

花岗岩侵蚀区植被层次结构优化模式研究

李相玺 左长清 姚毅臣 范明华

(江西省水土保持科学研究所 南昌 330029)

摘 要 通过在花岗岩侵蚀区组建不同层次结构的植物措施,对不同结构模式水保生态经济效益能进行调查,并利用层次分析法对各模式的水保经济效益能进行综合评价。结果表明:花岗岩侵蚀区的植被层次结构最佳模式是乔灌草结合的三层结构,它的生物量、拦截径流和减少土壤侵蚀能力最大,其次为灌草结构,再次为乔灌、乔草结构,最差的为乔木纯林。

关键词 花岗岩侵蚀区 植被层次 结构优化 层次分析法

Research on the Optimization of Vegetation Stratum Structure in the Granite Soil Eroded Region

Li Xiangxi Zuo Changqing Yao Yichen Fan Minghua

(Soil and Water Conservation Research Institute of Jiangxi Province Nanchang 330029)

Abstract The soil and water conservation effects and economic benefits from different vegetation constructed in the granite soil erosion region was investigated to obtain the vegetational vertical structure impact on the soil loss control and ecologic improvement. Based on the investigation, comprehensive evaluation was made through of the analytic hierarchy process (AHP). The results are as follow: The best vegetation model in granite soil eroded region is the tri-layered structure of tree, shrub and herb. Its biomass is the largest, its ability in interception runoff and reducing soil loss is also the greatest. The two-layered structure of shrub and herb is second. The two-layered structure of tree and shrub as well as the two-layered structure of tree and herb are third, and the one-layered structure of pure tree is the inferior.

Key words granite soil eroded region vegetation stratum structure optimization the analytic hierarchy process

1 引言

种植植物进行治理和控制水土流失的研究,近年来发展很快,如不同土壤侵蚀区适宜植物品种、植物栽培技术及植物改善地力和控制水土流失作用等研究都取得了许多卓有成效的成果。但这些研究大多是单一植物品种或植物措施功能的定性研究,对于多种植物组合效益,群体协调作用研究还不多,尤其是定量研究方面尚无报道。植物对水土流失的控制与植物个体特

性、生长情况以及群体结构配置密切相关,而在植物个体相同情况下,其水土保持作用的发挥与其层次配置最为密切,因而研究不同植被层次结构模式的水保生态效能很有必要。为此我们在1991年2月至1995年10月,选择我国南方广泛分布的花岗岩侵蚀区进行了植物层次结构优化模式研究,目的在于通过组建不同结构的植物措施,分析研究其水土保持生态经济效益的层次,进而提出植物措施结构优化模式,为水土流失区的治理开发提供科学方法和依据。

2 试验地概况

试验点位于江西省修水县古市镇罐窑村,地处江西省五大河之一的修河上游渣津水,为花岗岩丘陵坡地,海拔210m~230m,坡向东南,坡度16°。试验面积3264m²,试验区多年平均降雨量1617mm,多年平均气温16.5℃,平均无霜期247d。地带性植被为亚热带常绿针阔叶林,但由于长期的人为破坏,原生植被不复存在,现有植被为稀疏草地,伴有零星人工马尾松分布,植被覆盖度16%。土壤为花岗岩发育的红壤,土壤A层已流失殆尽,B层裸露,土壤侵蚀面积达70%,为典型的花岗岩强度流失区。

3 试验方法

3.1 样地选择及试验设计

选择地形、土壤和植被条件比较一致,面积为48m×68m的坡面作为试验地,以乔灌木(A)、乔草(B)、灌木(C)、乔灌(D)、乔(E)5种植被层次结构模式为处理进行试验。试验按拉丁方设计,将样地按8m×12m分成25个小区,小区长边与坡向垂直,小区与小车间留2m间隔作保护带。取雀稗、胡枝子、马尾松作试验材料,将不同植物按行间混交形式配置到相应的小区(如图1)。种植密度分别为胡枝子0.4m×0.5m,马尾松1.5m×2m,草行距0.25m。种植前按10年一遇24h时暴雨标准修建水平沟,马尾松用穴植法(0.3m×0.3m×0.3m),胡枝子开沟种植,沟深0.25m,沟宽0.2m,雀稗采用开行种植,行宽15cm,深15cm。

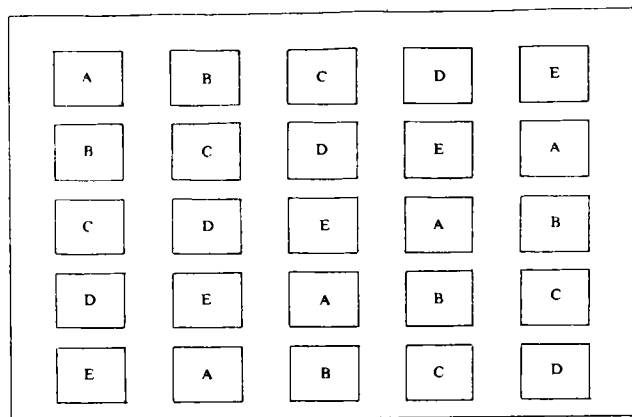


图1 试验布置图

A. 马尾松+胡枝子+雀稗 B. 马尾松+雀稗
C. 胡枝子+雀稗 D. 马尾松+胡枝子 E. 马尾松

3.2 观测方法

每年的秋季进行植物高、地径、冠幅、生长量及植被覆盖度观测调查,采用样株或样方法测定生物量,雨季用蘸水法测定树冠截留量。枯落物量的测定:在试验地每一小区设置2个1m²的固定样方,样方用木板隔开以收集枯落物,每年秋季采集回实验室称重,并按水利部颁发《水土保持试验规范》(SD239-87)测定其水容量。土壤侵蚀量用钉子法测定,每一小区布设5个测点。1994年10月份份小区采集上层土样分析(0~60cm混合样)。

4 结果分析

4.1 不同结构模式植物生长差异

对植物生长情况调查结果表明,不同模式植物生长量存在明显的差异,模式 A 平均生物量最大,模式 E 最小,总的看来,结构复杂的复层林生物量明显大于单层结构的纯林(表 1)。生长量的差异与植物品种选择和配置技术有很大关系,如同为马尾松,在模式 A 中其树高和地径生长比模式 E 中分别提高 50%和 34.5%,这主要是因为胡枝子和雀稗的种植,改善了马尾松生长的立地条件,水热条件得到改善,有利于马尾松的稳定生长。在试验的初期,上层马尾松的适当遮荫,有利于胡枝子和雀稗的生长,但至试验的第 4 年、第 5 年,由于马尾松的过分郁闭,对下层阳性的胡枝子和雀稗有一定的压抑作用,此时应加强林木的抚育管理工作,以有利于某些耐阴植物的自然迁入。

表 1 不同结构模式植物生长量调查

模式	树种配置	平均树高 (cm)	平均地径 (cm)	生物量 (t/hm ²)	总生物量 (t/hm ²)	覆盖度 (%)	总覆盖度 (%)	冠幅
A	马尾松	129		5.76		61.0		
	胡枝子	81.0		8.54	18.21	57.7	90.1	
	雀稗	67.0		3.91		38		
B	马尾松	117.0		4.66	9.47	59	78	
	雀稗	63.0		4.81		35		
C	胡枝子	79.8		8.8	13.13	57.3		37.5
	雀稗	46		4.33		36	84.5	
D	马尾松	106.0	3.2	4.12		55.9		89.3
	胡枝子	68.8	0.58	8.32	12.44	33.8	81.9	36.8
E	马尾松	86	2.9	3.42	3.42	41	41	68

4.2 不同结构模式的生态效果

4.2.1 减少土壤侵蚀量情况 表 2 是不同结构模式下土壤侵蚀深的比较,从表中可以看出,相对于单层马尾松纯林,多层结构的植物群体在种植初期就有一定的减蚀能力,且随着植物生长,不同结构模式对土壤侵蚀控制作用越来越强,其差异也越来越大。1994 年调查,模式 A 相对于模式 E 减蚀效果达 74.9%,B、C、D 也分别达到 61.6%、65.6%及 62.4%,这是因为多层结构的植物群体能较快郁闭,植被覆盖较大,其生物归回量及根系活动量也大,有利于土壤的固定,因而能有效控制土壤侵蚀,减少土壤侵蚀量。

表 2 不同结构模式土壤侵蚀量比较

模式	年平均土壤流失厚度(mm)			
	1991 年	1992 年	1993 年	1994 年
A	4.35	3.62	2.73	1.01
B	4.43	3.72	2.92	1.53
C	4.40	3.70	2.87	1.37
D	4.43	3.73	2.91	1.50
E	4.77	4.53	4.20	3.99

4.2.2 涵养水源效益

(1)植物冠层截留量。植物的截留量与植物枝叶特性及冠层厚度和生物量密切相关,因而不同结构模式其冠层截留量也有所不同,表 3 为不同结构模式冠层截留量测定结果。结果表

明:在植物品种相同条件下,植被层次多,覆盖度大,生物量大的植物组合比结构层次少,生物量小的植物组合截留量要大,表现为模式 A 的截留量最大,其他的从大到小依次为 C>D>B>E。多重比较表明,模式 A 与模式 B、C、D、E 有显著差异,模式 C、D 间无显著差异,而与 E 有显著差异,说明乔灌木为最佳模式,C、D 次之,B、E 最差。

表 3 不同结构模式冠层截留量及差异显著性检验

模式	树冠截留量(mm)	X_i-X_5	X_i-X_4	X_i-X_3	X_i-X_2
A	$X^1=0.412$	0.354**	0.236**	0.132**	0.082*
B	$X_4=0.176$	0.118**	0.154**	0.05	
C	$X_2=0.33$	0.272**	0.104**		
D	$X_5=0.28$	0.222**			$Q_{0.05}=0.067$
E	$X_5=0.058$				$Q_{0.01}=0.096$

表 4 不同模式中枯落物量及其水容量

模式	A	B	C	D	E
枯落物重 t/hm ²	1.41	1.18	2.34	1.99	1.03
水容量 t/hm ²	1.29	1.01	2.08	1.88	0.31

(2)枯落物量及枯落物水容量。地表枯落物量影响降雨的入渗和地表径流速度及径流量,也影响土壤肥力、地表温度及水分状况,因而其量的多少也反映植被层次结构的优劣及涵养水源的能力。从 1993 年和 1994 年测定结果(表 4)看,复层结构的枯落物量及水容量较单层的马尾松纯林有显著增加。

4.3 不同模式的改土效果

1994 年 10 月对不同结构模式的土壤理化性质进行了分析测试,结果如表 5。从表 5 可以看出,复层结构的植物群落较单层的马尾松纯林有明显的土壤改良效果,有机质的改良以模式 B 和 A 较好,而土壤容重的改良效果 C、D 较好,这与各种模式的生物归还量及根系活动密切相关,生物归还量越大,改良效果越好。

表 5 不同模式土壤理化性质

模式	pH 值	有机质 (%)	速效氮 (mg/100g)	全磷 (%)	速效磷 (%)	速效钾 (mg/kg)	容重 (g/cm ³)
A	5.23	1.004	6.710	0.0698	1.582	35.53	1.18
B	5.24	1.2115	6.522	0.0598	1.492	38.83	1.20
C	5.44	0.675	6.833	0.0757	1.638	41.14	1.16
D	5.11	0.8238	7.188	0.0638	1.413	38.53	1.12
E	5.05	0.5251	2.313	0.0210	1.374	82.10	1.35

4.4 不同模式的经济效果

本研究仅分析其直接经济效益,即各模式的直接生产产品的市场价值减去税收后实际所得。基准年为 1991 年,取工程经济期为 30 年,年利率 7%。鲜草价格为 100 元/t,薪柴为 130 元/t,马尾松林 150 元/t。对各模式进行了经济效益分析,其中,成本包括工程开挖分摊费、种苗种植费、肥料费和抚育管理费、采运费。计算结果(表 6)表明,净现值最大的是 A 模式,以下依次为 C、D、B、E,获利能力分析,A 模式投资较大,产投比最大,B 模式投资较小,产投比也较小,说明在水土流失区要获得较好的经济效益,除了层次结构本身外,要有适当的先期投资才

能保证有较好的投资回报。

表 6 不同模式的经济效果

单位:元/hm²

模 式	A	B	C	D	E
成 本	464	375	405	398	358
收 益	1690.34	783.9	1385.9	1095	444.6
净现值	1226.34	408.9	980.9	697	86.6
产投比	3.64	2.09	3.42	2.75	1.242

4.5 不同层次结构优化模式的选择

4.5.1 评价模型的建立 上述分析表明:仅靠某些单项指标衡量植被层次结构模式的优劣是不全面的,需要建立一个能综合反映植物措施水保生态经济效能的评价指标系统。本文按生态效益与经济效益并重的原则,通过对植物层次结构模式田间试验观测资料分析,筛选出土壤侵蚀量、树冠截留量、枯落物水容量、覆盖度、土壤有机质、枯落物量、土壤容重、生物量、净现值、产投比等 10 个能反映土地利用程度、环境改造能力、经济增产潜力等属性指标,建立层次分析(AHP)结构模型(如图 2)。对不同结构模式的水保生态经济效能进行综合评价,以选择最佳结构模式。

4.5.2 植被层次结构模式水保经济效能的综合评价及排序 本文采用 n 元参数归一化线性函数模型即加权平均模型来确定各模式的水保经济效能指数评价

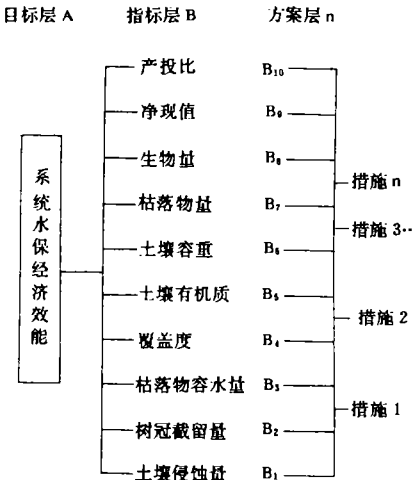


图 2 层次结构模式水保经济效能层次分析结构模型

$$Y = \sum_{i=1}^n w_i b_i \quad (1)$$

式中: n ——评价指标数; b_i ——第 i 个评价指标的相对值。其计算方法除 b_1 和 b_6 采用下限效果测度外,其余指标均按上限测度法计算,结果如表 7; w_i ——各评价指标权重,它的确定是应用层次分析法,根据 1~9 比率标度法,并结合本项研究对象的特点,构造 AHP 判断矩阵,用解最大特征根及其相应的特征向量的方法,编制程序在微机上进行求算,结果如表 8。

表 7 不同结构模式 10 项评价指标相对值

模式	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8	b_9	b_{10}
A	1.000	1.0000	0.620	1.0000	0.8287	0.9491	0.603	1.000	1.0000	1.0000
B	0.6536	0.8010	0.486	0.8657	1.0000	0.9333	0.504	0.520	0.3334	0.5742
C	0.7299	0.6796	1.0000	0.9379	0.5572	0.9655	1.000	0.721	0.7999	0.9394
D	0.6667	0.4272	0.904	0.9090	0.680	1.0000	0.850	0.6831	0.5684	0.7551
E	0.2507	0.1408	0.3890	0.4551	0.4334	0.8296	0.4402	0.1878	0.0706	0.3412

表 8 各项评价指标相对重要性权重值

B	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}
w_i	0.1543	0.0556	0.0556	0.1468	0.0984	0.0302	0.0302	0.2715	0.1117	0.0455
重要性排序	2	6	6	3	5	8	8	1	4	7

注:一致性指标比例 $CR=0.0156<0.10$ 。

表 9 不同植物层次结构模式的水保经济效能综合评价指数值

排	层次	指标权重 w_i										综合评价
		w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6	w_7	w_8	w_9	w_{10}	
		0.1543	0.0556	0.0556	0.1468	0.0984	0.0301	0.0302	0.2715	0.1117	0.0455	
序	模式	指标相对值 (b_i)										指标值
		b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8	b_9	b_{10}	
1	乔灌草	0.1543	0.0556	0.0345	0.1468	0.0815	0.0287	0.0187	0.2715	0.1117	0.0455	0.9488
4	乔草	0.1008	0.0445	0.0270	0.1271	0.0984	0.0282	0.0147	0.1412	0.0372	0.0261	0.6452
2	灌草	0.1126	0.0378	0.0556	0.1377	0.0548	0.0292	0.0302	0.1958	0.0893	0.0428	0.7858
2	乔灌	0.1029	0.0237	0.0503	0.1334	0.0669	0.0302	0.0273	0.1855	0.0635	0.0344	0.7181
5	纯乔林	0.0387	0.0078	0.0217	0.0668	0.0426	0.0251	0.0118	0.0510	0.0079	0.0155	0.2889

通过(1)式计算得到 5 种层次结构模式水保经济效能评价价值如表 9 所示。由表 9 可以看出,水保经济效能指数值的变动范围在 0.288 9(E)~0.948 8(A)之间,平均为 0.677 4,变异率 36.1%,可见各种植被层次结构模式水保效能差异很大,其从优到劣的排序为 A>C>D>B>E。若以各模式水保经济效能指数值的平均值(Y)作为中等水平的中限,平均值加半个标准差(Y+S/2)作为中上水平下限;平均值加一个标准差(Y+S)作为高水平下限,平均值减半个标准差(Y-S/2)作为中下水平的上限;平均值减一个标准差(Y-S)作为水平的上限,则模式 A 为高水平,C 为中上水平,B、D 为中等水平,E 为低水平。

5 结 论

(1)植物措施是花岗岩侵蚀区治理的有效途径,但不同结构模式水保经济效果相差较大,复层结构的植物措施一般比单层结构的植物措施结构稳定,水保生态经济效果要好。

(2)同为复层结构措施,三层结构比二层结构的植物措施水保经济效能要好,但在各单项功能上表现不一,如在提高土地生产率、增加生物产出量方面,乔灌草结构最好,灌草次之,乔灌、乔草较差,但在土壤结构改良方面,乔灌草结构却不如灌草和乔灌结构。

(3)用经济效益和生态效益并重的原则进行植物措施结构优化模式选择,结果表明,乔灌草水保生态经济效能最高,灌草结构次之,乔灌、乔草结构再次,乔木纯林效果最差。

参考文献

1 史德明. 南方花岗岩的土壤侵蚀及其防治. 水土保持学报,1991(3)63~72
2 李寅生. 关于林草地减沙效益计算研究. 中国水土保持,1995(2)9~10
3 阮伏水等. 花岗岩侵蚀坡地重建植被的几个关键问题. 水土保持学报,1995(1)19~25
4 徐万仁等. 贺兰山主要森林水文作用的初步研究. 生态学杂志,1994(4)55~60
5 Ted. C. Sheng. 水土保持措施探讨. 水土保持科技情报,1993(3)36~38
6 赵焕臣等. 层次分析法. 北京: 科学出版社,1986

作者简介 李相玺,男,1962 年生,工程师,1990 年南京林业大学林学系(现资源与环境学院)森林生态专业硕士研究生毕业。现在江西省水土保持科研所工作,主要从事水土保持、生态系统、农业开发、资源利用研究工作,主持和参加省(部)级重点科研项目,在国内外刊物发表论文 10 余篇。