

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2019.09.005

重庆市酸性紫色土成因及其对发生分类的意义^①

翁昊璐, 慈恩, 连茂山, 陈林, 胡瑾

西南大学 资源环境学院, 重庆 400715

摘要: 以采自重庆市的 16 个酸性紫色土剖面为研究对象, 分析海拔、母岩(质)、机械组成、交换性盐基和人为活动等对土壤酸度的影响, 探讨重庆市酸性紫色土的成因及其对发生分类的意义。结果表明, 在重庆市内, 海拔是影响土壤酸度最重要的因素, 海拔达到一定高度后(>500 m), 土壤质地才会影响盐基淋溶, 进而影响土壤酸度; 母岩(质)的 CEC、有机碳和 CaCO₃ 含量对其发育土壤的酸度有影响; ΔpH 为供试剖面 B 层土壤与其母岩(质)之间的 pH 差值, 母岩(质)的 CEC、有机碳和 CaCO₃ 含量与 ΔpH 呈对数负相关(其中 CEC 和 CaCO₃ 的 $p < 0.05$, 有机碳分析无统计学意义); 在不同盐基离子中, Ca²⁺ 对土壤 pH 值的影响最大, Mg²⁺ 和 K⁺ 对土壤酸度影响的强度与母岩类型有关, Na⁺ 则基本无影响; 而人为活动对土壤酸度的影响主要体现在耕层土壤的酸度变化上。此外, 调查发现, 在江津区, 有不少 pH 值呈酸性的沙溪庙组(J₂s)紫色岩出露, 由于其发育的紫色土在目前的发生分类体系中缺乏相应的土属位置, 故建议扩大酸紫泥土的检索范围或在酸性紫色土亚类下为此类土壤新增一个土属, 以完善紫色土发生分类体系。

关键词: 重庆; 酸性紫色土; 母质; 海拔; 发生分类

中图分类号: S155.2⁺5

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2019)09-0032-08

酸度是土壤重要的化学特征之一, 控制着土壤中许多重要的物理、化学及生物过程, 进而影响土壤在生态系统中的功能, 酸化也是土壤发生发展中重要的自然过程^[1]。土壤过酸可能会造成营养物质流失、有毒金属活化、农作物减产等一系列负面影响, 对我国农业生产与环境安全构成了巨大的潜在威胁^[1], 同时也会造成铝、锰和氢对植物的毒害以及土壤中营养元素 P, Mo, Ca, Mg 的缺乏, 从而使作物减产^[2-3]; 且土壤过酸不仅会影响农业和生态环境, 更重要的是受它影响的土地面积及它对农业和环境的影响程度都将随时间的增加而增加^[4]。紫色土是重庆市分布面积最广的旱地土类, 总面积约 2.74×10^6 hm², 占全市土地总面积的 33.22%, 包括酸性紫色土、中性紫色土和石灰性紫色土 3 个亚类。在现行的发生分类体系中, 酸性紫色土包括夹关组(K₂j)母岩发育的红紫泥土和因淋溶脱钙而形成的酸紫泥土两个土属。近期, 笔者调查发现重庆江津低海拔区域存在一类由沙溪庙组(J₂s)母岩风化发育的酸性紫色土, 其酸性成因并非淋溶脱钙。上述情况使得现行的酸性紫色土土属划分不能满足新的土壤调查需要。

迄今为止, 前人对土壤酸度的研究主要集中在耕作制度^[5-9]、施肥活动^[4]和酸沉降^[10]等的影响, 而对其发育过程中土壤酸度的变化研究甚少, 酸度形成机制的研究将对预防土壤酸化、改良土壤酸碱性和提高土壤生产性能等具有重要价值。因此, 本研究主要从成土因素的角度出发, 探讨土壤酸度的来源, 并按其酸性成因的不同重新定义一部分酸性紫色土在发生分类中的位置, 以完善重庆市土壤发生分类体系, 在定

① 收稿日期: 2018-04-02

基金项目: 国家科技基础性工作专项项目(2014FY110200); 中央高校基本科研业务费专项项目(XDJK2017B027)。

作者简介: 翁昊璐(1993-), 女, 硕士, 主要从事土壤发生与分类研究。

通信作者: 慈恩, 副研究员, 硕士研究生导师。

量化、标准化和规范化的系统分类快速发展的今天,土壤发生分类的发展和完善仍很有必要,其对于如何改良土壤、如何提高农田生产效率和改良土壤等问题具有一定的参考价值.

1 材料与方法

1.1 研究区概况

重庆市地处我国西南,位于 $105^{\circ}11' - 110^{\circ}11'E$, $28^{\circ}10' - 32^{\circ}13'N$ 之间,总面积约为 $8.24 \times 10^4 \text{ km}^2$,属亚热带湿润季风气候,冬暖夏热,年均温 $16 \sim 18^{\circ}\text{C}$,平均降水量较丰富,大部分地区在 $1\,000 \sim 1\,350 \text{ mm}$,降水多集中在 5—9 月份,占全年总降水量的 70% 左右,全市年平均相对湿度多在 70%~80%,属于高湿区.年日照时数 $1\,000 \sim 1\,400 \text{ h}$,日照百分率为 25%~35%,为中国年日照最少的地区之一,冬、春季日照更少,仅占全年日照的 35% 左右,无霜期 $340 \sim 350 \text{ d}$,气候垂直分布明显,因受地形影响,一般存在 $500 \sim 600 \text{ m}$ 和 800 m 左右 2 个逆温层,降水量随海拔增高而增多,多雨带各地不一.

1.2 供试土壤

2016 年,在重庆市域范围内采集 16 个典型酸性紫色土剖面(表 1),其成土母岩类型为沙溪庙组(J_2s)、蓬莱镇组(J_3p)和夹关组(K_2j)地层的紫色沉积岩.剖面挖掘后,按土壤发生层次采集样品,及时带回实验室风干、磨细过筛后待用.对剖面进行野外观测,判断土壤质地,并做石灰反应,测定其野外 pH 值和含水量,收集当地的气候数据,用 GPS 仪测定经纬度和海拔,用以分析成土环境.为便于后文表达,文中用 J_2s 酸性紫色土、 J_3p 酸性紫色土和 K_2j 酸性紫色土分别表示 J_2s 、 J_3p 和 K_2j 母岩发育的紫色土.

由表 1 可知,供试土壤均分布在渝西地区,海拔范围 $254 \sim 1\,027 \text{ m}$,其中 J_2s 酸性紫色土主要分布在低海拔区域 $254 \sim 585 \text{ m}$, J_3p 酸性紫色土所处海拔较高,为 $613 \sim 874 \text{ m}$, K_2j 酸性紫色土所处海拔也较高,达 500 m 以上,海拔最高点 $1\,027 \text{ m}$.成土母质类型为 J_2s 发育的泥岩、砂质泥(页)岩、砂岩和泥(页)岩混合物风化残坡积物, J_3p 发育的泥岩、砂岩风化残坡积物以及 K_2j 发育的砂岩和砂岩、泥(页)岩混合物风化残坡积物.土地利用方式以旱地为主,另外有 1 个果园和 1 个林地,人为活动较明显.

表 1 供试土壤的成土环境

剖面号	海拔/m	地点	岩石地层	母质	土地利用方式
S01	317	合川区	J_2s	泥岩风化残坡积物	旱地
S02	254	合川区	J_2s	砂质泥(页)岩风化残坡积物	旱地
S03	283	铜梁区	J_2s	砂质泥(页)岩风化残坡积物	果园
S04	327	铜梁区	J_2s	砂岩、泥岩风化残坡积物	旱地
S05	395	荣昌区	J_2s	泥(页)岩、砂岩风化残坡积物	旱地
S06	688	綦江区	K_2j	砂岩风化残坡积物	旱地
S07	696	綦江区	K_2j	砂岩风化残坡积物	旱地
S08	688	綦江区	K_2j	砂岩风化残坡积物	旱地
S09	588	江津区	K_2j	砂岩、泥(页)岩风化坡积物	旱地
S10	1 027	江津区	K_2j	砂岩风化残坡积物	旱地
S11	275	江津区	J_2s	泥岩风化残坡积物	旱地
S12	275	江津区	J_2s	泥岩风化残坡积物	旱地
S13	280	江津区	J_2s	泥岩风化残坡积物	林地
S14	585	渝北区	J_2s	泥岩风化残坡积物	旱地
S15	613	江津区	J_3p	泥岩风化残坡积物	旱地
S16	874	綦江区	J_3p	砂岩风化残坡积物	旱地

1.3 分析项目和方法

数据的测定和计算依据《土壤调查实验室分析方法》^[11]和《土壤农化分析》^[12]: 土壤 pH 值(水提); 电位法(水:土=2.5:1); 有机碳(SOC): $K_2Cr_2O_7$ -硫酸硝化法; 机械组成: 吸管法; 交换性酸(EA)/交换性氢(EH)/交换性铝(EAl): KCl 交换-NaOH 中和滴定法; 交换性盐基(EB): NH_4OAc 交换; Ca, Mg: 原子吸收光谱法; K, Na: 火焰光度法; 阳离子交换量(CEC): NH_4OAc -EDTA 交换法; 碳酸盐质量分数($CaCO_3$): 容量法。

1.4 数据处理

用 Excel 2016 作图, 用 SPSS 19.0 做方差分析和多元回归分析。

2 结果

2.1 海拔和地形对土壤酸度的影响

由表 2 可知, 剖面 S06, S08, S10, S15 和 S16 的母岩(质)pH 值分别为 7.3, 5.6, 7.3, 8.5 和 8.9, S15 和 S16 达到强石灰性, S06 和 S10 为中性, S08 为酸性, B 层 pH 值均为 6.5 以下, 呈酸性, 与母岩(质)pH 值相比, 降幅分别为 20.78%, 21.43%, 17.81%, 14.12% 和 31.46%, 同时, 由表 1 可知, 它们所处海拔较高, 分别为 688, 1 027, 613 和 874 m, 均达到 600 m 以上, 且地形较平坦, 坡度起伏不大。而 S14 所处位置海拔为 585 m, pH 值降幅仅为 9.68%, 降低不明显, S14 所处地形坡度较陡, 地形为山地。

表 2 供试土壤的理化性质

剖面号	剖面构型	pH 值	交换性酸/ ($cmol \cdot kg^{-1}$)	机械组成/($g \cdot kg^{-1}$)			有机碳 SOC/ ($g \cdot kg^{-1}$)	CEC/ ($cmol \cdot kg^{-1}$)	$CaCO_3$ / ($g \cdot kg^{-1}$)	交换性盐基/ ($cmol \cdot kg^{-1}$)
				粉粒	黏粒	砂粒				
S01	Ap-Bw-C	7.2~5.2	2.15	425.6~457.4	164.7~204.2	370.2~378.0	4.89~18.22	21.46~45.00	4.90~23.47	11.56~14.99
S02	Ap-Bw-E-C	6.9~4.9	0.44~5.55	331.1~562.3	190.2~264.3	247.4~424.8	3.71~23.14	35.32~46.35	12.72~23.47	17.98~29.55
S03	Ap-Bw-BC-C	8.5~5.9	0.92	275.2~357.0	269.5~349.3	293.7~455.3	3.93~13.89	14.68~20.28	12.65~22.90	12.25
S04	Ap-Bw-C	5.6~4.8	2.24~5.01	190.9~237.0	131.7~143.2	631.4~666.0	4.20~18.37	9.44~19.02	3.50~10.17	4.11~5.80
S05	Ap-Bw1-Bw2-Bw3-C	5.4~4.4	2.50~14.60	423.6~666.8	188.9~442.5	112.5~220.5	2.03~18.40	27.79~34.37	6.35~9.90	14.67~16.21
S06	Ap-Bt-BC-C	7.3~5.1	0.14~2.19	248.7~306.2	186.0~257.6	470.8~565.3	3.11~11.79	7.71~14.20	2.38~10.63	6.26~9.12
S07	Ap-Bt-C	5.1~5.0	1.71~2.68	262.5~442.5	32.6~175.0	524.9~568.4	7.13~11.73	10.80~11.57	3.16~4.28	5.69~6.21
S08	Ap-BC-C	5.6~4.3	1.98~5.23	190.2~257.5	116.7~121.4	625.7~688.4	2.85~19.89	9.60~11.55	1.12~4.18	4.16~4.91
S09	Ap-Bw1-Bw2-Bw3-Bw4-C	4.5~4.3	8.27~8.96	588.4~673.7	2.1~4.1	324.2~409.6	6.97~15.28	13.47~17.54	0.83~1.11	5.46~6.72
S10	Ap-AB-Bt-Bw-C	7.3~5.6	0.35~0.81	247.8~455.3	121.7~168.7	376.0~622.2	1.33~16.14	9.87~11.92	1.99~11.15	5.78~7.06
S11	Ap-Bw1-Bw2-C	5.2~4.5	3.23~9.59	377.8~628.6	90.0~309.9	197.4~532.2	2.98~14.08	32.91~49.72	7.24~12.81	12.52~21.24
S12	Ap-Bw1-Bw2-C	5.7~4.7	5.50~8.95	512.0~573.6	181.8~243.3	188.5~306.2	5.14~14.18	35.31~38.88	9.23~10.76	14.67~15.83
S13	Ah-Bw1-Bw2-Bw3-Bw4-C	4.7~4.5	13.58~21.50	522.4~566.3	285.5~454.6	23.0~178.4	2.27~8.94	31.49~33.98	5.83~7.61	5.58~8.40
S14	Ap-Bw1-Bw2-Bw3-C	6.2~5.1	0.26~3.59	381.9~480.0	167.0~223.0	334.1~400.0	0.92~11.28	14.75~24.17	4.73~9.92	12.20~13.03
S15	Ap-Bt-BC-C	5.6~8.5	0.44	289.4~464.0	207.9~494.3	111.2~502.6	4.92~14.99	25.94~38.36	18.88~124.07	14.76
S16	Ap-Bw1-Bw2-Bw3-Bw4-Bw5-C	5.3~8.9	0.17~0.92	186.1~265.4	79.1~112.6	622.0~754.7	4.82~13.17	6.43~9.59	2.27~5.42	4.17~5.70

2.2 母岩(质)对土壤酸度的影响

由表 2 可知, J_2s 酸性紫色土的母岩(质)大部分为中性和酸性, 包括 1 个石灰性(S03, pH 值为 8.5), J_3p 酸性紫色土的母岩(质)均为强石灰性, K_2j 酸性紫色土的母岩(质)基本都为酸性, 只有 S06 和 S10 的母岩(质)pH 值为 7.3, 呈中性。SOC, CEC 和 $CaCO_3$ 含量均能表征土壤的缓冲性能, 其值越高, 土壤缓冲性能越强^[13]。为忽略人为活动对土壤酸化的影响, 本研究用母岩(质)与 B 层 pH 值的差值(ΔpH)表示由自然因素所引起的土壤酸度变化, 母岩(质)的 SOC, CEC 和 $CaCO_3$ 表示土壤自身的属性。如图 1, 随着母岩

(质)SOC, CEC 和 CaCO_3 值的增加, ΔpH 均呈下降的趋势, 回归拟合模型符合对数形式(其中 $p(\text{CEC}) < 0.05$, $p(\text{CaCO}_3) < 0.05$, $p(\text{SOC}) > 0.05$), 由斜率大小, 这 3 种母岩特性对 ΔpH 的影响程度大小关系为 $\text{CEC} > \text{CaCO}_3 > \text{SOC}$, CEC 的影响程度最大, 从拟合程度, $\text{CEC} > \text{CaCO}_3 > \text{SOC}$, CEC 的拟合程度最好, 综上所述, 母岩(质)的 CEC 对 ΔpH 的影响程度最大, SOC 对其几乎没有影响。

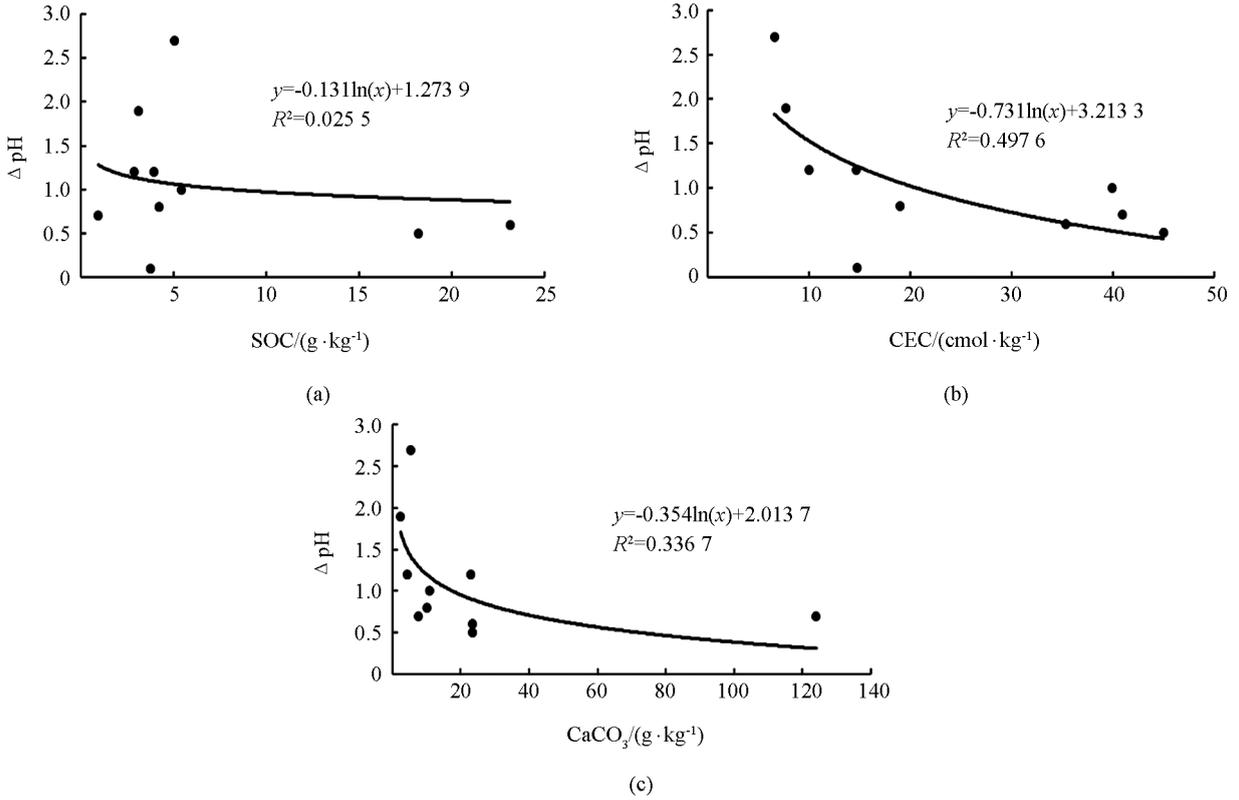


图 1 母岩(质)特性与 ΔpH 的关系

2.3 机械组成与土壤酸度的关系

土壤质地的不同会影响淋溶效果, 砂质土壤淋溶作用强, 盐基离子的淋失严重, 而黏质土壤的滞水作用导致淋溶作用偏弱。如表 2, 供试土壤的土壤质地主要以壤土为主(包括粉壤土、砂质壤土、粉质黏壤土、砂质黏壤土和黏壤土), 另外有 1 发生层次为黏土, 3 个为粉质黏土。J_{2s} 酸性紫色土粉粒质量分数普遍偏高, 只有 S03 和 S04 的砂粒质量分数高于粉粒质量分数, J_{3p} 酸性紫色土的砂粒质量分数偏高, K_{2j} 酸性紫色土砂粒质量分数也较高, 黏粒质量分数很低。S13 的交换性酸(EA)质量摩尔浓度最高, 全剖面 EA 质量摩尔浓度的范围为 13.58~21.50 cmol/kg, 母岩(质)EA 质量摩尔浓度达到 13.58 cmol/kg, 其砂粒质量分数最低, 为 23.0~178.4 g/kg, 黏粒质量分数最高, 达到 285.5~454.6 g/kg, 土壤质地为粉质黏土和粉质黏壤土, 质地黏重, 所处海拔低(280 m); S09 的 EA 质量摩尔浓度(8.27~8.96 cmol/kg)仅次于 S13, 黏粒质量分数最低, 仅为 2.1~2.4 g/kg, 砂粒质量分数不高(324.2~409.6 g/kg), 粉粒质量分数最高, 为 588.4~673.7 g/kg, 海拔达到 500 m 以上; S16 的 EA 质量摩尔浓度最低(0.17~0.92 cmol/kg), 砂粒质量分数最高(622.0~754.7 g/kg), 而黏粒质量分数较低(79.1~112.6 g/kg), 所处海拔 874 m; S10 所处位置的海拔最高(1 027 m), 砂粒质量分数较高, 因此其 EA 质量摩尔浓度也较低(0.35~0.81 cmol/kg)。

2.4 交换性盐基对土壤 pH 值的影响

土壤表面吸附离子的构成比例不同, 都将影响土壤的酸碱度, 无论是 J_{2s}, J_{3p} 还是 K_{2j} 酸性紫色土, 均是 Ca^{2+} 占优势, 4 种盐基离子质量分数的大小顺序为 $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$, 且这个规律不受土壤母质类型和岩石地层的限制, 只有 S11 的 $\text{Na}^+ > \text{K}^+$, 土壤 pH 值与 EB(cmol/kg)的正相关关系极有统计学意

义($p < 0.01$). 做 pH 值与 Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ 饱和度(Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ 与 CEC 的比值, %) 的多元回归分析, 模拟一般回归方程为: $\text{pH} = 3.143 + 0.044\text{Ca}^{2+}(\%) + 0.049\text{Mg}^{2+}(\%) - 0.174\text{K}^+(\%) + 0.021\text{Na}^+(\%)(p < 0.01)$, 其中 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 饱和度对 pH 值的影响极有统计学意义($p < 0.01$), K^+ 和 Na^+ 则对 pH 值没有影响, 对其进行逐步回归得多元回归方程: $\text{pH} = 3.084 + 0.043 \text{Ca}^{2+}(\%) + 0.047 \text{Mg}^{2+}(\%)(p < 0.01)$.

对于 J_2s 酸性紫色土做 pH 值与 Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ 饱和度的多元回归分析, 直接进行逐步回归, 得到多元回归方程: $\text{pH} = 3.550 + 0.036\text{Ca}^{2+}(\%) + 0.032\text{Mg}^{2+}(\%)(p < 0.01)$, 只有 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 饱和度对 pH 值有影响, 其中 Ca^{2+} 饱和度极有统计学意义($p < 0.01$), 而 Mg^{2+} 饱和度有统计学意义($p < 0.05$), K^+ 和 Na^+ 饱和度对 J_2s 酸性紫色土的 pH 值没有影响. 对 K_2j 酸性紫色土同样做逐步回归, 得到多元回归方程: $\text{pH} = 2.258 + 0.058\text{Ca}^{2+}(\%) + 0.087\text{Mg}^{2+}(\%) - 0.386\text{K}^+(\%)(p < 0.01)$, Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 饱和度对 pH 值的影响极有统计学意义($p < 0.01$), K^+ 饱和度对 pH 值的影响有统计学意义($p < 0.05$), 无论是 J_2s 还是 K_2j 酸性紫色土, Na^+ 饱和度对 pH 值均无影响.

EB 质量摩尔浓度(cmol/kg)随着土壤深度增加的变化反映了淋溶作用的强弱, 图 2(a)和(b)分别表示 J_2s 酸性紫色土和 K_2j 酸性紫色土 EB 质量摩尔浓度随土层深度的变化情况, 总体上, 随着土层深度的增加, EB 质量摩尔浓度呈现上升的趋势, 如图 2(a), J_2s 酸性紫色土 EB 质量摩尔浓度的变化程度较小, 只有 S02 的变化幅度强烈, 尤其当土壤深度达到 57 cm 以后, 增幅变大. K_2j 酸性紫色土所有剖面 EB 质量摩尔浓度的变化幅度均较剧烈, 其中 S06 的变化最明显, 变化较剧烈的位置在上部土层(40 cm 以上), 下部趋缓, S08 的 EB 质量摩尔浓度不减反减, S09 先减后增, S10 先增后减.

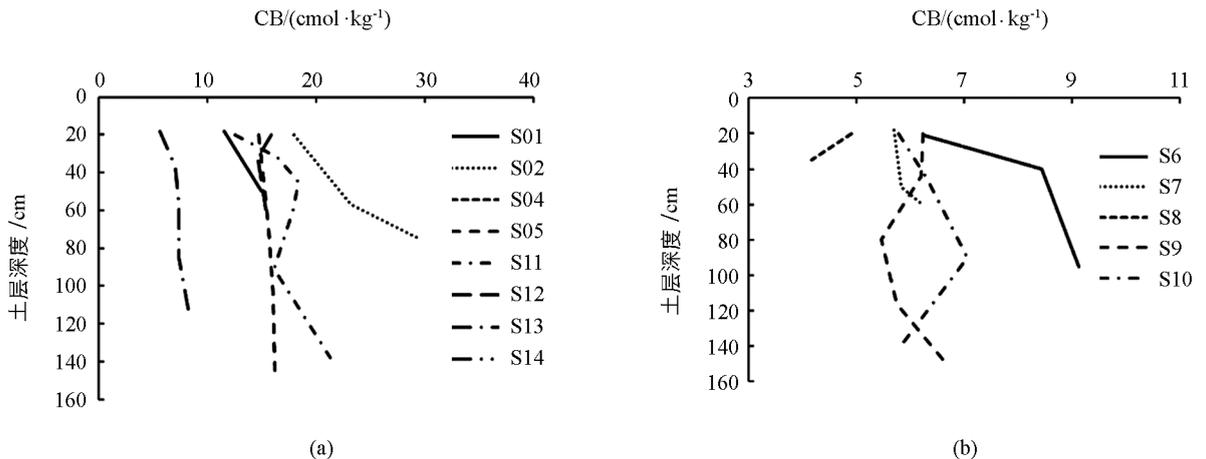


图 2 EB 随土层深度的变化

2.5 人为因素对土壤酸度的影响

如表 2, 剖面 S07, S09 和 S13 的 pH 值变化程度不明显, 表层与底层仅相差 0.1~0.2 个单位, pH 值的降低并不明显, 而 S01, S03 和 S15 的酸度变化较大, 表层 pH 值的降低很明显, 由下表层的中性或微石灰性直接降低为酸性, 其酸化主要发生在耕层土壤中. 而其他剖面的酸度变化则是由底层到表层逐渐降低的, 耕层土壤的 pH 值最低. 本研究采集土壤的利用方式除 S13 是林地以外, 其余均为旱地, 受人为耕作影响较为强烈.

3 讨论

3.1 重庆市酸性紫色土的成因分析

本研究主要探究土壤的成土条件、海拔、母岩(质)特性、土壤质地、EB 质量摩尔浓度和种类以及人类活动等因素对酸度的影响, 用母岩(质)与 B 层 pH 值的差值(ΔpH)来表征自然因素所导致的土壤酸度

变化. 供试土壤均采集自重庆市域范围内, 总体来说气候差异不大, 但是 J_2s , J_3p 和 K_2j 这 3 个地层之间存在明显的海拔差异, J_2s 出露海拔较低, 普遍位于 600 m 以下, 大部分集中在 300 m 左右, J_3p 和 K_2j 出露海拔较高, 均位于 500 m 以上, 因此, J_2s 酸性紫色土 EB 质量摩尔浓度随着土层深度的增加变化不明显, 淋溶作用弱, 母岩(质)理化性质对土壤酸度的影响程度更大, 而 J_3p 酸性紫色土由于所处海拔普遍较高, 母岩(质)类型均为石灰性, 海拔成为影响其酸性的最主要因素. S_{14} 发育自 J_2s 母岩, 其母岩(质) pH 值为 6.2, B 层降幅 9.68%, 所处海拔较高(585 m), 但其淋溶作用不明显, 原因可能是因为该点坡度较陡, 地表径流和土壤侵蚀作用导致该剖面的土壤一直处于初育状态, 土体内部的淋溶作用较弱, 因此该点的酸度变化不明显.

土壤质地的不同对酸度也有影响, S_{13} 的交换性酸质量摩尔浓度高, 黏粒质量分数最高, 砂粒质量分数最低, 但是由于海拔也较低(280 m), 淋溶作用弱, 因此土壤质地对其酸性变化的影响不大, 交换性酸质量摩尔浓度高的原因是由于母岩(质)本身交换性酸质量摩尔浓度较高, S_{09} 的交换性酸质量摩尔浓度仅次于 S_{13} , 其黏粒质量分数最低, 且海拔较高(588 m), 降雨量丰富, 土壤质地类型为粉壤土, 增强了淋溶效果, 所以该点交换性酸质量摩尔浓度较高是由海拔高、淋溶作用强所导致的. S_{16} 的交换性酸质量摩尔浓度最低, 砂粒质量分数最高, 海拔达到 800 m 以上, 且母岩(质)呈石灰性, 所以上层土壤呈酸性是由淋溶作用造成的, 但该剖面母岩(质)呈强石灰性, 使得其酸缓冲性较高, 因此, 海拔是土壤质地影响酸度的前提, 只有当海拔达到一定的高度使降雨量增加, 质地才会影响淋溶作用强度.

此外, 供试土壤均存在一定程度的人为扰动, 因此, 人为因素也会影响土壤的酸度变化, 其中, S_{01} , S_{03} 和 S_{15} 的表层 pH 值变化较大, 亚表层为中性或微石灰性, 表层则变为酸性, 说明其受人为活动的影响较大. 而 S_{07} , S_{09} 和 S_{13} 全剖面的 pH 值的变化程度都不大, 这可能是因为 S_{09} 和 S_{13} 母岩(质)的 pH 值已经较低, 基本到达了土壤酸度的最低点, 因此不会再发生酸度的变化, S_{07} 全剖面的 pH 值在 5.0 左右, 并不是很低, 这可能是因为该点的耕作强度较弱所致. 且 S_{04} , S_{05} , S_{11} , S_{12} 和 S_{13} 为 J_2s 酸性紫色土, 它们的母岩(质)本身呈酸性, 在后期土壤的发育过程中, 此类土壤必然呈酸性, 说明该类土壤呈酸性是在成岩过程中所导致的. 母岩(质)SOC, CEC 和 $CaCO_3$ 含量都会影响 ΔpH , 呈负对数关系, 这是因为 SOC, CEC 和 $CaCO_3$ 越高, 土壤的缓冲性能越强, 从而降低土壤的酸敏感度, 其影响程度的大小关系为 $CEC > CaCO_3 > SOC$, SOC 的影响程度最小, 可能是因为母岩(质)本身 SOC 质量分数较低, 且 SOC 的主要来源是人为施肥, 因此 SOC 质量分数高低的作用效果不大.

盐基离子的质量摩尔浓度和组成也会影响土壤的酸碱度, 供试土壤 4 种盐基离子质量摩尔浓度的大小顺序为 $Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ > Na^+$, pH 值与 EB (cmol/kg) 之间的正相关关系极有统计学意义 ($p < 0.01$), 其中 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 饱和度对 pH 值的影响的正相关极有统计学意义 ($p < 0.01$), 而 K^+ 和 Na^+ 饱和度对 pH 值无影响, 这与刘世全等^[14]的研究结果不同, 该研究显示, 西藏酸性土壤的 pH 值仅与 Ca^{2+} 离子饱和度的正相关极有统计学意义 ($p < 0.01$), 而与 Mg^{2+} , K^+ 和 Na^+ 离子饱和度没有相关性, 这可能是由于供试土壤种类不同所导致的, 对于 J_2s 酸性紫色土, 仅有 Ca^{2+} 离子饱和度与 pH 值的正相关关系极有统计学意义 ($p < 0.01$), Mg^{2+} 离子饱和度对 pH 值的影响有统计学意义 ($p < 0.05$), K^+ 和 Na^+ 离子饱和度则没有影响. K_2j 酸性紫色土为 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 离子饱和度对 pH 值的影响极有统计学意义 ($p < 0.01$), 而 K^+ 离子饱和度有统计学意义 ($p < 0.05$), Na^+ 饱和度依旧对 pH 值无影响, 这说明对于不同岩石地层母质发育的土壤, 不同盐基离子的饱和度对 pH 值的影响也不同, 但无论对于何种类型的土壤, Ca^{2+} 离子饱和度对土壤 pH 值的影响总是占主导地位, 而 Na^+ 离子饱和度则无影响.

3.2 酸性紫色土的成因及其对发生分类的影响

紫色土的化学成分具有较强的稳定性^[15], 且不断得到母岩盐基物质的补充, 其土壤性质与其母岩(质)之间有密切关系^[16-21], 对母岩有很大的继承性^[22-23]. 供试土壤发育自 3 种岩石地层, 其中, J_3p 酸性紫色土

属于含钙母质在淋溶作用下发育的酸性紫色土,在土壤发生分类中归为酸紫泥土土属, K_2j 酸性紫色土属夹关组红色砂岩发育的酸性紫色土,归属于红紫泥土。由表2可知,部分 J_2s 酸性紫色土剖面通体呈酸性,如 $S04, S12, S13$ 和 $S14$,其母岩(质)也呈酸性, ΔpH 依次为 0.8, 0.9, 0.1 和 0.7, 差值不大,均未超过 1,且剖面整体上 EB 的变化范围也不大,淋溶作用较弱,说明这几个样点之所以呈酸性,是由酸性母岩(质)导致的。但是基于酸性紫色土亚类现行的划分标准,该类土壤在发生分类中没有相应的土属,这是由于酸性紫色土发生分类的划分原则是由母质类型和淋溶作用判断基层单元,再由 pH 值判断高级分类单元的划分顺序所决定的,这使得土属和亚类的划分之间存在一定的矛盾,导致该类沙溪庙组酸性母岩发育的紫色土在现有分类单元中没有相应的位置。

4 结 论

在重庆市内,成岩和成土两个过程均是影响酸性紫色土形成的关键环节,有一部分酸性紫色土是由酸性母岩直接风化发育形成;随着海拔的不断增加,土体内的淋溶脱钙作用不断增强,当海拔达到 500 m 以上,部分母岩为中性或钙质紫色岩的紫色土易发育为酸性紫色土。在划分酸性紫色土土属时,不能仅依据母岩类型和淋溶作用而定,而须遵守先确定亚类再划分土属的分类顺序;针对沙溪庙组酸性紫色岩发育的酸性紫色土在现行发生分类体系中缺少相应土属位置的问题,建议扩大酸紫泥土土属的涵盖范围或增设一个新的土属(建议名为原生酸紫泥土)。

参考文献:

- [1] 张 瑜,郭景恒. 华北平原潮土酸度特征与酸化敏感性的初步探讨 [J]. 环境化学, 2011, 30(6): 1126-1130.
- [2] PRATLEY J, ROBERTSON A. Agriculture and the Environmental Imperative [C]. CSIRO Publishing: Melbourne, 1998: 98-128.
- [3] RITCHIE G S P. The Chemical Behaviour of Aluminium, Hydrogen and Manganese in Acid Soils [M]//Soil Acidity and Plant Growth, Elsevier, 1989: 1-60.
- [4] 徐仁扣, COVENTRY D R. 某些农业措施对土壤酸化的影响 [J]. 农业环境保护, 2002, 21(5): 385-388.
- [5] 曹必荣. 杉松轮作对土壤全铝及交换性铝的影响 [J]. 湖南林业科技, 2013, 40(6): 14-16.
- [6] 熊仕娟, 苏 静, 闫小娟, 等. 施用硫酸铵对酸性紫色土硝化作用的影响 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2015, 37(11): 131-136.
- [7] 苏 静, 王智慧, 李仕伟, 等. pH 对酸性紫色土中硝化作用与硝化微生物的影响 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2017, 39(3): 142-148.
- [8] 赵其国, 吴志东, 张桃林. 我国东南红壤丘陵地区农业持续发展和生态环境建设 I. 优势、潜力和问题 [J]. 土壤, 1998, 30(3): 113-120.
- [9] 孟红旗, 刘 景, 徐明岗, 等. 长期施肥下我国典型农田耕层土壤的 pH 演变 [J]. 土壤学报, 2013, 50(6): 1109-1116.
- [10] 张 明, 李小明. 酸沉降对泰山土壤酸化的影响 [J]. 山东大学学报(理学版), 2010, 45(1): 36-40.
- [11] 张甘霖, 龚子同. 土壤调查实验室分析方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [13] 黄昌勇, 徐建明. 土壤学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2010.
- [14] 刘世全, 张宗锦, 王昌全, 等. 西藏酸性土壤的酸度特征 [J]. 土壤学报, 2005, 42(2): 211-218.
- [15] 何毓蓉. 紫色土成色机制的研究 [J]. 西南农业大学学报, 1989, 11(S1): 205-206.
- [16] 郭建军, 李惠卓, 郝金宏. 不同母岩母质上土壤特性的分析与研究 [J]. 河北林业科技, 2004(6): 13-14.
- [17] 王焕之, 吕 军. 红壤地区三种不同母质发育土壤的水分特性差异 [J]. 水土保持学报, 2001, 15(2): 68-71.
- [18] 吴蔚东, 张桃林, 高 超, 等. 中亚热带天然常绿阔叶林下不同母质的土壤质量性状 [J]. 山地学报, 2003, 21(1): 73-79.
- [19] 何毓蓉, 黄成敏, 宫阿都, 等. 金沙江干热河谷典型区(云南)土壤退化机理研究——母质特性对土壤退化的影响 [J]. 西南农业学报, 2001, 14(S1): 9-13.

- [20] 陈志诚, 赵文君, 龚子同. 海南岛地形-母岩(母质)单元与土壤系统分类类型关系及其在编绘土壤图中的应用 [J]. 土壤学报, 2003, 40(5): 641-650.
- [21] 张建辉, 李 勇, 杨 忠. 金沙江干热河谷区人工林生长与土壤母质-母岩的关系 [J]. 山地学报, 2001, 19(3): 231-236.
- [22] 中国科学院成都分院土壤研究室. 中国紫色土(上) [M]. 北京: 科学出版社, 1991.
- [23] 刘世全, 张 明. 区域土壤地理 [M]. 成都: 四川大学出版社, 1997.

The Origin of Acidic Purple Soil in Chongqing and Its Significance for Soil Genetic Classification

WENG Hao-lu, CI En, LIAN Mao-shan,
CHEN Lin, HU Jin

School of Resources and Environmental Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: Sixteen acidic purple soil profiles were collected from Chongqing to analyze the influences of elevation, parent material, mechanical composition, exchangeable bases and human activity on soil acidity and to study the natural origin of acidic purple in Chongqing and its ascription in Chinese Soil Genetic Classification (CSGC). The results were as follows. Elevation is the most important factor influencing soil acidity in the territory of Chongqing. All the tested soils located at 500 m or more above sea level are acidic. Besides, only when the elevation reaches a certain height (500 m) can soil texture influence leaching of exchangeable bases, which, in turn, will influence soil acidity. CEC (cation exchange capacity), SOC (soil organic carbon) and the content of CaCO_3 of the parent material influence the acidity of the tested soils. ΔpH , which means the difference of pH between the B layer and the parent material to express the change of pH in the process of soil development, is in negative logarithm correlations with CEC ($p < 0.05$), SOC ($p > 0.05$) and content of CaCO_3 ($p < 0.05$). Of the different base ions, Ca^{2+} has the greatest influence on soil acidity, the influence of Mg^{2+} and K^+ on the acidity of the soil is associated with the type of the parent material, and Na^+ has practically no influence on soil acidity. The influence of human activities on soil acidity is reflected mainly in the change in the acidity of the topsoil. Furthermore, this investigation found a large number of exposed acidic purple rocks developed from J_2s in Jiangjin district. In current CSGC, the purple soils originating from them do not have a position of their own. Therefore, the authors propose that the search scope for acidic purple soil be increased or a new soil genus for them be added under the acidic purple soil, so as to improve the current occurrence-classification system of purple soil in CSGC.

Key words: Chongqing; acidic purple soil; parent material; elevation; genetic classification