

评述与简报

DOI:10.14188/j.ajsh.2018.03.014

杜仲产业开发过程中的生物资源管理

贺建武^{1,2}, 陈功锡^{1,2*}

(1. 吉首大学 杜仲综合利用技术国家地方联合工程实验室, 湖南 吉首 416000;

2. 吉首大学 植物资源保护与利用湖南省高校重点实验室, 湖南 吉首 416000)

摘要: 杜仲是我国特有的珍稀生物资源, 杜仲产业属于我国的战略新兴产业。国家林业局于2016年12月发布了《全国杜仲产业发展规划》(2016—2030年), 阐述了杜仲产业开发面临新的机遇以及生物资源管理方面的问题。本文在阐述生物多样性与生物资源管理概念和进展的基础上, 分析了杜仲产业规划区及杜仲生物资源产业开发的有关问题, 提出将杜仲产业开发上升到生物资源层面, 从生物多样性、生物质资源和生物信息资源等方面加强规划和科学管理的有关建议。

关键词: 生物资源管理; 杜仲; 产业开发

中图分类号: Q 949.99

文献标识码: A

文章编号: 2096-3491(2018)03-0285-07

Management of biological resources in the process of *Eucommia ulmoides* industry development

HE Jianwu^{1,2}, CHEN Gongxi^{1,2*}

(1. National & Local United Engineering Laboratory of Integrative Utilization Technology of *Eucommia ulmoides*, Jishou University, Jishou 416000, Hunan, China; 2. Key Laboratory of Plant Resources Conservation and Utilization of Hunan Province, Jishou University, Jishou 416000, Hunan, China)

Abstract: *Eucommia ulmoides* is a unique rare biological resource and *Eucommia ulmoides* industry belongs to the strategic emerging industry in China. The State Administration of Forestry issued the National Development Plan of *Eucommia ulmoides* (2016—2030), which will face new opportunities and the problems of biological resource management in the process of *Eucommia ulmoides* industrial development. This paper gives an overview of biodiversity and biological resource management, and the distribution of biological resources in the industrial planning, and puts forward some suggestions on the application of biological resource management in the *Eucommia ulmoides* industrial planning.

Key words: management of biological resource; *Eucommia ulmoides*; industry development

0 引言

人类对生物资源的管理会直接影响生物多样性。美洲南部、中部和西北部地区、拉丁美洲大部分原始森林曾因人类活动而遭受严重破坏, 我国云

南西双版纳在早些年也因大面积种植三叶橡胶致使当地天然林受到严重破坏, 地表径流和土壤侵蚀造成严重的影响, 森林群落逐步更替为疏林、低矮

收稿日期: 2017-11-29 修回日期: 2018-01-22

作者简介: 贺建武(1985-), 男, 实验师, 主要从事药用资源与生态学研究。E-mail: hejsu@jsu.edu.cn

*通讯联系人 E-mail: chengongxi2011@163.com

基金项目: 湖南省高校产业化项目(10CY010); 湖南省土家医药研究中心2017年开放基金项目; 湖南省林产化工工程重点实验室开放基金项目(JD201605); 张家界市2017年产学研结合创新专项资金项目(2017-90-1)。

引用格式: He J W, Chen G X. Management of biological resources in the process of *Eucommia ulmoides* industry development [J]. Biotic Resources, 2018, 40(3): 285-291.

贺建武, 陈功锡. 杜仲产业开发过程中的生物资源管理[J]. 生物资源, 2018, 40(3): 285-291.

灌丛,将原本储存于森林中的固态碳重新释放到大气中,严重影响区域生态平衡与稳定^[1]。随着全球生物多样性缔约国的共同努力,加强重要林业资源的保护、合理利用和对森林实施可持续经营已经成为全球环境与人类发展的共同话题。森林经营管理不但要着眼森林生态系统本身,同时也不能忽略生物资源管理对生物多样性的影响,要系统考虑各种相关利益群体需求、农林牧复合景观结构特征,更要实现景观资源的优化配置和景观环境的可持续性^[2]。但从实际操作层面来看,在很多区域森林恢复性增长的同时,森林的结构也发生了相应变化,可能会出现由重建之前原来的多用途森林演变为同质化的单一经济林^[3]。

杜仲(*Eucommia ulmoides* Oliver)是我国特有珍稀生物资源,集经济林和用材林优点于一身,在药用、保健食品和饲料、胶用、材用等方面都体现出良好应用前景。我国杜仲森林资源总量占全世界的99%,种植范围南起两广、北至吉林、东至山东、西达新疆,适宜栽植范围包括北京、天津、河北、山西、内蒙古等27个省(区、市)的377个县(区、市),计划到2030年建成5000万亩杜仲良种高效栽培产业基地^[4]。如此全国范围大面积单一树种的产业规划,在开发过程中如何科学管理生物资源,应该引起各级林业管理部门及相关责任方和利益方的高度重视,并有必要在学术界与产业界形成共识。

1 杜仲资源特征与生物资源管理

1.1 杜仲资源及应用进展

杜仲为第三纪冰川运动残留下来的单科单属古老树种,化石记录表明曾在北美洲的美国、加拿大、墨西哥等地广泛分布^[5],目前自然种仅存于中国,其野生群体被列入国家二级保护物种名录^[6]。自然状态下,杜仲生长于海拔300~500 m的低山、谷地或低坡的疏林里,对土壤的选择并不严格,在瘠薄的红土,或岩石峭壁均能生长,现已在全国广泛栽培。目前我国杜仲种植总面积近500万亩,生物质资源产量巨大。杜仲浑身是宝,其叶、皮、雄花、果及木材都有广泛用途,我国自上世纪50年代以来先后上市的产品,如杜仲中成药、提取物、食品和保健品、饲料等已达上百种,产业基础相当厚实。

关于杜仲资源应用研究,主要体现在:①植物化学方面,杜仲提取物中被鉴定的化合物有100多种,主要涵盖了木脂素类、环稀醚蔽类、苯丙素类、黄酮类、多糖类等化合物^[7];②药理学方面,杜仲提

取物能够对治疗高血压、高脂血症、糖尿病、肥胖、性功能障碍、骨质疏松症、阿尔茨海默病、狼疮样综合征、胃溃疡等疾病起到促进作用,在清除自由基、促进胶原合成、加速肉芽肿形成等方面具有药理作用^[8,9];③杜仲胶研究方面,由于其化学结构为反式-聚异戊二烯,和天然橡胶(顺式-聚异戊二烯)互为同分异构体,具有“橡胶-塑料的双重性质”,与其他胶进行共混能显著提高胶产品的物理机械性能、动态疲劳性能,是一种具有重要战略意义的天然高分子材料^[10]。目前主要用物理-化学溶剂提取^[11]、以及酶法^[12]等方法对其进行提取;④杜仲种质资源方面,已经育有“秦仲”、“华仲”等系列优良品种,并开始往多籽、多花、多叶甚至多倍体等方向驯化,栽培模式也根据开发需要形成了果园、叶林模式等^[13-15]。杜仲综合开发利用已形成全国共识,对其生物资源科学管理显得尤为重要。

1.2 生物资源管理

生物资源(bioresources)是生物多样性在人类社会中的集中综合反映,一定程度上服从并服务于人类的价值取向。基于对生物资源利用的时代不同,生物资源概念也在不断更新发展。以传统自然观点来看,生物资源是指对人类具有实际或潜在用途或价值的遗传资源、生命体或其部分、生物群体或生态系统中任何其他生物组成部分,故又称生物遗传资源,包括地球上所有植物遗传资源、动物遗传资源和微生物遗传资源,是自然资源的重要组成部分^[16]。而从现代利用角度来看,生物资源泛指对人类具有实际或潜在用途的物种、生物体及其衍生物和生物信息,包括生物遗传资源、生物质资源和生物信息资源等^[17]。生物遗传资源(biogenetic resources)是指动物、植物、微生物等一切生物及其遗传单位。生物信息资源(bioinformation resources)包括生物序列信息、功能信息、相互作用规律,以及在此基础上建设获得的可利用的数据库、设备与使用方法等。实际上还包括不同民族人类认识、利用和保护生物资源所形成的传统知识等。生物质资源(biomass resources)是指所有的植物、动物和微生物形成和产生的生物有机体、代谢产物、生物排泄物和伴生物。其特征是直接或间接来自于太阳能,最初由光合作用形成,是光合作用产物及其衍生物。相对生物遗传资源,生物质资源和生物信息资源与人类的劳动程度密切相关。生物资源是地球上可大规模持续利用并足以支撑社会发展的实物性资源,世界各国都十分重视生物资源管理工作。

目前很多国家在生物资源管理方面自成体系^[18,23]。我国也成立了生物物种资源保护与管理联席会议制度,加大对包括野生动植物资源在内的生物资源的保护和可持续利用的工作力度^[24],制定并实施了一系列生物资源保护和持续利用的政策、规划和措施,并实现了生态系统、物种和基因三个层次的全方位覆盖。新的历史时期,对影响我国各类生物资源可持续利用的有关因素的揭示、对生物资源开发利用现状的调查、生物资源管理制度研究将会是未来研究的重点领域。

2 杜仲产业布局与资源开发

2.1 杜仲生物资源规划布局

2016年底,国家林业总局对中国杜仲产业进行了国家层面的整体规划,颁发了《全国杜仲产业发展规划(2016—2030年)》(以下简称《规划》),拟分三期在全国范围内,形成杜仲资源种植面积5000万亩(表1)、国家储备林杜仲林基地200万亩,新建和改造现有杜仲林105万亩(表1)的资源整体布局。《规划》强调要形成杜仲资源的供应要相对稳定充足,建立起适应于现代杜仲产业发展的新型杜仲资源培育体系,发挥经济、生态和社会综合效益,要形

成杜仲资源高效利用的全产业链的产业体系,成为我国中西部地区农民增收致富和改善区域生态环境的重要产业之一^[4]。

《规划》指出要以杜仲资源种植培育为基础,合理布局加工和流通链,加强杜仲潜在功能的开发,通过产业要素的集聚和技术的创新延伸产业链,拓展多功能,培育新业态,形成杜仲种植和加工领域交叉发展的产业体系。按照杜仲栽培地理分布和全国不同地区的自然条件,将我国杜仲栽培区域划分为:最适宜区(河南、湖南、湖北等13个省市)、适宜区(江苏、上海、江西等8个省市)和较适宜区(福建、广东、广西等6个省市),分区的规划情况见表1。《规划》坚持新型杜仲橡胶资源基地重点建设区域和方向,进行杜仲产业建设布局,稳步推动杜仲资源培育、生产加工和服务业发展。

杜仲资源主要分布在中国,但是目前能满足现代杜仲产业发展需要的资源林面积较小且分散,部分树种还存在一些本身的问题。《规划》系统考虑到地域差异性和产业布局的结构性等因素,在全国范围内进行杜仲生物资源的差异化布局,同时国家发改委、财政部和林业局已将杜仲纳入国家储备林树种目录,我国的杜仲资源建设开始稳步推进。预计

表1 中国杜仲产业区域规划布局

Tab. 1 Regional planning layout on *Eucommia ulmoides* industry development in China

资源规划类型	面积规模/栽培区(万亩)	规划省/市/自治区
新造林 (5000 万亩)	600	河南省
	500	湖南省、河北省、新疆区
	400	山东省、山西省
	300	甘肃省、陕西省
	200	湖北省、内蒙古区
	100	宁夏回族自治区、江苏省、江西省、安徽省、贵州省、四川省
	50	北京市、天津市、重庆市、云南省、浙江省、福建省、广东省、广西壮族自治区、辽宁省
	40	吉林省
	10	上海市
	20	陕西省
改造林 (105 万亩)	10	河南省、湖南省、湖北省、甘肃省、江西省、安徽省、重庆市、贵州省
	5	四川省
栽培区 (适应性)	最适宜栽培区	河南、湖南、湖北、河北、安徽、北京、天津、山东、山西、陕西、甘肃、宁夏、新疆(南部)
	适宜栽培区	江苏、上海、江西、贵州、四川、重庆、浙江、云南
	较适宜栽培区	福建、广东、广西、辽宁、吉林(通化以南)

未来几十年,杜仲的生物资源管理和产业发展将会受到进一步重视。

2.2 杜仲生物资源产业开发

杜仲是集生态建设、精准扶贫并涉及橡胶、航空航天、军事国防、船舶、交通、通讯、电力、医药(保健品)、农林、食品(饮品)、畜牧水产、林下养殖等多个领域产业于一体的特殊生物资源。为使《规划》能够落地和能够达到预定目标,杜仲产业必需是基于生物资源构架下的综合性和复合型产业。产业体系大致可包括以杜仲林生物资源培育种植为主的第一产业,以杜仲胶、药、食、饲料等产品开发为代表的第二产业和以杜仲森林康养、杜仲产业金融服务和电子商务与杜仲相关旅游业等为代表的第三产业。

杜仲资源产业开发必需强调综合开发、充分利用。只有综合利用才能减少资源浪费提高利用率,才能带动杜仲产业的发展,才能更加有效地支持和促进橡胶工作向前迈进,从而为社会发展做出更大贡献。至于综合利用的方式,在原料种植上可提倡多类型复合种植模式(如混农林的杜仲-药材、杜仲-蔬菜、杜仲-花卉、杜仲-家禽等),在生产上可采取多层次应用开发比如对杜仲翅果的三级开发模式^[25],在市场上可推行多渠道拓展的运作模式。当然,在综合利用的过程中,各地应根据本区域实际有所侧重,逐步体现以橡胶业为主的目标应成为一种共识,坚持走“橡胶为头、综合利用、深度开发”的思路。

杜仲资源产业开发必须立足科学研究,稳步持续推进。杜仲是一个古老孑遗物种,有大量科学问题有待阐明。由于其分类上的孤立性、经济上的重要性、文化上的特殊性(传统医药文化,我国中部、西南部一直有服用杜仲的习惯),又使其极易导致资源的破坏和浪费。因此对其研究和应用要兼顾,(产业)开发和(种质资源)保护两手都要硬。一方面可考虑在最适宜区建立繁育与产业开发技术工程中心,收集、研究和创新种质资源,保存好这一产业的源头,以争取持续发展的资源战略主动;另一方面根据不同产品对原料的需要,在各省产区建立适应不同产业需要(如橡胶产业、生物医药产业、食品保健产业、生态环保产业等)的高产优质原料基地和规范化栽培示范基地。如武陵山区长期以来就有栽培和使用杜仲的习惯,所产杜仲质量上乘特别是杜仲胶、绿原酸、亚麻酸的含量极高,是建立基地的理想场所之一。

《规划》对于我国发展杜仲产业无疑将产生重要而深远的影响,但《规划》的落实和具体实施则是一项需要多方共同努力的复杂而艰巨的系统工程,尤其对产业发展过程中的规律、周期、影响因素的判断还存在许多薄弱环节和较大程度的不足,杜仲规划区的生物资源管理、原产业转移、资源配置、发展政策等众多问题还需要持续研究。

3 生物资源管理在杜仲产业中的应用

3.1 生物多样性管理

生物多样性是生物资源的基础,是生物遗传资源的最直接体现。大面积单一经济林种植,如果不考虑综合生态模式,极可能会导致依赖该地区生存的生物种丧失庇护场所和各式各样营养源,使区域生态系统中食物网造成不可逆转的破坏。例如西双版纳原始热带雨林组成群落的高等植物原本可达到100种以上,但在大面积推广橡胶林建设过程中,该区高大乔木、灌木基本被清除,大部分草本、藤本植物消失,严重影响到该区生物的多样性,直到今天还存在由此带来的极端气候和环境问题^[26]。目前,对杜仲引种栽培对生物多样性影响的案例还未见报道。按照2016年12月出台的全国杜仲产业规划,到2030年前要在全中国除了黑龙江、西藏、青海、海南、西沙群岛和港澳台地区以外的全部省市种植杜仲,种植地区达27个之多。在方案实施过程中,如何构建种植模式,势必对当地的生态平衡和生物多样性产生影响。从生物资源角度来看,生物多样性的保护是生物资源保护的基础,构建杜仲种植模式需要充分考虑和兼顾生物多样性:①杜仲产业开发资源林地建设不能影响已有的保护区、风景名胜、国有林场和公益林,维持较高比例的自然、半自然生态系统,以维持较丰富的生物多样性;②成片的杜仲林之间,要注重廊道生境的保护和建设,不能影响特定生物的迁徙,以保持群体的基因交流;③严禁影响水源林基地,减少对水系中的生物多样性和国民饮水安全的影响;④杜仲林建设要遵循生态种植的理念,合理规划作物种植密度、空间分布及采取间、混、套作等方式,形成物种间作和林下经济(花生、蔬菜、茶叶、花卉、草本药材、食用菌和生态养殖)复合体系;⑤重视生物多样性保护计划、土地利用规划及生态补偿等相关政策措施的综合配套与支持。

3.2 生物资源管理

生物资源是指地球上所有活的和死的生物物质

以及新陈代谢产物的总称^[27],生物质资源包括所有动物和植物及其排泄物、农业和林业的废弃物、食品加工和林产品加工的下脚料、餐饮业的残羹、城市固体废弃物(municipal solid waste, MSW)、生活污水(sewage)、工业废水(black liquor)等。在全球范围内以生物质资源来解决能源短缺问题是该资源最成功应用的途径之一^[28],在新的历史时期,我国的能源政策已由强调能源效率向优化能源结构转变,全国各地能源结构性优化的任务将极为紧迫。在全国杜仲产业战略布局过程中,要统筹考虑各地区的资源紧缺程度和生态环境脆弱程度的差异性,在杜仲种植体系中对生物质资源进行科学管理:①做好中国杜仲种植规划地生物质资源类型、蕴藏量和本底分布格局的基础调查,科学布局;②常态化开展杜仲规划地区生物质资源产业化开发过程中对区域及全国生态环境影响的评估,根据评估及时调整资源配置;③因地制宜,科学设计杜仲种植区复合农林体系,特别是在我国能源短缺、生态环境脆弱的地区要赋予杜仲复合林承担更多的生态功能,最大程度提高生物生产力以获得更大数量和更优质的生物质资源;④在杜仲产业发展过程中,对杜仲生物质资源利用要充分运用先进的工程技术模式,最大程度实现全质化和高值化,做到“吃光用尽”,避免原始的利用方式造成的资源浪费和一系列环境问题;⑤加强立法政策层面的制度设计。

3.3 生物信息资源管理

我国十分重视生物信息资源的管理,由国家标准化管理委员会下设的生物信息标准化技术委员会,以促进和加强生物信息资源跨国界、跨部门的整合、共享、服务和应用为目的,是我国统一处理生物学信息标准及其相关问题的专门机构。由于我国区域发展不平衡,不同人群对于生物信息的理解和利用的方式方法存在差异性,在全国杜仲产业战略布局中,除了要充分获取和利用杜仲科学信息外,还需要重视当地人群有效参与地区经济社会发展的成熟经验,重视民族地区生物多样性保护措施的发掘与合理利用。实际上,地方性知识在生物多样性保护方面的价值也是国际生物多样性公约框架的重要组成部分。因此在杜仲产业布局中,对生物资源遗传物质管理的同时,还需考虑传统文化和知识对区域范围内生物多样性的保护和生物资源的可持续利用的贡献:①按照国际生物多样性公约组织缔约国的要求,在生物资源信息的数据库类

型、数据结构、数据整合储存、标准与规范等方面,统一技术标准或者设置专门的加密或转化方式以适应整个规划区生物资源管理的需要;②在杜仲产业规划区,系统考虑规划行动对杜仲生物本身以及对其他生物的影响程度,建立专门的杜仲生物信息资源库,为保护和开发利用服务;③重视杜仲资源因遗传特性和环境因素,在全国的差异化布局和质量监控网络信息建设;④充分发掘杜仲产区有关保护和利用方面的传统知识,在维护当地人群对杜仲生物资源认同和参与的基础上,选择合适的方式和模式进行杜仲资源的差异化布局。

4 结 论

我国陆地国土开发利用的空间格局与生物多样性保护重要区域的空间分布要相互匹配,这有利于国家生物多样性保护的整体布局^[29]。《全国杜仲产业发展规划》(2016—2030年)出台以来,社会对杜仲资源的战略意义的认识有了明显提高。在杜仲资源规划过程中,需要重视区域发展的不平衡性,生态环境的差异性、当地人群对生物资源管理和利用的传统经验的特殊性,进行系统设计。杜仲产业开发必须上升到生物资源管理的层面,对规划地区的生物多样性、生物质资源、生物信息资源进行全方位的科学管理,才有可能取得持续性成效。

参考文献

- [1] Liu W, Luo Q, Lu H, *et al.* The effect of litter layer on controlling surface runoff and erosion in rubber plantations on tropical mountain slopes, SW China [J]. *Catena*, 2017, 149(1): 167-175.
- [2] Liu S R, Dai L M, Wei Y G, *et al.* A review on forest ecosystem management towards ecosystem services: status, challenges, and future perspectives [J]. *Acta Ecol Sin*, 2015, 35(1): 1-9.
刘世荣,代力民,温远光,等.面向生态系统服务的森林生态系统经营:现状、挑战与展望[J].生态学报, 2015, 35(1): 1-9.
- [3] Xu B, Zhang D C, Hu Y J, *et al.* Hot issues and trends of world forestry development [J]. *Econ Fore*, 2013, (1): 99-106.
徐斌,张德成,胡延杰,等.世界林业发展热点与趋势[J].林业经济, 2013, (1): 99-106.
- [4] The state forestry administration of China [EB/OL]. [2017-10-20]. <http://www.forestry.gov.cn/main/586/content-941011.html>.
- [5] Call V B, Dilcher D L. The fossil record of *Eucommia*

- (Eucommiaceae) in North America [J]. *Am J Bot*, 1997, 84(6): 798-814.
- [6] Yu J, Wang Y, Ru M, *et al.* Genetic diversity in intra-specific hybrid populations of *Eucommia ulmoides* Oliver evaluated from ISSR and SRAP molecular marker analysis [J]. *Genet Mol Res*, 2015, 14(3): 7417-7425.
- [7] He X, Wang J, Li M, *et al.* *Eucommia ulmoides* Oliv: ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology of an important traditional Chinese medicine [J]. *J Ethnopharmacol*, 2014, 151(1): 78-92.
- [8] Deyama T, Nishibe S, Nakazawa Y. Constituents and pharmacological effects of *Eucommia* and *Siberian ginseng* [J]. *Acta Pharm Sinica*, 2001, 22(12): 1057-1070.
- [9] Li Y, Han C, Wang J, *et al.* Investigation into the mechanism of *Eucommia ulmoides* Oliv. based on a systems pharmacology approach [J]. *J Ethnopharmacol*, 2014, 151(1): 452-460.
- [10] Miner M R, Berzins D W, Bahcall J K. A comparison of thermal properties between gutta-percha and a synthetic polymer based root canal filling material (Resilon) [J]. *J Endodontics*, 2006, 32(7): 683-686.
- [11] Du H, Du L, Lu Z, *et al.* Analysis of the difference and co-relation of the gutta-percha content characteristics in leaves associated with *Eucommia ulmoides* Oliv [J]. *J Central South Forestry Univ*, 2004, 24(4): 17.
- [12] Zhang X, Cheng C, Zhang M, *et al.* Effect of alkali and enzymatic pretreatments of *Eucommia ulmoides* leaves and barks on the extraction of gutta percha [J]. *J Agric Food Chem*, 2008, 56(19): 8936.
- [13] Du H Y, Zhang Z Y, Liu B D, *et al.* Selection and breeding of five excellent clones of *Eucommia ulmoides* [J]. *J NE Fores Univ*, 1994, (4): 27-31.
杜红岩, 张再元, 刘本端, 等. 华仲1号等5个杜仲优良无系的选育[J]. *西北林学院学报*, 1994, (4): 27-31.
- [14] Zhang B Y, Zhang K J, Wang Y Q, *et al.* The selection of fine germplasm regions and variant types of *Eucommia ulmoides* [J]. *J NE Fores Univ*, 2003, 18(4): 32-34.
张博勇, 张康健, 王亚琴, 等. 杜仲优良种源区与类型选择的研究[J]. *西北林学院学报*, 2003, 18(4): 32-34.
- [15] Kang X Y. Status and prospect of improved variety selection in *Eucommia ulmoides* [J]. *J BJ Fores Univ*, 2017, 39(3): 1-6.
康向阳. 杜仲良种选育研究现状及展望[J]. *北京林业大学学报*, 2017, 39(3): 1-6.
- [16] Liu X. Scientific report on biological germplasm resources in China [M]. Beijing: Science Press, 2015.
刘旭. 中国生物种质资源科学报告[M]. 北京: 科学出版社, 2015.
- [17] Chen J S, Ou J T. Introduction to biological resources [M]. Beijing: Higher Education Press, 2017.
陈集双, 欧江涛. 生物资源学导论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2017.
- [18] Zhang L Z. Conservation and management of biological resources in France [J]. *Global Sci Technol Econ Outlook*, 1998, (1): 17-18.
张梁之. 法国生物资源保护与管理[J]. *全球科技经济瞭望*, 1998, (1): 17-18.
- [19] Yi G Y. Biological resource management in Canada [J]. *Manage Observer*, 1999, (2): 33.
尹国英. 加拿大的生物资源管理[J]. *管理观察*, 1999, (2): 33.
- [20] Xue S Z. Relevant laws and regulations of biological resource management in Germany [J]. *Global Sci Technol Econ Outlook*, 1998, (1): 13-15.
薛顺震. 德国生物资源管理的有关法律法规[J]. *全球科技经济瞭望*, 1998, (1): 13-15.
- [21] Ling X M. Biological resource management in the American [J]. *Global Sci Technol Econ Outlook*, 1998, (1): 11-12.
灵须木. 美国生物资源管理[J]. *全球科技经济瞭望*, 1998, (1): 11-12.
- [22] Zeng Y X. Biological resource management in Indian [J]. *Global Sci Technol Econ Outlook*, 1998, (5): 8-10.
曾豫湘. 印度生物资源的管理[J]. *全球科技经济瞭望*, 1998, (5): 8-10.
- [23] Mo Y J. On the management of biological resources in Israel [J]. *Global Sci Technol Econ Outlook*, 1998, (3): 21-23.
莫意迹. 浅谈以色列生物资源管理[J]. *全球科技经济瞭望*, 1998, (3): 21-23.
- [24] Xue D Y, Wu J Y, Zhao F Y. Actions, progress and prospects in implementation of the convention on biological diversity during the past 20 years in China [J]. *Biodiversity Sci*, 2012, 20(5): 623-632.
薛达元, 武建勇, 赵富伟. 中国履行《生物多样性公约》二十年: 行动、进展与展望[J]. *生物多样性*, 2012, 20(5): 623-632.
- [25] Zhang Y K, Zhou Q, Chen G X, *et al.* Research status and progress on comprehensive development and utilization of samara of *Eucommia ulmoides* Oliver [J]. *Chin. wild plant Res*, 2015, 34(1): 53-59.
张永康, 周强, 陈功锡, 等. 杜仲翅果综合开发利用研究现状与展望[J]. *中国野生植物资源*, 2015, 34(1): 53-59.

- [26] Zhou Z, Hu S Y. Study on impacts of rubber industry on ecological environment of Xishuangbanna [J]. *Environ Science Survey*, 2008, 27(3): 73-75.
周宗, 胡绍云. 橡胶产业对西双版纳生态环境影响初探 [J]. *环境科学导刊*, 2008, 27(3): 73-75.
- [27] Ross B, Nicola L. Biofuelling the future [J]. *J Alternatives*, 2009, 35(2): 9.
- [28] Lin Y, Tanaka S. Ethanol fermentation from biomass resources: current state and prospects [J]. *Appl Microbiol Biotechnol*, 2006, 69(6): 627-642.
- [29] Zhao G S, Liu J Y, Kuang W H, *et al.* Disturbance impacts of land use change on biodiversity conservation priority areas across China: 1990 - 2010 [J]. *J Deogr Sci*, 2015, 25(5): 515-529.
-