

文章编号:1001-1498(2004)02-0226-05

# 太行山石质山地植被结构优化评价

贾志清<sup>1</sup>, 郭保贵<sup>2</sup>, 李昌哲<sup>1</sup>

(1. 中国林业科学研究院林业研究所,北京 100091; 2. 内蒙古包头市水利局水库管理处,内蒙古 包头 014030)

**摘要:**以太行山石质砂岩区山地植被为研究对象,在对典型植被类型综合调查的基础上,提出了评价山地植被水土保持效益的10项指标,并通过不同植被类型的水源涵养效能指标测定和径流小区泥沙对比分析,认为人工—天然复合植被类型的水土保持效果最好,乔木林最适郁闭度为0.6~0.7。阐述了突出水土保持、水源涵养功能的植被优化结构建设是太行山石质山地植被恢复的根本途径和防护林体系建设的重要内容。

**关键词:**太行山石质山地;植被类型;结构优化;水源涵养;产沙量

**中图分类号:**S718.54 **文献标识码:**A

太行山区生态条件恶劣,环境破坏较为严重,总面积11.4万km<sup>2</sup>。干旱、脊薄、土层薄、石头多是该区的主要自然特征。该区植被建设与恢复技术从“七五”开始就一直作为国家科技攻关的重点项目,在水土保持林营造技术、抗旱造林集流整地技术、林种树种选择与优化配置技术、林地抚育管理技术、水土保持效益评价、不同植被条件下土壤水分动态变化规律研究、不同森林类型立地长期生产研究等方面进行了较为系统的研究<sup>[1~3]</sup>。随着本地区林业生态工程建设的推进和生态脆弱带建设的需求,研究提出水保功能强、高效稳定、便于推广的水土保持林优化结构模式是该地区生态环境建设中急需解决的一项关键技术;因此在以往研究的基础上,选取该区具有典型代表意义的植被类型作为研究对象,通过分析其水土保持效益、水源涵养功能、产沙量等,提出适合该区的植被优化模式,将为太行山区林业生态工程建设提供理论依据和适用的推广模式。

## 1 研究地区概况

试验区位于北京西郊门头沟区(39°54'~39°59' N,115°59'~116°07' E),海拔100~997 m,属太行山低山丘陵区,暖温带大陆性东岸半湿润季风气候,土壤沙岩风化坡积物上发育起来的山地褐土,含石量高,植被破坏严重,土壤流失量大,山地土层普遍较薄。

## 2 试验方法

在对试区植被进行全面踏查的基础上,采用随机和典型取样技术,样地面积为20 m×20 m与5 m×5 m,测定每个样方植被特征,并记录各样方的立地因子(如海拔、坡向等)。在选取的

收稿日期:2003-08-01

基金项目:国家“九五”攻关项目“太行山区水土保持林营造技术研究”(No.96-007-04-03)

作者简介:贾志清(1968—),女,北京市人,博士,副研究员,主要研究领域:水土保持与荒漠化防治。

典型植被类型内,建立固定标准地,测定其土壤厚度、土壤非毛管孔隙度、郁闭度(乔木层)、盖度(灌草层)、枯落物层厚度、干质量及最大持水量等有关反映枯枝落叶层蓄水能力的指标。通过径流小区(5 m ×10 m)和测流桶取样,测定相同降雨条件下,不同植被类型的盖度(郁闭度)及产沙量。

### 3 山地植被优化结构分析

#### 3.1 试区主要植被的结构类型及其环境特征

在对试区综合调查的基础上,选取4种(即乔木型、灌草型、草灌型和乔灌草型)具有代表性的植被结构类型作为研究对象,不同结构类型的环境特征见表1。在选择的典型植被类型中,油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)纯林在海拔400 m以上阴坡可郁闭成林,其下只能形成疏林或小块片林;侧柏(*Platycladus orientalis* (L.) Franco)在阳坡能成林。阴坡、半阴坡主要分布有胡枝子(*Lespedeza bicolor* Turcz.)、荆条(*Vitex negundo* L. var. *heterophylla* (Franch.) Rehd)、六道木(*Sambucus williamsii* Hance)、三裂绣线菊(*Spraea trilobata* Lindl.)、矮丛苔草(*Carex humilis* var. *nana*)、野青茅(*Deyeuxia hupehensis*)<sup>[41]</sup>等,植被生长较茂盛,物种多样性及群落均匀度较高。

表1 不同植被类型(结构类型)环境特征

编号	植被类型	结构类型	地形因子					土壤因子		
			海拔/m	坡向	坡度/(°)	土层厚度/cm	A层厚度/cm	含水量/(g·kg <sup>-1</sup> )	B层石砾含量/%	有机质含量/(g·kg <sup>-1</sup> )
1	油松纯林	乔木型	425	阴	25	85	25	8.44	5	3.75
	油松纯林	乔木型	300	阴	20	95	29	9.78	4	4.02
	油松纯林	乔木型	370	阴	25	81	22	8.04	7	2.86
2	侧柏纯林	乔木型	430	阳	29	60	10	6.89	30	2.59
	侧柏纯林	乔木型	320	阳	20	76	15	7.56	22	3.18
	侧柏纯林	乔木型	470	阳	30	48	8	6.14	36	2.05
3	油松+天然灌草	乔灌草型	660	阴	23	75	30	9.54	5	4.30
	油松+天然灌草	乔灌草型	580	阴	20	83	32	10.55	4	4.55
	油松+天然灌草	乔灌草型	730	阴	26	66	24	8.77	9	3.85
4	胡枝子+三裂绣线菊	灌草型	345	阴	22	46	7	5.93	35	2.14
	胡枝子+三裂绣线菊	灌草型	250	阴	20	52	10	6.80	24	2.47
	胡枝子+三裂绣线菊	灌草型	465	阴	25	40	6	5.45	38	2.01
5	苔草+野青茅	草灌型	460	阴	27	70	20	6.36	5	2.03
	苔草+野青茅	草灌型	420	阴	26	72	21	6.55	5	2.88
	苔草+野青茅	草灌型	540	阴	33	64	15	5.03	12	2.01

#### 3.2 不同植被类型水土保持功能综合评价

##### 3.2.1 不同植被类型(结构类型)水土保持效益评价

3.2.1.1 评价指标体系的确立 通过对主要植被类型的调查分析(表2),并参照有关水土保持效益评价的方法<sup>[5~8]</sup>,选取以下10项指标建立研究区域不同植被类型(结构类型)水土保持效益评价指标体系:(1)植被结构层次  $X_1$ ; (2)植被类型盖度(或郁闭度),即乔木层郁闭度

$X_2$ , 灌木层盖度  $X_3$ ; 草本层盖度  $X_4$ ; (3) 枯落物层厚度  $X_5$ 、盖度  $X_6$  及最大持水量  $X_7$ ; (4) 土壤层中的土壤非毛管孔隙度  $X_8$  及土壤厚度  $X_9$ ; (5) 地形因子中坡度  $X_{10}$ 。

指标  $X_1 \sim X_4$  反映群落地上部分的水文效益;  $X_5 \sim X_7$  反映了枯落物对降水的有效调蓄作用和“间接调蓄”作用;  $X_8 \sim X_9$  反映了土壤调蓄作用和水土保持的好坏;  $X_{10}$  是地形因子中对水土保持有最密切关系的因子。

表 2 不同植被类型(结构类型)样方调查情况

样方	植被名称	结构类型	盖度/ %	枯落物厚度/ mm	枯落物盖度/ %	最大持水量/ (t hm <sup>-2</sup> )	10~30 cm 土壤 非毛管孔隙度/ %
1-1	油松纯林	乔木型	50	3.9	60	36.34	7.25
1-2	油松纯林	乔木型	70	4.7	70	40.67	8.09
1-3	油松纯林	乔木型	30	2.8	50	32.28	6.49
2-1	侧柏纯林	乔木型	60	2.9	60	21.20	5.24
2-2	侧柏纯林	乔木型	70	3.5	60	23.46	5.89
2-3	侧柏纯林	乔木型	60	2.0	50	20.78	4.72
3-1	油松+天然灌草	乔灌草型	30,60	6.0	70	60.20	8.56
3-2	油松+天然灌草	乔灌草型	30,70	8.1	80	61.22	8.79
3-3	油松+天然灌草	乔灌草型	40,60	4.8	70	52.03	7.82
4-1	胡枝子+三裂绣线菊	灌草型	60,30	5.6	80	57.00	5.63
4-2	胡枝子+三裂绣线菊	灌草型	70,30	6.7	90	59.76	7.05
4-3	胡枝子+三裂绣线菊	灌草型	60,30	4.5	70	43.34	5.22
5-1	苔草+野青茅	草灌型	40,30	3.8	70	17.03	5.44
5-2	苔草+野青茅	草灌型	50,30	4.2	80	20.32	6.46
5-3	苔草+野青茅	草灌型	40,20	3.0	70	16.89	4.87

3.2.1.2 最优综合评价模型的建立与评价 采用熊文愈等<sup>[9]</sup>提出的最优综合评价模型,对上述 5 种植被类型的水土保持效益进行了定量评价。用已观测数据本身包含的信息确定各指标的权系数,使评价工作简化,评价结果客观。其综合评价的计算公式为:

$$Y_i = B_{ij}X_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, 5; j = 1, 2, \dots, 10)$$

式中  $Y_i$  为第  $i$  个植被类型的线性加权和综合评价值;  $X_{ij}$  和  $B_{ij}$  为第  $i$  个植被类型的第  $j$  个指标的观测值和权重值。具体计算见文献<sup>[9]</sup>, 计算结果如表 3。

表 3 最优综合评价模型评价结果

植被类型	油松纯林	侧柏纯林	油松+天然灌草	胡枝子+三裂绣线菊	苔草+野青茅
综合评价值	0.070 2	0.046 4	0.085 6	0.066 5	0.049 1
优化序号	2	5	1	3	4

综合评价结果表明,人工—天然复合植被类型具有疏林复层结构特征,油松疏林或林下的灌草丛一般长势良好,地面覆盖度高,这有利于植被截持降雨、分散坡面径流和增加土壤入渗能力。油松、侧柏纯林完全郁闭后,林下很少有灌木生存,同时由于其枯枝落叶分解困难,限制了草本的生长,虽对防止坡面径流冲蚀有所作用,但对改善土壤结构和增加土壤的透水性作用减弱;而灌草植被类型也表现出其良好的改土保水作用。因此,针对这一地区自然环境特征,选择耐旱、耐瘠薄的抗旱性乔木树种,与原有较稳定的次生植物,形成复层结构的水土保持林,促使植被朝着

有利的方向演替。表 3 的优化序号表明了各植被类型的水土保持效益相对比较结果。

3.2.2 不同植被类型(结构类型)的水源涵养效能评价<sup>[10]</sup>

3.2.2.1 不同植被类型(结构类型)

表 4 不同植被类型枯枝落叶层蓄水能力指标

指标	侧柏林	油松林	乔灌草	灌草类	草灌类
枯落物厚度/cm	2.90	3.90	6.00	5.60	3.80
枯落物干质量/(t·hm <sup>-2</sup> )	16.98	18.50	23.66	22.56	15.20
最大持水量/(t·hm <sup>-2</sup> )	21.20	36.00	60.20	57.00	17.30
最大持水率/%	124.50	194.60	245.30	220.10	116.80
最大持水深/mm	2.10	3.60	6.00	5.70	1.80
降雨截留率/%	5.00	7.90	13.80	11.70	—
年总截留量/mm	26.40	41.50	72.80	66.20	—

枯枝落叶层蓄水能力评价 对典型植被类型试验区枯枝落叶层蓄水能力测定结果(表 4)表明:具有良好结构的乔灌草复层林地枯枝落叶层蓄水能力最好,最大持水量可达 60.2 t·hm<sup>-2</sup>,其他植被类型与其相比,灌草类为 94.7%,油松林地 59.8%,侧柏林地

为 35.2%,草灌类仅为 28.7%。可见乔灌草复层林地和灌草类植被结构类型林地由于枯枝落叶层较厚,蓄水能力强,能显著增加土壤入渗能力,减少地表径流,涵养水源。

3.2.2.2 不同植被类型(结构类型)贮水公益效能评价 为了评价不同植被类型的涵养水源效能,测定了土壤贮水量(贮水量(t·hm<sup>-2</sup>) = 10 000 ×土层厚度 ×非毛管孔隙度)以及枯落物的最大持水量(t·hm<sup>-2</sup>),并以两者之和作为 1 hm<sup>2</sup> 贮水公益效能来进行优化评价(表 5)。

表 5 不同植被类型的贮水公益效能优化排序

植被类型	油松林	侧柏林	油松+天然灌草	胡枝子+三裂绣线菊	苔草+野青茅
贮水公益效能/(t·hm <sup>-2</sup> )	504.02	433.32	705.42	562.10	363.70
优化序号	3	4	1	2	5

从评价结果看出,油松+天然灌草植被类型的土壤贮水公益效能可达 705.42 t·hm<sup>-2</sup>,天然灌草类次之,人工林地位居第三。与草灌类型相比,结合人工造林,改善植被结构,可明显提高林地土壤贮水公益效能。

3.2.3 不同植被类型(结构类型)产沙量对比分析 在土壤、地形相似的情况下,通过径流小区(5 m ×10 m)测定了在相同降雨条件下,不同植被类型的盖度(郁闭度)及产沙量(表 6)。研究结果表明:油松+天然灌草植被类型(乔灌草)和灌草类小区产沙量最小,是草灌类的 69%~80%,人工林地(侧柏、油松林)小区产沙量是草灌类的 87%~97%。同时不同类型区随着

植被盖度的增加,地表径流过程缩短,径流洪峰流量降低,地表径流量减少,土壤入渗量增加。当乔木层郁闭度较低时,灌草层盖度较大,郁闭度增到 0.7 时,灌草层盖度仍可达到 60%左右,但随着郁闭度的继续增大,灌草层盖度急剧减少,小区产沙量有所增加。可见,郁闭度过大,不利于地面植物的生长发育,限制了林地水土保持功能的发挥。

表 6 不同植被类型小区产沙量 kg·hm<sup>-2</sup>

植被类型	覆盖度/%						
	30	40	50	60	70	80	90
侧柏林	305.1	169.3	113.4	86.5	97.4	122.1	117.3
油松林	285.3	153.6	111.6	83.8	78.9	102.4	104.8
乔灌草	234.2	130.5	110.2	75.3	70.4	97.3	91.5
灌草类	236.6	127.4	102.3	76.4	74.2	85.3	88.2
草灌类	294.2	194.6	126.8	95.9	100.3	102.7	108.0

4 结论与建议

(1) 根据不同植被类型水土保持效益、水源涵养效能及产沙量研究结果可知,人工—天然

复合植被类型各项指标均好于其他类型;因此,依据本区植被区系的偏旱特征,应营造人工天然复合植被类型的水土保持林,充分利用现有的天然次生植被。

(2)不同植被类型产沙量与郁闭度(盖度)关系密切。该区乔木层的林冠郁闭度以0.6~0.7为宜,可以形成林下良好的灌草层。

(3)对水土保持效能较好的天然次生灌木林及杂木林,可采用封育手段,充分发挥其保水固土的防护作用,逐步形成森林环境结构,使生态环境朝良性循环方向发展。

#### 参考文献:

- [1] 李昌哲. 太行山水土保持林营造技术及效益研究[M]. 北京:中国科学技术出版社,1991
- [2] 周择福. 太行山低山区不同植被条件下水分动态变化规律的研究[D]. 北京:北京林业大学,1994
- [3] 于宁楼. 九龙山不同森林类型立地长期生产力研究[R]. 北京:中国林业科学研究院,2001
- [4] 石清峰. 太行山主要水土保持植物及其培育[M]. 北京:中国林业出版社,1994
- [5] 何汉杏,韦炳斌. 广西龙桥林区不同植被类型水文效益的研究[J]. 中南林学院学报,1999,11(1):25~33
- [6] 何东宁. 青海乐都地区森林涵养水源效能研究[J]. 植物生态学与地植物学学报,1997,15(1):71~78
- [7] 沈慧. 太行山林业生态工程效益评价研究[D]. 北京:中国林业科学研究院,2001
- [8] 王殿文,李长胜. 生态林业工程水土保持效益计量的研究[J]. 防护林科技,2003,3(56):18~20
- [9] 熊文愈,薛建辉. 江苏省里下河滩地开发利用模式的综合评价[J]. 南京林业大学学报,1998,15(3):1~5
- [10] 孙立达,朱金兆. 水土保持林体系综合效益研究与评价[M]. 北京:中国科学技术出版社,1995

## Vegetation Optimization Structure Evaluation in Rocky Land of Taihangshan Mountain

JIA Zhi-qing<sup>1</sup>, GUO Bao-gui<sup>2</sup>, LI Chang-zhe<sup>1</sup>

(1. Research Institute of Forestry CAF, Beijing 100091, China;

2. Department of Reservoir Management, Water Conservancy Bureau of Baotou, Inner Mongolia Autonomous Region, Baotou 014030, Inner Mongolia, China)

**Abstract:** The mountain vegetation in rocky land of Taihangshan Mountain was studied. Ten kinds of indicators for evaluating soil and water conservation benefit of mountain land vegetation are given on the basis of comprehensive investigation of the typical vegetation. By index mensuration of water-source conservation efficiency and mud-sand analysis in the runoff plot of different vegetation type, it is showed that optimized vegetation structure with high function of soil and water conservation and water-source conservation construction is important content for vegetation recovery and protective forest system construction in rocky land of Taihangshan Mountain.

**Key words:** rocky land of Taihangshan Mountain; vegetation type; optimization structure; water-source conservation; sediment yield