

基于生态足迹的雅安市土地生态安全研究

何淑勤¹, 郑子成², 孟庆文², 宫渊波¹, 王昌全²

(1. 四川农业大学 林学院, 四川 雅安 625014; 2. 四川农业大学 资源环境学院, 四川 雅安 625014)

摘 要:以雅安市1999–2006年的统计数据为基础,利用生态足迹理论与方法,对雅安市的生态足迹、生态承载力、生态赤字进行了研究,对雅安市的生态安全情况进行了评价。结果表明:雅安市人均生态足迹从1999年的 1.068 hm^2 增加到2006年的 1.657 hm^2 ,而同期的人均生态承载力则由 0.925 hm^2 下降到 0.833 hm^2 ,人均生态赤字由 0.143 hm^2 增大为 0.825 hm^2 ,生态压力指数由 0.858 上升为 1.126 ;万元GDP生态足迹在 $1.87\sim 2.78\text{ hm}^2$ 之间上下波动,平均值为 2.212 hm^2 。研究期内雅安市的人均生态足迹超出了人均生态承载力,表现出巨大的生态赤字,且生态赤字基本上呈直线上升趋势,雅安市的经济社会发展处于不可持续状态,土地生态系统始终处于超负荷和不安全的状态。这为揭示区域土地生态安全的本质提供一定参考,同时也指出协调人口、资源和区域经济发展可缓解这种不安全状态。

关键词:土地生态安全;生态足迹;生态承载力;生态压力指数

中图分类号:F323.21

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2010)06-0118-05

Study on Land Ecological Safety Based on Ecological Footprint in Ya'an City

HE Shu-qin¹, ZHENG Zi-cheng², MENG Qing-wen², GONG Yuan-bo¹, WANG Chang-quan²

(1. College of Forestry, Sichuan Agriculture University, Ya'an, Sichuan 625014, China; 2. College of Resources and Environment, Sichuan Agriculture University, Ya'an, Sichuan 625014, China)

Abstract: Based on the statistical data of Ya'an in 1999–2006, we carried out initial research for the city's ecological footprint, ecological capacity and ecological deficit. The results showed that the ecological footprint per capita in Ya'an city increased from 1.068 hm^2 in 1999 to 1.657 hm^2 in 2006, whereas, the ecological capacity per capita decreased from 0.925 hm^2 to 0.832 hm^2 ; the ecological deficit per capita increased from 0.143 hm^2 to 0.825 hm^2 ; the ecological tension index increased from 0.858 to 1.126 . Ecological footprint million GDP fluctuation was between 1.87 hm^2 and 2.78 hm^2 with national average of 2.212 hm^2 . Ya'an ecological footprint per capita exceeded the ecological carrying capacity per capita, showing a huge ecological deficit and ecological deficit is basically linear upward trend. The results indicated that the development model of Ya'an city was not sustainable, and the land resources was almost in the ecology over burden condition, suggesting that the land ecological environment is at risk. The results would provide theory basis for revealing the essence of regional ecological safety of land, and at the same time, it pointed out that the coordination of people, resources and regional economic development might alleviate the situation of insecurity.

Key words: land ecological security; ecological footprint; ecological capacity; ecological tension index

生态足迹(ecological footprint)是一种衡量人类对自然资源利用程度以及自然界为人类提供的生命支持服务功能的方法。生态足迹作为可持续发展的评价指标,通过生态足迹与生态承载力数值的对比,综合核算资源资产的可持续发展状况。生态足迹以其理论、

方法的创新性以及实践的可操作性,成为资源开发与环境保护研究中的前沿领域^[1-2]。生态足迹理论在我国的研究和发展是基于徐中民等学者对生态足迹模型的引入和介绍^[3]。随着相关研究在国内迅速开展,在研究内容和问题分析范围上,涉及基于生态足迹的不

收稿日期:2010-04-20

资助项目:国家自然科学基金(40901138);国家科技支撑计划项目(2008BAD98B05);四川省教育厅重点项目(07ZA059);四川省科技厅应用基础研究项目(2008JY0022)

作者简介:何淑勤(1978–),女,陕西商南人,讲师,从事水土保持与生态环境方面研究。E-mail:angelhsq@163.com

通信作者:郑子成(1976–),男,内蒙古人,博士,副教授,从事土壤生态与水土保持方面研究。E-mail:zichengzheng@163.com

同尺度(如国家、省、市、县等)的区域可持续发展状况研究;在生态足迹的研究和应用中,研究者也在不断地对其模型和方法进行改进和完善;部分学者还对生态足迹模型的优缺点进行了评价和分析。生态足迹的意义在于探讨人类持续依赖自然以及要怎么做才能保障地球的承受力,进而支持人类未来的生存。土地资源的安全与否,影响着国家经济安全、粮食安全、生态安全和社会安全,关系到社会经济发展的全局。随着工业化和城市化的不断加速,人地矛盾日益突出,对土地的利用程度已经达到甚至超过区域土地生态承载力,导致区域内的生态环境逐渐恶化,土地生态安全成为一大严峻的挑战,其研究势在必行。生态安全是土地可持续利用的核心和基础,土地生态安全研究已经成为土地可持续利用研究的前沿课题。

雅安市作为四川省重点建设的生态旅游城市,每年到雅安旅游的人数超过60万人次,创经济效益2亿多元。流动人口的急剧增加使住房和交通等问题日益突出,对土地资源、水资源、能源和森林资源造成很大的压力,同时加剧了环境的污染。因此,对雅安市土地生态系统安全情况进行评价十分必要。本文运用生态足迹模型探讨雅安市土地生态安全问题,以期为该地区土地资源、环境、经济和社会的持续协调发展和土地利用规划决策提供依据。

1 研究区概况

雅安市位于四川盆地西部边缘,幅员15 314 km²,位置特殊,介于北纬28°50′10″–30°56′40″,东经101°56′26″–103°23′28″之间。东北边与成都市交界,东边与眉山市为邻,东南边与乐山相邻,南依凉山彝族自治州,西边与甘孜藏族自治州相连,北边与阿坝藏族羌族自治州接壤。雅安市地形以山地为主,面积占全市总面积的94%,在地貌上,雅安市处于四川盆地和青藏高原的交会地带。河流属于长江流域岷江水系,区内切割强烈,山脉纵横,形成北部的青衣江水系和南部的大渡河水系。气候属于亚热带季风山地气候。2006年雅安市总人口154.32万人,耕地总面积为5.87万hm²。随着经济的快速发展,人地矛盾日益突出,土地生态环境脆弱性加剧。

2 研究方法

根据生态足迹评价的理论、方法及区域实际情况,本文选用了以下几种模型来测算研究区生态安全情况。

2.1 生态足迹模型

生态足迹(EF)是指为生产某一国家或地区相应

人口所消费的所有资源和消纳这些人口产生的所有废物所需要的生物生产性面积(bio-productive area)。根据生产力大小的差异,生态足迹分析法将地球表面的生物生产性土地分为耕地、林地、草地、化石燃料用地、建筑用地和水域6大类进行核算^[4],生态足迹的计算公式如式(1)。

$$\begin{aligned} EF &= N \times ef = N \times \sum(aai) = N \times \sum r_j \times A_i \\ &= N \times \sum(ci/pi) \end{aligned} \quad (1)$$

式中:EF——总的生态足迹;N——人口数;ef——人均生态足迹(hm²/人);ci——i种商品的人均消费量;pi——i种商品的平均生产能力;aai——人均i种交易商品折算的生物生产面积;i——所消费商品和投入的类型;Ai——第i种消费项目折算的人均占有的生物生产面积;j——生物生产性土地类型;rj——均衡因子,文中均衡因子的取值:化石能源地和森林为1.1,耕地和建设用地为2.8,牧草地为0.5,水域为0.2。

生态承载力EC(ecological capacity)是指一个区域实际提供给人类的所有生物生产土地面积(包括水域)的总和。生态承载力的计算公式如式(2)^[5]。

$$\begin{aligned} EC &= N \times ec = N \times \sum a_j \times r_j \times y_j \\ (j &= 1, 2, 3, \dots, 6) \end{aligned} \quad (2)$$

式中:EC——区域总生态承载力;N——人口数;ec——人均生态承载力(hm²/人);aj——人均生物生产面积;rj——均衡因子;yj——产量因子,文中取值:耕地、建筑用地为1.66,林地为0.91,草地为0.19,水域为1.00,化石原料用地为0。出于谨慎性考虑,在生态承载力计算时扣除12%的生物多样性保护面积^[6-7]。

如果区域的生态足迹超过了区域所能提供的生态承载力,就会出现生态赤字,反之,则表现为生态盈余。生态赤字的计算公式如式(3)。

$$ED = EF - EC \quad (3)$$

式中:EC——区域总生态承载力;EF——区域总生态足迹;ED——区域总生态赤字水平。

2.2 生态压力指数模型

生态压力指数定义为某一国家或地区可更新资源的生态足迹与生态承载力的比率,该指数代表了区域生态环境的承压程度^[8],其模型为:

$$ETI = EF' / EC \quad (4)$$

式中:EC——区域生态承载力;EF'——区域可更新资源生态足迹;ETI——生态压力指数。

2.3 单位GDP生态足迹模型

单位GDP生态足迹即区域经济生产单位GDP所产生的生态足迹,单位GDP生态足迹越小,表明生

物生产面积的产出率越高^[9]。计算公式如式(5)。

$$PGEF = EF / GDP \tag{5}$$

式中: PGEF——单位 GDP 生态足迹; EF——区域总的生态足迹; GDP——国内生产总值。

3 结果与分析

根据生态足迹计算模型测算出雅安市 1999–2006 年的人均生态足迹(表 1)、人均生态承载力(表 2)。

表 1 1998– 2005 年间雅安市人均生态足迹 ef 变化情况 hm²/人

项目	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
耕地	0.6061	0.5970	0.5677	0.5427	0.4987	0.4574	0.5013	0.5141
草地	0.0970	0.1053	0.1130	0.1175	0.1247	0.1573	0.1376	0.1902
林地	0.0635	0.0258	0.1258	0.0285	0.1487	0.1601	0.1876	0.2009
化燃用地	0.1198	0.1118	0.1203	0.1300	0.1374	0.1547	0.1801	0.1861
建筑用地	0.1551	0.1691	0.2046	0.2340	0.1652	0.8560	0.5326	0.5334
水域	0.0266	0.0266	0.0263	0.0287	0.0323	0.0360	0.0308	0.0324
合计	1.0680	1.0357	1.1577	1.0815	1.1069	1.8215	1.5700	1.6571

表 2 1998– 2005 年间雅安市人均生态承载力 ec 变化情况 hm²/人

项目	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
耕地	0.2972	0.2892	0.2687	0.251	0.2075	0.1809	0.1797	0.1768
草地	0.0211	0.0211	0.021	0.0208	0.0206	0.0205	0.0205	0.0204
林地	0.7118	0.7114	0.7075	0.7232	0.7239	0.7212	0.7202	0.7157
建筑用地	0.0167	0.0166	0.0175	0.0191	0.0207	0.0242	0.0300	0.0299
水域	0.0039	0.0039	0.0038	0.0038	0.0038	0.0037	0.0032	0.0032
化燃用地	0	0	0	0	0	0	0	0
合计	1.0507	1.0421	1.0186	1.018	0.9765	0.9506	0.9537	0.9460
扣除 12%	0.1261	0.1251	0.1222	0.1222	0.1172	0.1141	0.1144	0.1135
人均用地	0.9246	0.9170	0.8963	0.8958	0.8593	0.8365	0.8393	0.8325

3.1 生态足迹变化总体趋势分析

由表 1、表 2 可知,雅安市人均生态足迹从 1999 年的 1.068 hm² 增加到 2006 年的 1.657 hm²,人均生态承载力由 1999 年的 0.925 hm² 变为 2006 年的 0.833 hm²。可见,雅安市社会经济的发展对生物生产性土地的需求在不断增加,而该地区土地资源提供的可供利用的人均生态承载力却出现小幅降低,生态赤字由 1999 年的 0.143 hm² 增加到 2006 年的 0.825 hm²,且在 2004 年曾达到 0.985 hm²,总体上呈不断增大的趋势。结果表明:雅安市生态赤字的增加主要是由于生态足迹的增加引起的,雅安市社会经济的发展对资源的需求已经大大超过了该地区土地资源生态系统的承载能力,其生态能力已不能满足人们对自然资源的消耗水平,主要靠消耗自然资源的存量来弥补该地区生态承载力的不足,雅安市的土地利用出于一种不可持续发展的状态。随着近年来住宅面积的需求剧增,自然资源开发过度,利用率升高,也对生态环境造成了一定的影响。随着经济的发展,工农业对资源的开发量和需求量大大增加,但资源的利用率却一直未得到有效全面的提高,造成了资源的巨大浪费。这也就促使了生态足迹的进一步增加。通过生态足迹分析表明,研究时段内全市人均生态足迹上升 0.589 hm²/人,增长速度远高于全国水平^[10];而各类生态供给均呈现不同程度的递减趋势。全市处于生

态赤字发展阶段,且生态赤字明显扩大。由于人口增加、对食物总量和食物品质的新要求、耕地减少、能源需求以及环境污染等问题加剧生态的赤字化。为了缓解日益增加的生态赤字,实现土地资源的可持续利用,应积极采取相应措施:(1) 控制人口增长;(2) 强化土地利用规划的宏观调控作用,确定科学合理的规划指标,集约利用土地,协调土地供应与地区经济发展需求;(3) 改变人们的生产和生活消费方式,建立资源节约型的社会生产和消费体系;加强贸易,以境外的生物供给来分担境内的生态赤字压力。

3.2 生态足迹供需结构变化分析

由图 1 可知,雅安市生态足迹的消费 59.71% 来自农作物消费,27.15% 来自建筑用地消费,10.86% 来自化石燃料消费。分析数据显示:雅安市的社会经济对农业生产用地的需求最高,其次是建筑用地,再次是化石燃料能源用地。雅安市生态系统在生物生产性土地供给结构与需求结构之间具有明显不均衡性,突出表现在耕地、水域、化石燃料用地及草地的供需矛盾,只有林地和建设用地供给量较充裕。在能源消费账户的构成中,草地和林地消费产生的生态足迹与 1998 年相比分别增长了 96.48% 和 216%,这和雅安市耕地等资源供需紧张是分不开的,但是正在创建生态城市的雅安市过于靠林地和草地资源来弥补其他资源紧张的做法是否科学值得思考,因为保持一定

数量的林地和草地对于维持生态系统安全有着至关重要的作用。存在其它原因:(1)如人多地少,人口过于密集,人均耕地匮乏,农民为解决“吃饭问题”,大面积开垦耕作,对植被和地表造成很大的破坏,使得连年灾害频发,造成经济的巨大损失。(2)随着西部大开发的进行,对处于西部地区特殊位置的雅安市扶持力度的增大,大批工业的运作,对高能源的消耗也逐年递增,这也给巨大生态赤字的形式起到了不小的作用。简言之,如果生态足迹超过了生态承载能力,就是不可持续的。为了雅安市的可持续发展,每个人都有义务和责任来减少自然资源的消费,减小自身的生态足迹,均衡开发利用各种自然资源。

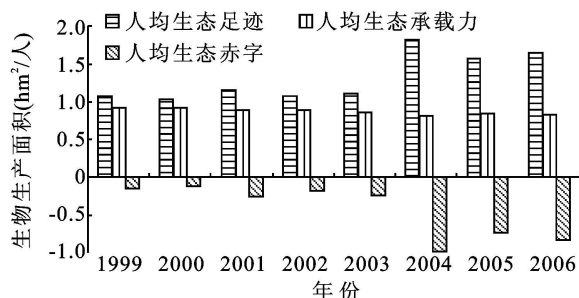


图1 1999-2006年雅安市生态足迹供需结构变化趋势

3.3 生态压力指数变化分析

生态压力指数(ETI)模型是在生态足迹原理的基础上提出来的^[11]。从图2可以看出,雅安市的生态压力指数从1999年的0.858逐渐增加到2006年的1.126,8年增加了31.29%,区域土地生态系统一直处于超负荷利用的状态,并有进一步加重的趋势。根据肖玲等提出的生态压力指数划分标准^[12]进行评价,该市1999-2006年的土地生态系统始终处于不安全的状态。究其原因是农民生态保护意识落后,森林、草地被大面积砍伐破坏,农业生产条件改善滞后,加重了生态负荷;生态建设资金投入不足,“退耕还林”政策推行力度和深度不够,在许多地方甚至失去其本来的含义。雅安市要实现减小生态赤字,可持续发展,在不降低人们生活水平的前提条件下,除了严格遵守计划生育政策,控制人口增长外,还应从以下几方面着手:(1)变粗放型、消耗型的资源利用模式成为集约型、节约型的资源利用模式,改善社会生产和消费体系,发展循环经济,提高能源利用效率。(2)进行广泛的生态文化宣传,增强人们的节约意识,建立可持续发展型社会消费体系。(3)大力发展科学技术,引进高新技术,提高能源利用效率,减少能源消耗,严格源头、过程控制,推行清洁生产,同时利用高新技术改造传统产业,以减少污染物的产生。(4)调整土地利用类型结构,退耕还林还草还湿地,增加单位面积草地和林地面积,

逐步改善雅安市的生态环境,是削减生态足迹的长效机制。(5)开发水电能源,替代化石能源。雅安市地处亚热带,年平均降水资源丰富,充分发掘水资源潜力,大力发展水电能源,是降低生态赤字的一条有效途径。(6)改善农业生产条件,改造中低产田,推广先进的农林技术,发展高效生态农业,以提高土地的产出效率,对大大减少生态赤字起到了重要的作用。(7)加强生态建设立法、宣传、实施工作,不断提高人民群众的生态观念、法制观念,严格执法,强化法律监督,坚决杜绝在建设资源开发中造成的新水土流失行为,严禁毁林、草地,浪费土地等破坏生态的行为。

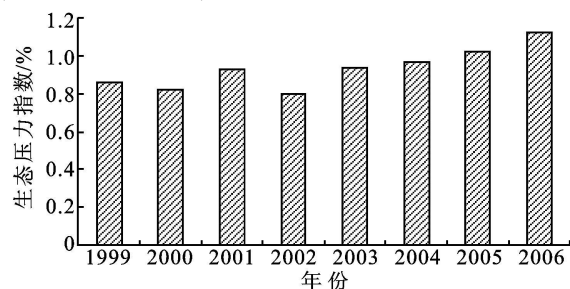


图2 1999-2006年雅安市生态压力指数变化趋势

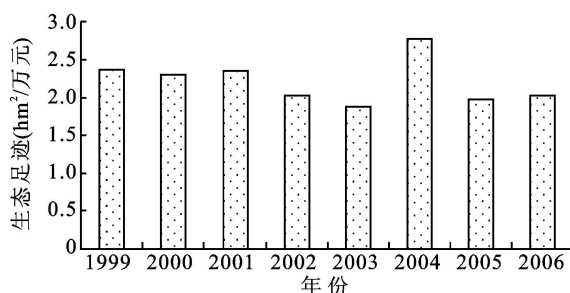


图3 1999-2006年雅安市万元GDP生态足迹的变化趋势

3.4 单位GDP生态足迹变化分析

单位面积生态足迹生产出来的国内生产总值可以反映区域资源的利用效率,以及对自然环境的影响程度^[13]。从图3可以看出,雅安市所消耗的生态足迹从1999-2006年在 $1.87 \sim 2.78 \text{ hm}^2$ 之间波动变化,平均为 2.212 hm^2 ,总体上接近全国平均值(2.037 hm^2),然而与生态效率较高的东部发达地区如天津(0.592 hm^2)、上海(0.819 hm^2)及广东(1.058 hm^2)相比还有一定的差距^[14]。说明雅安市对资源的利用效益在全国中等水平徘徊,2006年较1999年下降了 0.343 hm^2 ,较2003年下降了 0.758 hm^2 ,这说明雅安市在对自然资源总量需求增加的同时,对土地生态资源的依赖程度在逐渐下降,以消耗资源存量为代价的经济增长方式正朝着良性的方向发展。

4 结论

基于生态足迹原理,根据雅安市经济社会活动对

本地区土地资源的消费情况与该区与土地资源所能提供的生态承载力进行比较,进而评价了土地是否处于可持续发展的安全状态,为进行土地生态安全状况的评价提供了参考。1999—2006 年雅安市对资源的利用效率在不断提高,但在研究期内雅安市的人均生态足迹均超过人均生态承载力,土地生态系统始终处于超负荷状态,土地生态系统处于危险状态。尤其体现在耕地、草地和水域的生态赤字等方面。为了缓解日益增加的生态赤字,实现区域土地资源的可持续利用,应协调好人口、资源环境和经济发展间的关系,科学合理规划,改变资源利用模式,发展循环经济,提高土地的产出效率,可在一定程度上降低或缓解区域土地生态系统危险状态。

由于资源的消费所带来的生态压力不完全由资源的消费地来承担,而实际上是由资源的生产地来承担,因此,采用生态足迹模型进行区域土地生态安全评价时,资源的消费量是采用该区域实际消耗量还是该区域从本地区实际获取的资源量有待进一步探讨。目前基于生态足迹理论的生态压力指数概念及等级划分标准尚未统一,科学合理的基于生态足迹的土地生态安全评价体系有待进一步研究。此外,在本文计算过程中由于受数据限制,没有考虑废水、农药、重金属等带来的土地生态环境污染,没有计算废弃物所产生的生态足迹,雅安市实际的生态足迹可能更大,土地生态安全形势可能更为严峻。而且通过生态足迹及生态压力指数发展趋势分析,可知雅安市土地生态安全形势在逐渐恶化。

参考文献:

- [1] Jonathan Loh. 地球生态报告[R]. 世界自然基金会, 2004.
- [2] Rees W E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out [J]. Environment and urbanization, 1992, 4(2): 121-130.
- [3] 徐中民, 张志强. 中国 1999 年生态足迹计算与发展能力分析[J]. 应用生态学报, 2003, 14(2): 280-285.
- [4] 朱国锋, 杨小梅, 万国宁, 等. 甘肃省 2004 年生态足迹计算与分析[J]. 甘肃联合大学学报, 2008, 22(5): 62-65.
- [4] 杨开忠, 杨咏. 生态足迹分析理论与方法[J]. 地球科学进展, 2000, 15(6): 630-636.
- [5] 李月辉, 张薇. 生态足迹方法及研究进展[J]. 生态学杂志, 2006, 25(3): 334-339.
- [6] 王书华, 毛汉英. 生态足迹研究的国内外近期进展[J]. 自然资源学报, 2002, 17(6): 776-782.
- [7] 王书玉, 卞新民. 生态足迹理论方法的改进及应用[J]. 应用生态学报, 2007, 18(9): 1977-1981.
- [8] 张晶, 刘耀林, 陈新明. 基于生态足迹的浙江省生态安全动态研究[J]. 水土保持通报, 2008, 28(4): 18-190.
- [9] 王根绪, 程国栋, 钱鞠. 生态安全评价研究中的问题[J]. 应用生态学报, 2003, 14(9): 1551-1556.
- [10] 姚猛, 韦保仁. 生态足迹分析方法研究进展[J]. 资源与产业, 2008, 10(3): 70-74.
- [11] 陈敏, 张丽君, 王如松, 等. 1978—2003 年中国生态足迹动态分析[J]. 资源科学, 2005, 27(6): 132-139.
- [12] 肖玲, 董林林, 兰叶霞, 等. 基于生态压力指数的江西省生态安全评价[J]. 地域研究与开发, 2008, 27(1): 119-121.
- [13] 王兴贵, 李铁松. 重庆市 2003—2005 年生态足迹分析[J]. 江西科学, 2007, 25(4): 446-449.
- [14] 中国环境与发展国际合作委员会, 世界自然基金会. 中国生态足迹报告(下)[R]. 2004.
- [4] 王兵, 崔相慧, 白秀兰, 等. 大岗山人工针阔混交林与常绿阔叶林水文动态变化研究[J]. 林业科学研究, 2002, 15(1): 13-20.
- [5] 徐高福. 千岛湖国家森林公园针叶林阔叶化改造技术探讨[J]. 中南林业调查规划, 2005, 24(1): 19-22.
- [6] 王冬米, 卢国耀, 高智慧, 等. 针叶林阔叶化改造质量评价体系的研究[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2008, 32(2): 56-58.
- [7] 王冬米, 卢国耀, 何理坤. 阔叶林发展的主要途径和模式选择[J]. 华东森林经理, 2006, 20(2): 38-40.
- [8] 陆献峰, 葛文宁. 从森林健康谈浙江省阔叶林的发展[J]. 浙江林业科技, 2004, 24(6): 54-57.
- [9] 徐高福, 丰炳财, 王政懂, 等. 针叶林阔叶化改造目的树种选择研究[J]. 林业调查规划, 2007, 32(3): 40-42, 49.
- [10] 薛立, 赖日石, 陈红跃, 等. 不同阔叶树种的生长及其对赤红壤肥力的影响[J]. 土壤学报, 2003, 40(5): 795-799.
- [11] 杨玉盛, 李振问, 刘爱琴. 人工阔叶林取代格氏栲天然林后土壤肥力变化的研究[J]. 东北林业大学学报, 1993, 21(5): 14-21.
- [12] 田大伦, 陈书军. 樟树人工林土壤水文—物理性质特征分析[J]. 中南林业学院学报, 2005, 25(2): 1-6.
- [13] 薛立, 吴敏, 徐燕, 等. 几个典型华南人工林土壤的养分状况和微生物特性研究[J]. 土壤学报, 2005, 42(6): 1017-1023.
- [14] 徐高福. 针叶林阔叶化改造的森林生态防火效果初报[J]. 浙江林业科技, 2009, 29(3): 84-87.
- [15] 包维楷, 乔永康, 陈庆恒. 岷江上游典型油松人工幼林的生态环境效应[J]. 山地学报, 2003, 21(6): 662-668.
- [16] 胡孔飞, 文仕知, 张杰, 等. 湘北红壤丘陵区四川桉木人工林水文生态效应[J]. 福建林业科技, 2009, 36(3): [17]
- [17] 周本智, 傅懋毅. 庙山坞自然保护区毛竹林细根生产和周转研究[J]. 江西农业大学学报, 2008, 30(4): 239-245.
- [18] 林业部科技司. 森林生态系统定位研究方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994: 21-23.