

红壤丘陵区坡地固体径流基本理化性状探析*

黄道友 陈桂秋

(中国科学院亚热带农业生态研究所 长沙 410125)

刘守龙

张广平

(华中农业大学资源与环境学院 武汉 430070) (湖南省农业科学院情报研究所 长沙 410125)

摘要 研究表明红壤坡地固体径流中 80% 以上土壤颗粒为粉粒和粘粒。与其相应的表层土壤相比,固体径流中砂粒含量比其低 24.3%~30.8%,粉粒含量比其高 11.4%~15.9%,粘粒含量则基本一致。2001 年与 1993 年相比,坡地 2 种不同经营方式固体径流,砂粒含量下降 30.0%~53.8%,粉粒、粘粒含量分别增加 18.0%~21.2% 与 3.8%~9.4%,其中油菜-玉米/甘薯复种制的粉粒化过程明显,乔-灌-草复层植被结构的粉粒化和粘粒化过程显著。2 种经营方式固体径流的养分富集率均为水解性氮>有效钾>速效磷 \geq 全 N>全 K \geq 全 P>有机质,且养分富集率随土壤肥力的提高而显著增加。固体径流中有机质主要富集在 0.05~0.001mm 土粒中,N 主要富集在<0.01mm 土粒中,K 主要富集在<0.005mm 土粒中,其数量占该养分在固体径流中富集总量的 73.5% 以上;P 在固体径流各粒径中均有分布。

关键词 固体径流 颗粒组成 营养元素 红壤坡地

Study on the general properties of runoff solid from sloping field in red-soil upland. HUANG Dao-You, CHEN Gui-Qiu (The Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China), LIU Shou-Long (College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China), ZHANG Guang-Ping (Institute of Information Services, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125, China), *CJEA*, 2005, 13(3): 87~90

Abstract The results show that 80% of the soil particles in the runoff solid is silt and clay in the sloping field of red soil. Compared with the particles in surface soil, the amount of sand in runoff solid decreases by 24.3%~30.8%, while the amount of silt increases by 11.4%~15.9% and the amount of clay is similar. The changes of particle components respond to various managing patterns during 1993~2001. In runoff solid, the amount of sand in 2001 is 30.0%~53.8% lower than that in 1993, while the amounts of silt and clay are 18.0%~21.2% and 3.8%~9.4% higher than those in 1993, respectively. The silt-increasing in runoff solid is significant in the multiple cropping system of rape-maize/sweet-potato, while silt-increasing and clay-increasing in runoff solid are significant in the vegetative cover structure of arbor-shrub-grass. The nutrient enrichment rates in both managing patterns show that water extractable N>available K>available P \geq total N>total K \geq total P>organic matter. Moreover, all the enrichment rates decrease significantly with the improvement of soil fertility. In runoff solid, most of the organic carbon enriches in the soil particle whose diameter is 0.05~0.001mm, N in the particle whose diameter is <0.01mm, K in the particle whose diameter is <0.005mm. Each nutrient enrichment amount accounts for over 73.5% of the relevant enrichment amount in runoff solid. P is distributed in various particles.

Key words Sunoff solid, Particle component, Nutrient element, Red soil sloping field

(Received Aug. 1, 2004; revised Sept. 17, 2004)

日益加剧的水土流失是我国广大红壤丘陵区土地退化的根本原因^[1~3],而坡地水土流失占该区水土流失总量的 50% 以上^[3~6]。研究坡地水土流失中固体径流(即径流泥砂)^[5,6]的颗粒组成、养分含量和元素迁移等状况,对研究红壤丘陵区水土流失规律、防治土地退化等具有重要意义。

1 研究区域概况与研究方法

试验在湖南省桃源县盘塘镇进行,该镇位于东经 111°28'~111°35',北纬 29°10'~29°18',供试土壤类型为第四纪红土红壤。1992 年根据试验总体设计方案和《水土保持试验规范》^[7]要求,首先对试验坡地采用等

* 中国科学院知识创新工程重要方向性项目(KZCX3-SW-426、KZCX2-SW-415)和国家自然科学基金重点项目(40235057)资助

收稿日期:2004-08-01 改回日期:2004-09-17

高梯土(梯面宽 2.5m)、深沟撩壕(宽 1.0m×深 0.6m)、挖竹节沟(长 1.2m×宽 0.2m×深 0.2m)、设置生物篱笆、凋落物(或秸秆)覆盖+深埋等水土资源保护性开发利用措施进行综合治理;再在地形基本一致的坡地[相对高度 35.6(±0.9)m,坡长 43.8(±3.4)m,坡度 12.5°(±0.8°)]上,设置投影面积均≥1300m²的油菜-玉米/甘薯复种制坡耕地(以下简称坡耕地)、乔-灌-草复层植被结构油茶林地(以下简称油茶林地)地表径流观测场,自 1993 年始每次降水产生径流后,将径流池内径流液体充分搅拌均匀取 5000mL 过滤、烘干后保存,并将年内收集的径流泥沙混合均匀后作为固体径流分析样品;同时取其相应 0~20cm 表层土壤作对照。固体径流与土壤样品各项指标均按照《土壤农业化学常规分析方法》^[8]测定分析。

2 结果与分析

按照我国土壤质地的粒径分级标准^[9],坡地固体径流中土壤颗粒 80% 以上为粉粒和粘粒,砂粒<20% (见表 1)。表 1 表明坡地经营方式不同,其固体径流中土壤颗粒组成亦不同。坡耕地固体径流中砂粒含量为 189.6g/kg、油茶林地 145.9g/kg,分别比其相应表层土壤低 24.3% 与 30.8%;二者粉粒含量分别为 411.9g/kg 与 407.0g/kg,比其相应表层土壤高 15.9% 与 11.4%;二者粘粒含量分别为 398.5g/kg 与 447.1g/kg,与其相应表层土壤基本一致。对不同年份固体径流土壤颗粒变化研究发现,坡耕地固体径流仅粉粒化现象明显,而油茶林地粉粒化与粘粒化现象均明显(见图 1)。与 1993 年相比,2001 年坡耕地固体径流中粉粒含量增加 67.7g/kg(增幅为 18.0%),粘粒含量仅增加 14.9g/kg(增幅为 3.8%),其中粗粉粒增

表 1 固体径流及其相应 0~20cm 表层土壤颗粒组成变化*

Tab.1 Runoff solid and its particle composition in soil layer of 0~20cm soil

坡地利用方式 Using ways of upland	砂 粒/mm Sand		粉 粒/mm Silt		粘 粒/mm Clay	
	粗砂粒 Coarse sand	细砂粒 Fine sand	粗粉粒 Coarse silt	细粉粒 Fine silt	粗粘粒 Coarse clay	细粘粒 Fine clay
	1~0.25	0.25~0.05	0.05~0.01	0.01~0.005	0.005~0.001	<0.001
坡耕地/g·kg ⁻¹ 固体径流	44.5±20.5	145.1±15.4	269.9±24.9	142.0±7.2	167.3±2.2	231.2±1.1
表层土壤	68.4±5.5	182.2±10.9	224.3±8.6	131.2±2.2	163.1±1.1	230.8±0.7
油茶林地/g·kg ⁻¹ 固体径流	37.6±26.8	108.3±26.7	258.5±15.9	148.5±16.8	192.5±17.6	254.6±3.9
表层土壤	63.7±3.2	147.1±9.1	238.0±6.1	127.3±2.4	169.5±2.1	254.4±1.0

*表中数据系烘干基状态下 5 次(1993 年、1995 年、1997 年、1999 年和 2001 年)测定平均值。

量占粉粒总增量的 76.4%、细粉粒则仅占 23.6%;油茶林地固体径流中粉粒含量增加 79.0g/kg(增幅为 21.2%),粘粒含量亦增加 39.9g/kg(增幅为 9.4%),其中粗粉粒增量占粉粒总增量的 46.8%、细粉粒增量则占 53.2%,粗粘粒增量占粘粒总增量的 88.7%、细粘粒增量则仅占 11.3%;且 2 种经营方式砂粒含量分别

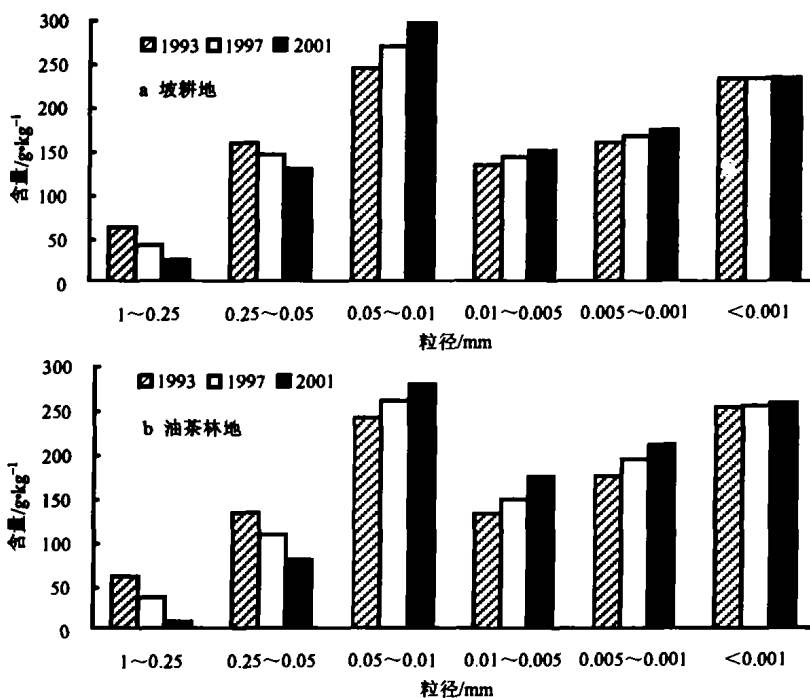


图 1 不同经营方式固体径流中颗粒组成变化

Fig.1 Particle composition change of runoff solid with different managing patterns

下降 30.0% 与 53.8%,说明坡耕地固体径流中粉粒化过程以粗粉粒大幅增加为其主要特征,油茶林地固体径流中粉粒化和粘粒化过程以其细粉粒及粗粘粒大幅增加为主要特征。表 2 表明固体径流中主要营养元素含量比其相应表层土壤高 3%~40%,固体径流富集养分效果明显,2 种经营方式养分平均富集率均为水解氮(1.34~1.39:1)>有效钾(1.28~1.32:1)>速效磷(1.17~1.21:1)≥全 N(1.17~1.19:1)>全 K(1.09~1.14:1)≥全 P(1.09~1.13:1)>有机质(1.05~1.08:1),且油茶林地固体径流养分富集率略高于坡耕地。分析表层土壤与其相应固体径流的养分关系发现,二者有机质、全 N、全 P、全 K 及速效氮、速效磷等均呈显著正相关,其相关系数 r^2 分别为 0.9803**、0.9653**、

表 2 固体径流及其相应 0~20cm 表层土壤基本化学性质*

Tab.2 Basic chemical characters of runoff solid and soil of 0~20cm soil

元 素 Elements	项 目 Items	坡 耕 地 Upland				油茶林地 Camellia-oleifera-abel			
		年 份 Years				年 份 Years			
		1995	1999	2001	均值 Average	1995	1999	2001	均值 Average
有机质 /g·kg ⁻¹	表层土壤	15.30	18.70	19.40	17.80	16.60	20.20	21.50	19.40
	固体径流	15.70	19.60	20.80	18.70	17.80	21.90	23.50	21.10
	富 集 率	1.03	1.05	1.07	1.05	1.07	1.08	1.09	1.08
全 N/g·kg ⁻¹	表层土壤	1.09	1.28	1.35	1.24	1.09	1.28	1.33	1.23
	固体径流	1.25	1.49	1.60	1.45	1.28	1.52	1.60	1.47
	富 集 率	1.15	1.16	1.19	1.17	1.17	1.19	1.20	1.19
全 P/g·kg ⁻¹	表层土壤	0.37	0.38	0.38	0.38	0.33	0.34	0.34	0.34
	固体径流	0.40	0.41	0.42	0.41	0.36	0.38	0.40	0.38
	富 集 率	1.08	1.08	1.11	1.09	1.09	1.12	1.18	1.13
全 K/g·kg ⁻¹	表层土壤	14.80	14.70	14.20	14.60	14.00	13.70	13.60	13.80
	固体径流	15.80	16.00	15.70	15.80	15.70	15.50	15.70	15.60
	富 集 率	1.07	1.09	1.11	1.09	1.12	1.13	1.15	1.13
水解氮/mg·kg ⁻¹	表层土壤	99.30	104.70	109.80	104.60	87.00	91.20	95.20	91.10
	固体径流	130.90	140.10	148.60	139.90	119.00	126.10	133.60	126.20
	富 集 率	1.32	1.34	1.35	1.34	1.37	1.38	1.40	1.39
速效磷/mg·kg ⁻¹	表层土壤	3.86	4.32	4.58	4.25	3.05	3.15	3.22	3.14
	固体径流	4.50	5.06	5.38	4.98	3.62	3.85	3.90	3.79
	富 集 率	1.17	1.17	1.17	1.17	1.19	1.22	1.21	1.21
有效钾/mg·kg ⁻¹	表层土壤	65.90	61.20	58.40	61.80	64.20	62.80	61.30	62.77
	固体径流	81.50	80.60	75.70	79.30	83.20	82.70	81.90	82.60
	富 集 率	1.24	1.32	1.30	1.28	1.30	1.32	1.34	1.32

* 富集率 = 固体径流中营养元素含量/表层土壤营养元素含量。

0.7772**、0.6010*、0.9400** 和 0.9953** ($n = 5, r_{0.05}^2 = 0.5685, r_{0.01}^2 = 0.7639$), 而有效钾的相关性不明显 ($r^2 = 0.5618$)。表 3 表明固体径流中有机质主要富集在 0.05~0.001mm 粒径土粒中, 其数量占固体径流总量的 80.1%; 全 N 和水解氮主要富集在 <0.01mm 粒径土粒中, 分别占其总量的 75.0% 与 73.5%; 全 K 和有效钾主要富集在 <0.005mm 粒径土粒中, 分别占其总量的 76.2% 与 75.4%; 全 P 与速效磷在固体径流的每种粒级中均有分布。

3 小结与讨论

红壤丘陵区固体径流中土壤颗粒主要由 0.05~0.005mm 粉粒和 <0.005mm 粘粒组成, 二者占固体径流土壤颗粒总量的 80% 以上, 而 1~0.25mm 砂粒 <20%; 与其相应表层土壤相比, 固体径流中砂粒含量低 24.3%~30.8%, 粉粒含量高 11.4%~15.9%, 粘粒含量则基本一致。

与 1993 年相比, 2001 年 2 种经营方式固体径流中砂粒含量下降 30.0%~53.8%, 粉粒、粘粒含量分别增加 18.0%~21.2% 与 3.8%~9.4%, 其中油菜-玉米/甘薯复种制坡耕地仅粉粒化现象明显, 而乔-灌-草复层植被结构油茶林地粉粒化与粘粒化现象均明显, 且固体径流中养分富集率随土壤肥力水平的提高而显著增加, 有机质主要富集在 0.05~0.001mm 土粒中, N 主要富集在 <0.01mm 土粒中, K 主要富

表 3 固体径流各粒级中营养元素分布比例*

Tab.3 Distribution of nutrients in every sizes of particles of runoff solid

元 素 Elements	粒 径/mm Size of particles					
	1~0.25	0.25~0.05	0.05~0.01	0.01~0.005	0.005~0.001	<0.001
有机质/%	-	10.0	21.2	25.8	33.1	9.9
全 N/%	4.6	8.0	12.4	19.6	23.9	31.5
全 P/%	11.2	13.5	14.5	18.6	20.5	21.7
全 K/%	-	4.6	12.3	6.9	24.1	52.1
水解氮/%	1.5	9.4	15.6	19.5	32.6	21.4
速效磷/%	13.0	12.8	15.9	20.0	19.2	19.1
有效钾/%	-	4.8	8.0	11.8	32.0	43.4

* 表中数据为 2 种经营方式 5 次测定平均值;“-”表示痕量。

集在 $<0.005\text{mm}$ 土粒中,各养分数均占该养分在固体径流中富集总量的 73.5% 以上,P 在固体径流各粒径中均有分布。尽快恢复与增加红壤丘陵区植被、提高表土林草覆盖率,形成“乔-灌-草”复层植被结构,避免或控制表土流失,是防止该区土地退化、提高坡地土壤肥力的有效途径^[10,11]。

致谢 湖南农业大学土壤与植物营养专业封明中、陈道云、唐湘波、胡立兴、朱友爱、彭荣军、王松夫和彭杰等同学参加了本项研究部分工作,谨表谢意!

参 考 文 献

- 1 南方红壤退化机制与防治措施研究专题组. 中国红壤退化机制与防治. 北京:中国农业出版社,1999.7~55
- 2 中国农业科学院. 红黄壤地区综合治理与农业持续发展研究. 北京:中国农业出版社,2001.3~152
- 3 杨炎生,信乃涂. 中国红黄壤地区农业综合发展与对策. 北京:中国农业出版社,1995.1~9
- 4 彭廷柏,黄道友,陈惠萍等. 建立水土协调机制 确保农业可持续发展. 生态农业研究,1999,7(1):36~39
- 5 黄道友,彭廷柏,陈惠萍等. 关于湖南省生态环境建设的思考. 生态农业研究,2000,8(4):83~86
- 6 黄道友,彭廷柏,王克林. 丘岗坡地水土资源保护与协调发展技术研究. 中国生态农业学报,2002,10(3):98~101
- 7 水利电力部农村水土保持司. 水土保持试验规范(S. D239-87). 北京:水利电力出版社,1988.5~24
- 8 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法. 北京:科学出版社,1993.27~115
- 9 湖南省农业厅. 湖南土壤. 北京:中国农业出版社,1989.247~252
- 10 黄道友,王克林,刘钦云等. 湖南省不同高效生态农业模式研究. 中国生态农业学报,2002,10(4):121~124
- 11 黄道友,陈桂秋,王克林等. 红壤坡耕地综合治理与开发关键技术研究. 水土保持学报,2003,17(3):89~92

国外生态城市建设经验撷取

从 20 世纪 80 年代始世界各国都在探索生态城市的建设模式,巴西的库里蒂巴以可持续发展的城市规划典范而享誉全球,其公交导向式的交通系统革新与垃圾循环回收项目、能源保护项目荣获国际大奖。澳大利亚的哈里法克斯生态城项目是该国第一例生态城市规划,不仅涉及社区和建筑的物质循环规划,还涉及社会与经济结构,它走出传统商业开发的老路,提出了“社区驱动”的生态开发模式;怀阿拉市则充分融合了可持续发展的各种技术,包括城市设计原则、建筑技术、设计要素与材料、传统的能源保证与能源替代、可持续的水资源使用和污水的再使用等,解决了该市的能源与资源问题。日本的九州市从 20 世纪 90 年代初开始实施以减少垃圾、实现循环型社会为主要内容的生态城市建设,提出“从某种产业产生的废弃物为别的产业所利用,地区整体的废弃物排放为零”的构想。德国的埃尔兰根市曾因连续 25 年快速发展而带来一系列城市生态问题,该市率先执行“21 世纪议程”的有关决议,采取多种节地、节能、节水措施,修复生态系统,进行综合生态规划,成为德国生态城市的先锋市。新加坡的公园及娱乐区采用城乡结合的思想,在城郊建设“原始公园”,将农田和森林及其他一些景观揉进“田园城市”的建设中,为举世公认的花园城市,也是生态型城市。我国的生态城市建设起步较晚,但发展较快,截至目前为止已有海南、吉林、黑龙江、福建、浙江、山东、安徽和广东等省建设生态省,扬州、广州、长沙、杭州和济南市等一大批城市都提出创建生态城市的目标,我国的生态城市(省)建设大多以发展城市森林、园林绿化、环境保护、调整产业结构及发展生态旅游等为重点内容。目前世界上虽未建成一个真正意义上的生态城市,但他们的经验都值得我们借鉴与研究。