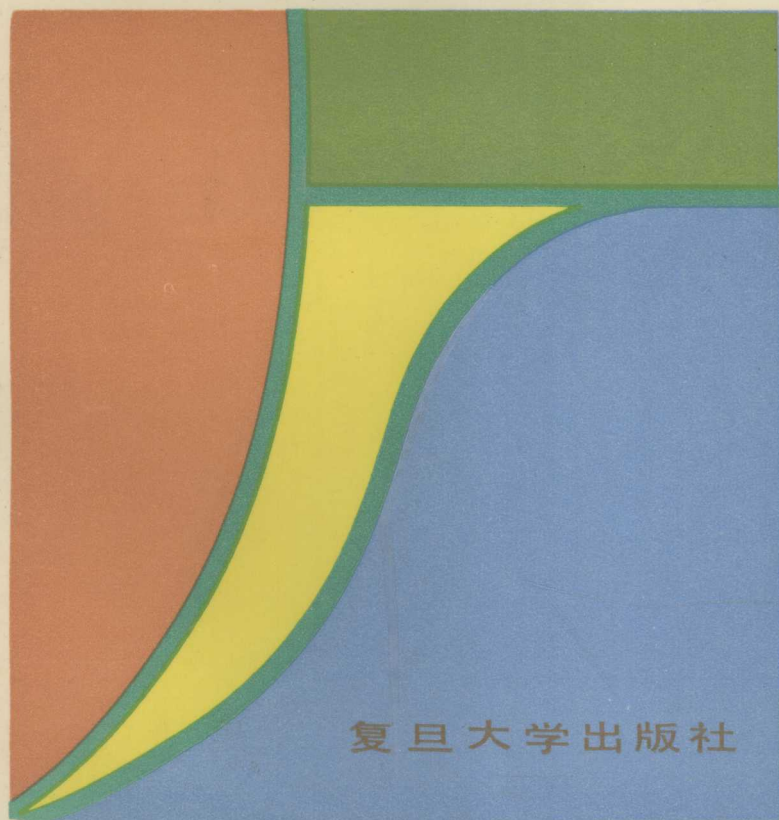


923350

昆虫生态学实验

吴千红 邵则信 苏德明 编著



复旦大学出版社

内 容 简 介

昆虫生态学实验

吴千红 邵则信 苏德明 编著

昆虫生态学实验

吴千红 邵则信 苏德明 编著

复旦大学出版社

(上海邯郸路100号)

上海市邯郸路100号 复旦大学出版社发行

850×1168 1/32 印张8.75 字数200,000

1991年1月第1版 1991年1月第1次印刷

1-3000

复旦大学出版社

0.85元

内 容 简 介

本实验配合昆虫生态学教学编写，系作者多年实验教学与科学研究的总结。全书共分4篇：个体生态学、取样技术、种群、群落，包括11章。有温湿度等对昆虫的作用，种群数量估计，生命表技术，群落分析方法等36个实验。内容根据组织水平安排，室内与室外实验之比为2:1。本实验不仅注重于基本研究方法的训练，还着眼于基本原理和理论的探讨，内容涉及到昆虫生态学的各个领域。本书既可作为综合性大学昆虫专业、农林院校植保专业的实验教材，也可供生态学研究人员，医学院校师生，医疗卫生、农林植保部门从事科研和生产的有关人员，以及农林技校有关师生参考。

责任编辑 徐士菊

责任校对 陈优生

昆 虫 生 态 学 实 验

吴千红 邵则信 苏德明 编著

复旦大学出版社出版

(上海国权路579号)

新华书店上海发行所发行 复旦大学印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 8.75 字数 259,000

1991年7月第1版 1991年7月第1次印刷

印数 1—3,000

ISBN 7-303-00671-2/Q·24

定价：2.95元

昆虫学

1981.02

前 言

今天，当人类社会进入 20 世纪的最后 10 年，由于第二次世界大战以来的数十年和平生活，国际贸易、政治文化交流的蓬勃发展，世界各国经济建设的恢复和发展，以及世界人口数量的急剧增长，人类对于地球资源的需求越来越多，并越来越苛刻。另外，人类的各种活动给地球环境所带来的影响也从来没有像今天这样明显和深刻，甚至给人类继续生存和发展带来了某种威胁。因而，环境科学就成为不仅仅是学者们所从事的学科领域，而且也是当今世界各国政府所极为关注的现实课题。

生态学在环境科学中自然地居于核心的地位，近数十年来，这一学科领域不仅在指导观念和与其他学科的交叉上有了重大的发展，而且在研究方法和技术上也有了相应的长足进步。科学的研究方法和技术是现代科学的一个不可分割的组成部分。

本书就昆虫生态学的基本研究方法和应用技术作了比较全面的介绍。它的一个特点就是个体生态学与种群和群落的研究密切地联系起来，并通过具体的实验将学习人员引入到这个相互联系极为密切的学科中去。这样的著作在国内还是一次较新的尝试，我们热切地期望它取得成功。

生态学是理论与应用并重，野外与实验室研究相结合的学科。为此，本书选编的实验有 1/3 在野外实地进行，2/3 为实验室内容。又根据实验教学的特点与取材便利考虑，选择的实验场地和材料，不论南北的学校均容易寻找，又有一定的经济意义。因此本书实验既可作为教学之用，对生产研究单位也有相当的参考价值。作者们曾经以此书的内容为蓝本，在有关高校昆虫专业教学中多次试用过，效果较好。我们相信通过此书的出版和使用，并吸取广大读者的建议与批评，一定

会使它日臻完善,并为我国昆虫生态学的教学和研究作出应有的贡献。

苏德明

1990.2.

前 言

大千世界,无奇不有。昆虫世界更是如此。昆虫种类繁多,分布广泛,与人类生活息息相关。昆虫生态学作为昆虫学的一个重要分支,在农业、林业、医学、工业、环境保护等方面都具有重要的意义。本书旨在系统地介绍昆虫生态学的基本原理、研究方法以及应用实例,为从事相关工作的科研人员、教学人员和广大昆虫爱好者提供有益的参考。

本书共分八章。第一章介绍昆虫生态学的发展概况;第二章介绍昆虫生态学的基本概念和术语;第三章介绍昆虫生态学的主要研究方法;第四章介绍昆虫生态学在农业、林业、医学、工业、环境保护等方面的应用;第五章介绍昆虫生态学的前沿动态;第六章介绍昆虫生态学的发展趋势;第七章介绍昆虫生态学的发展前景;第八章介绍昆虫生态学的发展建议。

本书在编写过程中,参考了国内外大量的文献资料,力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为昆虫学、生态学、农业昆虫学、林业昆虫学、医学昆虫学、工业昆虫学、环境昆虫学等专业的教材,也可供从事相关工作的科研人员、教学人员和广大昆虫爱好者参考。

目 录

前言	1
第一篇 个体生态学	1
第一章 温度对昆虫的作用	3
实验一 昆虫发育总积温的测定	3
实验二 昆虫过冷却点的测定	10
实验三 昆虫偏爱温区的测定	14
实验四 昆虫热动定向的测定	17
第二章 湿度对昆虫的作用	22
实验五 湿度对昆虫存活率和发育的影响	22
实验六 土壤含水量对昆虫生长发育的影响	30
实验七 昆虫对湿度的选择	34
第三章 昆虫的飞翔	38
实验八 蛾类迁飞与翅负荷的关系	38
实验九 昆虫飞行阈限的测定	43
第四章 昆虫与食物	47
实验十 鳞翅目幼虫识别寄主的测定	47
实验十一 芥子油对蚜虫摄食的作用	53
实验十二 不同颜色诱捕器对飞行昆虫诱引的测定	56
实验十三 蜜蜂觅食定位行为的测定	59
第二篇 取样技术	82
第五章 理论取样数的确定	64

实验十四	未知密度种群理论取样数的确定——总体呈正态分布	64
实验十五	未知密度种群理论取样数的确定——总体呈离散型分布	68
实验十六	昆虫群落最小样本数量的确定	74
第六章	种群数量估计	78
实验十七	巢式取样法——棉红铃虫虫害花数量的估计	78
实验十八	标记重捕法——用Lincoln指数法估计谷盗数量	86
实验十九	标记重捕法——用Jolly随机法估计野外蝗虫种群的数量	92
第三篇 种群		
第七章	种群空间格局的测定	99
实验二十	拟谷盗空间分布随机性的测定	100
实验二十一	草地甲虫分布的测定	104
实验二十二	昆虫空间格局概率分布模型的计算和应用	106
实验二十三	用Taylor指数测定蚜虫的聚集特性	122
实验二十四	用最近邻体法测定叶螨的叶面分布	126
第八章	生命表技术	130
实验二十五	朱砂叶螨实验种群生命表的组建和种群参数计算	131
实验二十六	粘虫自然种群生命表的组建和分析	142
实验二十七	Leslie矩阵——种群数量动态分析	155
第九章	种内竞争	159
实验二十八	豆卫茅蚜拥挤效应的测定	160
实验二十九	树木蚜虫飞行与种群密度的关系	165
第十章	捕食者与被捕食者的相互关系	167

实验三十	捕食者对被食者密度变化的功能反应——Holling 圆盘试验	168
实验三十一	两种捕食螨功能反应的测定	172
实验三十二	捕食螨-叶螨系统数量动态的测定	175
实验三十三	贝氏拟态频度制约的模拟	180

第四篇 群 落

第十一章	群落组成结构测定和分类	189
实验三十四	物种重要性测定	189
实验三十五	蛾类群落多样性的测定	195
实验三十六	昆虫群落的分类	200

附录 I	生态实验中气象条件的测定和控制	214
-------------	------------------------------	------------

一、温度的测定、记载和控制	214
---------------------	-----

(一) 国际温标	214
----------------	-----

(二) 测温法	214
---------------	-----

(三) 常用测温仪器的使用	215
---------------------	-----

(四) 常用恒温设备的安装和使用	221
------------------------	-----

二、湿度的测定和控制	225
------------------	-----

(一) 湿度表示法	225
-----------------	-----

(二) 湿度测定法	226
-----------------	-----

(三) 小空间湿度控制法	227
--------------------	-----

(四) 大空间湿度控制法	231
--------------------	-----

三、光照的测定和时间控制	235
--------------------	-----

附录 II	常用数表	237
--------------	-------------------	------------

表 II-1	相关系数显著性测验检索表	237
--------	--------------------	-----

表 II-2	直线相关回归分析常用对照函数表	238
--------	-----------------------	-----

表 II-3	t 分布表	241
--------	---------------	-----

表 II-4	χ^2 分布表	242
--------	--------------------	-----

表 II-5	随机数字表	二十三页	243
表 II-6	Poisson 分布表	一页	249
主要参考书目			271
171	.....	二十三页	
181	.....	三十三页	

参 考 书 目

181	.....	类分与宝属的统计图表	章一十第
181	.....	宝属的统计图表	四十三页
191	.....	宝属的统计图表	五十三页
201	.....	类分的统计图表	六十二页

111	.....	宝属的统计图表	一第
111	.....	宝属的统计图表	一第
111	.....	宝属的统计图表	(一)
111	.....	宝属的统计图表	(二)
111	.....	宝属的统计图表	(三)
111	.....	宝属的统计图表	(四)
111	.....	宝属的统计图表	二第
111	.....	宝属的统计图表	(一)
111	.....	宝属的统计图表	(二)
111	.....	宝属的统计图表	(三)
111	.....	宝属的统计图表	(四)
111	.....	宝属的统计图表	三第
111	.....	宝属的统计图表	二第
111	.....	宝属的统计图表	I-II 类
111	.....	宝属的统计图表	S-II 类
111	.....	宝属的统计图表	S-II 类
111	.....	宝属的统计图表	I-II 类

第一篇 个体生态学

个体生态学(autecology)研究环境因子对生物体的作用。环境因子又称因子,通常分非生物因子和生物因子。非生物因子包括温度、湿度、光照、风、雨等气象诸因子与土壤等自然因子,为非密度制约因子。生物因子为密度制约因子,是指食物和研究对象之外的一切生物体。

生物体对环境因子作用的反应是综合性的,表现在生长发育、寿命、生理、生殖和行为等各个方面。生物对非生物因子如温度、湿度等的适应有一个适宜区间。正如 Shelford 忍受律所推出的,当接近或超出这一区间,生物体的生长发育将会失调,生殖力下降,行为失控,整个生理活动处于紧张或昏迷状态,甚至导致死亡。只有在适宜区间,生物才能进行正常代谢,具有最强的生殖能力和最长的生理寿命。诚然,昆虫等一切生物都在一定程度上对之有主动适应现象,如对环境因子有明显的趋性行为,表现为群聚或社会性生活,迁飞等。同种生物的不同发育阶段,不同种类的个体,对非生物因子适宜区间的幅度、上下阈限各有其独特的需求,差异往往相当显著。相对于一种生态因子,例如温度则有广温性生物和狭温性生物之分。极端的环境条件,如干旱、低温等对昆虫分布和存活有着重要的意义,因此昆虫对这些条件的适应(越冬、越夏)也须加以注意。昆虫会飞翔,是无脊椎动物进化史上的一个飞跃,是昆虫界兴旺发达的根本原因之一。昆虫飞翔活动的研究发现,光照、温度等常是调节昆虫飞翔活动节律的因子。不同种类的昆虫,其飞行能力与虫翅的负荷力有关。为了深入理解非生物因子对昆虫的作用机制,学习有关的研究方法,我们编写了前3章实验。

食物是昆虫生存的基础,是诸多生物因子中最重要因子。昆虫为了寻求食物,在长期的进化中,行为、生理等许多方面形成了适应性

第一章 温度对昆虫的作用

温度是对昆虫生活影响最为显著的一个气象因素。昆虫是变温动物,保持和调节体内温度的能力有限,自身无稳定的体温。外界环境温度的波动会直接影响虫体温度。

各种昆虫,甚至同种昆虫的不同虫态,都对温度条件的反应存在着或大或小的差异。每一种昆虫都有其一定的适温范围。在该温度范围内,寿命最长,生命活动最旺盛,发育、繁殖、行为均表现正常。超过这一范围,温度过高或过低都会出现行为失调,发育迟缓,繁殖停滞,甚至死亡。作用温度的持续时间,对昆虫行为与生理的影响也很重要。尤其是临近阈值的温度,短期内可能对昆虫危害不明显,超越一定时限或忽高忽低变化频繁,就可能导致昆虫生理失调,直至死亡。处于发育阶段的个体,对此反应可能更为敏感。了解每种昆虫及其各个虫态对温度的适应性,是分析和了解昆虫的发生和发展必不可少的基础研究。

本章包括4个实验,从不同角度研究温度对昆虫的作用及昆虫对温度的适应性反应。

实验一 昆虫发育总积温的测定

一、目的

通过Reaumur总积温法则实验,理解昆虫发育与温度的总体依赖关系和实际含义,并掌握昆虫发育总积温的测定方法。

二、原理

1936年Reaumur在研究植物生长发育时提出了总积温法则。该法则指出,变温生物完成某一发育阶段所需要的总热量是一常数 K 。

昆虫等节肢动物属于变温动物，其生长发育也遵循这一法则。温度与昆虫间的关系，实质上是热量与昆虫间的关系。昆虫通常只能在某一环境温度之上才开始发育，这一阈限温度称发育起点温度(C)。发育起点温度一般在 0°C 以上，该点以上的温度($T - C$, T 是观察温度,即昆虫生长发育时的实际温度)为发育有效温度(或称为有效积温)。昆虫在发育过程中所接受的总热量是有效温度的总和:

$$K = N(T - C), \quad (1)$$

式中: K 为有效积温常数或称总积温常数; N 为昆虫发育时间, 一般以24小时或天为单位。

根据(1)式, 可转换得到温度与发育速率之间的线性关系:

$$T = C + KV, \quad (2)$$

这里发育速率 $V = 1/N$, 是发育历期的倒数, 指单位时间内完成全发育过程的比率。式中 C, K 是常数, T 和 V 是变量, 在适温范围内发育速率(V)随着温度(T)呈直线变化。从理论上说, 对任何一种昆虫的某一发育阶段, C, K 是固定的, 可以通过实验方法求得。通过测得不同温度(T)相应的发育时间(N), 并将 N 换算为 V , 可求出 C 和 K 。要使得回归方程的准确度高, 必须注意以下几点:

1. 实验温度组合应有一定数量, 至少不能低于5个。温度组的上、下限相应拉大, 特别是下限温度, 要相应压低, 否则会明显影响发育起点温度的准确性。

2. 在自然变温与恒温条件下, 昆虫的生理反应并不一致, 表现为同一虫期所需积温不同。例如在 20°C 恒温时, 三化螟蛹的有效积温为123.5日度, 变温 $17\sim 23^{\circ}\text{C}$ (平均 20°C)时为130.5日度。既然昆虫生活在变温环境中, 因此实验应尽可能在模拟自然变温的条件下进行。

3. 食物差异对昆虫发育速率有一定影响。如上海郊区的棉铃虫2代幼虫, 取食蕃茄叶、果者(16.2天)比取食玉米嫩穗、嫩籽者(10.6天)长5.6天。3代幼虫1龄以棉花嫩叶为食, 其余各龄取食花蕾, 幼虫期为13.4天; 若1, 2龄取食嫩叶, 3~6龄喂食花蕾, 幼虫期为16.1天, 延长2.7天。因此, 实验之前制定一个符合实际的昆虫食谱十分重要。

运用总积温法则研究昆虫发育与温度的关系，在我国植保实践中已有很多例证，如在粘虫、棉铃虫、棉红铃虫、稻纵卷叶螟、三化螟等昆虫中，都已测出温度与其发育速率的关系式，这在预测害虫发生期上颇具应用价值。

必须注意，总积温法则只适用于适温区间，即这一法则仅仅反映适温区间的温度对昆虫发育的作用。如果扩大实验温度的范围，再以发育温度为横坐标，发育速率为纵坐标，则坐标图是一条曲线，温度过高时，发育速率的增长率呈现负值。因此，总积温法则的应用价值有明显的范围。其次，在昆虫的另一种形式的发育——滞育发育中，低温又是必须的，但一般在积温法则研究中往往不涉及这一侧面。

三、设备和材料

1. 设备：温箱，双筒解剖镜，饲养小室*和滤纸或直径 8 cm 培养皿和 0.5 cm 厚海绵，黑色塑料薄膜，试剂瓶，滴管，0 号绘图笔和橡皮筋等。

2. 实验昆虫：朱砂叶螨 (*Tetranychus cinnabarinus*)、粘虫 (*Leucania separata*) 或棉铃虫 (*Heliothis armigera*) 的卵。

四、实验步骤

(一) 饲养

1. 2~4 人 1 组。每组取饲养小室或培养皿 10 只。小室或培养皿编号，并注明小组标记。

2. 用小室饲养叶螨卵时，在每只小室底板上平放 3~4 张滤纸，滤纸大小与底板相同，纸中央铺蚕豆叶片，叶面向上，摆上小室板后两端用橡皮筋扎紧。每只小室内移入 20 头左右雌成螨，操作时应特别注意避免造成损伤，松开橡皮筋后加小室盖板，重新扎紧。用滴管沿缝隙从叶柄端向滤纸加水。温度在 25℃ 以下时，加水 0.5~1 管，30℃ 以上加

* 饲养小室用 10×40×90(mm) 有机玻璃板制作，中间开直径 30 mm 圆孔，上下以 2 mm 厚同尺寸的有机玻璃薄板为盖垫，两端用橡皮筋固定。

水 1.5 管。用培养皿饲养时，海绵剪成直径略小于皿底的圆盘置于皿底，加半培养皿自来水。海绵上平铺大小相同的黑色塑料薄膜，将蚕豆叶片平放于薄膜中央。用脱脂棉制一纱绳，一端系于叶柄，另一端沉入皿底的水里，使叶片保鲜。约 20 头雌成螨移于叶片后加盖。把已加雌成螨小室或培养皿置于 30℃ 温箱。

3. 隔 4~8 小时后在解剖镜下检查小室或培养皿，待每小室或每个皿有卵 20 粒左右即挑去雌成螨。把小室或培养皿分放于 5 只温箱培养，每只温箱内放 2 只小室或培养皿，并放 2 只装满水的果酱瓶或烧杯，维持空气相对湿度 60% 左右。培养箱温度各为 15℃, 20℃, 25℃, 30℃, 35℃。如表 1-1 记录实验开始时间。

表 1-1 发育历期测定实验记录

组别	温度 (℃)	小室 编号	试验 卵量	试验 开始 时间	观 察 结 果				发育历期(天)	
					日 时	日 时	日 时	日 时	平均值 \bar{N}	标准误 $S_{\bar{N}}$

4. 1~3天(高温时隔 1 天，低温时隔 3 天)后，每隔 8 小时观察卵孵化情况 1 次，挑去已孵幼螨。把孵化数量记入表 1-1。每天给小室加水 1 次。观察至卵全部孵化。

(二) 计算

1. 整理实验结果，求出各个试验温度下朱砂叶螨卵的平均发育历期(\bar{N})及其标准误差($S_{\bar{N}}$)，记入表 1-1。

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{n} \quad (3)$$

式中 N_i 为同试验组内螭卵序数； n 为试验卵数。

$$S_{\bar{N}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (N_i - \bar{N})^2}{n(n-1)}} \quad (4)$$

2. 如表 1-2 统计各项参数, 并把结果列入表 1-2。

表 1-2 发育起点温度和总积温统计表

试验组数(i)	试验温度 T_i ($^{\circ}\text{C}$)	发育历期 N_i (天)	发育速率 V_i	$V_i T_i$	V_i^2
Σ					
平均					

3. 用最小二乘方公式, 求出有效积温常数 (K) 和发育起点温度 (C):

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^n V_i T_i - \sum_{i=1}^n V_i \sum_{i=1}^n T_i}{n \sum_{i=1}^n V_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n V_i \right)^2} \quad (5)$$

式中 n 为总试验组数； i 为试验组序数； V_i 为 i 组发育速率； $V_i = 1/N_i$ ， N_i 为 i 组发育历期； T_i 为 i 组实验温度。

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n V_i^2 \sum_{i=1}^n T_i - \sum_{i=1}^n V_i \sum_{i=1}^n V_i T_i}{n \sum_{i=1}^n V_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n V_i \right)^2} \quad (6)$$

4. 如下式计算总积温常数 K 和发育起点温度 C 的标准误差 S_K 和 S_C ;

$$S_K = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \hat{T}_i)^2}{(n-2) \sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2}}, \quad (7)$$

$$S_C = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \hat{T}_i)^2}{n-2} \left(\frac{1}{n} + \frac{\bar{V}^2}{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2} \right)}, \quad (8)$$

(7), (8)式中 \bar{V} 为实验所得 V_i 的平均值; \bar{V} 为 $(\sum_{i=1}^n V_i)/n$; T_i 为理论计算值, 由第 3 步计算所得 K, C 以及实验值 V_i (表 1-2) 代入 (2) 式求得。 $\sum_{i=1}^n (T_i - \hat{T}_i)^2$ 计算较繁, 首先需根据实验值 V_i 逐一算出 \hat{T}_i , 然后再求 \hat{T}_i 及 T_i 的平方差总和。如果不借助电子计算机, 可参照表 1-3 列表, 再如下式简化后求出:

表 1-3 发育起点温度和总积温标准误差统计表

试验组数(i)	试验温度 T_i	发育速率 V_i	$T_i - \bar{T}$	$(T_i - \bar{T})^2$	$(V_i - \bar{V})^2$	$(T_i - \bar{T})(V_i - \bar{V})$
Σ						
平均						

$$\sum_{i=1}^n (T_i - \hat{T}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})(T_i - \bar{T}) \right)^2}{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2}, \quad (9)$$

上式“ \bar{T} ”为试验温度的平均值, $\bar{T} = (\sum_{i=1}^n T_i)/n$ 。

$\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2$ 可参照表 1-2 所列相应数据如下式简化计算