

滇东喀斯特植被恢复演替过程中土壤理化性质分析^{*}

司彬^{1,2,3}, 姚小华¹, 任华东¹, 李生¹, 何丙辉²

(1. 中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 西南大学 资源环境学院, 重庆 北碚 400716; 3. 中共水城县委办公室, 贵州 水城 553600)

摘 要:滇东喀斯特地区石漠化后, 植被自然恢复演替过程可分为草丛阶段、草灌阶段、灌木林阶段、次生乔木林阶段、滇石栎和高山栎林阶段、麻栎和高山栎林阶段、高山栎林阶段。以“空间代替时间”的方法研究各演替阶段土壤理化性质。结果表明, 在滇东喀斯特植被自然恢复演替过程中, 土壤容重从草灌阶段开始降低, 到麻栎和高山栎林阶段降到最低, 在高山栎林阶段有所回升, 而空隙度的变化则正好相反; 在整个演替过程中, 土壤均为弱酸性; 土壤有机质和速效养分含量均从草灌阶段开始增加, 到高山栎林阶段达到最大; 全氮含量从草灌阶段开始增加, 到高山栎林阶段达到最大; 全磷含量分阶段增加, 两个峰值分别出现在滇石栎和高山栎林阶段、高山栎林阶段; 全钾含量随演替进行上升到滇石栎和高山栎林阶段达到最大后逐渐下降。

关键词:喀斯特植被; 石漠化; 植被恢复; 土壤养分; 滇东

中图分类号: S158.1; X171.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)01-0145-04

Study on Soil Physical and Chemical Properties in the Process of Vegetation Succession in Karst Area of Eastern Yunnan

SI Bin^{1,2,3}, YAO Xiao-hua¹, REN Hua-dong¹, LI Sheng¹, HE Bing-hui²

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang, Zhejiang 311400, China; 2. School of Resources and Environment, Southwest University, Beibei, Chongqing 400716, China; 3. The Committee of Shuicheng Country C. C. P, Shuicheng, Guizhou 553600, China)

Abstract: The process of natural succession of restoring vegetation in eastern Yunnan after rocky desertification in Karst area appearing was divided into the herbosa stage, the stage of herbosa-shrub, the shrub stage, the stage of subaltern tree forest, the stage of *Lithocarpus dealbatus-Quercus aquifolioies* forest, the stage of *Sawtooth oak-Quercus aquifolioies* forest and the stage of *Quercus aquifolioies* forest. The physical and chemical properties of soil were studied by using space insteading of time. The results showed that, in the process of vegetation succession in Karst area in eastern Yunnan, the bulk density of soil decreased gradually from the stage of herbosa-shrub, and the least value appeared in the stage of *Sawtooth oak-Quercus aquifolioies* forest, then the bulk density of soil rose in the stage of *Quercus aquifolioies* forest. But the soil porosity was contrary to the bulk density of soil. The soil was weak acid in the whole proless of succession. The content of OM, virtual nutritions and total N rose from the stage of herbosa-shrub and reached the most value in the stage of *Quercus aquifolioies* forest. The content of total P rose firstly, then decreased, rosed finally and the two peaks of wave appeared in the stage of *Lithocarpus dealbatus-Quercus aquifolioies* forest and the stage of *Quercus aquifolioies* forest. The content of total K rosed gradually and reached the most in the stage of *Lithocarpus dealbatus-Quercus aquifolioies* forest, then decreased.

Key words: karst vegetation; rocky desertification; restoring of vegetation; nutritions of soil; eastern of Yunnan

^{*} 收稿日期: 2008-06-24

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划专题“石漠化综合治理与植被恢复技术研究”(2006BAD03A0303); 国家林业重点工程科技支撑项目“喀斯特石漠化地区植被恢复与重建技术研究”(12003188-1); “南方石漠化山地植被恢复技术应用示范”(林计批字 2006-3); 科技部公益项目“石漠化植被恢复技术支持体系构建”(2005DIB3J146)

作者简介: 司彬(1983-), 男, 贵州盘县人, 硕士, 主要从事喀斯特植被恢复和区域水土资源研究。E-mail: sibin81@126.com

通信作者: 姚小华(1962-), 男, 浙江天台人, 研究员, 博士生导师, 主要从事经济林育种与栽培、喀斯特石漠化地区生态重建技术研究。E-mail: yaohxh168@163.com

喀斯特石漠化(Karst Rocky Desertification)是土地荒漠化的主要类型之一,指在亚热带脆弱的喀斯特环境背景下,受人类不合理社会经济活动的干扰破坏,造成土壤严重侵蚀,基岩大面积出露,土地生产力严重下降,地表出现类似荒漠景观的土地退化过程,是喀斯特地区生态破坏、土壤退化的极端表现^[1-3]。我国喀斯特石漠化主要分布在西南地区,分布广,程度深。虽然已采取一定措施作了相应治理,但由于喀斯特地区人口压力较大,石漠化扩张的势头依然未得到根本遏制,部分地区生态环境正进一步恶化,严重阻碍当地经济社会的可持续发展。

目前,关于喀斯特地貌发育及生态环境退化已有大量研究^[4-7],喀斯特石漠化形成原因已有定论,并提出了相应的治理对策^[8-9]。石漠化景观出现的标志是喀斯特植被衰退、土壤质量下降及土被的逐渐剥蚀。土壤退化是形成石漠化的本质,主要表现为理化性质的劣化。针对喀斯特石漠化地区土壤性质已有大量研究,主要围绕石漠化形成过程中土壤性质变化,不同程度石漠化土壤理化性质及不同退耕模式对土壤肥力的影响^[10-15]。然而,针对石漠化后喀斯特植被自然恢复演替过程中土壤性质的演变还未有报道。滇东喀斯特地区由于人口压力没有贵州和广西喀斯特地区大,石漠化程度相比较轻,但防治的形势同样严峻。本文通过分析滇东喀斯特植被自然演替不同阶段土壤理化性质,揭示滇东喀斯特植被恢复过程中土壤特性的变化规律,为该地区石漠化治理提供理论依据。

1 研究区自然概况

富源县位于云南省东部,地处 E103°58'37" - 104°49'48", N25°02'30" - 25°58'22",属北亚热带和南温带山地季风气候区,位于云贵高原顶部,为喀斯特地貌发育的早期阶段。研究区年均温 13.8℃,10 年活动积温 4 024℃,7 月均温 19.8℃,1 月均温 5.7℃,年日照时数 1 819.9 h,无霜期 240 d,年均降水量 1 332 mm,主要集中在 5 - 10 月。据 2005 年石漠化监测调查数据显示,全县岩溶地貌面积 2 049.311 km²,其中石漠化面积 601.018 km²,占全县土地面积的 18.49%,岩溶地貌面积的 29.33%。土壤以地带性红壤、黄棕壤和黄壤为主,同时也有非地带性的水稻土、冲积土、草甸土等。境内的河流均属珠江流域西江水系,径流面积 3 235.4 km²,年产水量 22.1 亿 m³。

2 材料与方法

调查区具有国家实施退耕还林还草政策以后的

退耕地,也有多年来因土地石漠化而无法耕作的撂荒地,还有远离村寨,少有人为破坏的喀斯特森林。本研究中的植被均为自然演替,人为干扰小。在喀斯特植被自然恢复演替过程中,林下土壤均未遭受过人为破坏。取样点基本情况见表 1。

表 1 取样点基本情况

演替阶段	植被恢复年限/a	海拔/m	坡度/(°)	坡向	基岩露头率/%	植被盖度/%
阶段 1	1	2010	5	NS	8.02	52.67
阶段 2	5	2100	2	NS	12.40	89.81
阶段 3	10	2200	8	EW	28.93	84.30
阶段 4	15	2185	15	EW	38.86	98.96
阶段 5	20	2200	11	EW	46.28	98.35
阶段 6	30	2250	11	SN	24.79	100
阶段 7	100	2560	10	EW	55.44	95.85

注:阶段 1 为草丛阶段,阶段 2 为草灌阶段,阶段 3 为灌木林阶段,阶段 4 为次生乔木林阶段,阶段 5 为滇石栎和高山栎林阶段,阶段 6 为麻栎和高山栎林阶段,阶段 7 为高山栎林阶段。其中阶段 7 的顶级群落基本未受人为扰动,年限已逾百年。基岩露头率为样地中基岩露出地表的面积与样地面积之比。

2.1 土壤样品的采集

根据喀斯特植被自然恢复的年限、群落内部结构和外部特征,将滇东喀斯特植被自然恢复分成草丛阶段、草灌阶段、灌木林阶段、次生乔木林阶段、滇石栎和高山栎林阶段、麻栎和高山栎林阶段、高山栎林阶段,以“空间代替时间”的方法研究植被恢复过程中各演替阶段土壤理化性质。采用 5 点取样法分别采集处于滇东喀斯特石漠化植被自然恢复演替系列上各演替阶段土壤样品。取样深度为 0 - 20 cm,取样量共 1 kg,剔除石砾、根系后混合并风干用于化学性质分析。

2.2 容重和孔隙度的测定

环刀取样(体积 200 m³),转移至铝盒中,称土壤 + 铝盒的重量。带回实验室于 105℃ 恒温箱中烘干至恒重,称土壤 + 铝盒的重量。将铝盒洗净,烘干并称重。计算土壤容重和孔隙度。土壤孔隙度计算采用 $P\% = 93.947 - 32.995d$,其中 P 为土壤孔隙度, d 为土壤容重。

2.3 化学性质分析

pH 值采用水土 = 5 : 1 提取,酸度计测定;有机质的测定采用重铬酸钾氧化法测定;全氮采用开式蒸馏法测定;有效氮采用浸提法测定;全磷的测定采用 NaOH 熔融——钼锑抗比色法;速效磷的测定采用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提——钼锑抗比色法;

全钾的测定采用 NaOH 熔融,火焰光度计法;速效钾的测定采用 NH₄OAc 浸提,火焰光度计法;钙、镁的含量采用气量法测定;全量铁采用原子吸收光谱法测定^[16]。

表 2 各演替阶段土壤容重与孔隙度

指标	演替阶段						
	阶段 1	阶段 2	阶段 3	阶段 4	阶段 5	阶段 6	阶段 7
容重/(g·cm ⁻³)	1.026	1.168	1.025	0.946	0.909	0.322	0.577
孔隙度/%	60.081	55.410	60.114	62.719	63.939	83.312	74.904

3 结果与分析

3.1 土壤容重与孔隙度分析

从表 2 分析的结果可知,在富源县喀斯特植被恢复演替的初始阶段,土壤比较疏松,随着时间推移,土壤逐渐板结,土壤容重在草灌阶段达到最大,孔隙度降到最低。随着演替的进行,土壤容重不断降低,孔隙度上升。当植被演替到麻栎和高山栎林阶段时,土壤容重降到最低,孔隙度达到最大,之后土壤容重有所回升,而孔隙度则相反,但变化的幅度均不大。植被恢复演替过程中,土壤容重之所以在最后阶段出现回升,是因为常绿树种川滇高山栎(*Quercus aquifolioides* Rehd. Et Wils.)逐渐取代滇石栎(*Lithocarpus dealbatus* Rehd.)和麻栎(*Quercus acutissima* Carruth.)而成为群落的建群

种,而川滇高山栎返还到土壤的枯落物相对较少,抑制了土壤物理性质的改善。

3.2 土壤化学性质分析

从表 3 分析的结果可知,在喀斯特植被恢复演替全过程中,土壤均为弱酸性,但土壤酸度的变化规律不明显,其中 pH 最低值出现在滇石栎和高山栎林阶段,最大值出现在高山栎林阶段。土壤中有有机质,速效氮、磷、钾含量从草灌阶段开始上升,直到高山栎林阶段达到最大,所不同的是演替进入次生乔木林阶段时,有机质和速效氮含量均大幅度降低;当演替进入麻栎和高山栎林阶段时,速效磷含量略有降低。有机质、速效养分在草丛阶段的含量都很高,此阶段速效磷含量是所有演替阶段中最高的,速效钾的含量也已接近最高,原因可能是此阶段刚退耕,耕作过程中大量施用农家肥和化肥导致土壤中养分含量偏高。

表 3 各演替阶段土壤化学性质分析

指标	演替阶段						
	阶段 1	阶段 2	阶段 3	阶段 4	阶段 5	阶段 6	阶段 7
pH 值	5.67	5.84	5.58	5.79	5.30	5.55	5.86
全钙/(g·kg ⁻¹)	0.058	0.689	0.398	0.497	0.884	19.151	26.598
全镁/(g·kg ⁻¹)	1.4231	1.326	1.633	1.457	2.107	5.321	4.802
全铁/(g·kg ⁻¹)	153.949	29.287	127.882	148.587	105.987	110.782	64.327
全氮/(g·kg ⁻¹)	1.887	1.021	2.060	0.949	2.370	3.457	7.125
全磷/(g·kg ⁻¹)	0.601	0.185	0.590	0.774	0.455	0.528	0.743
全钾/(g·kg ⁻¹)	3.329	0.755	0.849	0.550	1.638	1.197	0.520
速效氮/(mg·kg ⁻¹)	164.693	56.280	153.598	56.866	229.810	243.880	382.821
速效磷/(mg·kg ⁻¹)	2.241	0.191	0.277	0.435	0.467	0.429	0.770
速效钾/(mg·kg ⁻¹)	87.263	29.175	38.843	33.518	46.754	59.995	78.738
有机质/(g·kg ⁻¹)	38.850	19.843	47.531	20.807	73.155	77.579	169.399

随演替进行,土壤中全氮含量从草灌阶段开始上升,到高山栎林阶段达到最大,但在次生乔木林阶段出现大幅度下滑。全磷含量分阶段增加,从草灌阶段增加到次生乔木林阶段出现第一个峰值,在滇石栎和高山栎林阶段有大幅度下降,然后逐渐上升,到高山栎林阶段达到第二个峰值。全钾含量上升到滇石栎和高山栎林阶段达到最大,然后降低,在高山栎林阶段达到最低,惟一不同的是在次生乔木林阶段出现大幅度下滑。

钙和镁的含量在前期和中期都较小,进入滇石栎和高山栎林阶段以后开始大幅度上升,但镁含量在高山栎林阶段略有下降,这可能是由于滇东地区雨量相对较小,同时基岩中钙和镁的含量高,且累积大于淋洗。钙含量在草丛阶段尤其低,甚至低于草灌阶段的 1/10。铁含量从草灌阶段开始上升,到次生乔木林阶段达到最大,然后下降,其中滇石栎和高山栎林阶段、麻栎和高山栎林阶段差异不大。在演替过程的后期铁含量下降是由于有机质的大量积

累所致。草丛阶段土壤全量养分的含量都很高,全钾含量甚至远高于其它任何演替阶段,全磷含量也仅低于两个峰值,这同样是由于退耕前大量施用化肥所致。

4 结 论

(1) 在滇东喀斯特植被自然恢复演替的初始阶段,土壤逐渐板结,容重增加;进入灌木林阶段以后,容重逐渐降低,到麻栎和高山栎林阶段降到最低,高山栎林阶段则有所回升。土壤孔隙度则正好相反。

(2) 滇东喀斯特植被自然恢复演替过程中,土壤始终为弱酸性,其中又以滇石栎和高山栎林阶段土壤的酸性最强。

(3) 在滇东喀斯特植被自然恢复演替过程中,随时间推移,土壤中有机质、速效养分含量均从草灌阶段开始上升,直到高山栎林阶段达到最大。

(4) 在滇东喀斯特植被自然恢复演替过程中,土壤中全氮含量随时间推移从草灌阶段开始上升,逐渐增加到高山栎林阶段达到最大;全磷含量分阶段上升,两个峰值分别出现在滇石栎和高山栎林阶段、高山栎林阶段;全钾含量先上升到滇石栎和高山栎林阶段达到最大,然后逐渐下降。

(5) 滇东喀斯地区实施封山育林能很好地促进钙离子和镁离子的累积;封山育林前期铁含量上升,后期铁含量降低,土壤熟化程度不断加深。在喀斯特地区,耕作过程会加剧土壤中钙离子的淋洗。

参考文献:

- [1] 王世杰. 喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨[J]. 中国岩溶, 2002, 21(2): 101-105.
- [2] 李阳兵, 王世杰, 容丽. 关于喀斯特石漠和石漠化概念的讨论[J]. 中国沙漠, 2004, 24(6): 689-695.
- [3] 王德炉, 朱守谦, 黄宝龙. 石漠化的概念及其内涵[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2004, 28(6): 87-90.
- [4] 俞遵典. 论喀斯特地貌的成因与演化[J]. 云南地质, 2003, 22(1): 1-15.
- [5] 李阳兵. 西南岩溶山地生态环境研究进展与若干问题[J]. 云南地理环境研究, 2006, 18(2): 61-65.
- [6] 蔡秋, 陈梅琳. 贵州喀斯特山区环境特征与生态系统的恢复和重建[J]. 农业系统科学与综合研究, 2001, 17(1): 49-53.
- [7] 苏维词. 贵州喀斯特山区生态环境脆弱性及其生态整治[J]. 中国环境科学, 2000, 20(6): 547-551.
- [8] 苏维词, 杨华, 李晴, 等. 我国西南喀斯特山区土地石漠化成因及防治[J]. 土壤通报, 2006, 37(3): 447-451.
- [9] 司彬, 何丙辉, 姚小华, 等. 喀斯特石漠化形成原因及植被恢复途径探讨[J]. 江西农业大学学报, 2006, 28(3): 392-396.
- [10] 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.
- [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] 罗海波, 宋光煜, 何腾兵, 等. 贵州喀斯特山区石漠化治理过程中土壤质量特性研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(6): 112-115.
- [13] 刘方, 王世杰, 刘元生, 等. 喀斯特石漠化过程土壤质量变化及生态环境影响评价[J]. 生态学报, 2005, 25(3): 639-644.
- [14] 朱海燕, 刘忠德, 钟章成. 喀斯特退化生态系统不同恢复阶段土壤质量研究[J]. 林业科学研究, 2006, 19(2): 248-252.
- [15] 龙健, 李娟, 黄昌勇. 我国西南地区的喀斯特环境与土壤退化及其恢复[J]. 水土保持学报, 2002, 16(5): 5-8.
- [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] 陈隆勋, 周秀骥, 李维亮, 等. 中国近 80 年来气候变化特征及其形成机制[J]. 大气科学, 2004, 62(5): 634-646.
- [18] 时兴合, 张国胜, 唐红玉, 等. 黄河上游地区降水对水资源的影响[J]. 气象, 1999, 25(9): 7-10.
- [19] 马晓波, 胡泽勇. 青藏高原 40 年来降水变化趋势及突变的分析[J]. 中国沙漠, 2005, 25(1): 137-139.
- [20] 郝振纯, 李丽, 王加虎, 等. 气候变化对地表水资源的影响[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2007, 32(3): 425-432.
- [21] 秦大河. 中国西部环境变化评估(综合卷)[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 55-56.
- [22] 张云海, 杨洪斌, 李法云. 辽宁水资源与气候变化分析及对策研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(4): 6-9.
- [23] 李应业, 李加洛, 赵恒和, 等. 海南州气候变化对生态环境的影响及对策研究[J]. 青海环境, 2005, 15(4): 139-143.

(上接第 144 页)

- [16] 陈隆勋, 周秀骥, 李维亮, 等. 中国近 80 年来气候变化特征及其形成机制[J]. 大气科学, 2004, 62(5): 634-646.
- [17] 时兴合, 张国胜, 唐红玉, 等. 黄河上游地区降水对水资源的影响[J]. 气象, 1999, 25(9): 7-10.
- [18] 马晓波, 胡泽勇. 青藏高原 40 年来降水变化趋势及突变的分析[J]. 中国沙漠, 2005, 25(1): 137-139.
- [19] 南阳春, 李国华. 黄冈市水资源分析与利用[J]. 气象, 2004, 30(7): 47-51.