sequence of perennial Taiwan grass $> 1:1 > 1:2 > 2:1^*$

(3) Reasons for increase of larger aggregates were different for soils under different use patterns. For soils with legume and non-legume crop rotation the increase of larger aggregates might be attributed to the increase of organic matter, while for soil grown with perennial Taiwan grass it might be due to the grass root penetration and cutting, It was indicated that the more the soil organic matter, the more the $> 1\text{mm}$ aggregates would be in the soil with legume and non-legume crop rotation.

(4) The bulk density and porosity in the soils with legume and non-legume crop rotation gradually became more suitable for the growth of crops. Generally, the bulk density and capillary porosity rose in the 0—10cm soil layer but decreased in the 10—20cm layer. But no increase in bulk density and porosity was found in the soil grown with perennial Taiwan grass.

Key words Newly cultivated lateritic red soil, Soil structural characteristics, Pattern of rotation, Particle size distribution Aggregates