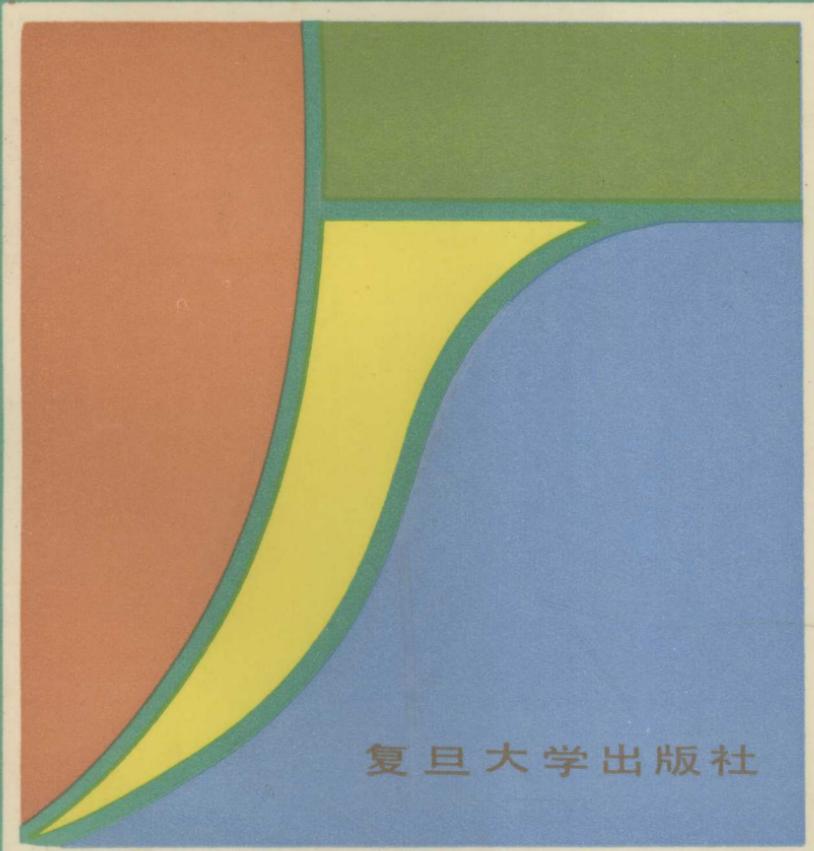


222360

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

昆虫生态学实验

吴千红 邵则信 苏德明 编著

吴千红 邵则信 苏德明 编著

复旦大学出版社

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的研究的总结。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

出版者

科学出版社

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。它的一个特点就是将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.

目 录

第一章 前言	第一章 前言	1
第二章 第一篇 个体生态学	第二章 第一篇 个体生态学	1
第三章 第二篇 取样技术	第三章 第二篇 取样技术	1
第四章 第五章 理论取样数的确定	第四章 第五章 理论取样数的确定	1

总序	总序	1
第一章 温度对昆虫的作用	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	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	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	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	实验四 昆虫热动定向的测定	17
第二章 温度对昆虫的作用	第二章 温度对昆虫的作用	22
实验五 湿度对昆虫存活率和发育的影响	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	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	实验七 昆虫对湿度的选择	34
第三章 昆虫的飞翔	第三章 昆虫的飞翔	38
实验八 峨类迁飞与翅负荷的关系	实验八 峨类迁飞与翅负荷的关系	38
实验九 昆虫飞行界限的测定	实验九 昆虫飞行界限的测定	43
第四章 昆虫与食物	第四章 昆虫与食物	47
实验十 鳞翅目幼虫识别寄主的测定	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	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	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	实验十三 蜜蜂觅食定位行为的测定	59
第五章 理论取样数的确定	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 <i>t</i> 分布表	241
表 II-4 χ^2 分布表	242

表 II-5 随机数字表	243
表 II-6 Poisson 分布表	249
主要参考书目	271
671	中国古植物学史话
681	中国古植物志

系 惑 落 四 篇

181	类氏叶宝械声虫压害器
183	宝械封要重鸣音
185	宝械治封并送蕃智类趣
200	类氏郎蕃特虫晶

218	肺封味宝械的并柔柔戶中醫寒恣主
218	肺封味鼻研，宝械苗更滋
219	活靈潤固（一）
219	素靈機（二）
222	風毒神器外靈潤俱常
221	固身味藥安神養靈封伊常
222	肺封味寶械苗更滋
222	朱示森氣滋（一）
222	朱美滋氣滋（二）
223	素肺部氣滋同宮小
223	素肺部氣滋同宮大
228	肺封固加味寶械苗崩洪
228	寒導固常（II）
228	去索鉢鍊斷卦青星靈寒关脉
228	熟透面照杖用常銅衣良回关脉寒直
228	秀串袋（I-II）
228	秀串袋（X）

。亲关由以共宣研神育体虫苗各游舞类篇四策”。过灵已封长
神亨。卦大才解解解之。守童内解春卦春。同玄林个的虫苗解同
陷虫苗既而解而。讼鸡苗早卦变会半爻。细米深同空春半卦首爻。主解
也虫解最。有求小林又中干用解卦变半爻。基喊其，莲生连解。脊虫
解解奏量。亲少小林解解解正卦又农解正卦解解解解。同，同玄林个的
货中解四。三解正解。亲关解。山林解。试译麻里圭的虫苗侵

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 忍受律所指出的，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、上下界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的因子。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

习性与反应。第四章的实验将讨论昆虫对食物的这些适应关系。

同种昆虫的个体之间，存在着种内竞争，当种群增长失控、食物匮乏、适宜的生存空间紧张时，竞争会变得异常激烈，而影响到昆虫的生存。但在生殖、抗御某些恶劣环境因子中则又相互依存。异种昆虫的个体之间，同样存在这种相互排斥又相互依赖的种间关系，最终影响到昆虫体的生理和行为。这种种内、种间关系，将在第三、四篇中讨论。

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 发育周期测定实验记录

组别	温度 (℃)	小室	试验 开始 时间	观 察 结 果				发育历期(天)			
				日	时	日	时	日	时	平均值 \bar{N}	标准误 $S_{\bar{N}}$
一	25	小室A	1956年1月1日							12.2	0.5
二	25	小室B	1956年1月1日							12.2	0.5
三	25	小室C	1956年1月1日							12.2	0.5
四	25	小室D	1956年1月1日							12.2	0.5
五	25	小室E	1956年1月1日							12.2	0.5
六	25	小室F	1956年1月1日							12.2	0.5
七	25	小室G	1956年1月1日							12.2	0.5
八	25	小室H	1956年1月1日							12.2	0.5
九	25	小室I	1956年1月1日							12.2	0.5
十	25	小室J	1956年1月1日							12.2	0.5
十一	25	小室K	1956年1月1日							12.2	0.5
十二	25	小室L	1956年1月1日							12.2	0.5
十三	25	小室M	1956年1月1日							12.2	0.5
十四	25	小室N	1956年1月1日							12.2	0.5
十五	25	小室O	1956年1月1日							12.2	0.5
十六	25	小室P	1956年1月1日							12.2	0.5
十七	25	小室Q	1956年1月1日							12.2	0.5
十八	25	小室R	1956年1月1日							12.2	0.5
十九	25	小室S	1956年1月1日							12.2	0.5
二十	25	小室T	1956年1月1日							12.2	0.5
二十一	25	小室U	1956年1月1日							12.2	0.5
二十二	25	小室V	1956年1月1日							12.2	0.5
二十三	25	小室W	1956年1月1日							12.2	0.5
二十四	25	小室X	1956年1月1日							12.2	0.5
二十五	25	小室Y	1956年1月1日							12.2	0.5
二十六	25	小室Z	1956年1月1日							12.2	0.5
二十七	25	小室AA	1956年1月1日							12.2	0.5
二十八	25	小室BB	1956年1月1日							12.2	0.5
二十九	25	小室CC	1956年1月1日							12.2	0.5
三十	25	小室DD	1956年1月1日							12.2	0.5
三十一	25	小室EE	1956年1月1日							12.2	0.5
三十二	25	小室FF	1956年1月1日							12.2	0.5
三十三	25	小室GG	1956年1月1日							12.2	0.5
三十四	25	小室HH	1956年1月1日							12.2	0.5
三十五	25	小室II	1956年1月1日							12.2	0.5
三十六	25	小室JJ	1956年1月1日							12.2	0.5
三十七	25	小室KK	1956年1月1日							12.2	0.5
三十八	25	小室LL	1956年1月1日							12.2	0.5
三十九	25	小室MM	1956年1月1日							12.2	0.5
四十	25	小室NN	1956年1月1日							12.2	0.5
四十一	25	小室OO	1956年1月1日							12.2	0.5
四十二	25	小室PP	1956年1月1日							12.2	0.5
四十三	25	小室QQ	1956年1月1日							12.2	0.5
四十四	25	小室RR	1956年1月1日							12.2	0.5
四十五	25	小室SS	1956年1月1日							12.2	0.5
四十六	25	小室TT	1956年1月1日							12.2	0.5
四十七	25	小室UU	1956年1月1日							12.2	0.5
四十八	25	小室VV	1956年1月1日							12.2	0.5
四十九	25	小室WW	1956年1月1日							12.2	0.5
五十	25	小室XX	1956年1月1日							12.2	0.5
五十一	25	小室YY	1956年1月1日							12.2	0.5
五十二	25	小室ZZ	1956年1月1日							12.2	0.5
五十三	25	小室AA	1956年1月1日							12.2	0.5
五十四	25	小室BB	1956年1月1日							12.2	0.5
五十五	25	小室CC	1956年1月1日							12.2	0.5
五十六	25	小室DD	1956年1月1日							12.2	0.5
五十七	25	小室EE	1956年1月1日							12.2	0.5
五十八	25	小室FF	1956年1月1日							12.2	0.5
五十九	25	小室GG	1956年1月1日							12.2	0.5
六十	25	小室HH	1956年1月1日							12.2	0.5
六十一	25	小室II	1956年1月1日							12.2	0.5
六十二	25	小室JJ	1956年1月1日							12.2	0.5
六十三	25	小室KK	1956年1月1日							12.2	0.5
六十四	25	小室LL	1956年1月1日							12.2	0.5
六十五	25	小室MM	1956年1月1日							12.2	0.5
六十六	25	小室NN	1956年1月1日							12.2	0.5
六十七	25	小室OO	1956年1月1日							12.2	0.5
六十八	25	小室PP	1956年1月1日							12.2	0.5
六十九	25	小室QQ	1956年1月1日							12.2	0.5
七十	25	小室RR	1956年1月1日							12.2	0.5
七十一	25	小室SS	1956年1月1日							12.2	0.5
七十二	25	小室TT	1956年1月1日							12.2	0.5
七十三	25	小室UU	1956年1月1日							12.2	0.5
七十四	25	小室VV	1956年1月1日							12.2	0.5
七十五	25	小室WW	1956年1月1日							12.2	0.5
七十六	25	小室XX	1956年1月1日							12.2	0.5
七十七	25	小室YY	1956年1月1日							12.2	0.5
七十八	25	小室ZZ	1956年1月1日							12.2	0.5
七十九	25	小室AA	1956年1月1日							12.2	0.5
八十	25	小室BB	1956年1月1日							12.2	0.5
八十一	25	小室CC	1956年1月1日							12.2	0.5
八十二	25	小室DD	1956年1月1日							12.2	0.5
八十三	25	小室EE	1956年1月1日							12.2	0.5
八十四	25	小室FF	1956年1月1日							12.2	0.5
八十五	25	小室GG	1956年1月1日							12.2	0.5
八十六	25	小室HH	1956年1月1日							12.2	0.5
八十七	25	小室II	1956年1月1日							12.2	0.5
八十八	25	小室JJ	1956年1月1日							12.2	0.5
八十九	25	小室KK	1956年1月1日							12.2	0.5
九十	25	小室LL	1956年1月1日							12.2	0.5
九十一	25	小室MM	1956年1月1日							12.2	0.5
九十二	25	小室NN	1956年1月1日							12.2	0.5
九十三	25	小室OO	1956年1月1日							12.2	0.5
九十四	25	小室PP	1956年1月1日							12.2	0.5
九十五	25	小室QQ	1956年1月1日							12.2	0.5
九十六	25	小室RR	1956年1月1日							12.2	0.5
九十七	25	小室SS	1956年1月1日							12.2	0.5
九十八	25	小室TT	1956年1月1日							12.2	0.5
九十九	25	小室UU	1956年1月1日							12.2	0.5
一百	25	小室VV	1956年1月1日							12.2	0.5
一百零一	25	小室WW	1956年1月1日							12.2	0.5
一百零二	25	小室XX	1956年1月1日							12.2	0.5
一百零三	25	小室YY	1956年1月1日							12.2	0.5
一百零四	25	小室ZZ	1956年1月1日							12.2	0.5
一百零五	25	小室AA	1956年1月1日							12.2	0.5
一百零六	25	小室BB	1956年1月1日							12.2	0.5
一百零七	25	小室CC	1956年1月1日							12.2	0.5
一百零八	25	小室DD	1956年1月1日							12.2	0.5
一百零九	25	小室EE	1956年1月1日							12.2	0.5
一百一十	25	小室FF	1956年1月1日							12.2	0.5
一百一十一	25	小室GG	1956年1月1日							12.2	0.5
一百一十二	25	小室HH	1956年1月1日							12.2	0.5
一百一十三	25	小室II	1956年1月1日							12.2	0.5
一百一十四	25	小室JJ	1956年1月1日							12.2	0.5
一百一十五	25	小室KK	1956年1月1日							12.2	0.5
一百一十六	25	小室LL	1956年1月1日							12.2	0.5
一百一十七	25	小室MM	1956年1月1日							12.2	0.5
一百一十八	25	小室NN	1956年1月1日							12.2	0.5
一百一十九	25	小室OO	1956年1月1日							12.2	0.5
一百二十	25	小室PP	1956年1月1日							12.2	0.5
一百二十一	25	小室QQ	1956年1月1日							12.2	0.5
一百二十二	25	小室RR	1956年1月1日							12.2	0.5
一百二十三	25	小室SS	1956年1月1日							12.2	0.5
一百二十四	25	小室TT	1956年1月1日							12.2	0.5
一百二十五	25	小室UU	1956年1月1日							12.2	0.5
一百二十六	25	小室VV	1956年1月1日							12.2	0.5
一百二十七	25	小室WW	1956年1月1日							12.2	0.5
一百二十八	25	小室XX	1956年1月1日							12.2	0.5
一百二十九	25	小室YY	1956年1月1日							12.2	0.5
一百三十	25	小室ZZ	1956年1月1日							12.2	0.5
一百三十一	25	小室AA	1956年1月1日							12.2	0.5
一百三十二	25	小室BB	1956年1月1日							12.2	0.5
一百三十三	25	小室CC	1956年1月1日							12.2	0.5
一百三十四	25	小室DD	1956年1月1日							12.2	0.5
一百三十五	25	小室EE	1956年1月1日							12.2	0.5
一百三十六	25	小室FF	1956年1月1日							12.2	0.5
一百三十七	25	小室GG	1956年1月1日							12.2	0.5
一百三十八	25	小室HH	1956年1月1日							12.2	0.5
一百三十九	25	小室II	1956年1月1日							12.2	0.5
一百四十	25	小室JJ	1956年1月1日							12.2	0.5
一百四十一	25	小室KK	1956年1月1日							12.2	0.5
一百四十二	25	小室LL	1956年1月1日							12.2	0.5
一百四十三	25	小室MM	1956年1月1日							12.2	0.5
一百四十四	25	小室NN	1956年1月1日							12.2	0.5
一百四十五	25	小室OO	1956年1月1日							12.2	0.5
一百四十六	25	小室PP	1956年1月1日					</td			

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, 挑去已孵幼虫。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。

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{n} \quad (mm) 08 \times 01 \times 01 \text{ 用完小茶筒} \quad (3)$$

式中 N_i 为同试验组内蛹卵序数； 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 (℃)	发育历期 N_i (天)	发育速率 V_i	$V_i T_i$	V_i^2
乳虫(S)					
出草					
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 ：

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

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

(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>i</i>)	试验温度 T_i	发育速率 V_i	$T_i - \bar{T}$	$(T_i - \bar{T})^2$	$(V_i - \bar{V})^2$	$(T_i - \bar{T})(V_i - \bar{V})$
(<i>i</i>)						
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