

红壤小流域坡地不同利用方式对土壤磷素流失的影响

陈 欣,王兆骞,杨武德,叶旭君

(浙江大学农业生态研究所,杭州 310029)

摘要:以浙江德清县排溪冲小流域生态系统为实例,采用定位土芯 Eu 示踪和无界径流小区法研究了流域内坡地不同利用方式对土壤磷素流失的影响。结果表明:(1)坡地不同利用方式磷素流失差异明显,流失最严重的是竹园,其次是旱地作物和新建果园,再次是幼龄茶园,林地和未开发利用的荒草地磷素的流失较轻;(2)泥沙结合态磷(Particulate phosphorus, PP)随泥沙迁移流失是红壤坡地磷素流的主要形式,6 种利用方式中,PP 流失量占总磷流失量的平均值为 78.07%。但土地利用方式不同有差异,荒草地、林地和幼龄茶园流失的磷素中可溶性磷(Dissolved phosphorus, DP)的比重较大,分别为 35.29%、31.49%和 27.65%;(3)竹园、旱地作物和新开果园磷素流失严重的主要原因是农事活动和雨季相吻合,因而如何调整农事活动时间是减轻坡地磷素流失的关键。

关键词:小流域;土地利用方式;磷素流失

Effects of sloping land use patterns on phosphorus loss in a micro-watershed of red soil area, Southern China

CHEN Xin WANG Zhao-Qian YANG Wu-De YE Xu-Jun (*Agroecology Institute, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China*)

Abstract: The study was conducted in a Paixichong micro-watershed ecosystem of Deqing County, Zhejiang Province. The results obtained showed as follows: (1) Phosphorus loss varied obviously in different land use patterns. The order of phosphorus loss was bamboo field > upland field > newly exploited orchard > early tea plantation > China-fir forest > waste grassland. (2) Particulate phosphorus (PP) was the major form of phosphorus loss with the run off. The average of PP in total phosphorus (TP) was 78.07% but varied with land use patterns. Dissolved phosphorus (DP) in total phosphorus (TP) in waste grassland, forested land and early tea plantation were 35.29%, 31.49% and 27.65%, respectively, which were higher than other land use patterns. (3) The phosphorus loss seriously occurred in bamboo field, upland field and newly exploited orchard was attributed to the consistency of agricultural activities during the rainy season.

Key words: phosphorus loss; slope land use patterns; micro-watershed ecosystem

文章编号:1000-0933(2000)03-0374-04 中图分类号:Q143, S181 文献标识码:A

以小流域为主要生态景观的南方红壤区是我国农业生产的重要区域,也是生态脆弱地带。受东南季风的影响,该区高温多雨,矿物风化和土壤侵蚀、淋溶作用强烈。长期以来,由于对小流域资源的不合理利用,造成土壤侵蚀严重、养分循环失衡、红壤旱地养分贫瘠,土壤缺磷尤其是有有效磷缺乏严重^[1]。南方红壤区全部旱地缺磷,其中总磷含量严重缺乏(<0.04g/kg)的面积占 28.5%,有效磷严重缺乏的(<5mg/kg)面积占 77.8%^[2]。因而防止红壤坡地磷素流失,提高土壤磷素利用效率,对于提高土地生产力、保护流域水质不受农业非点源磷污染以及减轻对磷矿资源的压力都有一定的现实意义。本研究以浙江省德清县排

基金项目:FAO/UNDP 资助项目(No. RAS/93/06)

收稿日期:1998-06-09 修回日期:1998-06-09

作者简介:陈欣(1962~),女,副教授。

万方数据

溪冲小流域为例,研究坡地不同利用方式对土壤磷素流失的影响,为红壤小流域坡地合理利用、减少磷素流失提供依据。1 研究方法

1.1 流域概况 排溪冲小流域位于浙江德清县中西部丘陵地区,属北亚热带气候类型。流域总面积约 18.23hm²,其中水田约 6hm²,坡地约 12hm²,流域内高差为 31.2m,坡地的坡度从 23.3%到 3.33%,坡长从 10.4m 变化到 70.7m。小流域内的土壤主要为红壤和红黄壤。

1.2 试验样地情况 排溪冲小流域坡地的利用方式有竹园、茶园、果园、人工杉林、旱地农作物和蔬菜等。选择坡度为 12.5%~15.5%的坡地作为试验样地,进行磷素流失观测,试验样地的基本情况见表 1。

表 1 试验样地的基本情况
Table 1 The status of experimental field

土地利用方式 Land use pattern	竹园 Bamboo field	人工杉林 China-fir	新开荒果园 New exploited orchard	幼龄茶园 Early tea plantation	旱地 Upland field ^⑥	荒草地 Waste grass land
面积 ^① (m ²)	205.2	160.0	166.3	169.7	140.3	2444.8
坡度 ^② (%)	15.3	13.0	15.1	13.5	12.5	15.31
坡长 ^③ (m)	17.1	18.6	17.5	16.3	16.5	20.4
土壤有机质含量 ^④	2.27	2.66	1.95	1.52	1.83	2.88
土壤总磷浓度 ^⑤	562.28	257.63	263.41	234.37	217.36	226.8
土壤有效磷 ^⑥	44.98	5.06	3.43	3.00	3.26	5.84
磷肥施用量 ^⑦	1080.0	无	245.0	235.7	219.8	无
农作措施 ^⑧	6 月 10 日翻耕 土壤、施肥,	无	5 月 30 日锄草、施肥	1 月和 3 月施肥 5 月 23 日锄草	5 月 25 日种 植、施肥	无

①Area,②Slope,③Slope length,④Organic matter,⑤Total phosphorus concentration,⑥Available phosphorus,⑦P₂O₅ input,⑧Farming activities,⑨旱作为红薯,下同

1.3 土壤磷素流失测定 测定土壤侵蚀、地表径流以及径流中磷的含量,计算得出土壤磷素随水土的流失量。土壤侵蚀量采用定位土芯 Eu 示踪法^[3,4]测定:1996 年 10 月于试验坡地分上坡、中坡、坡底布设 Eu 示踪土芯(高度 10cm,直径 10cm),试验前(4 月底)取样 1 次,作为本底值,多雨季节 5 至 8 月期间每隔 15d 取样,少雨季节 9~12 月间每隔 30d 取样。取样用小于原土芯直径、高度不变(10cm,5cm)的取土器进行,土芯分上下两层(5cm)进行中子活化分析,根据土芯 Eu 浓度变化计算土壤的流失量。

径流采用无界径流小区(槽形)法^[5]收集测定:于布设 Eu 示踪土芯的地形部位设无界径流小区(槽型,于槽内安放收集径流的玻璃瓶),每次降雨后收集径流,测定其中的泥沙含量、可溶性磷(Dissolved phosphorus,DP)、生物活性磷(Bioavailable phosphorus,BAP)、泥沙结合态磷(Particulate phosphorus,PP)、总磷(Total phosphorus,TP)的含量。总磷(Total phosphorus,TP)由可溶性磷(Dissolved phosphorus,DP)泥沙结合态磷(Particulate phosphorus,PP)组成,即 TP=DP+PP,生物活性磷(Bioavailable Phosphorus,BAP)是水体藻类可直接利用的磷素总称,包括 DP 和一部分藻类可利用的泥沙结合态磷(Bioavailable particulate phosphorus,BPP)^[7]。径流中泥沙含量用定容干重法测定^[6],各种形态磷(DP,BAP,PP,TP)的含量参照 Sharpley 报道的方法测定^[6,7]。

2 结果与分析

2.1 坡地不同利用方式土壤侵蚀状况

图 1 系 1997 年多雨季节(5~8 月)和少雨季节(9~12 月)的土壤侵蚀情况(月平均值)。从图 1 可见,在多雨季节,土地利用方式明显影响坡地土壤侵蚀,6 种土地利用方式中,水土流失以新开荒果园最为严重,其次为旱地和竹园,再次为幼龄茶园,林地和荒草地土壤侵蚀量最小。在少雨季节,不同土地利用方式的土壤侵蚀量的差异相对较少。

从径流泥沙含量的变化可见(图 2),竹园、新建果园、幼龄茶园径流泥沙含量在 6~8 月较高,因为 5~8 月份正值该地区主要降雨季节,此段时间的降雨量约占全年降雨量的 60%(1997 年的月均降雨量见图 4),许多农事活动如竹园翻耕、茶园锄草、旱作种植等也往往在此时期进行(见表 1),翻耕、锄松后的土壤遇降雨,极易随径流流失。林地由于人类活动干扰少,因而径流泥沙含量变化不大,土壤流失量也较小。

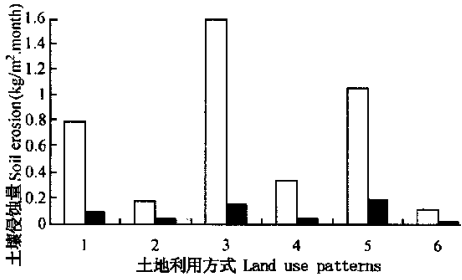


图 1 多雨和少雨季节坡地不同利用方式土壤流失量
Fig. 1 Soil loss in experimental fields of different land use in rainy and less rainy season
1 竹园 Bamboo field, 2 林地 China-fir forest, 3 新果园, New exploited orchard, 4 幼龄茶园, Early tea plantation, 5 旱作地 Upland field, 6 荒草地 Waste grass land
□多雨季节 Rainy season, ■少雨季节 Less rainy season

2.2 坡地不同利用方式径流中不同形态磷的含量

不同土地利用方式下径流总磷浓度和各种形态磷的浓度都有差异(表 2)。从总磷浓度看,竹园>旱作地>新建果园>幼龄茶园>林地>荒草地,DP 浓度大小顺序为,竹园>旱作地>幼龄茶园>林地>果园>荒草地,BAP 顺序为,竹园>旱作地>幼龄茶园>新开果园>林地>荒草地。DP/TP 说明,红壤坡地中 PP 是磷素流失的主要形式,6 种利用方式中,PP 流失量占总磷流失量的平均值为 78.07%。但土地利用方式不同有差异,荒草地、林地和幼龄茶园流失的磷素中可溶性磷(Dissolved phosphorus, DP)的比重较大,分别为 35.29%、31.49%和 27.65%。

磷素富集比率为流失泥沙磷素含量与原土壤磷素含量之比^[8],从表 2 可见,红壤坡地磷素富集比率在 1.23~1.54 之间,流失泥沙磷素浓度明显高于原土壤磷素浓度。磷素流失形态和磷素富集比率表明,土壤流失将带来磷素的严重流失,因而防止土壤侵蚀、保持土壤是减少土壤磷素流失的重要途径。

2.3 坡地不同利用方式磷素流失量

从图 3、图 4 可见,排溪冲小流域磷素的流失主要发生在多雨季节,6 种利用方式流失量的平均值为 332.22mg/m²·month,在少雨季节的平均值仅 11.52mg/m²·month。不同坡地利用方式磷素的流失量以竹园为最高,其次是旱地和新建果园,再次是幼龄茶园,林地和荒草地磷素的流失较小。坡地不同利用方式磷素流失的差异除了与土壤侵蚀量密切相关外,磷肥的施用量和土壤磷素含量是主要的影响因素,从表 1 可见,6 种利用方式中,竹园的施磷量和土壤磷素的含量明显高于其它利用方式,因而虽然新果园的土壤侵蚀量高于竹园,但磷素的流失量却低于竹园。

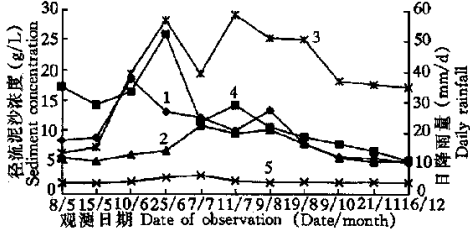


图 2 坡地不同利用方式下径流泥沙含量变化动态
Fig. 2 Change of sediment in runoff under different land use
1 —◆—竹园 Bamboo field, 2 —▲—幼茶园 Early tea plantation, 3 —*—日降雨量 Daily rainfall, 4 —■—新果园 New exploited orchard, 5 —×—林地 China fir forest

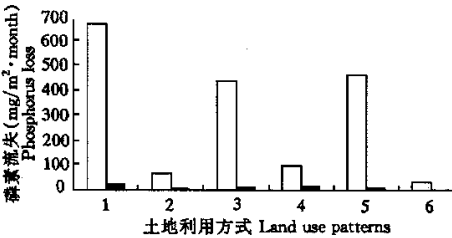


图 3 多雨和少雨季节坡地利用方式土壤磷素流失量
Fig. 3 Phosphorus loss in different slope land use in rainy and less rainy season
□多雨季节 Rainy season, ■少雨季节 Less rainy season

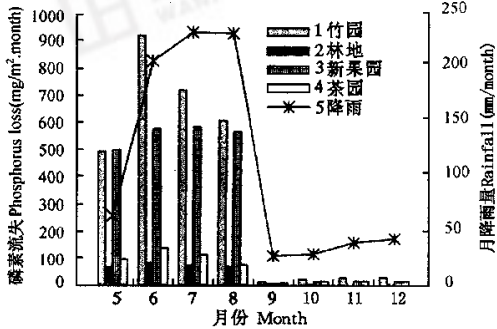


图 4 不同坡地利用方式磷素流失变化动态

Fig. 4 Changes of phosphorus loss under different land use from May to December
1 bamboo field, 2 China-fir forest, 3 New orchard, 4 Tea plantation, 5 Rainfall

的施磷量和土壤磷素的含量是主要的影响因素,从表 1 可见,6 种利用方式中,竹园的施磷量和土壤磷素的含量明显高于其它利用方式,因而虽然新果园的土壤侵蚀量高于竹园,但磷素的流失量却低于竹园。

表 2 坡地不同利用方式径流溶液中磷的含量(mg/L)
Table 2 Phosphorus concentration in run off under different land use

土地利用方式 Land use pattern	可溶性磷 DP	生物活性磷 BAP	泥沙结合磷 PP	总磷 TP	DP 占 TP 比例(%)	磷素富集率 Ratio of phosphorus enrichment
竹园 ^①	3.87	17.68	28.91	32.78	11.81	1.54
人工杉林 ^②	1.03	1.83	2.24	3.27	31.49	1.43
幼龄果园 ^③	0.93	2.46	7.42	8.35	11.13	1.23
幼龄茶园 ^④	1.54	2.89	4.03	5.57	27.65	1.37
旱地 ^⑤	1.84	5.86	11.08	12.92	14.24	1.29
荒草地 ^⑥	0.48	0.77	0.88	1.36	35.29	1.26

表中数据系多雨季节 5~8 月的 8 次观测平均值。①Bamboo field,②China-fir forest,③Developed orchard,④Early tea plantation,⑤Upland field,⑥Waste grassland

此外,土壤施肥后遇降雨也是导致磷素流失的重要原因。图 5 是竹园施肥前后径流中磷素浓度的变化,施肥后第 5 天遇降雨过程,径流总磷(TP)浓度急剧增加,随着时间的推移,径流中总磷素浓度的下降。因此,应根据周或旬天气预报进行施肥,以避免施肥不久即遇降雨过程,可大大减少土壤磷素的流失量。

3 讨论

土壤磷素流失导致水体农业非点源磷的污染和土壤生产力的降低,使得磷素流失影响因素的研究和非点源磷污染的防治日益受到重视^[7,8],许多研究指出,不合理的耕作措施、施肥方式等农事活动是导致土壤流失的重要因素^[7~10]。本研究初步表明,在红壤坡地上进行农业生产活动将导致土壤磷素的流失,其流失的程度与坡地利用方式、土壤磷素状况、施肥水平密切相关,在多雨季节所进行的耕作、施肥、种植等农事活动是导致土壤磷素流失的主要因素。因而如何调整农事活动时间以避开雨季、改变不合理的耕作和施肥方法等是防止土壤磷素流失的关键,这还需要作深入的研究探讨。

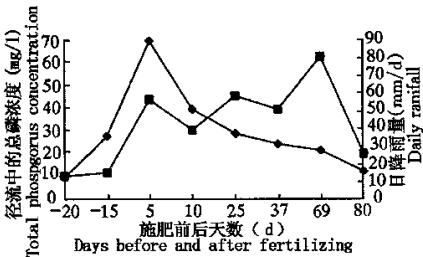


图 5 竹园施肥前后径流总磷浓度的变化动态(负值距离表示施肥前的天数)
Fig. 5 Change of total phosphorus in runoff before and after fertilization in bamboo field(negative are the days before fertilization).
◆磷浓度 P concentration, ■日降雨量 Daily rainfall

参考文献

[1] 赵其国. 我国红壤的退化问题. 土壤, 1995, (6): 281~285.
[2] 孙波, 张桃林, 赵其国. 南方红壤丘陵区土壤养分贫瘠化的综合评价. 土壤, 1995, (3): 119~128.
[3] 田均良, 等. 土壤侵蚀 REE 示踪法研究初报. 水土保持学报, 1992, 6(4): 24~27.
[4] 杨武德, 王兆骞, 等. 红壤坡地土壤侵蚀定位土芯 Eu 示踪法研究. 土壤侵蚀与土壤保持学报, 1988, 4(1): 61~65.
[5] Robert J L. Measurement methods for soil erosion. *Progress in Physical Geography*, 1989, (2): 5~9.
[6] Sharpley A N, Troger W W and Smith S J. The measurement of bioavailable phosphorus in agricultural runoff. *J. Environ. Qual.* 1991, 20: 235~238.
[7] Sharpley A N, Smith S J and Jones O R. The transportation of bioavailable phosphorus in agricultural runoff. *J. Environ. Qual.* 1992, 21: 30~35.
[8] Daniel T G and Sharpley A N. Minimizing surface water eutrophication from agriculture by phosphorus management. *Journal of Soil and Water Conservation*. 1994, 49(2): 30~38.
[9] Gaynor J D. Soil and phosphorus losses from conservation and conventional tillage in corn production. *J. Environ. Qual.* 1995, 24: 734~739.
[10] Soileau A N. Soil nutrient, nitrogen and phosphorus runoff with conventional and conservation tillage cotton in a small watershed. *Journal of Soil and Water Conservation*. 1994, 49: 615~620.