

喀斯特石漠化地区不同水土保持措施对土壤物理性质及抗剪性的影响

岳坤前¹, 顾再柯^{1*}, 袁茏², 方启彬¹

(1. 贵州省水土保持监测站, 贵州贵阳 550002; 2. 贵州师范大学国际旅游文化学院, 贵州贵阳 550001)

摘要 分析了喀斯特石漠化地区不同水土保持措施对土壤物理性质和抗剪性的影响, 结果表明, 不同措施下土壤平均持水性总体表现为水保林>封山育林>经济林>坡耕地>坡改梯, 平均土壤容重表现为水保林<经济林<封山育林<坡耕地<坡改梯, 平均土壤总孔隙度表现为水保林>经济林>封山育林>坡耕地>坡改梯, 土壤平均抗剪强度大小排序为封山育林>水保林>坡改梯>坡耕地>经济林, 总体表现为水保林增加土壤持水性、土壤孔隙度, 降低土壤容重效果显著, 封山育林状态下土壤抗剪性最强, 坡改梯由于人为扰动增加了土壤容重。综合分析, 水保林对土壤物理性质改良效果较好。

关键词 水土保持措施; 土壤物理性质; 抗剪性; 影响; 喀斯特石漠化地区

中图分类号 S 152.7⁺1 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)05-0080-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.05.022



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Different Soil and Water Conservation Measures on Soil Physical Properties and Shear Resistance in Karst Rocky Desertification Areas

YUE Kun-qian¹, GU Zai-ke¹, YUAN Long² et al (1. Guizhou Monitoring Station of Soil and Water Conservation, Guiyang, Guizhou 550002; 2. School of International Tourism and Culture, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550001)

Abstract The effects of different water and soil conservation measures on soil physical properties and shear resistance in Karst rocky desertification areas were analyzed. The results showed that the overall performance of soil average water holding capacity under different measures was soil and water conservation forests> afforestation> economic forest> sloping farmland> slope-to-terrace; the average soil bulk density was represented by soil and water conservation forests<economic forests<afforestation<sloping farmland<slope-to-terrace; the overall performance for the average soil total porosity was soil and water conservation forests>economic forests>afforestation>sloping farmland>slope-to-terrace; the average shear strength of soil order as follows: afforestation > soil and water conservation forests > slope-to-terrace > sloping farmland > economic forests. The overall performance was that soil and water conservation forests increased soil water holding capacity and soil porosity, and reduced soil bulk density. The soil had the strongest shear resistance in the state of closed hills for afforestation. The slope-to-terrace increased the soil bulk density due to human disturbance. Comprehensive analysis showed that the soil and water conservation forest had good effect on soil physical properties improvement.

Key words Soil and water conservation measures; Physical properties of soil; Shear resistance; Effect; Karst rocky desertification areas

土壤作为生态系统中植物赖以生存的物质基础, 其蓄水、持水能力、土壤水文功能的强弱主要取决于土壤层的厚度、土壤容重、孔隙度等物理性状, 其物理性质直接影响着植物根系的呼吸作用和生长速度^[1-2], 大量研究表明, 植物能通过地表凋落物和地下根系的增加降低土壤容重^[3-4]。目前, 常用的水土保持措施主要为林草措施、农业措施和工程措施^[5-7], 而不同的水土保持措施对土壤容重、孔隙度、土壤含水量等物理性质产生的影响不同。该研究以兴义市拢岸小流域不同水土保持措施水保林、坡耕地、封山育林、经济林、坡改梯为研究对象, 通过对不同水土保持措施土壤容重、孔隙度、土壤含水量和抗剪强度的测定, 探讨不同水土保持措施对土壤物理性质和抗剪性的影响, 以期改善土壤结构、恢复生态环境提供参考。

1 材料与方

1.1 试验区概况 拢岸小流域位于兴义市敬南镇, 涉及拢岸村和七舍镇糯泥村, 总面积 20.84 hm²。项目区内共有居民 1 428 户, 总人口 5 582 人, 项目区为亚热带湿润气候地区, 具有高原季风气候特点, 冬季较寒冷、夏季较凉爽、雨热同期、冬春干旱、夏季潮湿。境内年平均气温为 15.4 ℃, >10 ℃

活动积温为 3 681 ℃·d, 年平均降雨量为 1 531 mm, 流域区植被属亚热带常绿阔叶林植被带, 原生植被多被破坏, 由次生植被所替代, 喀斯特地裂裂隙、管道发育, 水土流失严重。

1.2 研究方法 试验选取水保林、经济林、封山育林、坡耕地、坡改梯为研究样点, 采取环刀土, 以不粘铲的情况下采集, 方法是将土表面的杂物和植物清除干净, 用环刀进行采集, 一般 0~5、5~10 cm 各取一个, 将已知体积的环刀刃口向下垂直压入土中, 直至环刀筒中充满土样为止, 用修土刀切开环周围的土样, 然后将环刀取出, 修平环刀周边的土壤, 随即称重并记录, 在环刀的外侧附上标签注明采集日期、地点, 放入塑料盒内, 用胶布将其粘好, 带回实验室测土壤的渗透、土壤含水量、土壤总孔隙度、毛管孔隙度等。

1.3 数据处理 采用 Excel 2010 进行分析, Origin 8.0 软件作图。

2 结果与分析

2.1 土壤容重分析 土壤容重是评价不同水土保持措施对土壤物理性质改良效果的重要因子, 影响着土壤孔隙度和持水量等物理性质^[8], 对比不同水土保持措施类型, 平均土壤容重表现为水保林(1.14 g/cm³)<经济林(1.22 g/cm³)<封山育林(1.24 g/cm³)<坡耕地(1.29 g/cm³)<坡改梯(1.36 g/cm³), 其中坡改梯对土壤的扰动较大, 造成土壤容重总体值偏大, 而经济林植物生长对土壤容重有改良作用, 促进土壤透气性能提高。

基金项目 贵州省水利科技经费项目(KT201617, KT201508, KT201825)。

作者简介 岳坤前(1989—), 女, 贵州绥阳人, 工程师, 硕士, 从事喀斯特生态建设与区域经济研究。*通信作者, 研究员, 从事水土保持监测工作。

收稿日期 2020-07-26; **修回日期** 2020-09-02

土壤容重反映土壤的孔隙状况、透水性、通气性和根系生长的阻力状况,对比 2015—2018 年不同水土保持措施对土壤容重的改良效果,结果发现(图 1),改良效果表现为坡改梯容重下降 1.45%,封山育林土壤容重下降 6.25%,坡耕地土壤容重没有变化,水保林土壤容重下降 13.11%,经济林土壤容重反而上升 14.03%。坡改梯工程实施后,由于在施工期间对原地面进行破坏,加之实际施工对表土倒运程序要求不严,导致底土层上翻,致使土壤容重增加,但随着耕作熟化,土壤容重逐渐降低。

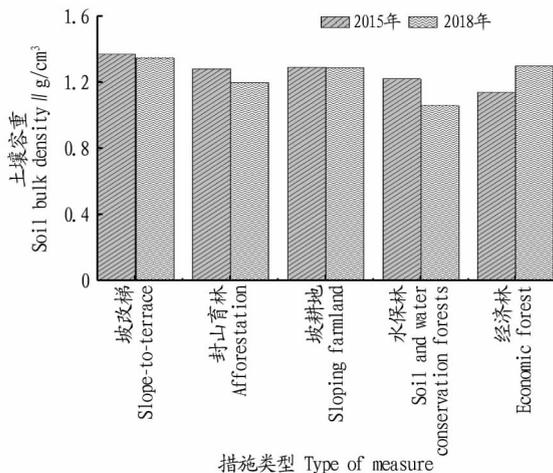


图 1 不同水土保持措施土壤容重对比

Fig. 1 Comparison of soil bulk density of different soil and water conservation measures

2.2 土壤自然含水量、田间持水量、相对含水量分析 对比 2015—2018 年土壤自然含水量变化(表 1)发现,坡改梯、坡耕地分别下降 8.83%、8.92%,封山育林、水保林、经济林分别上升 12.90%、10.24%、7.60%。不同水土保持措施土壤自然含水量表现为封山育林>水保林>经济林>坡改梯>坡耕地,林地土壤含水量最高,坡耕地土壤含水量最低。2015—2018 年土壤持水量坡改梯、坡耕地、经济林分别下降 13.94%、14.34%、12.79%,封山育林、水保林分别上升 22.48%、18.81%,2015—2018 年相对含水量总体表现为上升趋势,封山育林、水保林、经济林、坡改梯、坡耕地分别提高 12.90%、10.24%、7.60%、8.83%、8.92%。

对比不同水土保持措施类型平均土壤持水性总体表现为水保林(45.37%)>封山育林(44.31%)>经济林(43.20%)>坡耕地(42.72%)>坡改梯(41.94%),水保林较坡改梯土壤含水量增加 8.18%、封山育林较坡耕地土壤含水量增加 3.72%,采用自然恢复更有利于土壤的持水性。

2.3 土壤总孔隙度、毛管孔隙度、通气度分析 土壤的总孔隙度状况决定了土壤拦蓄地表径流的能力,从表 2 可以看出,不同水土保持措施的平均土壤总孔隙度表现为水保林(57.00%)>经济林(53.96%)>封山育林(53.14%)>坡耕地(51.26%)>坡改梯(48.54%),土壤平均毛管孔隙度表现为水保林(41.59%)>经济林(38.12%)>坡耕地(37.83%)>封山育林(37.38%)>坡改梯(36.61%),说明发育良好的水土保持林对林下土壤改良效果较好,土壤蓄水能力最强^[9]。与

坡改梯相比,林地对土壤总孔隙度和毛管孔隙度改善效果显著。土壤平均通气度表现为水保林(56.63%)>经济林(53.63%)>封山育林(52.99%)>坡耕地(50.91%)>坡改梯(48.20%)。总体来说,水保林、经济林、封山育林对土壤孔隙改善效果较好,坡耕地和坡改梯次之。

表 1 2015—2018 年不同水土保持措施土壤含水量变化

Table 1 Changes in soil water holding capacity of different soil and water conservation measures from 2015 to 2018 %

措施类型 Type of measure	年份 Year	土壤自然 含水量 Natural soil moisture content	田间持水量 Field water holding capacity	相对 含水量 Relative water content
坡改梯	2015	24.69	32.80	75.31
Slope-to-terrace	2018	15.86	18.86	84.14
封山育林	2015	17.63	21.70	69.47
Afforestation	2018	30.53	44.18	82.37
坡耕地	2015	26.10	35.33	73.90
Sloping farmland	2018	17.18	20.99	82.82
水保林	2015	20.89	26.71	68.87
Soil and water conservation forests	2018	31.13	45.52	79.11
经济林	2015	18.78	36.02	73.62
Economic forest	2018	26.38	23.23	81.22

对比 2015—2018 年不同水土保持措施类型土壤孔隙度变化(表 2)发现,封山育林、坡耕地土壤总孔隙度分别上升 6.08%、0.16%,水保林、经济林土壤总孔隙度分别下降 10.00%、10.30%,土壤毛管孔隙度总体下降 23%~33%,坡改梯、封山育林、坡耕地通气度分别上升 1.90%、5.70%、0.47%,水保林、经济林分别下降 9.80%、10.00%。

表 2 2015—2018 年不同水土保持措施土壤孔隙度变化

Table 2 Changes in soil porosity of different soil and water conservation measures from 2015 to 2018 %

措施类型 Type of measure	年份 Year	土壤总 孔隙度 Total soil porosity	毛管 孔隙度 Capillary porosity	通气度 Ventilation
坡改梯	2015	48.17	43.70	47.75
Slope-to-terrace	2018	48.90	29.51	48.65
封山育林	2015	51.57	44.82	51.52
Afforestation	2018	54.71	29.93	54.46
坡耕地	2015	51.22	45.17	50.79
Sloping farmland	2018	51.30	30.48	51.03
水保林	2015	59.99	47.12	59.56
Soil and water conservation forests	2018	54.00	36.06	53.70
经济林	2015	56.89	43.04	56.51
Economic forest	2018	51.03	33.19	50.74

2.4 土壤抗剪强度分析 土壤的抗剪强度是表征土体力学性质的一个重要指标,受土壤种类、结构等影响^[10],对比 2015—2018 年土壤抗剪强度(图 2)发现,坡改梯下降 13.2%,封山育林上升 2.5%,坡耕地下降 1.2%,水保林上升 0.7%,经济林上升 2.6%,其中土壤抗剪强度上升趋势表现为经济林>封山育林>水保林,土壤抗剪强度下降趋势表现为坡改梯>坡耕地,不同水土保持措施地类的总体平均抗剪强度大小排序为封山育林>水保林>坡改梯>坡耕地>经济林,实施坡改梯工程后,对土壤的扰动较大,降低土壤抗剪强度,

而人类活动干扰较小的林地土壤抗剪性呈逐步上升趋势,因此减少对土壤的扰动可增强土壤抗剪强度。

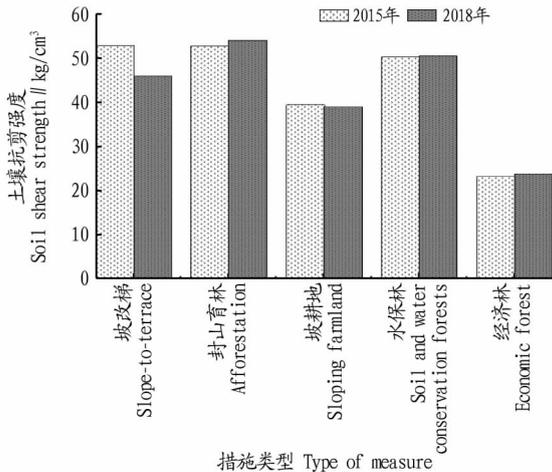


图2 不同水土保持措施土壤抗剪强度对比

Fig.2 Comparison of soil shear strength of different soil and water conservation measures

3 结论与讨论

不同水土保持措施对喀斯特石漠化地区土壤物理性质影响较大,平均土壤容重表现为水保林<经济林<封山育林<坡耕地<坡改梯,土壤平均土壤持水性总体表现为水保林>封山育林>经济林>坡耕地>坡改梯,平均土壤总空隙度表现为水保林>经济林>封山育林>坡耕地>坡改梯,土壤平均抗剪强度表现为封山育林>水保林>坡改梯>坡耕地>经济林。

(上接第79页)

态。评价单元I海域开发利用主要为旅游娱乐用海和渔业用海,分别占该评价单元海域开发利用总面积的63.78%和27.03%,该海域开发利用面积仅占总体评价单元海域开发利用总面积的3.48%,海域开发处于可载状态。

3 结论

(1)在防城河口湾海域6个评价单元中,位于西湾南部的评价单元V海域开发承载力指数在1.75以上,属承载力超载;评价单元I、III、IV和VI海域开发承载力指数为1.39~1.48,属承载力可载;而评价单元II海域开发承载力指数最小,为0.99,属承载力可载。

(2)近年来,随着北部湾经济区建设,防城港码头、临港工业持续推进,防城河口湾面临巨大的海域资源压力,虽然评价结果只有评价单元V海域开发承载力超载,但是其他评价单元的承载力指数集中在1.39~1.48,接近海域承载力临界超载,应严格按照海洋功能区划管控要求,控制海域空间开发。

(3)为了防城河口湾海域空间资源得到高效、和谐的开发利用,促进海洋经济健康快速发展,该研究提出以下几点建议:①加强防城河口湾资源环境承载力监测,提高监测预警能力,对临界超载区域加强管控措施,对超载区域实施限制性措施,避免过度开发利用;②制定合理的防城河口湾产业发展规划,严格落实海洋主体功能区划、海洋生态红线等,

通过对喀斯特石漠化地区封山育林、水保林、坡改梯、坡耕地、经济林土壤物理性质及抗剪性的研究,林地类土壤容重低于坡改梯、坡耕地,而土壤含水量、土壤孔隙度高于坡改梯、坡耕地,说明林地类植物措施对土壤物理性质改良显著优于坡改梯类工程措施及保土耕作类坡耕地措施。

生态恢复治理是一个系统工程,受影响因子较多,加之自然和人为的干预,导致治理难度加大,因此需加深不同水土保持措施所产生效益研究,以人与自然和谐相处为基础,发展经济为中心,进行全面综合整治,全面做好人与自然的和谐发展。

参考文献

- [1] 任启文,毕君,李联地,等.冀北山地3种森林植被恢复类型对土壤质量的影响[J].生态环境学报,2018,27(10):1818-1824.
- [2] 马雪华.森林水文学[M].北京:中国林业出版社,1993.
- [3] 王轶浩,王彦辉,谢双喜,等.六盘山分水岭沟土壤水文物理性质空间变异[J].中国水土保持科学,2008,6(4):33-40.
- [4] 伍玉容,王洁,郭建英,等.黄土丘陵植被恢复区不同植被类型对土壤物理性质的影响[J].灌溉排水学报,2009,28(3):96-98.
- [5] 吴岚,秦富仓,余新晓,等.水土保持林草措施生态服务功能价值化研究[J].干旱区资源与环境,2007,21(9):20-24.
- [6] 欧阳毓人,吴伯志.水土保持耕作措施的研究进展及展望[J].云南农业大学学报(自然科学),2017,32(4):718-726.
- [7] 黄光茂.从里水库大坝水土保持设计措施研究[J].珠江水运,2017(24):50-51.
- [8] 李翔,杨贺菲,吴晓,等.不同水土保持措施对红壤坡耕地土壤物理性质的影响[J].南方农业学报,2016,47(10):1677-1682.
- [9] 陈新军,阮芬,廉土增,等.沂蒙山区不同水土保持措施下土壤物理性状分析[J].中国水土保持,2014(8):30-32.
- [10] 黄琨,万军伟,陈刚,等.非饱和土的抗剪强度与含水率关系的试验研究[J].岩土力学,2012,33(9):2600-2604.

优化海洋资源开发与保护空间布局,控制和规范各种用海行为;③对防城河口湾承载力超载的评价单元V,应采用保守的海域开发管理政策,避免进一步开发利用。

参考文献

- [1] FILGUEIRA R,GRANT J. A box model for ecosystem-level management of mussel culture carrying capacity in a coastal bay[J]. Ecosystems,2009,12(7):1222-1233.
- [2] QUICOY A R, BRIONES N D. Beach carrying capacity assessment of coastal ecotourism in Calatagan, Batangas, Philippines[J]. Journal of environmental science & management,2009,12(2):11-26.
- [3] NAM J,CHANG W,KANG D. Carrying capacity of an uninhabited island off the southwestern coast of Korea[J]. Ecological modelling,2010,221(17):2102-2107.
- [4] 曹可,张志峰,马红伟,等.基于海洋功能区划的海域开发利用承载力评价:以津冀海域为例[J].地理科学进展,2017,36(3):320-326.
- [5] 武红庆,柯丽娜,王权明.基于海洋功能区划的锦州湾海域承载力评价及预警研究[J].海洋环境科学,2018,37(4):595-601,624.
- [6] 赵蕾,曹议丹,高伟明.昌黎县海洋环境承载力评估研究[J].海洋科学,2016,40(8):84-90.
- [7] 中国海湾志编纂委员会.中国海湾志:第12分册(广西海湾)[M].北京:海洋出版社,1993.
- [8] 广西壮族自治区海洋功能区划(2011-2020年)[EB/OL]. [2020-04-28]. http://hyj.gxzf.gov.cn/zwgk_66846/hygl/gnqb/t3453006.shtml.
- [9] 樊杰.芦山地震灾后恢复重建:资源环境承载力评价[M].北京:科学出版社,2009.
- [10] 韩立民,罗霄霞.海域环境承载力的评价指标体系及评价方法初探[J].海洋环境科学,2010,29(3):446-450.
- [11] 石洪华,王保栋,孙霞,等.广西沿海重要海湾环境承载力评估[J].海洋环境科学,2012,31(1):62-66.
- [12] 魏超,叶属峰,过仲阳,等.海岸带区域综合承载力评估指标体系的构建与应用:以南通市为例[J].生态学报,2013,33(18):5893-5904.