

暨南大学211本科教材建设项目

水域生态学 实验指导

赵建刚 肖林 许忠能◎编著



暨南大学出版社
JINAN UNIVERSITY PRESS

暨南大学211本科教材建设项目

水域生态学 实验指导

赵建刚 肖林 许忠能◎编著



暨南大学出版社
JINAN UNIVERSITY PRESS

中国·广州

图书在版编目(CIP)数据

水域生态学实验指导 / 赵建刚, 肖林, 许忠能编著. —广州: 暨南大学出版社, 2013. 6

ISBN 978-7-5668-0647-5

I. ①水… II. ①赵…②肖…③许… III. ①水域—生态学—实验—高等学校—教材 IV. ①Q178.53-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第139994号

出版发行: 暨南大学出版社

地址: 中国广州暨南大学

电话: 总编室(8620) 85221601

营销部(8620) 85225284 85228291 85228292 (邮购)

传真: (8620) 85221583 (办公室) 85223774 (营销部)

邮编: 510630

网址: <http://www.jnupress.com> <http://press.jnu.edu.cn>

排版: 广州市友间文化传播有限公司

印刷: 湛江日报社印刷厂

开本: 787mm×960mm 1/16

印张: 6

字数: 97千

版次: 2013年6月第1版

印次: 2013年6月第1次

定价: 16.80元

(暨大版图书如有印装质量问题, 请与出版社总编室联系调换)

序

近半个世纪以来，全球气候变化异常、水质污染、空气质量下降等问题日益突出，受到社会公众的广泛关注，人们开始更多地从生态学的角度，全局性地思考这些问题及其影响，以“美丽中国”为主题的生态文明建设已成为国家战略。当前关于生态议题的讨论逐渐深入、广泛，网络、电视、报纸、书刊等媒介提供了海量的生态学及相关知识的资料。尽管生态学的学习对入门的要求不高，但日常生态问题辨析、生态科普教育、生态学相关的通识课程学习等学习形式与专业的生态学学习及训练之间仍存在较大的差别，特别是在生态学实验教学这个环节上。生态学是以（野外）自然生态系统为主要研究对象的学科，不经过系统的生态学实验与实践学习和训练，不掌握相对完整的生态学专业知识，要对生态学问题有深入或本质的理解还是比较困难的，在处理（复杂）生态学问题时也容易犯“简单”错误。

生态学实验教学需要有合适的教材，目前已有不少针对不同专业的生态学实验教材，但这些教材内容绝大多数是以陆地生态学为主，我国还没有一本以水体生态系统为对象的生态学实验教材。因此，编写以水生生物为实验材料，帮助掌握水域生态学理论与研究方法的生态学实验教材是生态学教学一直所期待的。

暨南大学生态学系成立于2003年，次年开始招收本科生，以淡水生态学为特色，开展生态学实验教学已整整10年。为提高教学质量和激发学生创新，我们于2011年开始组织教师总结生态学实验、实践教学中的经验与不足，筹划编写一本以水域生态学为主要内容的实验教材，完善教学体系建设。历时两年的内容筛选、讨论和实践，于2013年完成了本实验指导的撰写工作。实验教材的内容分为三个模块：①水域生态学研究的

基础知识（包括生态学实验设计、生态学野外调查取样等）；②生态因子（包括温度、盐度、光照等）及其对生物的影响；③综合实验。在体系上，兼顾了个体、种群、群落和生态系统的四个层次。理论联系实践是本实验指导的特点，学生通过本教材的学习和操作，可以进一步认识水域生态学的基本原理，掌握水域生态学野外调查、室内实验的一些基本方法。

本实验教材既可以作为我国普通高校与“水”相关的生态学专业本科实验教材，也可作为相关专业人员的参考书。

暨南大学生态学系 韩博平
2013年4月15日

目 录

序	1
实验 1 生态学实验设计方法	1
实验 2 生态学野外调查与采样方法	6
实验 2.1 陆地植被野外调查与采样方法	6
实验 2.2 水域生态学野外调查与采样方法	11
实验 2.3 底栖动物野外调查与采样方法	17
实验 3 水域生态学野外调查常用的仪器设备及使用方法	23
实验 4 植物群落调查与分析方法	28
实验 5 水体中常见环境因子的时空变化	33
实验 6 环境温度对动物体温的影响	36
实验 7 鱼类对温度、盐度耐受性的响应	39
实验 8 光照对藻类生长的影响	42
实验 9 水体初级生产力测定	45
实验 10 沉水植物的主要生态功能	48
实验 11 淡水大型底栖动物在水质监测中的应用	52
实验 11.1 常见大型底栖动物的分类鉴定	52
实验 11.2 底栖动物的群落分析	55
实验 11.3 应用大型底栖动物进行水质监测	58

实验 12 鱼类食性分析	61
实验 12.1 根据消化道结构分析鱼类食性	65
实验 12.2 根据胃肠内容物分析鱼类食性	67
实验 12.3 利用稳定性同位素分析鱼类食性	69
实验 13 下行效应对浮游植物现存量的调控	72
实验 14 水体中氮、磷与氮磷比对浮游植物生长的影响	76
附 录	79
附录 1 水体中叶绿素 a 的测定 (冻融法)	79
附录 2 部分溶液的配方	81
附录 3 生态学实验室部分规章制度	82
主要参考文献	84
后 记	87

实验1 生态学实验设计方法

生态学是研究自然系统中生物与环境、生物与生物之间相互关系的学科。地球上的生物种类多样，环境复杂多变，这导致了很多生态学现象、生态学过程看似模糊不清。如何对错综复杂的生物与其栖息环境因子、生物与生物间的相互关系抽丝剥茧，让生态学规律变得简单、清晰，易于理解，需要基于科学的研究方法。生态学研究方法一般分为野外调查和观测、实验和数学模拟研究。野外调查和观测是生态学研究的基础，而生态学实验所涉及的内容则是在野外调查的基础上针对感兴趣的生态学问题，如何设计一个相对简单且可重复的控制实验来验证提出的假设。

【实验目的】

1. 了解与掌握生态学实验的基本特点、实验误差的来源和控制以及生态学实验设计的原则等基础知识。
2. 了解并掌握生态学实验设计的基本步骤和内容。

【实验器材】

多媒体教学设备。

【方法与步骤】

一、实验设计的基础知识

1. 生态学实验的基本特点

(1) 综合性与复杂性。

在一片亚热带常绿阔叶林中影响黄果厚壳桂 (*Cryptocarya concinna*) 幼苗生长的环境因素可能有光照强度、温度、土壤湿度 (可用土壤含水量表示) 等，而生物因素可能有肉眼可见的植食性昆虫、非肉眼可见的土壤病原菌等。

当我们关注土壤湿度这一非生物因素、探究不同的土壤湿度对黄果厚壳桂幼苗生长的影响时，可以设置不同的土壤湿度水平（如土壤含水量为25%、50%、75%三个水平），而其他因素严格控制在同一水平。像这种只有一个因素处于不同水平，其余因素严格控制在同一水平的实验，我们称为单因素实验。

当我们关注土壤湿度和光照强度这两个非生物因素，探究它们对黄果厚壳桂幼苗生长的共同影响时，可以设置不同的土壤湿度水平与不同的光照强度水平的交叉实验（土壤含水量为25% × 光照强度为0%；土壤含水量为25% × 光照强度为50%；土壤含水量为25% × 光照强度为100%；土壤含水量为50% × 光照强度为0%；土壤含水量为50% × 光照强度为50%；土壤含水量为50% × 光照强度为100%；土壤含水量为75% × 光照强度为0%；土壤含水量为75% × 光照强度为50%；土壤含水量为75% × 光照强度为100%），而其他因素严格控制在同一水平。像这种有两个或者两个以上的因素处于不同水平，其余因素严格控制在同一水平的实验，我们称为多因素实验。

事实上，生态现象及过程是多种环境要素和生物要素共同作用的结果，这决定了生态学实验的综合性与复杂性。但在实验设计时只需要抓住我们所关注的某一因素或少数的某几个因素进行研究即可。

(2) 时空变异性。

当我们关注病原菌这一生物因子对亚热带常绿阔叶林中黄果厚壳桂幼苗生长的影响时，会发现植株个体较小的黄果厚壳桂幼苗受病原菌的影响较大，植株个体较大的黄果厚壳桂幼苗受病原菌的影响较小，甚至会发现植株个体大小相近的幼苗在阳坡受病原菌的影响可能要小于其在阴坡所受到的影响，而在同一阳坡春季受到的影响可能会大于秋冬季。当我们要做野外控制实验时，个体间的差异以及环境的时空差异对结果产生的影响是生态学实验的另一特性：时空变异性。

2. 生态学实验误差的来源与控制

(1) 误差的来源。

- ①实验材料。
- ②实验条件。
- ③操作技术。

(2) 误差的控制。

①实验样地的面积与形状控制。

②随机取样、样本的数量与重复次数。

3. 生态学实验设计的原则

(1) 随机原则。

随机是一切统计分析的基础，是为了获得无偏差的实验误差。生态学实验设计时要尽可能做到随机。一般在随机抽样或者样品随机分组时可采用随机数法进行设置。

(2) 对照原则。

对照是没有进行过实验处理的试验单元。对照的设置主要是为了消除无关变量对实验结果的影响，增强实验结果的可信度。

(3) 重复原则。

同一因素相同水平的不同平行的实验处理，平行之间是相互独立的，平行处理的数量至少要3个。重复的设置是为了排除个体差异或操作时的偶然差异等引起的实验误差。

二、实验设计的内容与步骤

实验设计包括确定实验目的、提出假设、确定观测变量、制定实验方法与步骤以及安排实验时间和经费等。这里我们以林隙对黄果厚壳桂种群更新的影响为例进行分析：

(1) 确定实验目的：与林下相比，林隙光照强度要大，但与全光照相比光照强度要小，此外林隙的土壤湿度、温度等其他物理因素和生物因素也与林下存在差异，影响因素复杂多样。我们可以抓住主要的某一个因素进行深入的研究，如光照强度，以此研究不同光照强度对黄果厚壳桂幼苗生长的影响，进而探讨亚热带常绿阔叶林林隙对黄果厚壳桂种群更新的影响。

(2) 提出假设：根据实验目的对研究作一个简洁可检验的假设，一个可以被实验结果支持或推翻的假设。黄果厚壳桂为耐阴性树种，本例中的假设为：光照不会影响黄果厚壳桂幼苗的株高生长，光照条件好的林隙黄

果厚壳桂幼苗的株高生长与光照条件差的林下的黄果厚壳桂幼苗的株高生长无差异，因此林隙的光照因子不是影响黄果厚壳桂幼苗的一个主要因素。

(3) 确定观测变量：此实验中的自变量是光照强度水平，因变量根据实验目的确定为株高生长即株高增长量，因此观测变量确定为株高。实验为单因素实验，除了光照水平不同之外，其余条件如土壤水分、温度、初始实验时的株高等都要保持一致。

(4) 实验设计前的准备工作：通过苗圃获得实验材料黄果厚壳桂幼苗，或者通过在花盆播种黄果厚壳桂种子使其萌发获得幼苗，并通过在同一生长环境下一段时间的培养将生长不一致的植株筛除，保留株高相对一致的植株备用。调查亚热带常绿阔叶林林下、林隙的光照强度，折算成全光照的百分比用作控制实验中进行光照控制的依据，根据测定结果，林下的光照强度约为 10% 全光照，林隙的光照强度约为 60% 全光照。

(5) 实验设计：将 30 株株高相近的黄果厚壳桂幼苗分成三组，每组 10 盆相当于 10 次重复实验，分别放置在光照强度为 10%、60%、100% 这三个光照水平的培养箱内，其余温度、湿度等保持一致，每两天浇等量的蒸馏水一次，持续时间 30 天。

(6) 实验观测：实验开始时记录下每株幼苗的株高，30 天实验结束时记录下每株幼苗的最终株高，数据全部填入光照水平—生长实验观测记录表中。

日期：

观测人：

表 1.1 光照水平—生长实验观测记录表

光照水平/全光照 (%)	样本号	初始株高 (cm)	最终株高 (cm)	增长量 (cm)
10	1			
10	2			
10	3			
10	4			
10	5			
10	6			
10	7			
10	8			

(续上表)

光照水平/全光照 (%)	样本号	初始株高 (cm)	最终株高 (cm)	增长量 (cm)
10	9			
10	10			
60	1			
60	2			
60	3			
60	4			
60	5			
60	6			
60	7			
60	8			
60	9			
60	10			
100	1			
100	2			
100	3			
100	4			
100	5			
100	6			
100	7			
100	8			
100	9			
100	10			

(7) 分析处理实验数据：对所得的实验数据进行统计学比较分析，根据分析结果判断假设是否成立，并得出结论。

【问题与思考】

根据实验室现有条件，自行设计一个实验。比如：营养盐添加对藻类生长的影响等。

(肖林)

实验2 生态学野外调查与采样方法

生态学的原理和规律来源于人们对自然界中生物与环境、生物与生物间相互关系的观察和研究。野外调查和观测是生态学研究的基础，是获得第一手数据资料的唯一途径。对不同研究对象、不同研究目的的调查和采样方法存在一些差异。根据调查对象的不同，分为陆地植被野外调查、水域生态学野外调查与底栖动物野外调查等3个实验。

野外环境复杂多变，且往往生活、工作不方便，因此野外采样前一定要做好精心准备。准备工作大致可分为自身安全、生活食宿准备和采样工具的准备等。开始具体采样前，首先要安排好衣食住行，在水库、湖泊、河流等水体中工作时还需要带上必要的救生衣、太阳帽、防晒霜以及足够的水、食物等。总之，保护好学生的安全和健康是完成实验的基础。野外调查、采样用记录表格应根据研究目的和采样方法编制，一般应包括时间、地点、采样人、环境与观测生物等内容。标签纸需注明采样时间、采样地点、采样样品类型、采水体积、采样人等相关信息。

实验2.1 陆地植被野外调查与采样方法

【实验目的】

1. 了解陆地植物群落野外调查常用的调查取样方法。
2. 掌握样方取样时最小样方面积的确定方法。

【实验器材】

1. 仪器设备

多媒体教学设备、温度计、照度计、海拔高度计、风速计、GPS等。

2. 实验材料

测绳、钢卷尺、皮尺、软尺、植物分类检索用书籍、记录本、笔、观察记录表格纸、标签纸、样方绳、样方圈等。

【方法与步骤】

一、样点选择与取样

在野外调查取样时既要考虑能否获得足够多的环境、生物或者群落的相关数据，以及能否以此代表真实的环境状况、个体数量和群落组成等情况，同时也需要考虑人力和财力的支撑度。对于一个群落来说，通过观察记录不同生物个体数量、出现频次、覆盖度和生物量等参数，我们可以估计出群落生产力状况、物种多样性水平的高低以及不同种群的空间分布等重要数据和资料。

在具体的野外调查与采样工作中，需要思考：①如何选择样点才能以点概面，以面概全；②如何取样才能以较少的人力财力投入获得更多真实可靠的数据。

1. 样点选择的原则

样点选择的原则一般要求选取的样点要有代表性，既典型又普遍。可遵循以下6个特征相接近的法则筛选样点：

种类组成相接近；结构形态相接近；外貌季相相接近；生态特征相接近；群落环境相接近；外界条件相接近等。

2. 陆地植被野外调查取样方法

陆地植被的调查取样一般可采取无样方法、样线法或样方法。

无样方法：无样方法是不设立样方，而是建立中心轴线，标定距离，进行定点随机抽样。无样方法有很多具体的方法，如最近个体法、近邻法和中点四分法等，比较常用的是中点四分法（见图2.1）。

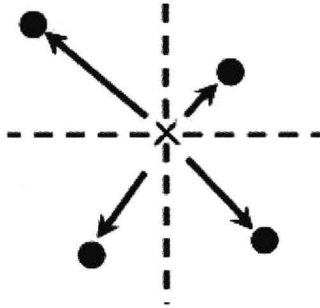


图 2.1 无样方法中的中点四分法

样线法：用一条绳子系于所要调查的群落中，并用数字标定相等距离的点，然后采用随机数法确定调查起始点，并对在绳索一边或两边的植物种类和个体数进行调查。

样方法：是面积取样中最常用的方式，也是植被调查中使用最普遍的一种取样技术。从形态上可以分为方形样地、圆形样地和带状样地。从观测利用时间上可以分为临时样地和永久样地。

3. 取样面积的确定——种—面积曲线法

要进行样方调查，首先要确定样方面积。样方面积一般应不小于群落的最小面积。所谓群落的最小面积，就是最少有这样大的面积，才能包含组成群落的大多数植物种类。取样的最小面积通常是根根据种—面积曲线的绘制来确定的。

我们以黑石顶亚热带常绿阔叶林和长白山温带落叶阔叶林为例，讨论样方调查的最小面积。表 2.1 为黑石顶亚热带常绿阔叶林和长白山温带落叶阔叶林内总取样面积与新增树种和总树种的对应关系表，根据这一调查表可以绘出黑石顶亚热带常绿阔叶林和长白山温带落叶阔叶林内总取样面积与总树种的对应关系图（见图 2.2）。图中显示样方内的植物种类随着取样面积增大而增加，但当达到一定面积后，随着面积的增加，新增树种数趋于 0，表现在种—面积曲线图上曲线趋于与表示面积的 x 轴平行，我们便以这一转折点对应的面积作为取样的最小面积。一般环境条件越好，群落的结构越复杂，组成群落的植物种类就越多，相应的最小面积就越

大。如在广东省黑石顶的亚热带常绿阔叶林群落，取样最小面积至少为 2 000m²，其中包含的主要树木多达 82 种，而在长白山温带落叶阔叶林群落中，最小面积约 800m²，包含的主要树木有 20 余种。

表 2.1 黑石顶亚热带常绿阔叶林和长白山温带落叶阔叶林内总取样面积与新增树种和总树种的对应关系表

总取样面积 (m ²)	森林类型	新增 树种 (种)	总树种 (种)	森林类型	新增 树种 (种)	总树种 (种)
100	亚热带常绿阔叶林	17	17	温带落叶阔叶林	7	7
200	亚热带常绿阔叶林	11	28	温带落叶阔叶林	2	9
300	亚热带常绿阔叶林	10	38	温带落叶阔叶林	4	13
400	亚热带常绿阔叶林	5	43	温带落叶阔叶林	1	14
500	亚热带常绿阔叶林	6	49	温带落叶阔叶林	3	17
600	亚热带常绿阔叶林	3	52	温带落叶阔叶林	2	19
700	亚热带常绿阔叶林	5	57	温带落叶阔叶林	0	19
800	亚热带常绿阔叶林	3	60	温带落叶阔叶林	1	20
900	亚热带常绿阔叶林	3	63	温带落叶阔叶林	0	20
1 000	亚热带常绿阔叶林	2	65	温带落叶阔叶林	0	20
1 100	亚热带常绿阔叶林	2	67			
1 200	亚热带常绿阔叶林	2	69			
1 300	亚热带常绿阔叶林	5	74			
1 400	亚热带常绿阔叶林	2	76			
1 500	亚热带常绿阔叶林	2	78			
1 600	亚热带常绿阔叶林	2	80			
1 700	亚热带常绿阔叶林	0	80			
1 800	亚热带常绿阔叶林	1	81			
1 900	亚热带常绿阔叶林	1	82			
2 000	亚热带常绿阔叶林	0	82			

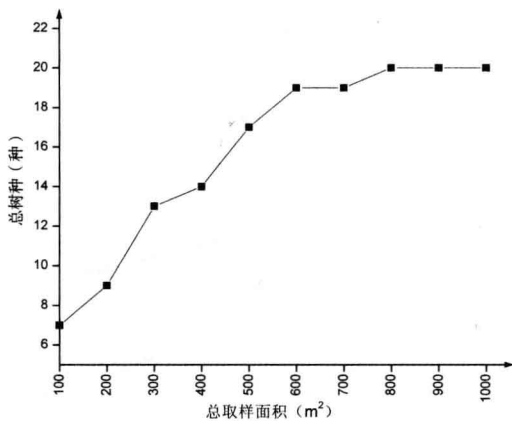
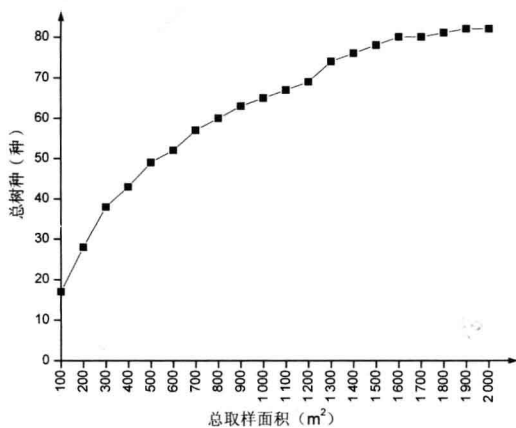


图 2.2 黑石顶亚热带常绿阔叶林 (上) 和长白山温带落叶阔叶林 (下) 内总取样面积与总树种的对应关系

二、草地取样实践步骤

将学生分成 2 组, 1 组调查人工种植退化后的草坪, 另外 1 组调查自然草坪。按下列步骤进行取样调查:

1. 准备好草本样地调查所需要的工具和记录表格及野外安全和生活用品;
2. 依据样点选取原则选择样地;
3. 在选好的样地内拉一条 10m 的直线, 每 1m 标定一个数字, 依次