

## 侵蚀对苏南丘陵区非耕作土土壤质量的影响

张 燕<sup>1</sup>, 杨 浩<sup>1</sup>, 张 洪<sup>2</sup>, 彭补拙<sup>2</sup>

(1. 中国科学院南京土壤研究所开放实验室, 南京 210008; 2. 南京大学城市与资源学系, 南京 210093)

**摘要:** 只要具备适宜的条件, 土壤侵蚀就会发生, 苏南丘陵区也不例外。以<sup>137</sup>Cs 示踪法进行的研究表明, 尽管植被覆盖良好, 自然状态下的苏南坡地非耕作土上仍有土壤侵蚀发生。虽因地貌、气候等条件使这里的土壤净流失量不大, 可是侵蚀还是引起土壤颗粒粗化, 且主要丢失的是粉粒; 并使土壤有机质、全氮、全磷含量减少, 即造成土壤质量退化。此外, 当地土壤肥沃, 侵蚀及伴随的养分流失产生的异地生态损害亦不容忽视。

**关键词:** 土壤侵蚀; <sup>137</sup>Cs 丢失量; 土壤粗化; 土壤养分减少; 土壤质量退化

中图分类号: S 157.1; S 158.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2003) 04-0175-04

## Soil Erosion Impact on Soil Fertility of Uncultivated Soil in the South Jiangsu Province

ZHANG Yan<sup>1</sup>, YANG Hao<sup>1</sup>, ZHANG Hong<sup>2</sup>, PENG Bu-zhuo<sup>2</sup>

(1. LMCP, Institute of Soil Sciences, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;

2. Department of Urban and Resources Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

**Abstract:** <sup>137</sup>Cs tracer method was used to investigate soil erosion intensity. It indicated that although the plant cover in sloping land of the south Jiangsu Province is well, there still was soil erosion in uncultivated soils. Soil erosion is not serious because of favorable condition of landform and climate. At the mean time soil particle-size distribution, contents of soil organic matter, total nitrogen, total phosphorus were measured to analyze the erosion effect on the physical and chemical properties of eroded soils. The results indicated that soil erosion would lead to soil particle coarseness. And the loss soil particles due to erosion were mainly silt. Moreover, the erosion may also caused soil nutrients decrease in the eroded soil. That is, the erosion would accelerate soil fertility degradation. Besides the erosion impacted on on-site soil fertility the loss of soil nutrient would threaten the water ecological environment in this area. Therefore, in order to overcome soil fertility degradation and its off-site ecological damage it is necessary to control soil erosion.

**Key words:** soil erosion; <sup>137</sup>Cs loss; soil coarseness; nutrients decrease; soil quality degradation

苏南地区存在的土壤侵蚀常常不太为人们关注, 而当地丰沛的降水为土壤侵蚀提供了动力, 低山丘陵地貌为土壤侵蚀提供了物质基础与条件, 且当地存在的诸多现象也或暗或明地向人们提示这里存在着土壤侵蚀, 如当地围河泥和疏浚沟渠的传统; 硬化沟渠中茂盛生长着的各种植物; 近年来开挖的诸多乡村中心水塘; 一旦围湖便可淤积成肥沃的农田; 太湖多年平均泥沙淤积量  $66 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}^{[1]}$ ; 作者及他人<sup>[2]</sup>在当地亲眼目睹的泥石流等便是其重要征兆。侵蚀的主要后果之一是土壤质量改变<sup>[3]</sup>。为较准确地了解侵蚀影响土壤质量的机制, 选择一处竹园(A)、一处杂木林(C)和一处板栗林

(F) 作为研究对象。它们位于太湖流域的江苏省宜兴市湖镇, 地貌属低山丘陵区, 气候属北亚热带南缘海洋季风气候区, 年均气温 15.6 °C; 年均降水量 1 385.8 mm, 基本属丰水区。土壤为多砾质红黄砂土。并且人类对这几处园、林地的干扰很少, 如毛竹林除两年轮伐一次外, 几乎没有其它农业管理措施, 我们将这种基本不受人类扰动的土地利用方式看作是处于自然状态的非耕作土。希望通过对其上发生的土壤侵蚀及对土壤质量(以土壤颗粒分布、土壤养分来衡量)的影响的研究, 找出苏南低山丘陵区侵蚀与土壤质量改变的背景状况, 以作为进一步研究人类干扰下耕作土的土壤侵蚀及其影

<sup>1</sup> 收稿日期: 2003-03-18

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(49831070); 国家自然科学基金项目(49973027) 资助。

作者简介: 张燕(1962-), 女, 江苏南京人, 博士后, 主要从事资源与环境方面的研究。

响的参照。

### 1 材料与方法

#### 1.1 研究土壤侵蚀的方法

研究土壤侵蚀所用方法为<sup>137</sup>Cs 示踪法。由于<sup>137</sup>Cs 的化学迁移能力及被植物吸收的能力极弱,且极易被土壤胶体颗粒强烈吸附<sup>[4-6]</sup>,所以,<sup>137</sup>Cs 在土壤表层的再分布主要是伴随着土壤颗粒的机械运动而发生。根据<sup>137</sup>Cs 在土壤剖面中的分异规律便可判断采样点是受侵蚀还是沉积。假定<sup>137</sup>Cs 在小流域均匀沉降,且可通过测定非侵蚀地的<sup>137</sup>Cs 含量得到<sup>137</sup>Cs 背景值;当土壤剖面中的<sup>137</sup>Cs 含量小于背景值,意味着该剖面存在土壤流失,大于背景值,表明该剖面有土壤沉积。因此,我们以土壤剖面中<sup>137</sup>Cs 的丢失量表示土壤侵蚀量,丢失量越大,土壤侵蚀强度越大。

#### 1.2 样品采集

采样方式是按预先布设的采样线,在各采样点挖土壤剖面,然后用小铁铲分层采样。先按 2 cm 间隔分层采集 5 层样品至 10 cm 之后,再按 5 cm 间隔分层采集样品至 40 cm。每个土样大致采集新鲜土壤(包括砾、石)约 1 000 g。由于多数采样点土层较薄并在 35 cm 处存在石砾障碍层,因此,比较时,表层土壤厚度取 0~10 cm,心土层土壤厚度取 10~25 cm;沉积点的表层与心土层土壤相对取得深些,分别取 0~15 cm 和 15~25 cm。

#### 1.3 样品<sup>137</sup>Cs 含量的测试

采集的土样经风干、研磨、过 10 目筛后,分取一部分在 105 温度下烘至恒重,然后称约 100 g 测定<sup>137</sup>Cs 含量。测定<sup>137</sup>Cs 活度的仪器为美国 EG&G ORTEC 公司生产,配有多道分析仪的 GEM—25210 高纯锗 γ 谱仪,其能量分辨率 2.10keV (<sup>60</sup>Co, 1.33MeV),峰—康比 48:1,在<sup>60</sup>Co, 1.33 MeV 处的 γ 相对探测效率为 25%。

#### 1.4 土壤颗粒分布的测试

土壤颗粒分布表示土壤颗粒的粗细程度,由土壤中砂、粉粒和黏粒的相对百分比决定。文中对石、砾、砂、粉、黏粒的划分按我国标准<sup>[7]</sup>,石及砾的直径分别为> 10 mm 和 10~1 mm,砂粒为 1~0.05 mm,粉粒为 0.05~0.005 mm,黏粒为 < 0.005 mm。侵蚀会引起土壤颗粒分布发生分选,土壤颗粒粗化,土壤颗粒粗化的含义是指土壤中> 0.05 mm 的粗颗粒含量增加。采用比重计法<sup>[8]</sup>测定 1 mm 土壤颗粒分布;> 1 mm 的砂、砾、石过洗筛后,烘干、称重计算百分比。

#### 1.5 土壤养分的测试

将采集的分层土壤样品分取一部分,研磨过 100 目筛,用于测定土壤养分(有机质、全氮、全磷)含量。用重铬酸钾法测定土壤有机质,硫酸—重铬酸钾消化法测定土壤全氮,高氯酸—硫酸酸溶—钼锑抗比色法测定土壤全磷<sup>[8]</sup>。

### 2 测试结果与分析

#### 2.1 参考点的确定

由<sup>137</sup>Cs 示踪法研究土壤迁移的基本原理可知,要判断某一研究剖面的土壤是发生了侵蚀还是沉积,其基本方法是将该剖面实测<sup>137</sup>Cs 值与当地的参考剖面的实测<sup>137</sup>Cs 背景值相比较,因此,选择参考点就成为应用<sup>137</sup>Cs 示踪法的首要前提之一。我们选面积较大的平坦竹园坡顶 A0 作为参考点,认为该处既未发生侵蚀也未发生沉积。参考点<sup>137</sup>Cs 含量为 2 169 Bq/m<sup>2</sup>。

#### 2.2 土壤侵蚀状况

<sup>137</sup>Cs 测试结果列于表 1。自然植被覆盖良好的苏南坡地土壤侵蚀强度主要受地形的影响,坡度越陡,侵蚀量越大。<sup>137</sup>Cs 丢失量与坡度之间的相关系数达 0.708\* (\* 表示在 5% 水平下显著相关)。在凹的微地形处,土壤以净沉积为主(如 A2 与 A5 剖面,A5 剖面位于抗战时期的壕沟之中),在平坦的板栗林中<sup>137</sup>Cs 丢失量很低。

表 1 采样点情况及土壤<sup>137</sup>Cs 含量、表层土壤颗粒分布及养分含量

剖面	海拔/m	坡度/°	<sup>137</sup> Cs 含量/ (Bq·m <sup>-2</sup> )	土壤颗粒分布/%			养分含量/(g·kg <sup>-1</sup> )		
				砂(石、砾)	粉粒	黏粒	OM	TN	TP
A 0	110.5	0.34	2169 ± 33	23.8	47.8	28.3	56.1	1.7	0.8
A 1	110.2	3.49	1556 ± 34	46.1	33.4	20.5	49.3	1.5	0.7
A 2	93.7	29.62	3715 ± 42	26.6	43.8	29.5	62.2	1.9	0.8
A 3	84.6	41.42	1804 ± 37	25.6	44.9	29.5	56.6	1.7	0.5
A 4	76.5	35.41	959 ± 76	50.8	36.3	13.0	49.7	1.6	0.9
A 5	100.0	0.34	5159 ± 40	21.3	68.4	10.3	58.4	2.4	1.0
C1	224.1	26.79	1398 ± 32	31.7	37.3	31.0	45.9	0.9	0.5
C2	208.8	39.39	1476 ± 34	42.7	36.3	21.0	26.6	0.5	0.5
C3	195.1	18.13	1583 ± 86	51.9	31.2	16.9	45.4	0.6	0.5
C4	170.0	42.45	872 ± 74	44.6	33.6	21.8	40.6	0.8	0.4
F1	78.5	0.87	1847 ± 52	19.2	63.6	17.2	23.8	0.8	0.9
F2	78.5	0.87	2068 ± 52	13.7	65.0	21.4	30.7	1.0	0.7

1) 平均值与标准差。

#### 2.3 土壤侵蚀引起土壤颗粒粗化

土壤颗粒分布测试结果列于表 1。由表 1 数据可计算与模拟土壤砂粒(包括石、砾)、粉粒、黏粒与<sup>137</sup>Cs 丢失量之间

的关系(图 1)。由图 1 可见,土壤砂粒含量随<sup>137</sup>Cs 丢失量增加而增加(图 1a),它们之间的相关系数为 0.756\*;粉粒与黏粒含量随<sup>137</sup>Cs 丢失量增加而减少(图 1b,c),相关系数分别

为 - 0.680° 和 - 0.335, 表明随侵蚀强度增加, 土壤颗粒将粗化; 且更大的斜率代表更快的减少, 因而侵蚀地流失的土壤颗粒主要是粒径为 0.05 ~ 0.005 mm 的粉粒。

比较表层与心土层土壤颗粒分布状况(图 2), 参考剖面 A0 表层与心土层土壤颗粒分布差异较大, 表层比心土层土

壤颗粒细; 而其他侵蚀点表层与心土层差异不大, 但粗颗粒含量明显多于细颗粒。沉积剖面含粉粒量特别高, 表层与心土层平均分别为 56.1% 和 55.6%, 且表层与心土层土壤颗粒分布差异比参考剖面小, 比侵蚀剖面大。

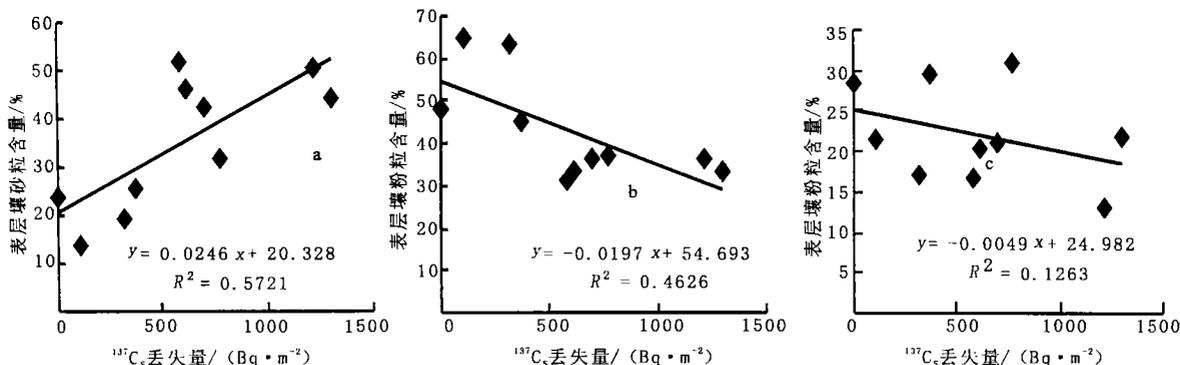


图 1 表层不同粒径土壤颗粒与<sup>137</sup>Cs 丢失的关系

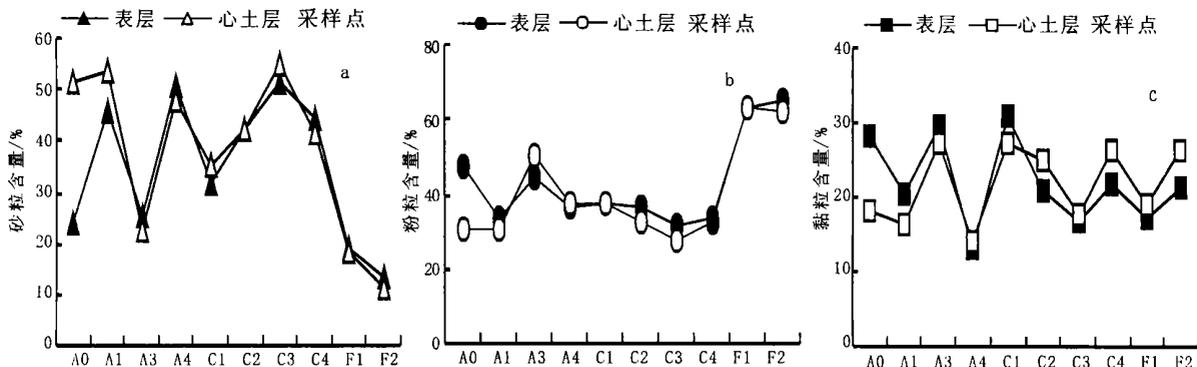


图 2 表层与心土层土壤颗粒分布的差异

再将侵蚀剖面与参考剖面, 沉积剖面与参考剖面比较(图 3)。侵蚀剖面平均砂粒含量比参考剖面高出 52.5%, 粉粒与黏粒含量比参考剖面降低 11.3% 和 24.4%; 而沉积剖面与参考剖面相比砂粒与粉粒分别增加 0.8% 和 17.4%, 黏

粒减少 29.7%。从而证实随侵蚀发生, 侵蚀地土壤颗粒粗化, 侵蚀主要引起粉粒丢失, 并有相当一部分粉粒堆积于沉积剖面。

侵蚀剖面表层土壤颗粒分布 参考剖面表层土壤颗粒分布 沉积剖面表层土壤颗粒分布

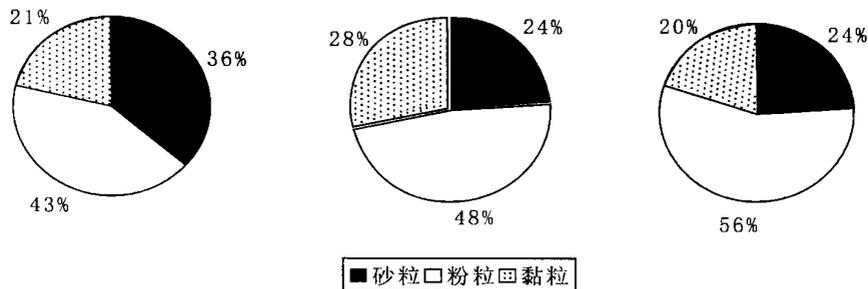


图 3 侵蚀剖面、参考剖面及沉积剖面表层土壤颗粒分布

2.4 土壤侵蚀引起土壤有机质(OM) 含量减少

基本未受扰动的园、林地, 地表枯枝落叶层达 3 ~ 5 cm,

由于竹叶及树枝叶粗纤维含量高, 难以分解, 故表层土壤有机质比心土层高, 是心土层的 2 倍(图 4), 且递减迅速。虽然

表层有机质含量与<sup>137</sup>Cs 丢失量之间无明显相关性(图 4), 即侵蚀地 OM 量与侵蚀量并不呈同步变化。但比较侵蚀与参考剖面的 OM 含量(图 5), 可以明显看出无论表层还是心土层 OM 含量均较参考剖面低, 分别低 26.9% 和 35.7%, 说明侵蚀将导致侵蚀地土壤 OM 含量减少; 这一点还可以从沉积剖面的养分蓄积加以证明, 沉积剖面的表层与心土层 OM

含量均比参考剖面高, 分别高出 7.5% 和 2.1%。

### 2.5 土壤侵蚀引起土壤全氮(TN)含量减少

通过对表 1 数据的分析, 土壤有机质与土壤全氮含量呈正相关, 相关系数为 0.754<sup>\*</sup>, 且 TN 与 OM 有相似分布及变化趋势, 与<sup>137</sup>Cs 丢失量之间的关系也相似, 侵蚀也将使土壤 TN 含量减少, 故在此不再赘述。

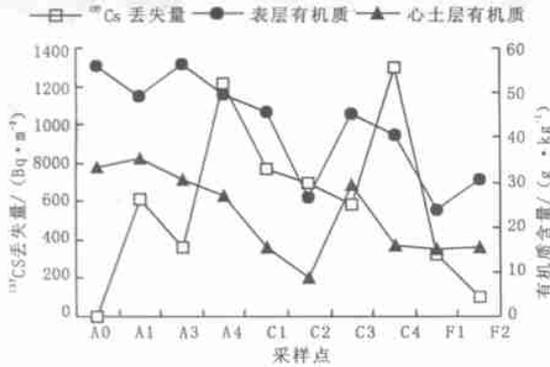


图 4 各侵蚀点<sup>137</sup>Cs 丢失量与有机质含量

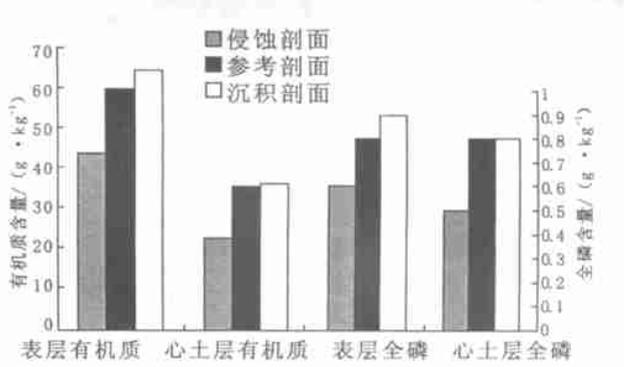


图 5 侵蚀剖面、参考剖面、沉积剖面有机质与全磷平均含量

### 2.6 土壤侵蚀引起土壤全磷(TP)含量减少

由于园、林地没有人工施加肥料, 土壤全磷主要来源于土壤母质, TP 在剖面垂直方向上分布比较均匀, 且含量很低(图 5)。与土壤 OM 类似, TP 的含量与土壤侵蚀强度并不一一对应。但比较侵蚀剖面与参考剖面, 侵蚀剖面的表层与心土层 TP 均较参考剖面低, 分别低 25.0% 和 37.5%; 而沉积剖面表层 TP 含量却高于参考剖面 12.5%。说明侵蚀将导致土壤 TP 减少。

土壤侵蚀强度分级标准<sup>[9]</sup>, 这里的土壤侵蚀属于轻度侵蚀; 但伴随着土壤侵蚀, 附着在土壤颗粒上的养分随之流失, 且通常流失的是表层肥沃的土壤, 结果土壤肥力减退, 质量退化, 土地自然退化, 生产力降低。此外, 由于土壤肥力水平较高, 单位流失土壤携带的养分绝对量很大, 流失的氮、磷等营养元素将对环境产生影响, 后果之一是引起水体营养元素过剩, 导致太湖水体富营养化, 威胁着苏南水生生态环境的安全, 使江南水乡频频出现水质性水资源短缺的危机。因此, 苏南地区的土壤侵蚀及伴随土壤流失而引起的营养元素的流失, 以及由此产生的生态问题应引起我们的重视, 对此展开研究也具有现实意义。

## 3 结 语

我们的研究表明, 苏南低山丘陵区存在着土壤侵蚀, 尽管按水利部水土保持监测中心和中国科学院遥感所拟定的

### 参考文献:

[1] 虞孝感, 吴泰来, 姜加虎, 等. 关于 1999 年太湖流域洪水灾情、成因及流域整治的若干认识和建议[J]. 湖泊科学, 2000, 12(1): 1- 5.

[2] 李旭东, 万绪才, 李升峰. “发蛟”灾害的成因及防范[J]. 山地学报, 2002, 20(4): 502- 504.

[3] 黄少燕, 查轩. 坡耕地侵蚀过程与土壤理化特性演变[J]. 山地学报, 2002, 20(3): 290- 295.

[4] 郑永春, 王世杰. <sup>137</sup>Cs 技术定量侵蚀速率常用模型及其讨论[J]. 山地学报, 2002, 20(5): 600- 605.

[5] J R McHenry, J C Ritchie. Physical and chemical parameters affecting transport of Cs- 137 in arid watersheds[J]. Water Resour. Res. 1977, 13: 923- 927.

[6] J C Ritchie and J R McHenry. A comparison of three methods for measuring recent rates of sediment accumulation[J]. Water Resources Bulletin, 1985, 21(1): 99- 103.

[7] 李天杰, 郑应顺, 王云. 土壤地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1983. 21.

[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[M]. 北京: 科学出版社, 1983. 68, 82, 95.

[9] 中华人民共和国水利部. 土壤侵蚀分类分级标准[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1977. 9- 10.