

糯扎渡自然保护区季风常绿阔叶林生态系统 服务功能价值评估*

陈 隽 景跃波

(云南省林业科学院 昆明 650204)

摘要 为研究中国云南亚热带南部季风常绿阔叶林生态系统的服务功能,选择糯扎渡自然保护区为研究地点,应用市场价值、影子价格和机会成本法等方法,对面积为 11 037 hm²、占保护区总面积 50.9% 的优势地带性植被季风常绿阔叶林生态系统服务功能的经济价值进行了估算。结果表明:涵养水源价值为 2 753.51 万元/a,保持土壤的价值为 6 588.90 万元/a,固定 CO₂ 的价值为 1 074.92 万元/a,净化空气的价值为 1 972.53 万元/a。4 项合计的总价值平均每年为 1.239 0 亿元。

关键词 糯扎渡自然保护区 生态系统服务功能 生态系统服务价值

中图分类号: S759.9 文献标识码: A 文章编号: 1006-4427(2008)03-0038-04

Evaluation of Forest Ecosystem Services of Monsoon Evergreen Broadleaved Forest in Nuozhadu Nature Reserve

Chen Jun Jing Yuebo

(Yunnan Academy of Forestry, Kunming, 650204)

Abstract Using the methods of market value, shade price and opportunity-cost, the ecosystem services including water-holding, soil conservation, carbon fixation and air purification etc. of monsoon evergreen broadleaved forest with the area of 11 037 hm² in Nuozhadu Nature Reserve were evaluated. The results showed that the annual integrated forest ecosystem service value amounted to 123.90 million yuan (Chinese RMB), of which, 27.535 1 million yuan for water-holding, 65.889 0 million yuan for soil conservation, 10.749 2 million yuan for carbon fixation and reducing green house effect, and 19.725 3 million yuan for air purification.

Key words Nuozhadu Nature Reserve, ecosystem service, ecosystem value

生态系统服务是指生态系统与生态系统过程所形成及维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用。健康的生态系统通过一系列不同的生态过程为人类社会提供生态系统产品和服务。其中服务功能包括:维持水文循环;调节气候;净化水和空气;维持大气的气体组成;为作物或其他重要植物授粉;形成和保持土壤;主要营养元素的存贮和循环;吸收和降解有害污染物;提供美景、激发灵感、用于研究等^[1-2]。近年来,随着全球气候变暖、土地荒漠化、生物多样性锐减等全球性生态环境问题的加剧,对于生态系统的服务功能研究越来越受到重视。国内外的学者从生态系统过程、服务功能的维持及提高生态系统价值等多方面开展了研究,对长白山地区森林生态系统^[3]、海南岛热带森林生态系统^[4]、贡嘎山地区森林生态系统^[5]等进行了生态系统服务价值的定量评估。本文选择位于云南省思茅市,以保护亚热带南部季风常绿阔叶林、过渡带植被及珍稀动物为宗旨的糯扎渡自然保护区为研究对象,首次对其森林生态系统服务价值进行定量评估,研究结果有助

* 第一作者简介:陈隽,男(1974-),湖北浠水县人,主要从事森林培育工作。

通讯作者简介:景跃波,女(1974-),云南个旧人,硕士,助理研究员,主要从事森林培育和森林生态研究工作。E-mail: jingyuebo@yahoo.com。

于了解该区生态系统的服务价值,丰富我国在重要生态系统服务功能研究方面的资料。

1 研究地区概况

糯扎渡自然保护区位于云南省普洱市翠云区和澜沧拉祜族自治县的结合部,地理位置东经 $100^{\circ}22' \sim 100^{\circ}30'$,北纬 $22^{\circ}35' \sim 22^{\circ}47'$ 。保护区地处澜沧江下段,地理环境复杂,组成峡谷区与山地的岩石、地层为上古生界的红色碎屑岩,边缘地带有碳酸岩。印支期、燕山期的中、酸性岩浆岩也广泛出露。受澜沧江大断裂带深切的作用,塑造成河谷地貌及河谷外侧的中山与低中山地貌形态。河流属澜沧江水系,除干流以外,支流多而短小,水流变率大。气候类型基带为南亚热带高原季风气候,因山川间垂直高差大的影响,气候和土壤的垂直变化显著,从河谷到山顶依次有北热带、南亚热带和中亚热带三种性质的气候类型。土壤有垂直带性的砖红壤、赤红壤、红壤等种类,还有非地带性的紫色土和新积土。

糯扎渡自然保护区位于热带和亚热带的过渡地区,立体气候明显,植物种类丰富,保护区及其周边区有蕨类以上植物 201 科 906 属 2 016 种及其变种、变形,其中蕨类植物 32 科 63 属 102 种,种子植物 169 科 843 属 1 914 种。种子植物中裸子植物 5 科 5 属 8 种,被子植物 164 科 838 属 1 906 种。种子植物平均每科 4.99 种,平均每属有 2.26 种,每平方公里 4.82 种,可见该区的植物种类很丰富。

糯扎渡自然保护区在云南植被分区中属于澜沧江、把边江中游中山山原红锥 (*Castanopsis hystrix*)、栲类 (*Castanopsis*) 林、思茅松 (*Pinus kesiya* var. *langbianensis*) 林亚区,其中包括 8 个植被型、13 个植被亚型、27 个群系、37 个群落。保护区的水平地带性植被为季风常绿阔叶林,面积达 $11\ 037\ \text{hm}^2$,占保护区总面积的 50.9%^[6]。本研究的目的是分析计算糯扎渡自然保护区内该植被的生态系统服务功能。

2 研究方法

2.1 森林涵养水源的价值

假定森林与其他各类型土地的年蒸发量相同,则森林区域的年径流量即为森林涵养水源的能力,即:涵养水源总量 = 年径流量 (mm/a) \times 森林面积 = 径流系数 \times 年均降水量 \times 森林面积^[4]。

用水的影子价格乘以涵养水源总量即得森林生态系统涵养水源的价值。水的影子价格取得方法有 6 种:(1) 根据水库的蓄水成本确定;(2) 根据供用水的价格确定;(3) 根据电能生产成本确定;(4) 根据级差地租确定;(5) 根据区域水源运费确定;(6) 根据海水淡化费确定。其中前两种方式常用。

2.2 森林保持土壤的价值

森林具有保护土地资源,减少土地资源损失,防止泥沙滞留和淤积,保育土壤肥力,减少风沙灾害和减少土体崩塌泻流等效用。森林的土壤保持能力包括 3 个方面:固持土壤能力,保肥能力,减少泥沙滞留和淤积能力。

2.2.1 固持土壤的价值 土壤侵蚀引起土地退化继而放弃利用,森林固土价值即为森林减少土地废弃损失的经济价值。森林固土价值 = 减少土地废弃的面积 \times 林业生产的年均收益 = 森林减少土壤侵蚀的总量/土壤表土的平均厚度 \times 林业生产的年均收益^[5]。

目前,根据国内外森林保护土壤的研究方法和成果^[5],有 3 种方法可以求得森林减少土壤侵蚀的总量:(1) 用无林地与有林地的土壤侵蚀差异来表示;(2) 用无林地的土壤侵蚀量来计算(忽略森林土壤侵蚀量);(3) 根据潜在侵蚀量与现实侵蚀量的差值来计算。

本项研究采用第 2 种方法。根据我国土壤侵蚀的研究成果,无林地的土壤中等程度的侵蚀深度为 $15 \sim 35\ \text{mm}/\text{a}$,侵蚀模数为 $150 \sim 350\ \text{m}^3/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ^[5]。本研究以无林地的中等程度平均侵蚀模数 $200\ \text{m}^3/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ 作为糯扎渡保护区森林减少土壤侵蚀的模数。森林减少土壤侵蚀的总量 = 减少土壤的侵蚀模数 \times 森林面积。

2.2.2 防止泥沙滞留和淤积的价值 按照我国主要流域的泥沙运动规律,全国土壤侵蚀流失的泥沙有 24% 淤积于水库、江河、湖泊^[7],根据蓄水成本来计算生态系统减轻泥沙淤积灾害的经济价值^[3]:

$$E_n = A_c/\rho \cdot 24\% \cdot C \dots\dots\dots (1)$$

式中: E_n 为减轻泥沙淤积经济效益 (元/a); A_c 为土壤保持量 (t/a); C 为水库工程费用 (元/ hm^2); ρ 为土壤容重 (t/m^3)^[4]。

2.2.3 保肥价值 土壤侵蚀使大量的土壤营养物质流失,主要是土壤中的 N、P、K。不同土壤中 N、P、K 的

含量大不相同。何蓉^[8]对与糯扎渡自然保护区同处云南思茅地区的菜阳河自然保护区季风常绿阔叶林的土壤特性开展过研究,研究结果中的森林土壤 N、P、K 含量可供参考。已知土壤营养元素的含量后,再根据下式估算出糯扎渡自然保护区季风常绿阔叶林生态系统保护土壤肥力的经济效益。

$$E_f = \sum_i A_c C_i P_i / 10\ 000 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: E_f 为保护土壤肥力经济效益(万元/a); A_c 为土壤保持量(t/a); C_i 为土壤中 N、P、K 的纯含量; P_i 为 N、P、K 的价格(元/t),取我国多年的化肥平均价格 2 549 元/t^[9]。

2.3 森林固定 CO₂ 的价值

森林生态系统在全球生物圈碳平衡中有着重要的作用。植物生长从大气中吸收并固定碳素,将其中大部分储存在植物体和土壤中,是大气中 CO₂ 的一个重要的汇。森林的严重退化和采伐使森林生态系统以固定储存的碳素释放,森林生态系统转变为大气的一个源。

森林生态系统是一个复杂的生态系统,有植物的光合作用和呼吸作用,通常计算森林固定 CO₂ 的量有两种方法^[3],本研究采用第二种方法。

$$(1) Q = S - R_d - R_s \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: Q 为 CO₂ 固定量[t/(hm²·a)]; S 为净第一生产力所同化的 CO₂ 量[t/(hm²·a)]; R_d 为凋落物层呼吸释放的 CO₂ 量[t/(hm²·a)]; R_s 为土壤呼吸释放 CO₂ 量[t/(hm²·a)]。

(2) 根据光合作用和呼吸作用方程式计算森林固定 CO₂ 量为:每形成 1 g 干物质需要 CO₂ 1.63 g。

2.4 森林净化空气的价值

森林净化空气的主要功能是:吸收气体污染物、阻滞粉尘、杀除细菌、降低噪声、释放负氧离子和萜烯物质,利于保持空气清新和人体健康。这里重点对吸收污染气体价值和阻滞粉尘的价值进行评估。

2.4.1 森林吸收污染气体的价值 以 SO₂ 为例,常用的方法有:(1) 吸收能力法。根据单位面积森林吸收 SO₂ 的平均值乘以森林的面积,计算出吸收 SO₂ 的量,再根据防治污染工程中削减单位重量 SO₂ 的投资额度,算出森林吸收 SO₂ 的经济价值;(2) 阈值法。以 SO₂ 在林木体内达到阈值时的吸收量来计算吸收能力;(3) 叶干重法。树木吸收 SO₂ 量 = 叶片积累 + 代谢转移 + 表面吸附。通过实验测定某树种叶在一定期间内含硫量变化作为吸收量,再根据叶干重占植物的比例计算出转移的流量和叶面表面蒙尘量^[5]。

本项研究采用吸收能力法来计算糯扎渡自然保护区季风常绿阔叶林的 SO₂ 吸收价值。

2.4.2 森林阻滞粉尘的价值 通常以森林的平均滞尘能力乘以森林面积计算滞尘量,再按削减粉尘的成本计算经济价值^[5]。

3 结果与分析

3.1 涵养水源价值

糯扎渡自然保护区年降雨量为 1 100 mm,森林生态系统平均蒸发量约为平均降水量的 1/5,径流系数为 0.81^[6]。采用前述 2.1 的计算方法,得到糯扎渡自然保护区季风常绿阔叶林生态系统年平均涵养水源总量 = 径流系数 × 年平均降水量 × 森林面积 = 0.81 × 1 100 mm/a × 11 037 hm² = 9 833 967 m³/a,以云南昆明的生活用水价格 2.8 元/m³ 计算,则保护区三种森林类型保护区内季风常绿阔叶林涵养水源的生态经济价值为 2 753.51 万元/a。

3.2 保持土壤的价值

3.2.1 固持土壤的价值 根据 2.2.1 的计算方法可以得到,糯扎渡自然保护区季风常绿阔叶林生态系统减少土壤的侵蚀总量为 200 m³/(hm²·a) × 11 037 hm² = 2 207 400 m³/a;根据中国耕作土壤表土的平均厚度 0.5 m 和林业生产的年平均收益 282.17 元/hm²^[1] 计算得出:糯扎渡自然保护区季风常绿阔叶林生态系统的固土价值为 2 207 400 m³/a ÷ 0.5 m × 282.17 元/hm²/10⁸ = 12.46 万元/a。

3.2.2 防止泥沙滞留和淤积的价值 根据公式(1)来计算糯扎渡自然保护区季风常绿阔叶林生态系统的防止泥沙滞留和淤积的价值。式中 A_c/ρ 即为 3.2.1 中计算得到的数值 2 207 400 m³/a;5.714 元/m³ 为全国水库建设投资测算的每建设 1 m³ 库容需投入的成本费^[10]。

则有: $E_n = 2\ 207\ 400\ m^3/a \times 24\% \times 5.714\ 元/m^3 / 10\ 000 = 302.71\ 万元/a$

3.2.3 土壤肥肥价值 参考何蓉^[8]对菜阳河自然保护区季风常绿阔叶林土壤特性的研究结果,土壤中 N、P、K 三种营养元素分别为 1.56,1.27 和 8.32 g/kg,根据公式(2)计算糯扎渡自然保护区季风常绿阔叶林保

护土壤的经济效益,计算结果表明对 N、P、K 的保肥价值分别为 877.76, 714.59 和 4 681.38 万元/a,三者合计 6 273.73 万元/a。

3.3 森林固定 CO₂ 的价值

季风常绿阔叶林为糯扎渡自然保护区的主要植被类型,对其生物量的研究尚无资料可参考,由于栲属树种是林内的主要成分之一,参考党承林等^[11]对云南思茅的季风常绿阔叶林短刺栲(*Castanopsis echinocarpa*)生物群落生物量的研究测定结果,可知 1 hm² 短刺栲中龄林每年固定碳是 3.874 t,使用中国造林成本每吨碳 251.40 元^[9],估算出 1 hm² 短刺栲中龄林生态系统每年固定 CO₂ 的价值为 973.92 元,全区三种森林生态系统可推知保护区优势地带性植被被季风常绿阔叶林生态系统每年固定 CO₂ 的经济价值为:

$$973.92 \text{ 元}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a}) \times 11\,037 \text{ hm}^2/10\,000 = 1\,074.92 \text{ 万元/a}$$

3.4 森林净化环境的价值

根据《中国生物多样性国情研究报告》,阔叶林对 SO₂ 的吸收能力值为 88.65 kg/(hm² · a),针叶林平均吸收能力值为 215.60 kg/(hm² · a),每削减 1 t SO₂ 的投资成本为 600 元^[9]。采用吸收能力法,则自然保护区内季风常绿阔叶林每年吸收的 SO₂ 的价值为:88.65 kg/(hm² · a) × 11 037 hm² × 600 元/t/1 000 = 58.71 万元/a。据研究,阔叶林的滞尘能力为 10.20 t/(hm² · a),削减粉尘的成本为 170 元/t^[3]。由此得到糯扎渡自然保护区季风常绿阔叶林每年滞尘的价值为:10.20 t/(hm² · a) × 11 037 hm² × 170 元/t/10 000 = 1 913.82 万元/a。因此糯扎渡自然保护区季风常绿阔叶林每年净化空气的总价值为 1 972.53 万元。

4 结语

糯扎渡自然保护区的典型植被季风常绿阔叶林具有巨大的生态服务功能价值。涵养水源价值为 2 753.51 万元/a,保持土壤的价值为 6 588.90 万元/a,固定 CO₂ 的价值为 1 074.92 万元/a,净化空气的价值为 1 972.53 万元/a。4 项合计的总价值平均每年为 1.239 0 亿元。

参考文献

- [1] Daily G. What are ecosystem services[M]//Daily G. Nature Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Washington: Island Press,1997.
- [2] Harold A M, Paul R E. Ecosystem services: A fragmentary history[M]//Daily G. Natures Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Washington: Island Press,1997.
- [3] 吴钢,赵景柱,肖寒,等. 长白山森林生态系统服务功能[J]. 中国科学,2001,31(5):471-480.
- [4] 肖寒,欧阳志云,赵景柱,等. 海南岛生态系统土壤保持空间分布特征及生态经济价值评估[J]. 生态学报,2000,20(4):552-558.
- [5] 关文彬,王自力,陈建成,等. 贡嘎山地区森林生态系统服务功能价值评估[J]. 北京林业大学学报,2002,24(4):80-84.
- [6] 云南省林业厅,中荷合作云南省 FCCDP 办公室,云南省林业调查规划院. 糯扎渡自然保护区[M]. 昆明:云南科技出版社,2003.
- [7] 殷兴军. 试论江河泥沙灾害的生态环境评估[J]. 环境科学进展,1999(3):78-83.
- [8] 何蓉. 莱阳河自然保护区 3 种森林类型的土壤特性[J]. 云南林业科技,2003(2):25-30.
- [9] 侯元兆. 中国森林资源核算研究[M]. 北京:中国林业出版社,1995.
- [10] 余新晓,秦永胜,陈丽华,等. 北京山地森林生态系统服务功能及其价值初步研[J]. 生态学报,2002,22(5):783-786.
- [11] 党承林,吴兆录. 季风常绿阔叶林短刺栲群落的生物量研究[J]. 云南大学学报:自然科学版,1992,14(2):95-107.