

昆明西山山原红壤和红色石灰土的 pH 值与磁化率关系研究<sup>①</sup>

汪彦林, 苏怀\*, 董铭, 孔瑞, 邓东富, 李晓美, 史正涛

(云南师范大学旅游与地理科学学院, 昆明 650092)

**摘要:** 通过对昆明西山山原红壤和红色石灰土的 pH 值和磁化率测试研究发现, 山原红壤的 pH 值在 4.0~5.8 之间, 呈酸性, 质量磁化率在  $56 \times 10^{-8} \sim 174 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$  之间, pH 值与磁化率呈明显的正相关关系; 而红色石灰土 pH 值在 6.0~8.4 之间, 磁化率为  $752 \times 10^{-8} \sim 5056 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ , pH 值和磁化率呈负相关关系。该研究表明, 在我国西南地区, 土壤 pH 值和磁化率既存在明显的负相关关系也存在正相关关系。结合前人在其他地区的研究资料, 进一步发现, 土壤的酸碱环境可能是决定这些关系的重要因素。

**关键词:** 山原红壤; 红色石灰土; 磁化率; pH 值; 昆明

**中国分类号:** S155.2\*91; S153.2

磁化率监测具有用量少、灵敏度高、简单快速、无破坏、成本低廉的优点, 而被广泛应用于古气候、古环境、考古学、土壤学以及污染监测等多个领域, 成为当今地球科学研究的新兴技术之一<sup>[1-7]</sup>。但是, 由于受母质、氧化-还原状况、有机质以及粒度等理化因素的影响<sup>[8-11]</sup>, 而使得磁化率的解释具有多义性及不确定性。因此, 建立磁化率与其他理化指标之间的关系是解决磁化率多解性的有效手段。

pH 值是土壤的重要理化性质之一, 同时也是影响磁化率的重要因素<sup>[12]</sup>, 前人对受侵蚀的土壤研究发现, 土壤 pH 值与磁化率之间多为负相关关系<sup>[12-13]</sup>。但这只是在北方半湿润、半干旱区地区的研究结果, 而在南方湿润区, 尤其是西南地区, 土壤磁化率和 pH 值之间是什么关系, 目前还不清楚。为此笔者选择昆明西山广泛发育的山原红壤和红色石灰土为对象研究其磁化率和 pH 值之间的关系。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域概况

研究区位于昆明盆地滇池西侧的西山山脉, 该区主要分布两种类型的土壤, 一类为发育在以滇青冈为建群种的亚热带山地常绿阔叶林下的山原红壤, 这类土壤在筇竹寺一带发育较为典型, 母岩为寒武系泥(页)岩。另一类为红色石灰土, 其母岩为二叠系碳酸盐岩, 在西山南部的猫猫箐一带保存较好(图 1)。

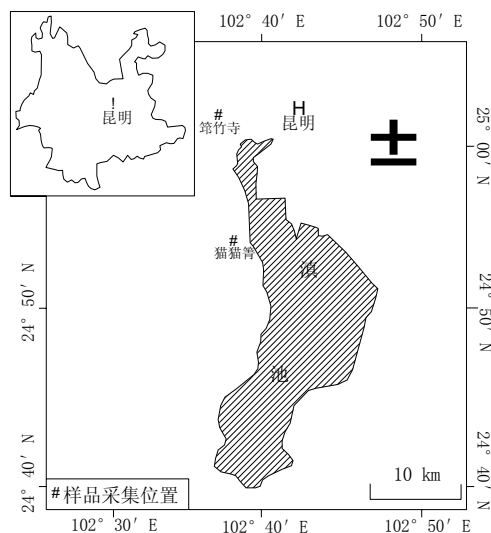


图 1 研究区位置

Fig. 1 Location of study area

### 1.2 采样方法

在筇竹寺和猫猫箐两地各开挖 3 个采样剖面作为山原红壤和红色石灰土 pH 和磁化率研究的工作剖面, 剖面采样垂直间距为 5 cm, 共获样品 104 个。采样过程, 自下而上, 使用低磁性的轻合金工具采样。

### 1.3 测试方法

所有样品经实验室自然风干后装入 10 ml 专用测量容器测定质量。磁化率测定使用 Bartington MS2B 双频磁化率仪, 直接测定 10 ml 低频体积磁化率和高频体积磁化率, 之后计算出相应的低频质量磁化率 ( $\chi_{lf}$ )

①基金项目: 云南大学生创新试验计划项目 (cx06) 和云南师范大学大学生创新性实验计划项目 (04200205020502032) 资助。

\* 通讯作者 (suhuai07@163.com)

作者简介: 汪彦林 (1982—), 甘肃天水人, 硕士研究生, 主要从事自然地理学方面研究。E-mail: wangyanlin500@163.com

值, 高频质量磁化率 ( $\chi_{hf}$ ) 值以及频率磁化率百分数 ( $\chi_{fd}\%$ )。样品 pH 值测定使用雷磁 PHSJ-5 型 pH 计。上述测试操作均在云南师范大学云南省高原地表过程与环境变化重点实验室完成。

## 2 试验结果

测定结果显示, 所有山原红壤样品皆呈酸性, pH 值在 4.0 ~ 5.8 之间, 平均值为 4.8。磁化率在  $56 \times 10^{-8} \sim 174 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$  之间, 平均值为  $102 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ 。从剖面纵向变化上看, 所有 3 个山原红壤剖面 pH 值、磁化率和频率磁化率均表现出一致的变化趋势 (图 2), pH 值与磁化率呈明显的正相关关系 (图 3), 其中剖面 3 的相关性最高,  $R^2$  达到 0.505。

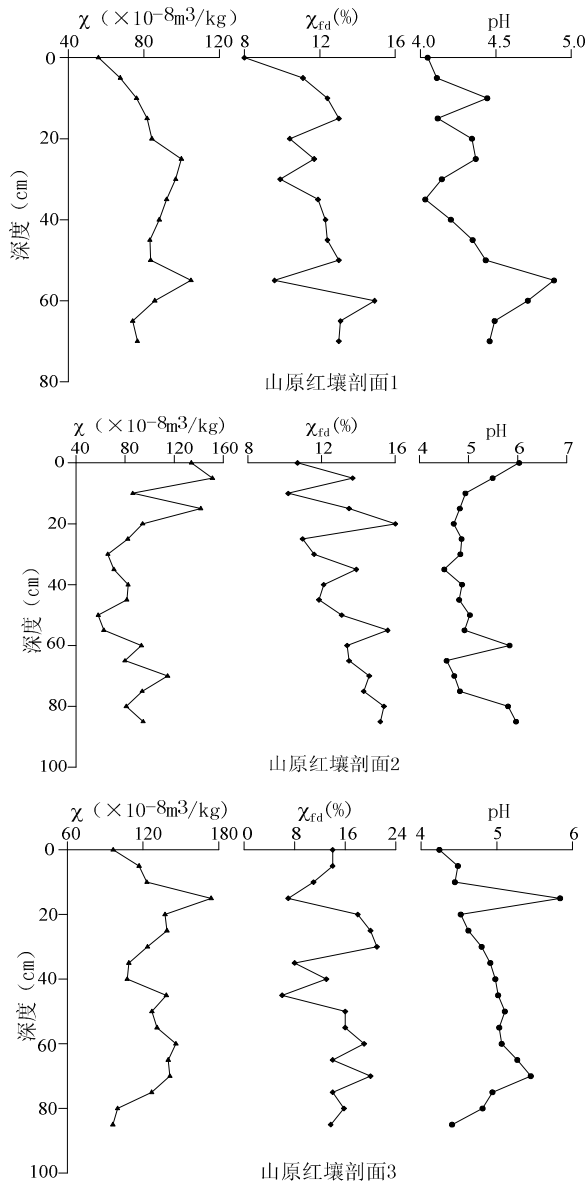


图 2 山原红壤的磁化率、频率磁化率与 pH 值的剖面分布

Fig. 2 The profile distribution of magnetic susceptibility, frequency-dependent susceptibility and pH value of mountain red soils

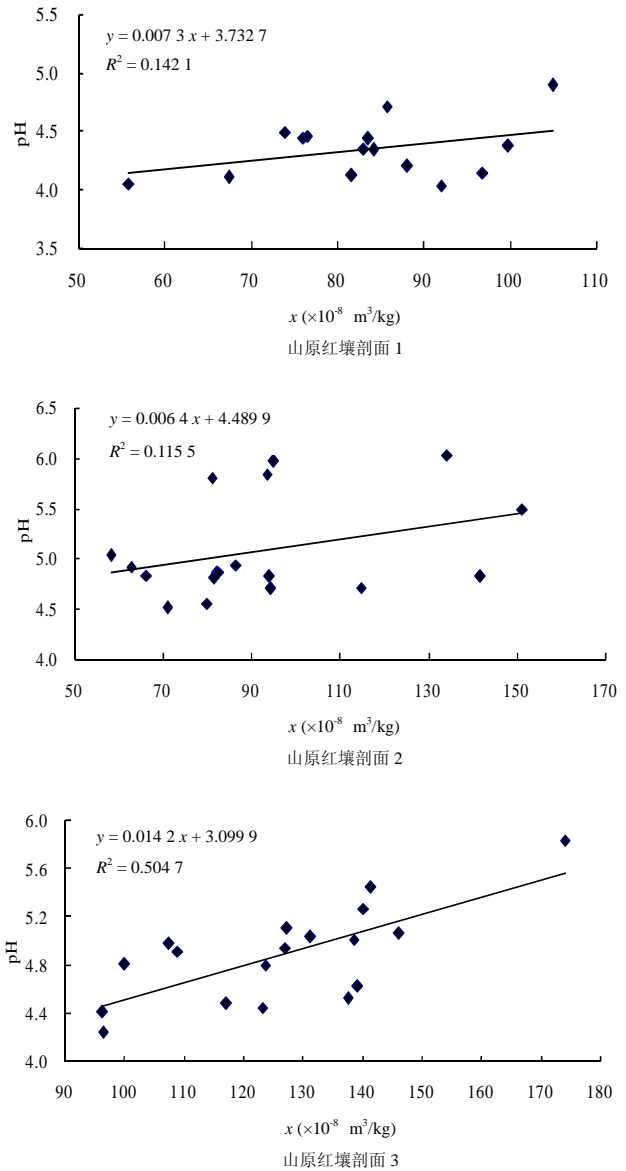


图 3 山原红壤的磁化率与 pH 值的关系

Fig. 3 The correlation between magnetic susceptibility and pH value of mountain red soils

红色石灰土样品的 pH 值比山原红壤样品普遍高出 2 ~ 3 个单位, 多数样品 pH 在 7.0 以上, 呈弱碱性 (图 4)。磁化率则更甚, 普遍高出山原红壤样品 10 倍以上, 在  $752 \times 10^{-8} \sim 5056 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$  之间, 平均值为  $3441 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ 。从剖面纵向变化上看, 红色石灰土样品 pH 值所表现出的变化趋势与磁化率和频率磁化率有较大出入, pH 值与磁化率呈明显的负相关关系 (图 5), 其中相关性最高的是剖面 3,  $R^2$  为 0.473 (图 5)。

## 3 讨论

目前有关研究土壤 pH 和磁化率关系的报道比较少见, 在有限的资料中, 我们发现在北方半湿润、半

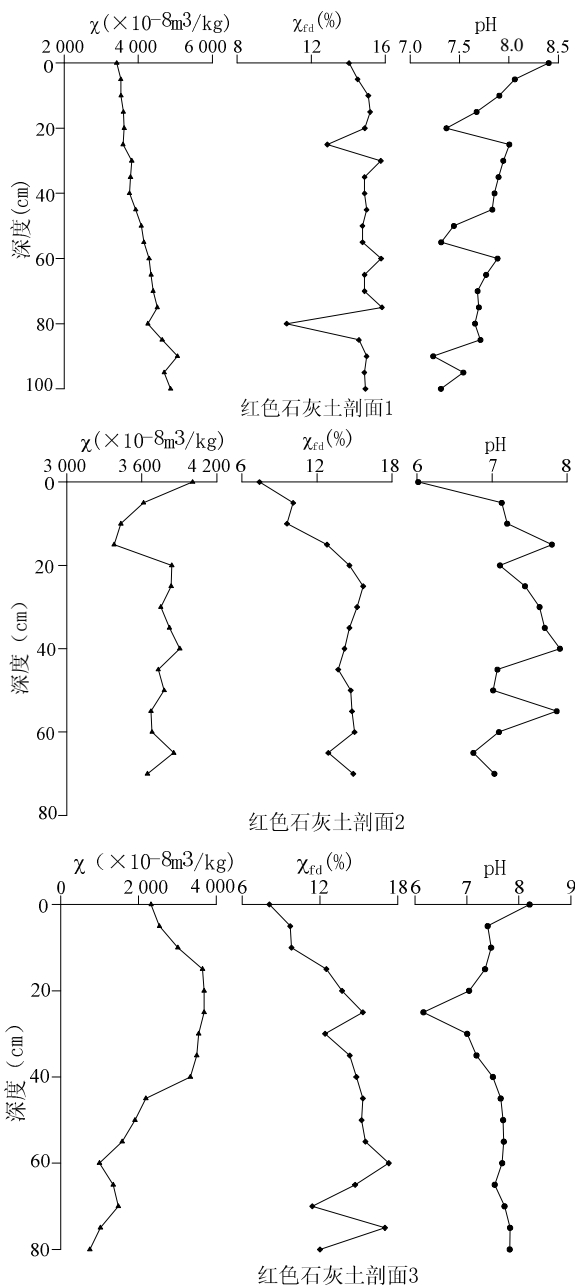


图 4 红色石灰土的磁化率、频率磁化率与 pH 值的剖面分布  
 Fig. 4 The profile distribution of magnetic susceptibility, frequency-dependent susceptibility and pH value of red limestone soils

干旱地区土壤 pH 与磁化率多呈现负相关关系,而我们通过对昆明西山山原红壤和红色石灰土的研究发现,在西南湿润地区土壤的 pH 值和磁化率既存在负相关关系,也存在正相关关系,存在负相关关系的土壤为弱碱性的红色石灰土,而存在正相关的土壤为酸性的山原红壤。对比前人研究结果不难发现,在山东等地 pH 和磁化率呈负相关关系的土壤也多为 pH > 7.0 的弱碱性土壤,而呈正相关的土壤则为 pH < 7.0 的酸性土壤。尽管这种现象在我国其他地区是否具有普遍性,

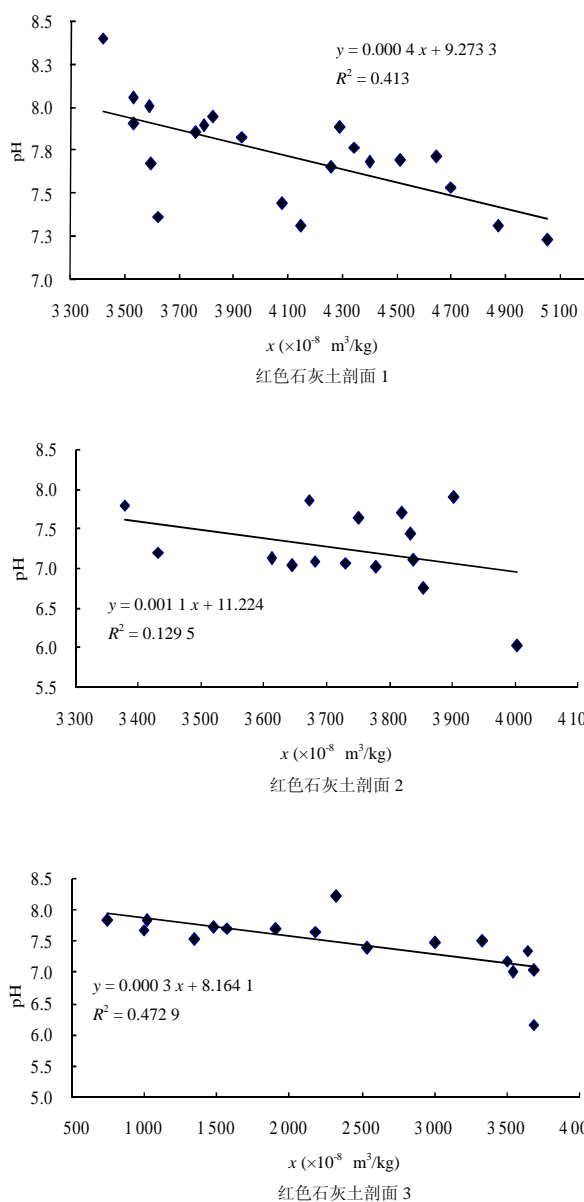


图 5 红色石灰土的磁化率与 pH 值的关系  
 Fig. 5 The correlation between magnetic susceptibility and pH value of red limestone soil

是否是一个广泛存在的规律还有待于进一步确认,但是土壤的酸碱环境对磁化率的影响应当引起重视。

#### 4 结论

(1) 昆明西山发育在泥(页)岩上的山原红壤为酸性土壤, pH 在 4.0 ~ 5.8 之间,磁化率在  $56 \times 10^{-8} \sim 174 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$  之间, pH 值与磁化率呈明显的正相关关系。

(2) 昆明西山红色石灰土为弱碱性土壤, pH 值在 6.0 ~ 8.4 之间,磁化率为  $752 \times 10^{-8} \sim 5056 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ ,

pH 值和磁化率呈负相关关系。

(3) 西南湿润地区土壤的 pH 值和磁化率既存在负相关关系, 也存在正相关关系, 土壤的酸碱环境可能是决定这些关系的重要原因。

#### 参考文献:

- [1] 刘秀铭, 刘东生, Heller F, 许同春. 黄土频率磁化率与古气候冷暖变换. 第四纪研究, 1990(1): 42-50
- [2] 朱日祥, 李春景, 吴汉宁, 丁仲礼, 郭正堂. 中国黄土磁学性质与古气候意义. 中国科学(B 辑), 1994, 24(9): 992-997
- [3] Barbara M. Comments on "Origin of the magnetic susceptibility signal Chinese loess". Quaternary Science Reviews, 1999, 18: 865-869
- [4] Bradák B, Szakmány Gy, Józsa S, Přichystal A. Application of magnetic susceptibility on polished stone tools from western Hungary and the eastern part of the Czech Republic (Central Europe). Journal of Archaeological Science, 2009, 36(10): 2437-2444
- [5] Grimley DA, Arruda NK, Bramstedt MW. Using magnetic susceptibility to facilitate more rapid, reproducible and precise delineation of hydric soil in the midwestern USA. Catena, 2004, 58(2): 183-213
- [6] 卢升高, 白世强. 杭州城区土壤的磁性及磁性矿物学及其环境意义. 地球物理学报, 2008, 51(3): 762-769
- [7] Evans ME, Heller F. Environmental Magnetism: Principles and Application of Enviromagnetics. London: Academic press, 2003: 1-6
- [8] Ayers T, Turk R, Lane C, Goins J, Jameson D, Slattery SJ. Tuning redox and spin state properties of Fe(II) N-heterocyclic complexes via electronic/steric influence on metal-ligand binding. Inorganica Chimica Acta, 2004, 357(1): 202-206
- [9] 孙继敏, 丁仲礼. 浅议中国黄土磁化率的物理意义. 地球物理学进展, 1995, 10(4): 88-93
- [10] 杨建强, 崔之久, 易朝露. 云南点苍山冰川湖泊沉积物磁化率的影响因素及其环境意义. 第四纪研究, 2004, 24(5): 591-597
- [11] 刘秀铭, 夏敦胜, 刘东生. 中国黄土和阿拉斯加黄土磁化率气候记录的两种模式探讨. 第四纪研究, 2007, 27(2): 210-220
- [12] 马玉增, 董元杰, 史衍玺, 陈为峰, 孔凡美. 坡面侵蚀土壤化学性质对磁化率影响机理的研究. 水土保持学报, 2008, 22(2): 51-53
- [13] 董元杰. 基于磁测的坡面土壤侵蚀空间分异特征及其过程研究(博士学位论文). 泰安: 山东农业大学, 2006: 59-60

## The Relationship Between pH Value and Magnetic Susceptibility of Soil

### ——A Case Study of Mountain Red Soil and Red Limestone Soil

WANG Yan-lin, SU Huai, DONG Ming, KONG Rui, DENG Dong-fu, LI Xiao-mei, SHI Zheng-tao

(College of Tourism and Geography Science, Yunnan Normal University, Kunming 650092, China)

**Abstract:** Based on the measurements of pH value and magnetic susceptibility of soil samples obtained from mountain red soil and red limestone soil in Kunming Western Hills. The results showed that mountain pH value of red soil mainly ranged within 4.0-5.8 while magnetic susceptibility within  $(56-174) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ , showed a positive correlation; but pH value of limestone ranged within 6.0-8.4 while magnetic susceptibility within  $(752-5056) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ , showed a negative correlation, thus the relationship between soil pH value and magnetic susceptibility may be positive or negative in southwest China. Combined with the related results in previous studies, we farther found that the above phenomena maybe mainly affected by the acid or alkaline soil environment.

**Key words:** Mountain red soil, Red limestone, Magnetic susceptibility, pH value, Kunming