

文章编号:1001-4810(2006)01-0067-06

重庆金佛山地区土壤酸度分布特点及影响因素研究^①

张治伟¹, 袁道先^{1,2}, 傅瓦利¹, 张洪¹, 夏凯生¹

(1. 西南大学资源与环境科学学院, 重庆 400715;

2. 中国地质科学院岩溶地质研究所、国土资源部岩溶动力学重点实验室, 广西 桂林 541004)

摘要:通过15个剖面样品分析,对金佛山北坡土壤酸度分布特点及影响因素进行了研究。结果表明,金佛山地区土壤酸度分布呈现pH平均值偏低、变异较大的特点;山腰志留系砂页岩区土壤酸度大于灰岩区的土壤酸度;在石灰岩区,山顶的土壤酸度则比坡腰和山脚的大,缓坡地带的土壤酸度比陡坡地带的大。山腰和坡脚pH值较高,体现了植被状况和人类干扰的共同影响,而页岩区土壤酸度较灰岩的大,则反映了成壤母质的影响作用。

关键词:金佛山; 土壤酸度; 分布特点

中图分类号:S153.4 **文献标识码:**A

0 引言

土壤酸度与土壤发生密切相关,土壤酸度随土壤发育时间的增加和淋溶作用的加强而增强。土壤的酸碱度不仅直接影响植物的生长发育,而且影响许多元素的有效性,过酸过碱的土壤环境均不利于植物生长和营养元素有效性的发挥^[1]。

湿润亚热带的生物气候条件利于土壤酸度的产生,而石灰岩母质可提供大量的钙、镁物质,金佛山土壤中的酸度条件则取决于这两者作用强度的对比。金佛山山顶和山脚以碱性母岩(石灰岩)为主,山腰夹志留系砂页岩。碱性母岩由于Ca²⁺的大量存在常使土壤呈碱性反应。一般石灰土的pH值为中性到微碱性^[2,3]。安徽省石灰岩风化物发育土壤的pH值在6.15~8.06之间^[4];重庆北碚鸡公山石灰土的pH值在5.98~8.00之间,重庆巫山地区石灰土pH在5.68~8.51之间,重庆黔江地区石灰土pH在5.18~7.69之间^①;广东阳山黑色石灰土pH在7.0~8.06之间^[5]。但李阳兵^[6]和周蓓^②的研究却发现金佛山山顶二叠系灰岩区土壤pH值偏低,并且李阳兵的研究报告有

pH低于4.0的土壤,这与一般情况有些不同。这正是本文研究的切入点。本研究在金佛山北坡自山顶到山下南川盆地,顺坡向按不同的土地利用方式、岩性、地形和植被状况确立土壤剖面,共布设土壤剖面15个,其中12个发育在碳酸盐岩母质上。本文通过对研究区土壤pH值空间分异、剖面层次分异特点和影响因素的分析研究,试图进一步揭示金佛山地区土壤酸度的微域分布规律及原因。

1 研究区概况与试验方法

金佛山是国家重点风景名胜区,位于渝黔交界的重庆南川市境内,是四川盆地东南缘大娄山脉的主峰,最高峰海拔2251m,山体北面南川盆地和洼地海拔500~600m,山顶和盆地间相对高差达1600多米。地理坐标: N28°50'~N29°20', E107°~E107°20', 总面积1300km²。山顶多年平均降水量1430多毫米,山脚多年平均降水量1280mm,属亚热带季风气候。金佛山是一座向斜中山,山顶以二叠系灰岩为主,夹有厚度不大的煤层;岩层向南微倾,倾角小,构成波状起

① 基金项目:国家自然科学基金重点项目“我国典型地区地质作用与碳循环研究”(编号:40231008)、教育部科学技术研究重点项目(03142)

第一作者简介:张治伟(1974—),男,在读硕士研究生,主要研究方向为岩溶环境学。

收稿日期:2005-12-27

② 李阳兵. 重庆石灰岩山地生态退化机理研究. 重庆:西南农业大学博士论文,2002.50-51.

③ 周蓓. 金佛山地区不同环境岩溶与非岩溶地区生物多样性的比较研究. 重庆:西南师范大学硕士论文,2003.26-27.

伏的平坦面,岩溶发育强烈^[7]。山腰1200~1600m 之间夹有厚度较大的志留系砂页岩,局部夹灰岩透镜体,1200m 以下为奥陶系、寒武系灰岩,夹有厚度不大的白云岩。三泉镇附近为背斜核部,岩层倾角大。东胜附近出露较纯的二叠系和三叠系石灰岩(图1),是研究区石漠化最为严重的地区。

取样剖面地点空间分布情况(图1):山顶5个(3~7号剖面),山腰7个(1、2号,8~12号),山下3个(13~15号)。取样剖面包括常绿阔叶林、竹林、草甸、柳杉林、灌丛、荒草坡、退耕地、旱地和水田9种不同的土地利用类型。取样点基本情况见表1。

表1 剖面基本特征表
Tab.1 Basic features of soil profiles

剖面	基岩	利用方式	层次	土深 (cm)	颜色	质地	结构	干湿状况	松紧度	空隙度 (%)	容 重 (g/cm ³)
1	砂页岩	灌丛	A	0~23	灰黑色	壤土夹砾石	块状	湿	疏松	56.35	1.16
			BC	23~42	灰色	砾石夹壤土	块状	湿度大	较紧实	45.96	1.43
2	砂页岩	常绿阔叶林	A	0~10	黑黄	壤土	团粒	干	松	55.01	1.19
			AB	10~20	偏黄	壤土	块状	湿	松	47.86	1.38
			B	20~70	黄	粘土	块状	干	紧实	44.34	1.47
			A0	0~5	黑色	粘土	团粒	湿	松	56.46	0.89
3	灰岩	常绿阔叶林	A	5~23	深黑	粘土	团块状	湿	松	66.55	1.15
			C	23~50	黑	粘土	小块状	湿	紧	42.08	1.53
			A0	0~10	深黑	粘土	团粒+粒状	湿	很松	—	—
4	灰岩	常绿阔叶林	AB	10~40	黑	粘土	团块状	湿	松	—	—
			A0	0~5	黑	粘土	团粒	干	松	—	—
5	灰岩	草甸	A	5~15	浅黑	粘土	团粒	湿	松	62.67	0.99
			AB	15~44	黄黑	粘土	块状	湿	紧	51.93	1.27
			B	44~80	黄	粘土	块状	湿	紧	53.57	1.23
			A0	0~5	黑	粘土	团粒	干	松	—	—
6	灰岩	竹林	A	5~19	黑	粘土	团粒	湿	松	59.49	1.07
			AB	19~30	稍黑	粘土	块+粒	湿	松	53.55	1.23
			B	30~60	发黄	粘土	块+粒	湿	紧	55.47	1.18
			A0	0~4	黑	重壤	团粒	稍干	松	—	—
7	灰岩	柳杉林	A	4~13	黑	粘	团粒	湿	松	60.07	1.06
			AB	13~30	浅黑	粘	块状	湿	松	56.36	1.16
			B1-B2	30~73	黄黑	粘	块状	湿	紧	44.70	1.47
			A0	0~5	发白	重壤	块状+团粒	干	松	—	—
8	砂页岩	马尾松林地	A	5~30	红黄	重壤	小柱状	干	松	—	—
			B	30~80	红黄	重壤	柱状+块状	稍湿	紧	—	—
			C	80~100	黄	—	块状	湿	紧	—	—
			A0	0~2	黄	粘	小块状	湿	疏松	—	—
9	灰岩	灌丛夹马尾松	B1	2~16	黄	粘	块状	湿	松	43.94	1.49
			B2	16~60	黄	粘	块状	湿	紧	43.52	1.50
			A	0~5	浅黑	粘	块状	干	紧	45.10	1.45
10	灰岩	退耕地	B	5~27	黄	粘	块状	干	紧	34.47	1.74
			C	27~47	上黄下黑	粘	块状	干	紧	46.56	1.42
			A	0~35	发白	重壤	团粒	干	松	48.95	1.35
11	灰岩	水田	BFe	35~50	黄红	粘	块状	湿	紧	34.65	1.73
			BMn	50~80	红黄	粘	块状	湿	紧	34.60	1.73
			A	0~17	黑	粘	粒状+团块	干	松	47.99	1.38
12	灰岩	玉米地	B	17~44	偏黄	粘	块状	湿	紧	38.64	1.63
			A	0~22	黑	粘	团粒+粒状	干	松	54.54	1.20
13	灰岩	旱地	B	22~55	黄	粘	块状	湿	紧	47.54	1.39
			A	0~7	黑	粘	粒状+小块	干	紧	—	—
14	灰岩	草坡	B	7~35	黄	粘	块状	湿	紧	—	—
			C	35~123	黄	粘	块状	湿	紧	—	—
			A	0~23	黑+黄	粘	粒状+块状	干	松	50.73	1.31
15	灰岩	旱地	B	23~48	红黄	粘	块状	干	紧	44.85	1.46

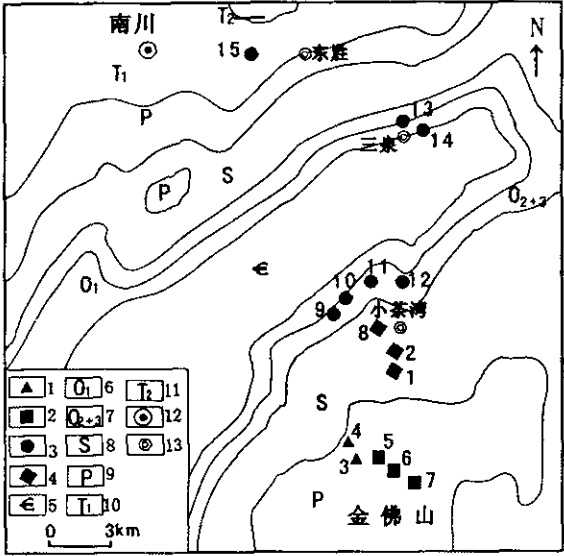


图 1 取样点剖面位置图

Fig. 1 Distribution of sampling profiles

1. 山顶陡坡样点;2. 山顶缓坡样点;3. 坡脚和坡腰灰岩区取样点;
4. 志留系砂页岩区取样点;5. 寒武系;6. 奥陶系下统;7. 奥陶系中
上统;8. 志留系;9. 二叠系;10. 三叠系下统;11. 三叠系中统;12. 市
政府驻地;13. 村镇

各剖面一般挖到基岩附近,按发生层次取样,记录各层次颜色、厚度、质地、结构和剖面构型。同时取环刀样测定容重,室内分析 pH 值、代换酸、代换性 Ca^{2+} 、代换性 Mg^{2+} 和有机质含量。有机质含量用丘林法;pH 值由 pH 计测定;代换酸用 KCl 为浸提液,用标准 NaOH 滴定;代换性钙、镁含量用乙酸铵为浸提液,用火焰原子吸收法测定。实验方法详见《土壤农业化学分析方法》(中国农业科技出版社,1999)。

2 剖面特征分析

由于所处地貌部位、岩性和植被覆盖状况的不同,各剖面物理特性差异大。根据土壤剖面特征我们把 15 个土壤剖面归并为 6 种类型(表 2)。

3 结果与分析

3.1 金佛山地区土壤酸度空间分布特点及影响因子分析

3.1.1 岩性对土壤酸度的影响

1、2、8 号 3 个剖面发育在砂页岩区(图 1),除 1 号

表 2 土壤剖面特征分类

Tab. 2 Types of different soil profile features

样地号	母质	坡度	厚度(cm)	剖面构型	剖面特征描述
1	砂页岩	33°	42	A—BC	土体构型简单,砾石含量高,风化程度低,具初育土特性
2、8	砂页岩	20°	>100	A—B—C	发育于砂页岩区,土层深厚,层次完整,土体显酸性,具山地黄壤特性
3、4	灰岩	30°~45°	<50	A—C 或 A—B	发育于山顶灰岩区陡坡,土体构型简单,有机质含量高,处发育初期
5、6、7	灰岩	15°~20°	>100	A—B—C	发育于山顶缓坡,土层深厚,层次完整,发育时间长,酸性到强酸性反映
9	灰岩	15°	60	A—B	发育于灰岩岩体之间的石缝中,土层虽深厚,但受灰岩母质的影响大,全剖面中性反映,具典型石灰土特性
14		25°	123	A—B—C	
10、11、12、13、15	灰岩	15°~30°(坡面上) 2°~7°(地块内)	<55 (11 号水田有堆积)	A—B	开垦利用后,覆盖度降低,厚度变小,有机质含量低

剖面为石骨子土不明显外,其余两个剖面显酸性反应,pH 值低,代换酸含量高,代换性钙、镁离子含量低(表 3),是与岩性相一致的具有地带性特征的酸性土壤;其余 12 个土壤剖面发育在碳酸盐岩母质上(图 1),除 5~7 号 3 个剖面地处灰岩区缓坡接受堆积、土

层深厚、发育期长、受母岩影响减小、pH 偏低外,其余各剖面 pH 值总体较高。3、4 号剖面可能受有机质含量高的影响,表层 pH 稍低,但下层较高,土体中代换性钙、镁含量高,仍具石灰土脱钙初期的发育特征。

表3 15个剖面实验数据

Tab. 3 Analytical data for 15 soil profiles

土样号	有机质 (%)	代换钙 (g/kg)	代换镁 (g/kg)	代换酸 (mmol/100g 土)	pH
1—A	1.50	1.13	0.384	0.97	5.49
1—BC	1.31	1.27	0.422	0.42	6.53
2—A	4.90	0.56	0.032	8.04	4.72
2—AB	2.27	0.21	0.034	6.93	4.81
2—B	1.33	0.21	0.031	6.34	4.85
3—A0	14.33	1.86	0.162	5.80	5.03
3—A	8.71	3.06	0.183	0.22	6.08
3—C	13.46	3.59	0.203	0.48	5.61
4—A0	16.60	3.58	0.267	1.18	5.15
4—AB	7.99	3.28	0.218	0.34	5.92
5—A	10.64	0.44	0.038	6.15	4.75
5—AB	4.89	0.20	0.041	4.97	5.01
5—B	3.89	0.35	0.053	3.87	5.17
6—A0	15.42	0.62	0.093	6.95	4.25
6—A	9.94	0.52	0.074	6.87	4.58
6—AB	6.68	0.45	0.070	5.09	4.89
6—B	4.20	0.39	0.068	3.40	5.24
7—A	12.95	0.41	0.08	8.95	4.37
7—AB	6.07	0.77	0.059	6.07	4.85
7—B2	2.34	0.71	0.053	5.27	5.14
8—A0	5.62	1.30	0.060	3.17	5.14
8—A	1.39	1.02	0.084	1.40	5.65
8—B	0.87	0.88	0.039	5.22	5.44
8—C	0.80	1.26	0.063	5.31	5.33
9—B1	2.64	2.77	0.099	0.29	6.35
9—B2	1.00	2.51	0.094	0.21	6.22
10—A	7.49	2.81	0.225	0.09	6.10
10—B	2.59	2.38	0.176	0.06	6.55
10—C	3.58	3.60	0.272	—	6.77
11—A	2.41	1.46	0.089	3.23	5.20
11—BFe	1.11	1.84	0.163	0.09	6.64
11—BMn	1.37	1.74	0.120	0.05	6.75
12—A	2.48	1.42	0.136	0.09	6.61
12—B	1.42	0.49	0.126	0.17	6.45
13—A	4.06	7.41	0.255	0.05	6.31
13—B	1.76	6.55	0.141	0.08	6.72
14—A	1.88	2.07	0.169	0.04	6.37
14—B	0.56	2.60	0.268	0.02	6.28
14—C	0.75	2.70	0.396	0.02	6.21
15—A	2.56	3.09	0.176	—	6.95
15—B	0.97	2.68	0.188	0.09	6.67

万方数据

3.1.2 地貌部位对土壤酸度的影响

为了比较,这里仅考虑12个碳酸盐岩母质的剖面。

3.1.2.1 山顶陡坡和缓坡地带与土壤酸度

在山顶石灰岩区,缓坡地带和陡坡地带土壤酸性显著不同。位于陡坡的3、4号两剖面(图1),坡度分别为30°和45°,坡面物质易于发生迁移,土层浅薄,土体构型不完整,属A—AB—R和A—C—R型剖面,代换性钙、镁含量高,代换酸低,pH较高,属于发育初期受灰岩母质影响大的岩性土类。位于山顶缓坡区的5~7号剖面,土层相对深厚,土体构型完整,具A—B—C—R型剖面。地形平缓,植被覆盖好,土壤不易被侵蚀,发育期长,在湿润多雨的环境下淋溶作用强,受灰岩母质的影响已减小,代换性钙、镁含量低,代换酸含量高,pH值低,土壤向酸性方向发展,有向黄色石灰土和山地黄壤演化的趋势。

3.1.2.2 山顶、坡腰和坡脚区不同地貌部位的土壤酸度

坡腰和坡脚岩溶区土壤酸度总体比山顶小,pH值平均6.42,比山顶5个剖面pH(平均5.06)高1.36(表4)。因为坡腰、坡脚地区原始林地受到破坏,大都演化为次生林、灌丛和耕地,基岩出露度增大,侵蚀加剧,土层变薄,土体构型重新退化为A—B—R型,土壤容重增加,土壤正向发育受到干扰,淋溶减弱,钙、镁离子补充增多,从而维持较高的pH值和极低的代换酸含量。岩溶坡地下部退化为灌丛或开垦为耕地后,土壤pH值升高的现象在其它岩溶区也有表现^[8]。而山顶岩溶区受干扰小,降雨量比坡腰坡脚大,长期植被茂盛,整体淋溶强,使pH低于坡腰和坡脚。

表4 石灰岩母质土壤有机质与酸度统计表

Tab. 4 Statistics of organic matter and acidity in soils developed from limestone parents

类型	位置	剖面号	平均有机质(%)	平均pH值	平均代换酸(mmol/100g 土)
第一类	山顶	3~7	9.20	5.06	4.37
第二类	山腰和山脚	9~15	2.27	6.42	0.27

3.1.3 植被类型和利用方式对酸度的影响

不同植被下灰分盐基含量有差异,针叶林下灰分盐基含量比阔叶林少。但植被类型和利用方式主要影响土壤有机质含量和土壤发育方向,并对土壤酸度产生影响。

从表3的12个石灰土剖面的有机质含量分析,可以按有机质含量与酸度关系把剖面归为两大类(表4)。第一类分布在山顶,人类干扰小,以原始植被类型为主,有机质含量高,土壤pH值偏低,显微酸性到强酸性反应;第二类在山脚和山腰,人为干扰大,以次生植被和耕地为主,有机质含量低,土壤pH值高,呈中性反应。

经SPSS软件相关性分析,发现12个剖面的有机质含量和酸度具有较大的相关性,有机质含量与pH值负相关,在0.01水平上相关性显著。说明金佛山石灰岩地区土壤酸度除受地貌形态的影响外,植被和地貌形态相结合,通过影响有机质含量,进一步影响土壤的酸度,有机质含量高的土壤代换性氢离子较多^[9]。有机质对山顶土壤的酸度有较大贡献,在3、4两剖面表现最明显。这两个剖面有机质含量高,pH值偏低,但代换性钙、镁含量相对较高。经相关性分析,pH与有机质的相关性极显著,表明仍处于石灰土发育初期,土壤pH值虽偏低,但有机质对这两个剖面的酸度贡献大。同时有机质含量表层高、底层低、而pH值则表层低、底层高。

山腰和山脚的7个剖面(9~15号剖面),植被受破坏,已退化为灌丛、草坡或开垦为旱地。植被退化和农业耕种使有机质补充少而分解快,有机质平均含量不到山顶5个剖面的1/4(表4)。有机质减少导致容重增大,山顶4个剖面12个层次(4号未取容重样)平均容重1.18g/cm³;山下6个剖面14个层次(14号未取样)平均容重1.48g/cm³。容重增大使孔隙度下降(表1),降水入渗率减小,淋溶减弱,侵蚀、复盐基作用加强。人类耕作导致耕地有机质减少,土壤板结,容重增大,碳酸盐水影响加强,因而这7个剖面维持较高的代换性钙、镁含量和较高的pH值,体现了植被和人类活动的影响。

3.2 土壤剖面各层次间的酸度分布及影响因子分析

由表4分析发现,15个剖面各层次间酸度分布状况主要可归纳为3种类型:

第一类以剖面7为代表(图2),包括1、2、4、5、6、7、10、11和13共9个剖面,其表层酸度大于底层。前6个剖面植被好,气候湿润,淋溶作用强,盐基向下迁移,使表层酸性大于底层。11号剖面原是水田,已改为旱地3~4年,A、BFe层代换性钙分别为1.40g/kg和1.76g/kg,表层pH值比底层低1.55,表明无碳酸盐来水影响条件下的强烈淋溶过程。10号样地退耕后盐基离子向下淋溶,13号表层有机质为底层的2.3倍,使表层酸度稍大。

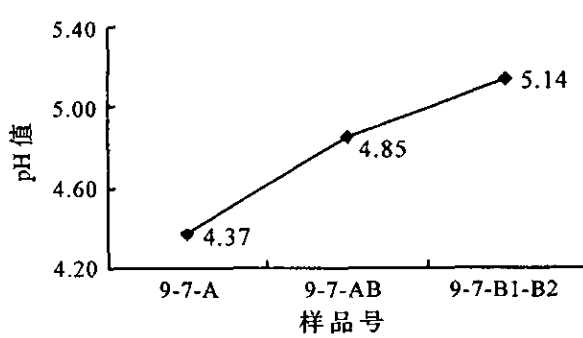


图2 7号剖面pH值的分布特征
Fig.2 pH values of the 7th profile

第二类以14号剖面为代表(图3),包括9、12、14和15号共4个剖面。包括灌丛、荒草坡和旱地,pH中性或接近中性,但从表层到底层pH值有减小的趋势,表明植被退化,基岩裸露度大,侵蚀、复钙作用加强^[10],岩性影响作用加大。由于容重增加,表层更易积钙,使表层酸度小于底层。

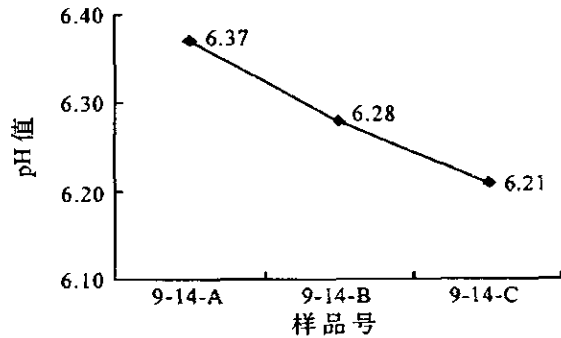


图3 14号剖面pH值的分布特征
Fig.3 pH values of the 14th profile

第三类以3号剖面为代表(图4),包括3和8号2个剖面。剖面中部酸度小于表层和底层。3号剖面酸度变化与有机质剖面分布特征有关;8号剖面则与剖面中夹有大量砂岩侵入体有关。

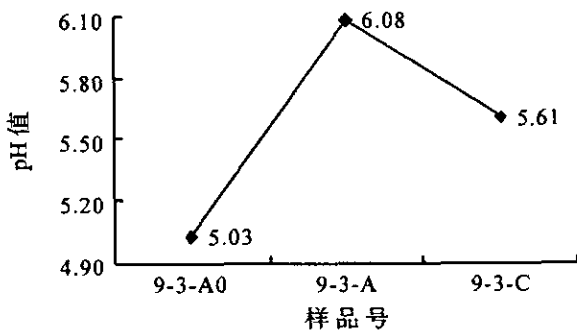


图4 3号剖面pH值的分布特征
Fig.4 pH values of the 3rd profile

4 结 论

(1)金佛山地区土壤酸度受岩性、地貌部位、覆被类型与人为干扰的综合影响,各因子在不同剖面的影响强度有较大差异。

金佛山地区土壤酸度受岩性影响大,山腰砂页岩区土壤呈酸性反应,比山顶和山麓灰岩区平均酸度大。地貌部位影响土壤的发生演化过程,山顶陡坡地带pH 值比缓坡地带的高;坡脚和坡腰由于植被与人为干扰的共同影响,土壤正向发育受抑制,而使其维持有较高的pH 值。

(2)研究区土壤剖面各层次间酸度变化反映了生物气候条件与岩性的共同作用。灰岩区山顶一般表层酸度大于底层,而坡脚和山腰表层的酸度则小于底层或变化不大。

(3)有机质对酸度的影响大。有机质含量高,土壤pH 值偏低,如山顶;有机质含量降低,pH 值升高,如坡脚和坡麓。

(4)在长期湿润多雨和植被茂盛的生物气候条件下,岩溶区也会有酸度较大的土壤发育。

参考文献

[1] 西南农业大学主编. 土壤学·南方本(第二版)[M]. 北京:农业出版社,1996:72—76.

[2] 朱鹤键,何宜庚. 土壤地理学[M]. 北京:高等教育出版社,1992:232—234.

[3] 谢德体主编. 土壤地理学[M]. 成都:成都科技大学出版社,1995:119—120,153—155.

[4] 顾也萍,冯学钢,巩劼. 安徽省石灰岩风化物发育土壤的特性和系统分类[J]. 土壤学报,1998, 35(3):303—312.

[5] 殷细宽. 广东阳山石砌乡黑色石灰土命名商榷[J]. 华南农业大学学报,1997,18(4):83—88.

[6] 李阳兵,高明,魏朝富,等. 土地利用对岩溶山地土壤质量性状的影响[J]. 山地学报,2003, 21(1):41—44.

[7] 张任,朱学稳,韩道山,等. 重庆市南川金佛山岩溶洞穴发育特征初析[J]. 中国岩溶,1988,17,(3):186—211.

[8] 蒋勇军,袁道先,章程,等. 典型岩溶农业区土地利用变化对土壤性质的影响[J]. 地理学报,2005,60(5):751—760.

[9] 于天任. 土壤化学原理[M]. 北京:科学出版社,1987. 347—348.

[10] 高金诚. 华蓥山区低山石灰岩槽谷土壤研究[J]. 西南师范大学学报,1994,19(2):194—200.

STUDY ON THE DISTRIBUTIVE CHARACTERISTICS OF SOIL ACIDITY AND ITS INFLUENCING FACTORS IN JINFO MOUNTAIN AREA, CHONGQING

ZHANG Zhi-wei¹, YUAN Dao-xian^{1,2}, FU Wa-li¹, ZHANG Hong¹, XIA Kai-sheng¹

(1. College of Resources and Environment Science, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Institute of Karst Geology, CAGS, Karst Dynamics Laboratory, MLR, Guilin, Guangxi 541004, China)

Abstract: The distribution of soil acidity and the influencing factors on the north slope of Jinfo Mountain were studied in this paper according to the analytical data of on 15 samples. The results show that the distribution of soil acidity in this area exhibits a character of mean pH value lower than that in the other regions, and the soil acidity varies intensely in the area. Soil acidity in this area is mainly influenced by lithology, landform and physiognomy, vegetation and human activity. Stratum and lithology are important factors that affect soil acidity in Jinfo Mountain. Soil acidity in sandstone and shale region of the Silurian stratum along the mountainside is bigger than that in limestone region at the top and the foot. In karst region, soil acidity on gentle slope is higher than that on steep slope within the mountaintop area. The high pH value on the mountainside and foot shows the impact of vegetation condition and human activity, and the high soil acidity reflects the impact of soil parent materials.

Key words: Jinfo Mountain; Soil acidity; Distributive characteristic