

喀斯特小流域不同土地利用方式 对土壤微生物和酶活性的影响 ——以广西都安澄江小流域为例

苏广实^{1,2}

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)

摘要:为了探索喀斯特小流域不同土地利用方式对土壤表层微生物和酶活性的影响, 以期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。以广西都安澄江喀斯特小流域为研究单元, 分析流域内不同土地利用方式下土壤表层微生物和酶活性的变化特征。结果表明: 各种土地利用方式中, 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, 灌丛草地和草地土壤微生物总数量最大, 分别为 37.88×10^6 cfu/g、 26.70×10^6 cfu/g, 自然林地、灌丛地和旱地次之, 退耕地和人工林地最小, 分别为 8.78×10^6 cfu/g、 7.74×10^6 cfu/g。自然林地和人工林地的土壤微生物多样性指数较高, 分别为0.461、0.459, 灌丛草地、草地、灌丛地和退耕地次之, 旱地最低, 仅为0.155, 与土壤微生物总数的变化趋势不一致。不同土地利用方式下土壤表层酶活性亦存在较大的差异, 自然林地土壤过氧化氢酶、转化酶、蛋白酶、脲酶活性分别为0.195 mL/(g·min)、1.2 mL/(g·min)、0.753 mL/(g·min)和1.5 mL/(g·min), 均高于其他用地类型, 退耕地和旱地最低, 人工林地、灌丛地、灌丛草地、草地居中。

关键词:喀斯特; 澄江小流域; 土地利用方式; 土壤微生物; 酶活性

中图分类号: F301.24

文献标志码: A

论文编号: 2012-0424

Effects of Land Use Patterns on Microorganism and Enzyme Activity in Karst Small Watershed Soil ——A Case Study at Small Watershed of Cheng-Jiang in Du'an County, Guangxi

Su Guangshi^{1,2}

¹Guangxi Economic Management Cadre College, Nanning 530007;

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

Abstract: In order to explore the effects of land use patterns on microorganism and enzyme activity in Karst small watershed soil, this thesis was aimed to provide the valuable references to optimize the structure of land uses and the comprehensive control of the rocky desertification. Utilizing the Karst of small watershed of Cheng-Jiang in Du'an County as research unit, this thesis analyzed the effects of microorganism and enzyme activity on the surface layer of soil based on the different land uses in the watershed. The research showed that, the bacteria, which accounts for more than 85%, was in the large portion compared to the percentage of the line bacteria and fungus which were relatively in small amount under the various land use patterns. In the classification of the total amount, the grass land and soil micro organisms were the largest which respectively contains 37.88×10^6 cfu/g and 26.70×10^6 cfu/g, followed by the natural woodlands, the scrub and the dry lands, whereas the retreat and plantation of cultivated lands are smallest which separately contains 8.78×10^6 cfu/g

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)。

作者简介:苏广实, 男, 1968年出生, 广西隆安人, 副教授, 博士, 主要从事喀斯特土地资源开发与利用、石漠化成因与治理研究。通信地址: 530022 南宁市青秀区建政路37号 广西教育学院, E-mail: shuguangshi@163.com。

收稿日期:2012-02-17, **修回日期:**2012-04-20。

and 7.74×10^6 cfu/g. At the same time, in the investigation of the soil microbial diversity, the natural forest and plantation demonstrate the highest index which reads as 0.461 and 0.459, followed by the grass land, the scrub and the retreat farmland, and the dry land was the lowest which accounted for 0.155. Therefore, the soil microbial diversity was in inconsistency with the change trend of the total soil microbial. Under different land uses, there also existed the great differences in the surface enzymes, in which the transformation enzymes, the proteases, the catalase and the urease played the most active roles in the natural soils which read respectively as 0.195 mL/(g · min), 1.2 mL/(g · min), 0.753 mL/(g · min) and 1.5 mL/(g · min), work as the least parts in the return lands and dry lands, and engage in the medium activities in the least parts, the bushes, the artificial woodland, the shrub land, the irrigation and the pasture.

Key words: Karst; small watershed of Cheng-Jiang; land use; soil microorganisms; enzyme activity

0 引言

不同的土地利用方式影响着土壤的理化性质^[1-3]及土壤质量^[4-5],已成为国内外学者关注的热点。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^[6]。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、养分、质量等的影响进行了探讨。有研究发现:土地利用方式对土壤水分的影响主要集中在BC层以上,而在C层这种影响较弱^[7];各土地利用类型中,灌丛地土壤保水持水能力强,表层土尤为明显,撂荒草地、复垦坡耕地在一定程度上保持了土壤水分,而在生态恢复林建立初期土壤水分受蒸散作用显著^[8];喀斯特峰林谷地土地利用方式对土壤养分含量的影响达到了显著或极显著水平^[9],林地土壤有机质、全氮、碱解氮累积量较多,玉米黄豆地含量最少^[10];因此,土地利用方式对石漠化土壤质量的恢复和重建有明显的影 响,采用合适的土地利用方式,辅于必要的生物措施,是恢复喀斯特石漠化地区土壤质量的有效途径之一^[11]。这些研究为指导喀斯特地区生态恢复起到了积极作用。但以小流域为单元研究不同土地利用方式对喀斯特土壤微生物和酶活性的影响还较为少见。以小流域为单元的水土流失综合治理,是中国在长期水土保持工作中总结出来的一条宝贵经验,是水土保持生态建设的基础和核心^[12],同样是石漠化综合治理的重要单元。为此,笔者以喀斯特典型小流域——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微生物和酶活性的影响,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 材料与方法

1.1 研究区概况

广西都安县澄江小流域是广西喀斯特石漠化治理生

态系统恢复演替典型区域。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 $107^{\circ}46'$ — $108^{\circ}18'$,北纬 $23^{\circ}48'$ — $25^{\circ}24'$ 之间,流域面积 986 km^2 。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°C ,最冷月均温 $12\sim 13^{\circ}\text{C}$,全年实际有霜日在3天以下;最热月均温约 28°C ,绝对高温 38°C 。年均降水量近1700 mm,时空分布不均且降雨强度较大,集中5—8月,占全年水量的80%以上,而且多为大雨或暴雨,地表产流容易,也易于随着裂隙直接流入地下,导致地表水流失,也可能污染地下水源。一旦停雨就出现干旱,形成特有的雨季干旱现象。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。自然植被多为石山区的亚热带喜钙耐旱的常绿阔叶树,但由于人为毁林,多已沦为石山藤本灌丛植被。

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、下游选定代表不同人为干扰方式的土地利用类型,包括自然林地、人工林地、灌丛地、灌草丛地、草地、退耕地、旱地。用GPS定位,在选定的不同土地利用类型内设置样地,并在每个样地共取3个样方,每个样方设置为 $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$,采用S型布点法采集表层(0~20 cm)混合土壤,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,共取土样57个,用灭菌聚乙烯封口袋密封并迅速带回实验室。土样经挑出细根、砾石等后放入 4°C 冰箱保存,供微生物数量的测定,另一部分过筛

(0.1~0.3 mm)风干用于土壤酶活性的测定。

1.2.2 土壤微生物和酶活性测定 土壤微生物数量测定:(1)土壤三大类微生物培养基的组成及用量:细菌数采用牛肉膏蛋白胨琼脂稀释混合平板法;放线菌数采用高氏一号合成培养基稀释涂布平板法;真菌数采用氯罗素和孟加拉红马丁氏琼脂培养法^[13]。(2)土壤微生物的分离采用稀释平板涂布法,每个样品在3种培养基上分别做4个重复,最终记数结果用其平均值。

土壤酶活性测定:土壤过氧化氢酶测定用高锰酸钾滴定法;土壤转化酶测定采用0.1 mol/L的Na₂S₂O₃滴定法;土壤蛋白酶测定采用改良茚三酮比色法;土壤脲酶测定采用苯酚钠比色法^[14]。

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微生物数量的影响

2.1.1 不同土地利用方式下土壤微生物数量变化特征 由表1可知,澄江小流域各种土地利用方式以及各土地利用方式之间,土壤微生物总数量、细菌、放线菌和真菌的数量均存在较大的差别。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^[15]。进一步对数据进行分析比较,可知微生物总量与细菌呈显著的正相关关系,相关系数为0.990。

表1 不同土地利用方式对土壤微生物数量的影响

土地利用方式	细菌		放线菌		真菌		总数量/(×10 ⁶ cfu/g)
	数量/(×10 ⁶ cfu/g)	百分比/%	数量/(×10 ⁶ cfu/g)	百分比/%	数量/(×10 ⁶ cfu/g)	百分比/%	
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

从总量上看,在各种土地利用方式中,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(表1)。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^[16],直接影响土壤微生物总数量的变化。根据野外调查分析,流域内灌草丛地、草地、灌丛地分布较广,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,因而灌草丛地、草地、灌丛地土壤微生物总数量较大。在喀斯特山区,退耕地原来很大部分为坡耕地,水土流失严重,地表植被稀疏甚至岩石裸露,植被凋落物稀少;近年来,人工造林是石漠化综合治理的主要措施之一,人工林地原来绝大多数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,给土壤带来比较丰富的营养,土壤微生物总数量比退耕地和人工林地高。

2.1.2 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2)。

表2中的结果表明,流域内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,灌草丛地、草地、灌丛地和退耕地次之,旱地最低。这种变化趋势与土壤

表2 不同土地利用方式下土壤微生物多样性指数

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

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不见得高。灌丛地、草地、灌丛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、草地、灌丛地正好相反。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,积极开展退耕还林还草是喀斯特山区防治土地石漠化的重要措施之一。

2.2 不同土地利用方式对土壤酶活性的影响

土壤微生物的新陈代谢推动着土壤中各种生化反应的进行。土壤微生物分泌或死亡后遗留下来的各种具有生物活性的酶类物质在土壤各种生化反应中起着不可忽视的作用,它们是整个生化反应的促进剂或抑制剂,控制着反应的过程^[17-18]。土壤酶活性的高低不仅可以反映土壤生物化学过程的强度和方向,而且还能客观地反映土壤碳、氮、磷等的动态变化^[19],对土壤肥力有重要影响。不同土地利用方式下,土壤酶活性也会产生一定的差异(表3)。通过对土壤酶活性的分析有助于了解喀斯特山区不同土地利用类型在物质转化上的不同。

表3 不同土地利用方式下土壤酶活性变化特征

土地利用方式	过氧化氢酶/[mL/(g·min)]	转化酶/[mL/(g·min)]	蛋白酶/[mg/(g·24 h)]	脲酶/[mg/(g·24 h)]
自然林地	0.195	1.2	0.753	1.5
人工林地	0.046	0.906	0.514	1.213
灌丛地	0.053	0.935	0.554	1.15
灌丛地	0.038	0.673	0.408	1.3
草地	0.04	0.678	0.474	0.847
退耕地	0.046	0.535	0.425	0.91
旱地	0.037	1.278	0.617	0.645

注:表中数据为平均值。

从表3可看出,流域内不同土地利用方式下土壤表层酶活性亦存在较大的差异。自然林地土壤过氧化氢酶、转化酶、蛋白酶、脲酶活性均高于其他用地类型;退耕地和旱地最低;人工林地、灌丛地、灌丛地、草地居中。总体而言,乱砍滥伐、滥垦滥牧等不合理的土地利用方式,造成自然林地转变为灌丛地、灌丛地、草地、旱地的过程中,土壤酶活性均呈现不同程度的下降趋势。因此,大量植树造林,恢复林草,对土壤酶活性的增强效应最明显,使土壤质量得到提高,是值得推广的利用方式;过度开垦破坏导致土壤质量下降,必须加以改进。

3 结论

(1)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。从总量上看,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。

(2)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、草地、灌丛地和退耕地次之,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。也反映出表层土壤生态环境稳定性存在较大差异。

(3)不同土地利用方式下土壤表层酶活性亦存在较大的差异。自然林地土壤过氧化氢酶、转化酶、蛋白酶、脲酶活性均高于其他用地类型;退耕地和旱地最低;人工林地、灌丛地、灌丛地、草地居中。表明了不同土地利用方式对喀斯特土壤表层酶活性影响比较深刻。

4 讨论

土壤微生物数量直接影响土壤的生物化学活性及土壤养分的组成与转化,是土壤肥力的重要指标之一^[20]。从数量分布情况上看,不同土地利用方式下,喀斯特山区土壤微生物数量分布情况与一般土壤相吻合,微生物三大类群多样性指数的变化趋势也与一般土壤相似。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、 10^5 ~ 10^6 cfu/g和 10^5 cfu/g^[21]。与之相比,笔者研究中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。与此同时,

随着土地利用强度的增大,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。由于很大部分旱地为陡坡开垦,管理粗放,加上降雨相对集中,水土流失严重,容易导致难以逆转的石漠化。

从土壤表层酶活性的变化趋势看,随着土地利用强度的增大,土壤表层酶活性呈下降趋势,而林地保护及造林植草等石漠化防治措施,可提高土壤表层酶活性,促进土壤中的生化反应。然而,影响土壤表层酶活性的因素是多方面的,不仅受到由于不同土地利用方式带来的地表覆被和土壤结构变化的影响,而且还受到土壤理化性质等方面的影响,对此尚待进一步研究。此外,目前喀斯特山区土地利用对土壤微生物和酶活性影响的研究不多,其影响机理有待进一步深入研究,在研究方法上也待进一步探索与完善。

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质的影响[J].生态学报,2001,21(8):1290-12951.
- [2] 刘世梁,傅伯杰,陈利顶,等.卧龙自然保护区土地利用变化对土壤性质的影响[J].地理研究,2002,21(6):682-688.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 傅伟,陈洪松,王克林.喀斯特坡地不同土地利用类型土壤水分差异性研究[J].中国生态农业学报,2007,15(5):59-62.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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(12):58-61.
- [13] 中国科学院南京土壤研究所微生物室.土壤微生物研究法[M].北京:科学出版社,1985.
- [14] 许光辉,郑洪元.土壤微生物分析方法手册[M].北京:农业出版社,1986.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 周礼凯.土壤酶活性总体在评价土壤肥力水平中的作用[J].土壤学报,1983,20(4):413-416.
- [18] 王霞,尹林克.土壤水分胁迫对怪柳体内膜保护酶及膜脂过氧化的影响[J].干旱区研究,2002,19(3):17-20.
- [19] 苏永中,赵哈林.农田沙漠化演变中土壤质量的生物学特性变化[J].干旱区研究,2002,19(4):64-68.
- [20] 薛立,陈红跃,邝立刚.湿地松混交林地土壤养分、微生物和酶活性的研究[J].应用生态学报,2003,14(1):157-159.
- [21] 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.