

喀斯特石漠化过程中土壤的空间分布

周运超^{1,2}, 王世杰^{1*}, 卢红梅^{1,3}

(1 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002; 2 贵州大学林学院, 贵阳 550025; 3 贵州大学轻工学院, 贵阳 550025)

摘要: 本文对贵州花江 1.2 km² 小流域内樵采和开垦石漠化过程土壤的空间分布进行了调查研究。结果显示: 喀斯特土壤分布极不均匀, 土被极度破碎, 土壤分布面积分别在 5.4%~20.1% 和 11.1%~48.5%, 樵采石漠化过程的土壤分布特点与开垦过程既有相似的方面也存在明显的差异, 差异表现在樵采作用下土壤分布面积小、每种小生境的面积也小、土壤块数量少; 相似性表现在随着喀斯特石漠化进程的演化, 潜在石漠化土壤主要分布在石沟、土面、石土面 3 种小生境类型, 轻度石漠化土壤则主要存在于石沟、土面小生境中, 发展到中度和重度石漠化类型时, 土壤主要分布在石沟、土面、石坑中; 土壤厚薄分布不均, 厚土主要分布在潜在石漠化区域, 石漠化过程中土壤厚度的变化趋势为随着石漠化的进行土层变薄但并不是完全符合这一规律的变化, 土壤分布面积与土壤厚度之间没有关联, 对喀斯特土壤厚度的作用需要认真对待; 尽管喀斯特土壤土层极薄, 但潜在石漠化区域能够生长高大乔木林且植被盖度可达 70% 以上, 说明喀斯特土壤厚度的认识存在一定的缺陷。土壤的空间分布特点表现出石土面小生境土层有变无, 土壤存在的小生境演变为石坑, 样地土壤总面积缩小, 土层变薄, 土块小生境数量增加, 而土块的面积缩小, 显示出土壤侵蚀以渐进形式进行。樵采石漠化进程中土壤的侵蚀主要在樵采时就已经大量发生, 石漠化过程中的侵蚀变化较小; 开垦石漠化进程中发生剧烈土壤侵蚀, 人为开垦种地过程促进了土壤侵蚀的发生。

关键词: 喀斯特石漠化过程; 土壤厚度; 土壤空间分布的演化特征; 土壤侵蚀

中图分类号: X171; S151 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-9250(2010)01-0001-07

西南喀斯特山区, 碳酸盐岩一方面风化形成土粒, 另一方面不断溶蚀自身, 使坡面破碎, 在小尺度范围内形成石面、石沟、石坑、石缝等微地貌, 在水流冲刷下使正地形上的土层物质向负地形中聚集, 造成地表土被分布不连续, 土层厚度相差悬殊, 形成了高度异质性的生态环境单元。在人为作用的干扰下, 这种自然作用的速度将更为加快, 导致严重的土地退化, 极端情况就是石漠化^[1]。石漠化的发生、发展过程实际上是人为活动破坏生态平衡所导致的地表覆盖度降低的土壤侵蚀过程^[2]。在喀斯特石漠化过程中, 土壤分布及土壤厚度受到广泛关注, 并将其作为喀斯特石漠化等级划分的重要指标^[3,4]。另外, 1975 年发现在广泛裸露的基岩面上生长有喀斯特森林, 这一发现导致了喀斯特“无土栽培”思维的萌芽^[5]。因此, 土壤作为喀斯特生态系统中最为重

要的环境要素之一, 对其分布特点随着石漠化过程演化的了解是对其功能表现认识的基础和前提。

1 研究点概况

研究区域位于贵州西南部贞丰县以北的北盘江峡谷河岸, 属中亚热带典型的喀斯特峡谷区域, 从整体看是中强度喀斯特石漠区^[6]。海拔高度 500~1200 m, 相对高差 700 m, 年均温 18.4 °C, 年均降水量 1100 mm。该地区岩层倾角多在 10°~20°。研究样地设置在位于查耳岩与纳堕之间的小流域, 面积约 1.2 km², 岩层类型以中三叠统连续性灰岩为主, 小流域的沟谷地带分布着村落及耕地, 沟谷两侧和小流域顶部为坡耕地、不同植被覆盖度的难利用地、退耕地等, 仅在某些近山顶部位和村落附近有成片的次生林存在。

收稿日期: 2009-07-27; 改回日期: 2009-10-25

基金项目: 中国科学院知识创新重要方向项目(批准号: KZCX2-YW-306)、国家重点基础研究发展计划(批准号: 2006CB403200)和“十一五”科技支撑计划课题(2008BAD98B07)联合资助。

第一作者简介: 周运超(1964-), 男, 45岁, 教授, 从事土壤学研究。E-mail: fe.yzhou@gzu.edu.cn

* 通讯作者: 王世杰, 男, 研究员, 博士, E-mail: wangshijie@vip.skleg.cn

2 研究方法

2.1 样地设置

样地设置综合考虑植被覆盖率、植被退化过程的群落类型、生物量的大小等因素,在小地形地貌如上、中、下按典型性和代表性原则,在坡向、坡度相同或相近处布置多套样地组,潜在石漠化、轻度石漠化、中度石漠化和强度石漠化样地^[7],共计17个样地,由于喀斯特的特殊性及其多变性,有15个样地为10 m×10 m,有2个样地为20 m×10 m。其中除潜在石漠化样地为5个外,其余均为4个。

2.2 研究方法

在每个样地中按照喀斯特小生境类型的差异划分为石面、土面、石土面、石沟、石缝、石洞和石坑7种不同的小生境类型^[7],由于石面上没有土壤,在余下的6种小生境类型上进行土壤调查,所有小生境中土壤的分布面积采用方格绘图法进行详细测量并将具体位置标注在方格纸上,进行每一土块面积的测算;同时采用钢钎在每个土块不同位置打入的方法调查土壤的厚度(由于测定工具的限制,超过80 cm的按80 cm计),将重复3~5次的测定结果平均为每个土块的平均土厚,将所有类型小生境土块的厚度平均得样地平均土壤厚度值。

3 结果

对所有17个样地的不同小生境的土壤分布进行了详细的调查,结果见表1。从小生境的土壤分布特点来看,样地内土壤主要分布在土面和石沟小生境,石面没有土壤,石洞、石缝小生境土壤相对较少,土壤厚度也表现出厚薄不均的特点。

3.1 土壤的平面分布

3.1.1 樵采石漠化过程的演变特点

从表1中可以看出8个樵采系列样地土壤面积分布极不均匀,土壤面积占样地面积的5.4%~20.1%,有5个样地不到10%,有2个样地在10%~20%之间,有1个样地达到20.1%,即样地内岩石裸露率达到94.6%~79.9%之间,土壤分布面积最大的样地属潜在石漠化样地,其余石漠化严重的样地土壤分布面积均较少,但分布面积的变化规律性不明显。除1个样地以土坑土壤分布为主要类型(强度石漠化),另有3个土坑土壤占了相当的比例(中、强度石漠化),还有1个为石缝土壤所占比例较大外(轻度石漠化),其余均以石沟土壤、土面土壤及

石土面土壤为主;样地中合计52块有土壤的小生境中最大的土壤块面积仅为11.5 m²(潜在石漠化样地),其余都在<3.8 m²以下,最小仅为0.1 m²。相对而言以土面、石土面小生境土壤面积较大;每个样地具有的成片土壤块数量在4~12块之间,其中只有1个样地多于8块,相对而言,以潜在石漠化样地块最少为4块,且最大块面积也存在于这一类型样地,因此,随着石漠化的进程,在一定程度上显示出土壤面积缩小、土壤块缩小、土壤块数量增多的趋势。

3.1.2 开垦石漠化过程的演变特点

从表1中可以看出开垦系列样地计9个,其中3个潜在石漠化样地,样地中的土壤分布面积同样极不均匀,土壤面积占样地面积的11.1%~48.5%,其中,介于20%~30%的样地3个,另有2个>40%,从面积分布状况可以看出随着石漠化的进程土壤分布面积有缩小的趋势。在9个样地中共有76块土壤分布,其中最大的5块面积分别为13.36~40.7 m²(潜在石漠化样地),其余均<10 m²,更有20块<1 m²(中、强度石漠化样地为主)。土壤主要分布在石沟、土面小生境中,其次,在潜在石漠化样地中有土壤分布在石土面小生境中,而其他石漠化类型样地为石坑小生境,且石坑小生境的数量随着石漠化加剧而增多。有土小生境数量则表现出随着石漠化进程而增加的趋势。因此,开垦系列石漠化样地的土壤平面分布特点,总体表现为:随着石漠化程度的加剧,土壤面积缩小、石土面小生境消失、土坑数量增多、土壤块数量增多。

3.1.3 樵采与开垦系列的比较

通过前面的分析,可以发现樵采与开垦2种人为作用对喀斯特山地土壤面积的分布有相似的作用,也存在着显著的差异,其差异表现在樵采系列样地的土壤分布面积积极小,而每种小生境中土壤块的面积也极小,石漠化过程对土壤分布面积影响不大,土壤块数量略少于开垦系列样地。相似的结果则表现在土壤主要分布在石沟、土面小生境中,潜在石漠化样地的次要分布小生境为石土面,其他石漠化类型则分布在土坑,且数量增加(以开垦作用明显);随着石漠化的进程土壤块数量有增加的趋势,样地内面积也有减少的趋势。可见喀斯特山区土壤均分散成较小的土壤块被裸露的岩石所分隔,呈现出土被不连续,岩石裸露极高,而樵采与开垦作用对土壤的面积分布产生明显差异。

表 1 样地内土壤分布特点
Table 1. Characteristics of soil distribution in the plot

影响类型	样地类型	样地数目	石沟		土面		石土面		石坑		石缝		石洞		样地土块数量	土壤总面积/m ²	土壤面积占样地/%
			数量	S(H) ¹⁾	S(H)	S(ST) ²⁾	S(H)	S(ST)	数量	S(H)	S(ST)	数量	S(H)	S(ST)			
潜在石漠化	2	1	1.8(14)	30.2	1	2.0(15)	32.8	1	1.7(4)	28.5	1	0.5(10)	8.5	4	6.0	6.0	
		2	7.5(20/80) ³⁾	37.2	1	1.1(40)	5.6	1	11.5(8)	57.1					4	20.1	20.1
轻度石漠化	2	3	3.9(21/30/35)	60.1							1	2.4(21)	37.3	1	0.2(30)	2.6	6.5
		5	2.9(8/8/16/18/21)	43.1	1	3.8(30)	56.9							6	6.7	6.7	
中度石漠化	2	1	0.4(10)	7.4							6	5.0(10/10/15/20.3/22/43)	92.6	7	5.4	5.4	
		3	2.5(12/12/20)	22.2	1	3.3(80)	29.4				8	5.5(8/14)	48.4	12	11.3	11.3	
重度石漠化	2	1	0.2(12)	1.4	2	5.3(18/36)	47.3				4	4.7(8/16/20/40)	42.3	1	1.0(4)	8.9	11.2
		6	6.2(2.5/6/8/11/15/18)	100.0										6	6.2	6.2	
潜在石漠化	3	2	10.6(14/80)	21.8	2	31.4(15/60)	64.8	2	6.0(4/10)	12.3	1	0.5(10)	1.1	7	48.5	48.5	
		6	25.1(8/20/30/70/80/80)	45.8	1	16.4(80)	29.9	1	13.4(8)	24.4				8	54.9	27.5	
轻度石漠化	2	1	40.7(36.4)	66.0	1	19.0(28.8)	30.8				2	1.4(7.5)	2.3	5	61.6	30.8	
		4	8.6(12.5/34/40/46)	77.5	1	2.5(30)	22.5							5	11.1	11.1	
中度石漠化	2	5	16.4(23/23/35/41/44)	64.9	2	8.4(30/60)	33.4				1	0.4(1)	1.7	8	25.2	25.2	
		2	9.8(41.3/47.4)	23.4	6	32.0(22.5/28.7/29.1/34/38.4/48)	76.6							8	41.8	41.8	
重度石漠化	2	4	6.2(18/18/19/19)	26.0	4	14.7(30/40/60/80)	62.0				5	1.9(5/10/17.5/20/39)	7.8	1	1.0(3)	4.2	23.8
		2	6.6(15/36.8)	36.9	1	4.6(50.5)	25.5				7	6.8(10/10/20.3/52.3)	37.6	10	18.0	18.0	
		2	0.8(12/19)	5.4	5	12.4(10/22/28/35/60)	79.3				4	2.4(9/9/14/15)	15.3	11	15.6	15.6	

¹⁾S—小生境土壤面积/m²; H—小生境土壤厚度 cm; ²⁾ST—样地土壤面积/m²; ³⁾(20/80)—2 个小生境土壤厚度分别为 20 cm 和 80 cm。

3.2 土壤的垂直分布特点

喀斯特山区土层薄是一个比较习惯性的认识^[8-10],但喀斯特超过 2m 以上厚度的土壤分布现象也存在,因此,土壤的垂直分布是需要进行的一个很重要的方面。樵采系列 8 个样地中,52 个有土小生境中土壤厚度 ≥ 80 cm 的有 2 个,分别为潜在石漠化样地的石沟小生境(面积 3.6 m²)和中度石漠化样地的土面小生境(面积 3.3 m²), > 40 cm $\sim \leq 80$ cm 土厚的小生境仅 1 个, > 20 cm $\sim \leq 40$ cm 土厚的有 9 个, > 10 cm $\sim \leq 20$ cm 土厚的有 16 个,而其余不足 10 cm 的 24 个;隐约地显示出潜在石漠化样地土层稍厚,樵采石漠化过程导致土壤厚度迅速下降。开垦系列 9 个样地中,76 个小生境有土,土厚 ≥ 80 cm 的有 5 个,其中 4 个分布在潜在石漠化样地内, > 60 cm $\sim \leq 80$ cm 土厚计 5 个, > 40 cm $\sim \leq 60$ cm 的 12 个, > 20 cm $\sim \leq 40$ cm 土厚有 24 个, > 10 cm $\sim \leq 20$ cm 土厚 17 个,而其余不足 10 cm 的 13 个(表 1),显示出开垦石漠化样地土壤厚度中等偏薄为主,且随着石漠化的进程土层变薄明显,但并不是完全按照石漠化程度的加强而均匀变化,中度石漠化样地的土层较轻度、重度要略厚些。

从表 1 中可以发现,无论是樵采还是开垦石漠化过程, > 20 cm 和 > 40 cm 以上土厚小生境主要集中在土面和石沟,而 10 cm 及以下土壤厚度小生境则集中在石坑、石土面、石缝小生境,尤其石土面小生境的土层更薄;相对而言,开垦过程土壤层厚度略大于樵采过程,显示出由于人为耕作,在一定程度上加强了对土壤的保护,土壤厚度略厚。但由于对这些过程的时间进程了解不足,限制了对当前资料的解释。

对小流域样地内小生境、不同小生境、同一类型样地内所有小生境、同类型小生境的土壤分布面积与土层厚度之间进行了相关分析,结果表现出土壤分布面积的大小与土壤厚度之间完全没有对应关系,即大面积的地表土壤分布有可能伴随的是薄的土层厚度,也有可能是厚的土层厚度,其间没有必然的联系。

4 讨论

4.1 土壤的厚度与植被生长

本次研究的调查结果显示,潜在石漠化样地上生长的高大乔木,覆盖率达到 70% 以上,而土壤的

分布面积占 6.0%~48.5%,虽然研究流域内 17 个样地平均最厚土层 47 cm 归属潜在石漠化类型,但平均最薄土层之一的 10.8 cm 样地也在这一类型之中,同时,樵采系列样地中,潜在石漠化阶段土壤的分布面积仅 5.4%~20.1%,平均土层厚度在 10.8~37 cm 之间,是不足以维持样地中乔木的良好直立生长。已经知道,茂兰喀斯特森林可以生长在岩石裸露率 89.86%~98.05% 的区域,土壤厚度变化大而土层薄(1 个样地 20 个测点平均为 25.8±10.84 cm)^[11];石漠化喀斯特地区可以进行森林植被恢复^[12];喀斯特十分缓慢的成土速度导致土层薄的“先天性”缺陷,使贵州大部分喀斯特地区土层厚度多在 30 cm 以下^[13]。这就提出了一个科学问题即如何认识“喀斯特土壤”?是否喀斯特地区真的可以“无土栽培”^[5]?答案肯定为否。喀斯特石漠化区域能够生长高大乔木,提供乔木生长所需多种营养元素的只有土壤,这是因为碳酸盐岩石不能够提供植物生长所需的几十种必需营养元素,虽然石漠化地区土壤浅薄,但由于碳酸盐岩石的可溶性特点,其能够沿着岩石层理面、节理面产生溶蚀作用,甚至能够形成地上地下二元结构^[14],即便总体土壤较薄,但仍然存在一定比例的小生境土壤达到 80 cm 以上的厚度(表 1),而且在野外时常可以看见乔木树种的根系穿插在有土的岩石裂隙中,并且沿着地下孔隙的联通处纵横交错生长在地下土壤系统中,前述现象可以说明喀斯特石漠化区高大乔林生长的原因,也表明对喀斯特土壤厚度的认识不仅只局限在分布面积较大的小生境土壤的真实厚度,而应扩展到基岩裂隙系统中存在的土壤。

4.2 土壤的空间分布特征与石漠化过程

随着石漠化的发展,无论是樵采类型还是开垦类型,土壤分布的小生境类型存在一定的变化规律,潜在石漠化类型样地主要分布有石沟、土面、石土面 3 种小生境类型,而轻度石漠化类型样地则主要有石沟、土面小生境中,发展到中度和重度石漠化类型时,土壤主要分布在石沟、土面、石坑中;石土面小生境只存在于潜在石漠化类型样地,土壤块的数量及土壤的分布面积演变为石坑小生境类型,石土面不存在,指示了土壤的侵蚀。潜在石漠化样地土壤面积相对较大,而土壤块数量不多,土壤相对集中,发生石漠化的样地土壤数量相对较小,而土壤块数量则增加,表明土壤比较分散,同时可以看到樵采石漠化过程的土壤面积、土壤厚度均明显低于开垦过程,

说明樵采作用发生时导致了剧烈的水土流失, 而开垦作用人为的保护暂时性地减缓了土壤的侵蚀, 表明人为作用的差异对喀斯特土壤的分布影响很大。

土层薄是石漠化喀斯特地区生态恢复的主要限制因子之一^[15], 随着石漠化程度的加剧, 土层逐渐变薄^[4], 有研究者提出将土厚作为石漠化划分的标准, 每 5 cm 一个级差^[3, 16]。本次研究揭示的小流域石漠化进程中的土壤平均分布状况见图 1, 样地土壤所占面积存在减少的趋势, 土壤厚度也存在着减

少的趋势, 而土块数量则存在增多的趋势, 但这种趋势并不是绝对的, 樵采轻度石漠化和开垦中度石漠化的结果就显示了与总趋势不一致现象, 尤其是开垦中度石漠化类型下的变化更甚, 这种现象的存在提示了采用土壤分布面积、平均土壤厚度等指标进行石漠化等级的划分、程度的评价等需要特别的小心, 尤其是喀斯特土壤分布的小生境种类多、变异大的情形下。

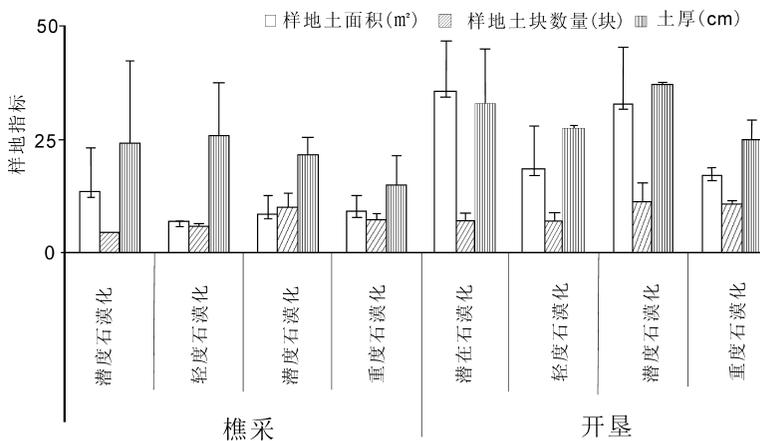


图 1 小流域内石漠化进程中土壤的平均分布特点

Fig. 1 Average distribution characteristics of soils during the process of karst rocky desertification

水土流失是喀斯特石漠化的直接原因^[17], “上松下紧”的两种质态界面降低了斜坡体的稳定性, 从而促进了土壤侵蚀性退化的发展。喀斯特山区土壤剖面中通常缺乏 C 层(过渡层), 在基质碳酸盐母岩和上层土壤之间, 存在着软硬明显不同的界面, 使岩土之间的粘着力与亲和力大为降低, 一遇降雨激发便极易产生水土流失和块体滑移^[18]。但从研究小流域不同石漠化类型土壤空间分布特点来看, 无论是樵采类型还是开垦类型, 潜在石漠化厚土点位较多, 但厚土主要分布在石沟小生境, 而薄土则主要分布在石土面小生境; 其余 3 种石漠化类型则属中、薄类型, 相较而言, 中度石漠化较厚土层点位略多(表 1)。可见喀斯特山区存在着土壤厚薄不均的明显差异。同时, 这一结果也表现出小流域内土壤侵蚀过程的特点, 从潜在石漠化至重度石漠化阶段, 石土面土层从有变无, 土壤存在的小生境演变为石坑, 样地土壤总面积缩小, 土层变薄, 土块小生境数量增加, 而土块的面积缩小(图 1), 显示出一种渐进式的土壤流失进程, 即喀斯特土壤在覆盖完整条件下的侵蚀是由上至下逐渐进行, 表现为潜在石漠化样地的

土层厚、土壤面积大, 存在薄的石土面小生境类型, 随着石漠化的进行, 石土面小生境的土壤受到侵蚀, 轻、中、重度石漠化石土面小生境已经不存在, 而出现了多个土坑小生境类型, 且石沟、土面小生境虽然都还存在, 但每个小生境内土壤的面积在缩小, 土层变薄, 土壤侵蚀加重。由于区内存在 2 种石漠化动力过程——樵采和开垦^[7], 虽然主体趋势表现一致, 但土壤侵蚀过程上仍然存在一定的差异, 表现在樵采系列从潜在石漠化到重度石漠化过程中土壤面积的减少、土壤厚度的下降、样地块数量的增加等变化比较缓和, 说明樵采作用初期就已经导致了大量的水土流失; 而开垦作用则导致区内从潜在石漠化至重度石漠化变化过程中土壤的侵蚀变化极其明显, 土壤面积显著减小, 土块数量增多, 且土坑数量增多, 石沟、土面在数量增加的同时面积在缩小, 土层厚度明显变薄, 从另一个角度也说明开垦种地初期对土壤具有一定的保护作用, 可能是由于人为堆砌石坎、减缓土壤坡度等, 后期耕种过程中保护力度不够, 促进了水土流失的发生。这样的结果也暗示了由于不清楚区域土壤受到人为作用影响的过程及时

间尺度, 樵采过程中土壤面积、土壤厚度均低于开垦过程, 一方面表明喀斯特石漠化过程中人为作用类型的差异影响到石漠化进程, 另一方面也说明对石漠化的研究还需加强石漠化过程的研究力度。

5 结 论

通过对小范围流域内土壤的空间分布特点的研究, 显示出喀斯特土壤分布极不均匀, 土被极度破碎, 土壤厚薄分布不均匀, 土壤分布面积与土壤厚度之间没有关联。随着喀斯特石漠化进程的演化, 土壤主要分布在石沟、土面小生境; 土壤侵蚀以渐进形式进行, 表现出石土面小生境土层从有变无, 土壤存

在的小生境演变为石坑, 样地土壤总面积缩小, 土层变薄, 土块小生境数量增加, 而土块的面积缩小; 樵采石漠化进程中土壤的侵蚀主要在樵采时就已经大量发生, 石漠化过程中的侵蚀量变化较小; 开垦石漠化进程中发生剧烈土壤侵蚀, 表明人为开垦种地过程促进了土壤侵蚀的发生。尽管喀斯特土壤土层极薄, 但潜在石漠化区域能够生长高大乔木林, 且植被盖度可达 70% 以上, 意味着普遍认可的喀斯特薄土层不足以支撑这些高大乔木直立生长的观念受到挑战, 对喀斯特土壤厚度的评价需要引起足够重视, 且应该将喀斯特土壤的厚度扩展到存在于岩石裂隙中的土壤空间。

参 考 文 献

- [1] 王世杰. 喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨[J]. 中国岩溶, 2002, 21(2): 101—105
- [2] 王世杰, 李阳兵, 李瑞玲. 喀斯特石漠化的形成背景、演化与治理[J]. 第四纪研究, 2003, 23(6): 657—666.
- [3] 熊康宁. 喀斯特石漠化的遥感—GIS 典型研究[M]. 北京: 地质出版社, 2002
- [4] 王德炉, 朱守谦, 黄宝龙. 贵州喀斯特石漠化类型及程度评价[J]. 生态学报, 2005, 25(5): 1057—1063.
- [5] 张竹如, 李燕, 王林均, 等. 贵州岩溶石漠化地区生态环境恢复的初步研究——贵阳黔灵山的启示[J]. 中国岩溶, 2001, 20(4): 310—314.
- [6] 刘方, 王世杰. 喀斯特石漠化过程土壤质量变化及生态环境影响评价[J], 生态学报, 2005, 25(3): 639—644.
- [7] 卢红梅, 王世杰. 花江小流域石漠化过程中的土壤有机碳氮的变化[J]. 地球与环境, 2006, 34(4): 41—46.
- [8] 周运超, 周习会, 周玮. 贵州岩溶土壤形成及其可持续利用[J]. 山地农业生物学报, 2005, 24(5): 419—425
- [9] 韦启璠. 我国南方喀斯特区土壤侵蚀特点及防治途径[J]. 水土保持研究, 1996, 3(4): 72—76.
- [10] 龙健. 贵州喀斯特地区土壤障碍因素分析及其调控对策[J]. 土壤通报, 2005, 36(5): 795—798
- [11] 朱守谦, 何纪星, 魏鲁明, 等. 茂兰喀斯特森林小生境特征研究[M]. 《喀斯特森林生态研究 II》, 贵阳: 贵州科技出版社, 2003, 38—48.
- [12] 周政贤, 毛志忠, 喻理飞, 等. 贵州石漠化退化土地及植被恢复模式[J]. 贵州科学, 2002, 20(1): 1—6.
- [13] 龙健, 江新荣, 邓启琼, 等. 贵州喀斯特地区土壤石漠化的本质特征研究[J]. 土壤学报, 2005, 42(3): 419—427.
- [14] 郑永春, 王世杰. 贵州山区石灰土侵蚀及石漠化的地质原因分析[J]. 长江流域资源与环境, 2002, 11(5): 61—465.
- [15] 蔡秋, 陈梅琳. 贵州喀斯特山区环境特征与生态系统的恢复和重建[J]. 农业系统科学与综合研究, 2001, 17(1): 49—53.
- [16] 彭琴, 林昌虎, 何腾兵. 贵州省喀斯特山区不同石漠化等级土壤粒级特征研究[J]. 水土保持通报, 2007, 27(2): 29—32.
- [17] 林昌虎, 朱安国. 贵州喀斯特山区土壤侵蚀与环境变异的研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(1): 9—12.
- [18] 苏维词. 贵州喀斯特山区的土壤侵蚀性退化及其防治[J]. 中国岩溶, 2001, 20(3): 217—223.

Spatial Distribution of Soils during the Process of Karst Rocky Desertification

ZHOU Yun-chao^{1,2}, WANG Shi-jie¹, LU Hong-mei^{1,3}

(1 State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 2 Forestry College, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 3. Light Industry College, Guizhou University, Guiyang 550003, China)

Abstract: The spatial distribution characteristics of soils in karst rocky desertification during cultivated and wood-cutting processes were broadly investigated in a 1.2-km² watershed in Huajiang, Guizhou Province, China. Results showed that the spatial distribution soils during karst rocky desertification was extremely asymmetrical; soil cover was extremely fragmental and the distribution areas account for about 5.4% ~ 20.1% and 11.1% ~ 48.5%, respectively. There are significant similarity and discrepancy between cultivated and wood-cutting processes of karst rocky desertification. Discrepancy involved smaller soil distribution area, the number of soil fragments in plot, smaller soil area of each microhabitat during wood-cutting process compared with cultivated process with respect to karst rocky desertification. Simultaneously, similarity is shown in the distribution of soils mainly in gully, soil and rock-soil microhabitats in the area of potential rocky desertification, but gully, soil microhabitats in the area of weak rocky desertification, and gully, soil and stone pit microhabitats in the area of medium and strong rocky desertification. There are some differences in soil thicknesses in the area. Thick soil was mainly distributed in potential rocky desertification plot. Soil became thinner in the process of karst rocky desertification, but at some stages there were no rules. There is not any relationship between soil cover area and thickness, which means that more attention must be paid to soil thickness. High forest can grow well and the vegetation coverage can reach about 70% in a very thin soil layer, implying some misunderstanding of soil thickness. From soil distribution characteristics of karst rocky desertification, soil erosion happened step by step, soil cover area and soil thickness were reduced, soil distribution microhabitat changed from rock to stone pit, pieces of microhabitats increased, and the area of each piece of soil decreased during the process of karst rock desertification. More soil erosion happened during the process of wood-cutting but less in the process of wood-cutting rock desertification, and heavily in the process of cultivated rock desertification, which means that artificial reclamation enhanced soil erosion.

Key words: karst rocky desertification process; soil thickness; evolution characteristics of soil; spatial distribution; soil erosion