

文章编号: 1000-5692(1999)04-0380-07

亚热带岩质海岸不同类型植被的水土保持效益

高智慧, 陈顺伟, 蒋妙定, 康志雄, 史忠礼

(浙江省林业科学研究院 浙江杭州 310023)

摘要: 通过设立径流小区和多元回归分析等方法, 对亚热带岩质海岸不同植被类型的水土保持效益进行了对比研究。结果表明: 由于林木处于幼龄阶段, 不同植被类型的地表径流量削减率较小, 平均比对照降低 9.05%; 侵蚀模数比对照平均削减 39.29%。不同植被类型下的土壤含水率比对照提高 17.94%; 土壤含水率除了与植被类型有关外, 还与土壤物理特性有较密切的关系; 影响土壤含水率的土壤物理因子主要为土壤容重, 其次为非毛管孔隙度与总孔隙度之比和非毛管孔隙度。影响土壤含水率的主要气象因子为平均气温和降水量。土壤物理特性对地表径流量的影响大于对侵蚀模数的影响。表 4 参 12

关键词: 岩石海岸; 植被; 径流; 土壤含水量; 水土保持

中图分类号: S714.7; S157 **文献标识码:** A

亚热带沿海岩质海岸地区由于受台风、干旱等灾害性天气危害及土壤瘠薄等严酷的自然条件影响和人为的破坏, 树种单一, 林分生产力低, 水土流失严重。以往森林的水土保持效益研究多侧重于山区^{1~8}, 而对岩质海岸地区不同植被类型水土保持效益的研究少见报道^{9, 10}。本文主要研究岩质海岸防护林体系不同植被类型的水土保持效益, 为岩质海岸防护林体系建设技术提供重要的理论依据。

1 试验区自然概况

试验区分别设在浙江省宁海县西店镇吉山村和临海市上盘镇磊石坑村。气候均属亚热带季风气候, 年平均气温为 16.1~17.1℃, 极端最低气温-6.9℃, 极端最高气温 39.7℃, 年平均降水量 1549.0~1628.8 mm, 年平均蒸发量 1384.0~1421.2 mm, 年日照时数 1885.3

收稿日期: 1999-01-11; 修回日期: 1999-06-28

基金项目: “八五”国家科技攻关资助项目(96-07-03-03)

作者简介: 高智慧(1960-), 男, 浙江绍兴人, 副研究员, 从事森林生态与防护林营造研究。

~1 987. 5 h, 相对湿度为 82. 0%, 无霜期 218. 2~247. 0 d。主要的灾害性天气有台风和干旱等, 每年有 2~3 次台风影响, 风速最大可达 43. 9 m·s⁻¹。宁海试验区属港湾岩质海岸, 其特点是海岸线曲折蜿蜒, 多港口。树种以马尾松(*Pinus massoniana*)为主, 近期发展有湿地松(*Pinus elliottii*), 另有少量樟树(*Cinnamomum camphora*)和木荷(*Schima superba*)等阔叶树分布。临海试验区属陆岸岩质海岸, 其特点是山地丘陵岩岸直插入海, 坡陡流短, 海岸线较直, 宜林地正面迎海, 树木易受大风危害。树种亦以马尾松为主, 近期发展有湿地松, 还有少量木荷和枫香(*Liquidambar formosana*)等分布。参试树种还有: 日本扁柏(*Chamaecyparis obtusa*)、板栗(*Castanea mollissima*)、杨梅(*Myrica rubra*)和桃形李(*Prunus salicina*的品种之一)等。

试验区以丘陵山地为主。母岩绝大部分为花岗岩、凝灰岩和流纹岩, 植被属中亚热带常绿阔叶林地带^[1], 原生植被已多被次生群落或人工林所取代。土壤均为红壤, A 层浅薄, 土层总厚度为 28~120 cm, pH 值 4. 7~6. 5, 土壤有机质、全氮、速效氮和速效钾分别为 2. 275%, 0. 09%, 100. 83 mg·kg⁻¹和 87. 02 mg·kg⁻¹。

2 研究方法

2.1 径流小区的设置

根据《中国国家造林项目环境监测实施方案》, 在宁海和临海试验区分别设置地表径流小区 6 个和 3 个。径流小区长 20 m, 宽 5 m, 四周用水泥板围埂, 下部有集水槽接于贮水池。径流小区内树种均为 1992 年春造林。除经济林采用水平带状整地外, 其余均采用穴状整地(60 cm×60 cm×40 cm), 其中荒草坡(对照)径流小区在每年观测前除草 1~2 次。径流小区基本情况见表 1。

2.2 观测方法

用雨量筒和自记雨量计测定降水量等, 降雨后用贮水池直接测定每个径流小区的径流量和泥沙量, 并计算地表径流总量和土壤侵蚀量。于每年的 4~10 月, 逐月定期采样 1 次, 测定各植被类型的土壤含水率。土壤含水率测定用烘干称量法, 并测定水分-物理性质。

表 1 径流小区基本情况表

Table 1 General introduction of each runoff plot

径流小区植被类型	坡度/(°)	坡向	株行距/m	树高/m	胸径/cm	植被盖度/%	混交比例
宁海试验区	湿地松纯林	20. 2	北	2. 0×2. 0	2. 15	3. 51	60
	日本扁柏纯林	24. 5	北偏东	1. 5×2. 0	0. 98	—	80
	湿地松×板栗	23. 2	北	1. 5×2. 0	2. 00	3. 00	50
				0. 90	—		松:板栗=3:1
	湿地松×木荷	23. 0	北	2. 0×3. 0	2. 08	3. 19	75
				0. 89	—		松:木荷=3:1
	杨梅×桃形李	21. 5	北偏西	3. 0×4. 0	2. 40	5. 61	80
临海试验区				2. 92	5. 47		杨:桃形李=1:1
	荒草坡(对照)	23. 5	北偏西				80
	湿地松纯林	23. 5	东偏南	1. 5×2. 0	2. 05	2. 87	65
	湿地松×木荷	17. 3	东偏南	1. 5×2. 0	1. 96	2. 46	70
				0. 88			松:木荷=7:1
	荒草坡(对照)	25. 6	东偏南				55

3 结果与分析

3.1 地表径流与侵蚀作用

地表径流量(或坡面径流)^[12]除与降水特性有关外,还与植被类型有关。郁闭状况好的林分,能大大降低地表径流量。初步观测结果见表 2。

从表 2 可以看出,由于年龄较小,不同植被类型地表径流量的削减率较小。宁海试验区比对照平均削减 11.69%,削减率的排序为日本扁柏纯林>湿地松纯林>杨梅×桃形李>湿地松×木荷>湿地松×板栗,纯林的削减率大于混交林。这主要由于在幼龄阶段(4 年生),混交的阔叶树种生长较慢,导致郁闭度下降所造成;临海试验区地表径流量比对照平均削减 6.41%,湿地松×木荷的削减率大于湿地松纯林。从表 2 还可看出,亚热带岩质海岸不同植被类型的侵蚀模数比对照平均削减 39.29%。宁海试验区不同植被类型的侵蚀模数比对照平均削减 40.08%,削减率的排序为日本扁柏纯林>杨梅×桃形李>湿地松×木荷>湿地松纯林>湿地松×板栗,由于处在幼龄阶段(4 年生),林木混交与否对侵蚀模数的影响较小;临海试验区的侵蚀模数比对照平均削减 38.49%,湿地松纯林的削减率大于湿地松×木荷。不论什么植被类型,其减少泥沙流失的效果均要比减少地表径流的效果大。

表 2 不同植被类型地表径流量比较
Table 2 Comparison of surface runoff quantity among different vegetation types

植被类型	宁海试验区				临海试验区			
	地表径流量	径流量削	流失量	流失量削	地表径流量	径流量削	流失量	流失量削
	/ (m ³ ·hm ⁻² ·a ⁻¹)	减率/ %	/ (t·km ⁻²)	减率/ %	/ (m ³ ·hm ⁻² ·a ⁻¹)	减率/ %	/ (t·km ⁻²)	减率/ %
湿地松×板栗	704.5	1.73	80.36	18.95				
湿地松×木荷	690.6	3.67	59.52	39.97	473.9	7.93	89.64	34.19
湿地松纯林	581.1	18.94	64.04	35.41	489.4	4.52	77.93	42.79
日本扁柏纯林	552.5	22.93	37.34	62.24				
杨梅×桃形李	636.8	11.17	55.81	43.71				
荒草坡	716.9		99.15		514.7		136.22	
平均	633.1	11.69	59.41	40.08	481.7	6.41	83.79	38.49

说明: 宁海试验区 1994 年观测日期 6 月 1 日至 11 月 16 日, 降水量 987.2 mm; 1995 年观测日期 4 月 1 日至 10 月 28 日, 降水量 1 122.7 mm; 临海试验区观测日期 1995 年 4 月 9 日至 10 月 26 日, 降水量 967.8 mm

3.2 水源涵养作用

为了观测不同植被类型的水源涵养效益,对宁海和临海 2 个试验区分别进行了土壤含水

表 3 不同植被类型土壤含水率测定结果

Table 3 Soil moisture content among different vegetation types

试验区	植被类型	含水率/ %	增加率/ %	试验区	植被类型	含水率/ %	增加率/ %
临海	湿地松纯林	23.05	7.21	宁海	湿地松纯林	27.78	15.94
	湿地松×木荷	26.22	21.95		湿地松×木荷	28.03	16.99
	湿地松×枫香	27.49	27.86		湿地松×板栗	28.66	19.61
	杨梅纯林	25.79	19.95		杨梅×桃形李	25.40	6.01
	荒草坡	21.50			日本扁柏纯林	29.86	24.62
	平均	25.64	19.24		荒草坡	23.96	
					平均	27.95	16.63

率的观测，同时进行了不同植被类型土壤含水率与土壤物理特性和气象因子的回归相关分析。2 a 的土壤含水率初步观察结果如表 3 所示。

由表 3 可知，亚热带岩质海岸不同植被类型的土壤含水率比对照提高 17.94%，其中宁海试验区不同植被类型的土壤含水率比对照提高 16.63%，增加率的排序为日本扁柏纯林> 湿地松× 板栗> 湿地松× 木荷> 湿地松纯林> 杨梅× 桃形李；临海试验区不同植被类型地的土壤含水率平均比对照提高 19.24%，增加率的排序为湿地松× 枫香> 湿地松× 木荷> 杨梅纯林> 湿地松纯林。

3.3 土壤含水率与土壤物理特性的关系

影响土壤含水率的因子很多，限于条件，在此我们仅考虑土壤的物理性质。选取了 4 个土壤物理因子，如表 4 所示。运用多元回归分析对土壤含水率与土壤物理特性的关系进行研究。回归方程为：

$$y = 0.1719 + 18.8945x_1 + 0.0290x_2 + 3.8184x_3 + 0.0264x_4 - 1.9766x_5$$

其中： x_1 为土壤容重， x_2 为毛细孔隙度， x_3 为非毛细孔隙度， x_4 为总孔隙度， x_5 为非毛细孔隙度与总孔隙度之比。复相关系数： $R = 0.7361$ 。偏相关系数的序列为： $r_{x_1} = 0.3978 > r_{x_5} = 0.2416 > r_{x_3} = 0.2396 > r_{x_2} = 0.0160 > r_{x_4} = 0.0055$ 。

这表明影响土壤含水率的土壤物理因子主要为土壤容重，其次为非毛细孔隙度与总孔隙度之比和非毛细孔隙度。毛细孔隙度和总孔隙度对土壤含水率的影响较小。

表 4 不同植被类型土壤物理特性

Table 4 The physical properties of soil among different vegetation types

植被类型		土壤容重 / (g·cm ⁻³)	毛细孔隙 度/ %	非毛细孔 隙度/ %	总孔隙度 / %	非/ 总 / %	土壤含水 率/ %
宁海 试验 区	湿地松× 板栗	1.27	43.35	6.78	52.63	12.88	28.66
	湿地松× 木荷	1.18	46.46	9.28	53.54	17.33	28.03
	湿地松林纯林	1.09	44.36	14.14	58.50	24.17	27.78
	日本扁柏纯林	1.01	39.83	17.05	56.88	29.98	29.86
	杨梅× 桃形李	1.27	39.75	10.26	50.01	20.52	25.40
	荒草坡	1.18	42.15	11.23	53.38	21.03	23.96
临海 试验 区	湿地松× 枫香	1.12	43.97	10.51	54.48	19.29	27.49
	湿地松× 木荷	1.22	45.90	6.86	52.76	13.00	26.22
	湿地松纯林	1.11	44.47	9.53	54.00	17.65	23.05
	杨梅纯林	1.15	44.49	7.06	51.55	13.70	25.79
	荒草坡	1.18	40.99	5.90	46.89	12.58	21.50

3.4 土壤含水率与气象因子的关系

我们以临海试验区不同植被类型土壤含水率与气象因子的相关分析^[9]来表明土壤含水率与气象因子的关系。不同林分及荒地土壤含水率与气象因子表现出不同程度的相关性，其相关显著性出现频度排序为荒草坡> 湿地松纯林> 枫香× 湿地松> 杨梅纯林。气象因子对不同林分土壤含水率影响的主分量分析表明，影响各样地土壤含水率第一主气象因子为平均气温，其次为降水量。利用所建立的土壤含水率与 4 个气象因子的回归方程及相应的气象因子

可较好地预测相应月份各林分不同土壤层次土壤含水率。在沿海岩质海岸立地条件下, 营造混交林和杨梅林对于林地的水源涵养具有较大优势。

3.5 地表径流和侵蚀与土壤物理特性的关系

在不同植被的幼龄阶段, 影响水土流失的因子除了植被类型、植物根系和树木凋落物外, 土壤物理特性亦是主要因素之一。限于条件, 我们仅对宁海试验区不同植被类型地表径流和侵蚀与土壤物理特性的关系, 用多对多线性回归分析进行了研究。回归方程为:

$$y_1 = 19.2910 - 4.9780x_1 + 0.0239x_2 - 0.2214x_3 - 0.1013x_4$$

$$y_2 = -252.1563 + 125.6719x_1 - 1.4840x_2 - 3.4794x_3 + 5.0737x_4$$

其中: y_1 为地表径流量; y_2 为侵蚀模数; x_1 为土壤容重; x_2 为毛管孔隙度; x_3 为非毛管孔隙度; x_4 为总孔隙度。

对于土壤物理特性与地表径流量, 复相关系数: $R = 0.8833$ 。偏相关系数的序列为: $r_{x3} = 0.4800 > r_{x4} = 0.3419 > r_{x1} = 0.3302 > r_{x2} = 0.0958$ 。

对于土壤物理特性与侵蚀模数, 复相关系数: $R = 0.6173$ 。偏相关系数的序列为: $r_{x4} = 0.3290 > r_{x1} = 0.1664 > r_{x3} = 0.1622 > r_{x2} = 0.1137$ 。

这表明同一条件下, 土壤物理特性对地表径流量的影响大于土壤物理特性对侵蚀模数的影响。影响地表径流量的土壤物理因子依次为非毛管孔隙度、总孔隙度、土壤容重和毛管孔隙度。这是不难理解的。因为虽然影响地表径流的因素是多样的, 土壤物理特性只是其中一方面, 但正是土壤的非毛管孔隙度相应地减少了地表径流量^[12]; 而森林通过提高土壤腐殖质的含量来促进土壤形成较多的水稳性团聚体, 从而增加土壤的抗蚀性; 森林不仅改善了土壤结构, 而且以庞大的根系固结土壤, 进一步强化了土壤的抗冲性^[12]。所以说土壤物理因子不是影响土壤侵蚀模数的主要因子。但如果仅从土壤物理因子与土壤侵蚀的关系看, 影响土壤侵蚀模数的土壤物理因子依次为总孔隙度、土壤容重、非毛管孔隙度和毛管孔隙度。毛管孔隙度对土壤地表径流和侵蚀的影响最小。

4 小结与建议

4.1 亚热带岩质海岸不同植被类型由于林木处于幼龄阶段, 地表径流量的削减率较小, 平均比对照降低 9.05%。其侵蚀模数比对照平均削减 39.29%。由于处在幼龄阶段, 林木混交与否对侵蚀模数的影响较小, 但不论什么植被类型, 它们减少泥沙流失的效果均比减少地表径流的效果大。

4.2 亚热带岩质海岸不同植被类型的土壤含水率比对照提高 17.94%。对土壤含水率与土壤物理特性关系的多元回归分析表明: 影响亚热带岩质海岸不同植被类型的土壤含水率的土壤物理因子主要为土壤容重, 其次为非毛管孔隙度与总孔隙度之比和非毛管孔隙度, 毛管孔隙度和总孔隙度对土壤含水率的影响较小。因此, 土壤含水率除了与植被类型有关外, 还与土壤物理特性有较密切的关系。

4.3 不同植被类型土壤含水率与气象因子的相关分析结果表明: 不同林分及荒草坡土壤含水率与气象因子表现出不同程度的相关性, 其相关显著性出现频度排序为荒草坡 > 湿地松纯林 > 枫香 × 湿地松 > 杨梅纯林。影响各样地土壤含水率的第一主气象因子为平均气温, 其次为降水量。在沿海岩质海岸立地条件下, 营造混交林和杨梅纯林对于水源涵养具较大优势。

4.4 土壤物理特性对地表径流量的影响大于土壤物理特性对侵蚀模数的影响。影响地表径流量的土壤物理因子依次为非毛管孔隙度、总孔隙度、土壤容重和毛管孔隙度。如果仅从土壤物理因子与土壤侵蚀的关系看, 影响土壤侵蚀模数的土壤物理因子依次为总孔隙度、土壤容重、非毛管孔隙度和毛管孔隙度。毛管孔隙度对土壤地表径流和侵蚀的影响最小。

4.5 综上所述, 在岩质海岸地区营造以水土保持和水源涵养林为主的防护林体系可减少水土流失, 调蓄水源, 改善生态环境。营造混交林和以杨梅为主的经济林, 水土保持和水源涵养效果更好。

参考文献:

- 1 蔺殿龙, 周晓明. 火炬松水土保持综合效益试验研究[J]. 中国水土保持, 1991, (1): 22~25.
- 2 刘瑞华, 姚清尹. 华南热带水土保持林的水文效应[J]. 中国水土保持, 1991, (3): 36~38.
- 3 王知符, 紫穗槐水土保持综合效益的研究[J]. 中国水土保持, 1991, (10): 29~31.
- 4 刘学勤, 何力春, 李小平. 宜林荒山春季土壤含水率与气象因子的相关分析[J]. 北京林学院学报, 1993, 15(3): 26~32.
- 5 周择福, 李昌哲. 北京九龙山不同立地土壤蓄水量及水分有效性研究[J]. 林业科学研究, 1995, 8(2): 182~187.
- 6 王国胜, 洪惜英, 王礼先. 密云水库上游油松等林分调节水分效应的研究[J]. 北京林业大学学报, 1995, 17(2): 21~26.
- 7 杨玉盛, 李振问, 许云亮. 杉木林取代杂木林后林分水源涵养功能差异研究[J]. 福建林学院学报, 1992, 12(2): 125~131.
- 8 姚茂和. 北京九龙山区水分动态及其对林木生长的影响[J]. 林业科学, 1988, 24(1): 69~74.
- 9 陈顺伟, 蒋妙定, 高智慧, 等. 沿海基岩海岸不同林分土壤含水率与气象因子的相关分析[J]. 浙江林业科技, 1995, 15(6): 22~27.
- 10 蒋妙定, 高智慧, 康志雄, 等. 浙江省沿海基岩海岸主要树种的调查研究[J]. 浙江林业科技, 1995, 15(2): 3~8.
- 11 刘泽山, 毛志忠. 浙江省林业区划[M]. 北京: 中国林业出版社, 1991. 5~20.
- 12 马雪华. 森林水文学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1993. 213~352.

Water and soil conservation effectiveness of different types of vegetation on subtropical rocky coast

GAO Zhi-hui, CHEN Shun-wei, JIANG Miao-ding, KANG, Zhi-xiong, SHI Zhong-li

(Zhejiang Forestry Academy, Hangzhou 310023, China)

Abstract: Studies on water and soil conservation effectiveness of different types of vegetation on the subtropical rocky coast showed that surface runoff and erosion modulus in the different types of vegetation consisted of young trees decreased by 9.05% and 39.29%, respectively, compared with those of the controls, and their soil moisture content was 17.94% higher than that of the controls. Soil moisture content had close relation with the physical properties of soil besides vegetation type. The main physical factor of soil affecting soil moisture content was unit weight of soil, and ratio noncapillary porosity to total porosity were secondary. The main meteorological factors affecting soil moisture content were air temperature and precipitation. The effect of physical properties of soil on surface runoff was greater than

that on erosion modulus.

Key words: rocky coast; plant cover; runoff; water content of soils; soil and water conservation