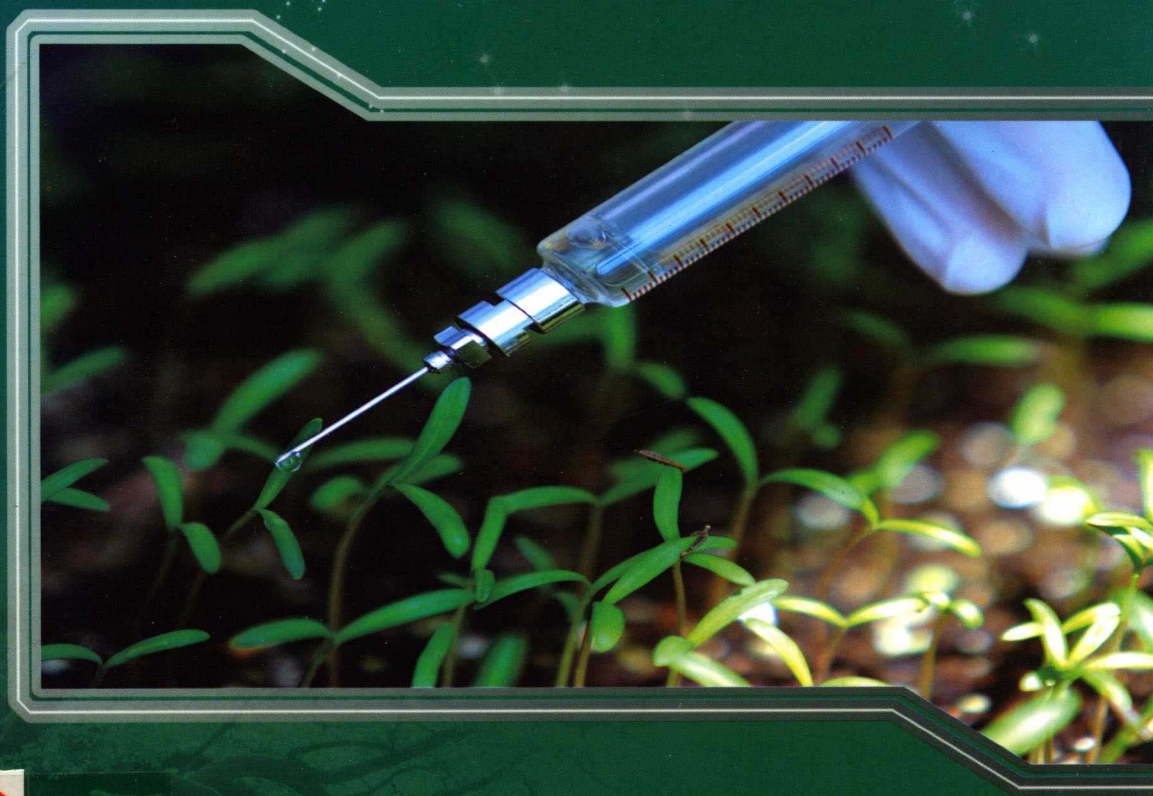


高等医学院校实验系列规划教材

生态学实验与习题指导

SHENGTAIXUE SHIYAN YU XITI ZHIDAO

主编 刘高峰



中国科学技术大学出版社

R14/165

高等医学院校实验系列规划教材

生态学实验与习题指导

SHENGTAIXUE SHIYAN YU XITI ZHIDAO

主 编 刘高峰

副主编 王春景

编 委 (以姓氏笔画为序)

王春景 刘高峰

李 晶 胡小梅

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

全书内容包括两大部分。第一部分为生态学实验,共 10 项,既有基础性实验,也有综合性和研究性实验。基础性实验是经过精选的最基本的实验方法和技术,通过学习使学生掌握相应学科的基础知识和基本技能,为综合性实验奠定基础。综合性实验主要训练学生对所学知识和实验技术的综合运用能力、对实验的独立操作能力、对实验结果的综合分析能力,为研究性实验的顺利开展做好准备。研究性实验以本学科的研究为主,结合其他学科的知识和技术,由学生自己设计实验方案,开展科学研究,撰写课程研究论文,使学生得到科学研究的初步训练,为毕业论文研究工作的开展打下基础。第二部分为生态学习题及参考答案,主要帮助学生更好地掌握生态学基础知识。

本书可供高等院校生物科学、生态学、环境科学等专业的师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

生态学实验与习题指导/刘高峰主编. —合肥:中国科学技术大学出版社,
2015.5

ISBN 978-7-312-03688-0

I. 生… II. 刘… 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(2015)第 045155 号

出版 中国科学技术大学出版社

安徽省合肥市金寨路 96 号,邮编:230026

网址:<http://press.ustc.edu.cn>

印刷 合肥华星印务有限责任公司

发行 中国科学技术大学出版社

经销 全国新华书店

开本 710 mm×960 mm 1/16

印张 7.75

字数 120 千

版次 2015 年 5 月第 1 版

印次 2015 年 5 月第 1 次印刷

定价 20.00 元

前 言

“生态学”是处在蓬勃发展中的学科,其理论在环境保护,资源开发、利用和保护,医疗卫生等领域广泛应用,与人类的关系日益密切。因此,生态学已经成为高等院校文、理、农、工等各专业的必修课和选修课,是生物科学专业的主干课程之一。目前,国内“生态学实验教材”的版本较多,且基本上都是根据生态学课程的理论体系进行编写的。由于各高校在教学条件、教学对象、专业背景方面存在差异,其在教学内容、教学方法和手段上也应各具特色。所以,我们在多年教学经验的基础上,结合医学院校生物科学专业的特点编写了本实验教材。

本教材在实验内容的选择和设计上,注重把生态学的基本理论、生态学科的发展和本专业的特点有机结合,在强调对生态学基础理论和基本实验技能理解和训练的基础上,注重训练学生综合运用生态学及相关实验理论和技术进行实验设计、开展实验研究、进行实验分析的能力;实验对象涉及动物、植物、微生物,在强调微观与宏观、室内与室外、实验验证和模拟验证相结合的基础上,注重培养学生用生态学观点观察和思考问题的能力。实验方法既涉及生态学传统和经典的实验方法,也涉及生物化学和分子生物学等先进的研究方法,使学生能够综合运用多学科的研究方

法开展研究。

本教材内容包括两大部分。第一部分为生态学实验,共 10 项,既有基础性实验,也有综合性和研究性实验。基础性实验是经过精选的最基本的实验方法和技术,通过学习使学生掌握相应学科的基础知识和基本技能,为综合性实验奠定基础。综合性实验主要训练学生对所学知识和实验技术的综合运用能力、对实验的独立操作能力、对实验结果的综合分析能力,为研究性实验的顺利开展做好准备。研究性实验以本学科的研究为主,结合其他学科的知识和技术,由学生自己设计实验方案,开展科学研究,撰写课程研究论文,使学生得到科学研究的初步训练,为毕业论文研究工作的开展打下基础。第二部分为生态学习题,主要帮助学生更好地掌握生态学基础知识。

由于编者水平有限,教材中难免出现不当之处,希望使用本书的教师、学生和有关科学工作者提出宝贵意见,以便再版时修改。

编 者

2015 年 3 月 20 日

目 录

前言	(I)
----------	-------

第一部分 生态学实验

实验一 生态学实验设计	(3)
实验二 生物发育与温度定量关系的测定	(8)
实验三 水因子对植物形态结构的影响	(12)
实验四 重金属胁迫对小麦幼苗叶绿素含量和 SOD 活性的影响	(16)
实验五 生物的种间竞争	(21)
实验六 种群生命表的编制与存活曲线的绘制	(24)
实验七 污染物对酵母细胞色素 C 的影响	(28)
实验八 生态学数量方法及软件应用——利用 SPSS 进行生态实验数据 的方差分析	(31)
实验九 水体富营养化程度的评价	(35)
实验十 生物遗传多样性的测定	(40)

第二部分 生态学习题及参考答案

第一章 绪论	(49)
参考答案	(50)
第二章 个体生态学	(53)
参考答案	(59)
第三章 种群生态学	(68)
参考答案	(73)
第四章 群落生态学	(83)

参考答案	(87)
第五章 生态系统生态学	(96)
参考答案	(102)
第六章 应用生态学	(108)
参考答案	(112)
参考文献	(115)

第一部分

生态学实验

实验一 生态学实验设计

【实验目的】

1. 学习实验设计相关的理论知识,初步掌握实验设计的原理及方法。
2. 根据已有的理论知识,完成实验设计。

【实验原理】

实验设计是科学研究计划内关于研究方法步骤的一项内容。在科研工作中,无论是实验室研究,还是现场调查,在制订研究计划时,都应根据实验的目的和条件,结合统计学的要求,针对实验的全过程,认真考虑实验设计问题。一个周密而完善的实验设计,能合理地安排各种实验因素,严格地控制实验误差,从而用较少的人力、物力和时间,最大限度地获得丰富而可靠的资料。反之,如果实验设计存在着缺点,就可能造成不应有的浪费,且足以减损研究结果的价值。总之,实验设计是实验过程的依据,是实验数据处理的前提,也是提高科研成果质量的一个重要保证。

生物的生长发育受多种生态因子的综合影响。生态学实验根据供试生态因子的多少和试验目标的不同通常可分为单因素试验、多因素试验和综合性试验。单因素试验(single-factor experiment)是一种最基本、最简单的试验方案,在整个试验过程中只变更、比较一个试验因素的不同水平,而其他影响试验的条件因素严格控制一致。多因素试验(multiple-factor experiment)是同一试验方案中包含两个或两个以上的试验因素,各个因素都分为不同的水平,其他试验条件均严格控制一致的试验。各因素不同水平的组

合称为处理组合(treatment combination)。处理组合数是各供试因素水平数的乘积。生物的生长受到多种因素的综合作用,采用多因素试验有利于明确对生物体生长有关的几个因素的效应和相互作用,能够较全面地说明问题。因此,多因素试验的效率通常高于单因素试验。综合性试验(comprehensive experiment)实际上也是一种多因素试验,但综合性试验中各因素的水平不构成平衡的处理组合,而是将若干因素的某些水平结合在一起构成少数几个处理组合。综合性试验的目的在于探讨一系列供试因素某些处理组合的综合作用,而不在于检测因素的单独效应和相互作用。单因素试验和多因素试验是分析性试验,而综合性试验是在对起主导作用的那些因素及其相互关系已基本清楚的基础上设置的试验。

实验设计一般应遵循的原则可概括如下:

1. 重复性原则(replication)

重复性原则可分为重复实验、重复测量和重复取样。重复实验是指在相同的实验条件下,进行两次或两次以上独立的实验,目的是为了降低以个体差异为主的各种实验误差。重复测量是指受试对象接受某种处理后,记录在不同时间点或对称的不同部位上重复观测的某定量指标的数值,目的是看定量指标随时间推移的动态变化趋势或部位改变条件下定量指标的分布情况。重复取样就是在同一个时间点,从同一受试对象身上或同一个样品中取得多个标本,目的是看各标本中某定量观测指标值的分布是否均匀或检测方法是否具有重现性。实验设计中所讲的重复原则指的是重复实验,即在相同的实验条件下的独立重复实验的次数应足够多。这里的“独立”是指要用不同的个体或样品做实验,而不是在同一个体或样品上做多次实验。重复的作用是估计和降低试验误差,以提高实验的精确度。

2. 随机原则(random assortment)

所谓随机原则,就是在抽样或分组时必须做到使总体中的任何一个个体都有同等的机会被抽取进样本,以及样本中的任何一个个体都有同等的机会被分入任何一组中去。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少系统误差,使显著性检测有意义;二是平衡各种条件,避免实验结果的偏差。

3. 对照原则(control principle)

在实验设计中,通常设置对照组,用来鉴别实验中处理因素与非处理因素的差异,并消除或减少系统误差。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,不给对照组以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。

常用的实验设计方法主要包括以下几种:

(1) 完全随机化实验设计——只考虑一个因素的影响

完全随机化实验设计是一种最基本、最简单的实验设计方法。它只考虑一个因素的影响。将实验单元完全随机地分配于一个因素的各个水平组。若一个实验中共有 m 个水平(或处理),每个水平重复 r 次,则可将整个实验划分为 mr 个实验单元。其中,随机决定 r 个实验单元采用第 1 种处理,再随机选取另外 r 个实验单元采用第 2 种处理,依此类推,直到所有处理都完全随机地配置在所有的实验单元上。

(2) 随机区组设计——有两个因素产生影响时,只考虑一个因素的效应

随机区组设计总是从区组识别开始,即实验单元构成的相对均质的组群。如一窝麝鼠、南坡的草地等。区组可以围绕已知或未知的变异来构建。在野外生态学中,样方中的生境是最明显类型的区组。另外,如温室中的一室、一周中的一天、动物中体重相当的一群、由实验员 Y 测得的一组数据等,组与组之间的差异也是一种已知或未知的变异来源。区组设计的重要特征是,组间差异被从方差分析中的实验误差项中分离出来,因而增加了实验的精度。

随机区组设计有很多种,其中最常见的是完全随机区组设计。即在每

一区组中每一种处理出现一次,因此每一组包含 t 个实验单元(t =处理数)。

(3) 因子设计

生态学经常需要同时考虑多重因子的影响。对于这种情况,实验设计时必须建立一个因子乘积表,在表中的每一格,即每一组因子组合中都应安排有实验。理想状况下所有组合中的样本量相等,即为一个平衡的设计;而在现实中,往往只能得到一个不平衡的设计。理想状况下,各因子是彼此独立地影响实验结果的,但在现实中,因子之间存在交互作用。

注意对于因子设计要有一个先期检验。必须先考察交互作用在统计上是否显著。如果是,必须搞清楚问题所在。当交互作用显著时,提供并分析对一个因子主效应的显著性检验是误导的,重要的是解释交互作用。

要完整地计算一个因子设计中的方差分析,每一组因子组合必须有两个以上的重复。重复可让我们计算其交互作用项,并判断其统计显著性。但这意味着,如果设计中有较多因子并且每个因子有多个水平时,总的重复数量就会增加很快。这一点带来的现实困难将生态学实验通常局限在 2~3 个因子的 4~5 个水平之内。由于因子设计对复杂性没有理论上的限制,因此,生态学野外和实验室实验中只能采用实际的限制。

(4) 拉丁方设计

当实验进行之前已知变化的一个来源时,随机化区组设计很有用。而当存在两种变化来源,并希望在一个实验中检验可控因子(处理)与两种来源变化的关系,就可以采用拉丁方设计。拉丁方设计是随机化完全区组设计的一个简单的延伸,其优点是在不增加实验次数的前提下,比随机化区组设计可多加入一类区组因子,进一步缩小偶然性的偏差。但拉丁方设计是一种限制较多的设计,因为每个因子的水平数必须相等。拉丁方具有对称性,即每一种处理在每一行和每一列中都只出现一次。因此,每一行和每一列都是一个完全的区组。如果不具备这种对称性,就不能使用拉丁方设计,而必须使用因子设计。

生态学实验设计的基本流程包括以下几个方面:

(1) 提出要解决的科学问题(提出假说),这是开展生态学实验的关键一

步,有了要解决的问题,实验者根据所学知识和实验技能设计合理的实验方案就有了明确的目标和方向。

(2) 根据假说设计合理的实验方案和技术路线,科学地采集实验数据。

(3) 对实验数据进行统计、整理和分析,肯定、或否定、或修改假说,形成结论,或开始新的实验予以验证修改后的假说,直至得出可靠的实验结论。

【实验器材和材料】

1. 实验器材

一次性塑料花盆(盆口直径约 10 cm)、滤纸、光照培养箱、电子天平、恒温干燥箱、500 mL 烧杯、250 mL 容量瓶、10 mL 移液管、刻度尺等。

2. 材料

(1) 种子:根据实验条件选择合适的植物种子,如玉米、小麦、豆类等。

(2) 试剂:氯化钠。

【实验步骤】

根据实验设计的基本原理、方法和步骤,查阅相关文献,完成“盐分胁迫对植物生长发育的影响”的实验设计,包括研究目的、观测指标、研究方法和步骤、实验时间安排等。根据实验设计制定实施方案完成实验。

【实验结果与分析】

根据实验实施情况查找实验设计中存在的问题,提出解决办法,完善实验设计方案。

(刘高峰)

实验二 生物发育与温度 定量关系的测定

【实验目的】

1. 掌握测定生物有效积温的方法。
2. 加深理解温度因子对生物发育影响的了解。

【实验原理】

有效积温法则是指植物、昆虫等外温动物完成某一发育阶段(发育历期,为 N)所需要的总热量(有效积温),为一常数 K ,称为热常数。通常,生物发育需要的有效积温(K)为每日平均温度(T)减去发育起点温度(生物学零度,为 C)后的累加值,用公式 $K=N(T-C)$ 表示。

【实验器材和材料】

1. 实验器材

恒温培养箱、烘箱、双筒解剖镜、双目显微镜、放大镜、温度计、粗指形管、麻醉瓶、载玻片、盖玻片、毛笔、白板纸、滤纸等。

2. 实验材料

- (1) 动物:野生型果蝇。
- (2) 试剂:乙醚、玉米粉、糖、酵母粉、丙酸、琼脂等。

【实验步骤】

1. 配制培养基

将粗指形管和棉塞高温灭菌备用,按如下成分进行培养基配制:

100 g 培养基含:玉米粉 9 g、白糖 6 g、琼脂 0.67 g、酵母 0.7 g、丙酸 0.5 mL、水 83 mL。

将玉米粉、糖、琼脂粉和水混合在容器内,在电炉上加热,不断用玻璃棒搅拌以免煮糊。煮沸后稍放置冷却,将酵母粉和丙酸加入,用玻璃棒搅拌均匀后分装到经高温灭菌的培养瓶内,塞上棉塞,置温箱内备用。

2. 恒温培养箱的温度设定及果蝇的培养

准备 3~5 个恒温培养箱,设定每个培养箱的温度使它们形成温度梯度,如15℃、18℃、21℃、24℃、27℃,或 15℃、19℃、23℃、27℃、31℃,或 15℃、20℃、25℃等。向新配制培养基的瓶内转接相同对数的成蝇(3~5 对),放置在不同温度的恒温培养箱内培养,定时(每天 2 次,上、下午各 1 次)观察记录果蝇的发育进程,统计不同温度下果蝇的发育历期(N,单位:h/d),记入表 2.1 中。

表 2.1 实验结果记录表 (时间单位:h/d)

生活史阶段	15℃	18℃	21℃	24℃	27℃
一龄幼虫初现					
二龄幼虫初现					
三龄幼虫初现					
蛹初现					
成蝇初现					

【实验结果与分析】

应用“回归直线法”或“加权法”求出果蝇发育的有效总积温,分析实验

结果,得出结论。

【注意事项】

1. 培养基及培养瓶内壁上不能有凝集的水珠,否则果蝇易沾在管壁或培养基表面死亡。
2. 保持培养箱温度恒定,尽量减少因观察对培养箱温度的影响。

【知识链接】

果蝇(*Drosophila melanogaster*)是双翅目昆虫,它的生活史从受精卵开始,经过幼虫、蛹、成虫阶段,是一个完全变态的过程。果蝇体型小,在培养瓶内易于人工饲养。其繁殖力很强,在适宜的温度和营养条件下,每只受精的雌果蝇可产卵 400~500 个,每两个星期就可完成 1 个世代,因而在短期内就可以观察到实验结果。此外,由于有许多突变类型、具有多线染色体以及生活史的不同发育阶段具有的特点和基因组结构的特点等,果蝇已经成为生物学各研究领域中的模式生物。

果蝇为完全变态昆虫,其生活史包括卵、幼虫、蛹和成虫四个阶段。成熟的雌蝇在交尾后(2~3 d)将卵产在培养基的表层。用解剖针的针尖在果蝇培养瓶内沿着培养基表面挑取一点培养基置于载玻片上,滴上一滴清水,用解剖针将培养基展开后放在显微镜的低倍镜下仔细进行观察。果蝇的卵呈椭圆形,长约 0.5 mm,腹面稍扁平,前端伸出的触丝可使其附着在培养基表层而不陷入深层。果蝇的受精卵经过 1 d 的发育即可孵化为幼虫。果蝇的幼虫从一龄幼虫开始经两次蜕皮,形成二龄和三龄幼虫,随着发育而不断长大,三龄幼虫往往爬到瓶壁上化蛹,其长度可达 4~5 mm。幼虫一端稍尖为头部,黑点处为口器。幼虫可在培养基表面和瓶壁上蠕动爬行。幼虫经过 4~5 d 的发育开始化蛹。一般附着在瓶壁上,颜色淡黄。随着发育的继续,蛹的颜色逐渐加深,最后呈深褐色。在瓶壁上看到的几乎透明的蛹壳是