

山地水土保持林改良土壤效应的研究

夏江宝¹, 陈仲杰², 刘信儒³, 杨吉华¹, 陈惠新¹

(1. 山东农业大学林学院, 山东 泰安 271018; 2. 山东省淄川区第一中学, 山东淄博 255100;
3. 山东省淄川区水务局, 山东 淄博 255100)

摘要: 以空旷地为对照, 对淄川区峨庄小流域 3 种林分的土壤基本物理性状、水分含量、入渗能力、抗蚀性能及养分含量进行测定。研究结果表明: 辽东栎林地的土壤物理性状及持水能力最好, 其次是辽东栎黑松混交林、黑松林; 无论在旱季还是雨季, 土壤水分含量表现为黑松林> 辽东栎黑松混交林> 辽东栎林> 空旷地。辽东栎林渗透速度最快, 可达空旷地的 4.7 倍, 黑松辽东栎混交林、黑松林的渗透能力依次递减。混交林土壤抗蚀性能明显优于纯林, 黑松辽东栎混交林土体崩解时间为空旷地的 35.6 倍, 其次为黑松林、辽东栎林。空旷地的土壤养分含量均最低, 全 N、全 P、全 K 含量在混交林中最高; 全 N 含量和全 K 含量辽东栎林优于黑松林, 而全 P 含量则相反; 有机质含量表现为: 辽东栎林> 混交林> 黑松林> 空旷地。

关键词: 山地; 水土保持林; 改良土壤

中图分类号: S714.7 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2005)01-0170-03

Study on Effect of Soil and Water Conservation
Vegetation on Soil Amelioration in Hilly Region

XIA Jiang-bao¹, CHEN Zhong-jie², LIU Xin-ru³, YANG Ji-hua¹, CHEN Hui-xin¹

(1. Forest College of Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018, China;
2. No. 1 Middle School of Zichuan District, Zibo, Shandong 255100, China;
3. Zichuan Water Conservancy Bureau, Zibo, Shandong 255100, China)

Abstract: Studying on the soil physical characteristics, soil water content, infiltration capacity, resisting soil erosion and nutrient content of three forest stand in Ezhuang small watershed of Zichuan district, the bare land as a comparison. The results showed that: soil physical characteristic and holding water capacity in the land of *Quercus liaotungensis* was the best, next was the *Quercus liaotungensis* and Chinese pine mixed forest, Chinese pine. Whether it was dry season or rainy season, the order of the soil water content was Chinese pine> mixed forest> *Quercus liaotungensis* > bare land. The infiltration rate of *Quercus liaotungensis* was the most fast, and was the 4.7 times as fast as bare land, mixed forest, Chinese pine increasingly decreasing. The resisting soil erosion capacity of mixed forest was better than simple forest, the soil separating time of mixed forest being higher by 35.6 times, next being Chinese pine, *Quercus liaotungensis*. The nutrition of bare land was the lowest, and total N, total P, total K content in mixed forest was the largest; total N and total K content in *Quercus liaotungensis* was better than Chinese pine's, but total P was the reverse; the order of organic matter content was *Quercus liaotungensis* > mixed forest> Chinese pine> bare land.

Key words: hilly region; soil and water conservation vegetation; soil amelioration

水土流失是生态环境破坏的主要形式和直接表现之一, 多年的理论研究和生产实践证明生物工程是防治水土流失的重要措施之一, 改善生态环境, 核心是恢复建设森林植被^[1~2]。山东省是我国水土流失最严重的省份之一, 据 1995 年统计, 山东省水土流失面积达 $6.3 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占全省总面积的 41%; 山区裸岩面积和砂砾化面积每年以 30 km^2 的速度发展, 全省每年流失土壤 2.5 亿 t; 每年随土壤流失的 N、

P、K 养分相当于 350 万 t 标准化肥^[3]。淄川区峨庄小流域为典型的土石山区, 土壤干旱瘠薄, 水土流失严重, 植被恢复困难, 水土保持林已成为该山区生态系统的主体。为此对该区不同水土保持林分类型的土壤物理性状、水分状况、养分含量及抗蚀性能进行系统研究, 可为土石山区生态环境建设和植被恢复及土地资源可持续利用提供科学依据和理论指导。

① 收稿日期: 2004-06-08
基金项目: 山东省人民政府可持续发展科技示范工程“山区生态资源保护及综合开发利用技术的研究与示范”项目资助
作者简介: 夏江宝(1978-), 男, 博士研究生, 主要从事流域综合治理、森林培育方面的研究。

1 试验地自然概况

试验地设在山东淄川区峨庄小流域, 该区属泰沂山北麓中低山区, 地质岩层以寒武系石灰岩和杂色页岩为主。该区属暖温带大陆性湿润季风气候, 年均气温 12.9℃, 极端最低气温-20.2℃, 极端最高气温 40.5℃。年平均降雨量 730 mm, 年际变化较大, 降水量集中在每年的 6~9 月份, 全年无霜期 189 d, 年日照时数 2 564 h, 地带性土壤为褐土。森林植被丰富, 总面积约 0.93 万 hm², 人工林主要以黑松、侧柏、刺槐、辽东栎、君迁子、连翘、黄栌、榔榆、白蜡、山合欢等为主。

2 研究内容与方法

分别在黑松、辽东栎及其混交林分内, 按林地的坡度、坡向、坡位、岩石种类、土壤类型、林分郁闭度等因子选取 9 个典型样地(每种林分选 3 个标准样地, 20 m×20 m), 黑松树龄 10~15 a, 林分郁闭度为 0.8~0.9, 辽东栎树龄 15~20 a, 林分郁闭度为 0.4~0.7; 在每个标准地内随机布设 3 个小样方(0.5 m×0.5 m), 土壤水分在雨季、旱季的每月测定 3 次, 依据土层厚度平均 3 次取土, 其它指标在 5~7 月份测定。

2.1 土壤水分物理性状的测定

采用烘干法测定土壤含水量; 采用环刀法测定土壤容重、毛管最大持水量、土壤饱和持水量、非毛管孔隙、毛管孔隙、总孔隙等土壤物理指标。

2.2 土壤入渗性能的测定

采用单环定量加水法测定土壤水分入渗指标。

2.3 土壤抗蚀性能的测定

采用容重环采取地表 5 cm 的 100 cm³ 的土壤, 应用浸水法测定土壤在水中完全崩解所需的时间。

2.4 土壤养分的测定

土壤有机质与土壤氮磷钾含量采用常规方法测定^[4]。

3 结果与分析

3.1 土壤水分物理特性

土壤物理性状是土壤的结构状况、养分状况、CO₂ 状况、持水性能、保水能力及渗透能力的综合反映, 因此良好的土壤物理性状对涵养水源、保持水土、增强土壤抗蚀、抗冲性能有重要的意义。

3.1.1 土壤物理性质及持水量

土壤容重是反映森林土壤物理性质的优良指标, 它不仅直接反映森林土壤的总孔隙度、毛管孔隙、非毛管孔隙的状况, 还反映了森林土壤物理性能受成土母岩、森林植被、人类行为以及其他自然条件综合影响的程度。土壤总孔隙度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度综合反映了土壤的通气性、透水性和持水能力^[5]。

表 1 不同水保林地土壤物理性状及持水量

植被类型	土壤容重/ (g·cm ⁻³)	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙度/%	总孔隙度/%	毛管最大持水量/%	土壤饱和持水量/%
黑松	1.18	41.36	13.01	54.37	36.54	44.75
辽东栎	1.02	43.31	14.12	57.43	37.69	47.15
混交林	1.11	40.28	12.86	53.14	35.54	46.56
对照	1.32	35.85	8.32	44.17	32.58	40.31

由表 1 可见, 毛管孔隙在土壤孔隙中占很大比例, 是土壤内水分蒸发和流通的主要通道, 供给林木根系吸收和保持土壤水分的动态平衡; 非毛管孔隙的间隙大, 贮水量多且不

宜蒸发。辽东栎林的土壤容重最小, 总孔隙度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度最大; 黑松辽东栎混交林次之, 其次是黑松林, 对照裸地最差。结合毛管最大持水量和土壤饱和持水量等指标可以看出, 林地土壤孔隙多, 土壤疏松, 贮水量大, 对土壤物理性状具有一定的改善作用; 阔叶辽东栎林的土壤物理性状、土壤贮水能力及涵养水源能力最好, 其次是混交林、针叶黑松林, 由于黑松林年凋落量少, 且枝叶多被蜡质, 林下枯落物不易分解, 对改善土壤的理化性状不明显, 空旷地最差。

3.1.2 土壤含水量的动态特征

土壤水分是林木生长、发育的必要环境因子, 同时也是生态系统中最活跃、最有影响的因素之一^[6]。

表 2 不同水保林地土壤含水量

植被类型	旱季平均土壤含水量/%	雨季平均土壤含水量/%	全年平均土壤含水量/%
	水量/%	水量/%	水量/%
黑松	14.38	24.51	19.45
辽东栎	10.54	23.66	17.10
混交林	13.78	22.86	18.32
对照	5.85	9.64	7.75

定期分层测定了各地类 0~40 cm 土层的土壤含水量。由表 2 可以看出, 该区林地具有明显增加土壤含水量的作用, 这主要是由于林地枯枝落叶层的吸水能力及地表层植被抑制土壤水分蒸发的作用, 同时与林地有良好的土壤结构有关; 而空旷地土壤蒸发量大对土壤水分损耗较严重。无论旱季还是雨季黑松林的土壤水分含量最高, 这与其蒸腾耗水少、较耐旱有一定的关系, 混交林、辽东栎林次之, 空旷地土壤水分含量最小。

3.2 土壤的入渗性能

渗透性是反映土壤侵蚀能力的重要指标。林地土壤渗透性能受降雨的分布、植被类型、影响层前期含水量、土壤影响层的厚度、土壤容重、持水时间及强度等多种因素的影响, 是一个动带的变化过程^[7,8]。

表 3 不同水保林地土壤入渗性能

植被类型	非毛管孔隙度/%	渗透速度 /(mm·min ⁻¹)	渗透系数 K ₁₀ /(mm·min ⁻¹)	渗透深度 /mm
	孔隙度/%			
黑松	13.01	15.18	13.53	127.2
辽东栎	14.12	21.24	18.85	163.8
混交林	12.86	19.55	16.62	151.6
对照	8.32	4.52	3.15	92.0

由表 3 可以看出, 水土保持林地具有明显增强土壤入渗的能力, 其中辽东栎林渗透速度最大, 可达空旷地的 4.7 倍, 渗透深度为空旷地的 1.7 倍; 混交林、黑松林的渗透能力依次递减, 渗透速度分别为空旷地的 4.3 倍、3.4 倍。林地土壤渗透能力较好, 主要由于大量枯枝落叶分解, 改良了土壤结构, 使土壤容重降低、孔隙度增加。同时丰富的有机质碎屑和腐殖质内的生物活动, 也增加了大孔隙度的数量, 有利于水分渗透。由此可见, 山地水土保持林的存在, 增加了土壤的孔隙度, 改良了土壤, 增强了地表水的入渗, 减少了地表径流, 有利于土壤蓄水。

3.3 土壤的抗蚀性能

土壤抗蚀性能与土壤结构、土壤有机质及土壤根系的含量有关^[7]。水土保持林分通过对土壤物理性状和养分的改良作用及根系固土作用, 大大提高了土壤的抗蚀性能。

由表 4 看出, 随着土壤中腐殖层厚度和土壤中根系数量的增加, 土壤完全崩解的时间也随之延长, 有林地的土壤抗

蚀性能明显好于空旷地,且混交林内土壤的抗蚀性能大于纯林土壤的抗蚀性能。黑松辽东栎混交林土体崩解时间为空旷地的 35.6 倍,崩解速度最慢;其次为黑松林、辽东栎林,分别为空旷地的 27.7 倍、15.3 倍。黑松针叶林地的抗蚀性比辽东栎阔叶林地的抗蚀性强,主要是由于针叶林枯枝落叶层腐烂后形成的腐殖质含量高,增大了土壤中黏粒的含量,增强了土壤的抗蚀性;同时,根系发达,固持土壤性能强,在一定程度上防止了土壤冲刷。

表 4 不同水保林地土壤抗蚀性能			
植被类型	腐殖质厚度 / cm	土中根系鲜重 / g	完全崩解所需时间/h
黑松	3.9	2.055	285.4
辽东栎	2.5	1.376	157.6
混交林	4.8	2.147	367.2
对照	0	0.054	10.3

3.4 土壤的养分状况

森林依靠光合作用,吸收土壤和大气中的无机物,合成有机物,然后以枯枝落叶的形式把有机物再归还到土壤中,枯落物分解后形成的腐殖质和有机质是森林土壤养分的最主要来源;另外,林地土壤中的大量动物、微生物,它们不但促进了土壤肥力的提高,而且能有效的将部分底土搬运到表土层,保持了土壤的富含养分,并改善了土壤养分的分布状况。林木的根系能够疏松土壤,增加通透性,还能够吸收土壤深处的矿物元素并把它们搬运上来,增加表层土壤肥力^[9]。

表 5 不同水保林地土壤养分状况 %				
植被类型	全 N 含量	全 P 含量	全 K 含量	有机质含量
黑松	0.19	0.036	0.15	2.68
辽东栎	0.27	0.025	0.32	2.86
混交林	0.39	0.050	0.50	2.79
对照	0.12	0.020	0.05	1.58

土壤中全氮、磷、钾的含量,为评价地力及判断不同林分类型中肥力的大小具有重要意义,也是衡量土壤营养元素供应状况的重要指标。由表 5 可以看出,空旷地的土壤养分含量均最低,全 N、全 P、全 K 含量在混交林中最高;全 N 含量和全 K 含量辽东栎林优于黑松林,而全 P 含量则相反,可见随着林分类型的不同,其 NPK 含量表现出一定的差异。

土壤有机质是土壤肥力的综合指标。土壤有机质既是植物矿质营养和有机营养的源泉,又是土壤中异样型微生物的能源物质,同时也是形成土壤结构的重要元素,因此在一定程度上能改变和影响土壤的理化性质和微生物特性^[10]。其参考文献:

[1] 冯道. 防沙治沙与生态环境建设实务全书[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 2002.

[2] 杨吉华, 张永涛, 高祥伟, 等. 封山育林提高森林蓄水保土效益研究[J]. 水土保持研究, 2001, 8(3): 2- 5.

[3] 王仁卿, 周光裕. 山东植被[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2000.

[4] 骆洪义, 丁方军. 土壤学实验[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1995.

[5] 陈奇伯, 陈宝昆, 董映成, 等. 长江上游洋派河小流域生态修复研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(1): 154- 157.

[6] 史学正, 梁音, 于东升. “土壤水库”的合理调用与防洪减灾[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(3): 6- 10.

[7] 李德生, 李桂林, 刘文彬, 等. 窝铺山区森林植被水土保持效益及资源植物开发利用途径的研究[J]. 水土保持研究, 1994, 1(2): 96- 109.

[8] 李敏, 杨克. 森林水土保持效益机理的研究[J]. 林业勘查设计, 2001, (2): 40.

[9] 侯元兆, 李云敏, 张颖, 等. 森林环境价值核算[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2002.

[10] 范淑英, 吴才君. 野葛对红壤坡地水土保持和改良土壤效应的研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(1): 141- 143.

主要来源于林木凋落物和根系分泌物及土壤动物尸体,大多数微生物和土壤动物的作用主要是对有机质进行分解^[5]。从表 5 可以看出,林地有机质含量明显大于空旷地,但各林分之间差异不是很显著,有机质含量表现为:辽东栎林> 混交林> 黑松林> 空旷地。

4 结论与讨论

通过对不同水土保持林分类型的土壤物理性状、土壤水分含量、渗透性能、抗蚀性及养分含量的分析,可以看出:

(1) 水土保持林分的土壤物理性状明显优于空旷地,且不同林分类型的土壤物理性状及最大饱和持水能力有很大差异,辽东栎林地的土壤物理性状及持水能力最好,其次是辽东栎黑松混交林、黑松林;无论在旱季还是雨季,土壤水分含量表现为黑松林> 辽东栎黑松混交林> 辽东栎林> 空旷地。

(2) 土壤的渗透性取决于土壤容重和非毛管孔隙,特别是非毛管孔隙的存在。水土保持林分,改良了土壤,增加了土壤的孔隙度,渗透性能明显好于空旷地,其中辽东栎林渗透速度最大,可达空旷地的 4.7 倍,渗透深度为空旷地的 1.7 倍;黑松辽东栎混交林、黑松林的渗透能力依次递减,渗透速度分别为空旷地的 4.3 倍、3.4 倍。

(3) 随着土壤中腐殖层厚度和土壤中根系数量的增加,土壤完全崩解的时间也随之延长,有林地土壤抗蚀性能明显好于空旷地,混交林分明显优于纯林。黑松辽东栎混交林土体崩解时间为空旷地的 35.6 倍,崩解速度最慢;其次为黑松林、辽东栎林,分别为空旷地的 27.7 倍、15.3 倍。

(4) 土壤中全氮、磷、钾的含量,为评价地力及判断不同林分类型中肥力的大小具有重要意义,也是衡量土壤营养元素供应状况的重要指标。空旷地的土壤养分含量均最低,全 N、全 P、全 K 含量在混交林中最高;全 N 含量和全 K 含量辽东栎林优于黑松林,而全 P 含量则相反,可见随着林分类型的不同,其 NPK 含量表现出一定的差异。林地有机质含量明显大于空旷地,但各林分之间差异不是很显著,有机质含量表现为:辽东栎林> 混交林> 黑松林> 空旷地。

从以上几点综合比较,水土保持林分能很大程度上改善土壤物理性状,增加土壤孔隙度和土壤贮水量,加快渗透速度,减少地表径流,增强土壤的抗蚀性,培育土壤肥力等一系列改良土壤作用,对提高土地生产潜力起到了积极的作用,在维护区域乃至全球生态平衡中也具有不可替代的作用。因此在淄川区峨庄小流域应依据当地的立地类型、水土流失状况、土壤条件和水分条件,综合考虑水土保持林分的生态效益、经济效益、社会效益来选择水土保持功能较好的树种。