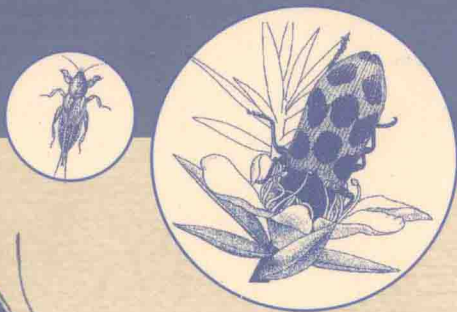




普通高等教育“十二五”规划教材

General Entomology and Experiments

普通昆虫学及实验



樊东 主编



化学工业出版社



普通昆虫学及实验

“十二五”普通高等教育本科规划教材

General Entomology and Experiments

普通昆虫学及实验



第三版

中国农业大学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

普通昆虫学及实验

General Entomology and Experiments

樊 东 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书共分七篇,包括前言、昆虫外部形态、昆虫内部解剖及生理、昆虫生物学、昆虫分类学、昆虫生态学以及昆虫学实验。又细分为 29 章,另附十二个实验。理论教学内容比较详细地论述了昆虫的多样性,昆虫与人类的关系,昆虫的形态结构及相应的生物学功能,昆虫的生长、发育、变态以及繁殖,昆虫分类原理、方法及从目到科的分类简介,并对昆虫生态学进行了简单介绍。实验内容则涵盖了昆虫形态特征、昆虫生理学、昆虫生物学以及重要昆虫类群的识别和鉴定。

本书适用于农林院校植物(森林)保护专业作为教学用书,也适于相关研究及技术人员作为参考书使用。

图书在版编目(CIP)数据

普通昆虫学及实验/樊东主编. —北京:化学工业出版社,2012.7

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-14299-3

I. 普… II. 樊… III. 昆虫学-实验-高等学校-教材 IV. Q96-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 098987 号

责任编辑:赵玉清

文字编辑:张春娥

责任校对:周梦华

装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 18¼ 字数 485 千字 2012 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究

《普通昆虫学及实验》编委会

主 编 樊东

副主编 陈 敏 韩岚岚 郑桂玲 林志伟

编 委 (按姓名汉语拼音排序)

陈敏 (北京林业大学)

戴长春 (东北农业大学)

樊东 (东北农业大学)

韩岚岚 (东北农业大学)

金永玲 (黑龙江八一农垦大学)

林志伟 (黑龙江八一农垦大学)

刘健 (东北农业大学)

裴海英 (东北农业大学)

宋金柱 (哈尔滨工业大学)

王晓云 (东北农业大学)

肖翠红 (黑龙江八一农垦大学)

郑桂玲 (青岛农业大学)

主 审 赵奎军 (东北农业大学)

前 言

普通昆虫学是植物保护专业的一门主干课程，是学习其他相关昆虫学课程的基础。作为该专业本科生的必修课，目的在于使学生系统掌握有关昆虫的基础知识，包括昆虫形态学、生物学、生理学、分类学、生态学，并学会认识和初步鉴别昆虫。该课程内容可作为认识昆虫及害虫防治的基础，也可培养学生对昆虫的兴趣以及了解昆虫在植物保护中的重要性。

普通昆虫学相关教材对于学生全面系统、准确掌握昆虫学的基本理论和实践技能至关重要，希望我们这本教材也能有这样的作用。

承蒙化学工业出版社的鼓励和支持，编写小组获得了编写《普通昆虫学及实验》教材的机会。在编写过程中，编写人员发挥各自专长，分工编写各章节，由主编和副主编统一定稿。本书的编写融汇了各校在普通昆虫学教学方面的精华，借鉴了多部国内外优秀教材内容。本着为农林院校植物（森林）保护专业使用的原则，本教材的编写过程注意做到内容系统、简明，理论阐述深入浅出，概念清晰明确。但鉴于编者水平和时间的限制，在编写过程中难免会出现各类问题，恳请各位读者多提宝贵意见，以便我们在今后的工作中改进。

本书编写过程中受到所在学校各级领导和老师的关怀和支持，化学工业出版社也给予了大力支持，在此一并表示感谢。

编者

2012年2月18日

目 录

第一篇 绪 论

第一章 昆虫的多样性	1	第二章 昆虫与人类的关系	6
第一节 昆虫纲的特征	1	第一节 有害昆虫	6
第二节 昆虫在动物界中的地位	2	第二节 有益昆虫	7
第三节 昆虫的多样性	3		

第二篇 昆虫的外部形态

第三章 昆虫体躯的一般结构	10	第五节 昆虫的口器	20
第一节 昆虫的体躯和体节	10	第五章 昆虫的胸部	28
第二节 昆虫体躯的分节方式	12	第一节 胸节的构造	28
第三节 昆虫的附肢	12	第二节 胸足	30
第四章 昆虫的头部	14	第三节 翅	32
第一节 昆虫头部的分节	14	第六章 昆虫的腹部	39
第二节 昆虫头壳的构造	14	第一节 腹部的基本构造	39
第三节 昆虫的头式	16	第二节 昆虫的外生殖器	40
第四节 昆虫头部的感觉器官	17	第三节 腹部的其他附属器官	42

第三篇 昆虫的内部解剖和生理

第七章 昆虫内部器官的位置	44	的作用	72
第一节 昆虫的体腔	44	第十二章 昆虫呼吸系统	73
第二节 昆虫内部系统的位置	44	第一节 气管系统的结构与生理	73
第八章 昆虫体壁生理	46	第二节 昆虫其他呼吸形式	77
第一节 昆虫体壁的构造	46	第三节 昆虫的呼吸代谢	79
第二节 昆虫的蜕皮	48	第四节 能量代谢的调控	82
第三节 昆虫体壁色彩与体壁衍生物	50	第十三章 昆虫的神经系统	83
第九章 昆虫的消化系统与营养		第一节 昆虫神经基本组成	83
吸收	53	第二节 昆虫神经系统的分类及功能	85
第一节 消化道的一般构造和机能	53	第三节 昆虫神经系统传导冲动的机制	87
第二节 唾腺	56	第四节 昆虫的感觉器官	90
第三节 消化作用与吸收	57	第十四章 昆虫的内分泌系统和生理	
第十章 昆虫循环系统及其防卫	61	作用	95
第一节 循环系统的基本构造	61	第一节 内分泌细胞和器官	95
第二节 血液的组成和生理功能	62	第二节 昆虫内激素	97
第三节 昆虫的血液循环	67	第三节 昆虫外激素	99
第十一章 昆虫的排泄系统	69	第十五章 昆虫的肌肉系统	102
第一节 马氏管	69	第一节 昆虫肌肉组织与类型	102
第二节 昆虫的其他排泄器官	71	第二节 肌肉与体壁的连接	103
第三节 激素在排泄和水分、盐分平衡调节中		第三节 肌肉的收缩机制	104

第十六章 昆虫的生殖系统	106	第二节 昆虫的交配和授精	109
第一节 生殖器官的结构	106		

第四篇 昆虫生物学

第十七章 昆虫的生殖方法	111	第二节 昆虫的生活史和多样性	134
第一节 昆虫的性别	111	第二十二章 昆虫的主要习性与行为	138
第二节 昆虫的生殖方式	112	第一节 昆虫活动的昼夜节律	138
第十八章 昆虫的胚前发育	115	第二节 昆虫的食性与取食行为	138
第一节 卵	115	第三节 趋性	139
第二节 精子	117	第四节 群集性	139
第三节 昆虫的授精、受精和产卵	118	第五节 扩散与迁飞	140
第十九章 昆虫的胚胎发育	120	第六节 昆虫的防卫	140
第二十章 昆虫的胚后发育	125	第七节 昆虫的通讯	144
第一节 昆虫的变态	125	第八节 昆虫的求偶和交配行为	146
第二节 胚后发育的过程	127	第九节 昆虫的社会行为	147
第二十一章 昆虫的生活史	134	第十节 昆虫的学习行为	149
第一节 昆虫的生命周期	134		

第五篇 昆虫的分类学

第二十三章 昆虫分类学的基本原理	150	第十二节 纺足目	161
第一节 昆虫分类学概述	150	第十三节 直翅目	162
第二节 昆虫的命名	151	第十四节 革翅目	164
第三节 分类检索表	152	第十五节 缺翅目	165
第四节 昆虫分类的特征	153	第十六节 啮虫目	165
第二十四章 昆虫的分类系统	154	第十七节 虱目	165
第二十五章 昆虫纲的分类	155	第十八节 缨翅目	166
第一节 石蛎目	155	第十九节 半翅目	167
第二节 衣鱼目	155	第二十节 脉翅目	181
第三节 蜉蝣目	156	第二十一节 广翅目	183
第四节 蜻蜓目	156	第二十二节 蛇蛉目	183
第五节 襀翅目	157	第二十三节 鞘翅目	184
第六节 等翅目	158	第二十四节 捻翅目	195
第七节 蜚蠊目	159	第二十五节 双翅目	196
第八节 螳螂目	159	第二十六节 长翅目	202
第九节 蚤蟻目	160	第二十七节 蚤目	203
第十节 螳螂目	160	第二十八节 毛翅目	203
第十一节 螳目	161	第二十九节 鳞翅目	204
		第三十节 膜翅目	218

第六篇 昆虫生态学

第二十六章 昆虫与环境	227	第二十七章 昆虫种群生态学	237
第一节 环境与生态因子	227	第一节 种群的基本特征与结构	237
第二节 气候因子	228	第二节 种群空间分布型	237
第三节 土壤因子	232	第三节 种群数量动态	238
第四节 生物因子	233	第四节 种群生态对策	239
第五节 昆虫地理分布	235	第五节 种群调节理论	240

第六节 竞争排斥原理与协同进化	241
第二十八章 昆虫群落生态学	242
第一节 群落特征和结构	242
第二节 群落演替	243

第三节 群落特性分析	243
第二十九章 生态系统	245
第一节 生态系统	245
第二节 农业生态系统	246

第七篇 昆虫实验

实验一 昆虫纲的基本特征和头部的基本构造	247
实验二 昆虫的胸部和腹部	250
实验三 昆虫的内部结构和生理系统	252
实验四 昆虫的生物学	255
实验五 昆虫纲的分目	257
实验六 直翅目昆虫的识别	259

实验七 半翅目昆虫的识别	261
实验八 鳞翅目成虫的识别	264
实验九 鳞翅目幼虫分类	268
实验十 鞘翅目昆虫的识别	271
实验十一 双翅目昆虫的识别	274
实验十二 膜翅目昆虫的识别	278

参考文献	282
-------------------	------------

第一篇 绪 论

第一章 昆虫的多样性

第一节 昆虫纲的特征

节肢动物 Arthropods 是动物界 Animalia 中的一个重要门 Phylum，是动物界中种类最繁多的一类动物，所有的昆虫组成节肢动物门下的一个纲——昆虫纲 Insecta，昆虫纲是动物种类多样性的重要组成部分。

一、节肢动物特征

节肢动物除具有动物界的共同特征外，还具有该门特有特征：整个体躯被有含几丁质和蛋白质构成的外骨骼；体躯分节；具有分节的附肢（如触角、足等）；身体左右对称；主要循环器官背血管位于身体的背面；由一系列神经节组成的腹神经索位于身体的腹面。

二、昆虫纲特征

昆虫纲昆虫除具有动物界节肢动物门的特征外，还具有以下特征（图 1-1），其中形态特征是指昆虫成虫的形态特征。

① 身体分为三个体段：头、胸、腹，每一体段均有特殊功能。

② 头上有口器、眼（单眼和复眼）、触角和其他感觉器官，其内着生脑，是感觉和取食的中心。

③ 胸部着生三对足，一般有两对翅，少数种类一对翅或无翅，是昆虫进行各种运动的中心。

④ 腹部含有许多内脏器官，是内脏和生殖的中心。

⑤ 一生要经历一系列变态。

绝大多数昆虫是陆生的，而且昆虫适应陆地生活的形式多样：昆虫体壁可以为昆虫提供身体支撑，又可以最大限度地减少体内水分散失；昆虫通过密布在体内的气管系统和位于体表的气门进行呼吸，气门很小，很多昆虫的气门还可以关闭，这些都可以减少体内水分蒸发；昆虫进化出适合陆生生活的感觉器官，包括眼和触角上的感觉器，以及能够探测到食物的物理和化学性状的口器；绝大多数昆虫到成虫期会发育完成发达的翅，翅对于昆虫求偶、繁殖、迁移扩散具有重要作用；昆虫具有特化的排泄器官——马氏管，这个器官可以最大限度地减少水分的排出；昆虫产的卵具有能够防止水分流失的卵壳。

部分昆虫适应水生生活，进化出适应水生生活的呼吸系统和行动器官，如气管鳃和游泳足等。

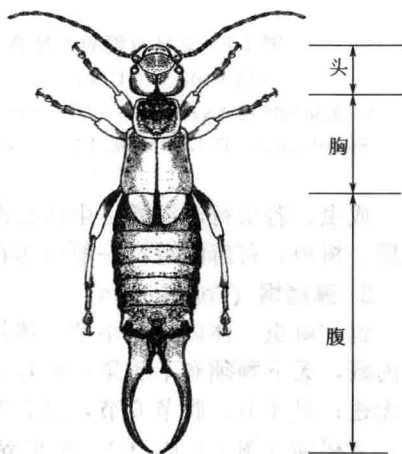


图 1-1 昆虫基本构造（该昆虫为革翅目昆虫）（仿 Capinera, 2001）

第二节 昆虫在动物界中的地位

昆虫是地球上陆生动物中生存最为成功的无脊椎动物。据估计，地球上昆虫数量是人数的 300 万倍。已经定名的昆虫目前已经达 100 万种之多，比其他所有动物的总和还要多很多。有些昆虫学家估算，至今还有几百万种甚至上千万种昆虫还不被人类所知。

昆虫纲早期的分类中又包括原尾目 Protura、双尾目 Diplura 和弹尾目 Collembola 3 类无翅昆虫，现在的分类中已将这 3 个目上升为 3 个纲，不再包含在昆虫纲中，而昆虫纲（原又称六足纲）与原尾纲、双尾纲和弹尾纲 3 个纲合称为六足总纲 Hexapoda。

昆虫与同在一个门的其他节肢动物也是近亲，现把其他主要节肢动物的各个纲介绍如下，以便与昆虫相区别。

1. 原尾纲 (Protura)

体微型，体长 2mm 以下；体色浅淡，极少深色；上颚和下颚内藏，有下颚须和下唇须；无触角；缺复眼和单眼；无翅；足 5 节，前足很长，向前伸出；腹节 12 节，第 1~3 节上各有一对附肢；生殖孔位于 11~12 节之间；无尾须（图 1-2 A）。全世界已知 650 种，我国目前已发现 200 种。

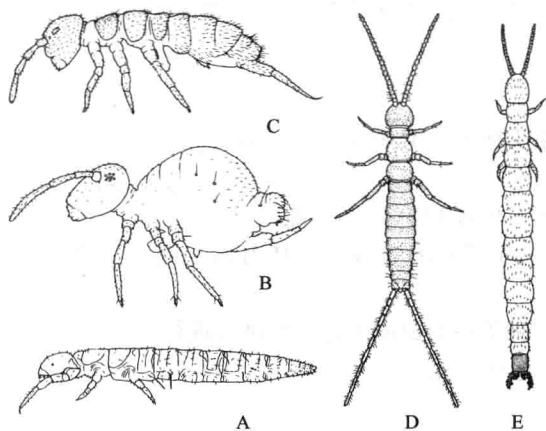


图 1-2 非昆虫纲的六足总纲动物

（仿 Gullan 和 Cranston, 2005）

A—原尾纲昆虫 *Acerentulus*；B,C—弹尾纲昆虫 *Isotoma* 和 *Sminthurinus*；D,E—双尾纲昆虫 *Campodea* 和 *Parajapyx*

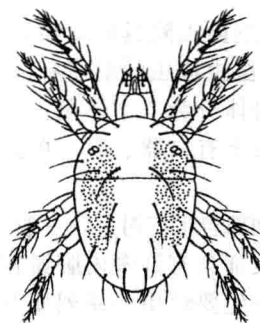


图 1-3 双斑叶螨 *Tetranychus urticae*

雌性成虫（仿 Capinera, 2001）

成虫、若虫行动缓慢，生活在潮湿的环境中，如土壤、泥炭、砖石下，树皮内或林地落叶层、树根、苔藓附近。一般分布在 30cm 以内的表土层。食腐木、腐败有机质、菌类等。

2. 弹尾纲 (Collembola)

也称跳虫，体微型至小型，体长一般 1~3mm，少数可达 12mm；体色多样；上颚和下颚内藏，无下颚须和下唇须；触角 4 节，少数 5~6 节；无复眼，或复眼极不发达；无单眼和无翅；足 4 节；腹节 6 节，具 3 对附肢，即第 1 节的腹管、第 3 节的握弹器以及第 4 节弹器；无尾须（图 1-2 B, C）。全世界已知 9000 种，我国有 300 种。

常生活在潮湿处，如落叶下、石下、青苔间、地面、水边或积水地面上、腐殖土中、蚁与白蚁巢穴中，雪地上也有发现。以腐殖质、菌类、地衣为主要食物，有些种类为害植物的

种子、根茎、嫩叶，被认为是农作物及园艺作物的害虫。

3. 双尾纲 (Diplura)

体型细长而扁平。外骨骼多不发达。多数白色、黄色或褐色。体长一般在 20mm 以内，有毛或刺毛，少数种类有鳞片。头大，前口式。无眼和翅。触角丝状，多节。口器咀嚼式，陷入头内，上颚和下颚包在头壳内。胸部侧板不发达；3 对足相似，跗节 1 节，有 2 爪（图 1-2 D, E）。已知种类达 200 种以上，我国已记载的有 28 种。

分布极广，多生活在砖石下、枯枝落叶下或土壤等潮湿荫蔽的环境中，极怕光，行动活泼。以活的或死的植物、腐殖质、菌类或捕食小动物等为食。

4. 蛛形纲 (Arachnida)

包括蜘蛛 spiders、螨 mites（图 1-3）、蜱 ticks，蝎子 scorpions。身体分为头胸部和腹部 2 部分（头与胸部愈合成头胸部 cephalothorax），头胸部上生有 4 对分节的足，无触角。

大部分蜘蛛和蝎子属于捕食性种类；螨和蜱吸食脊椎动物的血液、取食植物、捕食其他螨类；绝大多数陆生。

5. 甲壳纲 (Crustacea)

大部分甲壳纲动物有分节的附肢，用以行走和游泳，部分特化成有特殊作用的器官，如虾和蟹的前爪；不同类群身体节数不等；两对触角，一对眼。

多数种类生活在海水和淡水中，如虾和蟹；少数种类生活在陆地上，如鼠妇，也就是我们俗称的潮虫。大多数植食性，部分种类肉食性或腐食性。

6. 唇足纲 (Chilopoda)

头上具有眼、口器和一对触角；除头外，体躯扁平，多节，每一节具有一对足，第一对足特化为有毒的爪，用于捕捉猎物 and 防御外敌。

唇足纲动物通常是夜出性动物，捕食其他节肢动物，常见的蜈蚣、蚰蜒即为唇足纲动物。

7. 重足纲 (Diplopoda)

与唇足纲相似，体躯多节，但每一体节都具有 2 对足（图 1-4 A），受到惊扰时呈现卷曲状（图 1-4 B）。生活在朽木中、落叶和石头下面，取食腐烂的植物和真菌。常见的如马陆等。

由于唇足纲与重足纲比较相似，有时在分类时又把这 2 个纲合称为 1 个纲，叫多足纲 Myriapoda。

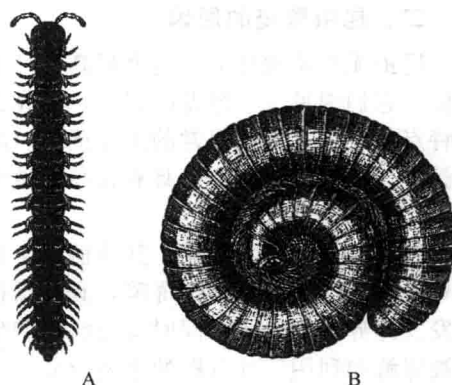


图 1-4 重足纲动物（仿 Capinera, 2001）

A—重足纲马陆 *Oxidus gracilis*;

B—马陆卷曲状

第三节 昆虫的多样性

一、昆虫发生特点

1. 种类繁多

自从林奈为动物和植物建立现代命名体系以来，已被命名的昆虫种类目前已经超过 100 万种，占全部动物种类的 2/3，但是昆虫与其他动物的比例关系还远没有最后确定。现在发现一种新的脊椎动物的可能性越来越小，因此在过去的 20 年间只有少数新种的脊椎动物被发现，但是对于昆虫来说则不然，至少有几百万种昆虫有待于被发现和研究，昆虫学家每年鉴定的昆虫新种就可以达到几百种，甚至更多，而且估计还有一半到三分之二的昆虫区系还

没有被发觉。

2. 数量众多

昆虫在地球上的优势还体现在昆虫的种或种群的密度。由于昆虫个体小、繁殖率高，昆虫种群经常会达到很高的种群密度。如澳大利亚白蚁的一个巢穴通常会有几百万个个体；一群飞蝗的数量有时可以达到 100 亿只，能够覆盖几千公顷的面积。在热带地区，一个蚂蚁的巢穴可以容纳 2 千万头蚂蚁。在温带的森林和草原上昆虫数量也很大：在一棵大型果树的根部就可能有 4 万只蝉在取食。如果把现有昆虫平均分配到地球上的 60 亿人，每人可以拥有 1×10^{18} 只昆虫。

3. 分布广泛

昆虫可以分布在地球上的每一块陆地和淡水中。它们可以生活在喜马拉雅山顶、阴森的洞穴甚至地下。有些种类可以生活在 50℃ 的温泉水中；另一些种类可以生活在几乎无水、白天温度达到 60℃ 的沙漠中。昆虫可以生活在河流、湖泊的水面上或水面下。一种蝇 *Helaeomyia petrolei* 可以在原油中完成发育过程，另一种蝇 *Ephydra cinera* 可以在高盐的湖水中繁衍。在地球上唯一昆虫比较少的地方就是海洋，那里被另外一类节肢动物，即甲壳纲动物所占据。

二、昆虫繁茂的原因

昆虫无疑是地球上丰盛度最高、种类最多的生物，4 亿年来一直在生态系统中占有重要地位。它们曾见证了恐龙的兴衰，并在人类极力根除它们的环境中兴盛不衰。昆虫具有的很多特点使之具有不同寻常的生存优势。昆虫之所以兴旺不衰主要是由于昆虫具有外骨骼、身体微小、具有飞行能力、具有较高繁殖潜能、能够变态、能够适应变化的环境等能力。

1. 昆虫具有外骨骼

昆虫与脊椎动物不同，其骨骼位于身体的外部，形成外骨骼。外骨骼可以作为内部器官和外界环境之间的保护性屏障，具有保护身体的作用，还可以防止机械损伤，防止体内水分蒸发及外界毒物侵入；同时也是肌肉着生的地方，表皮的内层还是营养的贮存库，必要时可以被降解和利用。外骨骼的主要成分由几丁质和多种蛋白质组成，具有弹性和可塑性。外骨骼上存在膜质部分和接缝，使得体壁可以在一定程度内自由活动。

2. 昆虫个体小

与其他动物相比，昆虫身体微小。多数种类体长在 2~20mm 之间，昆虫个体大小差异悬殊，如一种昆虫刚孵化出来的幼虫到成虫个体大小会增加上万倍；一种甲虫的个体只有 0.1mm，很多寄生蜂身体也特别微小，但热带雨林的一种大蚕蛾翅展可以达到 30cm，一些已经灭绝的昆虫的个体更大。由于昆虫个体小，昆虫只要取食很少的食物就可以完成它的存活与繁殖。昆虫往往在一株植物或一个动物体上就可以完成其整个世代或多个世代，对其存活和繁殖非常有利。潜叶蝇可以在一个植物叶片内取食叶肉而完成其整个幼虫阶段。一些种类的蚂蚁，它的一个种群都可以在一个橡子或虫瘿内生活。卵寄生蜂可以在其他昆虫卵内完成其整个发育过程。

昆虫个体小还有利于昆虫躲避天敌的攻击和取食。昆虫可以躲避在岩缝中、土壤、树皮下或其他动物体表或体内。小型身体、体形和颜色的完美组合使得很多昆虫种类能够融入到它们生存的环境，起到很好的保护作用。

3. 昆虫可以飞行

现存动物中只有鸟类、蝙蝠和昆虫可以飞行，而昆虫是无脊椎动物中唯一可以飞行的动物。飞行扩大了昆虫的活动范围，使得昆虫种群可以迁移到新的栖居地，利于取食和繁殖；同时飞行利于昆虫躲避天敌攻击。昆虫可以有效地利用能量进行长距离迁移或利用气流进行长时间迁移。很多昆虫，如蛾类、蜻蜓、蝗虫、甲虫等可以利用气流进行长距离迁移，如飞

蝗 *Schistocerca gregaria* 可以一次飞行 9 个小时而不停歇。在北美洲黑脉金斑蝶，通称帝王蝶 *Danaus plexippus* (图 1-5)，可以从出生地到越冬地飞行 2800km。

4. 昆虫具有巨大的繁殖潜能

生物生存成功的重要标志就是在繁殖上的成功。在昆虫种群中，雌性可以产大量的卵，而这些卵的大部分又能孵化，同时昆虫又能很快产生下一代。这几个特点综合在一起使得昆虫种群很容易达到大量的个体。典型热带地区的雌性昆虫生命周期中可以产 100~500 枚卵，但是也不乏一生产几千粒卵的例子。非洲白蚁的蚁后一生可以活 20~25 年，产生后代 1000 万只。昆虫学家估算，在理想状态下，一对丽蝇 *Calliphora erythrocephala* 产生后代为 144 只，一半雌性，一半雄性，一年可以繁殖 10 代，其种群数量可以达到 1×10^{17} 个个体。这种估算实际不可能发生，因为它忽略了所有对丽蝇的限制因子，如食物、天敌、天气等。但是这个数据也可以说明昆虫繁殖速度如此之快，也可以解释有些昆虫可以在很短时间内造成大暴发，给农业生产带来巨大损失的原因。

5. 昆虫具有很强的适应性

昆虫的一个种由很多不同的地理种群组成，同时昆虫所具有的繁殖潜能、相对短暂的生命周期都使得大多数昆虫具有很快适应了的环境的遗传资源。昆虫非凡的适应能力令人瞩目。昆虫作为一个群体，经历了 4 亿年气候和地理条件的变迁。

适应性是一个不断进行的过程。环境发生变化时，昆虫种群也要不断变化，以适应变化了的环境。最近几千年，随着人类在地球上的数量越来越大，形成了一种新的生态环境，昆虫则要不断地适应这种人类创造的新环境，取食一些“人造食品”。昆虫环境适应性最为典型的例子就是害虫种群都能适应很多化学和生物杀虫剂。第二次世界大战以后，美国试图通过利用 DDT 来彻底消灭家蝇 *Musca domestica*，几年以后家蝇种群数量明显减少，这场战争似乎胜利了。但是一部分家蝇由于产生了可以对 DDT 进行解毒的酶从而存活了下来。产生抗性的这些个体通过繁殖把这些抗性传递给了下一代。这样具有 DDT 抗性的家蝇重新恢复了种群数量。其他昆虫也与家蝇类似。目前已经有 500 多种昆虫对杀虫剂产生了明显抗性。

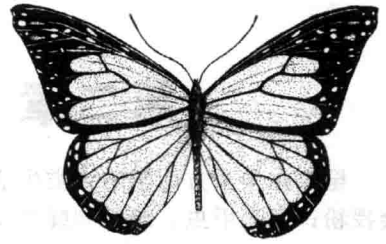


图 1-5 黑脉金斑蝶 *Danaus plexippus*
(仿 Swan 和 Papp, 1972)

第二章 昆虫与人类的关系

昆虫在多个方面影响人类生活。没有蜂类、甲虫、蝶类等传粉昆虫，很多开花植物就不会授粉；很多甲虫、蚂蚁和蝇类又是重要的分解者，可以分解死亡的动植物，为自然界的物质循环做出重要贡献。还有很多昆虫是重要的农林害虫和医学害虫，给农林生产和人类生活带来损害和干扰，甚至危害人类生命。

第一节 有害昆虫

一、有害昆虫分类

我们可以把有害昆虫分为两大类：一类是医学和卫生害虫，一类是农林害虫。

1. 医学和卫生害虫

这些昆虫通过不同方式攻击人类，如蚊类可以吸食人类血液，还能传播疟疾、登革热、嗜睡病，每年造成几百万人的死亡；蝇类、蟑螂、体虱、跳蚤等昆虫也可以传播疾病或刺吸人体血液给人类带来烦恼和为害，影响人类正常生活（图 2-1，图 2-2）。

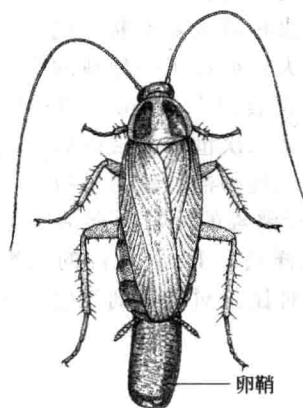


图 2-1 重要卫生害虫德国小蠊 *Blattella germanica*
雌虫及其携带的卵鞘（仿 Cornwell, 1968）

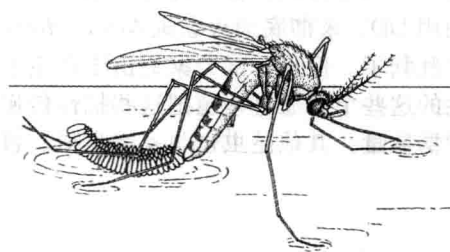


图 2-2 重要卫生害虫淡色库蚊 *Culex pipiens*
在产卵（仿 Clements, 1992）

2. 农林害虫

这些昆虫通过直接为害农作物和传播植物病毒影响农业生产和林业生产。每年由于昆虫为害造成的作物产量损失就达到作物总产量的 10%，严重为害时损失更大。昆虫为害作物的方式多样：可以直接取食植物根、茎、叶、花、果实、种子等；可以在植物表面取食，也可以钻蛀到植物内部取食（图 2-3）。热带地区昆虫由于种类多，生长速度快，繁殖代数多，所以其为害比温带地区更严重。据肯尼亚官方统计，其作物总量的 75% 被害虫毁坏。特别是一些爆发性昆虫，如蝗虫可以造成植物的绝产。在中国南方害虫的为害也比北方严重。

二、害虫问题不容易解决

至今为止，杀虫剂并不能完全解决害虫问题，这是由于一方面杀虫剂的大量使用，当它们杀死害虫的同时给人类也带来了巨大的威胁，另一方面杀虫剂的使用也为昆虫的进化创造

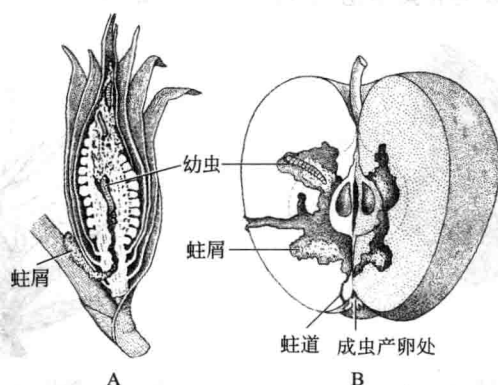


图 2-3 昆虫的钻蛀性为害 (仿 Frost, 1959)

A—欧洲玉米螟 *Ostrinia nubilalis*; B—苹果蠹蛾 *Cydia pomonella* 的为害

了条件,大量抗性昆虫的产生证明了这一点。对人类没有任何影响却能消除害虫为害的杀虫剂几乎不存在。现在昆虫学家能做的比较现实的工作就是对于害虫的暴发采用化学和生物结合的方法进行防治,以减少化学农药的用量。生物防治则可以通过大量饲养、释放不育性的雄性昆虫,使用昆虫病原微生物,培育抗虫植物,引进害虫的捕食性和寄生性天敌昆虫等方式来完成。尽管人们为了控制害虫为害做了许多工作,但到目前为止还没有一种人类想要消灭的昆虫被消灭掉。

第二节 有益昆虫

有益昆虫对人类的影响是多方面的,有些影响是直接的,有些影响是间接的。最明显的有益昆虫种类就是那些能为人类生产出有价值产品的昆虫,而实际上更有价值的则是那些能够传播植物花粉的昆虫。其他有益昆虫还可以作为食物、害虫的生防因子、药用以及科学研究的材料。

1. 其产品具有重要商业价值的昆虫

我们熟知的蜜蜂 *Apis mellifera*、家蚕 *Bombyx mori*、紫胶虫 *Laccifer lacca* 都属于这类昆虫。蜜蜂产品——蜂蜜和蜂蜡已经被人类利用了几千年。尽管后来人类又发现了甘蔗和甜菜,导致人类对蜂蜜的依赖性下降,但它始终仍旧是人类最有价值的产品之一。我国是世界最大的蜂蜜生产国,生产的蜂蜜占世界蜂蜜产量的 20%。其他蜂产品还有蜂胶、蜂毒等。

家蚕的幼虫可以吐丝作茧,蚕丝是丝绸原料的主要来源,在人类经济生活及文化历史上有着重要地位,目前我国仍然是世界最重要的丝绸生产地之一。

紫胶、白蜡、五倍子都是半翅目昆虫的产品。紫胶是紫胶虫 *Laccifer lacca* Kerr 雌虫的分泌物,白蜡是白蜡虫 *Ericerus pela* (Chavannes) 雄虫的分泌物经过加工的产品,五倍子主要是五倍子蚜 *Schlechtendalia chinensis* (Bell) 在漆树属植物叶子上产生的虫瘿。紫胶虫、白蜡虫、五倍子蚜是重要的工业原料生产者,还是重要的药用昆虫,紫胶、白蜡、五倍子可以药用。

2. 昆虫作为传粉者

昆虫与植物关系密切,植物可以产生供昆虫取食的花粉和花蜜,而昆虫通过采集花粉和花蜜使植物授粉,如果没有昆虫作为媒介,很多植物将不能正常繁殖甚至灭绝。最著名的传粉昆虫就是蜜蜂,在世界各地人们利用蜜蜂为农作物、果树和蔬菜传粉。许多温室和大棚内的蔬菜通过人为释放传粉昆虫大大提高了产量,目前国内外已有许多公司生产供温室和大棚

生产栽培植物传播花粉的蜂类和其他昆虫（图 2-4，图 2-5）。



图 2-4 蝶类传粉（仿 Gullan 和 Cranston，2010）



图 2-5 鞘翅目吉丁甲取食花粉并传粉（仿 Gullan 和 Cranston，2010）

传粉昆虫多属于鞘翅目、双翅目、膜翅目，此外还见于鳞翅目、直翅目、半翅目、缨翅目等。

3. 昆虫作为生防因子

近年来，有益昆虫在控制害虫和有害植物方面的作用越来越引起人们的重视。特别是在某些情况下，由于人类的活动把某些有害昆虫带到一个新的地区，该地区由于缺乏害虫的天敌而其他条件又适合害虫的发生，结果造成害虫的暴发，此时筛选和引进该害虫的天敌是必要和有效的。最为经典的昆虫作为生防因子来控制害虫的例子是利用澳洲瓢虫防治吹绵蚧。



图 2-6 寄生蜂作为生防因子（仿 Jervis，2000）

吹绵蚧 *Icerya purchasi* 于 1860 年左右由澳大利亚传到美国的加利福尼亚州，之后的 20 年间，吹绵蚧给南加州的柑橘产业造成了毁灭性的为害。美国昆虫学家通过在吹绵蚧原产地筛选天敌种类把澳洲瓢虫 *Rodolia cardinalis* 引入到加利福尼亚。到 1890 年，吹绵蚧被澳洲瓢虫彻底控制。以此为借鉴，澳洲瓢虫被引入到其他 60 多个国家用于防治吹绵蚧。

目前害虫的生物防治已经成为害虫综合治理中的重要方法，在害虫的防治中起到重要作用，其基本原理就是利用害虫的天敌昆虫，包括寄生性天敌昆虫和捕食性天敌昆虫来控制害虫的为害。目前，已有多种害虫的寄生性和捕食性天敌昆虫通过饲养而扩大其种群数量以用于防治害虫（图 2-6）。

4. 昆虫作为人类的食物和动物的饲料

昆虫作为植食性、肉食性或腐食性动物在生态系统的能量流动中具有重要作用。在世界上的许多国家和地区，昆虫（包括直翅目的蝗虫、鞘翅目的幼虫和成虫、鳞翅目幼虫、膜翅目的蜂类和蚂蚁、等翅目的白蚁、半翅目的蝉等）都是人类喜欢食用和摄取动物蛋白的重要来源。在非洲的许多国家，人们通过取食白蚁来获得动物蛋白。在亚洲的许多国家，田鳖 *Lethocerus indicus* 和蚕 *Bombyx mori* 蛹都是人们喜欢的昆虫，在美国的许多超市中也可以见到从韩国和泰国运过去的蚕蛹。

开发家蝇 *Musca domestica* 幼虫蛋白作为食用及滋补保健品在国内外均有记载。近年来，许多学者大力尝试开发蝇蛆在食用及保健方面的应用技术，如蝇蛆锅巴、蝇蛆活性粉、蝇蛆蛋白提取液、蝇蛆食品添加剂、蝇蛆保健酒等，其前景十分广阔。

很多昆虫还可以作为动物的饲料。如家蝇幼虫、黄粉虫 *Tenebrio molitor* 都可以用来作