

Water Conservation Quantity and Value Estimation of Forest Ecosystem in Northeast State-Owned Forest Region Based on Water Balance Method

Xi Liu¹, Jingwei Liu^{1,2*}

¹Northeast Forestry University, Harbin Heilongjiang

²Ecological Civilization Construction and Green Development of Heilongjiang Province, Harbin Heilongjiang
Email: *754220456@qq.com

Received: Apr. 27th, 2020; accepted: May 21st, 2020; published: May 28th, 2020

Abstract

In this paper, the water balance method was used to estimate the conservation water source of forest ecosystem service function in northeast China's state-owned forest regions. The results showed that the annual regulation water amount of forest ecosystem in northeast China's state-owned forest regions was 41.06 billion $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$, which was 10.93 billion $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ in Heilongjiang province, 19.73 billion $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ in Jilin province, and 10.4 billion $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ in Inner Mongolia. The total value of water conservation is 530.68 billion $\text{yuan} \cdot \text{a}^{-1}$, 183.2 billion $\text{yuan} \cdot \text{a}^{-1}$ in Heilongjiang province, 227.98 in Jinlin and 119.5 billion $\text{yuan} \cdot \text{a}^{-1}$ in Inner Mongolia. In terms of forest types, broad-leaved mixed forest had the most water conservation value, followed by deciduous pine forest and Mongolica forest.

Keywords

Water Balance, Ecosystem Service, Water Reservation Value

基于水分平衡法东北国有林区森林生态系统涵养水源量与价值估算

刘 曦¹, 刘经纬^{1,2*}

¹东北林业大学, 黑龙江 哈尔滨

²黑龙江省生态文明建设与绿色发展智库, 黑龙江 哈尔滨
Email: *754220456@qq.com

*通讯作者。

收稿日期: 2020年4月27日; 录用日期: 2020年5月21日; 发布日期: 2020年5月28日

摘要

本文采用水分平衡法对东北国有林区森林生态系统服务功能之涵养水源进行估算, 结果表明: 东北国有林区森林生态系统每年调节水量共计410.6亿 $\text{m}^3\cdot\text{a}^{-1}$, 分别是黑龙江109.3亿 $\text{m}^3\cdot\text{a}^{-1}$, 吉林197.3亿 $\text{m}^3\cdot\text{a}^{-1}$, 内蒙古104亿 $\text{m}^3\cdot\text{a}^{-1}$ 。涵养水源价值总量为5306.8亿元 $\cdot\text{a}^{-1}$, 分别是黑龙江1832亿元 $\cdot\text{a}^{-1}$, 吉林2279.8亿元 $\cdot\text{a}^{-1}$ 和内蒙古均1195亿元 $\cdot\text{a}^{-1}$ 。从森林类型来看, 涵养水源价值量最多的是阔叶混交林, 落叶松林次之, 樟子松林最少。

关键词

水分平衡法, 生态系统服务, 涵养水源价值

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

生态系统服务是指人类从生态系统中所获得的收益, 是人类福祉和可持续发展的基础[1]。在众多生态系统服务中, 水源涵养服务占据着重要的地位[2]。森林生态系统在涵养水源方面具有十分显著的作用[3][4][5]。自20世纪中叶以来, 众多学者对森林生态系统水源涵养功能的水文过程和形成机制以及价值计算开展了大量卓有成效的研究[6][7]。例如, 上世纪八九十年代基于能值理论的森林涵养水源研究[8][9][10], 进入21世纪研究方法不断进步, 模型模拟与GIS结合等新的评估方式被逐渐地应用到生态系统服务功能的评估中来[11]-[18]。

东北国有林区是指黑龙江、吉林、内蒙古等省区国有的天然林区, 主要分布在大、小兴安岭、完达山、长白山等地, 森林面积3778.49万公里, 占全国森林总面积的21.6%; 森林蓄积量31.56亿立方米, 占全国总量的26.09%, 资源优势十分明显。是国家森林资源的重点区域[19][20]。

有关该地区森林服务功能研究大都针对个别区域森林群落和林分类型, 大区域尺度的研究成果较少。本文基于森林资源二类调查数据, 采用水量平衡方程对区域森林生态系统水源涵养能力进行计算, 分析水源涵养总量与价值特征, 评价其重要性, 以期为水源涵养林的布局优化、森林生态系统的管理提供依据。

2. 研究区概况

研究区主要分布于黑龙江省、吉林省和内蒙古自治区东部(E117°06'~135°05', N41°25'~53°23'), 东西跨度约1300 km, 南北距离达1400 km。包括: 吉林森工集团、长白山森工集团、龙江森工集团和大兴安岭林业集团, 其中吉林森工集团和长白山森工集团在统计年鉴中统称“吉林集团”(图1)。该区地形地貌、气候、土壤和植被类型差异明显, 森林广袤, 野生动植物资源丰富。主要地貌类型有山地、丘陵、平原和高原, 海拔在30~1600 m之间。位于亚欧大陆东部, 大部分地区属中温带, 只有北部部分地区属寒温带, 从东南向西北依次由湿润气候过渡到半湿润半干旱气候再到干旱气候。降雨量分布季节、区域差异较大, 东北天保工程区年平均降雨量在400~600 mm, 内蒙古东部降水在150~450 mm。由于地形地貌、

气候和土壤类型的差异,其植物区系分布复杂多样,主要植被类型有落叶松(*Larix gmelinii* (Rupr.) Kuzen.)、樟子松(*Pinussylvestris* L. var. *mongolica* Litv.)、白桦(*Betula platyphylla* Suk.)、柳树(*Salix babylonica* L.)、柞树(*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.)、针叶林、落叶混交林、针阔混交林和落叶阔叶林等。

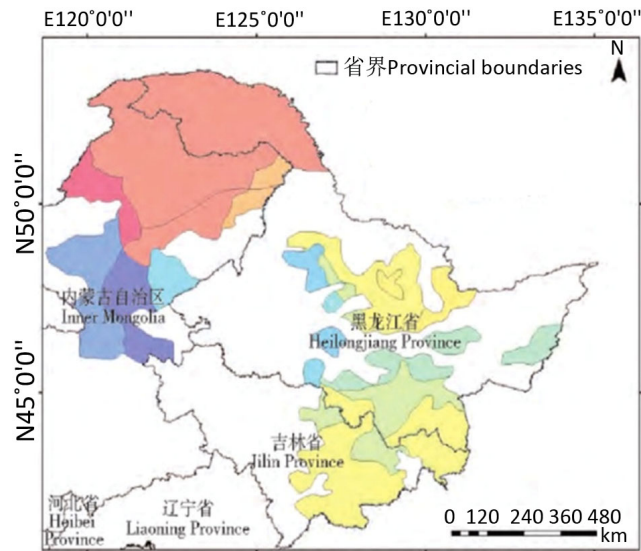


Figure 1. Study area
图 1. 研究区域

3. 数据来源与研究方法

3.1. 数据来源

该研究数据主要来源主要包括:

- 1) 物质质量的测算数据: 所需的评估参数主要由森林资源二类调查数据和生态站野外监测及文献[21]-[27]。
- 2) 价值量的测算数据: 主要来源于我国权威机构所公布的社会公共数据及文献[21]-[27]。
- 3) 森林生态数据: 主要来源于森林生态站和辅助观测样地的长期观测数据。

3.2. 研究方法

本研究主要采用国家林业局 2008 年 5 月 1 日开始实施的林业行业标准《森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T1721-2008) [21] (以下简称《规范》) 进行评估。结合野外调查数据与室内实验实测数据, 定量计算分析了涵养水源的物质质量与价值量。

森林生态系统涵养水源物质质量:

$$G_{\text{调}} = 10A(P - E - C)F$$

式中, $G_{\text{调}}$ 为森林生态系统涵养水源物质质量, $10^8 \text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$; P 实测林木外降水量, $\text{mm} \cdot \text{a}^{-1}$; E 实测林分蒸腾量, $\text{mm} \cdot \text{a}^{-1}$; C 实测地表快速径流量, $\text{mm} \cdot \text{a}^{-1}$; A 林分面积, hm^2 ; F 森林生态功能修正系数。

森林生态系统涵养水源价值量:

$$U_{\text{调}} = 10C_{\text{库}}A(P - E - C)Fd$$

式中, $U_{\text{调}}$ 为森林生态系统涵养水源价值量, $10^8 \text{元} \cdot \text{a}^{-1}$; $C_{\text{库}}$ 为水库库容造价, $10^8 \text{元} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

4. 结果与分析

4.1. 东北国有林区森林生态系统服务功能的测算结果

经估算(图 2), 东北国有林森林生态系统调解水总量为吉林 > 黑龙江 > 内蒙古, 涵养水源物质量分别为 197.3 亿 $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$, 109.3 亿 $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$, 104 亿 $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$, 占涵养水源服务总量的 48%, 27%和 25%。

涵养水源服务总价值吉林 > 黑龙江 > 内蒙古, 分别为 2279.8 亿元 $\cdot \text{a}^{-1}$, 1832 亿元 $\cdot \text{a}^{-1}$ 和 1195 亿元 $\cdot \text{a}^{-1}$, 占涵养水源服务总价值量的 43%, 35%和 22%。

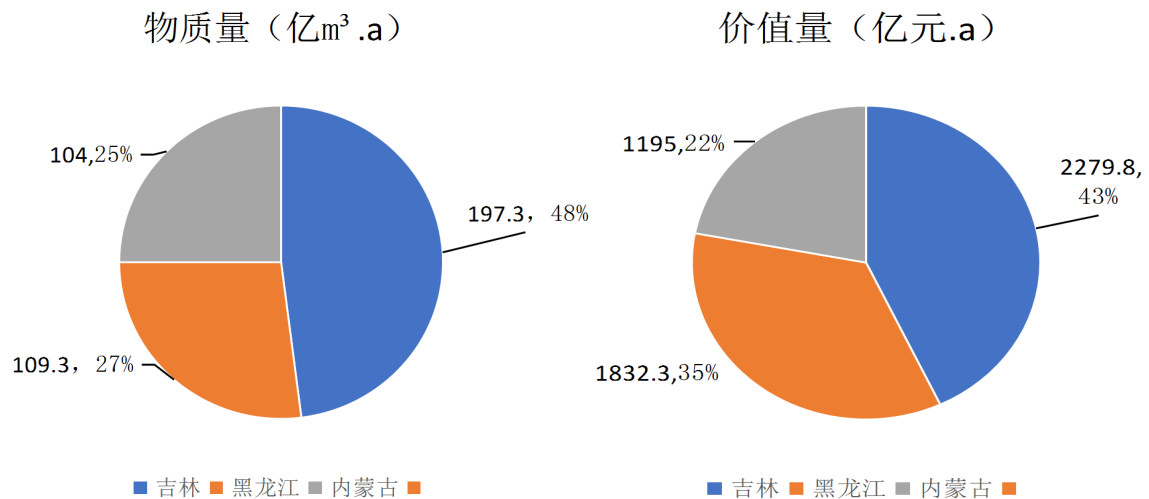


Figure 2. Quality and value of water conservation in northeast state-owned forests

图 2. 东北国有林区森林生态系统涵养水源物质量与价值量

4.2. 不同林型森林生态系统服务功能价值结果

经计算(表 1), 东北国有林区不同森林类型涵养水源能力不同, 黑龙江和吉林调节水量最多的是阔叶混交林, 价值量分别是 970.96 亿元 $\cdot \text{a}^{-1}$ 和 761.215 亿元 $\cdot \text{a}^{-1}$ 占地区调节水量的 68%和 50%。内蒙古调节水量最多的是落叶松林, 价值量为 807 亿元 $\cdot \text{a}^{-1}$, 占 68%。最少的均是樟子松林, 值量分别是 18.2 亿元 $\cdot \text{a}^{-1}$, 7.17 亿元 $\cdot \text{a}^{-1}$ 和 3.48 亿元 $\cdot \text{a}^{-1}$, 分别占地区该功能项总价值量的 0.3%, 0.6%和 1.5%。本研究黑龙江、吉林和内蒙古四种林型该功能总价值量分别占地区该功能总价值量的 62%, 48%和 99%, 占有所有服务功能总价值量的 17%, 16%和 23%。

Table 1. Ecosystem service value in the northeast state-owned forests

表 1. 东北国有林区不同森林生态系统服务价值 10^8 元 $\cdot \text{a}^{-1}$

省份	林分类型	面积/ hm^2	涵养水源
黑龙江	阔叶混交林	38.63	970.96
	樟子松林	9.12	3.48
	杨桦林	293.55	36.64
	落叶松林	340.77	128.24
	樟子松林	47.842	7.17
	杨桦林	27.1215	239
	落叶松林	11.9250	103.965

Continued

内蒙古	阔叶混交林	28.2553	25
	樟子松林	11.37	18.2
	杨桦林	289	340
	落叶松林	511	807

5. 讨论

水源涵养是生态系统服务功能的重要组成部分,其概念因研究者有不同理解,采用的评估方法不同、数据不同,不同学者对同一地区水源涵养价值量与物质质量计算结果差异较大,可比性较差。本研究中仅对东北国有林区森林生态系统涵养水源的物质质量和价值量进行评估,依据的是《森林生态系统服务评估规范(LY/T 1721-2008)》中的社会公共数据,这些参数在不同区域因当地经济情况和社会情况稍有不同,但本研究采用均一化的参数标准,数据的校正有待进一步研究,因此构建更合理的评估指标体系和完善相关的评估方法仍是今后森林生态系统服务功能评估的研究重点。

本研究中阔叶混交林和落叶松林在水源涵养服务功能中所占比例较高,说明这2种优势树种的保护以及应加大对这些树种的繁育力度,增加林分面积,以提供更多的生态服务。

需要生态服务提供的区域可能很多,但保护与补偿资金有限,为了提高资金的使用效率,需要依据区域和林分个体情况,选择合适的生态服务提供者,本研究数据结果可以作为基础数据,提供参考。

森林生态系统的生态服务功能随着资源再生性和政策性变化而动态变化的,坚持森林生态系统长期定位研究,结合遥感影像观测等多种尺度的森林生态服务功能的监测和评估,更有助于提高森林生态系统服务评估的准确性,数据内容也更详细,具有一定说服力。

基金项目

国家林业局重点项目“东北国有林区生态系统服务与生态文明建设研究”(2015-01)。

参考文献

- [1] 傅伯杰. 生态系统服务与生态安全[M]. 北京: 高等教育出版社, 2013.
- [2] 刘菊, 傅斌, 张成虎, 等. 基于 InVEST 模型的岷江上游生态系统水源涵养量与价值评估[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(3): 577-586.
- [3] Narain, P., Singh, K., Sindhwal, N.S., et al. (1997) Agroforestry for Soil and Water Conservation in the Western Himalayan Valley Region of India Crop and Tree Production. *Agroforestry Systems*, **39**, 175-189. <https://doi.org/10.1023/A:1005916713956>
- [4] Hirota, M., Holmgren, M., Van Nes, E.H., et al. (2011) Global Resilience of Tropical Forest and Savanna to Critical Transitions. *Science*, **334**, 232-235. <https://doi.org/10.1126/science.1210657>
- [5] 张文广, 胡远满, 张晶, 等. 岷江上游地区近 30 年森林生态系统水源涵养量与价值变化[J]. 生态学杂志, 2007, 26(7): 1063-1067.
- [6] 刘世荣, 温远光, 王兵. 中国森林生态系统水文生态功能规律[M]. 北京: 中国林业出版社, 1996.
- [7] 鲁绍伟, 毛富玲, 靳芳, 等. 中国森林生态系统水源涵养功能[J]. 水土保持研究, 2005, 12(4): 223-226.
- [8] Odum, H.T. (2000) *Eodeling for All Scales*. Academic Press, San Diego.
- [9] Odum, H.T. (1986) *Emergy in Ecosystems*. John & Sons, New York, 337-369.
- [10] Odum, H.T. (1988) Self-Organization, Transformity. *Information Science*, **242**, 1132-1139. <https://doi.org/10.1126/science.242.4882.1132>
- [11] Boumans, R., Costanza, R., Farley, J., et al. (2002) Modeling the Dynamics of the Integrated Earth System and the Value of Global Ecosystem Services Using the GUMBO Model. *Ecological Economics*, **41**, 529-560.

[https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00098-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00098-8)

- [12] Villa, F., Wilson, M.A., Groot, R.D., *et al.* (2002) Designing an Integrated Knowledge Base to Support Ecosystem Services Valuation. *Ecological Economics*, **41**, 445-456. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00093-9](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00093-9)
- [13] Konarska, K.M., Sutton, P.C. and Castellon, M. (2002) Evaluating Scale Dependence of Ecosystem Service Valuation: A Comparison of NOAA-AVHRR and Landsat TM Datasets. *Ecological Economics*, **41**, 491-507. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00096-4](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00096-4)
- [14] Liu, W., Cai, T., Fu, G., *et al.* (2013) The Streamflow Trend in Tangwang River Basin in Northeast China and Its Difference Response to Climate and Land Use Change in Sub-Basins. *Environmental Earth Sciences*, **69**, 51-62. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-1933-3>
- [15] Tan-Soo, J.S., Adnan, N., Ahmad, I., *et al.* (2016) Econometric Evidence on Forest Ecosystem Services: Deforestation and Flooding in Malaysia. *Environmental Resource Economics*, **63**, 25-44. <https://doi.org/10.1007/s10640-014-9834-4>
- [16] Mori, A.S., Lertzman, K.P. and Gustafsson, L. (2017) Biodiversity and Ecosystem Services in Forest Ecosystems: A Research Agenda for Applied Forest Ecology. *Journal of Applied Ecology*, **54**, 12-27. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12669>
- [17] Moore, B. (2013) Framing Nature's Value: Defining Evidence in the UK National Ecosystem Assessment. Society for Social Studies of Science, London.
- [18] Bhandari, A.R., Khadka, U.R. and Kanel, K.R. (2018) Economic Value of Cultural Ecosystem Services: An Assessment from Protected Forest of Nepal. *International Journal of Science & Research*, **7**, 2068-2071.
- [19] 张占贞. 东北国有林区林业产业集群生态系统演进与成长研究[D]: [博士学位论文]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2011.
- [20] 陈思. 东北国有林区森林食品产业结构与集聚耦合发展演进机理研究[D]: [博士学位论文]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2019.
- [21] LY/T 1721-2008. 森林生态系统服务功能评估规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [22] 管清成, 徐丽娜, 赵忠林, 宋彦彦, 等. 吉林省白石山林业局森林生态系统服务功能价值评估[J]. 中国科技大学学报, 2019, 11(39): 56-62.
- [23] 石小亮. 吉林森工集团森林生态系统服务价值评价及预测研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京林业大学, 2015.
- [24] 郝运. 吉林省生态系统服务价值估算研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 东北师范大学, 2004.
- [25] 黄龙生, 王兵, 牛香, 等. 基于分布式测算方法的森林生态效益研究[J]. 温带林业研究, 2018, 1(1): 8-13.
- [26] 韦昌雷. 黑龙江大兴安岭森林固碳释氧生态服务功能价值评估[J]. 防护林科技, 2017, 12(171): 40-79.
- [27] 王晓宏. 内蒙古大兴安岭森林生态系统生态服务功能评估[D]: [硕士学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2014.