

# 香椿人工林土壤抗蚀性研究

郝静, 夏玉芳, 郑万勇

(贵州大学 林学院, 贵州 贵阳 550025)

**摘要:** 选择贵州省镇宁县香椿人工林为研究对象, 按 I 龄级(8~13 龄), II 龄级(15~25 龄), III 龄级(>25 龄)3 个林龄级分别进行研究。通过土壤有机质含量、机械组成、>0.25 mm 干筛团聚体含量、水稳性团聚体含量、结构破坏率等指标, 研究了香椿人工林土壤的抗蚀性能。结果表明, I 龄级、II 龄级和 III 龄级有机质含量分别为 4.56%, 5.02%, 5.35%; >0.25 mm 干筛团聚体含量分别为 92.19%, 96.72%, 98.07%; 水稳性团聚体含量分别为 65.83%, 70.72%, 75.29%。对抗蚀指标间相关性进行了分析, 结果表明有机质、水稳性团聚体及结构破坏率是评价土壤抗蚀性强弱的较好指标。林龄对土壤抗蚀性具有影响, 经方差分析发现, 林龄间差异显著, 随着林龄的增大其土壤抗蚀性增强。有林地土壤抗蚀性比无林地强。

**关键词:** 香椿人工林; 土壤抗蚀性; 水稳性团聚体; 有机质

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)05-0182-04

中图分类号: S714.7

## Erosion Resistance of Soils in *Toona Sinensis* Plantations

XI Jing, XIA Yu-fang, ZHENG Wan-yong

(College of Forestry, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China)

**Abstract:** The *Toona sinensis* plantation in Zhenning County of Guizhou Province were classified according to the age as class I (8~13 a), class II (15~25 a) and class III (>25 a). Indicators such as the content of soil organic matter, particle size composition, content of dry soil aggregates (>0.25 mm), content of water-stable aggregates, and soil structure destruction rate were determined for erosion resistance evaluation of the soils under the plantations. The results show that, the average contents of soil organic matter were 4.56%, 5.02% and 5.35%, the contents of dry soil aggregates (>0.25 mm) were 92.19%, 96.72% and 98.07%, and the contents of water-stable aggregates were 65.83%, 70.72% and 75.29% in class I, class II, and class III, respectively. Correlation analysis showed that the contents of soil organic matter and water-stable aggregate, and structure destruction rate were the best indicators for evaluating soil resistance to erosion. The erosion resistance of soil was influenced by forest age significantly according to variance analysis; soils from older forests showed stronger resistance to erosion. As expected, soil erosion resistance in *Toona sinensis* plantation was stronger than that in non-forest lands.

**Keywords:** *Toona sinensis* plantation; erosion resistance of soil; water-stable aggregate; organic matter

土壤抗蚀性是土壤侵蚀的重要指标之一, 反映土壤潜在的侵蚀特征, 其强弱影响着土壤侵蚀强度和环境质量。它与土壤的理化性质密切相关, 包括土壤颗粒组成、团聚体稳定性、有机质含量、渗透率、紧实度、黏土矿物性质及化学成分等<sup>[1]</sup>。已有的研究表明人工林不仅能显著改善土壤的理化性质, 从而改善土壤抗蚀性<sup>[2]</sup>。

香椿(*Toona sinensis* Roem) 是楝科香椿属乔木, 原产我国的优良乡土树种, 其根系发达, 主根粗

壮, 向下垂直生长可深达数米。在条件恶劣的地带, 香椿根系还可穿透石缝, 向下延伸, 形成根幅达 10 m 以上的强大根系群, 具极强的固土抗风能力<sup>[3]</sup>。因此, 香椿是保持水土的优良树种, 对治理贵州石漠化、喀斯特地貌生态重建有重要的作用。目前香椿多集中在引种育种、生长发育、繁殖栽培、生理生化以及经济价值等方面<sup>[4-5]</sup>, 对香椿林研究较少。

本文以镇宁县香椿人工林为研究对象, 通过对 8~13 龄、15~25 龄、>25 林龄级土壤机械组成、土壤

收稿日期: 2010-12-13

修回日期: 2011-01-07

资助项目: 贵州省林业科学技术研究项目“香椿人工林多用途效益研究”(2006-15)

作者简介: 郝静(1986—), 女(汉族), 贵州省金沙市人, 硕士研究生, 研究方向为退化生态系统恢复与重建。E-mail: jmxijing@126.com。

通信作者: 夏玉芳(1958—), 女(汉族), 贵州省贵阳市人, 教授, 硕士生导师, 主要研究方向为森林培养、木材科学与技术。E-mail: yfxia@gzu.edu.cn。

水稳性团聚体、土壤有机质等指标的分析,探讨香椿人工林土壤的抗蚀性变化,为贵州喀斯特石漠化治理树种选择、营建香椿水土保持林及其经营技术提供参考。

### 1 研究区概况

镇宁布依族苗族自治县地处贵州中丘原西南部,位于东经 105°35'10"—106°0'50",北纬 25°25'19"—26°10'32"。气候特征属亚热带湿润季风气候,全年平均气温 16.2℃,年降水量 1 025.6~1 404.1 mm,雨季 4—10 月,此期降水 1 108 mm,占全年总降水量的 84.2%;5—8 月降水量强度最大,每月平均有一次暴雨。土壤多为黄壤、红黄壤和黑色石灰土。镇宁自

治县地带性原生植被为亚热带湿润常绿落叶阔叶林,目前境内的花山山脉一带有以壳斗科、樟科为主的常绿落叶阔叶林分布,乔木树种主要有马尾松、杉、椿、楸、桦树、梓木、栎类、桃、李、梨等,灌木树种主要有化香、女贞、月月青、悬钩子、盐肤木、火棘等。

### 2 研究方法

#### 2.1 标准地选择

2009 年 8 月在镇宁县募役乡选择香椿人工林,按照 I 龄级(8~13 龄),II 龄级(15~25 龄),III 龄级(>25 龄)3 个林龄级,各选取 3 个标准地,共 9 个,以山作对照。样地土壤为碳酸岩发育形成的石灰土,海拔 1 100 m 左右(表 1)。

表 1 样地基本情况表

样地号	龄级	年龄	平均树高/m	郁闭度	密度/(株·hm <sup>-2</sup> )	平均胸径/cm	坡向	坡度/(°)	主要植被
1	I	8~13	9.27	0.40	8.00	10.03	西北	25	香椿、梓树、紫茎泽兰
2	I	8~13	8.61	0.40	9.00	8.99	东北	20	香椿、云实、紫茎泽兰
3	I	8~13	6.05	0.45	10.75	5.12	东北	5	香椿、云实、蒿草
4	II	15~20	12.47	0.60	8.25	11.84	西北	15	香椿、楝树、紫茎泽兰
5	II	15~20	11.66	0.70	12.25	11.06	西北	20	香椿、构树、云实、泡桐、刺楸、紫茎泽兰
6	II	15~20	12.84	0.70	5.75	12.02	东南	10	香椿、云实、紫茎泽兰
7	III	>25	15.09	0.70	8.25	19.73	东北	5	香椿、朴树、紫茎泽兰、贯仲
8	III	>25	13.53	0.75	12.25	15.75	东北	5	香椿、喜树、榆树、紫茎泽兰
9	III	>25	14.18	0.75	17.50	15.02	东北	15	香椿、朴树、紫茎泽兰

#### 2.2 土样采样及分析方法

在面积为 20 m×20 m 的标准地,按 0—15,15—30 cm 这 2 个土层采集土样,采用对角线取样法,采集 5 个样点,按土层将各采样点土样混合均匀,用四分法取土样 1 kg 装袋,然后进行室内实验分析。

用铝盒按 0—15,15—30 cm 取原状土(每个样采集 3 个重复)以测定土壤机械组成与土壤水稳性团粒含量。

土壤有机质的测定采用硫酸重铬酸钾法,土壤水稳性团聚体含量采用人工筛分法,土壤机械组成采用比重法进行测定<sup>[6]</sup>。

#### 2.3 评价指标

- (1) 有机质含量(%)
- (2) 物理性黏粒<0.01mm(%)
- (3) 黏粒(%)<0.001mm(%)
- (4) 砂粒(%)>0.05mm(%)
- (5) >0.25mm 干筛团聚体含量(%)
- (6) 水稳性团聚体含量(%)
- (7) 结构破坏率(%) =  $\frac{>0.25\text{ mm 团聚体分析值(干筛-湿筛)}}{>0.25\text{ mm 团聚体干筛分析值}} \times 100\%^{[7]}$

### 3 结果与分析

#### 3.1 有机质含量

土壤有机质是土壤固相中最活跃的部分,是土壤形成的物质基础和土壤养分的重要来源。它促进土壤中团粒结构的形成,增加土壤的疏松性、通气性和透水性<sup>[8]</sup>(图 1)。

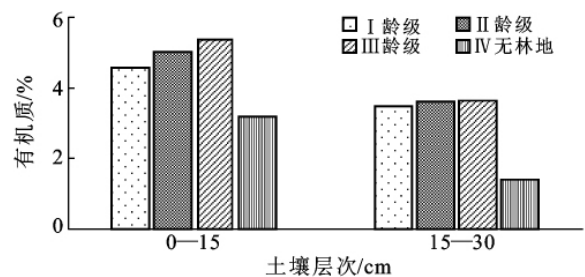


图 1 香椿人工林土壤有机质含量

图 1 表明,香椿林枯落物的分解和转化,使土壤中腐殖质含量高于无林地,并且随着林龄的增加,枯落物的分解量增大,且分解更彻底,各林龄有机质含量有差异,经方差分析,各龄级差异显著(表 5)。I,

Ⅱ,Ⅲ林龄土壤表层有机质分别为 4.56%,5.02%,5.35%,亚层有机质含量分别为 3.47%,3.59%,3.65%,表层比亚层高 31.27%,39.91%,46.65%。有林地比无林地高,反映林龄增大有利于有机质的积累,表层比无林地增加 30.36%,36.75%,40.62%;亚层比无林地增加 59.36%,60.66%,61.31%。

### 3.2 土壤机械组成

土壤机械组成是由大小不同的土粒按不同的比例组合而成的,这些不同的粒级混合在一起表现出的土壤粗细状况<sup>[6]</sup>。表 2 表明,香椿林土壤机械组成颗粒主要集中于>0.05 mm 和<0.001 mm 这 2 个粒级范围内。Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ林龄>0.05 mm 砂粒含量均值分别为 21.05%,23.83%,23.06%,差异不显著(表 2),其中>0.05 mm 砂粒含量为 1~0.25 mm 粗砂与

0.25~0.05 mm 细砂之和,1~0.25 mm 粗砂含量均值分别为 12.53%,0.86%,2.94%,0.25~0.05 细砂含量平均值为 8.52%,22.97%,20.12%,且都差异显著(表 2)。Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ林龄<0.01 mm 物理性黏粒含量均较多,分别为 62.94%,65.36%,61.33%,其中<0.001 mm 黏粒分别为 32.91%,22.71%,29.50%,通过方差分析,各林龄级差异显著(表 2)。Ⅰ林龄>0.05 mm 砂粒含量较少,1~0.25 mm 粗砂含量较高,<0.001 mm 黏粒含量较多,说明了Ⅰ林龄土壤质地较差,黏质化严重,因黏粒堵塞孔隙,土壤渗透率降低,地表径流量增大,导致土壤抗蚀性变小。无林地与香椿林相比,>0.05 mm 砂粒含量较多为 43.88%,<0.001 mm 物理性黏粒含量较少为 18.49%,土壤抗水搬运能力较弱,无林地比香椿林抗蚀性较低。

表 2 香椿人工林土壤机械颗粒组成

%

龄级	粗砂(1~0.25 mm)	细砂(0.25~0.05 mm)	粗粉粒(0.05~0.01 mm)	中粉粒(0.01~0.005 mm)	细粉粒(0.005~0.001 mm)	黏粒(<0.001 mm)	物理性黏粒(<0.01 mm)	砂粒(>0.05 mm)
Ⅰ	12.53	8.52	16.02	12.01	18.02	32.91	62.94	21.05
Ⅱ	0.86	22.97	10.81	8.61	34.04	22.71	65.36	23.83
Ⅲ	2.94	20.12	15.61	8.91	22.92	29.50	61.33	23.06
对照	3.65	40.24	14.01	1.40	22.21	18.49	42.11	43.89

### 3.3 土壤团聚体

3.3.1 土壤团聚体性能 土壤团聚体具有一定的机械稳定性和水稳定性,它是由土壤颗粒凝聚、胶结和黏结而相互联结组成的。土壤大团聚体含量增加使得土壤孔隙度、入渗能力和土壤持水量均得到有效改善<sup>[9]</sup>。表 3 表明,香椿林土壤干筛团聚体结构组成以>7 mm 粒级为主;无林地土壤,干筛团聚体结构组成以>7 mm 和 7~5 mm 两个粒级为主。香椿林>7 mm 团聚体平均含量在 60%以上,且各林龄级差异显

著(表 2)。Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ龄级土壤表层>7 mm 团聚体含量分别为 60.24%,63.99%,79.53%,分别是无林地的 1.79,1.90,2.36 倍;亚层该粒级含量分别为 60.51%,62.75%,77.33%,分别是无林地的 1.97,2.04,2.51 倍。>0.25 mm 团聚体含量表明不同龄级差异显著(表 2),其中Ⅲ龄级林地表层和亚表层>0.25 mm 团聚体都是最高的,分别为 98.07%,97.44%,比无林地分别高 18.67%,21.16%,Ⅲ龄级林地土壤结构表现出明显的优势。

表 3 香椿人工林土壤团聚体(干筛)组成分析

%

龄级	层次	>7 mm	7~5 mm	5~3 mm	3~2 mm	2~1 mm	1~0.5 mm	0.5~0.25 mm	>0.25 mm
Ⅰ	0—15	60.24	6.04	10.48	6.20	3.67	4.44	1.12	92.19
	15—30	60.54	5.70	9.82	5.16	2.86	4.36	1.23	89.67
Ⅱ	0—15	63.99	13.32	9.11	3.86	2.29	3.33	0.82	96.72
	15—30	62.75	10.63	11.30	5.65	2.71	3.60	0.90	95.54
Ⅲ	0—15	79.53	5.85	5.80	2.90	1.30	2.08	0.61	98.07
	15—30	77.33	8.09	5.41	2.48	1.32	2.17	0.64	97.44
对照	0—15	33.73	18.16	10.55	5.83	3.75	3.54	3.90	79.46
	15—30	30.77	20.40	11.45	7.55	2.25	3.02	0.84	76.28

3.3.2 土壤水稳性团聚体组成及结构破坏率 水稳性团聚体是由有机质胶结而成的团粒结构,可以改善土壤结构,而且被水浸湿后不易解体具有较高的稳定

性<sup>[10]</sup>。表 4 表明,香椿林土壤水稳性团聚体含量优势非常明显,且各林龄差异显著。Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ龄级林地土壤表层>0.25 mm 的水稳性团聚体含量为

65.83%, 70.72%, 75.29%, 高出无林地 17.75%, 22.64%, 27.21%, 其中 III 林龄表层 >0.25 mm 的水稳性团聚体分别高出 I, II 林龄 9.46%, 4.57%。香椿林土壤亚层与表层 >0.25 mm 的水稳性团聚体相比, 分别降低了 8.99%, 2.76%, 4.79%。

各林龄香椿林土壤表层结构破坏率差异显著(表 5), I, II, III 龄级分别为 28.59%, 26.88%, 23.23%, 与无林地相比, 结构破坏率减少了 27.60%, 31.93%, 41.18%。土壤表层到亚层结构破坏率分别降低了 14.16%, 4.05%, 8.65%。

表 4 水稳性团聚体湿筛各粒级含量和结构破坏率

%

龄级	层次	>5 mm	5~3 mm	3~2 mm	2~1 mm	1~0.5 mm	0.5~0.25 mm	>0.25 mm	结构破坏率
I	0—15	21.62	16.56	12.55	6.54	6.88	1.68	65.83	28.59
	15—30	18.03	15.32	13.69	6.13	5.91	1.32	60.40	32.64
II	0—15	24.30	14.29	16.09	7.23	7.49	1.32	70.72	26.88
	15—30	28.25	15.22	11.11	6.46	6.50	1.28	68.82	27.97
III	0—15	35.80	15.78	9.13	5.83	7.37	1.38	75.29	23.23
	15—30	30.91	13.48	11.15	7.16	8.61	1.54	71.85	25.24
对照	0—15	10.61	10.75	8.95	8.49	4.85	4.43	48.08	39.49
	15—30	7.01	7.27	8.44	6.93	8.87	5.58	44.10	42.19

表 5 香椿林土壤抗蚀指标差异性分析

指标	有机质	黏粒/ %	物理性 黏粒/%	砂粒/ %	粗砂/ %	细砂/ %	>7 mm 干筛 团聚体/%	>0.25 mm 干筛 团聚体/%	水稳性 团聚体	结构破 坏率/%
F 值	9.242	8.859	0.610	1.795	9.916	5.140	0.651	4.644	18.650	17.445

注:  $df_1 = 2, df_2 = 14, F_{0.05} = 3.74, F_{0.01} = 2.73$ 。

### 3.4 抗蚀性评价

通过两变量之间相关性分析(表 6)表明, 有机质与水稳性团聚体、>0.25 mm 干筛团聚体呈显著正相关关系, 相关系数分别为 0.840, 0.817, 随着有机质含量的增加, 土壤中大粒级水稳性团聚体含量也增加。结构破坏率与 >0.25 mm 干筛团聚体、水稳性团聚体

及有机质呈显著负相关关系, 相关系数分别为 -0.989, -0.998, -0.846, 说明结构破坏率指标可以反映香椿林地土壤抗蚀性能。<0.001 mm 的物理黏粒含量也可以作为土壤抗蚀性指标, 衡量抗蚀性能的强弱, 但没有土壤有机质含量和水稳性团聚体含量表现土壤抗蚀性明显。

表 6 土壤抗蚀性指标间的相关性

抗蚀性指标	水稳性团聚体	结构破坏率	>0.25 mm 干筛团聚体	有机质	物理性黏粒(<0.01 mm)
结构破坏率	-0.998**	1	—	—	—
>0.25 mm 干筛团聚体	0.995**	-0.989**	1	—	—
有机质	0.840**	-0.846**	0.817*	1	—
物理性黏粒(<0.01 mm)	-0.063	0.084	-0.050	-0.44	1

注: \*\* 在 0.01 水平上显著相关; \* 在 0.05 水平上显著相关。

## 4 结论

(1) 香椿林与无林地比较, 其有机质含量、水稳性团聚体含量、>0.25 mm 干筛团聚体高, 结构破坏率变小, 土壤抗蚀性强。

(2) 在香椿林地中, 林龄对有机质含量、水稳性团聚体含量等影响大, 随着林龄增加, 土壤中有机质、水稳性团聚体、>0.25 mm 干筛团聚体增加, 结构破坏率变小。证明香椿林有利于改良土壤结构, 提高土壤抗蚀性能。

(3) 土壤机械组成无林地地质地差, 无林地土壤抗水搬运能力较弱, 无林地比香椿林抗蚀性低。

综上所述, 对各林龄级香椿林与无林地土壤抗蚀性能进行评价, 结果为 III 龄级林地 > II 龄级林地 > I 龄级林地 > 无林地。

本研究选取的样地数量有限, 林龄的划分是因地制宜的结果, 而非林学上林分生长的龄级划分。作为土壤抗蚀性, 对于香椿林的研究尚属一种尝试, 为了系统研究香椿林, 还需今后加强对样地的系统研究。

(下转第 234 页)

- 影响因素[J]. 气象科学, 2007, 27(2): 230-236.
- [9] 桑建国. 热岛环流的动力学分析[J]. 气象学报, 2000, 58: 321-327.
- [10] 武鹏飞, 王茂军, 张学霞. 北京市植被绿度与城市热岛效应关系研究[J]. 北京林业大学学报, 2009, 31(5): 54-60.
- [11] 王修信, 胡玉梅, 刘馨, 等. 城市草地的小气候调节作用初步研究[J]. 广西师范大学学报: 自然科学版, 2007, 25(3): 23-27.
- [12] 夏俊士, 杜培军, 张海荣, 等. 基于遥感数据的城市地表温度与土地覆盖定量研究[J]. 遥感技术与应用, 2010, 25(1): 15-23.
- [13] 江志红, 叶丽梅. 近十年南京城市热岛演变的遥感研究[J]. 南京信息工程大学学报: 自然科学版, 2010, 2(2): 148-154.
- [14] 马玉霞, 王式功, 魏海茹. 兰州市近 50 年城市热岛强度变化特征[J]. 气象科计, 2009, 37(6): 660-664.
- [15] 朱焱, 朱莲芳, 徐永明, 等. 基于 Landsat 卫星资料的苏州城市热岛效应遥感分析[J]. 高原气象, 2010, 29(1): 244-250.
- [16] 田武文. 西安市气候变暖与城市热岛效应问题研究[J]. 应用气象学报, 2006, 17(4): 438-443.
- [17] 卢新卫, 陈鹏. 西安城市化进程与环境生态问题研究[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(1): 7-12.
- [18] 李星敏, 白爱娟. 西安市气候变化与城市发展[J]. 陕西气象, 1998(5): 25-28.
- [19] 任春艳, 吴殿廷, 董锁成. 西北地区城市化对城市气候环境的影响[J]. 地理研究, 2006, 25(2): 233-241.
- [20] 解修平, 周杰, 张海龙, 等. 基于 Landsat TM 的西安市城市热岛效应研究[J]. 河北师范大学学报: 自然科学版, 2007, 31(3): 397-399.
- [21] 徐涵秋, 陈本清. 不同时相的遥感热红外图像在研究城市热岛变化中的处理方法[J]. 遥感技术与应用, 2003, 18(3): 129-133.
- [22] 佟怡. 西部大开发历经了 10 年发展西安经济翻两番[EB/OL]. (2010-08-02) [2010-11-10]. [http://www.dzw-ww.com/rollnews/news/201008/t20100802\\_6457892.htm](http://www.dzw-ww.com/rollnews/news/201008/t20100802_6457892.htm).
- [23] 郭斌, 任志远. 西安城区土地利用/覆被变化及生态效应测评研究[J]. 遥感技术与应用, 2009, 24(4): 484-489.

(上接第 157 页)

[ 参 考 文 献 ]

- [1] 雷国平. 黑龙江省耕地总量动态平衡研究[J]. 农业经济问题, 2000, 21(1): 40-43.
- [2] 朱会义, 李秀彬, 辛良杰. 现阶段我国耕地利用集约度变化及其政策启示[J]. 自然资源学报, 2007, 22(6): 907-915.
- [3] 雷国平, 宋戈. 城镇土地集约利用的潜力计算与宏观评价[J]. 学习与探索, 2006, 167(6): 184-187.
- [4] 王业桥. 节约集约用地评价指标体系研究[J]. 中国土地科学, 2006, 20(3): 24-30.
- [5] 张琳, 张凤荣, 安萍莉, 等. 不同经济发展水平下的耕地利用集约度及其变化规律比较研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(1): 108-112.
- [6] 费罗成, 程久苗, 王秉建, 等. 耕地集约利用研究进展与展望[J]. 土壤, 2009, 41(5): 696-702.
- [7] 刘成刚, 孙翠兰. 当前我国农村土地集约利用存在的问题和对策[J]. 河南国土资源, 2005, 1(4): 10-11.
- [8] 刘成武, 李秀彬. 基于生产成本的中国农地利用集约度的变化特征[J]. 自然资源学报, 2006, 21(1): 9-15.
- [9] 祝小迁, 程久苗. 安徽省耕地集约利用及其驱动力分析[J]. 中国土地科学, 2009, 23(2): 11-17.
- [10] 董秀茹, 王秋兵. 农用地集约利用内涵的界定[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(23): 7257-7259.
- [11] 郭显光. 熵值法及其在综合评价中的应用[J]. 财贸研究, 1994, 20(6): 56-60.

(上接第 185 页)

致谢: 本论文完成过程中, 贵州省安顺市镇宁县募役乡林业站工作人员及张友元, 张学燕, 罗杜鹃等人给予了很多帮助, 在此表示感谢!

[ 参 考 文 献 ]

- [1] 胡建忠, 张伟华, 李文忠, 等. 北方流域退耕地植物群落土壤抗蚀性研究[J]. 土壤学报, 2004, 41(6): 854-863.
- [2] 王佑民, 刘秉正, 廖超英, 等. 刺槐林地土壤抗蚀性的研究[J]. 林业实用技术, 1984, 5(5): 9-13.
- [3] 王米力, 石大兴. 退耕还林、绿山富民的优良树种: 香椿[J]. 四川林业科技, 2001, 22(2): 42-43.
- [4] 李秀信, 张院民, 杨秀萍. 浅谈香椿资源的开发利用[J]. 陕西林业科技, 2001(2): 38-40.
- [5] 祁振声, 袁凌云, 刘景会. 香椿的栽培与开发利用概况[J]. 河北林学院学报, 1995, 10(3): 253-268.
- [6] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科技出版社, 1978: 10-300.
- [7] 邱仁辉, 杨玉胜, 俞新妥. 不同栽植代数杉木林土壤结构特性研究[J]. 北京林业大学学报, 1998, 20(4): 6-11.
- [8] 沈慧, 姜凤歧, 杜晓军, 等. 水土保持林土壤抗蚀性能评价研究[J]. 应用生态学报, 2000, 11(3): 345-348.
- [9] 史东梅, 吕刚, 蒋光毅, 等. 马尾松林地土壤物理性质变化及抗蚀性研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(6): 35-39.
- [10] 赵洋毅, 周运超, 段旭, 等. 黔中喀斯特地区不同植被土壤抗蚀性研究[J]. 农业现代化研究, 2007, 28(5): 633-636.