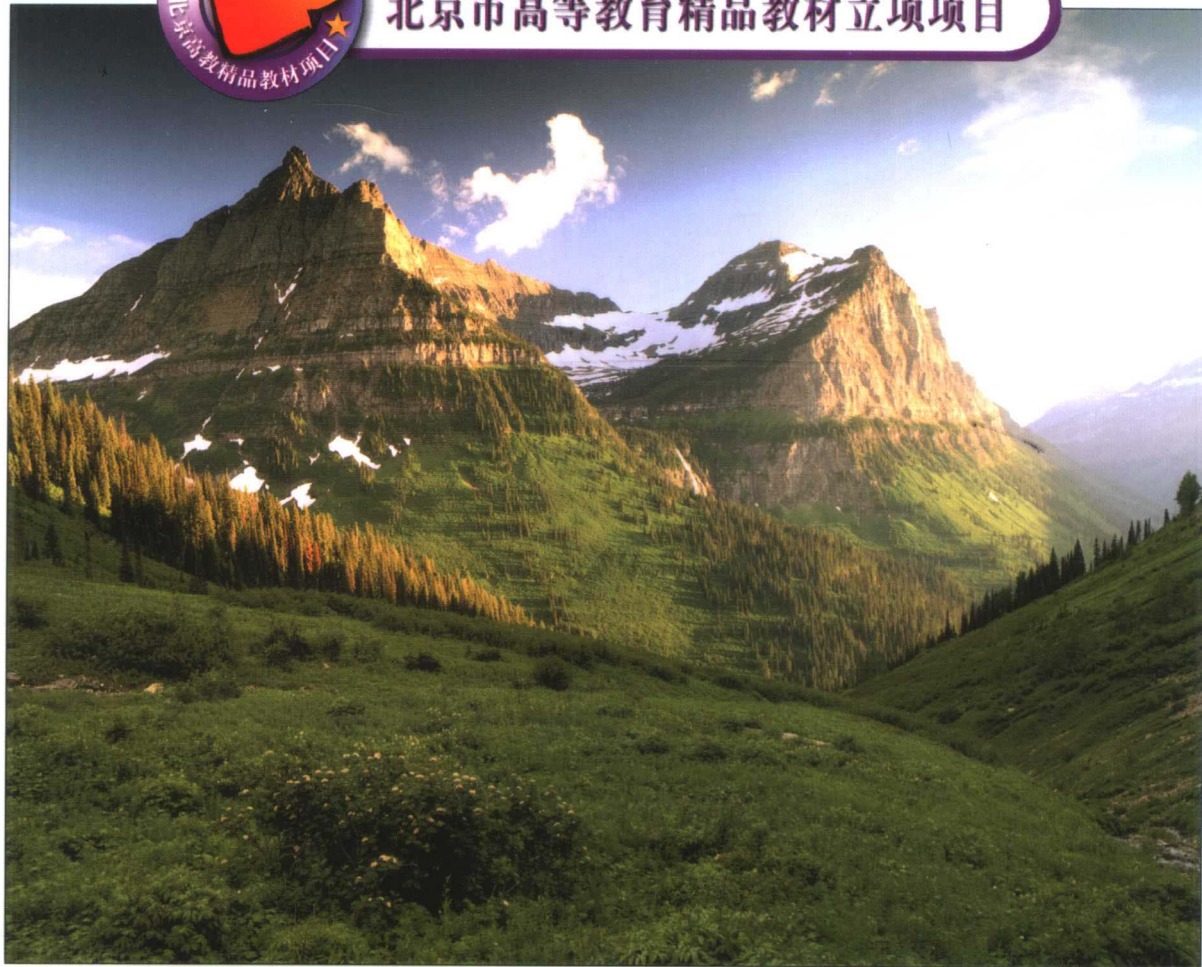




北京市高等教育精品教材立项项目



# 基础生态学实验指导

娄安如 牛翠娟



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

## 内容提要

本书是2002年由高等教育出版社出版的《基础生态学》(孙儒泳、李庆芬、牛翠娟、娄安如)的配套教材。全书共分为五章。第一章为生态学研究的基础知识与训练,主要目的是帮助学生在开始生态学实验训练之前,掌握一些最基本的有助于生态学研究的知识和方法。第二、三、四、五章为具体的实验内容,涵盖了个体、种群、群落和生态系统生态学四大部分,强调对生态学基础理论的理解和基本实验技能的训练。书后有附录,介绍野外实验中遇到紧急情况时的救护措施以及生态学实验中常用的溶液配制方法与常规实验仪器。书中每个实验都经过教学实践的验证,具有很强的可操作性。同时增加了学生自主设计、完成生态学实验的内容。

本书可供高等院校生物学、生态学、环境科学、农学、林学等专业的学生使用,也可供有关科研人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

基础生态学实验指导 / 娄安如, 牛翠娟. — 北京:  
高等教育出版社, 2005. 9  
ISBN 7 - 04 - 017692 - 0

I. 基... II. ① 娄... ② 牛... III. 生态学 - 实验 -  
高等学校 - 教学参考资料 IV. Q14 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 093078 号

策划编辑 潘 超      责任编辑 陈海柳      封面设计 张 楠      责任绘图 吴文信  
版式设计 张 岚      责任校对 张 颖      责任印制 孔 源

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100011  
总 机 010 - 58581000

经 销 北京蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 化学工业出版社印刷厂

开 本 850 × 1168 1/16  
印 张 8.25  
字 数 180 000

购书热线 010 - 58581118  
免费咨询 800 - 810 - 0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landracom.com>  
<http://www.landracom.com.cn>

版 次 2005 年 9 月第 1 版  
印 次 2005 年 9 月第 1 次印刷  
定 价 11.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究  
物料号 17692 - 00

# 序

近年来,环境、健康、可持续发展这些词语在社会生活中出现的频率越来越高,用以解决这些问题的生态学也日益受到从政府到普通百姓的普遍关注,极大地促进了现代生态学的迅速发展。同时,越来越多的现代高新科学技术渗透进生态学研究领域,从研究手段上解决了许多传统生态学无法解决的难题,有力促进了生态学从侧重于描述性转向更加注重实验性。生态学教育在世界各国受到空前的重视,除加强生态学基础理论教育外,由于从事生态学相关工作的人员日益增多,对生态学研究方法、手段、应用教育的加强也是目前国际上生态学教育发展的一个重要趋势。

为适应新世纪生态学教育发展的需要,我国加强了生态学教育改革的研究。北京师范大学生命科学学院几十年来坚持为学生开设生态学课程,几年前由几个具有丰富生态学教学经验的教师承担了教育部高教司“21世纪生态学教育改革项目”的研究,研究结果使我们认识到,我国生态学教育特别是生态学实验教育与国际水平还有很大差距,许多高校生态学专业没有开设相应的实验课程,生态学实验教材更是极为匮乏,对学生生态学研究方法与技能的训练急需加强。为此,我们决定编写一套注重加强学生生态学基础知识与实践技能的生态学理论与实验教材,其中用于理论教学的《基础生态学》已由高等教育出版社在2002年出版。我很高兴地看到这本实验指导书在几个教学一线教师的努力和北京市高等教育精品教材重点建设项目资金的支持下也将出版了。

该书内容丰富、全面,强调基本功的训练,通俗、实用。实验可操作性强,另外增添了让学生独立设计实验的部分,为培养学生的科研技能和创新能力提供了很好的平台。理论联系实际是该书的明显特点,学生通过学习,既能掌握生态学的基本原理,又能掌握生态学中的基本研究方法以及指导生产实践的一些技术手段。

在此,我非常高兴能把它推荐给广大读者,既可作为高等院校生态学及相关专业学生的实验教材,也可作为生态学研究人员的参考书。



2005年3月20日

# 前 言

生态学是正处在蓬勃发展中的学科。随着人们对人口、环境、资源等问题的普遍关注,生态学的发展已经在世界范围内受到各界人士的普遍关注。生态学已经成为国内外大学许多相关专业的必修课程。作为生态学理论课程重要补充的生态学实验课程,在国内外高校中正日益受到高度重视。

目前国内高校本科教学中开设生态学实验课程的为数不多,我校在长期的生态学实验课程教学及生态学教学改革实践中,迫切感受到需要一本能够紧扣生态学发展的、可操作性强的生态学实验教材。为此,我们在多年教学工作积累并吸取国内外大学生态学实验教学经验的基础上,结合我国本科生的教学特点,编写了《基础生态学实验指导》,作为我们所编写的由高等教育出版社在2002年出版的《基础生态学》的配套教材。该教材也是我们承担的教育部高教司“面向21世纪生态学教育改革项目”研究成果之一。

本实验教材共分为五章。第一章为生态学研究基础知识与训练,主要目的是帮助学生在开始生态学实验训练之前,掌握一些最基本的有助于生态学研究的知识和方法。第二、三、四、五章是具体的实验内容。全面涵盖了个体、种群、群落和生态系统生态学四大部分,强调对生态学基础理论和基本实验技能的理解与训练。书后附录中介绍了野外实验中遇到紧急情况时的救护措施以及生态学实验中常用的溶液配制方法与常规实验仪器,目的是方便使用本教材的师生查阅。本书可作为生物学、生态学、农学、林学以及环境科学等本科生基础生态学实验课程的教材。

本书的突出特点是每个实验都经过教学实践的验证,具有很强的可操作性。同时增加了学生自主设计、完成生态学实验的内容。实验对象涉及植物和动物,在强调微观与宏观、室内与室外实验相结合的实验方法的基础上,还注重培养学生用生态学的观点观察和思考问题的能力。在种群生态学实验内容中,我们改进了美国宾夕法尼亚大学开发的生态学模拟实验软件包,成功实现了在各种计算机平台上进行种群之间各种相互关系的虚拟模拟实验,并可以进行图表输出与打印。

本书由北京师范大学生命科学学院的教师完成,参加编写的人员有娄安如、牛翠娟、周云龙、刘宁、廖万金、周睿、黄晨西。

2003年《基础生态学实验指导》被列为北京市高等教育精品教材重点项目。

本书由我校孙儒泳院士担任主审,高等教育出版社对本书的出版给予了巨大的支持。在此表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中不当之处在所难免,希望使用本书的教师、学生和相关科研工作者能够为我们指出不足与错误之处,并提出好的修改建议,以便再版时修改。

编者

2005年3月18日

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

**反盗版举报电话：**(010) 58581897/58581896/58581879

**传 真：**(010) 82086060

**E - mail：**dd@hep.com.cn

**通信地址：**北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

**邮 编：**100011

**购书请拨打电话：**(010)58581118

# 目 录

<b>第一章 生态学研究的基础知识与训练</b> .....	1
第一节 生态学研究文献检索 .....	1
第二节 生态学实验设计 .....	4
第三节 生态学野外调查与采样 .....	7
第四节 生态学实验数据处理与分析 .....	11
第五节 撰写研究论文或报告 .....	18
第六节 生态研究中常用的分子生物学技术 .....	20
第七节 同位素示踪技术及其在生态学中的应用 .....	25
第八节 3S 技术及其在生态学中的应用 .....	29
<b>第二章 生物与环境</b> .....	33
实验一 环境温度对动物体温的影响 .....	33
实验二 鱼类对温度、盐度耐受性的观测 .....	34
实验三 温度对动物能量代谢的影响 .....	36
实验四 生物气候图的绘制方法 .....	41
实验五 树木年轮与气候变化之间相互关系的测定 .....	43
实验六 光周期对动物生长和性腺发育的影响 .....	45
实验七 渗透压及其对生物细胞的影响 .....	46
实验八 环境(水)因子对植物结构的影响 .....	48
<b>第三章 种群生态学</b> .....	52
实验一 Lincoln 指数法估计种群数量大小 .....	52
实验二 去除取样法估计种群数量大小 .....	53
实验三 植物种群密度和分布型的野外观测 .....	55
实验四 生命表的编制 .....	58
实验五 种群的年龄结构和性比 .....	60
实验六 种群在有限环境中的逻辑斯谛增长 .....	61
实验七 具有年龄结构的种群增长模型模拟 .....	65
实验八 资源竞争模型模拟 .....	66
实验九 Lotka - Volterra 捕食者 - 猎物模型模拟 .....	67
实验十 运用表型相关方法分析植物的资源分配策略 .....	69
实验十一 利用等位酶标记研究种群的遗传多样性 .....	71
<b>第四章 群落生态学</b> .....	83

---

实验一	植物群落内生态因子的测定 .....	83
实验二	植物群落物种多样性的测定 .....	85
实验三	环境因子对植物群落作用的分析 .....	88
实验四	天然次生林与人工林群落特性的比较 .....	90
实验五	植物群落过渡带生态学特征的调查分析 .....	91
实验六	植物群落的排序与分类 .....	93
实验七	光合速率测定——从叶片到群落 .....	95
<b>第五章</b>	<b>生态系统生态学</b> .....	<b>104</b>
实验一	淡水水域初级生产力的测定 .....	104
实验二	不同生态系统中土壤有机质含量的比较 .....	106
实验三	森林生态系统中枯枝落叶层的分解速率及其含水率与可燃性特性的测定 .....	108
实验四	水域生态系统中氮、磷对藻类生长的影响 .....	111
实验五	河流与湖泊(池塘)生态系统营养结构观测 .....	113
实验六	影响水域生态系统营养结构变化的因素 .....	115
<b>附录 1</b>	<b>野外生存常识</b> .....	<b>117</b>
<b>附录 2</b>	<b>生态学实验室常用药品的配制及常规实验仪器</b> .....	<b>120</b>
<b>参考文献</b>	.....	<b>123</b>

# 第一章 生态学研究的基础知识与训练

本章的目的是帮助学生在开始生态学实验之前掌握一些最基本的有助于生态学研究的知识和方法。学好本章将为学生在后几章的实验训练中充分发挥自己的主观能动性,完成好实验设计、数据分析和实验报告撰写打下良好的基础。

## 第一节 生态学研究文献检索

在进行生态学研究过程中,经常要检索文献。如要开展居住区内麻雀种群数量及分布的调查,首先要通过查文献了解这种麻雀的各种生态习性、调查区域内的物理环境、以前人们对该种麻雀在相关研究领域做过何种研究等,在此基础上才有可能制定合理的研究计划。文献检索是科学研究工作中的一个重要步骤,贯穿研究的全过程。文献不仅为选题提供依据,而且能指导具体的研究工作。学会快捷、有效地检索文献,以获得所需要的资料,就像学会查字典对阅读的帮助一样,将有助于学习和研究工作。

### 一、文献性质

文献按其内容性质一般可分为一级文献、二级文献和三级文献。

一级文献即原始文献,是由亲自经历事件的人所提供的各种形式的资料,如专著、研究报告、论文、会议文献等出版物和非出版物。这种文献是我们进行研究的第一手资料,进行文献查询时,通常要获得原始文献才能把问题彻底搞清楚。

二级文献指对一级文献加工整理而成的系统化、条理化的文献资料,如文摘、索引、书目以及类似内容的各种数据库等,具有报告性、汇编性和简明性的特点。这种文献是十分重要的检索工具,可帮助我们在短时间内找到研究所需的资料。经常根据分类目录翻一翻自己研究领域的最新文摘,对了解本领域的研究进展非常有帮助。

三级文献指在二级文献的基础上对一级文献进行分类后,经过加工、整理而成的带有个人观点的文献资料,如文献综述、数据手册和年鉴等。这类文献综合性强,具有浓缩性和参考性等特点,在进行研究选题时读几篇相关领域的最新综述,可事半功倍地获得很多有用信息。

### 二、检索方式

文献检索可大体分为利用计算机和互联网的电子文献检索和直接利用图书馆的传统手工检索。如果是查找某论文或书籍后面的参考文献,因有关该文献的信息很完整(如题目、作者、发表时间、杂志、卷、期、页等),可依照网络或图书馆的提示直接找到原文。但很多情况下,我们需要查找的文献信息并不完整,如想找某一方面近几年的文献,或某一领域某位著名学者的论文,这时我们一般需要用二级文献提供的检索资料。常用的检索途径主要有



4种:

(1) 分类途径:把文献的名称按照学科自身的体系组织起来的检索系统,比较适合对某一特定学科中特定类别文献的查找。

(2) 主题或关键词途径:根据文献的关键词组织起来的检索系统。该方法可为用户提供较为宽阔的检索途径,特别在电子文献检索时,利用搜索引擎,按照关键词去查找特定的文献,其效益更加明显。

(3) 作者途径:将文献的作者按照一定的排检方法组织起来形成的检索系统。它比较适合对于某一特定作者所著文献的查找。

(4) 书名或篇名途径:是将文献名称按照一定的排检方法组织起来形成的检索系统。只要知道文献的名称,就可找到原始文献。

#### (一) 手工检索

在电脑网络不发达的时代或地区,查阅文献的途径就是充分利用你周围的图书馆资源。找到其中摆放生态学书籍或杂志的区域,直接去翻阅你感兴趣的书籍或杂志。虽然费力、费时,但对初次进入生态学研究领域或拟开展生态学相关工作的人门者来说,常常会有意外的收获。一些较经典的或有代表性的生态学相关书籍及杂志如下:

##### 1. 教科书(text book)

Begon M, Harper J L, Townsend C R. Ecology: individuals, populations and communities. 3rd ed. Sunderland, Mass., Sinauer Associates, 2000 (excellent university-level textbook broadly covering ecology)

Krebs C J. Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance. 5th ed. Pearson Addison Wesley, 2001 (excellent university-level textbook broadly covering ecology)

Mackenzie A, Andy S Ball, Sonia R Virdee. Instant notes in ecology. New York: Springer-Verlag, 1998 (provide concise notes and definitions for first or second year students of ecology)

Molles M C, Jr. Ecology: concepts and applications. 2nd ed. McGraw-Hill, Dubuque, Iowa, 2002 (excellent university-level textbook covering introductory ecology)

Smith R L, Smith T M. Ecology and field biology. 6th ed. Benjamin Cummings, 2001 (excellent university-level textbook broadly covering ecology)

孙儒泳. 动物生态学原理. 第三版. 北京:北京师范大学出版社, 2001

孙儒泳, 李庆芬, 牛翠娟等. 基础生态学. 北京:高等教育出版社, 2002

##### 2. 杂志(journal)

Ecology, Ecological Society of America Publications (publishes research and synthesis papers on all aspects of ecology)

Ecological Monographs, Ecological Society of America Publications (provide an outlet for longer papers similar to articles otherwise published in ecology)

Trends in Ecology & Evolution, Elsevier Science

Journal of Animal Ecology, British Ecological Society

生态学报, 中国生态学会出版

动物学报, 中国动物学会出版

### 3. 文献检索用工具书

Biological Abstract(BA)

Ecological Abstracts

Current Advances in Ecological Sciences

如果研究方向和需要查询的问题很明确,可利用图书馆的文件检索工具书(如著名的 Biological Abstracts)或光盘数据库,通过分类主题、关键词或作者检索等检索方式获得所需资料。还有一种常用且方便的方法是通过研究论文或者书籍后面所附的参考文献获得所需的参考资料;假如你得到了一篇本研究领域近年的综述性文章,通过这种方法,你可能会获得更多有价值的研究论文。如果只能看到文摘而查不到原文,按文摘中提供的作者地址或 E-mail 地址直接向作者索取也是一种好办法。

随着网络的普及,目前最方便和最受欢迎的检索方法是电子文献检索,但在查找文献全文特别是早期的文献时,很多时候还是要到图书馆,利用传统的手工检索来查阅文献。

#### (二) 电子检索

计算机以其强大的数据处理和存储能力成为当今最为理想的信息检索工具。随着网络的普及和发展,出现了许多方便查询的数据库和网站,在各大高校以及科学院均有可以免费检索的题录数据库,可供察看全文的电子书库、电子杂志也越来越多,电子文献检索已成为广泛使用的文献检索手段。到大学图书馆网站上,点击数据库、电子图书或电子期刊,就能查到许多资料的全文,许多有名大学及中国科学院图书馆都有丰富的电子文献资料收藏。以下推荐几个常用的文件检索数据库:

Elsevier Science(Elsevier 期刊全文数据库)

Kluwer Online(Kluwer Academic Publisher 期刊全文数据库)

Academic Press 电子期刊

Bioone(全文数据库,生物学、生态学、环境科学的期刊)

Science Direct(全文数据库,包括 1 200 多种自 1995 年以来的期刊全文)

OCLC(计算机联网图书馆中心,收录了 4 000 多种期刊的题录和全文)

维普中文科技期刊全文数据库

中国学术期刊全文数据库

万方数据库

除了直接到数据库中按照电脑提示用关键词、作者名等检索方式检索文献外,灵活运用综合类搜索引擎也常常会有意想不到的收获,有时甚至可查到全文。如国外一些著名的实验室或学者把自己的论文以 PDF 格式放在主页上供人免费下载或登陆索取,只要知道该学者或实验室的名字,用综合类搜索引擎搜索可很方便的找到其主页。常用的综合类搜索引擎较方便的有 Google([www.google.com](http://www.google.com))和 Yahoo([www.yahoo.com](http://www.yahoo.com))。最近,Google 专门为科学研究人员查阅文献开发了一个搜索引擎,通过关键词可直接查到论文而不是包含该关键词的网站或网页,非常好用,其网址是 [scholar.google.com](http://scholar.google.com)。

### 三、练习

根据学校和专业特点选择一个主题让学生查文献并写一个综述性报告。如查与麻雀种

群数量及其影响因素有关的文献,并完成报告“影响麻雀种群数量变动的因素”。

## 第二节 生态学实验设计

生态学研究同其他自然科学研究一样,包含下列过程:提出问题;确定研究内容;设计实验;选定采样过程;获得代表性样本;观测样本得到数据;有目的地分析数据;解释数据取得结论;报告自己的发现与结果。其中,围绕要解决的科学问题,设计一个完善的、切实可行的实验方案是保证顺利地完成任务的关键,下面介绍如何进行实验设计。

### 一、实验设计的原则

实验设计是科学研究计划内关于研究方法与步骤的一项内容,是实验过程的依据、实验数据分析处理的前提,也是提高科研成果质量的重要保证之一。如果实验设计存在着缺陷,就可能造成不应有的浪费,且足以减损研究结果的价值。进行实验设计应根据实验目的,结合统计学要求,针对实验的全过程及实际操作时的工作量和可行性作全面考虑。一个周密而完善的实验设计,应能合理安排各种实验因素,严格控制实验误差,用较少的人力、物力和时间,最大限度地获得丰富而可靠的资料。实验设计既要考虑专业方面的问题,如需要根据研究对象自身的生物学特性及其环境要素合理安排实验进程;也要考虑对实验数据的统计分析方面的内容,如样本量、对照、重复、随机化等问题。生态学实验往往包含众多变量,实验场所、研究尺度和内容变化很大,但实验设计一般应遵循的原则可概括如下:

#### (一) 自变量、因变量的确立及充足的样本量

生态学实验包含生物因素和非生物的环境因素等诸多因素,而且可能很多因素都会对实验结果产生影响。这时应根据实验目的,首先确定自变量和因变量。如想了解鲤鱼在什么环境条件下生长比较快,可以假定很多因素,如水温、水质、食物品质、密度、鲤鱼自身的年龄、体重等可能都会影响到其生长。要想得到较为准确的结论,就要在实验室控制条件下设计一系列实验来进行观测。例如,要想知道水温如何影响生长,可把水温定为自变量、生长定为因变量进行观测。这时要注意遵循单因子变量原则,即控制其他因素不变(各实验组密度、鱼体重、食物、水质等都相同),只改变自变量(各实验组水温不同),观察其对实验结果(实验组鱼的生长)的影响。在整个实验过程中,除了欲处理的实验因素(水温)外,其他实验条件必须前后一致,且各实验组相同。

由于生物个体之间存在差异,为了使获得的数据具有代表性,应在研究条件许可的范围内尽可能多地获取观测样本。一般严格实验室控制条件下的生理生态学实验,观测样本数不少于8~10个,野外种群的研究则需要根据可能的种群大小确定观测样本数,往往需要几十、上百甚至上千个观测样本。野外生态学调查时取多少样(多少取样点、取样面积、昆虫网捕多少次等)合适,没有特定的规则,但有一些方法可帮助我们判定采样数是否足够,如常用的物种-样本数曲线法。有关方法将在如何进行生态学野外采样一节中介绍。观测样本数过少容易造成很大的实验误差或偏差,从而导致错误的结论。

#### (二) 随机取样,设定对照组,注意平行重复,尽量减小系统误差和实验误差

在取样时,要做到把拟观测对象全部取样(如一个样地中的所有动物)往往是不可能

的,只能从其中抽出一些样本(统计样本)来进行观测,这时的取样应遵循随机化原则,即被研究的样本是从总体中任意抽取的,任何样本被抽测的机会完全相等。这样做的意义一是可以消除或减小系统误差,使显著性测验有意义;二是平衡各种条件,避免实验结果的偏差。

在实验设计中,通常要设置对照组,用来鉴别实验中处理因素与非处理因素的差异,并消除或减小实验误差。例如,要判定吃糖对血糖含量的影响,不仅要设计不同吃糖量的处理,还要设计一组不吃糖的作为对照,同样取血检测血糖含量。这是因为取血样这一实验操作过程本身可能会对血糖水平造成影响,设立这样一个对照组并将实验组结果与对照组比较,有助于消除实验操作等造成的误差。实验设计中可采用的对照方法很多,如阴性对照、阳性对照、标准对照、自身对照、相互对照等。通常采用空白对照的原则,即不给对照组以任何处理因素。值得强调的是,不给对照组任何处理因素是相对实验组而言的,实际上对对照组还是要做一定的处理,只是不加实验组的处理因素。

根据实验目的,实验设计中确定实验组后,通常还要在一个实验组内设定几个平行组,即平行重复原则,目的是在同样条件下重复实验,观察其对实验结果影响的程度。如观测取食不同饲料对鲤鱼生长的影响,首先要设定投喂不同饲料的实验组,但在投喂同一种饲料的实验组内,还要设定几个平行重复组,看这些组间的数据是否相似。任何实验都必须能够重复,这是具有科学性的标志。上述随机性原则要求随机抽取样本,虽然能够在相当大的程度上抵消非处理因素所造成的偏差,但不能消除其全部影响。平行重复的原则就是为解决这个问题而提出的。

## 二、实验设计的基本内容与实例

实验设计包括研究目的、观测变量指标、研究方法与步骤以及实验时间安排和经费预算等。下面以杜丽、牛翠娟(2002)所做的一项研究的实验设计为例,说明实验设计的具体内容。

实验目的:探讨不同蛋白水平的饲料对罗氏沼虾生长和能量收支的影响,以寻找适宜罗氏沼虾生长并可节省能量与饲料成本的饲料蛋白水平。

提出假设(hypotheses):在进行实验设计前,应根据实验目的对自己的研究做一个简洁的、可观测的假设结论,通过设计实验来验证自己的假设,得出明确的结论。假设应该可被自己的研究结果支持(support)或推翻(reject)。通过阅读大量已发表的相关文献,本例中所做的假设为:饲料蛋白水平确实影响罗氏沼虾的生长和能量收支;低蛋白饲料罗氏沼虾摄食少,生长慢,但能量消耗小;在一定范围内随饲料蛋白水平增加,生长加快,到一定蛋白水平罗氏沼虾生长不再随饲料蛋白水平增加而变化,能量消耗增加。

该项实验中的自变量是饲料蛋白水平,因变量根据实验目的,确定观测指标为生长量和能量收支各组分(摄食、生长、能量代谢、排泄、排粪的能量)。一般来说,要根据研究目的和任务,选择对说明实验结论最有意义并具有一定特异性、灵敏性、客观性的指标进行观测。必要的指标不可遗漏,数据资料应当完整无缺;而无关紧要的项目就不必设立,以免耗费人力物力,拖延整个实验时间。

实验设计前的准备工作:由于该实验要用实验饲料饲育罗氏沼虾进行实验,本着单因子变量原则,除作为实验处理的饲料蛋白水平外,其他可能影响到实验结果的因素,如水温、光

照、水质、投喂次数、虾的大小、品质等都要保持一定,且这些因子最好选择适宜于虾生长的条件,以有利于实验结果的获取。因此,在实验设计前应查文献确定罗氏沼虾生长的适宜水温、水质等条件,并确定实验动物的来源。一般实验动物应来源相同(最好是来自相同父母以消除遗传误差)、健康、数量略多于实际需要量,在该例中还要大小相似。另外,还要根据文献确定检测每项实验指标的实验操作方法,了解需要的仪器设备及药品。最好做一下预实验或请教相关专家了解实验过程的工作量,并熟悉实验操作技术等。

实验设计:确定罗氏沼虾饲育基础饲料,饲育环境为全自动水循环流水饲育系统(系统内所有饲育水槽水质完全一致),水温 28 ℃,光暗比 12L(光照):12D(黑暗),实验动物选用同一孵化厂的同一批幼虾,随机选取的健康个体,实验开始前在实验温度、水质等环境条件下用基础饲料驯化饲育两周以上。根据实验室研究条件和实验时的工作量,设定 1 个对照组(吃基础饲料)和 4 个实验处理组(不同蛋白水平饲料),每组内设 8 个平行组,每个平行组随机选取 10 只动物。实验时间为 8 周。

在进行实验观测时,可按照观察项目之间的逻辑关系与顺序,编制便于填写和统计的数据记录表,以便随时记录实验过程中获得的数据资料。表中指标应有明确的定义,必须标明度量单位,且一般采用国际单位制单位。实例中观测生长量的数据记录表如表 1-1 所示。

表 1-1 蛋白水平 - 生长实验观测记录表

日期:

观测人:

说明:(在实验过程中如发生异常,如动物死亡、操作有误等记在此栏)

蛋白水平/%	初始体重/ g	终末体重/ g	增长量/ g	特殊增长率/ (% · d <sup>-1</sup> )	生长能/ (J · d <sup>-1</sup> )
20 - 1					
20 - 2					
20 - 3					
20 - 4					
20 - 5					
20 - 6					
20 - 7					
20 - 8					
30 - 1					
30 - 2					
30 - 3					
30 - 4					
30 - 5					
30 - 6					
30 - 7					
30 - 8					

注:第一栏数字代表实验组饲料蛋白水平,“-”后数字代表平行组(因表格较大,表中仅列出了两个实验组,省略了其他实验组记录)。

拟定对观测数据分析整理的预案,即准备对获得的数据资料如何进行整理、要计算哪些统计指标、用什么统计分析方法等事先必须有个初步的设想。实例中因为样本体重差异不大,拟采用单方差统计分析数据。

实验设计中,有时需要做经费预算,即根据所用实验材料、药品、设施、时间等对研究经费做大致预算。

### 三、练习

根据实验室现拥有的实验设备、药品、实验动物、空间和实验允许时间,设计一个实验观测某种环境因子(如温度)对动物(如金鱼或白鼠)某项反应(如摄食量)的影响。

## 第三节 生态学野外调查与采样

研究生物与其环境之间相互关系的生态学,其研究方法一般可分为野外研究、实验研究和数学模型研究三大类。野外调查和研究是生态学研究的基础,是第一性的。鉴于生物与野外生境的多样性、复杂性,针对不同的研究目的、研究对象有多种多样的具体方法,本节介绍其中一些共同的基础知识。

### 一、生态学野外调查、采样准备

野外环境复杂多变,且往往生活、工作不方便,因此出野外前一定要做好精心的准备。准备工作大致可分为自身安全、生活的准备和采样的准备。出去采样,首先要安排好衣食住行,如当地没有食宿设施,就要带好充足的水、食物、睡袋、御寒(防暑)的衣物或用品、一些野外常用药品(跌打损伤、腹泻、感冒、消炎类药及防蛇、防虫等的药物)、绷带、绑腿及手电筒等。总之,保护好自身的安全和健康是第一位的。调查、采样的准备首先要根据研究目的和采样环境的特点拟定一个切实可行的研究方案,类似于前面提到的实验设计。进行这些设计前,应预先根据研究目的把采样地点和生物的背景资料了解清楚,确定好采样时间(昼夜、季节都要考虑)、地点范围、采样方式,然后把方法、步骤、所需仪器和物品、时间安排等计划好,认真准备要带的仪器、物品,保证其一切完好,能正常使用。需要电池的电子仪器备好备用电池。生态学野外调查、采样通常所备的设备、物品如下:

(1) 陆地生境:温度计、照度计、湿度计、海拔高度计、坡度计、风速计等环境因子测量用仪器;罗盘、GPS、大比例尺地形图等定位工具;望远镜、录音机、照相机、摄像机、测绳、钢卷尺、皮尺、动植物分类检索用书籍、记录本、笔、观测记录表格纸、方格绘图纸等观测、记录用工具;样方绳、样方圈、标本夹、标签、标本袋、标本瓶、液氮、酒精或福尔马林溶液、手铲、枝剪、小刀、特殊黏合器、昆虫网、诱捕器、圈套等采样工具。

(2) 水域生境:温度计、水色测定仪、塞氏盘、pH计、溶氧仪、刻度绳(测水深)、盐度计、流速计等环境因子测量用仪器;观测、记录用工具类似陆地生境,最好能带上解剖镜和显微镜,以方便观测,有时需要潜水及水下观测用工具;采泥器、浮游生物网、渔网等采样工具及标本瓶、液氮、酒精或福尔马林溶液等。

野外调查、采样用记录表格应根据研究目的和采样方式编制,一般应包括时间、地点、采

样人、环境各因素的记录及观测生物因素记录。在杨持主编的《生态学——实验与实习》中给出了一些植物群落野外调查用记录表格的格式,可作为参考。

## 二、生态学野外调查、采样方法

在野外调查、采样过程中,我们一般希望得到尽可能多的有关环境、种群或群落特点的数据,以对所要了解的生态现象做出合理的解释。最基本的观测参数有密度、频度、盖度、生物量等,从这些数据我们可以得出有关种群分布、物种多样性、生产力等重要数据。要获得这些基本参数,针对不同的生物有不同的观测方法。有些生物可测绝对密度(直接计数,如计数样方内树木),有些仅能通过观测相对密度来间接反映数量的多少(如100个鼠夹每天捕鼠的数量)。要观测一个种群“量”的多少,通常情况下我们无法对种群内每个生物个体全部计数,所能观测到的仅是种群的一部分,这样的观测样本的获取要遵循随机化原则,是统计样本,所有的用来代表实际种群的样本构成一个统计种群。我们用统计种群的观测数据来推测实际种群的情况并得出结论,如何缩小取样造成的偏差就成了必须要关心的一个实际问题。为此人们发明了多种取样方法。如调查植物生物群落常用样方法(数量、面积、重量样方),样线法,无样地取样法;动物种群调查常用样方法,线样带法,总体计数法,样地哄赶法,标记重捕法,去除法和指数标定法。这些方法在杨持主编的《生态学——实验与实习》中有较详细的介绍,这里不再详述。下面对样方法这一生态学野外研究最基本的方法作一详细介绍。标记重捕法是动物种群生态学野外研究的重要手段,本书将在种群生态学实验部分(第三章实验一)介绍该方法。

### (一) 取样数量的确定

多数生态取样是通过随机抽取的样方的生物密度来估测真实种群或群落的生物密度,因此不可避免地遇到这样的问题,抽取多少样才能较好地反映真实结果呢?目前群落调查常用的判断取样数量的方法有两种,即种-样本曲线法(species-sample curve)和特性曲线法(performance curve)。

种-样本曲线法是以采样的统计样本数(如用样方取一次样或用渔网捕捞一次为一个样本)为横坐标、以采样过程中累计出现的物种数为纵坐标作曲线图来判定取样数量的一种方法。开始时,随着采样次数的增多,样品中新物种不断出现,曲线呈上升趋势,但采样次数达到一定值,样品中已包含了所调查群落中大部分物种时,新物种就很少在新采的样品中出现,曲线趋向平坦,以曲线转折点上横坐标的采样次数作为群落采样调查最少取样次数的根据。陆地生物群落调查一般以一定面积的样方进行采样,以累计取样面积代替统计样本数为横坐标作曲线,这样的种-样本曲线称为种-面积曲线,如图1-1所示(数据列于表1-2中)。

表1-2中,最左边一列数据表示用 $5\text{ m}^2$ 样方采样的数量,或称统计样本数。在第一个样方中出现了3个种,第二个样方中出现了4个种,但只有2个种是新出现的,所以累计新种数为5。以左起第2列数据为横坐标、最右边1列数据为纵坐标作图,即得到图1-1所示的种-面积曲线。如果以左起第1列数据为横坐标、最右边1列数据为纵坐标作图,得出的曲线即为种-样本曲线。采用该法不但可以判定取样的重复次数(number of replicates),还可大致确定样方面积大小是否合适。如果曲线过陡,经极少几个点就到了转折点,表明采样

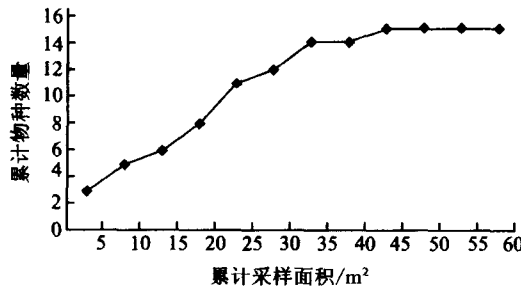


图 1-1 种-面积曲线(图中数据来自表 1-2)

表 1-2 样方采样累计面积及出现物种数据(每一生态样本来自 5 m<sup>2</sup> 样方)

采样次数	累计采样面积/m <sup>2</sup>	物种数	新种数	累计新种数
1	5	3	3	3
2	10	4	2	5
3	15	5	1	6
4	20	3	2	8
5	25	4	3	11
6	30	4	1	12
7	35	4	2	14
8	40	3	0	14
9	45	5	1	15
10	50	4	0	15
11	55	3	0	15
12	60	5	0	15

用的样方面积偏大,反之偏小。一般草本群落调查最初采用 10 cm × 10 cm 的样方,灌木群落采样用 10 m<sup>2</sup> 的样方,森林群落调查则用 100 m<sup>2</sup> 的样方。大型土壤动物调查通常采取 0.1 m<sup>2</sup> 面积内的动物,并设定一定深度,水生底栖动物则通常采用圆形样方取样,取一定圆柱体积内的生物。

特性曲线法是通过判断某一生态变量的平均值(如某一种群或群落中所有种群的平均密度、平均生物量)随取样数或累计取样面积的变化曲线来判定采样数是否合适的一种方法,如图 1-2 所示(数据列于表 1-3 中)。



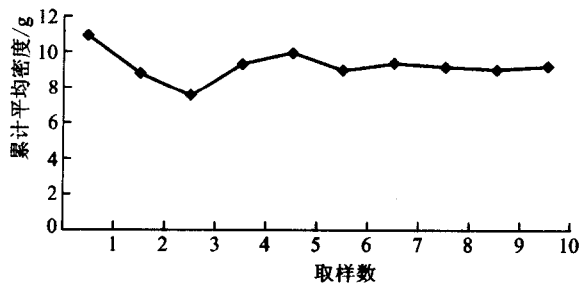


图 1-2 特性曲线图(图中数据来自表 1-3)

表 1-3 样方累积平均生物量数据

采样次数	生物量/g	每样累积平均生物量/g
1	10.9	10.9
2	6.7	8.8
3	4.9	7.5
4	14.7	9.3
5	12.3	9.9
6	3.9	8.9
7	11.7	9.3
8	7.7	9.1
9	7.3	8.9
10	10.9	9.1

如图 1-2 和表 1-3 所示,采样数量少时,表中最右边 1 列数据波动较大,表现为图中曲线上下波动,但是随采样数的增多,每样累积平均生物量逐渐稳定在一个数值,曲线逐渐接近直线,这时的采样数就是合理的采样数了。

如果是采样估计种群密度,取多少样合适呢? Henderson (2003) 介绍了一个较为方便的计算公式。在正式采样前,先随机预采一些样或借助文献资料(如果以前的研究报道能提供一些该调查地点的信息的话),在一个生境相对均一、对象生物呈正态分布的情况下,可采用下列公式计算采样数:

$$n = \frac{t^2 s^2}{(D\bar{x})^2}$$

式中: $\bar{x}$ ——预先采样过程中得知的每次取样样本中的个体平均数;

$s^2$ ——方差;

$D$ ——预期平均数的准确度(如要使研究结果在平均值  $\pm 5\%$  的范围内,则  $D=0.05$ );

$t$ ——从统计表上读取的数字,一般在样本数大于 10、有意水准  $\alpha=0.05$  的情况下约等于 2。