

西南地区喀斯特干热河谷地带不同植被类型下 小生境土壤碳氮分布特征^①

廖洪凯¹, 龙 健^{1*}, 李 娟², 杨江江^{1,2}, 冯业强¹

(1 贵州师范大学贵州省山地环境重点实验室, 贵阳 550001; 2 贵州师范大学地理与环境科学学院, 贵阳 550001)

摘 要: 通过对西南地区典型喀斯特干热河谷地带乔木林、灌木林及草丛下所覆盖的土面、石面、石沟、石洞、石缝、石槽和石坑 7 类小生境土壤样品碳氮含量分布特征进行研究, 结果表明: 研究区域内小生境表层土壤中有机碳和全氮的含量分别介于 10.6 ~ 103.7 g/kg 和 1.16 ~ 6.39 g/kg 之间, 变幅较大; 不同植被类型下小生境土壤碳氮的含量分布存在明显差异, 乔木林下小生境土壤碳氮平均含量较草丛增加 100% 以上, 灌木林下小生境土壤碳氮的空间变异性最小, 小生境土壤碱解氮在各植被类型下服从正态分布, 有机碳及全氮则服从右偏态分布; 小生境相对开放的土面、石面、石坑及石沟普遍较石槽、石缝及石洞土壤有机碳和全氮的含量高, 而碱解氮的变化规律不明显。在同种植被类型下, 土壤有机碳与全氮、碱解氮、速效磷和碳氮比均表现出良好的相关性。

关键词: 喀斯特小生境; 干热河谷; 土壤有机碳; 氮

中图分类号: S153.6

在陆生生态系统中, 土壤中的有机碳、氮是土壤质量表征的核心, 也是土壤质量评价和土地可持续利用管理必须考虑的重要指标^[1-3]。土壤有机碳、氮作为土壤微生物能源和最主要营养元素, 不仅驱动土壤碳、氮、磷、硫等养分转化和循环, 影响土壤性质及养分供应能力^[4], 而且调节和影响岩溶作用及生态系统的演替。对其研究不仅有助于揭示土壤的生产力水平, 同时对于评估区域、陆地、全球等不同尺度下的土壤退化也极其重要^[5]。

贵州是我国喀斯特发育最为完善的省份, 特殊的地质背景造就其相对脆弱的生态环境, 加之长期不合理的人为活动影响, 致使喀斯特环境不断恶化, 严重制约了区域经济的发展^[6]。花江干热河谷位于贵州西南部, 这里基岩出露, 养分贫乏, 土壤结构松散, 风化剥蚀作用剧烈, 土被连续性差, 生境支离破碎, 植被稀疏分布在土面、石沟及石坑等小生境中。长期以来过度开发及超载过牧, 使得该地区一度处于极度石漠化的边缘。近年来, 关于该地区生态修复与重建的研究受到了广泛的关注, 但大多数研究致力于单一植

被类型下或石漠化过程中土壤性质变化^[7-8], 而对植被恢复过程中土壤碳氮的研究还鲜有报道。同时, 对于复杂小生境组合的岩溶地区, 即使对于同一地点有机碳进行分析研究, 不同研究者所得的结果差异很大^[9-11]。因此, 研究小生境土壤中碳氮的变化, 有助于进一步深入了解喀斯特地区土壤碳氮的空间分布特征。

本文选取贵州西南部喀斯特山区花江干热河谷内乔木林、灌木林和草丛 3 种植被类型覆盖下的 7 类小生境(土面、石面、石沟、石坑、石缝、石槽、石洞)为研究对象, 调查和分析了小生境土壤有机碳氮的变化特征, 旨在为进一步认识喀斯特地区土壤养分的空间分布特征及生态恢复与重建提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

研究区域位于贵州省安顺地区关岭县花江干热河谷小流域内(N 25°38.988' ~ 25°40.322', E 105°43.031' ~ 106°45.505'), 海拔在 580 ~ 800 m 间, 该地区碳酸岩

①基金项目: 国家自然科学基金项目(40971160)、贵州省科学技术基金项目(黔科合J字[2011]2046号)、贵州省优秀青年科技人才培养对象专项资金项目(黔科合人字[2009]21号)和贵州省高层次人才科研特助经费项目(TZJF-2008-40号)资助。

* 通讯作者(longjian22@163.com)

作者简介: 廖洪凯(1987—), 男, 广西桂林人, 硕士研究生, 主要从事土壤环境化学方面研究。E-mail: liaohongkai@163.com

盐广布, 河流深切, 地下水深埋, 热量丰沛, 降水分布极其不均, 5 至 10 月降水量达全年降水量的 83%, 气候垂直变异明显, 海拔 850 m 以下为南亚热带干热河谷气候, 900 m 以上为中亚热带河谷气候。调查区域内成土母岩以白云质灰岩、泥质灰岩为主, 土壤类型多以黑色石灰土和棕黄色石灰土为主。乔木林主要生长有香椿 (*Toona sinensis*)、圆果化香 (*Plotycarya longipes*)、核桃 (*Juglans regia*) 和小叶榕 (*Ficus concina*); 灌木林中主要生长有花椒 (*Zanthoxylum bungeanum*)、火棘 (*Pyracantha floruneana*)、小蔷薇果 (*Rosa cymosa*); 草丛以五节芒 (*Miscanthus floridulus*)、扭黄茅 (*Heteropogon contortus*)、狗牙根 (*Cynodon dactylon*) 为优势种。该区域植被覆盖率小于 5%, 岩石裸露率为 70% 以上, 发育有较完善的土面、石面、石沟等小生境类型。

1.2 样品采集及分析方法

2010 年 7 月, 通过对野外植被和土壤的调查, 选取了地形地貌相对一致的山坡中下部, 在选取的 2 块

乔木林、3 块灌木林、2 块草丛上, 分别设置了 20 m×20 m 样地, 根据样地的小生境形态特征, 将各样地划分为 7 类小生境: 土面 (连续的土体表面)、石面 (出露基岩的岩石表面)、石缝 (出露基岩的不连续裂缝)、石沟 (出露基岩的连续溶蚀沟或侵蚀沟)、石洞 (半封闭状态的洞穴)、石槽 (岩石水平突出形成半封闭条状裂隙)、石坑 (出露基岩的溶蚀凹地)。采样时, 先将土体表面枯枝落叶除掉, 取样深度在 0~15 cm 间, 并在样点附近采集 3~5 个点混合成一个样, 样品的重量约 1 kg, 用自封袋密封。共采集样品 103 个, 其中草丛 29 个, 灌木林 38 个, 乔木林 36 个。样品带回实验室风干后, 挑出肉眼可见石砾和凋落物及残根, 混合均匀后磨碎过筛, 供土壤理化性质测试用。采样点的基本信息见表 1 所示。

土壤样品的分析采用《土壤农化分析方法》^[12]。土壤有机碳采用浓硫酸-重铬酸钾外加热法, 土壤全氮采用浓硫酸消煮-半微量凯氏定氮法, 碱解氮采用扩散皿法, 速效磷采用 Olsen 法 (NaHCO₃ 溶液浸提法)。

表 1 花江干热河谷样点基本情况

Table 1 Information of the sampling sites at dry and hot valley region of Huajiang, Guizhou Province

植被类型	地理位置	海拔高度 (m)	植被盖度 (%)	土壤质地	干扰强度
FO	25°39'590" N, 105°38'942" E	767	77.5	壤土	弱
	25°39'539" N, 105°39'031" E	711	83.5	壤土	弱
SR	25°18'988" N, 105°45'505" E	783	53.4	壤土	强
	25°39'684" N, 105°38'986" E	674	62.6	壤土	强
	25°39'860" N, 105°39'310" E	641	73.9	壤土	强
GS	25°39'994" N, 105°40'190" E	631	22.5	砂壤土	弱
	25°40'322" N, 105°39'919" E	598	17.6	砂壤土	弱

注: FO 表示乔木林; SR 表示灌木林; GS 表示草丛; 下同。

1.3 数据处理

使用 DPS 软件对草丛、灌木林和乔木林下小生境土壤有机碳、全氮、碱解氮进行了方差分析 (ANOVA), 当 F 检验显著时, 进行均值间 LSD 显著性检验。

2 结果与分析

2.1 植被类型对小生境环境因子的影响

目前, 大多研究者对小生境的研究多集中在单一植被类型或整块区域^[13-14], 而忽视了不同植被类型下小生境土壤的研究。由表 2 可以看出, 不同植被类型下小生境环境因子存在明显的空间变异。小生境中凋落物和土壤厚度和植物根系状况总体表现为乔木林>灌木林>草丛。此外, 草丛所覆盖下的小生境普遍偏

干, 而灌木林及乔木林所覆盖下的小生境基本处于湿润的环境中。在研究区域中, 小生境面积的空间变异性较大, 其中草丛达 82%, 灌木林达 79%, 乔木林达 87%。已有研究表明, 小生境面积的离散程度, 是造成岩溶山区土壤性质变化的重要原因之一, 而土壤凋落物厚度与土壤厚度在较大程度上反映出土壤有机碳的含量及分布^[13]。

2.2 植被类型对小生境土壤碳氮含量的影响

由表 3 可见, 在相同植被阶段下, 除草丛中土面和石面小生境有机碳含量较低外, 灌木林及乔木林下基本以土面、石面、石坑和石沟土壤有机碳含量较高, 而石缝、石槽、石洞土壤有机碳的含量相对较低。同样, 小生境土壤全氮含量也存在类似规律, 但碱解氮

在不同小生境中含量的变化规律并不明显。

不同植被系统下小生境土壤碳氮含量表现出明显的差异(表3)。除灌木林下石沟土壤全氮低于草丛外,小生境土壤有机碳、全氮、碱解氮含量均为乔木林>灌木林>草丛。

植被由草丛→灌木林→乔木林变化过程中,乔木林较草丛中小生境土壤有机碳、全氮、碱解氮含量的提高幅度均达50%以上,平均值增加100%以

上。这表明乔木林能大幅度提高小生境有机碳氮的含量。此外,不同小生境增幅也不尽相同,小生境有机碳及全氮的增加幅度以石面最大,分别达235%和247%,而小生境土壤碱解氮增加量以石槽最大,达162%。总体上看,小生境土壤有机碳及全氮含量的增加量也以生境较为开放的石面生境最为突出,而小生境土壤碱解氮含量的增加量以石槽最大。

表2 不同植被类型下小生境环境因子

Table 2 Environmental factors of micro-habitats under different vegetation types

小生境	植被类型	样本数量	凋落物厚度 (cm)	土壤厚度 (cm)	小生境面积(m ²)	植物根系物	水分状况
土面	GS	9	0.1	15.9	10.4	少	稍干
	SR	4	0.8	30.2	15.1	多	润
	FO	8	1.7	37.8	16.5	多	润
石面	GS	4	0.1	3.9	7.3	少	稍干
	SR	6	0.6	4.6	12.1	少	稍干
	FO	4	1.4	5.4	5.9	多	润
石缝	GS	3	0.3	12.1	0.8	少	润
	SR	3	0.6	22.5	1.7	多	润
	FO	6	1.5	31.3	1.9	多	润
石沟	GS	3	0.7	16.7	4.3	多	稍干
	SR	5	1.7	45.1	5.6	多	润
	FO	5	3.9	36.9	3.1	多	润
石洞	GS	3	0.5	13.5	2.4	极少	润
	SR	7	1.5	21.2	4.4	少	润
	FO	4	3.0	17.2	5.2	多	润
石槽	GS	4	0.3	18.5	0.9	极少	稍干
	SR	8	1.0	19.7	1.7	少	润
	FO	5	2.0	13.7	1.3	少	润
石坑	GS	3	1.4	29.5	3.7	多	稍干
	SR	5	3.2	42.3	5.0	多	润
	FO	4	5.0	53.4	7.9	多	润

2.3 植被类型对小生境土壤碳氮含量分布的影响

对不同植被类型间小生境土壤有机碳、全氮、碱解氮的变异性特征行了正态性检验,结果表明(图1),除碱解氮在草丛、灌木林及乔木林下服从正态分布外,土壤有机碳、全氮在3种植被类型下均服从右偏态分布。

从变异系数来看,灌木林植被系统下小生境土壤有机碳和全氮的变异系数分别为29%和21%,小于草丛下(31%和35%),也小于乔木林下(35%和26%)。乔木林下小生境土壤碱解氮的变异系数为25%,小于灌木林下29%和草丛下32%。土壤有机碳、全氮、碱解

氮的不同植被类型下的变异系数在21%~35%之间,属于中等程度变异。这些结果表明,不同植被类型下小生境有机碳、全氮和碱解氮存在不同的空间变异,并且从总体上以灌木林下小生境土壤空间变异性最小。

3 讨论

3.1 小生境土壤碳氮空间分布特征

喀斯特地区土层较为浅薄,土壤垂直变异性较小,土壤的分布及性质主要受到小生境空间变异的影响,在水平方向上的变异更为突出,加之各小生境面积和

表 3 不同植被类型下小生境土壤碳氮含量的变化

Table 3 Changes in contents of soil C and N in micro-habitats under different vegetation types

测定项目	小生境	植被类型			差值 (FO - GS)	FO 较 GS 提高 (%)
		GS	SR	FO		
SOC (g/kg)	土面	21.8±7.5 b	40.9±4.9 ab	60.0±20.4 a	38.2	175
	石面	20.6 ± 0.6 b	35.8±11.1 b	69.1±22.0 a	48.5	235
	石沟	37.4±5.0 a	45.8±11.7 a	58.8±25.4 a	21.4	57
	石洞	22.2±1.7 b	30.3±7.2 ab	38.5±9.5 a	16.3	73
	石槽	21.9±4.8 b	28.4±5.2 b	45.3±16.0 a	23.4	107
	石坑	31.6±6.0 b	41.6±13.3 b	71.9±7.1 a	40.3	128
	石缝	20.3±5.0 c	34.1±7.7 b	47.9±4.9 a	27.6	136
	平均值	24.3 c	35.9 b	56.9 a	32.6	134
TN (g/kg)	土面	2.2±0.9 b	3.1±0.5 ab	3.9±1.2 a	1.7	77
	石面	1.5±0.1 b	2.6±0.3 b	5.2±1.2 a	3.7	247
	石沟	2.9±0.6 b	2.3±0.2 ab	4.0±0.8 a	1.1	38
	石洞	2.1±0.4 b	2.7±0.6 ab	3.6±0.6 a	1.5	71
	石槽	1.9±0.3 b	2.5±0.6 ab	4.1±1.5 a	2.2	116
	石坑	2.0±0.3 c	3.0±0.7 b	5.3±0.7 a	3.3	165
	石缝	1.7±0.4 b	2.2±0.8 ab	3.8±0.6 a	2.1	124
	平均值	2.09 c	2.77 b	4.21 a	2.12	101
AN (mg/kg)	土面	134.0±55.0 b	218.4±43.2 ab	279.7±87.7 a	145.7	109
	石面	147.6±36.9 b	201.1±64.3 b	308.1±90.5 a	160.5	109
	石沟	187.1±23.3 b	196.1±31.3 ab	283.3±46.1 a	96.2	51
	石洞	165.1±10.5 b	231.9±79.6 ab	276.5±46.5 a	111.4	67
	石槽	118.0±7.7 b	170.2±41.5 b	309.±125.0 a	191.0	162
	石坑	158.0±92.8 b	234.8±74.5 b	368.1±47.4 a	210.1	133
	石缝	144.6±29.7 b	215.6±45.9 ab	288.5±72.6 a	143.9	100
	平均值	146.2 c	212.3 b	299.6 a	153.4	105

注: 表中 SOC 表示土壤有机碳, TN 表示全氮, AN 表示碱解氮, 下同。表中同行不同小写字母表示不同植被下小生境土壤性质间差异显著 ($P<0.05$)。

土壤厚度等环境条件差异, 均可能造成不同小生境中土壤碳氮含量空间分布差异。在本研究中, 生境相对开放的石沟和石坑等小生境的土壤有机碳和全氮含量普遍较半封闭石缝、石洞和石槽小生境高。这可能是因为同种植被类型下, 处于同一类开放或者封闭状态的小生境具有较为相似的光热及水分条件, 且生境相对开放石沟和石坑等小生境中植被凋落物更易形成积累, 因而造成了小生境间土壤碳氮的空间分布差异。

胡忠良等^[15]研究表明, 当植物由乔木林演替为灌木林后, 灌木植物成为新的优势种, 灌木林通过对土壤资源的吸收及沉淀, 将有机物集中于其冠层下土壤中, 并对养分的循环及分布产生影响, 使得土壤资源异质性增强, 但本研究的结果并非如此。本研究中,

灌木林下的小生境土壤碳氮的空间变异最小, 其原因可能与不同植被下小生境种类分布情况有关。另外, 喀斯特地区乔木林有两个冠层, 灌木林通常只有一个冠层, 草丛则更为简单, 乔木林冠层间凋落物的叠加作用及草丛植被零星不连续分布, 也可能是造成小生境土壤碳氮含量空间分布差异的原因。

对不同植被类型下小生境土壤碳氮正态性检验结果表明, 土壤有机碳和全氮含量的空间变化较碱解氮敏感, 这表明小生境土壤碱解氮含量的变异是多种相互独立的随机因素微小变化的综合结果^[16]。而土壤有机碳及全氮含量除受随机变化因素影响外, 很大程度上还受到植被类型和小生境分布及等外在条件改变的影响。

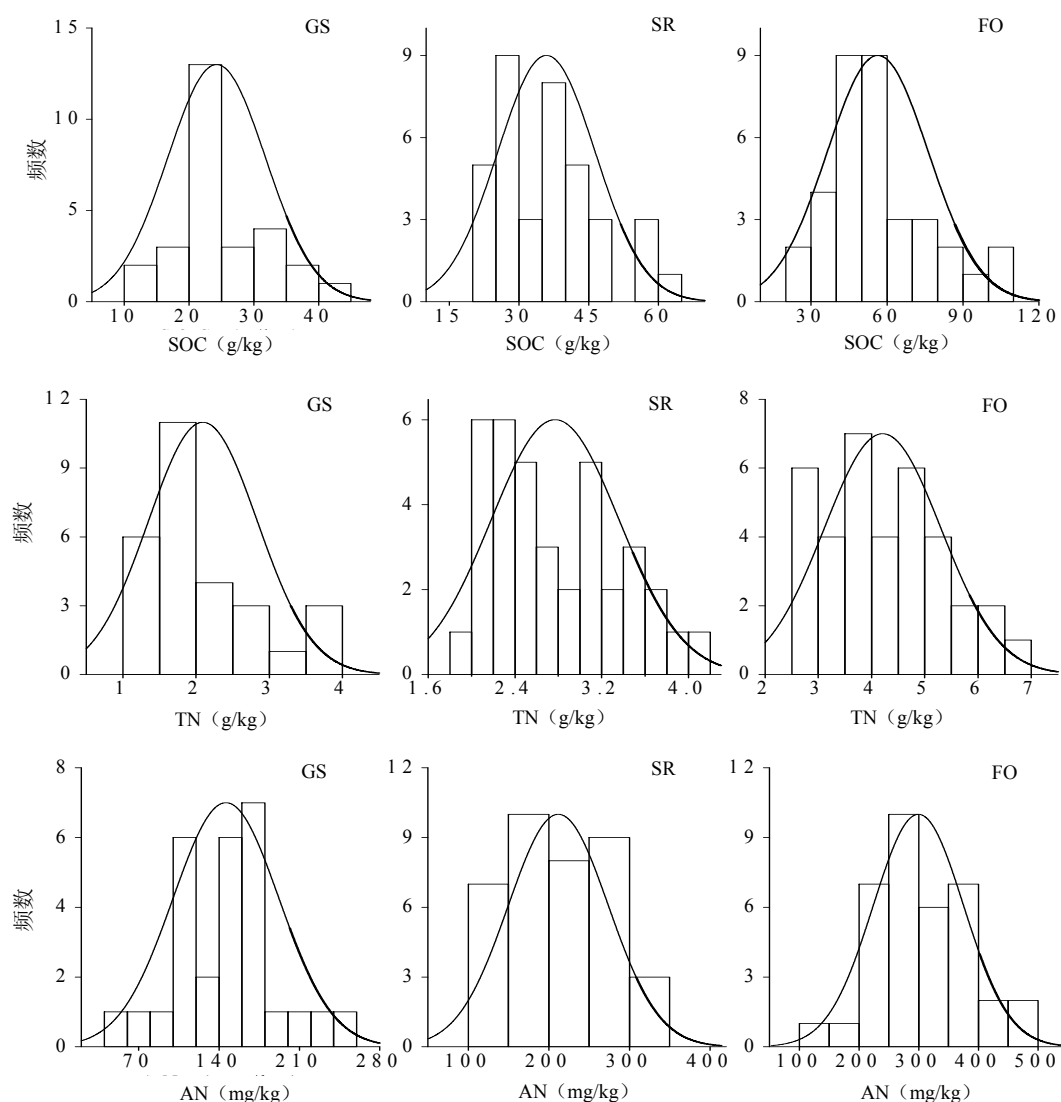


图1 不同植被类型下小生境土壤有机碳、全氮和碱解氮含量的频数分布图

Fig. 1 Frequency distributions of soil organic carbon, total nitrogen and alkaline hydrolytic nitrogen in micro-habitats under different vegetation types

植被由草丛→灌木林→乔木林变化过程中,随着小生境土壤有机碳含量的改善,土壤的其他养分也得到了相应的提高,且土壤有机碳和全氮、碱解氮、速效磷和碳氮比均呈现良好的正相关关系(表4)。这表明,环境因子条件相差较大的小生境土壤中有机碳含量的大小,很大程度上决定了土壤养分含量的多少。植被类型不同,其增加的幅度也存在较大差异,小生境土壤全氮及碱解氮含量以草丛的增加幅度最大,而小生境土壤速效磷及碳氮比的增加量以灌木林最大。

3.2 小生境土壤养分特征及影响因素

由表5可见,除石沟外,其余小生境有机碳与全氮、碱解氮和速效磷均呈显著正相关关系,此外,土

面和石面中有机碳与碳氮比(C/N)呈现出显著的正相关性,而所研究的7种小生境中全氮与碳氮比的相关性较弱。为了解小生境土壤养分的主要影响因素,对土壤有机碳、全氮、碱解氮、速效磷及碳氮比进行因子分析。从表6可以看出,影响小生境中土壤养分的主要因素有两个,土壤有机碳、全氮、碱解氮、速效磷属于因素一,而碳氮比属于因素二。植被凋落物是土壤碳氮的重要来源^[15],同时结合表3中不同植被类型下小生境土壤碳氮含量的差异,表明植被生物量的释归作用对土壤养分含量起到了重要作用。故将该影响因子命名为植被因素。由表5中相关性分析结果可见,各小生境土壤全氮与碳氮比相关性较弱,并且不同小生境土壤有机碳与全氮表现出不同的相关

表 4 土壤有机碳与土壤全氮、碱解氮、速效磷和碳氮比的回归方程

Table 4 Correlation coefficients between total SOC, AN, Olsen-P and C/N

项目	植被	回归方程	R ²	项目	植被	回归方程	R ²
SOC-TN	GS	$Y = 0.067X + 0.319$	0.712	SOC-OlsenP	GS	$Y = 0.100X - 0.032$	0.438
	SR	$Y = 0.036X + 1.418$	0.414		SR	$Y = 0.144X - 0.894$	0.770
	FO	$Y = 0.053X + 1.331$	0.817		FO	$Y = 0.091X + 0.436$	0.837
SOC-AN	GS	$Y = 4.524X + 37.00$	0.507	SOC-C/N	GS	$Y = 0.209X + 7.056$	0.463
	SR	$Y = 4.326X + 50.95$	0.611		SR	$Y = 0.445X - 2.484$	0.850
	FO	$Y = 3.294X + 117.6$	0.637		FO	$Y = 0.212X + 1.636$	0.657

表 5 小生境土壤有机碳、全氮、碱解氮、速效磷及碳氮比的相互关系

Table 5 Correlation coefficients of soil organic C, TN, AN, Olsen-P and C/N in the micro-habitat

小生境	SOC-TN	SOC-AN	SOC- Olsen-P	SOC-C/N	TN-C/N
土面	0.774**	0.767**	0.651**	0.667**	0.288
石面	0.942**	0.867**	0.841**	0.376	0.085
石缝	0.725**	0.754**	0.809**	0.314	-0.389
石沟	0.047	0.248	0.826**	0.815**	-0.520
石洞	0.912**	0.774**	0.589*	0.380	-0.027
石槽	0.927**	0.946**	0.705**	0.132	-0.236
石坑	0.770**	0.785**	0.799**	0.297	-0.360

注: * 表示在 $P < 0.05$ 水平显著相关; ** 表示在 $P < 0.01$ 水平显著相关。

表 6 5 个养分指标变量的因子载荷矩阵

Table 6 Factor pattern analysis of five soil fertile indicators

变量	影响因素		共同性
	植被因素	小生境因素	
SOC	0.945	0.173	0.923
TN	0.841	-0.469	0.927
AN	0.846	-0.280	0.795
Olsen-P	0.861	0.142	0.762
C/N	0.380	0.912	0.975
特征值	3.202	1.180	
方差贡献率	64.03	23.60	
累计方差贡献率	64.03	87.63	

性。土壤碳氮除受到植物凋落物的制约外,动物及微生物的残体、排泄物及其分解产物都是重要的土壤碳氮来源^[17],土壤中的有机质分解速度主要依赖于有机质的化学组成、土壤水热状况及物理化学等因素^[18-19]。喀斯特地区复杂的小生境组合及多样性特征为环境因子的空间变异创造了条件,由于不同小生境土壤的温度和水分等条件差异,影响土壤中有机质组成及土壤动物、微生物的数量和种类,并且不同小生境

中微生物对有机质的分解和转化能力的差异,可进一步影响小生境土壤碳氮的分解及累积而影响土壤碳氮关系。因此将该影响因子命名为小生境因素。

3.3 岩溶山区土壤样品采集建议

空间异质性是土壤的基本属性,即使在几厘米的距离上土壤性质也存在强烈的变异^[20]。因此,所采集的土壤能是否具有代表性对研究结果的正确性至关重要。目前,对喀斯特地区土壤样品的采集多以“S”型或梅花型取样法为主^[21]。而对由复杂小生境组合的岩溶地带,土壤样品的采集方法争议较大。本研究认为,土面表层平坦,土壤分布均匀,在 7 类小生境中所占比例最大,同时,对土面土壤样本碳氮的测定结果与平均值较为接近。可见,在采集土壤样本时以土面为代表是可行的,但这方面还需进一步深入研究。

4 结论

对贵州花江小流域不同植被类型下小生境土壤碳氮研究表明,草丛、灌木林及乔木林下所覆盖的各类小生境土壤碳氮含量及含量分布存在较大差异。各植被类型下小生境土壤有机碳与全氮、碱解氮、速效磷及碳氮比间均具有良好的相关关系。除植被因素主导

土壤碳氮的变化外,在所研究的7类小生境中,生境相对开放的石坑和石沟等小生境土壤有机碳及全氮的含量普遍高于处于相对封闭状态的石槽、石洞和石缝。喀斯特地区土壤浅薄,成土困难,生境破碎,不同小生境类型下土壤性质的变化明显。因而,在进行农业生产过程中,应强调合理利用土地资源及适度开发。

参考文献:

- [1] 章明奎,郑顺安,王丽平. 利用方式对砂质土壤有机碳、氮和磷的形态及其在不同大小团聚体中分布的影响. 中国农业科学, 2007, 40 (8): 1 703-1 711
- [2] Porazinska DL, Bardgett RD, Blaauw MB, Hunt HW, Parsons AN, Seastedt TR, Wall DH. Relationships at the aboveground below ground interface: plants, soil biota, and soil processes. Ecological Monographs, 2003, 73(3): 377-395
- [3] Pablo LP, Vernica G, Pastur GM. Above- and belowground nutrients storage and biomass accumulation in marginal *Nothofagus antarctica* forests in Southern Patagonia. Forest Ecology and Management, 2008, 255(7): 2 502-2 511
- [4] Hu S, Coleman DC, Carroll CR, Hendrix PF, Beare MH. Labile soil carbon pools in subtropical forest and agricultural ecosystems as influenced by management practices and vegetation types. Agriculture Ecosystems and Environment, 1997, 65: 69-78
- [5] Feng Q, Endo KN, Cheng GD. Soil carbon in decertified land in relation to site characteristics. Geoderma, 2002, 106: 21-43
- [6] 龙健,汪新荣,邓启琼,刘方. 贵州喀斯特地区土壤石漠化的本质特征研究. 土壤学报, 2005, 42(3): 419-427
- [7] 何腾兵,刘元生,李天智,钱晓刚. 贵州喀斯特峡谷花椒水保经济植物花椒土壤特性研究. 水土保持学报, 2000, 13(2): 55-59
- [8] 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. 地球与环境, 2006, 34(4): 41-46
- [9] 陈建庚. 茂兰保护区喀斯特生态环境类型划分及特征分析. 贵州环保科技, 2002, 6 (2): 8-16
- [10] 朴河春,刘启明,余登利,郭景恒,冉景丞. 用天然 ^{13}C 丰度法评估贵州茂兰喀斯特森林区玉米地土壤中有机碳的来源. 生态学报, 2001, 21(3): 434-439
- [11] 周政贤. 茂兰喀斯特森林科学考察集. 贵阳: 贵州人民出版社, 1987: 1-23
- [12] 鲁如坤. 土壤农业化学分析. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 106-185
- [13] 王世杰,卢红梅,周运超,谢丽萍,肖德安. 茂兰喀斯特原始森林土壤有机碳的空间变异性与代表性土样采集方法. 土壤学报, 2007, 44(3): 475-482
- [14] 刘方,王世杰,罗海波,刘元生,刘鸿雁. 喀斯特森林生态系统的小生境及其土壤异质性. 土壤学报, 2008, 45(6): 1 055-1 061
- [15] 胡忠良,潘根兴,李恋卿,杜有新,王新洲. 贵州喀斯特山区不同植被下土壤 C、N、P 含量和空间异质性. 生态学报, 2009, 29(8): 4 187-4 193
- [16] 毛达如. 植物营养研究方法. 北京: 北京农业大学出版社, 1994: 177-182
- [17] 唐博文,刘建军,党坤良,陈海滨. 秦岭火地塘林地区油松林土壤碳循环研究. 应用生态学报, 2006, 17(5): 759-764
- [18] 吴建国. 土壤有机碳和氮分解对温度变化的响应趋势与研究方法. 应用生态学报, 2007, 18(12): 2 896-2 904
- [19] 杨曾奖,曾杰,徐太平,李尚均,卢建. 森林枯枝落叶分解及其影响因素. 生态环境, 2007, 16(2): 649-654
- [20] Mallarino AP. Spatial variability patterns of phosphorus and potassium in no-tilled soils for two sampling scales. Soil Science Society of America journal, 1996, 60: 1 473-1 481
- [21] 龙健,李娟,江新荣,黄昌勇. 贵州茂兰喀斯特森林土壤微生物活性的研究. 土壤学报, 2004, 41(4): 598-602

Distribution Characteristics of Soil Carbon and Nitrogen Under Different Vegetation Types in Micro-habitats of Karst Dry-hot Valley Region of South Western China

LIAO Hong-kai¹, LONG Jian¹, LI Juan², YANG Jiang-jiang^{1,2}, FENG Ye-qiang¹

(¹ Guizhou Key Laboratory of Mountain Environment, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China;

² Department of Geography and Environment Science, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

Abstract: The distribution of the contents of soil carbon and nitrogen were explored in seven kinds of micro-habitats (earth flatland, rocky flatland, stone crevice, stone gully, stone cavern, stone groove and stone pit) under different vegetation types (shrub, forest and grassland) in karst region of south western China. The results showed that organic carbon and total nitrogen contents in top soils varied from 10.6 to 103.7 g/kg and from 1.16 to 6.39 g/kg respectively in study area. Distribution of the contents of soil carbon and nitrogen were obvious different under different vegetation types. As to forest, the average contents of soil carbon and nitrogen were doubled 100% more when compared with grassland; as to shrub, the spatial variability of the contents of soil carbon and nitrogen were small. The contents of soil organic carbon and nitrogen were normally distributed under different vegetation types, while the contents of organic carbon and total nitrogen showed right-skewed distribution. The contents of soil organic carbon and total nitrogen were higher in relatively open habitats (earth flatland, rocky flatland, stone crevice and stone pit) than the others. The correlations between the contents of soil organic carbon, total nitrogen, alkaline hydrolytic nitrogen, Olsen-P and carbon nitrogen ratio were significantly correlated in same vegetation type.

Key words: Karst micro-habitats, Dry-hot valley, Soil organic carbon, Nitrogen