



高等院校生物类专业系列教材

# 生态学

EXPERIMENTS IN ECOLOGY

# 实验

主 编 李铭红

副主编 吕耀平 颀志刚 陈 波



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社



高等院校生物类专业系列教材

# 生态学

EXPERIMENTS IN ECOLOGY

# 实验

主 编 李铭红

副主编 吕耀平 颜志刚 陈 波



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

## 内容简介

本教材体现生态学教学的基本理念,并遵循实验教学大纲的设计思想,将内容分为生态学实验基础、基础性实验、综合性实验三大模块。其中生态学实验基础主要介绍生态学实验开展的基础知识、常用的实验技术和方法;基础性实验主要是针对理论课涉及的生态学原理进行的验证性和设计性实验,并作部分拓展;综合性实验是让学生在具备一定的实验设计能力和科研能力的基础上,整合一至多个生态学原理所开展的应用性较强的实验。

本教材的特色是,在每个实验之后安排了根据相关生态学原理进行的实验拓展,提供若干个相关实验设想,各高校可根据实际条件,自行选择操作性强的实验进行教授,还可以进行更深层次的探究和挖掘,也可以使之成为学生的开放性实验课题,为培养学生的科研能力和创新能力搭建一个基础平台。每个实验编写时尽可能简洁、明了,以方便师生们使用。

本教材可供本科院校生物科学、环境科学、科学教育专业的师生使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

生态学实验 / 李铭红主编. —杭州:浙江大学出版社, 2010. 10  
ISBN 978-7-308-08033-0

I. ①生… II. ①李… III. ①生态学—实验—高等学校—教材 IV. ①Q14—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 199513 号

## 生态学实验

李铭红 主编

---

丛书策划 樊晓燕 季 峥  
责任编辑 季 峥(really@zju.edu.cn)  
封面设计 林智广告  
出版发行 浙江大学出版社  
(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)  
(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州求是图文制作有限公司  
印 刷 德清县第二印刷厂  
开 本 787mm×1092mm 1/16  
印 张 7  
字 数 180 千字  
版 印 次 2010 年 11 月第 1 版 2010 年 11 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-308-08033-0  
定 价 16.00 元

---

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88925591

# 前 言

随着生产力的不断发展和人口的大量增加,人类对自然资源的需求也不断增加,在很大程度上会造成对资源的过度开发和利用,由此造成的结果是人类生存环境的恶化。例如,资源枯竭、森林破坏、酸雨、水体污染、生物多样性下降、水土流失、土地沙漠化、外来物种入侵等现实问题日益显现,这将严重威胁人类的生存安全和社会的可持续发展。要解决和改善人类面临的困境,生态学的理论和方法将发挥很大的作用。生态学是研究生命系统与环境系统之间相互作用的规律与机制的科学,它将义无反顾地承担起解决人类面临的生存环境问题的重任。

“生态学”学科自 1866 年建立以来,已经历了近一个半世纪的发展历程。生态学的研究得到了迅速发展,生态学的理论得到了极大的丰富,生态学的理念日益深入人心,生态学涉及的领域也越来越广泛,与自然、经济、社会、文化领域等紧密结合,从微观、中观、宏观等多尺度探讨生物及人类社会发展过程中所带来的相关问题。

目前,国内出版的生态学实验指导用书已有不少,这些指导用书基本上根据生态学课程的理论体系来编写,显得较为规范、全面。但是,我国不同区域的高校在生态学实验教学的发展程度上有较大差异,各高校的实验条件、教学对象各不相同,其教学方法、手段和内容也应各有特色。此外,目前高等教育的改革对生态学的实验教学提出更高的要求,不仅要让学生在实验过程中获取知识,发展技能,培养能力,更应该促进学生自主创新能力的培养,以倡导启发式教学和探究性学习为核心,探索新的教学理念、培养模式和管理机制。鉴于此,编写一本适合地方高校生态学实验教学现状,并与当地的动植物资源、环境特点有机结合的生态学实验指导用书显得非常迫切。

本教材的编写理念是,让学生在掌握生态学重要原理和方法的基础上,对理解生物与环境的辩证关系有启发意义,选编的实验内容所使用的器材比较简单、操作过程不太复杂,对于学生开展设计性实验有较大的促进作用,并且能够在生产实践中应用。

本教材编写的基本框架是,体现生态学教学的基本理念,并贯彻实验教学大纲的设计思想,将内容分为生态学实验基础、基础性实验、综合性实验三大模块。其中,生态学实验基础主要介绍生态学实验开展的基础知识、常用的实验技术和方法,特别是与后述实验(基础性实验、综合性实验)密切相关的技术和方法;基础性实验主要是针对理论课涉及的生态学原理进行的验证性和设计性实验,并做部分拓展;综合性实验是让学生在具备一定的实验设计能力和科研能力的基础上,整合一至多个生态学原理所开展的应用性较强的实验。

本教材的特色有:第一,为了培养学生的创新精神,将“实验步骤”改为以“操作建议”的形式呈现,主要目的是给参与实验的师生一定的启发,并对实验过程的设计留有余地。第二,在每个实验的最后,安排了根据相关生态学原理进行的实验拓展,主要是提供若干个相

关实验设想,各高校可根据实际条件,自行选择操作性强的实验进行教授,还可以进行更深层次的探究和挖掘,也可以使之成为学生的开放性实验课题,为培养学生的科研能力和创新能力搭建一个基础平台。第三,紧密结合地方高校的教学实际和环境资源特点,设计的实验内容比较实用,多数学校均可开设。第四,鉴于目前各高校“生态学实验”教学的计划课时比较紧凑,在本教材阐述的内容尽可能简洁、明了,以方便师生们使用。

本教材可供本科院校生物科学、环境科学、科学教育等专业的师生使用。本教材是同行老师集体智慧的结晶,浙江师范大学的李铭红、颜志刚、王艳妮、程宏毅、杨冬梅、洪华嫦老师,杭州师范大学的陈波老师,温州大学的胡仁勇老师,中国计量学院的徐爱春老师和丽水学院的吕耀平老师共同参与编写并为此倾注了大量的心血,在编写过程中参考了国内外相关专家编写的同类教材和许多文献,由李铭红老师统稿,并由浙江大学出版社支持出版,在此深表谢意!

由于编写时间仓促,编者水平有限,本书难免存在许多问题和不足,衷心希望同行专家和师生们提出宝贵意见,以便我们不断完善与提高。

编 者

2010年8月

# 目 录

## 第一部分 生态学实验基础

1.1 生态学实验常用的方法与技术 .....	(1)
1.1.1 生态学实验研究的基本特点 .....	(1)
1.1.2 生态学实验设计的基本流程 .....	(2)
1.1.3 生态因子的测定方法 .....	(2)
1.1.4 植物生态学实验研究方法与技术 .....	(5)
1.1.5 动物生态学实验研究方法与技术 .....	(10)
1.1.6 生态系统能量流动与物质循环的研究方法与技术 .....	(16)
1.1.7 生态环境监测方法与技术 .....	(17)
1.2 数据处理及实验结果分析 .....	(28)
1.2.1 生态学实验数据处理的统计学基础 .....	(28)
1.2.2 生态学数据处理相关软件的介绍与使用 .....	(37)
1.3 实验报告及研究论文的撰写 .....	(40)
1.3.1 实验报告及研究论文的意义 .....	(40)
1.3.2 实验报告及研究论文的特点 .....	(40)
1.3.3 实验报告及研究论文撰写的步骤 .....	(41)
1.3.4 实验报告及研究论文的内容 .....	(42)

## 第二部分 基础性实验

实验 2.1 盐分胁迫对植物生长发育的影响 .....	(47)
实验 2.2 植物生长发育有效积温的测定 .....	(51)
实验 2.3 鱼类对温度、盐度、pH 值耐受性的观测 .....	(54)
实验 2.4 校园栽培植物的传粉学观察 .....	(57)
实验 2.5 种群密度的调查与估算 .....	(59)
实验 2.6 动物种群在有限环境中 logistic 方程的拟合 .....	(61)
实验 2.7 植物的种内、种间竞争 .....	(64)
实验 2.8 土栖生物多样性调查 .....	(66)
实验 2.9 校园内植物群落物种多样性调查 .....	(69)
实验 2.10 水体生态系统初级生产量的测定 .....	(75)

---

---

### 第三部分 综合性实验

实验 3.1 入侵植物对本土植物的影响 .....	(78)
实验 3.2 光周期对植物花期的调控作用 .....	(83)
实验 3.3 不同生态系统中土壤有机质含量的测定 .....	(85)
实验 3.4 重金属污染对植物叶绿素含量的影响 .....	(89)
实验 3.5 水生植物对水体污染的净化作用 .....	(92)
附录 1 主要土壤动物类群门、纲检索表 .....	(95)
附录 2 主要土壤动物类群概述及常见类群分目检索 .....	(97)
参考文献 .....	(105)

# 第一部分

## 生态学实验基础

生态学的研究对象是生物与环境之间的相互关系。该学科主要围绕生物与环境之间的物质循环、能量流动和信息传递展开,需要通过野外实地观察与室内实验来解析各种生态过程和内在的变化规律。因此,它属于实验科学。

生态学实验有以下特点:①生态现象的变化与时空密切相关,因此,生态学实验必然涉及环境条件中时空的变化。②生态学的综合性和系统性决定了生态学实验的多元化特点以及与其他学科的渗透性。③生态变化的不同尺度决定了生态学实验方法的巨大差异。

随着科学技术和研究手段的快速发展,现代生态学的研究领域日益拓展,在生态学研究中已广泛使用多种现代技术,如同位素示踪法测定物质循环与能量流动;使用多种电子设备测定植物的光合作用、呼吸作用、水分蒸腾、叶面积、生物量等;用3S技术对环境要素进行定位、动态观察等。这使得生态学从传统的定性研究日益向定量化和精确化研究方向发展,也使生态学的实验研究属性得到不断加强。

### 1.1 生态学实验常用的方法与技术

#### 1.1.1 生态学实验研究的基本特点

##### 1. 综合性与层次性

任何一个生态学现象和生态学过程是多种生物要素和环境要素共同作用的结果。例如,一个种群个体数量的增长与其生存空间内的食物条件密切相关,同时,也与生存空间内的气候因素、地理因素及与其他物种相互作用(如竞争、捕食、共生、寄生等)的强度有关。这就决定了生态学实验的综合性、整体性、层次性。

根据实验的目的、对象和考察的因素多寡,生态学实验可分为单因素实验、多因素实验和综合性实验。

##### 1) 单因素实验

整个实验过程只考虑单个因子的变化,并将其他条件严格控制为一致。这是一种最为简单的实验方式。



### 2)多因素实验

实验方案中包括两个及以上的考察因素,各个因素之间可有不同的水平组合,从中筛选出最佳处理组合。这样的处理方式的效果比单因素实验要好。

### 3)综合性实验

综合性实验中多个因素的各水平不构成平衡的处理组合,而是将若干个因素的某些水平结合在一起形成少数几个处理组合,主要目的在于探讨一系列供试因素对某些处理组合的综合作用。这类实验一般是在对起主导作用的因素及其相互关系比较明确情况下开展的。

## 2. 时空变异性

生态学实验涉及生物要素和环境要素,其中的生物要素通常存在个体的差异性和遗传变异性,且在生物不同的生活史阶段均有变化;同一种生物乃至不同的个体生活在不同环境下,会表现出不同的适应特征(或对策)。这就是时空变化导致的生物适应特征上的差异。

## 1.1.2 生态学实验设计的基本流程

### 1. 提出要解决的科学问题(提出假说)

实验者可根据自己的认识(通过观察、研究或资料查阅而得到),提出想要解决的科学问题(假设)。能提出一个适宜的科学问题,是开展生态学实验非常关键的一步,有了要解决的问题,根据所学的知识 and 实验技能,设计科学合理的实验方法就有了目标和方向。

### 2. 根据假说设计适合的实验方案和技术路线

根据假说内容安排相斥性实验或进行抽样调查,科学地采集实验数据。

### 3. 对根据实验或调查得到的数据进行统计、整理

对所得数据进行分析,肯定或否定或修改假说,形成结论,或开始新一轮的实验以验证修改完善后的假说,如此循环直至得出可靠的结论。

## 1.1.3 生态因子的测定方法

### 1. 温度因子的测定

#### 1)空气温度的测定

通常使用普通温度计(图 1.1)、最高温度计(图 1.2)、最低温度计(图 1.3)测定某实验条件下局部区域内温度的变化状况、最高温度和最低温度。

#### 2)水温和的测定

水温对水体的理化性质有直接影响,并且也与生物的生长发育关系密切(尤其是水生生物)。水温的测定也可使用普通温度计、最高温度计、最低温度计。在测定过程中应注意温度计的量程与实验条件下温度变化范围之间的匹配。

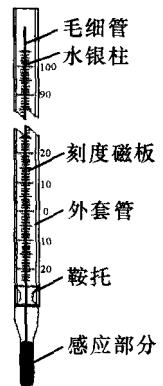


图 1.1 普通温度计

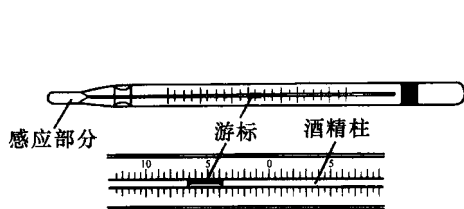


图 1.2 最高温度计

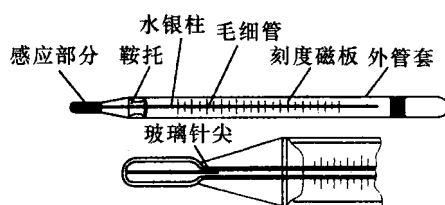


图 1.3 最低温度计

### 3) 土壤温度的测定

土壤温度指的是生物与土壤接触面的温度。根据不同的实验要求,在土壤暴露面比较大的情况下,可使用普通温度计、最高温度计、最低温度计来测定暴露面的温度。但是,对于暴露面较小的土壤剖面,通常使用直角温度计(图 1.4)来测定暴露面的温度。直角温度计的使用方法见图 1.5。在使用该种温度计时应注意:温度计插入土壤的深度只要淹没温度敏感孔即可;直角温度计刚插入土壤时,温度计金属尖端表面与土壤发生摩擦而导致温度升高,所以温度计插入土壤后应待 1~2min 再读取温度。

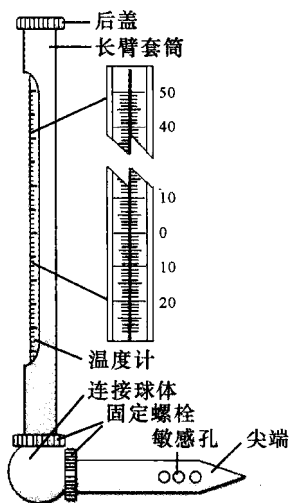


图 1.4 直角温度计

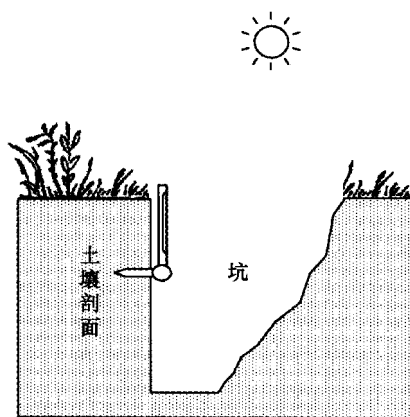


图 1.5 直角温度计使用示意图

## 2. 水分因子的测定

### 1) 水体中光照强度的测定

水体中的光照强度可用水下分光光度计测定。将水下分光光度计安装在有水深标记的拉绳上,根据拉绳上不同水深深度分别测定其光照强度。

### 2) 水体透明度的测定

水体的透明度常用塞氏盘(图 1.6)来测定。将塞氏盘垂直放入水中,直到最后不能看清塞氏盘上的颜色分区为止,读出水面至塞氏盘的距离读数,即为该水

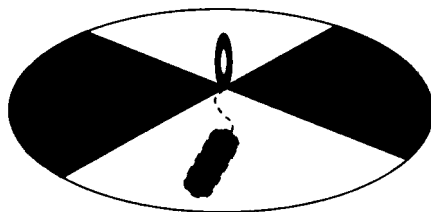


图 1.6 塞氏盘

体的透明度。也可用塞氏盘来测定水体深度：只要将塞氏盘下沉至水底，拉直塞氏盘上的刻度尺，读出水面至塞氏盘的距离读数即可。

### 3) 水体 pH 值的测定

水体 pH 值对水生生物乃至水环境的影响非常大，它与水体温度、光照因子等有密切的关系。在实验或生态学研究中，现在常用便携式 pH 计直接测定（具体的测定操作方法请参考便携式 pH 计说明书）。

### 4) 水体电导率的测定

电导率表示水体电流传导能力，它与水中各种离子的性质、浓度、水体温度等因素有直接关系，在某种程度上可以作为水中各种离子总浓度的依据。水体电导率常用电导率仪来测，测定方法如下：①配制  $0.0100\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的 KCl 标准溶液，该标准溶液在  $25^\circ\text{C}$  下的电导率为  $141.3\text{mS/m}$ 。②用标准 KCl 溶液冲洗电导池几次，并用标准 KCl 溶液注满电导池，在  $25^\circ\text{C}$  恒温水浴 15min，测得该溶液电阻  $R_0$ 。（该操作应重复几次，直至电阻稳定在误差 2% 范围内），求得电导池常数  $Q=141.3R_0$ 。③用要测定的水样冲洗电导池几次，按②的操作方法测得水样的电阻  $R_x$ ，得到水样的电导率  $K=Q/R_x$ 。

## 3. 光照强度的测定

光照强度常使用照度计来测定（具体的操作方法请参考其使用说明书）。应该注意的是，测定时应将光强传感器直接接触被测光（不应被遮蔽），并与光源方向成  $90^\circ$ ，待显示器读数稳定后即可读数。

## 4. 土壤因子的测定

### 1) 土壤剖面的挖掘

根据实验样地土壤的地形、地貌特点，找到合适的挖掘地点（一般要求土层深度大于 1m，土层相对较为疏松，能够形成大于  $1\text{m}^2$  的作业面），可使用铁锹垂直向下挖掘形成一个土壤剖面（图 1.7）。如果要测定土壤剖面垂直面上的温度变化规律，当土壤剖面挖至相应的土壤深度时应立刻测定其温度；否则，其剖面暴露在大气中时间过长，土壤温度会发生变化。土壤剖面一般可分为 A、B、C、R 层。A 层为腐殖质层，该层土壤富含腐殖质，土层颜色偏深黑色或灰黑色，其中土栖生物最为丰富，它也是大多数农作物、草本植物根系生长

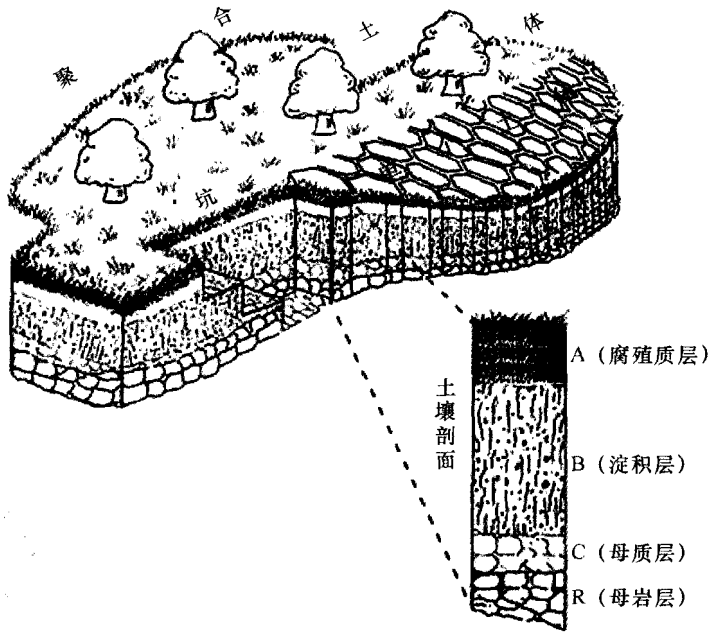


图 1.7 土壤剖面示意图

的主要区域;B层为淀积层,其中有少量腐殖质从A层淋溶下来,土层颜色接近下面的母岩层(R层),是某些深根系农作物、灌木、小乔木根系生长的主要区域;C层为母质层,土层颜色与下面的母岩层(R层)完全相同,只不过其土壤颗粒远比R层小且疏松,是多数乔木根系生长的主要区域;R层为母岩层,是刚风化的岩石层,少数高大乔木的根系可以生长在该层。

#### 2) 土壤温度的测定

具体请参考上述“温度因子的测定”的内容。

#### 3) 土壤水分的测定

土壤水分常采用烘干法或土壤水分测定仪进行测定。采用烘干法时,先称量土样的湿重,然后将取得的土壤样品置于100℃左右的烘箱中烘至恒重,蒸发损失的水分重量即为含水量。用土壤水分测定仪进行测定的操作方法请参考其仪器使用说明书。

#### 4) 土壤 pH 值的测定

现常用 pH 计来测定土壤 pH 值。一般称取 5g 土壤样品,加水 50mL,即可直接用 pH 计测定 pH 值。应多次重复测量,直至所测值的误差小于 0.02。每次测完后均应用蒸馏水冲洗 pH 计电极,并用滤纸将水吸干。

### 1.1.4 植物生态学实验研究方法与技术

#### 1. 植物种群的调查方法

植物种群是指在某一特定时间内占据某一特定空间的同种植物的集合体。植物种群虽然是由同一物种的许多个体集合而成的,但并非是一个物种所有个体的简单组合,它是物种群体的有机组合。植物种群的调查内容通常包括种群的密度、种群的空间分布格局、种群的年龄结构、种群的增长动态以及种群间的相互作用等。

在不可能对整个种群进行调查研究的情况下,常采用“样方法”对种群的基本状况进行研究。所谓“样方法”就是抽样调查的方法,即对有代表性的种群生长地段进行抽样调查。

##### 1) 样方的选择

###### (1) 确定代表性的地段

选择的基本原则为均匀性、代表性、特征性。所谓均匀性是指所选择的调查地段,植物种群的密度比较均匀。代表性是指所调查的植物应该在该生长地有代表意义,或是优势种群,或是具有特殊代表意义的物种。特征性是指所调查的植物物种能反映该生长地其他物种的基本特征。

###### (2) 确定样方的大小

样方大小应以该植物的生长密度和高大程度为依据。一般情况下,苔藓、地衣或藻类群落设置为  $0.01\sim 0.25\text{m}^2$ ;草本植物设置为  $1\text{m}^2$ ;灌木或高度不超过 3m 左右的植物设置为  $10\sim 20\text{m}^2$ ;森林乔木设置为  $100\text{m}^2$ 。

###### (3) 确定样方形状

由于边缘效应的影响,理论上讲,圆形的误差最小,尤其是调查草本植物或农作物时比较适用。为了样方设置的方便,实际操作时常用方形。但应尽量少用长方形。

#### (4) 确定样方数量

理论上讲,样方数量越多越好。但从人力成本考虑,样方数量往往有限。在具体研究时,每调查 1 个样方,就计算植物个体的密度,直至最后调查 5 个样方内植物个体数的变化幅度小于所有样方平均密度的 5% 即可。

#### 2) 植物种群密度的调查

在做好上述准备工作的基础上,可以着手进行植物密度的调查。统计每个样方内该植物的个体数,取其平均数。

#### 3) 植物种群的空间分布格局

经上述调查得到每个样方内该植物的个体数分别为  $x_i$ , 求其平均值  $\bar{x}$  (共  $n$  个样方), 然后计算方差  $s^2 = \sum (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)$ 。种群的空间分布格局有三种典型的类型: 若  $s^2 = 0$ , 则表明该植物种群是均匀分布; 若  $s^2 = \bar{x}$ , 则表明该植物种群是随机分布; 若  $s^2 > \bar{x}$ , 则表明该植物种群是集群分布。

#### 4) 种群的年龄结构

种群的年龄结构是指种群内不同年龄的个体的分布或组配情况。它可以反映种群的动态及发展趋势,并在一定程度上反映种群和环境之间的相互关系,以及它们在群落中的作用和地位。植物种群的年龄结构分析,首先是根据取样数据把同一种群分为不同的龄级,再将不同龄级内的个体数与种群总个体数目相比而构成龄级比率(age ratio),进而按龄级比率构成年龄金字塔。根据年龄金字塔结构,可以判别某一种群是增长种群,或稳定种群,或衰退种群。木本植物种群的龄级划分,在森林群落中通常是以树木的立木级来表示的。I 级,高度在 33cm 以下者; II 级,高度在 33cm 以上、胸径不足 2.5cm 者; III 级,胸径在 2.5~7.5cm 者; IV 级,胸径在 7.5~22.5cm 者; V 级,胸径在 22.5cm 以上者。

## 2. 植物群落的调查方法

植物群落是指在一定时间、一定地段或生境中各种植物种群所构成的集合。植物的群落结构是指群落的所有种类及其个体在空间中的配置状态。它包括群落的外貌、群落的生活型、群落的空间格局(群落的垂直结构、水平结构、群落交错区等)及时间格局等内容。

群落的外貌(physiognomy)是指生物群落的外部形态或表相,为群落中生物与生物之间、生物与环境之间相互作用的综合反映。陆地生物群落的外貌主要取决于植被的特征;水生生物群落的外貌主要取决于水的深度和水流特征。陆地生物群落的外貌是由组成群落的植物种类、生活型、群落结构等所决定的。

植物的生活型(life form)有多种不同的定义和分类方法。丹麦植物学家 Raunkiaer 按休眠芽和复苏芽所处的位置高低和保护方式将高等植物划分为 5 种生活型:高位芽植物(phanerophytes)、地上芽植物(chamaephytes)、地面芽植物(hemicryptophytes)、隐芽植物(cryptophytes)、一年生植物(therophytes)。

群落的垂直结构主要指群落的分层现象。陆地群落的分层与光的利用有关。森林群落从上到下依次可划分为乔木层、灌木层、草本层和地被层等层次。植物的幼苗、附生和寄生植物则根据其实际逗留的冠层划入其依附的冠层中。水热条件越优越,群落的垂直结构越复杂。

群落的水平结构的形成主要与构成群落的成员的分布状况有关。大多数群落的物种多

呈现出均匀的斑块状分布,这主要决定于生境条件的异质性。

群落的时间格局指的是群落的外貌、物种组成等在时间尺度上的动态变化特征,主要受限于光、温度、湿度等生态因子明显的时间节律性(如昼夜、季节性、年际、地球大周期等)。植物群落表现最明显的就是季相,如温带草原外貌一年四季的变化非常鲜明。

### 1) 植物群落调查常用的测定指标

①样方地理位置、环境特征:GPS 定位坐标;地形地貌,包括山地或平原、坡向及坡度、海拔、底质类型;天气条件;环境异质性、群落均一性(连续性)描述;人为干扰情况,包括土地利用类型、利用强度、退化程度等。

②群落外貌:目测优势种、林地的分层、主要物种的生活型等。

③物种数:物种数及每种物种的个体数(要求分种类逐一计数,及时记录)。

④群落和物种盖度:群落的总体盖度、优势种的盖度。

⑤高度:各种植物的高度(实测或用测高仪测量,及时记录)。

⑥物候期和季相:每种所处的物候期,包括营养期、花蕾期、开花期、结果期、落叶期、休眠期或枯死期(几期同时出现的,以 50% 以上的个体的物候期记录入表),季相(以建群种所处的物候期为群落的季相)。

### 2) 群落中物种优势度高度的主要数量指标

①相对密度(D) = 单种个体数 / 所有种的个体数之和

②相对盖度(RC) = 单种盖度 / 所有种的盖度之和

③相对频度(RF) = 单种频度 / 全部种的频度之和

④相对高度(H) = 单种高度(均值) / 所有种的高度之和

⑤重要值(IV) = 相对密度 + 相对优势度 + 相对频度

注:相对优势度可根据实际情况用相对盖度或相对高度来替代。

### 3) 群落调查的常用研究方法

#### (1) 样方法

植物群落的调查也常采用“样方法”。样地选择原则,样方的形状、数量的设置基本类似种群调查,但是所设置的样方大小应根据群落的类型确定。一般情况下,草本群落或农田设置为  $1\sim 4\text{m}^2$ ; 雨林设置为  $2500\sim 3600\text{m}^2$ ; 常绿阔叶林设置为  $400\sim 600\text{m}^2$ ; 落叶阔叶林设置为  $400\text{m}^2$ ; 泰加林设置为  $200\sim 400\text{m}^2$ 。通常采用标准样绳或塑料绳围成方形面积,然后在其中调查,记录其中各物种的数量指标。

#### (2) 样带法

为研究一个环境梯度植被的变化或者不同生境中的植被的差异,或在估计一个研究地区植被组成种的总体密度和盖度时,通常使用样带法。该方法包括三类。a. 样线法:沿梯度拉一根样线,统计接触到样线的不同种类植物的密度;以一定长度间隔为单元分别统计可以得到频度;计量每一植株接触样线的长度可以得到盖度。b. 带状样带法:沿样带方向间断设置一系列样方。c. 梯度样带法:沿梯度方向设置一条连续的样带,有时可达数百公里。

#### (3) 样点法

该方法主要用于矮生植被中禾草、杂类草、苔藓等的盖度估测。采用一根或一组直径非常小( $1.5\sim 2\text{mm}$ )的金属或木质样针,垂直插入土壤,计数接触到样针的植物种类。通过大量取样得到各种植物的盖度。

#### (4) 无样地取样法

该方法适用于地形陡峭不便于做样方的森林中的乔木密度测定,也是人手缺乏时的合适办法。在研究区域内随机选取一组样点(通常沿行走路线确定,一般不少于 50 个),然后采取两种方法测定:a. 测定离样点最近的树木到样点的距离,求平均值,则树木密度为  $1/(2D)^2$ 。b. 沿同一方向建立以样点为中心的坐标系,分别测定 4 个象限内距离原点最近的树木的种类和距离,则树木密度为  $1/D^2$ 。两种方法都以样点到树木中心的距离为准(图 1.8)。

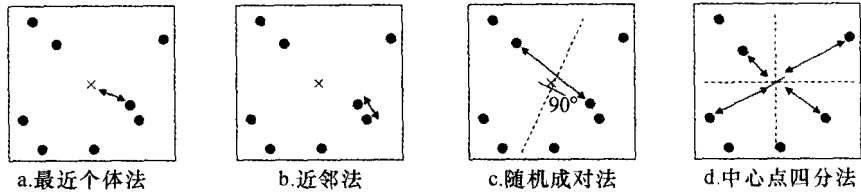


图 1.8 无样地取样法

### 3. 植物群落的物种多样性调查

物种多样性是群落内生物组成结构的重要指标,它不仅可以反映群落组织化水平,而且可以通过结构与功能的关系间接反映群落的功能特征。它通常包含两种含义:①种的数目或丰富度(species richness),即一个群落或生境中物种数目的多寡;②种的均匀度(species evenness or equitability),即一个群落或生境中全部物种个体数目的分配状况,它反映的是各物种个体数目分配的均匀程度。

迄今为止,物种多样性指数可以大致分为三类:α-多样性指数、β-多样性指数和 γ-多样性指数。α-多样性指数常用来指导和分析天然森林群落中的植物物种多样性的测定。

#### 1) 辛普森多样性指数(Simpson's diversity index)

该指数为假设对无限大的群落随机取样,样本中两个不同种个体相遇的几率。它可认为是一种多样性的测度,其公式表示为

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2$$

式中, $D$  为多样性指数; $P_i$  为第  $i$  个物种的相对丰度(占有物种总个体数的百分比); $S$  为物种数目。

#### 2) 香农-威纳指数(Shannon-Weiner index)

该指数假设,在无限大的群落中对个体随机取样,而且样本包含了群落中所有的物种,个体出现的几率即为多样性指数。物种信息量越大,不确定性也越大,因而多样性也就越高。其计算公式为

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i \log_x P_i)$$

式中, $H'$  为多样性指数; $P_i$  为第  $i$  个物种的相对丰度(占有物种总个体数的百分比); $S$  为物种数目; $x$  根据具体需要可取 2、3、10 或  $e$ 。

### 4. 生态系统初级生产量的测定

生态系统初级生产量测定的方法较多,如收割法、 $CO_2$  同化法、黑白瓶法、放射性同位

素示踪法、叶绿素测定法、pH 测定法等。不同的方法可应用于不同类型生态系统初级生产量的研究,也各有优缺点。本节简单介绍收割法、CO<sub>2</sub> 同化法和黑白瓶法。

### 1) 收割法

该法常用于草原生态系统、农田生态系统和森林生态系统。用各种剪刀、锯子或斧子将一定面积的植被地上部分全部取下,将植物的各种器官(如茎、枝、叶、花、果实等各部分)分开,包装起来带回实验室,或在野外直接称其“鲜重”,或烘干后再称干重(在 100℃ 烘箱中烘干 1~2d)。注意:对于灌木以下的植物,精度应达到 0.01g;称量时应去掉粘附的土壤等。

### 2) CO<sub>2</sub> 同化法

该法常用于草原生态系统、农田生态系统,有时也用于森林生态系统。该法测定生态系统的初级生产量,应先建立一个封闭系统(将要测定的对象与外界大气系统隔绝),实验开始前先用 CO<sub>2</sub> 红外测定仪测得 CO<sub>2</sub> 浓度,经过一段时间(实验时间根据实验对象特点和实验要求而定)的光合作用,再测封闭系统内的 CO<sub>2</sub> 浓度,其中减少的 CO<sub>2</sub> 已经被固定在植物体内的有机物中。

### 3) 黑白瓶法

该法常用于水域生态系统中浮游植物初级生产量的测定。具体参考本书实验 2.10 内容。

## 5. 植物叶绿素含量的测定

叶片是植物光合作用的主要器官。叶绿素是植物光合作用最重要的色素,由叶绿素 a、叶绿素 b、胡萝卜素和叶黄素组成。叶绿素 a 与叶绿素 b 是高等植物叶绿素的重要组分,约占叶绿素总量的 75% 左右。高等植物光合作用过程中利用的光能是通过叶绿素吸收的,因此叶绿素的含量与植物的光合速率密切相关。在一定范围内,光合速率随叶绿素含量的增加而升高。另外,叶绿素的含量是植物生长状态的一个反映,某些环境因素(如干旱、盐渍、低温、大气污染、元素缺乏)可以影响叶绿素的含量与组成,进而影响植物的光合速率。因此,叶绿素含量的测定对植物的光合生理与逆境生理研究具有重要意义,同时,叶绿素含量也是指导作物栽培生产和选育作物品种的重要指标。

提取、分离和测定叶绿素是研究它们的特性及作用的第一步。叶绿素不溶于水,溶于有机溶剂,可用多种有机溶剂(如丙酮、乙醇或二甲基亚砷等)研磨提取或浸泡提取。叶绿素在特定提取溶液中对特定波长的光有最大吸收值,用分光光度计测定在该波长下叶绿素溶液的吸光度(也称为光密度),再根据叶绿素在该波长下的吸光系数即可计算叶绿素含量。

利用分光光度计测定叶绿素含量的依据是 Lambert-Beer 定律,即当一束单色光通过溶液时,溶液的吸光度与溶液的浓度和液层厚度的乘积成正比。其数学表达式为

$$A = Kbc$$

式中,  $A$  为吸光度;  $K$  为吸光系数;  $b$  为溶液的厚度;  $c$  为溶液浓度。

叶绿素含量的具体测定方法请参考本书实验 3.4 内容。



## 1.1.5 动物生态学实验研究方法与技术

### 1. 动物生态学研究的基本内容

动物生态学的主要研究内容有：

①阐明动物与生存条件的关系,生存条件的变化对动物的生理结构、形态特征和行为方式的影响。

②研究在一定的生存条件下各种动物种群的数量关系。

③研究一定的环境条件下种内和种间关系,以及它们对动物进化的意义。

④研究在不同生态条件下动物种群和群落的形成、适应和演化。

⑤人类对动物资源开发利用和动物资源的保护等。

### 2. 陆生动物类群的野外生态学观测方法

#### 1) 陆生动物类群的种类与种群数量调查方法

##### (1) 总体记数法

该方法适用于生活在开阔地带或狭小地区、栖息范围有限的大、中型兽类。一些群居性动物在繁殖季节常集群生活,更容易集中记数,记数时直接统计其全部数量即可。总体记数时,时间要相对集中,防止动物迁移造成的漏计或重计。

##### (2) 样方记数法

如果调查的范围很大,无法对全部动物个体进行直接记数,需采用抽样的方法记数。将调查区域划分为若干个样方,然后随机抽取或规则抽取部分样方,调查动物的数量,根据多个样方算出平均数,以推断整个区域的动物种群数量。样方的数量及形状可根据研究地实际情况而定。根据研究对象的不同,样方的大小、数量均有不同要求。由于大型兽类领域较大,活动能力强,一般不采用样方方法进行记数;鸟类的样方一般设置为  $100\text{m} \times 100\text{m}$  或  $50\text{m} \times 50\text{m}$ ;昆虫的样方设置为  $1\text{m} \times 1\text{m}$ ;小型无脊椎动物的样方设置为  $5\text{m} \times 5\text{m}$ 。

##### (3) 样地哄赶法

对于一些隐秘在草丛或灌丛中的兽类,采用哄赶的方法可统计动物的绝对数量。此法适用于地势平坦或坡度不大的山地。样地的选择需要有代表性,常根据调查区域的天然分界(如林间小路、防火带、山口等)确定哄赶区。大型兽类哄赶区样地面积应在  $50\text{hm}^2$  以上;小型兽类样地面积为  $10\text{hm}^2$  左右。参与哄赶的人员在 30 人左右,分成 4 组,调查各组分别从样方的 4 个角的位置,按预定时间,沿顺时针方向行走,将样地包围起来,每人间距 100m 左右,记录所遇见的动物种类及数量,并记录动物逃逸方向。完成包围后,缩小包围圈,记录遇见的种类和数量,以逃逸出包围圈的动物总数量除以样地面积,即为动物的绝对密度。

##### (4) 样带法

该法因很少受生境条件的限制,可节省人力物力,是测定大中型兽类、鸟类、两栖类、爬行类动物种群数量的最基本的方法。采用该法时,按预定路线行走,观察遇见的动物数量,记录动物出现的距离。以动物与行走路线的平均垂直距离作为样带的宽度。调查结束后,将动物数量除以样带宽度与长度的积,得出单位面积上种群数量,再乘以研究区域总面积,即可获得整个研究区域的动物种群数量。其方程为