

喀斯特石漠化区治理措施对土壤质量演变的影响

伏文兵^{1,2}, 严友进², 王凯³, 胡刚^{1,2}, 林桢桓^{1,2}, 黄朝海^{1,2}

(1.贵州华力创通工程咨询有限公司, 贵阳 550001; 2.贵州大学 林学院/贵州省森林资源与环境研究中心/
土壤侵蚀与生态修复研究中心, 贵阳 550025; 3.贵州华保环境技术咨询有限公司, 贵阳 550001)

摘 要:为进一步探明喀斯特石漠化综合治理区不同治理措施对土壤质量演变的影响,选取 3 种治理措施:封山育林、人工造林和坡改梯,并以撂荒地作为对照,通过长期定点监测,探索了治理措施与时间对土壤理化性质、土壤质量演变的影响特征。结果表明:治理措施和治理时间对土壤理化性质有明显的影响。封山育林、人工造林和坡改梯均能显著改善土壤理化性质,提高土壤肥力质量。随着时间的推移,土壤养分含量和土壤质量指数亦得到显著的改善。封山育林和人工造林对土壤质量的改善效果总体上优于坡改梯。此外,封山育林和人工造林能够明显优化土壤碳氮比例。但是这两种措施中土壤碳磷比(C/P)相对较高,且土壤碳磷比(C/P)随着时间的推移逐渐增大,这反映出封山育林和人工造林的土壤面临土壤磷素缺乏的风险。石漠化综合治理措施中封山育林和人工造林对土壤质量的改善效果最佳。但是随着时间的推移,这两种措施可能会因土壤磷素缺乏导致植被恢复效果不佳。石漠化治理是一个漫长的过程,在其过程中需要通过人工干预以实现石漠化治理的可持续发展。

关键词:喀斯特石漠化; 土壤养分; 生态化学计量特征; 土壤质量

中图分类号:S714.8

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2021)02-0027-06

Effects of Control Measures on Soil Quality Evolution in the Karst Rocky Desertification Area in Southwestern China

FU Wenbing^{1,2}, YAN Youjin², WANG Kai³, HU Gang^{1,2}, LIN Zhihuan^{1,2}, HUANG Chaohai^{1,2}

(1.Guizhou Hualichuangtong Engineering Consultants Co., Ltd., Guiyang 550001, China; 2.College of Forestry/
Institute for Forest Resources & Environment of Guizhou/Institute of Soil Erosion and Ecological Restoration,
Guizhou University, Guiyang 550025, China; 3.Guizhou Huabao Environmental Technology Co., Ltd., Guiyang 550001, China)

Abstract: The long-term stationary monitor was conducted to investigate the effects of different control measures on soil quality evolution in the karst rocky desertification areas. Three kinds of measures were selected: closed forest, artificial afforestation, and terracing, and the abandoned measure was taken as the control. The results showed that both of the measures and time had obvious effects on the soil physicochemical properties. The soil physicochemical properties and the soil quality fertility had been significantly improved by closed forest, artificial afforestation, and terracing. The effects of closed forest and artificial afforestation on soil quality were better than that of terracing. In addition, closed forest and artificial afforestation could significantly optimize the soil C/N. The soil C/P of these two measures was higher than that of terracing, and the soil C/P of closed forest and artificial afforestation increased with time, which reflected that closed forest and artificial afforestation suffered from the risk of soil phosphorus deficiency. Closed forest and artificial afforestation had better effect on improving soil quality. However, these two measures may lead to poor effect of vegetation restoration with the time due to the lack of soil phosphorus. Rocky desertification control is a long process, in which human intervention is needed to achieve sustainable development.

Keywords: karst rocky desertification; soil nutrient; ecological stoichiometric characteristics; soil quality

收稿日期:2020-04-27

修回日期:2020-05-28

资助项目:贵州省科技厅项目“贵州大学林学院博士后流动站建设”(黔科合博士站[2015]4002)

第一作者:伏文兵(1988—),男,陕西扶风人,工程师,硕士,主要从事水土保持研究。E-mail:2824561677@qq.com

通信作者:严友进(1990—),男,贵州威宁人,博士后,博士,主要从事水土保持与生态修复研究。E-mail:gs.yanyj16@gzu.edu.cn

石漠化是喀斯特地区土壤质量下降、退化的终极形式,其已成为威胁该地区人类生活、社会经济发展和生态环境安全的最为严重生态环境问题之一^[1-2]。遏制土壤退化、提高土壤质量已是关乎该地区生态安全的首要工作^[3]。我国于 2011 年起在 200 个试点县开展了石漠化综合治理^[4]。经过近 10 a 的石漠化综合治理,虽然石漠化发展已得到了有效遏制、生态恢复也初见成效^[5]。但是依然存在石漠化区土壤质量低下、植被恢复效果不佳等问题^[3,6-7]。如何高效且可持续的治理石漠化成为该地区可持续发展面临的主要难题^[3,5]。随着西南喀斯特地区石漠化综合治理二期工程的全面实施,无论是决策上还是实践中都越来越迫切需要进一步了解石漠化治理措施对土壤质量演变的影响作用,为该地区进一步开展石漠化治理提供重要的科学理论支撑。

近年来,关于石漠化区土壤特性的研究已有大量的报道,如石漠化演替、植被类型和演替过程、土地利用、治理措施等对土壤理化性质的影响^[8-12]。研究显示石漠化综合治理能够降低土壤容重、提高土壤含水率和孔隙特性^[10]、促进土壤养分积累^[8-9,12]、提高土壤质量^[11-12]。也有部分学者集中研究了石漠化区土壤生态化学计量特征^[12-13]。尽管已有的研究已经较好地揭示了石漠化治理对土壤性质的影响特征。但是多是以空间代替时间的方法,通过单次采样对比分析治理措施对土壤性质的影响。这导致了研究结果可能与实际情况会有所偏差。本研究在贵州省遵义市仁江河石漠化综合治理区,从治理初期(2011 年)开始,通过长期定点监测,对比分析 3 种常用的石漠化治理措施(封山育林、人工造林和坡改梯)对土壤质量演变的影响特征。基于分析治理措施对土壤理化性质和生态化学计量比特征,综合评价不同治理措施

下土壤质量演变特征。研究结果能够为西南喀斯特地区石漠化综合治理二期工程的实施提供参考依据。

1 研究区概况

研究区域位于贵州省遵义市汇川区北部的仁江河小流域,是乌江重要的水源补给区。仁江河小流域属中亚热带温暖湿润季风气候区,年降雨量 1 032 mm,年平均温度 14℃,无霜期为 245 d。该流域主要是出露于背斜核部的娄山关群(∈₂₋₃ ls)白云岩,土壤类型以石灰土为主。小流域国土面积 4 158.21 hm²,其中喀斯特面积 3 405.85 hm²,占流域土地总面积的 81.81%。石漠化面积为 1 368.10 hm²,轻度石漠化占 77.67%,中度石漠化占 21.9%,强度石漠化占 0.43%,无极强度石漠化分布。主要植物有光皮桦(*Betula luminifera* H.Winkl)、枫香(*Liquidambar formosana* Hance)、麻栎(*Quercus acutissima* Carruth.)、刺槐(*Robinia pseudoacacia* L.)、小果蔷薇(*Rosa cymosa* Tratt.)、莢蒾(*Viburnum dilatatum* Thunb.)、火棘[*Pyracantha fortuneana* (maxim.)Li]、莎草(*Cyperus rotundus* L.)、白茅[*Imperata cylindrica* (L.)Beauv.]等,作物以玉米(*Zea mays* L.)为主。2011 年当地政府在該流域实施了石漠化综合治理工程,主要措施包含封山育林(CF)、人工造林(AF)和坡改梯(TS)。

2 材料与方法

2.1 样品采集与处理

2.1.1 样方设置及采样方法 本研究于 2011 年 7 月在研究区内选取了坡改梯、人工造林和封山育林 3 种治理措施,并以撂荒地(AL)为对照开展试验(表 1)。每种措施布置了 3 个定点监测样地(20 m×20 m),共 12 个样地。每个样地间的海拔、坡位、坡向等环境因素相近,以降低环境因素对研究结果的干扰。

表 1 样地基本信息

治理措施	经纬度	海拔/m	坡度/(°)	土壤类型	主要植被
撂荒地(AL)	106°53′14″—106°53′59″E 28°0′19″—28°0′22″N	986±9	20±2	石灰土	莎草、白茅
坡改梯(TS)	106°53′56″—106°54′1″E 28°0′16″—28°0′24″N	988±10	19±3	石灰土	玉米
人工造林(AF)	106°53′55″—106°53′57″E 28°0′20″—28°0′23″N	989±8	20±3	石灰土	刺槐、火棘、白茅
封山育林(CF)	106°53′57″—106°53′11″E 28°0′20″—28°1′21″N	1001±11	20±4	石灰土	光皮桦、枫香、麻栎、莢蒾、火棘、小果蔷薇、白茅

研究分别于 2011 年 7 月、2015 年 7 月和 2018 年 7 月采集土壤样品。在每个固定样地内采用“S”形布点法布置 5 个土壤采样点。采样前先去除土壤表

面的枯枝落叶,然后用环刀采集原状土样用于测定土壤容重,每 10 cm 为一层,采集深度为 20 cm。在每个采样点同时采集 3 个重复土样用于化学性质分析。

每种措施每年采集 45 个土壤样品,本研究总共采集了 540 个土壤样品。土样在室内剔除植物根系等杂物后,自然风干,过筛处理,用于土壤性质测定。

2.1.2 土壤理化性质测定 土壤理化指标测定参照《土壤农业化学分析方法》^[14],每个样品测试 3 个重复。其中土壤容重(BD)采用环刀法;pH 值采用 5:1(V:V)水土比浸提法测定;有机质(OM)含量采用重铬酸钾外加热法测定;全氮(TN)含量采用半微量凯氏定氮法测定;碱解氮(AN)含量采用碱解扩散法测定;全磷(TP)含量采用硫酸—高氯酸消煮法测定;速效磷(AP)含量采用碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法测定;全钾(TK)含量采用 NaOH 熔融—火焰光度计法测定;速效钾(AK)含量采用 1 mol/L 的 NH₄Ac 溶液浸提—火焰光度计法测定。

2.2 土壤质量综合评价方法

土壤肥力是众多土壤因子的综合反映,其难以通过单一的土壤因子进行判断。为此,本研究选取了土壤物理(BD)和化学(pH,OM,TN,AN,TP,AP,TK和 AK)共 9 个土壤质量紧密相关的土壤因子,基于主成分分析,采用全体数据集(TDS)方法对土壤质量进行综合评价(表 2)。

表 2 各土壤因子的主成分因子载荷、公因子方差及权重

指标	因子载荷	公因子方差	权重
BD	-0.075	0.727	0.081
pH	-0.121	0.339	0.013
OM	0.124	0.855	0.141
TN	0.162	0.790	0.132
AN	0.189	0.871	0.129
TP	0.199	0.880	0.122
AP	0.201	0.965	0.133
TK	-0.002	0.709	0.109
AK	0.162	0.897	0.141
主成分特征值	7.034	贡献率/%	78.164

(1) 指标权重计算。采用主城分析方法确定各评价因子的权重(W_i),权重计算公式为:

$$W_i = \frac{Cv_i}{\sum Cv_i}$$
 (1)

式中: W_i 为指标权重; Cv_i 为各指标的公因子方差。

(2) 评价指标标准化。各土壤因子原始指标数据无量纲标准化(Q_i)采用 min—max 归一化处理,具体公式如下:

$$Q_i = \frac{X_i - X_{i, \min}}{X_{i, \max} - X_{i, \min}}$$
 (2)

式中: X_i 为第 i 个土壤因子的数值; $X_{i, \min}$ 是第 i 个土

壤因子的最小值; $X_{i, \max}$ 是第 i 个土壤因子的最大值。

(3) 隶属度函数转换。为了更为全面地进行土壤质量评价,本研究将各项指标数据用隶属度函数进行换算,并依据主成分载荷值的正负性,选择隶属度函数类型^[15]。其中土壤 OM, TN, TP, AN, AP 和 AK 采用升型分布函数,土壤 BD, pH 和 TK 采用降型分布函数。

$$S_i = \begin{cases} \frac{Q_{ij} - Q_{i \min}}{Q_{i \max} - Q_{i \min}} & \text{升型} \\ \frac{Q_{i \max} - Q_{ij}}{Q_{i \max} - Q_{i \min}} & \text{降型} \end{cases}$$
 (3)

式中: S_i 为各指标的隶属度值; Q_{ij} 为各肥力因子值; $Q_{i \max}$ 和 $Q_{i \min}$ 分别为第 i 项土壤肥力因子中的最大值和最小值。

(4) 土壤肥力质量指数(SQI)计算。

$$SQI = \sum Q_i \times S_i$$
 (4)

式中: Q_i 为各指标的权重; S_i 为各指标的隶属度值。

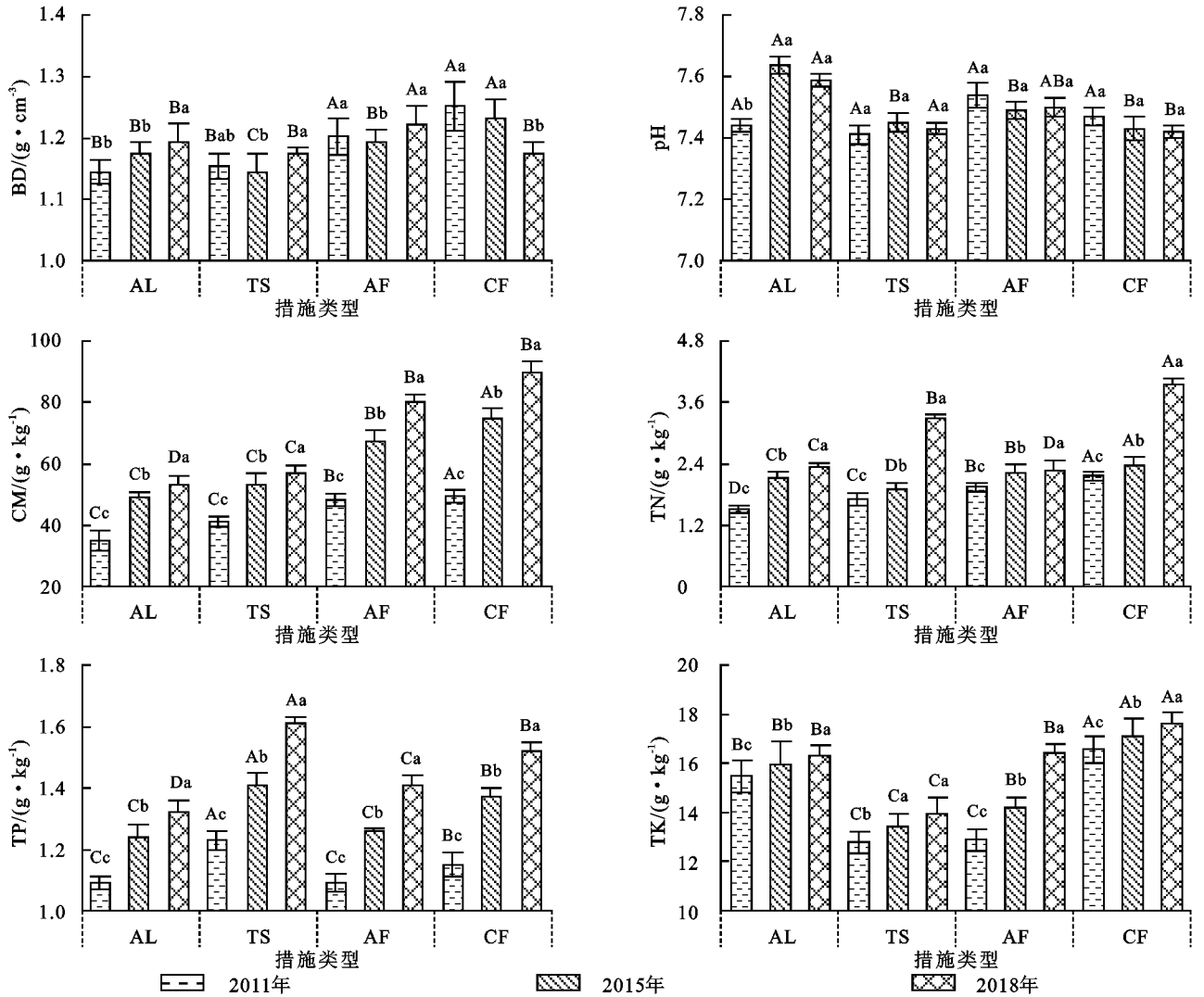
2.3 数据统计分析

利用 STATISTICA 软件采用广义线性回归(GLM)分析土壤因子对治理措施和时间的响应特征(Turkey 检验)。利用 SPSS 软件对各土壤因子进行主成分分析,以及 Excel 软件对数据进行统计分析处理。

3 结果与分析

3.1 土壤理化性质对治理措施和治理时间的响应特征

石漠化治理措施(GLM, $F_{27,64} = 580.7, p < 0.0001$)和治理时间(GLM, $F_{18,44} = 139.5, p < 0.0001$)能够显著影响土壤理化性质(图 1)。人工造林和封山育林的土壤容重总体上显著($p < 0.05$)高于撂荒地和坡改梯的土壤容重。相较于撂荒地而言,坡改梯、人工造林和封山育林总体上能够显著($p < 0.05$)降低土壤 pH 值。而土壤 pH 值在坡改梯、人工造林和封山育林间的差异($p > 0.05$)不大。相较于撂荒地而言,石漠化治理措施能够有效地促进土壤养分的积累。其中,土壤有机质和全氮含量均表现为封山育林>人工造林>坡改梯>撂荒地。土壤全磷含量表现为坡改梯>封山育林>人工造林>撂荒地。土壤全钾含量表现为封山育林>人工造林、撂荒地>坡改梯。此外,治理时间也是影响土壤理化性质的重要因素。随着治理时间的延长,不同治理措施下土壤理化性质总体上得到了显著的改善。相较于土壤物理性质(容重)而言,土壤养分性质对治理时间的变化更为敏感。各治理措施下,土壤养分含量总体上随时间的推移呈显著性($p < 0.05$)增加。



注:小写字母表示土壤因子在同一治理措施下不同治理时间的差异特性,大写字母表示同一治理时间下不同治理措施间的差异特性。AL代表撂荒地,TS代表坡改梯,AF代表人工造林,CF代表封山育林,下同。

图 1 治理措施和治理时间对土壤理化性质的影响

3.2 土壤化学计量比对治理措施和治理时间的响应特征

治理措施和治理年限对土壤化学计量特征均有显著影响(图 2)。其中,相较于治理时间而言(GLM, $F_{6,56}=20.23, p<0.001$),土壤化学计量对治理措施变化的响应更为敏感(GLM, $F_{9,68}=63.04, p<0.0001$)。广义线性回归分析表明,人工造林中的土壤平均 C/N(29.71)显著高于坡改梯(23.34)和撂荒地的土壤平均 C/N(23.23)。封山育林地中土壤平均 C/N(26.35)介于人工造林地和坡耕地之间。从微生物促进土壤矿化作用的最适 C/N(25:1)而言,封山育林措施对促进土壤矿化作用的效果最强,其次是坡改梯,人工造林相对较弱。4 种措施中,封山育林(52.77)和人工造林(50.09)的土壤 C/P 均显著($p<0.05$)高于撂荒地(36.93)和坡改梯(35.15)。土壤 C/K 对治理措施的响应亦存在显著性差异。总体表

现为人工造林和封山育林的土壤 C/K 显著($p<0.05$)高于坡改梯的,坡改梯土壤 C/K 显著($p<0.05$)高于撂荒地的。此外,土壤 C/N 总体上随治理时间的推移呈现先增大后减小的趋势:2011 年(24.01)<2018 年(24.75)<2015 年(28.49)。土壤 C/P 和 C/K 总体上随治理时间的延长呈增大的变化趋势,均表现为 2011 年<2015 年<2018 年。

3.3 不同治理措施土壤质量综合评价

石漠化治理措施对土壤质量均有明显的改善作用,但是不同措施对土壤质量的改善效果存在差异。由图 3 可知,撂荒地的土壤质量指数 2011—2018 年的变化幅度不大。相较于 2011 年、2015 年和 2018 年时,撂荒地土壤质量指数分别增长了 6.0%,4.2%。而相较于撂荒措施,坡改梯、人工造林和封山育林措施均明显改善了土壤质量。与 2011 年时各措施的土壤质量指数相比,2015 年时撂荒地土壤质量指数增

长了 20.9%(年增长率为 4.2%),人工造林的土壤质量指数增长了 28.3%(年增长率为 5.6%),封山育林的土壤质量指数增长了 224.3%(年增长率为 44.9%)。到了 2018 年时,撂荒地土壤质量指数比 2015 年时增长了 7.4%(年增长率为 2.5%),人工造林的土壤质量指数增长

了 27.6%(年增长率为 9.2%),封山育林的土壤质量指数增长了 41.9%(年增长率为 13.9%)。可见,各治理措施对土壤质量的改善效果为:封山育林>人工造林>坡改梯>撂荒地。此外,各治理措施对土壤质量的改善效果随时间的推移逐渐减缓。

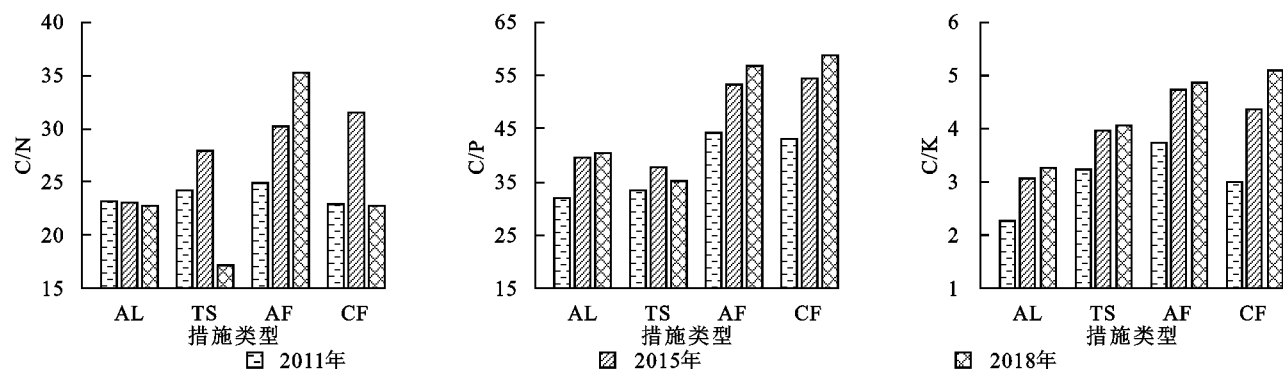


图 2 治理措施和治理时间对土壤化学计量比特征的影响

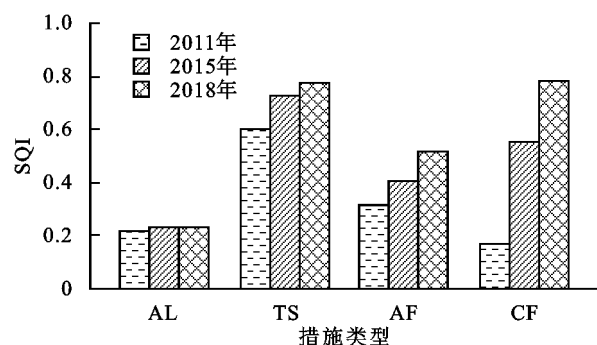


图 3 不同治理措施对土壤质量的影响

4 讨论

石漠化综合治理中土壤理化性质的改善,是治理措施和时间综合作用的结果。从单个土壤因子对治理措施和治理时间的响应特征来看,土壤化学特性对治理措施和时间的响应比物理特性要敏感。本研究对比分析了 4 种治理措施在 3 个时间段下土壤理化性质的变化特征。结果表明,相较于土壤化学性质,土壤容重在各个治理措施间的差异相对较弱。土壤养分在各治理措施间存在显著性差异($p < 0.05$),总体上表现为封山育林和人工造林对土壤有机质、全氮和全钾含量积累的促进效果最佳,坡改梯的次之。这主要是由于随着封山育林措施的实施,人为活动对地表土壤的干扰减小,土壤表层的枯枝落叶含量随封禁时间的推移而逐渐增加^[16]。枯枝落叶在微生物等作用下分解进入土壤,增加了土壤碳、氮、钾元素的来源^[10,17]。而人工造林的时间较短,枯枝落叶的积累量较少,植物根系等对土壤作用时间也相对较短。此外,坡耕地的土壤养分含量容易受到耕作活动的影响。而人为耕作活动下,坡耕地的土壤养分含量并不

会有太大的变化。

对比各措施下土壤化学计量比特征发现,封山育林措施下土壤 C/N 最接近 25 : 1,坡耕地次之。这同样反映出封山育林措施能显著的改善土壤碳、氮养分结构,使得土壤养分含量更有利植物生长^[18-19]。此外,本研究发现封山育林和人工造林中的土壤 C/P 相对较高,且随着治理时间的延长呈增大的变化趋势。一般认为土壤 C/P 特征可以很好地反映出土壤磷含量的赋存特征,土壤 C/P 越大,则表示土壤有效磷含量越低^[20]。可见,封山育林和人工造林增大了植物对土壤磷含量的摄取,导致土壤有效磷含量逐渐降低。这表明磷缺乏可能是限制石漠化地区植被恢复的重要因子。

土壤质量影响植物的生长状况,同样其也受到植物的反馈影响。本研究中封山育林和人工造林对土壤质量的改善作用明显优于坡改梯和撂荒地。这主要是由于在封山育林或人工造林中土壤受到人为活动的干扰较少。使得枯落物量的不断积累,进而提高了土壤养分。此外,植物根系生长能够改善土壤结构特性^[10]。而随着植物根系在土壤中死亡和分解,也进一步促进了土壤养分的积累,极大地改善了土壤质量^[11,16]。相较于撂荒地而言,坡耕地也能促进土壤质量的改善。但是由于长期耕作,导致土壤养分含量降低,土壤结构易受到破坏^[20]。尽管人工施肥能够将坡耕地土壤养分含量保持在一定范围内,但是其无法从根本上改善土壤性质。综上所述,石漠化综合治理过程中,封山育林和人工造林能够显著改善土壤质量。但是值得注意的是,随着植被恢复年限的推移,林地中土壤磷肥缺乏可能会限制植物生物量的积累,从而影响植

被恢复效果。因此,在石漠化综合治理应注意后期的管护,以达到喀斯特石漠化生态可持续性。

5 结论

本研究通过长期定点监测结合土壤质量综合分析,对比分析了石漠化综合治理中常用的封山育林、人工造林和坡改梯措施对土壤质量的影响效果。研究表明,相较于撂荒地,封山育林、人工造林和坡改梯对土壤理化性质和土壤质量均有显著性($p < 0.05$)的改善作用。其中,封山育林和人工造林对土壤养分积累和土壤质量的改善效果相对优于坡改梯。随着治理时间的推移,封山育林、人工造林和坡改梯的土壤质量指数均呈明显的增长趋势,但是土壤指数年增长率则逐渐降低。此外,封山育林和人工造林均能明显改善土壤碳、氮、磷含量。但是随着时间推移,封山育林和人工造林中土壤可能会出现磷素缺乏现象,从而影响石漠治理区的植被恢复效果。

参考文献:

- [1] 王世杰.喀斯特石漠化:中国西南最严重的生态地质环境问题[J].矿物岩石地球化学通报,2003(2):120-126.
- [2] 赵其国,黄国勤.论广西生态安全[J].生态学报,2014,34(18):5125-5141.
- [3] 袁道先.我国岩溶资源环境领域的创新问题[J].中国岩溶,2015,34(2):98-100.
- [4] 王克林,岳跃民,陈洪松,等.喀斯特石漠化综合治理及其区域恢复效应[J].生态学报,2019,39(20):7432-7440.
- [5] 王克林,岳跃民,马祖陆,等.喀斯特峰丛洼地石漠化治理与生态服务提升技术研究[J].生态学报,2016,36(22):7098-7102.
- [6] 张信宝,王克林.西南碳酸盐岩石质山地土壤—植被系统中矿质养分不足问题的思考[J].地球与环境,2009,37(4):337-341.
- [7] Hua F, Wang X, Zheng X, et al. Opportunities for biodiversity gains under the world's largest reforestation programme [J]. Nature Communications, 2016,7(1):1-11.
- [8] 白义鑫,盛茂银,胡琪娟,等.西南喀斯特石漠化环境下土地利用变化对土壤有机碳及其组分的影响[J].应用生态学报,2020,31(5):1607-1616.
- [9] Yan Y, Dai Q, Wang X, et al. Response of shallow karst fissure soil quality to secondary succession in a degraded karst area of southwestern China[J]. Geoderma, 2019, 348:76-85.
- [10] 李建明,王志刚,王爱娟,等.退耕还林恢复年限对岩溶槽谷区石漠化土壤物理性质的影响[J].农业工程学报,2020,36(1):99-108.
- [11] 孙建,刘子琦,朱大运,等.石漠化治理区不同生态恢复模式土壤质量评价[J].水土保持研究,2019,26(5):222-228.
- [12] 杨丹丽,喻阳华,钟欣平,等.干热河谷石漠化区不同土地利用类型的土壤质量评价[J].西南农业学报,2018,31(6):1234-1240.
- [13] 刘娜,喻理飞,赵庆,等.喀斯特高原石漠化区次生林叶片—枯落物—土壤连续体碳氮磷生态化学计量特征[J].应用与环境生物学报,2020,26(3):681-688.
- [14] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2002.
- [15] 靳正忠,雷加强,徐新文,等.塔里木沙漠公路防护林地土壤肥力质量变化与评价[J].科学通报,2008(S2):112-122.
- [16] 赵刚,尤文忠,邢兆凯,等.退蚕还林对枯落物储量和持水性能的影响[J].水土保持学报,2009,23(4):82-85.
- [17] 申家朋,张文辉.黄土丘陵区退耕还林地刺槐人工林碳储量及分配规律[J].生态学报,2014,34(10):2746-2754.
- [18] 王绍强,于贵瑞.生态系统碳氮磷元素的生态化学计量学特征[J].生态学报,2008,28(8):3937-3947.
- [19] Han W, Fang J, Guo D, et al. Leaf nitrogen and phosphorus stoichiometry across 753 terrestrial plant species in China[J]. New Phytologist, 2005,168(2):377-385.
- [20] 谭玉兰,杨丰,陈超,等.喀斯特山区土地利用方式对土壤质量的影响[J].西南农业学报,2019,32(5):1133-1138.