

文章编号:1001-7380(2019)01-0029-05

# 基于江苏省森林资源普查成果的生态效益评价与分析

李思刚,蒋婷婷,曹国华,刘斌\*

(江苏省森林资源监测中心,江苏 南京 210036)

**摘要:**根据江苏省最近的森林资源普查数据,提取各级各类树种、林种、面积和蓄积等相关因子,结合当前国内外生态效益评价有关研究成果,从森林碳汇、涵养水源、保育土壤、净化环境、森林防护、森林游憩和生物多样性等7个方面,对江苏森林资源生态效益进行了评价分析。结果表明:(1)江苏森林资源取得了显著增长,但是与其他省相比,江苏森林资源总量仍较少,全省人均森林面积 $0.02\text{ hm}^2$ ,人均森林蓄积 $1.091\text{ m}^3$ ,远低于全国人均水平,森林产生的生态效益与社会经济发展对林业的生态需求相差较大。(2)森林碳汇有较大提升潜力。江苏作为平原人工造林地区,随着可造林绿化土地资源的减少,全省森林蓄积量的提高将主要依靠森林质量的提升。目前,全省乔木林单位面积蓄积量为 $61.27\text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,与全国平均和发达国家相比仍有较大差距,林地生产力和生态质量的提高都有较大潜力。(3)生态补偿机制较为单一。从森林生态效益评价结果来看,全省生态公益林补偿标准与森林资源发挥的巨大生态效益和生态价值相比,仍相差甚远,江苏尚未真正建立依靠政府、社会、市场等多元化筹资机制所应形成的生态效益补偿基金,当前的补偿标准难以适应全省生态公益林保护与管护的现实需要。

**关键词:**江苏;森林资源;碳汇;涵养水源;生态效益;评价

中图分类号:F062.2;S757.2;X171.1

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2019.01.007

## Ecological benefit evaluation and analysis based on forest census in Jiangsu Province

Li Sigang, Jiang Tingting, Cao Guohua, Liu Bin\*

(Forest Resources Monitoring Centre of Jiangsu Province, Nanjing 210036, China)

**Abstract:** Based on the latest forest resource census data in Jiangsu Province, some relevant factors were applied such as tree species, kinds of forest, area and accumulation at all levels. Combining with the research achievements of ecological benefit evaluation at home and abroad, we evaluated and analyzed the ecological benefits of forest resources in Jiangsu from seven aspects: forest carbon sink, water conservation, soil conservation, environmental purification, forest protection, forest recreation and biodiversity. The results showed that (1) By now, the forest resources have increased significantly in Jiangsu Province, yet with total amount smaller than other provinces. The per capita forest area of Jiangsu Province was  $0.02\text{ hm}^2$ , with  $1.091\text{ m}^3$  of the per capita forest stock, far below the national level. There was a wide gap between the ecological benefit of forests and the ecological needs of social and economic development. (2) Forest carbon sinks had great potential for improvement. For Jiangsu, a plain area of artificial afforestation, with its decrease of afforestation land, forest stock in the whole province will mainly depend on the improvement of forest quality. At present, arbor forests in the province was  $61.27\text{ m}^3/\text{hm}^2$ , still far behind the whole country and developed countries, showing great potential in forest productivity and ecological quality. (3) The ecological compensation mechanism is relatively single. According to the forest ecological benefit evaluation, the compensation standard of ecological public welfare forest in Jiangsu Province is not parallel with the enormous ecological benefit and value of forest resources. This province has not really established a compensation fund for ecological benefits, which relies on the government, society, market and other diversified financing mechanisms.

收稿日期:2019-01-10;修回日期:2019-02-03

基金项目:江苏省森林资源调查项目;国家林业局森林资源管理项目

作者简介:李思刚(1979-),男,湖南岳阳人,高级工程师,大学本科毕业。主要从事森林资源监测工作。E-mail:Lsg@jsagri.gov.cn。

\*通信作者:刘斌(1966-),男,江苏盐城人,研究员级高级工程师。主要从事森林资源监测工作。E-mail:Liubin@jsforestry.gov.cn。

The current compensation standard is difficult to meet the actual needs of ecological forest protection and management of ecological public welfare forests in Jiangsu Province.

**Key words:** Jiangsu; Forest resource; Carbon sink; Water conservation; Ecological benefit; Evaluation

森林资源是重要的环境资源和生态资源,在维护和改善人民生存环境、保持水土、涵养水源、调节气候、建设生态文明等方面发挥巨大生态效益,是社会经济发展不可缺少的部分。森林生态效益是无形的,其生态功能对于人类生存和发展的价值只有用经济价值的形式来体现,才能给人以直观的概念。目前森林生态效益的研究日益受到林业经济学家和生态学家的重视,也取得了一些成果,国内许多学者对森林生态效益的内涵和定义做了探讨,部分省结合当地森林资源现状对森林生态效益进行了计算与评估。

江苏是经济发达的平原地区,森林资源总量和人均拥有量较低,随着生态文明建设的不断强化,生态效益和社会效益日益受到社会关注,因此,客观评价和衡量森林的生态效益,对提高森林的利用率具有重要意义。笔者以全省最近的森林资源二类调查(普查)数据<sup>[1-2]</sup>为基础,参考有关国内森林生态价值评估的研究成果,对江苏森林产生的生态价值进行了评价与分析,为森林生态效益评价和应用提供参考。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究资料

以江苏最近开展并完成的森林资源普查成果数据为基础,以航空遥感影像作为森林资源实地调查主要信息源,共获取全省森林资源调查的105.4万个小班,6.6万个四旁树样地,8.0万条角规记录,189.8万条样方记录,2.2万条散生木记录。本研究采用的森林资源基础数据均来源于本次普查成果,评估方法采用方精云等建立的各个林分类型生物量与蓄积量之间的回归方程,计算其相应的森林碳汇,结合江苏有关研究情况,采用温作民研究的江苏省森林生态价值评估方法计算森林其他生态价值。

### 1.2 研究方法

全球森林面积仅占陆地面积的27%,却储存了全球80%以上的地上碳储量和40%左右的全球土壤碳储量<sup>[3-4]</sup>。森林光合和呼吸作用与大气之间的年碳交换量高达陆地生态系统年碳交换量的90%,

森林生态系统在维持全球碳平衡,以及减缓温室效应和调节全球气候等方面起着不可替代的作用,森林生态系统的碳汇功能已经得到了广泛认同和证实<sup>[5]</sup>。目前,森林碳汇效益通常采用森林碳储量计算,以方精云等<sup>[4]</sup>建立的各个林分类型生物量与蓄积量之间的回归方程,计算其相应的生物量。按照国内生物量碳计量参数研究情况,采用国际上常用的转换系数计算,参加测算的森林植被碳储量包括乔木林、灌木林、经济林以及竹林的碳储量,未包括林下草本层、凋落物层及林木根系等碳储量<sup>[6]</sup>。

#### 1.2.1 森林碳汇计量方法<sup>[7-9]</sup>

(1)乔木林生物量的计算公式: $Y=AX+B$ ( $Y$ 为每公顷生物量, $X$ 为每公顷蓄积量, $A$ 和 $B$ 为参数)<sup>[10]</sup>。

表1 江苏省主要乔木树种生物量测算

树种	$Y/(t/hm^2)$	$A$	$B$	$X/(m^3/hm^2)$
杨树	65.660 8	0.475 4	30.603 4	73.743 0
阔叶树	26.124 2	0.756 4	8.310 3	23.550 9
栎树	77.513 6	1.328 8	3.899 9	55.398 6
马尾松	26.038 6	0.520 0	0.000 0	50.074 2
水杉	83.786 7	0.415 8	41.331 8	102.104 2
杉木	46.893 3	0.399 9	22.541 0	60.896 1
柏木	52.778 8	0.612 9	26.145 1	43.455 3
阔叶混	111.351 4	0.625 5	91.001 3	32.534 1
刺槐	35.783 2	0.756 4	8.310 3	36.320 7

(2)灌木经济林生物量的计量。通常采用公式:经济林的生物量=单位面积平均生物量×面积。单位面积平均生物量采用我国经济林的平均生物量23.7 t/hm<sup>2</sup>。

(3)其他灌木林生物量的计量。依据公式:灌木总生物量=单位面积灌木生物量×面积来计算。灌木林的生物量利用我国秦岭淮河以南的灌木林平均生物量值19.76 t/hm<sup>2</sup>。

(4)竹林生物量的计量。竹林的总生物量是由总株数和平均单株平均生物量来推算。毛竹的单株平均生物量为22.5 kg/株。

森林碳汇一般是指从空气中清除二氧化碳的过程、活动、机制。在林业中主要是指植物吸收大气中的二氧化碳并将其固定在植被或土壤中,从而

减少该气体在大气中的浓度。森林碳汇功能属于典型的公共产品,不能通过市场经济机构即市场进行交易。按照《森林生态系统服务功能评估规范》<sup>[5]</sup>,采用瑞典的碳税率(1 200 元/t)评价森林生态系统固碳价值。

1.2.2 森林涵养水源计量方法<sup>[11-12]</sup> 森林涵养水源价值包括森林防洪价值和森林增加水资源价值。江苏省森林年涵养水源量用下式计算: $Q=J \times R \times R_1$  ( $Q$ 为森林涵养水源量, $J$ 为区域年总降水量, $R$ 为森林覆盖率, $R_1$ 为森林降水贮存量占有林地降水量的百分比)。根据江苏气象水文资料, $J$ 取年降水量1 052 亿  $m^3$ , $R$ 取调查森林覆盖率 17.87%, $R_1$ 为 30%,计算江苏省森林年涵养水源量为 56.397 7 亿  $m^3$ ,森林防洪以库容成本取 6 元/ $m^3$ ,森林提供水源价值以森林涵养水源水质达到生活用水为标准,取当地生活用水均价,约 3 元/ $m^3$ 。

1.2.3 森林保育土壤计量方法<sup>[13-15]</sup> 森林保育土壤价值主要包括固土价值和保肥价值。

(1) 森林固土价值。森林固土价值用下式计算: $V_1=k \times S \times G \times d$  ( $V_1$ 为森林固土价值, $k$ 为挖 1 t 泥沙的费用, $S$ 为森林总面积, $G$ 为进入河道的或水库中的泥沙占总泥沙流失量的比值, $d$ 为有林地比无林地减少的年侵蚀量)。根据全省调查数据和有关研究,森林总面积  $S$  为 183.445 万  $hm^2$ ,有林地比无林地每年减少土表减失量  $d$  为 36.85 t/ $hm^2$ ,进入河道径道中的固体物质约为泥沙流失量的 1/2,即  $G=0.5$ ,挖 1 t 泥沙的费用  $k$  取 2 元。

(2) 森林保肥价值。森林保肥价值计算公式为:

$V_2 = d \cdot S \cdot \sum_{i=1}^3 P_{1i} \cdot P_{2i} \cdot P_{3i}$  其中, $V_2$ 为森林保肥价值; $d, S$ 同上式; $P_{1i}$ 为森林土壤中 N, P, K 含量(%); $P_{2i}$ 纯 N, P, K 折算成化肥的比例; $P_{3i}$ 为各类化肥在当地的销售价。森林土壤含 N 量为 0.370%,含 P 量为 0.108%,含 K 量为 2.239%; $P_{2i}$ 取 N, P, K 分别折算成碳酸氢铵、磷酸二铵和氯化钾的比率,即分别取值 79/14, 132/31, 74/39;各类化肥销售价根据江苏化肥市场的调查,结果约 1 300 元/t。

1.2.4 森林净化环境计量方法<sup>[16]</sup> 森林净化环境价值主要包括森林吸收空气中的有害气体  $SO_2$ ,  $NO_x$ ,  $Cl_2$ 、滞留 TSP,减少病菌、减弱噪音等<sup>[6]</sup>。

(1) 森林吸收  $SO_2$  的价值。根据有关研究成果,

森林对  $SO_2$  的吸收能力为针叶林 215.6 kg/ $hm^2$ ,阔叶林为 88.65 kg/ $hm^2$ 。 $SO_2$  的治理费用取 0.6 元/kg。则森林吸收  $SO_2$  的价值 = 0.6 × [215.6 × 针叶林面积 + 88.65 × 阔叶林面积]。

(2) 森林吸收 HF 的价值。据研究,森林对 HF 的吸收能力平均为针叶林 0.5 kg/ $hm^2$ ,阔叶林为 4.65 kg/ $hm^2$ ;森林吸收 HF 的价格采用燃煤炉窑大气污染物排放费等筹资性标准的平均值 0.16 元/kg。则森林吸收 HF 的价值 = 0.16 × [0.5 × 针叶林面积 + 4.65 × 阔叶林面积]。

(3) 森林吸收  $NO_x$  的价值。据有关研究成果,每公顷吸收  $NO_x$  量为 6 kg,吸收  $NO_x$  的价格采用中国大气污染物排放收费标准的筹资性标准,平均值为 1.34 元/kg。

(4) 森林阻滞降尘的价值。据有关研究成果,阔叶林的阻滞降尘为 10.11 t/ $hm^2$ ,针叶林的阻滞降尘为 33.2 t/ $hm^2$ ,阻滞降尘的价格采用煤炉窑大气污染物排污标准的平均值为 0.56 元/kg。江苏省森林阻滞降尘的价值 = 0.56 × [33.2 × 针叶林面积 + 10.11 × 阔叶林面积]。

1.2.5 森林防护计量方法<sup>[17]</sup>

(1) 农田防护价值。江苏农田防护林 67 349.05  $hm^2$ ,按年防护价值 9 911.97 元/ $hm^2$  计算;

(2) 防风固沙价值。江苏防风固沙林 32 765.86  $hm^2$ ,按年防护价值 148.07 元/ $hm^2$  计算;

(3) 水土保持价值。江苏水土保持林 99 370.49  $hm^2$ ,按年防护价值 826.0 元/ $hm^2$  计算。

1.2.6 森林游憩计量方法<sup>[18]</sup> 按照我国传统的风景区“环境容量”中“年卡口容量”2 000  $m^2$ /(人·d)计算,如果按每人每年只旅游 1 d,则需要的森林公园面积为 0.2  $hm^2$ ,那么 1  $hm^2$  森林的旅游者剩余为 10 564.35 元,以单位面积森林游憩效能与生态公益林地面积相乘,得到江苏森林游憩价值。

1.2.7 森林生物多样性计量方法<sup>[18]</sup> 根据张颖对中国森林生物多样性价值评价的研究,将全国森林划分为 9 个区,分别测试其生物多样性价值。江苏属于南方区与华北区之间,其森林生物多样性价格取中间值为 38 622 元/ $hm^2$ 。以江苏现有自然保护区面积和珍稀濒危植物及重点保护动物种类计算成本生物多样性价值。

## 2 结果与分析

### 2.1 森林生态效益价值

根据江苏森林资源普查结果,计算以上7个方面19项生态效益结果,全省森林资源产生的相对可货币化的生态资源年保值效益为1 458.49亿元。

表2 江苏森林生态效益汇总

序号	森林生态效益	价值/(亿元/a)
1	森林碳汇经济价值	590.31
2	森林涵养水源价值	507.58
3	森林保育土壤价值	3.05
4	森林净化环境价值	1.04
5	森林防护价值	7.54
6	森林游憩价值	119.42
7	森林生物多样性价值	229.54

### 2.2 森林生态效益构成

森林产生的各类生态效益价值存在较大差异,根据评价结果,在全省森林生态效益构成中,森林碳汇价值占总价值的40.5%,森林涵养水源价值占34.8%,森林生物多样性价值占15.7%,森林游憩价值占8.2%,森林保育土壤、净化环境、防护效益所占比例较低,合计占生态效益总值的0.8%。江苏省森林生态效益价值构成见图1。

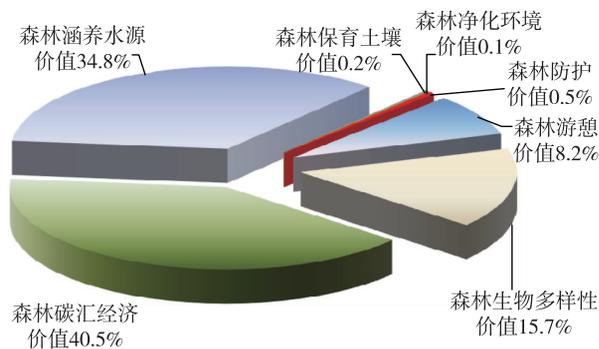


图1 江苏省森林生态效益构成

### 2.3 森林生态效益分析

从森林产生的生态价值来看,森林面积、蓄积、防护林数量、生物多样性种类等因子与森林生态功能的发挥密切相关,森林碳汇效益经济价值占40.5%,在森林生态效益中占比较重,森林碳汇随着林地生产力(单位面积蓄积量)的提高而增长,森林涵养水源、保育土壤、净化环境等方面的生态价值随着森林资源面积的增加而增长,因此,在森林资源面积难以持续大规模扩大的情况下,加强森林经

营,提高森林资源质量是提高森林生态效益的有效措施。而森林游憩价值体现在提供公益性、社会性产品或者服务为主要利用方向的生态公益林数量方面,生物多样性价值的提高需要加大自然保护区建设,增加动植物种类。

## 3 讨论

森林生态效益是多方面的,目前,国内还没有完全统一的森林生态效能评估指标体系,本研究选择了森林碳汇、涵养水源、水土保持、净化大气、生物多样性、森林游憩等主要的生态效益进行评价,而对于森林而言,还有森林绿量、林下植被及林木根系等许多生态效益,本文采用的森林生态效益评价结果不代表森林的全部生态效益价值。但是也在一定程度上体现出全省森林生态资源价值的特点。

(1) 基于江苏近1次森林资源普查成果的森林生态价值评估结果表明:全省森林生态系统生态服务功能当年价值约为1 458.49亿元。其中,固碳释氧价值最大,占总价值量的40.5%;其次是涵养水源价值,占总价值量的34.8%。这体现森林作为陆地生态系统的主体和自然界功能最完善的资源库和基因库的重要地位。森林碳汇和水源涵养效益占生态效益总价值的75.3%,这表明了森林作为地球之肺,在保持水土、维持碳平衡、改善生态方面占有着十分重要的地位和作用,是森林生态系统服务的主要功能。

(2) 有效提高林地生产率是增强江苏森林碳汇的有效措施。森林蓄积量是反映一个国家或地区森林资源总规模和水平、森林碳储量的基本指标,江苏作为平原人工造林地区,随着可造林绿化土地资源的减少,有效提升森林资源质量是增加全省森林生态效益价值的重要手段。目前,全省速生丰产杨树林面积占乔木林总面积的67.4%,但是乔木林单位面积蓄积量为 $61.27 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,与全国平均水平 $85.88 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 相比,与日本、美国(分别为 $170.86 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 和 $115.87 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ )等发达国家相比差距明显,全省林地生产力和生态效益的提高都有较大潜力。

(3) 多途径探索生态补偿机制可有效提高森林生态补偿标准。从森林生态效益评价结果来看,全省生态公益林补偿标准虽然已从 $120 \text{ 元}/\text{hm}^2$ 提高至 $450 \text{ 元}/\text{hm}^2$ ,但与森林资源发挥的巨大生态效益

和生态价值相比,仍相差较远,全省尚未真正建立依靠政府、社会、市场等多元化筹资机制所应形成的生态效益补偿基金,当前的补偿标准难以适应全省生态公益林保护与管护的现实需要,可积极探索各种生态补偿模式,逐步探索森林的碳汇贸易补偿,通过林业碳汇项目,实现碳交易,完成生态效益市场化的价值补偿。

(4) 森林生态系统功能价值评估是社会经济发展的重要内容,在一定区域内,采用统一的计量标准和指标体系,计算森林资源的经济价值,是体现“绿水青山就是金山银山”发展观的重要手段,可为政府决策、建立科学的生态补偿制度以及绿色 GDP 核算制度提供基础数据。

#### 参考文献:

- [1] 江苏省林业局.江苏省森林资源二类调查成果报告[R].2010.
- [2] 李思刚,蒋婷婷.江苏省森林资源现状与特点分析[J].江苏林业科技,2011年,38(5):34-37.
- [3] 方精云,陈安平,赵淑清,等.中国森林生物量的估算:对 Fang 等 Science 一文(Science, 2001, 291: 2320-2322)的若干说明[J].植物生态学报,2002,26(2):243-249.
- [4] 方精云,刘国华,徐嵩龄.我国森林植被的生物量和净生产量[J].生态学报,1996,16(5):497-508.
- [5] 王兵,杨锋伟,郭浩.LY/T 1721.森林生态系统服务功能评估规范[S].北京:国家林业局,2008.
- [6] 王磊,丁晶晶,季永华,等.江苏省森林碳储量动态变化及其经济价值评价[J].南京林业大学学报(自然科学版),2010,34(2):1-5.
- [7] 周玉荣.我国主要森林生态系统碳储量和碳平衡[J].植物生态学报,2000,24(5):518-522.
- [8] 王效科,冯宗炜,欧阳志云.中国森林生态系统的植物碳储量和碳密度研究[J].应用生态学报,2001,12(1):13-16.
- [9] 赵林,殷鸣放,陈晓非,等.森林碳汇研究的计量方法及研究现状综述[J].西北林学院学报,2008,23(1):59-63.
- [10] 李建华,李春静,彭世揆.杨树人工林生物量估计方法与应用[J].南京林业大学学报(自然科学版),2007,31(4):37-40.
- [11] 温作民.森林生态会计[M].北京:科学出版社,2008.
- [12] 温作民.江苏省森林生态价值评估[R].绿色江苏·实践与探索,2007.
- [13] 王宏伟.森林资源资产评估实务[M].北京:中国财政经济出版社,2009.
- [14] 米锋,李吉跃,杨家伟.森林生态效益评价的研究进展[J].北京林业大学学报,2003,25(6):77-83.
- [15] 张耀启.森林生态效益经济补偿问题初探[J].林业经济,1997(2):70-76.
- [16] 冯继广,丁陆彬,王景升,等.基于案例的中国森林生态系统服务功能评价[J].应用生态学报,2016(5):38-45.
- [17] 刘明明,卢群群,杨纪超.论中国森林生态效益补偿制度存在的问题及完善[J].林业经济问题,2018(5):3-11.
- [18] 中国-欧盟生物多样性项目组.中国生物多样性和生态系统服务的经济价值评估[M].2009.
- [4] 周爱东,徐小明,王岚,等.镇江市香樟病虫害的发生和危害情况调查[J].江苏林业科技,2018,45(1):45-48.
- [5] 马骏,胡学难,刘海军,等.广州扶桑上发现扶桑绵粉蚧[J].植物检疫,2009,23(2):35-36.
- [6] 胡婕,龚伟荣,褚妹频.扶桑绵粉蚧入侵江苏的风险分析[J].中国植保导刊,2014,34(3):68-70.
- [7] 宋玉双.我国林木引种检疫管理的问题及对策[J].中国森林病虫害,2012,31(5):22-27.
- [8] 徐丽丽,解春霞,郑华英,等.悬铃木方翅网蝽 *Corythucha ciliata* (Say) 在江苏定殖的危险性及风险评估[J].江苏林业科技,2018,45(4):21-24.
- [9] 鞠瑞亭,肖娱玉,薛贵收,等.悬铃木方翅网蝽寄主范围的测定[J].应用昆虫学报,2010,47(3):558-562.
- [10] 宋玉双.美国白蛾的综合管理[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,2015:1-14.
- [11] 范钟玖.浅谈林业有害生物监测预报在林业生产中的作用[J].农业与技术,2018,38(12):169-170.
- [12] 宋玉双.中国松材线虫病防控——三十年回顾与思考[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,2013:4-19.
- [13] 刘久东,刘更生,高玉龙,等.杨树舟蛾测报和防治研究进展[J].黑龙江农业科学,2015(12):174-176.

(上接第 28 页)