

黑龙江省森林景观多样性动态

王天明^{1*} 王晓春¹ 国庆喜¹ 孙 龙¹ 桂广东²

1(东北林业大学, 哈尔滨 150040) 2(长春市净月开发区农林水发展局, 长春 130122)

摘要: 讨论了 1949-1981 年黑龙江省森林景观多样性的动态。利用 1949 年和 1981 年森林资源分布图, 选取 7 个有代表性的度量景观多样性的定量指标: 斑块密度、周长-面积分数维、聚集度、斑块散布与毗连指数、Shannon 多样性指数、优势度、均匀度, 在 ESRI'S ARCGIS 8 和 FRAGSTATS 3.3 软件支持下, 系统研究了景观元素空间格局的变化。结果表明在近 32 年的时间进程中, 区域森林景观破碎化现象加剧, 其中以红松 (*Pinus koraiensis*) 林的破碎化最为严重。从斑块多样性、格局多样性和类型多样性的动态变化分析看出, 原生的景观斑块类型在数量上不断减少或被异类景观所代替, 即景观类型所占景观表面的百分比发生了变化, 从而引起景观内部空间格局的改变。整个森林的景观多样性和景观类型分布的均匀性降低, 优势度增加。人类不合理的经济活动, 如毁林开荒、乱砍滥伐等, 改变了景观异质性, 从而造成景观多样性的变化。现在应该把对森林的保护和经营提到日程上来。天然林保护工程的实施对于促进林业部门休养生息、培育与保护森林资源, 保护生物多样性和改善生态环境等具有重要意义。保护现有森林资源, 实行采育结合, 实施天然林保护工程, 使森林的经营走可持续发展的道路是切实可行的解决办法。

关键词: 多样性, 异质性, 破碎化, 景观变化

中图分类号: Q149

文献标识码: A

文章编号: 1005-0094(2004)04-0396-07

Forest landscape diversity changes in Heilongjiang Province

WANG Tian-Ming^{1*}, WANG Xiao-Chun¹, GUO Qing-Xi¹, SUN Long¹, GUI Guang-Dong²

1 Northeast Forestry University, Harbin 150040

2 Agriculture, Forestry and Water Resources Development Bureau of Jingyue Development Zone of Changchun, Changchun 130122

Abstract: Landscape has been defined as a land area with groups of plant communities or ecosystems forming an ecological unit with distinguishable structure, function, geomorphology, and disturbance regimes. Landscape diversity is the number of ecosystems, or combinations of ecosystems, and types of interactions and disturbances present within a given landscape. We explored dynamics of forest landscape diversity in Heilongjiang Province during 1949-1981. According to the map of forest resource distribution in 1949 and 1981, some representative quantitative indices of landscape diversity, including patch density, perimeter-area fractal dimension, aggregation, interspersation and juxtaposition index, Shannon's diversity index, and dominance, were selected to describe the changes in the spatial pattern of landscape elements with the support of ESRI'S ARCGIS 8 and FRAGSTATS 3.3 software. The results showed that forest landscape spatial pattern in the region has tended to become fragmented, with Korean pine forest the most severely affected. Based on comparison of patch diversity, pattern diversity and type diversity, patches of primitive forest landscape decreased in abundance or were replaced by other landscape types, indicating that spatial variation of landscape pattern, as well as the diversity and evenness of the whole forest landscape declined over the 32 years, while dominance increased. Human irrational activities, such as unplanned logging and farming, changed landscape heterogeneity and resulted in changes in landscape diversity. Protecting natural forest resources, combining logging with afforestation, and sustainable use of forests is the only way to solve all of the problems.

Key words: diversity, heterogeneity, fragmentation, landscape change

收稿日期: 2003-10-22; 接受日期: 2004-04-08

基金项目: 国家重点野外科学观测实验站帽儿山站资助项目(20D1CCB00600)、黑龙江省森林工业总局资助项目(K2002061)和东北林业大学基金项目

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: wangtm112@yahoo.com.cn

景观多样性是指由不同类型的景观要素或生态系统构成的景观在空间结构、功能机制和时间动态方面的多样性或变异性,是景观水平上生物组成多样化程度的表征,它反映了景观的复杂程度(傅伯杰,1995;傅伯杰和陈利顶,1996)。在较大的时空尺度上,景观多样性构成了其他层次生物多样性的背景,并制约着这些层次生物多样性的时空格局及其变化过程(李晓文等,1999)。目前,有关遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性等层次上的研究工作较多,而景观多样性及其与其他层次生物多样性之间的跨尺度综合研究则起步较晚,近年刚刚受到重视(乌云娜和李政海,2000;马克明等,1998;Scheiner,1992;Hannes *et al.*,1998)。

森林是陆地生态系统的主体和重要的可再生资源,森林的类型、空间分布及斑块的数目和形状对区域的生态平衡有较大影响。森林生态系统为生物多样性的保护和维持提供了绝大部分场所(Battles *et al.*,2001)。黑龙江省是中国森林资源最丰富的省份,森林覆盖率和蓄积量均居全国首位,拥有中国面积最大的天然林区。但由于解放后长期重采轻育,采育失调,管理粗放,乱砍滥伐,毁林开荒,造成森林资源锐减,森林覆盖率、森林蓄积量和质量及生物多样性不断下降(周以良,1997)。

本项研究运用景观多样性指数定量描述了黑龙江省森林景观的空间特征,依据不同时期景观斑块数量特征的变化,分析了区域景观多样性的时间动态,并阐明主要的影响因素及研究结果的生态学意义,以便了解人类活动严重干扰下的森林景观动态,对人类活动胁迫下的森林景观规划和管理、生物多样性保护及森林资源的可持续利用有重要意义。

1 研究区域和方法

1.1 区域自然概况

黑龙江省位于中国东北边疆,北部和东部分别以黑龙江和乌苏里江与俄罗斯为界,西部靠内蒙古自治区,南邻吉林省。该区介于 $\lambda(E)$ $121^{\circ}11' - 135^{\circ}5'$, $\mu(N)$ $43^{\circ}25' - 53^{\circ}33'$ 之间。北部属寒温带大陆性季风气候,南部属温带大陆性季风气候。年平均气温 $-4.9 - 4.2^{\circ}C$, $\geq 5^{\circ}C$ 年积温 $1700 - 3000^{\circ}C$,年平均降雨量 $500 - 700$ mm,主要集中在6、7、8月份,无霜期 $80 - 150$ d,土壤类型主要是温带暗

棕壤、寒温带棕色针叶林土壤、灰色森林土和黑钙土。植被类型以森林、草原和农田为主,其中森林树种百余种,针叶树有红松(*Pinus koraiensis*)、樟子松(*Pinus sylvestris* var. *mongolica*)、红皮云杉(*Picea koraiensis*)、臭冷杉(*Abies nephrolepis*)等,阔叶树有水曲柳(*Fraxinus mandshurica*)、黄檗(黄波罗)(*Phellodendron amurense*)、核桃楸(*Juglans mandshurica*)等。本区是中国最大的林区和主要的粮食生产基地。

1.2 研究方法

根据黑龙江省1949年和1981年1:2500000森林资源分布图作为基本分析图件,在ARCGIS 8(workstation)软件下数字化后编辑、修改,得到两个时期森林景观空间分布图(图1,图2),并采用相同的分类系统和编码体系,建立空间数据库,以数字化的黑龙江省边界作为主控图层,进行坐标转换和投影转换,同时采用相同的精度控制(fuzzy,weed,dangle等)建立拓扑关系,拓扑后的矢量图分别导入Arcmap 8中通过空间分析模块完成从矢量到栅格的空间转换。景观空间取样采用统一网格样方取样法。因为本研究是在区域尺度上分析景观结构,网格分辨率选择 0.01° ,精度较高,以保证最小森林景观斑块不丢失。这样,两期森林景观分布图就具有可比性,能在相同的分类系统和数学基础上进行比较分析。

采用FRAGSTATS软件(McGarigal & Marks,1993)根据上述转换后的各期栅格图计算景观多样性分析指标,从斑块多样性、格局多样性和类型多样性三方面,选用斑块密度、周长-面积分数维、聚集度、斑块散布与毗连指数、Shannon多样性指数、优势度和均匀度等指标进行景观多样性的测定,分析研究区域景观空间结构特征和动态。

2 结果与分析

2.1 景观斑块多样性动态分析

斑块多样性是指景观中斑块数量、大小和斑块形状的多样性和复杂性,多考虑景观中斑块的总数,单位面积上斑块的数目(傅伯杰和陈利顶,1996;马克明等,1998)。斑块是物种的集聚地,是景观中物质和能量迁移与交换的场所,它的大小、形状、类型、边缘和数量对于景观多样性形成和分布具有重要意义。由图1、图2和表1可以看出,在32年的时间进

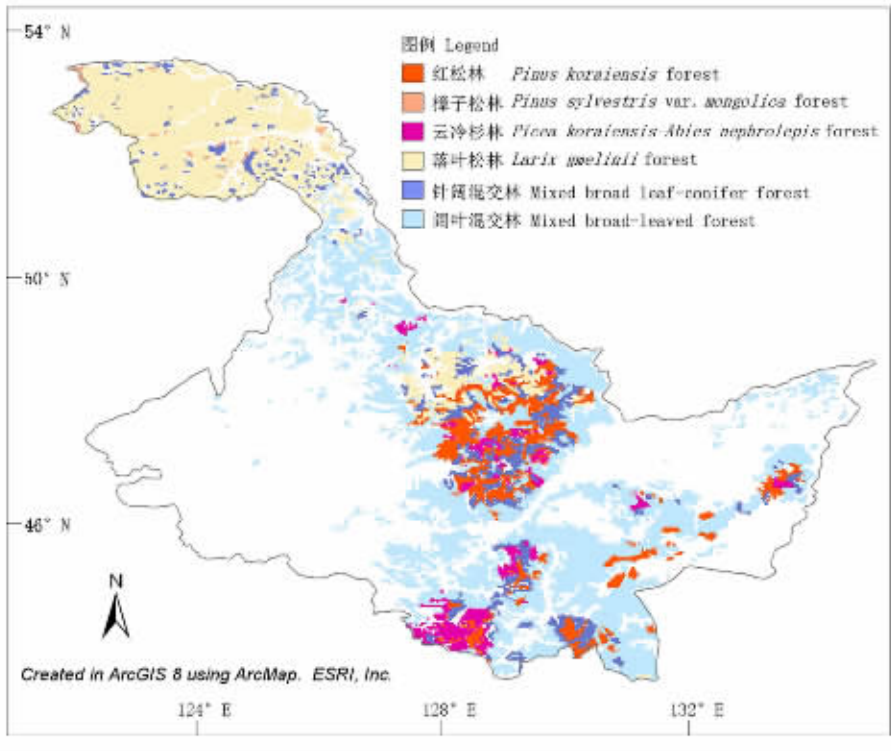


图 1 1949 年黑龙江省森林景观类型图
Fig. 1 A map of forest landscape types in Heilongjiang Province in 1949

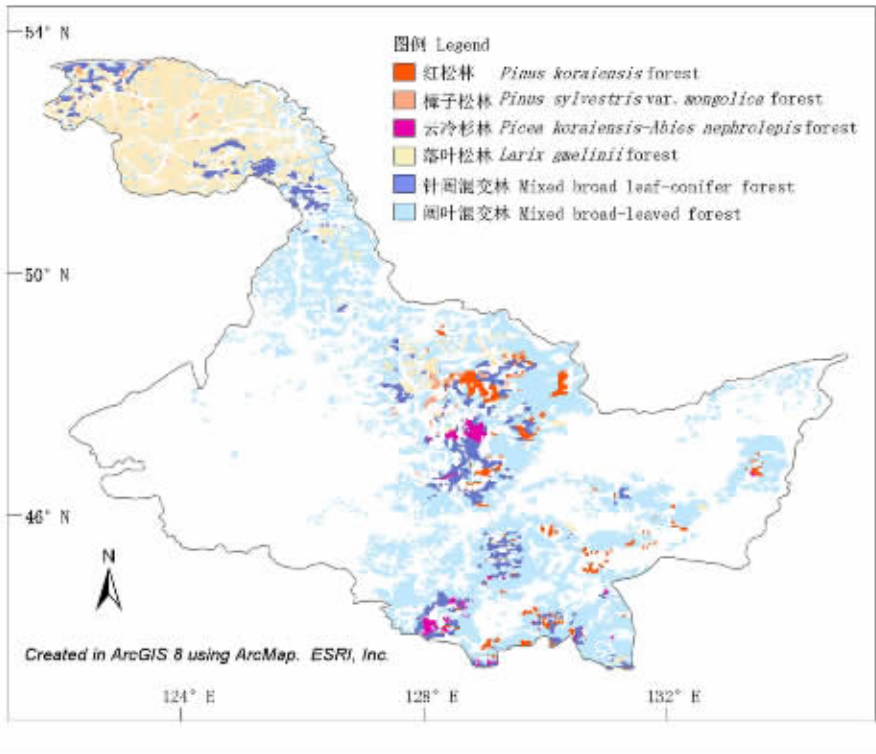


图 2 1981 年黑龙江省森林景观类型图
Fig. 2 A map of forest landscape types in Heilongjiang Province in 1981

程中,黑龙江省森林景观总面积急剧减少,但景观类型的波动是相对稳定的,没有新型的景观镶嵌体出现,斑块数量增加了 418 块。斑块数目明显增加的类型是红松林(T_1)、樟子松林(T_2)、落叶松(*Larix gmelinii*)林(T_4)、阔叶混交林(T_6),其中阔叶混交林斑块数目增加最为迅速,增加了 350 块,斑块面积明显增加的是樟子松林(T_2)和阔叶混交林(T_6)3 种类型,其中阔叶混交林(T_6)从 1949 年到 1981 年一直占据着优势地位,表明其较适于温带或寒温带高山或平原地区生长,是一种稳定的森林群落类型,斑块面积明显减少的是红松林(T_1)、云冷杉林(T_3)、落叶松林(T_4)、针阔混交林(T_5),但以红松林(T_1)减少最大。因为红松是一种优质的用材林树种,大面积原始红松林被砍伐,而红松成材时间较长,加之育林经营不当,所以红松林面积减少最大。而且红松种子近年来被人为采摘严重,造成红松林下的更新幼苗极少,致使红松天然更新非常困难。

斑块密度指数是用于描述景观破碎程度的一个指数。研究区 1981 年的总体斑块密度是 1949 年的两倍,除云冷杉林(T_3)外,其他 5 种斑块类型的斑块密度都有所增加,表明黑龙江省森林景观呈现出严重的破碎化。

分数维是用于描述斑块形状复杂程度的指数。根据图 3,景观总体周长-面积分数维减小,斑块的边界总体趋于相对简单;但红松林(T_1)的分数维(1.40 - 1.52)和云冷杉林(T_3)的分数维(1.25 - 1.33)呈增加趋势,形状趋于复杂,表明受破坏严重。

上述斑块数目、面积及形态的变化直接反映了干扰作用下景观单元剧烈变化的程度,从而揭示了

景观空间异质性的改变和景观多样性的变化问题。

2.2 景观格局多样性动态分析

格局多样性是指景观类型空间分布的多样性及各类型之间的空间关系和功能联系,多考虑景观中不同景观类型的空间分布和相邻景观类型间聚集与分散程度(傅伯杰和陈利顶,1996;马克明等,1998)。景观聚集度指数描述景观中不同景观要素的团聚程度,反映一定数量的景观要素在景观中的相互分散性,其值随斑块类型的聚集程度而增加。研究区从 1949 年到 1981 年景观总聚集度减小(图 3),表明景观总体由分散交错分布的许多异质小斑块组成,景观的异质程度高。毗连指数从另一个方面反映斑块的聚集程度,红松林(T_1)、云冷杉林(T_3)的毗连指数降低,表明只有小面积的零星分布。落叶松林(T_4)的聚集度和毗连指数降低(图 3),是因为兴安落叶松主要分布在黑龙江省最北部大兴安岭寒温带湿润针叶林区域,是重要的用材林(黑龙江森林编辑委员会,1993),从 1949 年到 1981 年随着人类干扰强度(采伐迹地和人的居住区)的增加,其落叶松林景观面积发生显著变化,特别是老龄林减少更加显著,森林内部生境面积减少,森林的斑块彼此被隔离。

通过以上的分析说明,原生的景观类型在数量上减少或被异类景观所代替,从而引起景观内部空间格局的改变。

2.3 景观类型多样性动态分析

景观类型多样性是指景观中类型的丰富度和复杂度,多考虑不同的景观类型在景观中所占面积的比例和类型的多少(傅伯杰和陈利顶,1996;马克明

表 1 不同时期景观类型的斑块数量特征
Table 1 The quantitative characteristics of patches of landscape types in 1949 and 1981

斑块类型 Patch type	斑块数目 Number of patch		所占比例 %		斑块面积 Area of patch(10 ⁶ hm ²)		所占比例 %	
	1949	1981	1949	1981	1949	1981	1949	1981
T_1	74	99	11.28	9.22	2.73	0.74	10.53	3.46
T_2	40	77	6.10	7.17	0.26	0.33	0.98	1.56
T_3	48	27	7.32	2.51	1.14	0.27	4.41	1.27
T_4	49	96	7.47	8.94	6.93	5.11	26.72	23.98
T_5	188	168	28.66	15.64	2.51	2.11	9.69	9.90
T_6	257	607	39.18	56.52	12.36	12.75	47.67	59.83
T	656	1074	100	100	25.93	21.30	100	100

T_1 : 红松林; T_2 : 樟子松林; T_3 : 云冷杉林; T_4 : 落叶松林; T_5 : 针阔混交林; T_6 : 阔叶混交林; T: 景观总体
 T_1 , *Pinus koraiensis* forest; T_2 , *Pinus sylvestris* var. *mongolica* forest; T_3 , *Picea koraiensis* - *Abies nephrolepis* forest; T_4 , *Larix gmelinii* forest; T_5 , Mixed broad-leaf - conifer forest; T_6 , Mixed broad-leaved forest; T, Landscape

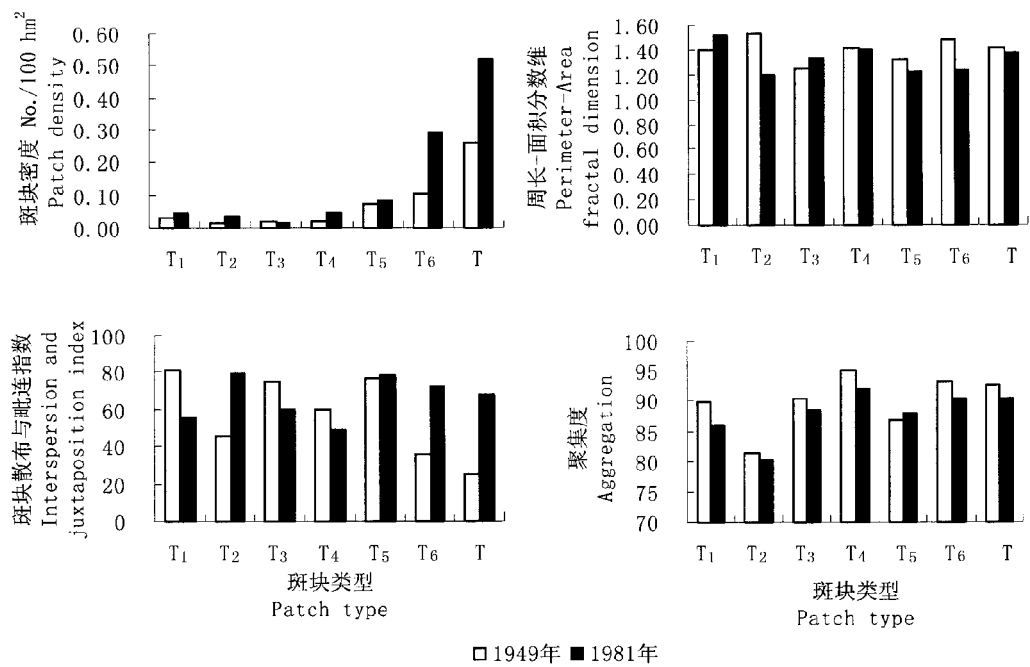


图3 两个不同时期景观斑块多样性和格局多样性指数比较
T₁ - T₆ 所表示的斑块类型同表 1。
Fig. 3 Comparison of the patch and pattern diversity index of landscape between 1949 and 1981. Patch types are the same as in Table 1.

等,1998)。森林景观多样性指数反映景观要素多少和景观要素所占比例变化。景观类型越多,各景观类型所占的比例越均匀,多样性指数越大。以不同时期景观中的斑块面积作为数量指标,计算各项多样性指数,结果见表2。由表1和表2看出:随着时间的推进,景观中的斑块数目从1949年的656个增加到1981年的1074个,整个森林的景观多样性(H)和景观类型分布的均匀性(E)降低,体现了在森林面积减少的同时森林类型的转换比较活跃,景观成分变得混杂;优势度指数(D_o)的变化与多样性指数的变化结果相反,从1949年的5.165升至5.896,这是由于阔叶混交林(T_6)一直占据优势并且面积大幅度增加(表2)。

表2 两个不同时期景观类型多样性指数的比较
Table 2 Comparison of landscape type diversity between 1949 and 1981

年 Year	H	D_o	E
1949	1.321	5.165	0.203
1981	1.084	5.896	0.155

H : Shannon 多样性指数 Shannon's diversity index; D_o : 优势度指数 Dominance index; E : 均匀度指数 Evenness index

3 讨论

3.1 景观多样性变化的原因

(1)从1949年起黑龙江森林担负着全国1/3 - 1/2商品材生产任务。超负荷采伐、人口暴增的压力加上保护森林的措施不力、毁林开荒、森林火灾和病虫害等原因,导致每年森林资源消耗量约为生长量的2.0 - 2.5倍,使森林资源急剧减少,森林质量也不断下降(黑龙江森林编辑委员会,1993)。

(2)毁林开荒和现代大农业的过度开发,使景观从原来高度多样化的自然生态系统演变为很少变化的农业生态系统,自然植被的面积大大减少,景观变得支离破碎,结果不可避免地导致景观异质性及生物多样性改变。所以黑龙江森林景观的巨大变化,是由于过量的采伐和强烈的人为干扰使森林景观面积大为减小:一部分森林转化为农田、草原、城镇等其他景观类型;一部分森林被砍伐后演变成退化为没有优势树种且用材率非常低的次生林;还有一部分森林退化成为沙漠。各个斑块类型中转化较少,其中红松林转化为针阔混交林较多,云冷杉林转化为落叶松林的也相对较多。

(3) 黑龙江省地处东亚地区,与欧洲和北美相比从白垩纪末起气候变化就相当小,没有发生因强烈的气候变化而引起整个植被更替的现象。虽然近些年来由于温室气体的迅速增加而导致的气温升高现象正在加剧,但只是在一定程度上影响其分布范围。温度的变化并没有超出某一树种的界限,所以不会引起森林分布的大面积减少或增加,尤其是与人类活动的影响和破坏相比较,就显得微不足道了。

3.2 研究结果的生态学意义

(1) 当前,天然森林锐减,全球水平的生物多样性正在以超出人们想象的速度降低,这一结果已经成为宏观生态过程及自然生态系统维持的威胁(Chapin *et al.* 2000)。黑龙江省的天然林资源主要分布在大、小兴安岭和长白山脉,是东北地区陆地生态系统的主体,对东北、华北乃至全国的生态平衡都有至关重要的影响。然而,由于半个多世纪的过量采伐,天然林资源锐减(特别是阔叶红松林),成、过熟林资源濒临枯竭,加之结构单一的人工生态系统的大面积出现,形成了极为多样的变化模式,已使这一地区的生态环境遭到了严重破坏,自然灾害时常发生。因此实施天然林资源保护工程迫在眉睫。天保工程的实施,将使天然林资源得到根本恢复,促进森林景观的连续性与完整性,维持生态系统的稳定和进化。

(2) 景观与人类活动作为宏观层次系统,本身具备一定的稳定性及抗干扰能力,同时又易受人类的影响及改造,景观所特有的“人类尺度”成为人类经济活动和生态管理的基本单元。人为干扰使黑龙江省森林景观破碎严重,直接影响生物多样性的保护。景观多样性研究体现了生物多样性研究的综合性,长期维持某一物种,既要考虑目标种及其种群,还要考虑它所在的生态系统及生态过程,以及从区域、景观水平上去考虑保护措施。近50年来,中国约有200种植物灭绝。由于每个物种都是一个基因库,物种的迅速减少和生态系统的大规模破坏必将导致遗传多样性的急剧丧失。自然保护区对保护自然生态环境和生物多样性具有重要意义。截至2002年底,我国共建立各类自然保护区1757处,总面积近1.33亿公顷,占国土面积的13.2%。黑龙江省有自然保护区144个,其中国家级自然保护区12个,自然保护区面积369.7万公顷,占黑龙江省面积的8.13%。保护区的建立,对重要森林生态系

统类型和关键物种的保护起到了重要作用,但在今后的生态规划中,仍要加强其建设,使具有代表性的自然生态区域或珍稀濒危野生动植物物种天然集中分布区域得到有效保护,并将使自然保护区从数量型向质量型转变。

(3) 景观多样性和景观异质性之间有密切的关系。景观异质性是指景观类型的差异,类似于景观类型的多样性,代表的是景观镶嵌的空间复杂性,是土地镶嵌所固有的特征,存在于任何尺度上,可以被认为是生物多样性发展的结构基质。景观异质性的存在决定了景观空间格局的多样性和斑块多样性。一般来说,景观异质化程度愈高,愈有利于保持景观中的生物多样性。维持良好的景观异质性,能够提高景观的多样性与复杂性,有利于景观的持续发展(李团胜,1998;赵玉涛等,2002)。自然景观的科学规划管理是保护生物多样性的核心,随着人口的增加,生产用地、工矿用地、居民点建筑用地和交通用地都大量增加,自然景观逐渐被更多的人文景观所取代,景观异质性也将极大降低。同质景观失去了异质景观所带来的共生与和谐,带来了日趋严重的生态问题乃至生态灾难,如水土流失、沙尘暴、大气污染、温室效应、生物多样性降低等等。基于此,区域人文景观的异质化建设就成为一种必然。人们在使用土地时有必要保留一定面积比例的土地用于特定的景观元素的维护 and 建设,如农林防护网、草原的限牧区等,以维护整个景观生态镶嵌体的稳定和区域的持续发展。

(4) 生物多样性研究可以有两条途径:一是从遗传多样性、物种多样性等底层开始的“Bottom-up”的途径,这种研究途径强调系统的组分作用,利于揭示自然状况下生物多样性发生、维持、丧失的微观机制,但往往忽略人为干扰等外部环境的作用。目前人类活动通过直接或间接作用,对种群、生态系统等各层次生物系统均造成了巨大影响,生物多样性的丧失、物种绝灭早已不是自然界正常演化过程的结果。因此,生物多样性保护应特别重视另一条“Top-down”的研究途径,这种途径将人为干扰看作生物多样性丧失的主要因素,强调人为干扰下景观格局的改变对遗传多样性、物种多样性、生态系统多样性的影响,并据此制定相应的生物保护战略,这正是景观生态学所侧重的研究途径(李晓文等,1999)。

4 结论

(1)森林景观多样性是区域生态平衡和可持续发展的基础。研究区从20世纪40年代到80年代,森林景观总面积急剧减少,景观呈现出严重的破碎化。从斑块多样性、格局多样性和类型多样性的动态变化分析看出,原生的景观斑块类型在数量上减少或被异类景观所代替,即景观类型所占景观表面的百分比发生了变化,景观多样性和景观类型分布的均匀性降低,优势度增加,从而引起景观内部空间格局的改变。

(2)人类不合理的经济活动,如毁林开荒、乱砍滥伐等,改变了景观异质性,从而造成景观多样性的变化,而气候变化加剧了这一趋势。

(3)天然林生态系统中的物种多样性最丰富,天然林消退是生物多样性面临的最大威胁。天然林保护工程和自然保护区的建立,不仅是直接地保护天然林中的物种多样性,更重要的是保护物种的生境,这样可以把对个别物种的保护转到生态系统或整个景观格局尺度上,从景观生态学和保护生物学理论着手,采用区域景观保护战略,加强科学的规划和管理,以实现保持生物多样性的长远战略。另外,景观多样性的保存也有利于景观异质性的维持。

参考文献

Battles, J. J., Shlisky, A. J., Barrett, R. H., Heald, R. C. and Allen-Diaz, B. H. 2001. The effects of forest management on plant species diversity in a Sierran conifer forest. *Forest Ecology and Management*, **146**: 211 – 222.

Chapin, F. S. III, Zavaleta, E. S. and Eviner, V. T. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature*, **405**: 234 – 242.

Editorial Committee of Forest of Heilongjiang (黑龙江森林编辑委员会). 1993. *Forest of Heilongjiang* (黑龙江森林). China Forestry Publishing House, Beijing, 21 – 31. (in Chinese)

nese)

Fu, B. J. (傅伯杰). 1995. Landscape diversity analysis and mapping. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **15**: 345 – 349. (in Chinese with English abstract)

Fu, B. J. (傅伯杰) and Chen, L. D. (陈利顶). 1996. Landscape diversity types and their ecological significance. *Acta Geographica Sinica* (地理学报), **51**: 454 – 462. (in Chinese with English abstract)

Hannes, P., Ülo, M. and Aarne, L. 1998. Landscape diversity changes in Estonia. *Landscape and Urban Planning*, **41**: 163 – 169.

Li, X. W. (李晓文), Hu, Y. M. (胡远满) and Xiao, D. N. (肖笃宁). 1999. Landscape ecology and biodiversity conservation. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **19**: 399 – 407. (in Chinese with English abstract)

Li, T. S. (李团胜). 1998. Heterogeneity and its maintenance of urban landscape. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), **17**(1): 70 – 72. (in Chinese with English abstract)

Ma, K. M. (马克明), Fu, B. J. (傅伯杰) and Zhou, H. F. (周华峰). 1998. Measuring landscape diversity: affinity analysis of pattern diversity. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **18**: 76 – 81. (in Chinese with English abstract)

McGarigal, K. and Marks, B. J. 1993. *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*. Oregon State University, Oregon.

Scheiner, S. M. 1992. Measuring pattern diversity. *Ecology*, **73**: 1860 – 1867.

Wuyunna(乌云娜) and Li, Z. H. (李政海). 2000. Changing of landscape diversity with time in Xilinguole Steppe. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), **24**: 58 – 63. (in Chinese with English abstract)

Zhao, Y. T. (赵玉涛), Yu, X. X. (余新晓) and Guan, W. B. (关文彬). 2002. Review on landscape heterogeneity. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **13**: 495 – 500. (in Chinese with English abstract)

Zhou, Y. L. (周以良). 1997. *Vegetation Geography of Northeastern China* (中国东北植被地理). Science Press, Beijing, 30 – 33. (in Chinese)

(责任编辑: 闫文杰, 周玉荣)