



高等院校环境实践类系列教材

AODENG YUANXIAO HUANJING SHIJIANLEI XILIE JIAOCAI



PUTONG SHENGTAIXUE
SHIYAN ZHIDAO

普通生态学 实验指导

○章家恩 主编

中国环境科学出版社

普通生态学实验指导

章家恩 主编

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

普通生态学实验指导/章家恩主编. —北京: 中国环境科学出版社, 2012.8
(高等院校环境实践类系列教材)
ISBN 978-7-5111-1093-0

I. ①普… II. ①章… III. ①生态学—实验—高等学校—教学参考资料 IV. ①Q14-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 193106 号

责任编辑 付江平
责任校对 唐丽虹
封面设计 马 晓

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)
印装质量热线: 010-67113404

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2012 年 8 月第 1 版
印 次 2012 年 8 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 12.75
字 数 290 千字
定 价 38.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

主 编 章家恩

参加编写人员

章家恩 陈桂葵 冯远娇 梁开明 秦 钟

赵本良 叶延琼 贺鸿志 苏贻娟 徐华勤

前 言

《普通生态学》是生态学专业的一门核心课程。完整的生态学教学，除了理论教学外，还需相应的实验实践教学内容相配套。随着当前全球生态环境问题的日益突出和生态环境建设的迫切需要，对生态学人才的素质和能力的要求越来越高，即不仅要求现代生态学人才掌握过硬的专业理论知识，而且还要求他们需具备良好的实验技能、科研能力和创新能力。然而，长期以来，在生态学专业人才培养方面，由于多方面的原因，偏重理论教学，而实验教学环节则相对薄弱。因此，为了满足当前社会经济发展对未来生态学人才的现实要求，加强《普通生态学》的实验教学与实验教材建设显得十分必要。

目前，国内外已有一些生态学实验指导教材出版，但由于不同学校所处的地域、专业定位与特色不同，其实验内容设置体系和侧重点也各不相同。为了更好地适应当前生态学专业人才实验技能和科研素质的培养，我们在校生态学专业 10 多年实验教学的基础上，按照《普通生态学》理论课程的内容体系，编写了这本《普通生态学实验指导》教材，旨在突出生态学实验教学的配套性、层次性、系统性、基础性和可选择性。其一，本教材根据生态学中的生态环境因子、个体、种群、群落、生态系统、景观等的不同尺度和层次，分别编写了相应的实验内容，且单独成章，体现出明显的配套性、层次性和系统性。其二，为配合《普通生态学》的理论教学，使学生更好地理解 and 掌握理论知识，本教材保留了一些经典的生态学实验，如有关生物个体的生理生态学实验、物种间的相互作用实验、生命表编制实验、生物的生存对策实验、群落结构调查与群落演替实验、生态系统能流和物流实验等，这样较好地突出了生态学实验的基础性和经典性。其三，在实验内容上，也尽量结合生态学的最新研究热点问题，设置了一些相关的实验内容，如全球变暖、酸雨、生物多样性、环境胁迫、污染胁迫等方面的生态学效应实验，体现了实验内容的新颖性。其四，本教材充分考虑到相邻学科间的交叉，在内容上还选取了土壤学、植物学、动物学、微生物学和环境学等的一些实验方法，如土壤、植物和水体养分的测定实验、微生物分离培养实验、土壤动物的分离与鉴定实验、环境污染指标的监测实验等，以及一些实验数据的统计分析方法等，故体现了一定的基础性和学科交叉性，因为如果没有这些基础的实验方法，很多相关的生态学实验教学过程也较难顺

利完成。其五,考虑到不同学校在生态学教学条件、课时、特色等方面存在的差异,故本教材共设计了41个实验案例,其中的一些实验教学案例可供选择使用或“复制”仿效,即除了一些基本的生态学实验内容外,如果有些相关学科的基础实验内容(如养分分析测定实验、环境监测实验、数据统计分析方法等)在其他课程中学习过,或者暂时没有条件和时间安排,则可因地制宜进行选择 and 删减,或仅作学生课外学习和开展其他实验时参考,因此,本教材的这种内容设计尽量使实验教学具有一定的伸缩性和可选择性。

本教材共分九章,包含41个实验。其中第一章为绪论;第二、三、四、五、六、七章分别介绍了生态环境因子的观测实验、个体生态学实验、种群生态学实验、群落生态学实验、生态系统生态学实验、景观生态学实验;第八章涉及与生态学研究相关的一些基础实验;第九章则主要介绍了生态学实验数据统计分析的一些常用方法。

本书由章家恩任主编,其中第一章、实验二十一、实验二十二由章家恩编写;实验十一至实验十四、实验十七至实验二十、实验四十由陈桂葵编写;实验七、实验八、实验二十五、实验二十六、实验三十至实验三十二由冯远娇编写;实验一至实验五、实验二十三、实验三十九由梁开明编写;实验十五、实验十六以及第九章由秦钟编写;实验九、实验三十四、实验四十一由赵本良编写;实验二十七至实验二十九由叶延琼编写;实验六、实验三十七、实验三十八由贺鸿志编写;实验二十四、实验三十五、实验三十六由苏贻娟编写;实验十和实验三十三由徐华勤编写。全书最后由章家恩统编修改并定稿。

本书的出版得到了《农业生态学》国家精品课程、“农科生态学系列课程”国家级教学团队建设项目、广东省生态学特色专业建设专项、广东省高等教育教学成果奖培育项目(粤教高函[2011]55号)、华南农业大学校级生态学重点专业、校级生态学综合改革试点专业、《普通生态学》和《生态规划》校级精品课程项目等提供的经费支持。同时,本书的编写出版也得到了许多同事和朋友的支持,在写作过程中还参考和引用了国内外许多作者的相关文献和素材,在此一并表示感谢。

由于编者的水平有限,书中的疏漏与不当之处在所难免,在此恳请使用本教材的教师、学生和相关的科研工作者多提宝贵意见与建议,以便我们今后进一步地修改、完善和提高。

章家恩
2012年5月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 生态学实验的基本内容与要求	1
第二节 生态学实验报告撰写的基本内容与要求	6
主要参考文献	8
第二章 生态环境因子的观测实验	9
实验一 不同生境中太阳辐射强度的测定	9
实验二 不同生境中气温、水温和土温的测定	11
实验三 不同生境中空气湿度的测定	15
实验四 不同生境中风速的测定	18
实验五 不同环境中土壤水分含量的测定	21
实验六 不同环境中水体溶解氧含量的测定	23
主要参考文献	27
第三章 个体生态学实验	28
实验七 干旱胁迫对植物生理生态性状的影响	28
实验八 淹水胁迫对植物生理生态性状的影响	34
实验九 模拟气温升高对土壤动物群落结构的影响	38
实验十 模拟酸雨对土壤微生物数量的影响	40
实验十一 模拟重金属污染对土壤微生物数量的影响	44
实验十二 模拟农药污染对土壤动物群落结构的影响	47
实验十三 模拟盐渍化胁迫对植物生长的影响	50
主要参考文献	53
第四章 种群生态学实验	54
实验十四 种间相互作用关系的实地观察与分析	54
实验十五 动、植物种内竞争和种间竞争实验	56
实验十六 捕食者与被捕食者相互关系实验	62
实验十七 植物化感作用的验证实验	67
实验十八 微生物间拮抗作用实验	69
实验十九 <i>K</i> -对策与 <i>r</i> -对策生物的成活与繁殖实验	73
实验二十 生命表的编制实验	75

主要参考文献	80
第五章 群落生态学实验	81
实验二十一 植物群落结构特征的调查与观测	81
实验二十二 植物群落的生物量和生产力的测定	87
实验二十三 植物群落演替实验	94
主要参考文献	97
第六章 生态系统生态学实验	98
实验二十四 物质热值的测定	98
实验二十五 森林枯枝落叶的收集及其分解过程的测定	104
实验二十六 农业生态系统能物流的投入—产出过程分析	107
主要参考文献	115
第七章 景观生态学实验	116
实验二十七 GPS 的使用实验	116
实验二十八 遥感影像的判读实验	122
实验二十九 土地利用格局的景观生态指数计算与分析	127
主要参考文献	136
第八章 生态学的基础实验	137
实验三十 植物中主要养分含量的测定	137
实验三十一 土壤中主要养分含量的测定	141
实验三十二 水体中主要养分含量的测定	146
实验三十三 土壤微生物数量的测定	152
实验三十四 土壤动物种类和数量的测定	153
实验三十五 土壤中重金属残留量的测定	156
实验三十六 农产品中农药残留量的测定	158
实验三十七 水体化学需氧量 (COD) 的测定	160
实验三十八 水体生化需氧量 (BOD) 的测定	164
实验三十九 植物光合作用相关参数的测定	167
实验四十 植物根系特征的测定	171
实验四十一 土壤温室气体排放通量的测定	172
主要参考文献	175
第九章 生态学实验数据统计分析的基本方法	177
第一节 生态学实验数据的整理与表示方法	177
第二节 方差分析法	188
主要参考文献	196

第一章 绪论

生态学是研究生物与生物、生物与环境之间相互作用关系、过程、机理及其调控的学科。生态学所研究的生态学现象、生态学过程与内在机理都需要通过实验来印证和深入探究。因此，作为生态专业的学生，不仅要深入学习生态学的基本概念和基本原理，还要同步学习生态学的基本实验研究方法与技术，只有这样，才能提高自身的生态学方面的理论水平和综合技能，才能增强自身从事生态环境保护与建设等方面的本领。

第一节 生态学实验的基本内容与方法

一、生态学实验的基本特点

生态学的研究对象是由生物与环境组成的各种各样的生态系统，因此，其研究始终是围绕着生态系统中生物与环境（包括社会环境）之间的物质循环、能量流动、信息传递（乃至资金流动）而展开，就必然要与生物学实验、环境学实验、地学实验、化学实验等“打交道”，也就需要通过实地观测、野外调查和受控实验研究获取相关实验数据来认识和回答各种各样的生态学过程及其内在机理，因此，从总体上讲，生态学必然是一门实验科学，它的天然实验室就是自然界（包含人类社会）。根据生态学的学科属性，其实验研究具有以下几个方面的特点。

（一）时空性

任何生态学现象与过程都是与特定的空间和时间相关联的，即具有明显的地域性和时间动态性，脱离空间和时间来谈生态学现象及其理论问题，往往会出现偏差乃至错误。例如，在热带地区和温带地区，其植被结构类型和土壤发育过程明显不同，其物质与能量流动过程与转换效率也会有较大差异，因此，在这两个地区通过同样的实验而得到的研究结论也可能会有所不同，也就是说，不能以在某一个局地通过实验获得的研究结论作为“放之四海而皆准”的理论。即使在同一地点，随着季节和年份的推移，生物群落演替的过程、阶段及生态系统的结构和功能也会随之发生改变。因此，在开展生态学实验时，必须说明所做实验的地点和时间，而且还要说明所做实验的周期与时间长度。由于生态学过程及其累积变化往往需要经历较长的时间，故许多生态学问题需要通过多年的乃至长期的实验研究结果，才能真正揭示生态学的内在规律。总之，在开展生态学实验时，始终要有“空间”和“时间”的概念。

(二) 交叉渗透性

生态学起源于宏观生物学，与环境学也密切相关，因此，生态学中的很多实验方法来源于生物学和环境学。同时，生态学作为横跨自然、经济、社会领域的“横断”科学，具有极强的渗透性。迄今为止，生态学已广泛地应用于农业、林业、畜牧业、渔业、工业、社会学、经济学、城市学、建筑学与人居环境学等各个领域，从不同角度、不同层次和不同方向衍生和形成了一大批新兴的生态学交叉分支学科，构成了一个庞大的学科体系（图 1-1），如农业生态学、森林生态学、家畜生态学、工业生态学、旅游生态学、产业生态学、水域生态学、草地生态学、城市生态学、化学生态学、物理生态学、分子生态学、污染生态学、恢复生态学、经济生态学、社会生态学、政治生态学、人类生态学、居区生态学、建筑生态学、全球生态学等，这就决定了生态学实验研究方法的广泛性、复杂性、综合性和多元化，因此，要求学生在学习生态学实验方法时，不仅要掌握生态学特有的实验方法，而且还要了解和掌握其他相关学科的实验研究方法，这样才能形成完整的方法体系，才能顺利地完

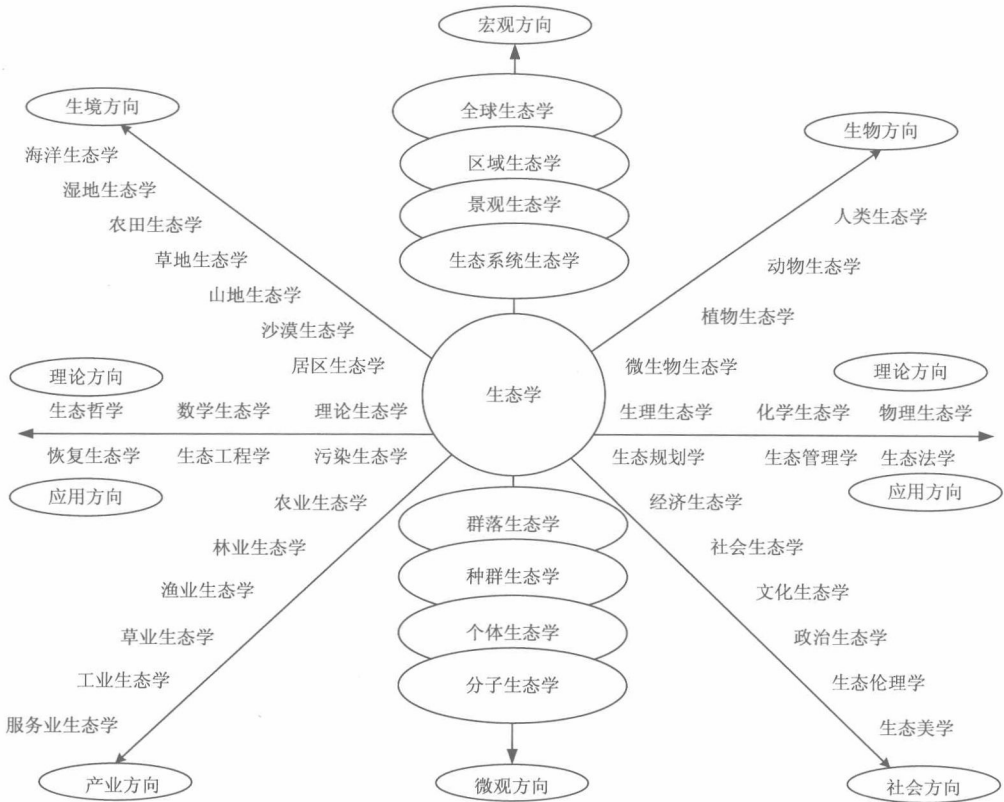


图 1-1 现代生态学庞大的学科体系

(三) 尺度性

现代生态学在研究层次上同时向宏观与微观两级发展，已形成了分子生态学、个体生态学、种群生态学、群落生态学、生态系统生态学、景观生态学、全球生态学等不同的研

究层次。生态学的不同研究尺度决定了其不同尺度上实验方法的巨大差异性，特别是宏观生态学与微观生态学两大领域的研究方法差异更大。例如，在景观生态学研究，通常需要运用“3S”技术与方法来解决一些大尺度问题；而在个体生态学中，则往往需要利用生物学等实验方法（如生理生化方法、电镜分析方法等）加以研究；在分子生态学中，则需要用到 PCR、RAPD、RLFP 等分子生物学技术。宏观生态学和微观生态学的研究方法之间可以说是“大相径庭”。有的研究领域需要用“卫星遥感”、望远镜等宏观研究工具；有的领域则需要用“放大镜、显微镜、基因操作、微量检测分析”等相对微观的实验仪器设备；有的研究领域又需要使用常规分析测试和定位观测等相对中观的实验仪器和方法；有的研究领域则需要宏观、中观、微观等各类实验研究方法的综合运用。这就要求学生在生态学实验时，一定要认真学习生态学不同尺度和层次的实验研究方法，只有这样才能获得生态学研究的全面技能。

二、生态学实验的基本内容

根据《普通生态学》的知识内容体系，按照个体、种群、群落、生态系统和景观等研究尺度与层次，生态学实验也大致包括以下几个方面的内容：①生态环境因子的观测实验；②生物对不同生态环境因子的耐性、抗性与适应性实验；③物种之间的相互作用及种群增长动态实验；④生物群落的结构与演替观测实验；⑤生态系统的能流和物流实验；⑥景观格局与动态变化实验。生态学不同研究尺度的相关实验，如表 1-1 所示。

表 1-1 《普通生态学》实验的基本体系

研究尺度	实验主题	具体的相关实验
生态因子	生态环境因子的观测	<ul style="list-style-type: none"> ■ 气候环境因子（光、温、雨、风）的观测实验 ■ 水环境因子（温、酸碱、溶解氧、养分等）的观测实验 ■ 土壤环境因子（结构、质地、理化性质等）的观测实验
个体生态学	生物生态适应性、耐性与抗性实验	<ul style="list-style-type: none"> ■ 对光强的生态适宜性、耐性与抗性实验 ■ 对温度的生态适宜性、耐性与抗性实验 ■ 对水分的生态适宜性、耐性与抗性实验 ■ 对酸、碱、盐环境的生态适宜性、耐性与抗性实验 ■ 对全球性环境胁迫（如温室气体、酸雨、UVB 辐射等）的生态响应、耐性与抗性实验 ■ 对人为污染（农药、重金属、化肥等）的生态适宜性、耐性与抗性实验
种群生态学	物种相互作用与种群增长实验	<ul style="list-style-type: none"> ■ 种内外的竞争实验 ■ 种群间的捕食实验 ■ 种群间的偏利、共生、互利合作实验 ■ 种群间的偏害、寄生实验 ■ 种群间的化学相互作用实验 ■ 种群的增长实验 ■ 种群的生命表编制实验 ■ 种群的生存对策实验

研究尺度	实验主题	具体的相关实验
群落生态学	群落结构、功能与演替实验	<ul style="list-style-type: none"> ■ 群落（地上部、地下部）的结构组成调查实验 ■ 群落的物种多样性调查实验 ■ 群落的边缘效应观测实验 ■ 群落的季相特征观察实验 ■ 群落中的小气候观测实验 ■ 群落中物种的生态位观测与计算实验 ■ 群落的演替（系列）观测实验
生态系统生态学	物质与能量流动实验	<ul style="list-style-type: none"> ■ 植物初级生产力的测定实验 ■ 动物次级生产力的测定实验 ■ 微生物的生物量测定实验 ■ 物质能量（热值）的测定实验 ■ 物质的养分含量的测定实验 ■ 生态系统能流过程与转换效率实验 ■ 生态系统物流过程与转化效率实验
景观生态学	景观结构、格局与过程实验	<ul style="list-style-type: none"> ■ 景观结构（斑块、廊道、基质）的特征指数分析 ■ 景观格局的时间动态变化实验 ■ 景观中养分流动的观测实验 ■ 景观中物种流动的观测实验

三、生态学实验的基本类型

根据生态学的研究对象和学科属性，生态学实验主要包括野外样地定位观测实验、田间小区对比实验和实验室受控模拟实验三大类。

（一）野外样地定位观测实验

野外样地定位观测是考察某个生物种群、群落、生态系统的结构与功能及其生境相互关系的时间动态变化。在进行定位观测实验时，首先要设立一块可供长期观测的固定样地，样地必须能反映所研究的生物种群或群落及其生境的整体特征。定位观测实验的时限，决定于研究的对象和目的。若是观测种群生活史动态，微生物种群的时限只要几天；昆虫种群则需要几个月到几年；脊椎动物需几年乃至几十年；多年生草本和树木则要几年甚至几百年。若是观测群落演替，则所需时限更长。若是观测种群或群落功能或结构的季节或年度的动态，时限一般是一年或几年。定位观测的项目，通常包括生态因子的定位监测、生态结构、动植物的生物量、数量增长、能量转化、物质循环等过程的动态观测。野外定位观测适宜于大尺度（如生态系统、景观、全球）的生态学现象与问题的研究，如在全球变化的生态学影响与生物响应等方面。

（二）田间小区对比实验

田间小区对比实验是在自然样区或田间条件下，采取某些控制措施，获得某个或多个

因素的变化对生物种群或群落结构与功能的影响。例如,在牧场上进行围栏实验,可获得牧群活动对牧草种群或群落结构的影响;在森林或草地群落中设置对比样区,人为去除其中的某个种群,或引入某个种群,从而辨识该种群对整个群落的结构与功能及生境的影响;或在农田中设置不同施肥、灌水、间套作栽培模式等小区进行对比实验,研究不同栽培管理方式对农作物生长(包括病、虫、草害的防控)和产量的影响。田间小区对比实验可以是单因素,也可以是多因素,但除了选取的研究因子外,各实验处理间其他生态因子均要求保持一致。田间小区对比实验适合于种群生态学、群落生态学和生态系统生态学等层次的研究。

(三) 实验室受控模拟实验

受控模拟实验是仿真自然生态系统,严格控制实验条件,研究单项或多项因子交互作用及其对生物个体、种群等产生的生态学影响的方法。受控模拟实验可以在“微宇宙”仿真系统、人工气候室、人工水族箱、温室、自制的仪器装置,乃至试管、培养皿中进行,通过严格控制生态因子,建立自然生态系统的仿真系统,即在光照、温度、土壤、营养元素等大气、水分、营养元素的数量与质量都完全可控的条件中,通过改变其中某一因子,或同时改变几个因子,来研究不同生态环境因子对生物个体、种群,以及小型生物群落的结构与功能、生活史动态过程及其变化的动因和机理。随着现代科学技术的进步,以及实验生物材料和生物测试技术的完善,近年来受控生态模拟实验的规模和生态系统的仿真水平,正在日趋扩大和完备。实验室受控模拟实验是生态学实验的主要组成部分,是野外定位观测实验和田间小区对比实验的重要补充,适宜于个体生态学、种群生态学、生态系统生态学等的生态学效应与作用机理方面的研究。

四、生态学实验的基本要求

在进行生态学实验时,只有按照一定的规范和要求进行,才能达到预期的目标,获得正确的实验研究结果。一般而言,需注意以下几点。

(一) 明确实验目的与实验内容

开始生态学实验的首要工作就是要明确实验目的和实验内容。首先要认真阅读相关的实验方法指导,弄清实验的目的、拟解决的生态学问题或需验证的科学假设、实验所依托的生态学原理等相关信息,在此基础上,制订详细的实验研究计划,包括实验场所、时间安排、所需的仪器设备、试剂、实验条件、实验步骤与方法、人员分工、经费支出等内容。

(二) 明确和严格控制实验条件

无论是野外定位观测实验和田间小区对比实验,还是实验室受控实验,都需要首先明确和严格控制实验条件,这是保证实验研究质量的必要条件。对于野外定位观测实验和田间小区对比实验,由于受到自然生态环境的影响,不可控的因子(如天气变化、突发灾害等)较多,控制实验条件相对较难,但不管怎样,除了要研究的主导生态因子保持差异外,其他生态环境因子(如小气候环境、土壤环境等)背景应尽量保持一致。因

此,在进行这类实验时,必须选择好实验场所,并控制好相关的生态环境背景。同时,对样地或小区的大小、形状及其排列设计等需要按照实验研究目的和相关的实验统计学的要求进行。

(三) 设置空白对照和重复实验

设置空白对照和重复实验是开展所有实验研究中对误差控制的基本要求。由于生物的多样性和生态系统的复杂性,同样的实验在不同时间进行,或在相同时间、不同样方中进行,都可能得到不同的结果。随着时间和空间的变化,生态系统和环境条件通常是不一样的,重复可以捕捉到实验效应中的这些变化,可以消除实验研究的误差。一般而言,实验重复设置越多越好。然而,为了节省人力和物力,通常也不宜过多,但最少不能低于3个重复,而且对一些特别要求的实验研究,其重复数必须要达到一定数量,否则,对实验结果无法进行统计学分析。

(四) 实验结果需进行统计学分析

通过实验获得的数据大多是原始数据,需要进行进一步的统计分析,方能获得相关的研究结论。相关的统计学分析方法很多,如平均值分析、变异性分析、方差分析、因子相关性分析、主成分分析、聚类分析、综合评价、数学模拟模型分析等。具体应用时,可根据实验研究目的和实验设计对上述统计学分析方法进行选择使用。统计分析出来的结果可用图表和公式等来表达,并通过进一步的归纳分析,获得最后的研究结论。

第二节 生态学实验报告撰写的基本内容与要求

实验报告是把实验研究的目的、方法、过程、结果等记录下来,经过分析整理而写成的书面材料。实验报告的撰写是一项重要的基本技能训练,是一种对实验数据的再创造过程。它不仅是对某次实验结果的总结,更重要的是它可以初步地培养和训练学生的科学归纳能力、综合分析能力和文字表达能力,是科学论文写作的基础。实验报告的撰写需要遵循一些具体的规范与要求,只有这样才能保证实验报告的质量。

一、生态学实验报告的基本内容

生态学实验报告的基本内容包括以下几个部分:①实验名称;②所属课程名称;③学生姓名、学号及合作者相关信息;④指导教师姓名;⑤实验日期(年、月、日)和地点;⑥实验目的;⑦实验原理;⑧实验内容;⑨实验场地环境和器材、试剂;⑩实验步骤与方法;⑪实验结果与分析;⑫讨论;⑬结论或结语;⑭其他附件材料,如实验注意事项、参考文献、致谢或原始记录的附录等,可根据需要适当增加相关内容(图1-2)。

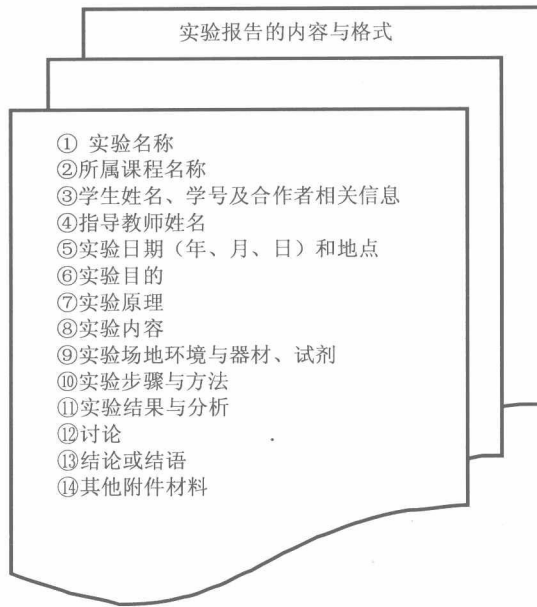


图 1-2 生态学实验报告撰写的内容与格式

上述实验报告中的⑥~⑬部分是实验报告的核心内容或正文部分。当撰写实验目的时，要简单明了。一般而言，实验目的有两点：一是在理论上验证生态学的现象、理论或公式，并使实验者获得深刻和系统的理解；二是在实践上，掌握使用实验设备的技能、技巧和实验操作过程。一般需说明是验证型实验还是设计型实验，是创新型实验还是综合型实验。在实验原理部分，要写明本实验所依从的生态学具体原理。在实验内容部分，要抓住重点，可以从理论和实践两个方面考虑。这部分要写明依据何种理论、拟解决哪些生态学现象或问题，或熟悉什么操作方法。在实验场地环境和器材、试剂部分，要详细介绍场地环境的背景情况、所用材料、主要仪器设备、试剂、实验设计等。

在实验步骤与方法部分，要根据自己的实验的实际操作，写出主要操作步骤，需简明扼要，但不要照抄实习指导。同时，要求画出实验流程图（实验装置的结构示意图等），再配以相应的文字说明，这样既可节省许多文字说明，又能使实验报告图文并茂，清楚了。

在实验结果分析部分，要对实验数据进行统计分析，并对实验现象进行归纳、描述与深入分析。对于实验结果的表述，一般有三种方法：①文字叙述，即根据实验目的将原始资料系统化、条理化，用准确的专业语言客观地描述实验现象和结果，要有时间顺序以及各项指标在时间和空间上的关系。②图表表达，即用表格或坐标图的方式使实验结果突出、清晰，便于相互比较，尤其适合于处理较多，且各处理组观察指标一致的实验，使处理组间异同一目了然。每一图表应有题目、实验指标和计量单位，并要求有自明性，表明一个科学问题或观点。③曲线图。常见的曲线图应用记录仪器描记出的曲线图，这些指标的变化趋势形象生动、直观明了。在实验报告中，可任选其中一种或几种方法并用，以获得最佳效果。

在讨论部分，要根据相关的理论知识和他人（或前人）的相关研究结果，对自己所得到的实验结果进行解释和分析。如果所得到的实验结果和预期的结果一致，那么它可以验

证什么理论? 实验结果有什么意义? 说明了什么问题? 这些是实验报告应该讨论的。但是, 不能用已知的理论或生活经验硬套在实验结果上; 更不能由于所得到的实验结果与预期的结果或理论不符而随意取舍甚至修改实验结果, 这时, 应该分析其异常的可能原因。如果本次实验失败了, 应找出失败的原因及以后实验应注意的事项。不要简单地复述课本上的理论而缺乏自己主动思考的内容。同时, 在讨论中, 还需将自己的研究结果与其他同类研究结果进行比较, 分析其异同及其产生的原因, 或者通过比较, 提出对某个问题新的解释或新的结论。另外, 也可以书写一些本次实验的心得以及提出一些问题或建议等。

在结论部分, 应注意结论不是具体实验结果的再次罗列, 也不是对今后研究的展望, 而是针对这一实验所能验证的概念、现象或理论的简明总结, 是从实验结果中归纳出的一般性、概括性的判断, 要简练、准确、严谨、客观。

二、生态学实验报告撰写的基本要求与规范

生态学实验报告是学生在老师的指导下完成的实习研究和调查工作的总结, 是一项很好地对学生进行的科研训练, 也是对学生成绩进行综合评定的依据, 因此, 一定要按照相应的规范进行严格要求。

(1) 要求实验报告中的概念明确、数据可靠(并需要做必要的统计学分析)、判断准确、推理严谨、图文并茂, 使读者对实验结果与结论一目了然。实验中所获得的研究结果与结论能经得住他人的重复和验证。

(2) 撰写实验报告时, 应以事实为依据, 尽量用自己的话表述, 忌抄书, 不许修改、编造数据。实验方法与步骤可视重要与否而有详有略, 但报告应独立成章, 不可用“见书第××页”字样而省略。有的实验报告中, 结果、分析甚至实验项目可以列表表达。讨论是一篇报告的核心内容之一, 应紧扣结果结合相关理论与前人的相关研究进行, 切忌就事论事或离题万里, 讨论时分析问题应深入, 讨论的问题要有意, 切不可将讨论写成平平淡淡的小结。讨论也不可轻易推断或引申, 要敢于对一些新发现的现象提出假设或新的观点。对于实验结果与分析部分, 可在实验小组内进行充分讨论, 必要时也可以参考其他组数据(需注明), 但每个学生的报告必须按要求独立完成, 严禁互相抄袭。

(3) 实验报告要求按照学术论文的规范进行, 实验研究指标的单位应采用国际标准单位形式; 缩略字首次出现时应标注全称; 出现生物名称时应标注其相应的拉丁文名称, 且需用斜体; 引用别人的资料 and 观点要加以标注或说明。

主要参考文献

- [1] 骆世明. 农业生态学实验与实习指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009.
- [2] 杨持. 生态学实验与实习[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [3] 章家恩. 生态学常用实验研究方法与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [4] 付必谦. 生态学实验原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [5] 骆世明. 普通生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.

第二章 生态环境因子的观测实验

生物与生态环境因子之间的相互作用关系是生态学研究的主题。生态环境是生物生长与生存的物质源泉与基础支撑。生态环境因子对生物的生长、发育、生殖、行为和分布有直接或间接的作用和影响。因此,开展生态环境相关的观测实验研究是生态学教学的重要内容。生态因子主要包括气候因子、土壤因子、地形因子、生物因子和人为因子。本章将主要介绍光、温、水、土等相关的生态环境因子指标的观测实验方法。

实验一 不同生境中太阳辐射强度的测定

一、实验目的

光是地球上所有生物得以生存和繁衍最基本的能量源泉,地球上生物生存所必需的全部能量,都直接或间接来源于太阳光。光照强度对生物的生长发育和形态建成具有重要的作用。植物群落的演替和发展与环境光照是密不可分的。植物不仅对光照具有适应能力,而且还通过生长和群体结构的形成造成对光照的再分配。本实验选取植物群落中的不同部位进行太阳辐射强度的测定,其目的是让学生熟悉测量太阳辐射、光照强度的仪器及其测量原理与使用规程,掌握光照强度的观测和记录的方法,认识植物的某些生长性状与光子变化的相关性。

二、实验原理

地球上所有生命的维持,基本上都依靠来自太阳的辐射能;生物圈所接受的太阳辐射,其波长在 295~2 500 nm,其中,波长 400~760 nm 的可见光谱区的能量占全部辐射的 40%~45%。绿色植物主要吸收太阳光的可见光谱区的能量。太阳辐射、辐射强度是指单位时间内单位面积所受到的热辐射能量,常用 W/m^2 、 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 、 $\text{J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$ 表示其单位。测定太阳辐射通常有两种途径,第一种途径是测定辐射量,即入射到接收表面上的总辐射量,以热量单位、能量单位或功率单位表示,如 $\text{cal}^*/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$ 。这种途径对研究植物的能量平衡和生态系统中的能流过程是十分必要的,一般所使用的测定仪器是各种辐射仪和日射计。前者以热电偶为基础的热电装置,它的基本原理是将接收到的太阳辐射能以最小的损失转变成热能进行测量,后者以双金属片的变形对比做基础。第二种途径是测定太阳辐射中的可见光能量,即物体表面所获得的光通量,以照度单位:勒克斯 (lx) 或

* 1cal=4.186 8J。