

# 南亚热带丘陵赤红壤理化性质变化及其原因

钟继洪, 郭庆荣, 谭 军

(广东省生态环境与土壤研究所, 广东省农业环境综合治理重点实验室, 广州 510650)

**摘要:** 本文研究了南亚热带丘陵赤红壤物理、化学性质变(退)化的特征及其原因。结果表明, 丘陵赤红壤在物理性质退化方面, 主要表现在土壤团聚体稳定性下降、土壤孔隙性和土壤水分性能变劣; 在化学性质退化方面, 主要表现在养分贫瘠化、保肥供肥能力降低。植被破坏会引起土壤养分减少、保肥供肥能力降低, 有机质的减少是丘陵赤红壤物理性质退化的主要原因。有必要保护植被、提高土壤有机质含量, 以防止丘陵赤红壤理化性质退化。

**关键词:** 理化性质变化; 影响因素; 赤红壤; 南亚热带丘陵

**中图分类号:** S158.1 **文章编号:** 1000-0585(2004)03-0312-09

土壤退化是指人类对土壤资源的不合理利用而导致土壤质量与生产力下降的过程, 它包括土壤的物理退化、化学退化与生物退化。由于土壤退化对人类的生存发展及全球环境影响日趋严重, 因而已成为当今全球普遍关注的紧迫问题。而热带亚热带红壤区土壤退化又是全球土壤退化研究的重点<sup>[1,2]</sup>。

我国南亚热带是指我国北回归线附近的地域, 跨越广东、广西、福建、云南等地约 25 万 km<sup>2</sup><sup>[3]</sup>。广东省南亚热带地域大约在北纬 21°30′~24°之间, 土地面积 12.75 万 km<sup>2</sup>, 占广东全省土地面积的 71.52 %<sup>[4]</sup>。我国南亚热带海拔 300~400m 以下的丘陵、台地, 广泛分布着地带性土壤——赤红壤, 其中广东境内有 6.58 × 10<sup>6</sup> hm<sup>2</sup>, 占全省土壤总面积的 44.67 %<sup>[5]</sup>。丘陵赤红壤在原生自然植被(季风常绿阔叶林)条件下, 由于土壤与植被相互促进作用, 肥力较高。但由于人类活动的影响, 丘陵赤红壤的原生植被已被破坏而为次生或人工栽培植被所代替, 因此其理化性质退化严重。我国科学工作者早在 20 世纪 50 年代已重视红壤类退化问题的研究, 当时主要研究红壤丘陵侵蚀及其防治途径、红壤旱地与水稻土的肥力恢复、红壤酸化防治。60~70 年代, 对次生潜育化引起的红壤性水稻土退化问题开展了系统的研究。80 年代开展了红壤养分循环与肥力退化定位研究。90 年代以来, 对红壤丘陵区土壤侵蚀、肥力衰减和土壤酸化、土壤污染等退化形成的基本过程、时空演变及作用机理进行了研究<sup>[1,2]</sup>。本文拟对广东南亚热带几种植被下赤红壤物理、化学性质特征作比较测定, 并着重从土壤内部固相组分的相互作用方面探讨土壤变(退)化的原因, 以便进一步了解红壤变(退)化的内部机制, 为这一地区进行土壤管理提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 土壤采集区概况

土壤样品采自广东省鼎湖山自然保护区、广州五山、博罗县下村农场。三地均属南亚热带

收稿日期: 2003-05-10; 修订日期: 2003-09-20

基金项目: 国家人事部非教育系统留学回国人员科技活动择优资助项目 (910308)

作者简介: 钟继洪 (1956-), 男, 广东连平县人, 研究员。主要从事土壤资源、环境生态研究, 已发表论文 60 余篇。

热带湿润季风气候, 光热充足, 雨量丰沛, 但季节分配不均。地带性土壤为赤红壤。

鼎湖山自然保护区为中科院森林生态系统定位站, 大部分自然林已遭破坏, 被代之以次生植被与栽培植被, 其中以马尾松为主的针叶林分布最广, 主要是马尾松—桃金娘—芒箕群落, 植被覆盖度 60~70%; 在庆云寺保留的典型地带性植被季风常绿阔叶林, 主要群落为锥栗—厚壳桂—荷木群落, 结构层次复杂, 林层覆盖度 90% 以上, 其中厚壳桂群落为顶极类型, 林龄有 400 多年。赤红壤分布在海拔 300m 以下, 成土母质为砂页岩。

五山采集区为华南农业大学赤红壤利用定位试验地, 成土母质为花岗岩。开发成梯地利用 40 多年, 种植绿肥、甘蔗、豆类, 现状栽培植被为鱼藤(一种绿肥)、豆类, 对照的荒坡坡度 9~12°, 植被为马尾松稀树草坡, 马尾松林龄 30 多年不等, 植被覆盖度 30~40%。

博罗县下村农场为本所东江流域缓坡台地综合试验基点, 成土母质为花岗岩。多数坡地成梯地利用 40 多年, 多年种植甘薯、花生、豆类等, 现状栽培植被为荔枝、柑桔(5~6 年), 荒坡的坡度多 < 6°, 植被为马尾松稀树草坡, 马尾松林龄 10 年, 植被覆盖度 30~40%。

### 1.2 样品采集

根据需要, 在上述三地采集自然植被季风常绿阔叶林, 次生植被马尾松林、马尾松稀树草坡, 人工栽培植被柑桔、荔枝、旱作类等的丘陵赤红壤表土和亚表土样本, 其中供团聚体、孔隙、容重测定的为原状土, 供颗粒组成、化学性质测定的为混合样品。

### 1.3 理化性质测定

颗粒组成用吸管法; 团聚体用 . . 萨维诺夫湿筛法; 孔隙及其分布用当量孔隙测定仪测定。土壤容重、渗水性(导水性)用室内环刀法; 土壤有效水量在用压力薄膜负压法测定水分特征曲线基础上换算得出; 有机质用油浴加热—— $K_2Cr_2O_7$ 容量法; 全氮测定用开氏法; 全磷  $HClO_4-H_2SO_4$  消化、钼蓝比色法; 全钾用  $HF-HClO_4$  消煮、火焰光度法<sup>[6,7]</sup>。其它一些测定见后述。

## 2 结果与讨论

### 2.1 丘陵赤红壤的物理变(退)化

丘陵赤红壤物理性质退化明显, 主要表现在土壤团聚体稳定性下降、土壤孔隙性与土壤水分性能变劣。

**2.1.1 土壤团聚体稳定性变(退)化特征** 土壤团聚体稳定性在形成和保持良好土壤结构上极为重要。从表 1 的分析结果可以看出, 丘陵赤红壤在开垦利用或植被破坏后, 其团聚体的水稳性下降明显。

耕型赤红壤团聚体的水稳性下降特别明显。如广州五山、博罗县下村农场耕型赤红壤表土 > 0.25mm 水稳性团聚体总量和反映团聚体组成的几何平均直径(GMD)分别为  $610.8 \pm 155.7$  g/kg 和  $1.4 \pm 0.6$  mm ( $n=4$ ), 而同区域、同母质的自然赤红壤分别为  $801.1 \pm 79.4$  g/kg 和  $3.1 \pm 1.3$  mm ( $n=9$ )。两者的差异达显著水平 ( $t_{\text{团聚体总量}} = 2.679 > t_{0.05} = 2.201$ ;  $t_{\text{GMD}} = 2.227 > t_{0.05} = 2.201$ )。这表明耕型丘陵赤红壤较大粒径的团聚体可能已遭到破坏。这种现象在其他文献中也有报导<sup>[8]</sup>。

丘陵自然赤红壤团聚体稳定性下降也是肯定的。这一点, 由以下的进一步分析结果也可以得到证明。根据湿筛法, Russell 和 Feng 曾按不同周期时间, 将盛有土壤样品的筛放在水中上下振荡, 最后发现团聚体稳定性与振荡时间长短呈下列方程所示指数关系<sup>[9]</sup>:

$$\log W = a - b \log T$$

表 1 不同植被丘陵赤红壤水稳性团聚体状况

Tab. 1 Water stable aggregates of hilly latored soils under different vegetations								
土样编号	采样深度 (cm)	团聚体组成 (g/kg) (粒径: mm)					<0.25mm 团聚体 e (g/kg)	GMD (mm)
		10~5	5~2	2~1	1~0.5	0.5~0.25		
(n=2)	0~10	366.6 ±60.7	160.5 ±11.1	80.9 ±8.6	111.2 ±22.9	56.6 ±10.7	748.0 ±13.9	3.1 ±0.4
	10~20	159.3 ±45.9	131.3 ±5.8	119.3 ±7.4	229.1 ±32.0	103.4 ±8.8	742.3 ±3.5	1.7 ±0.2
	0~10	340.1	160.1	74.5	89.1	64.7	728.5	3.9
	10~20	205.1	178.5	95.7	153.3	106.6	739.2	2.0
	0~10	176.0	108.9	83.7	153.7	123.1	645.4	1.8
	10~20	7.2	33.8	53.6	168.5	241.5	504.6	0.7
	0~10	16.2	60.8	52.9	257.9	156.7	544.5	0.8
	10~20	15.4	514	56.8	303.9	151.6	579.1	1.1
	0~10	8.6	28.8	38.8	124.1	190.6	390.9	0.8
	10~20	5.4	18.1	38.5	175.1	183.2	425.7	0.7
(n=5)	表土	476.3 ±160.8	130.8 ±20.0	65.1 ±28.0	110.0 ±55.4	55.1 ±23.5	837.3 ±52.5	3.7 ±1.2
	亚表土	270.8 ±183.4	144.3 ±41.6	81.3 ±23.0	196.5 ±92.8	71.5 ±24.2	764.8 ±88.0	2.4 ±1.2
(n=2)	表土	223.8 ±30.4	126.0 ±1.8	127.2 ±21.5	190.2 ±26.9	86.9 ±20.0	754.0 ±39.9	2.0 ±0.3
	亚表土	16.1 ±12.4	78.9 ±15.7	197.0 ±44.3	35.1 ±11.8	100.7 ±16.5	749.6 ±12.7	1.0 ±0.1

注：土壤团聚体含量中不包括>0.25mm的砂粒。自然植被季风常绿阔叶林（鼎湖山，砂页岩） 马尾松针叶林（鼎湖山，砂页岩） 马尾松稀树草坡（广州五山，花岗岩） 鱼藤（广州五山，花岗岩） 豆类（广州五山，花岗岩） 马尾松稀树草坡（博罗县下村农场，花岗岩类） 荔枝、柑桔类（博罗县下村农场，花岗岩类）

式中， $W$  是水稳性团聚体的重量， $T$  是振荡时间； $a$  是振荡时间为零时的  $\log W$ ，称“原始稳定性”； $b$  是回归方程的斜率，称崩解速率。原始稳定性高，崩解速度低的土壤，具有稳定的团聚体。

参照 Russell 等的做法，我们将丘陵赤红壤若干代表土样用水浸泡 30 分钟（水土比为 5 : 1），再按不同周期时间，将盛装土壤样品的三角瓶置于振荡机（150 次/min）上振荡后再按 H. 萨维诺夫湿筛法进行分筛。结果同样表明较少有机质参与形成的次生植被下赤红壤的团聚体稳定性较低。对测定结果的数理统计分析表明，丘陵赤红壤团聚体含量（ $W$ ，g/kg）与振荡时间（ $T$ ，min）呈指数方程关系（表 2）。

显然，从表 2 可见，较少有机质参与形成的次生植被下赤红壤的（ ）的“原始稳定性（ $a$ ）”较低，“崩解速率（ $b$ ）<sup>[9]</sup>”则较高。

2.1.2 土壤孔隙性变（退）化特征 土壤的孔隙性反映在土壤的孔隙度、大小孔隙分配及其在各层中的分布情况等方面。从农学意义上来说，直接影响植物根系生长和水分、养分运输的是土壤中大小孔隙的分配及其连续性稳定性<sup>[9]</sup>。

丘陵赤红壤孔隙性质变劣的特征是总孔隙减少、容重增加；孔隙的大小分配趋于不合理：较大孔径的孔隙较少，较小孔径的孔隙增加。这一特征在自然土中表现得尤为突出。如鼎湖山次生马尾松针叶林下赤红壤（ ）的表土的总孔隙度、>0.05mm 孔隙度分别为 40.6 %和 9.7 %，显著低于自然植被季风常绿阔叶林下赤红壤（ ）表土的 64.6 ±0.6 %

表 2 坡地赤红壤团聚体 (g/kg) 与振荡时间 (T, min) 的回归分析

Tab. 2 Regression analysis of aggregate of hilly latored soils with shaking time				
土样编号	采样深度 (cm)	关系式 $\log w = a - b \log T$		相关系数 $r$
		$a$	$b$	
T9 ( )	0~10	2.506	0.244	- 0.985 **
	0~10	2.263	0.268	- 0.993 **
T11 ( )	0~16	2.487	0.330	- 0.986 **

注：T9、T11 为田间号， 的代表样品。 \*\*：  $r$  值 > 0.01，达极显著水平

和  $25.3 \pm 0.8\%$  ( $n = 2$ ) ( $t_{\text{总孔隙度}} = 4.062 > t_{0.01} = 3.055$ ;  $t_{>0.05\text{mm孔隙度}} = 7.01 > t_{0.01} = 3.055$ ) (图 1)。图 2 显示了几种代表性土壤表土当量孔隙累积曲线。由图 2 不难看出,即使是总孔隙度较高的耕型赤红壤( ),其孔隙大小分布也与自然林下赤红壤( )的有明显差异:前者较大孔径的孔隙度要比后者的明显少。

Greenland 提出,对于热带亚热带地区而言,一般需要 10 % 直径大于 0.05mm 孔径的孔隙作为通气透水孔隙<sup>[10]</sup>,次生植被赤红壤表土( 、 、 )的 >0.05mm 孔隙一般要少于 10 %,这是不利于植物生长的(图 1)。

由图 1 可知,广州五山丘陵赤红壤在开垦利用后,其总孔隙和较大孔隙状况较之自然土(次生植被条件下)的有一定改善,这可能是由于较多耕作疏松了土壤所致。然而,需要指出的是耕型赤红壤的这种改善对土壤通气、透水的促进作用会因其结构的稳定性降低而受到制约。因为土壤团聚体稳定性低,在降雨时就易遭破坏,因而往往在雨时粘闭土壤,在雨后形成结皮(结壳),从而降低土壤通气性。由此可见,土壤的改良,不仅要增加孔隙,还必须提高其稳定性。

**2.1.3 土壤水分性质变(退)化特征** 在植被破坏或人为开垦利用情况下,丘陵赤红壤水分性质退化明显,具体体现在表土渗透速率下降,土壤水分对植物的有效性降低。

据对丘陵赤红壤表土水渗透率的室内测定结果,鼎湖山自然植被(季风常绿阔叶林)下赤红壤 2 小时饱和渗水量为 1800 ~ 4200ml,而其次生马尾松针叶林赤红壤为 923ml,后者比前者低得多,表明自然植被为次生马尾松针叶林代替后,土壤的导水性能会降低。广州五山、博罗县下村农场稀树草坡赤红壤 2h 饱和渗水量多在 400 ml 以下,显然与它们的植被遭到破坏有一定关系。耕型赤红壤虽导水性较之荒地状态时有改善,但与自然植被比较,导水性能下降还是明显的。

根据前人研究的结果,我们以 30 Kpa 吸力时的土壤含水量为有效水上限(田间持水量),以 1.5Mpa 吸力时的土壤含水量为有效水下限(萎蔫含水量的临界值),据此对用压力薄膜负压法测定的土壤持水的有效性进行了分析,结果见表 3。由表 3 可知,鼎湖山次生林( )下赤红壤的表土、亚表土有效水量为 99 ~ 106g/ kg,比自然植被(季风常绿阔叶林, )下赤红壤的有效水量(105 ~ 174g/ kg)低得多,说明前者的供水性能比后者差。

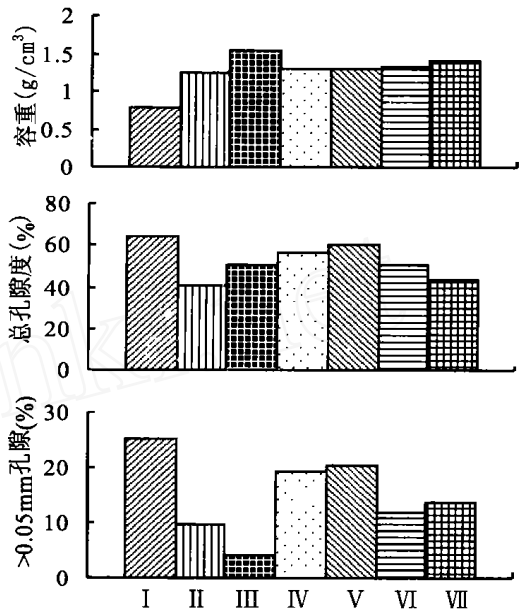


图 1 不同植被下丘陵赤红壤孔隙状况

Fig. 1 Porosity of hilly latored soils under different vegetations

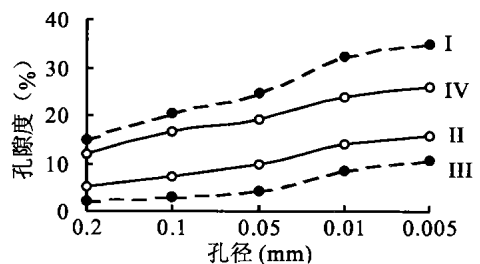


图 2 丘陵赤红壤表土大于某孔径当量孔隙的累积曲线

Fig. 2 Accumulation curve of equivalent porosity in hilly latored soils

由此可见，在自然植被为次生植被代替的情况下，丘陵赤红壤保持的有效水较少。表 3 结果还表明，广州五山、博罗县下村农场次生植被或人工栽培植被下赤红壤的有效持水量也较低，显然在一定程度上反映了其土壤水分有效性不高。有效水含量低，意味着丘陵土壤容易受干旱威胁<sup>[11]</sup>。

表 3 丘陵赤红壤有效水比较

Tab. 3 Available water retention capacity of hilly latored soils

土样编号	土壤深度 (cm)	有效水上限 (0.3 ×10 <sup>5</sup> Pa)	有效水下限 (15.0 ×10 <sup>5</sup> Pa)	有效水量 (g/ kg)
	0~10	361	187	174
	10~20	275	170	105
	0~10	192	86	106
	10~20	225	126	99
	0~10	219	151	68
	15~20	242	172	70
	0~10	185	118	67
	10~20	200	136	64
	0~10	216	145	71
	10~20	216	142	74
(T9)	0~18	163.5	120.3	43.2
	18~50	210.4	167.1	43.3
(T5)	0~16	121.5	72.3	49.2
	16~50	174.8	120.9	53.9

注：T9、T5 为田间号， 、 的代表样品。

2.2 丘陵赤红壤化学性质变（退）化特征

丘陵赤红壤化学性质退化主要表现在养分贫瘠化、保肥供肥能力降低。

调查表明，次生植被尤其是稀树草坡下丘陵赤红壤，土壤有机质层要比自然植被（常绿阔叶林）的薄，一般厚度为 2~10cm。由表 4 可知，鼎湖山次生林（ ）下赤红壤的有机质含量比自然植被（ ）的低得多；博罗县下村农场的薄有机质层丘陵赤红壤（T9）表土的有机质含量偏低，在 7.7~18.2g/ kg，全磷、全钾的含量也较低，土壤阳离子代换量只有 8~12Cmol/ kg，表明其保肥供肥能力较低。由此可见，在自然植被为次生植被代替的情况下，丘陵赤红壤的养分贫瘠化特征明显。这意味着，在开垦利用后，如果缺乏有效的培肥措施，是难以满足作物高产要求的。但从分析结果来看，丘陵赤红壤的耕型土壤的养分状况并没有明显改善，如博罗县已开垦利用 40 多年，近期种荔枝、柑桔的果园土壤的有机质含量为 14.5 ±5.2（n=9），全氮为 0.78.5 ±0.29（n=9），全磷为 0.45 ±0.22（n=9），全钾为 6.03 ±3.07（n=9）。

表 4 丘陵赤红壤的化学性状

Tab. 4 Chemical property of hilly latored soils

土样编号	采样深度 (cm)	有机质 (g/ kg)	全氮 (g/ kg)	全磷 (g/ kg)	全钾 (g/ kg)	阳离子代换量 (Cmol/ kg)
	0~12	57.8	1.99	0.85	-	19.90
	0~12	22.8	1.70	0.73	-	17.20
(T8)	0~25	24.0	1.33	0.76	32.95	15.30
	25~40	13.5	0.83	0.68	27.97	13.20
(T9)	0~18	7.7	0.63	0.21	10.78	9.30
	18~50	7.6	0.49	0.20	12.71	8.50
(T11)	0~16	18.2	0.76	0.22	25.96	9.30
	16~40	8.2	0.48	0.21	25.26	8.50
(n=9)	表土	14.5 ±5.2	0.78 ±0.29	0.45 ±0.22	6.03 ±3.07	-

2.3 丘陵赤红壤理化性质退化的原因分析

丘陵赤红壤物理退化过程是复杂的，是由土壤内部之间，以及内部与外部环境之间作

用的结果。对这些作用及其机理，许多仍不十分清楚。在此，仅就土壤固相组分的变化以及土壤与植被的相互作用方面对丘陵赤红壤退化的影响作初步探讨。

2.3.1 土壤与植被的相互作用 土壤与植被之间是相互作用的。土地利用变化与植被的破坏会引起土壤性质的变化<sup>[12,13]</sup>。表 5 是不同林型下赤红壤腐殖质及其组成测定结果。由表 5 可知，鼎湖山马尾松针叶林（ ）下的赤红壤与自然林（季风常绿阔叶林， ）下的比较，不仅肥力较低、保肥供肥能力较弱（从腐殖质总量较低和阳离子代换量 CEC 较小可以得到一定反映），而且因其腐殖质芳构化程度较大（据测定，针叶林土壤胡敏酸消光系数较大，表明其芳构化程度较高），活性部分所占比例较小，不利于促进矿物岩屑的风化而增加某些养分的有效性。从中可见，森林植被的破坏对土壤贫瘠化的作用是很大的。

表 5 不同林型下赤红壤腐殖质组成与阳离子代换量状况

Tab. 5 Status of soil humus and cation exchange capacity

土样编号	采样深度 (cm)	腐殖质	腐殖质组成 (g/kg)			胡敏酸/ 富里酸	阳离子代换量 (Cmol/kg)
		(g/kg)	胡敏酸	富里酸	胡敏素	(HA/ FA)	
	0 ~ 12	39.6	5.07	11.36	23.17	0.45	19.90
	12 ~ 24	13.3	0.77	5.22	7.31	0.15	12.80
	0 ~ 12	22.07	2.92	4.20	14.95	0.69	17.20
	12 ~ 24	9.0	0.46	2.83	5.71	0.16	8.60

土壤与植被的相互作用还表现在植被根系对土壤起固定作用，植被覆盖可减缓降雨对地表的打击力；植被还是一个天然水库，可减少地表径流量。所有这些都将使土壤不易因水流和风的作用而流失。自然植被的上述作用要比次生植被大得多<sup>[14]</sup>。显然，自然植被为次生植被代替，必然使植被截留降雨、增加土壤贮水量的作用减弱，其结果是地表径流增加，降雨对地表打击力增大，从而导致水土流失加剧，并因而导致土壤粘粒和有机质等养分流失。

2.3.2 土壤固相组分的相互作用

(1) 土壤有机质的影响

有机质对土壤结构形成和土壤水分性能都有很大影响。对表土、亚表土理化测定结果进行的相关统计分析结果也证明了这一点。

有机质含量与丘陵赤红壤 10 ~ 0.25mm 水稳性团聚体几何直径（GMD）之间有极显著的正相关（图 4），表明其对丘陵赤红壤较大粒径的水稳性团聚体形成有重要促进作用。

有机质含量与丘陵赤红壤总孔隙度呈正相关，与 > 0.05mm 孔径孔隙呈显著正相关（图 5），表明有机质有促进丘陵赤红壤总孔隙和较大孔径孔隙形成的作用。

土壤有机质对土壤团聚体稳定性的有利影响，还可由下面的研究结果来证实。我们将若干土壤样品用 C-D 试剂进行了处理（50g 土置于 100ml 三角瓶中，加 0.3mol L<sup>-1</sup> 柠檬酸钠 100ml，1mol L<sup>-1</sup> 碳酸氢钠 2.5ml，连二硫酸钠 1g，在水浴中保持 80 ~ 30 分钟），然后再按 H. 萨维诺夫湿筛法测定其团聚体。结果表明，在用 C-D 试剂浸提土壤样品 30 分钟还原络合土壤中的游离氧

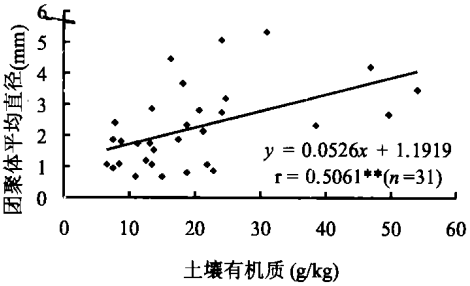


图 4 水稳性团聚体几何平均直径与土壤有机质关系

Fig. 4 Relationship between GDM of >0.25mm water stable aggregates and organic matter

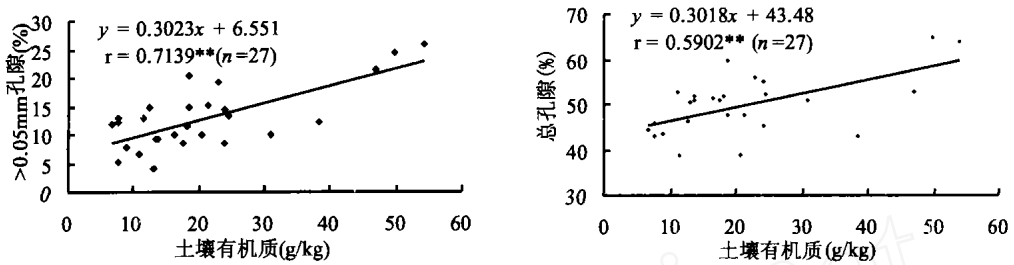


图 5 土壤孔隙性与土壤有机质的关系

Fig. 5 Relation between soil porosity and soil organic matter

化铁铝后,有机质含量较高的季风常绿阔叶林下赤红壤 10~0.25mm 团聚体的含量,要比有机质含量较低的马尾松针叶林下赤红壤高,与未用 C-D 试剂处理的土壤样品比较,前者的减幅较小,而后者减幅较大;其它有机质含量较低的次生稀树草坡赤红壤的 10~0.25mm 团聚体的含量降幅也较大。相关分析表明,有机质含量( $x$ )与用 C-D 试剂处理后的土壤样品的 10~0.25mm 团聚体含量( $y$ )的正相关性达显著水平: $y = 167.32 + 4.83x$  ( $n=9$   $r=0.789^*$ ),显示只有较少有机质参与形成的次生植被下赤红壤的团聚体稳定性,要低于有较多有机质参与形成的自然植被下赤红壤团聚体。

综上所述可知,有机质的减少,可能是丘陵赤红壤物理性质退化的主要内在原因。

## (2) 土壤 N 的影响

沈善敏在研究黑土团聚体稳定性与土壤养分的关系时发现,黑土的团聚体稳定性下降与土壤 N 素含量降低密切相关<sup>[15]</sup>。我们的研究表明,与有机质一样,土壤 N 素的减少与坡地赤红壤团聚体稳定性下降有较密切的关系:对表土、亚表土理化分析结果的数理分析表明,赤红壤全 N 含量与其 10~0.25mm 水稳性团聚体及其 GMD 之间均呈显著的正相关关系(图 6),与其总孔隙度也呈显著正相关关系。

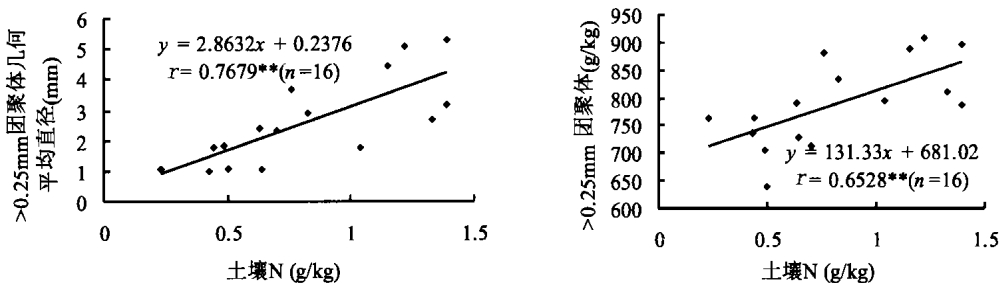


图 6 土壤团聚性与土壤氮的关系

Fig. 6 Relation between soil aggregate and soil nitrogen

土壤 N 素和有机质是土壤微生物活动所需的 N 源和能源,而土壤微生物在土壤结构形成中有重要作用:微生物细胞和菌丝的机械连结作用,微生物合成产物的胶结作用,微生物的分解产物的稳定作用,可促使产生稳定的土壤团聚体<sup>[9]</sup>,土壤 N 素减少,微生物就只好分解利用原来胶结团聚体的有机质,从而使团聚体受到破坏。这可能是土壤 N 素和有机质一样与土壤团聚体稳定性密切相关的原因。

### (3) 土壤粘粒含量变化的影响

土壤粘粒含量减少除引起有机质、N 素等养分减少, 从而对丘陵赤红壤的结构退化产生间接影响外, 对丘陵地赤红壤结构性、水分性能的退化还有一定的直接影响。

对博罗县下村农场表土、亚表土理化测定结果的相关统计分析表明, 粘粒含量与丘陵赤红壤的微团聚体形成有一定影响。丘陵赤红壤的结构系数 ( $y$ ) 与粘粒含量 ( $x$ ) 呈显著的正相关关系:

$$y = 0.22517x + 24.484 \quad (r = 0.6142^{**} \quad n = 16)$$

而土壤微团聚体是形成土壤大团聚体的基础, 因此, 土壤粘粒的减少显然会破坏丘陵赤红壤大团聚体形成的基础。

粘粒含量的减少对土壤孔隙性也有一定的影响。相关统计分析结果表明, 物理性粘粒含量与丘陵赤红壤总孔隙度呈一定的正相关 ( $r = 0.3898$ ), 与  $< 0.005\text{mm}$  孔隙度则呈显著正相关关系 (图 7)。显然, 丘陵赤红壤结构性退化的表现之一, 即较大孔径孔隙减少, 并不是粘粒含量减少的结果, 而可能主要与有机质减少有关。

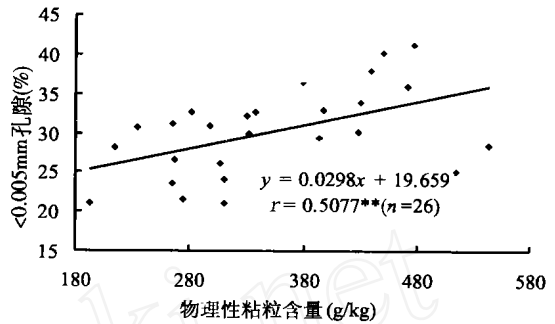


图 7 土壤  $< 0.005\text{mm}$  孔径孔隙与土壤物理性粘粒的关系

Fig: 7 Relation between soil porosity  $< 0.005\text{mm}$  and soil physical viscous particles

## 3 小结

综上所述, 丘陵赤红壤在次生植被或人工栽培植被的条件下, 其物理性质、化学性质退化明显。物理性质退化, 表现在结构稳定性下降, 主要体现在较大土壤团聚体减少。孔隙性变劣, 主要体现在容重增加、较大孔径的孔隙减少。土壤水分性能变劣, 主要体现在有效持水量减少。对自然赤红壤而言, 容重增加、较大孔径孔隙减少更加明显, 对耕型赤红壤而言, 土壤结构稳定性下降更为突出。化学性质退化, 主要表现在养分贫瘠化、保肥供肥能力降低, 体现在有机质、全氮、全磷、全钾等养分含量减少, 土壤阳离子代换量较低。相关数理分析结果表明, 土壤养分贫瘠化, 特别是有机质减少, 是丘陵赤红壤物理性质退化的主要因素。

### 参考文献:

- [1] 赵其国, 张桃林, 鲁如坤, 等. 中国东部红壤区土壤退化的时空变化、机理及调控. 北京: 科学出版社, 2002. 1 ~ 228.
- [2] 张桃林, 赵其国. 全球土壤资源退化与收支动态分析. 见: 赵其国. 土壤圈物质循环与农业和环境. 南京: 江苏科学技术出版社, 1984. 322 ~ 330.
- [3] 彭少麟. 南亚热带森林群落动态学. 北京: 科学出版社, 1996. 24 ~ 26.
- [4] 广东省科学院丘陵山区考察队. 广东土地资源. 广州: 广东科技出版社, 1991. 32 ~ 33.
- [5] 广东省土壤普查办公室. 广东土壤. 北京: 科学出版社, 1993. 129.
- [6] 中国科学院南京土壤研究所物理室. 土壤物理性质测定法. 北京: 科学出版社, 1978.
- [7] 中国科学院南京土壤研究所编. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978.
- [8] 姚贤良, 于德芬. 红壤的物理性质及其意义. 土壤学报, 1982, 19(3): 224 ~ 236.
- [9] L. D. 贝多弗尔, W. H. 加德纳. 土壤物理学. 周传槐译. 北京: 农业出版社, 1983.
- [10] 姚贤良. 热带亚热带土壤的物理问题及其管理. 土壤, 1986, (1): 1 ~ 9.



- [11] 周炳中,杨浩,赵其国,等.红壤丘陵区土地可持续利用中的干旱约束与调控研究.地理研究,2002,21(4):459~467.
- [12] 刘世梁,等.卧龙自然保护区土地利用变化对土壤性质的影响.地理研究,2002,21(6):682~688.
- [13] 丁文峰,等.黄土高原植被破坏后土壤团粒结构分形特征.地理研究,2002,21(6):689~699.
- [14] 张秉刚,卓慕宁,骆伯胜,等.广东丘陵土壤水热资源及其开发利用.广州:广东科技出版社,1994.
- [15] 沈善敏.黑土开垦后土壤团聚体稳定性与土壤养分状况的关系.土壤,1981,(3):32~34.

## Studies on physical and chemical properties change ( degradation) and its affected factors of latored soils in southern subtropical hills

ZHONG Ji-hong, GUO Qing-rong, TAN Jun

(Guangdong Key Laboratory of Integrated Control of Agro-environment, Guangdong Institute  
of Soil and Environmental Sciences, Guangzhou 510650, China)

**Abstract :** This paper deals with the physical and chemical properties characteristic and its affected factors of latored soils in southern subtropical hills. Results showed that compared with the soil under zonal natural vegetation it suffered more physical and chemical properties degradation under secondary or man-made vegetation. It was found that the physical properties degradation in latored soils was characterized by the lowering of aggregates stability with decreasing water-stable aggregates, the deteriorating of soil porosity with increasing bulk density and decreasing bigger pore content and the deteriorating of water properties with lowering water permeability and available water retention capacity. For natural latored soils, the increasing bulk density and lowering bigger pore content were more obvious, but for cultivated one, the lowering structural stability was more serious. It was showed that the chemical properties degradation was characterized by nutrients improvement and nutrients supplying ability with lowering organic matter, nitrogen, phosphate, potassium and cation exchange capacity. Statistic analysis indicated that the 10~0.25mm water-stable aggregate and its mean geometric diameter value were obviously positively correlated with the organic matter content and total nitrogen content in the soils, that the total porosity and >0.05mm porosity were also positively correlated with the organic matter content in the soils; that the soil structure coefficient and <0.005mm porosity were positively correlated with soil clay content. This means that nutrients improvement, especially the organic matter deficient might be the main factor which caused the latored soils physical properties degradation. Natural vegetation destroyed by human disturbance might induce soil nutrients improvement, in order to prevent soil degradation, more attention should be paid to protecting vegetation and increasing soil organic matter content.

**Key words :** physical and chemical properties change; affected factors; latored soils; southern subtropical hills