

退化红壤不同治理模式对土壤肥力的影响^{*}

杨玉盛 何宗明 林光耀

(福建林学院, 福建南平 353001)

罗学升

(长汀县水土保持试验站)

摘要 采取4种不同治理模式对福建省长汀县花岗岩区红壤严重侵蚀地进行治理, 1992年对各治理模式及相应对照的土壤化学性质、土壤微生物、土壤酶活性、土壤呼吸作用进行研究, 结果表明, 治理后土壤细菌、真菌、放线菌数量及微生物总数明显增加, 土壤水解性酶和氧化还原酶活性及土壤呼吸作用强度得到显著的加强, 土壤养分贮量和速效养分供应强度得到明显改善, 土壤肥力得到不同程度的恢复。表明采用合适的生物措施, 辅以必要的工程措施, 是改善严重退化红壤肥力有效途径之一。

关键词 严重退化红壤, 治理模式, 土壤肥力, 模糊聚类

长汀县河田镇是我国南方花岗岩地区最典型的水土流失区之一, 该镇水土流失面积占44.65%, 其中强度流失面积占流失总面积的58.93% (1983年调查)。严重水土流失阻碍了革命老区经济发展和人民生活水平提高, 引起有关人士重视。各级主管部门从1983年起相继采取许多措施, 对该区的严重水土流失进行治理, 使河田水土流失得到初步控制^[1]。我们对不同治理措施的土壤抗蚀性影响已有报道^[2], 本文通过对不同治理模式及对照地土壤微生物、土壤酶活性、土壤化学性质进行比较分析, 试图揭示不同治理措施对严重退化土壤肥力恢复的影响, 这对类似地区开展水土保持理论研究与实践有一定参考价值。

1 试验条件与方法

1.1 试验地自然概况

试验地位于长汀县河田镇。地面坡度9~27°, 年均气温19℃, 7月份最高气温达39.8℃, 地表最高温达76.6℃, 年均降雨量1628.2mm, 其中4~6月降雨量占全年的52.2%, 且降雨强度大。土壤为粗晶花岗岩风化发育的山地丘陵红壤, 含沙量大 (> 1mm石砾占45%左右), 风化层深厚, 由于长期侵蚀, 表土侵

* 本研究曾得到福建省科委重点资助。

蚀殆尽,土壤极为贫瘠,为强度侵蚀类型区,其土壤有机质含量 0.5~4.3g/kg,全 N 0.04~0.16g/kg,以耐旱、耐瘠薄著称的马尾松,年长高仅为 5~25cm,盖度 5~10%,成为名符其实的“小老头林”,林下仅有十分稀少的野枯草和岗松等。1982 年有关部门通过采取乔灌草生物措施与工程措施,对严重流失区进行治理,并取得了较好的效果。

1.2 治理模式

模式 I(工程—植草措施): 试验地点位于罗地。1983 年条沟状整地,施足基肥(垃圾),按一定比例撒播马唐、金色狗尾草、圆果雀稗、多花木兰等近 20 个品种的草种,第二年牧草全部覆盖林地,当时起到一定水土保持作用,草地侵蚀量仅为裸地 1/9。但 1992 年调查时,仅在沟边或相对阴湿地带出现少量芒萁、圆果雀稗、小叶赤楠等,盖度 5~10%,A+AB 层极薄(约 1cm 以下)。

模式 II(工程—果木措施): 试验地点位于水东坊。1982 年对原侵蚀地进行水平沟台状整地,挖大穴,施基肥,1983 年种植杨梅,每年抚育 2 次,1987 年大面积结果,平均单产 370kg,1992 年调查时杨梅长势较好,出现狗尾草、马唐、颖果等草类,盖度达 70%,杨梅树冠下枯枝落叶达 7.5kg/株,A+AB 层大约 1~3cm。

模式 III(疏林补栽措施): 试验地点位于八十里河。1981 年冬在原侵蚀地采用小水平沟整地,以棉籽饼和钙镁磷肥等为基肥,1982 年春季在马尾松林下种胡枝子和紫穗槐,当年 5、8 月及第二年 5 月追肥 3 次(尿素),每年砍伐胡枝子和紫穗槐覆盖林地,1992 年调查时,林地仍保留少量紫穗槐和胡枝子,亦出现马唐、芒萁、地衣等植物,盖度 10% 左右,A+AB 层大约 1~2cm。

模式 IV(封禁育林措施): 离集镇较远的分水岭地带,采取封山育林办法,由于人为破坏较少,林木长势良好,林下植被主要为芒萁,盖度达 80%,A+AB 层厚 10cm 左右。对照 I、II、III 为治理模式 I、II、III 各相应点的严重侵蚀地(未治理),模式 IV 的对照区(即对照 IV)为未采取封禁治理区,各相应项目数值以对照 I、II、III 的平均值取之。各试验地具体状况详见表 1。

表 1 不同治理模式区概况

Table 1 A survey of sample plot over different improving patterns

治理模式	坡度	坡向	树龄(年)	密度(株/hm ²)	郁闭度	树高(m)	胸径(cm) ¹⁾
Improving Patterns	Slope	Slope direction	Tree age (years)	Density (plant/hm ²)	Canopy density	Height	Diameter
模式 I	10°	SE26°	16	2670	0.55	4.56	4.90
对照 I	10°	SE45°	16	2550	0.18	2.25	3.86
模式 II	10°	NW30°	11	600	0.45	2.56	2.59×2.90
对照 II	15°	NW28°	16	2520	0.20	2.48	5.28
模式 III	14°	SE35°	15	2430	0.70	8.10	7.90
对照 III	14°	SE34°	15	2475	0.15	2.89	3.01
模式 IV	27°	NW50°	11	2700	0.85	4.36	5.70
对照 IV	13°	NW24°	16	2515	0.18	2.54	4.05

1) 其中对照区的马尾松均为地径,模式 II 数值为杨梅冠幅(单位为 m)。

1.3 试验布置

1992 年 4 月和 8 月,在各治理模式区邻近分别设置标准对照区,并对区内植物生长状况(胸径或地径、树高、密度、盖度、郁闭度)进行调查,取样时按 S 形布点。模式 II、III 由于采取小水平台状整地,进行

了穴状种植,故按一定比例分别在穴内外取样,进行混合,以上取样点均为 10 个。

1.4 分析方法

1.4.1 土壤化学性质-常规法^[3]

1.4.2 土壤微生物测定^[4] 细菌-牛肉汁蛋白胨琼脂培养基平板混菌法;真菌-马丁氏培养基平板混菌法;放线菌-淀粉铵盐培养基平板混菌法。

1.4.3 土壤酶活性测定^[5] 转化酶-E. Hoffmann 与 A. Seeger 法;脲酶-标准扩散法;蛋白酶-G. Hoffmann 与 K. Teicher 法;酸性磷酸酶-G. Hoffmann 法;接触酶-滴定法;过氧化物酶-A. Ш. Гаислян 法;土壤呼吸作用强度-CO₂容量法^[4]。

以上样品分析数据为两次分析数值的平均值。

2 结果与分析

2.1 不同治理模式土壤微生物数量

花岗岩区的红壤遭受严重侵蚀后,土壤肥力严重退化,但采取较为有效治理措施(10年后),土壤肥力得到初步改善,这在土壤微生物数量上得到最为明显的体现。表 2 表明,严重侵蚀地(对照 I, II, III)土壤细菌、真菌和放线菌数量最低,其微生物总数极低(4.5~5.2 × 10³个/g 干土),土壤各类酶的活性和土壤呼吸作用微弱。这与严重退化地的植被稀疏、有机质含量极低相关。经过治理后,不同模式土壤细菌、真菌和放线菌数量增加均较为明显(表 2)。土壤微生物数量高低顺序是:模式 IV > 模式 III > 模式 II > 模式 I,模式 IV 土壤微生物总数分别是模式 I 和其对照 IV 的 409.3 倍、879.9 倍;模式 III 土壤细菌、真菌和放线菌及微生物总数分别是相应对照 III 的 22.8 倍、40.9 倍和 10.2 倍及 23.7 倍。经过治理后,土壤微生物数量大幅度增加,这与治理后土壤中有有机质和 pH 值增加有关。由于土壤微生物积极参与土壤中物质转化过程^[4],其数量增加直接影响土壤供肥和保肥能力。

2.2 不同治理模式土壤酶活性和呼吸作用

研究酶的活性强度将有助于了解土壤肥力状况和演变,一般土壤有机残体分解强度差异可由土壤水解酶活性强弱得到解释,而土壤氧化还原酶活性则可用于解释土壤中腐殖质再合成强度^[6]。分析结果表明(表 2),治理后土壤转化酶、脲酶、蛋白酶活性均有明显加强,其中模式 IV 以上各类酶活性增加最为明显,其次为模式 III,模式 I 最差。模式 IV 的土壤转化酶、脲酶和蛋白酶分别是其对照 IV 的 8.7 倍、10.7 倍和 7.0 倍。土壤转化酶直接参与土壤碳素循环,而蛋白酶和脲酶则直接参与土壤中含 N 有机化合物的转化。严重退化地采取各种治理模式后,以上三种水解酶活性明显增强,表明土壤中 C 和 N 素营养循环强度有较大程度提高,土壤肥力在不断恢复过程中。

红壤地区土壤 P 素普遍缺乏,往往成为林木生长限制因子,严重退化地 P 素缺乏更为明显^[6],而土壤酸性磷酸酶酶促作用加速土壤有机磷的脱磷速度,可提高磷素有效性^[5]。分析结果表明,不同治理措施土壤酸性磷酸酶活性提高较为明显,其中模式 IV 酸性磷酸酶活性是对照 I 的 8.8 倍,模式 III 的是对照 III 的 2.3 倍,这对改善严重缺 P 的红壤供 P 状况有积极意义。

从表 2 还可以看出,采取不同治理措施后,接触酶和过氧化物酶活性亦有较大幅度的

表2 不同治理模式表层土壤微生物数量($\times 10^3$ 个/g干土)及酶活性

Table 2 The amount of soil microbes and enzymes activities in surface soil of different improving patterns

治理模式 Improving patterns	脲酶 Urease (mg/g)	蛋白酶 Proteinase (mg/100g)	酸性磷酸酶 Acid phosphatase (mg/100g)	接触酶 Catalase (0.1mol/L KMnO ₄)	过氧化酶 Peroxidase (mg/100g)	呼吸作用强度 Respiration CO ₂ /20g \pm ·24h)	细菌 Bacteria	真菌 Fungi	放线菌 Actinomycetes	微生物总数 Total Microbes
模式 I	0.743	1.45	0.20	24	9.56	0.088	43.78	6.20	0.72	10.90
对照 I	0.214	1.01	0.10	10	8.06	0.024	3.98	0.38	0.14	4.50
模式 II	0.814	3.48	0.29	24	10.38	0.122	104.36	12.48	1.48	118.32
对照 II	0.266	1.13	0.13	10	8.34	0.022	4.84	0.44	0.16	5.44
模式 III	0.876	2.34	0.30	28	12.24	0.144	106.38	16.36	2.04	124.78
对照 III	0.243	1.03	0.13	12	8.72	0.022	4.66	0.40	0.20	5.26
模式 IV	2.100	11.30	0.88	60	30.42	0.384	3842.00	243.00	376.00	4461.00
对照 IV	0.241	1.06	0.12	11	8.37	0.023	4.49	0.41	0.17	5.07

表3 不同治理模式表层土壤化学性质

Table 3 The chemical properties of surface soils of different improving patterns

治理模式 Improving patterns	有机质 Organic matter (g/kg)	全N Total N (g/kg)	全P Total P (g/kg)	速效性N Available N (mg/kg)	速效P Available P (mg/kg)	速效K Available K (mg/kg)	pH值 pH	阳离子 交换量 CEC (cmol(+)/kg)	腐殖质组成(g/kg占土壤总有机碳量)		
									HA	FA	HA/FA
模式 I	9.2	0.26	0.188	36.4	1.0	32.4	4.80	6.44	32.6	282.6	1.2
对照 I	0.5	0.10	0.045	15.6	0.1	20.6	4.60	4.38	0.1	301.4	0.0
模式 II	11.6	0.44	0.202	58.6	1.5	48.9	5.00	8.98	54.2	416.9	1.3
对照 II	2.8	0.16	0.078	20.8	0.8	28.9	4.40	4.66	0.1	363.3	0.0
模式 III	11.3	0.38	0.284	48.7	1.8	48.6	5.20	9.18	53.1	354.0	1.5
对照 III	2.5	0.14	0.077	19.6	0.9	32.4	4.40	4.80	0.1	293.5	0.0
模式 IV	24.2	0.98	0.380	88.6	3.4	100.4	6.00	12.35	86.8	228.4	3.8
对照 IV ¹⁾	1.9	0.13	0.067	18.7	0.6	27.3	4.47	4.61	0.1	319.4	0.0

1) 以对照 I、II、III 的平均值作为对照 IV 的相应值。

提高,如模式Ⅳ接触酶和过氧化物酶活性分别是对照Ⅱ的 10 倍和 3.2 倍,表明不同治理模式的土壤氧化还原能力增强,从而有利于土壤中某些有毒物质转化和土壤腐殖质形成。

土壤呼吸主要是由土壤微生物、植物根系活动及土壤动物活动来进行的^[4]。从表 2 可见,治理后土壤呼吸作用强度均有明显增强,其中模式Ⅳ呼吸作用强度最大,其次为模式Ⅲ,模式Ⅰ最小。模式Ⅳ土壤呼吸作用强度是其对照Ⅳ的 16.7 倍,模式Ⅲ是对照Ⅲ的 6.5 倍。

从以上分析可以看出,严重退化红壤采取有效治理措施后,土壤酶活性和土壤呼吸作用强度明显提高,氧化代谢能力得到一定程度改善。

2.3 不同治理模式土壤化学性质

花岗岩红壤严重退化地(对照Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ)红土层或沙土层出露,土壤有机质、全 N 和全 P 含量均极低,速效性养分含量更是贫乏(表 3),立地条件严重恶化,侵蚀地寸草不生,土壤抗蚀性能很差^[2],生境处于恶性循环阶段,土壤肥力日趋下降,单纯采取生物措施进行治理相当困难。分析结果表明(表 3),采用不同治理措施 10 年后,林地土壤有机质、全 N、全 P 含量均有明显增加,其中模式Ⅳ的土壤有机质、全 N 和全 P 含量分别是对照Ⅰ的 48.4 倍、9.8 倍和 8.4 倍,模式Ⅲ的土壤有机质、全 N 和全 P 含量分别是对照Ⅲ的 4.5 倍、2.7 倍和 3.7 倍;土壤速效性养分亦有明显增加,其中模式Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ土壤水解性 N 含量分别是相应对照的 2.3 倍、2.8 倍和 2.5 倍,土壤速效 P 和 K 亦有此趋势(表 3)。表明采用不同治理措施后,土壤营养元素供应容量和供应强度有一定程度的改善。从表 3 可见,采用不同治理措施后,土壤阳离子交换量均有不同程度提高,其中模式Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ土壤阳离子交换量分别是相应对照的 1.5 倍、1.9 倍和 1.9 倍,模式Ⅳ的则是模式Ⅰ的 1.9 倍。说明采用不同治理措施后,土壤保肥性能得到一定的改善。

土壤腐殖质化度(胡敏酸总量 / 土壤全 C 量)是衡量土壤腐殖质品质优劣的标志之一^[7]。从表 3 可见,对照地土壤胡敏酸含量极小(痕量),经过治理后,腐殖化度均有一定程度的提高(表 3),其大小顺序为模式Ⅳ > 模式Ⅲ > 模式Ⅱ > 模式Ⅰ > 对照Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ,治理后土壤 HA / FA 比值亦变大,说明治理后,提高了土壤腐殖质品质。

2.4 不同治理模式土壤肥力模糊聚类分析

应用模糊聚类方法对表 2、表 3 中有关因子进行综合分析^[8],结果见图 1。从图 1 可见,当 $\lambda = 0.9$ 时,可把除去对照Ⅳ外的 7 个测试区土壤肥力分为 4 类,第一类为模式Ⅰ,第二类为对照Ⅰ、对照Ⅱ和对照Ⅲ,第三类为模式Ⅱ和模式Ⅲ,第四类为模式Ⅳ。模糊聚类分析结果表明,未采取治理措施的严重退化地(对照Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ)由于 A 层和 B 层土壤侵蚀殆尽,C 层出露,土壤微生物数量极低,土壤酶活性极为微弱,土壤养分枯竭,且土层过于紧实,几成为不毛之地,人工种植马尾松亦成为典型的“小老头林”,土壤肥力最差,归为同一类。采用种草措施(模式Ⅰ),由于底肥较足,牧草早期生长较旺盛,但由于立地条件太差,牧草耗肥严重,加上冲刷较为严重,2—3 年后,牧草难以继续生长,林地保留的马尾松生长速度明显下降,林分郁闭度较低(表 1),土壤肥力恢复较慢。而在一定工程措施基础上采用改种杨梅或在马尾松“小老头林”下套种豆科灌木办法,对侵蚀地进行治理,由于采用较高规格工程措施明显降低水、土、肥冲刷,种植豆科灌木或非豆科植物(杨梅)具有一定固氮作用,这对增加土壤氮素起到一定作用。模式Ⅱ和模式Ⅲ归为一类是由于旺盛生

长的植物改善了侵蚀地生境,同时刺激土壤微生物繁殖速度,土壤酶活性亦得到明显的加强,土壤养分贮量亦有明显增加之故(见表 2、3)。模式IV远离村庄,人为干扰稀少,采取封山育林后遏止了土壤退化,土壤肥力恢复良好。

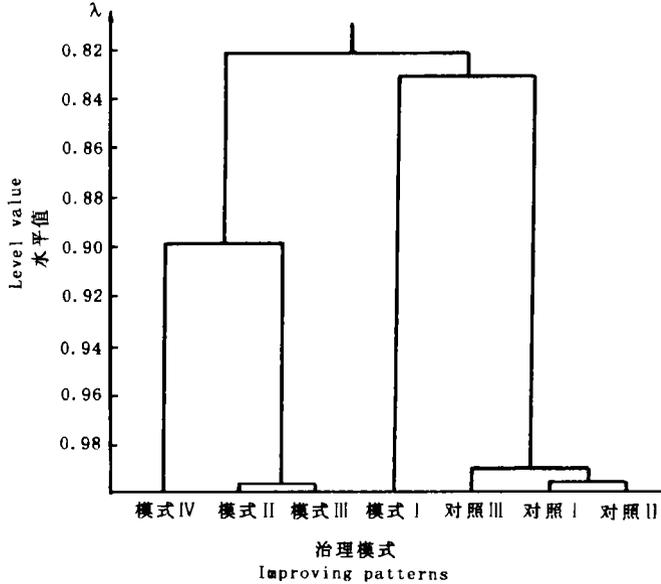


图1 不同治理模式土壤肥力分类树状图

Fig.1 Arborescence of soil fertility classification for different improving patterns

3 小 结

花岗岩严重侵蚀区,表层土壤侵蚀殆尽,生态系统急剧恶化,土壤肥力极差,人工马尾松生长极为缓慢,植被自然恢复相当困难,土壤处于逆向演替过程中,生态系统极为脆弱。

采用不同治理模式后土壤微生物数量、土壤酶活性、与土壤肥力相关的土壤化学性质等都获得明显改善。采用工程措施和生物措施相结合方法对严重退化红壤生态系统进行治理的过程中,单纯种植牧草,其早期生长较好,但基肥耗尽后,牧草难以继续生长。采用较大规格工程措施种植杨梅或在马尾松“小老头林”下套种胡枝子及紫穗槐,林地土壤肥力恢复和林木生长较快,土壤生态系统朝着良性循环方向发展。而在离集镇较远,人为干扰少的区域,采取封山育林,土壤肥力可得到明显恢复。

因此,要根据土壤退化状况,采取工程和生物措施结合,乔、灌、草一齐上,或封山育林,增加土地覆盖率,控制土壤冲刷,增加土体抗蚀性,使侵蚀地土壤水肥气热条件得到不断改善,促进植物生长,才能使侵蚀区生态环境逐渐进入良性循环。

参 考 文 献

1. 福建省水土保持委员会. 福建水土保持(河田专号). 1990, (3): 1—58
2. 杨玉盛, 何宗明, 林光耀等. 不同治理模式对严重退化红壤抗蚀性影响的研究. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2(2): 32—37
3. 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海科技出版社, 1978, 62—191
4. 许光辉. 土壤微生物分析方法手册. 农业出版社, 1986, 10—228
5. 严昶升著. 土壤肥力研究方法. 农业出版社, 1988, 205—286
6. 杨玉盛, 李振问, 俞新妥等. 南平溪后杉木林取代杂木林后土壤肥力变化研究. 植物生态学报, 1994, 18(3): 236—242
7. 林明海, 赖庆旺. 不同熟化度红壤及红壤性水稻土的腐殖质组成及其特性. 土壤学报, 1982, 19(3): 237—259
8. 洪伟, 谢芳. 闽北阔叶树种生态组的 Fuzzy 划分. 福建林学院学报, 1986, 6(2): 19—26

EFFECT OF DIFFERENT IMPROVING PATTERNS ON FERTILITY OF SEVERELY DEGRADED GRANITIC RED SOIL

Yang Yu-sheng He Zong-ming Lin Guang-yao

(Fujian Forestry College, Nanping Fujian 353001)

Luo Xue-sheng

(Experimental Station of Soil and Water Conservation, Changting)

Summary

The severely eroded granitic red soil were improved on four different patterns in Changting County, Fujian, and the soil chemistry, soil microbes, soil enzymes and soil respiration over different patterns were studied in 1992. The results showed that the amounts of soil bacteria, fungi, actinomyces and total microbes were increased obviously, the soil hydrolytic and oxidation-reduction enzymes and soil respiration were enhanced evidently, the storage of soil nutrients and supplying intensities of various available nutrients were promoted pronouncedly, demonstrating that the fertility of the soil improved on all the patterns was restored to varying degrees. Therefore, proper biological measures and essential supplementary engineering measures are effective in improving the fertility of severely degraded red soil.

Key words Severely degraded red soil, Improving patterns, Soil fertility, Fuzzy cluster