

## Evaluation of Soil and Water Conservation Capacity and Value of Main Forest Types in Suichang County\*

Luyun Hu<sup>1,2</sup>, Yafeng Zhou<sup>3</sup>, Lita Yi<sup>1,2</sup>, Jiali Yuan<sup>1,2</sup>, Xianfeng Cai<sup>1,2</sup>, Guosheng Wen<sup>1,2#</sup>

<sup>1</sup>Nurturing Station for State Key Laboratory of Subtropical Silviculture, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Lin'an

<sup>2</sup>School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Lin'an

<sup>3</sup>Bureau of Forestry of Suichang County in Zhejiang Province, Suichang

Email: lusion1223@163.com, #wgs@zafu.edu.cn

Received: Mar. 21<sup>st</sup>, 2013; revised: Mar. 29<sup>th</sup>, 2013; accepted: Apr. 16<sup>th</sup>, 2013

Copyright © 2013 Luyun Hu et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Abstract:** This paper is an investigation on soil and water conservation capacity and its value of 6 forest types in Suichang, Zhejiang province. The results showed that: 1) The maximum water-capacity was broad-leaved forest, the annual total amount and value of water conservation was respectively 329.3046 million stere and 2700.5285 million yuan; the maximum soil-capacity was broad-leaved forest, the annual total amount and value of soil and fertilizer conservation was respectively 2.5179 million t and 280.2889 million yuan. Therefore the broad-leaved forest occupied dominant economic status in six forest types of Suichang County. 2) The maximum water-capacity was bamboo forest (*Phyllostachys pubescens*) in unit area scale, the annual amount and value of water conservation was respectively 5100 stere and 41,500 yuan per hectare; the maximum soil-capacity was broad-leaved forest, the annual total amount and value of soil and fertilizer conservation was respectively 38.06 t and 4200 yuan per hectare. Therefore the broad-leaved forest occupied dominant status in water and soil conservation capacity, and the annual total value of broad-leaved forest was 45,100 yuan per hectare. For water conservation and soil conservation are the most important functions of forest ecosystem services, the search holds that broad-leaved forest and bamboo forest (*Phyllostachys pubescens*) have significant influence in studying the general assessment of forest ecosystem services in Suichang County. Consequently, the research suggests increasing the broad-leaved forest proportion; speeding up transforming the coniferous forest into the broad-leaved forest project, and developing bamboo forest (*Phyllostachys pubescens*) to produce more forest ecological benefits.

**Keywords:** Forest Types; Water and Soil Conservation; Fertility Conservation; Value Assessment

## 遂昌县主要森林类型水源涵养与保育土壤功能及其价值评估\*

胡露云<sup>1,2</sup>, 周亚峰<sup>3</sup>, 伊力塔<sup>1,2</sup>, 袁佳利<sup>1,2</sup>, 蔡先锋<sup>1,2</sup>, 温国胜<sup>1,2#</sup>

<sup>1</sup>浙江农林大学亚热带森林培育国家重点实验室培育基地, 临安

<sup>2</sup>浙江农林大学林业与生物技术学院, 临安

<sup>3</sup>浙江省遂昌县林业局, 遂昌

Email: lusion1223@163.com, #wgs@zafu.edu.cn

收稿日期: 2013年3月21日; 修回日期: 2013年3月29日; 录用日期: 2013年4月16日

**摘要:** 对浙江省遂昌县的6种主要森林类型的水源涵养量与固土保肥量及其价值进行研究。结果表明: 1) 年水源涵养能力最强的是阔叶林(32930.46万m<sup>3</sup>), 产生价值270052.85万元; 年保育土壤能力最强的同为阔叶林(251.79万t), 产生总价值28028.89万元, 因此, 该地阔叶林涵养水源与保育土壤所产生的经济价值最高; 2) 单位面积年水源涵养量最大的森林类型是毛竹(0.51万m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>), 其产生的经济效益4.15万元·hm<sup>-2</sup>; 年保育土壤

\*基金项目: 国家自然科学基金(31270497, 30240033)。

#通讯作者。

最优的森林类型是阔叶林(38.06 t·hm<sup>-2</sup>), 其直接产生经济价值 0.42 万元·hm<sup>-2</sup>; 对于水源涵养与保育土壤功能最强的森林类型是阔叶林, 年产生价值 4.51 万元·hm<sup>-2</sup>。由于水源涵养与保育土壤功能是森林生态服务功能中最为重要的两个功能, 本研究中得出阔叶林与毛竹在遂昌县研究森林生态系统服务功能总体性评价上, 有着重要的影响力。因此, 在遂昌县的生态林业建设决策中, 建议增加阔叶林的比例, 加快“针改阔工程”步伐, 大力发展毛竹, 以产生更大的森林生态效益。

**关键词:** 森林类型; 水土保持; 保肥; 价值评估

## 1. 引言

水土资源是人类赖以生存与发展的重要物质基础<sup>[1]</sup>, 森林水源涵养功能主要通过三个层次来实现, 即林冠层、枯落物层和土壤层。不同的森林类型, 由于组成植物不同、森林类型不同, 枯落物状况和土壤条件也表现出一定的差异<sup>[2,3]</sup>, 从而影响其保持水土的能力<sup>[4]</sup>。林地土壤是森林生态系统储蓄水分的主要容库<sup>[5]</sup>, 土壤的蓄水能力是评价森林水源涵养、调节水循环的一个重要指标, 其大小与土壤的孔隙度状况、土壤厚度密切相关<sup>[6]</sup>。同时, 森林通过植物根系与改善土壤物理性质, 而产生固土保肥的保育土壤功能也表现出了一定的生态价值<sup>[7]</sup>。因此, 保护森林不仅是防治土壤侵蚀的措施, 也是保持土壤养分的途径。遂昌县地处钱塘江、瓯江之源头, 森林覆盖率达 82.3%, 是浙江省的林业大县, 也是国家级生态示范区, 素有“金山林海、仙县遂昌”的美誉, 森林资源是遂昌最重要的自然资源, 但是, 对该森林生态系统服务功能价值的评估鲜见报道。本研究根据“中国森林生态服务功能评估”的技术规范要求, 在遂昌县典型森林类型中, 抽样调查, 结合现有森林调查资料分析, 研究不同森林类型的水源涵养与保育土壤能力, 进而计算出单位面积保持水土的生态系统服务功能价值, 为相关地区林业生态经济建设的科学决策和自然资源的合理利用提供理论依据。

## 2. 研究区概况

### 2.1. 研究区基本情况

遂昌县位于浙江省西南部, 地处钱塘江、瓯江之源头。东倚武义、松阳县, 南邻龙泉市和福建浦城县, 西接江山市, 西北与衢州市区接壤, 北和龙游、金华市市区毗连。介于东径 118°41'~119°30' 北纬 28°13'~18°49' 之间。海拔在 153~1724.2 m 之间, 全县山地面积大于

丘陵、低山、平原面积的总和, 素有“九山半水半分田”之称, 是个典型的山地县。气候属中亚热带季风类型, 冬冷夏热, 四季分明, 雨量充沛, 空气湿润, 山地垂直气候差异明显。多年平均气温为 16.8℃, 多年平均降水量 1510 mm, 相对湿度 80%左右, 土壤以红壤与黄壤为主。全县土地总面积 381.67 万亩, 森林面积 314.11 万亩, 覆盖率 82.3%。

### 2.2 群落特征

在遂昌县主要森林类型有松林(占 7.79%); 杉木林(占 26.31%)、阔叶林(占 31.41%)、针阔混交林(占 20.80%)、竹林(占 8.49%)和灌木林(占 5.21%), 阔叶林所占比例最大。松林优势种为马尾松(*Pinus massoniana*)、黄杉(*Pseudotsuga sinensis*), 混生有雪松(*Cedrus deodara*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)等树种; 杉木林以杉木为主, 混生有杨树(*Populus sp.*)、榆树(*Ulmus pumila*)、樟树(*Cinnamomum camphora*)等树种; 阔叶林中优势树种为青冈(*Cyclobalanopsis glauca*), 混生有苦槠(*Castanopsis sclerophylla*)、石楠(*Photinia serrulata*)、石栎(*Lithocarpus glaber*)等树种; 针阔混交林主要以马尾松、江南油杉(*Keteleeria cyclolepis*)为优势种, 混生有榉树(*Zelkova serrata*)、蓝果树(*Nyssa sinensis*)、杨树、木荷(*Schima superba*)、檫木(*Sassafras tzumu*)等树种; 竹林以毛竹(*Phyllostachys pubescens*)为主, 同时有极少量马尾松、杉木等树种混生; 灌木林主要是山茶(*Camellia japonica*)、黄杨(*Buxus Sinica*)、杜鹃(*Rhododendron sp.*)、海桐(*Pittosporum tobira*)等。

## 3. 研究方法

对遂昌县主要的 6 种不同森林类型(松林、杉木林、阔叶林、针阔混交林、毛竹、灌木林)研究其水源涵养及保育土壤的差异, 计算出各森林类型年产经济

效益，从而反映出不同森林类型各自服务功能大小。本研究部分基础数据来源于遂昌县林业局调查与监测数据，对遂昌县6种主要森林类型按随机抽样方法抽取80个样地进行常规群落调查(每种类型12~14个样方)。在对所抽取的固定监测小班全面调查的基础上，同时选取典型地段设置面积为20 m×20 m固定样地，具体记录样地郁闭度、土壤等环境因子信息；在每块样地对角线上均匀设置3个2 m×2 m的灌木固定小样方，详细记录灌木株数、盖度等指标。

### 3.1. 枯枝落叶物量测定

在研究80个样地监测小班内每个森林类型随机设置3个0.5 m×0.5 m的小样方，采用四分法，按未分解层、半分解层取样称重，在85℃下烘干，根据含水量求得现存量。枯落物持水量测定采用室内浸泡法，将枯落物样品采回后分别装入尼龙袋(网眼孔径60目)，在清水中浸泡24 h后取出，当无水滴下时立刻称重，计算其最大持水率。枯落物持水量为持水率与枯落物蓄积量的乘积<sup>[8]</sup>。每个小样方进行3个重复。

### 3.2. 土壤测定

环刀法测定土壤容重、土壤非毛管孔隙度等物理性质；半微量凯氏定氮法测定土壤含氮量N(%)；H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-HClO<sub>4</sub>消煮-钼锑抗比色法测定土壤平均含磷量P(%)；火焰光度法测定土壤平均含钾量K(%)；重铬酸钾容量法-外加热法测定土壤有机质平均含量M(<sup>[9]</sup>)。

### 3.3. 水源涵养与保育土壤功能及价值评价

本研究选取调节水量和净化水质两个指标来反映森林水源涵养功能，以及固土与保肥两个指标来反映森林保育土壤功能，并依据“森林生态系统服务功能评估规范”(LY/T 1721-2008)中水源涵养、保育土壤功能实物量评估方法对各森林生态系统水源涵养与保育土壤功能及其价值进行评价<sup>[10]</sup>，即通过计算森林调节水量价值和净化水质价值得到水源涵养价值，以及利用所测固土保肥量计算其固土保肥价值。

#### 3.3.1 水源涵养价值

森林类型调节水量价值和森林类型净化水质价值组成森林水源涵养的价值：

森林年水源涵养量  $V = 10A(V_1 + V_2 + V_3)$

①森林类型调节水量价值  $U_{调} = C_{库}V$

②森林类型净化水质价值  $U_{净} = K_{水}V$

水源涵养总价值  $U = U_{调} + U_{净}$

单位面积水源涵养价值  $U_A = (U_{调} + U_{净})/A$

上式中： $V$ ：森林年水源涵养量( $m^3 \cdot a^{-1}$ )； $V_1$ ：林冠截留量( $mm \cdot a^{-1}$ )； $V_2$ ：枯枝落叶蓄水量( $mm \cdot a^{-1}$ )； $V_3$ ：土壤非毛管孔隙蓄水量( $mm \cdot a^{-1}$ )； $C_{库}$ ：水库库容造价( $元 \cdot m^{-3}$ )； $K_{水}$ ：水的净化费用( $元 \cdot t^{-1}$ )； $U$ ：森林水源涵养价值( $元 \cdot a^{-1}$ )； $U_{调}$ ：森林调节水量价值( $元 \cdot a^{-1}$ )； $U_{净}$ ：森林净化水质价值( $元 \cdot a^{-1}$ )； $U_A$ ：单位面积水源涵养价值( $元 \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ )； $A$ ：林分面积( $hm^2$ )；根据权威部门公布的社会公共数据<sup>[10]</sup>， $C_{库}$ 为6.1107  $元 \cdot t^{-1}$ ， $K_{水}$ 为2.09  $元 \cdot t^{-1}$ 。

#### 3.3.2. 固土保肥价值

森林固土能力和森林保肥能力组成森林保育土壤能力：

①森林固土价值：

森林年固土量  $V_{固土} = A(X_2 - X_1)$

森林年固土价值  $U_{固土} = AC_{土}(X_2 - X_1)/\rho$

②森林保肥价值：

森林年保肥量  $V_{保肥} = V_n + V_p + V_k + V_m$

森林类型年保持氮量  $V_n = N \times A(X_2 - X_1)$ ；

森林类型年保持磷量  $V_p = P \times A(X_2 - X_1)$ ；

森林类型年保持钾量  $V_k = K \times A(X_2 - X_1)$ ；

森林类型年保持有机质量  $V_m = M \times A(X_2 - X_1)$ ；

森林年保肥价值  $U_{保肥} = A(X_2 - X_1)(NC_1/R_1 + PC_1/R_2 + KC_2/R_3 + MC_3)$

上式中： $V_{固土}$ ：森林年固土量( $t \cdot a^{-1}$ )； $U_{固土}$ ：森林年固土价值( $元 \cdot a^{-1}$ )； $X_1$ ：林地土壤侵蚀模数( $t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ )； $X_2$ ：无林地土壤侵蚀模数( $t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ )； $A$ ：森林类型面积( $hm^2$ )； $C_{土}$ ：为挖取和运输单位体积土方所需费用( $元 \cdot m^{-3}$ )； $\rho$ ：林地土壤容重( $t \cdot m^{-3}$ )； $V_{保肥}$ ：森林年保肥量( $t \cdot a^{-1}$ )； $V_n$ ：森林固持土壤而减少的氮流失量( $t \cdot a^{-1}$ )； $V_p$ ：森林固持土壤而减少的磷流失量( $t \cdot a^{-1}$ )； $V_k$ ：森林固持土壤而减少的钾流失量( $t \cdot a^{-1}$ )； $V_m$ ：森林固持土壤而减少的有机质流失量( $t \cdot a^{-1}$ )； $U_{保肥}$ ：林分年保肥价值( $元 \cdot a^{-1}$ )； $N$ ：土壤平均含N量(%)； $P$ ：土壤平均含P量(%)； $K$ ：土壤平均含K量(%)； $M$ ：土壤有机质平均质量分数(%)； $R_1$ ：磷酸二铵含N量

(%); R<sub>2</sub>: 磷酸二铵 P 量(%); R<sub>3</sub>: 氯化钾含 K 量(%); C<sub>1</sub>: 磷酸二铵平均价格(元·t<sup>-1</sup>); C<sub>2</sub>: 氯化钾平均价格(元·t<sup>-1</sup>); C<sub>3</sub>: 有机质平均价格(元·t<sup>-1</sup>); 根据权威部门公布的社会公共数据<sup>[10]</sup>, C<sub>4</sub>为 12.6 元·m<sup>-3</sup>, C<sub>1</sub>为 2400 元·t<sup>-1</sup>, C<sub>2</sub>为 2200 元·t<sup>-1</sup>, C<sub>3</sub>为 320 元·t<sup>-1</sup>。

#### 4. 结果与分析

##### 4.1. 不同森林类型的水源涵养量

由表 1 可知, 遂昌县 6 种主要森林类型中林冠截留量最大的是针阔混交林(302.00 mm·hm<sup>-2</sup>, 占六种森林类型总林冠截留量的 22.61%), 依次为阔叶林、杉木林、毛竹林、松林、灌木林; 枯枝落叶蓄水量最大的是阔叶林(16.05 mm·hm<sup>-2</sup>, 占六种森林类型总枯枝落叶蓄水量的 40.52%), 依次为针阔混交林、松林、毛竹林、杉木林、灌木林; 土壤蓄水量最大的森林类型为毛竹林(248.89 mm·hm<sup>-2</sup>, 占六种森林类型总土壤蓄水量的 22.21%), 依次为阔叶林、松林、针阔混交林、灌木林、杉木林。因此, 在遂昌县 6 种主要森林类型中, 阔叶林、毛竹林的水源涵养能力略优于其他森林类型。在研究水源涵养功能时得出, 林冠截留与土壤层蓄水是森林水源涵养的主导因素, 共计占总量

的 96.78%~99.18%, 枯落物含水量不高与林种及土壤类型等有关, 而森林群落结构和经营特征等因素对其水源涵养能力有影响。

通过资料与试验结果对比计算得到自 2005 年至 2010 年, 单位面积水源涵养量的增加量(表 2), 松林水源涵养增加量为 0.03 万 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>、杉木林为 0.02 万 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>、阔叶林为 0.03 万 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>、针阔混交林为 0.03 万 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>、毛竹林为 0.04 万 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>、灌木林为 0.03 万 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>。由此说明, 森林生长有助于其生态系统水源涵养功能的提高, 而增加的原因与该地各森林类型林龄结构为幼龄林居多, 在生长过程中其面积扩大有关。

##### 4.2. 不同森林类型的固土保肥量

本研究通过对 6 种不同森林类型固土保肥量的测定计算(表 3, 其中土壤侵蚀模数来源于遂昌县林业局调查数据), 得出各森林类型具体年保育土壤参数, 年固土量最大的是阔叶林(36.00 t·hm<sup>-2</sup>), 依次为针阔混交林(35.63 t·hm<sup>-2</sup>)、毛竹林(35.41 t·hm<sup>-2</sup>)、松林(35.29 t·hm<sup>-2</sup>)、杉木林(34.78 t·hm<sup>-2</sup>)、灌木林(34.43 t·hm<sup>-2</sup>)。在土壤保肥能力中, 氮含量在土壤中所占比例排序表

Table 1. Effect of different forest types of water conservation  
表 1. 不同森林类型的水源涵养量

森林类型	林冠截留		枯枝落叶		土壤贮水		水源涵养量			
	林分面积/(hm <sup>2</sup> )	截留量/(mm·hm <sup>-2</sup> )	截留率/(%)	年凋落物量/(t·hm <sup>-2</sup> )	持水量/(mm·hm <sup>-2</sup> )	土层厚度/(mm)	土壤非毛管孔隙度/(%)	土壤蓄水量/(mm·hm <sup>-2</sup> )	总水源涵养量/(万 m <sup>3</sup> )	单位面积水源涵养量/(万 m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> )
松林	16400	250.30	22.75	2.59	4.60	739.20	24.78	183.18	7184.51	0.44
杉木林	55422	259.54	23.59	0.91	3.66	596.00	25.16	149.97	22898.71	0.41
阔叶林	66148	271.51	24.68	1.63	16.05	668.60	31.45	210.27	32930.46	0.50
针阔混交林	43794	302.00	27.45	1.58	9.17	737.50	22.31	164.54	20833.24	0.48
毛竹林	17881	252.51	22.95	1.03	4.13	775.30	32.10	248.89	9039.38	0.51
灌木林	10971	0.00	0.00	1.19	2.00	646.00	25.35	163.77	1818.66	0.17

Table 2. Five years per unit area of water conservation capacity increase  
表 2. 五年间单位面积水源涵养量的增加量

	松林	杉木林	阔叶林	针阔混交林	毛竹林	灌木林
2005 年	0.41	0.39	0.47	0.45	0.47	0.14
2010 年	0.44	0.41	0.50	0.48	0.51	0.17
增加量(万 m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> )	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03

**Table 3. Different forest types of solid fertilizer and soil conservation quantity**  
**表 3. 不同森林类型的固土保肥量**

森林类型	固土			保肥/(t·hm <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )								保育土壤量/(t·hm <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )	
	土壤侵蚀模数/(t·hm <sup>-2</sup> )	土壤容重/(t·m <sup>-3</sup> )	固土量/(t·hm <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )	N (%)	P (%)	K (%)	M (%)	N	P	K	有机质	保肥量	固土保肥量
松林	0.86	1.26	35.29	0.72	0.20	21.57	27.16	0.03	0.01	0.76	0.96	1.76	37.05
杉木林	1.37	1.21	34.78	1.00	0.27	17.29	34.67	0.03	0.01	0.60	1.21	1.85	36.63
阔叶林	0.15	1.13	36.00	1.07	0.24	21.24	37.46	0.04	0.01	0.76	1.35	2.16	38.16
针阔混交林	0.52	1.03	35.63	0.80	0.17	19.00	28.15	0.03	0.01	0.68	1.00	1.72	37.35
毛竹林	0.74	1.06	35.41	1.00	0.28	18.92	35.14	0.04	0.01	0.67	1.24	1.96	37.37
灌木林	1.72	1.14	34.43	1.10	0.31	20.25	33.85	0.04	0.01	0.70	1.17	1.93	36.36

现为针阔混交林(1.42%) > 灌木林(1.21%) > 阔叶林(1.03%) > 杉木林(0.87%) > 松林(0.81%) > 毛竹林(0.45%); 磷含量在土壤中所占比例排序表现为灌木林(0.37%) > 松林(0.35%) > 阔叶林(0.32%) > 杉木林(0.31%) > 针阔混交林(0.26%) > 毛竹林(0.16%); 钾含量在土壤中所占比例排序表现为松林(20.78%) > 阔叶林(20.47%) > 灌木林(18.37%) > 杉木林(15.80%) > 毛竹林(15.63%) > 针阔混交林(10.57%); 有机质含量在土壤中所占比例排序表现为针阔混交林(44.67%) > 灌木林(38.14%) > 阔叶林(35.50%) > 杉木林(32.85%) > 松林(29.92%) > 毛竹林(29.67%); 根据与无林地土壤中主要养分含量的比对, 林地土壤养分明显高于无林地土壤, 即研究地各森林类型均具有土壤保肥能力。各森林类型年保肥能力大小排序为阔叶林(2.06 t·hm<sup>-2</sup>) > 针阔混交林(2.03 t·hm<sup>-2</sup>) > 灌木林(2.00 t·hm<sup>-2</sup>) > 松林(1.83 t·hm<sup>-2</sup>) > 杉木林(1.73 t·hm<sup>-2</sup>) > 毛竹林(1.63 t·hm<sup>-2</sup>)。将 6 种森林类型固土能力与保肥能力相结合, 可直观看出各自保育土壤的能力大小, 从各森林类型单位面积年保育土壤能力上比较(表 3), 最强的为阔叶林(占 17.08%), 其次为针阔混交林、松林、毛竹林、杉木林、灌木林。而对于各森林类型固土保肥能力中, 固土能力远强于保肥能力。阔叶林在总体保育土壤能力和单位面积保育土壤能力中均占优势, 与其丰富的枯落物量、土壤物理结构等方面有很大关系, 此外, 虽然灌木林在总体保育土壤方面欠佳, 但其保肥能力却比松林、杉木林和毛竹要强, 另有研究表明, 灌丛对养分表现出明显的富集效应, 因此, 灌木林在土壤保肥方面有一定的优势<sup>[11]</sup>。

通过资料查询与对比, 得出五年间不同森林类型

**Table 4. The 2005-2010 of different forest types of fertilizer increase**  
**表 4. 2005~2010 年不同森林类型保肥增加量**

	保肥变化量/(t·hm <sup>-2</sup> )			
	N	P	K	M
松林	0.006	0.006	0.082	0.236
杉木林	0.000	0.003	0.036	0.113
阔叶林	0.004	0.004	0.081	0.120
针阔混交林	0.026	0.004	0.203	0.731
毛竹林	0.014	0.003	0.021	0.015
灌木林	0.010	0.004	0.038	0.320

单位面积保肥量的增加量(表 4), 由于土壤有机质影响着土壤肥力, 五年间保持有机质含量最显著的是针阔混交林, 从而可认为针阔混交林的保肥能力增长最快, 可为今后选择合适树种森林类型提供依据。五年间, 影响森林土壤肥力最大的因素是有机质含量和钾含量, 占总增加量的 96%, 其次是氮含量与磷含量。由此说明, 有机质的增加和钾含量的提高对森林土壤肥力的增加有积极影响, 保肥量的提升与该地积极提倡经营的科学化相关。

#### 4.3. 不同森林类型水源涵养与保育土壤价值

根据表 1 表 3 不同森林类型水源涵养量与保育土壤量以及其效益评价的计算<sup>[10]</sup>, 得到相应的各项价值(表 5), 六种森林类型年调节水量价值依次为松林(43902.39 万元)、杉木林(139927.14 万元)、阔叶林(201228.17 万元)、针阔混交林(127305.70 万元)、毛竹林(55236.95 万元)、灌木林(11113.30 万元)。年净化水

Table 5. Unit area water and soil conservation value in different forest type  
表 5. 各森林类型单位面积年水源涵养与保育土壤价值

项目	松林	杉木林	阔叶林	针阔混交林	毛竹林	灌木林
林分面积(hm <sup>2</sup> )	16400.00	55422.00	66148.00	43794.00	17881.00	10971.00
调节水量价值(万元)	43902.39	139927.14	201228.17	127305.70	55236.95	11113.30
净化水质价值(万元)	15015.63	47858.28	68824.68	43541.48	18892.31	3801.00
水源涵养总价值(万元)	58918.02	187785.42	270052.85	170847.18	74129.26	14914.30
单位面积水源涵养价值(万元·hm <sup>-2</sup> )	3.59	3.39	4.08	3.90	4.15	1.36
固土价值(万元)	578.90	2012.96	2648.34	1906.81	755.82	415.89
保肥价值(万元)	6902.31	20942.83	30384.93	17013.54	7351.47	4679.09
保育土壤价值(万元)	7481.21	22955.79	33033.27	18920.35	8107.29	5094.98
单位面积保育土壤价值(万元·hm <sup>-2</sup> )	0.46	0.41	0.50	0.43	0.45	0.46
总价值(万元)	66399.23	210741.21	303086.12	189767.53	82236.55	20009.28
单位面积总价值(万元)	4.05	3.80	4.58	4.33	4.60	1.82

质价值依次为松林(15015.63 万元)、杉木林(47858.28 万元)、阔叶林(68824.68 万元)、针阔混交林(43541.48 万元)、毛竹林(18892.31 万元)、灌木林(3801.00 万元)。各森林类型年水源涵养总价值表现为松林(58918.02 万元)、杉木林(187785.42 万元)、阔叶林(270052.85 万元)、针阔混交林(170847.18 万元)、毛竹林(74129.26 万元)、灌木林(14914.30 万元)。为了更直观具体分析遂昌县不同森林类型水源涵养价值大小,通过计算得到六种森林类型单位面积各自价值量,松林(3.59 万元·hm<sup>-2</sup>)、杉木林(3.39 万元·hm<sup>-2</sup>)、阔叶林(4.08 万元·hm<sup>-2</sup>)、针阔混交林(3.90 万元·hm<sup>-2</sup>)、毛竹林(4.15 万元·hm<sup>-2</sup>)、灌木林(1.36 万元·hm<sup>-2</sup>),说明相同面积下不同森林类型所产生的水源涵养价值不同,表现出的涵养水源能力及其创造经济效益也不相同。

本研究六种森林类型年固土价值依次为松林(578.90 万元)、杉木林(2012.96 万元)、阔叶林(2648.34 万元)、针阔混交林(1906.81 万元)、毛竹林(755.82 万元)、灌木林(415.89 万元)。各森林类型年保肥价值依次为松林(6902.31 万元)、杉木林(20942.83 万元)、阔叶林(30384.93 万元)、针阔混交林(17013.54 万元)、毛竹林(7351.47 万元)、灌木林(4679.09 万元)。则各森林类型年保育土壤价值为松林(7481.21 万元)、杉木林(22955.79 万元)、阔叶林(33033.27 万元)、针阔混交林(18920.35 万元)、毛竹林(8107.29 万元)、灌木林(5094.98 万元)。通过计算,不同森林类型单位面积保

育土壤价值为松林(0.46 万元·hm<sup>-2</sup>)、杉木林(0.41 万元·hm<sup>-2</sup>)、阔叶林(0.50 万元·hm<sup>-2</sup>)、针阔混交林(0.43 万元·hm<sup>-2</sup>)、毛竹林(0.45 万元·hm<sup>-2</sup>)、灌木林(0.46 万元·hm<sup>-2</sup>)。

结合水源涵养价值与保育土壤价值得到植被保持水土方面的一个重要值,经计算,研究区水源涵养与保育土壤总价值依次为松林(66399.23 万元)、杉木林(210741.21 万元)、阔叶林(303086.12 万元)、针阔混交林(189767.53 万元)、毛竹林(82236.55 万元)、灌木林(20009.28 万元);单位面积年森林植被水源涵养与保育土壤的总价值为松林(4.05 万元·hm<sup>-2</sup>)、杉木林(3.80 万元·hm<sup>-2</sup>)、阔叶林(4.58 万元·hm<sup>-2</sup>)、针阔混交林(4.33 万元·hm<sup>-2</sup>)、毛竹林(4.60 万元·hm<sup>-2</sup>)、灌木林(1.82 万元·hm<sup>-2</sup>)。由此可知,在遂昌县主要森林类型水源涵养和保育土壤所产生的经济价值,阔叶林和毛竹林高于其他森林类型,就水源涵养与保育土壤的层面上研究,对以后森林生态建设与发展可提供一定科学理论依据。

除此之外,将此与五年前各森林类型单位面积年水源涵养和保育土壤所产生的总价值作对比,结果表明,各森林类型所产生的价值均有提升,森林的水土保持效益成果明显(图 1)。

## 5. 讨论

森林生态系统服务功能及其价值近年来受到林

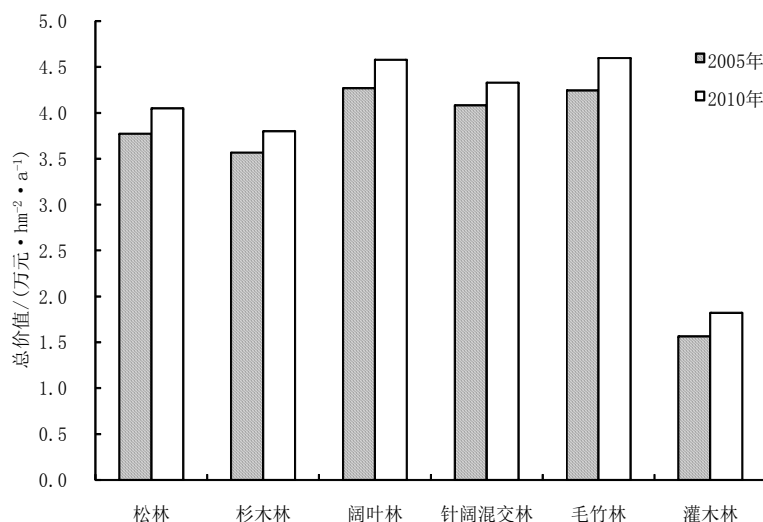


Figure 1. Water conservation and soil conservation value in different forest types  
图 1. 不同森林类型涵养水源与保育土壤总价值

业、生态、经济等领域学者的高度重视，客观评价不同森林类型的服务功能及其价值对于人类加快林业生态建设和实现森林可持续经营具有十分重要的意义，国内从 80 年代起就有对于水土保持方面的研究<sup>[12,13]</sup>。本研究主要对森林水源涵养与保育土壤服务功能及其价值进行评估，在森林水源涵养方面由于不同森林类型的林冠截留量与截留率有一定差异<sup>[14]</sup>，枯落物干物质的最大持水量表示枯落物的持水能力<sup>[15]</sup>，林地土壤比非林地有较高的蓄水能力，林地非毛管孔隙度越大，土壤蓄水量越多<sup>[1-3]</sup>，研究计算得出遂昌县 6 种主要森林类型各自水源涵养量及其价值量；森林的存在起到了明显的保育土壤的作用是由于降雨会造成非林地输出大量泥沙，同时带走土壤中大量的 N、P、K 和有机质，造成土层变薄，土壤肥力降低<sup>[16]</sup>，因此通过对影响土壤固土保肥主要因子作研究，得出遂昌县 6 种主要森林类型各自保育土壤量及其价值量；在研究 6 种主要森林类型水源涵养与保育土壤价值结果上，与有类似研究结果相符<sup>[5,7]</sup>。尽管本研究所用研究方法为常规方法，不能精确计算出遂昌县主要森林类型水源涵养与保育土壤功能价值，且部分数据资源较为局限，仅从整体上对该地这两方面森林生态系统服务功能进行评估，但通过对比计算分析得到阔叶林与毛竹林在水源涵养与保育土壤中具有重要作用(与该地该森林类型面积大小有关)，可以帮助有关地区与部门确定发展水土保持林，减少效益低下的林种，就遂昌县生态系统水土保持功能建设中，增加阔

叶林的比例，加快“针改阔工程”步伐，大力发展毛竹，将产生更大的森林生态效益，为今后林业生态工程决策提供依据。

## 6. 结论

本研究以遂昌县林业局调查与监测数据为基础，根据常规调查方法对遂昌县 6 种主要森林类型水源涵养与保育土壤功能及其价值作评估，结果表明：

1) 6 种主要森林类型年水源涵养总量为 94,704.97 万 m<sup>3</sup>，年保育土壤总量为 786.46 万 t，经计算得到遂昌县 6 种主要森林类型年水源涵养价值为 776,647.03 万元，年保育土壤价值为 95592.89 万元，即其产生水源涵养与保育土壤总价值为 872239.92 万元；2) 在研究的 6 种主要森林类型中，年涵养水源量最大的是阔叶林(32930.46 万 m<sup>3</sup>)，年保育土壤量最大的同为阔叶林(252.42 万 t)，这与当地阔叶林所占森林总体面积比例最大有关，其相应产生水源涵养价值 270052.85 万元(占总水源涵养价值的 34.78%)，保育土壤价值 33033.27 万元(占总保育土壤价值的 34.56%)；3) 单位面积年水源涵养量最大的是毛竹林(0.51 万 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>)，其产生的经济效益 4.15 万元·hm<sup>-2</sup>(占单位面积总水源涵养价值的 20.25%)，年保育土壤最具优势的森林类型是阔叶林(38.16 t·hm<sup>-2</sup>)，其直接产生经济价值 0.50 万元·hm<sup>-2</sup>(占单位面积总保育土壤价值的 18.38%)；4) 通过将研究结果与五年前的研究值进行比对分析，五年间单位面积水源涵养增加量最大的森林类型是毛

竹林( $0.04 \text{ 万 m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ ), 五年间单位面积保育土壤增加量最大的森林类型为针阔混交林( $5.40 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ )。

## 参考文献 (References)

- [1] 王礼先, 解明曙等. 山地防护林水土保持水文生态效益及其信息系统[M]. 北京: 中国林业出版社, 1998: 3.
- [2] 张宏江, 杜士才等. 重庆四面山森林植物群落及其土壤保持与水文生态功能[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [3] 余新晓, 张志强, 陈丽华等. 森林生态水文[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004: 11.
- [4] 巍强, 张秋良, 代海燕等. 大青山不同林地类型土壤特性及其水源涵养功能[J]. 水土保持学报, 2008, 22(2): 111-115.
- [5] 黄进, 张金池, 陶宝先. 江宁小流域主要森林类型水源涵养功能研究[J]. 水土保持学报, 2009, 23(1): 182-186.
- [6] 孙艳红, 张洪江, 杜士才等. 四面山不同林地类型土壤特性及其水源涵养功能[J]. 水土保持学报, 2009, 23(5): 109-112.
- [7] 王顺利, 刘贤德, 王建宏等. 甘肃省森林生态系统保育土壤功能及其价值评估[J]. 水土保持学报, 2011, 25(5): 35-39.
- [8] 中华人民共和国林业行业标准. 森林土壤分析方法[M]. 北京: 中国标准出版社, 1999: 1-108.
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析(第3版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [10] 《中国森林生态服务功能评估》项目组. 中国森林生态服务功能评估[M]. 北京: 中国林业出版社, 2010.
- [11] 贺山峰, 王娟, 邱兰兰等. 科尔沁沙地小叶锦鸡儿群落保育土壤作用的研究[J]. 水土保持通报, 2009, 29(3): 73-77.
- [12] G. Daily. What are ecosystem services? In: G. Daily, Ed., *Natures Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*, Washington DC: Island Press, 1997: 1-10.
- [13] H. Guo, B. Wang, X. Q. Ma, et al. Evaluation of ecosystem services of Chinese pine forests in China. *Science in China Series C: Life Sciences*, 2008, 51(7): 662-670.
- [14] 莫菲, 李叙勇, 贺淑霞等. 东灵山林区不同森林植被水源涵养功能评价[J]. 生态学报, 2011, 31(17): 5009-5016.
- [15] 李奕, 满秀玲, 蔡体久等. 大兴安岭山地樟子松天然林土壤水分物理性质及水源涵养功能研究[J]. 水土保持学报, 2011, 25(2): 87-91.
- [16] 白杨, 欧阳志云, 郑华等. 海河流域森林生态系统服务功能评估[J]. 生态学报, 2011, 31(7): 2029-2039.