

SHENGTAIXUE

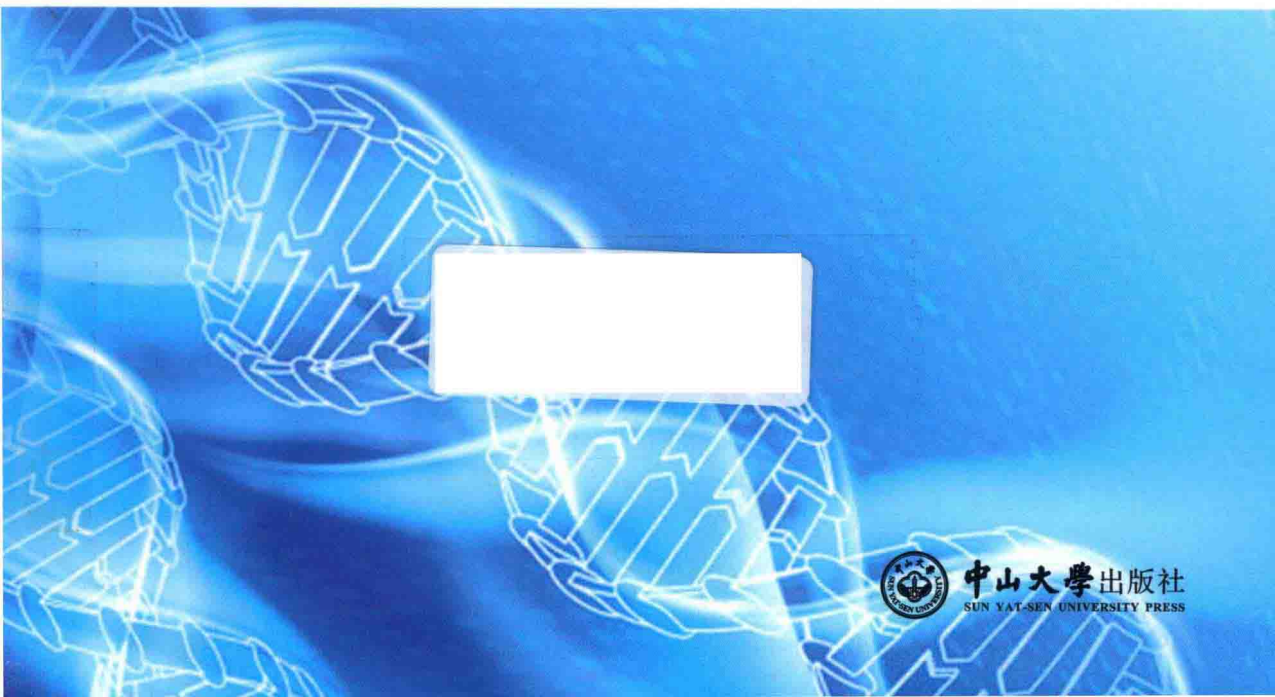
生态学

SHIYAN JIAOCHENG

实验教程

主 编 张北壮 蒙子宁

副主编 陈宝明 黄立南 李金天



中山大学出版社
SUN YAT-SEN UNIVERSITY PRESS

SHENGTAIXUE

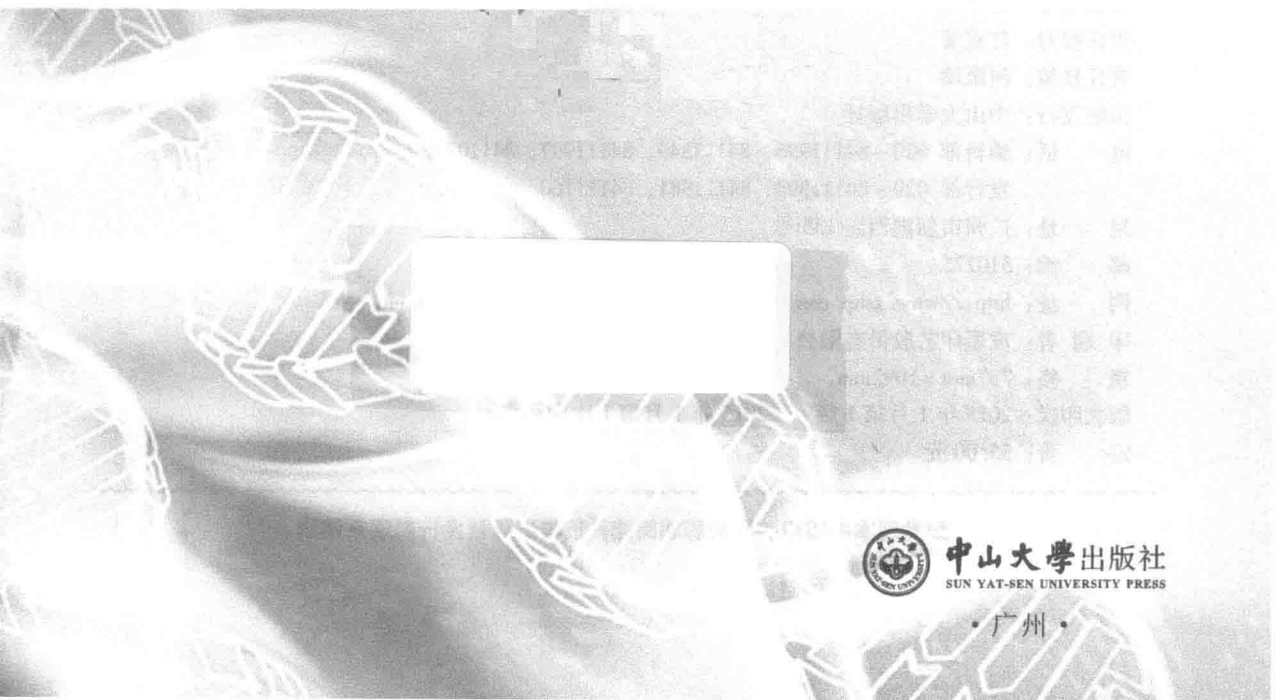
生态学

SHIYAN JIAOCHENG

实验教程

主 编 张北壮 蒙子宁

副主编 陈宝明 黄立南 李金天



中山大学出版社
SUN YAT-SEN UNIVERSITY PRESS

· 广州 ·

版权所有 翻印必究

图书在版编目 (CIP) 数据

生态学实验教程/张北壮, 蒙子宁主编. —广州: 中山大学出版社, 2015. 1
ISBN 978 - 7 - 306 - 05145 - 5

I. ①生… II. ①张… ②蒙… 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 (2015) 第 007425 号

出版人: 徐 劲

策划编辑: 周建华

责任编辑: 周建华

封面设计: 曾 斌

责任校对: 江克清

责任技编: 何雅涛

出版发行: 中山大学出版社

电 话: 编辑部 020 - 84111996, 84113349, 84111997, 84110779

发行部 020 - 84111998, 84111981, 84111160

地 址: 广州市新港西路 135 号

邮 编: 510275 传 真: 020 - 84036565

网 址: <http://www.zsup.com.cn> E-mail: zdcbs@mail.sysu.edu.cn

印 刷 者: 虎彩印艺股份有限公司

规 格: 787mm × 1092mm 1/16 12.75 印张 300 千字

版次印次: 2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 35.00 元

如发现本书因印装质量影响阅读, 请与出版社发行部联系调换

内 容 提 要

本书除了保留部分经典生态学实验外，还介绍了当前国际上最新的生态因子测量仪器的性能和使用方法，同时增加了生态因子测量中的量化测定技术的内容，减少了过去生态学实验教材中关于形态描述的实验，所编写的内容力求反映目前国内外生态学研究领域最新测定技术和水平。本书的实验内容主要包括大气环境因子、城市环境因子、土壤环境因子、地形因子的测定方法和植物群落的光合速率、植物荧光效能、土壤呼吸速率、植物冠层等的测定方法。另外，还介绍了鸟类、鱼类的种类和性别的 DNA 分子鉴定技术。此外，本书还编入了综合与设计性实验内容，目的在于通过完成这些研究性质的设计性实验，培养学生独立解决实际问题的能力，提高学生的科研素质与创新意识。

本书可作为各类高等院校生态学、环境科学、农学、林学等相关专业学生的实验指导教材，也可供从事生态学、环境科学研究的技术人员参考使用。

前 言

随着全球性自然生态资源的日益枯竭和人类生存环境的不断恶化,能源和环境问题已成为人们关注的热点。生态学作为一门研究生物与环境间相互关系及其作用机理的学科,它的发展受到世人的高度重视。生态学实验是继学生学习生态学相关的基础理论后的实践课程,它对巩固学生的生态学基本知识、培养学生的实验操作能力起着至关重要的作用,整个教学过程不可或缺,是生态学和环境科学等专业学生必修的基础课程,对专业建设具有极为广泛的理论指导意义和实践意义。

本书除了保留部分经典的生态学实验外,还介绍了当前国际上最新的生态因子测量仪器的性能和使用方法,同时增加了生态因子测量中的量化测定技术的内容,减少了过去生态学实验教材中关于形态描述方面的实验,所编写的内容力求反映目前国内外生态学研究领域的最新测定技术和水平。学生通过本课程的学习和训练,能规范使用生态研究中常用的观测仪器和掌握生态学研究的基本方法。此外,本书加入了综合与设计性实验内容,目的在于通过完成这些具有研究性质的设计性实验,培养学生独立解决实际问题的能力,以激励学生的创新意识和提升学生的科研素质。本书旨在让学生掌握常用的生态调查和分析方法,了解实验生态方法在实践中的应用;学会在生态学宏观和微观研究中对野外实验条件的判断和选择、对数据和样品的采集及处理、对实验结果的分析 and 讨论等一整套严谨的实验技能;巩固并加深学生对生态学相关基本原理和概念的理解;培养学生勤奋学习、求真务实的科学品德;培养学生的观察能力和动手能力,使学生学会运用生态学基本原理进行生态学研究 and 生态管理。

本书共 31 个实验内容,由张北壮副教授组织编写和统稿,并执笔编写其中的实验 1~11、13~14、27~29,蒙子宁副教授编写实验 17~24,陈宝明副教授编写实验 16、30~31,黄立南教授编写实验 25~26,李金天副教授编写实验 12、15。

本书的出版得到中山大学设备处提供的实验教材建设专项资金资助,特此表示感谢。

由于编者水平有限,书中不足和错漏之处在所难免,恳请读者和专家批评指正。

编者

2014 年 6 月于中山大学康乐园

目 录

实验 1 生态学实验设计	1
实验 2 环境生态因子的测定	7
附录 2.1 Kestrel 3000 手持式气象测定仪使用说明	9
附录 2.2 非接触式红外线测温仪使用说明	11
附录 2.3 Hydra 土壤水分/盐分/温度速测仪	12
实验 3 城市环境因子测定	14
附录 3.1 Testo 815 噪音计使用说明	25
实验 4 大气污染物中 PM _{2.5} 微颗粒物的检测	32
附录 4.1 LD-5 激光粉尘仪介绍	40
实验 5 甲醛含量的测定	43
实验 5.1 居住区大气中甲醛卫生检验标准方法:分光光度法	43
实验 5.2 公共场所空气中甲醛测定方法:酚试剂分光光度法	46
实验 5.3 甲醛分析仪测定方法	49
附录 5.1 4160-2 甲醛分析仪及其维护	52
实验 6 地形因子的测定	56
实验 7 光周期对植物生长发育的影响	62
实验 8 光周期对动物生长和性腺发育的影响	65
实验 9 酸雨对花卉生长发育的影响	68
实验 10 咸潮对作物危害的观测	71
实验 11 植物种子的温度耐受性检测	74
实验 12 植物热耐受性的检测	77
实验 13 鱼类的温度、盐度耐受性观测	83
实验 14 水体中化学需氧量等因子的测定	86
附录 14.1 零浊度水的制备	91
附录 14.2 福尔马肼 (Formazine) 浊度标准溶液的制备	91
附录 14.3 水污染及与污染有关的指标	92
实验 15 水体毒性的生物测定	97
实验 16 水分和养分对植物根系生长的影响	102
实验 17 鱼类种类的分子鉴定: DNA 条形码技术	109
实验 18 鱼类种类的分子鉴定: 随机扩增多态 DNA (RAPD) 技术	113
实验 19 鱼类种类的分子鉴定: 扩增片段长度多态 (AFLP) 技术	117

实验 20	哺乳类性别的分子鉴定: SRY 基因	124
实验 21	鸟类性别的分子鉴定: CHD 基因	128
实验 22	鱼类种群遗传分析: 线粒体基因及微卫星分子标记技术	132
实验 23	银染技术	136
实验 24	分子生态学数据分析和软件使用	139
实验 25	环境微生物样品中总 DNA 的提取	146
实验 26	环境微生物群落的 T-RFLP 分析	148
实验 27	土壤呼吸强度的测定	151
附录 27.1	土壤呼吸室介绍	155
实验 28	植物光合作用速率的测定	159
实验 28.1	植物叶片净光合速率的测定	159
实验 28.2	植物群落冠层光合速率的测定	162
附录 28.1	LCi 便携式光合仪操作使用规程补充说明	164
实验 29	不同群落中的植物效能测定	167
实验 30	树木年轮与气候变化相互关系的分析测定	176
实验 31	植物冠层叶面积指数与植株比叶面积的测定	183

实验 1 生态学实验设计

【实验目的】

围绕生态学上的某一科学问题，设计一个完善的、切实可行的实验方案。通过设计实验这一训练，培养学生科学的思维方式和创新能力，以及分析问题和解决问题的能力。

【实验设计的原则】

实验设计是科学研究中关于研究方法与步骤的一项内容，是实验过程的依据和实验数据分析处理的前提，也是提高科研成果质量的重要保证之一。生态学研究同其他自然科学研究一样，其过程包含：提出问题，确定研究内容；设计实验路线、程序；选定采样方法；取得代表性样本；获得样本数据；数据处理、分析；解释得到的结果；报告实验的发现与结论等步骤。如果实验设计存在缺陷，就可能造成巨大的浪费，并且降低实验结果的价值。研究者在进行实验设计时应根据实验目的，结合统计分析的要求，对实验的全过程及实际操作的可行性作全面考虑。一个周密而完善的实验设计，应能合理安排实验，有效控制实验误差，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。实验设计既要考虑专业方面的问题，如根据研究对象自身的生物学特性及其环境要素来合理安排实验进程；也要考虑实验数据统计分析方面的内容，如样本量、对照、重复、随机化等问题。生态学实验往往包含众多变量，如温度、光照、营养水平等自变量，以及生长量、开花百分率等因变量，在设计实验时要进行全面考虑。通常，实验设计应遵循的原则可概括如下：

（一）确立自变量、因变量

生态学实验包含生物因素和非生物的环境因素等诸多因素，而且很多因素都可能会对实验结果产生影响。这时应根据实验目的，首先确定自变量和因变量。如想了解鲤鱼在什么环境条件下生长比较快，可以假定很多因素，如水温、水质、饲料品质、鱼的密度、鲤鱼自身的年龄、体重等都可能影响到其生长。要想得到较为准确的结论，就要在实验室控制条件下设计一系列实验来进行观测。例如，想获知水温如何影响生长，可把水温定为自变量、生长定为因变量进行观测。这时要注意遵循单因子变量原则，即控制其他因素（如各实验组的密度、鱼体重、食物、水质等）不变，只改变自变量（各实验组水温），观察其对实验结果（实验组鱼的生长）的影响。在整个实验过程中，除

了欲处理的实验因素（水温）外，其他实验条件必须前后一致，且各实验组相同。

（二）样本量充足

由于生物个体之间存在差异，为了使获得的数据具有代表性，应在研究条件许可的范围内尽可能多地获取观测样本。一般来说，实验室严格控制条件下的生理生态学实验，观测样本数不少于8个；野外种群的研究则需要根据可能的种群大小确定观测样本数，往往需要几十、上百甚至上千个观测样本。野外生态学调查时取多少样（取样点个数、取样面积大小、昆虫网捕次数等）合适，没有特定的规则，但有一些方法可帮助我们判定采样数是否足够，如常用的物种-样本数曲线法（可参考生态学野外采样有关内容），观测的样本数过少容易造成实验数据不可信，产生错误的结论。

（三）随机取样，尽量减小系统误差和实验误差

在取样时，要做到把拟观测的对象全部取样（如一个样地中的所有动物）往往是不可能的，只能从中抽出一些样本（统计样本）进行观测。这时的取样应遵循随机原则，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。这样做的意义是可以消除或减小系统误差，使显著性测验有意义。

（四）设定对照和平行重复

为了避免实验结果发生偏差，在实验设计中通常要设置对照组，用来鉴别实验中处理因素与非处理因素的差异，并消除或减小实验误差。例如，要判定吃糖对血糖含量的影响，不仅要设计不同吃糖量的处理，还要设计一组不吃糖的作为对照，同样取血检测血糖含量。这是因为取血样这一实验操作过程本身可能会对血糖水平造成影响，设立这样一个对照组并将实验组结果与之比较，有助于消除实验操作等造成的误差。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。

根据实验目的，实验设计中确定实验组后，通常还要在一个实验组内设定几个平行组，即平行重复原则，目的是在同样条件下重复实验，观察其对实验结果影响的程度。如观测不同饲料对鲤鱼生长的影响，首先要设定投喂不同饲料的实验组。但在投喂同一种饲料的实验组内，还要设定几个平行重复组，看这些组间的数据是否相似。任何实验都必须能够重复，这是具有科学性的标志。上述随机原则要求随机抽取样本，虽然能够在相当大的程度上抵消非处理因素所造成的偏差，但不能消除其全部影响。平行重复的原则就是为解决这个问题而提出的。

【实验设计的基本内容】

实验设计的基本内容包括：①提出假设；②确定自变量、因变量（观测指标）；

③实验步骤设计；④记录观测结果；⑤数据统计整理；⑥解释数据，提出结论。

【举例说明】

（一）动物实例——不同蛋白水平的饲料对罗氏沼虾生长和能量收支的影响

根据该研究项目进行实验设计，以寻找适宜罗氏沼虾生长并可节省能量与饲料成本的饲料蛋白水平。大致过程如下：

1. 提出假设

在进行实验设计前，应根据实验目的对自己的研究做一个简洁的、可观测的假设结论，通过设计实验来验证自己的假设，得出明确的结论。假设应该可被自己的研究结果支持或推翻。通过阅读大量已发表的相关文献，假设饲料蛋白水平确实影响罗氏沼虾的生长和能量收支；低蛋白饲料使罗氏沼虾摄食少，生长慢，但能量消耗小；在一定范围内随饲料蛋白水平增加，罗氏沼虾的生长加快，到一定蛋白水平后罗氏沼虾生长不再随饲料蛋白水平增加而变化，能量消耗增加。

2. 确定自变量、因变量

该项实验中的自变量是饲料蛋白水平，因变量是根据实验目的确定所要观测指标为生长量和能量收支各组分。一般来说，要根据研究目的和任务，选择对说明实验结论最有益并具有一定特异性、灵敏性、客观性的指标进行观测。必要的指标不可遗漏，数据资料应当完整无缺，而无关紧要的项目就不必设立，以免耗费人力物力，拖延整个实验时间。

3. 实验设计前的准备工作

由于该实验是以实验饲料饲养罗氏沼虾进行实验，本着单因子变量原则，除作为实验处理的饲料蛋白水平外，其他可能影响到实验结果的因素，如水温、光照、水质、投喂次数、虾的大小、品质等都要保持一致，且这些因子最好选择适宜于虾生长的条件，以有利于实验结果的获取。因此，在实验设计前应查文献确定罗氏沼虾生长的适宜水温、水质等条件，并确定实验动物的来源。一般实验动物要求来源相同（最好是来自相同父母以消除遗传误差）、健康、数量略多于实际需要量，在该例中还要大小相似。另外，还要根据文献确定检测每项实验指标的实验操作方法，了解需要的仪器设备及药品。最好做预实验或请教相关专家了解实验过程的工作量，并熟悉实验操作技术等。

4. 实验设计

确定罗氏沼虾饲养基础饲料，饲养环境为全自动水循环流水饲养系统（系统内所有饲养水槽水质完全一致），水温 28℃，光暗比 12 h:12 h。实验动物选用同一孵化厂的同一批幼虾，随机选取健康个体，并在实验开始前于实验温度、水质等环境条件下用基础饲料驯化饲养两周以上。根据实验室研究条件和实验时的工作量，设定 1 个对照组（吃基础饲料）和 4 个实验处理组（不同蛋白水平饲料），每组内设 8 个平行组，每个平行组随机选取 10 只动物。实验时间为 8 周。

5. 记录实验结果，统计整理数据

在进行实验观测时，可按照观察项目之间的逻辑关系与顺序，编制便于填写和统计的数据记录表，以便随时记录实验过程中获得的数据资料。记录表中的指标应有明确的定义，必须标明度量单位，单位一般采用国际单位制。实例中观测生长量的数据记录如表 1.1 所示，在实验过程中如果动物死亡、操作有误等应详细记录。

表 1.1 蛋白水平 - 生长实验观测记录

日期: 观测人:

蛋白水平/%	平行组	初始体重/g	终末体重/g	增长量/g	增长率/%
20	1				
20	2				
20	3				
20	4				
20	5				
20	6				
20	7				
20	8				
30	1				
30	2				
30	3				
30	4				
30	5				
30	6				
30	7				
30	8				

注：因表格较大，表中仅列出了两个实验组，省略了其他实验组记录。

设计实验时要拟定分析整理所观测数据的预案，即准备对获得的数据资料要如何进行整理、要计算哪些统计指标、用什么统计分析方法等事先必须有个初步的设想。实例中因为样本体重差异不大，拟采用单方差统计分析数据。另外，实验设计中有时需要做经费预算，即根据所用实验材料、药品、设施、时间等对研究经费做大致预算。

6. 解释数据，提出结论

解释实验所得数据，并根据实验结果提出结论。

(二) 植物实例——金心也门铁（花卉）开花生理研究

植物开花是一个高度复杂的生物学过程，植物生理学和遗传学的研究已表明花的形

成是高等植物所特有的一种生理现象。

1. 提出假设

植物开花受到许多因子的调控。有些植物需要经过低温才能开花，有些植物则需要经过高温处理才能开花。此外，光周期和光照强度，以及激素和栽培过程的营养（氮、磷、钾）条件等因子都可能影响植物的花芽分化和开花反应。本研究探索低温、光周期、激素，以及营养水平对金心也门铁花芽分化的影响，以期从中找出金心也门铁开花的关键性因子，为制定合理的栽培措施和防止提早开花技术提供理论依据。

2. 确定自变量、因变量

分别设定温度、光周期、营养和激素为自变量，以在不同自变量条件下，植株出现花芽分化的时间和开花百分率为因变量。

3. 实验设计前的准备工作

准备金心也门铁（*Draceana arborea*）组培苗，栽培 100 d 的小苗和栽培 300 d 的大苗，每个组合的供试植株 40 ~ 50 盆（株），3 次重复。同时调试好人工气候室的温度和光照，安装 HOBO 光温湿记录仪，并配制好激素溶液。

4. 实验设计

设计 A ~ K 共 11 个组合，A 组为短日照光周期诱导 + 温度（降温→升温→再降温→再升温）处理（略）；B 组为长日照光周期诱导 + 温度（降温→升温→再降温→再升温）处理（略）；C 组为相等昼夜光周期 + 温度（降温→升温→再降温→再升温）处理（略）；D 组为相等昼夜光周期 + 温度（降温→升温→再降温→再升温）处理 + 高氮营养栽培（略）；E 组为相等昼夜光周期 + 温度（降温→升温→再降温→再升温）处理 + 高磷钾营养栽培（略）；F 组为相等昼夜光周期 + 温度（降温→升温→再降温→再升温）处理 + 低光照栽培（略）；G 组为相等昼夜光周期 + 温度（降温→升温→再降温→再升温）处理 + 高光照栽培（略）；H 组为相等昼夜光周期 + 温度（降温→升温）处理（略）；I 组为相等昼夜光周期 + 温度（降温→持续低温→升温）处理（略）；J 组为对照组；K 组为植物激素处理组合（略）。

5. 记录观测结果，统计整理数据

记录实验过程，统计实验结束时的开花株数，用表 1.2 的形式整理数据。

表 1.2 不同试验处理后的金心也门铁开花百分率

组 合	供 试 株 数	开 花 株 数	开花百分率/%
对照			
A			
B			
⋮	⋮	⋮	⋮

6. 解释数据，提出结论

解释实验所得数据，并根据实验结果提出结论。

【作业】

根据实验室现有的实验设备、药品、实验材料、空间和实验允许时间，设计一个实验，观测某种环境因子（如温度）对动物（如金鱼或白鼠）某项反应（如摄食量）的影响；或设计一个实验，观测某种环境因子（如温度、光照、营养水平等）对植物开花效应的影响。

【参考文献】

- [1] 娄安如，牛翠娟. 基础生态学实验指导 [M]. 北京：高等教育出版社，2005.
- [2] 张清敏. 环境生物学实验技术 [M]. 北京：化学工业出版社，2005.
- [3] 蒋高明. 植物生理生态学 [M]. 北京：高等教育出版社，2004.

实验 2 环境生态因子的测定

【实验目的】

在掌握光照强度、温度和大气湿度测量仪器的使用和测定方法的基础上，测定不同类型植物群落内的光照强度、温度和大气湿度等生态因子。认识不同植物群落的内部生态因子以及植物群落与裸地间生态因子的差异。

【实验原理】

植物群落与环境是不可分割的。任何一个植物群落在形成过程中，不仅对环境具有适应能力，而且对环境也有巨大的改造作用。随着植物群落发育到成熟阶段，群落的内部环境也发育成熟。植物群落内的环境因子如光照强度、温度、湿度等都不同于群落外部。植物群落内的各生物物种在它们自己创造的环境中，井然有序地生活着。不同的植物群落，其群落环境因子存在明显的差异。

【仪器与设备】

照度计，手持式气象测定仪，Hydra 土壤水分/盐分/温度速测仪，非接触式红外线测温仪。

【方法与步骤】

（一）植物群落内光照强度的测定

- （1）选取针叶林和宽叶林两种不同类型的植物群落。
- （2）分别在针叶林和宽叶林下，从林缘向林地中心均匀选取 5 个测定点，用照度计测定每一点的光照强度，并记录每次测定的数值。
- （3）选择一块空的无林地作为对照，随机测定 5 个点，用照度计测定裸地的光照强度，并记录每次测定的数值。

（二）植物群落内和对照地的温度、湿度、风速测定

1. 大气温度、湿度的测定

- （1）在上述的针叶林与宽叶林群落中，从林缘向林地中心在 1.5 m 高处，均匀选

取 5 个点, 用手持式气象测定仪测定每一个点的空气温度和相对湿度, 并记录每次测定的数值。

(2) 在空旷无林地的 1.5 m 高处, 随机选取 5 个点, 用手持式气象测定仪测定每一个点的空气温度和相对湿度, 并记录每次测定的数值。

2. 地表温度、湿度的测定

(1) 在上述的针叶林与宽叶林群落中, 从林缘向林地中心均匀选取 5 个测定点, 用手持式气象测定仪和非接触式红外线测温仪分别测定每一个点的地表温、湿度, 并记录每次测定的数值。

(2) 在空旷无林地随机选取 5 个点, 同样用手持式气象测定仪和非接触式红外线测温仪分别测定每一个点的地表温、湿度, 并记录每次测定的数值。

3. 风速、风寒指数和热应力指数的测定

(1) 在上述同样的针叶林与宽叶林群落中, 从林缘向林地中心的 1.5 m 高处, 均匀选取 5 个点, 用手持式气象测定仪分别测定每个点的当前风速、最大风速、平均风速、风寒指数和热应力指数, 记录每次测定的数值。

(2) 在空旷无林地随机选取 5 个点, 用手持式气象测定仪分别测定每个点的当前风速、最大风速、平均风速、风寒指数和热应力指数, 记录每次测定的数值。

(三) 群落内不同深度土壤的温度、水分、盐度测定

(1) 在各群落中, 随机确定 2 个测定点, 用 Hydra 土壤水分/盐分/温度速测仪测定距地表 10 cm、20 cm、30 cm、40 cm 深处的土壤温度、水分、盐度, 并记录每次测定的数值。

(2) 在空旷无林地同样随机确定 2 个测定点, 用 Hydra 土壤水分/盐分/温度速测仪测定距地表 10 cm、20 cm、30 cm、40 cm 深处的土壤温度、水分、盐度, 并记录每次测定的数值。

【注意事项】

一定要在相同的时间里进行针叶林和宽叶林植物群落以及对照地(空旷无林地)的各种生态因子测定, 这样获得的数据才具有可比性。

【作业】

- (1) 详细记录每次测定数值, 根据测定结果, 列表整理得到的气象数据。
- (2) 分析针叶林、宽叶林和空旷无林地中的生态因子及其差异性。

【思考题】

- (1) 在针叶林与宽叶林两种不同类型的群落中, 群落内的小气候环境有什么差异?

试分析造成这种差异的原因。

(2) 植物群落内的小气候环境与空旷无林地的小气候有什么差异? 试分析造成这种差异的原因。

附录

附录 2.1 Kestrel 3000 手持式气象测定仪使用说明

Kestrel 3000 手持式风速气象测定仪可精确、快速测量环境的相对湿度、露点、温度、热应力等重要的气象参数。手持式测定仪具有外观小巧, 操作便捷 (使用 3 个按键即可完成所有的测量操作), 防水性能优良的特点, 可用于户外运动及多种野外作业以便掌握精确的天气状况。背景灯的显示功能和数据锁定功能为野外气象监测带来方便。

1. 可测参数

该机器可以测量如下参数: 风速、最大风速、平均风速、温度、风寒指数、相对湿度、热应力指数、露点。除以上功能外, 还具有数据锁定、背光、自动关机和防水功能 (要避免湿度探头沾上水)。整体设计小巧, 随机附带保护壳。

其中风寒指数是指风可以带走身体的热量, 我们在风中感受到的温度, 会比在无风的情况下来得低。天气寒冷及风大的时候, 人体产生的热量会被风迅速带走, 人体因此感觉到的温度比实际温度低。这种感觉的温度即为风寒指数 (wind chill)。风寒指数会受温度及风速的影响。当风寒指数偏低时, 我们应避免长时间暴露于户外, 以免因身体热量过分流失而造成危险。

热应力指数是指酷热指数为人体在高温及潮湿的环境下感受到的真正温度。当人体处于温度高的环境下, 身体会自动进行调节, 以使人体达到比较舒适的温度。其中人体散热的一个机制是出汗, 在汗液蒸发过程中会消耗热能, 因此出汗的目的就是促进蒸发, 然后消耗我们身体的热能, 使我们感到凉快。当温度高而湿度低时, 人体排出的汗液很快会被蒸发掉。相反, 在温度高而湿度亦高的情况下, 人的汗液的蒸发速度会减慢许多。当温度与湿度持续上升或人体长期处于汗液无法蒸发的情况下, 则会有抽筋、热衰竭甚至中暑的情况发生。热应力指数只可作为参考, 这是因为不同的人对热的适应程度不同。

2. 操作步骤

第一步: 脱掉保护壳 (附图 2.1.1)。 第二步: 按  键, 开机 (附图 2.1.2)。

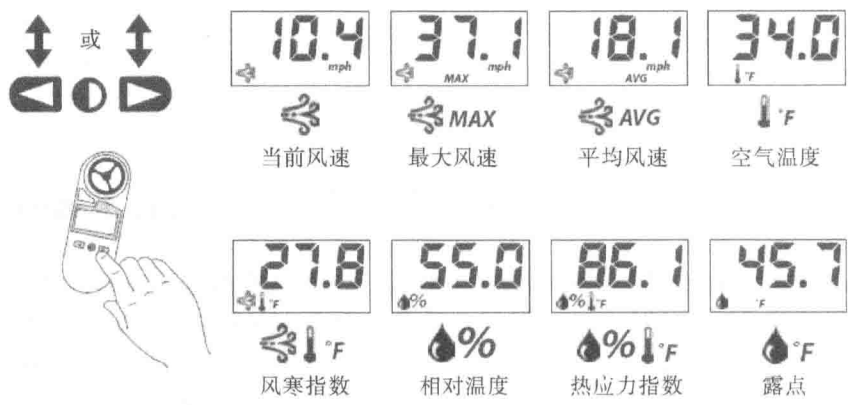


附图 2.1.1 脱保护壳



附图 2.1.2 开机

第三步：你可以通过键 ◀ 或键 ▶ 来选择当前测量参数，当切换不同参数的时候，液晶显示屏下方的图示也会发生变化，参数所对应的图示请参看附图 2.1.3。



附图 2.1.3 测量参数

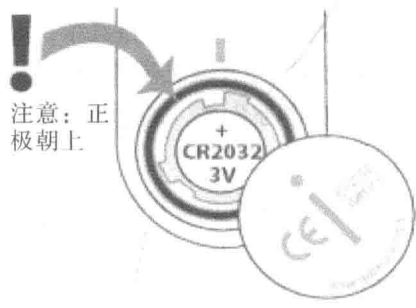
第四步：按住 ● 的同时，按 ◀，可以改变测量单位。

第五步：按住 ● 的同时，按 ▶，可以锁定测量值；再次按 ● 的同时，按 ▶ 可以退出锁定测量值模式。

第六步：在开机状态下，按下 ● 能打开液晶显示屏光源，光源在 10 s 后自动关闭。

第七步：按住 ● 2 s 后，关闭机器。在 45 min 内，若不对机器进行任何操作，机器会自动关闭。

第八步：电池的替换。当液晶显示屏上显示 ，表示需要更换电池。我们打开机器背后的电池盖（附图 2.1.4），将新的 CR2032 电池装进去即可。



附图 2.1.4 更换电池