


现代生命科学基础丛书

12

数量生态学

张金屯 著

 科学出版社
www.sciencep.com

现代生命科学基础丛书

数量生态学

张金屯 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书全面论述了数量生态学的理论和方法,内容丰富全面,涉及数量生态学的各个方面,反映了数量生态学过去几十年的发展概貌和最新发展水平,也反映了我国近年来数量生态学的研究进展和贡献。全书共 12 章,书后还有名词索引和 3 个附录。

本书可作为生态学、环境科学、地理学等专业研究生的教材,也适合生态学科技工作者及相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

数量生态学/张金屯著.——北京:科学出版社,2004
(现代生命科学基础丛书)
ISBN 7-03-012475-8

I. 数… II. 张… III. 生态学-数量化理论 IV. Q14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 010560 号

责任编辑:马学海 李久进 贾学文/责任校对:张 琪

排版制作:科学出版社编务公司/责任印制:安春生/封面设计:王 浩

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>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年7月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2004年7月第一次印刷 印张:23

印数:1—2 000 字数:528 000

定价:48.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

《现代生命科学基础丛书》编委会

主 编 许根俊

副主编 沈倍奋 乔守怡 马克平 王克夷

编 委 (按汉语拼音排序)

敖世洲 昌增益 陈润生 戴灼华 丁明孝

杜生明 段恩奎 方荣祥 傅继梁 龚非力

顾红雅 何大澄 胡志红 黄伟达 金冬雁

李 博 李 林 曲音波 沈 萍 施苏华

寿天德 谭仁祥 王金发 武维华 薛勇彪

药立波 查锡良 张大勇 张知彬 左建儒

前 言

数量生态学广义上讲与数学生态学相当,是指用数学的方法定量地研究和解决生态学问题的学科。在生态学实践中,前者一般是指植物数量生态学或植被数量生态学;后者主要指动物数学生态学。当然,二者之间没有严格的界限,有的学者交叉使用它们。数量生态学是1957年 Greig-Smith 首先使用的名称,指的是用数学的方法研究植被、植物群落及植物种与环境之间生态关系的科学。它是植物生态学和植被生态学的分支学科。

数量生态学起始于20世纪50年代,尽管在这之前也有一些文章涉及植物群落的定量描述,但也主要是一些系数的计算。由于计算量大,多元分析直到电子计算机普遍应用之后才迅速发展起来。到60年代,各大植物生态学派均接受和应用了数量分析方法,并用数量分析去验证各自的传统研究结果。目前,各大植物生态学派均把数量分析作为自己学派的重要内容,可以说数量生态学是各大学派最具共同之处的分支学科。在过去的几十年中,数量生态学得到了迅猛发展,相关论文大量增加。到80年代,数量分析已成为现代植物生态学研究中必不可少的手段。

从1957年 Greig-Smith 出版第一本数量生态学专著——《数量植物生态学》(*Quantitative Plant Ecology*)开始,国际上先后出版了多部有关数量生态学的书,大部分仅涉及本学科的一部分,比如《数量分类和排序》。20世纪80年代,有关多元分析的书较多,比如 Whittaker 主编的《植物群落分类》(*Classification of Plant Communities*)和《植物群落排序》(*Ordination of Plant Communities*)、Gauch 的《群落生态学中的多元分析》(*Multivariate Analysis of Community Ecology*)、Jongman 等的《群落和景观生态学数据分析》(*Data Analysis in Community and Landscape Ecology*)等,对推动数量生态学的普及和应用起了重要作用。在国内,阳含熙和卢泽愚(1981)出版了《植物生态学数量分类方法》,主要描述了1975年以前的数量分类和排序方法;1995年,张金屯出版了《植被数量生态学方法》一书,较全面地介绍了20世纪90年代以前的各类数量分析方法。在过去的10多年中,数量生态学又有了重要的发展。从研究的实际需要出发,作者在阅读大量文献的基础上,并结合自己的研究实践,编写了本书。

数量生态学的内容十分丰富。本书涉及数量生态学的各个方面,包括过去半个世纪以来有关数量生态学的主要发展,全面介绍现代数量生态学理论和方法,特别注重介绍国际上最常用的和近年来发展的新方法。全书反映了数量生态学发展的概貌,同时也展现了我国在这一领域的研究成果。对于有关学科的科技工作者和研究生,本书的内容已基本能够满足需要。书中所讲的方法,除植物生态学外,可以普遍应用于生物学、农学、林学、地理学、医药、环境科学等学科领域。

本书的出版得到了国家自然科学基金委员会和科学出版社的大力支持，在此表示感谢。

由于作者水平所限，书中错误在所难免，敬请各位专家、学者指正。

张金屯

2003年7月

目 录

前言	
绪论	1
第一章 取样与群落特征描述	7
第一节 概念	7
第二节 取样	7
一、取样方法	7
二、样方的形状和大小	10
三、样方的数目	12
四、无样地取样	14
第三节 植物群落的数量特征	15
一、数量特征调查记录应注意的问题	15
二、植物群落的数量特征	16
第四节 植被的环境特征	27
第二章 数据的处理	30
第一节 数据的类型	30
一、数据的基本类型	30
二、不同类型数据间的转化	31
三、生态数据	31
第二节 数据处理	32
一、数据简缩	33
二、数据转换	33
三、数据标准化	34
第三章 基础分析方法	36
第一节 样品分析	36
一、频率分布	36
二、两组样品的比较	37
第二节 相关与回归分析	41
一、相关分析	41
二、回归分析	43
三、生态回归分析	46
第三节 标定	49
第四章 种-面积关系	51
第一节 概述	51
一、种-面积曲线	51

二、群落最小面积	52
第二节 种-面积关系的模型	52
一、模型的类型	52
二、模型的拟合	54
三、模型拟合效果的检验	55
四、种-面积曲线模型的选择	56
第五章 种的多度格局	58
第一节 概述	58
一、概念	58
二、种多度格局研究进展	59
第二节 种的多度格局模型	60
一、生态位模型	60
二、种多度的统计模型	71
三、动态模型	74
四、物种多度格局与物种多样性	75
第六章 物种多样性	77
第一节 物种多样性的定义	77
第二节 物种多样性的变化机制	78
一、 α 多样性、 β 多样性和 γ 多样性	79
二、热带雨林的多样性	80
三、多样性变化的机制学说	82
第三节 种多样性的测定	86
一、以种的数目表示的多样性	86
二、以种的数目和全部种的个体总数表示的多样性	87
三、以种的数目、全部种的个体总数及每个种的个体数综合表示的多样性	88
四、以相对密度、相对盖度、重要值或生物量等为基础的多样性指数	89
五、用信息公式表示的多样性指数	90
六、基于总多样性指数上的均匀性指数	91
七、含参数的多样性指数	92
八、 β 多样性指数	94
九、多样性指数计算举例	94
十、多样性指数的选择原则	96
第七章 种间亲和性	98
第一节 种间关联	98
第二节 种间相关	102
第三节 群落关联和相关分析	106
第四节 种间分离	107
第八章 生态位	110
第一节 生态位的概念	110

第二节	生态位的特征	111
一、	生态位的宽度	111
二、	生态位的重叠和竞争	111
第三节	生态位的测度	113
第九章	排序	120
第一节	概述	120
一、	排序的目的和意义	120
二、	种类环境关系模型	123
三、	线性排序和非线性排序	124
第二节	排序方法	125
一、	简单排序方法	125
二、	主分量分析及其衍生的方法	133
三、	对应分析及其衍生的方法	144
四、	其他排序方法	165
第三节	排序方法的比较	175
一、	相关分析	176
二、	排序图的比较	176
第十章	数量分类	178
第一节	分类的目的和意义	178
第二节	分类的基础	178
一、	基本概念	178
二、	相似系数和相异系数	180
三、	分类结果的图形表示	183
第三节	分类方法	186
一、	等级聚合方法	186
二、	等级分划法	205
三、	非等级分类方法	220
四、	模糊数学分类	225
五、	群落排表分类	232
六、	外在分类	235
第四节	分类方法的比较	239
一、	最终分组数相等的结果比较	240
二、	最终分组数不等的结果比较	240
第十一章	空间格局分析	243
第一节	概述	243
一、	基本概念	243
二、	格局分析的目的和意义	243
第二节	种群分布类型的判定	245
一、	植物分布的类型及其模型	245

二、格局分布类型的检验	246
第三节 格局分析方法	254
一、单种格局分析	254
二、多种格局和群落格局分析	267
三、小格局分析	268
四、点格局分析	272
五、二维空间格局分析	276
六、大尺度格局分析	283
七、植被景观格局分析	287
第十二章 植物群落的演替分析	298
第一节 演替的理论和学说	298
第二节 群落演替的模型	300
第三节 群落演替的数量分析方法	302
一、以种群动态为基础的分析方法	303
二、静态演替分析	306
三、单个样方的动态演替分析	309
四、多个样方的动态演替分析	310
五、演替概率分析法	313
第四节 植物群落的稳定性	317
一、群落恢复性和持续性	317
二、群落的变异性	318
三、群落抗干扰性	319
结语	321
参考文献	324
附录	336
附录I 国际软件信息	336
附录II 附表	338
附录III 矩阵运算	339
名词索引	350

绪 论

一、数量生态学的概念

数量生态学(quantitative ecology)一般指的是植物数量生态学(quantitative plant ecology)或植被数量生态学(quantitative vegetation ecology)。它是指用数学的方法研究植被、植物群落及植物种与环境之间生态关系的科学,也叫做植被定量分析(quantitative analysis)或者植被分析(vegetation analysis),是植物生态学和植被生态学的组成部分。数量生态学独特的研究方法,我们统称其为数量分析方法,它包括物种多样性、物种多度格局、种间关联、生态位等简单的统计计算方法,也包括排序、分类、格局分析、群落演替等复杂的多元统计分析方法。

在植物生态学研究,往往涉及大量植被和环境因子的观测数据,单凭直观的观察和人们头脑的简单综合难以看出其内部的规律性。数量生态学就是借助数量分析方法从杂乱的数据中,经过多次运算,分析综合,找出植物种、植物群落和植被与环境之间的内在联系,以便更准确地揭示生态规律。

二、数量生态学的研究内容

数量分析都是从一组野外观察或实验得来的原始数据出发,通过一系列计算分析,最后给出具有生态意义的结果。大多数分析方法都要求较大的计算量,尤其是当涉及种类和环境因子较多、具有庞大的原始数据时更是如此。计算机的发展为数量分析提供了方便,有不少多元分析方法只有借助计算机才能完成。

进行数量分析的基本单位叫实体(entity),描述实体数量特征的信息项目称为属性(attribute)。在植物生态学研究,实体可以是样地、样方、林分等取样单位。为了方便,我们将实体统称为样方。格局分析中由于样方较小,称其为小样方。属性可以是植物种的观测指标,如多度、密度、盖度、重要值等,或者是环境因子观测指标,如坡度、海拔、土壤pH等。

数量生态学方法是以植物种、植物群落和植被为分析对象的数学方法。从数学上讲,这些方法是施于原始数据集合的一套处理规则,至于这些规则该不该用于所分析的对象及分析结果的解释,则独立于方法本身而依赖于植物生态学知识。因此,这些方法可以用于多种学科,即凡是以研究实体和属性相互关系为目的的学科均可使用这些方法。

从数学上讲,数量分析方法可分为两类:一类是简单的统计学方法;一类是多元统计分析方法。这两类方法之间是相互联系的。简单的统计学方法是用概率的方法,它要求通过对样品数据的分析去推断总体的规律性,因此这一类方法一般要求显著性检验。

如果不能进行显著性检验的方法则认为有较大的缺点。基础分析方法、种间关联、种群空间分布格局等分析方法大多是简单的统计学方法。多元统计分析方法也有人简称其为多元分析方法，其与简单统计学方法明显不同，一般不要求从样品去推断总体的规律，也不涉及显著性检验。我们只是将样方数据作为总体，找寻的规律并不外推。排序、数量分类、演替分析方法大部分属于多元统计分析方法。

从生态意义上讲，根据研究目的、范围的不同，数量分析方法可分为种-面积关系、种的多度格局、种间亲和性、生态位、物种多样性、排序、数量分类、空间格局分析、演替分析、植被与环境关系分析等方面。种的多度格局、种间亲和性、生态位、物种多样性是以群落中物种为研究对象的，分析物种之间、物种与环境因子或环境综合体之间的内在联系。种-面积关系是研究物种数量与群落资源的利用关系。排序是研究植被连续变化的方法，一般植被连续变化与环境因子的连续变化一致。所以，排序是将样方排列在一定的空间，使排序轴能够反映一定的生态梯度(环境梯度)，从而解释植物种和植物群落的空间分布与环境因子之间的关系。排序是以不同的植物群落为研究对象的，范围较大，其取样单位(样方)要适当大，使其能够代表某一群落类型。

数量分类是为研究植被的间断性而设计的方法，它与传统定性分类方法的目的是是一致的。植物群落分类是植物生态学的重要分析手段，它起始于本学科的最初阶段。植被分类是根据群落分布的间断性，将其分门别类。群落分布的间断性，往往是由于环境因子的突然变化而引起的，所以分类的结果要在一定程度上反映群落类型的生态意义。分类研究的范围与排序一致，以群落或群落组合为单位，其样方在种类组成和环境因子组成上要能够代表它所在的群落。

空间格局分析起初主要是研究植物种在群落内的空间分布关系，以及环境因子在这种关系中的作用，现在已经扩展到群落、景观等不同尺度的格局研究。植物种群在群落内的镶嵌结构是植物群落内部结构的重要特征，从而反映种群之间、种群与环境因子之间的复杂生态关系。种群格局分析也可以说是研究种群在群落内的连续变化。它的取样要求一系列连续样方，但样方较小，不要求样方代表所在的群落类型而是代表种群在群落内分布的一个样品。它的研究范围一般限于群落内部。群落格局和景观格局主要研究群落斑块、景观要素、景观斑块等的空间变化规律及其影响因子，以及它们的生态关系。

群落演替分析是用数学方法描述群落的动态过程。群落演替是植被生态学的重要组成部分，在现代生态学中显得越来越重要。定量描述群落演替过程的研究起步较晚，至今这方面的研究方法还不多。演替分析一般要牵涉时间因子，可用永久性样方获得数据，其研究范围是整个群落或群落片段。含时间因子数据的演替分析一般称为动态演替分析(dynamic succession analysis)。也可以在不同的演替阶段同时取样，获得数据，以分析演替进程中的各种生态关系和演替规律，这种分析方法叫做静态演替分析(static succession analysis)。

三、数量生态学的发展

早在 19 世纪末和 20 世纪初，一些描述植被数量特征的术语就已出现，比如频度一

词是 1909 年出现在 Raunkiaer 论文中的,但直到 20 世纪 40 年代才被广泛应用。将这些数量指标用于数量分析,则是 40~50 年代的事情。因为数量生态学的核心是数量分析方法,所以数量生态学的发展是和数量分析技术的发展密不可分的。

数量分析起始于 20 世纪 50 年代,也可以说植被数量生态学由此开始。尽管在此之前也有一些文章涉及定量描述(Ashby 1936, 1948)。在过去的几十年中,数量生态学得到了迅猛发展,有关论文大量增加。根据 11 种主要国际生态学杂志的统计,从 1960~1990 年,仅涉及数量分类和排序的文章基本呈直线上升(张金屯 1992a, 1995)。国际植被协会主办的杂志 *Journal of Vegetation Science* 所发表的论文中,50%以上与数量分析有关。到 90 年代,数量分析已成为现代植被研究必不可少的手段,数量生态学也已成为一门独立的学科。

数量分析方法的发展过程大致可分为三个阶段(张金屯 1992a, 1995)。

第一阶段为起始阶段(1945~1964 年)。在这一阶段中,分析方法以简单的统计学方法为主。20 世纪 50 年代以前,植被科学已有相当的发展,但大部分是传统的描述。研究者在调查时,同样进行了大量的样方记录,获得了丰富的数据,但由于缺乏理想的分析方法,数据大多没有充分利用而浪费。

20 世纪 40 年代,物种多样性的概念被提出来,并有多多样性计算公式出现,如 Shannon-Weiner 指数(1949)、Simpson 指数(1949)等。40 年代初,描述群落物种多度格局的统计学模型就已出现。1943 年, Fisher 等提出了对数级数模型;1948 年, Preston 提出了对数正态分布模型等。进入 60 年代,多个物种多样性指数、生态位指数、种间关联指数等被提出,并应用于实际研究中。

数量分类、格局分析和排序可以说起步于 20 世纪 50 年代。Ellenberg(1950)首先使用加权平均排序;Whittaker(1952)创造了梯度分析排序方法;Goodall(1953)把关联分析引入植被分类;Greig-Smith(1952)开创了格局分析这一新的研究领域。到 1957 年, Greig-Smith 出版了专著——《数量植物生态学》(*Quantitative Plant Ecology*),对植被数量分析方法做了系统论述。50 年代初,数量分析多用计算器完成计算,其处理数据能力限制了它的应用和发展。50 年代末,计算机开始应用,这无疑促进了数量分析方法的发展。Williams 和 Lambert(1959, 1960)首次用计算机对 396 个样方进行分类,取得了较大的成功。他们的工作使其他生态学家受到了鼓舞,纷纷转向这一新的研究领域。不过大量的研究成果发表于第二阶段。1964 年, Greig-Smith 出版了他的名著——《数量植物生态学》(第二版),算是对第一阶段的总结,在此书中,作者以大量的篇幅描述了格局分析,对已有的数量分类和排序也进行了介绍。

第二阶段(1965~1980 年)是大发展阶段。在这一阶段中,电子计算机的高速发展出人意料,植被数量分析由此而一日千里,出现大量新方法;计算复杂的多元分析方法被引入,克服了简单统计方法的一些缺点。在方法大发展的同时,应用性文章也大量增加。由于计算机的发展解决了大计算量这一难题,数量分析显示了巨大的优越性:计算迅速、准确,获得信息量大,得出结果客观。这使各大植物学派均接受和采用了数量分析方法。在方法发展过程中,许多学者对各种方法进行了比较研究,使一些不太实用的方法在发展中得以淘汰,使新产生的方法更趋完善。到 20 世纪 70 年代,许多关于植被数量分析方法的专著在不同国家相继出版(Whittaker 1973, Orloci 1978, 阳含熙

等 1981), 使数量方法在世界范围内广泛传播和应用。与此同时, 与方法相对应的各种计算机软件也应运而生, 使用者不需要深厚的数学基础便可轻易地掌握, 这更促进了数量分析方法的实际应用。

在这阶段中, 种间亲和性、生态位及物种多样性的计测也得到了重大发展, 并被结合到其他的分析中。1982年 Gauch 出版《群落生态学多元分析》, Greig-Smith(1983)也修订了第二版, 推出第三版《数量植物生态学》。这两本书虽然出版于 80 年代初, 但描述的大多是 1980 年以前的数量方法, 可视为对第二阶段的总结。

第三阶段(1981 年到现在)主要是应用研究阶段。在这一阶段, 新方法的数量减少, 大多数论文是应用已有的方法对植被进行实际研究。新方法的减少是因为已有的方法是比较合理的, 能够提供较满意的结果。同时, 发展于 70 年代末的 TWINSPAN 和 DCA 都具有国际通用软件, 使用很方便, 使一些学者认为没有必要再去寻找别的方法。从 80 年代中期开始, 数学生态学家们把注意力转向更复杂、能够将植被数据和环境数据结合起来分析的多元方法或转向新的数学领域, 如模糊数学, 渴望找到使植被生态学家更喜欢的方法。所以在这一阶段, 植被和环境关系的研究方法有所突破。这一发展以 Braak 于 1987 年所编的《种类与环境关系的单峰模型》一书为代表。作者在该书中收编了 80 年代以来所发表的有关植被及其组成者——植物种与环境关系的分析方法, 并进行了评述。模糊数学实际上是 70 年代引入植被分析的(Dale 1977), 但当时并没有引起重视, 因为作者没有阐明确切的概念。进入 80 年代, 一些基于模糊理论之上的模糊分类和排序陆续出现, 并在一定范围内得以应用。比如, 模糊等价聚类在国内有较广泛的应用。模糊数学在植被分析中的应用仍属于尝试阶段。由于当今地球生态环境破坏严重, 要求保护自然、保护生态环境的呼声越来越高。近年来, 自然保护生态学、生物多样性保护、生态位的理论和实践等受到较大的重视, 这些方面的研究得到了长足进展, 相应的研究方法也日趋完善。在这一阶段中, 群落动态研究和分析也受到重视, 涉及植被动态的文章大量增加, 国际植被学会在 80 年代中期还专门召开了群落演替数量分析方法学术研讨会, 目的也是想促进这一领域的发展。在第三阶段, 虽然新方法数量增加的速度大为降低, 但新发表的论文数量仍在大量增加。

我国数量生态学起步较晚, 到 20 世纪 70 年代后期才逐渐开始。70 年代末至 80 年代末可视为第一个发展阶段(张峰和张金屯 2000)。这一阶段主要以介绍国际上的方法为主, 并将这些方法应用于生态学研究实践中。1981 年, 阳含熙出版了《植物生态学的数量分类方法》一书, 较全面地介绍了数量分类和排序方法。80 年代中期, 我国学者还翻译了《植物群落分类》(1985)、《植物群落排序》(1986)、《群落生态学中的多元分析》(1988)等著作, 它们均涉及数量生态学的内容, 促进了我国数量生态学的发展。不少应用性研究论文开始在国内杂志上发表。同时在该阶段中, 我国学者也对一些研究方法进行了探讨, 比如模糊数学分类(张金屯 1985, 张峰 1986)、二维函数网插值法格局分析(杨持等 1984, 杨在中等 1984)、生态位重叠计测(王刚 1984)等。在这一阶段, 我国大部分生态学者认识到了数量生态学的重要性, 对其产生了兴趣, 并纷纷从事这一方面的研究。在第一阶段中, 我国许多教材开始编入数量生态学内容(唐守正 1986, 王伯荪 1987, 祝延成等 1988, 丁岩钦 1994)。

20 世纪 90 年代至今, 可以认为是我国数量生态学发展的第二个阶段, 这一阶段是分析方法和应用研究齐头并进的大发展时期。各类研究方法被广泛应用于我国的植被研究中, 包括在全国各种森林、草地、湿地、荒漠等群落类型中的应用(张金屯 1994g, 1998a, 1998d, 张金屯等 1997, 1998, 1999, 2000, 上官铁梁和张峰 1988, 马克平等 1997, 王仁忠 1997, 王孝安等 1997, 米湘成等 1996, 1999, 艾尼瓦尔·吐米尔和阿不都拉·阿巴斯 2002, 李新荣等 1998, 张新时 1989a, 1989b, 1993, 娄安如 1998, 彭少麟 1988, 潘代远等 1995), 取得了较好的效果。在这一阶段, 我国学者也发展了不少分析方法, 在模糊数学排序(张金屯 1992, 1993a, Zhang 1993, 1994)、群落演替分析(张金屯 1993c, 1994e)、群落格局分析(张金屯 1992e, 马克明等 1999, 马克明和祖元刚 2000a, 2000b, 2000c)、小格局分析(Zhang 1993, 张金屯 1994g)、多样性指数(马克平 1993, 马克平等 1997)等方面做了大量工作。1995 年, 张金屯出版了《植被数量生态学方法》一书, 重点介绍了排序、数量分类、格局分析等方法, 同时也介绍了生态位、物种多样性、种间关联等研究方法。该书反映了植被数量生态学 40 年的发展, 也展现了我国在这一领域的研究成果。另外, 我国学者在这一时期还出版了《数学生态学导论》(余世孝 1995a)、《数学生态学进展》(蓝仲雄和李典谟 1994)等著作, 涉及数量生态学的内容。近年来, 我国在物种多样性研究和大尺度格局分析方面的成果较多, 这些研究紧密地结合了生物多样性保护、自然保护区建设、景观规划等研究实践(王伯荪等 1988, 王仁忠和李建东 1996, 王琳和张金屯 2001, 王兮之等 2002, 刘灿然等 1997, 1998, 刘玉成 1989, 史作民等 2000, 张金屯等 1998, 2000, Zhang and Oxley 1994b, Zhang 2000), 进一步促进了数量生态学的应用研究。可以预计, 数量生态学今后在我国还会有较大发展。

四、本书的主要内容

本书主要面向研究生和科技工作者, 重点介绍数量生态学的基本概念和重要数量分析方法的计算过程。大部分方法均分为简单的步骤, 对数学原理讲得较少, 读者不需要较深的数学基础, 一般都能掌握使用。在生态学研究中, 大多数学者可能只需要使用其中的一个或两个方法, 而没有必要了解每一章的全部内容。所以, 我们尽量使每个方法写得简单而全面, 使用时不必参考其他方法(基于同一模型上的方法除外)。对复杂的分析方法都有计算例子和应用例子。为了使读者对数量生态学有全面的了解, 在第一章首先介绍植被研究的取样和群落特征描述; 第二章介绍数据的处理, 这是以下分析的基础; 第三章简要介绍在生态学上应用最广泛的基础分析方法; 第四章到第六章分别论述种-面积关系、种的多度格局和物种多样性, 它们的模型和计算方法相对比较简单; 第七章和第八章论述群落中种间亲和性和物种及群落的生态位, 以及分析计算种间关系和生态位; 第九章到第十二章分别介绍排序、数量分类、空间格局分析、植物群落演替的理论和方法, 这四章是 20 世纪 80 年代以后植物生态学中研究和应用最多的内容, 因此也是本书的重点, 占了大量的篇幅。在方法选择上, 我们以目前国际上最常用的方法为主, 另外介绍一些最近出现的新方法, 它们可能代表着一定的发展方向。照顾到数量分析方法的历史发展过程, 我们也介绍一些早期的简单方法, 这些方法在现代研究中用得

较少，但在教学中仍占有重要的地位。书末的附录 I 是主要的国际通用软件的作者和联系地址，有兴趣的读者可以联系购买和索取；附录 II 是两个随机检验的统计表；附录 III 是矩阵运算原理，可供不熟悉矩阵知识的学者参考。

第一章 取样与群落特征描述

第一节 概 念

数量生态学的分析方法都是从一组实测数据出发,经过分析、运算,找出数据中隐藏的规律,因此数量分析的首要任务是获得所需的数据。收集数据是数量分析的最基本工作,在植物群落研究中的数据收集过程叫做取样(sampling)。由于受人力、物力和时间的限制,在大多数情况下,研究者都不可能对所研究地区的植物群落进行全部的研究,而只能抽取其中的一部分来研究分析,抽取的部分由一系列小的地段组成,小地段叫做取样单位(sampling unit)。根据形状的不同,取样单位可有不同的名称,比如样方、样圆、样点、样条、样带等。我们在多元分析中的取样单位统称为样方,格局分析中的取样单位称为小样方,二者大小悬殊。

取样是植物群落学的基础工作,如果取样不当,结果就不能客观地反映群落的特点,因此取样方法和过程得到了许多学者的关注,有不少专门研究取样方法和过程的论著(Greig-Smith 1983,王伯荪 1987,张金屯 1995),有的学者还为不同的群落类型设计出特殊的取样方法。数量生态学对取样过程要求更严。

在取样的过程中,我们要记录一系列反映群落特点的数量指标,这一过程叫做调查记录。由于所用的指标大多是描述性的,所以也叫做群落特征描述。这是植物群落学野外工作的主要内容。植物群落学的数量特征描述,是植物群落学研究的一项重要工作,植物群落学和其他学科一样,在定性的基础上逐渐开始定量的研究,到20世纪50年代后期,已经有植物数量生态的专著了(Greig-Smith 1957)。本来事物的发展有量变和质变两个阶段,变化的初期是零星、个别的数量变化不易觉察,必须察微识渐才能预测事物发展的趋势。同时,数量是一个客观的尺度,明确又具体,易于理解和比较,可以避免许多概念上的混淆和由此引起的争论。当然,并不是所有的事物和现象都需要用数量指标的,如我们对于植物花朵的颜色,用红或紫,或不同深浅程度的红或紫来衡量,而不用波长来表示。在野外调查时,对数量特征的记录应该尽量全面。

第二节 取 样

一、取样方法

取样是群落生态研究的重要步骤,研究结果的好坏与取样方法有着较为密切的关系。取样方法有两大类型:一是主观取样;二是客观取样。前者是人为地选择取样地段;后者是通过某种统计学方法来设置样方,又叫做概率取样法。下面将分别介绍主要的主观和客观取样法。