

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第7期 Vol.31 No.7 **2011**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 7 期

2011 年 4 月 (半月刊)

目 次

川南天然常绿阔叶林人工更新后土壤氮库与微生物的季节变化·····	龚 伟,胡庭兴,王景燕,等 (1763)
IBIS 模拟东北东部森林 <i>NPP</i> 主要影响因子的敏感性·····	刘 曦,国庆喜,刘经纬 (1772)
不同坡位沙棘光合日变化及其主要环境因子·····	靳甜甜,傅伯杰,刘国华,等 (1783)
氮、硫互作对克隆植物互花米草繁殖和生物量累积与分配的影响·····	甘 琳,赵 晖,清 华,等 (1794)
海岛棉和陆地棉叶片光合能力的差异及限制因素·····	张亚黎,姚贺盛,罗 毅,等 (1803)
遮荫对连翘光合特性和叶绿素荧光参数的影响·····	王建华,任士福,史宝胜,等 (1811)
3 种木本植物在铅锌和铜矿砂中的生长及对重金属的吸收·····	施 翔,陈益泰,王树凤,等 (1818)
施氮水平对小麦籽粒谷蛋白大聚合体粒径分布的调控效应·····	王广昌,王振林,崔志青,等 (1827)
强光下高温与干旱胁迫对花生光系统的伤害机制·····	秦立琴,张悦丽,郭 峰,等 (1835)
环境因子和干扰强度对高寒草甸植物多样性空间分异的影响·····	温 璐,董世魁,朱 磊,等 (1844)
利用 CASA 模型模拟西南喀斯特植被净第一性生产力·····	董 丹,倪 健 (1855)
北京市绿化树种紫玉兰的蒸腾特征及其影响因素·····	王 华,欧阳志云,任玉芬,等 (1867)
平衡施肥对缺磷红壤性水稻土的生态效应·····	陈建国,张杨珠,曾希柏,等 (1877)
冬小麦种植模式对水分利用效率的影响·····	齐 林,陈雨海,周勋波,等 (1888)
黄土高原冬小麦地 N_2O 排放·····	庞军柱,王效科,牟玉静,等 (1896)
花前渍水预处理对花后渍水逆境下扬麦 9 号籽粒产量和品质的影响·····	李诚永,蔡 剑,姜 东,等 (1904)
低硫氮比酸雨对亚热带典型树种气体交换和质膜的影响·····	冯丽丽,姚芳芳,王希华,等 (1911)
夹竹桃皂甙对福寿螺的毒杀效果及其对水稻幼苗的影响·····	戴灵鹏,罗蔚华,王万贤 (1918)
海河流域景观空间梯度格局及其与环境因子的关系·····	赵志轩,张 彪,金 鑫,等 (1925)
中国灌木林-经济林-竹林的生态系统服务功能评估·····	王 兵,魏江生,胡 文 (1936)
城郊过渡带湖泊湿地生态服务功能价值评估——以武汉市严东湖为例·····	王凤珍,周志翔,郑忠明 (1946)
黄河三角洲植物生态位和生态幅对物种分布-多度关系的解释·····	袁 秀,马克明,王 德 (1955)
基于景观可达性的广州市林地边界动态分析·····	朱耀军,王 成,贾宝全,等 (1962)
红脂大小蠹传入中国危害特性的变化·····	潘 杰,王 涛,温俊宝,等 (1970)
基于线粒体 <i>Cyt b</i> 基因的西藏马鹿种群遗传多样性研究·····	刘艳华,张明海 (1976)
不同干扰下荒漠啮齿动物群落多样性的多尺度分析·····	袁 帅,武晓东,付和平,等 (1982)
秦岭鼯鼠的洞穴选择与危害防控·····	鲁庆彬,张 阳,周材权 (1993)
京杭运河堤坝区域狗獾的栖息地特征·····	殷宝法,刘宇庆,刘国兴,等 (2002)
专论与综述	
微生物胞外呼吸电子传递机制研究进展·····	马 晨,周顺桂,庄 莉,等 (2008)
厌氧氨氧化菌脱氮机理及其在污水处理中的应用·····	王 惠,刘研萍,陶 莹,等 (2019)
问题讨论	
海河流域森林生态系统服务功能评估·····	白 杨,欧阳志云,郑 华,等 (2029)
研究简报	
体重和盐度对中国蛤蚧耗氧率和排氨率的影响·····	赵 文,王雅倩,魏 杰,等 (2040)
虾塘养殖中后期微型浮游动物的摄食压力·····	张立通,孙 耀,赵从明,等 (2046)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 290 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 33 * 2011-04



封面图说:日斜茅荆坝·河北茅荆坝——地处蒙古高原向华北平原过渡地带的暖温带落叶阔叶林,色彩斑斓,正沐浴着晚秋温暖的阳光。

彩图提供:国家林业局陈建伟教授 E-mail: cites.chenjw@163.com

中国灌木林-经济林-竹林的生态系统服务功能评估

王 兵¹, 魏江生^{2,*}, 胡 文¹

(1. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 北京 100091; 2. 内蒙古农业大学生态环境学院, 呼和浩特 010019)

摘要:基于森林生态系统的长期连续定位观测数据和全国第五次、第六次、第七次森林资源清查数据,应用中华人民共和国林业行业标准《森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T 1721-2008)对灌木林、经济林、竹林的物质质量与价值量进行了评估。结果表明:灌木林、经济林、竹林提供的服务功能价值分别为 17953.56 亿元/a、7569.35 亿元/a、2659.01 亿元/a,在全国森林生态服务功能总价值中占有重要的地位。涵养水源和生物多样性保护及固碳释氧是主要的生态服务功能。数量化统计分析得出灌木林生态服务功能价值在华中、华南地区较大,而由于气候等因素,在西北等干旱地区灌木林所占比例较大;经济林生态服务功能价值在西南地区较大;竹林生态服务功能价值在华中、华南地区较大。从第五次森林资源清查到第七次森林资源清查期间近 20a 来,灌木林、经济林、竹林森林生态服务功能价值变化不大,生态功能稳定。应清醒地认识到灌木林、经济林、竹林在维系和促进当地社会经济持续发展和环境保护中的巨大作用。

关键词:森林生态服务功能、灌木林、经济林、竹林

The assessment of forest ecosystem services evaluation for shrubbery-economic forest-bamboo forest in China

WANG Bing¹, WEI Jiangsheng^{2,*}, HU Wen¹

1 Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

2 College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China

Abstract: The quantitative studies on the ecosystem service function of forests have become a worldwide discussed issue in current days due to the various forest-related environmental problems. Since the limitation of water resources and local climate, it has been difficult to use tree to afforest. Also, the ecological benefits for high-forest are difficult to substitute and compensate after deforestation. Non-arboreal including shrubbery, economic forest and bamboo forest is an alternative, which play an important role in ecological benefits. In China, the area of shrubbery, economic forest and bamboo forest is 53.65, 20.41 and 0.0538 million hectares according to the seventh national forest resources inventory results. Based on the data obtained by long-term and continuous observation in forest ecosystem and from 5th, 6th and 7th forest inventory in China, this paper attempts to evaluate the forestry ecosystem service function and amount of value for shrubbery, economic forest and bamboo forest by the forestry standard named Specifications for assessment of forest ecosystem services in China (LY/T 1721-2008). The results showed as follows: The ecosystem services value of shrubbery, economic forest and bamboo forest was 1795.36 billion yuan/a, 756.94 billion yuan/a and 265.90 billion yuan/a, respectively, which account for the total value of forest ecosystem services of 17.67%, 7.45%, 2.62% and account for 7.3%, 3.1%, and 1.1% of Gross Domestic Product (GDP) in 2007. They played an important role in the total value of forest ecosystem services of China. Water conservation, biodiversity protection and CO₂ sequestration and O₂ release were their main ecosystem services functions. Water conservation in shrubbery, economic forest and bamboo forest accounts for 4.1%, 1.9% and 0.6% of average annual runoff of rivers. In terms of CO₂ sequestration, the amount of C sequestration for Shrub forest, economic

基金项目:国家自然科学基金(30972426);科技部林业公益性行业科研专项(200704005,200804022E);国家林业科技“十一五”支撑计划专题(2008BADB0B0303)

收稿日期:2010-03-07; **修订日期:**2010-07-13

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: weijiangsheng1969@163.com

forest and bamboo forest is 0.055, 0.027 and 0.014 billion ton. The quantitative model showed that the value of shrubbery ecosystem service functions was larger in the central and southern China, however, relatively larger proportion of shrubbery distributed in arid areas such as northwest of China for climatic or other reasons. The value of economic forest ecosystem service functions was larger in the southwest of China and that of bamboo forest was higher in the central and southern China. During the past 20 years, the Ecosystem Services value of the shrub forest, economic forest and bamboo forest with stable ecological functions-had changed little. Shrub forest, economic forest, bamboo forest play an important role in the sustainable development of local society and economy and the environmental protection.

Key Words: Forest ecosystem service functions; shrubbery; economic forest; bamboo forest

随着退耕还林、天然林保护、“三北”四期等林业生态工程的实施,生态环境有了明显的改善,沙害和水土流失得到了有效的控制,沙尘暴出现的次数明显减少。但由于造林绿化向纵深推进,也出现了平原可造林地块大幅减少,提高森林覆盖率潜力下降等问题^[1-3]。剩余宜林地由于自然条件的限制和水资源的严重短缺,加大了造林难度,特别是乔木的营造受到很大限制。同时,很多地方在沙化、石漠化地区营造的乔木,部分到了成过熟期,必须进行采伐更新^[4-5]。由于环境和水土条件的限制,重新进行造林,若采用乔木,一则成活率无法保证,二来乔木生长缓慢,采伐后其生态效益又无法替代和补偿,更新的风险太大,给生态环境的改善和森林覆盖率的提高带来影响。采用灌木等非乔木树种(组)模式造林,是解决问题的关键。目前,林业界还存在着根深蒂固的非乔木不成林的思想,这严重妨碍了我国造林绿化的步伐。从我国实际出发,提高对灌木林、经济林、竹林的生态效益的认识,已经成为一个刻不容缓的问题。

森林生态系统服务功能是指森林生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用。科学、量化、客观地评价森林的生态服务功能,对加深人们的环境意识,促进和加强林业建设在国民经济中的主导地位,提高森林经营管理水平,加快将环境纳入国民经济核算体系及正确处理社会经济发展与生态环境保护之间的关系等具有重要的现实意义^[6-13]。2006年以来,国家林业局开始着手森林生态系统服务功能评估标准制订工作,于2008年3月颁布出版了《森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T1721-2008)(以下简称《规范》)^[14]。《规范》明确了中国森林生态系统服务功能评估的数据源、指标体系、评估方法等工作流程,规范了极为混乱的森林生态系统服务功能评估工作。此项标准是本文的研究基础。

本文选择了在我国森林资源中具有重要地位的灌木林、经济林、竹林为研究对象,根据第五、六、七次全国森林资源清查数据以及中国森林生态系统定位研究网络(CFERN)所属台站的长期实测数据,以《规范》林业行业标准为依据,对灌木林、经济林、竹林生态服务功能提供的物质质量和价值量进行了详细评估。目的在于加深对灌木林、经济林、竹林的生态功能动态变化的认识,为正确评价其在生态环境建设中的作用、绿色GDP核算及生态补偿机制建立提供依据。

1 灌木林、经济林、竹林概况

1.1 灌木林

根据第七次全国森林资源清查结果,我国现有灌木林面积5365万 hm^2 ,占全国森林面积的21.9%。灌木林与乔木中的阔叶林、针叶林一样,是我国森林四大林纲组之一,是我国森林资源的重要组成部分,具有特殊的生态功能。灌木具有适生范围广、适应性强、根系繁茂、耐寒耐旱、耐瘠薄、抗盐碱、耐水湿、易成活等特性,由于其对水分、养分条件要求不高,是造林困难地段建立人工植被的主要植物类型。灌木是某些乔木的先期植物和伴生植物,先期的作用主要是固沙和改良土壤,伴生的作用有:荫蔽地面,降低地表温度和减少水分蒸发,削弱风沙的不良作用,减少林木病虫害和火灾的蔓延,增加生态系统的多样性,提高稳定性等^[15],同时营造灌木林也具有经济效益显著,营造成本低等特点,其的生态价值也正日益为人们所重视^[16]。

1.2 经济林

根据第七次全国森林资源清查结果,我国现有经济林面积2041万 hm^2 ,占全国森林面积的8.33%,其中,

人工经济林面积 1931.25 万 hm^2 , 占经济林总面积的 94.62%; 天然经济林面积 109.75 万 hm^2 , 占经济林总面积的 5.38%。我国蕴藏着丰富的植物资源, 其中具有各种经济价值的经济林木多达 1000 余种。由于自然条件不同, 经济林资源非常丰富, 根据不同的主营目的, 经济林可划分为果树林、食用油料林、饮料林、调香料林、药用林、工业原料林和其他经济林, 其中果树林和食用油料林面积占经济林总面积的 67.18%。目前, 我国经济林建设已成为山区经济、环境和社会可持续发展的突破口, 是改善生态环境、调整农业结构、繁荣农村经济和增加农民收入的重要措施^[17]。

1.3 竹林

根据第七次全国森林资源清查结果, 我国现有竹林面积 5.38 万 hm^2 , 占全国森林面积的 2.20%。竹林作为一种重要的森林资源, 约 39 属、500 多种, 它有着独特的资源、生态和经济价值。我国的竹资源总量、资源培育水平和加工利用水平以及竹类科研水平均居世界前列。由于竹类植物独特的生物学和生态学特性, 其主要分布在大江、大河源头和沿岸, 在水源涵养、水土保持等生态功能方面有着重要的作用。竹子的适应范围很广, 从赤道两旁到寒温带都有分布, 其垂直分布可以从沿海平原直到高山雪线海拔 3000—4000m 高度, 但绝大多数竹种要求温暖湿润的气候条件, 多分布在南北回归线之间的热带、亚热带季风气候区的平原丘陵地带。随着纬度和海拔的增高, 只有少数竹种才能生长^[18]。

2 研究方法

基于我国森林定位研究和国内外已有的研究成果, 依据《规范》, 综合运用生态学、经济学理论, 把全国森林按省、自治区、直辖市(31 个)及林分类型(49 个)划分为 1519 个单元, 定量分析和评价每个单元的涵养水源、保育土壤、固碳制氧、营养积累、净化大气环境、生物多样性保护的物质质量及价值量。本文重点探讨灌木林、经济林、竹林生态服务功能及其价值。

2.1 采用的数据及来源

(1) 国家林业局森林生态系统定位研究站的长期、连续、定位观测研究数据集; (2) 第五次(1994—1998 年)、第六次(1999—2003 年)、第七次(2004—2008 年)全国森林资源清查数据; (3) 我国权威机构公布的社会公共数据。

本文共采用权威部门的 15 个项目的社会公共数据, 考虑到第五次、第六次、第七次全国森林资源清查期间存在着价格上涨因素导致的不能直接比较的具体情况, 故此 3 次全国森林资源清查期间森林提供的生态服务功能物质质量统一按 2007 年价格进行评估, 因而排除了物价上涨因素对价值量评估的影响。

2.2 数据处理

2.2.1 数量化模型

数量化 I 类理论是着重考虑自变量为定性变量的多变量分析方法之一^[19]。数量化 I 类理论把定性变量称为项目, 而把定性变量的各种取“值”称为类目。在此理论中, 基准变量与各项目、各类目的反应遵从下列线性模型:

$$Y = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{r_j} c_{jk} \delta_j(j, k) + \varepsilon_i \quad (1)$$

式中, c_{jk} 为依赖于 j 项目之 k 类目的系数; ε_i 是第 i 次抽样中的随机误差; $\delta_j(j, k)$ 为 j 项目之 k 类目在第 i 个样品中的反应; 并按下式确定:

$$\delta_j(j, k) = \begin{cases} 1 & \text{当第 } i \text{ 个样品中第 } j \text{ 项目的定向数据为 } k \text{ 类目时} \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \quad (2)$$

用最小二乘法原理、回归等方法求得(1)式中各项目各类目对基准变量的贡献(得分), 然后判断各项目对基准变量的影响大小。

2.2.2 分类方法

对灌木林、经济林、竹林的生态服务功能类型、地域分布、调查时期等 3 个因子进行了相应的数量化, 其

表1 森林生态服务功能评估公式
Table 1 Evaluation indicator formula for assessing forest ecosystem services

指标类别	指标	计算公式和参数说明
涵养水源	调节水量	$U_{\text{调}} = 10C_{\text{库}} A (P - E)$ $U_{\text{调}}$ 为林分年调节水量价值/(元/a); $C_{\text{库}}$ 为水库单位库容投资/(元/m ³); A 为林分面积/hm ² P 为降水量/(mm/a);
	净化水质	$U_{\text{水质}} = 10K A (P - E)$ $U_{\text{水质}}$ 为林分年净化水质价值/(元/a); K 为水的净化费用/(元/t);
保育土壤	固土	$U_{\text{固土}} = AC \pm (X_2 - X_1) / \rho$ $U_{\text{固土}}$ 为林分年固土价值/(元/a); ρ 林地土壤容重/(g/cm ³); A 为林分面积/hm ² X_2 为无林地土壤侵蚀模数/(t·hm ⁻² ·a ⁻¹); X_1 为林地土壤侵蚀模数/(t·hm ⁻² ·a ⁻¹);
	保肥	$U_{\text{肥}} = A(X_2 - X_1)(NC_1/R_1 + PC_1/R_2 + KC_2/R_3 + MC_3)$ $U_{\text{肥}}$ 为林分年保肥价值/(元/a); N 为林分土壤平均含氮量/%; C_1 为磷酸二铵化肥价格/(元/t); C_2 为氯化钾化肥价格/(元/t); C_3 为有机质肥料价格/(元/t); M 为林分土壤有机质含量/%; P 为林分土壤平均含磷量/%; R_1 为磷酸二铵含氮量/%; R_2 为磷酸二铵含磷量/%; R_3 为氯化钾含钾量/%; K 为林分土壤含钾量/%;
固碳释氧	固碳	$U_{\text{碳}} = AC_{\text{碳}}(0.4448B_{\text{年}} + F_{\text{土壤碳}})$ $U_{\text{碳}}$ 为林分年固碳价值/(元/a); $C_{\text{碳}}$ 为固碳价格/(元/t); $F_{\text{土壤碳}}$ 为单位面积林分土壤年固碳量/(t·hm ⁻² ·a ⁻¹); A 为林分面积/hm ² $B_{\text{年}}$ 为林分净生产量/(t·hm ⁻² ·a ⁻¹);
	制氧	$U_{\text{氧}} = 1.19C_{\text{氧}} AB_{\text{年}}$ $U_{\text{氧}}$ 为林分年制氧价值/(元/a); $C_{\text{氧}}$ 为氧气价格/(元/t);
营养物质积累	林木营养积累	$U_{\text{营养}} = AB_{\text{年}}(N_{\text{营养}}C_1/R_1 + P_{\text{营养}}C_1/R_2 + K_{\text{营养}}C_2/R_3)$ $U_{\text{营养}}$ 为林分年营养物质积累价值/(元/a); $N_{\text{营养}}$ 为林木含氮量/%; $K_{\text{营养}}$ 为林木含钾量/%; $P_{\text{营养}}$ 为林木含磷量/%; C_1 为磷酸二铵化肥价格/(元/t); C_2 为氯化钾化肥价格/(元/t); R_1 为磷酸二铵含氮量/%; R_2 为磷酸二铵含磷量/%; R_3 为氯化钾含钾量/%;
	净化大气环境	$U_{\text{负离子}} = 52.56 \times 1014 \times AH/K_{\text{负离子}}(Q_{\text{负离子}} - 600)/L$ $U_{\text{负离子}}$ 为林分年提供负离子价值/(元/a); $Q_{\text{负离子}}$ 为林分年负离子浓度/(个/m ³); L 为负离子寿命; A 为林分面积/hm ² $B_{\text{年}}$ 为林分净生产量/(t·hm ⁻² ·a ⁻¹); $K_{\text{负离子}}$ 为负离子生产费用/(元/个); H 为林分平均高度/m;
吸收污染物	吸收污染物	$U_{\text{污染物}} = K_{\text{污染物}} Q_{\text{污染物}} A$ $U_{\text{污染物}}$ 为林分年吸收污染物总价值/(元/a); $K_{\text{污染物}}$ 为污染物治理费用/(元/kg); $Q_{\text{污染物}}$ 为单位面积林分年吸收污染物量/(kg·hm ⁻² ·a ⁻¹); A 为林分面积/hm ² ;
	滞尘	$U_{\text{滞尘}} = K_{\text{滞尘}} Q_{\text{滞尘}} A$ $U_{\text{滞尘}}$ 为林分年滞尘价值/(元/a); $K_{\text{滞尘}}$ 为降尘清理费用/(元/kg); $Q_{\text{滞尘}}$ 为单位面积林分年滞尘量/(kg·hm ⁻² ·a ⁻¹);
生物多样性保护	物种保育	$U_{\text{生物}} = S_{\text{生物}} A$ $U_{\text{生物}}$ 为林分年物种保育价值/(元/a); $S_{\text{生物}}$ 为单位面积年物种损失的机会成本/(元·hm ⁻² ·a ⁻¹); A 为林分面积/hm ²

中,生态服务功能类型分为6类:涵养水源、保育土壤、固碳制氧、营养积累、净化环境、生物多样性保护;地域分布分为7类:华北、华东、东北、华中、华南、西南、西北;调查时期为3类:第五次森林资源清查期间、第六次森林资源清查期间、第七次森林资源清查期间。

3 结果与分析

采用《规范》评估公式^[14-20]对各评估指标分别计算后(表1),得到灌木林、经济林、竹林生态系统服务功能物质质量和价值量,其主要结果如下:

3.1 灌木林、竹林、经济林的生态系统服务功能量

3.1.1 物质质量

(1) 总物质质量

根据第七次森林资源清查数据,计算得出灌木林、经济林、竹林等3种林分类型涵养水源、保育土壤、固碳释氧、林木营养积累、净化大气5个方面16个指标的森林生态系统服务功能总物质质量如表2所示。

表2 灌木林-经济林-竹林生态系统生态服务功能总物质质量(2004—2008年)

林分类型 Type	涵养水源 Water storage/ ($\times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$)	保育土壤 Erosion control /($\times 10^4 \text{ t/a}$)				固碳释氧 C fixation and O_2 release /($\times 10^4 \text{ t/a}$)		
		固土 Fixing soil	N	P	K	有机质 Organic	固碳 C fixation	释氧 O_2 release
总物质质量 Total function	全国总量 Total	4947.66	703467.52	1299.63	675.51	11394.57	23043.52	35861.84
	灌木林 Shrubbery	1112.62 (22.5%)	169188.15 (24.1%)	250.38 (19.3%)	118.77 (17.6%)	2703.89 (23.73%)	4711.67 (20.45%)	5511.83 (15.37%)
	经济林 Economic forest	505.48 (10.2%)	50590.24 (7.2%)	95.79 (7.4%)	44.58 (6.6%)	730.60 (6.4%)	1669.19 (7.2%)	2674.44 (7.5%)
	竹林 Bamboo forest	171.89 (3.5%)	13143.42 (1.9%)	33.07 (2.5%)	15.12 (2.2%)	209.51 (1.8%)	382.34 (1.7%)	1428.07 (4.0%)
净化大气环境 Air quality purifying								
		积累营养物质 nutrients cycle/ (10^4 t/a)	负离子 Supplying negative air /($\times 10^{25}$)	吸收 SO_2 Absorption of SO_2 / ($\times 10^8 \text{ kg/a}$)	吸收氟化物 Absorption of HF/ ($\times 10^8 \text{ kg/a}$)	吸收氮氧化物 Absorption of NOX/ ($\times 10^8 \text{ kg/a}$)	滞尘 Dust-blocking/ ($\times 10^8 \text{ kg/a}$)	
总物质质量 Total function	全国总量 Total	1606.18	168.09	297.45	10.81	15.13	50014.13	
	灌木林 shrubbery	188.70 (11.75%)	8.87 (5.28%)	49.41 (16.61%)	1.82 (16.84%)	3.12 (20.62%)	6118.10 (12.23%)	
	经济林 Economic forest	89.94 (5.6%)	5.73 (3.4%)	17.13 (5.8%)	0.58 (5.4%)	0.99 (6.5%)	2903.77 (5.8%)	
	竹林 Bamboo forest	36.12 (2.3%)	10.00 (6.0%)	5.28 (1.8%)	0.16 (1.5%)	0.26 (1.7%)	1115.46 (2.2%)	

由表2可知,灌木林、经济林、竹林的涵养水源功能总物质质量分别占全国森林涵养水源功能总物质质量的22.5%、10.2%、3.5%;保育土壤功能总物质质量分别占17.6%—24.1%、6.4%—7.4%、1.7%—2.5%;固碳释氧功能总物质质量分别占9.1%—15.4%、4.7%—7.5%、2.8%—4.0%;积累营养物质功能总物质质量分别占11.8%、5.6%、2.3%;净化大气环境功能总物质质量分别占5.3%—20.6%、3.4%—6.5%、1.5%—6.0%。

(2) 单位面积物质质量

全国森林每年每公顷涵养水源量为2105 m^3 ;固土30 t,减少N损失0.06t,减少P损失0.03t,减少K损失0.48t,减少有机质损失0.98 t;固碳1.53 t,释氧5.21 t;林木积累N 0.04kg,积累P 0.01 kg,积累K 0.02 kg;提供负离子 7.15×10^{18} 个,吸收二氧化硫 126.56 kg,吸收氟化物 4.60kg,吸收氮氧化物 6.44 kg,滞尘 2.13 万 kg。

灌木林每年每公顷涵养水源量为 2073 m³;固土 32 t,减少 N 损失 0.05 t,减少 P 损失 0.02 t,减少 K 损失 0.50 t,减少有机质损失 0.88 t;固碳 1.03 t,释氧 2.09 t;林木积累 N 21.30 kg,积累 P 2.96 kg,积累 K 10.91 kg;提供负离子 1.65×10¹⁸个,吸收二氧化硫 92.09 kg,吸收氟化物 3.40 kg,吸收氮氧化物 5.82 kg,滞尘 1.14 万 kg。

经济林每年每公顷涵养水源量为 2476 m³;固土 25 t,减少 N 损失 0.05 t,减少 P 损失 0.02 t,减少 K 损失 0.36 t,减少有机质损失 0.82 t;固碳 1.31 t,释氧 2.84 t;林木积累 N 24.38 kg,积累 P 3.96 kg,积累 K 15.72 kg;提供负离子 2.81×10¹⁸个,吸收二氧化硫 83.93 kg,吸收氟化物 2.84 kg,吸收氮氧化物 4.84 kg,滞尘 1.42 万 kg。

竹林每年每公顷涵养水源量为 3194 m³;固土 24t,减少 N 损失 0.06 t,减少 P 损失 0.03 t,减少 K 损失 0.39 t,减少有机质损失 0.71 t;固碳 2.65 t,释氧 6.44 t;林木积累 N 32.40 kg,积累 P 7.13 kg,积累 K 27.61 kg;提供负离子 18.59×10¹⁸个,吸收二氧化硫 98.06 kg,吸收氟化物 2.96 kg,吸收氮氧化物 4.82 kg,滞尘 2.07 万 kg。

3.1.2 价值量

根据第七次森林资源清查数据,计算得出中国森林生态系统服务功能的总价值为 100147.61 亿元/a (1.001×10¹³元/a),每公顷森林提供的价值平均为 4.26 万元/a。其中,灌木林生态系统服务功能的总价值为 17953.56 亿元/a(在全国 49 个林分类型中排在第 1 位),占全国的 17.67%,每公顷提供的价值平均为 3.35 万元/a;经济林生态系统服务功能的总价值为 7569.35 亿元/a(在全国 49 个林分类型中排在第 4 位),占全国的 7.45%,每公顷提供的价值平均为 3.71 万元/a;竹林生态系统服务功能的总价值为 2659.01 亿元/a(在全国 49 个林分类型中排在第 13 位),占全国的 2.62%,每公顷提供的价值平均为 4.94 万元/a。

由表 3 可知,在 6 项森林生态系统服务功能价值的贡献之中,灌木林其从大到小的顺序为:涵养水源(50.82%)>生物多样性保护(20.39%)>保育土壤(12.03%)>固碳释氧(9.92%)>净化大气环境(5.47%)>积累营养物质(1.38%);经济林其从大到小的顺序为:涵养水源(54.76%)>生物多样性保护(16.95%)>固碳释氧(11.90%)>保育土壤(8.85%)>净化大气环境(6.05%)>积累营养物质(1.48%);竹林其从大到小的顺序为:涵养水源(53.01%)>固碳释氧(19.47%)>生物多样性保护(11.70%)>保育土壤(7.50%)>净化大气环境(6.72%)>积累营养物质(1.60%)。括号中的数字为各生态服务功能价值与所对应林分类型总价值的百分比。

表 3 灌木林-经济林-竹林生态系统生态服务功能价值(2004—2008 年)

Table 3 The value of forest ecosystem services for shrubbery- economic forest- bamboo forest in china(2004—2008)

森林生态服务功能 Forest ecosystem services function	灌木林 Shrubbery /(×10 ⁸ 元/a)	经济林 Economic forest /(×10 ⁸ 元/a)	竹林 Bamboo forest /(×10 ⁸ 元/a)
涵养水源 Water storage	9124.24	4145.30	1409.65
保育土壤 Erosion control	2159.11	669.57	199.35
固碳释氧 C fixation and O ₂ release	1780.16	900.70	517.73
积累营养物质 nutrients cycle	247.05	112.36	42.55
净化大气环境 Air quality purifying	982.93	458.19	178.56
生物多样性保护 Biodiversity conservation	3660.07	1283.23	311.18
合计 Total	17953.56	7569.35	2659.01

3.2 灌木林、经济林、竹林生态服务功能价值在地域上的分布

根据第七次森林资源清查数据,计算得出灌木林生态服务功能价值位于 0.76—3748.84 亿元/a,各省市自治区灌木林生态服务功能价值由大到小的顺序为四川省>西藏>云南省>内蒙古>广西>甘肃省>湖南省>湖北省>青海省>新疆>重庆市>贵州省>陕西省>广东省>山西省>河北省>安徽省>辽宁省>浙江省>河南省>宁夏>江西省>北京市>吉林省>山东省>黑龙江>海南省>天津市>江苏省>上海市(图 1)。

经济林生态服务功能价值位于 0.76—768.38 亿元/a, 各省市自治区灌木林生态服务功能价值由大到小的顺序为广西>湖南省>云南省>广东省>江西省>福建省>海南省>浙江省>辽宁省>四川省>山东省>河北省>陕西省>湖北省>安徽省>江苏省>河南省>贵州省>山西省>甘肃省>重庆市>黑龙江>内蒙古>新疆>北京市>吉林省>上海市>天津市>宁夏>西藏>青海省(图 2)。

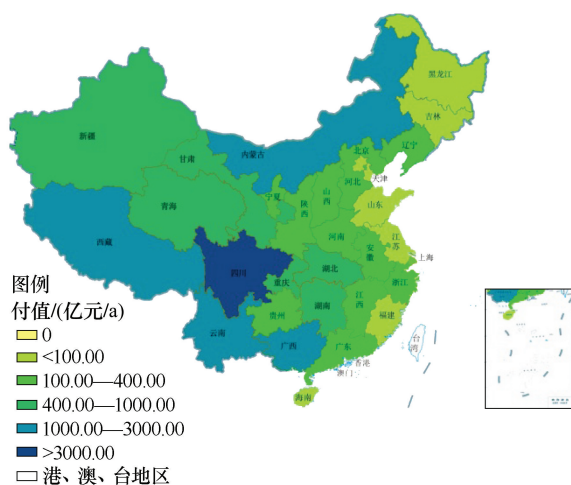


图 1 灌木林生态服务功能总价值分布图(2004—2008 年)

Fig. 1 The total value of shrubbery ecosystem services in China (2004—2008)

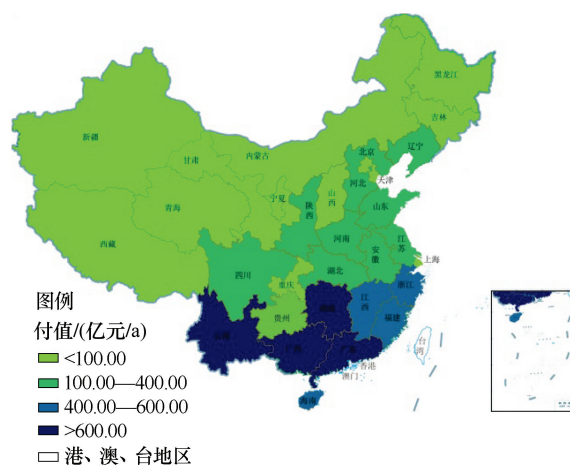


图 2 经济林生态服务功能总价值分布图(2004—2008 年)

Fig. 2 The total value of Economic forest ecosystem services in China (2004—2008)

竹林生态服务功能价值位于 0.28—498.61 亿元/a, 各省市自治区竹林生态服务功能价值由大到小的顺序为江西省>福建省>浙江省>湖南省>四川省>广东省>广西>安徽省>湖北省>云南省>重庆市>贵州省>江苏省>海南省>陕西省>河南省>上海市>山西省>甘肃省(图 3)。

如图 4 所示, 各省市灌木林生态服务功能价值占所对应省市森林生态服务功能总价值比例排在前五位的分别是青海省(85.80%)、宁夏回族自治区(72.88%)、新疆维吾尔自治区(59.27%)、甘肃省(54.00%)、西藏自治区(44.41%); 排在后五位的分别是海南省(2.22%)、江西省(2.10%)、吉林省(1.66%)、江苏省(0.76%)、黑龙江省(0.30%)。

各省市经济林生态服务功能价值占所对应省市森林生态服务功能总价值比例排在前 5 位的分别是上海市(38.15%)、海南省(38.00%)、山东省(34.53%)、江苏省(30.25%)、天津市(30.04%); 排在后五位的分别是内蒙古自治区(0.69%)、吉林省(0.64%)、黑龙江省(0.58%)、青海省(0.10%)、西藏自治区(0.02%)。

各省市竹林生态服务功能价值占所对应省市森林生态服务功能总价值比例由大到小的顺序为浙江省(12.65%)、福建省(11.00%)、江西省(9.56%)、安徽省(7.17%)、湖南省(6.07%)、江苏省(5.83%)、上海市(4.75%)、广东省(3.98%)、重庆市(3.40%)、广西壮族自治区(2.37%)、四川省(2.22%)、贵州省(1.98%)、湖北省(1.97%)、海南省(1.14%)、河南省(0.57%)、云南省(0.51%)、陕西省(0.32%)、甘肃省

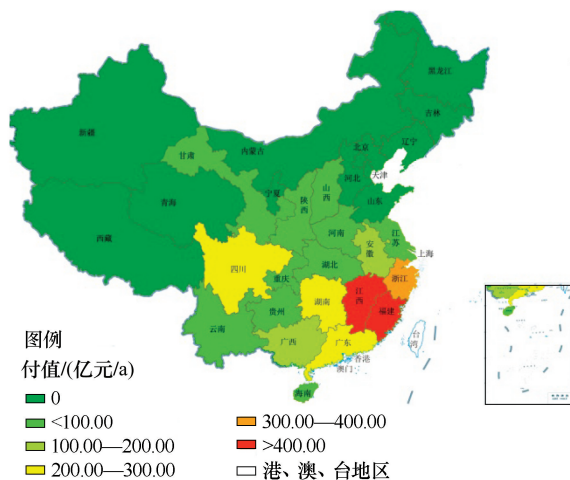


图 3 竹林生态服务功能总价值分布图(2004—2008 年)

Fig. 3 The total value of bamboo ecosystem services in China (2004—2008)

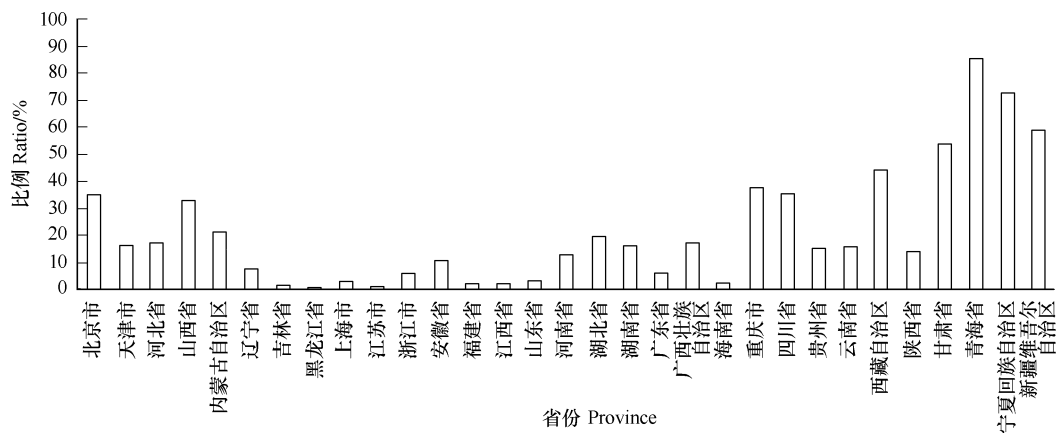


图4 各省市灌木林生态服务功能总价值比例分布图(2004—2008 年)

Fig. 4 The ratio of shrubby ecosystem services in China (2004—2008)

(0.02%)。括号中的数字为灌木林、经济林、竹林的生态服务功能价值占所对应省市森林生态服务功能总价值比例。

3.3 近 20a 来生态服务功能价值的变化

从第五次森林资源清查到第七次期间近 20a 来,灌木林生态服务功能价值增加了一个百分点,经济林降低了 1.5 个百分点,竹林没有大的变化。这说明中国灌木林、经济林、竹林生态服务功能基本稳定,变化较小(表 4)。

表 4 灌木林-经济林-竹林三期生态服务功能价值的变化

Table 4 Value change of forest ecosystem services for shrub-bamboo-economic forest from 1994 to 2008

林分类型 Forest type	第五次清查 1994—1998		第六次清查 1999—2003		第七次清查 2004—2008	
	价值量 value	比例 ratio	价值量 value	比例 ratio	价值量 value	比例 ratio
	/(×10 ⁸ 元/a)	/%	/(×10 ⁸ 元/a)	/%	/(×10 ⁸ 元/a)	/%
灌木林 shrubbery	13235.92	16.51	15972.30	17.73	17953.56	17.93
竹林 Bamboo forest	2061.44	2.57	2409.05	2.67	2659.01	2.66
经济林 Economic forest	7436.05	9.28	7924.66	8.80	7569.35	7.56

3.4 数量化结果分析

根据利用 5 次、6 次、7 次清查结果计算得出的灌木林、经济林、竹林的生态服务功能价值数据,以生态服务功能类型、地域分布、调查时期 3 个生态服务功能价值的因子为自变量,进行了数量化 I 类统计分析。

灌木林的计算结果表明(表 5):(1)3 个因子对灌木林生态服务功能价值影响程度由大到小的顺序为生态服务功能类型、地域分布、调查时期;(2)对灌木林生态服务功能价值贡献较大的因子有涵养水源功能、固碳释氧功能、华中地区、华南地区;(3)对灌木林生态服务功能价值贡献较小是生物多样性功能、保育土壤功能、积累营养物质功能、净化大气环境功能、华北地区、华东地区、东北地区、西南地区、西北地区。

经济林的计算结果表明:(1)3 个因子对经济林生态服务功能价值影响程度由大到小的顺序为地域分布、生态服务功能类型、调查时期;(2)对经济林生态服务功能价值贡献较大的因子有涵养水源功能、生物多样性功能、西南地区;(3)对灌木林生态服务功能价值贡献较小是保育土壤功能、固碳释氧功能、积累营养物质功能、净化大气环境功能、华北地区、华东地区、东北地区、华中地区、华南地区、西北地区。

竹林的计算结果表明:(1)3 个因子对经济林生态服务功能价值影响程度由大到小的顺序为生态服务功能类型、地域分布、调查时期;(2)对经济林生态服务功能价值贡献较大的因子有涵养水源功能、固碳释氧功能、华中地区、华南地区;(3)对灌木林生态服务功能价值贡献较小是保育土壤功能、积累营养物质功能、净化

大气环境功能、生物多样性功能华东地区、西南地区。

表 5 灌木林生态服务功能价值影响因素数量化统计分析结果

Table 5 Statistical analysis of shrubbery ecosystem services

项目 Item	类目 Order	样本数 Count	得分 Score	得分范围 Range	偏相关系数 Partial cor.	排序 Sequence
生态服务功能 Type of ecosystem services	涵养水源	92	95.178	132.997	0.607	1
	保育土壤	92	-19.994			
	固碳释氧	92	-11.899			
	积累营养物质	92	-37.820			
	净化大气环境	92	-26.547			
	生物多样性保护	92	1.082			
地域分布 Area	华北地区	90	-22.943	76.760	0.415	2
	华东地区	90	-3.437			
	东北地区	54	-14.967			
	华中地区	72	34.546			
	华南地区	72	47.713			
	西南地区	84	-1.499			
	西北地区	90	-29.048			
调查时期 Time	第五次清查(1994—1998 年)	180	-0.262	1.910	0.014	3
	第六次清查(1999—2004 年)	186	1.082			
	第七次清查(2005—2009 年)	186	-0.829			

$R=0.6645$

3.5 讨论与结论

第七次森林资源清查期间,对于灌木林、经济林、竹林,水源涵养、保育土壤、固碳制氧、营养物质积累、净化环境、生物多样性保护提供的服务功能总价值分别为 17953.56 亿元/a、7569.35 亿元/a、2659.01 亿元/a,分别占全国森林生态服务功能总价值的 17.67%、7.45%、2.62%,分别占 2007 年国内生产总值的 7.3%、3.1%、1.1%。这 3 种林分类型虽然单位面积价值处于较低的水平,但由于分布面积较大,所以在全国森林生态服务功能总价值及绿色 GDP 中占有重要的地位。

对于灌木林、经济林、竹林森林生态系统,由于涵养水源和生物多样性保护及固碳释氧等功能价值占总价值比例较大,可以说是主要的生态服务功能。对于涵养水源功能而言,我国江河年平均径流量为 27115 亿 m^3 ,居世界第 6 位^[21]。灌木林、经济林、竹林的年涵养水源量分别占我国江河年平均径流量的 4.1%、1.9%、0.6%。灌木林、经济林、竹林在全国流域范围起到了森林蓄水池作用。对于固碳功能,根据我国自行研制的中长期能源需求和 CO_2 排放系统预测得到:2010 年我国 CO_2 排放为 13.3—15.7 亿 $t C$ ^[22]。而灌木林、经济林、竹林年固碳量分别为 0.55、0.27、0.14 亿 $t C$,也为我国森林中和碳排放发挥着一定的作用。

数量化分析结果表明灌木林、经济林、竹林在生在服务功能价值在地域上分布有各自的特点,灌木林生态服务功能价值虽然在华中、华南地区较大,但由于气候等因素,在西北等干旱地区所占比例较大;经济林生态服务功能价值在西南地区较大;竹林生态服务功能价值在华中、华南地区较大。

从第五次森林资源清查到第七次期间近 20a 来,灌木林、经济林、竹林森林生态服务功能价值变化不大。

综上所述,灌木林、经济林、竹林生态系统服务功能在我国森林生态系统中占有重要地位,应清醒地认识到其在维系和促进当地社会经济持续发展和环境保护中的巨大作用。

References:

- [1] Editorial Committee of Chinese Forest Working Manual. Chinese Forest Working Manual. Beijing: China Forest Press, 2006.
- [2] National Forestry Bureau eds. China Forestry Statistical Yearbook 2006. Beijing: Chinese Forestry Press, 2007.

- [3] National Bureau of Statistics of China. Chinese Statistics Year Book 2007. Beijing: Chinese Statistic Press, 2008.
- [4] Cheng J M, Wan H E, Du F. Recovery and reconstruction of degraded shrub-grass vegetation in semi-arid region of Loess Plateau. *Scientia Silvae Sinicae*, 2001, 137(4): 50-57.
- [5] Ren H. A review on the studies of desertification process and restoration mechanism of karst rocky ecosystem. *Tropical Geography*, 2005, 25(3): 195-200.
- [6] Pimentel D, Harvey C, Resosudarmo P, Sinclair K, Kurz D, McNair M, Crist S, Shpritz L, Fitton L, Saffouri R, Blair R. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, 1995, 267(5201): 1117-1123.
- [7] Bolund P, Hunhammar S. Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 1999, 29(2): 293-301.
- [8] Björklund J, Limburg K, Rydberg T. Impact of production intensity on the ability of the agricultural landscape to generate ecosystem services: an example from Sweden. *Ecological Economics*, 1999, 29(2): 269-291.
- [9] Holmud C M, Hammer M. Ecosystem services generated by fish populations. *Ecological Economics*, 1999, 29(2): 253-268.
- [10] Serafy S. Pricing the invaluable: the value of the world's ecosystem services and natural capital. *Ecological Economics*, 1998, 25(1): 25-27.
- [11] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387(6630): 253-260.
- [12] deGroot R S, Wilson M A, Boumans R M J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 2002, 41(3): 393-408.
- [13] Yu X X, Lu S W, Jin F, Chen L H, Rao L Y, Lu G Q. The assessment of the forest ecosystem services evaluation in China. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(8): 2096-2102.
- [14] Wang B, Yang F W, Guo H. Specifications for assessment of forest ecosystem services in China(LY/T 1721—2008). Beijing: Standard Press of China, 2008.
- [15] Chapil W S. Dynamics of wind erosion; Nature of movement of soil by wind. *Soil Science*, 1945, 60: 305-320.
- [16] He S F, Jiang D M, A L M S, Liu Z M, Luo Y M. Sand-fixing effects of *Caragana microphylla* shrub in Keerqin sandy land. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2007, 21(1): 84-87.
- [17] Wang B, Lu S W. Evaluation of economic forest ecosystem services in China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(2): 417-425.
- [18] Wang B, Wei W J, Xing Z K, Li S N, Bai X L. Carbon storage of bamboo forest ecosystem in China. *Ecology and Environment*, 2008, 17(4): 1680-1684.
- [19] Zhao Q F, Guan W. Application of quantitated model I in forestry, *Journal of Qiqihar Teacher's College: Natural Science*, 1996, 16(1): 14-16.
- [20] Guo H, Wang B, Ma X Q, Zhao G D, Li S N. Evaluation of ecosystem services of Chinese pine forests in China. *Science in China Series C: Life Sciences*, 2008, 51(7): 662-670.
- [21] Wang Y, Zhu K. Chinese water resources actuality and the strategies of its sustainable use. *Journal of Lanzhou Jiaotong University: Social Sciences*, 2005, 24(5): 77-80.
- [22] Liang Q M, Norio O K D, Wei Y M. Decision support system for energy demands and related CO₂ emissions analysis. *Energy of China*, 2005, 27(1): 41-43.

参考文献:

- [1] 中国林业工作手册编纂委员会. 中国林业工作手册. 北京: 中国林业出版社, 2006.
- [2] 国家林业局编. 中国 2006 年林业统计年鉴. 北京: 中国林业出版社, 2007.
- [3] 国家统计局编. 中国 2007 年统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2008.
- [4] 程积民, 万惠娥, 杜锋. 黄土高原半干旱区退化灌草植被的恢复与重建. *林业科学*, 2001, 37(4): 50-57.
- [5] 任海. 喀斯特山地生态系统石漠化过程及其恢复研究综述. *热带地理*, 2005, 25(3): 195-200.
- [13] 余新晓, 鲁绍伟, 靳芳, 陈丽华, 饶良懿, 陆贵巧. 中国森林生态系统服务功能价值评估. *生态学报*, 2005, 25(8): 2096-2102.
- [14] 王兵, 杨锋伟, 郭浩. 森林生态系统服务功能评估规范(LY/T 1721—2008). 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [16] 贺山峰, 蒋德明, 阿拉木萨, 刘志民, 骆永明. 科尔沁沙地小叶锦鸡儿灌木林固沙效应的研究. *水土保持学报*, 2007, 21(1): 84-87.
- [17] 王兵, 鲁绍伟. 中国经济林生态系统服务价值评估. *应用生态学报*, 2009, 20(2): 417-425.
- [18] 王兵, 魏文俊, 邢兆凯, 李少宁, 白秀兰. 中国竹林生态系统的碳储量. *生态环境*, 2008, 17(4): 1680-1684.
- [19] 赵清峰, 关威. 数量化模型 I 在林业上的应用. *齐齐哈尔师范学院学报: 自然科学版*, 1996, 16(1): 14-16.
- [20] 郭浩, 王兵, 马向前, 赵广东, 李少宁. 中国油松林生态服务功能评估. *中国科学 C 辑: 生命科学*, 2008, 38(6): 565-572.
- [21] 王焯, 朱琨. 我国水资源现状与可持续利用方略. *兰州交通大学学报: 社会科学版*, 2005, 24(5): 77-80.
- [22] 梁巧梅, Norio Okada, 魏一鸣. 能源需求与二氧化碳排放分析决策支持系统. *中国能源*, 2005, 27(1): 41-43.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 7 April, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Seasonal variation of soil nitrogen pools and microbes under natural evergreen broadleaved forest and its artificial regeneration forests in Southern Sichuan Province, China	GONG Wei, HU Tingxing, WANG Jingyan, et al (1763)
Sensitivity analysis for main factors influencing <i>NPP</i> of forests simulated by IBIS in the eastern area of Northeast China	LIU Xi, GUO Qingxi, LIU Jingwei (1772)
Diurnal changes of photosynthetic characteristics of <i>Hippophae rhamnoides</i> and the relevant environment factors at different slope locations	JIN Tiantian, FU Bojie, LIU Guohua, et al (1783)
Interactive effects of nitrogen and sulfur on the reproduction, biomass accumulation and allocation of the clonal plant <i>Spartina alterniflora</i>	GAN Lin, ZHAO Hui, QING Hua, et al (1794)
Difference in leaf photosynthetic capacity between pima cotton (<i>Gossypium barbadense</i>) and upland cotton (<i>G. hirsutum</i>) and analysis of potential constraints	ZHANG Yali, YAO Hesheng, LUO Yi, et al (1803)
Effects of shades on the photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters of <i>Forsythia suspensa</i>	WANG Jianhua, REN Shifu, SHI Baosheng, et al (1811)
Growth and metal uptake of three woody species in lead/zinc and copper mine tailing	SHI Xiang, CHEN Yitai, WANG Shufeng, et al (1818)
GMP particles size distribution in grains of wheat in relation to application of nitrogen fertilizer	WANG Guangchang, WANG Zhenlin, CUI Zhiqing, et al (1827)
Damaging mechanisms of peanut (<i>Arachis hypogaea</i> L.) photosystems caused by high-temperature and drought under high irradiance	QIN Liqin, ZHANG Yueli, GUO Feng, et al (1835)
The effect of natural factors and disturbance intensity on spacial heterogeneity of plant diversity in alpine meadow	WEN Lu, DONG Shikui, ZHU Lei, et al (1844)
Modeling changes of net primary productivity of karst vegetation in southwestern China using the CASA model	DONG Dan, NI Jian (1855)
The characteristics of <i>Magnolia liliflora</i> transpiration and its impacting factors in Beijing City	WANG Hua, OUYANG Zhiyun, REN Yufen, et al (1867)
Ecological effects of balanced fertilization on red earth paddy soil with P-deficiency	CHEN Jianguo, ZHANG Yangzhu, ZENG Xibai, et al (1877)
Effects of planting patterns on water use efficiency in winter wheat	QI Lin, CHEN Yuhai, ZHOU Xunbo, et al (1888)
Nitrous oxide emissions from winter wheat field in the Loess Plateau	PANG Junzhu, WANG Xiaoke, MU Yujing, et al (1896)
Effects of hardening by pre-anthesis waterlogging on grain yield and quality of post-anthesis waterlogged wheat (<i>Triticum aestivum</i> L. cv Yangmai 9)	LI Chengyong, CAI Jian, JIANG Dong, et al (1904)
Effects of simulated acid rain with lower S/N ratio on gas exchange and membrane of three dominant species in subtropical forests	FENG Lili, YAO Fangfang, WANG Xihua, et al (1911)
Molluscicidal efficacy of <i>Nerium indicum</i> cardiac glycosides on <i>Pomacea canaliculata</i> and its effects on rice seedling	DAI Lingpeng, LUO Weihua, WANG Wanxian (1918)
Spatial gradients pattern of landscapes and their relations with environmental factors in Haihe River basin	ZHAO Zhixuan, ZHANG Biao, JIN Xin, et al (1925)
The assessment of forest ecosystem services evaluation for shrubbery-economic forest-bamboo forest in China	WANG Bing, WEI Jiangsheng, HU Wen (1936)
Evaluation on service value of ecosystem of Peri-urban transition zone lake: a case study of Yandong Lake in Wuhan City	WANG Fengzhen, ZHOU Zhixiang, ZHENG Zhongming (1946)
Explaining the abundance-distribution relationship of plant species with niche breadth and position in the Yellow River Delta	YUAN Xiu, MA Keming, WANG De (1955)
Forestland boundary dynamics based on an landscape accessibility analysis in Guangzhou, China	ZHU Yaojun, WANG Cheng, JIA Baoquan, et al (1962)
Changes in invasion characteristics of <i>Dendroctonus valens</i> after introduction into China	PAN Jie, WANG Tao, WEN Junbao, et al (1970)
Population genetic diversity in Tibet red deer (<i>Cervus elaphus wallichi</i>) revealed by mitochondrial <i>Cyt b</i> gene analysis	LIU Yanhua, ZHANG Minghai (1976)
Multi-scales analysis on diversity of desert rodent communities under different disturbances	YUAN Shuai, WU Xiaodong, FU Heping, et al (1982)
Cave-site selection of Qinling zokors with their prevention and control	LU Qingbin, ZHANG Yang, ZHOU Caiquan (1993)
The habitat characteristics of Eurasian badger in Beijing-Hangzhou Grand Canal embankment	YIN Baofa, LIU Yuqing, LIU Guoxing, et al (2002)
Review and Monograph	
Electron transfer mechanism of extracellular respiration: a review	MA Chen, ZHOU Shungui, ZHUANG Li, et al (2008)
The biochemical mechanism and application of anammox in the wastewater treatment process	WANG Hui, LIU Yanping, TAO Ying, et al (2019)
Discussion	
Evaluation of the forest ecosystem services in Haihe River Basin, China	BAI Yang, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua, et al (2029)
Scientific Note	
Effects of body size and salinity on oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of <i>Macra chinensis</i> Philippi	ZHAO Wen, WANG Yaqian, WEI Jie, et al (2040)
Study on microzooplankton grazing in shrimp pond among middle and late shrimp culture period	ZHANG Litong, SUN Yao, ZHAO Congming, et al (2046)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1~9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任: 孔红梅

执行编辑: 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 7 期 (2011 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 7 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元