

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

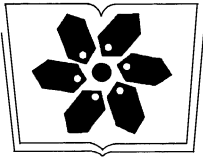
Acta Ecologica Sinica



第33卷 第6期 Vol.33 No.6 **2013**

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 33 卷 第 6 期 2013 年 3 月 (半月刊)

目 次

专论与综述

- 基于遥感技术的森林健康研究综述..... 高广磊,信忠保,丁国栋,等 (1675)
- Agent 农业土地变化模型研究进展..... 余强毅,吴文斌,杨 鹏,等 (1690)

个体与基础生态

- 辽东湾北部近海沙蜃的动态分布..... 王 彬,秦宇博,董 婧,等 (1701)
- 口虾蛄 proPO 基因全长 cDNA 的克隆与组织表达..... 刘海映,刘连为,姜玉声,等 (1713)
- 中缅树鼯头骨及下臼齿几何形态与环境的关系..... 朱万龙,贾 婷,黄春梅,等 (1721)
- 亚热带 3 种树种凋落叶厚度对其分解速率及酶活性的影响..... 季晓燕,江 洪,洪江华,等 (1731)
- 浙北地区常见绿化树种光合固碳特征..... 张 娇,施拥军,朱月清,等 (1740)
- 两种高质牧草不同生育期光合生理日变化及光响应特征..... 郭春燕,李晋川,岳建英,等 (1751)
- 基于 WOFOST 作物生长模型的冬小麦干旱影响评估技术..... 张建平,赵艳霞,王春乙,等 (1762)
- 基于线粒体 DNA 控制区的斑翅草蛉不同地理种群遗传分化研究..... 周志军,尚 娜,刘 静,等 (1770)
- 圈养尖吻蝾螈雌体大小、窝卵数和卵大小之间的关系..... 胡明行,谭群英,杨道德 (1778)
- 应用寄生蜂和不育雄虫防控田间橘小实蝇..... 郑思宁,黄居昌,叶光禄,等 (1784)
- 青蒿素对外生菌根真菌化感效应..... 李 倩,袁 玲,王明霞,等 (1791)

种群、群落和生态系统

- 海湾生态系统健康评价方法构建及在大亚湾的应用..... 李纯厚,林 琳,徐姗姗,等 (1798)
- 上升流和水团对浙江中部近海浮游动物生态类群分布的影响..... 孙鲁峰,柯 昶,徐兆礼,等 (1811)
- 半干旱区生态恢复关键生态系统识别——以内蒙古自治区和林县为例.....
..... 彭 羽,高 英,冯金朝,等 (1822)
- 太岳山油松人工林土壤呼吸对强降雨的响应..... 金冠一,赵秀海,康峰峰,等 (1832)
- 重庆酸雨区马尾松林凋落物特征及对干旱胁迫的响应..... 王轶浩,王彦辉,于澎湃,等 (1842)

景观、区域和全球生态

- 城市典型水域景观的热环境效应..... 岳文泽,徐丽华 (1852)
- 外来树种桉树引种的景观生态安全格局..... 赵筱青,和春兰 (1860)
- 基于耕地生态足迹的重庆市耕地生态承载力供需平衡研究..... 施开放,刁承泰,孙秀锋,等 (1872)
- 大气 CO₂ 浓度升高对稻田根际土壤甲烷氧化细菌丰度的影响..... 严 陈,许 静,钟文辉,等 (1881)

资源与产业生态

- 基于可变模糊识别模型的海水环境质量评价..... 柯丽娜,王权明,孙新国,等 (1889)
- 亚热带养殖海湾皱瘤海鞘生物沉积的现场研究..... 闫家国,齐占会,田梓杨,等 (1900)
- 黄土高原典型苹果园地深层土壤氮磷钾养分含量与分布特征..... 张丽娜,李 军,范 鹏,等 (1907)

旱作农田不同耕作土壤呼吸及其对水热因子的响应…………… 张丁辰,蔡典雄,代 快,等 (1916)

商洛低山丘陵区农林复合生态系统中大豆与丹参的光合生理特性…………… 彭晓邦,张硕新 (1926)

外源油菜素内酯对镉胁迫下菊芋幼苗光合作用及镉富集的调控效应…… 高会玲,刘金隆,郑青松,等 (1935)

基于侧柏液流的测定对 Granier 原始公式系数进行校正 …………… 刘庆新,孟 平,张劲松,等 (1944)

研究简报

湿地自然保护区保护价值评价方法…………… 孙 锐,崔国发,雷 霆,等 (1952)

干热河谷印楝和大叶相思人工林根系生物量及其分布特征…………… 高成杰,唐国勇,李 昆,等 (1964)

海滨沙滩单叶蔓荆对沙埋的生理响应特征…………… 周瑞莲,王 进,杨淑琴,等 (1973)

宁夏贺兰山、六盘山典型森林类型土壤主要肥力特征 …………… 姜 林,耿增超,张 雯,等 (1982)

学术争鸣

小兴安岭十种典型森林群落凋落物生物量及其动态变化…………… 侯玲玲,毛子军,孙 涛,等 (1994)

中国生态学会 2013 年学术年会征稿通知 …………… (2002)

第七届现代生态学讲座、第四届国际青年生态学者论坛通知 …………… (I)

中、美生态学会联合招聘国际期刊主编 …………… (i)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 328 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 34 * 2013-03



封面图说: 亭亭玉立的白桦树——白桦为落叶乔木,可高达 25m,胸径 50cm。其树冠呈卵圆形,树皮白色,纸状分层剥离;叶三角状、卵形或菱状卵形;花单性,雌雄同株。白桦树喜光,耐严寒,对土壤适应性强,喜酸性土,沼泽地、干燥阳坡及湿润阴坡都能生长。常与红松、落叶松、山杨、蒙古栎混生。白桦的天然更新好,生长较快,萌芽强,在人为的采伐迹地或火灾、风灾等自然损毁的迹地里,往往由白桦首先进入,为先锋树种,而形成白桦次生林。白桦分布甚广,我国大、小兴安岭及长白山均有成片纯林,在华北平原和黄土高原山区、西南山地亦为阔叶落叶林及针叶阔叶混交林中的常见树种。

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

DOI: 10.5846/stxb201210011366

赵筱青, 和春兰. 外来树种桉树引种的景观生态安全格局. 生态学报, 2013, 33(6): 1860-1871.

Zhao X Q, He C L. Landscape ecological security pattern associated with the introduction of exotic tree species *Eucalyptus*. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(6): 1860-1871.

外来树种桉树引种的景观生态安全格局

赵筱青^{1,*}, 和春兰²

(1. 云南大学资源环境与地球科学学院, 昆明 650091; 2. 云南国土资源职业学院, 昆明 650031)

摘要:以大面积桉树引种区云南省澜沧县为研究区,以自然栖息地和生物多样性的整体保护为目标,利用最小累积阻力模型开展了桉树引种的景观生态安全格局的定量研究。结果表明:(1)基于 GIS 技术和“成本距离加权”制图分析工具,将生物和景观等综合因素融入最小累积阻力模型,把“源”扩展的生态过程与景观格局结合起来,应用于桉树引种的景观生态安全格局构建中是可行的。(2)选择次生常绿阔叶林为保护“源”,地表覆盖类型、海拔、坡度、土壤质地和公路等为阻力因子,建立最小累积阻力面,识别了廊道、辐射道和战略点等生态安全格局组分;用最小累积阻力阈值划分了生态缓冲区、生态过渡区、生态边缘区、农业耕作区和居民生活区等生态功能区,并界定桉树禁止种植区和桉树可种植区,最终组合成两个方案的中级和高级景观生态安全格局。方案一,中级和高级安全水平的桉树可种植区面积分别占研究区面积的 33.48% 和 19.27%。方案二,中级和高级安全水平的桉树可种植区面积分别占研究区面积的 28.37% 和 15.17%。(3)从“源”的扩展效果、保护广度、管理成本、难易程度及生态环境和经济社会发展要求等方面评价,认为方案二的中级安全水平格局能够相对满足澜沧县对生态、经济发展的要求。研究结果为制定研究区生态安全策略提供参考。

关键词:桉树引种区;景观生态安全格局;生物多样性;最小累积阻力模型;云南澜沧县

Landscape ecological security pattern associated with the introduction of exotic tree species *Eucalyptus*

ZHAO Xiaqing^{1,*}, HE Chunlan²

1 College of Resource Environment and Earth Science, Yunnan University, Kunming 650091, Yunnan, China

2 Yunnan College of Land and Resources Vocational, Kunming 650031, Yunnan, China

Abstract: With rapid introduction of exotic trees, natural habitat loss and landscape fragmentation were aggravated in mountainous areas. Construction of landscape eco-security pattern can provide feasible option to prevent landscape fragmentation and to protect natural habitats and biodiversity. Since 2003, a large amount of exotic tree species, *Eucalyptus* has been introduced into Lancang county of Yunnan province. The *Eucalyptus* replaced the native forest, farmland, wasteland and other ecosystems, leading to serious natural habitat loss, landscape fragmentation and biodiversity threatening. In this paper, the large areas in Lancang County of Yunnan Province, where *Eucalyptus* have been extensively introduced were selected as the case study sites to examine the landscape eco-security pattern for *Eucalyptus* introduction by using the minimum cumulative resistance model. The results indicated: (1) it's feasible, based on the GIS and “cost distance weighing” mapping analysis tool, to construct the landscape eco-security pattern of *Eucalyptus* introduction by integrating the biological factors and landscape factors into minimum cumulative resistance (MCR) model and combining the “source” extended ecological process with Landscape pattern. This can be a reference approach to constructing the

基金项目:国家自然科学基金(40961031);云南省应用基础研究面上项目(2009CD022);云南大学“中青年骨干教师培养计划”项目(XT412003)资助

收稿日期:2012-10-01; 修订日期:2013-01-16

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhaoxq748@sohu.com

landscape eco-security pattern for the exotic tree introduction in other areas. (2) the components of ecological security pattern such as corridor, radiating routes and strategic point etc. indentified by the minimum cumulative resistances surface which were derived from the GIS-based and MCR model using land cover types, altitude, slope, soil texture and road etc. as resistance factors can preserve ecosystem functions in *Eucalyptus*-introduced and affect positively the species migration and diffusion in “ protection source”, which was secondary evergreen broad-leaved forest in natural habitat in this study. By using the minimum cumulative resistance threshold values, we divided the eco-buffer zone, eco-transition zone, eco-fringe zone, farming zone and residential zone for the landscape eco-security construction. We also defined the banned zone and planting zone for *Eucalyptus* plantation. The medium-security and high-security landscape eco-security patterns were developed on the basis of minimum cost but maximum ecological and economic benefit for the introduction areas in *Eucalyptus* plantation. To achieve this goal, there will be two schemes. In the first scheme, medium-security and high-security areas for *Eucalyptus* plantation account for 33.48% and 19.27% of total study areas. In the second scheme, medium-security and high-security areas for *Eucalyptus* plantation account for 28.37% and 15.17% of total study areas. (3) the second scheme of medium-security pattern could fit ecological and economic conditions of Lancang County better when compared these two schemes from the expansion effect of “source”, protection range, management cost, difficulty level, eco-environment capacity as well as economic and social development. In the second scheme, the large and small patches of protection ‘sources’ were spaced in-between, and large patches can work well for protecting the species and ecosystems better, small patches could be settled foothold to protect distributed rare species or ecological niches. As the “source” patches were small and concentrated, the fragmentation was relatively low, so the protection and management of the “source” will be less difficult and costly. There were 22 corridors and combined circular, so the connectivity among “sources” was good. There were 6 radiating routes, meaning less opportunity for “sources” expansion. There were many strategic points of native tree species for improving the integrity of the “sources”. All these results may provide some useful references for developing eco-security strategies in the study areas.

Key Words: *Eucalyptus* introduction; landscape eco-security pattern; biodiversity protection; minimum cumulative resistance (MCR) model; Lancang County of Yunnan Province

随着人口快速增长,木材需求量迅速增加,而天然林资源大幅度减少,以及森林资源总量急剧下降的严峻现实,世界很多国家、地区都在大力发展外来速生树种,以缓解木材和林产品的供需矛盾,保持经济和社会的发展,桉树就是被引种树种之一。为了提高经济收入及缓解贫困问题,云南省澜沧县 2003 年以来也在大规模引种桉树约 32524.41hm²。桉树引种引起了一系列争议和担忧,争论的焦点主要集中在桉树的生态功能方面。据报道桉树引种将使林下物种多样性减少、生物栖息地丧失、生境斑块减小和破碎化加剧,使某些乡土树种受到威胁,由其提供的生态系统服务功能减少,生物多样性遭到破坏^[1-3]。因此对桉树引种区生物栖息地和生物多样性的保护势在必行。

景观生态安全格局以景观生态学理论和方法为基础,重视生物多样性的保护,考虑生物栖息地及有关生态过程之间的关系。它由一些关键性的点、线、局部(面)或其空间组合所构成,对维护和控制景观水平生态过程起着关键性作用^[4]。景观生态安全格局认为生物的空间运动和栖息地的维护需要克服景观阻力来完成^[5-9],而最小累积阻力模型(MCR)正好可以把生物多样性、生态过程与景观格局联系起来,以此构建景观生态安全格局,达到保护生物多样性和自然栖息地的目的^[6,10-16]。

论文以自然栖息地和生物多样性的整体保护为目标,选择大面积桉树引种区云南省澜沧县为案例区,运用 GIS 空间分析技术和 MCR 模型,构建全面、包容的景观生态安全格局,为维护研究区生态系统的稳定性和保护当地生物多样性,处理好保护与发展的关系,具有重要的意义,同时研究方法和思路将为其它外来树种引种区景观生态安全格局研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

澜沧县位于云南省西南部普洱市境内,澜沧江以西,位于北纬 22°01′—23°16′,东经 99°29′—100°35′ 之间。研究区地形地貌复杂,海拔高差悬殊,海拔 580—2561m 之间,立体气候明显。主要属南亚热带山地季风气候,年均温 19.4℃,年降雨量 1634mm。植被种类随海拔高低有明显的分布差异,海拔 580—800m 之间的澜沧江湿热河谷地区为热带季雨林;海拔 800—1500m 之间的河谷盆坝、低山丘陵一带为亚热带季风常绿阔叶林和暖热性针叶林;海拔 1500—2100m 之间属半湿润常绿阔叶林和暖温性针叶林;海拔 2100m 以上是中山湿性常绿阔叶林。澜沧县承载着山区各种生物的自然生态过程,人类活动以农业生产为主,形成自然与农业共存的景观类型。

1.2 数据收集

采用的数据主要包括研究区四景 CBERS-II 卫影像图(2010 年 1 月)和 DEM(1:5 万)数据,从 DEM 数据中提取的海拔和坡度数据,普洱市国土局、林业局、环保局和水文局提供了土地覆盖数据、普洱市的林种规划图、水土流失敏感区图、基本农田保护规划图、土壤类型分布图和水系图。基于这些数据及野外 GPS 采样结果,用 ERDAS IMAGINE9.2 影像处理软件对研究区遥感影像进行处理,用 ArcGIS 软件进行判读解译。所有地理信息系统的空间数据均通过投影变换、格式转换等数据预处理,统一采用 Transverse_Mercator 投影和 WGS_1984 地理坐标系统。

1.3 研究方法

首先,基于 GIS 技术和 MCR 模型建立“源”扩展的最小累积阻力面;其次,识别景观生态安全格局组分,划分景观功能区;最后,确定桉树禁止种植区,划定桉树可种植区,建立不同安全水平的景观生态安全格局,从“源”的保护效果、保护的难易程度和社会经济发展需求等进行方案评价。

1.3.1 “源”的确定

在大多数情况下,把需要保护的物体作为“源”,可以由被保护的物种、自然栖息地构成,也可以将生物多样性相对丰富的景观斑块作为保护“源”^[17]。本文选择原生植被或天然次生植被为保护“源”。

1.3.2 阻力面的建立

阻力面反映了物种空间运动的趋势,是识别景观安全格局组分和划分景观功能区的重要依据。用最小累积阻力模型来建立阻力面,该模型考虑了源、距离和景观基面特征三个方面的因素,基本公式如下:

$$MCR = f_{\min} \sum_{j=n}^{i=m} (D_{ij} \times R_i)$$

这一公式根据 Knaapen 等人建立的模型和地理信息系统中常用的费用距离得来。其中 f 是一个未知的正函数,反映空间中任一点的最小阻力与其到所有源的距离和景观基面特征的正相关关系; D_{ij} 和 R_i 是物种从源 j 穿越某景观的基面 i 到达某一点的空间距离和阻力值^[10]。尽管函数 f 通常是未知的,但 $(D_{ij} \times R_i)$ 之累积值可以被认为物种从源到空间某一点的某一路径的相对易达性的衡量。其中从所有源到某点阻力的最小值被用来衡量该点的易达性。在 ArcGIS 中运用“成本距离加权”工具计算阻力值,最后得到的累计值是空间中任一点到源的距离相对可达性的度量。

1.3.3 “源”间廊道的识别

廊道是物种迁移的通道,是生态流之间的通道和联系途径,有利于物种在“源”间及“源”与基质间的流动,连接原生植被的廊道有利于物种扩散^[18]。在 MCR 阻力面图上,廊道就是相邻两“源”之间的阻力低谷和最容易联系的低阻力通道,用 Arcgis 最短路径确定。每两个“源”之间联系的廊道至少应该有一条,廊道的格局以环状组合形式较好。

1.3.4 辐射道的识别

辐射道是“源”向外围景观辐射的低阻力谷线。在 MCR 阻力面图上,辐射道就是以某“源”为中心向外辐

射的低阻力谷线,它们形同树枝状河流成为物种向外扩散的有效通道。识别“源”发展的辐射道,达到保护和
发展“源”的目的。

1.3.5 战略点的确定

战略点指景观中对于物种的迁移或扩散过程具有关键作用的地段,对沟通相邻“源”间联系有关键意义
的“跳板”。在 MCR 阻力面上,战略点就是以相邻“源”为中心的等阻力线的相切点,对控制生态流有至关重
要的意义。

1.3.6 景观功能区的划分

景观功能区是利用阻力面的等阻力线来确定。以 MCR 阻力面为基础,绘制阻力面中各阻力水平的格点
频率分布图。在频率分布图上,将频率发生明显转折的点称为拐点,这些拐点反映阻力值发生了较大的突变,
表明其两侧的景观异质性较大,将这些地方作为阻力变化的临界阈值,从低阻力到高阻力可划分出生态缓冲
区、生态过渡区、生态边缘区、农业耕作区、人类生产生活区等景观功能区。

1.3.7 桉树可种植区的确定

在景观功能区划分的基础上,根据桉树引种对生态安全水平的要求,一般可划分为低级安全、中级安全
和高级安全。若桉树引种在生态缓冲区,则生态处于低级安全水平;引种在生态过渡区与边缘区,生态处于中
级安全水平;引种在生态边缘区,生态处于高级安全水平。考虑桉树的生态负面影响,景观生态安全采用中、高
级安全水平。另外,考虑到生态环境保护、土地政策、人们基本生产生活以及桉树生态适宜性,确定了桉树禁
止种植区,包括生态公益林区、常绿阔叶林区,基本农田保护区、居民点及建设用地、水域、水土流失极敏感
区及桉树不适宜生长区。在生态安全水平基础上,排除桉树禁止种植区,得到桉树可种植区。

2 结果分析

2.1 景观生态安全格局组分识别

2.1.1 “源”的确定

研究区原生植被已破坏殆尽,多数为天然次生常绿阔叶林,因此论文选择天然次生常绿阔叶林为保护
“源”,次生常绿阔叶林包括季风常绿阔叶林、半湿润常绿阔叶林和中山湿性常绿阔叶林。根据保护对象的类
型和面积大小等不同,确定了两种方案的保护“源”。

第一种方案,保护“源”是面积大于 500 hm^2 的季风常绿阔叶林,总面积为 30670.64 hm^2 ,占常绿阔叶林面
积的 15.04%,占整个研究区面积的 3.51%,共有 25 个保护斑块,最小斑块面积为 639.85 hm^2 ,最大斑块面积
为 4464.18 hm^2 。季风常绿阔叶林是研究区的地带性植被,是陆地生态系统的重要组成部分,对保持水土、消
除或减轻自然灾害、保持生物多样性等多方面起着重要作用^[19]。

第二种方案,保护“源”是面积大于 1000 hm^2 的次生常绿阔叶林,总面积为 64449.15 hm^2 ,占常绿阔叶林
面积的 31.62%,占整个研究区面积的 7.83%,共有 17 个保护斑块,最小斑块面积为 1300.40 hm^2 ,最大斑块面
积为 27972.94 hm^2 。次生常绿阔叶林在涵养水源、保持水土、保护生物多样性等方面也有着重要的作用。

2.1.2 阻力面的建立

研究区属于山地地区,地形和地表覆盖类型是影响其景观分异和变化的两个基本因素,它们不仅控制着
土壤的发育、水文状况的分异,还影响水土流失的发生发展,决定景观空间分异^[20];土壤质地对于植被生长状
况以及水土流失、泥石流等灾害的发生也起着关键性的作用;公路建设改变了地质环境、阻断了地表径流、增
加了物种穿越迁徙的难度,从而阻碍了保护“源”的扩散。因此选取景观覆盖类型、海拔、坡度、土壤质地、公
路为阻力因子。

景观阻力指物种在穿越景观要素或景观类型时的难易程度,物种在不适宜生境移动时要克服较高的阻力
值。在实践中,获取不同物种穿越不同景观要素的绝对阻力值是十分困难的^[21]。论文根据专家咨询和文献
资料^[8,10,22],相对各因子内部阻力大小,划分因子相对阻力值。阻力等级越高,阻力值越小,设定 50 为最大阻
力值,当阻力值达到 50 时,阻力等级最小,保护“源”将无法穿越该景观;1 为最小阻力值,当阻力值为 1 时,阻

力等级最大,保护“源”处于最适宜生境,“源”非常容易扩散穿越基质景观。同时邀请相关研究领域的专家 27 名,采用专家打分法确定了阻力因子权重(表 1)。权重越大,说明阻力因子对“源”扩展的影响越大。

表 1 “源”发展的阻力因子及其权重

Table 1 Resistance Factors and Weight of “Sources” Development

阻力因子 Resistance Factors	因子权重/% Weight of factor	阻力分级 Resistance classification	相对阻力值 Relative resistance value	
景观覆盖类型 Landscape cover types	25	I:常绿阔叶林	1	
		II:针叶林、灌木林	5	
		III:桉树林	10	
		IV:荒草地	20	
		V:园地、耕地	30	
		VI:水域、裸地	45	
		VII:居民点及建设用地	50	
坡度 Slope/(°)	18	I:0—15	20	
		II:15—25	5	
		III:25—35	1	
		IV:>35	30	
海拔 Elevation/m	22	I:<800	20	
		II:800—1500	1	
		III:>1500	30	
公路 高等级公路 High-grade highway/m Highway	15	I:>1000	1	
		II:500—1000	20	
		III:<500	40	
		低等级公路 Low-grade highways/m	IV:>100	1
			V:0—100	10
土壤质地 Soil texture	20	I:0—0.087	1	
		II:0.087—0.156	10	
		III:0.156—0.227	20	
		IV:0.227—0.329	30	
		V:0.329—0.370	40	

用 ArcGIS9.3 软件制作 5 个阻力因子的阻力值分级图,进行加权叠加,形成两个方案的综合阻力值图。再将“源”与距离因素考虑进去,运用空间分析模块中的“成本距离加权”制图分析工具,采用最小累计阻力面模型,得到两个方案的最小累积阻力面(图 1)。最小累积阻力面反映了“源”克服各种阻力发展的相对难易程度,也表现了“源”的空间运动趋势和潜在可能性。由保护“源”向外,发展“源”所需克服的阻力逐渐增大,在耕地和居民地较集中的地带,阻力值最大,表明在耕地和居民地集中的区域,若发展保护“源”,就要以失去高产农田和居住地为代价;离保护“源”越近的区域,阻力值较小,是“源”发展的最佳区域,若引种桉树或作为人类生产生活区,将对保护“源”产生破坏性的影响。因此最小累积阻力面能为桉树引种的生态安全格局构建提供有力的依据。论文以最小累积阻力面为依据,判别“源”间廊道、辐射道、战略点及划分景观功能区(图 2)。

2.1.3 廊道的判别

廊道判别主要包括现有廊道和潜在廊道。每个保护“源”与其它任意“源”间都有一条或多条低累积阻力谷线即廊道。从生物保护的角度来说,连接度高的廊道比连接度低的廊道好,廊道越多越好^[23]。方案一判别出 12 条现有廊道(2 条为道路,10 条为河流),20 条潜在廊道(主要由林地构成);方案二判别出 8 条现有廊道(2 条为道路,6 条为河流),14 条潜在廊道(主要由林地构成)(图 2)。

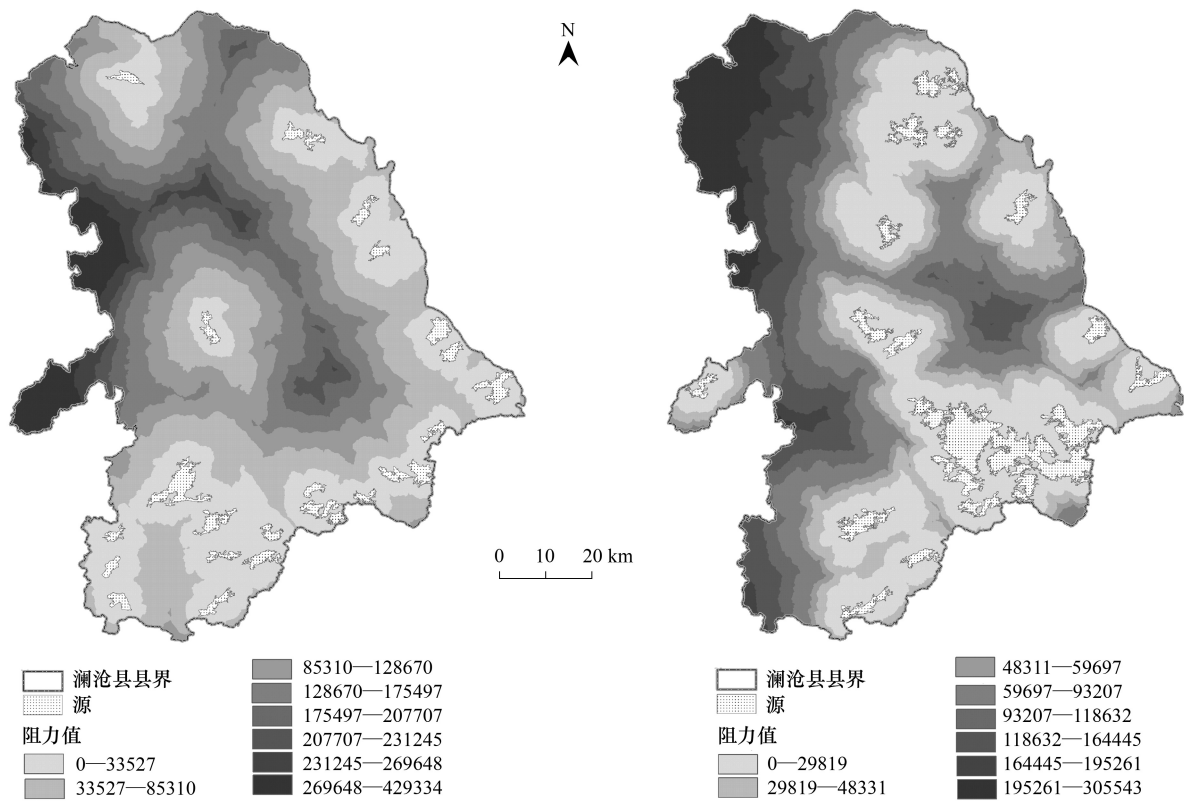


图 1 最小累积阻力面图

Fig. 1 The graph of the minimum cumulative resistance surface

现有廊道中适宜物种迁移和扩散的廊道需要进行保护,对物种迁移和扩散有阻碍作用的廊道需要进行改善,如道路构成以泥巴路或石头路为主,尽量避免建成水泥或柏油路面,在道路、河流周围种植乡土树种,以利于物种的迁移与交流;潜在廊道要尽可能建设,其构成以乡土树种为主,对那些保护“源”斑块连通性较差的地段,可将残留的自然斑块或分散的小型斑块连接起来作为廊道;几个“源”所围绕的区域间本应有多条廊道,但由于乡镇位于其间,廊道穿越乡镇在实际操作中可能性不高,故建议“源”间廊道形成外环状较为合理。

2.1.4 辐射道的判别

辐射道是保护“源”向外围景观扩散的有效途径。方案一和方案二分别判别出 11 条和 6 条辐射道(图 2),辐射道的现状构成以常绿阔叶林和针叶林为主。在建设辐射道时应该尽量采用乡土植被,避免人工设施的设置,且按“源”间景观类型线状和地形设置相应的宽度,让辐射道充分发挥生态作用。

2.1.5 战略点的判别

战略点是相邻“源”生态势力圈的相切点,是连接相邻“源”之间的潜在跳板。方案一和二分别判别出 12 和 11 个战略点(图 2),战略点的现状构成为主要为常绿阔叶林和针叶林。在战略点范围内,应尽量减少人类活动干扰,维护其生态功能的正常发挥。通过对这些景观战略点的保护或改变,可以最有效地提高景观生态系统结构功能的完整性,降低保护的代价。

2.2 景观功能区确定

根据最小累积阻力面,制作频率分布图(图 3)。通过最小累积阻力阈值划分 a1、a2、a3、a4、a5、a6、a7、a8 共 8 个区域。根据阻力值频率变化特点,划分生态安全级别和景观功能区(图 2)。

I 区:生态缓冲区 环绕“源”的周围,是“源”扩展的低阻力区。随阻力水平的增加,可扩展“源”面积急剧减少;若人类对低阻力水平区开发,又将造成发展“源”地的大面积丧失。可见,这一区域无论对开发还是保护均很敏感,既不易作为生态保护区,也不应开发为农耕地。由于该区域临近保护“源”,能维护源的生态

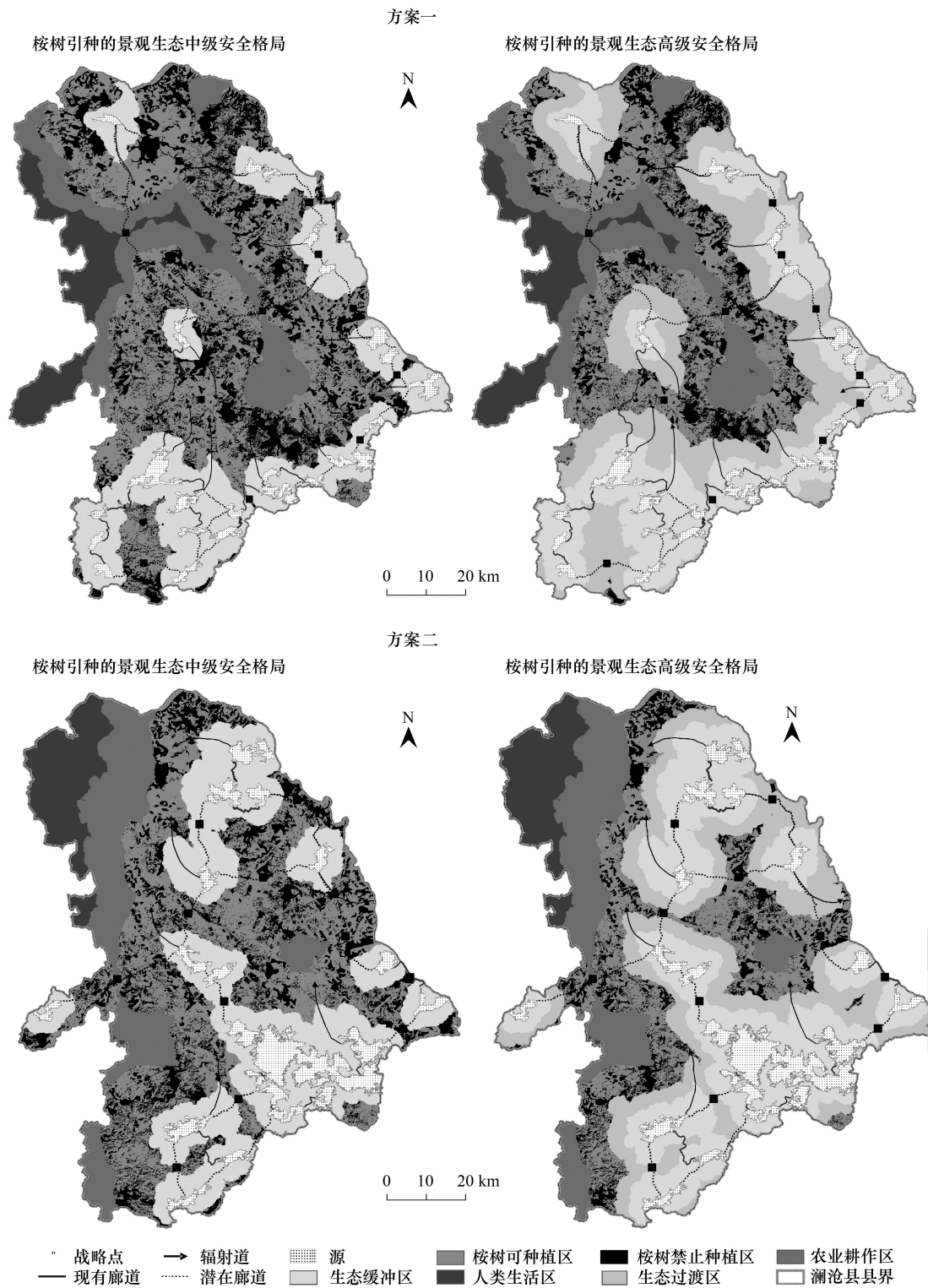


图2 按树引种的景观生态安全格局

Fig.2 Landscape ecology security pattern of *Eucalyptus* introduction regions

整体性,对维护景观的连通性起关键性作用,因而可作为生态缓冲地带。主要功能是保护“源”扩展的生态过程和自然演替,减少外界以及人为干扰。应以生态林种植为主,禁止种植人类干扰大的茶园、橡胶园和外来树种,禁止农业耕作、毁林开荒和陡坡地开垦。

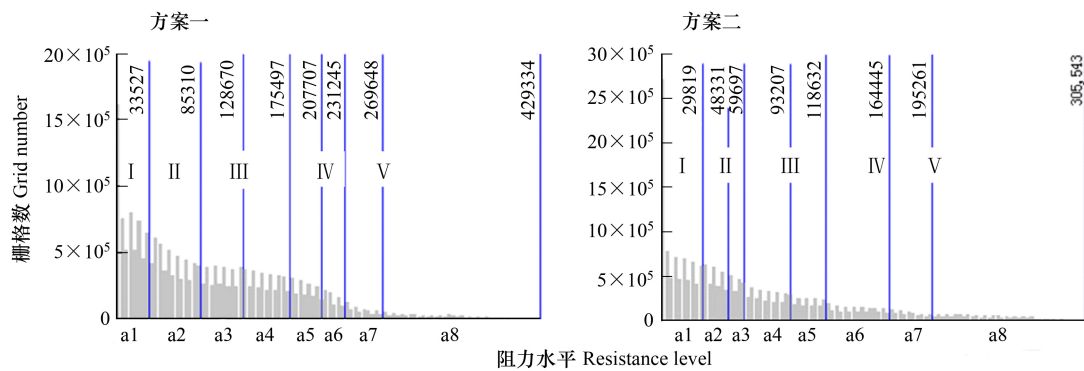


图3 最小累积阻力值频率分布图

Fig. 3 The graph of frequency distribution of the minimum cumulative resistance values

II区:生态过渡区 随着缓冲区边界向外围的扩展,频率序列的趋势未变,但已趋于缓和,表明对开发的敏感性有所降低。但景观对物种的阻力随之增加,阻力水平较高,已不太适宜“源”的发展。同时它对“源”地又起到外保护层的作用,可作为生态过渡区。该区域是各种林地类型交叉分布的区域,对于各类林地相互间物质能量的流通起着重要作用,可根据情况发展部分生态经济型和经济生态型水源保护林。

III区:生态边缘区 该区阻力值频率序列变化平和,已处于高阻力水平,对人类干扰的敏感性较低,发展“源”地的阻力较高,主要服务于人类的开发和利用。作为“源”与人类活动区的隔离带,该区可作为生态边缘区,应有计划的开发利用。在不影响“源”的连通性及保护好乡土树种的情况下,可种植有经济价值的人工林。

IV区:农业耕作区 随阻力水平的继续提高,发展林地的效率更趋减小,受人类活动的影响增大,对人类的开发不太敏感。可进行各种农作物的耕作,但须注意地形的影响,不易在较陡的坡地上耕作,坡度在 25° 以下的区域需严格保护基本农田,合理利用农业用地;坡度在 25° 以上的耕地则严格退耕还林还草,防止土壤侵蚀和土地退化。

V区:人类生产生活区 随阻力水平的继续提高,发展“源”地的效率趋于零增长,受人类活动影响最大,可作为人类生产和生活的主要用地。该区域与农业耕作区有较密切的联系,常呈交错分布,可通过改善交通条件等途径加强联系,进行基础设施和服务设施的建设,逐步实现生产、生活区的合理布局。

2.3 桉树可种植区的确定

研究结果显示,桉树引种会改变原有的生境,林下植物物种多样性发生明显改变,物种丰富度减少和多样性指数降低,林下土壤结构变差,土壤保水持水能力下降^[24-27]。但是由于桉树的速生、高产和良好的适宜性,可获得很高的经济收益和解决部分就业压力,研究区引种桉树已成事实,有必要明确桉树可种植范围。在桉树引种的中、高级安全水平范围内,排除桉树禁止种植区,就是桉树的可种植区。方案一中,基于中级和高级安全格局的桉树可种植区面积分别有 292488.76 hm^2 和 168356.27 hm^2 ,分别占研究区面积的33.48%和19.27%;方案二中,基于中级和高级安全格局的桉树可种植区面积分别有 247842.89 hm^2 和 132554.18 hm^2 ,分别占研究区面积的28.37%和15.17%。

桉树可种植区内现有景观类型包括旱地、水田、桉树林地、橡胶园地、灌木林、茶园、荒草地、裸地和针叶林,其中针叶林和旱地占研究区面积的比例最大,均占30%以上,其余景观所占比例均小于10%。但桉树林是否替代这些景观类型,还需要经过社会经济发展水平分析与评价后再作决策。

2.4 桉树引种的景观生态安全格局构建及方案评价

2.4.1 桉树引种的景观生态中级和高级安全格局构建

把已确定的方案一中的保护“源”、廊道、辐射道、战略点生态安全格局组分,及生态缓冲区、基于中级和高级安全水平的桉树可种植区、农业耕作区和人类生产生活区等五种景观功能区组合在一起,构成桉树林引

种区景观生态中级和高级生态安全格局(图2方案一)。同样方法构成方案二,桉树林引种区景观生态中级和高级生态安全格局(图2方案二)。

2.4.2 桉树引种的景观生态安全格局方案评价

两方案体现了 Forman 所倡导的景观“分散与集中”的整体设计原则;“源”作为物种保护和水源涵养的自然栖息环境;有一定数量和宽度的廊道用以连接“源”,满足物种空间运动的需要;同时在其它地方分布了一些小的自然斑块“源”和廊道,以提高景观的异质性。在保护区内,较高生态价值的景观单元受到保护,而在生产区内,经济价值较高的单元类型,如耕地、居民点景观占据主导地位。两种方案各有特点见表2。

表2 桉树林景观生态安全格局特点

Table 2 Landscape ecology security pattern characteristics of *Eucalyptus*

方案 Scheme	源 Source			廊道 Corridors		辐射道 Radiating routes	战略点 Strategic points		桉树可种植 区面积占研究 区面积比 Percentages
	斑块数目	构成	特点	分类及 数目	构成		格局	数目	
方案一 First scheme	25	面积大于 500 hm ² 的 季风常绿 阔叶林	斑块面积较 小,数量多, 分布广,散 布不均匀	潜在廊 道 20 条 现有廊 道 12 条	以林地为主 道路和水系	环状式组合	11	12	常绿阔叶林 和针叶林 中级安全格 局:33.48% 高级安全格 局:19.27%
方案二 Second scheme	17	面积大于 1000 hm ² 的 常绿阔叶林	斑块面积大 小相间,数 量少,相对 集中	潜在廊 道 14 条 现有廊 道 8 条	以林地为主 道路和水系	环状式组合	6	11	常绿阔叶林 和针叶林 中级安全格 局: 28.37% 高级安全格 局: 15.17%

构成 Compose;特点 Feature;分类及数目 Classification and number;格局 Pattern

方案一保护“源”由季风常绿阔叶林构成,斑块小,数量多,分布广,保护管理的难度较大,成本高。由于受人类干扰,源斑块较破碎,小型斑块可以保护分散的稀有种类或小生境,但是管理成本较高。如果斑块继续破碎化,森林内部生存的灰边缘种很可能消失或呈集合种群分布^[28]。为了生态系统稳定持续发展及生物多样性的保护,对破碎斑块的保护刻不容缓;源间有 32 条廊道连接且成环状式组合,源间连通性最好,但是“源”位于人类活动频繁区域,人类干扰大,“源”不容易发展连片;有 11 条辐射道,“源”发展的机会多;有由乡土树种构成的多个战略点,提高“源”完整性的关键部位最多,人类付出的经济代价小。中级和高级安全格局中,桉树可种植区面积占研究区面积的 33.48% 和 19.27%。

方案二保护“源”由常绿阔叶林构成,斑块大小相间,数量较少,分布相对集中,“源”的保护管理难度最小,成本低。源斑块破碎程度相对较低。大型斑块有多种重要的生态功能,能较好的保护物种和生态系统,小型斑块可作为物种定居的立足点,保护分散的稀有种类或小生境。廊道数量 22 条相对较少,也呈环状式组合,源间连通性较好,“源”发展难度较低;有 6 条辐射道,“源”发展的机会相对较少;有由乡土树种构成的多个战略点,提高“源”完整性的关键部位最多,人类付出的经济代价小。中级和高级安全格局中,桉树可种植区面积仅占研究区面积的 28.37% 和 15.17%,比例较小。

针对澜沧县的实际情况,澜沧县是一个以自然生态系统为主的区域,当地常绿阔叶林的保留比较重要,不能大规模连片发展外来树种桉树。因此认为方案二的中级安全水平较适合,它能够较好地保护和发展常绿阔叶林,使桉树的引种对生态环境的影响最小。

3 讨论与结论

3.1 讨论

(1) 景观生态安全格局的综合探讨

生态安全格局构建的方法有多种^[4,7-8,12,15],相对于其他方法,论文采用的 MCR 模型能把“源”扩展的生态过程与景观格局结合起来,对当地物种保护更客观与科学。但该模型只考虑了“源”的位置、空间距离和景观

基面特征,其它诸如“源”本身的结构和组成,人文驱动力因素等都有可能影响阻力面的生成。无论如何,该模型对以维护生物安全为目的的研究思路与研究方法是值得借鉴的。尽管论文只讨论了外来树种引种下常绿阔叶林的扩展及其保护的安全格局,方法同样适用于森林生态恢复与生物多样性保护的生态安全格局研究中。

(2) 阻力因子、阻力值及阻力阈值的确定得探讨

本文仅以生物多样性和自然栖息地的整体保护为目标,只选取地表覆盖类型、海拔、坡度、公路及土壤质地 5 个阻力因子,其他因子未加考虑,但土壤、人为干扰等方面也必然对“源”的扩展有较大影响,随着资料的逐渐完备、相关研究理论的深入及技术的更新,将会有更为精确可靠的结果。

很多学者对阻力值进行过分析和讨论^[6,29-30],阻力值能够反映出保护“源”对异质景观的扩散倾向,然而阻力值的赋予往往依赖于专家经验或感观认识,带有一定的主观性。“源”在不同环境中的扩展能力存在差异,即使在相同环境中,个体之间也会有所差异。因此,基于野外试验,调查“源”在景观中的扩展过程,是进行客观、合理设置阻力值的主要手段,也是今后最小累积阻力模型应用的研究方向。

确定相对准确的最小累积阻力阈值是正确划分景观功能区的依据。阈值是联系阻力值变化和保护源的纽带,通过量化阈值的确定,可以确定能够为“源”的保护和扩展提供较稳定的、符合生态安全格局的保护景观。本文从统计学角度划分相对阈值,虽然可以划分出不同的生态格局,但并不能明确每种生态格局的含义和特征,但是研究思路和操作框架还是值得推广到相关研究区中去。

(3) 探讨性地推广运用研究结果

利用景观生态安全格局理论所构建的生态安全格局等级是一种潜在的安全格局状态,推广运用时需要更复杂或更简单的 MCR 模型,“源”和阻力因子的选择要根据研究目标和研究区具体条件进一步探讨。

3.2 结论

(1) 基于 GIS 空间分析技术和“成本距离加权”制图分析工具,将生物和景观等综合因素融入 MCR 模型,把“源”扩展的生态过程与景观格局结合起来,应用在桉树引种的景观生态安全格局构建中是可行的,可以得到比较符合实际的结果。

(2) 以次生常绿阔叶林为保护“源”,选取景观覆盖类型、海拔、坡度、土壤质地、公路 5 个阻力因子,并对其赋值;基于 MCR 模型建立最小累积阻力面,构建了对生态系统整体生态功能起维护作用、对保护“源”的扩展具有关键作用的廊道、辐射道和战略点;根据最小累积阻力阈值,划分出有利于生态安全的生态缓冲区、生态过渡区、生态边缘区、农业耕作区和人类生活区等六类景观功能区,缓解了保护与发展的矛盾。方案一中,中级和高级安全水平的桉树可种植区面积分别占研究区面积的 33.48% 和 19.27%。方案二中,中级和高级安全水平的桉树可种植区面积分别占研究区面积的 28.37% 和 15.17%。

(3) 两种方案在“源”的完整性、“源”扩展迁移的难易程度,以及保护生态系统应付出的经济代价及管理的难易程度等方面存在差异。根据澜沧县的实际情况,方案二的中级安全水平能够相对满足澜沧县对生态恢复和经济发展的要求。

References:

- [1] Islam K R, Kamaluddin, M, Bhuiyan, M K, Badruddin, A. Comparative performance of exotic and indigenous forest species for tropical semievergreen degraded forest land reforestation in Chittagong. Bangladesh. *Land Degradation & Development*, 1999, 10:241-249.
- [2] Foroughbakhch F, Hauad L A, Cespedes A E, Ponce E E, Gonzalez N. Evaluation of 15 indigenous and introduced species for reforestation and agroforestry in northeastern Mexico. *Agroforest System*, 2001, 5(1):213-221.
- [3] Sangha K K, Jalota R K. Value of ecological services of exotic Eucalyptus tereticornis and Native Dalbergia sissoo Tree Plantations of North-Western India. *Conservation and Society* 3, 2005.
- [4] Guan W B, Xie C H, Ma K M, Niu J Z, Zhao Y T, Wang X L. A vital method for constructing regional ecological security pattern: landscape ecological restoration and rehabilitation. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(1):64-73.
- [5] Xiao D N, Xie F J, Wei J B. Regional ecological construction and mission of landscape ecology. *Chinese Journal of Applied Ecology*. 2004, 15

- (10):1731-1736.
- [6] Yu K J. Landscape ecological security patterns in biological conservation. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(9), 8-15.
- [7] Zhang Y H, Yu C Q, Tashpolat T, Zhang Z L. Methodology for Constructing the Landscape Ecological Security Pattern in Scenic Area—A Case study in the Scenic Area in the Miaofeng Mountain, Beijing. *Arid Zone Research*, 2008, 25(3):420-425.
- [8] Zhao X Q, Wang H B, Yang S H, Xu X Y. GIS-based ecological optimization of spatial patterns of land resources. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(9):4892-4901.
- [9] Li S, Shi T M, Fu S L, Zhou L, Liu M, Wang W. Landscape ecological security pattern during urban expansion of Nanchong City. *The Journal of Applied Ecology*, 2011, 22(3):734-740.
- [10] Knaapen J P, Scheffer M and Harms B. Estimating habitat isolation in landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 1992, 23:1-16.
- [11] Foltete J C, Berthier K, Cosson J F. Cost distance defined by a topological function of landscape. *Ecological Modelling*, 2008, 210:104-114.
- [12] Zhao X Q. A Study on the landscape ecological security pattern of exotic tree species introduction — to Com. *Eucalyptus Urophylla* introduced in LanCang county Yunnan province as an example[D]. Kunming: Yunnan University, 2008.
- [13] Li, H L, Li D H, Li T, Qiao Q, Yang J, Zhang H M. Application of least-cost path model to identify a giant panda dispersal corridor network after the Wenchuan earthquake—Case study of Wolong Nature Reserve in China. *Ecological Modelling*, 2010, 221:944-952.
- [14] Hu W S, Wang S S, Li D H. Biological conservation security patterns plan in Beijing based on the focal species approach. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(16):4266-4276.
- [15] Gong J Z, Xia B C, Chen J F, Lin M Z. Dynamic analysis of the Guangzhou landscape eco-security pattern based on 3S technology. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(9):4323-4333.
- [16] Liu Y, Gao C G, Li J X. Construction of Landscape Ecological Security Patterns of Yunlong Reservoir Water Resource Reserve. *Forest Inventory and Planning*, 2011, 36(6):105-108.
- [17] Wu C G, Zhou Z X, Wang P C, Xiao W F, Teng M F, Peng L. Evaluation of landscape connectivity based on least-cost model. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(8):2042-2048.
- [18] Kupfer J A, Malanson G P. Structure and compositing of a riparian forest edge. *Physical Geography*, 1993, 22(14):154-170.
- [19] Zhao L F. Simulate of the natural plant community, recover zonal vegetation. *Beijing Landscape*, 2005, 21(73):15-18.
- [20] Zhang H Y, Wan J. A practical approach of ecological optimizing of mountain landscape based on GIS. *Research of Soil and Water Conservation* 1999, 6(4):69-74.
- [21] Odette L, Sutcliffe, Vegar Bakkestuen, Gary Fry. Modelling the benefits of farmland restoration; methodology and application to butterfly movement. *Landscape and Urban plan*. 2003, (63):15-31.
- [22] Wang Y, Gong H L, Li X J. Analysis of the Culture Landscape Accessibility Based on Minimum Cumulative Resistance Model. *Geospatial Information*, 2007, 5(4):45-47.
- [23] Xiao D N, Li D H. *Landscape Ecology*. Science Press, Beijing. 2003.
- [24] Nsabimana D, Haynes R. J & Wallis F M. Size, activity and catabolic diversity of soil microbial biomass as affected by land use. *Applied Soil Ecology*, 2004, 22(26):81-92.
- [25] Zhao Y H. Study on Community Structure and Species Diversity of Undergrowth Vegetation in Industrial Plantation of *Eucalyptus Grandis* × *E. urophylla*[D]. China's forestry science research institute: Beijing, 2008.
- [26] Ping L, Xie Z Q. Effects of introducing *Eucalyptus* on indigenous biodiversity. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(7):1764-1774.
- [27] Li L. Study on soil ecological effects of different land use in red soil hilly region of Southen China[D]. Beijing Forestry University, Beijing, China, 2010.
- [28] Deng W H, Gao W. Comparison of bird species richness and individual abundance among different forest edges. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(11):2804-2810.
- [29] Ferreras P. Landscape structure and asymmetrical inter-patch connectivity in a metapopulation of the endangered Iberian lynx. *Biol. Cons.*, 2001, 12(100):125-136.
- [30] Chen W B, Sun H F, Xiao D N. A preliminary study on resistance model of forest hydrological ability security. *Acta Agriculture Universityis Jiangxiensis*, 2004, 6(3):386-389.

参考文献:

- [4] 关文彬, 谢春华, 马克明, 牛健植, 赵玉涛, 汪西林. 景观生态恢复与重建是区域生态安全格局构建的关键途径. *生态学报*, 2003, 23(1):64-73.
- [5] 肖笃宁, 解伏菊, 魏建兵. 区域生态建设与景观生态学的使命. *应用生态学报*, 2004, 15(10):1731-1736.

- [6] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全格局. 生态学报, 1999, 19(1): 8-15.
- [7] 张玉虎, 于长青, 塔西甫拉提·特依拜, 张自力. 风景区生态安全格局构建方法研究——以北京妙峰山风景区为例. 干旱区研究, 2008, 25(3): 420-426.
- [8] 赵筱青, 王海波, 杨树华, 徐晓雅. 基于 GIS 支持下的土地资源空间格局生态优化. 生态学报, 2009, 29(9): 4892-4901
- [9] 李绥, 石铁矛, 付士磊, 周乐, 刘森, 王炜. 南充城市扩展中的景观生态安全格局. 应用生态学报, 2011, 22(3): 734-740.
- [12] 赵筱青. 外来树种引种的景观生态安全格局研究——以尾叶桉类林在云南省澜沧县引种为例[D]. 昆明: 云南大学, 2008.
- [14] 胡望舒, 王思思, 李迪华. 基于焦点物种的北京市生物保护安全格局规划. 生态学报, 2010, 30(16): 4266-4276.
- [15] 龚建周, 夏北成, 陈健飞, 林媚珍. 基于 3S 技术的广州市生态安全景观格局分析. 生态学报, 2008, 28(9): 4323-4333.
- [16] 刘扬, 高成广, 李健禧. 云龙水库水源保护区景观生态安全格局构建. 林业调查规划, 2011, 36(6): 105-108.
- [17] 吴昌广, 周志翔, 王鹏程, 肖文发, 滕明君, 彭丽. 基于最小费用模型的景观连接度评价. 应用生态学报, 2009, 20(8): 2042-2048.
- [19] 赵黎芳. 模拟自然植物群落恢复地带性植被. 北京园林, 2005, 21(73): 15-18
- [20] 张惠远, 万军. GIS 支持下的山地景观生态优化途径. 水土保持研究, 1999, 6(4): 69-74.
- [22] 王瑶, 宫辉力, 李小娟. 基于最小累计模型的景观通达性分析. 地理空间信息, 2007, 5(4): 45-47.
- [23] 肖笃宁, 李迪华. 景观生态学. 北京: 科学出版社, 2003.
- [25] 赵一鹤. 巨尾桉工业原料林群落结构与林下植物物种多样性研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2008.
- [26] 平亮, 谢宗强. 引种桉树对本地生物多样性的影响. 应用生态学报, 2009, 20(7): 1765-1774.
- [27] 李灵. 南方丘陵区不同土地利用的土壤生态效应研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2010.
- [28] 邓文红, 高玮. 次生林不同类型森林边缘的鸟类物种丰富度及个体多度比较. 生态学报, 2005, 25(11): 2804-2810.
- [30] 陈文波, 孙海放, 肖笃宁. 森林水文功能安全阻力方面模型初探. 江西农业大学学报, 2004, 26(3): 386-389.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 6 March, 2013 (Semimonthly)
CONTENTS

Review and Monograph

- Forest health studies based on remote sensing: a review GAO Guanglei, XIN Zhongbao, DING Guodong, et al (1675)
Progress of agent-based agricultural land change modeling: a review YU Qiangyi, WU Wenbin, YANG Peng, et al (1690)

Autecology & Fundamentals

- Dynamic distribution of *Nemopilema nomurai* in inshore waters of the northern Liaodong Bay, Bohai Sea
..... WANG Bin, QIN Yubo, DONG Jing, et al (1701)
Full length cDNA cloning and tissue expression of prophenoloxidase from *Oratosquilla oratoria*
..... LIU Haiying, LIU Lianwei, JIANG Yusheng, et al (1713)
Morphometrics investigation of the skulls, mandibles and molar in *Tupaia belangeri* from Yunnan, Guizhou, Guangxi
..... ZHU Wanlong, JIA Ting, HUANG Chunmei, et al (1721)
Effects of litter thickness on leaf litter decomposition and enzyme activity of three trees in the subtropical forests
..... JI Xiaoyan, JIANG Hong, HONG Jianghua, et al (1731)
The photosynthetic carbon fixation characteristics of common tree species in northern Zhejiang
..... ZHANG Jiao, SHI Yongjun, ZHU Yueqing, et al (1740)
Diurnal changes in the photosynthetic characteristics of two high yield and high quality grasses during different stages of growth
and their response to changes in light intensity GUO Chunyan, LI Jinchuan, YUE Jianying, et al (1751)
Evaluation technology on drought disaster to yields of winter wheat based on WOFOST crop growth model
..... ZHANG Jianping, ZHAO Yanxia, WANG Chunyi, et al (1762)
Genetic diversity of *Conocephalus maculatus* of different geographic populations based on mitochondrial DNA control region analysis ...
..... ZHOU Zhijun, SHANG Na, LIU Jing, et al (1770)
Relationships among female body size, clutch size, and egg size in captive *Deinagkistrodon acutus*
..... HU Minghang, TAN Quanying, YANG Daode (1778)
The field control of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) with parasitoid and sterile male
..... ZHENG Sining, HUANG Juchang, YE Guanglu, et al (1784)
Allelopathic effects of artemisinin on ectomycorrhizal fungi LI Qian, YUAN Ling, WANG Mingxia, et al (1791)

Population, Community and Ecosystem

- Establishment of integrated methodology for bay ecosystem health assessment and its application in Daya Bay
..... LI Chunhou, LIN Lin, XU Shannan, et al (1798)
The influence of upwelling and water mass on the ecological group distribution of zooplankton in Zhejiang coastal waters
..... SUN Lufeng, KE Chang, XU Zhaoli, et al (1811)
Identification of key ecosystem for ecological restoration in semi-arid areas: a case study in Helin County, Inner Mongolia
..... PENG Yu, GAO Ying, FENG Jinzhao, et al (1822)
The great rainfall effect on soil respiration of *Pinus tabulaeformis* plantation in Taiyue Mountain
..... JIN Guanyi, ZHAO Xiuhai, KANG Fengfeng, et al (1832)
The litter-fall characteristics and their response to drought stress in the Masson pins forests damaged by acid rain at Chongqing,
China WANG Yihao, WANG Yanhui, YU Pengtao, et al (1842)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Thermal environment effect of urban water landscape YUE Wenze, XU Lihua (1852)
Landscape ecological security pattern associated with the introduction of exotic tree species *Eucalyptus*
..... ZHAO Xiaoqing, HE Chunlan (1860)
Ecological balance between supply and demand in Chongqing City based on cultivated land ecological footprint method
..... SHI Kaifang, DIAO Chengtai, SUN Xiufeng, et al (1872)
Effect of elevated CO₂ on methanotrophs in the rhizosphere of rice plant YAN Chen, XU Jing, ZHONG Wenhui, et al (1881)

Resource and Industrial Ecology

- The seawater environment quality evaluation research base on variable fuzzy pattern recognition model KE Lina, WANG Quanming, SUN Xinguo, et al (1889)
- An in situ* study on biodeposition of ascidian (*Styela plicata*) in a subtropical aquaculture bay, southern China YAN Jiaguo, QI Zhanhui, TIAN Ziyang, et al (1900)
- Distribution of soil NPK nutrient content in deep soil profile of typical apple orchards on the Loess Plateau ZHANG Lina, LI Jun, FAN Peng, et al (1907)
- Soil respiration and its responses to soil moisture and temperature under different tillage systems in dryland maize fields ZHANG Dingchen, CAI Dianxiong, DAI Kuai, et al (1916)
- Photosynthetic characteristics of soybean and salvia in an agroforestry system in the Hilly Region, Shangluo, China PENG Xiaobang, ZHANG Shuoxin (1926)
- Regulation of exogenous brassinosteroid on growth and photosynthesis of *Helianthus tuberosus* seedlings and cadmium biological enrichment under cadmium stress GAO Huiling, LIU Jinlong, ZHENG Qingsong, et al (1935)
- Calibration coefficients of Granier original formula based on sap flow of *Platycladus orientalis* LIU Qingxin, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (1944)

Research Notes

- An evaluation index system classifying the conservation value of wetland nature reserves based on AHP SUN Rui, CUI Guofa, LEI Ting, et al (1952)
- Root biomass and its distribution of *Azadirachta indica* and *Acacia auriculiformis* plantations in the Dry-hot Valley GAO Chengjie, TANG Guoyong, LI Kun, et al (1964)
- Physiological response of *Vitex trifolia* to sand burial in the sand coast ... ZHOU Ruilian, WANG Jin, YANG Shuqin, et al (1973)
- Soil fertility under different forest types in the Helan and Liupan Mountain ranges of Ningxia Province JIANG Lin, GENG Zengchao, ZHANG Wen, et al (1982)

Opinions

- Dynamic of litterfall in ten typical community types of Xiaoxing'an Mountain, China HOU Lingling, MAO Zijun, SUN Tao, et al (1994)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于1981年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索自然奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的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;新书评价和学术、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)

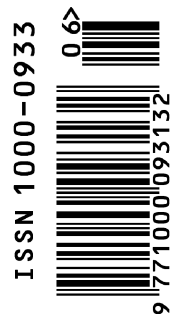
第33卷 第6期 (2013年3月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 6 (March, 2013)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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: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@espg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@espg.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 90.00 元