

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 23 期 Vol.32 No.23 **2012**

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 32 卷 第 23 期

2012 年 12 月 (半月刊)

目 次

中国石龙子母体孕期调温诱导幼体表型:母体操纵假说的实验检测	李 宏,周宗师,吴延庆,等 (7255)
同种或异种干扰对花鼠分散贮藏点选择的影响	申 圳,董 钟,曹令立,等 (7264)
曝气充氧条件下污染河道氨挥发特性模拟	刘 波,王文林,凌 芬,等 (7270)
贵州草海越冬斑头雁日间行为模式及环境因素对行为的影响	杨延峰,张国钢,陆 军,等 (7280)
青藏高原多年冻土区积雪对沼泽、草甸浅层土壤水热过程的影响	常 娟,王根绪,高永恒,等 (7289)
长沙城市斑块湿地资源的时空演变	恭映璧,靖 磊,彭 磊,等 (7302)
基于模型数据融合的干烟洲亚热带人工林碳水通量模拟	任小丽,何洪林,刘 敏,等 (7313)
农田氮素非点源污染控制的生态补偿标准——以江苏省宜兴市为例	张 印,周羽辰,孙 华 (7327)
用 PFU 微型生物群落监测技术评价化工废水的静态毒性	李朝霞,张玉国,梁慧星 (7336)
京郊农业生物循环系统生态经济能值评估——以密云尖岩村为例	周连第,胡艳霞,王亚芝,等 (7346)
基于遥感的夏季西安城市公园“冷效应”研究	冯晓刚,石 辉 (7355)
海南岛主要森林类型时空动态及关键驱动因子	王树东,欧阳志云,张翠萍,等 (7364)
不同播种时间对吉林省西部玉米绿水足迹的影响	秦丽杰,靳英华,段佩利 (7375)
黄土塬区不同品种玉米间作群体生长特征的动态变化	王小林,张岁岐,王淑庆,等 (7383)
密植条件下种植方式对夏玉米群体根冠特性及产量的影响	李宗新,陈源泉,王庆成,等 (7391)
沙地不同发育阶段的人工生物结皮对重金属的富集作用	徐 杰,敖艳青,张璟霞,等 (7402)
增强 UV-B 辐射和氮对谷子叶光合色素及非酶促保护物质的影响	方 兴,钟章成 (7411)
不同产地披针叶茴香光合特性对水分胁迫和复水的响应	曹永慧,周本智,陈双林,等 (7421)
芦芽山林线华北落叶松径向变化季节特征	董满宇,江 源,王明昌,等 (7430)
地形对植被生物量遥感反演的影响——以广州市为例	宋巍巍,管东生,王 刚 (7440)
指数施肥对楸树无性系生物量分配和根系形态的影响	王力朋,晏紫伊,李吉跃,等 (7452)
火烧伤害对兴安落叶松树干径向生长的影响	王晓春,鲁永现 (7463)
山地梨枣树耗水特征及模型	辛小桂,吴普特,汪有科,等 (7473)
两种常绿阔叶植物越冬光系统功能转变的特异性	钟传飞,张运涛,武晓颖,等 (7483)
干旱胁迫对银杏叶片光合系统 II 荧光特性的影响	魏晓东,陈国祥,施大伟,等 (7492)
神农架川金丝猴栖息地森林群落的数量分类与排序	李广良,丛 静,卢 慧,等 (7501)
碱性土壤盐化过程中阴离子对土壤中镉有效态和植物吸收镉的影响	王祖伟,弋良朋,高文燕,等 (7512)
两种绣线菊耐弱光能力的光合适应性	刘慧民,马艳丽,王柏臣,等 (7519)
闽楠人工林细根寿命及其影响因素	郑金兴,黄锦学,王珍珍,等 (7532)
旅游交通碳排放的空间结构与情景分析	肖 潇,张 捷,卢俊宇,等 (7540)
北京市妫水河流域人类活动的水文响应	刘玉明,张 静,武鹏飞,等 (7549)
膜下滴灌技术生态-经济与可持续性分析——以新疆玛纳斯河流域棉花为例	范文波,吴普特,马枫梅 (7559)
高温胁迫及其持续时间对棉蚜死亡和繁殖的影响	高桂珍,吕昭智,夏德萍,等 (7568)
桉树枝瘿姬小蜂虫瘿解剖特征与寄主叶片生理指标的变化	吴耀军,常明山,盛 双,等 (7576)
西南桦纯林与西南桦×红椎混交林碳贮量比较	何友均,覃 林,李智勇,等 (7586)
长沙城市森林土壤 7 种重金属含量特征及其潜在生态风险	方 晰,唐志娟,田大伦,等 (7595)
专论与综述	
城乡结合部人-环境系统关系研究综述	黄宝荣,张慧智 (7607)
陆地生态系统碳水通量贡献区评价综述	张 慧,申双和,温学发,等 (7622)



封面图说: 麋鹿群在过河——麋鹿属于鹿科,是中国的特有动物。历史上麋鹿曾经广布于东亚地区,到 19 世纪时,只剩下在北京南海子皇家猎苑内一群。1900 年,八国联军攻陷北京,麋鹿被抢劫一空。1901 年,英国的贝福特公爵用重金从法、德、荷、比四国收买了世界上仅有的 18 头麋鹿,以半野生的方式集中放养在乌邦寺庄园内,麋鹿这才免于绝灭。在世界动物保护组织的协调下,1985 年起麋鹿从英国分批回归家乡,放养到北京大兴南海子、江苏省大丰等地。这是在江苏省大丰麋鹿国家级自然保护区放养的麋鹿群正在过河。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201112231964

王树东, 欧阳志云, 张翠萍, 徐卫华, 肖焱. 海南岛主要森林类型时空动态及关键驱动因子. 生态学报, 2012, 32(23): 7364-7374.

Wang S D, Ouyang Z Y, Zhang C P, Xu W H, Xiao Y. The dynamics of spatial and temporal changes to forested land and key factors driving change on Hainan Island. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(23): 7364-7374.

海南岛主要森林类型时空动态及关键驱动因子

王树东^{1,2}, 欧阳志云^{1,*}, 张翠萍³, 徐卫华¹, 肖焱¹

(1. 城市与区域生态国家重点实验室, 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085;

2. 遥感科学国家重点实验室, 中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101; 3. 海南省环境科学研究院, 海口 570206)

摘要:天然林、橡胶林和浆纸林之间转化是海南岛森林生态系统演变的主要形式。以海南岛 1988 年(建省), 1998 年(提出生态省建设)和 2008 年(目前)3 个年代的天然林、橡胶林和浆纸林遥感解译为基础, 分析了三者的格局动态及关键驱动因子, 得到以下结论: (1) 1988—1998 和 1998—2008 年间, 天然林总面积呈现先明显增加(增加面积 10.76 万 hm^2), 后明显减少(减少面积 20.03 万 hm^2) 特点; 橡胶林呈先小幅下降(下降面积 7.14 万 hm^2), 后大幅度增加(增加面积 20.03 万 hm^2) 的变化特点, 浆纸林则一直呈增加的趋势; (2) 三者年动态变化率在 1998—2008 年间最大(1.335%), 1988—2008 年间次之(0.965%), 1988—1998 年间最小(0.490%); (3) 1988—1998 年天然林空间范围转化呈内部增加, 外部扩展的特征, 增加的部分主要来自橡胶林和其他用地类型, 同时, 浆纸林空间转化呈局部增加和橡胶林呈局部减少的特点; 1998—2008 相比 1988—1998 年间, 天然林空间范围呈外缘收缩, 内部减少的特点, 橡胶林和浆纸林则呈内外部都扩张的特点。类型间转化天然林向橡胶林、浆纸林和其他类型用地转化较明显; (4) 不同时期的林地面积变化主要受政策、农业人口、农林产品市场价格等外在因素的作用, 同时也受到道路、高程和坡度等内在因素的影响。最后, 从林业监督、生态补偿、市场调节等角度提出海南省林业发展建议。

关键词:海南岛生态系统; 林地变化; 开发与保护; 动态机制

The dynamics of spatial and temporal changes to forested land and key factors driving change on Hainan Island

WANG Shudong^{1,2}, OUYANG Zhiyun^{1,*}, ZHANG Cuiping³, XU Weihua¹, XIAO Yi¹

1 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2 State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Institute of Remote Sensing Applications of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

3 Hainan Research Academy of Environmental Sciences, Haikou 570206, China

Abstract: The ecological functions of natural forests are quite different from the functions of rubber and pulpwood plantations. The change from natural forest to plantations is the main form of human-driven landscape change on Hainan Island. The development of Hainan Island has undergone a series of phases which have included the common environmental stresses caused by the expansion of industry and agriculture. These include the expansion of agricultural cultivation, enlargement of rubber plantations and efforts to develop the landscape in harmony with ecological needs; as well as phases of exploration, experimentation and the implementation of untested land management methods. In the current efforts to develop the land using ecologically sound techniques, the local people and government are paying more attention to various human impacts on ecosystems. Research is very important in these efforts to use ecologically sound construction and development

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973)资助项目(2009CB421104); 国家高新技术研究发展专项(863)(2012AA12A309); 中国地质调查局地质调查工作项目(1212011120077)

收稿日期: 2011-12-23; 修订日期: 2012-11-10

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zyouyang@rcees.ac.cn

techniques designed to limit human impacts on the natural environment. Therefore, it is necessary to study the key factors and dynamic characteristics of both natural forest and rubber and pulpwood plantations to produce needed social and economic development in an ecological sustainable manner. We analyzed the spatial and temporal dynamics and the forces driving landscape scale change during the last two decades. This study is based on the spatial distribution of natural forests as well as rubber and pulpwood plantations along with other types of land use using data from 1988 (when Hainan Province was formally established), 1998 (when the Province was first promoted as an ecological province) and 2008. The results provided four findings. First, from 1988 to 1998 the total area of natural forest on the island increased significantly from $78.37 \times 10^4 \text{ hm}^2$ to $89.14 \times 10^4 \text{ hm}^2$; but, from 1998 to 2008, this figure decreased to $69.11 \times 10^4 \text{ hm}^2$. The area of natural forest initially gained from 1988 to 1998 was more than offset by losses from 1998 to 2008. The land area used for rubber plantations decreased slightly, by 1.9%, during 1988—1998; but the extent of this land use increased rapidly during 1998—2008 (10.19%). The extent of the area used for pulpwood plantations increased steadily. Second, annual dynamic variation rate of three vegetation types was 1.335% from 1998 to 2008, 0.965% from 1988 to 2008 and 0.490% during the years 1988—1998, respectively. Third, from 1988 to 1998, natural forests were allowed to grow and expand as rubber plantations and other land types reverted to natural forest. From 1998 to 2008, human activities began to cause a decrease in the extent of natural forest as external pressures caused natural forests to shrink in size and some natural forest was replaced during the expansion of rubber and pulpwood plantations. The most obvious feature was the transformation in land use was the transition from natural forest to pulpwood and rubber plantations although some natural forests were modified into other land use types. Fourth, from 1988 to 1998, the change of forested area was driven mainly by extrinsic factors such as government policy, changes in the local human population and associated land development efforts. From 1998 to 2008 forests were primarily affected by combined actions of ecological policies and economic interests. The effects of these changes are discussed and some mitigation measures and other suggestions are put forward related to forest management and oversight. These include an evaluation of the ecological services forests provide, ecological mitigation and compensation measures, and the implementation of methods to develop the local economy and provide employment, as well as market regulation, and ways of increasing the effectiveness of law enforcement as it relates to Hainan Island forest protection.

Key Words: development and protection; dynamic mechanism; Hainan Island ecosystem; forestland change

天然林、橡胶林和浆纸林生态效益相差明显,三者之间的转化是海南岛近些年人为干扰下的森林生态系统演变的主要形式^[1-2]。近些年来,国家和当地政府出于发展经济和生态保护双重考虑,先后出台发展农业、橡胶业、天然林保护、桉树推广等相关政策。在人为的作用下,海南岛生态系统原有的结构、过程和功能不断被改变^[3-6]。

在当前生态省建设的大背景下,人们更加关注不同的人为作用对生态系统产生的影响,并以此为基础,研究生态建设和开发模式对生态环境的影响。为此,研究天然林、橡胶林和浆纸林动态特征与关键驱动因子的关系对于实现社会经济与生态可持续发展至关重要^[3,7-9]。

目前,关于热带的天然林、橡胶林和浆纸林等主要森林生态系统动态变化及驱动因子的研究中,多从生物多样性、生态调节功能等角度进行了系统分析。De-Li Zhai 等研究了中部山区典型区 1988—1995 和 1995—2005 年间天然林、橡胶林和浆纸林的动态特征,并分析了自然保护区、社会经济等影响下的橡胶林和浆纸林的变化及与天然林面积的关系^[8];Hongmei Li 等研究了西双版纳地区橡胶林的增长与天然林面积的关系,并由此分析了橡胶林的变化对生物多样性保护产生的负面影响^[9];黄金城结合历次林业大调查,系统的研究了海南岛热带森林生态系统的总面积动态特征和不同林地的生态系统服务功能并在此基础上,研究全岛时间序列的热带森林生态系统动态对林业可持续发展的影响^[6]。以上这些研究,对于探索生态建设模式起到积极作用。但同时,由于海南岛开发具有明显的空间差异,所以,需要深入挖掘全岛不同区域在不同的人为作用下

的动态特征,深入挖掘内在的原因,并因地制宜的制定政策。

目前,遥感与 GIS 技术被认为研究异构空间的生态系统结构,过程和功能的客观而有效地方法,但是,由于海南岛生态系统复杂,四季常绿,易产生同物异谱,同谱异物的现象,给遥感解译带来很多难题^[10]。所以,对全岛主要森林生态系统研究多集中在某一时间节点上,很难进行动态分析。王树东根据生态系统空间特征,提出面向对象的决策树算法,结合 NDVI, RVI 等植被指数和 VIUPD^[11]等新型的指数,有效地提取了热带精细地物信息^[10]。基于此,本研究应用面向对象的决策树遥感解译方法选择海南建省(1988 年),生态省规划(1998 年)和目前(2008 年)3 个重要的时间节点的遥感解译为基础,研究天然林,橡胶林和浆纸林时空动态特征,并分析其与不同因子之间的关系,揭示内在驱动机制。

1 数据与方法

1.1 研究区概况

海南岛面积为 3.4 万 km²,属于海洋性热带季风气候,全年温暖湿润,年均温度为 22—26℃ 之间;地形四周低平,中间高耸,以五指山,鹦歌岭为隆起核心,向外围逐级下降,由山地,丘陵,台地,平原构成环形层状地貌梯级结构明显;自然植被主要分布在中部山区,包括热带季雨林,热带雨林,常绿阔叶林,红树林,针叶林,灌丛和草原等;人工林主要分布在山地四周的台地,包括木麻黄,桉树,橡胶,果园等经济林,农作物主要分布在平原,包括水稻,甘蔗,番薯,木薯和蔬菜等。

1.2 遥感数据处理

选择 1988 年,1998 年和 2008 年 Landsat TM 遥感影像作为数据源,结合海南岛下垫面特征,自主构建或优化遥感信息模型,并结合 NDVI, RVI 及新型的基于通用光谱模式分解算法(UPDM)的植被指数 VIUPD^[11]等,在益康 7.0 软件的基础上,应用基于面向对象的决策树信息提取方法,得到天然林,橡胶林和浆纸林的信息。将解译后的天然林、橡胶林和浆纸林的总面积与国家林业局编制的《海南省 2008 年森林资源监测评估报告》进行比较,天然林面积相差 6.08%,橡胶林面积相差 27.78%,浆纸林面积相差 9.72%。

1.3 研究方法

生态系统动态通常表现在时间和空间两个方面,本研究借用土地利用变化动态度,时空分析等方法来表征天然林,橡胶林和浆纸林之间的动态特征;应用农业人口的增长,农业社会经济的发展及国家政策等外在驱动力因素和应用交通,地形,保护区及林地类型等内在驱动因素综合分析方法来研究动态机制。

1.3.1 时空演变分析方法

(1) 天然林,橡胶林和浆纸林动态度

假设较短时间内,土地利用年变化为线性变化,则区域综合土地利用动态度可描述区域土地利用变化的速度,用公式表示为^[12]:

$$LC = \frac{(\sum_{i=1}^n \Delta LU_{ij} / 2 \sum_{i=1}^n LU_i)}{T} \times 100\%$$

式中, LU_i 为监测起始时间第 i 类土地利用类型面积; ΔLU_{ij} 为监测时段第 i 类土地利用类型转为非 i 类土地利用类型面积的绝对值; n 为土地利用类型数; T 为监测时长。当 T 的时段设定为年时, LC 的值就是该研究区土地利用年变化率^[12-13]。

(2) 时空分异特征

应用下式的图像运算方法求得土地利用变化图^[13-14]:

$$C_{i \times j} = C_{a i \times j} \times 10 + C_{b i \times j}$$

式中, $C_{a i \times j}$ 和 $C_{b i \times j}$ 分别为第 a 年和 b 年土地利用图第 i 行第 j 列的像元灰度值。运算所得图件每个像元灰度值的十位数字代表该像元 a 年的土地利用类型,个位数字代表该像元 b 年的土地利用类型。将所得图件每个灰度值所代表的像元数(即属性表)乘以每个像元的面积($30\text{m} \times 30\text{m} = 900\text{m}^2$),整理成 $a-b$ 年土地利用类型

转移矩阵,按照以下公式计算各类型间的转移率及转移量比重:

$$p_{ij} = \frac{A_{ij}}{\sum_{j=1}^m A_{ij}} \quad q_{ij} = \frac{A_{ij}}{\sum_{i=1}^m A_{ij}}$$

式中, p_{ij} 为 $a-b$ 年土地利用类型从第 i 类转移到第 j 类的转移率, q_{ij} 为 $a-b$ 年土地利用类型从第 i 类转移到第 j 类的转移量所占的比重, A_{ij} 为 $a-b$ 年土地利用类型从第 i 类转移到第 j 类的面积, m 为土地利用类型总数。

1.3.2 演变机制分析方法

土地利用变化的本质是人口的增长,社会经济的发展及国家政策等外在驱动力,它们决定着土地利用变化的方向和趋势;在外部因素的作用下,土地利用类型之间发生的转变,主要取决于交通条件,地形条件和土地利用现状等内在因素的限制^[13-15]。为此,本研究基于遥感解译结果,应用 ARCGIS9.3 统计出每个县市的林地面积与农业人口,农村经济做相关分析,以揭示外在驱动因子的作用;以距不同用地的最近距离,距道路线的最近距离,自然保护区,高程,坡度等作为自变量,以各类型的林地向其他类型用地(天然林,橡胶林,浆纸林等)转变的比率为因变量,进行逐步回归分析,以揭示天然林,橡胶林和浆纸林变化内在因素的作用机制。

关于内在驱动关键因子自变量和因变量的计算,采用杨爽等提出的方法,即:对于自变量的计算,先以像元为单位,再以相邻,相同的变化类型的像元归类为斑块,将斑块的各参数的均值作为样本,相同的变化类型的斑块作为总体;对于因变量的计算,将上述相同变化类型的斑块找到前一个时间节点的各林地类型分布图对应的斑块,求出面积比,再同样将相同的变化类型的斑块作为总体进行回归分析^[14]。

2 结果与分析

2.1 天然,橡胶和浆纸林演变的时空分析

自 20 世纪 80 年代以来,海南岛经历了建省(1988 年),提出生态省规划(1998 年)和目前的经济发展与生态保护 3 个阶段,在政策变化,人口增加等影响下,海南岛天然林,橡胶林和浆纸林发生了明显的变化,并且这些变化具有明显的空间和时间特征。

2.1.1 天然,橡胶和浆纸林基本现状

2008 年,海南岛天然林,橡胶林和浆纸林面积如表 1 所示(表 1)。天然林,橡胶林和浆纸林总面积达 164.147 万 hm^2 , 占全岛总面的 48.279%。其中,天然林占总面积的 20.326%,橡胶林占总面积 22.246%,浆纸林占总面积 5.709%。其他类型用地占总面积的 51.721%。通过计算统计海南岛目前森林覆盖率为 58.231%,由此可知,天然林,橡胶林和浆纸林面积占林地总面积的 82.9%。

表 1 2008 年海南岛天然,橡胶和浆纸林面积

Table 1 Area of natural forest, rubber plantation and pulpwoods

类型 Type 名称 Name	天然林 Natural forest	橡胶林 Rubber plantation	浆纸林 Pulpwoods	其他类型 Other type
面积 Area/ 10^4 hm^2	69.107	75.635	19.409	175.853

从空间上看(图 1),各种不同的林地有各自的重点分布区域。天然林主要分布在中部山区,包括热带季雨林,热带雨林,常绿阔叶林,红树林,针叶林等;橡胶林主要分布在中部山区四周的台地及交通便利,靠近水源地的区域,近年来部分橡胶林侵入到中部山区天然林低地;浆纸林分布范围比较广,其中在西部沿海形成带状区域,北部,南部台地,丘陵等也多有分布,并部分取代天然林。

2.1.2 演变的时间序列特征

不同的林地类型的动态也表现出各自不同阶段的特点(表 2),天然林在监测期内始终占全岛总面积的 20% 以上,但是面积上下有所浮动,1988—1998 年面积增加,而 1998—2008 年之间面积明显回落,1988—2008 年面积则稍有回落;橡胶林在 1988—2008 年间,面积呈小幅下降和大幅度增加的变化特点,并且在 2008 年橡胶

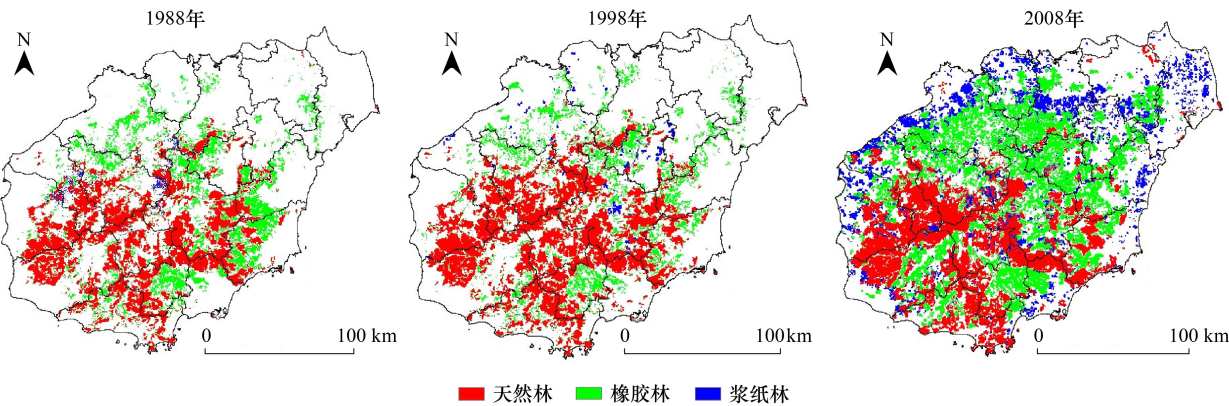


图 1 各时期天然林,橡胶林和浆纸林空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of natural forest, rubber plantation and pulpwoods

林总面积超过天然林总面积;浆纸林在 1988—2008 年之间则呈一直增加的趋势,在 1988—1998 年期间小幅增加,但是在 1998—2008 年期间增加的幅度明显变大。

表 2 1988—2008 年海南岛天然林,橡胶林和浆纸林面积比例变化/%

Table 2 Area ratio changes of natural forest, rubber plantation and pulpwoods/%

年份 Year	天然林 Natural forest	橡胶林 Rubber plantation	浆纸林 Pulpwoods
1988	23.05	14.16	*
1998	26.22	12.06	0.34
2008	20.33	22.25	5.71

* :海南岛在 1988 年有一定面积的桉树,其主要目的是提供板材等

2.1.3 天然林,橡胶林和浆纸林之间的时空转换

(1) 不同时期的动态度分析

为了细化天然林,橡胶林,浆纸林和其他类型用地不同时间的差异,对各时段的动态进行分析,并计算各自的综合动态度;其中,1998—2008 年期间动态变化率最大,达到 1.32%;其次为 1988—2008 年期间,动态变化率为 0.95%;1988—1998 动态变化率最小,为 0.49%。产生这一现象主要是因为 1998—2008 年间天然林面积减少,橡胶林和浆纸林面积大幅增加,所以导致该期间动态变化率大,而 1988—1998 年间虽然天然林有了一定幅度的增加,但是橡胶林和浆纸林总量变化不大导致动态变化率小。产生这一现象的主要原因与政府相继出台的一系列生态保护措施和橡胶林,浆纸林种植政策及人口发展所产生的物质需求有关。

总之,1998—2008 年动态度达到最大值,天然林,橡胶林,浆纸林和其他类型用地变化最为剧烈,主要与天然林大量减少和橡胶林,浆纸林大量增加有关,除此之外,还与各自的空间转移有一定关系。

(2) 时空转换分析

天然林,橡胶林和浆纸林之间的格局变化是时空转换的主要形式,由于受到地形,地势和生态保护政策等因素的影响,天然林,橡胶林和浆纸林也与园地,农田等其他类型用地(指全岛天然林,橡胶林和浆纸林以外的用地)之间相互转化,且随着不同时期生态政策的变化,呈现出波动的状况。

对于该 4 大类型相互变化,不同时期有不同的特点(图 2,表 3)。1988—1998 年之间四者之间的动态主要表现为橡胶林和其他类型用地向天然林转化,分别为 2.85 万 hm^2 和 11.41 万 hm^2 ;此外,其他类型用地向橡胶林转化也比较明显,为 4.77 万 hm^2 ;天然林,橡胶林和其他类型用地也向浆纸林有少量转化,其中以天然林最为明显,为 3.08 万 hm^2 。总体上,该监测期内天然林,橡胶林和浆纸林空间变化特征为:天然林空间上呈现内部面积增加,外部扩展的特征,即在以天然林为核心的中部山区中的橡胶林等其他类型用地转化为天然林,天然林的外部边界向外扩展,取代其他类型用地。

表 3 天然林,橡胶林和浆纸林转移矩阵/ 10^4hm^2 Table 3 Transfer matrix of natural forest, rubber plantation and pulpwoods / 10^4hm^2

年份	类	天然	橡胶林	浆纸林	其他
1988—1998	天然林	74.743	0.371	3.083	0.290
	转移率	95.364	0.472	3.933	0.370
	转移量比重	84.025	0.417	3.466	0.326
	橡胶林	2.85	35.831	0.02	9.48
	转移率	5.921	74.445	0.042	19.696
	转移量比重	6.956	87.453	0.0488	23.122
	浆纸林	—	—	—	—
	转移率	—	—	—	—
	转移量比重	—	—	—	—
	其他	11.41	4.77	0.83	196.482
	转移率	5.344	2.234	0.389	92.033
	转移量比重	5.459	2.282	0.397	93.996
1998—2008	天然林	63.553	11.901	5.058	9.452
	转移率	71.296	13.356	5.674	10.62
	转移量比重	84.777	15.872	6.746	12.607
	橡胶林	1.201	35.777	3.127	0.904
	转移率	2.929	87.274	7.627	2.205
	转移量比重	1.455	47.713	3.777	1.212
	浆纸林	—	—	1.142	—
	转移率	—	—	100	—
	转移量比重	—	—	5.642	—
	其他	10.224	35.646	13.158	149.711
	转移率	4.898	17.078	6.304	71.723
	转移量比重	6.300	21.966	8.108	92.257
1988—2008	天然林	28.958	9.682	3.834	35.922
	转移率	36.949	12.352	4.891	45.828
	转移量比重	62.992	21.062	8.341	78.146
	橡胶林	2.922	29.684	11.163	4.372
	转移率	6.070	61.676	23.256	9.083
	转移量比重	3.992	40.559	15.251	5.973
	浆纸林	—	—	—	—
	转移率	—	—	—	—
	转移量比重	—	—	—	—
	其他	14.092	33.534	14.25	151.661
	转移率	12.425	29.551	12.557	1.043
	转移量比重	7.344	17.466	7.422	79.016

1998—2008 年之间,其他类型用地向橡胶林,浆纸林和天然林转化最为明显,分别为 35.646×10^4 , 13.158×10^4 , $10.224 \times 10^4 \text{hm}^2$,同时天然林向橡胶林,浆纸林和其他类型用地转化也较明显,其中向橡胶林转移达 11.901万 hm^2 ,转移率为 13.356,向其他类型用地转化达 9.452万 hm^2 。此外,橡胶林向浆纸林也有一定的转化。总体上,该监测期内,天然林呈外缘收缩,内部被置换的特点,即在以天然林核心的中部山区中的天然林转化为橡胶林,浆纸林等其他类型用地,原天然林的外部边界西南向收缩,被其他类型用地取代。而橡胶林和浆纸林则呈现像四周大面积扩展的特点。

1988—2008 年之间,天然林发生了明显转移,其中转移率为 36.949,转移比重为 62.922,向橡胶林和浆纸林转化分别为 9.682万 hm^2 和 3.834万 hm^2 ;橡胶林向浆纸林发生转移也比较明显,达 11.163万 hm^2 ;其他类

型用地向橡胶林转移达 33.534 万 hm^2 , 向天然林和浆纸林也有一定数量的转移。

总体上, 监测期内, 天然林空间上分布调整非常明显, 并呈现出一定的波动, 主要以中部山区为核心, 向橡胶林, 浆纸林和其他类型用地转化, 其中向其他类型用地转化最为明显; 橡胶林分布也呈现出一定的调整, 但是主要转向浆纸林, 浆纸林则一直呈现空间扩展状态。

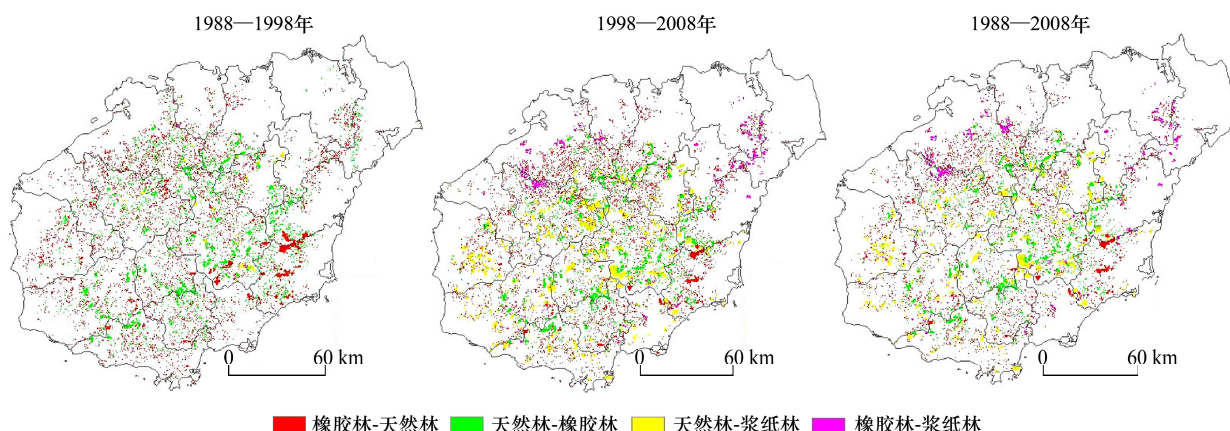


图2 天然林, 橡胶林和浆纸林之间的时空转换

Fig. 2 Temporal and spatial Transfer of natural forest, rubber plantation and pulpwoods

2.2 驱动机制分析

天然林, 橡胶林和浆纸林面积与格局变化的根本动因是人类不断增长的需求和政府有关政策驱动, 本研究将驱动机制分为外在因素和内在因素。

2.2.1 外在因素分析

(1) 人口因素

分析了 16 个市县 (考虑到保护区的影响, 去除琼中和五指山的两个县市) 农业人口数与天然林, 橡胶林和浆纸林面积的关系, 研究表明: 各县市农业人口与天然林面积呈负相关, 即农业人口数量越大的县市天然林面积越小 (图 3); 农业人口与橡胶林和浆纸林的面积之和呈正相关的关系, 但相关系数较低 ($R^2 < 0.15$)。

1988—2008 年之间人口进入了一个急剧增长的阶段, 据海南省 1988—2008 年统计年鉴, 1988 年海南全岛有人口为 627 万人, 其中农业人口占 80%; 1998 年增长达 733 万人, 其中农业人口占 74%, 人口总增长率为 17%; 2008 年人口急剧增长为 860 万人, 其中农业人口约占 68%, 相比 1998 年人口总增长率为 17%, 相比 1988 年增长率为 37%, 增速非常明显。农业人口虽然占统计的百分比呈减少的趋势, 但是总量却在稳步增加。由此可以认为, 人口较快增长势必造成粮食, 能源与资源的大量需求, 在经济利益的驱动下, 势必导致靠山吃山所产生的生态环境问题。

(2) 经济因素

对各县市第一产业 (种植业、林业、畜牧业和渔业) 总值与橡胶林和浆纸林之和做相关性分析, 结果表明: 总体上第一产业产值随着橡胶林和浆纸林面积的增加而增加, 但是从 1988—2008 年间, 二者之间的相关性 R^2 从 0.55 减少到 0.12 (图 4)。

1988 年以前经济发展相对缓慢, 农民一部分收入主要来自种植橡胶, 1998 年前后橡胶价格低迷导致农民种植的积极性不高, 橡胶林面积有了少量的减少, 但是浆纸林开始小面积种植, 所以客观上促进了天然林保护; 2008 年前后, 国家实行良种补贴, 扶贫等措施, 并且产业结构调整呈多元化趋势。

(3) 政策因素

近几十年来, 出于发展地方经济和生态系统保护双方面考虑, 中央和地方政府在 20 世纪 50 年代出台了倡导发展橡胶产业的政策, 使橡胶产业有了快速发展, 对繁荣地方经济起到一定作用; 1976 年针对大规模毁

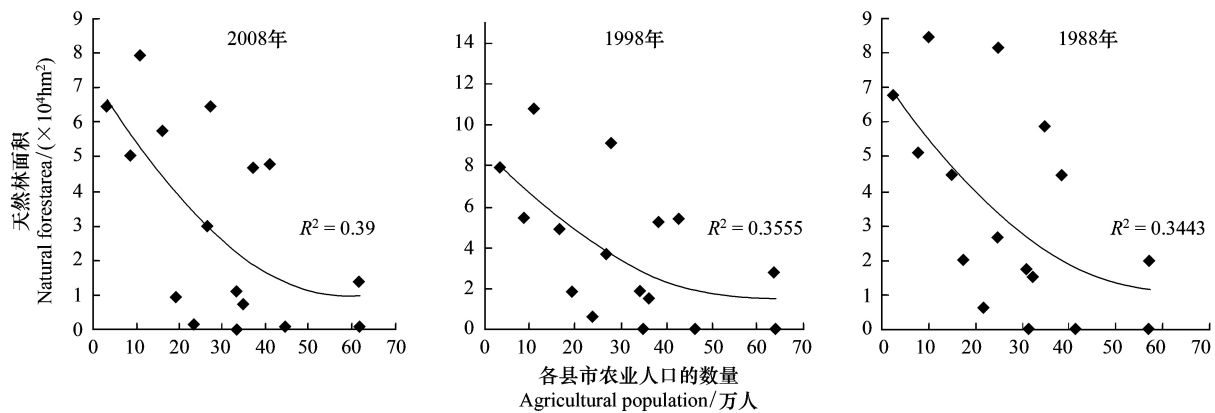


图3 各县市天然林面积与农业人口数之间的关系

Fig. 3 The relation between agricultural population and area of natural forest

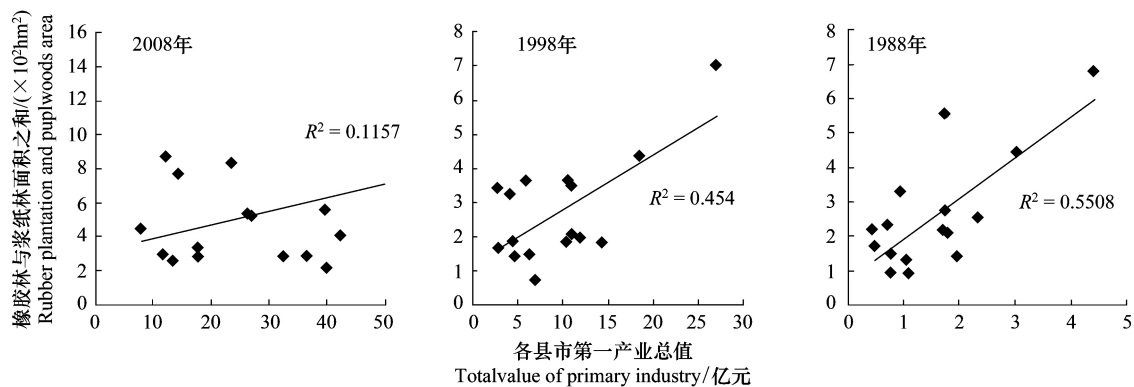


图4 各县市农业产值与橡胶林和浆纸林面积之和的关系

Fig. 4 The relation between agricultural output and area of rubber plantation and pulpwoods

林开荒的现实,开始建立天然林保护区;1980年国务院为海南制定了保护、恢复与发展并重的林业政策,建设海南岛的林业提出必须采取保护、恢复与发展并重的方针;1984年起部分地区开始封山育林;1992年成立省桉树技术推广总站,从事桉树研究和成果推广;1994年出台全面停止了天然林采伐,并决定在腹部山区不搞大规模的工业开发的政策;1998年针对长期以来我国天然林资源过度消耗而引起的生态环境恶化的现实,做出了实施天然林资源保护工程的重大决策。这些政策措施的出台一定程度上影响了不同林地的时间和空间动态特征。

2.2.2 内在因素分析

对天然林、橡胶林、浆纸林和其他类型用地变化的内在因素进行逐步回归分析。可以看出(表4):1988—1998年间受林地间距离影响的转变有:橡胶林向天然林,其他类型用地向天然林,天然林向浆纸林转变;受与道路距离影响的转变有:其他类型用地向橡胶林转变;受与农场距离影响的转变有:其他类型用地向天然林转变;受与保护区距离影响转变有:橡胶向天然林转变。受高程影响的转变有:橡胶向天然林转变和其他类型用地向天然林转变两种;受坡度影响转变有:橡胶向天然林转变。由此说明:橡胶林和其他类型用地的转变与天然林格局有关;保护区的设立对于保护天然林,促进橡胶林向天然林转变起到一定的作用;高程、坡度等地形因素是影响橡胶林、天然林和其他类型用地转化的原因之一,高程越高,坡度越大,橡胶林和其他类型用地转变为天然林的可能性越大。

1998—2008年之间,受各林地间距离影响的转变有:天然林向橡胶林,天然林向其他转变;与农场有关的距离影响的转变包括天然向橡胶林转变,其他类型用地向橡胶林转变;与道路距离有关的转变包括天然林向橡胶林转变,天然林向浆纸林转变,其他类型用地向浆纸林转变;与水系距离有关的转变包括天然向橡胶林转

变,其他类型用地向橡胶林转变。与高程有关的因素转变有天然林向浆纸林,天然林向橡胶林,天然林向其他类型用地转变。由此说明:天然林,其他类型用地向橡胶林转变与橡胶林空间格局有关;农场,道路,高程和水系是影响天然林,其他类型用地和橡胶林转化的重要因素。

表 4 1988—1998 年天然林,橡胶林,浆纸林和其他类型用地变化的内在因素逐步回归分析

Table 4 Natural forest, rubber plantation, pulpwoods and other types of land use changes in the intrinsic factor stepwise regression analysis in 1988—2008

类型转化 Transfer of type	距 1988 年各要素最近距离 The nearest distance from each element in 1988									
	天然林 Natural forest	橡胶林 Rubber plantation	浆纸林 Pulpwoods	其他 Others	农场 Farmland	道路 Road	水系 River system	保护区 Protected area	高程 Altitude	坡度 Slope
1988—天然-橡胶林	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1998 天然-浆纸林	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
天然-其他	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
橡胶-天然林	0.193	—	—	—	—	—	—	0.201	0.198	0.279
橡胶-浆纸林	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
橡胶-其他	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
其他-天然林	0.312	—	—	—	-0.299	—	—	—	0.357	—
其他-橡胶林	—	—	—	—	—	0.19	—	—	—	—
其他-浆纸林	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1998—天然-橡胶林	—	0.366	—	—	0.217	0.512	0.318	—	-0.231	—
2008 天然-浆纸林	—	—	—	—	—	0.314	—	—	-0.418	—
天然-其他	—	—	—	0.323	—	—	—	—	—	—
橡胶-天然林	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
橡胶-浆纸林	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
橡胶-其他	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
其他-天然林	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
其他-橡胶林	—	—	—	—	0.412	0.337	0.456	—	—	—
其他-浆纸林	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表中的数字为回归系数,达到 5% 显著水平

2.2.3 综合分析

天然林,橡胶林和浆纸林变化的主要外在驱动力包括人口,经济和政策因素,在三者的作用下,影响着林地的动态特征,人口的快速增长势必产生经济上的强烈需求,当天然林保护政策不能满足人们日益增长的经济需求,而又无力投入大量的人力物力用于护林时,盗伐林木现象会更加严重,毁林开垦的现象时有发生。所以,在生态补偿机制不到位,管理不到位,而民众对自然生态重要性又认识不足的情况下,橡胶林,浆纸林等人工林取代天然林成为必然。

在受外在因素的影响的同时,不同林地、水系、道路、农场、保护区的分布及高程、坡度等具有一定的关系,但是浆纸林空间分布较广且与天然林等其他类型没有明显的相关性。

3 结论与讨论

3.1 结论

综合以上研究结果,得出以下结论:

(1) 面积变化特征,天然林在 1988—1998 年面积明显增加,增加的面积占全岛总面积的 3.17%;1998—2008 年之间明显减少,减少的面积占全岛总面积的 4.11%;橡胶林在 1988—2008 年间,面积呈先小幅下降(1.9%)和后大幅度增加(10.19%)的变化特点,并且在 2008 年橡胶林总面积超过天然林总面积;浆纸林在 1988—2008 年之间则呈一直增加的趋势;

(2)空间格局变化特征,1998—2008 年这一时间段天然林、橡胶林、浆纸林和其他类型用地空间转化幅度较大,动态变化率达 1.335%。该监测期内,天然林空间范围呈外缘收缩,内部减少的特点,中部山区的很多天然林自然保护区周围被橡胶林和浆纸林所取代,自然保护区成为天然林孤岛,橡胶林和浆纸林则呈内部增加,外部扩张的特点;1988—1998 天然林转化呈内部增加,外部扩展的特征,橡胶林呈局部减少,浆纸林呈小面积扩张的变化特征。

(3)驱动力变化特征,主要的外要因素主要包括政策因素,农村人口因素和农村社会经济发展等因素,其中各县市农业人口与天然林面积呈负相关,各县市农村经济总量与橡胶林、浆纸林总面积呈正相关,但是相关系数(R^2)从 1988—2008 年之间逐步变小;同时,内在因素也在起着重要作用,内在因素主要包括自然保护区、农场、道路等分布及高程和坡度等。

3.2 讨论

综上,1988—1998 和 1998—2008 年间,海南岛天然林、橡胶林和浆纸林生态系统经历了人与自然共同作用的过程,其中,人为作用包括政策措施,农林产品价格波动,交通,生产方式等,自然作用包括地形、地势、水系、坡度、高程等,人与自然相护作用,相互耦合驱动生态系统变化。

不可否认,政策措施在其中的关键作用,1988—1998 年间天然林得到一定程度的恢复很大程度上得益于自然保护区建设,天然林保护(如天保工程)等政策,但是人口的快速增长,农林产品的市场强烈需求,加之人们对天然林保护认识不足和监管不到位,直接产生自然保护区孤岛,天然-经济林混交后取代的现象时有发生等后果。

从生态管理的角度,森林生态系统监测手段不足,生态补偿不到位,价格杠杆没有充分发挥应有的作用,执法力度不够及人们固有的靠山吃山的观念是生态恶化的根本原因,基于此,提出如下建议:

(1)加强监测和评估,遥感技术快速发展,日趋成熟,能够检测和识别不同时间的林地斑块变化,发现区域异常,同时对不同区域林地变化带来的生态环境效应进行科学评估,实时,建立动态预警机制,以便及时发现问题,及时解决;

(2)建立生态补偿机制,目前还没有建立完善的生态补偿机制,需要生态建设的大背景下,需要对全岛异构空间进行生态系统服务功能和生态健康进行综合评估,结合全国生态功能区划,亟待建立生物多样性保护,水源涵养,水土保持,营养物质维持等功能区建立生态补偿机制;

(3)改变观念,开拓就业渠道,改变人们过去固有的“靠山吃山”观念,因地制宜发展包括生态旅游,观光等有特色的多种经营,鼓励生态投资和生态保护产业;

(4)充分利用好价格杠杆,农林产品的市场价格波动是影响森林生态系统变化的主要原因之一,充分利用好价格和税收杠杆的作用,建立跨区农林产品价格域联动机制,把好从木材、橡胶等林产品种植、销售、产品生产、产品销售的各个关口;

(5)加大执法监督力度,明确县市、乡镇、行政村、组、户建立逐级责任制和奖惩制,建立逐级上报,不定期抽查和遥感评估制度,理清责、权、利之间的关系,确保快速、及时的发现问题和解决问题,把问题解决在萌芽之中。

致谢:论文中遥感数据的提供、解译和精度验证得到中国科学院生态环境研究中心的张路博士,海南省环科院的关学兵工程师的大力协助,特此致谢。

References:

- [1] Situ S J. The history of Hainan Island land development research. Haikou: Hainan People Press, 1987: 170-212.
- [2] Jin Y. Ecological Assessment and Ecological Function Regionalization of Hainan Province [D]. Beijing: Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, 2006.
- [3] Ouyang Z Y, Jin Y, Zhao T Q. Ecosystem Regulating Services and Their Valuation of Hainan Island. Journal of Resources and Ecology, 2011, 2 (2): 132-140.

- [4] Huang B R, Ouyang Z Y. Assessment of eco-environmental vulnerability of Hainan Island, China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(3): 639-646.
- [5] LI W H, Zhang B. Research on Ecosystem Services in China: Progress and Perspectives. *Journal of Natural Resources*, 2009, 24(1): 1-10.
- [6] Huang J C. Study on Sustainable Management of Tropical Forest in Hainan Island, China[D]. Beijing: Chinese Academy of Forest, 2007.
- [7] Cai Y L. Hainan Island land resources utilization condition and development direction. *Natural Resource*, 1994, 2(2): 1-7.
- [8] Zhai D L, Charles H, Cannon, J. W. Rubber and pulp plantations represent a double threat to Hainan's natural tropical forests. *Journal of Environmental Management* 2012 (96): 64-73.
- [9] Li H M, T. Mitchell Aide, Ma Y X. Demand for rubber is causing the loss of high diversity rain forest in SW China. *Biodiversity and Conservation*, 2007(16): 1731-1745.
- [10] Wang S D. Ecosystem patterns and service changes of Hainan Island[D], China. Beijing: Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, 2011.
- [11] Zhang L F, Furumi S, Murumatsu K, Fujiwara N, Daigo M, Zhang L P. A new vegetation index based on the universal pattern decomposition method. *International Journal of Remote Sensing*, 2007, 28(1): 107-124.
- [12] Zuo L J, Xu J Y. Spatial-temporal land use change and landscape response in Bohai Sea coastal zone area. *Journal of Remote Sensing*. 2011, 15(3): 604-611.
- [13] Shi P J, Gong P, Li X B. Chen J, Qi Y, Pan Y Z. Method and practice of land use / land cover. Beijing: Science Press, 2000: 36-66.
- [14] Yang S, Feng X M, Chen L D. Spatial temporal differentiation and mechanism of land use / cover change: a case study of Haidian and Yanqing Districts, Beijing. *Acta Ecologica Sinica*. 2009, 29(8): 4501-4511.
- [15] Fu B J, Chen L D, Cai Y L, Li X B. research on Bohai rim region land use change and sustainable development. Beijing: Science Press, 2004: 8-10.

参考文献:

- [1] 司徒尚纪. 海南岛历史上土地开发的研究. 海口: 海南人民出版社, 1987: 170-212.
- [2] 金羽. 海南省生态评价与生态规划研究[D]. 北京: 中国科学院生态环境研究中心, 2006.
- [6] 黄金城. 中国海南岛热带森林可持续经营研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2006.
- [7] 蔡运龙. 海南岛土地资源的利用条件与开发方向. *自然资源*, 1994, 2(2): 1-7.
- [10] 王树东. 海南岛生态系统格局与服务功能演变特征研究[D]. 北京: 中国科学院生态环境研究中心, 2011.
- [13] 史培军, 宫鹏, 李晓兵, 陈晋, 齐晔, 潘耀忠. 土地利用/覆盖变化研究的方法与实践. 北京: 科学出版社, 2000: 36-66.
- [14] 杨爽, 冯晓明, 陈利顶. 土地利用变化的时空分异特征及驱动机制——以北京海淀区, 延庆县为例. *生态学报*, 2009, 29(8): 4501-4511.
- [15] 傅伯杰, 陈利顶, 蔡运龙, 李秀斌. 环渤海地区土地利用变化及可持续利用研究. 北京: 科学出版社, 2004: 8-10.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 23 December, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Maternal thermoregulation during gestation affects the phenotype of hatchling Chinese skinks (<i>Eumeces chinensis</i>): testing the maternal manipulation hypothesis	LI Hong, ZHOU Zongshi, WU Yanqing, et al (7255)
Effects of conspecific and interspecific interference competitions on cache site selection of Siberian chipmunks (<i>Tamias sibiricus</i>)	SHEN Zhen, DONG Zhong, CAO Lingli, et al (7264)
Characterization of ammonia volatilization from polluted river under aeration conditions: a simulation study	LIU Bo, WANG Wenlin, LING Fen, et al (7270)
Diurnal activity patterns and environmental factors on behaviors of Bar-headed Geese <i>Anser indicus</i> wintering at Caohai Lake of Guizhou, China	YANG Yanfeng, ZHANG Guogang, LU Jun, et al (7280)
Impacts of snow cover change on soil water-heat processes of swamp and meadow in Permafrost Region, Qinghai-Tibetan Plateau	CHANG Juan, WANG Gengxu, GAO Yongheng, et al (7289)
Spatial-temporal changes of urban patch wetlands in Changsha, China	GONG Yingbi, JING Lei, PENG Lei, et al (7302)
Modeling of carbon and water fluxes of Qianyanzhou subtropical coniferous plantation using model-data fusion approach	REN Xiaoli, HE Honglin, LIU Min, et al (7313)
Ecological compensation standard for controlling nitrogen non-point pollution from farmland: a case study of Yixing City in Jiang Su Province	ZHANG Yin, ZHOU Yuchen, SUN Hua (7327)
Static toxicity evaluation of chemical wastewater by PFU microbial communities method	LI Zhaoxia, ZHANG Yuguo, LIANG Huixing (7336)
Emergy evaluation of an agro-circulation system in Beijing suburb: take Jianyan village as a case study	ZHOU Liandi, HU Yanxia, WANG Yazhi, et al (7346)
Research on the cooling effect of Xi'an parks in summer based on remote sensing	FENG Xiaogang, SHI Hui (7355)
The dynamics of spatial and temporal changes to forested land and key factors driving change on Hainan Island	WANG Shudong, OUYANG Zhiyun, ZHANG Cuiping, et al (7364)
Impact of different sowing dates on green water footprint of maize in western Jilin Province	QIN Lijie, JIN Yinghua, DUAN Peili (7375)
The dynamic variation of maize (<i>Setaria mays</i> L.) population growth characteristics under cultivars-intercropped on the Loess Plateau	WANG Xiaolin, ZHANG Suiqi, WANG Shuqing, et al (7383)
Effect of different planting methods on root-shoot characteristics and grain yield of summer maize under high densities	LI Zongxin, CHEN Yuanquan, WANG Qingcheng, et al (7391)
Heavy metal contaminant in development process of artificial biological Soil Crusts in sand-land	XU Jie, AO Yanqing, ZHANG Jingxia, et al (7402)
Effects of enhanced UV-B radiation and nitrogen on photosynthetic pigments and non-enzymatic protection system in leaves of foxtail millet (<i>Setaria italica</i> (L.) Beauv.)	FANG Xing, ZHONG Zhangcheng (7411)
Photosynthetic response of different ecotype of <i>Illicium lanceolatum</i> seedlings to drought stress and rewating	CAO Yonghui, ZHOU Benzhi, CHEN Shuanglin, et al (7421)
Seasonal variations in the stems of <i>Larix principis-rupprechtii</i> at the treeline of the Luya Mountains	DONG Manyu, JIANG Yuan, WANG Mingchang, et al (7430)
Influence of terrain on plant biomass estimates by remote sensing: a case study of Guangzhou City, China	SONG Weiwei, GUAN Dongsheng, WANG Gang (7440)
Effects of exponential fertilization on biomass allocation and root morphology of <i>Catalpa bungei</i> clones	WANG Lipeng, YAN Ziyi, LI Jiyue, et al (7452)
Effects of fire damages on <i>Larix gmelinii</i> radial growth at Tahe in Daxing'an Mountains, China	WANG Xiaochun, LU Yongxian (7463)
A model for water consumption by mountain jujube pear-like	XIN Xiaogui, WU Pute, WANG Youke, et al (7473)
Specificity of photosystems function change of two kinds of overwintering broadleaf evergreen plants	ZHONG Chuanfei, ZHANG Yuntao, WU Xiaoying, et al (7483)

- Effects of drought on fluorescence characteristics of photosystem II in leaves of *Ginkgo biloba* WEI Xiaodong, CHEN Guoxiang, SHI Dawei, et al (7492)
- Numerical classification and ordination of forest communities in habitat of Sichuan Snub-nosed Monkey in Hubei Shennongjia National Nature Reserve LI Guangliang, CONG Jing, LU Hui, et al (7501)
- Impact of inorganic anions on the cadmium effective fraction in soil and its phytoavailability during salinization in alkaline soils WANG Zuwei, YI Liangpeng, GAO Wenyan, et al (7512)
- Photosynthetic adaptability of the resistance ability to weak light of 2 species *Spiraea* L. LIU Huimin, MA Yanli, WANG Baichen, et al (7519)
- Fine root longevity and controlling factors in a *Phoebe Bournei* plantation ZHENG Jinxing, HUANG Jinxue, WANG Zhenzhen, et al (7532)
- Analysis on spatial structure and scenarios of carbon dioxide emissions from tourism transportation XIAO Xiao, ZHANG Jie, LU Junyu, et al (7540)
- The hydrological response to human activities in Guishui River Basin, Beijing LIU Yuming, ZHANG Jing, WU Pengfei, et al (7549)
- Socio-economic impacts of under-film drip irrigation technology and sustainable assessment: a case in the Manas River Basin, Xinjiang, China FAN Wenbo, WU Pute, MA Fengmei (7559)
- Effects of pattern and timing of high temperature exposure on the mortality and fecundity of *Aphis gossypii* Glover on cotton GAO Guizhen, LÜ Zhaozhi, XIA Deping, et al (7568)
- Physiological responses of *Eucalyptus* trees to infestation of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle WU Yaojun, CHANG Mingshan, SHENG Shuang, et al (7576)
- Carbon storage capacity of a *Betula alnoides* stand and a mixed *Betula alnoides* × *Castanopsis hystrix* stand in Southern Subtropical China: a comparison study HE Youjun, QIN Lin, LI Zhiyong, et al (7586)
- Distribution and ecological risk assessment of 7 heavy metals in urban forest soils in Changsha City FANG Xi, TANG Zhijuan, TIAN Dalun, et al (7595)
- Review and Monograph**
- The relationship between humans and the environment at the urban-rural interface: research progress and prospects HUANG Baorong, ZHANG Huizhi (7607)
- Flux footprint of carbon dioxide and vapor exchange over the terrestrial ecosystem: a review ZHANG Hui, SHEN Shuanghe, WEN Xuefa, et al (7622)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

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 32 卷 第 23 期 (2012 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 23 (December, 2012)

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:1000717	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