

# 小良植被生态恢复的生态经济价值评估

杨柳春, 陆宏芳, 刘小玲, 彭少麟\*

(中国科学院华南植物研究所, 广州 510650)

**摘要:**应用生态经济学的核算方法,对中国科学院小良热带人工林生态系统定位站植被生态恢复系统的服务功能进行了定量评估。结果表明,小良恢复生态系统具有极高的生态经济价值。以 20 世纪 90 年代不变价计,小良植被生态恢复系统 43a 的累积服务功能价值超过 621 亿元人民币。其中直接使用价值为 7.65 亿元,占总生态经济价值的 1.23%,间接使用价值为 613 亿元,占总生态经济价值的 98.77%,间接使用价值远远大于直接使用价值。间接使用价值中净化环境服务功能的生态经济价值,仅以固 C、释放 O<sub>2</sub>、吸收 SO<sub>2</sub> 和滞尘计,就已达 577 亿元。与此同时,小良热带沿海台地的植被恢复通过复合农林经营等渠道促进了当地生态、经济与社会协同发展。

**关键词:**植被恢复;生态经济价值;直接使用价值;间接使用价值

## Assessment on the ecological economic value of vegetation restoration in Xiaoliang

YANG Liu-Chun, LU Hong-Fang, LIU Xiao-Ling, PENG Shao-Lin\* (South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(7): 1423~1429.

**Abstract:** The ecological restoration study and practice in Xiaoliang station has realized the vegetation restoration on the barren land, with 43 years hard work. Now this area has been covered with typical subtropical seasonal rainforest, with excellent ecological effects. The study and practice had been confirmed and highlighted by Chinese Academy of Science and national government. But how many ecological economic benefits produced by the restoration, especial the indirect ones, such as the erosion control, fixing of C and N, SO<sub>2</sub> absorption and O<sub>2</sub> release, have never been quantitatively evaluated.

To cover the gap between restoration ecology and ecological economy, the methods of ecological economic evaluation methods were applied to the value assessment of vegetation restoration in Xiaoliang station, base on 43 years long term study. The total ecological economic benefit was classified into direct use value and indirect use value. The direct use value was evaluated as the lumber value. To indirect ones, the value of water containing, erosion control, carbon fixing, SO<sub>2</sub> absorption, O<sub>2</sub> release, dust impede setting, development of biodiversity, prevention and cure of pests, temperature control and sanitation

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(30270282);广东省基金团队资助项目(003031);中国科学院鹤山丘陵综合试验站开放基金资助项目;中国科学院华南植物研究所所长基金资助项目

**收稿日期:**2003-03-07; **修订日期:**2003-05-28

**作者简介:**杨柳春(1967~),女,陕西拂风人,博士生,主要从事生态经济学研究。

\* **通信作者** Author for correspondence, E-mail: slpeng@scib.ac.cn

**Foundation item:** the National Natural Science Foundation of China (No. 30270282), Guangdong Group Project (No. 003031), Open Foundation of Heshan Hillside Open Station, and Director Foundation of South China Institute of Botany, CAS

**Received date:** 2003-03-07; **Accepted date:** 2003-05-28

**Biography:** 杨柳春, 1967 年生, 女, 陕西拂风人, 博士生, 主要从事生态经济学研究。

protection were evaluated separately.

The results showed that the ecological economic value of vegetation restoration in Xiaoliang station is very high. The total ecosystem service value of the vegetation restoration ecosystem in Xiaoliang station was over RMB 62.1 billion, with the accumulation of 43 years. Among them, the direct use value of lumber was RMB 0.765 billion, 1.23 percent of the total value. The indirect use value of the vegetation restoration was RMB 61.3 billion, 98.77 percent of the total value, of which exceeded the direct use value greatly. The service value of environment purification had reached RMB 57.7 billion, only account in the service value of carbon fixing,  $O_2$  release,  $SO_2$  absorption and dust impede setting. Among them the service value of  $O_2$  release was RMB 28.9 billion, carbon fixing was RMB 27.0 billion, dust impede setting was RMB 1.71 billion,  $SO_2$  absorption was RMB 0.422 billion. Only second to the value of environment purification, the service value of environment health hand reached RMB 1.98 billion simultaneously, only account in the service value of development of biodiversity and pest prevention and cure. Simultaneously, the vegetation restoration practice in Xiaoliang tropical shore terrace had promoted the common development of local ecology, economy and society into a new phase, with the practice of agro-forest modes.

**Key words:** vegetation restoration; ecological economic value; direct using value; indirect using value

文章编号:1000-0933(2003)07-1423-07 中图分类号:X171 文献标识码:A

恢复生态学是研究生态系统退化的原因、退化生态系统恢复与重建的技术与方法、生态学过程与机理的学科<sup>[1]</sup>。是一门在 20 世纪 80 年代以来得到迅速发展的现代生态学分支。由于人口的迅速增长造成对资源的过度利用,使我国大部分的自然生态系统存在着不同程度的破坏。能否有效地进行生态恢复,是能否振兴农业经济、保持可持续发展的基础。1959 年,中国科学院华南植物研究所率先进行植被改造自然的工作,对大面积的光板地进行植被恢复,并在小良设点进行长期定位研究。经过多年的治理和长期实验生态学研究,极大地改善了区域环境,促进了农业发展,在恢复生态学理论上也有很多创新。然而,在进行评价时,其生态经济价值一直未能量化,其价值量的高低也众说不一。本文拟对小良植被恢复的生态经济价值进行量化评估,为退化生态系统植被恢复的确切评价提供科学依据。

## 1 研究区概况

小良位于广东省电白县,东经  $110^{\circ}54'18''$ ,北纬  $21^{\circ}27'49''$ 。年平均温度为  $23^{\circ}C$ ,最低温度为  $4.7^{\circ}C$ 。年降水量从  $1400\sim 1700mm$ ,分布不均,有明显的干湿季节,干季时间长达半年或更长。地带性植被为热带季雨林,由于人为活动的过度干扰,自然植被已荡然无存,只有村边偶见有作为风水林保护的次生林。土壤为花岗岩风化而来的热带砖红壤。表土层的大部分已遭到严重侵蚀,亚土层裸露,地表无植被覆盖。侵蚀土壤的肥力非常之低,有机物质含量仅  $0.6\%$ ,总 N 量仅  $0.03\%$ 。物理性状恶劣: $30\sim 40cm$  处的土壤含水量低于萎蔫点。从 1959 年开始,中国科学院华南植物研究所与广东电白县小良水保站协作,在光板地上进行人工植被的重建。1964~1979 年先后在 5 年生左右的窿缘桉(*Eucalyptus exserta*)皆伐地(成功营造混交林的前期步骤)上陆续营造 7 片混交林。经过 30a 的自然恢复演替过程(早期伴有人工抚育),所营造的不同树种混交林的林分结构均有了很大发展。每  $100m^2$  中的树种从原来人工栽种的两、三种发展到十余种甚至几十种,平均每  $200m^2$  的调查样地里已有 25.7 种。不少样地的优势种群也以自然发展的乡土种与栽培种并重,或是自然侵入的乡土种完全替代了栽培种,形成了具有热带季雨林特征的生态系统<sup>[1]</sup>。

小良地处热带北缘,其地带性植被是热带季雨林。该区域由于历史上的多次破坏,特别是 20 世纪 50 年代,植被受极大的破坏,加之高温多雨的气候特点,水土侵蚀严重,形成了光板地的退化生态系统。改善后的光板地变成了具有热带季雨林特征的森林。

## 2 生态经济价值数据

生态经济价值包括直接使用价值和间接使用价值两部分。直接使用价值主要是指活立木价值和森林

旅游价值等。间接使用价值主要是指森林生态系统的服务功能产生的价值,主要包括环境净化服务功能、涵养水源、保持水土等。

2.1 直接使用价值

对小良的林木生物量进行了测定。根据林木的生物量来测算其价值。首先测定生物量和生产力,再通过两者估算林木价值。

生物量的测定,首先测定部分群落优势种的单株生长式,据此计算整个群落的生物量。生产力通过平均年生物量来估算。

生长式是根据样木资料,以  $D$  或  $D^2H$  为自变量,以各器官生物量为因变量,求出的回归模型。这些模型包括:① $y=a+bx$ , ② $y=ax^b$ , ③ $y=ae^{bx}$ , ④ $y=a+b\ln x$ 。据 Lescure (1983)、Gozz (1980) 和 Tanner (1980) 等对这 4 个模型的分析发现,4 个模型均可用于森林生物量研究,但②的相关系数最高,①的相关系数一般较低。而以  $D^2H$  作自变量代替  $D$ ,各模型的相关系数并无提高<sup>[1]</sup>。

根据实测数据得出树干、树枝、叶片、根以及总生物量与  $D^2H$  的相对生长回归方程如表 1。不同恢复阶段群落各部分生物量分布见表 2。

表 1 主要树种各器官的相对生长式<sup>[1]</sup>

Table 1 Relative growing equation for different organs of main tree species	
树 种 Tree species	相对生长式 Relative growing equation
马占相思 <i>Acacia mangium</i>	树干 Trunk $Ws=0.601(D^2H)^{0.609}$
	树枝 Branch $Wb=0.572(D^2H)^{0.458}$
	叶片 Leaf $Wl=0.377(D^2H)^{0.561}$
	总生物量 Total biomass $Wt=1.424(D^2H)^{0.568}$
大叶相思 <i>Acacia auriculaeformis</i>	树干 Trunk $Ws=0.044(D^2H)^{1.035}$
	树枝 Branch $Wb=0.0093(D^2H)^{1.085}$
	叶片 Leaf $Wl=0.0064(D^2H)^{1.085}$
	总生物量 Total biomass $Wt=0.0324(D^2H)^{1.043}$
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	树干 Trunk $Ws=0.0248(D^2H)^{1.08}$
	树枝 Branch $Wb=0.00024(D^2H)^{1.55}$
	叶片 Leaf $Wl=0.00012(D^2H)^{1.08}$
	总生物量 Total biomass $Wt=0.015(D^2H)^{1.201}$
湿地松 <i>Pinus elliotii</i>	树干 Trunk $Ws=0.2018(D^2H)^{0.737}$
	树枝 Branch $Wb=0.057(D^2H)^{0.774}$
	叶片 Leaf $Wl=0.1012(D^2H)^{0.774}$
	总生物量 Total biomass $Wt=0.3589(D^2H)^{0.775}$
木荷 <i>Schima superba</i>	树干 Trunk $Ws=0.1052(D^2H)^{0.8255}$
	树枝 Branch $Wb=0.1102(D^2H)^{0.6800}$
	叶片 Leaf $Wl=0.0836(D^2H)^{0.5455}$
	总生物量 Total biomass $Wt=0.3922(D^2H)^{0.7653}$

表 2 各群落的生物量分配和生物量年增值(t·hm<sup>-2</sup>)<sup>[1]</sup>

Table 2 Biomass distribution and net productivity of different communities						
群落 Community	树干 Trunk	树枝 Branch	叶片 Leaf	根 Root	总生物量 Total biomass	净生产力 Net productivity
光板地 Barren	0	0	0	0	0	0
混交林Ⅲ Mixed forestⅢ	29.13	8.40	8.80	10.88	57.21	11.43
混交林Ⅱ Mixed forestⅡ	41.04	18.14	13.70	17.11	89.99	14.57
混交林Ⅰ Mixed forestⅠ	63.95	10.85	37.70	26.42	138.92	19.05
平均值 Mean					95.37	15.02

万方数据

依据如下公式测定林木的价值:

$$P = 1/n \sum f_i \times p_i$$

式中,  $P$  为林木平均价值,  $f_i$  为第  $i$  个林地的生产力,  $p_i$  为第  $i$  个林地的单位生物量的价格。  $i=1,2,\cdots,n$ 。

根据上式计算,小良林木的平均直接使用价值为:1649 元  $\cdot$  hm<sup>-2</sup>  $\cdot$  a<sup>-1</sup>。

2.2 间接使用价值

生态系统的间接使用价值比直接使用价值更为复杂,主要由生态效益和社会效益所产生的价值。主要包括:涵养水源、防止水土流失、增加生物多样性、固 C、释放 O<sub>2</sub>、吸收 SO<sub>2</sub>、降温增湿、增加粮食产量、减少疾病的流行、减少病虫害等。另外,小良作为植被恢复生态系统,有着很大的旅游价值、社会文化价值和科学研究价值。

2.1.1 涵养水源 涵养水源的价值主要体现在增加有效水量和改善水质上。本文主要考虑前者的价值。年涵养水源量用单位有林和单位无林条件下蓄水量差值、总植被面积和水价三者相乘得到。

小良年平均降水量为 1600mm,单位有林和单位无林条件下蓄水量平均差值为 405.1mm<sup>[2,3]</sup>。涵养水源量乘以 1m<sup>3</sup> 水的价格即可得出森林涵养水源的价值。

小良平均每 hm<sup>2</sup> 林地涵养水源的价值为:405.1mm  $\cdot$  a<sup>-1</sup> $\times$ 1hm<sup>2</sup> $\times$ 0.67 元  $\cdot$  m<sup>3</sup>= 271 元  $\cdot$  hm<sup>-2</sup>  $\cdot$  a<sup>-1</sup>。

式中的水价采用影子工程法来计算,即以 1988~1991 全国水库建设投资测算,以每年新增投资量除以每年新增库容量,算出建设 1m<sup>3</sup> 水库库容需年投入成本 0.67 元(1990 年不变价格)。

2.2.2 土壤保持 运用机会成本法和市场价值法来分别计算因土壤侵蚀而导致的土地废弃、营养物质流失所造成的损失,即土壤保持价值。

土壤侵蚀总量一般采用有林地和无林地的侵蚀差异来计算森林所减少的土壤侵蚀量。对小良进行了 10a 的实地观测得到光板地和不同人工植被类型与控制侵蚀的关系<sup>[1]</sup>表 3。

表 3 光板地与人工混交林植被类型控制侵蚀的对比

Table 3 Comparing of erosion control effect between barren and artificial mixed forest

	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	总计 Total	年平均 Average
光板地 Barren									
降雨量 Rainfall(mm)	1560	1962	2369	1402	1348	1289	1255	11185	1598
流失量 Bleeding(m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	3567.4	6022.8	5920.8	2908.1	2946.2	2567.1	2596.9	26524.9	3789.3
土壤侵蚀 Erosion(t/hm <sup>2</sup> )	29.4	44.3	66.2	58.9	71.0	46.2	50.2	366.2	52.3
混交林 Mixed forest									
降雨量 Rainfall(mm)	1494	2040	2431	1400	1368	1313	1257	11303	1615
流失量 Bleeding(m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	43.3	1728.2	1641.2	3.1	5.8	4.5	2.2	3428.4	489.7
土壤侵蚀 Erosion(t/hm <sup>2</sup> )	0.1	1.0	0.3	0	0	0	0	1.3	0.18

从表 3 可以看出,光板地的年均土壤侵蚀量为 52.3(t  $\cdot$  hm<sup>-2</sup>),混交林为 0.18(t  $\cdot$  hm<sup>-2</sup>),则得到小良减少土壤侵蚀总量为 52.12(t  $\cdot$  hm<sup>-2</sup>)。根据土壤侵蚀量,计算因流失而失去的营养养分,使用市场价格法算出损失土壤肥力的经济价值(平均化肥价格 2549 元  $\cdot$  t<sup>-1</sup>,1990 年价格不变)。

小良流失土壤的养分以有机质代替,表 4,其平均值约为 2.21%。故小良土壤养分保护价值为 52.12 $\times$ 0.0221 $\times$ 2549=2936 元  $\cdot$  m<sup>-2</sup>  $\cdot$  a<sup>-1</sup>。

2.2.3 净化环境 退化生态系统的植被恢复后对环境的净化主要是指通过生态系统的生态过程,通过物理、化学和生物作用,生态系统的某一部分将人类向环境排放的废弃物利用或作用后,使之得到降解和净化,从而成为生态系统的一部分。

我国森林植被净化环境的生态经济价值,体现在固 C、排放 O<sub>2</sub>,对污染的净化包括有毒气体的吸收、滞尘、灭菌和降低噪音等方面。本文对污染的净化效应价值的计算只对 SO<sub>2</sub> 的吸收、滞尘两个方面。

(1) 固 C 的价值估算 采用瑞典碳税率 150 美元  $\cdot$  t<sup>-1</sup>(取人民币与美元汇率比为 8.3)乘以小良植被单位面积每年固碳量,即得每年固碳价值,根据表 2,小良植被被恢复后每年每公顷平均固定 CO<sub>2</sub> 是

171.36t,每公顷每年能固碳 46.75t,则每年固碳价值为:

$$150\text{ 美元}\cdot\text{t}^{-1}\times 8.3\text{ 元}\cdot\text{美元}^{-1}\times 46.75\text{tC}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}=58203\text{ 元}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}.$$

表 4 林地与光裸土壤腐殖质与全 N 含量对比<sup>[1]</sup>

Table 4 Comparison on soil total N and humus content of mixed forest with barren					
采样深度 Depth (cm)	人工混交林 Artificial mixed forest		采样深度 Depth (cm)	光裸地 Barren	
	腐殖质 Humus (%)	全 N Total N (%)		腐殖质 Humus (%)	全 N Total N (%)
1~7	4.14	0.212	0~7	0.63	0.030
10~20	2.09	0.120	30~40	0.37	痕迹
35~45	1.55	0.078	100~110	0.35	痕迹
60~70	1.06	0.043			

(2) 释放 O<sub>2</sub> 的价值计算 释放 O<sub>2</sub> 的价值等于小良林地面积乘以单位面积排放氧量再乘以生产 O<sub>2</sub> 成本 500 元 t<sup>-1</sup><sup>[4]</sup>。根据表 2,小良植被恢复后每年每公顷平均释放 O<sub>2</sub> 是 124.63t,则释放 O<sub>2</sub> 的价值为:

$$500\text{ 元 t}^{-1}\times 124.63\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}=62312\text{ 元}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}.$$

(3) 吸收 SO<sub>2</sub> 价值计算 吸收 SO<sub>2</sub> 的价值计算采用生产成本法。计算小良生态系统对大气 SO<sub>2</sub> 的净化作用,可用单位面积森林吸收 SO<sub>2</sub> 平均值乘以小良吸收 SO<sub>2</sub> 的总量,再根据近年污染治理工程中削减单位质量 SO<sub>2</sub> 的投资成本来算出小良吸收 SO<sub>2</sub> 的价值。

根据《中国生物多样性国情研究报告》,阔叶树对 SO<sub>2</sub> 的吸收能力为 88.65kg·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>,针叶林的吸收能力为 215.60kg·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>,每削减 1t SO<sub>2</sub> 的投资成本为 600 元,则小良每年每公顷吸收 SO<sub>2</sub> 的价值为 91 元·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>。

(4) 滞尘的价值计算 以小良的平均滞尘能力乘以小良的森林面积计算滞尘量,再按削减粉尘的成本计算其价值。据研究,针叶林的滞尘能力为 33.2t·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>,阔叶林的能力为 10.2t·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>,削减成本为 170 元·t<sup>-1</sup><sup>[5]</sup>。由此得到小良的滞尘价值为 3689 元·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>。

仅以上述固 C、释放 O、吸收 SO<sub>2</sub> 和滞尘的价值计算,小良植被恢复后每年每公顷净化环境的价值为: 58203 元·hm<sup>2</sup>·a<sup>-1</sup>+62312 元·hm<sup>2</sup>·a<sup>-1</sup>+91 元·hm<sup>2</sup>·a<sup>-1</sup>+3689 元·hm<sup>2</sup>·a<sup>-1</sup>=12.43 万元·hm<sup>2</sup>·a<sup>-1</sup>。

2.2.4 环境健康价值 本文对环境健康只计算两个指标。一个是增加生物多样性产生的经济价值,另一个是降低病虫害产生的生态经济价值。

(1) 增加生物多样性的价值 小良退化生态系统植被恢复后其生物多样性的增长是迅速的(表 5)。对生物多样性的计算依据有关的数据<sup>[3]</sup>,森林采伐造成游憩及生物多样性的价值损失值为 400 美元·hm<sup>-2</sup>=400×8.3 元·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>,全球社会性对保护我国森林资源的支付意愿为 112 美元·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>,由此小良植被恢复后由生物多样性增加所产生的生态经济价值量为:(400+112)×8.3=4250 元·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>

(2) 防治病虫害价值 用替代花费法来计算此值。取林业部统计数据,1995 年平均全国林地防治费用(3.57 元·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>)的略高值 5 元·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup> 计算<sup>[4]</sup>,得到小良植被恢复后每年每公顷平均降低病虫害产生的生态经济学价值为 5 元·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>。

仅以增加生物多样性和防治病虫害的价值计,小

表 5 生物多样性在植被恢复中的发展  
Table 5 Development of biodiversity following the vegetation restoration

种类 Type	项目 Item	光板地	混交林
		Barren	Mixed forest
乔木层 Tree layer	香农多样性指数 Shannon-Wiener	0	2.176
灌木层 Shrub layer	香农多样性指数 Shannon-Wiener	0.201	3.006
草本层 Herb layer	香农多样性指数 Shannon-Wiener	1.316	4.121
鸟类 Bird	香农多样性指数 Shannon-Wiener	0.51	1.82
昆虫 Insect	科 Family	34	123
土壤动物 Soil animal	类群 Class group	15	31
土壤微生物 Soil microorganism	真菌 Fungi	3	17
	放线菌 Ray fungi	2	13

良植被恢复后生态系统每年每公顷对环境健康所产生的生态经济价值为： $4250\text{元}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}+5\text{元}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}=4255\text{元}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 。

2.2.5 卫生保健价值 本文对卫生保健价值只计算两个指标。一个是降低温度,另一个是减少医疗费用产生的生态经济学价值。

(1) 降低温度所产生的价值

利用影子工程法计算此值。将小良视为一大房间,求出在此体积中降低温度所需的空调成本,即为小良植被恢复后生态系统降低温度所产生的价值。

小良退化生态系统植被恢复后对环境的效应十分明显(表 6)。

表 6 对环境的温湿效应<sup>[6]</sup>

Table 6 Environment effect in temperature and moisture changing

时期 Phase	年均温 Annual average temperature(℃)	年振幅 Annual amplitude (℃)
造林前 Before restoration(1958~1959)	23.2	14.4
造林后 After restoration(1988~1989)	22.6	12.2

小良平均林高 9.7m,与林地面积相乘可算出小良森林的总容积量。小良的夏季室内温度比市区低 0.6℃,以 7、8、9 月份为标准,每月以 30d 计算,以夏季普通空调在单位容积内降低 1℃的费用为 1 元计,则小良植被恢复后其生态系统每年每公顷降低温度的价值为： $1\times0.6\times30\times3\times9.7=524\text{元}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 。

(2)减少医疗费用的价值 利用成果参照法计算此值。据统计,1986 年广东省每减少 1hm<sup>2</sup> 森林时,医疗保健价值损失 0.38 万元<sup>[7]</sup>,以此可知小良植被恢复后每年每公顷减少医疗费用的价值为 3800 元·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>。

故仅以降低温度和减少医疗费用的价值计,小良植被恢复后其生态系统每年每公顷所产生的卫生保健价值为： $524\text{元}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}+3800\text{元}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}=4324\text{元}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 。

小良植被恢复后每年每公顷产生的总的间接价值为上述各项之和,其值为 13.61 万元·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>。

2.3 生态经济价值

小良植被恢复生态学研究自 1959 年至今历时 43a,在小良试点绿化面积 400 多 hm<sup>2</sup>,周边推广面积 400 多 km<sup>2</sup>(其中林地覆盖以 26%计),由此可算出小良植被恢复至今所带来的生态经济价值已超过 621 亿元人民币(20 世纪 90 年代不变价)。其中直接使用价值为 7.65 亿元,占总生态经济价值的 1.23%,间接使用价值为 613 亿元,占总生态经济价值的 98.77%,间接使用价值远远大于直接使用价值。

表 7 小良植被恢复的生态经济价值总计

Table 7 The total ecological economic value of the vegetation restoration in Xiaoliang

项目 Item	单位面积价值 Value per area (¥·hm <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )	面积 Area (hm <sup>2</sup> )	历时 Time (a)	累积价值 Accumulated value (¥)	价值比率 Percent (%)
直接使用价值 Direct using value					
林木直接使用价值 Direct using value of lumber	1649	10800	43	765795600	1.23
间接使用价值 Indirect using value					
涵养水源 Water conservation	271	10800	43	125852400	0.20
保持土壤 Soil conservation	2936	10800	43	1363478400	2.20
净化环境 Environment purify	124300	10800	43	57724920000	92.95
环境健康 Environment health	4255	10800	43	1976022000	3.18
卫生保健 Sanitation protection	4324	10800	43	148745600	0.24
总计 Total				62104814000	100.00

3 结论与讨论

小良恢复生态系统具有极高的生态经济价值。小良植被恢复 43a 来的生态系统服务价值已超过 621 亿元人民币,其中直接使用价值为 7.65 亿元,占总生态经济价值的 1.23%,间接使用价值为 613 亿元,占



总生态经济价值的 98.77%,间接使用价值远远大于直接使用价值。

间接使用价值中净化环境服务功能的生态经济价值,仅以固定 C、释放  $O_2$ 、吸收  $SO_2$  和滞尘计,就已达 577 亿元。其中,释放  $O_2$  的价值为 289.38 亿元,固定 C 的价值为 270.29 亿元,滞尘价值为 17.13 亿元,吸收  $SO_2$  的价值为 4226.04 万元。卫生保健和环境健康服务的价值仅次于净化环境服务的价值,也分别达到了 19.76 和 14.87 亿元。土壤保持价值亦超过直接使用价值而达到了 13.63 亿元。

由于侵蚀地得到全面绿化,环境条件得到改善,为发展经济作物创造了条件。在此基础上,采取治山治水与发展生产、长期效益与短期利益相结合的方法,开展了多种经营,种植热带作物和果树。目前小良站在有限的种植面积上种植荔枝、蒲葵、杨桃、胡椒等小量的品种,但年产值可达 10 万元,经济效益显著<sup>[8]</sup>。此外,在构建人工混交林时,适当插种格木等具有较高市场价值的用材种类,或者在下层引种益智、鸡藤等具有较高经济价值的耐阴植物,既增加了人工生态系统的层次,充分利用热带地区辐射能量强的光资源,提高森林对光能的利用率,同时增加经营收入,引发当地土地经营者的兴趣,进而推动了当地生态、经济与社会协同发展。

植被恢复后,由于环境条件的改善而带来了巨大的社会经济连带效益,于此并未计入本文的生态经济效益核算。其合理评估必将进一步证明区域植被恢复在提高区域可持续发展潜力和推动地区生态经济发展中的重要作用。由于植被恢复的主要生态经济价值(99%)为间接价值和连带价值,这就要求进一步加强生态恢复效益评估和生态科普教育,从而为恢复生态科学研究和实践的进一步深入和推广注入动力与支持。

## References:

- [1] Yu Z Y, Peng S L. *Ecological study of vegetation restoration of degraded ecosystem in tropical and subtropical area*. Guangzhou: Guangdong Science Press, 1996. 97~99.
- [2] Zhou G Y, Yan J H. *Theories and practice of compensation for ecological forests*. Beijing: China Meteorological Press, 2000. 29.
- [3] Yang Q, Chen Z H. A study on the indirect valuation of the forest ecosystem in Baiyun Mountain. *Ecologic Science*, 2002, **21**(1): 72~75.
- [4] Xue D Y, Bao H S, Li W H. A valuation study on the indirect values of forest ecosystem in Changbaishan Mountain Biosphere Reserve of China. *China Environmental Science*, 1999, **19**(3): 247~252.
- [5] Xiao H, Ouyang Z Y, Zhao J Z, et al. The spatial distribution characteristics and eco-economic value of soil conservation service of ecosystem in Hainan island by GIS. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, **20**(4): 552~558.
- [6] Peng S L. *Dynamic of forest community in low subtropical area*. Beijing: Science Press, 1996. 226.
- [7] Wang J S, Jin J M, Cai X D. *The analysis method on economic loss of ecology destruction*. Beijing: China Environment Science Press, 1996. 92~94.
- [8] Peng S L. *Agro-many-sided utilization and green-food product in degraded slope of Guangdong Province*. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 2001. 83~85.

## 参考文献:

- [1] 余作岳,彭少麟. 热带亚热带退化生态系统植被恢复学研究. 广州:广东科技出版社,1996. 97~99.
- [2] 周国逸,阎俊华. 生态公益林补偿理论与实践. 北京:气象出版社,2000. 29.
- [3] 杨琼,陈章和. 白云山森林生态系统间接经济价值评估. 生态科学, 2002, **21**(1): 72~75.
- [4] 薛达元,包浩生,李文华. 长白山自然保护区森林生态系统间接经济价值评估. 中国环境科学, 1999, **19**(3): 247~252.
- [5] 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. 生态学报, 2000, **20**(4): 552~558.
- [6] 彭少麟. 南亚热带森林群落动态学. 北京:科学出版社,1996. 226.
- [7] 汪俊三,金鉴明,蔡信德. 生态破坏经济损失分析方法. 北京:中国环境科学出版社,1996. 92~94.
- [8] 彭少麟. 广东省退化坡地农业综合利用与绿色食品生产. 广州:广东科技出版社,2001. 83~85.