

DOI: 10.13758/j.cnki.tr.2020.02.026

白云星, 周运超, 周鑫伟, 等. 喀斯特土壤与喀斯特区域土壤关系的探讨——以贵州省普定县后寨河小流域为例. 土壤, 2020, 52(2): 414–420.

喀斯特土壤与喀斯特区域土壤关系的探讨——以贵州省普定县后寨河小流域为例^①

白云星¹, 周运超^{1*}, 周鑫伟², 张春来³

(1 贵州大学贵州省森林资源与环境研究中心/贵州省高原山地林木培育重点实验室/林学院, 贵阳 550025; 2 贵州省植物园, 贵阳 550002;

3 中国地质科学院岩溶地质研究所/国土资源部、广西壮族自治区岩溶动力学重点实验室/联合国教科文组织国际岩溶研究中心, 广西桂林 541004)

摘 要: 当前喀斯特石漠化治理研究中出现了一个新词汇即喀斯特土壤。通过对喀斯特土壤已发表文献的研究并结合后寨河小流域内 2 755 个土壤剖面信息, 探讨了喀斯特区域内土壤类型及其差异, 对喀斯特土壤进行了定义并辨析了在纯碳酸盐岩地区喀斯特土壤与喀斯特区域土壤的区别。结果表明: 后寨河流域共有石灰土、水稻土和黄壤 3 大土类, 石灰土主要分布在海拔 1 250 m 以上的区域, 且随着海拔的升高, 分布相应增多, 水稻土和黄壤主要分布于海拔 1 350 m 以下的区域; 石灰土主要分布在流域东部峰丛洼地及中、西部山峦上, 水稻土主要分布在流域东部洼地及中部河流西侧, 黄壤分布无明显规律; 不同土类剖面形态特征差异较大, 石灰土平均土壤厚度(49.68 cm)低于水稻土(84.33 cm)和黄壤(85.54 cm), 但石灰土平均石砾含量(7.94 g/kg)却远高于水稻土(4.28 g/kg)和黄壤(4.54 g/kg); 石灰土、水稻土和黄壤的土壤厚度与坡度均呈负相关关系, 平均坡度分别为 18.92°、1.52°和 3.23°。根据喀斯特的定义, 喀斯特土壤应是喀斯特岩石发育形成的石灰土, 而不应理解为分布在喀斯特区域的土壤, 但大量文献中存在着对喀斯特土壤定义混淆的现象, 辨别二者对石漠化治理具有重要意义。普定后寨河小流域土壤剖面信息也证明纯碳酸盐岩区域不仅仅有石灰土, 还存在其他土壤类型, 因此喀斯特区域土壤包含喀斯特土壤和非喀斯特土壤, 而喀斯特土壤应特指由碳酸盐岩发育形成的石灰土。正确认知土壤的基本属性、土壤与植被的关系和土壤与母岩的关系, 可以更好地辨别二者。

关键词: 喀斯特土壤; 喀斯特区域土壤; 石灰土; 石漠化

中图分类号: S155.2; S714.4 **文献标志码:** A

Differentiating Karst Soil and Soil in Karst Region——A Case Study of Houzhai River Watershed in Puding County of Guizhou Province

BAI Yunxing¹, ZHOU Yunchao^{1*}, ZHOU Xinwei², ZHANG Chunlai³

(1 Institute for Forest Resources & Environment of Guizhou/Guizhou Plateau Mountain Forest Cultivation Key Laboratory/College of Forestry, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2 Guizhou Botanical Garden, Guiyang 550002, China; 3 Institute of Karst Geology, CAGS/Key Laboratory of Karst Dynamics, MLR & GZAR/The International Research Center on Karst under the Auspice of UNESCO, Guilin, Guangxi 541004, China)

Abstract: Karst soil, a new vocabulary, appeared currently in the study of karst rocky desertification governance. Through analyzing literatures on karst soil and combining with the information of 2 755 soil profiles in the Houzhai River Watershed in Puding County of Guizhou Province, the soil types and their differences were explored, the correct definition of karst soil was established, and the differences between karst soil and soil in karst region in pure carbonate rock area was distinguished. The results showed that there are three major soil groups in the Houzhai River Watershed: limestone soil, paddy soil and yellow soil, the limestone soil is mainly distributed in the areas above the altitude of 1 250 m, and increasing with the increase of altitude. Paddy soil and yellow soil are mainly distributed in areas below 1 350 m in altitude. Limestone soil is mainly distributed in the peaks and depressions in the east of the watershed and in the mountains in the middle and west of the watershed. Paddy soil is

^①基金项目: 贵州省一流学科建设项目(GNYL[2017]007)、中国地质科学院岩溶地质研究所地质调查委托项目(YR-JJHT-2017-206)、黔科合基础[2017]1018 和贵州省“百层次”培养计划项目(QKHRC-2015-4022)资助。

* 通讯作者(yc409@163.com)

作者简介: 白云星(1994—), 贵州都匀人, 博士研究生, 主要从事水土保持与荒漠化防治研究。E-mail: 2908338113@qq.com

mainly distributed in the depressions in the east of the watershed and the west of the middle rivers, but the yellow soil is distributed irregularly in the watershed. There are great differences in the profile morphological characteristics in the three soil groups. The average pedon thickness of limestone soil (49.68 cm) is lower than those of paddy soil (84.33 cm) and yellow soil (85.54 cm), but the average gravel content of lime soil (7.94 g/kg) is much higher than those of paddy soil (4.28 g/kg) and yellow soil (4.54 g/kg); Soil thickness is negatively correlated with slope for the three soil groups, and the average slope was 18.92° for lime soil, 1.52° for paddy soil and 3.23° for yellow soil. According to the definition of karst, karst soil should be defined as a calcareous soil derived from karst rocks, not soils distributed in karst region. However, lots of literatures confound the definition of karst soil, so differentiating karst soil and soils in karst region is of great significance to the management of rocky desertification. Soil profile data from the Houzhai River Watersheds indicate that in the pure carbonate area there is not only calcareous soil but also other soil types. Therefore, soils in karst region contains karst soil and non-karst soil, karst soil should specifically be referred to calcareous soil derived from carbonate rocks. It can better distinguish karst soil and soils in karst region by correct understanding of soil basic properties, the relationship between soils and vegetation, and the relationship between soils and parent rocks.

Key words: Karst soil; Soil in karst regions; Calcareous soil; Rocky desertification

喀斯特石漠化是我国最严重的生态环境问题之一^[1-2],它是脆弱的生态环境和不合理的人类活动导致类似荒漠化景观为标志的土壤退化过程。自2008年以来,喀斯特石漠化治理被纳入我国社会经济发展建设中一项重要内容,虽然为此投入了大量的人力物力^[3-4],但当前喀斯特石漠化现象仍然不容乐观,截至2015年喀斯特石漠化面积仍高达9.2万 km^2 ^[5],石漠化严重制约着喀斯特地区可持续性发展,直接威胁着两江流域生态安全^[6]。

随着石漠化的加剧,喀斯特土壤流失明显,支撑植物生长的能力被严重削弱,导致植被退化,进而使喀斯特土壤的基本结构受到破坏。土壤贫瘠、持水能力下降、植物受到频繁的恶化环境胁迫,导致植被无法正常生长或最终走向死亡,增加喀斯特石质荒漠化的风险,进一步导致喀斯特生态系统的崩溃,这些都直接或间接造成了对喀斯特土壤资源生产力及可持续性的严峻挑战^[7-9]。喀斯特石漠化的本质是喀斯特土壤的物质组成、理化性质和生产性能从根本上发生变化,进而环境恶化,岩石大面积裸露^[7,10]。而土地利用方式、人为活动及干扰程度对喀斯特土壤的变化有着显著的影响^[11]。因此喀斯特土壤的改善和合理利用是土壤可持续能力和生产力提高的重要体现,更是喀斯特石漠化治理的关键。目前,植被恢复已成为喀斯特山区防治石漠化和促进生态可持续性发展的重要措施,其物种选择必须遵循“适地适树”的原则^[12],若违背这一原则,必将导致植被恢复的失败。明晰喀斯特土壤类型成为有效控制石漠化发展和改善生态环境的必要前提。

通过中国知网检索已发表的文献,结果表明,文

献篇名直接使用“喀斯特土壤”的有34篇,间接使用“喀斯特土壤”的高达3613篇。随着石漠化研究的深入,“喀斯特土壤”已然成为一个重要的词汇受到了研究者越来越多的关注,因此,喀斯特土壤的科学性解释将是未来喀斯特地区极具价值性的研究问题,对于喀斯特石漠化防治和生态修复具有重要的意义。为此,本研究以后寨河流域土壤为例,充分了解喀斯特区域内土壤类型及其差异,试图阐述喀斯特土壤的正确定义,辨析在纯碳酸盐岩地区喀斯特土壤与喀斯特区域土壤的区别,为今后喀斯特地区的研究提供更好的导向及参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

后寨河小流域位于贵州省普定县,属于高原型喀斯特小流域,流域面积为75 km^2 (其中,陆地面积占98.89%,水域面积占1.11%),覆盖城关镇、马官镇和白岩镇等地,地理位置在 $105^\circ40'43'' \sim 105^\circ48'2''\text{E}$, $26^\circ12'29'' \sim 26^\circ17'15''\text{N}$,海拔在854.1~1567.4 m,气压在806.1~883.8 hPa。年均气温为 15.3°C ,年均降雨量为1170.9 mm以上,年蒸发量为920 mm。流域内分布地层为T2g,属中三叠关岭组地层,该地层为石灰岩、白云岩和泥灰岩3种类型的岩石。土壤主要有石灰土、黄壤和水稻土。植被主要有柏木(*Cupressus funebris* Endl.)、构树(*Broussonetia papyrifera*)、响叶杨(*Populus adenopoda* Maxim)、香椿(*Toona sinensis* (A. Juss.) Roem.)等;灌木主要有火棘(*Pyracantha floribunda*)、月月青(*Iteadifolia*)、小果蔷薇(*Rosa cymosa*)等;农作物主要有水稻(*Oryza-*

tiva *Oryzaglaberrima*)、玉米(*Zea mays* Linn. Sp.)、大豆(*Glycine max*(Linn.)Merr)、向日葵(*Helianthus annuus*)等。

1.2 样品采集

利用地理信息系统 ArcGIS 10.3 对研究区 1 : 10 000 地形图进行网格法样点布设, 网格面积为 0.15 km × 0.15 km, 在网格中心设置样点 3 333 个, 因河流、公路、房屋等因素的影响, 实际样点 2 755 个。基于研究区地形图与野外实地调查, 在每个样点处挖掘 1 m 深的土壤剖面, 土壤厚度不足 1 m 时挖掘至基岩深度, 土壤样品自上而下分层采集, 用自封袋装好并编号后带回实验室。

1.3 样品处理及测定

每个采样点需记录土壤、母岩、坡度及所处位置等信息, 并测定土壤厚度和石砾含量等指标。

1.4 数据分析

研究数据利用 ArcGIS 10.3、Microsoft Excel 2007、SPSS19.0 等软件进行处理和分析。

2 结果与分析

2.1 不同土类在空间分布上的差异

根据《中国土壤分类系统》^[13], 对 2 755 个采样点数据进行统计分析, 流域内共有石灰土、水稻土和黄壤 3 大土类(图 1)。其中, 石灰土包括黑色石灰土、黄色石灰土、大土泥、小土泥、白大土泥、白沙土 6 大土属, 水稻土包括大泥田和黄泥田 2 个土属, 黄壤仅有黄泥土 1 个土属。在整个后寨河流域内, 由于地形地貌复杂、成土母质多样, 各属性土壤相间分布且空间差异性较大。黑色石灰土与黄色石灰土主要

分布在流域东部峰丛洼地及中部和西部的山峦之上。黄泥田与大泥田主要分布在流域东部洼地区域及中部河流西侧, 其余属性土壤分布较散, 无明显规律。基于各土属的样点数, 后寨河流域土壤分布概率从高到低依次为: 黑色石灰土(19.06%)、黄泥土(16.84%)、小土泥(15.86%)、黄色石灰土(14.63%)、黄泥田(10.64%)、大土泥(8.17%)、大泥田(6.46%)、白大土泥(4.54%)和白砂土(3.81%)。

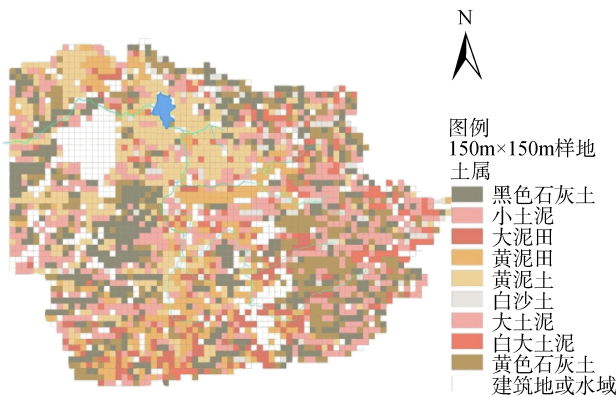


图 1 后寨河流域土壤类型空间分布特征
Fig. 1 Spatial distribution of soil types in Houzhai River Watershed

2.2 不同土类在土壤剖面上的差异

据野外调查, 流域内不同类别土壤的剖面形态差异较大(表 2)。石灰土往往缺少淀积层, 其土层较薄; 黄壤土层连续, 土体厚重; 水稻土受人为干扰较大。土壤剖面是土壤内在性质的外部表现, 是成土因素长期作用的历史记录, 通过土壤剖面能够更好地识别喀斯特区域内的土壤类型。

表 1 不同土类土壤剖面特征
Table 1 Profile features of different soil groups

土类	土体结构	主要剖面特征
石灰土	A-D 或 A-AB-D	土层浅薄, 坡面上石灰土厚度在 30 ~ 50 cm, 泥灰岩发育的石灰土稍厚; 腐殖层较为明显, 呈暗棕色至灰黑色, 厚度差别较大, 质地黏重; 淀积层(往往缺失)为块状或棱块状, 土壤紧实黏重, 暗色的腐殖层仅经过色泽稍淡的过度即达母岩
水稻土	Aa-Ap-G 或 Aa-G	受人为活动影响, 耕作层颜色较深, 疏松多孔, 在 20 cm 以上; 犁底层厚度在 10 cm 左右, 因受农具挤压, 土壤紧实, 多为片状或扁平块状
黄壤	A ₀ -A-B-C	全土层呈现均匀的黄色至蜡黄色, 腐殖质层较厚, 10 ~ 20 cm 或更厚; 淀积层质地黏重, 有时出现铁质结核, 此层土壤厚度变化较大, 15 ~ 100 cm 不等

后寨河流域土壤类型多样, 且地带性土壤与非地带性土壤的厚度差异较大(表 2)。不同土壤类型土壤厚度平均值大小为: 黄壤(85.84 cm)>水稻土(84.33 cm)>石灰土(49.68 cm)。从变异系数来看, 不同土壤类型的土壤厚度变异系数大小不同, 其范围在

27.77% ~ 60.37%, 石灰土相较其他土壤呈现出较强的变异。

2.3 不同土类在坡度分布上差异

流域内不同土壤类型的分布坡度差异较大(图 2)。不同土壤类型与坡度均呈显著负相关关系, 石灰土在

表 2 不同土类土壤厚度
Table 2 Pedon thickness of different soil groups (cm)

土类	样点数	土壤厚度范围(cm)	最小值(cm)	最大值(cm)	平均值(cm)	变异系数(%)	偏度系数	峰度系数
石灰土	1 811	95	5	>100	49.68	60.37	0.508	-1.08
水稻土	489	87	13	>100	84.33	29.62	-1.316	0.27
黄壤	475	93	7	>100	85.84	27.77	-1.784	2.21

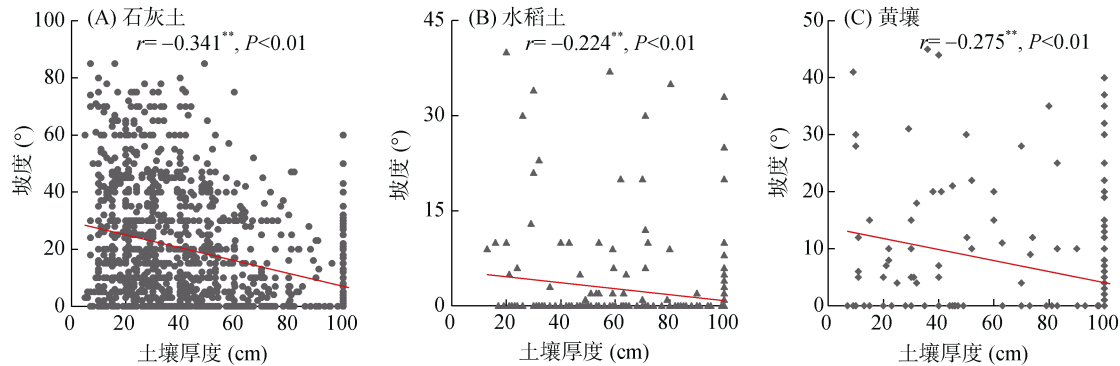


图 2 后寨河流域不同土壤类型与坡度的关系
Fig. 2 Relationship between soil groups and slope in Houzhai River Watersheds

0~85° 均有分布(A), 水稻土分布于 0~40°(B), 黄壤分布于 0~45°(C)。基于样点数, 流域内石灰土、水稻土和黄壤分布的平均坡度分别为 18.92°、1.52° 和 3.23°。说明流域内石灰土从地势平缓到陡峭的区域均有分布, 而水稻土和黄壤主要分布于地势平缓的区域。

2.4 不同土类在海拔分布上的差异

流域内海拔范围在 854.1~1 567.4 m, 其中石灰土主要分布在 1 250 m 以上的区域(图 3), 在流域内随着海拔的升高, 石灰土的分布相应增多; 水稻土和黄壤主要分布于 1 350 m 以下, 海拔>1 350 m 区域分布较少。相关性分析表明, 不同海拔地区的石灰土与水稻土、黄壤的差异显著, 即海拔的不同, 导致了后寨河流域土壤资源分布上的差异。随着海拔的升高, 地理气候环境恶劣, 植物生长越发困难, 降雨带来的水土流失逐渐加重, 针对不同的土壤类型应因地制宜选择相应的水土保持措施, 从而科学地保护土地资源。

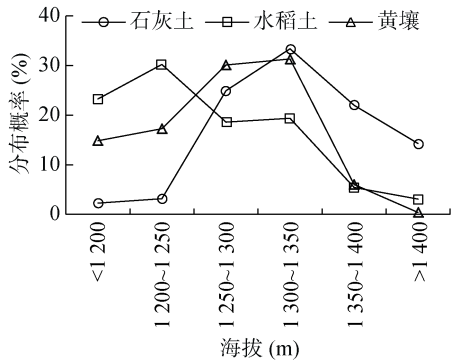


图 3 后寨河流域不同海拔土壤类型分布
Fig. 3 Altitude distribution of soil groups in Houzhai River Watershed

2.5 不同土类在石砾含量上的差异

流域内石灰土石砾含量与水稻土、黄壤差异性较大(图 4), 在 0~100 cm 土层中, 石灰土、水稻土和黄壤的平均石砾含量分别为 7.94、4.28、4.54 g/kg。随着土壤深度的增加, 不同土壤类型的石砾含量均有所减少, 但变化幅度有所差异。

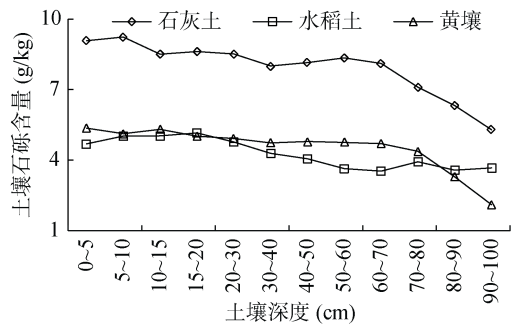


图 4 后寨河流域不同土类石砾含量特征
Fig. 4 Gravel contents in pedons of soil groups in Houzhai River Watershed

3 讨论

3.1 喀斯特土壤

随着石漠化研究的深入, 喀斯特土壤已然成为当前研究的重要内容, 但根据《中国土壤分类系统》的查阅, 并未对喀斯特土壤进行描述。而喀斯特即指碳酸盐岩发育演化而形成的具有特殊地上-地下二元结构的地貌类型^[14-15]。喀斯特土壤的一般理解应是喀斯特岩石发育形成的土壤, 因此喀斯特土壤的正确理解是碳酸盐岩(主要是石灰岩和白云岩)发育形成的石

灰土。

在气候条件的影响下,碳酸盐岩受到强烈的岩溶作用使得石灰土长期饱含钙素和受到高 pH 影响,盐基饱和度高,成土速度缓慢,使土壤处于相对年幼阶段。石灰土淋溶作用不充分,富铝化特征不显著,按淋溶作用的强弱可以细分为黄色石灰土、棕色石灰土、红色石灰土和黑色石灰土等 4 个亚类^[16]。各亚类因母岩、海拔、植被、地理环境等外界因素制约,分布区域又有所不同。研究表明方解石是石灰土的主要成分,可和含 CO₂ 的水产生重碳酸盐随水而流失,剩下一些不易溶解的物质残留形成土壤,因此在岩溶环境中土壤形成的年份较长。喀斯特流域内石灰土多发育于岩溶丘陵山地,其土层较薄,土壤石砾含量较高,因地形坡度较大,面蚀相对严重,加之喀斯特地区特殊的二元水文结构使得土壤产生漏失现象^[17-18],一旦生态环境遭到破坏,在水流的冲刷下加剧基岩裸露,形成石质山地,从而使石灰土保持在相对年幼阶段。石灰土剖面构型简单,腐殖层明显,呈暗棕色至灰黑色,厚度差别较大,一般为 30~50 cm,由于地形原因导致部分样点土层较厚。石灰土大多具有团粒结构,质地黏重;淀积层为块状或棱块状,紧实黏重,但往往缺失;暗色的腐殖质层仅仅经过色泽稍淡的过度即达母岩。研究发现未被破坏的原生植被多为喜钙的常绿阔叶林或灌草丛草本植物,但现存较少,目前主要以人工种植为主,有柏木、青冈栎、朴树等。

因此,正确认识喀斯特土壤,对其现存植被和土壤的保护具有重要意义。

3.2 喀斯特土壤与喀斯特区域土壤辨析

贵州省喀斯特面积占全省土地总面积的 73.60%,全省 95% 的县(市)均有喀斯特分布^[19-20],而由碳酸盐岩发育形成的石灰土却只占全省土地总面积的 17.90%(不含碳酸盐发育形成的水稻土),境内还主要分布着黄壤、红壤、黄棕壤、棕壤、潮土、水稻土等土壤类型^[20-21]。本研究对高原型喀斯特小流域贵州省普定县后寨河流域的调查同样证明了纯碳酸盐岩区域不仅仅有石灰土,还存在着大量的水稻土及黄壤(图 1)。在 2 755 个有效剖面中,有石灰土即喀斯特土壤 1 811 个,主要分布于东部峰丛洼地及中部与西部的山脉之上;水稻土 489 个和黄壤 475 个主要分布在东部洼地和中部的河流两侧,非喀斯特土壤占总样点数的 35%。55.26% 的喀斯特土壤由石灰岩发育,39.79% 由白云岩发育,其余 5.01% 由泥灰岩发育;水稻土及黄壤主要由第四纪黄黏土和砂页岩发育。基于以上信息,喀斯特区域不仅存在喀斯特土壤(石灰

土),还包含了非喀斯特土壤(水稻土、黄壤等)。本研究通过空间范围、土壤剖面、分布坡度、海拔高度和土壤石砾含量等方面佐证了喀斯特土壤与其他类型土壤之间存在较大差异,因此为了更好地区别喀斯特土壤,喀斯特区域内由其他成土母质发育形成的地带性土壤应该称为“喀斯特区域土壤”,而喀斯特土壤应特指由碳酸盐岩发育形成的石灰土。

查阅分析喀斯特土壤研究文献,发现存在着大量对喀斯特土壤定义混淆的现象^[22-26]。喀斯特地区的土壤不可混为一谈都称之为“喀斯特土壤”,这不仅导致其研究结果的不可靠性,还可能导致人们将其研究中不确定的认知引用到喀斯特地区的科学研究和生产实践中。混淆“喀斯特土壤”概念的文献,其主要体现在对于土壤类型、土壤与岩性、土壤与植被的理解不充分,误认为研究区设定在喀斯特区域,其土壤必与喀斯特土壤产生联系,例如部分研究者对喀斯特森林生态系统进行研究,其土壤类型与基岩类型、土壤类型与森林类型产生矛盾的现象^[22-26](酸性土壤却发育于碳酸盐岩,碱性土壤上却生长着马尾松林),导致其研究结果不属于喀斯特土壤范畴;关于部分土壤碳的研究中,没有明确理解喀斯特土壤与喀斯特区域土壤之间的区别,从而将喀斯特地区出现的红壤归纳进典型喀斯特土壤^[27-28];再有研究者将其调查区域设定在白云岩地区,其土壤剖面信息均为黄壤和黄棕壤,与石灰土毫无相干,但研究结果都冠以喀斯特土壤及其相关性^[29]。类似的关于混淆喀斯特土壤的文献还有许多^[30-35],其特点为:①将喀斯特地区,非碳酸盐岩发育形成的土壤当成喀斯特土壤(如:将黄壤、第四纪红色黏土、紫色土、水稻土等误认为属于喀斯特土壤);②误以为喀斯特区域的土壤都是碳酸盐岩发育(如:将红壤、砂质黏土、黄壤等误认为属于碳酸盐岩发育形成);③文中所述土壤的母岩和土类符合喀斯特土壤,但其植被却有矛盾之处(如:石灰岩发育形成的喀斯特土壤,却生长着马尾松、枫香等矛盾的现象);④非土壤学、地质学专业背景的相关文献,容易误用“喀斯特土壤”一词。正确辨析两者的意义在于石漠化植被恢复的重要原则——适地适树。土壤是植物生长的基础、是恢复区立地的本质,石漠化地区物种选择必须考虑土壤与植被的关系^[36],不同植被因地制宜搭配种植才能提高石漠化地区造林效果和水土保持效益,若对喀斯特土壤认知存在偏差将会导致石漠化造林树种选择的不确定性、盲目性,增大植被恢复的难度,同时降低石漠化区域治理的综合效益,甚至导致石漠化治理失败^[37]。

在喀斯特地区可以从以下两种视角出发,判别喀斯特土壤与喀斯特区域土壤:①从土壤与母质分布的视角出发。土壤固体部分体积 90% 的矿物质均由母岩风化而来,母岩又将其性状遗传给母质,母质的性状又可以遗传给土壤,因此土壤与母岩关系相当密切,在发育程度较低的土壤中尤为明显^[38]。发育在碳酸盐岩母质上的土壤,由于碳酸盐岩溶蚀作用能不断释放出钙质,对土壤形成过程中产生的酸性物质起中和作用,因此限制了土壤酸化,降低土壤的发育速度,致使发育的土壤处在幼年阶段。与之相反,喀斯特地区发育于砂页岩等酸性母质上的土壤,因为土壤发育过程中产生的酸性物质被保留下来,土壤的富铁铝化作用明显,使土壤更容易向地带性土壤演变。因此,母质对土壤形成尤为重要,不仅影响土壤的理化性质,更影响土壤发育的速度,甚至在某些条件下影响土壤形成的方向。贵州碳酸盐岩母质与非碳酸盐岩母质(砂、页岩)呈现相间带状分布,因此出现了贵州地带性土壤与非地带性土壤(石灰土即喀斯特土壤)交错分布的规律^[21]。②从土壤基本属性的视角出发。石灰土的 pH 呈中性、微碱性,盐基饱和度 > 50%,土层薄,质地黏重,富含钙质,有机质含量高(钙-腐殖质)^[39-40];具有碳酸盐岩性特征,受气候条件影响,分为黑色石灰土、棕色石灰土、黄色石灰土、红色石灰土 4 个亚类;原生植被为常绿阔叶林或灌丛草本植物,其生长植物特性为喜钙,适应中性、弱碱性生长环境,如青冈栎、构树、朴树、云南樟等。红壤铁铝聚集、质地较黏重、pH 呈酸性、盐基饱和度低;其成土母质多样,主要有第四纪红色黏土、砂页岩,变质岩的风化物;发育于水热条件较好的地段,因而母岩风化和淋溶作用较强,脱硅富铝化过程彻底;未被破坏的红壤剖面层次分明,原生植被为偏湿性亚热带常绿阔叶林,以栲属、石栎属和冈栎属占优势,少数有马尾松、杉、云南松等组成次生林;人工植被以松、杉和油茶、油桐等经济林分为主。黄壤呈酸性,土层湿润,含水量较高,富含磷、钾等矿质养分,是贵州省面积最大的地带性土壤;发育于不同母质,以花岗岩、砂页岩为主,此外还有第四纪红色黏土;由于成土条件的限制,极少量黄壤来自隧石灰岩、硅质白云岩和泥质白云岩;土壤坡面具有明显的发生层次;原生植被主要是亚热带常绿阔叶林,但保存较少,被破坏后为次生针叶林、针阔叶混交林和灌丛草被,植被以喜酸性植物为主,常见树种为马尾松、杉木、木兰、枫香、光皮桦,次生栎类灌丛、蕨类草本(如铁芒箕)。

因此,喀斯特土壤与喀斯特区域土壤具有本质上的区别,喀斯特土壤就是石灰土的另一种称呼,而喀斯特地区非碳酸盐岩发育形成的土壤应称之为喀斯特区域土壤。在辨析两者时,应当从土壤的母质、土壤上所生长的植物和土壤相关属性进行判别。

4 结论

“喀斯特土壤”这一词汇已成为石漠化治理和生态恢复中,众多学科和研究机构聚焦的热点。《中国土壤分类系统》并未对喀斯特土壤进行明确定义,因而根据喀斯特的定义喀斯特土壤应是石灰土的另一种说法,但相关文献中喀斯特土壤与石灰土相去甚远,这将导致其认知存在不可靠性,造成石漠化治理效果不理想。对后寨河流域的相关调查充分证明纯碳酸盐岩区域不仅仅只有石灰土,还存在由其他成土母质(如第四纪黄黏土和砂页岩)和人为水耕熟化等原因形成的非喀斯特土壤。喀斯特土壤与非喀斯特土壤间差异较大,对于非碳酸盐岩发育形成的土壤应当称之为“喀斯特区域土壤”,在辨析两者时应从土壤基本属性和土壤与母质关系的视角出发,更好地区分二者,确保石漠化恢复工作的科学性。

参考文献:

- [1] 张珍明,周运超,田潇,等.喀斯特小流域土壤有机碳空间异质性及储量估算方法[J].生态学报,2017,37(22): 7647-7659.
- [2] 周运超,王世杰,卢红梅.喀斯特石漠化过程中土壤的空间分布[J].地球与环境,2010,38(1): 1-7.
- [3] 熊康宁,李晋,龙明忠.典型喀斯特石漠化治理区水土流失特征与关键问题[J].地理学报,2012,67(7): 878-888.
- [4] Xu E, Zhang H, Li M. Mining spatial information to investigate the evolution of karst rocky desertification and its human driving forces in Changshun, China[J]. Science of the Total Environment, 2013, 458-460(2013): 419-426.
- [5] 蒋忠诚,罗为群,童立强,等.21世纪西南岩溶石漠化演变特点及影响因素[J].中国岩溶,2016,35(5): 461-468.
- [6] Peng W X, Wang K L, Song T Q, et al. Controlling and restoration models of complex degradation of vulnerable karst ecosystem[J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(2): 811-820.
- [7] 龙健,廖洪凯,李娟,等.基于冗余分析的典型喀斯特山区土壤-石漠化关系研究[J].环境科学,2012,33(6): 2131-2138.
- [8] Smith P, Orr H G. The role of ecosystems and their management in regulating climate, and soil, water and air quality[J]. Journal of Applied Ecology, 2013, 50(4): 812-829.

- [9] Team C W, Pachauri R K, Meyer L A. Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change[J]. Journal of Romance Studies, 2014, 4(2): 85–88.
- [10] 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.
- [11] 盛茂银, 刘洋, 熊康宁. 中国南方喀斯特石漠化演替过程中土壤理化性质的响应[J]. 生态学报, 2013, 33(19): 6303–6313.
- [12] 张军以, 戴明宏, 王腊春, 等. 西南喀斯特石漠化治理植物选择与生态适应性[J]. 地球与环境, 2015, 43(3): 269–278.
- [13] 张维理, 徐爱国, 张认连, 等. 土壤分类研究回顾与中国土壤分类系统的修编[J]. 中国农业科学, 2014, 47(16): 3214–3230.
- [14] 张珍明, 周运超, 李会, 等. 喀斯特小流域土壤有机碳分布特征及其影响因素[J]. 地球与环境, 2017, 45(1): 38–45.
- [15] 周运超, 罗美. 喀斯特小流域土壤厚度的影响因素[J]. 山地农业生物学报, 2017, 36(03): 1–5, 101.
- [16] 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): 461–465.
- [17] 彭旭东, 戴全厚, 杨智, 等. 喀斯特山地石漠化过程中地表地下侵蚀产沙特征[J]. 土壤学报, 2016, 53(5): 1237–1248.
- [18] 严友进, 戴全厚, 伏文兵, 等. 喀斯特坡地裸露心土层产流产沙模拟研究[J]. 土壤学报, 2017, 54(3): 545–557.
- [19] Liu Z H, Dreybrodt W, Wang H J. A possible important CO₂ sink by the global water cycle[J]. Chinese Science Bulletin, 2008, 53(3): 402–407.
- [20] 廖洪凯, 龙健. 喀斯特山区不同植被类型土壤有机碳的变化[J]. 应用生态学报, 2011, 22(9): 2253–2258.
- [21] 黄会前, 何腾兵, 牟力. 贵州母岩(母质)对土壤类型及分布的影响[J]. 浙江农业科学, 2016, 57(11): 1816–1820.
- [22] 王立志. 贵州省白云岩地区土壤—植被系统分类研究[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2008.
- [23] 罗国涛, 王健祥, 袁玮. 凯里市不同土壤马尾松林的大型真菌调查[J]. 凯里学院学报, 2008, 26(3): 52–55.
- [24] 丁访军, 高艳平, 吴鹏, 等. 喀斯特地区 3 种林型土壤呼吸及其影响因子[J]. 水土保持学报, 2010, 24(3): 217–221, 237.
- [25] 韦小茶, 周秋文, 崔兴芬, 等. 喀斯特针叶林枯落物层水文效应[J]. 生态科学, 2017, 36(4): 120–127.
- [26] 丁访军, 潘忠松, 周凤娇, 等. 黔中喀斯特地区 3 种林型土壤有机碳含量及垂直分布特征[J]. 水土保持学报, 2012, 26(1): 161–164, 169.
- [27] 葛云辉. 喀斯特土壤有机碳矿化与微生物对外源碳酸钙和有机物质的响应[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2012.
- [28] 胡乐宁, 苏以荣, 何寻阳. 西南喀斯特地区典型土壤碳通量原位监测的研究[J]. 水土保持通报, 2013, 33(3): 109–113.
- [29] 孙永丽. 白云岩地区土壤退化机理研究[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2006.
- [30] 张红辉. 典型岩溶区土壤细菌多样性与碳酸酐酶活性及基因克隆研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2013.
- [31] 林钰. 喀斯特土壤中接种 AMF 对金橘抗旱性的影响[D]. 桂林: 广西师范大学, 2014.
- [32] 李孝良. 贵州喀斯特石漠化演替阶段土壤质量属性变化特征[D]. 南京: 南京农业大学, 2011.
- [33] 杨大星, 杨茂发, 徐进. 生态恢复方式对喀斯特土壤节肢动物群落特征的影响[J]. 贵州农业科学, 2013, 41(2): 91–94.
- [34] 丁访军, 聂洋, 高艳平, 等. 黔中喀斯特地区 5 种林型冬季土壤呼吸研究[J]. 水土保持通报, 2010, 30(01): 11–16.
- [35] 肖兴艳, 张雷一, 刘方, 等. 两种土壤改良剂对 3 种牧草生长及土壤含水量的影响[J]. 草业科学, 2015, 32(11): 1887–1891.
- [36] 郭柯, 刘长成, 董鸣. 我国西南喀斯特植物生态适应性与石漠化治理[J]. 植物生态学报, 2011, 35(10): 991–999.
- [37] 吴俊文, 刘珊, 李吉跃, 等. 干旱胁迫下广东石漠化地区造林树种光合和耗水特性[J]. 生态学报, 2016, 36(11): 3429–3440.
- [38] 廖德平, 龙启德. 贵州林业土壤[J]. 贵州林业科技, 1997(4): 1–66.
- [39] 张明江, 龙健, 李娟, 等. 生物质炭对茂兰喀斯特森林土壤呼吸与有机碳的影响[J]. 土壤, 2018, 50(2): 333–340.
- [40] 邱虎森, 苏以荣, 黎蕾, 等. 典型喀斯特高原坡地土壤养分分布及其影响因素[J]. 土壤, 2013, 45(6): 985–991.