

利用方式对红壤水稳定性团聚体形成的影响^{*}

章明奎 何振立 陈国潮 黄昌勇

(浙江农业大学土化系, 杭州 310029)

摘 要

本文研究了五种利用方式对红壤水稳定性团聚体形成的影响。结果表明, > 0.25mm 水稳定性团聚体含量: 林地 > 旱地 > 荒地 > 茶园 > 果园。水稳定性团聚体数量以及团聚的水稳定性均与有机质的含量呈正相关。红壤开垦后, 有机质分解加快或补充减少是导致团聚体稳定性下降和水稳定团聚体减少的主要原因。同理, 恢复和改良红壤结构性及结构稳定性的关键是增加有机质的投入。

关键词 红壤, 利用方式, 水稳定性团聚体, 有机质

适宜作物生长的良好结构主要依赖于直径为1—10mm的水稳定性团聚体。这种团聚体具有多孔特性, 既有较大的孔隙保持好气条件, 也有足够数量直径为0.2—30um的孔隙, 保持植物生长所需的水分^[8, 10, 12]。土壤结构状况主要包括土壤结构的形态, 稳定性和复退性等三个方面^[4]。结构的稳定性主要指团聚抵抗外力破坏作用的能力。土壤结构的形成不仅是自然的过程, 而且受到人类活动的严重影响。Kay (1990) 认为土壤结构对人类活动非常敏感, 土壤结构影响了农作物的生长, 反过来农作物的生长也会影响团聚体的形成^[4]。Tisdall 和 Oades (1980) 认为农业管理措施对大团聚体的形成有很大的影响^[11], 而且这种影响随土壤和气候而异。世界上许多地区的研究表明, 农业生产已使土壤结构和结构的稳定性变得不利于农作物的生长^[6, 9], 但目前还很难预测和解释不同管理条件下土壤结构的变化^[5]。

红壤是我国热带亚热带地区重要的土壤资源, 分布广泛。由于该地区的气候条件优越, 植物生产的多样性, 红壤的利用也是多种多样。近来的研究表明, 红壤不合理地利用可导致肥力的退化, 结构体的破坏是其重要的原因之一。一般来说, 红壤开垦农用后, 土壤中 > 0.25mm 的水稳定性团聚体, 特别是大团聚体遭受不同程度的破坏^[1, 7]。但有关红壤结构研究的报道不多, 利用方式对红壤团聚体形成影响的资料则更少。利用导致团聚体变化的机制原因有待进一步的研究。本试验选择了几种重要的利用方式包括林地、果园、茶园、旱地和荒地, 研究利用方式对土壤水稳定性团聚体形成的影响, 以期弄清利用方式影响红壤团聚体形成和分布的机理关系, 为红壤资源的合理利用及结构的调控管理提

* 本文为欧共体国际合作项目“中国南方红壤资源的表征、经营和利用研究”的一部分。

供依据。

1 材料和方法

根据利用方式和分布地点的代表性,共采取 28 个红壤的表层样品(表 1),分别采自浙江省杭州市、龙游县、长兴县、嵊县、衢县和诸暨市等地,利用方式包括林地、果园、茶园、旱地和荒地等五大类。其中林地代表红壤的原始利用状况,荒地代表林地破坏后状况,果园、茶园和旱地代表林地垦殖为农用的三种重要利用方式。供试土壤的成土母质(岩)为石灰岩、 Q_2 红土、石英砂岩、玄武岩、红砂岩、变质岩和泥页岩。

田间采集的原状土经室内风干后,用干筛法和湿筛法分别测定 $> 5\text{mm}$, $5-2\text{mm}$, $2-1\text{mm}$, $1-0.5\text{mm}$ 和 $0.5-0.25\text{mm}$ 的各级风干团聚体和水稳定性团聚体含量^[8]。土壤颗粒组成用比重计法测定,有机质用重铬酸钾外加热法测定^[3],游离氧化铁用连二亚硫酸钠还原(DCB)提取^[2],邻啡罗啉比色法定铁。

2 结果与讨论

2.1 胶结物质和团聚体的数量

表 1 所示,供试土壤的粘粒含量在 $96\sim 498\text{g}/\text{kg}$ 之间,游离氧化铁含量在 $7.1\sim 97.4\text{g}/\text{kg}$ 之间,有机质含量在 $6.2\sim 59.3\text{g}/\text{kg}$ 之间。土样之间的这些胶结构含量有较大的变化。总的来看,粘粒含量和游离氧化铁含量与成土母质有关,而土壤有机质含量则主要受利用方式的影响。

团聚体分析结果表明(表 2),红壤中风干团聚体(用干筛法分离的团聚体)的含量较高, $> 0.25\text{mm}$ 的风干团聚体总量都在 60% 以上,大部分在 80% 以上,平均达 $89.5 \pm 10.6\%$ ($n=28$)。而且主要以大粒径的风干团聚体为主,其中 $> 5\text{mm}$ 的风干团聚体含量平均达 $51.2 \pm 23.0\%$ ($n = 28$)。当土样经泡水处理后,不稳定的风干团聚体崩解为较小的单元, $> 0.25\text{mm}$ 的团聚体明显减少,而且以 $> 5\text{mm}$ 的团聚体减少最多。 $> 0.25\text{mm}$ 水稳定性团聚体总量占 $16.5\sim 94.3\%$,平均 $55.5 \pm 24.1\%$,而 $> 5\text{mm}$ 水稳定性团聚体含量为 $0\sim 77.3\%$,平均 $17.4 \pm 19.5\%$ 。可见,各土壤之间风干团聚体的差异不大,而水稳定性团聚体的差别较大,因此各级水稳定性团聚体的比例应能较好地反映土壤团聚体的质量。泡水湿筛后,土壤团聚体的破坏率也有很大的变化,低的只有 0.5%,高的可达 77.0%,说明这些土壤之间团聚体的水稳定性有很大的差别。

2.2 利用方式对水稳定性团聚体组成和质量的影响

同一母质发育的土壤因利用方式不同,团聚体的组成和质量都发生很大的变化,说明利用方式对土壤团聚体的形成有较大的影响。表 3 统计结果表明,林地的团聚体含量最高, $> 0.25\text{mm}$ 和 $> 5\text{mm}$ 的风干团聚体含量分别为 91.7% 和 63.3%,相应的水稳定性团聚体含量分别为 72.3% 和 34.9%。泡水湿筛后团聚体的破坏率也较低,为 22.0%。说明林地具有良好的结构性。林地开垦农用或林地破坏变为荒地后,土壤团聚体的数量下降,团聚体的水稳定性也随之下降。表 3 所示,林地开垦后,风干团聚体虽然有所下降,

但下降幅度较小,而且以粒径较大的风干团聚体下降较多。说明人为活动影响后,一些大的风干团聚体转化为小的风干团聚体。 $> 5\text{mm}$ 的风干团聚体含量:林地 $>$ 荒地 $>$ 茶园 $>$ 旱地 $>$ 果园,而 $> 0.25\text{mm}$ 的风干团聚体含量:林地 $>$ 旱地 $>$ 茶园 $>$ 荒地 $>$ 果园。

表1 供试土壤的利用状况及基本性质

Table 1 Basic properties and utilization of the tested soils

土地利用情况 Land use	土壤号 Soil No.	采样地点 Sampling site	母质类型 Parent material	粘粒 Clay g/kg	有机质 Organic matter g/kg	游离氧化铁 Free Fe oxides g/kg
林地	1	杭州	石灰岩	392	51.5	39.7
林地	2	杭州	红土	346	28.8	40.8
林地	3	杭州	石英砂岩	209	51.1	18.5
林地	4	嵊县	玄武岩	294	38.9	18.8
林地	5	龙游	红砂岩	130	19.6	11.7
林地	6	龙游	变质岩	414	30.7	30.0
林地	7	龙游	变质岩	238	30.0	21.9
林地	8	诸暨	泥页岩	313	24.4	22.7
旱地	9	长兴	红土	245	14.9	24.9
旱地	10	嵊县	玄武岩	498	27.7	67.1
旱地	11	诸暨	变质岩	324	28.4	59.5
茶园	12	杭州	石灰岩	440	19.9	41.0
茶园	13	杭州	红土	410	36.0	44.6
茶园	14	杭州	石英砂岩	284	27.1	16.0
茶园	15	嵊县	玄武岩	476	21.8	55.9
茶园	16	龙游	红砂岩	151	16.7	12.6
茶园	17	诸暨	变质岩	468	19.8	97.4
茶园	18	诸暨	泥页岩	190	15.7	15.0
果园	19	长兴	红土	270	23.3	33.1
果园	20	龙游	红土	401	22.8	33.9
果园	21	龙游	红砂岩	162	9.2	7.1
荒地	22	杭州	红土	337	15.5	44.6
荒地	23	龙游	红土	393	6.2	32.7
荒地	24	长兴	红土	303	14.6	33.2
荒地	25	衢县	石英砂岩	207	25.3	18.9
荒地(荒草)	26	嵊县	玄武岩	395	59.3	81.4
荒地	27	龙游	红砂岩	96	14.3	12.1
荒地	28	衢县	泥页岩	443	7.5	52.6

表2 土壤团聚体组成(%)

Table 2 The composition of soil aggregates (%)

土壤号 Soil No.	处理 ¹⁾ Treatment	团聚体 The size of aggregate (mm)						团聚体破坏率 ²⁾ Percentage of aggregate destruction
		>5	5—2	2—1	1—0.5	0.5—0.25	>0.25	
1	A	93.7	3.5	0.5	1.0	0.4	99.1	5.0
	B	77.3	8.7	2.8	3.9	1.6	94.3	
2	A	94.2	3.7	0.5	0.6	0.2	99.2	7.6
	B	53.7	14.9	8.6	11.3	3.2	91.7	
3	A	45.0	11.3	6.4	13.0	6.9	82.5	0.5
	B	36.1	15.2	7.4	16.4	7.1	82.2	
4	A	43.4	26.2	8.3	10.7	3.6	92.1	14.8
	B	25.8	24.9	9.4	12.8	5.7	78.6	
5	A	48.5	13.8	3.6	4.9	3.4	74.0	65.6
	B	10.2	6.1	1.4	5.1	2.7	25.5	
6	A	65.8	14.4	5.0	8.4	3.1	96.7	23.5
	B	40.8	10.7	6.6	12.3	3.6	74.0	
7	A	38.8	16.0	8.3	18.8	8.7	90.5	11.2
	B	25.4	15.8	8.2	21.4	9.7	80.4	
8	A	77.2	14.1	3.8	3.5	0.5	99.1	47.8
	B	9.9	7.8	6.2	16.6	11.3	51.8	
9	A	47.0	19.7	8.1	12.0	3.0	89.9	30.6
	B	3.4	12.2	10.2	24.6	12.0	62.4	
10	A	24.5	17.6	10.4	25.1	12.1	89.6	13.4
	B	15.8	14.4	11.2	25.5	10.7	77.6	
11	A	55.7	20.1	5.6	9.5	3.3	94.2	58.0
	B	0	3.3	7.4	17.8	11.1	39.5	
12	A	79.8	9.9	2.9	4.3	1.2	98.1	43.6
	B	0	8.6	7.1	23.7	15.9	55.2	
13	A	81.2	8.8	1.8	3.7	1.2	96.7	26.7
	B	35.9	7.9	5.0	13.6	8.5	70.9	
14	A	41.3	20.9	8.6	13.6	5.6	89.9	40.2
	B	0	7.1	6.3	23.8	16.6	53.7	
15	A	31.3	13.0	7.9	24.0	12.1	88.4	52.9
	B	5.2	5.0	4.7	15.6	11.2	41.6	
16	A	27.4	15.8	4.8	8.3	5.8	62.1	73.4
	B	3.0	3.5	1.5	5.8	2.7	16.5	

续表2

土壤号 Soil No.	处理 ¹⁾ Treatment	团聚体 The size of aggregate (mm)						团聚体破坏率 ²⁾ Percentage of aggregate destruction
		>5	5—2	2—1	1—0.5	0.5—0.25	>0.25	
17	A	46.2	23.9	9.7	14.7	3.3	97.7	50.8
	B	1.30	4.8	9.5	23.2	9.3	48.1	
18	A	36.2	33.7	10.6	13.3	3.3	97.2	50.3
	B	2.3	3.3	8.4	21.9	12.5	48.3	
19	A	64.0	15.3	5.1	7.6	2.7	94.7	59.6
	B	6.4	5.7	4.6	12.3	9.2	38.2	
20	A	24.2	14.0	6.4	19.0	15.6	79.1	52.9
	B	7.2	7.1	4.0	10.6	8.4	37.4	
21	A	37.9	17.8	4.7	9.1	6.7	76.3	47.8
	B	21.3	3.5	2.7	5.6	6.8	39.9	
22	A	92.6	3.5	0.9	1.4	0.6	99.0	34.0
	B	28.2	7.2	5.9	14.6	9.5	65.3	
23	A	43.1	14.3	6.7	15.1	8.6	87.8	46.4
	B	2.7	7.9	6.9	17.7	11.9	47.1	
24	A	40.5	20.5	9.0	17.4	6.2	93.7	34.2
	B	3.7	9.7	10.0	23.7	14.5	61.6	
25	A	25.5	14.4	8.2	21.1	12.6	81.7	15.3
	B	15.3	6.6	8.7	24.3	14.2	69.2	
26	A	70.0	16.5	5.9	4.5	1.9	98.8	5.9
	B	46.2	20.7	9.0	12.6	4.5	93.0	
27	A	11.6	20.6	8.3	13.7	7.9	62.1	49.6
	B	9.0	5.1	1.9	10.5	4.8	31.3	
28	A	53.0	22.6	7.7	10.2	2.9	96.5	77.0
	B	1.3	1.0	4.7	9.4	5.8	22.2	

1) 处理A——干筛法 处理B——湿筛法

2) 团聚体破坏率 = $\frac{>0.25\text{mm风干团聚体} - >0.25\text{mm水稳定性团聚体}}{>0.25\text{mm风干团聚体}} \times 100\%$

不同利用方式的土壤水稳定性团聚体组成有很大的差别(表3)。>5mm水稳定性团聚体含量:林地>荒地>果园>茶园>旱地,这与农机具使用和人为活动频率成反比,而>0.25mm的水稳定性团聚体含量:林地>旱地>荒地>茶园>果园。因此,农机具使用和人为活动影响最大的是大的水稳定性团聚体(>5mm),而且,在人为活动和农机具使用过程中,发生了一些大的水稳定性团聚体向小的水稳定性团聚体转化。

林地开垦破坏后,水稳定性团聚体数量明显下降,以>5mm的水稳定性的下降最为

表3 利用方式对团聚体数量和水稳定性团聚体的影响

Table 3 Effect of utilization patterne on the amounts and water stability of aggregates

利用类型 Land use	样品数 No. of samples	处理 Treatment	团聚体 The size of aggregate (mm) (%)		团聚体破坏率 percentage of aggregate destruction
			> 5	> 0.25	
林地	8	A	63.3±22.8	91.7±9.2	22.0±23.0
		B	34.9±22.7	72.3±22.9	
旱地	3	A	42.4±16.1	91.2±2.6	34.0±22.5
		B	6.4±8.3	59.8±19.2	
茶园	7	A	47.6±23.6	90.0±12.9	48.3±14.2
		B	6.8±12.1	47.8±16.5	
果园	3	A	42.0±20.2	83.4±9.9	53.4±5.9
		B	11.6±8.4	38.4±1.3	
荒地	7	A	48.0±27.1	88.5±13.2	37.5±23.4
		B	15.2±16.6	55.7±24.1	

注: A——干筛法; B——湿筛法。

明显。 > 5mm 水稳定性团聚体下降最多的是茶园和旱地,而 > 0.25mm 水稳定性团聚体下降最多的是果园和茶园(表 3)。团聚体的破坏率(泡水湿筛后)可说明土壤中团聚体的稳定性程度,从表 3 可见,团聚体的破坏率以果园最高,平均达 53.4%,其次为茶园(48.3%),旱地的破坏率略低于茶园,林地破坏率最低,即林地团聚体最稳定,果园团聚体最不稳定。

2.3 林地开垦后团聚体演变的原因

相关分析表明(表 4),粘粒、游离氧化铁和有机质等胶结物与 > 0.25mm 风干团聚体含量都有一定的相关,其中与粘粒、游离氧化铁的相关性达到了极显著的水平,>5mm 的风干团聚体虽与粘粒、游离氧化铁及有机质都呈正相关,但相关性都没有达到显著水平,这

表4 各级团聚体含量与主要胶结物之间的相关分析(r)

Table 4 The correlation coefficients (r) between the contents of various aggregates and main cementing substances

处理 Treatment	团聚体 Aggregate (mm)	粘粒 Clay	游离氧化铁 Free Fe oxides	有机质 Organic matter
干筛法	>5	0.3567	0.2644	0.3447
	>0.25	0.6491**	0.5275**	0.2820
湿筛法	>5	0.1289	0.0729	0.7198**
	>2	0.1394	0.0800	0.7736**
	>1	0.1775	0.1244	0.7798**
	>0.5	0.2298	0.1307	0.7779**
	>0.25	0.2783	0.1995	0.7258**
团聚体破坏率		-0.1348	-0.2191	-0.7169**

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$

表明影响 $> 0.25\text{mm}$ 风干团聚体含量主要是土壤中粘粒和游离氧化物的数量。当有机无机胶结构的数量达到一定水平后, $> 5\text{mm}$ 的风干团聚体含量则主要与人为耕作等活动有关。

水稳定性团聚体含量主要与有机物的数量有关, 而受粘粒和游离氧化物的影响较小, 团聚体的破坏率与有机质含量显著负相关(表 4)。这表明影响红壤 $> 0.25\text{mm}$ 水稳定性团含量和团聚体稳定性的因素主要是有机质。相同利用方式, 团聚体的水稳定性也与有机质含量呈正相关, 除旱地因耕作频繁, 耕作对团聚体影响较大, 掩盖了有机质的作用外, 其它各类利用方式的土壤中, 团聚体的破坏率均与有机质含量呈显著负相关。这表明, 林地开垦后, 土壤团聚体水稳定性下降及土壤中水稳定性团聚体数量的减少均与有机质含量下降有关。统计也表明, 林地开垦后, 有机质含量下降, 不同利用方式土壤有机质平均含量(g/kg)依次为: 林地 34.38 ($n=8$)、旱地 23.67 ($n=3$)、荒地 20.38 ($n=7$)、茶园 22.43 ($n=7$) 和果园 21.05 ($n=3$)。

作者对水稳定性的团聚体的研究表明^[13], 红壤的水稳定性大团聚体的形成主要靠有机质的胶结作用。红壤开垦后, 有机质分解加快或有机质补充减少, 是导致团聚体稳定性下降和稳定性团聚体数量减少的主要原因。同一利用方式土壤间团聚体稳定性的差异也反映了有机质的差别。因此, 无论是何种用途, 只要合理培肥, 增加有机质的投入, 都可减少土壤团聚体的破坏, 增加土壤水稳定性团聚体的数量, 控制红壤结构的稳定性。同样, 增加有机物料也是恢复红壤结构稳定性的关键所在。

参 考 文 献

1. 熊毅、李庆远主编, 1987: 中国土壤, 科学出版社, 339—351 页。
2. 熊毅主编, 1985: 土壤胶体研究方法, 科学出版社。
3. 中国科学院南京土壤所, 1978: 土壤理化分析, 上海科技出版社。
4. Kay, B. D., 1990: Rate of change of soil structure under different cropping systems. *Adv. Soil Sci.* 12: 1—52.
5. Nagarajao, Y. and Jayasree, G., 1994: Effect of different long term soil management practices on strength and swell-shrink characteristics, voids and microstructure. *Trans. 15th Congr. Int. Soc. Soil Sci. Acapulco, Mexico.* V6a: pp308—316.
6. Dexter, A. R., 1988: Advances in characterstion of soil structure. *Soil Tillage. Res.* 11: 199—238.
7. 姚贤良, 1989: 我国土地资源利用对土壤物理过程的影响及对策, *西南农业大学学报(增刊)* 6: 15—21。
8. 姚贤良, 许绣云, 于德芬, 1990: 不同利用方式下红壤结构的形成, *土壤学报* 第27卷1期, 25—33 页。
9. Boldock, J. A., and B. D. Kay., 1987: Influence of cropping history and chemical treatments on the water stable aggregation of a silt loam soil. *Canad. J. Soil Sci.* 67: 501—511.
10. Donald, R. G., B. D. Kay, and M. H. Miller, 1987: The effect of soil aggregate size on early shoot and root growth of maize. *Plant Soil.* 103: 251—259.
11. Tisdall, J. M. and J. M. Oades, 1980: The effect of crop rotation on aggregation in a red-brown earth. *Aust. J. Soil Res.* 18: 423—433.
12. 姚贤良, 于德芬, 1966: 赣中丘陵地区红壤的不同结构对某些水分物理性质的影响, *土壤学报*, 第14卷1期, 65—72页。
13. Zhang Mingkui, He Zhenli, Chen Guochao, Huang Changyong and M. J. Wilson, 1996: Formation and water stability of aggregates in red soil as affected by organic matter. *Pedosphere*, 6(1): 39—45.

FORMATION OF WATER-STABLE AGGREGATES IN RED SOILS AS AFFECTED BY LAND USE

Zhang Mingkui He Zhenli Chen Guochao and Huang Changyong

(Zhejiang Agricultural University, Hangzhou 310029)

Summary

The distribution and formation of water-stable aggregates in red soils under different land use were studied. The results showed that the contents of > 0.25 mm water-stable aggregates increased in the following order: orchard $>$ tea garden $>$ uncropped $>$ upland $>$ woodland. Either the water-stability of aggregates or the content of water-stable aggregates was highly correlated with the contents of soil organic matter. Increased decomposition and decreased input of organic matter after reclamation were responsible for the decrease in both the water-stability of aggregates and the amount of water-stable aggregates in red soils. Therefore, increasing organic matter input is crucial for improving the structure of red soils.

Key words Red soil Land use, Water-stable aggregate, Organic matter