

基于GAP分析的三江平原湿地 生物多样性保护与规划

刘吉平 郑岩岩 吕宪国 著



科学出版社

基于 GAP 分析的三江平原湿地 生物多样性保护与规划

刘吉平 郑岩岩 吕宪国 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是在国家自然科学基金和中央财政林业科技推广示范资金项目支持下,以三江平原为研究区域,以生境多样性作为生态系统的代表,以濒危湿地植物物种和湿地鸟类作为物种多样性的代表,研究三江平原湿地生物多样性的空间分布格局,探讨湿地生境类型、结构与功能的关系,分析开荒、放牧、开渠和排水等人类活动对湿地生物多样性的影响。利用区域尺度上生物多样性保护的 GAP 分析方法,分析三江平原湿地生物多样性保护现状,找出三江平原湿地生物多样性未保护的热点地区,并分析其优先保护顺序。在此基础上,利用景观生态安全格局的理论,基于 Marxan 优化软件对三江平原湿地生物多样性进行保护规划。本书不但为三江平原湿地及其生物多样性的保护和管理提供科学依据,而且丰富和发展了我国生物多样性保护的理论与方法。

本书可供从事地理学、湿地生态学和保护生物学等学科的科研工作者参考,也可供高校生态学、林学及生物学等相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

基于 GAP 分析的三江平原湿地生物多样性保护与规划 / 刘吉平, 郑岩岩, 吕宪国著. —北京: 科学出版社, 2018. 8

ISBN 978-7-03-058501-1

I. ①基… II. ①刘…②郑…③吕… III. ①三江平原-沼泽化地-生物多样性-生物资源保护-研究 IV. ①X176

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 182488 号

责任编辑: 刘浩旻 赵丹丹 / 责任校对: 张小霞

责任印制: 张 伟 / 封面设计: 铭轩堂

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 8 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2018 年 8 月第一次印刷 印张: 15 1/4 插页: 2

字数: 360 000

定价: 138.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前言

湿地是地球表层独特而重要的生态系统，与森林、草地、农田和海洋等生态系统共同维系地球表层生物多样性和生态平衡，是功能独特、不可替代的自然综合体。湿地出现在世界各气候区，不同的水文、地貌、土壤、水化学和气候相互作用，产生生境的多样性。生境的多样性可以保证高的物种多样性，许多物种可以适应范围较广的生境，这又表明在这些物种中存在着高的基因多样性。人类的活动使湿地生物多样性遭到严重干扰和破坏，致使生物种类减少，生物多样性降低，一直以来人类为缓解和降低物种的灭绝速度方面做出了很多努力，但都收效甚微。这主要是由于以往仅注重一些濒危物种的保护，而对普通物种和其所处的生态系统考虑较少。因此，加强湿地生物多样性的保护与管理，具有重要的科学意义。

三江平原的众多河流，由于河道历史变迁频繁，在该区形成了森林、灌丛和草甸等植被类型，发育了沼泽、湖泊、河流及草甸等多种天然湿地生态系统，其生境之复杂、湿地类型之丰富在世界温带地区十分突出。三江平原地区拥有高度的物种多样性，而且很多种类都是具有国际意义的重要保护物种，是中国物种多样性丰富的沼泽地区之一。对本区湿地进行有效保护，对保持东北亚的生态环境具有重大的国际意义。在《中国生物多样性保护行动计划》和《中国生物多样性国情研究报告》中，根据物种丰富度和特有种的数量将东北三江平原确定为湿地生物多样性的关键地区之一，同时三江平原也位于世界自然基金会（World Wide Fund for Nature, WWF）^① 确立的旨在拯救地球上急剧损失的生物多样性优先保护区域的“全球 200”中的关键生态区——“俄罗斯远东江河和湿地生态区”之中。另外，为了保护三江平原的湿地及其生物，建立了兴凯湖国家级自然保护区、三江平原国家级自然保护区、洪河国家级自然保护区和七星河国家级自然保护区等。但在保护和管理过程中出现一些问题，现在三江平原沼泽地部分开垦为旱田，使赖以生存的沼泽植物和动物的种类和数量减少，许多植物过去为常见种，现在已为濒危和稀有种类。特别是当时保护区设计时主要是考虑保护一些濒危物种，而对物种的生境和一个地区的生物多样性考虑较少。这就特别需要找出一种既保护濒危物种，又保护一个地区的生物多样性的方法与理论。

保护生物多样性的地理学方法（a geographic approach to protect biological diversity, GAP）分析综合考虑重要脆弱物种的生境分布、植被、土地所有权和保护区等方面的空间信息，在研究中力求达到既保护濒危物种，又保护一个地区的生物多样性的双重目标。本书将 GAP 分析技术和方法应用于三江平原湿地植物和鸟类生境多样性评价和保护之中，并提出生物分布信息较贫乏地区的 GAP 分析技术和方法，具有重要的理论意义；将 GAP

^① WWF 的中文名称最初为世界野生动植物基金会，其英文名称为 World Wildlife Fund，但在 1986 年，WWF 更名为世界自然基金会（World Wide Fund for Nature），但其英文缩写 WWF 仍是全球使用的名字。

分析技术与景观生态学理论相结合, 基于 Marxan 软件确定生物多样性的热点地区及优先保护顺序, 并划分了廊道和微型保护地块, 为保护区的保护与管理提供了理论依据, 具有较强的现实意义。

本书共分为四篇。第一篇综述了生物多样性保护规划理论与方法, 主要介绍了岛屿生物地理学、景观生态学、恢复生态学、异质种群和基于生态区的生物多样性保护等理论, 对 GAP 分析技术和系统保护规划方法的流程、国内外研究进展、存在的问题及发展趋势进行了分析。第二篇概述了三江平原湿地生物多样性保护的生态环境基础, 包括自然地理和社会经济概况、土地利用景观格局动态变化、沼泽湿地格局变化及其影响因素等。第三篇进行了三江平原湿地生物多样性保护的 GAP 分析。以生物与生境的关系为切入点, 采用“3S”技术和数学模型方法, 结合野外考察, 以生境多样性作为生态系统的代表, 以濒危湿地植物物种和湿地鸟类作为物种多样性的代表, 研究三江平原湿地生物多样性的空间分布格局, 探讨湿地生境类型、结构与功能的关系。利用 GAP 分析方法, 分析三江平原湿地生物多样性保护现状和缺陷, 找出三江平原湿地生物多样性未保护的热点地区, 并分析其优先保护顺序。第四篇主要对三江平原湿地生物多样性进行保护规划, 结合人类现有的土地利用现状和土地利用规划, 利用景观生态安全格局的理论, 基于 Marxan 软件对三江平原湿地生物多样性进行保护规划, 分析三江平原湿地生物多样性保护中的问题, 并提出相应的保护对策。

本书内容是中央财政林业科技推广示范资金项目“基于高光谱遥感的湿地水禽生境保护有效性评估与修复技术示范推广”(吉推[2014]16号)、国家自然科学基金重点项目“三江平原湿地系统双向演替下的结构、功能变化与生态效应”(40830535)和国家自然科学基金面上项目“三江平原孤立湿地的结构和功能研究”(41071037)研究成果的组成部分。专著书写过程中的图表清绘与文稿校对得到杜保佳、马长迪和梁晨等研究生的帮助, 本书初稿完成后得到多位同行专家的肯定并提出了宝贵建议, 在此一并表示感谢。

限于编者水平, 不妥之处在所难免, 诚恳希望读者予以指正, 以便进一步修改完善。

作 者

2018年1月

目 录

前言

第一篇 生物多样性保护规划理论与方法

第1章 湿地生物多样性保护规划理论	3
1.1 岛屿生物地理学理论	3
1.1.1 岛屿生物地理学理论的概况	3
1.1.2 岛屿生物地理学在保护生物多样性方面的应用	4
1.2 景观生态学理论	4
1.2.1 景观生态学的基本理论	5
1.2.2 景观生态学理论在生物多样性保护方面的应用	6
1.3 恢复生态学理论	6
1.3.1 恢复生态学的定义	6
1.3.2 恢复生态学理论	7
1.3.3 恢复生态学理论与生物多样性保护	7
1.4 异质种群理论	8
1.4.1 异质种群理论的基本内容	8
1.4.2 异质种群动力学模型	9
1.4.3 异质种群理论在保护生物多样性方面的应用	9
1.5 基于生态区的生物多样性保护理论	10
1.5.1 基于生态区的生物多样性保护理论基本内容	10
1.5.2 ERBC 理论的特点	10
1.5.3 ERBC 理论的确定流程	11
1.5.4 ERBC 理论的应用	11
第2章 GAP 分析技术与方法	12
2.1 GAP 分析的含义与理论	12
2.1.1 GAP 分析的概况	12
2.1.2 GAP 分析的理论依据	14
2.2 GAP 分析的流程	16
2.2.1 土地覆盖图	17
2.2.2 预测物种分布图	18
2.2.3 土地管理现状图	18
2.2.4 寻找空缺	19
2.3 GAP 分析的研究进展	19
2.3.1 国外 GAP 分析的研究进展	19

2.3.2 国内 GAP 分析的研究进展	20
第 3 章 系统保护规划方法	24
3.1 系统保护规划的含义与理论	24
3.1.1 系统保护规划的概况	24
3.1.2 系统保护规划的理论依据	25
3.2 系统保护规划流程	26
3.2.1 收集生物多样性数据及生物多样性制图	26
3.2.2 确定保护目标	27
3.2.3 评价现有保护区	28
3.2.4 选择补充区域	28
3.2.5 保护规划的实施管理及监测	28
3.3 系统保护规划的研究进展	28
3.3.1 国外系统保护规划的研究进展	28
3.3.2 国内系统保护规划的研究进展	29

第二篇 三江平原湿地生物多样性保护的生态环境基础

第 4 章 三江平原区域概况	33
4.1 三江平原的地理位置和行政区划	33
4.2 自然地理概况	34
4.2.1 地质地貌	34
4.2.2 气候	35
4.2.3 水文	38
4.2.4 土壤	40
4.2.5 野生动植物资源	41
4.3 社会经济概况	41
4.4 研究区土地开垦活动的历史	43
4.4.1 历史沿革	43
4.4.2 1949 ~ 2010 年的大面积开荒	44
4.4.3 湿地的开发与保护	45
第 5 章 三江平原土地利用景观格局动态变化	48
5.1 数据处理与景观格局指数选取	48
5.1.1 数据获取与处理	48
5.1.2 景观指数的选取	49
5.2 三江平原土地利用动态变化特征	51
5.3 三江平原景观格局分析	51
5.3.1 景观破碎度指标	51
5.3.2 景观形状指标	54
5.3.3 景观聚集度指标	56
5.3.4 景观多样性指标	58

5.4 三江平原湿地景观动态分析	60
5.4.1 三江平原湿地面积及斑块数量动态分析	60
5.4.2 三江平原湿地景观动态格局分析	61
第6章 三江平原沼泽湿地格局变化及影响因素分析	64
6.1 数据来源与研究方法	65
6.1.1 数据来源与处理	65
6.1.2 研究方法	65
6.2 三江平原沼泽湿地格局的总体变化图谱	66
6.3 三江平原沼泽湿地时空关联模式图谱	67
6.3.1 三江平原沼泽湿地全局空间自相关程度的动态变化	67
6.3.2 三江平原沼泽湿地局部空间自相关性的动态变化	68
6.4 三江平原沼泽湿地“丧失”及“增加”图谱	69
6.4.1 三江平原沼泽湿地“丧失”图谱	69
6.4.2 三江平原沼泽湿地“增加”图谱	70
6.5 三江平原沼泽湿地空间变化模式图谱	70
6.6 三江平原沼泽湿地格局动态变化的影响因素	71
6.6.1 自然因素	71
6.6.2 人为因素	74

第三篇 三江平原湿地生物多样性保护的 GAP 分析

第7章 湿地及环境背景数据库的建立	79
7.1 数据收集、处理与评价	79
7.1.1 资料的收集	79
7.1.2 数据的准备和处理	80
7.2 数据制作	81
7.2.1 土地利用图的制作	81
7.2.2 植被类型图的制作	83
7.2.3 地貌类型图的制作	86
7.2.4 土壤类型图的制作	88
7.2.5 水文图的制作	90
7.3 湿地鸟类生境类型分布图的制作	91
7.3.1 生境分类的原则	91
7.3.2 湿地生境分类系统的建立	91
7.3.3 生境类型分布图制作	94
7.4 数据的评价	94
7.4.1 评价原则	95
7.4.2 评价内容	95
7.4.3 评价结果	95
7.5 数据集成与数据库的建立	95

7.5.1 湿地生境数据的集成	96
7.5.2 环境背景数据集成	96
7.5.3 湿地生境/环境背景数据库	96
第8章 三江平原湿地植物群丛的 GAP 分析	98
8.1 三江平原湿地自然保护区	98
8.1.1 保护区现状	98
8.1.2 三江国家级自然保护区	99
8.1.3 洪河国家级自然保护区	100
8.1.4 兴凯湖国家级自然保护区	101
8.1.5 珍宝岛湿地国家级自然保护区	101
8.1.6 东方红湿地国家级自然保护区	101
8.1.7 挠力河国家级自然保护区	102
8.1.8 八岔岛国家级自然保护区	102
8.1.9 宝清七星河国家级湿地自然保护区	103
8.2 三江平原湿地植物群丛的 GAP 分析	103
8.2.1 数据处理	103
8.2.2 湿地植物群丛的保护现状与缺陷	106
第9章 三江平原湿地易危濒危植物的 GAP 分析	109
9.1 湿地易危濒危植物物种的选取	109
9.2 湿地易危濒危植物与生境关系的确立	111
9.3 数据的处理	112
9.3.1 DEM 的处理	112
9.3.2 河流的缓冲分析	112
9.3.3 物种预测图的制作	112
9.4 三江平原湿地易危濒危植物预测分布的评价	145
9.5 三江平原湿地易危濒危植物的保护现状与缺陷	146
9.5.1 国家级湿地保护物种	148
9.5.2 省级湿地保护物种	148
9.5.3 区域级易危物种	148
9.6 三江平原湿地易危濒危植物物种丰富度图的制作	149
9.6.1 预测单元与预测标准的指定	149
9.6.2 三江平原湿地易危濒危植物物种的分布规律	149
9.7 三江平原湿地易危濒危植物物种的空间自相关分析	150
9.8 三江平原湿地易危濒危植物热点地区的探测	152
第10章 三江平原湿地鸟类多样性的分布与干扰	154
10.1 鸟类与生境的关系	154
10.1.1 物种与生境的关系	154
10.1.2 野生动物生境关系预测模型	155
10.1.3 三江平原湿地鸟类与生境的关系	156
10.2 三江平原湿地鸟类分布的预测与评价	157

10.2.1	三江平原湿地鸟类分布的预测与评价的技术流程	157
10.2.2	三江平原湿地鸟类分布的预测	158
10.2.3	三江平原湿地鸟类预测分布的评价	167
10.3	三江平原湿地鸟类多样性分布特点与热点地区	168
10.3.1	三江平原湿地鸟类物种丰富度图的制作	168
10.3.2	三江平原湿地鸟类物种丰富度与保护湿地鸟类分布规律	169
10.3.3	三江平原湿地鸟类多样性的热点地区	170
10.4	人类活动对湿地鸟类多样性的干扰	170
10.4.1	三江平原湿地鸟类的主要人为干扰方式	171
10.4.2	三江平原湿地鸟类干扰度的计算	174
10.4.3	三江平原湿地鸟类干扰的空间分布	175
10.4.4	干扰对湿地鸟类的影响	176
10.5	鸟类生境多样性分析	177
10.5.1	三江平原的功能区划分	177
10.5.2	β 多样性	178
10.5.3	景观多样性	183
10.6	生境结构与湿地鸟类物种丰富度关系	184
10.6.1	生境类型和破碎化对湿地鸟类物种丰富度的影响	184
10.6.2	地貌组合结构和海拔与湿地鸟类物种多样性的关系	188
10.6.3	土壤组合类型与湿地鸟类物种丰富度的关系	188
第 11 章	三江平原湿地鸟类多样性的 GAP 分析	190
11.1	三江平原湿地保护现状	190
11.1.1	三江平原湿地保护区	190
11.1.2	三江平原湿地保护类型	190
11.2	三江平原湿地鸟类生境多样性的 GAP 区域	192
11.2.1	数据的处理	192
11.2.2	湿地生态系统保护的现状与缺陷	192
11.2.3	湿地鸟类保护的现状与缺陷	193
11.3	三江平原湿地生物多样性热点地区及优先保护区域	197
11.3.1	生物多样性热点地区及优先保护区域的内涵	197
11.3.2	三江平原湿地生物多样性热点地区	198
11.3.3	三江平原湿地生物多样性热点地区保护的优先顺序	199

第四篇 三江平原湿地生物多样性保护规划

第 12 章	基于 Marxan 优化软件的三江平原湿地生物多样性优先保护规划	205
12.1	数据准备	206
12.2	研究方法	206
12.2.1	主要方法	206
12.2.2	确定保护物种	206

12.2.3 运行 Marxan 优化软件	207
12.3 结果与评价	207
12.3.1 运行结果	207
12.3.2 三江平原优先保护区规划	208
12.3.3 优先保护区评价	210
12.4 讨论	212
12.4.1 空间决策软件的优化	212
12.4.2 合理选择保护目标	212
12.4.3 未来方向	212
第 13 章 三江平原湿地生物多样性保护的景观生态规划	214
13.1 生物多样性保护的景观生态规划原理与方法	214
13.1.1 生物多样性保护的景观生态规划途径	214
13.1.2 生物多样性保护的景观生态规划原则	215
13.1.3 生物多样性保护的景观生态安全格局	216
13.2 三江平原湿地生物多样性保护的规划设计	216
13.2.1 三江平原湿地景观生态安全格局的识别	216
13.2.2 三江平原湿地生物多样性保护的规划	218
第 14 章 三江平原湿地生物多样性保护的问题与对策	221
14.1 三江平原湿地生物多样性保护的问题	221
14.1.1 保护区外人类活动对湿地生物多样性的影响	221
14.1.2 保护区内生产生活活动对湿地生物的干扰	222
14.1.3 保护区自身建设和管理存在问题	222
14.1.4 缺乏可操作性强的生态补偿机制	223
14.2 三江平原湿地生物多样性保护的对策	223
14.2.1 实现社区共管, 实现区域可持续发展	223
14.2.2 建立生态补偿机制, 保障湿地保护投入	224
14.2.3 加强湿地科学研究, 为生物多样性保护提供基础数据	224
14.2.4 完善法律法规, 加强宣传教育	224
参考文献	226
图版	

第一篇 生物多样性保护 规划理论与方法

第 1 章 湿地生物多样性保护规划理论

三江平原湿地生态系统提供的一项重要的生态服务功能是保护生物多样性,生物多样性可提供人类的各种物质和非物质需求,但在城市化、工业化迅速发展的背景下,人类不合理的活动给湿地生态系统带来了严重的破坏,这使得湿地生态系统提供生物多样性能力持续下降,不但影响了人类的基本生活条件,而且威胁着人类社会的生存与发展(魏强等,2015)。因此,研究生物多样性保护理论,并制定生物多样性保护措施,对人类社会健康可持续发展具有非常重要的意义。

1.1 岛屿生物地理学理论

岛屿生物地理学理论最早被广泛应用于物种多样性保护领域中。近代以来人类活动范围急剧扩大,使得自然景观的片断化、破碎化日益严重(张晓波,2002),特别是20世纪60年代以后,大量的土地被人类开发利用,许多生物栖息在由城市和工农业用地所包围的岛屿状生境中,致使生物多样性锐减,同时也破坏了人类生存的健康家园。在这种情况下,保护生物多样性、改善人类生存环境就成了人们共同的心声,此时,作为研究破碎化生境和物种保护问题的基础——岛屿生物地理学,得到快速发展和应用。

1.1.1 岛屿生物地理学理论的概况

很久以前人们就意识到岛屿的面积与物种数量之间存在着一种对应关系,但是20世纪60年代以前在岛屿生物地理学中基本上没有定量的理论(Sauer,1969),直到1967年,麦克阿瑟(MacArthur)和威尔逊(Wilson)提出了岛屿生物地理学理论,才首次从动态方面定量阐述了岛屿上物种丰富度与面积、隔离程度之间的关系(傅伯杰等,2001),并建立了MacArthur-Wilson理论的数学公式。其关系式为

$$ds(t)/dt = I(s) - E(s) = I_0 [S_p - S(t)] - E_0 S(t) \quad (1-1)$$

式中, $s(t)$ 为 t 时刻的物种丰富度, $I(s)$ 为迁入率, $E(s)$ 为灭绝速率, I_0 和 E_0 分别为单位种迁入与灭绝系数, S_p 为大陆物种库潜在迁入种的总数, $S(t)$ 的平衡值为 $S(t) = I_0 S_p / (I_0 + E_0)$ 。该模型假定大陆上的种群永远都不会灭绝,种群具有物种均一性、可增加性及在一定尺度内的随时间的稳定性;并认为岛屿上物种丰富度取决于新物种的迁入和原来占据岛屿的物种的灭绝,而迁入率和灭绝率取决于岛屿与大陆距离的远近及岛的大小。迁入率和灭绝率相互消长导致岛屿上物种丰富度的动态变化,并且迁入率和灭绝率随着岛屿上物种丰富度的增加分别呈下降和上升趋势,当岛屿上物种的迁入率等于灭绝率时,岛屿上的物种数达到动态的平衡状态,即虽然此时物种的组成不断变化和更新,但物种的数目却保持相对稳定。这种状态下物种种类更新的速率在数值上等于当时的迁入率或绝灭

率,通常称为种周转率 (species turnover rate)。这就是岛屿生物地理学理论的核心内容 (何春光等, 2009)。

1.1.2 岛屿生物地理学在保护生物多样性方面的应用

作为生物生境的湿地、高山、海洋中的岛屿,甚至是溪流和山洞等,它们都是有着明显边界的生态系统,因此,都可看作是大小形状和隔离程度不同的岛屿。所以从某种意义上来说,岛屿性是生物地理所具备的普遍特征,正是这一特征使该理论长期成为物种保护和自然保护区设计的理论基础。

台湾桃园埤塘鸟类生态保护区划设是岛屿生物地理学理论在我国保护生物多样性方面应用的典型实例。由于快速工业化、交通发展、城镇化及土地利用形式的改变,桃园县埤塘的面积急剧缩小。据统计,由于受人为改变因素的影响,已经有 6000 万 m^2 多的埤塘消失 (方伟达, 2008)。埤塘的消失影响栖地鸟类的生存,并导致栖地破碎化及与周边埤塘的联系性断裂。为了制定保护策略以防止埤塘的消失,学者以岛屿生物地理学理论为指导 (这里的岛屿生物地理学指导的是埤塘越大,鸟类的多样性就越高); 根据不同的鸟类栖息地拟定不同策略,制定多目标的保护战略,并以埤塘的大小、埤塘的形状、埤塘的隔离度、埤塘的可持续为依据,针对不同的鸟类群体进行分析,以上研究解决了台湾农业地区生态保护区划设的原理问题,也为岛屿生物地理学主导多年的生态区划设方案提出新颖的景观生态学的科学见解和实证经验 (方伟达, 2008)。

由于岛屿生物地理学理论起源于海洋岛屿中的物种研究,将其广泛应用于陆地生境岛屿研究中有其局限性是自然的。但它为物种保护提供了十分宝贵的理论财富 (Gilbert and Biogeogr, 1980), 如将许多现实的生境喻为岛屿、物种丰富度与面积关系模式的建立 (Haila and Jarvinen, 1982)、试图寻找小物种灭绝的原因 (Simberloff, 1974; Simberloff et al., 1994)、避难所设置的原则 (Simberloff and Abele, 1982)。不管这一理论存在什么不足,它使物种保护的研究由仅仅通过定性比较来描述,转向通过野外模拟实验来验证物种形成的机制。尽管人们对岛屿生物地理学理论进行多方面的批评和修正,但这并不否认其应有的应用价值。MacArthur-Wilson 学说的产生和发展丰富了生物地理学理论和生态学理论,促进了人们对生物多样性地理分布和动态格局的认识和理解 (邬建国, 1989)。

1.2 景观生态学理论

景观生态学一词是德国生物地理学家 C. 特罗尔 (Troll) 在 1939 年提出来的,它是地理学和生态学的综合交叉学科 (Naveh and Lieberman, 1984)。Troll 将景观生态学定义为研究某一景观中生物群落与主要环境条件之间错综复杂的因果反馈关系的学科。景观生态学是一门很实用的综合性学科,尤其是与生物多样性保护密切联系,因为许多生物并不只在单个生境中生存,而是在两个或两个以上生境的交界处活动。并且许多物种的分布格局和密度又受到生境的大小及其联系程度大小的影响。因此,要先了解景观生态学理论,然后将该理论运用到生物多样性保护中。

1.2.1 景观生态学的基本理论

1.2.1.1 斑块-廊道-基质理论

景观是一个由不同类型生态系统组成的具有重复性格局的异质性地理单元。根据在景观中的地位形状的不同,景观要素可以分为斑块、廊道、基质3种类型。斑块指一个与周围环境不同的相对均质性非线性区域。廊道指与基质明显不同的狭窄地。其重要的特征包括宽度、组成内容和内部环境连续性等。基质是景观的本底,是景观中面积最大、连接度最好、对景观控制力最强的景观要素。基质对斑块等景观要素内部和要素之间的物质能量流动及生物迁移觅食等过程有控制作用。近些年以斑块-廊道-基质为核心的一系列概念、理论和方法已经形成了景观生态学的一个重要特点。

1.2.1.2 复合种群与景观连接度

近年来,复合种群成为保护生物学所关注的热点。人们发现在人为活动造成的全球范围景观破碎化背景下,许多物种以复合种群的方式存在。复合种群是由空间上相互隔离,但又有功能联系的多个亚种群组成的种群斑块系统。

景观连接度是对景观空间结构单元相互之间连续性的量度,包括结构连接度和功能连接度。结构连接度是景观在空间上直接表现出来的连续性,功能连接度则与研究对象或过程的特征尺度有关,如种子传播距离、动物取食和繁殖活动范围及养分循环的空间幅度等都与景观连续性相互作用,并共同决定景观的功能连接度(Keitt et al., 1995)。景观连接度控制着复合种群动态,同时复合种群动态也影响着景观的功能连接度及变化。景观连接度对复合种群动态的影响具有临界阈限特征,临界阈现象指某一事件或过程在影响因素或环境条件达到一定程度(阈值)突然地进入另一状态的情形,往往是一个从量变到质变或从一种状态过渡到另一种截然不同的状态的现象。

1.2.1.3 生态交错带和边缘效应

生态交错带对生物多样性有着特别重要的意义,生态交错带指生态系统中,不同物质能量体系、结构、功能体系之间形成的界面(肖笃宁, 1997),即相邻的不同景观单元之间的变化过渡带,它控制着生物的迁移,表现为界面上的突变性和高对比性(邬建国, 2000)。生态交错带内相邻生态系统或景观相互渗透,内部环境因子和生物因子发生梯度上的突变,生境对比度和等值线密度高,生态位分化程度高,生物多样性显著,往往有特有的边缘种,并且种间关系复杂,食物链较长,体现出有利于多个生态系统共存的多宜性(Hansen and Castri, 1992)。

许多研究表明,斑块周围部分常常具有较高的物种丰富度和第一生产力(Forman, 1995)。有些物种需要稳定的生物条件,集中于斑块中心部分,成为内部种;而边缘种适应多变的环境条件,分布在边缘部分。

1.2.2 景观生态学理论在生物多样性保护方面的应用

斑块的大小、类型、形状及内部均质程度等对生物多样性保护都有特定的生态意义。根据岛屿生物地理学理论, 斑块面积与种群数量之间的关系为

$$S = CA^Z \quad (1-2)$$

式中, S 为物种数量; A 为岛屿面积; C 、 Z 为正常数 (Preston, 1962)。

由此可以看出, 斑块面积越大, 物种数量越多, 生物多样性也越丰富。廊道对生物多样性的影响主要表现在: ①为某些物种提供特殊生境; ②增加斑块的连接度, 增加斑块之间物种迁移的机会, 促进斑块之间的物种流动和基因交流; ③增加景观破碎度。基质对生物多样性保护的作用在于: ①为某些物种提供小尺度的生境; ②作为背景, 控制、影响着与生境斑块之间的物质、能量交换, 强化或缓冲生境斑块的“岛屿化”效应; ③控制整个景观的连接度, 从而影响斑块之间的物种迁移 (李晓文等, 1999)。如果某一生境破碎化程度较大时, 使连接度低于临界阈限, 则异质种群之间的物种和基因交流就可能完全被阻断, 而成为单个、孤立的小种群, 从而加速物种灭绝。因此, 在生物多样性保护中可依据临界阈限, 确定生物生境免于生境破碎化作用而能长期生存时所需的最小景观面积 (Thomas et al., 1996; Pearson and Scott, 1997); 或是将破碎的生物生境连接, 使生物生境面积增大到一定量时, 使物种能从景观的一端运动到另一端, 从而使景观破碎化对种群动态的影响降到最低。

物种保护的根本途径是保护其生境, 生境的完整性遭到破坏则物种将面临灭绝的威胁。生境更新与生境调整强调将生境视为一种可更新、可替代、可补偿的资源, 在时空尺度上寻求最大限度地缓解保护与开发矛盾的途径 (Pimentel et al., 1995; Zedler, 1996)。以辽河三角洲湿地为例, 依据湿地生境更新与调整的理论, 并依据辽东湾滨海湿地的自然特征和开发现状, 对滨海湿地的鸟类进行生境的恢复与补偿; 当地的有关部门进行了多方面尝试, 如建立国家级自然保护区、在防潮堤外滩涂建人工岛及对堤内 380hm² 滩涂进行封闭式围栏以恢复黑嘴鸥的繁殖生境, 该方案成功地招引了越来越多的黑嘴鸥繁殖觅食。

1.3 恢复生态学理论

自 20 世纪 80 年代以后, 恢复生态学快速发展起来, 其研究范围也得到很大拓展, 不仅包括对废弃地等的生态恢复, 还包括对森林、草地和湿地等不同生态系统的恢复。当前在保护生物多样性方面, 面临的最严重的问题是生物生境的破坏, 恢复生态学的产生和发展为生物生境的恢复提供了新的机遇。

1.3.1 恢复生态学的定义

恢复生态学是一门关于退化生态系统恢复的学科, 又是一门年轻的学科, 对恢复生态学的概念至今还没有一个统一的定义, 其中, 最具代表性的是美国自然资源委员会 (The