

景观生态结构与生物多样性保护^{*}

周华锋 傅伯杰

(中国科学院生态环境研究中心 北京 100085)

提 要 论述了景观结构及干扰对生物多样性的影响,景观结构主要考虑斑块大小、形状、边缘、廊道这些景观要素,干扰主要指人类干扰;阐明了这些要素对生物多样性的影响及在生物多样性保护中的意义。为指导保护区设计、物种管理及土地开发提供科学依据。

关键词 生物多样性 斑块 边缘效应 廊道 干扰

分类号 中图法 Q15

生物多样性是人类赖以生存的物质基础,是全人类的共同财富,它在维持全球和区域生态平衡、可持续发展上具有十分重要的意义^[2]。生物多样性不仅是当今国际上生态研究的三大热点之一,也是国际社会普遍关注的社会问题。景观生态学研究物质、能量和有机体在异质性景观中的迁移和转化。景观作为物种的栖息地,它的结构和动态对生物多样性保护有重要影响。本文将重点论述景观结构与生物多样性保护的关系。如:景观中斑块的大小、形状、类型与生物多样性的关系;廊道在生物多样性保护中的作用;边缘效应与生物多样性以及人类干扰对生物多样性的影响。

1 景观斑块与生物多样性

景观中斑块的类型、大小、形状、组合、动态对生物多样性都会产生影响。Forman and Gordon^[3]根据斑块产生机制和起源将斑块分为四种类型:干扰斑块、残存斑块、环境资源斑块、引进斑块。斑块类型对物种动态的影响是非常明显的。它通过影响某一特定的物种从斑块中的迁入或消失,来影响该物种在该斑块中的种群数量和丰富度,进而影响物种的多样性。例如:在永久沼泽地(环境资源斑块),物种动态相对不明显;然而在小的火烧斑块中(干扰斑块),演替的迅速发生,使得物种动态变化非常迅速。这样,前者的生物多样性的改变就较小;而后的生物多样性变化则较大。物种数量的增加还是下降,则要看演替的类型和方向。另外,人类活动如毁林开荒,形成引进斑块。在这种引进斑块中,农作物的高度单一性,必然造成生物多样性的下降。人们在论述斑块大小与生物多样性的关系时,往往把某一斑块想象成一岛屿,从而借助 MacArthur 和 Wilson 在 1967 年所创立的岛屿生物地理学理论来建立斑块大小与斑块中物种数目间的关系。该理论认为,由于新物种的迁入和原来物种的灭绝,物种的组成随时间不断变化,岛屿物种的多样性取决于物种的迁入率和灭绝率。岛屿面积、隔离程度及年龄等因素都会影响岛屿的生物多样性,并根据这些因素对生物多样性

^{*} 国家杰出青年科学基金资助项目(49725101)

第一作者简介:周华锋,男,1975年生,硕士研究生,专业方向为景观生态学。

收稿日期:97-12-29,改回日期:98-07-05

的影响概括出一条经验函数 $s = f(+ \text{生境多样性} - \text{干扰} + \text{面积} - \text{隔离程度} + \text{年龄})$ 。式中, + 表示正相关, - 表示负相关, 这些因素是按照它们对生物多样性的重要性来排列的。在考虑到陆地景观斑块与岛屿一些差异时, 把上述公式稍加修改: $s = f(+ \text{生境多样性} - (+) \text{干扰} + \text{面积} + \text{年龄} + \text{基质异质性} - \text{隔离程度} - \text{边界不连续性})$ 。从公式可见, 物种多样性与景观斑块面积显著相关。斑块面积越大, 物种多样性越高, 它们之间存在着正相关。但在实际中, 斑块面积与物种多样性的关系远非这么简单。Katsue Fukamachi^[4]以日本 Kanto 地区 20 个森林保护区为研究对象, 研究了森林生境破碎化与植物物种多样性的关系, 他将保护区中生物多样性的因子划为九种, 借助于地形图和植被图, 都将其定量化。森林中树木和林下层植物的物种丰富度通过多元回归分析研究了它们与以上具有景观特征的九种因子间的关系。结果表明: 保护区中总的物种多样性与以上九种景观格局变量都没有显著的相关性, 单一的大的保护区在保护更多的物种方面看来并不是非常有效。然而, 具有大的斑块的森林保护区稀有种较多。森林破碎化对群落中总的物种丰富度并没有负面影响。并且斑块大小效应与生境多样性效应并不能区分开来。稀有种对森林破碎化较为敏感。Gibson^[5]等以美国新泽西州松树橡树混交林为研究对象, 研究了生境破碎化对物种多样性影响也得出了同样的结论。Cheryl M. Pearce^[6]分析了加拿大 Ontario 西南地区的森林破碎化对生物多样性的影响(Ontario 南部地区是以人类活动占优势的地区, 森林的背景基质是农业和城市用地)。他考虑了斑块位置、大小、形状及相互隔离度的影响效应。研究结果表明: 在人类占优势的景观中, 小的森林斑块同大的斑块相比, 物种数量少, 种群小。那些小的隔离的森林斑块对风吹、干旱、疾病、虫害、外来种的入侵都更敏感。在小的森林斑块中, 一些耐阴的外来种的入侵时常发生, 抑制了森林林下层本地草本和小树苗的生长。Robert D. et al^[7]探讨了斑块大小对植被次级演替的影响, 进而研究其与植物物种多样性的关系。他将一块农业弃耕地分成三组大小不同的试验斑块(面积分别为 32m^2 , 288m^2 , 5000m^2), 对每一试验斑块同时进行了为期六年的连续观测, 记录每一斑块的物种组成和每一物种的多度。通过对观测结果的分析, 他指出: 在试验斑块的尺度上, 斑块大小对植被的早期的次级演替的速率和格局并没有显著影响。物种丰富度确实随着斑块面积的增加而增加, 然而在每组大小的斑块中, 单位面积的物种丰富度平均数并没有什么差异。在大的试验斑块中, 稀有种的比例明显高出小的斑块。而且, 小斑块中克隆植物(clonal plant)更易于局部灭绝; 大斑块中的物种种群都更大, 物种更易于扩散。另外, 他进而预测: 随着演替的进行, 斑块大小效应将会增大, 对演替过程的调节作用将会更突出。Merit Mikk^[8]研究芬兰南部 Estonia 地区农业景观中森林岛屿的植物物种多样性。在他的分析中指出: MacArthur-Wilson 岛屿生物地理学理论非常难以应用于具有自然/半自然生态系统隔离格局的农业景观。因为, 第一, 农业景观的背景基质对于物种的扩散并不是一个非常显著的隔离因子; 第二, 一些其它影响物种多样性的因子(如: 年龄、对生态系统的干扰、生境小区(biotope)的多样性)同经典的因子(如: 面积、隔离程度)一样, 对物种丰富度的发展有关键作用。斑块的形状在影响生物多样性方面与面积同等重要。斑块形状主要通过影响斑块与基质或其它斑块间的物质和能量的交换而影响斑块内的物种多样性。例如: 湖泊可看作为一种环境资源斑块。湖泊的形状直接影响着湖泊的生产率和水体中有机体的存在, 从而对湖泊水体中的生物多样性产生影响。在森林中, 站在一个大的圆形斑块中间与站在一个同样面积的长条状斑块中的感觉是不一样的。森林斑块形状在有机体扩散和觅食的过程中发挥着重要的影响, 所以斑块形状在保护野生

生物方面具有特别重要的意义,因为生境条件是同斑块形状紧密联系的。现在一个被广泛接受度量斑块形状的公式是: $D = L/2 \sqrt{2\pi A}$ 。L 为斑块周长, A 为斑块面积, 当 $D = 1$ 时, 表明斑块是圆形; $D > 1$, 表明斑块多少有些长方形。

2 边缘效应与生物多样性

边缘是指两个不同的生态系统相交而形成的狭窄地区。斑块的边缘部分有不同于斑块内部的物种组成和丰度。这就是通常所说的边缘效应^[1]。由于斑块边缘的环境状况与斑块内部相差很大,造成了边缘与内部物种组成和丰度的差异。边缘效应是造成不同形状的斑块中生态学差异的最重要原因。许多典型物种被限制在边缘环境或者内部环境之中。因此,调查斑块的内部面积与边缘面积的比率对于了解物种多样性有重要意义。这个比率是描述边缘效应的重要参数。在相同的面积下,内部面积与边缘面积之比能大致说明该斑块的形状,即圆形的大于矩形的,细长斑块比率最低^[3]。边缘效应对于生物多样性是有利还是有弊?这个问题的答案非常不确定。有人认为许多物种只能在边缘环境中生存,如果没有了边缘环境,这些物种将会灭绝。在现实中,确实有许多边缘地区,生物多样性显著的高于斑块内部,从这方面来看,边缘效应似乎对生物多样性的维持和保护是非常有利的。但大多数观点认为,物种消失的主要原因是因为森林片断化后产生的“边缘效应”。许多实践表明,森林边缘对于森林植物和动物区系成分有不良影响。小片林地中心的种子雨是以林缘植物的种子为主。这样最终将改变森林的种类成分。内部的耐阴植物将被来自林缘的不耐阴的种类所替代^[1]。还有人证明鸣鸟在林缘不易做巢,而在林内做巢较成功。野生生物管理人员传统上支持边缘生境物种丰富度高的观点。然而,随着近十五年的管理实践,森林林缘作为野生生物生境的价值受到人们的质疑。许多研究人员开始反对创造林缘在物种丰富度增长方面的重要性,指出适宜于边缘生境的植物物种都是典型杂草类,在破碎化生境中最不值得保护的次生物种^[9]。Noss^[10]进一步阐明:由于在创造边缘生境时,森林内部敏感种将被排挤出该生物区系,所以由此得到的益处也是暂时的。Alverson *et al*^[11]指出:由于增加林缘面积导致一种鹿群数量的增加,进而导致鹿群对边缘植被放牧的增加,这样反而导致了儿种植物物种从该边缘局部灭绝。鉴于此,有些生态学家将林缘称为“生态陷阱”。Laurance and Yensen^[12]更是提倡使用“核心区面积”模型而不是周长/面积比或物种面积模型来评价一个斑块或保护区的物种多度。该模型通过将斑块的总面积减去被认为是边缘的面积来计算一个破碎化景观中核心区的面积。计算结果是对边缘和核心区面积的一种估计。在理论上能够用来比较物种的最小需要面积。近年来,景观生态学的研究中人们已经突破边缘效应的定义限制,开始监测森林边界在景观功能中的作用。研究人员尤其关心在破碎化景观中,边界动态特别是林缘在影响能量、物质、物种在各景观元素内或元素间流动的重要性。把边缘看作成动态、同森林斑块形成一个相互联系的整体功能生境是对于“边缘效应”传统观点的一个巨大转变。这种观点强调:①重新评估关于边缘效应的传统观点,努力对“边缘效应”在景观功能中的作用有一个更全新的认识。②探讨斑块边界在影响斑块功能方面的重要性,特别需要指出的是,森林边缘如何在整个景观水平上影响物种散布、生长、种群的建立及灭亡仍然还不清楚。

3 廊道与生物多样性

廊道是具有通道或屏障功能的线状或带状的景观要素,是联系斑块的重要桥梁和纽带。

它不同于两侧的基质,可以看作是一个线状或带状斑块。廊道在很大程度上影响着斑块间的连通性,也在很大程度上影响着斑块间物种、营养物质和能量的交流。廊道最显著的作用是运输,它还可以起到保护作用。根据廊道的起源、人类的作用及景观的类型,廊道可分为三类:线状廊道、带状廊道、河流廊道^[2]。廊道在生物多样性的保护中有重要作用。最常见的廊道如树篱,通常是连接一条邻界牧场或耕地的线状廊道。树篱可以招引鸟类撒下树木种子,使树篱的生物群落得到发展。树篱对动物区系尤其重要,在农业景观中动物区系大部分可以在树篱中看到。由于树篱内小生境的异质性,许多树篱中的物种多样性比开阔地高得多。廊道被认为能够减少甚至抵消由于景观破碎化对生物多样性的负面影响。廊道的设计和应用具有鲜明的景观生态学基础,它可调节景观结构,使之有利于物种在斑块间及斑块与基质间的流动。景观生态学的廊道观点起源于岛屿生物地理学和种群生态学。认为景观空间结构的改变对促进斑块间的物种流具有重要作用。廊道能够提高斑块间物种的迁移率,方便不同斑块中同一物种中个体间的交配,从而使小种群免于近亲繁殖遗传退化。通过促进斑块间物种的扩散,廊道能够促进种群的增长和斑块中某一种群灭绝后外来种群的侵入,从而对维持物种数量发挥积极作用,而且在更大的尺度上,增强碎裂种群(Metapopulation)的生存^[13]。另外,由于廊道便于物种的迁移,某一斑块或景观中气候的改变对物种威胁就大大降低。Merriam^[14]等在农业区进行的试验研究结果表明:一些小的哺乳动物确实利用廊道连接生境斑块来进行散布。Fahrig and Merriam^[15]在野外试验的结果基础之上,借助于计算机进行了随机模拟试验。结果表明:与被连接起来的小块林地相比,隔离的小块林地中白脚鼠(white footed mouse)种群的生长率要低得多。而且更易于灭绝。虽然大多数有关廊道的研究都是以动物为对象的。Kupfer^[16]以植物为研究对象,研究了廊道对植物物种的效应,发现具有廊道连接的斑块有利于树木物种跨景观范围的运动,尤其是那些借助于重力散布的树木物种。

虽然大多数人认为廊道在生物多样性保护中有诸多的好处,也有人认为它对物种的生存带来不利的方面。Simberloff and Corx^[17]认为廊道同样能够加速一些疾病、外来捕食者和其它一些干扰的扩散,从而给目标种的生存或散布带来不利。当狭窄的河溪边岸森林廊道不能为高地种或内部种提供合适的生境或不能提供高地斑块间合适的通道时,这种情况确实会发生。

景观廊道在生物多样性保护中的优缺点并不能通过岛屿生物地理学理论来解释。相反,岛屿生物地理学理论一开始就假定廊道有助于减少物种的灭绝,而促进物种的迁移,结果导致物种丰富度的提高。然而,事实并不总是如此。一般的意见认为,正确的设计和运用廊道在破碎化景观中是物种管理的一个有用和有效的工具。廊道的有效性依赖于许多因素,包括:廊道内生境结构、廊道的宽度和长度、目标种的生物习性等。

4 干扰与生物多样性

干扰是景观异质的主要来源;干扰可以改变景观格局,同时又受制于景观格局;干扰是景观的一种重要的生态过程。干扰可分为二种:人为干扰和自然干扰。干扰是时间和空间上环境和资源异质的主要来源之一。它可以改变资源和环境的质与量以及所占据空间大小、形状和分布。干扰通过产生环境异质性,从而改变景观格局。干扰对生物多样性的保护,特别是景观多样性有重要意义。如:一片森林中由于火烧形成火烧的干扰斑块,有一片

被火烧漏过的植被片段就形成残存斑块。这样由于干扰所造成的干扰斑块和残存斑块中的生物多样性相差非常大。被火烧过的地方生物多样性大大降低,斑块中仅剩一些耐火的草本。该斑块在不受其它干扰的情况下接着发生次级演替,在演替的过程中,该斑块中物种组成及各物种的丰富度与火烧前及残存斑块明显不同,演替顶级决定于该斑块所处的位置、气候环境状况、周围基质及残存斑块的生物区系、演替过程的干扰情况。一般说来在顶级阶段,该干扰斑块的生物多样性是与干扰前及周围残存斑块不可能完全相同。通过这种方式干扰就改变了斑块的生物多样性。

干扰(人类干扰)对生物多样性的影响到底如何?对这个问题的回答将对调节人类的生产活动与实现生物多样性的保护具有非常重要的意义。干扰也就成为生态学家关注的焦点问题,而且主要侧重于人类干扰(如:土地利用的改变等)。A. J. Rescia^[18]等以西班牙北部 Basque 县 Urdaibai 生物圈保护区为研究对象,研究了自 1946~ 1990 年该区本地阔叶林及松林斑块与其它邻近斑块间的边界的数量及性质的变化,分析景观异质性的变化。根据土地利用方式的不同,他将斑块分成二大类: a 类是以土地高强度利用为特征的现代农业生产方式; b 类是传统的生产方式。从而不同斑块间的边界类型有三种: aa 接触类; ab 接触类; bb 接触类。物种多样性的值与这三种类型的边界数量有密切的关系。物种多样性的值随 aa 类和 ab 类边界数量增加而降低,而随 bb 类边界数量增加而增加。他分析这种现象的原因时指出: 由于人类干扰降低了景观的异质性,从而使得生物多样性的值下降。并指出: 当森林和它的周围地区在一个较长的时间内受到人类的强度干扰时,森林的生物多样性就会比人类活动强度较小的情况下要低。J. Solon^[19]从波兰中部、南部、北部三个地区选取三种类型的农业景观,研究人类干扰对植被景观多样性的影响。分析指出: 人类的影响多路径、多方向的改变了植被微景观的空间多样性。一方面,人类的干扰通过增加斑块数量和群落类型数量提高总体生物多样性。另一方面,由于斑块形状指数的下降和群落间邻接结构的简化,又降低了生物多样性。所以,人类的干扰对生物多样性的影响具有双重性。Sufflin^[30]指出: 中度干扰有利于提高物种多样性。因为低度干扰会使群落为竞争型物种(K 型增长物种)所占据。高度干扰使群落为机会型物种(S 型增长的物种)所占据。只有中度干扰才会使这两种类型的物种共存。Reader et al^[21]指出: 在中度干扰下,植物群落的物种丰富度既可能上升也可能下降,甚至不变。在中度干扰下,只有满足以下三个条件,才会促使物种丰富度提高: ①如果干扰减少由普遍种组成的群落面积时,不减少普遍种和稀有种的群落类型; ②如果普遍种组成的群落面积减少时,新的潜在生物区系(biotopes)能够占据这些减少的面积; ③如果在新的可供生境中能建立新的群落的物种包含在当地的植物区系中或存在于附近地区。

5 结 语

(1) 景观斑块与生物多样性关系极其密切。一般来说,生物多样性的值随着斑块面积增大而增加。但由于度量多样性的指数、生态学家对物种保护重点的理解、研究地区等许多因素的差异,并不能总是得出上述结论。斑块形状在保护野生生物方面具有特别重要的意义。

(2) 越来越多的研究人员指出边缘在生物多样性保护方面的弊端。有些生态学家提出一种新的观点来理解边缘效应,即把边缘看作成动态、同斑块形成一个相互联系的整体功能生境。林缘在整个景观水平上如何影响生物多样性还需进一步研究。

(3) 廊道在生物多样性保护方面的优缺点并不能通过岛屿生物地理学理论来解释。正确的设计和运用廊道在破碎化景观中是物种管理的一个有用和有效的工具。廊道的有效性依赖于许多因素,包括:廊道内生境结构、廊道的宽度和长度、目标种的生物习性等。

(4) 人类的干扰对生物多样性的影响具有双重性。适度干扰有助于提高生物多样性。所以在生物多样性保护中,把握这种度,从而将干扰成功的运用于生物多样性的保护中是非常必要和重要的。

参 考 文 献

- 1 陈灵芝. 生物多样性保护对策. 见: 钱迎清, 马克平主编, 生物多样性研究的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社, 1994. 13~ 35
- 2 傅伯杰. 景观多样性分析及制图研究. 生态学报, 1995, **15**(4): 345~ 350
- 3 Forman and Gordon. Landscape Ecology. New York: Wiley, 1986
- 4 Katsue Fukamachi, Shigeo Iida & Tohru Nakashizuka. Landscape patterns and plant species diversity of forest reserves in the Kantoregion, Japan. Vegetation, 1996, **124**, 107~ 114
- 5 Gibson, D.J., Scottl, C. & Ralph, G. Ecosystem fragmentation of oak pine forest in New Jersey Pinelands. For. Ecol. Manage., 1988, **25**, 105~ 122
- 6 Cheryl M. Pearce. Pattern analysis of forest cover in Southwestern Ontario. The East Lakes Geographer Vol. 1992, **27**, 65~ 76
- 7 Robert. D. H. etc. Vegetation dynamics in an experimentally fragmented landscape. Ecology, 1995, **76**(5), 1610~ 1624
- 8 Merit Mikk, Ulo Mander. Species diversity of forest islands in agricultural landscapes of southern Finland, Estonia and Lithuania. Landscape and urbanplanning, 1995, **31**, 153~ 169
- 9 Terborgh, J. Island biogeography and conservation: strategy and limitation. Science, 1976, **193**, 1029~ 1030
- 10 Noss R. F. A regional landscape approach to maintain diversity. Bioscience, 1983, **33**, 700~ 706
- 11 Alverson, W. S., Waller, D. M. and Solheim, S. L. Forests too deer: edge effects in northern Wisconsin. Conservation Biology, 1988, **2**, 348~ 358
- 12 Laurance, W. FL. and Yensen, E. Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. Biological Conservation, 1991, **55**, 77~ 92
- 13 Merriam, G. Corridors and connectivity: animal populations in heterogeneous environments. In Saunders, DA. and Hobbs, R.J., editors, Nature CONservation 2: the role of corridors. Chipping Norton, NSW: Survey Beatty & Sons, 1991, 133~ 142
- 14 Merriam, G. and Lanoue, A. Corridors use by small mammals: field measurement for three experimental types of *Peromyscus Leucopus*. Landscape Ecology, 1990, **4**, 123~ 131
- 15 Fahrig, L. and Merriam, G. Habitat patch connectivity and population survival. Ecology, 1985, **66**, 1762~ 68
- 16 Kupfer, J. A. and Malanson, G. P. Structure and composition of ariparian forest edge. Physical Geography, 1993, **14**, 154~ 170
- 17 Simberloff, D. and Cox, J. Consequences and costs of conservation corridors. Conservation Biology, 1987, **1**, 63~ 71
- 18 A. J. Rescia, etc. Ascibing plant diversity values to historical changes in landscape: a methodological approach. Landscape and Urban Planning, 1995, **31**, 181~ 194
- 19 J. Solon. Anthropogenic disturbance and vegetation diversity in agricultural landscapes. Landscape and Urban Planning, 1995, **31**, 171~ 180
- 20 Stuffling, R. Catastrophic disturbance and landscape diversity: implication of fire control and climate change in subarctic forests, Proc. Of the 1st Symp. of the Canadian Society for landscape ecology and management, polyscience publications, Inc., Montreal, 1988, 111~ 120
- 21 Reader, R. J., etc. Does intermediate disturbance increases species richness within deciduous forest understory? Modern Ecology. Basic and Applied Aspects, Elsevier, Amsterdam, 1991, 363~ 373

ECOLOGICAL STRUCTURE OF LANDSCAPE
AND BIODIVERSITY PROTECTION

Zhou Huafeng Fu Bojie

(*Research Center for Eco-Environmental Science, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085*)

ABSTRACT

Biodiversity is very important natural resource. It is our human beings' material base for survival. The protection of biodiversity has been paid more and more attention to. How to protect biodiversity is a key research issue to ecologists. In this paper, we discussed protecting biodiversity from a landscape ecology prospective.

Four landscape factors, patch, edge, corridor and disturbance are selected to discuss their relations with biodiversity. It has a great significance to understand and apply these relations. It will provide us with a powerful tool for reserve designing, species managing and land use planning.

Key Words: Biodiversity; Patch; Edge effect; Corridor; Disturbance