

红壤丘陵区不同生态恢复模式的土壤生态效应

熊平生, 王鹏

(衡阳师范学院 资源环境与旅游管理系, 湖南 衡阳 421002)

摘要: 通过对研究样地土壤样品的采集和测试, 对比分析了不同恢复模式土壤物理性质、土壤有效元素和微生物含量, 对红壤丘陵区不同恢复模式的土壤生态效应进行了研究。结果表明, 人工恢复地和封禁恢复地的土壤毛管孔隙度、非毛管孔隙度、土壤微生物总数量与对照裸地相比均有明显增加, 人工恢复地土壤有效营养元素含量高于原始裸地和封禁地。人工恢复地的脐橙模式的土壤饱和持水量、有效水含量和土壤有机质含量最高, 土壤微生物总数量次之。综合分析认为, 脐橙模式对改良土壤的效果最佳, 又具有较好的经济效益, 值得推广; 而封禁模式对改良土壤的效果较好, 但缺乏经济效益。

关键词: 红壤丘陵区; 生态恢复模式; 土壤生态效应

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)02-0030-04

中图分类号: S714, X171.4

DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2014.02.007

Ecological Effect of Soil Under Different Recovery Modes in Red Soil Hilly Region

XIONG Ping-sheng, WANG Peng

(Department of Resources, Environment and Tourism Management, Hengyang Normal University, Hengyang, Hunan 421002, China)

Abstract: By collecting soil samples from the red-soil hilly region in the south of Jiangxi Province and comparatively analyzing soil physical properties, soil effective elements and the microbial content under different recovery modes, ecological effects of soil under the recovery modes were investigated. Results show that soil capillary porosity, noncapillary porosity and total microbial content of artificial restoration land and prohibited land significantly increased as compared with bare land. Moreover, soil available nutrient content of artificial restoration land was higher than that of bare land and prohibited zone. The landuse mode of planting orange trees has the highest contents of soil saturated water, available water and soil organic matter, as well as relatively higher content of soil total microbial. Based on the comprehensive analysis, the landuse mode of planting orange trees is not only optimal in improving soil ecological effect, but also has the better economic benefit. The prohibition mode also has a fair effect on soil improvement, but is lack of economic benefit.

Keywords: red soil hilly region; recovery pattern; soil ecological effect

南方红壤退化生态系统主要集中在分布于花岗岩、第四纪红土和砂页岩上覆红壤分布区。第四纪网纹红土土质黏重, 平时板结, 雨季降水不易下渗, 地表径流常引起坡面冲刷, 致使水土流失严重, 往往形成植被稀疏、沟壑纵横的“红色荒漠”景观^[1]。花岗岩母质土壤的抗冲性最差, 低于变质岩红壤、第四纪红黏土红壤和紫色土^[2-3]。本研究选取南方红壤丘陵区严重退化生态系统, 探讨不同生态恢复模式对红壤退化生态系统的土壤生态效应的影响。

1 研究区概况

研究区位于赣县田村镇和白鹭乡交界的地区(表1), 该地年均气温 19℃, 7月份极端最高气温 39.8℃, 地表极端最高温达 76.6℃, 年均降雨量 1 628.2 mm。土壤为粗晶花岗岩风化发育的红壤, 含沙量大(>1 mm 石砾占 45%左右), 风化层深厚, 由于长期侵蚀, 表土侵蚀殆尽, 土壤极为贫瘠, 马尾松的年高生长仅为 5~25 cm, 十几年才长到 1 m 左右。林下仅

有十分稀少的野枯草和岗松等,是花岗岩区红壤严重退化生态系统之一。

表 1 红壤丘陵区不同生态恢复模式的地理特征

生态模式	编号	海拔/m	地理坐标
金水梨模式	LS-A	196	26°10'56"N,115°9'36"E
脐橙模式	QC-D	228	26°12'27"N,115°10'41"E
芦苇草模式	LW-E	199	26°12'28"N,115°11'09"E
封禁模式	FJ-C	218	26°12'28"N,115°11'20"E
对照裸地	LD-B	228	26°12'30"N,115°10'46"E

(1) 金水梨模式(LS-A)。2004 年对严重退化缓坡地进行水平沟台状整地,开垦 3.5~4.0 cm 宽的水平台面,按 4 m 左右的株距定点开挖定植穴,定植穴规格长宽深为 1 m×1 m×0.8 m,施基肥。次年秋季种植,定植时施用复合肥。与此同时,按照比例为 2:1 配置好授粉树(黄花梨)。幼年树在生长季节每月施肥 1 次;第 3 年开始结果实,结果后每年施肥 4 次。

(2) 脐橙模式(简称 QC-D)。2004 年对严重退化缓坡地修筑为反坡梯田。在同一等高水平线上,把梯田面修成内低外高(里外高差 20 cm 左右),按照缓坡平地行距 5 m,株距 3~4 m 来挖定植穴,定植沟(穴)宽 1 m 以上,深 0.8 m 以上。当年定植的幼树,从定植后的半个月至 8 月下旬,每隔半个月追施一次稀薄液肥(先淡后浓),秋冬季节结合深翻重施基肥。结果后全年施 3~5 次肥。

(3) 芦苇草模式(简称 LW-E)。2005 年在坡度为 600 坡地上,按照按株行距 0.5 m×0.5 m 进行栽植,每穴 3~5 株,每年的 5 月中下旬进行施肥,施肥品种以氮肥为主。当苗高达到 30 cm 后,加强灌水。

(4) 封禁模式(简称 FJ-C)。离集镇较远的分水岭地带,2000 年起采取封山育林办法,马尾松长势良好,林下植被主要以芒萁为主,盖度达 80%。

(5) 对照裸地(简称 LD-B)。裸地,无植物覆盖。

2 材料与方法

在 5 种样地内用环刀法沿 S 形曲线进行布点取样,采用烘干称质量法和浸水法测定土壤的各项物理指标。粒度测试采用 Masterizer-2000 型激光粒度仪测定。土壤 pH 值采用酸度计法测定,有机质含量采用硫酸重铬酸钾外加热法测定,有效磷采用盐酸氟化铵浸提—分光光度法测定,有效氮采用碱解扩散法,有效钾采用醋酸铵浸提原子吸收分光光度法,土壤有效微量元素采用火焰原子吸收光谱法测定。土壤微

生物类群的测定采用稀释平板培养计数法,稀释倍数为真菌 $10^{-2} \sim 10^{-3}$,细菌 $10^{-2} \sim 10^{-3}$,放线菌 $10^{-2} \sim 10^{-3}$,细菌分离采用牛肉膏蛋白胨培养基,鉴定通过菌体形态结构观察和生理生化指标测定。真菌分离马铃薯培养基(PDA),放线菌分离采用高氏 1 号培养基。

3 结果与讨论

3.1 不同生态恢复模式土壤物理性质分析

土壤的容重、孔隙度、土壤水分、持水性能等物理性质均会影响土壤肥力。由图 1 可知,4 种生态恢复模式的土壤容重明显低于对照裸地,降低幅度为 7%~30%。土壤毛管孔隙度、非毛管孔隙度与对照裸地比均有明显增加,其中措施 QC-D 土壤非毛管孔隙度和毛管孔隙度分别是对照裸地的 3.58 倍和 1.42 倍,生态恢复模式 FJ-C, FJ-C, LW-E 土壤孔隙状恢复状况也较明显。由图 2 可知,土壤保水和供水能力亦得到不同程度改善,土壤饱和持水量、有效水含量由大到小排序为:脐橙模式>芦苇草模式>封禁模式>金水梨模式>对照裸地;田间持水量由大到小排序为:脐橙模式>芦苇草模式>金水梨模式>封禁模式>对照裸地。因此,对花岗岩型退化红壤采取不同生态恢复和重建措施后,土壤孔隙、结构、土壤水分性能均得到不同程度改善。

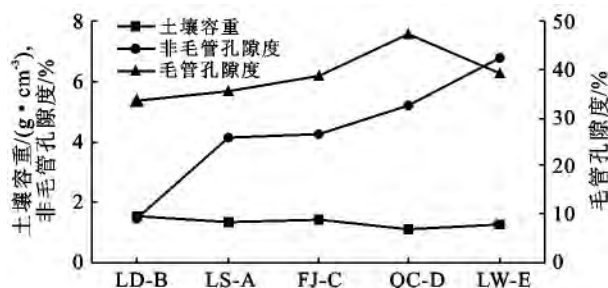


图 1 不同生态恢复模式下土壤的容重、毛管孔隙度、非毛管孔隙度的变化

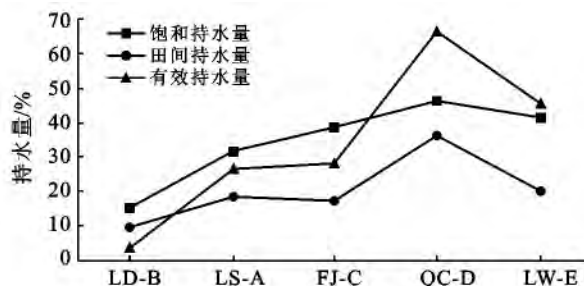


图 2 不同生态恢复模式土壤饱和持水量、有效持水量以及田间持水量的变化

3.2 不同生态恢复模式土壤养分状况

3.2.1 有效氮、磷、钾含量特征 由表 2 可以看出,各生态恢复模式样地中有效氮含量由大到小的顺序为:对照裸地>封禁模式>金水梨模式>脐橙模式>芦苇草模式;有效磷含量顺序为:脐橙模式>金水梨模式>芦苇草模式>封禁模式>对照裸地;有效钾含量顺序为:金水梨模式>脐橙模式>芦苇草模式>封禁模式>对照裸地。

表 2 不同生态恢复模式对土壤营养元素的影响

样品编号	有效氮 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有效磷 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有效钾 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
LS-A	128.02	5.92	66.25
LD-B	159.62	0.01	22.13
FJ-C	132.49	0.04	31.37
QC-D	81.12	12.32	64.44
LW-E	56.08	4.13	47.46

3.2.2 微量元素有效含量 各种生态恢复模式样地有效锌、有效铜、有效铁、有效钙、有效镁和有效硼含量均高于对照裸地(表 3)。有效铜、有效锌大小排序为:脐橙模式>封禁模式>芦苇草模式>金水梨模式>对照裸地;有效铁大小排序为:芦苇草模式>脐橙

模式>封禁模式>金水梨模式>对照裸地;有效锰排序为:芦苇草模式>脐橙模式>封禁模式>对照裸地>金水梨模式;有效钙排序为:脐橙模式>金水梨模式>封禁模式>对照裸地>芦苇草模式;有效镁排序为:脐橙模式>芦苇草模式>金水梨模式>对照裸地>封禁模式;有效硼排序为:脐橙模式>封禁模式>芦苇草模式=金水梨模式>对照裸地。

3.2.3 土壤元素的有效含量与 pH 值、有机质的关系 土壤中微生物的活动、有机质的合成与分解、氮磷等营养元素的形态转化与释放、微量元素有效性、养分保持的能力以及土壤元素的迁移等,都与土壤的 pH 值密切相关。由表 3 可以看出,研究区 pH 值大小顺序为:芦苇草模式>脐橙模式>对照裸地>封禁模式>金水梨模式。

土壤有机质含量与气候、植被、地形、土壤类型、农耕措施密切相关。土壤较长时间处于还原状态,有利于土壤有机质的累积,良好的轮作制度和合理的施肥,有利于提高土壤有机质含量。研究区不同生态恢复模式土壤有机质含量(g/kg)大小顺序为:脐橙模式>封禁模式>金水梨模式>芦苇草模式>对照裸地。

表 3 土壤微量有效元素与有机质、pH 值

样品编号	pH 值	有机质/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有效铜/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有效锌/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有效铁/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有效锰/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有效镁/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有效硼/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
LS-A	4.90	7.17	0.65	0.99	126.36	133.26	22.52	0.17
LD-B	5.14	4.66	0.48	0.59	101.86	245.22	22.15	0.16
FJ-C	5.00	7.58	1.19	1.13	168.25	251.72	18.58	0.19
QC-D	5.24	10.06	1.33	1.28	169.04	280.98	123.68	0.25
LW-E	5.38	6.65	0.86	0.86	197.44	283.59	26.00	0.17

土壤有效态含量与有机质含量、pH 值间的相关性分析表明(表 4),土壤有机质含量与有效铜、有效锌、有效铁、有效硼和有效镁呈显著正相关性,而与有效锰相关性不明显;pH 值与有效铜、有效镁、有效硼间相关性不明显,与有效锰和有效铁间具一定正相关,而与有效锌含量间具一定负相关关系。

表 4 土壤微量有效元素与有机质、pH 值间相关性

项目	有效铜	有效锌	有效铁	有效锰	有效硼	有效镁
pH 值	0.195	-0.113	0.571	0.823	0.214	0.356
有机质	0.878	0.962	0.534	0.183	0.806	0.920

3.3 不同生态恢复模式土壤微生物变化

3.3.1 不同生态恢复模式对土壤微生物数量的影响

由图 3 可以看出,不同生态模式样地细菌数量由多到少依次为:封禁模式>脐橙模式>芦苇草模式>金

水梨模式>对照裸地,封禁模式分别是对照裸地、金水梨模式、芦苇草模式和脐橙模式的 4.0,3.4,2.5 和 1.8 倍。土壤细菌主要营养来源是植物残体,在肥沃土壤和有机质丰富的土壤中,细菌数量相应偏多,而在缺乏有机质的土壤中其数量较少^[4]。细菌数量很大程度上与土壤有机质含量呈正相关关系^[5]。与表 3 的有机质含量分布情况基本吻合。

放线菌数量由多到少依次为:脐橙模式>金水梨模式>封禁模式=芦苇草模式>对照裸地,脐橙模式分别是对照裸地、芦苇草模式、封禁模式、金水梨模式的 9.7,2.7,2.7 和 1.2 倍。放线菌的发育远比大多数的真菌和细菌缓慢,它的作用主要是分解植物和动物的某些难分解的组分,形成腐殖质,把植物残体和凋落物转化为土壤有机组分,放线菌具有喜热耐旱以及适合在碱性土壤环境中生存^[5]。

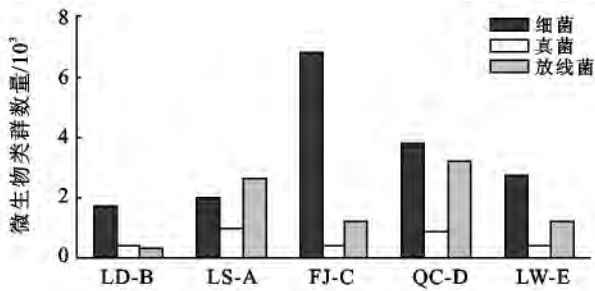


图 3 不同生态恢复模式各类群土壤微生物数量

各样地真菌数量由多到少依次为:金水梨模式>脐橙模式>封禁模式=芦苇草模式>对照裸地。真菌在森林土壤物质转化中占有重要地位,其复杂的酶系统能积极参与有机物质的分解,使枯落物中的蛋白质转化成林木可直接吸收的可溶性氮素氨基酸和铵盐等,同时它对无机营养的吸收也有显著地影响^[6]。丝状真菌类群成为主要降解菌群,并且真菌在植物残体分解过程中起着较大的作用,此外真菌比细菌和放线菌更适应于在 pH 值较低的土壤条件下发育^[7],这也同表 3 的 pH 值相印证。

不同生态模式样地微生物总量顺序依次为:封禁模式>脐橙模式>金水梨模式>芦苇草模式>对照裸地。采取不同生态恢复措施后土壤细菌、真菌和放线菌数量均有明显增加,其中封禁模式、脐橙模式、金水梨模式、芦苇草模式的土壤微生物总数分别是对照裸地的 3.5, 3.28, 2.32 和 1.79 倍。根据章家恩等^[8]、杨鹏等^[9]和苏涛等^[10]研究发现,微生物数量与土壤大多数养分含量(除有效磷和全钾之外)之间存在着一定的正相关关系,即土壤微生物数量随土壤养分含量的增加而增加。因此,退化生态系统生态恢复模式中土壤质量由高到低排序为:封禁模式>脐橙模式>金水梨模式>芦苇草模式>对照裸地。

3.3.2 土地生态恢复模式对土壤微生物组成的影响

不同生态恢复模式土壤中 3 大类群微生物的组成比例有显著不同。金水梨模式细菌数占总菌数的 35.91%,放线菌类群和真菌类群分别占 46.68%和 17.41%;对照裸地细菌数占总数的 70.83%,放线菌、真菌数分别占总菌数的 13.75%和 15.42%;封禁模式细菌数占总菌数的 80.95%,放线菌、真菌数分别占总菌数的 14.28%和 4.76%;脐橙模式细菌数占总菌数的 48.41%,放线菌、真菌数分别占总菌数的 40.76%和 10.82%;芦苇草模式细菌数占总菌数的 62.79%,放线菌、真菌数分别占总菌数的 27.91%和 9.30%。细菌在微生物总数量中占有优势,其次是放线菌,真菌占比例最少。

4 结论

(1) 对红壤丘陵生态退化区采取不同生态恢复和重建措施后,土壤毛管孔隙度、非毛管孔隙度与对照裸地相比均有明显增加。土壤饱和持水量、有效水含量大小排序为:脐橙模式>芦苇草模式>封禁模式>金水梨模式>对照裸地。

(2) 人工生态恢复模式土壤有效营养元素含量高于原始裸地和封禁地;土壤土壤有机质含量大小排序为:脐橙模式>封禁模式>金水梨模式>芦苇草模式>对照裸地。

(3) 土壤微生物总数量由多到少顺序为:封禁模式>脐橙模式>金水梨模式>芦苇草模式>对照裸地。土壤微生物数量与土壤大部分养分含量之间存在着一定的正相关性,即养分含量高的土壤中微生物数量也高。

(4) 研究结果表明,脐橙模式是最理想的人工生态恢复模式,对改良土壤的效果是最好的,同时又具有较好经济效益,值得推广;封禁模式比其余其中人工生态恢复模式有更好的生态效益,但是缺乏经济效益。

[参 考 文 献]

- [1] 朱景郊. 网纹红土的成因及其研究意义[J]. 地理研究, 1988, 7(4): 12-20.
- [2] 史德明. 南方花岗岩区的土壤侵蚀及其防治[J]. 水土保持学报, 1991(3): 63-72.
- [3] 许文强, 罗格平, 陈曦. 干旱区绿洲不同土地利用方式和强度对土壤粒度分布的影响[J]. 干旱区地理, 2005, 28(6): 800-804.
- [4] 张萍. 西双版纳次生林土壤微生物生态分布及其生化特性的研究[J]. 生态学杂志, 1995, 14(1): 21-26.
- [5] 焦如珍, 杨承栋, 屠星南, 等. 杉木人工林不同发育阶段林下植被、土壤微生物、酶活性及养分的变化[J]. 林业科学研究, 1997, 10(4): 373-379.
- [6] 周丽霞, 蚁伟民, 易志刚, 等. 鹤山退化生态系统恢复过程中土壤微生物的特性[J]. 热带亚热带植物学报, 2004, 12(3): 202-206.
- [7] 亚力山大. 土壤微生物学导论[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 175-207.
- [8] 章家恩, 刘文高, 胡刚. 不同土地利用方式下土壤微生物数量与土壤肥力的关系[J]. 土壤与环境, 2002, 11(2): 140-143.
- [9] 杨鹏, 薛立, 陈红跃, 等. 不同混交林地土壤养分、微生物和酶活性的研究[J]. 湖南林业科技, 2004, 31(4): 43-45.
- [10] 苏涛, 司美茹, 马宗琪. 不同土地利用方式对根际土壤微生物数量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(S): 136-139.