

喀斯特小流域不同土地利用方式对土壤物理性状和微生物的影响

——以广西都安澄江小流域为例

苏广实^{1,2}, 王世杰², 胡宝清^{3*}, 杨小青³

(1. 广西经济管理干部学院贸易经济系, 南宁 530007; 2. 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; 3. 广西师范学院资源与环境科学学院, 南宁 530007)

摘要:以广西都安澄江喀斯特小流域为研究单元,分析了不同土地利用方式对土壤表层物理性质和微生物的影响。结果表明:随着自然林地向灌丛地、灌草草地、草地、人工林地、退耕地和旱地的转变,土壤容重、pH呈增加趋势,而土壤含水量、总孔隙度、电导率逐渐降低。各土地利用方式中,细菌数量最多,均占85%以上,放线菌和真菌相对较少。从总量上看,灌草草地和草地土壤微生物总量最大,自然林地、灌丛地和旱地次之,退耕地和人工林地最小。各土地利用类型中自然林地和人工林地的土壤微生物多样性指数较高,灌草草地、草地、灌丛地和退耕地次之,旱地最低。

关键词:喀斯特;澄江小流域;土地利用方式;土壤物理性质;土壤微生物

中图分类号:S152,S154 文献标识码:A 文章编号:1672-9250(2013)01-0029-08

不同的土地利用方式影响着土壤的理化性质^[1,2]及土壤质量^[3,4],已成为国内外学者^[5,6]关注的热点。近年来,国内研究主要集中在集约农业区、干旱区、低山丘陵区 and 自然保护区^[7]。与非喀斯特地区相比,喀斯特土壤的成土环境特殊,成土过程缓慢,土层薄,极易受到不可逆转的破坏。长期以来,人类不合理的土地利用、过度垦殖,已造成石漠化面积迅速扩大,生态环境日益恶化。目前,一些学者围绕不同土地利用方式对喀斯特土壤水分^[8-11]、养分^[12-15]、质量^[16]等的影响进行了探讨,但以小流域为单元研究不同土地利用方式对喀斯特土壤物理性质和微生物的影响还较为少见。以小流域为单元的水土流失综合治理,是水土保持生态建设的基础和核心^[17],同样是石漠化综合治理的重要单元。

本研究以澄江小流域为研究单元,通过分析不同土地利用方式对土壤物理性质和微生物的影响,

以期能为喀斯特山区寻求最佳的土地利用结构和石漠化综合治理提供有价值的参考。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

广西都安县澄江小流域位于广西中部,都安县的中南部,马山县以北的红水河段。澄江发源于大兴乡九顿村地下河出口处,向南流经大兴、高岭、澄江等乡镇,至红渡村汇入红水河,流程41 km。地处东经107°46'19"~108°18'50",北纬23°48'48"~25°24'30"之间,流域面积986 km²。流域上、中、下游分布着中峰丛洼地、低峰丛洼地、峰林谷地、峰丛谷地、河谷地貌、土山丘陵等地貌类型。小流域属南亚热带季风气候区边缘,光热资源丰富,年均气温19.6℃,最冷月均温12~13℃,全年实际有霜日在3天以下;最热月均温约28℃,绝对高温38℃。年均

收稿日期:2012-02-14;改回日期:2012-07-12

基金项目:广西自然科学基金项目“基于SOTER数据库的喀斯特石漠化过程、机理与综合治理模式研究(2010GXNSFA013006)”;广西教育厅科研项目(200911MS262)。

第一作者简介:苏广实(1968-),男,博士,教授,从事喀斯特土地资源开发与利用、石漠化成因与治理研究。E-mail:shuguangshi@163.com.

*通讯作者:胡宝清,教授。E-mail:hbq1230@gxctc.edu.cn.

降水量近 1700 mm,时空分布不均且降雨强度较大,集中 5~8 月,占全年雨量的 80%以上。其余月份降雨很少,常发生几个月不下雨,导致严重的“喀斯特干旱”现象。

流域内分布最广的是石炭系和二迭系,母岩主要以连续性灰岩为主。土壤以石灰岩土和石灰性土为主。土壤结构不良、质地粘重、缺乏团粒结构,pH 值一般在 6.5 以上,易旱,吸湿水含量低,土壤水、肥、气、热不平衡,且富含钙质,普遍显示 Ca、Mg、Fe 含量高,且有典型的石灰土特征。小流域属南亚热带常绿落叶阔叶混交林,自然植被类型复杂,种属较多。从热带植物到暖温带植物均有分布,但自然植被总是以亚热带喜钙耐旱类型为主,乔木树种组成主要有壳斗科、苏木科、胡桃科、榆科、山茶科、樟

科等 50 余科,120 余种。其中速生树种有任豆树、酸枣、牛尾树、香椿树、苦楝树等。由于人为毁林,流域内现有之天然林多为次生林,人为破坏严重的地区,已沦为刺丛灌草和石山藤本灌丛植被,一些地方甚至退化为荒山秃岭。

1.2 土壤样品采集与研究方法

1.2.1 样地设置和土壤样品采集

利用遥感图谱确定研究区土地利用分布情况,并对小流域进行广泛的实地调查,在流域的上、中、下游选定代表不同土地利用方式的土地利用类型,包括自然林地、灌丛地、灌草丛地、草地、人工林地、退耕地和旱地。用 GPS 定位,在选定的土地利用类型内设置样地(图 1),并在每个样地共取三个样方,每个样方设置为 10 m×10 m,采用 S 型布点法采集

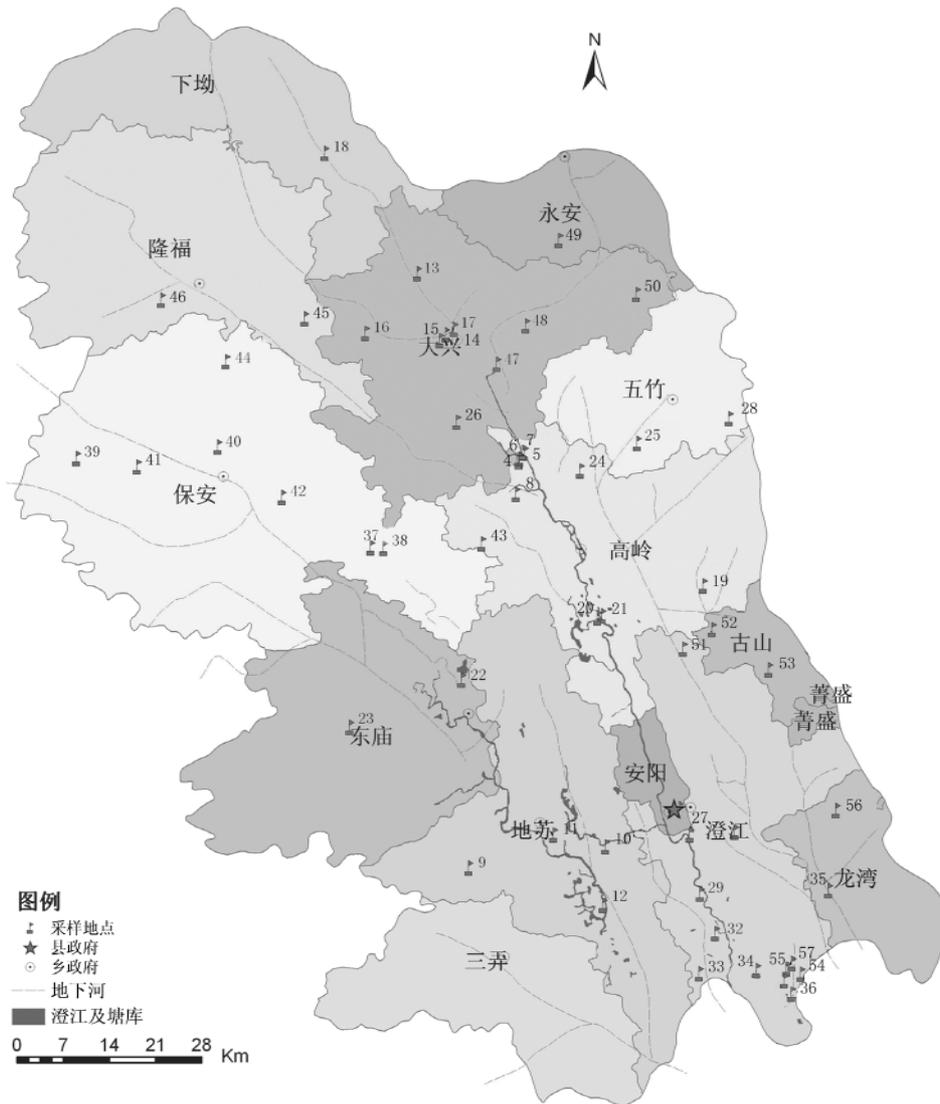


图 1 澄江小流域土壤采样点分布图

Fig. 1 The distribution of soil sampling sites in the Chengjiang small watershed

表层(0~20 cm)1 kg 混合土壤,并取三个环刀土样。分 3 次不同时间采样,分别为 2009 年 4 月 26~29 日,8 月 28 日~9 月 1 日,9 月 20~23 日。一部分土样用灭菌聚乙烯封口袋密封并迅速带回实验室,经挑出细根、砾石等后放入 4℃ 冰箱保存,供微生物数量的测定。另一部分从野外采回的土壤样品经风干后按照不同的分析要求研磨过筛,并充分混匀,供物理性质的测定。

1.2.2 土壤物理性质和微生物测定

土壤含水量测定采用烘干法^[18],土壤比重测定采用比重瓶法^[19],土壤容重测定采用环刀法,土壤 pH 值和电导率测定采用电极法^[18],以上精度均为 0.001,测定结果见图 2、图 3、图 4。土壤微生物数量测定:细菌、真菌、放线菌均采用稀释平板测数法,接种稀释度分别为 $10^{-4} \sim 10^{-6}$, $10^{-3} \sim 10^{-5}$, $10^{-1} \sim 10^{-3}$,细菌,采用牛肉膏蛋白胨琼脂平板表面涂布

法;真菌,采用马丁氏(Martin)培养基平板表面涂布法;放线菌,采用高氏一号合成培养基平板表面涂布法^[20],测定结果见图 5。

1.2.3 数据分析

采用 EXCEL,SPSS14.0 分析软件对实验数据进行分析;采用 Shannon-Winener 多样性指数表征土壤微生物多样性。

2 结果与分析

2.1 不同土地利用方式对土壤物理性质的影响

土壤物理性质是土壤的结构状况,养分状况,持水能力、保水能力及渗透能力的综合反映,良好的土壤物理性质对涵养水源、保持水土、增强土壤抗蚀、抗冲性能有重要意义。经分析发现,不同土地利用方式对土壤物理性质各主要指标的影响很大(表 1)。

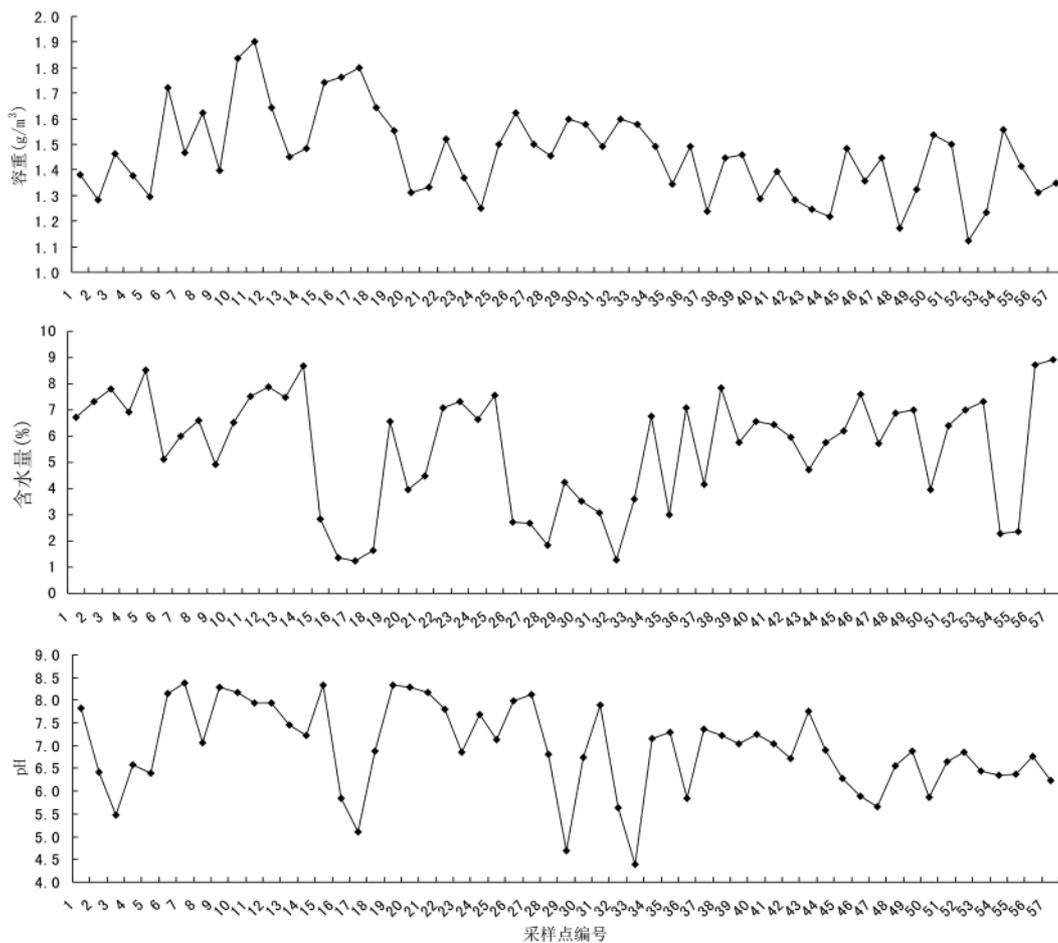


图 2 小流域各样地土壤含水量、容重、pH 值测定值

Fig. 2 Soil moisture, soil unit weight and pH measurement of the individual soil samples from the small watershed

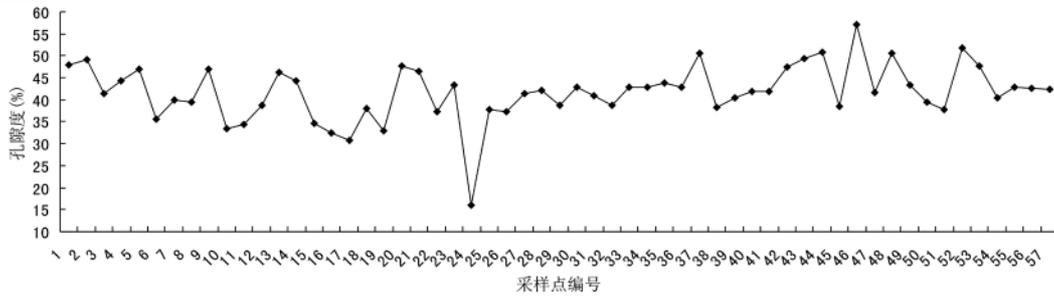


图3 小流域各样地土壤总孔隙度测定值

Fig. 3 The total soil porosity measurements of the individual soil samples from the small watershed

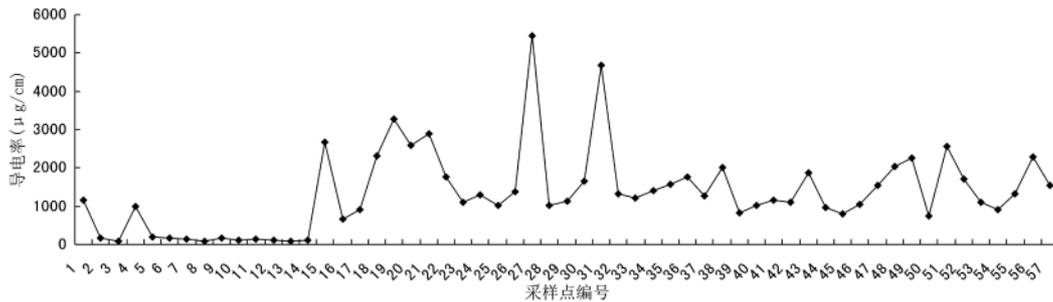


图4 小流域各样地土壤导电率测定值

Fig. 4 The soil conductivity measurements of the individual soil samples from the small watershed

表1 不同土地利用方式下土壤物理性质
各项主要指标的均值比较

Table 1 Comparison of the average values for
the main indexes of soil physical properties
under different land uses patterns

土地利 用类型	含水量 (%)	容重 (g/cm ³)	总孔隙度 (%)	pH	电导率 (μg/cm)
自然林地	26.89 a	1.18 a	53.70 b	6.89 a	3418.60 a
灌丛地	26.45 a	1.28 d	52.13 b	7.02 a	2010.00 b
灌草丛地	26.10 a	1.30 de	51.38 b	7.12 ab	1815.83 c
草地	25.70 c	1.32 e	49.09 a	7.33 bc	1302.56 d
人工林地	25.50 ac	1.34 ef	47.44 c	7.45 ce	1153.96 d
退耕地	24.49 e	1.35 ef	46.36 c	7.58 cde	1127.00 de
旱地	22.70 de	1.45 b	41.95 de	7.80 df	734.912 f

注:表中数据为平均值,同一列中不同小写字母表示不同处理在0.05水平上差异显著(LSD法)

2.1.1 不同土地利用方式对土壤含水量的影响

土壤含水量是表征土壤水分状况的一个指标,是重要的土壤肥力要素,是土壤的重要物理性质之一。从表1可看出,不同土地利用方式下,土壤表层含水量由高到低依次为自然林地、灌丛地、灌草丛地、草地、人工林地、退耕地和旱地。与自然林地相比,不同土地利用方式下土壤表层含水量相异的幅度各异,旱地相差幅度最明显,比自然林地低4.19%;其它依次为退耕地、人工林地、草地,灌丛地与灌草丛地相差幅度最小。已有研究表明枯枝落叶

层有减缓减少地表径流,增加土壤水分下渗,涵养水源的作用^[21]。自然林地表层土壤水含量高,主要是由于存在较多的枯枝落叶层,能对表层土及时补水,防止水分蒸散。旱地、坡耕地枯枝落叶层缺失,水分蒸发快,表层土壤含水量低。灌丛地、灌草丛地、草地、人工林地借助草被、匍匐类植物等减弱地表蒸发,在一定程度上保持了土壤水分。

2.1.2 不同土地利用方式对土壤容重的影响

土壤容重作为表示土壤松紧程度的一项指标,不难看出,不同土地利用方式下土壤容重存在明显的差异。与自然林地相比,旱地土壤容重增加幅度最为显著,增加了24.58%,草地、人工林地、退耕地增加的幅度较少,分别为11.86%、13.56%、14.41%,灌丛地、灌草丛地增幅最少,分别为8.47%、10.17%。这是由于自然林地地表存在较多的枯枝落叶层,土壤根系也比较发达,增强了土壤的通气性及透水性,可改善土壤物理性状,相比而言,土壤容重小;灌丛地、灌草丛地也存在类似情形,但比自然林地要差些。退耕地、旱地由于翻耕等耕作措施,破坏了土壤结构^[22],导致土壤容重较大。同时也表明,随着人类干扰强度的增大,土壤结构受破坏程度加重,土壤容重呈增大趋势。

2.1.3 不同土地利用方式对土壤孔隙度的影响

土壤孔隙度是土壤结构的重要指标,其数量和

质量可以反映土壤结构的好坏。从表 1 可看出,不同土地利用方式下土壤表层总孔隙度大小排列顺序为:自然林地>灌丛地>灌草丛地>草地>人工林地>退耕地>旱地,而且差异也比较显著。与自然林地相比,旱地总孔隙度减少了 11.75%,为各土地利用方式中最低;退耕地总孔隙度减少了 7.34%。旱地、退耕地土壤孔隙度低是由于人为干扰使土壤物理结构受到一定程度的破坏,导致土壤容重增大,紧实度增加;而自然林地、灌草丛地和草地保持相对良好的土壤物理结构,土壤的总孔隙度较高^[23]。可见,随着人类对植被的破坏以及开垦强度的增强,导致了土壤结构破坏,土壤孔隙性恶化,这将加速土地退化。

2.1.4 不同土地利用方式对土壤 pH 值和电导率的影响

土壤电导率和土壤 pH 值有密切的关系,pH 值越大,土壤中含有的交换性钠含量越大,土粒越分散,土壤粘重闭结,通透性就越差,不利于水分的流通,直接影响土壤肥力,不利于耕作和植物的生长。研究区内土壤呈中性到微偏碱性(我国土壤酸碱度划分 6.5~7.5 中性)(表 1),旱地的土壤表层 pH 值最大,自然林地的土壤表层 pH 值最小,旱地、退耕地、人工林地、草地、灌草丛地、灌丛地、自然林地的土壤表层 pH 值依次递减。而旱地的土壤表层电导率最小,退耕地、人工林地、草地、灌草丛地、灌丛地、自然林地的土壤表层电导率依次递增。这是因为自然林地根系比较发达,土壤表层聚集较多的枯枝落叶,根系分泌物和枯枝落叶在分解过程中向表层土壤释放各种有机酸,从而降低了表层土壤的 pH 值^[24]。此外,自然林地土壤腐殖质含量较高,腐殖酸等在一定程度上也使土壤 pH 值降低。与自然林地相比,灌丛地、灌草丛地、草地、人工林地根系和地表枯枝落叶要少得多,因此,土壤表层 pH 值比自然

林地高;旱地和退耕地由于缺乏上述条件,pH 值最高。与此同时,自然林地由于受到干扰少,在这几种类型用地中土壤保持较高的养分含量,土壤电导率高;旱地由于管理粗放,土壤养分流失最严重,土壤电导率最低;其它用地类型居中。可见,人类对土壤的干扰,会使土壤的 pH 值和电导率产生明显差异,随着干扰强度的增大,将导致土壤肥力下降,土地退化,显然也是导致石漠化的主要原因之一。

2.2 不同土地利用方式对土壤微生物数量的影响

土壤微生物几乎参与土壤中一切生物和生化反应,是维持土壤质量的重要组成部分^[25]。是土壤肥力的重要指标之一。土地利用方式对土壤微生物的生长发育有较大的影响,随着土地利用方式的不同,土壤微生物种群数量和组成也必然会存在某种程度的差别^[26]。

2.2.1 不同土地利用方式下土壤微生物数量变化特征

分析发现,在各种土地利用方式中,细菌数量最多,在土壤微生物总数量中占主导地位,均占 85% 以上,放线菌和真菌相对较少。这主要是由不同种类微生物的生物学特性决定的,细菌不仅营养类型多,呼吸机制复杂,而且代谢旺盛,繁殖快,适应能力强,往往成为土壤中的优势群^[27](图 5)。

从总量上看,各土地利用方式中,灌丛地和草地土壤微生物总数量最大,自然林地、灌丛地和旱地次之,退耕地和人工林地最小。地表植被凋落物是土壤养分的主要来源,也是土壤微生物的主要营养源^[28],直接影响土壤微生物总数量的变化。根据野外调查分析,流域内灌丛地、灌草丛地、草地分布较广,凋落物量较大,营养较为丰富,加上相对优越的水热条件,凋落物易于分解,利于土壤微生物的生存与繁殖,因而土壤微生物总数量较大。退耕地原来很大部分为坡耕地,水土流失严重,地表植被稀疏甚

表 2 不同土地利用方式对土壤微生物数量的影响

Table 2 The effects of soil microbial quantity under different land uses patterns

土地利用方式	细菌		放线菌		真菌		总数量
	数量/ $\times 10^6$	百分比/%	数量/ $\times 10^6$	百分比/%	数量/ $\times 10^6$	百分比/%	/ $\times 10^6$
自然林地	11.00	87.20%	11.20	8.88%	49.43	3.92%	12.61
人工林地	6.66	85.94%	1.37	1.77%	95.18	12.29%	7.74
灌丛地	16.02	96.35%	4.50	2.71%	15.65	0.94%	16.63
灌草丛地	36.66	96.78%	5.44	1.44%	67.64	1.79%	37.88
草地	25.43	95.24%	4.14	1.55%	85.75	3.21%	26.70
退耕地	8.47	96.52%	1.86	2.11%	12.00	1.37%	8.78
旱地	11.03	97.00%	1.90	1.67%	15.03	1.32%	11.37

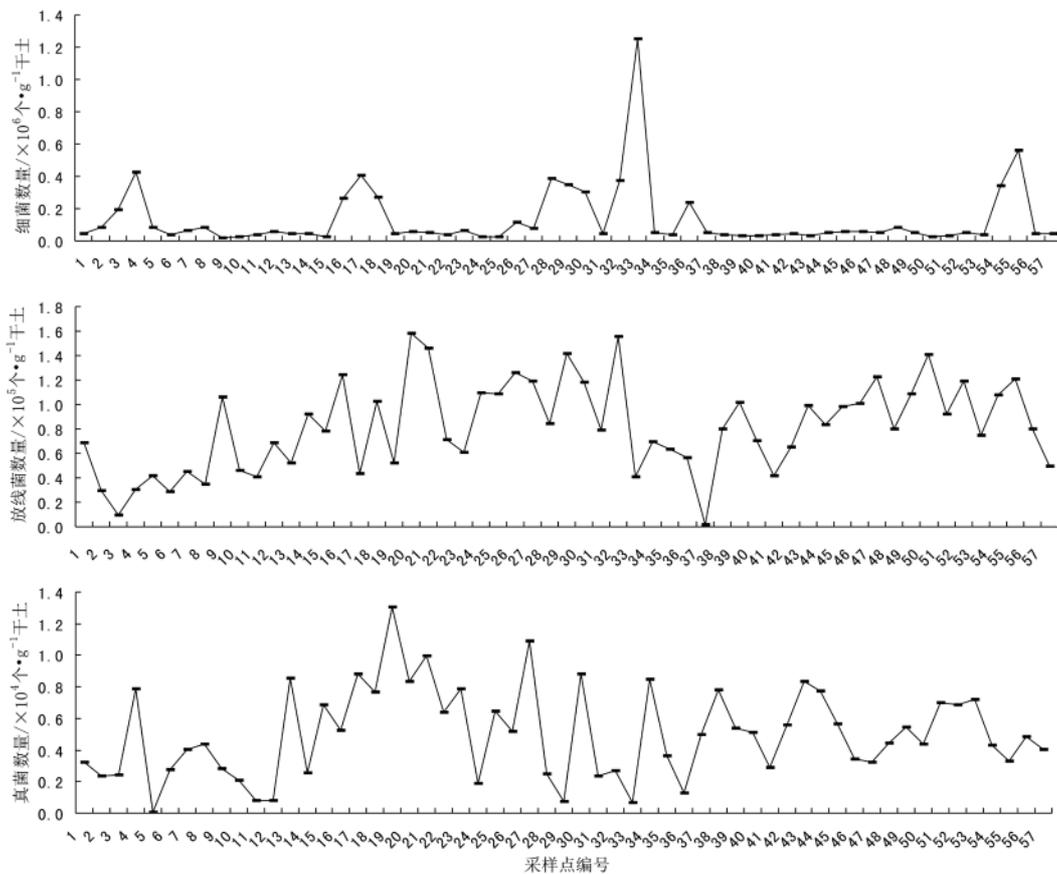


图5 小流域各样地土壤细菌、放线菌、真菌测定值

Fig. 5 The measurements for soil bacteria, actinomycetes and eumycetes of the individual soil samples from the small watershed

至岩石裸露,植被凋落物稀少;人工林地原来基本上是植被稀疏地和岩石裸露地,营养物质贫乏。因此,退耕地和人工林地土壤微生物总数很少。尽管大多数旱地为坡耕地,但在耕种管理过程中,通过翻耕、人工施肥、农作物秸秆填埋等措施,给土壤带来一定的养分,土壤微生物总数量比退耕地和人工林地高些。

2.2.2 不同土地利用方式下土壤微生物多样性指数的变化

根据 Shannon 多样性指数(H)计算公式:

$$H = - \sum P_i \ln P_i$$

其中, P_i 为某群落中第 i 个类型的个体数占总个体数的百分比。通过计算得到各种不同土地利用方式下土壤微生物多样性指数(表3)。

结果表明,自然林地和人工林地的土壤微生物多样性指数较高,灌丛地、灌草丛地、草地和退耕地次之,旱地最低。这与土壤微生物总数的变化趋势不一致,即土壤微生物总数高,其微生物多样性指数

表3 不同土地利用方式下土壤微生物多样性指数

Table 3 The indexes for the soil microbial diversity under different land uses patterns

土地利用方式	自然林地	人工林地	灌丛地	灌草丛地	草地	退耕地	旱地
多样性指数	0.461	0.459	0.177	0.165	0.221	0.174	0.155

不见得高。灌丛地、灌草丛地、草地的土壤微生物总数比自然林地和人工林地高得多,但微生物多样性指数远低于自然林地和人工林地,说明自然林地和人工林地土壤微生物总数量尽管不高,但各菌类数量比较均衡,也反映出表层土壤生态环境相对稳定,而灌丛地、灌草丛地、草地正好相反。退耕地和旱地无论在土壤微生物总数还是土壤微生物多样性方面均很低,反映出表层土壤生态环境很不稳定,容易导致土地退化。因此,摒弃乱砍滥伐、陡坡开垦等不合理的土地利用方式,积极开展退更还林还草是喀斯特山区防治土地石漠化的重要措施之一。

3 结 论

1) 不同土地利用方式下研究区土壤表层含水量、容重、总孔隙度、pH 值和电导率等存在显著的差异。自然林地在向灌丛地、灌草丛地、草地、人工林地、退耕地、旱地的转变过程中,土壤表层容重、pH 呈现增加趋势,土壤表层含水量、总孔隙度、电导率则呈现下降趋势。可见,随着人类干扰程度的加深,对土壤物理性质的破坏日益严重。因此,减少人为干扰,使植被得以恢复,是喀斯特小流域石漠化综合防治的重要措施之一。

2) 研究区各土地利用方式中,细菌数量最多,在土壤微生物总数量中占主导地位,均占 85% 以上,放线菌和真菌相对较少。从总量上看,灌草丛地和草地土壤微生物总数量最大,自然林地、灌丛地和旱地次之,退耕地和人工林地最小。这种数量分布情况与一般土壤基本相吻合。然而,与非喀斯特地区

相比,喀斯特山区生态环境脆弱,不同土地利用方式深刻地影响着土壤微生物的变化。一般农业表层土壤微生物三大类群数量中细菌、放线菌和真菌的数量级分别为 10^8 cfu/g 干土、 $10^5 \sim 10^6$ cfu/g 干土和 10^5 cfu/g 干土^[29]。与之相比,研究区各土地利用类型表层土壤中放线菌数量和真菌基本处于同一个数量级,但细菌数量要低 1~2 个数量级。

3) 各土地利用类型土壤微生物多样性指数存在较大差异。自然林地和人工林地的土壤微生物多样性指数较高,灌丛地、灌草丛地、草地和退耕地次之,旱地最低,这种变化趋势与土壤微生物总数的变化趋势不一致,表明表层土壤生态环境稳定性存在较大差异。随着土地利用强度的增大,表层土壤生态环境稳定性变得越来越差,尤其是旱地,其表层土壤微生物三大类群多样性指数仅为自然林地的 1/3,如果不加强管理,容易导致难以逆转的石漠化。

参 考 文 献

- [1] 陈浮,濮励杰,彭补拙,等. 新疆库尔勒市土地利用变化对土壤性状的影响[J]. 生态学报, 2001, 21(8): 1290—12951.
- [2] 戴小国,庞奖励,郭美娟,等. 关中东部不同土地利用方式下土壤理化性质对比研究[J]. 农业系统科学与综合研究, 2009, 25(2): 223—232.
- [3] 郭旭东,傅伯杰,陈利,等. 低山丘陵区土地利用方式对土壤质量的影响[J]. 地理学报, 2001, 56(4): 447—455.
- [4] 焦加国,武俊喜,李辉信,等. 华南丘陵区村级景观下土地利用/土地覆盖对土壤质量的影响[J]. 土壤学报, 2007, 44(2): 204—211.
- [5] Adejuwon J O, Ekanade O. A comparison of soil properties under different land use types in a part of the Nigerian cocoa belt. *Catena*, 1988, 15: 319—331.
- [6] Hajabbasi M A, Jalalian A, Karimzadeh H R. Deforestation effects on soil physical and chemical properties, Lordegan, Iran[J]. *Plant and Soil*, 1997, 190(2): 301—308.
- [7] 杨智杰,崔纪超,谢锦升,等. 中亚热带山区土地利用变化对土壤性质的影响[J]. 地理科学, 2010, 30(3): 475—480.
- [8] 刘海隆,蒋天明,刘洪斌,等. 不同土地利用方式对岩溶山区旱坡地土壤水分时空分异的影响[J]. 土壤学报, 2005, 42(3): 428—434.
- [9] 劳文科,吴孔运. 喀斯特地区不同土地利用方式下包气带土壤水分动态特征[J]. 地球与环境, 2008, 36(2): 119—124.
- [10] 杜雪莲,王世杰. 喀斯特高原区土壤水分的时空变异分析[J]. 地球与环境, 2008, 36(3): 391—399.
- [11] 程星,朴芳. 喀斯特土壤水分变化研究[J]. 地球与环境, 2008, 33(增刊): 139—143.
- [12] 周传艳,陈训,周国逸,等. 不同土地利用方式及开垦时间对岩溶山区土壤养分空间分布的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2011, 17(1): 63—68.
- [13] 郑华,苏以荣,何寻阳,等. 土地利用方式对喀斯特峰林谷地土壤养分的影响[J]. 中国岩溶, 2008, 27(2): 177—181.
- [14] 武永锋,朱波,刘丛强,等. 川中丘陵区典型土地利用方式下磷素迁移的初步研究[J]. 地球与环境, 2006, 34(4): 7—10.
- [15] 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.
- [16] 龙健,邓启琼,江新荣,等. 贵州喀斯特石漠化地区土地利用方式对土壤质量恢复能力的影响[J]. 生态学报, 2005, 25(12): 3188—3195.

- [17] 张新玉, 杨元辉. 我国水土保持小流域综合治理模式研究[J]. 水土保持特刊, 2011, 58—61.
- [18] 谢丽萍. 石漠化过程中土壤—植被系统营养元素的协变关系——以贵州花江峡谷查耳岩小流域为例[D]. 贵阳: 中国科学院研究生院硕士学位论文, 2006.
- [19] 全国农业技术推广服务中心. 土壤分析技术规范[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 15—67.
- [20] 赵斌, 何绍江. 微生物学实验[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 54—88.
- [21] 吴钦孝, 赵鸿雁, 刘向东, 等. 森林枯枝落叶层涵养水源保持水土的作用评价[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(2): 23—28.
- [22] 张金波, 宋长春. 三江平原不同土地利用方式对土壤理化性质的影响[J]. 土壤通报, 2005, 35(4): 371—373.
- [23] 赵锦梅, 张德罡, 刘长仲. 祁连山东段高寒地区土地利用方式对土壤性状的影响[J]. 生态学报, 2012, 32(2): 548—555.
- [24] 戴小国, 庞奖励, 郭美娟, 等. 关中东部不同土地利用方式下土壤理化性质对比研究[J]. 农工业系统科学与综合研究, 2009, 25(2): 223—227.
- [25] 阎章才, 东秀珠. 微生物的生物多样性及应用前景[J]. 微生物学通报, 2001, 28(1): 96—102.
- [26] 章家恩, 刘文高, 胡刚. 不同土地利用方式下土壤微生物数量与土壤肥力的关系[J]. 土壤与环境, 2002, 11(2): 140—143.
- [27] 姚槐应, 黄昌勇. 土壤微生物生态学及其实验技术[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [28] 龙健, 李娟, 汪境仁. 贵州中部岩溶丘陵区不同土地利用和管理方式对土壤肥力的影响[J]. 土壤通报, 2006, 37(2): 249—252.
- [29] 陈文新主编. 土壤和环境微生物学[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1990: 34—45.

The Impact of Different Land Use Patterns on Soil Physical Properties and Microbes in Karst Small Watershed ——A Case Study of Chengjiang Small Watershed in Du'an County, Guangxi

SU Guang-shi^{1,2}, WANG Shi-jie², HU Bao-qing^{3*}, YANG Xiao-qing³

(1. Trade and Economics Department, Guangxi Economic Management Cadre College, Nanning 530007, China;

2 State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, CAS, Guiyang 550002, China;

3. School of Resources and Environmental Science, Guangxi Teachers Education University, Nanning 530001, China)

Abstract: Taking the Chengjiang small watershed in Duran County, Guangxi, as the research unit, we analyzed the impact of different land use patterns on soil physical properties and soil microbes in the watershed. The results indicated that the soil bulk density and pH showed an ascendant trend and the soil moisture content, soil porosity and electric conductivity decreased gradually with the land use pattern transforming from natural forest to shrub, shrub-grassland, herbosa, plantation, abandoned cropland and dry land. Among various land use patterns, the bacteria number was maximum and made up to 85%, while the actinomycetes and fungi were relatively low. From the view of total amount, the largest amount of soil microbes appeared in shrub-grassland and herbosa, while the natural forest land, shrub, dry land take the second place and abandoned cropland, plantation soil are least. The diversity index of soil microbes was relatively high in natural forest and plantation soil, while the shrub-grassland, herbosa, shrub, abandoned cropland ranks the second and dry land is lowest.

Key words: karst; Chengjiang small watershed; land use pattern; soil physical property; soil microbe