

不同土地利用方式下土壤地力变化和水土流失状况研究^{*}

李品荣¹, 孟广涛¹, 李国昌²

(1. 云南省林业科学院, 昆明 650204; 2. 楚雄市林业局, 云南 楚雄 675000)

摘 要:通过对滇东南石漠化山地 4 种不同土地利用方式下土壤的理化性质进行定点观测和地力变化及水土流失状况的分析, 结果表明: 封山育林地土壤的肥力较佳, 其次是耕地土壤, 这是由于封山育林地土壤多年来进行封山育林, 耕地土壤进行了平衡施肥; 3 a 后人工林地土壤的理化性质有很大改善, 土壤肥力有很大提高, 这是退耕还林的结果; 从水土流失状况来看, 耕地是 4 种土地利用方式中产流产沙、土壤侵蚀、固体和液体养分流失最严重的类型, 人工林地水土流失最低, 说明退耕还林和封山育林有利于石漠化山地土壤肥力的改善和水土保持功能的提高。

关键词:土地利用方式; 土壤理化性质; 地力; 水土流失

中图分类号: F301.24; S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)03-0095-05

Study on Land Capacity Change and Soil Erosion on Different Landuse Types

LI Pin-rong¹, MENG Guang-tao¹, LI Guo-chang²

(1. Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650204, China;

2. Forestry Bureau of Chuxiong City, Chuxiong, Yunnan 675000, China)

Abstract: A study on the physicochemical property and soil erosion of four landuse types in Xichong county of southeastern Yunnan was conducted by ocean weather station observation. The results showed that the land capacity of closing hillsides soil is the highest and the land capacity of cultivation land is higher, which resulted by closing hillsides to facilitate afforestation for many years, and balance fertilizing of cultivation land. As returning land for farming to forestry, the physicochemical property and land capacity of soil has been greatly improved after three years. Cultivation land is the most severe type from water and soil erosion results, the planted forest land is the smallest. Closing hillsides to facilitate afforestation and returning land for farming to forestry are three good land capacity improvement approaches in karst mountains desertification soil of southeastern Yunnan.

Key words: landuse type; soil physicochemical property; land capacity; soil and water loss

岩溶石山地区地质环境脆弱, 在不合理的人类活动和自然因素作用下, 一些地区植被退化乃至消亡, 导致水土严重流失, 最终形成了连片分布的裸露石漠, 将这一过程及其结果称之为石漠化; 石漠化类型以碳酸盐岩石漠化为主, 主要受控于纯碳酸盐岩, 夹层或互层型则相对较少^[1]。云南全省石漠化土地面积占国土面积的 2.2%, 近 25 a 来石漠化土地面积增长速度约 147.5 km²/a; 滇东南石漠化土地面积 3 440.0 km², 占国土面积的 5.41%; 文山州石漠化土地面积 2 906.3 km², 占国土面积的 8.31%, 在

面积和比例上居全省各地州市第一^[2]。通过对滇东南文山州西畴县石漠化山地的人工林地、封山育林地、耕地和荒地的理化性状和水土流失进行定点观测, 在 2002 年和 2005 年观测的基础上, 探讨滇东南石漠化山地不同土地利用方式下土壤地力变化和水土流失情况, 并作对比分析, 然后对不同土地利用方式下土壤地力和水土流失状况作出综合评价, 将对石漠化山地土壤改良、科学施肥和水土保持具一定指导意义, 同时也可对石漠化山地林业、农业可持续发展、石漠化治理及植被恢复提供参考依据。

* 收稿日期: 2008-11-13

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项(200804019)

作者简介: 李品荣(1973-), 男, 云南大理人, 高级工程师, 主要从事岩溶地区森林资源培育、植被恢复的研究。E-mail: lipinro@126.com

通信作者: 孟广涛(1969-), 博士, 云南昆明人, 副研究员, 主要从事植被恢复、水土保持研究。E-mail: menggt2001@163.com

1 研究方法

1.1 自然概况

试验区位于滇东南西畴县东北部的法斗乡, 104°46'12" - 104°47'36" E, 23°25'26" - 23°26'46" N, 海拔 1 160 ~ 1 691 m, 平均温度 14.8 ~ 17.6 °C, 最热月平均温 19.6 ~ 22.3 °C, 极端最低温 - 4.3 °C, 无霜期 350 ~ 360 d, 年降雨量 1 075.7 ~ 1 615.3 mm, 日照时数 1 500 ~ 1 600 h, 空气相对湿度 82 %。该区虽然雨量充沛, 但降水的季节分布不均匀, 80 % 以上的降水集中在雨季 (6 - 9 月), 且降水多由岩隙渗入地下, 区域内人畜饮水和农业用水仍十分困难, 但气候特点却有利于林木的生长发育; 该区属滇东南岩溶山原区, 为深切切割的中山山原地貌^[3], 区内地质构造复杂, 寒武系、奥陶系、石炭系、泥盆系、二叠系、三叠系的地层均有分布。该区属亚热带湿润季风气候区域, 具有“冬无严寒, 夏无酷暑, 干湿分明, 冬春早, 夏季涝, 全年多雾”的气候特征; 土壤为石灰岩、页岩发育形成的荒地土壤和石灰土, 地带性植被为以壳斗科、樟科、木兰科等为主的亚热带季风常绿阔叶林, 耕地农作物主要以种烤烟 (*Nicotiana tabacum*)、玉米 (*Zea mays*) 为主。

人工林地 2002 年在退耕还林地上营造的川滇桉木 (*Alnus ferdinandi-coburgii*) 纯林, 2005 年已郁闭, 平均树高 5.19 m, 平均胸径 6.51 cm, 郁闭度达 0.85, 林下植被主要有荩草 (*Arthraxon hispidus*)、臭蒿 (*Artemisia hedinii*)、小叶蕨 (*Lemmaphyllum microphyllum*)、贯众 (*Cyrtomium fortunei*)、糯米团 (*Gonostegia hirta*) 和车前草 (*Plantago asiatica*) 等植物为主, 物种丰富度很高; 封山育林地是对 20 世纪 90 年代的次生灌丛开始封禁, 植被以剥皮鼠李 (*Ziziphus xiangchengensis*)、滇丁香 (*Luculia intermedia*)、华西小石积 (*Osteomeles schwerinae*)、马桑 (*Coriaria nepalensis*) 和平枝栒子 (*Cotoneaster horizontalis*) 等萌生的常绿灌木为主, 具旱生性、岩生性、喜钙性等特点, 总盖度达 80 %, 灌丛平均高 2.35 m, 地表有大量荫生植物如苔藓存在; 荒地 2002 年开始退耕还林, 但营造的滇皂荚死亡, 变为荒地, 地表植被主要以臭蒿、白茅 (*Imperata cylindrica*)、车前草和马蹄金 (*Dichondra repens*) 等耐旱植物为主, 盖度约 45 %; 耕地种的农作物主要是玉米。

1.2 研究方法

根据不同土地利用方式, 对人工林地、封山育林地、荒地和耕地进行定点取样, 共挖掘 10 个土壤剖

面, 并作野外现场观察记载, 每个土壤类型 2 ~ 3 个剖面, 共采集了 56 个样品; 每种类型内设置一个径流场, 共 4 个径流场, 径流场面积为 5 m × 10 m, 每天定时观测径流量和泥沙量; 室内分析采用中国科学院南京土壤研究所分析方法^[4]和中国分析标准方法^[5]对不同土类的物理化学性质进行研究。

2 结果与讨论

2.1 土壤物理性状及其变化

土壤物理性状及其变化见表 1, 从表中看出:

(1) 一般来说, 容重小, 土壤疏松, 有利于拦渗蓄水, 减缓径流冲刷, 容重大则相反^[6-7]。不同土地利用方式下的土壤容重有较大差异, 其排列顺利为: 人工林地 > 耕地 > 荒地 > 封山育林地, 说明人工林地土壤粘性较重, 这一点从土壤结构分析结果可得到较好说明。土壤孔隙度及 > 0.25 mm 的土壤颗粒含量均为人工林地 < 耕地 < 封山育林地。人工林地土壤颜色从暗黄棕到棕红色, 土壤紧实、结构为小块状及核状, 质地轻粘到粘; 耕地土壤暗棕到棕色, 结构多为粒状, 较疏松, 质地轻粘; 封山育林地土壤为暗棕、棕黑色, 多团粒结构、疏松, 质地轻壤到中壤; 荒地土壤土层深厚, 颜色淡黄到黄棕, 容重中等, 但质地粘重, 土壤紧实, 结构不良, < 0.25 mm 土壤黏粒含量高达 73.4 %, 总孔隙度虽大, 但以毛管孔隙为主, 通气性较差。4 种不同土地利用方式下土壤物理性状比较, 封山育林地土壤物理性状最好, 具有良好的拦渗蓄水和减缓径流冲刷能力, 这是多年来一直封山育林的结果; 其次是耕地, 最差是荒地。

(2) 3 a 后人工林地的土壤物理性状变化较大, 其它土壤类型物理性状变化不大。这主要是因为人工林地的林木已经郁闭, 植物的根系不断增加, 有利于改善土壤物理结构, 增强土壤抗蚀性。人工林地样点 3 a 前后数据汇总对比, 土壤容重从 1.21 g/cm³ 降到 1.15 g/cm³, 而孔隙度从 54.2 % 增加到 57.3 %, > 0.25 mm 水稳性团聚体从 60.4 % 变为 63.7 %, 表明大颗粒在水力作用下消散力减弱, 大团聚体含量增加, 大孔隙数量增多, 土壤通透性增强; 同时稳定性增加, 抗蚀性也随之增强, 总体物理性状有较大改善。所以从某种程度来说, 减少人为活动是改善石灰土物理性质, 减少水土流失, 减缓石灰土退化的一项切实可行的措施, 也是石漠化治理简单易行的有效举措。

(3) 不同土地利用方式下土壤之间风干团聚体的差异不大, 而水稳性团聚体有较大变化, 因此各级水稳性团聚体的比例应该能够较好地反映土壤团聚

体的质量,湿筛后团聚体结构破坏率说明这些土壤间团聚体有较大差别,这是不同土类抗蚀性和储水性有较大差别的原因。荒地土壤团聚体的破坏率高

达 70 %以上,抗蚀性和储水性最差;封山育林地土壤最低,说明封山育林有利于土壤改良。3 a 后,人工林地土壤团聚体破坏率减少,土壤结构有所改善。

表 1 不同土地利用方式下土壤物理性状比较

土地利用方式	人工林地		耕 地		封山育林地		荒 地		
	2002 年	2005 年	2002 年	2005 年	2002 年	2005 年	2002 年	2005 年	
颜 色	淡黄棕、暗黄棕		棕、暗棕		棕黑、暗棕		黄棕		
耕层厚/cm	8.1~15.5		10.9~19.7		9.3~18.5		8.5~15.6		
紧实度	上松下紧		稍松		疏松		紧实		
质地	黏壤		轻黏~中壤		轻壤		黏壤		
结构	块状、核状		小块、粒状		团粒		块状、粒状		
容重/(g·cm ⁻³)	1.21	1.15	1.13	1.12	1.06	1.02	1.15	1.09	
比重/(g·cm ⁻³)	2.64	2.69	2.69	2.65	2.49	2.52	2.75	2.75	
总孔隙度/%	54.2	57.3	58.0	57.7	61.6	60.50	59.80	58.30	
毛管孔隙/%	36.20	38.10	42.70	42.20	44.10	43.80	40.50	40.10	
水稳性	>5 mm	17.67	17.58	9.19	11.76	9.96	9.47	3.99	4.27
	5~2 mm	11.83	16.70	15.04	14.76	16.05	14.47	4.84	4.77
	2~1 mm	7.86	10.67	10.40	14.01	16.51	12.62	3.39	3.34
	团聚体/1~0.5 mm	12.68	12.40	20.06	16.13	18.20	20.71	6.08	6.70
	% 0.5~0.25 mm	10.39	6.37	11.60	9.11	8.93	11.64	8.29	9.97
	<0.25 mm	39.57	36.27	33.71	34.23	30.38	31.08	73.41	71.93
	>0.25 mm	60.43	63.73	66.29	65.77	69.62	68.92	26.59	28.07
干筛	>5 mm	40.87	42.15	29.14	27.55	26.92	28.52	41.02	39.85
	5~2 mm	28.42	27.43	29.02	28.54	29.14	27.88	31.21	30.54
	2~1 mm	9.38	10.50	12.62	14.57	14.61	13.91	8.86	11.71
	团聚体/1~0.5 mm	11.10	9.70	14.91	15.26	16.01	15.89	7.84	9.93
	% 0.5~0.25 mm	4.45	5.01	7.42	7.74	6.89	8.44	6.92	4.38
	<0.25 mm	5.78	5.21	6.89	6.34	6.43	5.36	4.15	5.36
	>0.25 mm	94.22	94.79	93.11	93.66	93.57	94.64	95.85	96.41
破坏率/%	35.86	32.77	28.80	29.78	25.60	27.18	72.26	70.88	

表 2 不同土地利用方式下土壤养分比较

年份	利用方式	有机质/ %	pH	速效氮/ (mg · kg ⁻¹)	速效磷/ (mg · kg ⁻¹)	速效钾/ (mg · kg ⁻¹)	全氮/ %	全磷/ %	全钾/ %	阳离子/ (cmol · kg ⁻¹)
2002	人工林地	2.78	6.93	150.51	2.54	65.21	0.18	0.033	1.277	88.6
	耕地	4.23	6.84	182.23	8.75	98.28	0.272	0.127	1.249	131.2
	封山育林地	13.60	7.32	569.48	4.30	78.22	0.644	0.219	1.198	234.6
	荒地	3.22	7.25	130.87	2.34	82.80	0.181	0.029	1.183	89.6
2005	人工林地	4.09	7.03	161.42	3.24	67.01	0.282	0.033	1.286	88.3
	耕地	4.40	6.88	180.13	9.90	148.79	0.294	0.127	1.302	130.7
	封山育林地	12.97	7.26	570.21	6.63	89.41	0.618	0.219	1.244	251.6
	荒地	3.41	7.19	146.76	2.75	84.98	0.251	0.049	1.122	99.8

2.2 土壤化学性状及其变化

从表 2 中看出:(1)土壤 pH 值为弱酸至中性,3 a 后 pH 值变化不大;土壤有机质含量较高,封山育林地土壤有机质最高,达 13.6 %,3 a 后人工林地土壤有机质增加了 47.12 %,另 3 种变化不大。

(2)土壤速效氮、全氮含量丰富,速效磷、全磷缺乏,速效钾、全钾含量中等偏低,各项指标均以封山育林地>耕地>人工林地,但全钾含量差别不明显,这主要与处于同一地区,矿物源相同有关;人工林地土壤磷、钾缺乏较严重,其它三类含量也不高,所以

试验区均应重视磷钾的施用。

(3) 3 a 后人工林地土壤各养分均增加,人工林地土壤有机质、全氮及速效磷含量变化较明显,分别比 3 a 前增加 47.12 %、56.67 %、27.56 %,对于这三项成分而言,这样的增幅是很可观的,其它成分变化不明显,这与前述土壤物理性状的变化原因一致,再一次验证植被恢复及生长对防止土壤退化的重要性;耕地土壤的速效磷、速效钾增加较大,分别提高 13.14 %和 51.39 %,主要原因是与近两年农业生产中强调平衡配方施肥有关;其次是封山育林地土壤,速效磷、速效钾分别提高 54.19 %和 14.30 %,主要原因是多年来一直进行封山育林。

(4) 阳离子代换量中等偏低,最高是封山育林地

土壤,达 234.6 cmol/kg,人工林地土壤最低,3 a 后封山育林地阳离子代换量增加了 17 cmol/kg,说明封山育林后土壤利用率提高。

2.3 土壤中微量元素及其变化

微量元素在植物体内含量虽少,但它们与大量元素一样同等重要,具有不可替代性。土壤中微量元素及其变化见表 3,从表中看出:4 类土壤钙含量丰富,镁含量中等,微量元素硼、钼极缺乏,硫、氯、铜、锌含量偏低,镁、钼含量极低,其它微量元素含量中等;3 a 后人工林地土壤中的微量元素除有效锌和氯离子外均略有上升,这与不同林木选择性吸收有关;其它三类土壤中的部分微量元素略有上升,这与耕地的平衡施肥和长期封山育林有关。

表 3 不同土地利用方式下土壤中微量元素比较

		mg/kg							
年份	土壤类型	有效锌	有效硫	有效钙	有效镁	有效硼	氯离子	有效铜	有效钼
2002	人工林地	3.10	11.51	2083.60	54.68	0.13	10.26	0.47	0.09
	耕地	2.12	12.02	2648.08	88.22	0.26	10.12	1.35	0.15
	封山育林地	6.09	11.07	6013.10	53.61	0.22	7.53	1.05	0.12
	荒地	2.63	12.24	2049.80	64.58	0.12	7.81	0.61	0.13
2005	人工林地	2.62	13.47	2148.60	57.36	0.15	9.63	0.48	0.09
	耕地	2.28	12.20	2389.57	93.11	0.22	9.61	1.30	0.15
	封山育林地	7.15	11.05	7984.10	31.46	0.22	4.71	0.69	0.09
	荒地	2.18	14.31	1982.70	51.44	0.11	7.21	0.40	0.09

2.4 地力综合评价

在土壤肥力研究中,单项肥力指标往往不能全面地反映出土壤的肥力水平,灰色系统理论采用关联分析的方法对土壤养分、pH 值、孔隙度等作系统分析,能较好地综合反映土壤的肥力状况^[8]。4 种土类的灰关联度分析结果见表 4。

表 4 土壤肥力灰关联度(r_i)

年份	人工林地	耕地	封山育林地	荒地
2002	0.53936	0.72625	0.92958	0.56228
2005	0.55674	0.73133	0.92964	0.55915
增加/%	3.22	0.70	0.01	-0.56

从表中看出:4 种土壤的土壤肥力依次是封山育林地>耕地>荒地>人工林地,说明次生灌丛经若干年封育后,土壤肥力保持较高的水平,封山育林有利于土壤肥力的提高;3 a 后除荒地土壤外土壤地

力均上升,地力上升最高是人工林地,说明营造人工林在短时间内有利于土壤地力的迅速提高;耕地地力提高是由于年年进行施肥,保证农作物的生长;封山育林地力提高仅 0.01 %,说明封山育林提高土壤肥力是一个长期而缓慢的过程;荒地地力有所下降,说明撂荒后短时间内地力下降,但从长期来看,若无人为干扰而进行封禁,地力也会逐步提高。

2.5 水土流失状况

不同土地利用方式下的产流产沙量和土壤侵蚀模数见表 5,从表中看出:产流量的顺序是耕地>荒地>人工林地>封山育林地,产沙量和土壤侵蚀模数的顺序是产流量的顺序是耕地>封山育林地>荒地>人工林地,耕地是 4 种土地利用方式中产流产沙和土壤侵蚀最严重的类型,人工林地水土流失最低,说明人工造林有利于水土保持。

表 5 不同土地利用方式下水土流失比较

时间	降雨量/ mm	产流量/(t·hm ⁻²)				产沙量/(t·hm ⁻²)				土壤侵蚀模数/(t·km ² ·a ⁻¹)			
		人工林	封山育林	耕地	荒地	人工林	封山育林	耕地	荒地	人工林	封山育林	耕地	荒地
2004	1410.30	141.80	140.27	214.26	209.81	0.013	0.47	2.07	0.45	1.3	47.0	207.0	45.0
2005	1371.40	98.03	96.50	165.17	149.66	0.009	0.32	1.60	0.32	0.9	32.0	160.0	32.0
平均	1390.85	119.92	118.39	189.72	179.74	0.010	0.40	1.84	0.39	1.1	39.5	183.5	38.5

不同土地利用方式下的养分流失见表 6,从表中可以看出:固体养分中的有机质、全氮、全磷、速效氮、速效磷和速效钾的流失顺序是耕地>封山育林地>荒地>人工林地,固体养分中速效钾和液体养分中氮的流失顺序是耕地>荒地>封山育林地>人

工林地。
液体养分中磷的流失顺序是耕地>封山育林地>人工林地>荒地,液体养分中钾的流失顺序是耕地>人工林地>荒地>封山育林地,说明耕地是固体和液体养分流失最严重的类型。

表 6 不同土地利用方式下养分流失比较

项目	时间	固体养分流失量/(t·hm ⁻²)							液体养分流失量/(kg·hm ⁻²)		
		有机质	全氮	全磷	全钾	速效氮	速效磷	速效钾	氮	磷	钾
人工林地	2004	0.503	0.031	0.011	0.187	0.003	0.0002	0.004	7.779	0.479	2.257
	2005	0.348	0.022	0.007	0.129	0.002	0.0001	0.002	5.378	0.331	1.560
耕地	2004	85.284	6.024	1.697	34.797	0.458	0.028	0.562	12.269	0.636	3.067
	2005	65.920	4.656	1.312	26.896	0.354	0.021	0.434	9.458	0.491	2.364
封山育林	2004	39.668	1.631	0.479	3.859	0.125	0.022	0.196	8.287	0.505	1.224
	2005	27.008	1.110	0.326	2.627	0.085	0.015	0.133	5.701	0.347	0.843
荒地	2004	16.920	1.170	0.387	7.704	0.110	0.008	0.118	11.162	0.470	1.549
	2005	13.184	0.832	0.275	5.478	0.079	0.005	0.084	7.962	0.335	1.105

3 结 语

(1)石漠化山地土壤养分不平衡现象较突出,有机质及氮含量丰富,磷缺乏,钾偏低,所以既要重视大量元素磷、钾的施用,又要重视微量元素硼、钼施用,荒地土壤还要考虑适量施用镁;3 a 后土壤养分不平衡现象有所改善。
(2)通过人工造林,3 a 后物理性状有较大改善,表现为土壤容重降低,水稳性大团聚体增加,稳定性增强,大孔隙数量增多,土壤通透性增强,同时抗蚀性增强。
(3)从地力综合评价来看,4 种土壤的土壤肥力依次是封山育林地>耕地>荒地>人工林地,说明次生灌丛经若干年封育后,土壤肥力保持较高的水平,封山育林有利于土壤肥力的提高;3 a 后除荒地土壤外土壤地力均上升,地力上升最高是人工林地,提高 3.22%,说明营造人工林在短时间内有利于土壤地力的迅速提高;耕地地力提高是由于年年进行施肥,保证农作物的生长;封山育林地力提高仅 0.01%,说明封山育林提高土壤肥力是一个长期而缓慢的过程;荒地地力有所下降,说明撂荒后短时间内地力下降,但从长期来看,若无人为干扰而进行封禁,地力也会逐步提高。
(4)从水土流失状况来看,耕地是 4 种土地利用方式中产流产沙、土壤侵蚀、固体和液体养分流失最严重的类型,人工林地水土流失最低,说明人工造林、退耕还林和封山育林是改善土壤物理性状,减少水土流失,减缓石灰土退化的一项切实可行的措施,也是石漠化治理简单易行的有效举措。

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):101-104.
[2] 杨一光.云南省综合自然区划[M].北京:高等教育出版社,1991:197-207.
[4] 中国科学院南京土壤所.土壤理化性质分析[M].上海:上海科技出版社,1987.
[5] 刘光崧.土壤理化分析与剖面描述[M].北京:中国标准出版社,1996:1-41.
[6] 徐岚.利用马尔可夫过程预测东陵区土地利用格局的变化[J].应用生态学报,1993,4(3):272-278.
[7] 刘海燕. GIS 在景观生态学研究中的应用[J].地理学报,1995,50(增刊):105-111.
[8] 蒋云东,何蓉,陈娟.灰色关联分析在杉木人工林土壤肥力研究中的应用[J].云南林业科技,1998(2):34-38.
[9] 邓聚龙.灰色系统基本方法[M].武汉:华中理工大学出版社,1987.
[10] 袁嘉祖.灰色系统理论及其应用[M].北京:科学出版社,1991.
[11] 刘玉,李林立,赵柯,等.岩溶山地石漠化地区不同土地利用方式下的土壤物理性状分析[J].水土保持学报,2004,18(5):142-145.
[12] 李品荣,陈强,常恩福,等.滇东南石漠化山地不同土类地力变化的研究[J].水土保持学报,2006,20(4):152-155.
[13] 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.