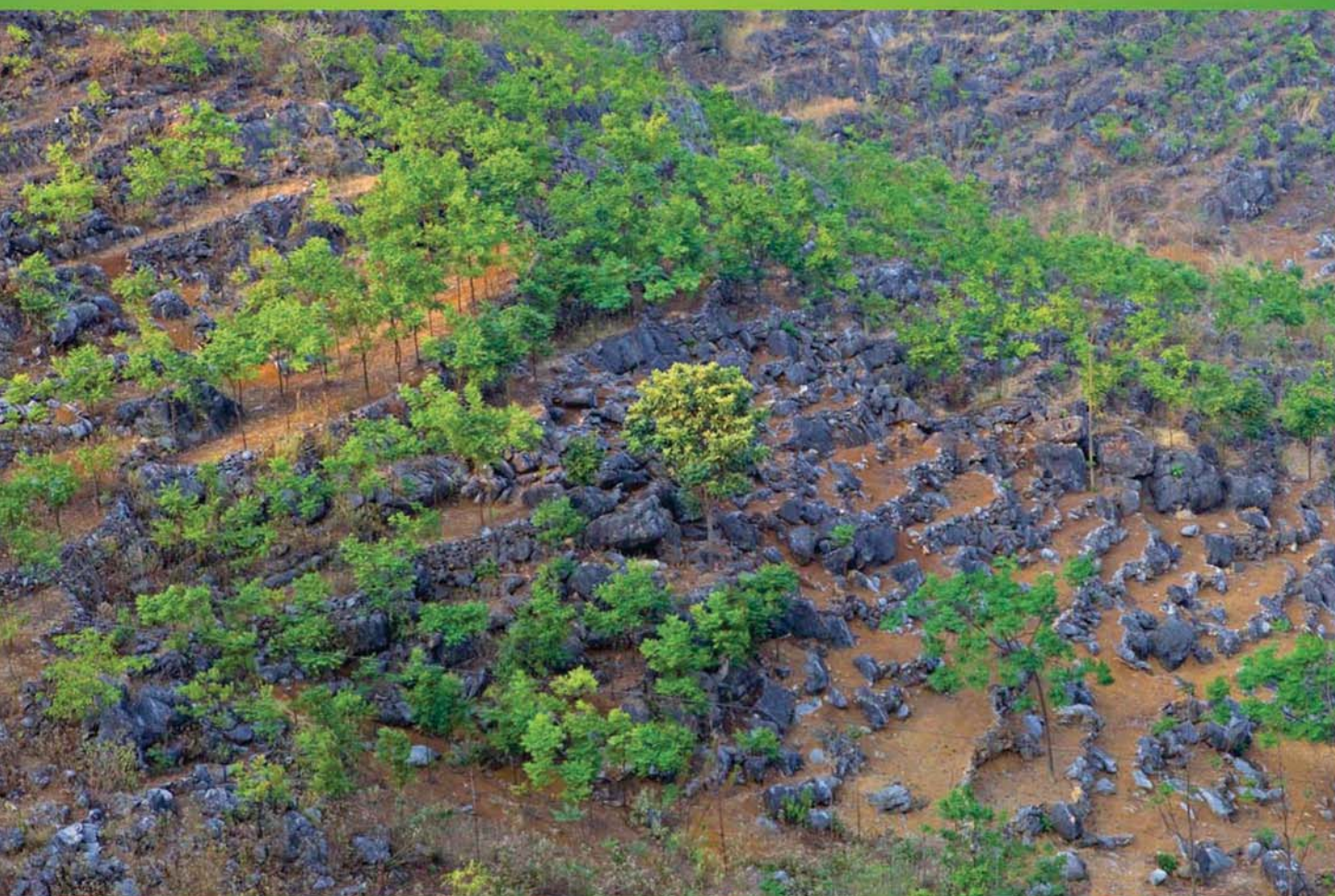


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

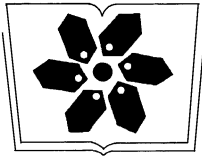
Acta Ecologica Sinica



第33卷 第15期 Vol.33 No.15 **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 15 期 2013 年 8 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 红树林生态系统遥感监测研究进展..... 孙永光,赵冬至,郭文永,等 (4523)
- 基于能值分析方法的都市代谢过程研究——理论与方法 刘耕源,杨志峰,陈 彬 (4539)
- 关于生态文明建设与评价的理论思考 赵景柱 (4552)

个体与基础生态

- 长江口及邻近海域秋冬季小型底栖动物类群组成与分布..... 于婷婷,徐奎栋 (4556)
- 灌河口邻近海域春季浮游植物的生态分布及其营养盐限制..... 方 涛,贺心然,冯志华,等 (4567)
- 春季海南岛近岸海域尿素与浮游生物的脲酶活性..... 黄凯旋,张云,欧林坚,等 (4575)
- 模拟酸雨对蒙古栎幼苗生长和根系伤流量的影响..... 梁晓琴,刘 建,丁文娟,等 (4583)
- 有机酸类化感物质对甜瓜的化感效应..... 张志忠,孙志浩,陈文辉,等 (4591)
- 稻田土壤氧化态有机碳组分变化及其与甲烷排放的关联性..... 吴家梅,纪雄辉,霍莲杰,等 (4599)
- 双氰胺单次配施和连续配施的土壤氮素形态和蔬菜硝酸盐累积变化..... 王煌平,张 青,翁伯琦,等 (4608)
- 不同类型土壤中分枝杆菌噬菌体分离率的比较..... 徐凤宇,苏胜兵,马红霞,等 (4616)
- 模拟酸雨对小麦产量及籽粒蛋白质和淀粉含量及组分的影响 卞雅姣,黄 洁,孙其松,等 (4623)
- 麻花秦艽种子休眠机理及其破除方法 李兵兵,魏小红,徐 严 (4631)
- 4 种金色叶树木对 SO_2 胁迫的生理响应 种培芳,苏世平 (4639)
- 硫丹及其主要代谢产物对紫色土中酶活性的影响..... 熊佰炼,张进忠,代 娟,等 (4649)

种群、群落和生态系统

- 群落水平食物网能流季节演替特征..... 徐 军,周 琼,温周瑞,等 (4658)
- 千岛湖岛屿社鼠的种群数量动态特征..... 张 旭,鲍毅新,刘 军,等 (4665)
- 黄土丘陵沟壑区不同植被区土壤生态化学计量特征..... 朱秋莲,邢肖毅,张 宏,等 (4674)
- 青藏高原高寒草甸退化与人工恢复过程中植物群落的繁殖适应对策..... 李媛媛,董世魁,朱 磊,等 (4683)
- 杉木人工林土壤质量演变过程中土壤微生物群落结构变化..... 刘 丽,徐明恺,汪思龙,等 (4692)
- 不同玉米品种(系)对玉米蚜生长发育和种群增长的影响 赵 曼,郭线茹,李为争,等 (4707)
- 伏牛山自然保护区森林冠层结构对林下植被特征的影响..... 卢训令,丁圣彦,游 莉,等 (4715)
- 内蒙古武川县农田退耕还草对粪金龟子群落的影响 刘 伟,门丽娜,刘新民 (4724)
- 铜和营养缺失对海州香薷两个种群生长、耐性及矿质营养吸收的差异影响 柯文山,陈世俭,熊治廷,等 (4737)
- 新疆喀纳斯国家自然保护区植被叶面积指数观测与遥感估算..... 咎 梅,李登秋,居为民,等 (4744)

景观、区域和全球生态

基于 LUCC 的生态系统服务空间化研究——以张掖市甘州区为例 梁友嘉,徐中民,钟方雷,等 (4758)

人工管理和自然驱动下盐城海滨湿地互花米草沼泽演变及空间差异 张华兵,刘红玉,侯明行 (4767)

基于 PCA 的滇西北高原纳帕海湿地退化过程分析及其评价 尚 文,杨永兴,韩大勇 (4776)

基于遥感和地理信息系统的图们江地区生态安全评价..... 南 颖,吉 喆,冯恒栋,等 (4790)

呼中林区森林景观的历史变域模拟及评价..... 吴志丰,李月辉,布仁仓,等 (4799)

降水时间对内蒙古温带草原地上净初级生产力的影响..... 郭 群,胡中民,李轩然,等 (4808)

研究简报

我国中东部不同气候带成熟林凋落物生产和分解及其与环境因子的关系.....

..... 王健健,王永吉,来利明,等 (4818)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 304 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 32 * 2013-08



封面图说:石质山区的退耕还林——桂西北地区是我国喀斯特集中分布的地区之一,这里的石漠化不仅造成土地退化、土壤资源逐步消失、干旱缺水和土地生产力下降,而且还导致生态系统退化和植被消亡。桂西北严重的地质生态环境问题,威胁着当地居民的基本生存,严重制约了当地社会经济的发展。增加植被覆盖是防治石漠化的重要举措。随着国家退耕还林、生态移民等治理措施的实施,区域植被碳密度显著增加,生态环境有所好转。图为喀斯特地区农民见缝插针用来耕种的鸡窝地(指小、碎、分散的土地),已经退耕还林了。

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/stxb201205080674

吴志丰, 李月辉, 布仁仓, 熊在平, 常禹, 陈宏伟, 胡远满. 呼中林区森林景观的历史变域模拟及评价. 生态学报, 2013, 33(15): 4799-4807.

Wu Z F, Li Y H, Bu R C, Xiong Z P, Chang Yu, Chen H W, Hu Y M. Evaluation and simulation of historical range of variability of forest landscape pattern in Huzhong area. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(15): 4799-4807.

呼中林区森林景观的历史变域模拟及评价

吴志丰^{1,2}, 李月辉^{1,*}, 布仁仓¹, 熊在平¹, 常禹¹, 陈宏伟¹, 胡远满¹

(1. 中国科学院沈阳应用生态研究所森林与土壤生态国家重点实验室, 沈阳 110016;

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

摘要:在大兴安岭地区呼中区,将物种的年龄和分布信息进行随机化处理后,应用空间直观景观模型 LANDIS 对森林景观进行长时间(2500a)模拟,取物种演替稳定时间段作为模拟历史变域的数据来源。分别在景观水平和年龄类型水平上利用景观指数空间分析、主成分分析和核密度估计方法分析景观格局历史变域的模拟结果,并在二维空间坐标内,将研究区 1990 年、2000 年森林景观特征与之比较。结果表明,各树种面积比例在模拟 900a 后都达到稳定状态,可作为无干扰条件下森林景观特征的历史变域;由于长期采伐,研究区 1990 年景观的斑块面积和破碎化程度都偏离了该历史变域,其中,过熟林偏离最明显,其斑块面积远小于历史变域,破碎化程度非常严重;虽然 1990 年后的采伐管理方案比之前的更为合理,但 2000 年的森林景观仍旧继续偏离历史变域。

关键词:历史变域;景观格局;主成分分析;核密度分析;大兴安岭

Evaluation and simulation of historical range of variability of forest landscape pattern in Huzhong area

WU Zhifeng^{1,2}, LI Yuehui^{1,*}, BU Rencang¹, XIONG Zaiping¹, CHANG Yu¹, CHEN Hongwei¹, HU Yuanman¹

1 State Key Laboratory Of Forest And Soil Ecology, Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China

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

Abstract: After randomizing the input information of age and distribution of forest species we simulated the long-term (2500 years) dynamic of forest landscape pattern of huzhong area in Great Xing'an Mountains using spatially explicit landscape model (LANDIS). Then we took the period when simulation results reached stable as the time range to estimate the historical range of variability (HRV). Furthermore, we analyzed the relationship between HRV and the forest landscape pattern of 1990 and 2000 using principal component analysis and kernel density estimation methods. The simulation results showed that the succession of almost all forest species arrived to their stable status at around 900th year of the simulation, and the period afterwards was utilized to estimate the HRV; as to the characteristics of forest, landscape pattern in 1990 fell out of the HRV in area of patches and the degree of landscape fragmentation, especially mature and over-mature forest deviated significantly from HRV in patch area and fragmentation; though forest harvest management was better planned after 1990, the forest landscape pattern in 2000 still deviated from the HRV.

Key Words: historical range of variability (HRV); landscape pattern; principal component analysis (PCA); kernel density estimation method; the Great Xing'an Mountains

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41271201, 40871245, 31070422, 40701185); 中国科学院战略性先导科技专项资助项目(XDA05050201)

收稿日期:2012-05-08; 修订日期:2012-10-26

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liyh@iae.ac.cn

历史变域的概念产生于 20 世纪 90 年代,定义为“在没有人干扰下生态系统各种特征的时空变化范围”,可为森林生态系统的管理提供参考和目标^[1-2]。历史变域可以通过各种来源的长时间、具有空间属性的历史数据获得^[3],或者在没有人干扰的大规模地理区域,综合运用野外采样、遥感技术、统计分析等方法描述,或者当历史数据不足、又没有适合替代区域时,利用空间模型模拟产生长时间序列数据并分析得到历史变域。模型模拟是目前生态系统重建历史变域最常用方法之一,多采用景观空间直观模型,如 LANDSUM (Landscape Succession Model),LADS (Landscape Age-Class Dynamics Simulator),LAMPS (Landscape Management & Policy Simulator)^[5-7]。目前,对历史变域的描述逐渐由单一特征向多个空间格局指数多元分析方法判断综合特征方向发展;表达方式也逐渐发展出利用核密度分析方法将格局变化以轨迹形式表达在二维的空间内等多种方法^[4-8]。

历史变域研究在北美大陆最为集中,部分原因是该地区人类大规模进驻有较明确的时间界限,开发历史也较短^[2];相对而言,亚洲的开发历史长、程度深,研究难度增大,导致在我国虽然有利用历史状态为目标管理森林的思想零星出现,如郑景明等提出的“尊重自然”理念^[10],但森林生态系统历史变域的研究尚未引起重视。大兴安岭地区是我国重要的国有林区之一,从 20 世纪 60 年代开始开发,2011 年实施以恢复生态环境为目的国家战略计划;经营目标从木材生产转变为生态保护,因此,了解该区无人干扰下的景观的自然特征,为管理和发展提供参考成为迫切的需求。目前,对该区的景观格局、物种演替、生物多样性、土壤理化性质等及这些性质与干扰的相互关系都有研究,并且随着空间景观直观模型 LANDIS 的引进,森林生态系统长期动态研究也逐渐增加,对大兴安岭森林的历史特征研究则很少,只在火烧历史方面有所报道,普遍认为防火灭火延长了火烧轮回期,如开发前轮回期为 30a 而人为干扰下北部地区达到 110—120a 等^[11-14];对森林景观的原始特征研究更薄弱,仅有徐化成揭示满归林业局原始景观的针叶林面积比例为 58%,年龄组成以老龄林为主^[11],这些研究尚不能提供足够的依据来判断和回答当前的景观是否是可持续发展状态^[15-17],因此本研究利用空间景观直观模型 LANDIS 模拟大兴安岭呼中区森林景观格局演变的历史变域,并量化两个时间点森林景观偏离历史变域的程度,确定该区森林景观发展的方向,为生态经济转型时期制定经营策略提供科学依据。

1 研究区概况

呼中区地处大兴安岭北部高纬度寒温带地区,位于大兴安岭伊勒呼里山北坡,呼玛河上游地区(E122°39'30"—124°21'00",N51°14'40"—52°25'00"),总面积为 $7.7 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。地貌为大兴安岭北部石质中低山山地,中低山多,平原少。山峦连绵起伏,山体浑圆,坡度平缓,一般坡度在 15°以下,局部阳坡较陡,可达 35°以上,河谷宽阔平坦。气候为大陆性季风气候。植被为泛北极植物区东西伯利亚植物区系,以西伯利亚植物区系成分为主,混有东北植物区系成分和蒙古区系成分。地带性植被类型为寒温性针叶林,以兴安落叶松(*Larix gmelinii*)为单优势的针叶林。主要的针叶乔木树种有兴安落叶松(*Larix gmelinii*)、樟子松(*Pinus sylvestris* var. *mongolica*)和云杉(*Picea koraiensis*)。主要的阔叶乔木树种有白桦(*Betula platyphylla*)、山杨(*Populus davidiana*)、甜杨(*Populus suaveolens*)和钻天柳(*Chosenia arbutifolia*),亚高山地区分布有大量的偃松(*pinus pumila*)^[15]。

火烧是研究区内主要自然干扰,是塑造自然景观格局的最主要因子^[18];对于人为经营景观,其驱动因子主要是采伐。森林生态系统经历重度干扰后,在火烧或者采伐迹地上先生长白桦,在有种源且人为干扰较小的情况下,白桦逐渐被落叶松、云杉、樟子松所替代;在无种源又不断破坏的情况下,逐渐形成灌丛、草地,此种情况下,较难再恢复成为地带性植被落叶松林。

呼中区自建成投产以来,一直以营林生产为单一主导产业,到 2000 年经历了各具特点的 3 个完整的森林经理期(1970—1979 年,1980—1989 年和 1990—1999 年)。1989 年和 1999 年进行了森林资源清查,分别是第 2 个和第 3 个经理期结束的年份,本文将在模拟历史变域基础上评价 1990 年和 2000 年两个年份的森林格局特征^[15]。

2 研究方法

2.1 历史变域的模拟

2.1.1 模型选择

LANDIS 由美国威斯康星大学 Mladenoff 和贺红仕等人开发,是用于模拟大时空尺度上 (10^3 — 10^6 hm^2 10 — 10^3 a) 森林景观演替、种子扩散、干扰和管理的空间直观景观模型^[19-22],至今已经有多个版本。其中, LANDIS4.0 在国内外已被广泛应用于森林景观的长期模拟预测,包括森林景观对全球气候变化的响应,各种火干扰和采伐预案下森林景观的长期动态等等^[19,22-23],在本研究区也有丰富的研究案例^[16-18,24],本文采用 LANDIS4.0 模拟历史变域。

2.1.2 历史变域的模拟方案

根据植被分布的特征进行植被图的随机化,包括物种分布和年龄分布的随机化。依据无人为干扰参数设置(无采伐、无灭火措施)进行长时间(2500a)模拟,目的在于让各个物种在当前气候条件下、按照其自身的生活史属性进行自然演替,最终达到演替稳定状态,代表无人为干扰条件下自然的景观格局变化范围,即当模拟结果达到稳定时,取稳定之后至 2500 年的变化作为历史变域^[8,25]。

2.1.3 模型的参数化

森林植被图 包括树种和树种年龄分布信息。采用基于小班的随机赋值法来获取小班内像元的物种年龄信息。基于小班的随机赋值法根据小班内的物种组成百分比、产生一个 1—100 的随机数来确定小班内每一个像元的物种信息。已有研究表明基于小班的随机赋值法所造成模拟结果不确定性在像元尺度上虽然随时间增加而增加,但在景观尺度上却保持相对的稳定^[26]。

表 1 各土地类型中的物种的建群系数
Table 1 Establishment coefficients for each species in different land types

土地类型 Soil type	兴安落叶松 <i>Larix gmelini</i>	樟子松 <i>Pinus sylvestris</i> var. <i>mongolica</i>	云杉 <i>Picea koraiensis</i>	偃松 <i>Pinus pumila</i>	白桦 <i>Betula platyphylla</i>	山杨 <i>Populus davidiana</i>	甜杨 <i>Populus suaveolens</i>	钻天柳 <i>Chosenia arbutifolia</i>	最小成熟 时间/年 Minimum maturity age
阳坡 Southern slope	0.4	0.2	0.03	0	0.3	0.2	0	0	50
阴坡 Northern slope	0.4	0.1	0.05	0	0.2	0.2	0	0	40
亚高山区 Ridge top	0.3	0.08	0	0.1	0.05	0	0	0	100
阶地 Terrace	0.01	0	0	0	0.05	0.05	0.07	0.2	40

立地类型 6 种土地类型:阶地、阳坡、阴坡、大于 1000m 的亚高山区、非林地和水域。其中非林地和水域从 Landsat TM 遥感影像中经目视解译获得,阶地、阳坡、阴坡和大于 1000m 的亚高山区从 DEM 中获得。根据 LANDIS 模型是否模拟其动态,把以上 6 种土地类型分为:无效土地类型(不模拟)和有效土地类型(模拟),前者包括水域和非林地,共占整个研究区面积的 0.8%,后者包括阶地、阳坡、阴坡和大于 1000m 的亚高山区,分别占整个研究区面积的 5.0% ,38.4% ,45.2% 和 10.6%。在保持模拟精度的前提下,为了降低计算机计算负荷,将整个研究区重采样到 90m×90m 分辨率。在同一种土地类型内,每一个物种的建群系数相对一致(表 1)。

自然干扰特征 火烧是研究区内最主要的自然干扰,因此本研究对自然干扰的模拟就是模拟自然火烧。阶地、南坡、北坡和亚高山区的自然火烧轮回期分别为 500、160、150 和 140a^[11,18,27]。

物种的生活史特征 LANDIS 4.0 模型所需要的物种生活史参数包括寿命、成熟年龄、耐阴性、耐火性、有效传播距离、最大传播距离、萌发率和最小萌发年龄^[20],研究区 8 个物种的生活史特征参数值见表 2^[28-30]。

2.2 景观格局分析

选择景观和类型水平上的 7 类 13 个景观格局指数(表 3):1)斑块数量,2)斑块大小,3)边缘数量,4)斑

块形状,5)类型丰富度,6)斑块连接度,7)斑块聚集度。应用 Fragstats3.3 软件分别计算 LANDIS 模拟结果及 1990 年、2000 年景观类型图的相关景观格局指数,包括景观水平和类型水平,类型水平以年龄特征划分为幼龄林、中龄林、近熟林、成熟林和过熟林。

表 2 呼中区物种生活史特征参数
Table 2 Species attributes for Huzhong Area

物种 Species	寿命/a Longevity	成熟年龄/a Maturity age	耐阴性 Shade tolerance	耐火性 Fire tolerance	有效传播 距离/m Effective spread distance	最大传播 距离/m Maximum spread distance	萌发率 Germination rate	萌发年龄/a Germination age
兴安落叶松	300	20	3	4	150	400	0	0
樟子松	210	40	1	2	50	200	0	0
云杉	300	30	4	2	50	150	0	0
偃松	250	30	4	1	50	100	0	0
白桦	150	15	1	3	200	2000	0.8	40
山杨	180	30	1	3	-1	-1	1	40
甜杨	150	25	1	4	-1	-1	1	40
钻天柳	250	30	2	2	-1	-1	0.9	30

表 3 景观和类型水平的景观格局指数
Table 3 Landscape pattern indices for landscape and class levels

景观指数 Description	景观水平 Landscape level	类型水平 Classes level	描述 Description
森林数量 Amount of forest			
PLAND Percent of landscape	—	使用	单个斑块类型所占的面积百分比
TCA Total core area	使用	使用	单个斑块类型核心区所占的面积
斑块大小 Patch size/abundance			
AREA_MN Mean patch size	使用	使用	斑块的平均面积
AREA_CV Coefficient of variation of patch area	使用	使用	斑块面积变异系数
LPI Largest patch index	使用	使用	某一斑块类型中的最大斑块占整个景观面积的比例
PD Patch density	使用	使用	每 100 公顷面积上的斑块数量
边缘数量 Edge abundance			
ED Edge density	使用	使用	每公顷上边界的长度
斑块形状 Patch shape			
PAFRAC Perimeter-area fractal dimension	使用	使用	斑块边界的复杂程度
类型丰富度 Diversity of classes			
SIEI Simpson's evenness index	使用	不使用	斑块多样性程度
斑块连接度 Patch connectivity			
ENN_MN Mean nearest neighbor distance	使用	使用	斑块间平均最小欧几里得距离
COHESION Patch cohesion index	使用	使用	斑块间的毗邻程度
斑块聚集度 Patch contagion			
IJI Interspersion and juxtaposition index	使用	使用	不同斑块间的邻接程度
AI Aggregation index	是	是	斑块的聚集程度

主成分分析方法(PCA)能够对重复信息进行降维去噪,应用该方法对所选景观指数进行降维运算,并选取第一、二主成分进行景观格局分析^[5]。

2.3 核密度估计

核密度估计方法^[31]可以计算空间分布点群的表面密度,本研究利用该方法计算历史变域模拟结果主成

份分析结果中第一、二主成分得分值的 50%、75%、90% 点群概率密度区间,并与 1990 年、2000 年景观类型图主成分分析结果绘于同一坐标内,以便与历史变域进行比较。核密度估计采用美国地质勘探局(USGS)和美国国家公园管理局的 Hooge 等人开发的 Animal movement SA 2.04 模块(<http://www.absc.usgs.gov/giba/gistools/index.htm>),可做为 Arcview3.2 的扩展模块加载^[32]。

2.4 1990 年和 2000 年景观分析及与历史变域的比较

1990 年和 2000 年森林景观类型图分别由当年林相图处理并栅格化得到。为了对两个年份的森林景观特征与历史变域进行比较,首先将 1990 年和 2000 年景观类型图进行景观格局分析和主成分分析,计算出主成分特征值,表达在历史变域核密度分析的二维空间内进行比较。

3 结果分析

3.1 历史变域的模拟结果

模拟结果显示(图 1),落叶松和白桦的分布面积分别在 280a 和 460a 后达到相对稳定状态,不再发生大幅度变动,达到了各自的稳定状态。各个树种中,落叶松达到稳定状态所用时间最少,因为落叶松的生态幅最广,可以在绝大多数立地类型上生存。白桦的生态幅相对较窄、生存面积较小,因此经历更长时间才达到演替顶级。其他物种如偃松、樟子松、云杉、杨桦和钻天柳等也分别在 730、410、890、490a 和 530a 左右达到稳定状态。研究选取 1000—2500a 作为历史变域信息获取的模拟年份。

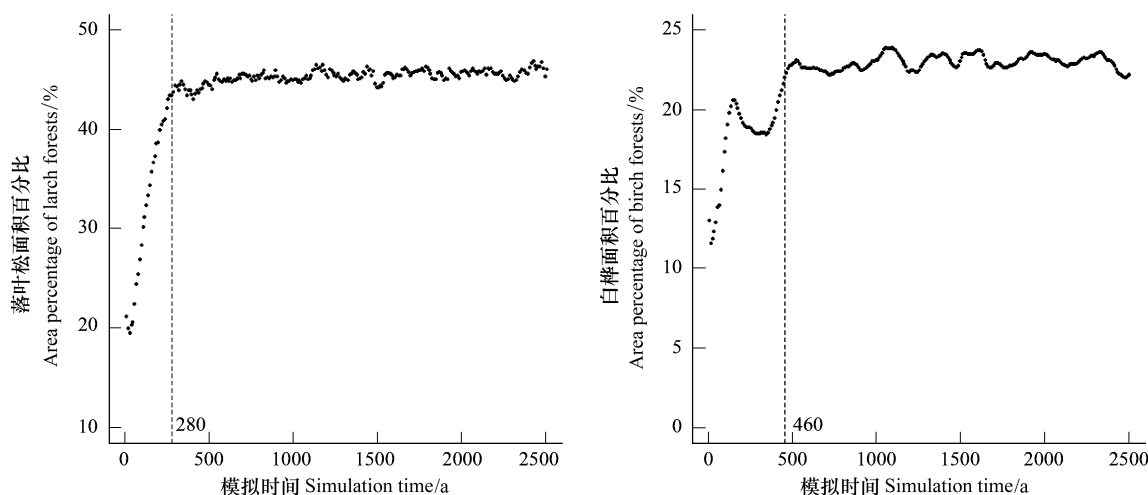


图 1 物种随机化后面积比例达到稳定状态的时间

Fig. 1 Time for two major species to reach their stable state of area proportion variation

3.2 历史变域主成分分析

在景观水平上,主成分分析结果显示(表 4),第一主成分(PC1)解释景观指数变异的 63.8%,它与多个景观指数有着高度的相关性,包括四类指数:斑块大小指数(AREA_MN, AREA_CV, LPI, PD),边缘丰富度指数(ED),斑块连接度指数(ENN_MN, COHESION)和聚集度指数(AI),PC1 代表斑块大小和聚集程度。第二主成分(PC2)解释了景观指数变异的 24.3% 并与总核心面积(TCA)、边缘密度(ED)、分形维数(PAFRAC)及聚集度(AI)有一定的相关性,此主成分代表了类型面积和斑块形状复杂程度,数值越高代表相关关系越显著。

在类型水平上,对幼龄林、中龄林、近熟林、成熟林和过熟林 5 个类型做了主成分分析,分析结果显示(表 4)幼龄林、中龄林和近熟林这 3 个类型的主成分分析结果较为相似,成、过熟林较为相似,因此,将前 3 个类型为低龄林,后两个作为老龄林,进行后续分析。

对低龄林类型而言,PC1 分别解释了 3 种低龄林景观指数变异的 59.3%、62.3% 和 58.7%,它与包括森林类型面积(PLAND, TCA)、斑块大小(AREA_MN, AREA_CV, LPI, PD)、边缘丰富度(ED)、斑块连接度

(COHESION)及聚集度(IJI, AI)类指数有或高或低的相关性,PC1 代表了类型面积和破碎化程度。PC2 解释了三种低龄林的 26.4% ,28.3% 和 29.6% ,主要与分维度(PAFRAC)和斑块连接度(ENN_MN)相关,表示斑块形状复杂度。

表 4 主成分分析的方差解释百分比及主成分与各景观指数相关系数矩阵
Table 4 The correlation matrix and variance explained by the Principal Components Analysis

景观指数 Landscape indices	景观水平 Landscape level		类型水平 Class level									
			幼龄林 Seedling		中林龄 Middle-aged cohorts		近熟林 Quasi-matured cohorts		成熟林 Matured cohorts		过熟林 Over-matured cohorts	
	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2
方差解释百分比 The proportion of explained variance/%	63.8	24.3	59.3	26.4	62.3	28.3	58.7	29.6	55.2	27.2	58.3	25.6
与主成分轴的相关性 Correlation with PCs												
PLAND	NA	NA	0.96	-0.12	0.92	-0.13	0.97	-0.09	0.94	-0.24	0.93	-0.06
TCA	0.57	0.79	0.88	0.09	0.91	0.23	0.89	0.12	0.92	-0.27	0.94	0.25
AREA_MN	0.89	-0.07	0.89	0.14	0.87	-0.15	0.91	0.24	0.92	0.12	0.83	0.36
AREA_CV	0.64	-0.30	0.91	-0.21	0.94	0.32	0.85	-0.18	0.89	-0.15	0.91	-0.12
LPI	0.62	-0.32	0.79	0.63	0.85	0.45	0.92	-0.19	0.86	0.19	0.86	-0.36
PD	-0.88	0.07	-0.85	0.32	-0.89	0.26	-0.93	-0.26	0.34	0.79	0.55	0.76
ED	-0.74	-0.64	-0.78	0.53	-0.90	0.34	-0.78	0.43	0.83	0.34	0.79	0.45
PAFRAC	0.03	-0.73	0.23	0.83	0.11	0.89	0.23	0.82	0.23	0.83	0.17	0.44
ENN_MN	-0.72	0.477	0.32	0.76	-0.31	0.88	0.46	0.91	0.18	0.92	-0.37	0.88
COHESION	0.74	-0.284	0.91	-0.09	0.83	0.14	0.80	0.05	0.45	0.77	0.23	0.80
IJI	-0.53	0.591	0.21	0.46	0.71	0.68	0.67	0.56	0.89	-0.23	0.82	0.11
AI	0.74	0.64	0.79	0.22	0.82	0.13	0.74	0.35	0.87	0.16	0.77	0.44

对老龄林类型而言,成熟林和过熟林这两个类型的主成分相似。PC1 分别解释了两种老龄林景观指数变异的 55.2% 和 58.3% ,它与斑块大小(AREA_MN, AREA_CV, LPI, PD)、边缘丰富度(ED)及聚集度(IJI, AI)指数高度相关,代表了斑块大小和聚集程度。PC2 分别解释了两种老龄林景观指数变异的 27.2% 和 25.6% ,并与斑块密度(PD)及斑块连接度指数(COHESION, ENN_MN)相关,表示斑块密度和连接程度。

3.3 经营景观格局与历史变域的偏离分析

呼中区在 1990 年之前经历了 20 多年的采伐,与历史变域相比,其景观格局在景观水平上发生了显著变化(图 2)。在代表类斑块大小和聚集程度的 PC1 轴上,1990 年和 2000 年的景观格局特征均在历史变域之外,且呈现逐渐远离的趋势,斑块减少,面积增大,聚集程度增加。在 PC2 轴上,相对于历史变域,1990 年斑块形状趋于简单,斑块边界较规则,景观破碎化程度则稍低于无干扰状态。到 2000 年,呼中区森林景观破碎化及边界复杂程度有小幅降低,斑块大小和聚集程度则有所增加。

在类型水平上(图 3),1990 年老龄林的景观特征在 PC1 和 PC2 两个轴上均出现较大程度偏离,老龄林斑块大小、密度、聚集度以及斑块连接度都远低于历史

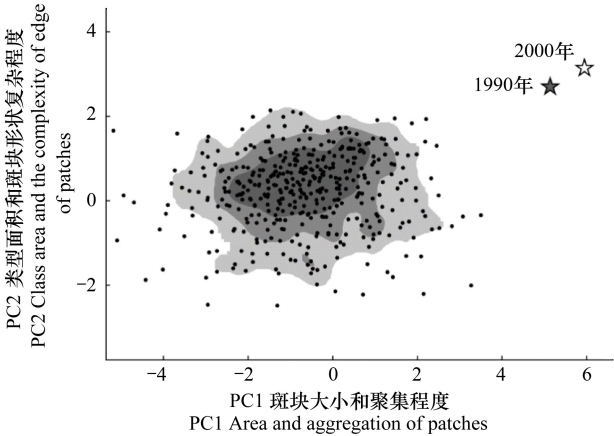


图 2 景观水平上 PC1 和 PC2 所表示的历史变域与 1990 年、2000 年森林景观特征比较

Fig. 2 Comparison between the landscape characteristics for year 1990 and 2000 and HRV explained by PC1 and PC2 on landscape level

·: 历史变域模拟各时间点上景观特征; 阴影区域: 由外向内分别是历史变域模拟各时间点景观特征 50%、75%、90% 概率范围

变域。林区的采伐以获取木材为主,其目标种为成过熟林,所以长期采伐后老龄林的景观结构变化很大,2000 年的老龄林景观较 1990 年未见改善的迹象,老龄林斑块面积和聚集程度继续下降,斑块连接度也随之降低。

由于采伐成过熟林,致使低龄林斑块数量增多,斑块面积变大,形状结构简单。在低龄林类型水平上,森林景观格局在 PC1 轴上向右偏离了历史变域的范围,即低龄林斑块类型面积均大于历史变域,而破碎化程度和斑块复杂程度则稍低于历史变域水平。随着采伐的继续进行,2000 年的景观特征与 1990 年相比变化不大,只是斑块面积和数量有一定程度的增加(图 4)。

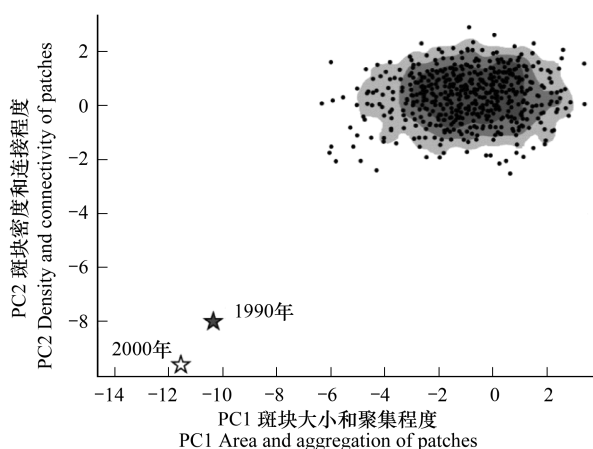


图 3 老龄林空间格局的 PC1 和 PC2 特征值及与 1990 年、2000 年森林景观的比较

Fig. 3 Comparison between landscape characteristics of elder cohorts for year 1990 and 2000 and HRV explained by PC1 and PC2 on class level

· 代表历史变域模拟各时间点上景观特征;阴影区域代表由外向内分别是历史变域模拟各时间点景观特征 50%、75%、90% 概率区间

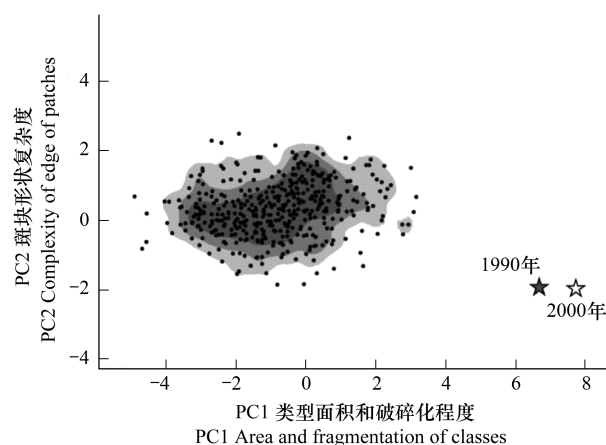


图 4 类型水平上 PC1 和 PC2 所表示的低龄林景观历史变域与 1990 年、2000 年森林景观状态比较

Fig. 4 Comparison between landscape characteristics of younger cohorts for year 1990 and 2000 and HRV explained by PC1 and PC2 on class level

· 代表历史变域模拟各时间点上景观特征;阴影区域代表由外向内分别是历史变域模拟各时间点景观特征 50%、75%、90% 置信域

4 讨论

本研究区景观历史变域研究较少,除了尚未引起足够的重视之外,长时间历史数据获取困难,成为主要限制。因此,擅长长时间大尺度模拟的景观空间直观模型成为有效的研究工具,但是当进行长时间尺度的模拟时,模型验证是一大挑战。传统验证方法是将某一空间或时间上的独立数据和该空间或时间上的模拟结果进行比较,适用于从过去到现在模拟验证,对未来,特别是对那些模拟今后几百年的大尺度景观模型,缺乏独立的时空数据,传统的方法不适用,目前还没有完善的理论^[33]。LANDIS 模型已经经过理性的模型程序评价^[21,34],如灵敏度分析、不确定分析和模型结果分析,其有效性已在众多案例应用中体现,因此,本研究不再对模型结构的有效性进行验证。在物种初始位置和年龄信息随机化后,模拟结果显示,随着各自演替过程的进行,在模拟开始约 900a 后,呼中区内所有物种都已经达到稳定状态,之后的模拟结果可以作为原始状态森林景观特征的变化范围。

大兴安岭是我国的重要林区之一,具有重要的经济和生态学意义,原始的地带性植被是兴安落叶松为单优势种的寒温带针叶林,由于火烧或采伐出现以白桦为优势种的林型。该区的原始景观特征,除了部分火烧干扰特征研究,景观格局特征研究非常少。徐化成于 1991 年根据航空照片和地面调查研究大兴安岭满归林业局原始森林,兴安落叶松林面积比例为 58.33%,斑块数量占总斑块数的 55.05%,平均斑块大小为 43.9hm²,白桦林为 7.27%、13.19% 和 28.9hm²^[11],但没有综合分析景观结构特征。本文利用 LANDIS 模型模拟的结果显示该区森林景观以针叶林占面积最大,为绝对优势树种,整个林业局内以成过熟林为主,面积在 60% 左右波动,体现了原始森林生态系统的格局状态,这种连续长时间模拟描述了格局动态的变化范围,对于

判定当前生态系统的状况参考意义更大。

以成过熟林为基质类型和以幼中龄林为基质类型的森林景观在调节气候、涵养水源及维持生物多样性等方面能力有着巨大差别,所以,不仅景观水平格局特征的历史变域,而且年龄组成及空间结构的历史变域都需要研究,才能准确反映功能的变化。历史变域的模拟对于其年龄特征的模拟研究也不多,徐化成(1991)研究大兴安岭原始林年龄组成,老龄林面积比例 38.54%,原本以成过熟林为主的景观经过长期以成熟针叶林为目标种的采伐之后变为以幼中龄为主,小块的成过熟林以孤岛形式存在于大片的次生林基质中,本文研究结果与之基本符合。

研究结果显示,1990 年后呼中区在森林调查设计、采伐、工程设计方面逐渐完善,并采取了相关森林保护措施,森林景观状况并未出现明显改善。当地森林管理部门应加强森林管理,尽量减少人类干扰或者彻底摒除人类干扰,以使森林生态系统得到休养生息,逐步恢复其原有的生态服务功能。

本研究由于资料所限,假定树木的死亡仅仅是由物种竞争、火烧和采伐引起的,而忽略风倒、病虫害等所导致的死亡;另外,模型模拟的是现行气候条件下的历史变域,据预测,该区未来的百年时间尺度气候将快速变化,改变干扰频率、物种重建系数,萌发能力,甚至对病虫害和疾病的易感染性,在应用该历史变域进行制定政策管理生态系统的时候,需要考虑气候变化的因素,政策具有一定的弹性。这几个因素均如何影响森林景观的物种组成和空间分布格局,综合考虑多种因素下历史变域的模拟研究有待深入。

5 结论

本研究利用 LANDIS4.0,采用随机化的初始景观,模拟大兴安岭呼中区各树种的景观格局分布,结果显示约 900a 后各树种的数量和分布达到稳定状态,取 1000—2500a 模拟结果作为历史变域的模拟结果。将 1990 年和 2000 年的景观进行景观格局分析之后,在反映景观破碎化和斑块形状的主成分上,森林景观格局以及年龄组成特征都偏离自然状态,2000 年的偏离程度更大,长期的采伐对呼中区森林景观已经造成明显的破坏,成过熟林面积剧烈下降,幼中龄的次生林大大增加,即这两个时段的格局特征都明显地远离历史变域,并且 2000 年时尚未出现接近历史变域或者恢复原始功能的趋势,需要采取措施使之恢复至历史变域的范围以内。

References:

- [1] Morgan P, Aplet G H, Haufler J B, Humphries H C, Moore M M, Wilson W D. Historical Range of Variability. *Journal of Sustainable forestry*, 1994, 2(1): 87-111.
- [2] Wu Z F, Li Y H, Chang Y. *Chinese Journal of applied ecology*, 2010, 21(7): 1859-1866.
- [3] Swetnam T W, Allen C D, Betancourt J L. Applied historical ecology: using the past to manage for the future. *Ecological Applications*, 1999, 9(4): 1189-1206.
- [4] Keane R E, Parsons R A, Hessburg P F. Estimating historical range and variation of landscape patch dynamics: limitations of simulation approach. *Ecological Modelling*, 2002, 151(1): 29-49.
- [5] Nonaka E, Spies T A. Historical range of variability in landscape structure: A simulation study in Oregon, USA. *Ecological Applications*, 2005, 15(5): 1727-1746.
- [6] Thompson J R, Johnson K N, Lennette M, Spies T A, Bettinger P. Historical disturbance regimes as a reference for forest policy in a multiowner province: a simulation experiment. *Canadian Journal of Forest Research*, 2006, 36(2): 401-417.
- [7] Keane R E, Holsinger L M, Parsons R A, Gray K. Climate change effects on historical range and variability of two large landscapes in western Montana, USA. *Forest Ecology and Management*, 2008, 254(3): 375-389.
- [8] Spies T A, Wimberly M C, Ohmann J L. Historical range of variability in live and dead wood biomass: a regional-scale simulation study. *Canadian Journal of Forest Research*, 2007, 37(11): 2349-2364.
- [9] Scheller R M, Van Tuyl S, Clark K, Hayden N G, Hom J, Mladenoff D J. Simulation of forest change in the New Jersey Pine Barrens under current and pre-colonial conditions. *Forest Ecology and Management*, 255(5/6): 1489-1500.
- [10] Zheng J M, Luo J C, Zeng D H. Review of researches in forest ecosystem management. *Journal of Beijing Forestry University*, 2002, 24(3): 103-108.
- [11] Xu H C. *Forest in Great Hing'an Mountains of China*. Beijing: Science Press, 1998, 20-110.
- [12] Wang M Y, Shu L F, Tian X R, Li J, Du J H. Landscape Dynamics Analysis of Daxing'an Mountains Huzhong Zone under the Disturbance of Forest Fires. *Journal of Mountain Research*, 2004, 22(6): 702-706.
- [13] Zhao Z K. *Reconstruction of Tree-Ring Fire History in the North Daxing'an Mountains*. Heilongjiang: Northeast Forestry University, 2010.
- [14] Hu H Q. Study on fire scar of trees in Daxing'an Mountains' virgin forest region. *Journal of Natural Disasters*, 2003, 12(4): 68-72.

- [15] Li Y H, Hu Y M, Chang Y, Xu C G, Li X Z, Bu R C, He H S. Forest landscape change and driving forces in Huzhong Forest Bureau of Daxing anling in China. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(10): 3347-3357.
- [16] Hu Y M, Xu C G, Chang Y, Li X Z, Bu R C, He H S, Leng W F. Application of spatially explicit landscape model(LANDIS): A case researches in Huzhong area, Mt. Daxing anling. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9): 1846-1857.
- [17] Gong X, Chang Y, Bu R C, Li X Z, Xu C G, Yu Q H. Long-term effects of different forest harvesting modes on forest landscape pattern in Huzhong Forestry Bureau. *Chinese Journal of Ecology*, 2006, 25(7): 805-812.
- [18] Chang Y, He H S, Bishop I, Hu Y M, Bu R C, Xu C G, Li X Z. Long-term forest landscape responses to fire suppression in Great Xingan Mountains, China. *International Journal of Wildland Fire*, 2007, 16(1): 34-44.
- [19] Mladenoff D J, Baker W L. Development of forest and landscape modeling approaches // Mladenoff D J and Baker W L. *Advances in spatial modeling of forest landscape change: approaches and applications*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999, 1-13.
- [20] Mladenoff D J, He H S. Design, behavior and application of LANDIS, an object-oriented model of forest landscape disturbance and succession // Mladenoff D J, Baker W L. *Advances in spatial modeling of forest landscape change: approaches and applications*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999, 125-161.
- [21] Mladenoff D J. LANDIS and forest landscape models. *Ecological Modelling*, 2004, 180(1): 7-19.
- [22] He H S, Li W, Sturtevant B, Yang J, Shang Z. LANDIS, a spatially explicit model of forest landscape disturbance, management, and succession-LANDIS 4.0 User's guide. USDA Forest Service North Central Research Station General Technical Report. 2005.
- [23] Gustafson E J, Shifley S R, Mladenoff D J, Nimerfro K K, He H S. Spatial simulation of forest succession and timber harvesting using LANDIS. *Canadian Journal of Forest Research*, 2000, 30(1): 32-43.
- [24] Bu R C, He H S, Hu Y M. Using the LANDIS model to evaluate forest harvesting and planting strategies under possible warming climates in Northeastern China. *Forest Ecology and Management*, 2008, 254(3): 407-419.
- [25] Landres P B, Morgan P, Swanson F J. Overview of the use of natural variability concepts in managing ecological systems. *Ecological Applications*, 1999, 9(4): 1179-1188.
- [26] Xu C Q, Hu Y M, Chang Y, Li X Z, Bu R C, He H S. Geostatistical Modeling of Spatial Uncertainty in a Spatially Explicit Forest Landscape Model Simulation. *Journal of the Graduate School of the Chinese Academy of Science*, 2005, 22(4): 436-446.
- [27] Zhu Y L. *Vegetation of Da Hing'an Ling In China*. Beijing: Science Press, 1991, 2-78.
- [28] He H S, Hao Z Q, Larsen D R, Dai L M, Hu Y M, Chang Y. A simulation study of landscape scale forest succession in northeastern China. *Ecological Modelling*, 2002, 156(2/3): 153-166.
- [29] Ai C L, Wang C D, Ai S H. Research of characteristics of seed propagation of *Larix gmelinii*. *Forestry Science and Technolog*, 1985, 4: 2-5.
- [30] Duan X G. A study of fire-resistance of *Larix gmelinii*. *Forest Fire Prevention*, 1991, 31(4): 7-10.
- [31] Seaman D E, Powell R A. An evaluation of the accuracy of kernel density estimators for home range analysis. *Ecology*, 1996, 77(7): 2075-2085.
- [32] Hooge P, Eichenlaub W, Solomon E. The animal movement program. US Geological Survey, Alaska Biological Science Center, Alaska, USA, 1999.
- [33] Xu C G, Hu Y M, Chang Y. The effect of cell-level uncertainty on spatially explicit landscape model simulation. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9): 1938-1949.
- [34] He H S, Mladenoff D J. Spatially explicit and stochastic simulation of forest landscape fire disturbance and succession. *Ecology*, 1999, 80(1): 81-99.

参考文献:

- [2] 吴志丰, 李月辉, 常禹. 历史变域在森林生态系统管理中的应用现状与展望. *应用生态学报*, 2010, 21(7): 1859-1866.
- [10] 郑景明, 罗菊春, 曾德慧. 森林生态系统管理的研究进展. *北京林业大学学报*, 2002, 24(3): 103-108.
- [11] 徐化成. 大兴安岭植被. 北京: 科学出版社, 1991: 20-110.
- [12] 王明玉, 舒立福, 田晓瑞, 李杰, 杜建华. 林火干扰下的大兴安岭呼中区景观动态分析. *山地学报*, 2004, 22(6): 702-706.
- [13] 赵致奎. 基于树轮火疤重建大兴安岭北部林区火历史[D]. 黑龙江: 东北林业大学, 2010.
- [14] 胡海清. 大兴安岭原始林区林木火疤的研究. *自然灾害学报*, 2003, 12(4): 68-72.
- [15] 李月辉, 胡远满, 常禹, 徐崇刚, 李秀珍, 布仁仓, 贺红士. 大兴安岭呼中林业局森林景观格局变化及其驱动力. *生态学报*, 2006, 26(10): 3347-3357.
- [16] 胡远满, 徐崇刚, 常禹, 李秀珍, 布仁仓, 贺红士, 冷文芳. 空间直观景观模型 landis 在大兴安岭呼中林区的应用. *生态学报*, 2004, 24(9): 1846-1857.
- [17] 公霞, 常禹, 布仁仓, 李秀珍, 徐崇刚, 于庆和. 呼中林区森林采伐方式对森林景观格局的长期影响. *生态学杂志*, 2006, 25(7): 805-812.
- [26] 徐崇刚, 胡远满, 常禹, 李秀珍, 布仁仓, 贺红士. 空间直观森林景观模型空间不确定性的地统计学模拟. *中国科学院研究生院学报*, 2005, 22(4): 436-446.
- [27] 周以良. 大兴安岭植被. 北京: 科学出版社, 1991, 2-78.
- [29] 艾春霖, 王慈德, 艾淑华. 兴安落叶松种子传播特性研究. *林业科技*, 1985, 4: 2-5.
- [30] 段向阁. 兴安落叶松抗火性研究. *森林防火*, 1991, 31(4): 7-10.
- [33] 徐崇刚, 胡远满, 常禹. 像元尺度上不确定性对空间景观直观模型模拟的影响. *生态学报*, 2004, 24(9): 1938-1949.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 15 Aug. ,2013(Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- A review on the application of remote sensing in mangrove ecosystem monitoring SUN Yongguang, ZHAO Dongzhi, GUO Wenyong, et al (4523)
- Urban metabolism process based on emergy synthesis: Theory and method LIU Gengyuan, YANG Zhifeng, CHEN Bin (4539)
- Theoretical considerations on ecological civilization development and assessment ZHAO Jingzhu (4552)

Autecology & Fundamentals

- Assemblage composition and distribution of meiobenthos in the Yangtze Estuary and its adjacent waters in autumn-winter season Yu Tingting, XU Kuidong (4556)
- Ecological distribution and nutrient limitation of phytoplankton in adjacent sea of Guanhe Estuary in spring FANG Tao, HE Xinran, FENG Zhihua, et al (4567)
- The distribution of urea concentrations and urease activities in the coastal waters of Hainan Island during the spring HUANG Kaixuan, ZHANG Yun, OU Linjian, et al (4575)
- Effects of simulated acid rain on growth and bleeding sap amount of root in *Quercus mongolica* LIANG Xiaoqin, LIU Jian, DING Wenjuan, et al (4583)
- Allelopathic effects of organic acid allelochemicals on melon ZHANG Zhizhong, SUN Zhihao, CHEN Wenhui, et al (4591)
- Fraction changes of oxidation organic carbon in paddy soil and its correlation with CH₄ emission fluxes WU Jiamei, JI Xionghui, HUO Lianjie, et al (4599)
- Changes of soil nitrogen types and nitrate accumulation in vegetables with single or multiple application of dicyandiamide WANG Huangping, ZHANG Qing, WENG Boqi, et al (4608)
- Comparison of isolation rate of mycobacteriophage in the different type soils XU Fengyu, SU Shengbing, MA Hongxia, et al (4616)
- Effects of different acidity acid rain on yield, protein and starch content and components in two wheat cultivars BIAN Yajiao, HUANG Jie, SUN Qisong, et al (4623)
- The causes of *Gentiana straminea* Maxim. seeds dormancy and the methods for its breaking LI Bingbing, WEI Xiaohong, XU Yan (4631)
- Physiological responses of four golden-leaf trees to SO₂ stress CHONG Peifang, SU Shiping (4639)
- Influence of endosulfan and its metabolites on enzyme activities in purple soil XIONG Bailian, ZHANG Jinzhong, DAI Juan, et al (4649)

Population, Community and Ecosystem

- Seasonal dynamics of food web energy pathways at the community-level XU Jun, ZHOU Qiong, WEN Zhourui, et al (4658)
- Population dynamics of *Niviventer confucianus* in Thousand Island Lake ZHANG Xu, BAO Yixin, LIU Jun, et al (4665)
- Soil ecological stoichiometry under different vegetation area on loess hilly-gully region ZHU Qiulian, XING Xiaoyi, ZHANG Hong, et al (4674)
- Adaptation strategies of reproduction of plant community in response to grassland degradation and artificial restoration LI Yuanyuan, DONG Shikui, ZHU Lei, et al (4683)
- Effect of different *Cunninghamia lanceolata* plantation soil qualities on soil microbial community structure LIU Li, XU Mingkai, WANG Silong, et al (4692)
- Effects of different maize hybrids (inbreds) on the growth, development and population dynamics of *Rhopalosiphum maidis* Fitch ZHAO Man, GUO Xianru, LI Weizheng, et al (4707)
- Effects of forest canopy structure on understory vegetation characteristics of Funiu Mountain Nature Reserve LU Xunling, DING Shengyan, YOU Li, et al (4715)

- Influence of restoring cropland to grassland on dung beetle assemblages in Wuchuan County, Inner Mongolia, China LIU Wei, MEN Lina, LIU Xinmin (4724)
- Cu and nutrient deficiency on different effects of growth, tolerance and mineral elements accumulation between two *Elsholtzia haichouensis* populations KE Wenshan, CHEN Shijian, XIONG Zhiting, et al (4737)
- Measurement and retrieval of leaf area index using remote sensing data in Kanas National Nature Reserve, Xinjiang ZAN Mei, LI Dengqiu, JU Weimin, et al (4744)
- Landscape, Regional and Global Ecology**
- An spatial ecosystem services approach based on LUCC: a case study of Ganzhou district of Zhangye City LIANG Youjia, XU Zhongmin, ZHONG Fanglei, et al (4758)
- Spatiotemporal characteristics of *Spartina alterniflora* marsh change in the coastal wetlands of Yancheng caused by natural processes and human activities ZHANG Huabing, LIU Hongyu, Hou Minghang (4767)
- Process analysis and evaluation of wetlands degradation based on PCA in the lakeside of Napahai, Northwest Yunnan Plateau SHANG Wen, YANG Yongxing, HAN Dayong (4776)
- On eco-security evaluation in the Tumen River region based on RS&GIS NAN Ying, JI Zhe, FENG Hengdong, et al (4790)
- Evaluation and simulation of historical range of variability of forest landscape pattern in Huzhong area WU Zhifeng, LI Yuehui, BU Rencang, et al (4799)
- Effects of precipitation timing on aboveground net primary productivity in inner mongolia temperate steppe GUO Qun, HU Zhongmin, LI Xuanran, et al (4808)
- Research Notes**
- Litter production and decomposition of different forest ecosystems and their relations to environmental factors in different climatic zones of mid and eastern China WANG Jianjian, WANG Yongji, LAI Liming, et al (4818)

《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,探索生态学奥秘,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

本期责任副主编 赵景柱

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 15 期 (2013 年 8 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 15 (August, 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@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.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