

喀斯特山区退耕还林地土壤养分效应及评价

周涛^{1,3}, 戴全厚², 吴秀芹^{1,3}, 董亚辉², 邓伊晗²

(1. 北京林业大学 水保学院, 北京 100083; 2. 贵州大学 林学院, 贵阳 550025; 3. 教育部 水土保持重点实验室, 北京 100083)

摘要: 土壤养分是植被恢复生长的物质基础, 文章以六盘水钟山区老鹰山镇不同年限退耕地为研究对象, 以中度石漠化地为对照, 采用空间代替时间的方法对其土壤养分演变动态进行测定分析, 并运用均方差决策法对不同年限退耕还林地的土壤养分恢复状况进行了定量评价。结果表明: 该区退耕还林地土壤养分与退耕时间之间呈现正相关关系。坡耕地退耕还林后, 退耕坡耕地土壤养分指数较对照中度石漠化参照地高出 6~14 倍, 土壤养分与中度石漠化对照地相比均有一定程度的提高, 且随退耕还林年限的递增总体呈增大趋势。

关键词: 喀斯特; 退耕还林; 柳杉林; 土壤养分评价

中图分类号: S157; S153.6

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)06-0071-04

Effect of Forest Rehabilitation from Slope Agricultural Land on Soil Nutrient and Its Evaluation in Karst Hilly

ZHOU Tao^{1,3}, DAI Quan-hou², WU Xiu-qin^{1,3}, DONG Ya-hui², DENG Yi-han²

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. College of Forestry, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 3. Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of Ministry of Education, Beijing 100083, China)

Abstract: Soil nutrient is the material foundation for vegetation restoration and growth. The method of space representing time scale is used to examine the soil nutrient dynamics with moderate rocky desertification as background in the different reclaimed terms at Hawks Town, Zhongshan District of Liupanshui City. Standard deviation decision-making is used for different period of forest rehabilitation from slope agricultural land on the restoration of soil nutrients for a quantitative evaluation. Correlation analysis showed that soil nutrient has positive correlation with period of the forest rehabilitation from slope agricultural land. The results of quantitative evaluation showed that the soil nutrient index of slope converted farmland is 6~14 times higher than the moderate rocky desertification, and its soil nutrients could be restored significantly and increased with the growing of the abandoned terms.

Key words: karst; conversion of cultivated land into forest; Chinese cryptomeria; soil nutrient evaluation

中国西南喀斯特山区是“世界上最大的喀斯特连续带”^[1], 其危害和北方沙漠化、黄土高原的水土流失一起, 被并称为中国的三大生态灾害, 土壤有机质和土壤养分含量减少被认为是喀斯特石漠化过程的重要驱动力之一^[2]。1998 年后进行的退耕还林是全国范围内生态恢复、重建和维持的一个重要举措, 对恢复坡耕地的土壤养分、治理水土流失具有重要的作用。针对不同恢复年限、不同退耕还林模式间的土壤养分恢复研究在黄土高原丘陵沟壑区^[3-4]、四川盆

地^[5]和青海山区^[6-8]地区较多。喀斯特石漠化治理中, 土壤有机质和土壤养分恢复因石漠化程度不同而不同^[9-12], 因而研究主要集中在不同的尺度上退耕还林模式之间和石漠化程度之间^[13-15]。但对喀斯特退耕还林地土壤养分的演变规律及对土壤养分演变过程中的定量评价涉及较少。本文旨在探索喀斯特山区退耕还林区域(柳杉林)土壤养分演变、效应规律, 定量评价该区退耕还林地土壤养分, 为开展石漠化治理和生态环境建设决策提供科学理论依据。

收稿日期: 2011-05-18

修回日期: 2011-06-20

资助项目: 贵州省优秀科技教育人才省长专项资金项目(黔科教教[2008]04 号); 贵州省自然科学基金项目(黔科合 J 字[2007]2150 号); 贵州大学林学院 SRT 项目

作者简介: 周涛(1987—), 男, 河南驻马店人, 在读硕士, 研究方向: “3S”技术在水土保持中的应用研究。E-mail: zhoutao2006-05@163.com

通信作者: 戴全厚(1969—), 男, 陕西长武人, 教授, 博士, 主要研究方向: 水土保持与生态恢复重建。E-mail: qhdairiver@163.com

1 研究区概况

研究区位于贵州省六盘水市钟山区老鹰山镇竹林河小流域,地理位置 $104^{\circ}30' - 105^{\circ}10'E$, $26^{\circ}26' - 26^{\circ}53'N$,该区基岩裸露面积大,土层瘠薄,地形破碎,地形相对高差大,海拔介于 $1\,700 \sim 2\,205\text{ m}$,年平均气温 12.2°C ,年降雨量约 $1\,240\text{ mm}$,年日照时数为 $1\,415 \sim 1\,556\text{ h}$,属北亚热带湿润季风气候区,森林覆盖率 33.3% 。土壤为山地黄棕壤土,土壤多呈中性、

微酸性,pH 值为 $5.5 \sim 7.5$,耕作层厚 20 cm 左右。研究区内具有典型的喀斯特石漠化类型和多时相不同退耕方式的土地,是珠江流域的峰丛谷地轻、中度石漠化生态修复与农田基本建设导向型综合治理小区。

在研究区根据实际情况,选择退耕方式一致,土壤和发育母质基本相同的不同退耕年限退耕还林地作为试验地,以中度喀斯特石漠化未治理地(参照地 CK)为对照,样地基本特征如表 1 所示。

表 1 样地基本特征

序号	样地	坡向	坡度/($^{\circ}$)	海拔/m	地理位置		样地类型
1	参照地	N	40	1925	$105^{\circ}00'23''E$	$26^{\circ}35'02''N$	石漠化未治理
2	退耕 5 a	N	30	1880	$105^{\circ}02'08''E$	$26^{\circ}36'14''N$	柳杉退耕地
3	退耕 6 a	NW 35°	26	1885	$105^{\circ}00'22''E$	$26^{\circ}35'17''N$	柳杉退耕地
4	退耕 7 a	NE 31°	20	1895	$105^{\circ}00'53''E$	$26^{\circ}34'59''N$	柳杉退耕地
5	退耕 8 a	SW 20°	20	1845	$105^{\circ}01'02''E$	$26^{\circ}35'05''N$	柳杉退耕地

注:土壤类型为山地黄棕壤。

2 研究方法

2.1 土样采集

本研究采用时空替代的方法,于 2008 年 7 月分别在不同退耕年限的柳杉林退耕样地和石漠化对照样地上,按照“S”型多点(4~6 点)采集土壤表层(0~20 cm)的混合样,3 次重复,将土壤样品带回实验室,除去其中的有机残体和大的石砾,风干过筛,充分混匀后储藏备用测量土壤养分及有机质。有机质(OM)用重铬酸钾氧化外加加热法,全氮(TN)用高氯酸—硫酸消化法,碱解氮(N)用碱解扩散吸收法,全磷(TP)用高氯酸—硫酸酸融—钼锑抗比色法,全钾(TK)用高氯酸—硫酸消化火焰光度计法,速效钾(K)用火焰光度计法,速效磷(P)采用氢氧化钠法,pH 值用 PhS—3S 型 pH 计测定^[16]。

2.2 数据标准化

为了消除量纲与量纲单位的影响,在决策和排序之前,应首先将评价指标进行无量纲化处理^[17],即数据的标准化。一般来说,在湿热条件较好的南方喀斯特地区,土壤瘠薄是影响当地植被的一个重要方面,一定范围内土壤养分含量越大,土壤肥力就越高,土壤养分值就越高,本研究所用指标为“效益型”指标,即属性值越大越好的指标。其标准化的方法为:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{j\min}}{x_{j\max} - x_{j\min}} \quad i=1,2,3\cdots,n; j=1,2,3\cdots,m$$

式中: y_{ij} ——数据的标准化值; $x_{j\max}$ 、 $x_{j\min}$ ——第 j 个指标的最大值和最小值; x_{ij} ——第 j 个指标的第 i 个属性值。

2.3 均方差决策法

设多指标综合评价问题中方案集合为 $A = \{A_1,$

$A_2, \cdots, A_n\}$,指标集为 $G = \{G_1, G_2, \cdots, G_n\}$,若指标 G_j 对所有决策方案而言均无差别,则其对方案决策与排序不起作用,可令其权系数为 0;若指标 G_j 使所有决策方案的属性值存在较大差异,则其对方案决策与排序将起重要作用,应给予较大的权数^[18],即在多指标决策与排序的情况下,各指标相对权重系数的大小取决于在该指标下各方案属性值的相对离散程度,离散程度越大,权系数越大^[17]。均方差决策法确定评价指标离散程度最常用的指标是其均方差。首先求出各方案在各指标下无量纲化属性值的均方差。将其归一化,结果即为各指标的权重系数,并以其权重值求得各个年限的土壤养分指标值。

2.4 数据处理

由 SPSS 11.5 中分析来处理数据间的相关性分析。在 Excel 中借助均值命令(average)、标准差命令(stdev)、求和命令(sum)以及求平方根命令(sqrt)对土壤养分数据进行标准化处理,并根据均方差法得到各指标的权重系数。

3 结果与分析

3.1 土壤有机质及土壤养分的演变

土壤中有机质在土壤肥力形成过程中具有重要作用,它对土壤形成、土壤肥力、环境保护及农林业可持续发展等方面都有着极其重要作用的意义^[19]。其不仅能增强土壤的保肥和供肥能力,提高土壤养分的有效性,而且可促进团粒结构的形成,改善土壤的透水性、蓄水能力及通气性,增强土壤的缓冲性等。由图 1 可以看出,以退耕 7 a 的有机质含量最高,且与参照地相比,各个年份的含量均有不同程度的增加,最

低增长幅度达 78%。退耕还林后,土壤内的有机质都有一定的积累,但每个年份的积累量不同。

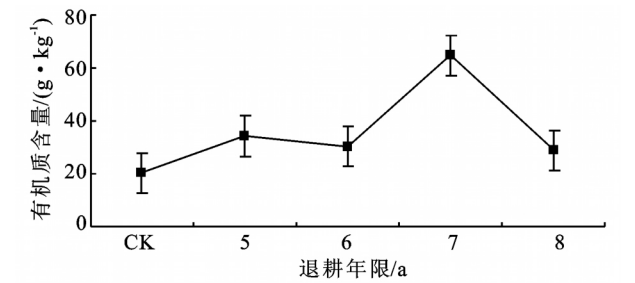


图 1 有机质的演变过程

退耕 5~8 a 后,全磷含量为 0.25~0.49 g/kg,全钾含量为 0.37~1.2 g/kg,全氮含量为 0.7~1.16 g/kg,土壤碱解氮含量为 131.08~358.05 mg/kg,速效钾含量为 140.8~257.7 mg/kg,速效磷含量为 4.8~11.90 mg/kg,除退耕 5 a 全钾含量比石漠化低之外,各退耕年限土壤养分均有所提高,增长幅度在 7%~123%之间。碱解氮以退耕 6 a 的为最高,全磷、全钾含量以退耕 7 a 的为最高,全氮、速效磷和速效钾含量以退耕 8 a 的含量最高,与参照地相比,各个退耕年限的土壤养分随着退耕时间的延长而逐渐提高。

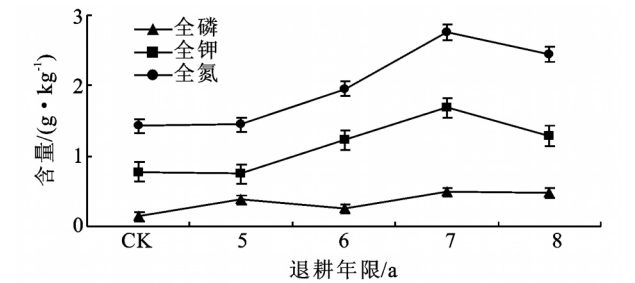


图 2 全磷、全氮、全钾随退耕年限的演变

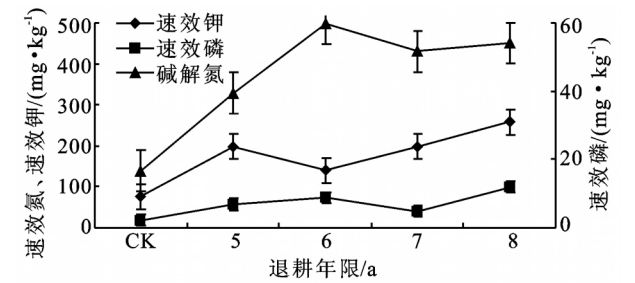


图 3 速效钾、碱解氮、速效磷随退耕年限的变化

3.2 有机质与土壤养分间的相关关系

有机质与全磷、全钾和全氮呈正相关关系,这主要是有机质作为土壤养分的主要来源,可以缓慢地改良土壤,对土壤养分具有缓释效应。土地进行退耕还林后,树木和林下丰富的杂草植被枯落后,加上良好的气候条件,枯落物很快转为腐殖质并随时间而积累,有机质含量得到一定程度的提高,土壤养分随着有机质的缓释而缓慢提高。

3.3 土壤养分演变过程中的相关关系

退耕还林过程中,各种土壤养分的演变规律各不相同,土壤养分间也具有一定的关系(表 2),随着退耕还林的进行,各种养分的恢复是整体性的恢复,协同进行,通过 Pearson 相关关系可知,全磷与全氮具有显著相关关系,与速效钾具有极显著相关关系,说明这三者之间在养分恢复上协同关系密切,另外也不排除退耕之前耕地内人工施肥的影响。

表 2 土壤养分之间的 Pearson 相关关系

项目	全磷	全钾	全氮	速效钾	碱解氮	速效磷
全磷	1	0.312	0.850*	0.935**	0.214	0.518
全钾	0.312	1	0.557	0.112	0.659	0.073
全氮	0.850*	0.557	1	0.795	0.229	0.524
速效钾	0.935**	0.112	0.795	1	0.216	0.754
碱解氮	0.214	0.659	0.229	0.216	1	0.508
速效磷	0.518	0.073	0.524	0.754	0.508	1

注: * 显著相关, $P < 0.05$, ** 极显著相关, $P < 0.01$ 。

3.4 土壤养分演变定量评价

土壤有机质是植物营养的重要源泉,是土壤肥力高低的重要指标之一。它的存在还改变或影响着土壤的一系列物理、化学和生物的性质,而全钾、全磷、全氮、速效钾、速效磷和碱解氮是土壤养分含量使用最为普遍的指标,另全磷与全氮、速效钾的关系较为显著,为了更好地反映土壤养分指标情况,本研究选择有机质、全钾、全氮、速效钾、速效磷和碱解氮等 6 个指标进行计算,并进一步求出各个年份的土壤养分指标值,土壤养分与有机质指标标准化值、权重值及土壤养分指标值如表 3 所示。

表 3 样地评价指标标准化值、权重值及土壤养分指标值

样地	全钾	全氮	有机质	速效钾	碱解氮	速效磷	土壤养分指标值
CK	0.325	0	0	0	0	0	0.052
退耕 5 a	0	0.099	0.315	0.668	0.230	1	0.375
退耕 6 a	0.735	0.157	0.226	0.354	1	0.272	0.446
退耕 7 a	1	0.823	1	0.668	0.575	0.677	0.793
退耕 8 a	0.530	1	0.194	1	0.438	0.477	0.619
权重值	0.162	0.195	0.162	0.160	0.160	0.162	

从表 3 中可以看出,与参照地相比,退耕 5 a 土壤养分指标增加了 6 倍,退耕 6 a 增加了 7.4 倍,退耕 7 a 增加了 14 倍,退耕 8 a 增加了 10.7 倍,土壤养分效果改善明显,主要是退耕还林后,植物的枯落物含量较未退耕前增加,随着退耕年限的延长和枯落物的分解,增加了土壤中的养分含量,同时植被和枯落层的增加,减少了降水对土壤养分的淋溶,使 10—20 cm 处的土壤养分得以富集,土壤养分含量在研究期内得到提高。

4 结论与讨论

(1)根据均方差法得到的喀斯特山区土壤养分指标值表明,喀斯特山区柳杉退耕还林的早期,土壤养分含量增加,土壤养分指数都较未退耕还林地区的土壤养分含量增加 6~14 倍,退耕还林对土壤养分提高的效果明显。

(2)土壤养分和有机质与退耕年限之间呈正相关性关系,在退耕还林早期随着退耕年限的延长可以提高中度石漠化地区的土壤养分含量,土壤养分和有机质含量与退耕年限之间的相关性研究需要进一步的观察。

(3)喀斯特地区土层浅薄且不连续,土壤养分差异大,使用均方差法进行土壤养分定量研究可以排除人为因素的干扰,便于不同地域土壤养分的对比研究,为未来喀斯特石漠化评定等级提供了参考依据,可以在未来的研究中对这种方法进行验证和扩大土壤养分指标值在农林业中的应用。

(4)虽然均方差法可以消除人为影响,但没有人参与的情况下,土壤养分含量之间的权重值确定与实际土壤养分所占比例是否一致,这是一个需要继续解决的问题。

参考文献:

- [1] Sweeting M M. Reflections on the development of Karst geomorphology in Europe and a comparison with its development in China [J]. Z. Geomorph, 1993, 37: 127-138.
- [2] 龙健,江新荣,邓启琼,等. 贵州喀斯特地区土壤石漠化的本质特征研究[J]. 土壤学报, 2005, 42(3): 419-427.
- [3] 张彦仁,苟素娟,韩恩贤,等. 不同退耕还林模式林木生长量及土壤养分的变化[J]. 陕西林业科技, 2007(4): 15-17.
- [4] 郝仕龙,安韶山,李壁成,等. 黄土丘陵区退耕还林(草)土壤环境效应[J]. 水土保持研究, 2005, 12(3): 29-30.
- [5] 徐艳梅,张健,梁剑. 四种退耕还林(草)模式土壤理化性质动态研究[J]. 四川农业大学学报, 2005, 25(3): 294-299.
- [6] 高国雄,李得庆,贾俊姝,等. 退耕还林不同配置模式对土壤养分的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(5): 104-107.
- [7] 乔文光,霍改兰,张伟华,等. 青海大通脑山区退耕还林还草地土壤质量演变的初步研究[J]. 青海环境, 2008, 18(2): 49-52.
- [8] 郑佳丽,高国雄,吕粉桃,等. 青海省大通县脑山区退耕还林土壤质量演变评价[J]. 水土保持通报, 2007, 27(1): 6-10.
- [9] 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.
- [10] 贺祥,熊康宁,陈洪云,等. 喀斯特山区生态治理区石漠化过程的土壤质量特征研究[J]. 云南师范大学学报, 2008, 28(2): 58-64.
- [11] 涂成龙,林昌虎,何腾兵,等. 黔中石漠化地区生态恢复过程中土壤养分变异特征[J]. 水土保持通报, 2004, 24(6): 22-25.
- [12] 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.
- [13] 曾馥平,王克林. 桂西北喀斯特地区 6 种退耕还林(草)模式的效应[J]. 农村生态环境, 2005, 21(2): 18-22.
- [14] 李品荣,陈强,常恩福,等. 滇东南石漠化山地不同退耕还林模式土壤地力变化初探[J]. 水土保持研究, 2008, 15(1): 65-68, 71.
- [15] 龙健,邓启琼,江新荣,等. 西南喀斯特地区退耕还林(草)模式对土壤肥力质量演变的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(7): 1279-1284.
- [16] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978.
- [17] 王明涛. 多指标综合评价中权系数确定的一种综合分析方法[J]. 系统工程, 1999, 17(2): 56-61.
- [18] 钱学森,于景元,戴汝为. 一个科学新领域: 开放的复杂巨系统及其方法论[J]. 自然杂志, 1990, 13(1): 3-10, 64.
- [19] 丁文广,魏银丽,牛贺文. 西北干旱区植被恢复的土壤养分效应[J]. 生态环境学报, 2010, 19(11): 2568-2573.