

严重退化生态系统不同恢复和重建措施的植物多样性与地力差异研究

5181

杨玉盛¹, 何宗明¹, 邱仁辉¹, 罗学升²

(1. 福建林学院, 福建南平 353001; 2. 长汀县水土保持试验站, 福建长汀 366300)

摘要:对花岗岩区红壤严重退化生态系统(对照)及4种不同恢复和重建措施植物多样性和地力研究结果表明,花岗岩区红壤严重退化生态系统(对照)植物多样性极低,土壤肥力极差,生态环境极为恶劣。改为杨梅果园(措施A)或多树种混交(措施B)后,植物多样性明显增大,林地土壤肥力得到一定程度恢复,生态系统朝着良性循环方向发展。采取封山育林(措施C)方法,林下植被层和群落多样性恢复最快,林地土壤肥力亦得到较快的恢复。保留较好的风水林(措施D)植物多样性较高,土壤肥力最好。根据不同恢复和重建目标,采用合适的生物措施,辅以必要的工程措施,是红壤退化生态系统恢复和重建的有效措施之一。

关键词:严重退化生态系统;恢复和重建措施;土壤肥力;植物多样性

Effects of different recover and restoration measures on plant diversity and soil fertility for serious degradation ecosystem

YANG Yu-Sheng¹, HE Zong-Ming¹, QIU Ren-Hui¹, LUO Xue-Sheng² (1. Fujian Forestry College, Nanping, Fujian, 353001, China; 2. Experiment Station of Soil and Water Conservation, Changting)

Abstract: The granitic red soils of serious degradation ecosystem were taken as case studies with four different recover and restoration measures in Changting County, Fujian, and the plant diversity and soil fertility over different measures were investigated. The results showed that the plant diversity was the lowest, soil fertilities and ecosystem environment were the poorest in the control land with no restoration measure. The plant diversity rised evidently and the soil fertility increased to some degree in the measure of changing into a fruit garden and the measure of changing into multispecies woods. The diversity of auxiliary community were resumed to the best degree and soil fertility were resumed to the better degree in the measure of closed forest. The plant diversity was higher and soil fertilities were best in measure of reserved forest. Therefore, the proper biological measures and the essential engineering measures are effective to recover the serious degradation ecosystem.

Key words: serious degradation ecosystem; recover and restoration measures; soil fertility; plant diversity

文章编号:1000-0933(1999)04-0480-05 中图分类号:S763 文献标识码:A

福建长汀河田镇是我国南方花岗岩地区严重退化生态系统最典型类型之一,已采取多种措施对该严重退化生态系统进行恢复和重建工作,并取得一定进展^[1]。本文对该地严重退化生态系统不同恢复和重建措施植物多样性和地力差异进行研究,试图为花岗岩区严重退化生态系统恢复和重建工作提供理论指导。

1 试验地自然概况与恢复和重建措施

1.1 试验地自然概况

试验地位于长汀县河田镇,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℃

基金项目:福建省自然科学基金资助项目(F991)

收稿日期:1997-02-21;修订日期:1997-06-30

(1983-07-23),年均降雨量1628.2mm。土壤为粗晶花岗岩风化发育的红壤,含沙量大(>1mm 石砾占45%左右),风化层深厚,由于长期侵蚀,表土侵蚀殆尽,土壤极为贫瘠,强度侵蚀地土壤有机质含量0.54~4.26g/kg,全N0.04~0.16g/kg,马尾松的年高生长仅为5~25cm,十几年才长到1m左右,密度2351株/hm²,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,是花岗岩区红壤严重退化生态系统之一(本文对照)。80年代初有关部门采取多种措施对该严重退化生态系统进行恢复和重建工作,已取得了一定的效果^[1]。

1.2 严重退化生态系统恢复和重建措施

严重退化生态系统类型(对照) 详见本文1.1节。

杨梅果园类型(措施A) 1982年对严重退化地进行水平沟台状整地,挖大穴,施基肥,1983年种植杨梅,密度为600株/hm²,每年抚育2次,1992年调查时杨梅盖度0.45,树高2.56m,长势较好,并出现胡枝子、狗尾草、马唐、颖果等较多杂草,盖度达70%,杨梅树冠下枯枝落叶达7.5kg/株,A+AB层大约1~3cm。

疏林补植形成多树种混交(措施B) 1981年冬在严重退化地采用小水平沟整地,下基肥,1982年春季在马尾松林下栽植杉木和木荷,并套种胡枝子和紫穗槐,当年5、8月份及第2年5月份追肥3次(尿素),每年砍伐胡枝子和紫穗槐覆盖林地,1992年调查时,形成马尾松、杉木、木荷多树种混交林,林内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。

封禁处理(措施C) 离集镇较远的分水岭地带,1980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%,A+AB层厚10cm左右。

次生林(措施D) 当地保留较好的以木荷为主的次生林,林龄约50a左右,树下植被主要有芒萁、细齿柃木、小叶赤楠等,盖度达60%,林地内有较多枯枝落叶,A-AB层厚度20cm左右。

2 材料与分析方法

2.1 植物多样性

分别在对照及各处理地内设置临时标准地(20×20m²)各3个,对标准地内果树和林木生长状况(D、H、密度、盖度、郁闭度)进行调查,在每个标准地对角线设置5个5m×5m样方,调查林下植被种、个体数、地径、高度,采用以下指标测定植物种多样性指数^[2]:

$$\text{Shannon-Wiener 指数 } D_{sh} = - \sum_{i=1}^S (n_i/N) \ln(n_i/N) \quad (1)$$

式中, n_i 是第*i*种的个体数, N 是所有种个体数的总和, S 为种的总数。采用以下指标测定均匀度:

$$\text{Shannon-Wiener 均匀度 } J_{sh} = D_{sh}/\ln S \quad (2)$$

2.2 土壤肥力

在每个标准地内按S形布点,取表层0~10cm土样,措施A、B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,土壤物理性质、土壤化学性质采用常规法^[3,4],土壤微生物数量测定采用常规法^[5],土壤酶活性测定^[6],其转化酶采用E. Hoffmann与A. Seeger法;脲酶采用标准扩散法;酸性磷酸酶采用G. Hoffmann法;接触酶采用滴定法;过氧化物酶用A. ш. Гансгян法;土壤呼吸作用强度用CO₂容量法^[7]。

3 结果与分析

3.1 不同恢复和重建措施植物多样性

生物多样性增加是评价严重退化生态系统恢复和重建工作成功与否的重要指标之一,在生态系统中,生物多样性是建立在植物多样性基础上的^[7]。采取措施后,林下植被层和群落植物多样性均有明显增加(表1),乔木层中多样性以措施B最大,其次为措施D,措施B和D乔木种虽然相同,但前者乔木种个体数(188)及分布均匀程度(0.78)均比后者高,导致其乔木层多样性大。分析结果表明(表1),林下植被层植物多样性(D_{sh})以措施C(1.50)最大,其次为措施D和措施A,措施B(1.13)较小,对照(0.70)则最小。分析结果还表明(表1),措施C的群落植物多样性最大,其次为措施D和措施A,措施B较小,而对照的则最低,说明不同恢复和重建措施采取后,不同群落植物多样性均得到明显提高,其中以封山育林(措施C)对群落多

样性恢复最为有利。

表1 不同恢复和重建措施植物多样性

Table 1 Plant diversity in different recover and restoration measures

恢复和重建措施 Recover and restoration measures	乔木状况 Tree condition			乔木层 Tree layer		林下植被层 Undergrowth plant layer		群落 Community	
	种数 Number of three species (400m ²)	种名 Name of species	个体数 Number of individuals	<i>D</i> _{sh}	<i>J</i> _{sh}	<i>D</i> _{sh}	<i>J</i> _{sh}	<i>D</i> _{sh}	<i>J</i> _{sh}
对照 Control	1	马尾松 ^①	102	0	0	0.70	0.50	0.83	0.60
措施 A Measure A	1	杨梅 ^②	24	0	0	1.46	0.64	1.48	0.75
措施 B Measure B	3	马尾松	100	0.86	0.78	1.13	0.58	1.24	0.56
		杉木 ^③	78						
		木荷 ^④	10						
措施 C Measure C	1	马尾松	108	0	0	1.50	0.48	1.53	0.75
措施 D Measure D	3	木荷	60	0.76	0.69	1.46	0.44	1.49	0.73
		马尾松	48						
		杉木	6						

① *Pinus massoniana* ② *Myrica rubra* ③ *Cunninghamia lanceolata* ④ *Schima superba*

3.2 不同恢复和重建措施红壤物理性质

红壤严重退化生态系统土壤物理性质极端恶劣,土壤保水和供水能力极差(表2)^[8],降雨时土壤水分很快即达饱和,易发生严重水土流失;由于贮水能力相当低,干旱时土壤供水能力差,植被生长所需的最低水分无法得到满足,植被难以生长,属极典型严重退化红壤。采用不同措施(措施 A、B、C、D)后,与相应对照比土壤容重下降(8.6%~29.5%),土壤总孔隙度、非毛管孔隙度和孔隙比与对照比均有明显增加,其中措施 B 土壤非毛管孔隙、总孔隙度和孔隙比分别是对照的2.43倍、1.37倍和1.84倍,措施 B > 0.25mm 水稳性团聚体含量及其平均重量直径(*E*_{MWD})分别是对照的2.1倍和2.68倍。措施 C 和 D 土壤孔隙状况和土壤水稳性团聚体组成和性质恢复更为明显(表2)。土壤保水和供水能力亦得到不同程度改善,如措施 B 土壤饱和持水量、田间持水量、有效水含量范围分别是对照的1.41倍、1.48倍和1.83倍,措施 C 和 D 土壤水分状况恢复则尤为明显(表2)。说明对花岗岩严重退化红壤采取不同恢复和重建措施后,土壤孔隙、结构、土壤水分性能均得到不同程度改善。

表2 不同恢复和重建措施红壤物理性质

Table 2 Red soil physical property in different recover and restoration measures

恢复和 重建措施 Recover and restoration measures	容重 (g/cm ³) Bulk density	非毛管孔 隙度(%) Non-capillary porosity (NCP)	毛管孔 隙度(%) Capillary porosity (CP)	总孔隙 度(%) Total capillary porosity	非毛管 孔隙/ 毛管孔隙 NCP/CP	饱和持 水量(%) Saturated moisture capacity	田间持 水量(%) Field moisture capacity	有效水 含量(%) Available moisture capacity	>0.25mm 水稳 性团聚体含量(%) >0.25mm waterstable aggregates	<i>E</i> _{MWD}
对照 ^①	1.479	1.36	30.86	32.22	0.094	23.24	18.09	10.85	8.53	0.0127
措施 A ^②	1.352	3.12	35.71	38.83	0.087	28.72	22.19	15.30	15.34	0.0242
措施 B ^③	1.246	3.30	40.72	40.02	0.081	32.66	26.86	19.84	17.88	0.0340
措施 C ^④	1.106	6.82	41.79	48.61	0.163	43.95	35.80	27.48	67.53	0.2046
措施 D ^⑤	1.043	8.46	42.24	50.70	0.200	46.84	36.79	30.26	73.56	0.2473

① Control; ② Measure A; ③ Measure B; ④ Measure C; ⑤ Measure D

3.3 不同恢复和重建措施土壤养分状况

分析结果表明(表3),采取不同措施后,林地土壤有机质、全 N、全 P 含量均有明显增加,其中措施 B 的

土壤有机质、全 N 和全 P 含量分别是对照的 4.3 倍、2.6 倍和 3.7 倍,措施 C 和 D 增加则更为明显(表 3)。土壤速效性养分亦有明显增加,其中措施 A、B、C、D 土壤水解性 N 含量分别是对照的 2.9 倍、2.5 倍、4.4 倍和 5.8 倍,土壤速效 P 和 K 亦有此趋势(表 3)。表明采取不同措施后,土壤营养元素供应容量和供应强度均有不同程度的改善。从表 3 可见,措施 A、B、C、D 土壤阳离子交换量分别是相应对照的 1.9 倍、2.0 倍、2.6 倍和 2.8 倍(表 3),说明措施采取后,土壤保肥性能得到一定的改善。土壤腐殖质化度是衡量土壤腐殖质品质优劣的标志之一^[5]。从表 3 可见,对照地土壤胡敏酸含量极小(痕量),措施 D 最大,而且措施采取后土壤 HA/FA 比值亦有不同程度增大,说明土壤腐殖质品质朝好的方向转化。

表 3 不同恢复和重建措施红壤养分状况

Table 3 Red soil nutrient in different recover and restoration measures

恢复和重建措施 Recover and restoration measures	有机质 (g/kg) Organic matter	全 N(g/kg) Total-N	全 P(g/kg) Total-P	速效性 N (mg/kg) Availa- ble-N	速效 P (mg/kg) Availa- ble-P	速效 K (mg/kg) Availa- ble-K	pH 值 (水浸) Water extract	阳离子 交换量 (cmol(-) (g/kg)CEC	腐殖质酸 (g/kg)	腐殖质组成(%) Humic composition (% in total organic carbon of soil)		
										HA	FA	HA/FA
对照	2.7	0.15	0.078	20.2	0.9	30.7	4.40	4.73	0.89	0.01	32.84	0.00
措施 A	11.6	0.44	0.202	58.6	1.5	48.9	5.00	8.98	5.46	5.42	41.69	0.13
措施 B	11.5	0.39	0.286	50.6	2.1	50.8	5.10	9.26	4.65	5.22	35.20	0.15
措施 C	24.2	0.98	0.380	88.6	3.4	100.4	6.00	12.35	7.63	8.68	22.84	0.38
措施 D	29.5	1.11	0.412	116.5	3.8	106.3	6.00	13.28	10.02	9.78	23.85	0.41

表 4 不同恢复和重建措施红壤生物学活性

Table 4 Red soil biological activities in different recover and restoration measures

恢复和重建措施 Recover and restoration measures	细菌 Bacteria	真菌 Fungi	放线菌 Actinomycetes	微生物总数 Total microbes	转化酶 Invertase ^①	脲酶 Urease (mg/g)	酸性磷酸酶 Acid phosphatase (mg/100g)	接触酶 Catalase ^②	过氧化物酶 Peroxidase (mg/100g)	呼吸作用强度 Respiration ^③
	(10 ³ /g)									
对照	4.75	0.41	0.15	5.31	0.254	1.08	0.13	11	8.53	0.022
措施 A	104.36	12.48	1.48	118.32	0.814	3.48	0.29	24	10.38	0.122
措施 B	138.06	17.38	2.11	157.55	0.884	2.66	0.32	30	13.66	0.155
措施 C	3842.00	243.00	376.00	4461.00	2.100	11.30	0.88	60	30.42	0.384
措施 D	5953.00	267.28	466.18	6696.46	2.960	16.38	1.24	86	48.32	0.642

①(0.1N Na₂S₂O₃ ml); ②(0.1NK MnO₄ ml/g); ③(mg CO₂/(20g土·24h))

3.4 不同恢复和重建措施土壤生物学活性变化

分析结果表明(表 4),对照的土壤细菌、真菌和放线菌数量相当低,其微生物总数亦极低,土壤各类酶的活性和土壤呼吸作用极为微弱。这与严重退化生态系统的植被稀疏、有机质含量极低有关。采取不同措施后土壤细菌、真菌和放线菌数量均有明显增加(表 4),其中措施 B 土壤细菌、真菌和放线菌及微生物总数分别是对照的 29.1 倍、42.4 倍、14.1 倍和 29.7 倍,措施 C 和 D 土壤微生物数量增加则更为显著。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^[5,10]。

采取措施后土壤转化酶、脲酶活性亦有明显加强(表 4),其中措施 D 以上各类酶活性增加最为明显,其次为措施 C,措施 B 和 A 的较差,说明土壤中 C 和 N 素循环强度有较大程度提高^[10]。不同措施采取后土壤酸性磷酸酶活性提高均较为明显,其中措施 B 和 C 的酸性磷酸酶活性分别是对照的 2.5 倍和 2.3 倍(表 4),这在一定程度上改善该地严重缺 P 的土壤供 P 状况。

分析结果表明(表 4),采取不同措施后,土壤接触酶和过氧化物酶活性亦有较大幅度的提高,如措施 B 接触酶和过氧化物酶活性分别是对照的 2.7 倍和 1.6 倍,措施 C 和 D 以上两种酶活性增加更为明显,表明不同措施采取后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。

从表 4 还可以看出,严重退化地土壤呼吸作用十分微弱,采取措施后土壤呼吸作用强度均有明显增强,其中措施 D 呼吸作用强度最大,为对照的 29.2 倍。

从以上分析可以看出,严重退化红壤采取有效恢复和重建措施后,土壤微生物数量显著增加,土壤酶活性和土壤呼吸作用强度明显提高,土壤氧化代谢能力得到一定程度改善。

3.5 不同恢复和重建措施土壤肥力指标 PCA 排序

对表2、表3和表4中32个土壤肥力指标进行 PCA 排序,结果见图1。从图1横轴方向可以大致把各类措施及对照土壤肥力分成4类,第1类为对照,第2类为措施 A 和 B,第3类为措施 C,第4类为措施 D。

严重退化地(对照)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,土壤呼吸作用及酶活性极为微弱,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”,土壤肥力极差,归为一类。而在一定工程措施基础上采用改种杨梅或马尾松小老林下补栽杉木和木荷,

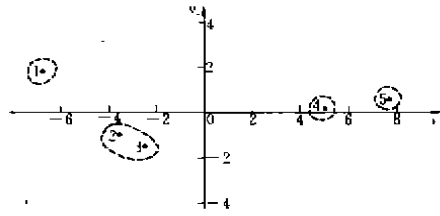


图1 不同恢复和重建措施土壤肥力排序图

Fig. 1 Soil fertility classification over different recover and restoration measures

同时在林内套种豆科灌木办法,对严重退化地进行恢复和重建工作,由于较高规格工程措施的采用明显降低水、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。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,土壤肥力得到较好改善,措施 A 和措施 B 归为一类。远离村庄,人为干扰稀少,土壤退化不甚严重,采用封山育林方法恢复的措施 C 土壤肥力最高。在房前屋后保留较好的风水林,由于主要树种为常绿阔叶树,能发挥较好的自我培肥功能,土壤肥力最高。

4 小结

花岗岩区红壤严重退化生态系统(对照)植物多样性极低,土壤肥力极差,生态环境极为恶劣,采用较大规格工程措施改种杨梅(措施 A)或在马尾松小老林下补植杉木和木荷及套种胡枝子及紫穗槐(措施 B)后,植物多样性明显增大,林地土壤肥力得到一定程度恢复,生态系统朝着良好循环方向发展。采取封山育林(措施 C)方法,林下植被层和群落多样性最大,林地土壤肥力亦得到较快的恢复。保留较好的风水林(措施 D)植物多样性较高,土壤肥力最好。因此,要根据严重退化生态系统退化状况及治理目标,结合当地实际情况,采取不同恢复和重建措施,除了采取单纯保护生物多样性和地力如封山育林及保护现有常绿阔叶次生林外,在靠近村镇地带可考虑采取以经济效益为主的开发和治理相结合的集约经营措施如果树(杨梅、板栗等)、经济林(黑荆),而在离村镇较远地带则采用营造多树种混交林及退化林地改造的措施等,以达到不同程度增加植物多样性,控制土壤冲刷,提高土壤肥力目的,使严重退化生态系统生态环境得到明显恢复,同时加快贫困地区农民脱贫致富速度,这对类似地区退化生态系统恢复和重建工作具有一定指导意义。

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] 朱锦慧, 江训强, 黄儒珠, 等. 毛竹林物种多样性的初步研究. 福建林学院学报, 1996, 16(1): 5~8.
- [3] 张万儒, 等. 森林土壤定位研究方法. 北京: 中国林业出版社, 1978.
- [4] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978. 62~191.
- [5] 许光辉. 土壤微生物分析方法手册. 北京: 农业出版社, 1986. 102~228.
- [6] 严超升著. 土壤肥力研究方法. 北京: 农业出版社, 1988. 205~286.
- [7] 彭少麟. 南亚热带退化生态系统恢复和重建的生态学理论和应用. 热带亚热带植物学报, 1996, 4(3): 36~44.
- [8] 姚贤良, 程云生, 等编著. 土壤物理学. 北京: 农业出版社, 1986.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 李庆远主编. 中国红壤. 北京: 科学出版社, 1983.