

文章编号: 1000-5641(2009)02-0021-08

西双版纳橡胶林生态经济价值初探

夏体渊^{1,2}, 吴家勇³, 段昌群⁴, 达良俊¹

(1. 华东师范大学 环境科学系, 上海 200062; 2. 云南省农业科学院 农业环境资源研究所, 昆明 650205; 3. 广西交通科学研究院, 南宁 530007; 4. 云南大学生命科学院 环境科学系, 昆明 650031)

摘要: 应用市场价值评估法和影子工程法和替代成本法等方法对西双版纳橡胶林生态经济价值进行评估。结果表明: 西双版纳橡胶林单位面积生态经济价值为38 107元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$), 2005年该地区橡胶林生态经济价值为49.54亿元, 约为该地区当年GDP的62.86%, 经济价值与生态价值比值为1.14:1; 各服务类型价值大小顺序为固碳释氧>橡胶>林副产品>有机物生产>涵养水源>养分循环>土壤保护, 其中固碳释氧为14 900元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$), 养分循环为85元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)。

关键词: 生态经济价值; 西双版纳; 橡胶林

中图分类号: Q948 **文献标识码:** A

Ecological economic valuation of rubber plantation in Xishuangbanna

XIA Ti-yuan^{1,2}, WU Jia-yong³, DUAN Chang-qun⁴, DA Liang-jun¹

(1. Department of Environment Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China;

2. Institute of Agricultural Environment Resources, Yunnan Academy of Agricultural Sciences,

Kunming 650205, China; 3. Transportation Science Research Institute of Guangxi, Nanning 530007, China;

4. Department of Environment Science, Academy for Life Science of Yunnan University, Kunming 650031, China)

Abstract: The valuation was made by using of market valuation method, shadow engineering method and opportunity cost method. The results indicated that the ecological economic value in unit area was 38 107 yuan/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$), and in 2005 total value was 49.54 billion yuan, which occupied 62.86% of total GDP in this area; the ratio of economical value and ecological value was 1.14:1. The values of various services were ordered as follows: Carbon fixation and oxygen release > rubber > forest by-product > organic matter production > water conservation > nutrient cycling > soil conservation; carbon fixation and oxygen release was 14 900 yuan/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$), nutrient cycling was 85 yuan/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$).

Key words: ecological economic value; Xishuangbanna; rubber plantation

收稿日期: 2008-06

基金项目: 国家973计划项目(2003CB415103); 教育部新世纪人才支持项目项目(NCET-04-0914); 云南省生态建设与可持续发展研究基地项目(2007JD-21)

第一作者: 夏体渊, 男, 博士研究生, 助理研究员, 研究方向为生态学. E-mail: xiatiyuan@sohu.com.

0 引 言

我国现有橡胶林63.12万 hm^2 , 是中国热带地区重要人工林生态系统. 西双版纳橡胶林是我国天然橡胶的主产区之一. 20世纪80年代以来, 人们对于橡胶林的研究集中在生物量、养分循环、种植和开发利用等方面^[1-3], 对于橡胶林生态服务价值评估研究较少; 个别研究者对于橡胶林的水土保持^[4]或固碳释氧^[5]单项生态服务价值进行了探讨; 除了周果人对广东橡胶林生态效益进行初步研究^[6], 未发现对西双版纳橡胶林生态服务价值进行系统评估研究.

分析西双版纳橡胶林的生态系统服务, 并对价值进行评估, 使对于橡胶种植的“生态争论”转为“生态经济评价”, 有利于增加人们对橡胶林的全面、正确认识, 了解橡胶林种植的生态限制因子, 指导科学种植和合理规划, 以取得生态经济效益最优化, 促进可持续发展.

1 研究区自然概况

西双版纳傣族自治州位于北纬 $21^{\circ}9'$ — $22^{\circ}36'$, 东经 $99^{\circ}58'$ — $101^{\circ}50'$, 属热带季风气候, 年平均气温 $20\sim 22\text{ }^{\circ}\text{C}$, 大部分地区终年无霜降, 热量充足. 年降雨量 $1\ 200\sim 2\ 430\text{ mm}$, 雨量充沛, 年平均相对湿度 $70\%\sim 80\%$, 土地面积 $19\ 220\text{ km}^2$. 目前橡胶(*Hevea brasiliensis*)林的面积为 $1.3\times 10^5\text{ hm}^2$, 约占该地区林地面积的 14% (2005).

2 西双版纳橡胶林生态服务价值评估指标体系

根据“千年生态系统评估框架工作组”提出的生态系统服务分类方法^[7], 结合我国研究现状及人们的认识水平, 建立西双版纳橡胶林生态经济价值评估指标体系见表1.

表1 西双版纳橡胶林生态经济价值评估指标体系

Tab. 1 Artificial ecosystem services and the indicator system for their valuation

功能	提供产品			调节功能					支持功能		文化功能
	林木生产	林副产品	农产品	涵养水源	养分循环	土壤保护	净化环境	调蓄洪水	固碳释氧	生物多样性	休闲娱乐
农业	—	—	√	√	√	√	—	—	√	—	—
经济林	√	√	—	√	√	√	—	—	√	—	—
湿地	—	—	√	√	√	√	√	√	√	√	√

注:“√”表示具备该类生态、经济效益并可以进行价值评估;“—”表示由于评价方法、机制研究或数据等原因暂时无法进行此项功能的价值评估

3 橡胶生态系统服务价值评估

3.1 提供产品

橡胶林提供的产品包括有机物、橡胶和林副产品.

3.1.1 有机物的价值

绿色植物通过光合作用实现了有机物质的存储, 生产的有机物折合成能量以后进行相应的替代, 如煤、石油和天然气等皆是自然中存在的能量, 具有一定的市场价格. 因此, 可以通过能量这一桥梁将两者联系起来, 植被生产有机物的价值, 可以通过能源的价值来体现,

具体表示如(1)式。

$$V = (P \times A \times Q_1) / (B \times Q_2). \quad (1)$$

其中, V 为植被生产有机物的价值(元), A 为植被生产有机质干重(t), B 为煤的质量系数,标煤 $B=1$, P 为标煤的市场价格(元/t), Q_1 为干重生物量折合热量, $Q_1=6.7$ kJ/g, Q_2 为标煤的折合热量, $Q_2=10$ kJ/g^[8]。

根据唐建维等^[1]对西双版纳热带人工雨林生物量及净第一性生产力的实测结果中橡胶(1960年种植)数据整理得到版纳橡胶林年净初级生产力为12.78 t/(hm²·a),标煤的市场价格取345元/t,把上述相关数据代入公式,经计算可知,橡胶林有机物生产的单位面积价值为2954元/hm²,因此,西双版纳橡胶林有机物生产的年经济价值为3.84×10⁸元。

3.1.2 橡胶

干胶是橡胶林的主要经济产品,其经济价值用下式计算。

$$V = Q \times S \times P \times C, \quad (2)$$

其中, V 为橡胶林橡胶的年经济价值(元), Q 为研究区内的干胶年单位面积产量(t·hm⁻²·a⁻¹), S 为橡胶种植面积(hm²), P 单位价格(元/t), C 为橡胶净利润率(%)。

自1993年至2004年,西双版纳年最低和最高单位面积干胶产量分别为1500 kg/hm²和1973 kg/hm²,取其平均值1736 kg/hm²即约1.74 t/(hm²·a)。据中国农业信息网(www.agri.gov.cn)的相关信息计算可知,云南2005年天然橡胶平均市场价格为14888(元/t)。据报道海南干胶的最低直接成本为4031元/t,按直接成本和间接成本比例为1:1计算,则干胶的单位成本为8062元/t。则橡胶净利润率为46%。把相关数据代入公式经计算可知,西双版纳橡胶林单位面积产胶的经济价值为11916元/(hm²·a)。因此,西双版纳橡胶林产胶的年经济价值潜力为15.49×10⁸元。

3.1.3 林副产品

橡胶林的林副产品主要是套种在橡胶林内作物所提供的产品的价值,用直接市场价值法评估。据甫发能等^[2]对德宏地区橡胶园间作模式的产生和发展进行了研究,橡胶林可单独或混合间作咖啡、柠檬和小米辣等经济作物,胶园间作在盛产期的总产值可达到3.24万元/(hm²·a)。一般橡胶林间作5~6年,以5年计算,则在一个30年的橡胶林生命周期内林副产品的经济价值为16.20万元/hm²,年均产值为5400元/hm²。西双版纳橡胶林林副产品的年经济价值潜力为7.02×10⁸元。

3.2 调节功能

3.2.1 涵养水源

涵养水源作用是指降雨的一部分以壤中流或地下水的方式补充给河川,起到调节河流流量,特别是季节性河川水文状况的作用。用影子工程法评估,评估涵养水源物质量评价的常用方法有水量平衡法、统计法和用降水贮存量法,本文用降水贮存量法^[7],即用森林生态系统的蓄水效应来衡量其涵养水分的功能,计算式如下。

$$Q = S \times J \times R, \quad V = Q \times C. \quad (3)$$

其中, Q 为与裸地相比较,森林生态系统涵养水分的增加量(m³), S 为研究区森林面积(hm²), J 为研究区多年平均产流降雨量(m)($J=J_0K$, J_0 为研究区多年平均降雨总量, K 为研究区产流降雨量占降雨总量的比例); R 为与裸地(或皆伐迹地)比较,森林生态系统减少径流的效益系数; C 为每建设1 m³的库容需年投入成本0.67元^[8]。

根据全国多年降雨总量的分布特征,将计算区划分为 5 个降雨强度区,其降雨量范围及参数值参见表 2^[9].

表 2 降雨量分区及参数取值

降雨范围	400~600	600~800	800~1 200	1 200~1 600	>1 600
J_0 参考取值	500	700	1 000	1 400	1 800

观测结果表明,西双版纳多年降雨量为 1 557 mm,取值 $J_0 = 1.4$ m. 根据赵同谦等^[9]人的研究结果,本文取 $K = 0.6$. R 值与生态系统类型的分布、植被覆盖、土壤、地形特征以及对裸地的相关特征等相关,考虑到当地的实际情况,把农用坡地作为替代裸地,据刘玉洪等^[10]、刘文杰等^[11]对西双版纳橡胶林的定位观测结果,经数学计算得到 $R = 0.37$. 把 $S = 1.3 \times 10^5$ hm², $J_0 = 1.4$ m, $K = 0.6$ 和 $R = 0.37$ 代入该公式,经单位转换计算则可知西双版纳橡胶林年涵养水源的物质质量为 4.04×10^8 m³,其年价值量为 2.71×10^8 元,其单位面积年价值为 2 085 元/(hm² · a).

3.2.2 水土保持功能评估

林地水土保持功能主要是控制水蚀、林木根系对土壤的固持作用和土壤理化性质改良三方面综合作用的结果. 水土保持功能价值评估主要分为三个方面:(1) 森林减少每年土地面积;(2) 森林每年减少土壤损失的经济价值;(3) 减少泥沙对江河、湖泊淤积的经济价值. 当地无重要湖泊,河流的清淤必要性不大,暂时只计算前面两项的价值.

3.2.2.1 控制土壤侵蚀

年价值评估公式为

$$V_s = S \times (D_0 - D_i) \times (P_N + P_P + P_K) \times P_{NPK}. \quad (4)$$

其中, V_s 为橡胶林年保土效益(元/hm²); S 为橡胶林的面积(hm²); D_0 为无林地上土壤侵蚀模数(t/hm²); D_i 为橡胶林地上土壤侵蚀模数(t/hm²); P_N 、 P_P 、 P_K 分别为橡胶林土壤的 N、P 和 K 的平均含量(%), P_{NPK} 我国平均化肥价格 2 549 元/t^[12]. 具体计算参数见表 3.

表 3 西双版纳橡胶林土壤养分含量和土壤侵蚀状况

养分类型	有机质/%	全 N/%	P ₂ O ₅ /%	K ₂ O/%	冲刷量/(kg · hm ⁻² · a ⁻¹)
橡胶林	1.30	0.10	0.03	0.36	87.0
农用坡地	-	-	-	-	5 470.4

注:表中养分含量主要根据《西双版纳自然保护区综合考察报告》^[13],水土流失数据根据李一鲲^[14]的实测数据得到.

把所有参数代入该公式后,经单位转换后可知橡胶林年控制土壤侵蚀的物质质量为 7.00×10^5 t/a,其土壤养分流失的年价值量为 0.09×10^8 元/a. 根据薪材转换成土壤有机质的比例为 2:1 和薪材的机会成本价格 51.3 元/t 计算,西双版纳橡胶林每年减少土壤有机质的经济价值为 0.93×10^6 元/a,则西双版纳橡胶林控制土壤侵蚀的年经济价值为 0.10×10^8 元/a.

3.2.2.2 减少土地废弃

年价值评估公式表示为

$$E_s = A_c \times B / (d \times 10\ 000 \times \rho). \quad (5)$$

其中, E_s 为减少土地废弃的经济效益(元/a); A_c 为土壤保持量(t/a); B 为单位农田年均收益(元· hm^{-2} · a^{-1}); d 为土壤表土平均厚度(m)或取研究区的实际平均厚度(m); ρ 为土壤容重(t/m^3). 土壤的平均厚度取0.60 m, 单位农田年均收益(2000年全国)取10 671.99元/(hm^2 · a)^[15], 土壤容重取1.34 t/m^3 , 则把所有参数代入该公式可知西双版纳橡胶林年减少土地废弃的经济价值为 9.29×10^5 元. 橡胶林的水土保持功能的年总价值($V = V_s + E_s$)为 0.11×10^8 元, 其单位面积年价值为8元/(hm^2 · a).

3.2.3 养分循环

根据养分循环功能的服务机制, 可以认为构成森林第一性净生产力的营养元素量即为参与循环的养分量, 参与评价的营养元素仅考虑含量相对较大的氮、磷和钾. 橡胶林的养分循环主要包括植物体和橡胶两个方面.

(1) 植物体(树木)方面计算公式为

$$V = S \times P \times (P_N + P_P + P_K) \times P_{\text{NPK}}, \quad (6)$$

其中, V 为橡胶林木养分循环价值(元); S 为橡胶林的面积(hm^2); P 橡胶林的年净初级生产力(t/hm^2); P_N 、 P_P 和 P_K 分别为橡胶林土壤的 N、P 和 K 的平均含量(%), P_{NPK} 我国平均化肥价格2 549元/t.

由于没有橡胶林营养元素含量数据, 因此取橡胶叶、凋落物和干胶中营养元素含量的平均值^[3,16]: N 含量为1.04%, P 含量为0.24%, K 含量为0.80%, 作为橡胶林营养元素含量的估算值. 根据唐建维等^[1]对西双版纳热带人工雨林生物量及净第一性生产力的实测结果中橡胶数据整理得到版纳橡胶林年净初级生产力为12.78 $\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 经计算可知西双版纳橡胶植物体养分循环功能的年价值为 0.88×10^8 元, 其单位面积年价值为678元/(hm^2 · a).

(2) 主要收获对象橡胶方面计算公式为

$$V = S \times Q \times (P_N + P_P + P_K) \times P_{\text{NPK}}, \quad (7)$$

其中, V 为橡胶养分循环价值(元); Q 为研究区内的干胶年单位面积产量(t/hm^2), 其他符号同(6)式. 云南干胶多年平均产量1 736 kg/hm^2 , 干胶中 N、P 和 K 的平均含量分别为0.93%、0.28%和0.87%, 经计算得知西双版纳橡胶林干胶养分循环功能的年价值为 0.12×10^8 元, 其单位面积年价值为92元/(hm^2 · a). 则西双版纳橡胶林养分循环功能的年价值为 1.00×10^8 元, 其单位面积年价值为770元/(hm^2 · a).

3.3 支持功能

生态系统通过植物光合作用和呼吸作用与大气进行 CO_2 和 O_2 进行交换, 固定大气中的 CO_2 同时释放 O_2 , 对维持地球大气中 CO_2 和 O_2 的动态平衡, 减缓温室效应, 以及提供人类生存的最基本条件有着不可替代的作用, 橡胶光合固定 CO_2 包括植物体和橡胶固定的 CO_2 .

3.3.1 光合固定 CO_2

由植物光合作用方程式可推算出植物体固定有机物质与吸收 CO_2 、释放 O_2 之间的关系, 植物体每积累1 g 干物质, 可以固定1.63 g CO_2 , 释放1.19 g O_2 . 根据唐建维等^[1]对西双版纳热带人工雨林生物量及净第一性生产力的实测结果中橡胶数据整理得到版纳橡胶林年净初级生产力为12.78 $\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 单位面积固定 CO_2 量为20.83 $\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 释放 O_2 的量为15.21 $\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 则西双版纳橡胶林植物体年固定 CO_2 的量为 2.71×10^6 t. 干胶中碳含量为0.88, 则2004年西双版纳干胶单位面积固定 CO_2 为5.10 $\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 年干胶总

固定 CO_2 为 $6.63 \times 10^5 \text{ t}$. 综合上述结果可知, 西双版纳橡胶林(植物体和干胶)单位面积年固定 CO_2 为 $25.93 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 用瑞典碳税法 $40.95 \text{ 美元}/\text{t CO}_2$ 即 $339.90 \text{ 元}/\text{t CO}_2$. 经计算可知版纳橡胶林单位面积固定 CO_2 的年净价值 $8\,813 \text{ 元}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 固定 CO_2 的年总净价值 $11.46 \times 10^8 \text{ 元}$.

3.3.2 光合释放 O_2

由上可知, 橡胶林单位面积年释放 O_2 的量为 $15.21 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 在本文中使使用工业制氧法可估算出橡胶林释放 O_2 的价值. 目前氧气工业成本为 $400 \text{ 元}/\text{t}^{[12]}$. 则西双版纳橡胶林单位面积年释放 O_2 的价值 $6\,084 \text{ 元}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 其年总价值为 $7.91 \times 10^8 \text{ 元}$.

综合上述结果, 西双版纳橡胶林固 CO_2 和释 O_2 的年总价值为 $19.37 \times 10^8 \text{ 元}$, 单位面积年价值为 $14\,900 \text{ 元}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$.

4 结果与分析

除上述功能外, 橡胶林生态系统服务还有小气候调节、调蓄洪水等, 但其实际作用不大, 根据大数定律可以不把它们包括在本研究中. 根据以上评估结果, 西双版纳橡胶生态系统服务价值评估结果参见表 4.

表 4 西双版纳橡胶林生态系统服务价值评估结果

Tab. 4 The results of rubber ecosystem services valuation in Xishuangbanna

功能	经济价值			生态价值			
	有机物生产	橡胶	林副产品	涵养水源	养分循环	土壤保护	固碳释氧
年总经济价值/ $(\times 10^8 \text{ 元} \cdot \text{a}^{-1})$	3.84	15.49	7.02	2.71	1.00	0.11	19.37
单位面积年价值/ $(\text{元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1})$	2645	11916	5400	2085	770	85	14900
价值构成/%	7.00	31.52	14.29	5.52	2.04	0.22	39.42

由表 4 可知, 西双版纳橡胶林生态系统服务单位面积年服务价值为 $38\,107 \text{ 元}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 2005 年该地区橡胶林生态服务总价值为 49.54 亿元 , 其中经济价值为 26.35 亿元 , 生态价值为 23.20 亿元 , 经济价值与生态价值的比值为 1.14 ; 各服务类型价值大小顺序为: 固碳释氧 > 橡胶 > 林副产品 > 有机物生产 > 涵养水源 > 养分循环 > 土壤保护.

从单位面积生态服务价值大小来看: 根据《西双版纳州统计年鉴》, 2005 年该地区 GDP 总产值为 78.82 亿元 , 则同年橡胶林生态服务总价值占 GDP 比例为 62.86% ; 西双版纳橡胶林生态系统服务单位面积年服务价值为 $38\,107 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 远大于桉树人工林生态服务价值 ($16\,064 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)^[17]; 西双版纳橡胶林生态系统服务价值远小于热带雨林及次生植被生态服务价值 ($67\,149 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)^[18], 其比例约为 56.74% , 但是比亚热带、热带常绿针叶林生态服务价值 ($13\,315 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) 大^[18]; 西双版纳橡胶林生态系统服务价值远大于中国热带森林的平均价值 ($16\,056 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)^[19].

从单项生态服务价值来看, 西双版纳橡胶林直接经济产出为 $19\,961 \text{ 元}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 远大于热带森林的相应产值(热带森林被保护后实际经济产出只有旅游和非物质产品: 云南热带森林提供旅游年单位面积价值为 $513 \text{ 元}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ^[20], 海南热带森林非木质林产品(棕榈藤类、野生花卉、绿化植物, 野生药物)资源的年效益为 $34 \text{ 元}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ^[20]); 西双版纳橡胶林涵养水源、养分循环和水土保持价值与我国热带雨林、季雨林对应价值^[18]的比例依次为 48.92% ,

85.37%,87.62%;采用与评估橡胶固碳释氧功能价值相同的评估方法和参数对热带雨林、季雨林的固碳释氧功能价值,经计算可知,橡胶林的固碳释氧能力为热带雨林的73.80%。

从市场转化率来看,西双版纳橡胶林有机物生产、橡胶和林副产品价值均可以进入市场进行交易,从而以商品价值形式得以实现,市场转化率为52.81%,而热带雨林的直接产出只有0.81%左右。

5 结论与建议

(1) 橡胶林生态经济价值仅为热带雨林及次生植被价值量的一半左右,砍伐热带雨林种植橡胶林从区域生态经济价值总量来看不可取,不利于区域自然资源增值,不利于当地可持续发展。

(2) 橡胶林直接经济产出远远大于热带雨林,这是热带雨林保护受到巨大经济压力的根源,建议采取生态补偿等环境经济政策对热带雨林进行综合保护。

(3) 橡胶林生态经济价值中经济价值主体,生态价值主要表现在固碳释氧;橡胶林养分循环、固碳释氧价值较高是与橡胶林本身的生物学特性有关;橡胶林土壤保护价值接近热带雨林的数值,这与目前橡胶标准种植有关;橡胶林与热带雨林相比涵养水源能力明显不足,涵养水源能力偏低是其主要生态制约因子,橡胶林不适应成片种植于生态功能规划为涵养水源的地区。

(4) 目前,生态服务价值评估方法和重要参数尚未实现标准化,本文引用数据皆是用相同价值评估方法和参数得到,所得的比较分析结果的可信度较高。今后尚需对桉树、茶叶、香蕉等人工经济林系统进行相似研究,找出热带地区综合效益最好的人工经济林,为热带地区的农业产业结构调整提供理论依据。

[参 考 文 献]

- [1] 唐建维,张建候,宋启示,等. 西双版纳热带人工雨林生物量及净第一性生产力的研究[J]. 应用生态学报,2003,14(1):1-6.
TANG J W, ZHANG J H, SONG Q S, et al. Biomass and net primary productivity of artificial tropical rainforest in Xihuangbanna[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003,14(1):1-6.
- [2] 甫发能,杨雄飞. 德宏地区橡胶园间作模式的产生和发展[J]. 热带农业科技, 2003, 26(1):23-26.
PU F N, YANG X F. Intercropping pattern of rubber plantation in dehong district[J]. Tropical Agricultural Science and Technology,2003,26(1):23-26.
- [3] 伍卫,罗华向,李明,等. 东风农场橡胶树的营养状况与施肥[J]. 云南热作科技,2001,24(3):14-17.
WU W, LUO H X, LI M, et al. The nutrition and fertilization of Dongfeng Farm hevea brasiliensis [J]. Journal of Yunn-Crops Science and Technology,2001,24(3):14-17.
- [4] 伍而玉. 海南岛橡胶园水土保持效益的调查[J]. 热带作物研究,1982(1):13-19.
WU E Y. Investigation on soil conservation benefit of rubber plantation in Hainan[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture,1982(1):13-19.
- [5] 蒋菊生,王如松. 橡胶林固定 CO₂和释放 O₂的服务功能及其价值估计[J]. 生态学报,2002,22(9):1545-1551.
JIANG J S, WANG R S. Function of carbon sequestration and oxygen release of rubber plantations and its value estimation [J]. Acta Ecologica Sinica,2002,22(9):1545-1551.
- [6] 周果人,高素华,黄增明. 广东橡胶林生态效益的初步研究[J]. 热带作物学报,1987,8(1):1-9.
ZHOU G R, GAO S H, HUANG Z M. A preliminary study on ecological effect of rubber plantation in Guangdong province[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 1987,8(1):1-9.
- [7] The Conceptual Frame Working Group. The conceptual frame working group of the millennium ecosystem assess-

- ment[M]//Ecosystems and Human Well-being. Washington D C: Island Press, 2003.
- [8] 李金昌.生态价值论[M].重庆:重庆大学出版社,1997.
LI J C. Ecological Axiology[M]. Chongqing: Chongqing University Press,1997.
- [9] 赵同谦,欧阳志云,郑华,等.中国森林生态系统服务功能及其价值评价[J].自然资源学报,2004,19(4):481-491.
ZHAO T Q, OUYANG Z Y, ZHANG H, et al. Ecosystem services and their valuation of terrestrial surface water system in China[J]. Journal of Natural Resources, 2004,19(4):481-491.
- [10] 刘玉洪,张克映,马友鑫,等.西双版纳热带森林集水区测流堰建设的研究[J].水土保持学报,2001,15(5):141-143.
LIU Y H, ZHANG K Y, MA Y X, et al. Study on construction of v-notch weirs in forested catchments in Xishuangbanna, Southwest China[J]. Journal of Soil Water Conservation, 2001,15(5):141-143.
- [11] 刘文杰,张克映,马友鑫,等.西双版纳橡胶—咖啡人工群落降雨径流初步研究[J].林业科技,2000,25(1):17-20.
LIU W J, ZHANG K Y, MA Y X, et al. Research of rainfall stem-flow of coffee arabica L. community in Xishuangbanna rubber plantation [J]. Forestry Science and Technology, 2000,25(1):17-20.
- [12] 中国生物多样性国情研究报告编写组.中国生物多样性国情研究报告[M].北京:中国环境科学出版社,1997.
China's Biodiversity Country Study Drafting Group. China's Biodiversity Country Study Report [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 1997.
- [13] 西双版纳自然保护区综合考察组.西双版纳自然保护区综合考察报告[M].昆明:云南大学出版社,1985.
Xishuangbanna Nature Reserve Comprehensive Survey Group. Xishuangbanna Nature Reserve Comprehensive Survey Report [M]. Kunming: Yunnan University Press, 1985.
- [14] 李一鲲.从橡胶人工林生态系统与生态环境探讨热区土地资源持续利用[J].热带农业工程,2001(1):1-4.
LI Y K. Discussion on the sustainable utilization of land resources of artificial rubber forest ecosystem and ecological environment [J]. Tropical Agricultural Engineering, 2001(1):1-4.
- [15] 中国热带农业科学院,华南农业大学.中国热带栽培学[M].北京:中国农业出版社,1998:91-95.
Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, South China Agricultural University. Tropical China Cultivation Science[M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 1998:91-95.
- [16] 张萍,刘宏茂,陈爱国,等.西双版纳热带山地利用过程中的土壤退化[J].山地学报,2001,19(1):9-13.
ZHANG P, LIU H M, CHEN A G, et al. Study on degradation of tropical hillslope in using in Xishuangbanna [J]. Journal of Mountain Research, 2001,19(1):9-13.
- [17] 蒋延玲,周广胜.中国主要森林生态系统公益的评估[J].植物生态学报,1999,23(5):426-432.
JIANG Y L, ZHOU G S. Estimation of ecosystem services of major forest in China[J]. Acta Phytocologica Sinica, 1999,23(5):426-432.
- [18] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等.青藏高原生态资产的价值评估[J].自然资源学报,2003,18(2):179-186.
XIE G D, LU C X, LENG Y F, et al. Ecological assets valuation of the Tietan Plateau[J]. Journal of Natural Resources, 2003,18(2):189-186.
- [19] 陈仲新,张新时.中国生态效益的价值[J].科学通报,2000,45(1):17-22.
CHEN Z X, ZHANG X S. The value of ecologysystem benefit in China[J]. Chinese Science Bulletin, 2000,45(1):17-22.
- [20] 候元兆,于玲.中国热带森林环境资源[M].北京:中国科学出版社,2002.
HOU Y Z, YU L. Chinese Tropical Forest Environmental Resources[M]. Beijing: Chinese Science Press, 2002.