

文章编号:1001-1498(2005)02-0222-05

景观破碎化对生物多样性的影响

刘建锋¹, 肖文发², 江泽平¹, 冯霞¹, 李秀英¹

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091;

2. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 北京 100091)

摘要:景观破碎化是生物多样性下降的最主要的原因之一。破碎化阻碍了种群间的基因交流,引起近交衰败;改变了物种生存所需的生物地理环境,减小物种的生存空间;改变了生态系统特性,影响系统内的能量平衡和物质流动,加剧了外来物种的入侵。本文通过对上述方面的阐述,旨在更好地理解景观破碎化对生物多样性产生的深刻影响,并对下一步的研究方向进行了初步探讨。

关键词:景观破碎化;生物多样性;遗传多样性;物种;生态系统

中图分类号:S718 **文献标识码:**A

A Study on the Influence of Landscape Fragmentation on Biodiversity

LIU Jianfeng, XIAO Wenfa, JIANG Zeping, FENG Xia, LI Xiuying

(1. Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China;

2. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract: Landscape fragmentation is one of the major reasons which lead to the drastic degression or loss of biodiversity over the world. It blocked gene flow among populations, caused inbreeding depression; and altered bio-geographical environments the species depended on, and minished the living space of the species. On the other hand, fragmentation transformed the traits of eco-systems, affected energy balance and matter flow, and attracted invasion of extra-species. The paper described the above mentioned aspects in order to better understand the profound effects of landscape fragmentation on biodiversity. The issues or hot spots of future study in this field, as well as conservation approaches, were also discussed.

Key words: landscape fragmentation; biodiversity; genetic diversity; species; ecosystem

由于人类的剧烈干扰,目前地球上有许多物种和生态系统都处于濒危的境地,热带雨林的生物多样性丧失最为严重,保护生物多样性已成为全世界关注的重大问题。生物多样性的丧失主要是由人类活动对生物生境和生物过程与生态联系的破坏以及对物种的直接捕杀而造成的基因、物种和生态系统多样性的锐减。人为活动所造成的景观破碎化是生物多样性丧失的主要原因之一。保护生物多样性的有效途径之一就是了解景观破碎化产生的原因,从根本上减弱景观破碎化程度。地球上的物种正面临

着前所未有的危机,有许多物种在人类还未给它们命名之前,就已经携带着它们特有的基因资源永远消失了。保护生物多样性是当前刻不容缓的重要任务。

景观是空间上不同生态系统的聚合。一个景观是包括空间上彼此相邻、功能上互相有关、发生上有一定特点的若干个生态系统的聚合。左诺费尔德指出,景观是指“地球表面空间的一部分,是由岩石、水、空气、植物、动物以及人类活动所形成的系统的复合体,并通过其外貌构成一个可识别的实体”^[1]。

收稿日期:2003-11-06

基金项目:国务院三峡水力建设委员会、国家林业局“三峡库区陆生野生动植物监测”系统(SX2001-012)及中国林科院科学技术发展研究基金(2004-M-10)

作者简介:刘建锋(1977—),男,江西萍乡人,硕士,助理研究员,主要从事保护生物学研究。Email:liujf@caf.ac.cn

Forman 等^[2]则将景观定义为“以类似方式重复出现的、相互作用的若干生态系统的聚合所组成的异质性土地地域”。总之,可以认为景观是生态系统的聚合体,构成这些聚合体的各个生态系统之间存在着物质和能量流动以及相互影响,同时,这个聚合体与一定的气候和地貌特征以及一定的干扰状况相联系,而把景观的组成单元称之为景观要素。按照各种景观要素在景观中的地位 and 形状,可将其分为三种类型^[1-3]:斑块、廊道与基质。

1 景观破碎化

景观破碎化是指由于自然或人为因素的干扰,原来连续的景观要素经外力作用后变为许多彼此隔离的不连续的斑块镶嵌体或嵌块。直观上表现为:斑块数量增加而面积缩小,斑块形状趋于不规则,内部生境面积缩小,廊道被截断以及斑块彼此隔离^[4]。破碎化可分为两个不同的类型:地理破碎化和结构破碎化^[5]。前者指一块完整地区被分割成较小的完整的部分,形成与粗类景观相似的景观;后者指景观分成细小的碎块,当地植被残余嵌入外来的基质中。人类活动对生态系统、景观的最大危害是促其破碎化。了解斑块形成、演变的动态规律和边缘效应,以及景观破碎化对生物群落和生态过程的影响,是探索保护群落、生态系统完整性途径和方法的前提^[6]。整个破碎化过程是一个连续动态过程,它取决于人类的土地利用,而土地利用又受到破碎化速率的影响,这一点在地中海地区表现最为明显^[7]。破碎化是一种与尺度极其相关的过程,不同的尺度下所描述的景观破碎化不尽相同^[8,9]。诸如在大尺度下研究农业景观时,不同作物类型仅能作为一种景观要素出现,一些水渠、田间小路之类将融合在作物中,可辨识度降低,农业景观的破碎化程度降低,而在小尺度下,把不同作物分别看成不同的景观要素,水渠和田间小路将作为廊道出现在景观中,可辨识度提高,导致破碎化程度提高。

自然景观是由各种不同的生态系统组合在一起的一个个斑块镶嵌体,因此自然景观存在着一定的异质性。自然干扰在森林和其它植被中能产生不同发育阶段的斑块镶嵌体,在植被的自然异质性形成中起着重要的作用。一般认为,适度的干扰能增加景观的异质性,异质性景观是生物多样性产生的根源,但高强度的干扰会降低景观的异质性而产生均质化,导致生物多样性的丧失。景观的异质性强,一

方面引起镶嵌体及大镶嵌体内部环境的物种减少;另一方面,引起镶嵌体内缘生境、边缘物种数目增大,即景观异质性减少了内部稀有种的丰度,增加了边缘种的丰度,也增加了要求两个或两个以上景观单元物种的丰度,同时提高了潜在的总物种的共存性。自然景观一般都是异质性的,适合于某个种的生境在景观中往往是不连续的,因此,许多物种都是以异质种群的形式存在的。保持不同斑块间的传播或移动不受障碍,对于异质种群的维持十分重要^[10]。既然自然景观中斑块镶嵌是好的,那么为什么人为引起的破碎化就不好呢?这是因为自然的景观和人类破坏后所形成的景观有本质的区别^[11],如:自然的景观具有丰富的内部斑块结构(如有许多林隙、倒木及不同的群落垂直层次等),而破坏后的景观则拥有较为简单的内部斑块结构(如农田、皆伐地、同一树种、同一树龄的同样大小个体的人工纯林等);自然景观相邻斑块间的对比度比人工破碎景观相邻斑块间的对比度小,因此,潜在的边缘效应也就小。边缘效应是造成不同形状的斑块中生态学差异的最重要的原因^[3],大多数观点认为,物种消失的主要原因是森林片断化后产生的“边缘效应”^[12];人工破碎景观的某些特性(如道路及各种人为活动)对于种群的生存力会有严重的影响。

物种如果不能适应破碎景观,那么它就必然走向灭绝。在陆地生态系统中,破碎化往往是以植被基质中空隙的形成开始的,在一定时期内景观的基质是自然的植被,物种的多度和格局这时还很少受到影响;但随着空隙变得越来越大,越来越多时,这些空隙反而变成了景观中的基质,而自然植被却变成了空间基质中的一个一个斑块。这些自然植被斑块就像沉浸在被干扰后景观基质中的一个一个“岛屿”一样,这样的“岛屿”在陆地生态系统中就称为“生境岛”^[10]。

2 生物多样性与景观破碎化

生物多样性是生物及其与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总称,包含三个层次的含意^[13,14]:(1)遗传多样性,即指所有遗传信息的总和,它包含在动植物和微生物个体的基因内;(2)物种多样性,即生命机体的变化和多样化;(3)生态系统多样性。遗传多样性是改良品质的源泉,物种多样性是人类生存和发展的基础,生态系统多样性则是物种多样性和遗传多样性的保证^[14]。大量

的证据表明,现在是物种大量灭绝的开始阶段^[15],当今生物灭绝的速度几乎超过了史前的任何时期。据估计人类在地球上出现之前,物种的灭绝速率是每4 a才有一个物种消失,而现在每天大约有75个种灭绝,是自然本底灭绝速率的10万倍^[16]。加强生物多样性保护是每个地球公民的重要义务之一。目前生物多样性的丧失主要有以下6方面的原因:(1)栖息地的消失;(2)栖息地(景观)的破碎化;(3)外来种的入侵和疾病的扩散;(4)过度开发利用;(5)水、空气和土壤的污染;(6)气候的改变。其中,栖息地的破碎和消失是景观破碎最明显的后果之一。

2.1 景观破碎化对遗传多样性的影响

遗传多样性是生物多样性的基础,代表着物种适应环境变异的能力。就个体而言,遗传多样性被认为与大多数物种的适合度呈正相关,当某一物种的遗传多样性消失后,就再不可能恢复了,而当遗传多样性降至某一阈值后,近交衰败难以避免,就会导致物种“涡旋”式灭绝。各种因素引起的景观破碎化使遗传物质交流中断,导致种内不能交配,如美洲豹、虎等,同时增加了孤立种群的遗传漂变效应,使种群结构趋于简化^[17]。破碎化造成的遗传隔离导致植物种群中花粉不育、自交不相容等生物学后果^[18]。种群遗传结构在进化上具有显著意义,是生物多样性保护的基本单元。景观破碎化对种群遗传结构的影响体现在:(1)在小种群中,由于个体数目少,遗传漂变的作用比较突出;(2)种群近交增大;(3)种间隔离增大,阻碍种群间的基因交流。这3种遗传后果对种群的遗传多样性、适合度和种群分化均产生深刻影响^[19],导致种群退化。

2.2 景观破碎化对物种多样性的影响

物种多样性是生物多样性研究的基本层次,物种也是生物分类系统的基本单元。每个物种对生存空间的要求各不相同。景观破碎化导致生物生境的破碎化,致使生物生存空间割裂和缩小。要求较大空间的特殊种与较少受细粒破碎化影响的普通种相比,破碎化减少了特殊种的栖息地,却对普通种的生存较为有利。景观的破碎化对物种的影响可借用岛屿生物地理学的一些概念来解释。相对于大块林地,小块林地物种较少且普通种较多,特殊种的数量随林地面积的扩大而增加。在智利,生境的破坏是造成鸟类区系丰度和多样性降低的主要原因^[20]。对斑块破碎化敏感的物种的移居和定殖能力相对较弱,非洲热带森林下层林木内的鸟对景观破碎化特

别敏感,动物的扩散和迁移随破碎化的速率而增高,如Kattan等^[21]研究了美国哥伦比亚市San Antonio高地森林景观破碎化对鸟类物种多样性的影响,他比较了1911年与1959年、1963年、1989年鸟类的普查资料,发现有24种鸟类消失,主要原因是景观破碎化后,这些物种所需要的生物地理环境以及觅食结构的复杂性发生了变化。

2.3 景观破碎化对生态系统多样性的影响

破碎化产生的片断生境在物理、化学和生物学因素方面都发生了一系列的变化^[22]。(1)片断生境的能量平衡明显不同于全部被茂密的植被覆盖的景观。例如,农田生态系统取代自然植被后,由于到达地面的太阳辐射增加,地表反射率的改变和夜间地表热辐射的增加,地表及土壤表层的温度日较差变大,植物遭受霜害的可能性增加^[23]。(2)景观破碎导致片断生境受风的影响加大。风的影响包括对植被的机械损伤和增加植被的蒸散,风还会对植被产生间接影响。外来种的传播体可能通过风携带到剩余斑块中,从而产生难以估量的潜在影响。(3)景观破碎影响生态系统的水分循环。由于蒸腾速率和蒸发速率的改变以及拦截降水的减少,土壤水分含量变化幅度加大,地表径流增加。表土的流失可能导致河流的淤积,水分循环的改变还能引起外来物种的入侵,影响枯落物分解速度和土壤动物的活动等^[23]。(4)生境破碎影响物种种群迁入率和灭绝率^[24]。景观的破碎主要通过影响生物的生存空间、多度、片断的占据率、个体增补率等加剧种群的灭绝^[22,25,26]。

总而言之,景观破碎化会对生存于其中的物种产生一系列的影响,如影响种群的大小和灭绝速率、扩散和迁入、种群遗传和变异、种群存活力等;改变生态系统中的一系列重要关系:捕食者—食物、寄生物—寄主、传粉者—植物以及共生关系等^[27,28],还使斑块对外部干扰表现得更加脆弱,如风暴和干旱,威胁这些斑块的存在和物种多样性的维持。景观破碎化导致诸如一次性排除、障碍与隔离、拥挤效应等生物学后果^[8],直接影响到物种在生态系统中的生存和生物多样性的保护^[29-32],这是生物多样性消失的最主要原因之一^[33-36]。一般认为,人类活动强度与景观破碎度成正比关系,人类活动的加强导致破碎化程度的加大^[37-40]。栖息地的破碎化则导致栖息地内部环境条件的改变,使物种缺乏足够大的栖息和运动空间,并有利于外来物种的侵入,而物种的入

侵急剧地改变了动物、植物、微生物的分布、密度、遗传进化、种群动态及其所在生态系统的特性。生物入侵会改变局部、区域及全球尺度上的生物多样性,并加速物种灭绝速率。当栖息地斑块破碎到无真正的内部环境时,会导致物种减少,甚至会导致许多在栖息地内部生存物种的灭绝^[41]。适应于在大的整体景观中生存的物种一般扩散能力都很弱,所以最易受到破碎化的影响。栖息地的消失则直接导致物种的迅速消亡。

3 展望

生物多样性研究的目的是为了**保护生物资源**并使其能持续利用,而景观的破碎化是导致生物多样性丧失的主要原因之一。目前,景观(生境)破碎化的研究重点多集中在动物类群,而破碎化对植物种群的影响的研究,多限于对现象或结果的描述。由于景观破碎化成因的复杂性,在研究破碎化对生物多样性影响时,除要考虑尺度问题外,还要注重研究类群的特征,如动物的可运动性和植物的固着性及其个体的大小、行为等方面的特征;而野外调查、固定样地的建立、标准化模型的构建以及 GIS 软件的应用开发等仍将是研究景观破碎化对生物多样性影响的主要方法。破碎景观中物种的绝灭阈值^[42]、异质种群动态^[43]、生态系统的生态过程^[44~46]等将成为今后研究的热点。

人为干扰的客观存在使科学的景观规划成为必然,一般可以采取以下通常认为有效的途径来减少破碎化程度^[17,47,48]: (1) 建立绝对保护的栖息地核心区,这是自然保护中最传统的战略,其基本思想是将保护对象(残遗斑块或濒危物种栖息地)尽量完整地保护起来,并将人类活动排斥在核心区周围的缓冲区以外^[42]; (2) 建立缓冲区以减少外围人为活动对核心区的干扰; (3) 廊道能够减轻生境片断化伤害^[49],在栖息地之间建立廊道,廊道的联系和辐射功能使它们成为促进未来生物多样性进化的重要景观结构。根据这一功能,廊道的设计应与生物进化的轨迹相适应,连接重要的物种源以保护不断的物种交流和辐射; (4) 在关键性的部位引入或恢复乡土景观斑块。

参考文献:

[1] 俞孔坚. 景观:文化、生态与感知[M]. 北京:科学出版社,1998
 [2] Forman R, Gbdron M. Landscape Ecology[M]. New York: Wiley, 1986
 [3] 徐化成. 景观生态学[M]. 北京:中国林业出版社,1996

[4] 李哈宾. 景观生态学中的定量方法[M]. 北京:中国科技出版社, 1992
 [5] Lord J M, Norton D A. Scale and the spatial concept of fragmentation [J]. Conservation Biology, 1990, 4: 197 ~ 202
 [6] 王宪礼, 肖笃宁, 布仁仓, 等. 辽河三角洲湿地的景观破碎化分析 [J]. 应用生态学报, 1997, 7(3): 299 ~ 304
 [7] Farina A. Principles and methods in landscape ecology[M]. London: Chapman and Hall, 1998
 [8] 赵弈, 李月辉. 实用景观生态学[M]. 北京:科学出版社, 2001
 [9] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M]. 北京:高等教育出版社, 2000
 [10] 臧润国, 刘世荣, 蒋有绪. 森林生物多样性保护原理概述[J]. 林业科学, 1999, 35(4): 29 ~ 37
 [11] Meffe G K, Carroll C R. Principles of conservation biology[M]. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc., 1994
 [12] 周华锋, 傅伯杰. 景观生态结构与生物多样性的保护[J]. 地理科学, 1998, 18(5): 472 ~ 478
 [13] 王献溥, 刘玉凯. 生物多样性的理论与实践[M]. 北京:中国环境科学出版社, 1994
 [14] 付健全. 森林与生物多样性及其保护策略[J]. 林业资源管理, 1994, 4: 37 ~ 39
 [15] Soule M E. Conservation: tactics for a constant crisis[J]. Science, 1991, 253: 744 ~ 750
 [16] 刘世荣, 蒋有绪, 史作民, 等. 中国暖温带森林生物多样性研究 [M]. 北京:中国科技出版社, 1998
 [17] 李晓文, 胡远满, 肖笃宁. 景观生态学与生物多样性保护[J]. 生态学报, 1999, 19(3): 399 ~ 408
 [18] Warburton C L, James E A, Fripp Y J, et al. Clonality and sexual reproductive failure in remnant populations of *Santalum lanceolatum* (santalaceae) [J]. Biological Conservation, 2000, 96(1): 45 ~ 54
 [19] Jr Rhodes O E, Chesser R K. Genetic concepts for habitat conservation: the transfer and maintenance of genetic variation[J]. Landscape and Urban Planning, 1994, 28: 55 ~ 62
 [20] Willson M F, DeSanto T L, Sabag C, et al. Avian communities of fragmented south temperate rainforests in Chile [J]. Conservation Biology, 1994, 8: 508 ~ 520
 [21] Kattan G H, Alvarez-Lopez H, Graldo M. Forest fragmentation and bird extinctions: San Antonio eighty years later [J]. Conservation Biology, 1994, 8: 138 ~ 146
 [22] Primack R B. Essentials of conservation biology[M]. Sunderland Massachusetts: Sinauer Associates, Inc., 1993
 [23] Saunders D A, Hobbs R J, Margules C R. Biology consequence of ecosystem fragmentation: A review [J]. Conservation Biology, 1991, 5(1): 18 ~ 32
 [24] Gehring T M, Swihart R K. Body size, niche breadth, and ecologically scaled responses to habitat fragmentation: mammalian predators in an agricultural landscape [J]. Biological Conservation, 2003, 109(2): 283 ~ 295
 [25] Husband B C, Barrett S C H. A metapopulation perspective in plant population biology [J]. Journal of Ecology, 1976, 84: 461 ~ 469
 [26] Mazerolle D F, Hobson K A. Physiological ramifications of habitat selection in territorial male ovenbirds: consequences of landscape fragment-

- ation[J]. *Oecologia*, 2002, 130(3): 356 ~ 363
- [27] Harris L D. The fragmented forest[M]. Chicago: The University of Chicago press, 1984
- [28] 韩兴国. 岛屿生物地理学理论与生物多样性保护[A]. 见: 钱迎倩, 马克平. 生物多样性研究的理论与方法[M]. 北京: 中国科技出版社, 1994: 83 ~ 103
- [29] Vos C C, Chardon J P. Effect of habitat fragmentation and road density on the distribution pattern of the moon frog, *Rana arvalis*[J]. *Journal of Applied Ecology*, 1998, 35(1): 44 ~ 46
- [30] Fitzgibbon C D. Small mammals in farm woodlands: the effect of habitat, isolation and surrounding landscape patterns[J]. *Journal of ecology*, 1997, 34(2): 530 ~ 539
- [31] Panek M. The effect of agricultural landscape structure on food resource and survival of grey partridge "Perdix" chicks in Poland[J]. *Journal of Applied Ecology*, 1977, 34(3): 787 ~ 792
- [32] Kurki S, Helle P, Linden H. landscape fragmentation and forest composition effects on grouse breeding success in boreal forests[J]. *Ecology*, 2000, 81(7): 1985 ~ 1997
- [33] 邬建国. 自然保护与保护生物学: 概念与模型[A]. 见: 刘建国. 现代生态学进展[M]. 北京: 中国科技出版社, 1992: 174 ~ 186
- [34] 张知彬. 生物多样性保护的若干理论基础[A]. 见: 钱迎倩, 马克平. 生物多样性研究的理论与方法[M]. 北京: 中国科技出版社, 1994: 36 ~ 54
- [35] 郭勤峰. 物种多样性研究的现状与趋势[A]. 见: 李博. 现代生态学讲座[M]. 北京: 科学出版社, 1995: 89 ~ 107
- [36] Hanski I. Metapopulation dynamics[J]. *Nature*, 1998, 396: 41 ~ 49
- [37] 中国科学院生物多样性委员会. 中国生物多样性现状与保护[M]. 北京: 科学出版社, 1992
- [38] 陈利顶, 傅伯杰. 黄河三角洲地区人类活动对景观结构的影响分析[J]. *生态学报*, 1996, 16(4): 337 ~ 344
- [39] 李朝生, 梁存柱, 王伟, 等. 内蒙古乌拉盖地区景观破碎化与土地利用对策的研究[J]. *干旱区资源与环境*, 1999, 13(1): 65 ~ 72
- [40] 周华锋, 傅伯杰. 人类活动对北京东灵山地区景观格局分析[J]. *自然资源学报*, 1999, 14(2): 117 ~ 122
- [41] Blake J G, Karr J R. Breeding birds of isolated woodlots: area and habitat relationships[J]. *Ecology*, 1987, 68: 1724 ~ 1734
- [42] Fahrig L. How much habitat is enough? [J] *Biological Conservation*, 2001, 100: 65 ~ 74
- [43] Hanski I A, Gilpin M E. *Metapopulation Biology: Ecology, Genetics, and Evolution*[M]. London: Academic Press, 1997
- [44] Harrison S, Bruna E. Habitat fragmentation and large-scale conservation: what do we know for sure? [J] *Ecography*, 1999, 22: 225 ~ 232
- [45] Laurance W F, Lovejoy T E, Vasconcelos H L, et al. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation[J]. *Conservation Biology*, 2002, 16: 605 ~ 618
- [46] Haila Y. A conceptual genealogy of fragmentation research: from island biogeography to landscape ecology[J]. *Ecological Applications*, 2002, 12: 321 ~ 334
- [47] 俞孔坚, 李迪华, 段铁武. 生物多样性保护的景观规划途径[J]. *生物多样性*, 1998, 6(3): 205 ~ 212
- [48] 江明喜, 巫建国, 金义兴. 景观生态学原理在保护生物学中的应用[J]. *武汉植物学研究*, 1998, 16(3): 273 ~ 279
- [49] Fahrig L, Merriam G. Conservation of fragmentation populations[J]. *Conservation Biology*, 1994, 8: 50 ~ 59