

人为干预下喀斯特峡谷区不同土地利用类型对土壤理化性质的影响

田涟祎^{1,2}, 周忠发^{1,2}, 闫利会^{1,2}

(1. 贵州师范大学 喀斯特研究院, 贵州 贵阳 550001;

2. 贵州省喀斯特山地生态环境国家重点实验室培育基地, 贵州 贵阳 550001)

摘要: [目的] 探究人为干预下喀斯特峡谷区不同土地利用类型对土壤理化性质的影响, 为岩溶山区的生态环境保护和可持续发展提供科学依据。[方法] 以贵州省花江喀斯特峡谷示范区生态系统土壤为研究区, 选取典型喀斯特石漠化治理区域进行野外定点取样, 通过室内分析的方法进行不同土地利用石漠化地区土壤理化性质比较研究。[结果] (1) 土壤含水量随着土层深度的增加递增, 土壤含水量大小依次为: 封山育林>径流场>坡改梯>自然灌丛>撂荒地, 形成土壤水分的垂直变化; (2) 经过改良后坡改梯通过种植花椒的田间持水量明显比草地含量高, 相对于进行石漠化治理并合理耕作的坡改梯花椒地来说, 荒草地的持水能力明显下降; (3) 石漠化环境下土壤颗粒分散、土体结构破坏, 土壤通透能力下降, 孔隙的变化规律为: 林地>坡改梯>灌草丛>耕地>撂荒地; (4) 示范区土壤总钾偏高, 与 pH 值呈正相关, 总氮普遍低于全国农田氮含量, 土壤养分不足。[结论] 不同土地利用条件下土壤特征有显著差异, 这种差异是基于不同石漠化等级下不同土地利用的治理措施造成的。花江示范区土壤持水效益低, 土壤养分不足, 不利于耕作, 农业产量不高, 建议花江示范区应减少耕地, 多种植经济林和草地, 保护天然林地。

关键词: 喀斯特峡谷区; 石漠化; 土地利用类型; 人为干预; 土壤理化性质

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)06-0092-05

中图分类号: S151.9

Synergetic Influences of Human Intervention and Land Use Type on Soil Physical and Chemical Properties in Karst Valley Area

TIAN Liany^{1,2}, ZHOU Zhongfa^{1,2}, YAN Lihui^{1,2}

(1. School of Karst Science, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550001, China;

2. The State Key Laboratory for Karst Mountain Ecology Environment of Guizhou Province, Guiyang, Guizhou 550001, China)

Abstract: [Objective] Under the background of artificial interference, the effects of different land use types on soil physicochemical properties in the karst gorge area were investigated in order to provide some supports for the environment protection and sustainable development in karst mountainous area. [Methods] Huajiang Karst Gorge Demoustration Zone of Guizhou Province was selected as the research area. Where the soils from different land use types of rocky desertification area were sampled and the physicochemical properties were assayed. [Results] (1) Soil moisture content was relative high at deeper soil layer. Soil moistures sampled from different land use types had a layer averaged rank as: closed mountain land>runoff land>slope-transformed terrace land>shrub land>abandoned land. (2) Filed moisture capacity of slope-transformed terrace with Chinese prickly ash established on it was higher than that of abandoned land. (3) The rocky desertification usually had the properties of dispersed soil particle, damaged soil structure, and declined soil permeability ability. The rank of porosity is: forest land>slope-transformed terrace>natural shrub>arable land>abandoned land. (4) Total potassium content is higher and positively correlated with pH values. The

收稿日期: 2014-09-29

修回日期: 2014-10-12

资助项目: 国家重点基础研究(973)研究发展计划项目“人为干预下喀斯特山地石漠化的演变机制与调控”(2012 CB723202); 贵州省重大科技专项计划项目(黔科合重大专项字[2013]6024号); 贵州省国际科际合作计划项目(黔科合外 G 字[2012]7022号)

第一作者: 田涟祎(1991—), 女(苗族), 贵州省思南县人, 硕士研究生, 研究方向为喀斯特旅游资源评价开发。E-mail: 1206369102@qq.com。

通信作者: 周忠发(1969—), 男(汉族), 贵州省贵阳市人, 博士, 教授, 主要从事 GIS、喀斯特资源与环境方面的研究。E-mail: fa6897@163.com。

nitrogen content is below the country-wide mean level, soil nutrients are insufficient. [Conclusion] Land use patterns which have different soil features are the synergetic effects of rocky desertification grades and land use measures. The water carrying capacity and nutrition in the soil of Huajiang area were evaluated to be at low level and the products on it are low. Where the lands are not appropriate to be cultivated. Hence, it is suggested that the present cultivated lands should be dwindled; And meanwhile economic forest lands and grasslands be enlarged; and again the natural forest lands should be preserved.

Keywords: karst gorge area; rocky desertification; land use types; human intervention; physical and chemical properties of soils

土壤和人类的关系十分密切,是人类赖以生存的物质基础,地形通过影响土壤成土母质、影响土壤环境的物质和能量的再分配而间接作用于土壤,不同地形的土壤质地不同,由于喀斯特岩溶山区生态环境脆弱,加上人类不合理的社会经济活动,形成人地矛盾突出,水土流失、岩石裸露率高、土壤含水量低,土壤肥力差导致土地生产力下降。严重制约着我国喀斯特地区的经济发展。在目前对全球土壤系统的演变过程的研究比较深入,但是对于喀斯特生态脆弱地区的土壤理化性质的研究还比较缺乏,人类活动通过不同土地利用的影响,土壤水分的变化如何,不同土壤环境下土壤的质量条件如何来支持土壤表层的覆盖植被,不同土地利用类型对土壤质量的影响。土壤具备不间断的协调和供给植物生长发育所需要的养分、水分、空气和热量的能力,这种能力的大小能通过一系列的理化性质的监测来反映,而土壤水分的含量是重要的肥力因素,是土壤系统中物质与能量的介质,研究这些变化的土壤理化性质特征有利于岩溶山区的生态环境保护 and 可持续发展。

1 研究区概况

花江示范区位于贵州省中部,贞丰县和关岭县交界处,北盘江中游的花江峡谷地段,总面积 47.63 km²,地势西高东低,最高海拔 1 270 m,最低海拔 650 m,花江峡谷发育在强岩溶化三叠系碳酸盐岩组(石灰岩、白云质灰岩及白云岩)为主的法郎向斜构造上,上三叠系的碎屑岩组分布范围小且厚度小,喀斯特地貌广布。花江主要为中三叠系和上三叠系地层,主要发育了赖石科组、竹杆坡组、瓦窑组、杨柳树组、垄头组。地貌多为峰丛洼地、峰丛峡谷为主,土壤以潮泥土和沙壤土为主,由于示范区内土壤持续干旱,造成对土壤的水、气、热的影响,因而成土缓慢,土壤肥力比较薄弱,土壤状况一般比较脆弱,基岩出露浅,石漠化程度严重,土层薄,分布不连续,造成农业产量较低。现有耕地 1.34×10⁶ hm²,人口算术平均密度 138 人/km²,人口耕地密度为 771 人/km²,以中度、强度石漠化为

主,是贵州省内生存环境恶劣的贫困地区之一,其自然、经济社会发展具有显著的区域性特征。

2 样品采集与试验方法

2.1 样点选取与评价

利用地理信息技术分析,通过空间自相关性分析,得出地理现象的空间相关特性,即距离越近的事物越相似,按照不同土地利用类型的规律来选取样点,花江示范区土壤采样值具有很强的空间相关性,半变异图中的样点不是形成一条水平直线,表明数据存在一定的空间相关性。通过研究空间结构可以看出,距离远的样地,方差较大,而距离近的样点的值具有更大的相似性,结果表明采样值及其属性在空间具有一定的空间相关性,半变异函数图的采样点的变化规律是东北—西南比西北—东南方向具有更远的空间距离,且样点布置呈东北—西南方向趋势而不是一条水平直线上^[1-2],通过评价证明样点选取合理。

2.2 样品采集

通过野外实地考察,收集土地利用状况、土壤采样,记录样方所在的经纬度,海拔、地形地貌、坡度、石漠化等级、上覆植被类型等因子。选取 10 个样地,在样地内采样选择有代表性的点 3~5 个,铲去表层约 3 cm 左右的土壤,然后倾斜向下切取 10—20 cm 深度的土壤。采用对角线采样法进行采样点的布设,将样地对角线的土样集中一起混合均匀^[3],每块样地采集土样约 1 kg,即为混合土壤样品;同时,在样方选取时还需考虑地形等背景,如在山坡上的土壤多为石灰土,通过不断的冲刷,多数土壤流失并聚集在坡脚洼地或平坦处,经过脱硅富铝化形成和山上相反土壤性质的黄壤,更适宜耕种。

2.3 样品的分析测定

研究采用威尔科克斯法(环刀法),用环刀测定的地段采取原状土,同时在统一土层上取些散装土,带回室内测定,样品带回实验室后,在山地重点实验室对样品处理后进行分析测定所需的土壤物理化学性质数据^[4],结合试验得出土壤的理化性质数据进行综合分析。

表 1 花江示范区基础信息

样地编号	小地点	经度	纬度	海拔/m	地貌部位	石漠化等级	植被类型
1	查尔岩村查尔岩组	105°38'41"	25°39'35"	738	坡改梯平地	轻度	花椒
2	查尔岩村岩上组	105°38'05"	25°39'08"	952	峰丛洼地	中度	花椒、仙人掌
3	板贵乡火龙果基地	105°39'43"	25°40'34"	595	径流场下坡	潜在	火龙果、草
4	板贵乡乡政府	105°39'23"	25°40'83"	632	坡改梯	轻度	花椒、花椒苗
5	板贵乡乡政府	105°39'24"	25°40'85"	626	邱峰台地	轻度	草地
6	查尔岩村查尔岩组	105°38'39"	25°39'15"	900	坡顶平坦处	强度	花椒
7	查尔岩村查尔岩组	105°38'39"	25°39'16"	909	山顶乔木丛	强度	乔木
8	查尔岩村岩上组	105°38'16"	25°38'50"	973	封山育林	强度	乔木、灌木
9	法郎小流域	105°26'21"	24°42'17"	855	坡腰径流池	轻度	草地
10	云洞湾	105°40'23"	25°39'21"	749	坡上平坦处	强度	花椒

2.3.1 土壤物理性质测定 土壤自然含水量采用烘箱烘干法,室内用烘箱在 80 °C 温度下将土样烘至恒重^[5],计算公式为:

$$\theta_m = (m_1 - m_2) / (m_2 - m) \times 100 \quad (1)$$

式中: θ_m ——土壤自然含水量(g/kg); m ——干燥铝盒质量(g); m_1 ——风干土样与铝盒合重(g); m_2 ——烘干土样与铝盒合重(g)。

土壤饱和渗透性能采用环刀法,渗透性能的计算公式为:

$$V = \frac{10Q_n}{t_n \cdot S} \quad (2)$$

式中: V ——渗透速率(mm/min); Q_n ——每次渗出的水量(ml); S ——渗透筒的横断面积(cm^2); t_n ——每次渗透所间隔时间(min)。

土壤容重、土壤持水量、土壤孔隙率运用环刀法测定,土壤持水量指标包括土壤田间持水量、土壤毛管持水量,土壤孔隙率指标包括土壤总孔隙率、毛管孔隙率及土壤非毛管孔隙率,具体方法参照张猛主编的《土壤水植物理化分析教程》^[6]。

2.3.2 土壤化学性质测定 pH 值采用水浸提—电位法(国标 GB7859—87),土壤全 N 含量采用半微量开氏法国标(GB7173—87),土壤全 P 含量采用氢氧化钠碱熔—铝锑抗比色法(国标 GB7852—87),土壤全 K 含量采用氢氟酸高氯酸消煮法(国标 GB7854—87)进行测定

3 结果分析

3.1 土壤自然含水量和持水能力对比

土壤含水量是直接影响作物生长发育好坏及产量高低的重要因素之一,研究农田土壤含水量,对我们利用土壤水资源,合理分配灌溉用水,起到了重要的作用^[7]。研究发现不同深度土壤含水量的变化程度各不相同,从而形成土壤水分的垂直变化。反映不

同深度土壤含水量变化程度。从表 2 可以看出,随着土壤深度的增加,土壤含水量也会相应波动,是一个随着土层深度增加而递增的过程,表层含水量不稳定变化较大,10 cm 以后土层从上到下土壤水分变化程度由剧烈趋于缓和,土壤水分的主要活动在耕地层。

表 2 喀斯特不同土地利用类型土壤自然含水量

样区	土层/cm	土地利用类型	自然含水率/%
查尔岩	0—5	坡改梯花椒林	13.26
岩上组	0—5	自然灌丛	19.11
火龙果基地	0—5	人工经济林	10.70
查尔岩	0—5	自然灌丛	12.62
查尔岩	0—5	自然灌丛	13.24
板贵乡	5—15	坡改梯花椒林	16.70
板贵乡	5—15	撂荒地	11.03
岩上组	5—15	封山育林	36.99
法郎	5—15	径流场	21.79
云洞湾	5—15	人工耕地	16.72

不同的土地利用对土壤自然含水量有影响,含水量变化依次表现为:封山育林>径流场>坡改梯>自然灌丛>撂荒地,封山育林对喀斯特地区保水起着十分重要的作用,这种林下草被和灌木丛模式有很好的储水能力,经过石漠化治理措施后的土壤含水量更高。在评定土壤持水性能时,不能仅以自然含水量的高低来评定土壤水分特性,同时也要看土壤田间持水量和毛管持水量这些指标的特征。

由图 1 可以看出,花江示范区经过改良的坡改梯通过种植花椒(53.44%~59.44%)的田间持水量明显比草地(32.88%)含量高,同时我们还测定了土壤中毛管悬着水的毛管持水量,代表土壤中毛管孔隙的最大含水量,如图所示经过石漠化治理的坡改梯的土壤毛管持水量高于草地的毛管持水量(40.21%>28.37%),前者是后者的 1.4 倍,上述结果表明,相对

于进行石漠化治理并合理耕作的坡改梯花椒地来说,荒草地的持水能力明显下降。

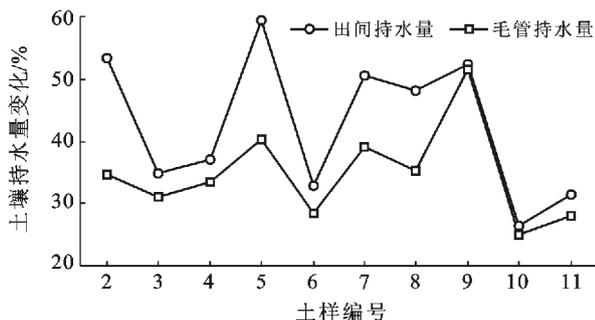


图 1 花江示范区不同土地利用类型土壤持水量变化

封山育林长期受到保护不受人类活动的影响,土壤水分存储能力比草地、果园和耕地强,花江示范区石漠化程度强烈,土壤浅薄,影响含水率,进而影响土壤水分调蓄能力,保水能力差,建议在花江的强度石漠化地区采用天然保护林,或是封山育林的形式,使区域的土壤免受人类活动的干预,慢慢恢复土壤蓄水能力(表 3)。

表 3 不同土地利用类型土壤持水量

样区	土地利用	田间持水量/%	毛管持水量/%
查尔岩	坡改梯	53.44	34.76
岩上组	自然灌丛	34.89	31.05
火龙果基地	果园	37.17	33.51
板贵乡	坡改梯	59.44	40.21
板贵乡	荒草地	32.86	28.37
查尔岩	自然灌丛	50.57	39.02
查尔岩	自然灌丛	48.21	35.25
岩上组	封山育林	52.46	51.56
法郎	径流场	26.45	25.01
云洞湾	人工耕地	31.39	28.00

3.2 土壤孔隙性变化

孔隙性代表土壤结构的重要指标,孔隙的数量和质量反应了土壤结构的优劣,是能否储存水的关键^[8],土壤紧实度影响土壤密度,土壤越紧实,则孔度小而密度大,导水率下降,土壤侵蚀增大,造成水土流失。从表 4 可以看出,封山育林和灌丛草地这种土地利用方式的土壤总孔隙比较高,而人工耕地的总孔隙相应较低,经过石漠化治理工程后的土地利用方式下的土地土壤通透性更高,坡改梯的总孔隙在 60.51%至 65.3%之间,封山育林也到达了 56.56%,变化较为稳定,样地 1,4,6,7,8 的孔隙分布比较均匀,毛管孔隙度占总孔隙的比例的 34.91%以上,样地 1,4,8,10 的非毛管孔隙比例较高,样地 5 的毛管比例比坡

改梯和耕地的孔隙高。在不同的土地利用,不同的植被条件下,土壤孔隙的差异非常大,土壤总孔隙的变化规律为:林地>坡改梯>灌草丛>耕地>撂荒地,耕地和撂荒地的土壤表层总孔隙较低,毛管孔隙和非毛管孔隙变化不明显,在喀斯特石漠化土层浅薄的情况下,合理的土地利用能提高土壤孔隙的通透性和透水性,有效保持水土。

表 4 土壤孔隙性能变化

样区	土地利用类型	土壤总孔隙度	土壤毛管孔隙度	土壤非毛管孔隙度
1	坡改梯	60.51	35.23	25.28
2	自然灌丛	49.32	42.09	7.13
3	果园	51.25	43.36	7.89
4	坡改梯	65.30	34.91	30.39
5	撂荒地	51.56	36.45	15.11
6	自然灌丛	59.29	40.99	18.30
7	自然灌丛	50.68	34.56	16.12
8	封山育林	67.44	41.42	26.02
9	径流场	45.32	36.86	8.46
10	人工耕地	55.06	33.00	22.06

3.3 土壤化学性质分析

通过不同土地利用方式对比分析可以发现(表 5),经过喀斯特石漠化综合治理的水土保持成效显著,研究发现潜在在石漠化的 pH 值明显小于轻度、强度石漠化,不同植被覆盖下的土壤 pH 值有差异,石漠化严重地区相对轻度石漠化 pH 值偏高,强度石漠化的土壤生态环境恶劣,岩石裸露率高,易受碱性地质背景的影响,相反轻度石漠化植被覆盖率高,随着植覆盖率的增加,植被覆盖下的生物活动频繁,微生物生长运动较快,在这些生物死亡后的残体分泌成酸性的物质,这种酸性物质储存在土壤中,导致土壤偏酸性,强度石漠化 pH 值均在 7.6~7.8, pH 值偏碱性。花江示范区地形破碎,土层浅薄,石漠化程度严重,土少石多,造成土壤养分供应不足,通过表 5 可以看出,土壤总钾偏高,与 pH 值呈正相关,这样的土壤环境不利于植被生长,中国农田氮含量一般为 0.33 以上,但是花江喀斯特地区的氮含量普遍低,低于全国土壤氮均值,甚至有些地区仅为全国平均的 1/2。不同土地利用条件下的土壤环境状况不同,林地和草地提供了基础营养物质和较好的养分,当然由于农用地土地利用过程中会施肥,补充了所需要的养分,它的各项指标必然高于林草地和荒地^[9]。说明可以通过改善土壤环境来提高土壤生产力。建议花江石漠化地区多种经济林和草地,保护天然林地,合理利用石多土少的土地。

表 5 不同土地利用土壤化学性质对比

土地利用类型	石漠化等级	土壤总氮	土壤全磷	土壤总钾	pH 值
坡改梯耕地	轻度	0.265 8	0.134 0	3.618 6	7.5
自然灌丛	中度	0.203 2	1.622 2	6.177 0	7.8
果园	潜在	0.156 8	0.280 1	3.471 8	7.4
坡改梯	轻度	0.039 6	0.610 4	1.238 3	7.5
荒草地	轻度	0.083 0	0.701 1	8.390 0	7.5
自然灌丛	强度	0.039 6	0.610 4	1.238 3	7.8
自然灌丛	强度	0.032 2	0.102 4	1.847 3	7.6
封山育林	强度	0.041 3	0.100 2	1.786 6	7.8
径流场草地	轻度	0.171 9	0.991 6	11.876 4	7.6
人工耕地	强度	0.206 4	2.001 4	6.323 2	7.7

4 结论

(1) 从土壤自然含水量的变化规律分析中发现,不同深度土壤含水量的变化程度各不相同,从而形成土壤水分的垂直变化,土壤含水量呈现随着土层深度增加而增加的过程。

(2) 从土壤持水量变化角度来看,花江示范区经过改良的坡改梯通过种植花椒(53.44%~59.44%)的田间持水量明显比草地(32.88%)含量高,相对于进行石漠化治理并合理耕作的坡改梯花椒地来说,荒草地的持水能力明显下降。

(3) 石漠化环境下土壤颗粒分散、土体结构破坏,土壤通透能力下降,不同土地利用条件下,土壤孔隙度差异大,坡改梯和封山育林的总孔隙变化稳定,毛管孔隙占总孔隙比例的 34.91%以上,说明土壤通透性较好,不同土地利用类型孔隙的变化规律为:林地>坡改梯>灌草丛>耕地>撂荒地。

(4) 不同土地利用方式下土壤质量条件存在显著差异,这种差异是基于不同石漠化等级下采取的石漠化工程治理措施的不同造成的,花江石多土少,成土缓慢且分布不连续,岩石裸露率高,土壤持水效益低,土壤肥力差,导致了生产力下降,农业产量不高。通过土壤氮磷钾和 pH 值的分析发现,花江的土壤质量不利于耕作,土壤养分不足,建议花江石漠化地应减少耕地,多种经济林和草地,保护天然林地,通过一

定的石漠化治理来优化生态环境。

(5) 通过封山育林和坡改梯这种土地利用方式和其他土地利用方式土壤自然环境的对比,前者的保水效益更优,自然含水量较高且田间最大持水量能支持上覆植被吸收,土壤孔隙性适宜,土壤通透性和透水性较好,能够有效保持水土,通过撂荒地和其他土地利用方式的对比,土壤环境也是逐渐向良性发展。

[参 考 文 献]

- [1] 周忠发. 遥感和 GIS 技术在贵州喀斯特地区土地石漠化研究中的应用[J]. 水土保持通报, 2001, 21(3): 52-54.
- [2] 汤国安. 地理信息系统空间分析实验教程[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 419-441.
- [3] 龙健. 贵州喀斯特山区石漠化土壤理化性质及分形研究[J]. 土壤通报, 2007, 37(4): 635-639.
- [4] 王兵, 鲁邵伟, 李红娟. LY/T1606—2003 森林生态系统定位观测指标体系[S]. 北京: 国家林业局, 2003.
- [5] 王家文. 中国西南喀斯特土壤水分特征研究进展[J]. 中国水土保持, 2013(2): 37-41.
- [6] 张福. 土壤·水·植物理化分析教程[M]. 北京: 中国林业出版社, 2011: 53-85.
- [7] 李阳兵. 岩溶山地不同土地利用土壤的水分差异特性[J]. 水土保持通报, 2007, 23(1): 12-15.
- [8] 王金乐. 贵州喀斯特石漠化荒地土壤理化性质及环境效应研究[D]. 贵州 贵阳: 贵州大学, 2008.
- [9] 尹辉. 我国西南典型喀斯特峰丛洼地土壤理化特征研究[D]. 广西 南宁: 中国地质科学院, 2012.