

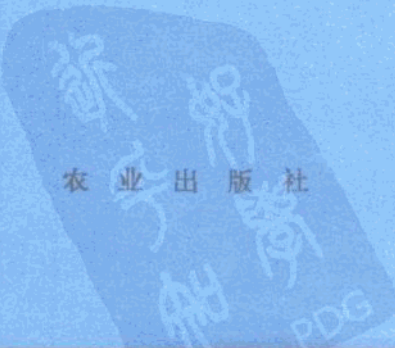


全国高等农业院校教材

昆虫生态
及预测预报
实验指导

● 耿济国
张建新
张孝羲
编

农业出版社



内 容 简 介

本书共编入26个实验，内容包括个体生态、种群生态、生物群落及系统分析等实验。其中实验1—11属个体生态学部分，实验12—20属种群生态学部分，21—22属群落生态学，23为系统分析，24—26属害虫预测预报内容。编写中注意到实验内容的深度和广度，提出的实验方法、实验材料和实验的结果切实可行。实验开头有实验原理，最后附有实验作业，可以启发和开阔学生思路，加深对实验内容的理解。

本书可作为农业院校、林业院校、综合大学的植物保护、森林保护、昆虫专业的昆虫生态学、昆虫生态及预测预报、昆虫实验技术等课程教材，也可作为生态学研究人员，农林部门从事科研、生产和植保工作的人员参考。

编 著 者

前 言

昆虫生态学在50年代中期仅在少数农业院校开设,70年代以来各农业院校已普遍为植物保护专业及昆虫专业本科生开设了昆虫生态学或昆虫生态及预测预报课程,但直至今日尚无一本与之配套的实验指导书。本书是作者依据南京农业大学近35年来教学实践中所沿用的四个版本的实验讲义,并参考国内《动物生态学实验指导》及国外众多的生态学研究方法、实验文献、书籍编写而成,实验内容比过去在深度和广度上均有很大发展。从个体生态实验扩充到种群生态、生物群落及系统分析的内容。其中实验1—11属个体生态部分,实验12—20属种群生态学方面,21—22属群落生态学,实验23为系统分析,24—26属害虫预测预报内容。

在编写中,我们注意到所编实验方法、所用实验材料及预期的实验结果必须切实可行,所以,我们选用的每个实验都是曾在过去教学过程中经过反复施教并得到较满意结果的。但由于我国生态环境的复杂性,特别在实验所用昆虫材料方面可能各地有一定差异,还须在今后的再作补充和修改。

由于目前全国并不实行统一的教学计划,因此各校在所开设的课程门类(尤其是选修课)及学分(学时)数都可能有一定差异,作者在编写中考虑酌情多编一些实验个数,以供各地按实际情况选择使用。本书内容可适用或选用于植物保护专业或昆虫专业的昆虫生态学、昆虫生态及预测预报、昆虫实验技术等课程,有的实验也可以合并进行教学。

在实验所用仪器设备上，我们尽量选用一般常用设备，但也介绍使用少数精密先进设备以供各地参考，如抗寒性测定中除用热电偶测试方法外，还介绍了用半导体冷冻台连接微机自动测量记录、分析及绘图的系统，以及昆虫飞行行为微机自动测录系统等。

生态学的许多实验都要通过大量的调查或实验才能取得必要的的数据，往往工作量大，费时多，常常难于在一次实验时数中完成。所以，有的实验也可以预先安排学生在教学生产实习中进行试验或调查，取得数据，也可以由教师收集文献中已有的调查或研究数据，直接提供学生作计算分析。

编写中存在的缺点和错误，欢迎读者批评指正。

编 者

1990年6月于南京

目 录

前言

实验一	室内温度条件的控制	1
实验二	控制、测量温度的常用仪器	7
实验三	室内光照条件的控制	13
实验四	室内湿度条件的控制	16
实验五	土壤含水量的控制方法及其对昆虫的影响	23
实验六	温湿度条件对昆虫生存的影响	25
实验七	昆虫的发育起点温度和有效积温的测定及计算	30
实验八	昆虫的体温、过冷却点测定和抗寒性分析	42
实验九	昆虫的营养及人工饲料饲养方法	48
实验十	昆虫的滞育特性及环境因子对滞育的影响	58
实验十一	昆虫的飞行和迁飞特性	61
实验十二	种群数量调查——用不同取样方法估计 害虫的田间密度	64
实验十三	种群数量调查——标志重捕法	71
实验十四	昆虫种群的空间格局——离散分布的理论拟合	75
实验十五	昆虫种群的空间格局——聚集强度的测定	90
实验十六	昆虫种群生命表的组建和应用	94
实验十七	昆虫的种内竞争——密度效应	98
实验十八	昆虫的种间竞争——捕食者（寄生物）对猎物 （寄主）密度的功能反应	100

实验十九 昆虫的种间竞争——捕食者本身密度的 干扰反应.....	103
实验二十 昆虫的种间竞争——捕食者对猎物密度的 数值反应.....	105
实验二十一 群落分析——种间联结分析	108
实验二十二 群落分析——种的多样性分析	111
实验二十三 系统分析.....	117
实验二十四 害虫的统计预报——列联表法	122
实验二十五 害虫的统计预报——判别分析法	125
实验二十六 害虫的统计预报——相关回归分析方法.....	128
主要参考书目	134
附表 1 随机数字表.....	135
附表 2 正态离差值表.....	139
附表 3 卡方 (χ^2) 值表.....	140
附表 4 学生氏 t 值表.....	141
附表 5 5%和 1%点 F 值表 (见插页)	
附表 6 5%和 1%显著 r 与 R 值表 (见插页)	

实验一 室内温度条件的控制

一、实验原理

温度对昆虫的生长、发育以及行为等方面的影响颇大,是昆虫生态诸因子中最主要的。在室内进行生态实验时需要控制不同的温度条件。控制温度范围在昆虫的最高和最低致死温度之间,一般是 $-40-50^{\circ}\text{C}$ 之间。本实验的目的是学习室内控制温度的原理和方法。

1. 控温的基本原理 必须具备一个好的保温装置系统,由一调节器来控制冷源与热源的开放或关闭。生态学研究的人工气候箱(室)属于具备冷源和热源的恒温设备。普通使用的包括两大类。凡控制高于室内温限的温箱称为恒温培养箱,一般的温箱控温范围在 $20-60^{\circ}\text{C}$,可供饲养和繁殖昆虫。控温范围在 $60-120^{\circ}\text{C}$,甚至高达 250°C 以上的称为高温温箱(或烘箱),其隔热层较厚,电功率较大,可供

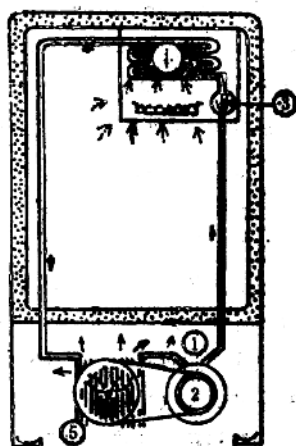


图 1-1 普通冰箱剖面示意图

1. 氟利昂泵 2. 马达 3. 气化口 4. 吸热管 5. 散热屏

昆虫生态学、生理学研究测定昆虫含水量或干物质。控制低于室内温限的恒温培养箱称低温温箱（或冰箱）（图1-1），普通冰箱的控温范围一般在 $0-5^{\circ}\text{C}$ 之间；低温冰箱则可控制温度在 $-10-80^{\circ}\text{C}$ 范围内，甚至达更低的温度，低温冰箱则需要借助冰冻致冷设备，做为制冷、保存物质之用。此外，还有供昆虫研究中进行积温或趋温试验的等级温箱、变温温箱等。比较接近自然生态条件的实验方法是创造变温的环境，这样可以得到接近于自然状况的实验结果。

2. 温箱的基本结构 温箱通常可分为保温箱体、加热器和温度调节器三个主要部分。

（1）箱体 由外层及内层组成，一般用金属制成，中间填以各种热绝缘物（如石棉、软木、纤维、锯木屑、玻璃纤维等）以维持温度的均匀恒定。外层也可以用木材代替，但应选用木质坚硬而充分干燥的材料。最里层必须用金属板。另外，还有一种在箱体内外夹层间灌水的，称隔水式温箱，加热器封闭埋于水箱中，加热时水经加热器加热后传热至内室，使箱内间接加热，温度的升降较直接式缓慢，但保温性能稳定。箱体内部的光照条件控制见实验三。

（2）加热器 热源通常采用电热丝供热，安装在温箱内层底部，电热丝的功率大小视箱内体积和所要求的最高温度而定。应以箱体的大小为依据，体积愈小所用电热丝功率亦应较小，如所需温度不超过 50°C ，在室温不低于 0°C 时，容积 $1/4$ 立方米者可用 $300-500$ 瓦电热丝， $1/2$ 立方米以上者，电功率瓦数可适当大些。一般温箱的加热器是将 $300-600$ 瓦的电热丝分散安装在防火绝缘体上。为了适应无电地区使用，还有煤油炉式温箱或油电两用温箱。还可以用高瓦数的灯泡代替电热丝作热源；大型的温室可采用炉火、红外线、水暖设备为热源；水电系统完备者可配置

各种类型的空调设备。

为了克服温箱底部和上部之间的温差，箱内常安置一小电风扇，使空气上下流动，温度均匀。

(3) 温度调节器

器 调节器是温箱中最重要的部分，形式繁多，但常用的有两类：双金属调节器（图1—2）和汞—苯调节器（图1—3）。按

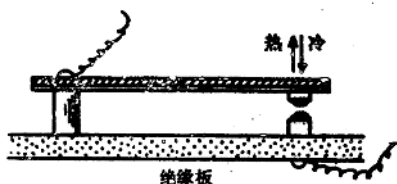


图 1—2 双金属调节器

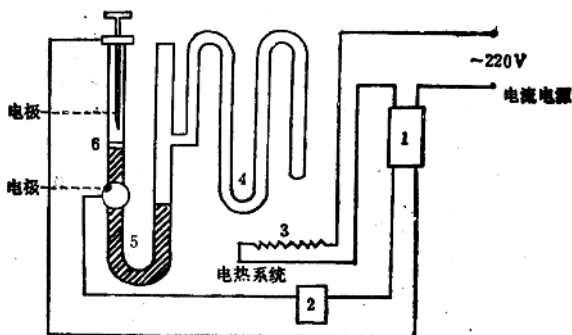


图 1—3 与继电器相连的汞—苯温度调节器

1. 继电器 2. 干电池 3. 电热丝 4. 甲基苯醚 5. 汞 6. 矿物油

导电方式又分直接和间接两种。

直接导电式 加热用的电热丝所需电流直接经过感温调节器。通常感温部分都用双金属片组成，其原理是两种不同的金属片紧密地焊接在一起，由于它们的线胀系数不同，在不同的温度下，它们的弯曲程度不同，与其邻近的金属触点或接触或分开，

从而控制了电热丝的加热时间，这样就能把温度控制在一定的范围内（图1—2）。双金属片的材料一般是铜和铁组合。铜的线胀系数为 0.000017 ，铁的线胀系数为 0.000012 。线胀系数较大的金属在里层。金属棒式调节器为铜套管和玻璃棒构成，其原理和双金属片类似（图1—4），此外还有双金属螺旋式（图1—5）、气体膨胀盒式（图1—6）。

间接导电式 这类调节器是利用各种膨胀系数较大的液体或汞，盛在一定容器内构成的感温器，与低压电磁铁

继电器组成一低压电路，而220伏电源与电热丝则组成另一电路。当液体或汞受热膨胀时，使低电压电路接通，电磁铁发生作用，切断连接电热丝电源，停止加热；当温度降低后，液体收缩，连接继电器的低压电源被切断，电磁铁停止作用，借弹簧的弹力使220伏电路接通，电热丝加热，温度恢复上升（图1—7）。所以，间接导电式调节器电流的通路恰好与双金属片的电流通路相反。

自动控温仪，水银导电表等都是常用的感温调节器（见实验

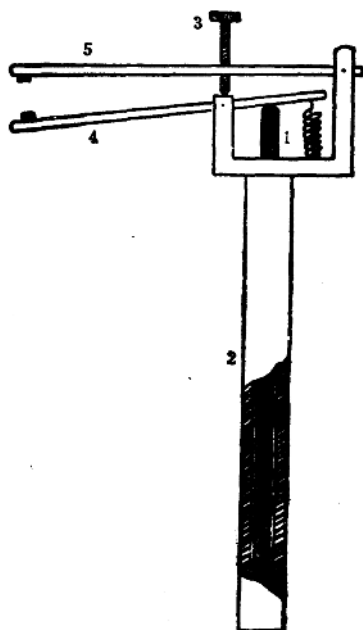
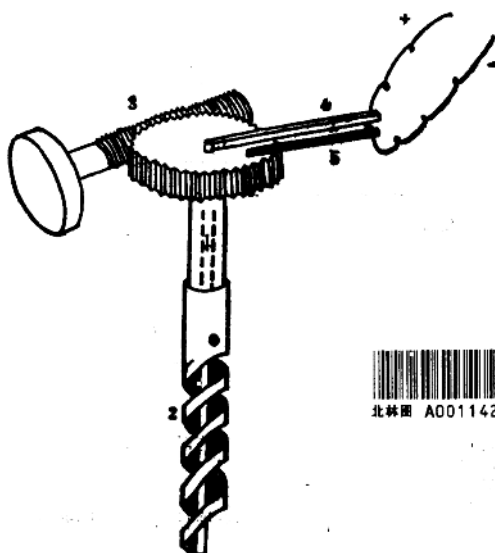


图1—4 金属棒式调节器

1. 玻璃棒 2. 铜套管或钢套管 3. 调节棒
4. 动接点支杆 5. 固定支杆



北林图 A00114246

图 1—5 螺旋式温度调节器

1. 铜棒 2. 螺旋铁片 (或铁合金) 3. 调节柄 4. 动接点支杆 5. 固定支杆



图 1—6 气体膨胀盒式调节器

(二).

二、实验材料

列出不同类型的恒温培养箱 (普通温箱、烘箱、冰箱、等数

422827

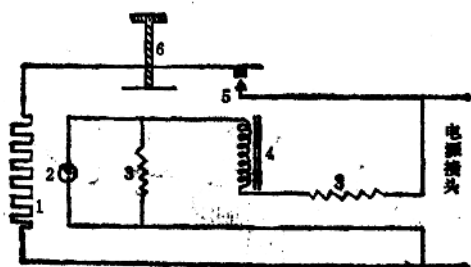


图 1—7 继电器控制开关线路图

1. 电热丝 2. 感温接点 3. 电阻 4. 电磁铁 5. 继电器控制开关 6. 调节柄

温箱、变温温箱、人工气候箱), 温度调节器和控温仪等装置。

三、实验步骤

1. 观察 不同类型的恒温培养箱的基本结构, 熟悉控温的原理和控温的操作程序。

2. 剖析 了解一个普通温箱的箱体、加热器和温度调节器各部件的性能和作用, 然后再装配复原。

3. 测定温箱的性能 新制备的温箱, 必须要测定它的性能, 对恒温箱来说, 其性能的优劣, 决定于其温度稳定程度, 凡是经调节后的温度, 能保持在愈小的差异范围内, 则该温箱的性能愈佳。在昆虫生态实验方面, 温差最好不要超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 这一范围。要测定这种温度的稳定性能通常用两种方法。

(1) 定时观察记录测定方法 利用比较精密的水银温度计 (一般要求能观察到 $1/10^{\circ}\text{C}$), 置于已调节稳定的温箱中, 每隔一定时间 (10—30 分钟) 观察一次温度。观察时应力求使眼睛和水银柱表面及温度标尺在同一水平线上。把观察到的温度准确地记录下来。这样的观察记录最少持续 1 天, 并且须有专人负责。比较所记录的结果, 最高和最低温度之差, 即为该温箱的温差,

各次的总平均值，即为该温箱的实际计算温度。

(2) 自记温度法 将普通气象观测所用的自记温度计，置于温箱内记录温度的变化，分析其结果。这一方法最为简便，但一般自记温度计对温度的微小变化反应不十分灵敏，对短暂时间内的温度变动，也常不能记录下来。

四、实验作业

1. 绘出一个普通温箱的完整构造图。
2. 温箱的种类有几种？在进行以下实验中各要求哪种类型？
 - (1) 一般昆虫的饲养、繁殖；
 - (2) 测定昆虫的含水量或干物质重量；
 - (3) 测定昆虫的积温或适温范围；
 - (4) 昆虫的趋温性。
3. 观察简易式、复壁式及隔水式温箱的完整构造。
4. 按组序将温箱调节至 20°C 、 25°C 、 30°C 和 40°C ，并写出调节程序。
5. 常用温度调节器的导电方式有何不同？双金属片及汞—苯调节器各属哪一类？

实验二 控制、测量温度的常用仪器

一、实验原理

通过本实验，学习控制和掌握测量温度的常用仪器的使用方法。

1. 常用的感温调节器 有自动控温仪、水银导电表、热电偶控制器等。

自动控温仪 是近几年来发展起来的新型电子设备, 具有控温精度高, 应用范围广, 使用寿命长和方便等优点。控温仪采用热敏电阻作为传感器元件, 性能稳定, 感温灵敏。控温系统由交流感温电桥、交流放大器、相敏放大器和控温继电器四部分组成。实验室控温常用电路见图2—1, 此时控制温箱的电流不超过10安培, 即温箱额定功率在2000瓦以内, 不需要中间继电器。在图2—2、图2—3中, 温箱功率在2000瓦以上, 为保护控温仪,

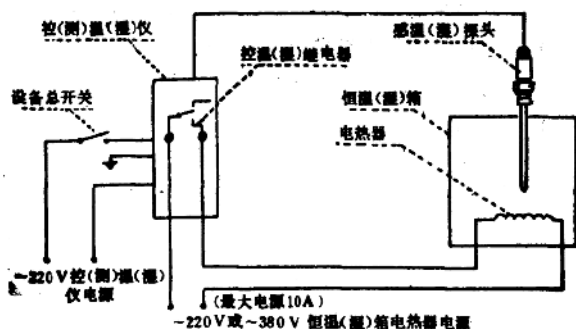


图 2—1 2000瓦以下升温恒温(湿)箱使用接线图

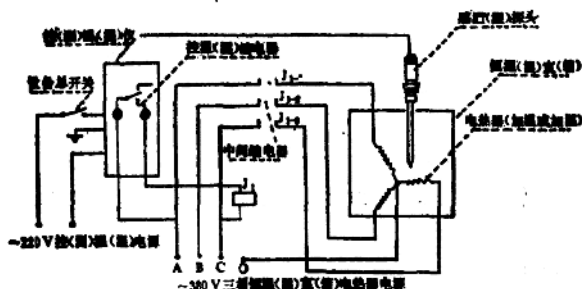


图 2—2 2000瓦以上升温恒温(湿)室(箱)使用接线图

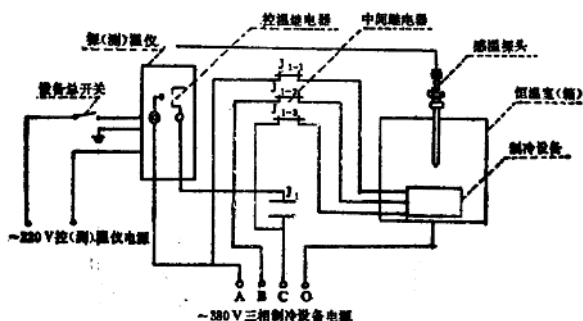


图 2—3 降温恒温室(箱)使用接线图

需要中间继电器。按负载功率的不同,可选用CJ10系列380伏线图交流接触器。

水银导电表 又称接点温度计(图2—4),其灵敏度远远高于双金属片等类型的感温器,调节手续简便。但水银导电表只能和精度较高的电子继电器配合使用,使水银接点微弱讯号放大,变成推动开关的信号,故称电子管继电器。

热电偶控制器 热电偶感温多用于高恒温器,如马福炉,其恒温端接点置于常温或冰室中,感温端热电偶放在恒温器内,以接受温度变化的信号。

2. 常用的测温仪器 有普通温度计、最高最低温度计、自记温度计、半导体温度计和热电偶测温等。

普通温度计 一般是玻璃温度计,内充水银或酒精,外有刻度。按测量温度的范围和精度(范围为0—100℃, 0—200℃,精度为 $\pm 1^\circ\text{C}$, $\pm 0.5^\circ\text{C}$, $\pm 0.1^\circ\text{C}$),出厂前都要做比较试验,或用标准温度计校正。温箱用的一端膨大的水银温度计,非标尺部分较长,是为了便于观察和固定。

最高最低温度计 医用体温计是一种最高温度计,它可以测



图2—4 水银导电表

1. 水银球 2. 电极 3. 动白金丝接点
4. 移动螺母 5. 软铁 6. 磁铁 7. 白
金丝引出端 8. 螺丝杆

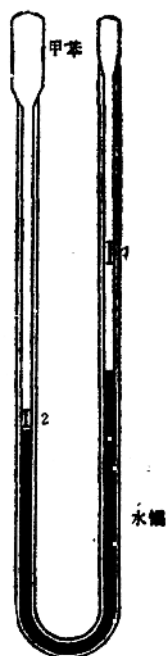


图2—5 最高最低温度计

1. 最高温度浮标 2. 最低温度
浮标

出体温变化的最高值。气象上常用的最高最低温度计与体温计不同，其感温球内的液体是甲苯（图2—5），紧接甲苯的是一段水银（Hg），水银柱呈“U”型，在水银的两个液面上放有两个浮标（1, 2），其比重大于甲苯小于水银。甲苯受热膨胀将远端浮标1推向高点留下来，标明了最高温度的数值。当温度下降至最低点

时,水银柱收缩,又将近甲苯球端的浮标2推至最近处而停留下来,标明了最低温度的数值。磁铁可将浮标吸回原位。

自记温度计 感温调节部分属双金属片,采用两种线胀系数不同的金属片合成,利用双金属片的弯曲度表明温度的连续变化。配备一系列杠杆和联动装置,安装一个记录笔尖。温度计的另一组成部分是时钟鼓,市售的有“日记钟鼓”与“周记钟鼓”两种速度,附有专用自记温度纸。

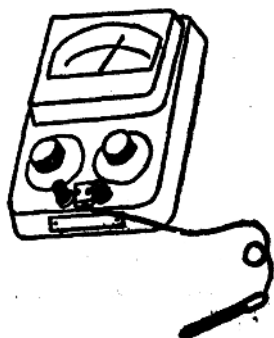


图 2-6 半导体温度计示意图

半导体温度计 利用半导体材料锰、镍、钴等金属氧化物的固体溶液和不良导体,如 $Mg(AlO_2)_2$ 等烧炼而成的“热敏电阻”,该电阻装在一个玻璃管尖端,有两条极细的导线与之相连,可以改造成很小的体积(图2-6)。

热敏电阻的阻值,随环境温度的变化而变化。在一定范围内电阻值与温度值是直线关系,可用公式表示:

$$R_2 = R_1 \pm \alpha(t_2 - t_1)$$

R_2 为温度 t_2 时热敏电阻之欧姆值; R_1 为温度 t_1 时热敏电阻之欧姆值; α 为温度系数(即当温度改变 1°C ,电阻增减之数值); t_1 、 t_2 为温度。

这种半导体元件在 $0-50^\circ\text{C}$ 范围内, α 是负值,即温度升高电阻下降。如果把这种半导体电阻放在一个惠斯登电桥中,再连接一个电流计,便制成半导体温度计。如果选用 $2 \times 10^{-10}\text{A}$ 的灵敏电流计,能测得 0.0005°C 的温度变化。市售的半导体点温计都