

能力培养型生物学基础课系列实验教材

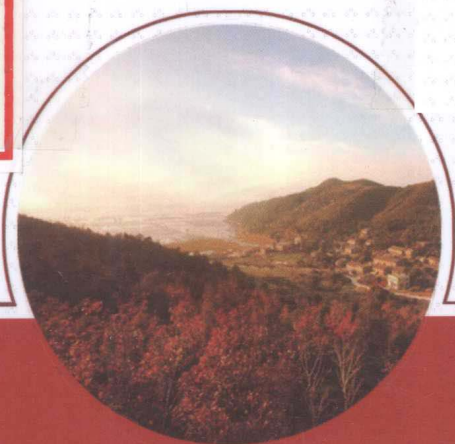
付荣恕 刘林德 主编

生态学实验教程

(第二版)

Ecology Experiment

-33
1=2



科学出版社
www.sciencep.com

能力培养型生物学基础课系列实验教材

生态学实验教程

(第二版)

付荣恕 刘林德 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本实验教程共包括基础性实验、综合性实验和研究性实验三部分。基础性实验排列顺序按个体生态学、种群生态学、群落生态学和生态系统生态学等4章编写,共包括15个实验。综合性实验包括5个实验,内容涉及环境质量评价、自然保护区设计、生态农业和城市生态小区的规划、人口的预测预报等。研究性实验包括土壤动物群落研究、淡水生物群落分析以及校园内常见花卉的传粉生态学观察3个实验。附录部分列出了生物统计学知识,以便处理实验数据时查看。

本书可用作高等师范院校、高等农林院校和综合性大学的生态学实验教材,也可作为其他生态学工作者的科研参考书。

图书在版编目(CIP)数据

生态学实验教程 / 付荣恕, 刘林德主编. — 第二版.

— 北京: 科学出版社, 2010. 2

能力培养型生物学基础课系列实验教材

ISBN 978-7-03-026569-2

I. ①生... II. ①付... ②刘... 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 016258 号

责任编辑: 陈 露 / 责任校对: 刘珊珊

责任印制: 刘 学 / 封面设计: 殷 靓

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

南京展望文化发展有限公司排版

上海敬民实业有限公司长阳印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年9月第一版 开本: B5(720×1000)

2010年2月第二版 印张: 9 1/2

2010年2月第四次印刷 字数: 176 000

印数: 9601—13100

定价: 18.00 元

能力培养型生物学基础课系列实验教材 第二版编委会

主任委员：安利国

副主任委员：郭善利 徐来祥 刘林德 黄 勇

委 员：（按姓氏笔画为序）

王元秀	王洪凯	朱道玉	刘林德
刘淑娟	安利国	李志香	李荣贵
林光哲	赵光强	姚志刚	徐来祥
郭承华	郭善利	黄 勇	焦传珍

《生态学实验教程》第二版编写人员

主 编：付荣恕 刘林德

副主编：苗秀莲

编 委：（按姓氏笔画为序）

王仁君	左进城	石 竹	田家怡
付荣恕	庄树宏	刘亚斌	刘林德
闫志佩	李修岭	吴 涛	宋桂全
苗秀莲	苗明升	谢桂林	

再版说明

生物科学是一门实验性学科,实验教学在其专业课学习中占有十分重要的地位,动手能力、综合分析能力和创新能力的培养主要依靠实验教学来完成。

受传统教育思想的影响,几十年来我国高等师范院校生物科学专业的实验教学以学科知识为体系,从属于理论教学,以验证理论知识和学习实验技术为主要目的,忽视了能力的培养,扼杀了学生的创新欲望。实验内容繁琐,存在着大量的低水平的重复,远远不能适应创新型人才培养的要求。

随着我国高等教育的快速发展,能力培养越来越引起国家和学校的重视。高教部下发的《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》中特别强调“进一步加强实践教学,注重学生创新精神和实践能力的培养”,指出:“实践教学对于提高学生的综合素质、培养学生的创新精神与实践能力具有特殊作用。高等学校要重视本科教学的实验环节,保证实验课的开出率达到本科教学合格评估标准,并开出一批综合性、设计性实验。”本套能力培养型实验教材就是适应我国高等教育创新性人才培养的需要而编写的。

本套教材将实验分为基础性实验、综合性实验和研究性实验三种类型。

基础性实验是经过精选的最基本的、最代表学科特点的实验方法和技术,通过学习使学生掌握相应学科的基本知识与基本技能,为综合性实验奠定基础。

综合性实验由多种实验手段与技术 and 多层次的实验内容所组成,要求学生独立完成预习报告、试剂配制、仪器安装与调试、实验记录、数据处理和总结报告。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、对实验的独立工作能力、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。

研究性实验是在完成基础性实验和综合性实验的基础上,以相应学科的研究为主结合其他学科的知识与技术,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。部分优秀课程研究论文可进一步深化、充实,作为毕业论文参加答辩。

本套教材试图从下述几个方面有所突破和创新:

1. 以能力培养为核心,通过综合性实验和研究性实验的开设,启发学生思维,引导学生创新。

2. 本套教材是我国高校第一套生物科学基础实验课系列性教材,在编委会的

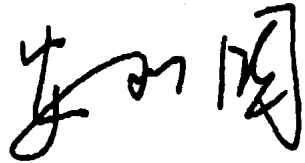
统一领导下完成,避免了低层次重复,体现了实验内容的系统性。

3. 本套教材特别强调实用性和可操作性,实验内容已在编者所在学校开设了多年,得到了教学实践的检验。

4. 本套教材充分体现先进性,尽可能反映生命科学的最新进展。

5. 每本教材都附有实验报告和研究论文范文,为学生提供了实验报告的规范性样板,对培养学生严谨、仔细的学风具有一定的指导作用。

本套教材自 2004 年出版以来,受到全国各地高校的普遍欢迎,迄今为止,已被近百所院校选用,累计重印量达到 20 万册。教材的创新性和实用性也得到了大家的认可,先后获得山东省实验教学成果奖和高等学校优秀教材奖。这几年来生物科学又有了很大的发展,教材的内容需要随之更新,各校在使用过程中也发现了一些问题。在广泛征求意见的基础上,本次再版对编者进行了调整和充实,对内容进行了修订和更新,力求使教材的水平不断得到提高。尽管各位主编和编委已经尽了最大努力,但是,由于编者水平所限,肯定还有不少的错误,恳请各位同仁不吝赐教,继续对本套教材给予关心和支持。



2009 年 12 月

第二版前言

生态学的理论在环境保护、资源的开发利用和保护等领域广泛应用,与人类的关系愈加密切。生态学因而已成为高等院校文、理、农、工各专业的必修课或选修课程,被确定为生物专业的主干课程之一。目前,国内生态学教材版本较多,但实验教材的更新明显滞后,为此,我们组织了9所高等院校的力量编写了本实验教程,参编者均是教学一线的骨干教师,大多具有教授职称或博士学位。

林育真主编的《生态学》于2004年由科学出版社出版发行。本实验教程为配合该教材而编写,编写人员也大多参加了《生态学》教材的编写工作。

生态学是一门应用性很强的学科,教学需理论与应用并重,加强实习和实验过程。生态学实验具有自己的学科特点,部分实验需在野外进行,部分实验则在实验室内进行,有些实验由于野外难以观察,室内又难以重现,需要用非生物材料进行模拟。

在实验设计上,我们充分体现生态学基础理论的重要性,又兼顾其应用性。本实验教程所列出的实验有3种类型:①基础性实验(实验1~15);②综合性实验(实验16~20);③研究性实验(实验21~23)。

在编写过程中,我们特别注意了以下几点:

1. 实用性 选入的实验不仅切实可行,且除少数基础性实验之外,均具有较明显的应用意义。

2. 易行性 只要能说明问题,选入的实验力求简单,容易操作,不追求复杂精密的仪器。

3. 灵活性 尽量多地选入实验,以利于各校根据具体条件安排实验。

实验排列顺序基本与教材内容结合,按个体生态学、种群生态学、群落生态学、生态系统生态学这几部分顺序编写。第一部分为基础性实验,分为4章。第一章为个体生态学,共安排了3个实验,验证温度等重要因子的生态作用及生物对逆境条件的应答;第二章为种群生态学,共安排了6个实验,内容涉及种群数量调查、种群的增长、生命表的编制以及种内和种间关系,如竞争、捕食、空间行为等;第三章为群落生态学,共安排了3个实验,内容包括群落的多样性和相似性测定以及种间关联;第四章为生态系统生态学,共安排了3个实验,内容涉及到生态系统的能量流动和物质循环的各个方面;第二部分为综

合性实验,共安排了5个实验,内容包括环境质量评价、自然保护区设计、生态农业和城市生态小区的规划、人口预测预报等;第三部分为研究性实验,共安排了3个实验,土壤动物群落研究、淡水生物群落分析以及校园内常见花卉的传粉生态学观察。为了方便实验数据的处理,附录部分列出了生态学研究常用的生物统计学知识,供学生随时查看。

由于编者的水平所限,教材中一定会有不足之处,希望使用本教材的教师、学生和有关科学工作者提出宝贵意见,以利于再版时修改。

编者

2009年12月

目 录

再版说明
第二版前言

第一部分 基础性实验

第一章 个体生态学.....	(1)
实验 1 果蝇发育与温度定量关系的测定	(1)
实验 2 植物生长发育有效积温的测定	(3)
实验 3 环境污染物对生物微核产生的诱变效应	(5)
第二章 种群生态学.....	(8)
实验 4 种群数量调查方法	(8)
实验 5 种群在有限环境中的逻辑斯谛增长	(14)
实验 6 生命表的编制	(20)
实验 7 种群内分布型的测定	(27)
实验 8 捕食者的功能反应测定(Holling 圆盘试验)	(36)
实验 9 资源利用性竞争	(42)
第三章 群落生态学.....	(45)
实验 10 物种多样性指数的测定	(45)
实验 11 群落的相似性与聚类分析	(48)
实验 12 种间关联	(53)
第四章 生态系统生态学.....	(57)
实验 13 生态效率的测定	(57)
实验 14 水体初级生产力的测定(黑白瓶法)	(59)
实验 15 生态瓶的设计与制作	(62)

第二部分 综合性实验

实验 16 环境质量评价	(64)
实验 17 自然保护区设计	(69)
实验 18 生态农业模式的设计	(72)
实验 19 城市生态小区的规划	(75)

实验 20 人口的预测预报 (79)

第三部分 研究性实验

实验 21 土壤动物群落研究 (84)

实验 22 淡水生物群落分析 (95)

实验 23 校园内常见花卉的传粉生态学观察——以锦带花为例 (106)

附录 (110)

附录 1 实验报告范文 (110)

附录 2 生物统计学基础知识 (114)

附表 (127)

附表 1 随机数字表 (127)

附表 2 t 分布的分位数表 (129)

附表 3 F 检验的临界值(F_{α})表 (130)

附表 4 多重比较中的 Duncan 表 (134)

附表 5 χ^2 分布的上侧分位数(χ^2_{α})表 (136)

参考文献 (140)

第一部分

基础性实验

第一章 个体生态学

实验 1 果蝇发育与温度定量关系的测定

【实验目的】

1. 学习测定生物发育与温度之间定量关系的方法。
2. 验证和加深理解生物发育的有效积温法则。

【实验原理】

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2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研究中的模式生物。

有效积温法则是指昆虫完成某一发育阶段(发育历期,记为 N)所需要的总热量(有效积温, effective sum of heat)为一常数 K ,称为热常数(thermal constant)。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[threshold of development, 又称生物学零度(biological zero), 记为 C]后的累加值,用公式 $K=N(T-C)$ 表示。

本实验中,教师提供给学生3或5个恒温培养箱、野生型或某种突变型纯种果蝇,学生经过实验小组讨论决定使用何种温差梯度、哪些果蝇类型和具体实验方案。因此,整个实验过程是在完全开放的状态下进行的。实验过程中涉及到定时记录果蝇的发育进程,要求学生在一段时间内安排好实验与其他课程和课外活动之间的关系,如实记录实验中出现的现象和问题,并做出自己的分析和判断。

【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、培养瓶、麻醉瓶、白瓷板、载玻片、盖玻片、毛笔、白板纸、滤纸等;乙醚、玉米粉、糖、酵母粉、丙酸、琼脂等;果蝇野生型及不同突变型果蝇。

【实验步骤】

1. 果蝇生活史观察

- (1) 卵 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。

(2) 幼虫 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。

(3) 蛹 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羽化后遗留的蛹的空壳。

(4) 成虫 刚羽化出的果蝇虫体较长,翅膀也没有完全展开,体表未完全几丁质化,所以呈半透明乳白色。随着发育,身体颜色加深,体表完全几丁质化。羽化出的果蝇在 8~12 h 后开始交配,成体果蝇在 25℃ 条件下的寿命约为 37 d。

2. 配制培养基

培养果蝇用的容器可以是粗指管或广口瓶,这些容器及其棉塞均需在实验前进行高温灭菌才能使用。可以按如下成分进行培养基配制:

玉米粉 28 g,糖 22 g,琼脂 2.5 g,酵母粉 2.5 g,水 250 ml,丙酸 2 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。

3. 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 1-1。

表 1-1 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					

4. 结果的统计与分析

分别设定纵坐标和横坐标的变量,绘制温度-时间关系曲线、温度-发育进程关系曲线、发育进程与时间关系曲线。如以果蝇生活周期中各发育阶段为纵坐标,以时间(d)为横坐标,可以绘出不同温度条件下果蝇发育进程与时间的关系曲线,比较各曲线的变化情况,应用“回归直线法”或“加权法”计算果蝇发育的有效总积温(K)和发育速率(v),得出实验结论。

【注意事项】

1. 分装培养基时不要把培养基倒在瓶壁上,万一倒上了,要用酒精药棉擦掉。刚配制完的培养基在放凉后瓶壁上会有水滴,放置 2~3 d,待水分蒸发后即可使用。如急用,可用酒精药棉将瓶壁上的水分擦掉。

2. 待培养箱的温度恒定后才能开始实验。

3. 所用培养箱最好是玻璃门的,可以隔玻璃门观察,以免影响培养箱内的温度恒定。

【实验报告】

1. 你所观察的不同类型的果蝇在整个生活史历期上有什么差异? 你对果蝇有哪些新了解?

2. 观察、比较所绘制的温度-时间关系曲线、温度-发育进程关系曲线、发育进程与时间关系曲线,可以分别得出哪些结论?

实验 2 植物生长发育有效积温的测定

【实验目的】

1. 了解掌握植物生长发育各阶段有效积温测定的方法。
2. 进一步加深对温度与植物关系的认识。

【实验原理】

温度与植物生长发育的关系,比较集中地反映在温度对植物发育速率的影响上。植物在生长发育过程中,必须从环境中摄取一定的热量才能完成某一阶段的发育,而且植物各个发育阶段所需的总热量是一个常数,可表示为公式:

$$N(T-C) = K$$

式中, N 为发育历期,即生长发育所需时间; T 为发育期间的平均温度; K 为有效积温; C 为发育起点温度。

求 C 值和 K 值的方法是:

在两种实验温度(T_1 和 T_2)下,分别观察和记录两个相应的发育历期 N_1 值和 N_2 值。

因为

$$K_1 = N_1(T_1 - C), K_2 = N_2(T_2 - C), K_1 = K_2$$

所以

$$N_1(T_1 - C) = N_2(T_2 - C)$$

$$N_1 T_1 - N_1 C = N_2 T_2 - N_2 C$$

$$N_2 C - N_1 C = N_2 T_2 - N_1 T_1$$

$$(N_2 - N_1)C = N_2 T_2 - N_1 T_1$$

$$C = (N_2 T_2 - N_1 T_1) / (N_2 - N_1)$$

求出 C 后,将 C 带入公式 $N(T - C) = K$,就可求出有效积温 K 。

【实验器材】

1. 实验器材

光照培养箱、营养盘、大培养皿、纱布、镊子、小烧杯等。

2. 实验材料

棉花种子、菜豆种子或其他植物种子,经消毒后的泥炭土。

【实验步骤】

1. 取饱满色白的棉花种子,温烫处理。取 60 粒棉花种子,用湿纱布包上。取一 200 ml 的烧杯,倒入适量的温水,常温下浸泡棉花种子 1 d,然后把水倒掉,让湿纱布包着的棉种处于湿润但又透气状态,放于 25℃ 培养箱中催芽。

2. 每天观察两次,如果纱布干燥再加些水,使其仍维持在湿润但又透气状态。1~3 d 后种子露出芝麻粒大小的芽,便可播种。

3. 将 10 粒露芽的种子播种在营养盘中,播深 1~2 cm,覆上泥炭土,浇透水。为预防干燥,可将营养盘放在搪瓷盘中,搪瓷盘中放入 1~2 cm 深的水,然后放入光照培养箱中。

4. 放入光照培养箱中的棉种分两组,一组为 25℃、另一组为 20℃ 的条件下(每组各设重复一次),每天观察记录温度、生长情况和经历的天数,并记录各生育期,包括:

- (1) 棉花出苗。
- (2) 棉花子叶展开。
- (3) 长出第一片真叶。
- (4) 第一片真叶展开。

当观察到第一片真叶充分展开后,记录所用的天数、处理的温度。

5. 处理完毕后计算有效积温和棉花发育的起始温度,将处理结果记录在表 1-2 中。

表 1-2 实验结果记录表

分 组	种 子 数	温 度/°C	从播种到棉花第一片真叶展开的天数/d
1	10	25	
2	10	25	
3	10	20	
4	10	20	

【实验报告】

用公式 $K_1 = N_1(T_1 - C)$, $K_2 = N_2(T_2 - C)$, 求出 C 和 K (发育起始温度和有效积温)。

【注意事项】

1. 注意重复处理之间是否有差异。如有差异,但差异不大,则取其平均数;如差异过大,则需再做一次处理。

2. 每个处理需播一定数量的种子,计算其平均数。如从棉花露芽播种到第一片真叶展开所需的有效积温,25°C 时历时 17 d; 20°C 时历时 27 d。求 C 和 K (发育起始温度和有效积温), 则

$$N_1(T_1 - C) = N_2(T_2 - C)$$

$$17 \times (25 - C) = 27 \times (20 - C)$$

$$C = 11.5$$

$$K = 17 \times (25 - 11.5) = 229.5 (\text{度日})$$

实验 3 环境污染对生物微核产生的诱变效应**【实验目的】**

通过实验,使学生了解农药污染对生物细胞遗传的毒害作用,掌握细胞微核的测定技术,并以以检测环境中的“三致”物质。

【实验原理】

环境污染对生物的影响是多方面的,可以影响到生物的形态结构、生理生化过程、种群动态变化、群落的结构组成、生态系统的功能等。更有一些环境污染物对生物具有致癌、致畸、致突变效应(简称为“三致”),被称为环境优先污染物。环境优先污染物进入大气、水和土壤环境后,虽然对生物的生理生化指标影响不大,但其潜在的危害性很大。在“三致”作用下,细胞中的染色体发生畸变,这些畸变在细胞间期中以微核的形式表现出来,可以通过观察统计微核率的大小,认识和评估这类污染物对生物的诱变作用。

6. 数据处理

计算各处理组的微核率和微核细胞率,并利用统计学方法(卡方检验)对各处理组间的差异显著性进行检验。

$$\text{微核率} = \text{微核数} / \text{观察统计的总细胞数} \times 100\%$$

$$\text{微核细胞率} = \text{具有微核的细胞数} / \text{观察统计的总细胞数} \times 1000\%$$

3-2 蝌蚪微核实验

1. 实验动物准备

野外洁净水体捞取适量蝌蚪,置于曝气3d的自来水中室内静养一周,饲喂煮熟的菠菜叶、鸡蛋黄和干制鱼蛋白混合饲料,每天换水一次。

2. 染毒处理

选取身体健康、活动能力强的蝌蚪随机分组,每组10只蝌蚪。用配制好的农药溶液染毒处理3~5d,取出后用曝气的自来水冲洗,并移至曝气的自来水中修复培养6h。

3. 心脏血细胞涂片的制备

从每浓度组各随机取5只蝌蚪,剪开腹部皮肤,用玻璃毛细管心脏穿刺取血,常规血涂片,风干后甲醇固定液固定15min。每只蝌蚪制作一张血涂片。

4. 染色

10%吉姆萨染液(pH6.9)染色15min,冲洗后晾干,梯度酒精脱水,二甲苯透明,中性树胶封片。

5. 镜检计数

在40×10倍显微镜下观察计数。通常每一处理组至少观察5个视野,每张片子至少观察1000个细胞。凡小于主核1/4以下的,同主核有相同染色效果的,圆形、椭圆形或其他形状的染色物质都可算作微核。观察计数结果记入表1-3中。

6. 数据处理

计算各处理组的微核率和微核细胞率,并利用统计学方法(卡方检验)对各处理组间的差异显著性进行检验。

$$\text{微核率} = \text{微核数} / \text{观察统计的总细胞数} \times 1000\%$$

$$\text{微核细胞率} = \text{具有微核的细胞数} / \text{观察统计的总细胞数} \times 1000\%$$

【实验报告】

1. 计算各处理组的微核率和微核细胞率,并对各处理组间进行卡方检验,指出其差异显著性。

2. 微核率和微核细胞率有何不同? 在应用上有什么区别?