

施肥措施对红壤结构的影响*

王兴祥 张桃林 鲁如坤

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要 利用长期定位试验研究红壤开垦利用后不同施肥措施下红壤结构的变化结果表明,红壤开垦利用后,>1mm机械稳定性大团聚体有所增加,而>1mm水稳定性团聚体含量有所下降,但施用有机肥可缓冲>1mm大团聚体含量下降的趋势,增加>0.25mm大团聚体总量。红壤开垦利用后土壤容重变小,土壤孔隙度增加。施用有机肥可使土壤毛管孔隙度增加50%,有效水容量增加64%,而施用化肥仅分别比荒草地红壤增加27%和33%。施用绿肥、稻草或秸秆还田有利于提高土壤的持水性能,而施用化肥对土壤持水性能并无明显改善作用。

关键词 红壤 结构 施肥

Effect of application of fertilizers on soil structure in red soil. WANG Xing-Xiang, ZHANG Tao-Lin, LU Ru-Kun (Nanjing Institute of Soil Sciences, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008), *CJEA*, 2001, 9(3): 70~72

Abstract Changes in physical structure of red soil were studied under different conditions of fertilizer application. The results showed that the content of >1mm mechanical-stable macro-aggregate was increased while the content of >1mm water-stable macro-aggregate decreased after red soil was cultivated, but applications of organic fertilizers were beneficial to buffer the decline tendency of content of >1mm water-stable macro-aggregate, and to increase total macro-aggregate content of >0.25mm. Soil porosity was increased while soil bulk density was decreased after red soil cultivated. Soil capillary porosity was increased by 50%, and soil available water capacity increased by 64% under application of organic fertilizers, while application of chemical fertilizers only increased by 27% and 33% respectively. Meanwhile, there was a significant increase in soil reserving water capacity under application of organic fertilizers, but there was no significant difference between application of chemical fertilizers and uncultivated soil.

Key words Red soil, Structure, Application of fertilizers

红壤是我国重要的土壤资源,广泛分布于我国热带亚热带地区。为此,利用长期定位试验研究红壤开垦利用后不同施肥措施下红壤结构的变化,为我国退化红壤的开发利用及其恢复重建提供科学依据。

1 试验材料与方法

试验在江西省鹰潭市中国科学院红壤生态试验站进行,试验地于1988年4月开垦农用,红壤为普通简润铁铝土,试验共设5个处理,4次重复,随机排列,小区面积5m×6m,轮作制度为花生-油菜(或荞麦),施用化肥为尿素、钙镁磷肥和氯化钾,试验设计见表1。于1999年4月采集0~15cm土层土壤样品测定其主要物

表1 试验设计*

Tab. 1 Experimental design

处 理 Treatments	施肥量/kg·hm ⁻² N P ₂ O ₅ K ₂ O	Amount of fertilization 有机肥 Organic fertilizers	处 理 Treatments	施肥量/kg·hm ⁻² N P ₂ O ₅ K ₂ O	Amount of fertilization 有机肥 Organic fertilizers
荒草地红壤(CK) Previous soil	0 0 0	0	绿肥+化肥(Ⅲ) Green manure and chemical fertilizers	75(22.5) 150(37.5) 150(45)	30000
化 肥(Ⅰ) Chemical fertilizers	75(22.5) 150(37.5) 150(45)	0	秸秆还田+化肥(Ⅳ) Straw returned and chemical fertilizers	75(22.5) 150(37.5) 150(45)	秸秆全还田
猪粪+化肥(Ⅱ) Pig manure and chemical fertilizers	75(22.5) 150(37.5) 150(45)	30000	稻草+化肥(Ⅴ) Rice straw and chemical fertilizers	75(22.5) 150(37.5) 150(45)	3000

*表中括号前的数值为花生施肥量,括号内的数值为油菜或荞麦施肥量。

理性质,土壤颗粒组成、大团聚体及微团聚体、土壤容重等理化性状按土壤物理性质测定法进行^[1],土壤水分特征曲线采用压力膜法,其中1500kPa含水量用搅动土壤测定,环刀取原状土,3次重复,测定后取其平均值

• 国家重点基础研究(973)项目(G1999011801)和国家自然科学基金项目(40071055)共同资助

收稿日期:2000-03-30 改回日期:2000-05-26

并计算土壤孔隙分布状况。

2 结果与分析

2.1 施肥对红壤团聚体组成的影响

施肥对红壤大团聚体组成的影响,干筛法测定结果(见表2)表明,红壤的机械稳定性团聚体较高, $>0.25\text{mm}$ 团聚体含量均为92%以上,且以 $>5\text{mm}$ 团聚体为主。开垦利用后土壤团粒的机械稳定性由92.18%增至95.84%~98.84%,特别是 $>1\text{mm}$ 大团聚体数量明显增加,施用有机肥更有利于 $>1\text{mm}$ 大团聚体含量增加,其增幅平均达17%,而施用化肥仅增加8%;但 $0.25\sim 1\text{mm}$ 粒径团粒数量均有所减少。与机械稳定性相反,红壤开垦利用

表2 不同施肥处理红壤的机械稳定性团聚体组成

Tab.2 Composition of mechanical-stable macro-aggregates in red soil under different applications of fertilizers

处 理 Treatments	机械稳定性团聚体组成/% Composition of mechanical-stable macro-aggregates					团聚体/mm Macro-aggregates				
	>5	$5\sim 3$	$3\sim 2$	$2\sim 1$	>1	$1\sim 0.5$	$0.5\sim 0.25$	$0.25\sim 1$	>0.25	
CK	59.03	8.61	5.20	7.42	80.26	7.54	4.38	11.92	92.18	
I	69.33	6.96	4.26	6.04	86.59	5.63	3.62	9.25	95.84	
II	79.14	7.72	4.14	4.63	95.63	2.45	0.76	3.21	98.84	
III	75.35	7.61	4.97	5.97	93.90	3.72	1.18	4.90	98.80	
IV	79.78	5.93	3.02	4.01	92.74	3.32	1.70	5.02	97.76	
V	75.20	8.30	3.99	4.84	92.33	3.66	1.53	5.19	97.52	

后 $>1\text{mm}$ 的水稳定性大团聚体含量下降,而 $0.25\sim 0.5\text{mm}$ 和 $0.5\sim 1\text{mm}$ 粒径团聚体含量则显著增加(见表3),这与姚贤良等研究结果相似。单施化肥下由于红壤有机质含量下降,表层土壤 $>0.25\text{mm}$ 大团聚体总量

表3 不同施肥处理红壤水稳定性团聚体组成

Tab.3 Composition of water-stable macro-aggregates in red soil under different applications of fertilizers

处 理 Treatments	水稳定性团聚体组成/% Composition of water stable macro-aggregates					团聚体/mm Macro-aggregates				
	>5	$5\sim 3$	$3\sim 2$	$2\sim 1$	>1	$1\sim 0.5$	$0.5\sim 0.25$	>0.25		
CK	19.35	4.19	2.00	5.77	31.77	10.62	10.16	52.55		
I	1.02	2.16	1.70	3.26	8.14	10.73	21.11	39.98		
II	8.23	3.74	2.67	7.10	21.74	21.01	12.81	55.56		
III	2.91	3.95	3.46	9.78	20.10	22.99	14.49	57.58		
IV	1.60	1.66	3.39	7.34	13.89	24.73	17.13	56.10		
V	0.58	3.23	3.36	8.60	16.09	26.29	15.06	57.45		

由52.55%减至39.98%;施用有机肥 $>0.25\text{mm}$ 土壤大团聚体含量则提高到55.56%~57.58%,这表明红壤 $>0.25\text{mm}$ 水稳定性团聚体含量和团聚体稳定性与土壤有机质含量有关。章明奎等^[2]研究表明红壤 $>0.25\text{mm}$ 水稳定性团聚体含量和团聚体稳定性与土壤有机质含量呈正相关。这意味着红壤开垦后土壤团聚体水稳定性下降是由于土壤有机质分解其含量下降所致,只要合理施用有机肥,增加土壤有

表4 红壤开垦利用后土壤微团聚体的变化

Tab.4 Micro-aggregate composition in red soil under different applications of fertilizers

处 理 Treatments	微团聚体组成/% Particle size of micro-aggregate						结构系数/% Structural coefficient
	>0.25	$0.25\sim 0.05$	$0.05\sim 0.005$	$0.005\sim 0.002$	$0.25\sim 0.002$	>0.002	
CK	8.3	34.3	55.9	0.8	91.0	0.7	98
I	2.8	29.3	41.7	8.5	79.5	17.7	56
II	2.2	30.0	40.7	11.4	82.1	15.7	62
III	2.8	27.3	45.9	9.5	82.7	14.5	58
IV	3.3	29.1	42.4	9.5	81.0	15.7	60
V	4.7	23.2	52.0	7.4	82.6	12.7	66

机胶结物在团聚过程中的作用,土壤团聚体水稳定性能得到恢复和提高。施肥对红壤微团聚体组成的影响,表4表明,荒草地红壤微团聚性较好,且 $>0.005\text{mm}$ 粒级的微团聚体占较大比例,土壤结构系数高达98%。红壤开垦利用后 $0.002\sim 0.25\text{mm}$ 粒径土壤微团聚体含量及结构系数显著下降,而 $<0.002\text{mm}$ 粒径土壤颗粒显著增加;单施化肥下土壤微团聚体含量及结构系数下降更为显著,施用有机肥可在一定程度缓冲土壤微团聚体下降的趋势。施用化肥土壤微团聚体减少可能与土壤结构胶结物的减少有关,而施用有机肥红壤微团聚体数量的减少则可能与其微团聚体与有机物及土壤颗粒粘结形成大团聚体有关。

2.2 不同施肥处理红壤库容特征演变

红壤的总库容是指其剖面中的容积孔隙,若以 30kPa 时土壤含水量计算的可容纳水分总量作为贮水容量,以 $>1500\text{kPa}$ 时的土壤水分容纳为无效库容,则有效库容为 $30\sim 1500\text{kPa}$ 间的土壤贮水量,土壤通气库容为总库容与贮水库容之差值^[1]。由表5可知,

表5 不同施肥处理土壤库容的变化

Tab.5 Water reserving capacities in red soil under different applications of fertilizers

处 理 Treatments	总库容/ $\text{mm}\cdot\text{cm}^{-1}$ Total capacity	贮水库容/ $\text{mm}\cdot\text{cm}^{-1}$ Reserving water capacity	有效水库容/ $\text{mm}\cdot\text{cm}^{-1}$ Available water capacity	无效水库容/ $\text{mm}\cdot\text{cm}^{-1}$ Unavailable water capacity	通气库容/ $\text{mm}\cdot\text{cm}^{-1}$ Aeration capacity	土壤容重/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ Bulk density
CK	4.906	3.077	0.806	2.271	1.809	1.35
I	5.245	3.403	1.072	2.331	1.842	1.26
II	5.396	3.517	1.236	2.381	1.879	1.22
III	5.472	3.458	1.390	2.069	2.013	1.20
IV	5.434	3.216	1.300	1.917	2.218	1.21
V	5.472	3.281	1.376	1.904	2.191	1.20

红壤开垦利用后土壤容重变小,土壤孔隙度增加,库容增大。用猪粪、绿肥、秸秆还田、稻草处理土壤有效水库容分别由 $0.806\text{mm}/\text{cm}$ 增至 $1.236\text{mm}/\text{cm}$ 、 $1.390\text{mm}/\text{cm}$ 、 $1.300\text{mm}/\text{cm}$ 和 $1.376\text{mm}/\text{cm}$,平均增加土壤有效水库容64%;而单施化肥处理土壤有效水库容由 $0.806\text{mm}/\text{cm}$ 增至 $1.072\text{mm}/\text{cm}$,增加33%。同时绿肥、稻草、秸秆还田能明显增加土壤通气库容,而施用猪粪或单施化肥未增加土壤通气库容。从土壤库容特征演变来

看,其改良效果依次为绿肥>稻草>秸秆还田>猪粪>化肥,这可能与所施肥料的C/N值有关,绿肥、稻草、花生秸秆及油菜、荞麦秸秆C/N值较高,更有利于土壤库容的改善。

2.3 不同施肥处理红壤毛管孔隙度分布与持水特性

表6 不同施肥处理红壤毛管孔隙度分布的变化

Tab. 6 Changes in capillary porosity distribution in red soil under different applications of fertilizers

处 理 Treatments	土壤毛管孔隙度分布/% Distribution of soil capillary porosity 毛管孔隙度/ μm Capillary porosity					处 理 Treatments	土壤毛管孔隙度分布/% Distribution of soil capillary porosity 毛管孔隙度/ μm Capillary porosity				
	30~10	1~10	0.8~1.0	0.2~0.5	0.2~30		30~10	1~10	0.8~1.0	0.2~0.5	0.2~30
CK	2.39	2.35	1.95	1.67	8.36	■	1.68	2.05	1.95	7.58	13.26
I	2.11	2.03	1.87	4.61	10.62	□	1.87	1.56	1.70	7.48	12.61
II	1.21	2.43	1.67	6.03	11.34	△	1.58	2.35	2.00	7.12	15.05

土壤毛管孔隙的分布状况影响着土壤供水和持水性能,由土壤吸水力的大小与孔隙大小相关性原理可计算出相应的当量孔隙分布。研究结果(见表6)表明,红壤开垦利用后毛管孔隙度有所增加,特别是0.2~0.8 μm 较细毛管孔隙明显增加,施用有机肥土壤毛管孔隙度平均增加50%,而施用化肥仅增加27%,其改善效果依次为绿肥>稻草>秸秆还田>猪粪>化肥。土壤水分特征曲线表示土壤水的能量状态和土壤水的数量之间关系,反映了土壤持水的基本特性,可利用幂函数($Y=aX^{-b}$)模拟红壤水分含量(Y)与红壤吸持力(X)之间的关系。土壤与水容量的比值 C 为单位重量土壤增加单位吸力时土壤中释放的水分容量,为土壤水分含量和土壤吸持力间函数的导数,即:

$$C = \frac{-dY}{dX} = abX^{-(b+1)} \quad (1)$$

由式(1)可知, C 与 ab 的乘积成正比, ab 值愈大, C 值愈大,土壤的持水性能愈好。由表7可知,由于施肥措施影响了土壤结构和孔隙度,从而影响了土壤水分特征曲线。在施用化肥条件下土壤持水性能无明显提高,而施用有机肥,特别是施用绿肥、稻草或秸秆还田可显著提高土壤持水性能。

3 小 结

红壤团聚体的机械稳定性较高,而水稳定性较差。红壤开垦利用后土壤>1mm机械稳定性大团聚体有所增加,而0.25~1mm粒径团聚体数量减少。与机械稳定性相反,红壤开垦利用后土壤>1mm的水稳定性团聚体含量有所下降,而0.25~1mm团聚体含量显著增加;但施用有机肥可减少>1mm大团聚体含量下降的趋势,增加大团聚体总量。非耕种红壤的微团聚性较好,土壤结构系数高达98%以上,红壤开垦利用后0.002~0.25mm粒径微团聚体含量及结构系数显著下降,而<0.002mm粒径土壤颗粒则显著增加;红壤开垦利用后土壤容重变小,孔隙度增加,施用有机肥可使土壤毛管孔隙度增加50%,有效水库容增加64%,而施用化肥仅分别比荒草地红壤增加27%和33%;由于开垦利用与施肥措施影响红壤的结构和孔隙状况,从而影响了其持水性能。施用有机肥能明显提高红壤持水性能,施用化肥无明显效果。

参 考 文 献

- 1 姚贤良,许绣云,于德芬.红壤的库容及其对抗旱性能的影响.红壤生态系统研究.南昌:江西科学技术出版社,1993
- 2 章明奎,何振立,陈国潮等.利用方式对红壤水稳定性团聚体形成的影响.土壤学报,1997,34(4):359~366
- 3 中国科学院南京土壤研究所土壤物理室编.土壤物理性质测定法.北京:科学出版社,1978

欢迎订阅 2002 年《林业科学》

《林业科学》是由中国林学会主办的学术刊物,主要刊登林业领域的最新科学研究成果,设有森林培育、森林生态、林木遗传育种、森林保护、森林经理、野生动物保护与利用、园林植物与观赏园艺、水土保持与荒漠化治理、林业可持续发展、森林工程、林业经济及林业宏观决策研究等栏目,适于林业科技人员、管理干部及林业院校师生阅读。本刊为双月刊,每期定价22.00元,全年132.00元,国内邮发代号:82-6,全国各地邮局均可订阅。国外邮发代号:BM44。漏订者可汇款至本刊补订,地址:(100091)北京市万寿山后中国林学会《林业科学》编辑部。