

红壤丘陵区沟谷养分的分布特征初探

庄舜尧, 吴春艳, 杨 浩
(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘 要: 土壤侵蚀对水体环境有着重要影响, 而南方红壤丘陵区为土壤侵蚀之严重地区。丘陵沟谷是土壤与水体环境的交错地带, 是侵蚀土壤进入水体的通道, 通过研究该地带的养分分布特征, 可以在一定程度上反映土壤侵蚀状况以及对水体质量的影响。研究表明, 沟谷地土壤 pH 值变化与其位置有明显的关系, 接近水体的 pH 值较高, 在沉积点特定范围内有显著的线性关系; 有机质含量在非沉积剖面中呈指数下降趋势, 而在沟谷带中含量与位置密切相关, 沉积点中有机质含量是呈波动性地直线下降分布; 土壤全氮与有机质有很好的线性相关关系, 分布模式与有机质一致; 全磷含量在不同位置和深度均无显著差异, 而有效磷则不同, 变异较大, 一般是靠近地面的含量显著高于下层。

关键词: 丘陵沟谷; 土壤养分; 分布特征
中图分类号: S 158 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2002)01-0112-04

Distributions of Nutrients in Intervale Region of South China

ZHUANG Shun-yao, WU Chun-yan, YANG Hao
(Institute of Soil Science, the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract: Soil erosion has a great effect on the water environment, especially in the region with severe soil erosion potential in south China. The intervale area of upland between water and soil is the main pathway of eroded soil entering water. Experiment was conducted to investigate the distribution of soil nutrients in the intervale region. Based on the data, it could be induced to demonstrate the status of soil erosion and the effect on water quality. The results showed that the pH value was related to the position of soil in the intervale. Within the distance, pH was linear with the depth of position in the sediment. The content of organic matter decreased exponentially in the soil profile and was different among the positions in the intervale. In the sediment point, the content of organic matter decreased with depth in fluctuating. The content of nitrogen was linear with that of organic matter and its distribution was same as that of organic matter. Total phosphorus is no significance in all position, while available phosphorus is quite different from total phosphorus.

Key words: intervale of upland; soil nutrients; distribution mode

南方红壤丘陵区地处热带亚热带季风区, 水资源丰富, 生物循环活跃, 年降雨量大, 年积温高。由于长期以来对资源的不合理利用和掠夺式经营以及人口的急剧增长和经济发展, 土地压力上升, 土地退化严重, 包括土壤侵蚀、养分贫瘠化、肥力衰减及酸化污染等。农田生态系统的失衡也影响到了整个的生态环境, 给生态环境带来了巨大压力, 也影响着该地

区农业的可持续发展^[1]。随着对水环境状况的关注, 土壤侵蚀对水体环境质量的影响也日益受到重视。美国在 20 世纪 70 年代就提出了一系列的法律条款来控制和保护水资源, 以杜绝来自农田的非点源污染。由于农田非点源污染的面源性, 往往很难对区域农田的污染程度作出准确的定量描述, 同时也缺乏

¹ 收稿日期: 2001-11-20
作者简介: 庄舜尧, 男, (1970-), 助研, 从事土壤侵蚀与水环境研究。

相应有效的控制技术和措施^[2]。在我国南方红壤丘陵区, 由于严重的土壤侵蚀, 农田系统对水体环境的影响状况更为严峻, 合理有效保护水源已成为大家关注的焦点。

沟谷地带为土壤与水体环境的交错区, 是两种不同生态环境的过渡地带。该地带的养分特征不仅反映了当地土壤的性质, 而且在一定程度上也能反映土壤侵蚀的强度及其影响。可以说, 沟谷地带是土壤侵蚀影响水体环境的必由之路, 包括泥沙和养分的进入。通过研究沟谷地带养分的分布特征, 可以了解该区的土壤侵蚀状况及其对水体环境带来的影响。

1 材料和方法

研究沟谷地位于江西鹰潭余江县、中科院红壤生态试验基地东侧, 东经 116. 56 °; 北纬 28. 12 °。沟谷两边为次生松树林和荒草地, 无耕地。采样点分布

如图 1 所示。采样方法包括剖面分层采样和混合采样两种, 分层采样按 2 cm 一层, 共采 5 层, 混合采样深度为 20 cm。沉积点采样重力采样器采集, 按每层 2 cm 分离土样, 采样时间为 2001 年 3 月, 采样点分布见图 1。分析项目包括 pH、有机质、全磷和有效磷, 样品由中科院南京土壤所红壤生态试验站分析, 其中测定方法 pH 为水土比 2. 5 : 1 的电位计法, 有机质为 $K_2Cr_2O_7$ 容量法, 全磷为酸溶钼锑抗比色法, 以及有效磷为 NH_4F-HCl 浸提法^[3]。

2 结果与讨论

土壤对水环境影响有很多方面, 就土壤养分而言, 主要为有机质、氮和磷所带来的影响, 同时 pH 也是影响水体的一个重要因素, 因此, 本文主要对沟谷地土壤的 pH、有机质、全氮、全磷和速效磷进行了初步的研究。

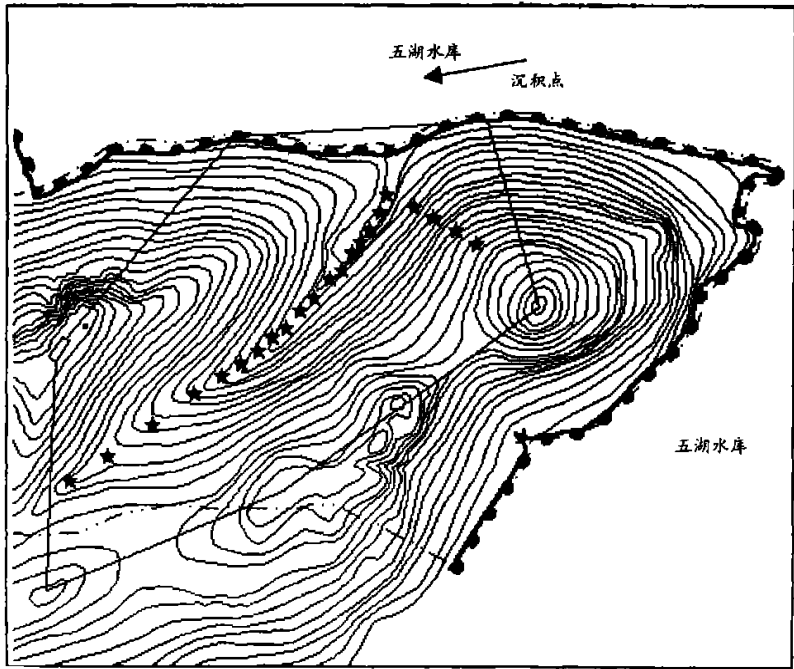


图 1 沟谷地采样点分布示意图

2. 1 pH 值

土壤的 pH 值取决于发育母质的性质, 在南方红壤地区, 由于强烈的土壤风化和脱盐基作用, 土壤 pH 值往往较低, 红壤的酸性主要是由铝离子所引起的。一般的荒地 pH 值小于 5, 耕地则因耕作时间和方式而异, 在同一地区, 红壤开垦改造为水稻田后, 其土壤 pH 会升高^[4]。侵蚀土壤的 pH 往往 < 5,

低的 pH 值自然会对水体的 pH 值有降低作用。分析结果表明, 沟谷地剖面样中 pH 值随深度有轻微的下降, 主要是因为上层土壤含有相对高的水分, 这一点在沉积点的结果中可以得到印证(图 2), 越靠近上层的土壤 pH 就越高, 而在更深的压实层中的 pH 值则都比较相近。

2.2 有机质

土壤有机质含量是土壤肥力性状的重要指标,也是水体污染因素之一。一般来说,有机质含量越高土壤的肥力水平也就越高,反之就低。在南方红壤地

沿沟谷的横方向,土壤的有机质含量由谷边向谷低增高;在纵方向也有类似情况,只是纵向距离要远大于横向,相对变化幅度要显著小于横向有机质含量的变化(图 3,采样点以沟谷最低点计为 1,横向纵向递增)。显然,有机质的这种分布很大程度上是由土壤侵蚀过程所致,因为土壤侵蚀过程中,首先剥离运移的是上层土壤,并在迁移过程中不断沉积于沟谷中。

在沉积点,有机质随深度而有下降的趋势(图 4),但波动性较大,这种波动主要跟侵蚀沉积的速率和数量波动相一致,从中可见不同年份土壤的侵蚀状况是存在较大的差异。

沉积点中有机质含量逐层升高,说明后被侵蚀的土壤含有比前面更高的有机质含量,这里暂不考虑有机质的合成、降解及其它外源,而从土壤有机质含量分布来看,应该是被侵蚀的土层变薄才有更高有机质含量,那么这就意味着土壤侵蚀的状况得到了逐年的改善。而有机质含量突然降低,则说明土壤侵蚀发生的强度很大。但这种结果仅仅是定性的,我们无法确定侵蚀发生的时间和强度,只有采用其它方法如同位素示踪法等才有可能进行确定。

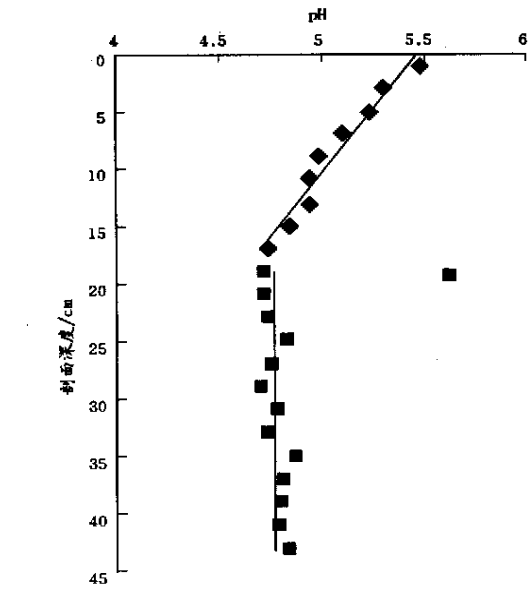


图 2 沟谷沉积物中 pH 随深度的变化

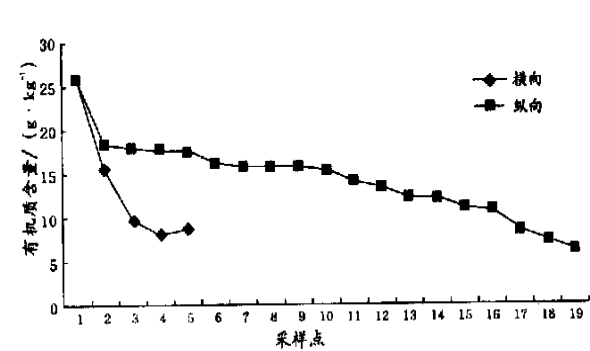


图 3 沟谷横向和纵向土壤有机质的分布

区,自然植被覆盖下,土壤有机质含量为 27 ~ 60 g/kg,而荒地的有机质含量就很低,侵蚀地土壤的有机质要小于 5 g/kg,只有经过长期培肥的土壤,如水稻土或菜园土,其有机质含量才可能达到较高的水平^[4,5,6]。可以说,土壤的有机质是外源性的,多来自施肥或生物固定如植物落叶残体等,因此,在土壤垂直分布中几乎都是由高到低地分布,这种分布一般可采用指数降解模式来描述。本试验中,沟谷地剖面样的垂直分布也可用指数降解模型进行很好的拟合,拟合方程为:

$$Y = 31.7e^{-0.105X}, R^2 = 0.9966^{**}$$

式中:Y——有机质含量(g/kg);X——土壤深度(cm)。

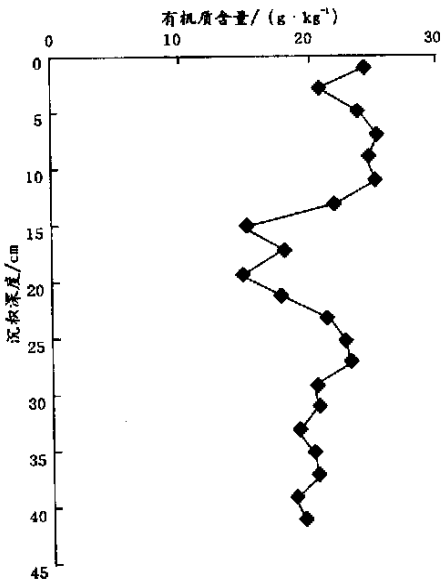


图 4 沟谷沉积物有机质的垂直分布

2.3 氮

氮是导致水体富营养化的主要元素,也是农田进入水体的主要污染物。水体中氮主要是以无机氮形态存在,而土壤中则是以有机态为主,有机态与无机态之间通过矿化和固定存在着动态平衡关系。显然,土壤中高的氮含量就会有高的释氮可能。土壤中的无机氮含量与氧化还原条件有很大的关系,而沟谷地的一个较大特点就是经常性的干湿交替,即氧

化还原条件的经常变化, 因此难以采用无机氮指标来衡量沟谷土壤的含氮水平。相对来说, 土壤全氮水平要稳定得多, 所以这里以全氮含量来表征沟谷土壤含氮水平及分布。

通过数据分析, 可得土壤全氮水平与有机质含量有极好的相关性($R = 0.976 9^{**}$, $n = 39$), 这就是说, 沟谷土壤全氮分布与有机质分布基本一致。

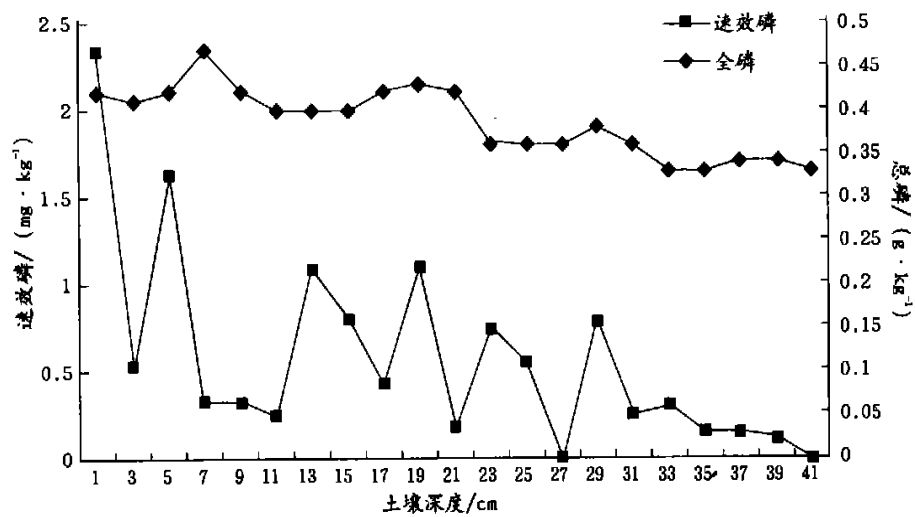


图 5 沟谷沉积点总磷和速效磷的垂直分布

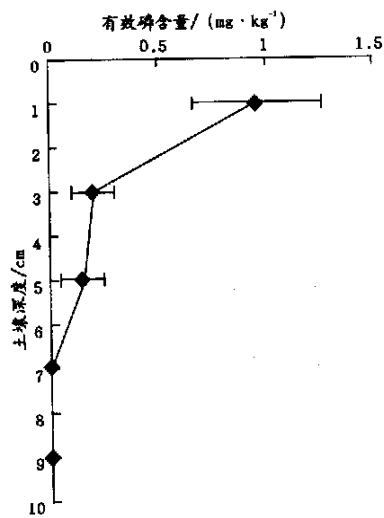


图 6 沟谷中速效磷的垂直分布

2.4 磷

可以说, 磷是导致水体富营养化的最主要因素, 也是农田非点源污染的主要污染物^[8]。由于水体中生物可以从大气中固定和吸收 N 和 C, 所以土壤流失的 N、C 问题远没有 P 来得更受关注。水体中磷的浓度大于 2.5 mg/L 时将会对水生生物产生危害, 而产生富营养化的最小浓度仅为 0.02 mg/L, 为了控制富营养化, 美国环保局(USEPA)规定进入湖泊的河流全磷含量不超过 0.05 mg/L, 流水中的全磷浓度不超

过 0.1 mg/L。已有研究表明, 土壤磷水平与径流中的磷含量有正相关关系^[9, 10], 因此, 沟谷中磷的浓度越高则向水体释放磷的可能性和数量就越大。

结果表明, 沟谷纵向 19 个样点的全磷平均浓度为 0.22 g/kg, 变异系数为 16.5%, 显然, 沿水流方向, 沟谷土壤浅层中全磷的浓度大体相近, 且变异不大。在沟谷横向上(样点为 11), 全磷的平均浓度为 0.24 g/kg, 变异系数为 16.4%, 这与纵向全磷浓度水平无显著差异。可见, 在沟谷浅层土壤(0 ~ 20 cm)中, 全磷水平基本一致。这说明, 在没有磷肥投入的情况下, 土壤侵蚀的特征难以在全磷含量的分布中得到印证。

在土壤的垂直分布中(样点 25), 全磷含量为 0.24 g/kg, 变异系数 21%, 与其在横向和纵向中的浓度接近。而在水体沉积物中, 总磷随深度略有下降(图 5)。

速效磷是反映土壤供应植物磷能力的指标之一, 也是相对容易随水流失的部分。速效磷含量高时, 被带入水体的量也就越大。沟谷土壤中速效磷的含量分布变异很大。在纵向上, 样点平均浓度为 0.22 mg/kg, 变异为 118%; 横向样点平均浓度为 0.18 mg/kg, 变异为 146%; 在垂直分布中, 速效磷含量随土壤深度而显著下降(图 6), 这可能是由于表层生物对磷的活化和 pH 的作用。前已阐述, 接近地表的土壤具

(下转第 138 页)

保林 256. 63 hm², 据 1993 年统计资料现实, 至 1993 年为止, 共取得直接经济价值 181 万元(包括林木蓄积量和产生薪材草价值), 而据上文分析, 所取得的间接经济价值则高达 1 552. 36 万元, 是直接价值的 8. 58 倍。可见, 森林产生的间接经济价值才是真正巨大的。正如我们前面所讨论的一样, 森林通过它的保土、保肥、保水、降解污染物、固碳排氧、截流降水、

削减洪峰等作用, 间接地为农业生产提供了良好的环境, 保护了农田以及当地群众的生命财产安全, 减少了受灾损失, 提高了作物的生长率, 通过自身的调节作用, 防治了森林和农田病虫害的发生, 带来了巨大的经济效益。所以, 任何忽略森林间接价值的做法都是不明智的。

致谢: 本文的撰写得到了导师赵纯勇教授和郭跃教授的悉心指导, 师兄何波作了大量的前期数据收集工作, 在此谨表以衷心的感谢!

参考文献:

[1] 重庆市水土保持办公室. 铜梁县张家沟流域水土保持效益研究. 1995, 4- 18.
[2] 薛达元. 生物多样性经济价值评估. 1997, 83- 104.
[3] 李树德. 长江流域生态环境与可持续发展[J]. 水土保持研究, 1999(4): 14- 18 .
[4] 杨士弘, 等. 城市生态环境学, 1997: 77- 87.

(上接第 115 页)

有相对高的 pH 值, 在接近中性条件时磷的溶解性要高于过酸或过碱时的溶解性, 而下层土壤 pH 值有所下降, 加之土壤对速效磷的固定作用, 使得底层土壤速效磷含量极低。在沉积点中的速效磷垂直分布也具有同样的规律(图 5)。

3 结 论

根据上述结果, 可以得到: 沟谷地土壤 pH 值变化与其位置有明显的关系, 接近水体的 pH 值较高,

在沉积点特定范围内有显著的线性关系; 有机质含量在非沉积剖面中呈指数下降趋势, 而在沟谷带中含量与位置密切相关, 分布与地形一致, 最低点含量最高; 沉积点中有机质含量是呈波动性地直线下降分布, 这种分布与当地侵蚀状况密切相关; 土壤总氮与有机质有很好的线性相关关系, 分布模式也与有机质一致; 总磷含量在不同位置和深度均无显著差异, 而有效磷则不同, 变异较大, 一般是靠近地面的含量显著高于下层。

参考文献:

[1] 张桃林. 中国红壤退化机制与防治[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
[2] Daniel T. C., A. N. Sharpley, and J. L. Lemunyon. Agricultural phosphorus and eutrophication: A symposium overview[J]. J. Environ. Qual. 1998, (27): 251- 257.
[3] 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[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
[4] 杨艳生, 史德明, 吕喜玺, 等. 侵蚀劣地土壤的基本性质[M]. 红壤生态系统研究(第二集)[A]. 南昌: 江西科学出版社, 1993, 291- 302.
[5] 林明海, 黎娟冰, 熊国根. 红壤旱地有机质转化及其培肥效果的研究[J]. 土壤肥料, 1986(4): 19- 24.
[6] 文启孝. 我国土壤有机质和有机肥料研究现状[J]. 土壤学报, 1989, 26(3): 255- 261.
[7] 林心雄, 文启孝, 程励励, 等. 土壤中有机物质分解的控制因素研究[J]. 土壤学报, 1995, 32(增刊): 41- 48.
[8] Sharpley, A. N., T. Daniel, T. Sims, J. Lemunyon, R. Stevens, and R. Parry. Agricultural phosphorus and eutrophication[M]. ARS- 149. USDA- ARS, Washington, DC, 1999.
[9] Westernmann, D. T., D. L. Bjorneberg, J. K. Aase, and C. W. Robbins. Phosphorus losses in furrow irrigation runoff[J]. J. Environ. Qual. 2001, 30: 1 009- 1 015.
[10] Pote, D. H., T. C. Daniel, A. N. Sharpley, P. A. Moore, Jr., D. M. Miller, and D. R. Edwards. Relationship between phosphorus levels in three Ultisols and phosphorus concentrations in runoff[J]. J. Environ. Qual, 1999, 28: 170- 175.