

# “天然林保护工程”对大兴安岭呼中森林的中长期影响

李晓娜<sup>1,2</sup>, 朱莉莉<sup>1</sup>, 贺红士<sup>2</sup>, 郭瑞超<sup>1</sup>, 李旭辉<sup>1</sup>

(1. 河南大学 生命科学院, 河南 开封 475004; 2. 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, 辽宁 沈阳 110016)

**摘要:**运用森林景观模型 LANDIS 模拟“天然林保护工程”对大兴安岭呼中林业局潜在可获取木材、树种组成、年龄结构和景观格局的影响。结果表明:模拟 100 年后研究区森林潜在可采伐面积比例由 10.7% 增加到 14.2%; 伐后树种分布总面积几乎无变化, 但兴安落叶松的分布面积降低了 12%, 白桦的分布面积增加了 6.4%, 云杉、樟子松、偃松、山杨、甜杨和钻天柳 6 个树种的变化均较小; 与模拟初始相比, 林分年龄结构也有很大改变, 中幼龄林(林龄  $\leq 100$  年)的分布面积比例降低了 10%, 成熟林(101~140 年)的分布面积降低了 24%, 过熟林和老龄林(林龄  $\geq 180$  年)的分布面积增加了 33%; 景观格局的聚集度降低, 多样性增加。

**关键词:**森林经营管理; 潜在可采伐木材; 树种组成; 年龄结构; 景观格局; LANDIS 模型

**中图分类号:**S 718 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)24-0195-06

森林经营管理作为影响森林的主要干扰之一, 改变了森林的碳循环<sup>[1]</sup>、自然更新<sup>[2-3]</sup>、树种分布<sup>[4-5]</sup>和景观组成<sup>[6-8]</sup>, 如 CYR 等<sup>[5]</sup>指出森林管理驱动了北美东部针叶林自然分布范围发生变化的主要因素。大兴安岭林区作为我国森林面积和蓄积最大的林区, 是我国主要的木材生产基地, 同时大兴安岭森林作为欧亚大陆北方针叶林向南延伸的一部分, 与其他地区的北方森林特征相似<sup>[9-10]</sup>, 是维持陆地碳平衡的重要组成; 对干扰响应较敏感。长期以来, 在大兴安岭地区采取以超强度的采伐换取木材收益的森林经营方式, 使得林区的针叶林面积急剧减少, 阔叶树面积大幅增加, 林分年龄结构由老龄林为主转变为中幼龄林为主, 在很大程度上改变了大兴安岭森林的生态功能和社会经济效益<sup>[10-11]</sup>。为了保护森林的生态和社会经济功能, 实现林业的可持续发展, 自从 1999 年实施“天然林保护工程”以来, 大兴安岭林区几乎已无主伐, 仅对中幼龄林进行抚育伐。但“天然林保护工程”实施的中长期效果如何以及实施“天然林保护工程”后大兴安岭森林潜在可利用木材和景观等将如何变化亟待研究。

传统的研究方法难以预测生态系统管理对森林的

中长期影响。森林景观模型 LANDIS 基于栅格数据模拟森林更新、自然干扰(如林火)和人为干扰(如种植和采伐)等景观过程, 可以有效地模拟森林对气候变化和生态系统管理等的响应<sup>[3-4, 6-8, 12-14]</sup>, 已广泛地用于模拟大兴安岭森林景观对采伐<sup>[14]</sup>、气候变化<sup>[8, 15]</sup>和火干扰<sup>[8]</sup>的响应。该研究以呼中林业局为例, 运用森林景观模型 LANDIS 模拟“天然林保护工程”实施后森林潜在可利用木材和景观组成的变化, 可以为评价“天然林保护工程”在大兴安岭林区实施的中长期效果及制定合理的森林经营管理方案提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

呼中林业局, 地处北纬  $51^{\circ}14'51.0'' \sim 52^{\circ}25'28.6''$ , 东经  $122^{\circ}36'58.7'' \sim 124^{\circ}15'46.9''$ , 位于呼玛河中上游, 四面环山, 中部为呼玛河谷, 东西长 115 km, 南北宽 125 km, 总面积 741 999 km<sup>2</sup>。地势西高东低, 海拔多在 500~1 000 m, 最高海拔位于小白山(1 404.7 m), 最低海拔处于碧水林场(465 m)。气候为寒温带大陆性季风气候, 冬季寒冷干燥, 夏季短促, 1 月份平均温度  $-35.8^{\circ}\text{C}$ , 7 月份平均温度  $24.5^{\circ}\text{C}$ , 年均温约  $-4.3^{\circ}\text{C}$ 。年降水量 470 mm, 80% 以上集中 7、8 月份。植物生长季(日温持续不低于  $10^{\circ}\text{C}$ )约为 100 d, 且时有霜冻发生。研究区土壤以棕色针叶林土为主, 主要树种有兴安落叶松(*Larix gmelinii*)、樟子松(*Pinus sylvestris* var. *mongolica*)、云杉

**第一作者简介:**李晓娜(1985-), 女, 博士, 助理研究员, 研究方向为景观生态学。E-mail: xiaonali\_20060429@163.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(41201494, 41201520)。

**收稿日期:**2015-09-21

(*Picea koraiensis*)、偃松(*Pinus pumila*)、白桦(*Betula platyphylla*)、山杨(*Populus davidiana*)、甜杨(*Populus suaveolens*)和钻天柳(*Chosenia arbuti folia*)等,其中兴安落叶松和白桦为绝对优势树种,甜杨和钻天柳主要分布在河流两岸,偃松在该区主要分布在海拔 1 000 m 以上的地区。呼中林业局森林覆盖率达 80%,森林平均年

龄在 40~80 年间,总经营面积 770 031 hm<sup>2</sup>,活立木蓄积 3 970 万 m<sup>3</sup>。自 1999 年实施“天然林保护工程”以来,呼中林业局已无主伐,所有采伐皆以抚育为目的,根据经营目的分为禁伐区(50.1%)、限伐区(23.08%)和商品林区(26.82%)3 种管理区以实现该区森林的可持续利用。

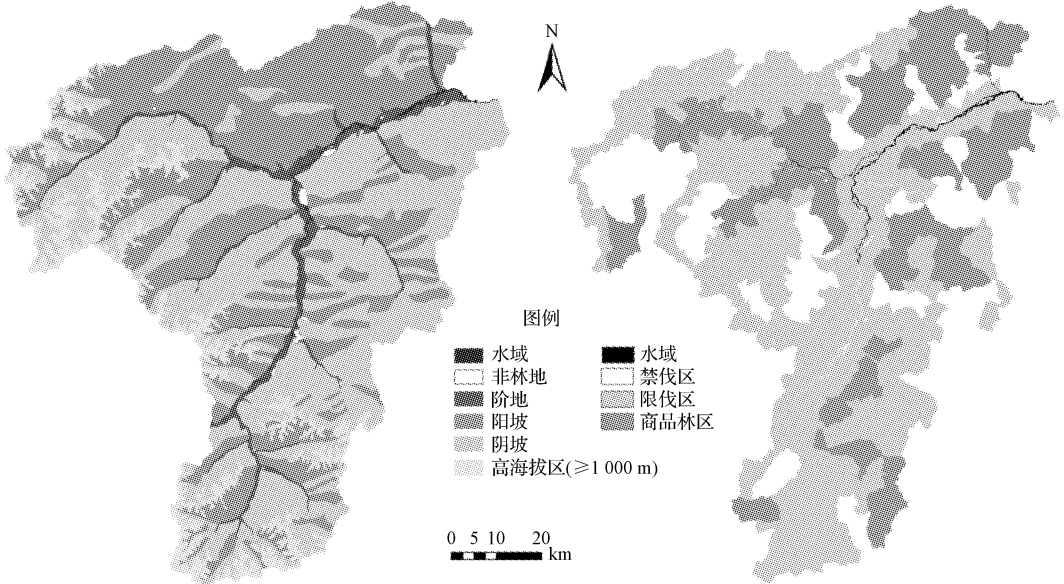


图 1 呼中林业局生态区及管理区划

Fig. 1 Subcoregion and management area in Huzhong Forestry Bureau

1.2 研究方法

1.2.1 预案设计 自 1999 年实施“天然林保护工程”以来,实施现行的森林经营管理方案(表 1),即限伐区的采伐强度为蓄积的 3%,商品林区的采伐强度为蓄积的 5%。采伐树种主要包括落叶松、云杉、白桦、山杨和甜杨。根据不同的采伐目的,采伐树种的胸径和年龄有差异,但采伐树种的最小年龄均大于 40 年。为了方便管理,每个经营区被分为平均面积约为 20 hm<sup>2</sup> 的小班,以小班为单位进行经营管理。该研究中的采伐基于 2 个假设:一是研究区内仅根据采伐设计进行采伐;二是模拟时间内采伐设计不变。根据森林蓄积进行采伐,随机选择采伐小班(平均年龄≥40 年),同一个小班再次被采伐的最短间隔时间为 20 年。假定气候条件和火干扰不变,评价现行采伐方案实施的中长期效果,即以当前的

气候条件和火干扰为背景,仅模拟采伐。模拟树种包括兴安落叶松、樟子松、云杉、偃松、白桦、山杨、甜杨和钻天柳 8 个树种。模拟步长为 10 年,模拟时间为 100 年,重复模拟 5 次。

1.2.2 模型概述及参数化 森林景观模型 LANDIS 模型是一种基于栅格数据的空间直观模型,可以模拟森林演替、生态系统管理(如森林经营)和自然干扰如火干扰等景观过程<sup>[17]</sup>,目前已广泛用于模拟森林景观对气候变化、林火和采伐等的响应<sup>[12-16]</sup>。LANDIS 的输入参数包括栅格数据和树种属性参数,栅格数据主要包括生态小区图(同一生态小区内具有相似的树种建群概率和自然干扰特征,图 1)、管理区划图(同一管理区内森林经营措施相同)和林分图(每一林分的树种和年龄)。该研究区分为水域、非林地、阶地、阳坡、阴坡和高海拔区(海拔≥1 000 m)7 个生态小区(图 1)。其中非林地(裸地)和水域为非有效区域,有效区域面积占研究区总面积的 99.2%,有效区域内阶地、阳坡、阴坡和高海拔区的面积比例分别为 5.0%、38.5%、45.2%和 10.5%。由表 2 可知,树种属性参数主要包括生活史特征参数和建群概率。树种建群概率反映了树种生长对温度、湿度和土壤等环境条件的响应,可以使得 LANDIS 模型与生态系统模型相结合,即通过树种建群概率可以同时反映生态系

表 1 研究区各管理区森林管理方案

Table 1 Forest management regimes for specific management area

树种	年龄范围 /年	采伐方式	商品林采伐强度	限伐林采伐强度	更新方式
			/ %	/ %	
兴安落叶松	120~300	择伐	5	3	自然更新
云杉	120~300	择伐	5	3	自然更新
白桦	60~150	择伐	5	3	自然更新
山杨	40~120	择伐	5	3	自然更新
甜杨	40~180	择伐	5	3	自然更新

统过程与景观过程对森林生长的影响<sup>[17-18]</sup>。LANDIS 模型的输出包括树种分布图、年龄分布图、火干扰分布图和以文本形式记录的采伐信息等。由表 1 可知, LANDIS 模型包括森林生长、生态系统管理(采伐)、火干扰、风倒、病虫害爆发和可燃物 6 个子模块, 该研究中仅运行森林生长、火干扰和生态系统管理 3 个模块。采伐模块需要的

非空间参数主要包括采伐树种、采伐强度和采伐年龄, 这些数据主要依据研究区森林调查设计队提供的基础资料。LANDIS 模型进行参数化的数据源主要包括研究区 1: 50 000 地形图、2000 年林相图和 1965—2005 年火烧记录, 大兴安岭植被<sup>[9]</sup>和大兴安岭森林<sup>[10]</sup>, ARCGIS 9.3 中将所有的栅格数据转换为 90 m 分辨率的栅格数据。

表 2 研究区主要树种参数

Table 2 Species parameters in study area

树种	耐火性	耐阴性	成熟年龄/年	寿命/年	SEC 阶地	SEC-阳坡	SEC-阴坡	SEC-高海拔区
兴安落叶松	5	1	20	300	0.200	0.350	0.400	0.100
樟子松	4	2	40	250	0.000	0.250	0.010	0.020
云杉	1	4	30	300	0.005	0.000	0.001	0.000
偃松	3	1	30	250	0.000	0.001	0.000	0.100
白桦	3	1	15	150	0.020	0.350	0.150	0.010
山杨	1	1	10	120	0.005	0.050	0.010	0.000
甜杨	2	1	12	180	0.070	0.010	0.000	0.000
钻天柳	1	1	18	250	0.080	0.001	0.000	0.000

注: 数据来源于大兴安岭植被<sup>[9]</sup>和大兴安岭森林<sup>[10]</sup>。耐阴性 1~5, 1, 耐阴性最低; 5, 耐阴性最高; 耐火性 1~5, 1, 耐火性最低; 5, 耐火性最高; SEC: 树种建群概率。

1.3 数据分析

以潜在可采伐木材量、树种组成和年龄组成量化森林经营管理方式对林区经济效益的影响, 以树种组成、年龄结构和森林景观格局指标来衡量森林经营管理方式对森林景观的影响。可采伐木材量用可采伐木材的面积比例来表征, 树种组成以每个树种分布面积所占的景观比例来表示, 年龄组成按照森林更新分为幼龄林(1~40 年)、中龄林(41~100 年)、成熟林(101~140 年)、过熟林(141~180 年)和老龄林(>180 年)<sup>[7]</sup>。该研究中景观格局指数包括聚集度指数(AI)和香农多样性指数(SHDI)。采用 Duncan 检验分析“天然林保护工程”实施后潜在可采伐木材量、森林树种组成、年龄结构和景观格局在短期(20~30 年)、中期(50~60 年)和后期(80~100 年)的变化。

2 结果与分析

2.1 “天然林保护工程”对潜在可采伐木材的影响

随模拟时间, 潜在可采伐木材总面积和各树种可采伐面积均呈波动变化(图 2、表 3)。模拟 100 年后, 潜在可采伐木材总量增加了 3.8%, 其在模拟的前 60 年增加, 但在模拟 80 年后略降低; 各树种潜在可采伐面积变化有差异, 兴安落叶松、白桦和甜杨 3 个树种的潜在采伐量和潜在采伐总量在整个模拟过程中基本呈增加趋势, 云杉和山杨的潜在采伐量在模拟的前 60 年增加, 在模拟的后 40 年减少。Duncan 检验表明, 3 个模拟时期相比, 兴安落叶松的潜在可采伐面积在模拟中期和后期无显著差异( $P>0.05$ ), 云杉在模拟中期最大, 甜杨在模拟 80 年后达到最大。随模拟时间, 白桦的潜在可采伐面积显著增加(模拟长期>模拟中期( $P<0.05$ )>模拟后期( $P<0.05$ )), 山杨显著降低(模拟长期<模拟中期( $P<0.05$ )<模拟后期( $P<0.05$ ))(表 3)。

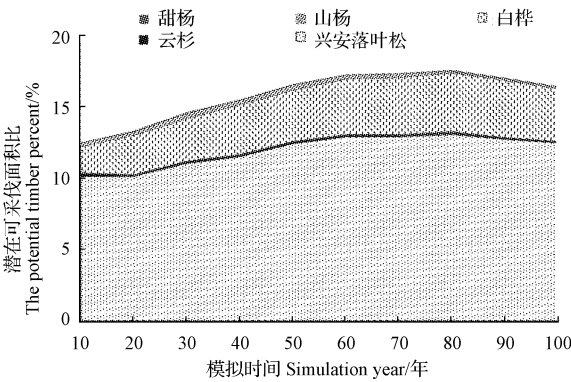


图 2 潜在可采伐木材树种组成动态

Fig. 2 Species composition dynamics of the potential timbers

表 3 不同模拟时期各树种潜在可采伐面积比例的多重比较结果

Table 3 Multiple comparisons for the potential species timber percent for different terms

模拟时间	总采伐量	兴安落叶松	云杉	白桦	山杨	甜杨
前期(20~30 年)	13.96a	10.62a	0.10a	2.86a	0.32a	0.06a
中期(50~60 年)	16.95b	12.70b	0.12b	3.78b	0.30a	0.05a
后期(80~100 年)	16.94b	12.69b	0.10a	3.93c	0.14b	0.08b

2.2 “天然林保护工程”对森林树种组成和年龄结构的影响

随模拟时间, 各树种分布面积占森林景观面积的比例之和基本呈稳定状态, 各树种分布面积比例的变化有区别(图 3a、表 4)。树种分布总面积在模拟的前 60 年由 132% 增加到 143%, 之后逐渐降低至模拟 100 年时的 131%。模拟 100 年后兴安落叶松和山杨的分布比例分别降低了 12.0% 和 1.3%, 云杉、樟子松、偃松和钻天柳分别增加了 1.0%、2.0%、2.4% 和 1.0%, 而白桦和甜杨均呈先增加后降低趋势。Duncan 检验结果表明, 与模拟初期相比, 模拟中期和模拟 100 年后云杉、樟子松、偃松和钻天



柳的分布比例均显著增加(长期>中期( $P<0.05$ )>短期( $P<0.05$ )),山杨和兴安落叶松的比例显著减少(模拟短期>模拟中期( $P<0.05$ )>模拟长期( $P<0.05$ )),白桦和甜杨在模拟前期显著增加而模拟后显著降低(模拟中期>模拟长期( $P<0.05$ )>模拟短期( $P<0.05$ ))。

森林年龄组成对“天然林保护工程”短期和中长期响应是有差别的(图3b、表4)。随模拟时间,幼龄林(8.9%~15.0%)和老龄林(0.3%~36.0%)呈上升趋势,成熟林比

例(33.0%~8.7%)有较大幅度的降低,中龄林分布比例(40.7%~25.4%)在模拟的前70年降低而后增加,过熟林比例(11.1%~9.0%)在模拟的前70年增加而后降低。Duncan 检验表明,与模拟初期相比,模拟中长期后幼龄林和老龄阶段比例的显著增加( $P<0.05$ ),中龄林((短期>长期( $P<0.05$ )>中期( $P<0.05$ ))和成熟林((短期>中期( $P<0.05$ )>长期( $P<0.05$ ))显著降低,过熟林显著增加(中期>长期( $P<0.05$ )>短期( $P<0.05$ ))。

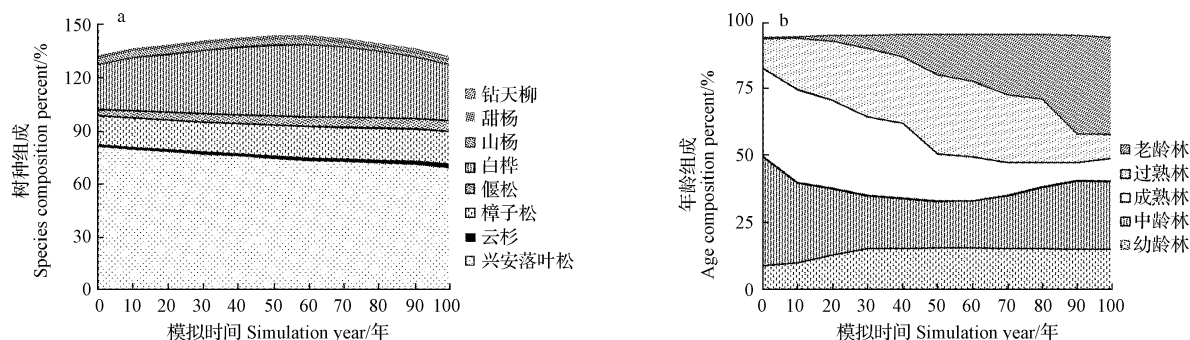


图3 伐后树种组成和年龄结构动态

Fig. 3 Dynamics of species and age composition after harvest

表4 森林树种组成和年龄结构多重比较结果

Table 4 Multiple comparisons of species and age composition %

树种组成	前期	中期	后期	年龄组成	前期	中期	后期
兴安落叶松	80.9a	77.2b	72.1c	幼龄林	10.5c	14.5b	15.6a
樟子松	4.17c	4.33b	4.75a	中龄林	24.5a	17.0c	20.3b
云杉	0.76c	0.90b	1.22a	成熟林	37.7a	29.6b	12.3c
偃松	14.9b	15.3a	15.8c	过熟林	19.9c	29.8a	26.2b
白桦	34.9c	38.8a	36.8b	老龄林	0.34c	4.41b	20.7a
山杨	3.45a	3.27b	2.06c				
甜杨	0.62b	0.69a	0.67ab				
钻天柳	0.95c	1.15b	1.40a				

## 2.3 “天然林保护工程”对景观格局的影响

模拟过程中,反映景观格局破碎程度的聚集度指数

几乎呈直线变化,树种分布格局和年龄分布格局的聚集度指数均显著降低(短期>中期( $P<0.05$ )>长期( $P<0.05$ ))(图4a、表5),年龄分布格局破碎程度的聚集度指数的反映尤为敏感。随模拟时间,香农多样性指数波动幅度较小(图4b),反映年龄分布格局的香农指数在模拟的前60年有较大幅度的增加,在模拟的后40年基本无变化;而反映树种分布格局的香农指数在整个模拟过程中变化幅度较均匀。Duncan 检验表明,与模拟初期相比,年龄分布格局的多样性显著增加(短期<中期( $P<0.05$ )<长期( $P<0.05$ )),而树种分布多样性仅在模拟80年后显著增加( $P<0.05$ )。

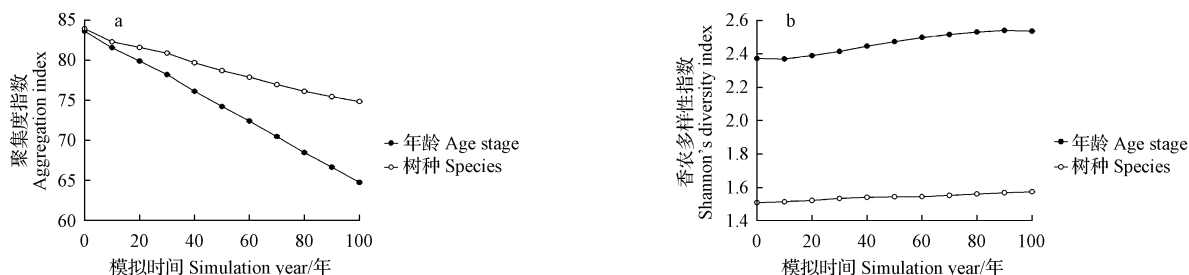


图4 景观格局指数随模拟时间的变化

Fig. 4 Change of landscape pattern index with simulations

表5 不同模拟时期景观格局指数的多重比较

Table 5 Multiple comparisons for landscape pattern index in different terms

模拟时间	年龄聚集指数	树种聚集指数	年龄多样性指数	树种多样性指数
前期	80.7a	83.1a	2.38c	1.51b
中期	76.1b	80.6b	2.44b	1.53ab
后期	68.5c	76.9c	2.52a	1.55a

## 3 结论与讨论

实施“天然林保护工程”的目的是实现森林生态和经济功能的可持续,结果表明模拟100年内有助于研究区内的木材的可持续生产,各树种总分布面积几乎无变化,但树种组成、年龄结构和景观格局均有较大变化。随模拟时间,潜在可采伐总量增加,主要经营树种如兴

安落叶松和白桦的可采量同样显著增加( $P < 0.05$ ),尤其是白桦可采伐量增加幅度最大,而云杉、山杨和甜杨的变化幅度不显著( $P > 0.05$ )。对于可采伐木材的种类组成而言,白桦和甜杨所占潜在木材采伐总量的比例增加,兴安落叶松、云杉和山杨 3 个树种的采伐量占潜在可采伐木材总量的比例降低。这可能与树种的生长繁殖特性有关<sup>[10]</sup>,兴安落叶松和云杉主要靠有性繁殖,采伐可能通过影响这 2 个树种的种子生产和扩散影响其更新<sup>[12]</sup>;白桦、山杨和甜杨 3 个树种具有较强的萌蘖能力,采伐能够促使进行无性繁殖的树种迅速占据林地空间,而山杨因其生理寿命较短,且耐寒性较差,故其生长和分布范围不如白桦和甜杨。这也可能是导致本区“天然林保护工程”实施后兴安落叶松和山杨的分布面积的显著降低( $P < 0.05$ ),云杉、偃松、樟子松、白桦、甜杨和钻天柳的分布比例均呈增加趋势的原因。

森林的年龄结构对森林经营管理的响应同样较迅速,模拟 100 年后呼中林业局中幼龄林比例由初始时的 49.5%降低至 40.0%,林龄在 140 年以上的林分比例由初始时的 11.4%增加至 44.0%,说明“天然林保护工程”达到了促进森林生长和更新的目的。“天然林保护工程”对森林景观格局表现为,中长期后森林树种分布格局和年龄格局的聚集度降低,多样性有增加,这说明中长期内该区森林景观可能趋于破碎化,这与陈宏伟等<sup>[19]</sup>的研究结果一致。该研究分析了森林经营对森林可利用木材、森林组成和景观格局的影响,但森林经营还通过改变林火和病虫爆发以等影响森林生长和景观<sup>[18]</sup>,这将在以后进行研究。

该研究借助于森林景观模型 LANDIS 模拟森林对生态系统管理的响应,可以为制定更合理的森林经营方案实现森林可持续发展提供参考。此外,虽然生态系统管理是影响森林最主要的因素<sup>[7-8]</sup>,森林的变化还受气候变化、病虫爆发和风等自然干扰的影响<sup>[7-8,21-22]</sup>。然而,这些过程在该研究中未考虑,这可能会给研究结果带来一定的不确定性,将在今后的工作中考虑这些因素及其交互作用对林区木材和森林景观的影响。

### 参考文献

- [1] DEN HERDER M, KOUKI J, RUUSILA V. The effects of timber harvest, forest fire, and herbivores on regeneration of deciduous trees in boreal pine-dominated forests[J]. Canadian Journal of Forest Research, 2009, 39(4): 712-722.
- [2] WANG W J, HE H S, SPETICH M A, et al. Modeling the effects of harvest alternatives on mitigating oak decline in a central hardwood forest landscape [J]. Plos One, 2013(8): e66713.
- [3] BERGERON, O, MARGOLIS H A, COURSOLE C, et al. How does forest harvest influence carbon dioxide fluxes of black spruce ecosystems in eastern North America? [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2008, 148(4): 537-548.
- [4] HE H S, HAO Z Q, MLADENOFF D J, et al. Simulating forest ecosystem response to climate warming incorporating spatial effects in North-Eastern China [J]. Journal of Biogeography, 2005, 32(12): 2043-2056.
- [5] CYR D, GAUTHIER S, BERGERON Y, et al. Forest management is driving the Eastern North American boreal forest outside its natural range of variability[J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2009, 7(10): 519-524.
- [6] SHIFLEY S R, THOMPSON F R, DIJAK W D, et al. Simulated effects of forest management alternatives on landscape structure and habitat suitability in the Midwestern United States [J]. Forest Ecology and Management, 2006, 229(1-3): 361-377.
- [7] GUSTAFSON E J, SHVIDENKO A Z, STURTEVANT B R, et al. Predicting global change effects on forest biomass and composition in South-central Siberia[J]. Ecological Applications, 2010, 20(3): 700-715.
- [8] LI X N, HE H S, WU Z W, et al. Comparing effects of climate warming, fire, and harvest on a boreal forest landscape of northeastern China[J]. Plos One, 2013(8): e59747.
- [9] 周以良. 中国大兴安岭植被[M]. 北京: 科学出版社, 1991.
- [10] 徐化成. 中国大兴安岭森林[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [11] 李月辉, 胡远满, 常禹, 等. 大兴安岭呼中林业局森林景观格局变化及其驱动力[J]. 生态学报, 2006, 26(10): 3347-3357.
- [12] GUSTAFSON E J, SHIFLEY S R, MLADENOFF D J, et al. Spatial simulation of forest succession and timber harvesting using LANDIS [J]. Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere, 2000, 30(1): 32-43.
- [13] ZOLLNER P A, ROBERTS L J, GUSTAFSON E J, et al. Influence of forest planning alternatives on landscape pattern and ecosystem processes in northern Wisconsin, USA [J]. Forest Ecology and Management, 2008, 254(3): 429-444.
- [14] 金龙如, 贺红士, 公霞, 等. 森林采伐对森林景观的长期影响模拟[J]. 生态学杂志, 2008, 27(4): 539-544.
- [15] 李晓娜, 贺红士, 吴志伟, 等. 大兴安岭北部森林景观对气候变化的响应[J]. 应用生态学报, 2012, 23(12): 3227-3235.
- [16] 胡远满, 徐崇刚, 常禹, 等. 空间直观景观模型 LANDIS 在大兴安岭呼中林区的应用[J]. 生态学报, 2004, 24(9): 1846-1856.
- [17] HE H S, MLADENOFF D J. Spatially explicit and stochastic simulation of forest-landscape fire disturbance and succession [J]. Ecology, 1999, 80(1): 81-99.
- [18] SHIFLEY S R, THOMPSON F R, LARSEN D R, et al. Modeling forest landscape change in the Missouri Ozarks under alternative management practices [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2000, 27(1-3): 7-24.
- [19] 陈宏伟, 胡远满, 常禹, 等. 森林采伐方式对森林景观的影响模拟: 以大兴安岭呼中林区为例[J]. 生态学杂志, 2013, 32(7): 1888-1895.
- [20] GUSTAFSON E, ZOLLNER P, STURTEVANT B, et al. Influence of forest management alternatives and land type on susceptibility to fire in northern Wisconsin, USA [J]. Landscape Ecology, 2004, 19(3): 327-341.
- [21] 陈宏伟, 胡远满, 常禹, 等. 不同虫害干扰强度下大兴安岭呼中林区森林景观变化模拟[J]. 中国科学院研究生院学报, 2011, 28(1): 65-72.
- [22] CANDAU J, FLEMING R A. Landscape-scale spatial distribution of spruce budworm defoliation in relation to bioclimatic conditions [J]. Canadian Journal of Forest Research, 2005, 35(9): 2218-2227.

DOI:10.11937/bfyy.201524052

# 基于文献的我国农业物联网研究发展态势分析

毕 洪 文<sup>1</sup>, 李 金 霞<sup>2</sup>, 宋 丽 娟<sup>1</sup>

(1. 黑龙江省农业科学院 信息中心, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 同方知网(北京)公司 黑龙江分公司, 黑龙江 哈尔滨 150006)

**摘 要:**为深入了解和把握我国农业物联网研究应用概况与发展态势,以中国知网数据库与中国专利全文数据库(知网版)为数据源,以“农业\*物联网”为主题,对我国农业物联网领域科技文献与专利成果进行了检索分析。结果表明:我国农业物联网相关科技报道始见于2010年,2011年后文献量快速增加。科技文献的主体为期刊论文、硕士论文及专利申请,主要围绕物联网在现代农业上的应用、物联网与智慧农业等开展相关研究;以物联网技术在智能农业中的应用为主体趋势。文献基金、研究机构等方面都表现出了以国家层面来源和南方地区来源为主的分布特点;在文献的年际变化中,期刊文献表现出较为明显的增长态势,硕士论文和专利申请文献量也较大,增长较快;博士论文文献增长比较缓慢;专利权人的来源较为广泛,企业的参与度较高,该领域的科技研发活动目前侧重于软件及系统研发、技术应用等。

**关键词:**农业;物联网;文献计量;CNKI;专利

**中图分类号:**S-058 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)24-0200-07

物联网被世界公认为是继计算机、互联网与移动通信网之后的世界信息产业第三次浪潮,从1999年起至今

有了极大的发展,并已逐渐渗透到各行业领域<sup>[1]</sup>。农业物联网是以感知为前提,实现人与人、人与物、物与物全面互联的网络。它是把传统农业转变为现代农业,从而实现农业生产的智能化、自动化;它可实现对农作物生长参数的实时监测,对农产品流通的实时跟踪<sup>[2]</sup>。农业

**第一作者简介:**毕洪文(1964-),女,硕士,研究员,现主要从事信息技术等方面的研究工作。

**收稿日期:**2015-09-10

## The Mid-long Term Effect of 'Natural Forest Protection Project' on Huzhong Forest in the Great Xing'an Mountain

LI Xiaona<sup>1,2</sup>, ZHU Lili<sup>1</sup>, HE Hongshi<sup>2</sup>, GUO Ruichao<sup>1</sup>, LI Xuhui<sup>1</sup>

(1. College of Life Science, Henan University, Kaifeng, Henan 475004; 2. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang, Liaoning 110016)

**Abstract:** An explicit forest landscape model, LANDIS was used to simulate the impacts of 'Natural Forest Protection Project' on the boreal forest of Huzhong forestry bureau in the northern Great Xing'an mountain, China. The potential timber, forest species composition, age structure and spatial pattern index (the Aggregation index, AI; the diversity index, SHDI) was evaluated. The results indicated that the Nature Forest Protection Project would benefit total and most species (except spruce and aspen) potential timber in the mid-long term, and strongly altered the species composition, age structure and spatial pattern, though changes in the total species area were few. Comparing that in the initial simulation, the abundance of birch increased by 6.4%, larch abundance decreased by 12%, and other species abundance such as spruce, zhangzisong, yansong, aspen, popular and willow changed little. Forest age structure also responded rapidly to the forest management regime, the abundance of unmaturing standing forest (age  $\leq 100$  yr) and mature forest respectively decreased by 10% and 24%, and the overmature standing forest (age  $\geq 180$  yr) increased to 33%. In addition, forest diversity and forest fragmentation would both increase under the current forest management regime.

**Keywords:** forest management; potential timber; species composition; age structure; landscape pattern; LANDIS model