

全国高等农业院校试用教材

昆虫学通论

上册

北京农业大学主编

植物保护专业用

农业出版社

主 编 管致和 (北京农业大学)
副主编 尤子平 (南京农学院) 周 尧 (西北农学院)
编著者 庞雄飞 (华南农学院) 钟觉民 (江苏农学院)
常玉珍 (北京农业大学)
审稿者 蒋书楠 (西南农学院) 姚 康 (华中农学院)
黄大文 (新疆农学院) 陈常铭 (湖南农学院)
张维球 (华南农学院) 张履鸿 (东北农学院)
路进生 (西北农学院) 李周直 (南京林产工业学院)

全国高等农业院校试用教材
昆 虫 学 通 论 (下册)

北京农业大学主编

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 23 印张 489 千字
1981 年 4 月第 1 版 1981 年 4 月北京第 1 次印刷
印数 1—13,000 册

统一书号 16144·2126 定价 2.35 元

全国高等农业院校试用教材

昆虫学通论

(下 册)

北京农业大学主编

(植物保护专业用)

农 业 出 版 社



A 90.220

前 言

一九七七年十一月在河北省涿县召开的全国农业院校植保专业教材会上，责成我们编写这本《昆虫学通论》作为全国试用教材。会上并规定了本课程的基本内容。

按植保专业（四年制）教学计划，本课程为 140 学时。各校还可根据自己的条件开出有关的独立的课程。会议决定，当所开的有关课程与《昆虫学通论》中的相应部分有重复时，《昆虫学通论》中的相应部分可以根据需要少讲或不讲。例如，开设《昆虫生态学》课程的学校，《昆虫学通论》中的生态学部分可以少讲或不讲。所以实际上本课程的内容是超过作为“通论”的需要的。因此，从这个意义上来说，本教材只是供各校教学参考的。

根据全国教育工作会议精神，编写教材应反映该学科国内外最新的进展情况。近十余年来，有关昆虫学各学科的发展是不平衡的，因此本教材中各个部分内容的多少和深浅也不平衡。当然这同执笔人对该学科的认识有直接关系。同时，涉及到一些学说的问题，执笔人可有自己的看法，这有利于百家争鸣。所以，从这个意义来说，本教材也只能是供各校教学参考，任课教师有权增删或修改。

我们接受编写任务十分仓促，谬误或不足之处必然不少。希望同志们通过教学实践提出修改意见，作为再版时审改的参考。

《昆虫学通论》编写组

一九七八年十月

目 录

绪论.....	1
昆虫纲的特征及其与其它节肢动物的关系	1
昆虫与人类的关系	4
昆虫学的内容和任务	8
我国在昆虫学方面的成就	10

第一篇 昆虫的外部形态

第一章 昆虫身体的一般构造	13
体躯	13
体躯的分节方式	15
分节的附肢	16
第二章 昆虫的体壁及其衍生物.....	17
体壁的构造	17
体壁的衍生物	21
昆虫的体色	24
第三章 昆虫的头部及颈部	26
头部的分节	26
头壳的构造	28
头部的内骨骼	31
头式及其适应	31
头部的变化	32
头部的感觉器官	33
口器	38
口器构造类型、为害特性及其与害虫防治的关系	49
昆虫的颈部	50
第四章 昆虫的胸部	50
胸部的分节和基本构造	51
胸部的内骨骼	58
胸足的构造和类型	59
翅	64
第五章 昆虫的腹部	76
腹部的构造	77

腹部的附肢	79
-------------	----

第二篇 昆虫的生物学

第一章 昆虫的生殖方法	90
两性生殖和孤雌生殖	90
多胚生殖	91
胎生和幼体生殖	92
第二章 昆虫的卵和胚胎发育	94
卵的类型和产卵方式	94
卵的构造	96
胚胎发育	98
第三章 昆虫的胚后发育	107
孵化	107
生长和脱皮	108
变态及其类型	109
幼虫期	114
蛹期	118
成虫的形成	121
第四章 成虫的生物学及昆虫的生活史	124
成虫的生物学	124
昆虫的世代和生活年史	129
第五章 昆虫的习性	137
活动的昼夜节律	137
食性	138
趋性	139
群集性	139
拟态和保护色	140

第三篇 昆虫的分类

分类概说	143
分类的意义	143
分类的阶元	144
种的概念	145
种以下的分类问题	145
种以上的分类问题	146
命名法与命名规则	146
检索表与系统树	147
分类学的发展与新动向	150
昆虫的分目	152

第 I 目原尾目	157
第 II 目弹尾目	158
第 III 目双尾目	159
第 IV 目缨尾目	159
第 V 目蛭蟪目	160
第 VI 目蜚蠊目	161
第 VII 目等翅目	162
第 VIII 目蝻目	162
第 IX 目螳螂目	164
第 X 目直翅目	165
第 XI 目革翅目	174
第 XII 目蛛目	175
第 XIII 目缺翅目	176
第 XIV 目蛭虫目	177
第 XV 目食毛目	178
第 XVI 目虱目	179
第 XVII 目襁翅目	179
第 XVIII 目蜉蝣目	180
第 XIX 目蜻蜓目	181
第 XX 目缨翅目	182
第 XXI 目半翅目	185
第 XXII 目同翅目	194
第 XXIII 目广翅目	218
第 XXIV 目蛇蛉目	219
第 XXV 目脉翅目	220
第 XXVI 目长翅目	224
第 XXVII 目毛翅目	224
第 XXVIII 目鳞翅目	226
第 XXIX 目鞘翅目	277
第 XXX 目拈翅目	306
第 XXXI 目膜翅目	307
第 XXXII 目双翅目	325
第 XXXIII 目蚤目	345
附: 蜉蝣目	346
附录 昆虫分类检索表	357
昆虫分目检索表	357
昆虫分目简明检索表	359
昆虫幼体分类检索表	361
无翅亚纲及外生翅群若虫分目检索表	362
内生翅群幼虫分目检索表	363
内生翅群昆虫蛹的分目检索表	365

原尾目分科检索表	366
弹尾目分科检索表	366
双尾目分科检索表	367
缨尾目分科检索表	367
蛭蟥目分科	367
蛭蟥目分科检索表	368
等翅目分科检索表	368
蟪蛄目分科检索表	369
螳螂目分科	369
直翅目分科检索表	369
蜚蠊目分科检索表	370
革翅目分科检索表	370
鞘翅目分科检索表	370
食毛目分科检索表	371
虱目分科检索表	372
襁翅目分科检索表	372
蜉蝣目分科检索表	373
蜻蜓目分科检索表	374
缨翅目分科检索表	375
半翅目分科检索表	376
同翅目分科检索表	380
蛇蛉目分科检索表	383
广翅目分科检索表	383
脉翅目分科检索表	383
脉翅目幼虫常见科检索表	385
长翅目分科检索表	385
毛翅目分科检索表	386
鳞翅目分亚目检索表	387
轭翅亚目分科检索表	387
纒翅亚目分科检索表	387
锤角亚目分科检索表	391
鳞翅目幼虫常见科检索表	392
鳞翅目蛹常见科检索表	394
鞘翅目重要科检索表	396
鞘翅目幼虫常见科检索表	401
拈翅目分科检索表	403
膜翅目分科检索表	404
植食性膜翅目幼虫分科检索表	409
双翅目分科检索表	410
双翅目幼虫常见科检索表	417
蚤目分科检索表	422
蜉蝣目分科检索表	423

目 录

第四篇 昆虫的内部解剖和生理

第一章 昆虫体壁的生理和脱皮机制	427
皮细胞层的生理和表皮层的形成	428
蜕皮液的作用和脱皮步骤	438
底膜的形成和作用	439
昆虫体壁的蒸腾作用和通透性	439
昆虫的外胚层及体壁皮细胞层的特化结构的比较	440
第二章 昆虫内部器官和生理系统的位置	441
血窦和隔膜	442
内部器官和生理系统的位置	443
第三章 昆虫的消化系统和生理	444
消化道的一般构造和机能	445
各类昆虫消化道的变异	456
消化道的消化作用和细胞水平上的吸收机制	459
昆虫的肠外消化	463
昆虫的营养和营养物质的作用	464
昆虫体内的共生生物与消化和营养的关系	472
昆虫营养与生长发育和繁殖的关系	474
第四章 昆虫的循环系统和生理	476
背血管的构造和组织	477
心脏的搏动和血液循环	480
昆虫的血液和功能	487
血腔内的非血细胞	497
第五章 昆虫的排泄器官和排泄机制	500
体壁的排泄作用	501
消化道壁的排泄作用	501
马氏管的组织学和排泄机制	502
马氏管在昆虫脱皮和变态过程中的变化	510
昆虫的其它排泄器官	511
第六章 昆虫的呼吸系统和生理	513
昆虫的呼吸作用	514
气管系统的起源和结构	518
气管系统的分布和排列	522

气门的结构和变异	523
气管系统的呼吸机制和控制	527
昆虫呼吸代谢的特点	533
昆虫生长发育期的呼吸代谢率	543
昆虫的体温和体温调节	545
杀虫剂对昆虫呼吸代谢的影响	546
第七章 昆虫的肌肉系统和生理	547
昆虫肌肉的起源和类型	547
昆虫肌肉与外骨骼的联接方式	549
昆虫肌肉的组织学、超微结构及收缩机制	550
昆虫肌肉的生理和收缩时的生化反应	557
昆虫肌肉的力量	561
第八章 昆虫的神经系统和生理	562
昆虫神经系统的起源和概貌	563
昆虫神经系统的基本结构	564
昆虫中枢神经系统的结构和机能	571
昆虫交感神经系统的结构和机能	582
昆虫的外周神经系统及其机能	584
昆虫神经系统传导神经冲动的机制	586
化学药剂对昆虫神经系统的作用	592
第九章 昆虫的内分泌系统和生理作用	592
昆虫内分泌器官的组织学和机能	595
昆虫内激素对生长、发育及变态的控制机制	604
昆虫外激素(信息激素)的化学和作用	606
昆虫激素及其类似物在害虫测报和防治工作中的应用问题	610
第十章 昆虫的感觉器官和行为	612
昆虫感觉器感受刺激的机制	613
昆虫的感触器	614
昆虫的听觉器	616
昆虫的视觉器	620
昆虫的感化器	631
昆虫的温湿度感觉器	636
昆虫的行为	636
第十一章 昆虫的生殖系统和生理	645
雌性生殖器官	646
雄性生殖器官	655
昆虫的交配和受精	660
昆虫的产卵	666
昆虫生殖的控制机制	668
昆虫卵巢的生理活动及环境因素与成虫滞育的关系	675

第五篇 昆虫生态学

第一章 环境因素分析	680
气候条件	680
生物因素	711
土壤环境	731
第二章 昆虫的地理分布和害虫的为害地带	734
世界陆地动物地理区划	734
我国昆虫的地理区系	739
影响昆虫地理分布及害虫为害地带形成的环境条件	740
害虫的为害地带	741
第三章 生态体系和农业生态体系	744
生态体系	744
农业生态体系	751
第四章 害虫种群数量的控制	755
害虫防治	756
协调防治	757
害虫种群数量控制	759
第五章 害虫种群数量发展趋势的估计	768
种群基数	768
种群的生殖力和繁殖率	769
存活率	770
害虫死亡的系统调查——生命表	771
害虫种群数量发展趋势估计示例	773
系统调查分析	780

绪 论

昆虫纲的特征及其与其它节肢动物的关系

所有的昆虫组成节肢动物门 (Arthropoda) 下的一个纲——昆虫纲 (Insecta 或 Hexapoda)。所以，昆虫具有节肢动物所共有的特征，而又具有不同于节肢动物门下其它纲的特征。

节肢动物门的特征是：体躯分节，即由一系列的体节所组成；整个体躯被有含几丁质的外骨骼；有些体节上具有成对的分节附肢，“节肢动物”的名称即由此而来；体腔就是血腔；心脏在消化道的背面；中枢神经系统，包括一个位于头内消化道背面的脑，以及一条位于消化道腹面的、由一系列成对神经节组成的腹神经索 (图 1)。

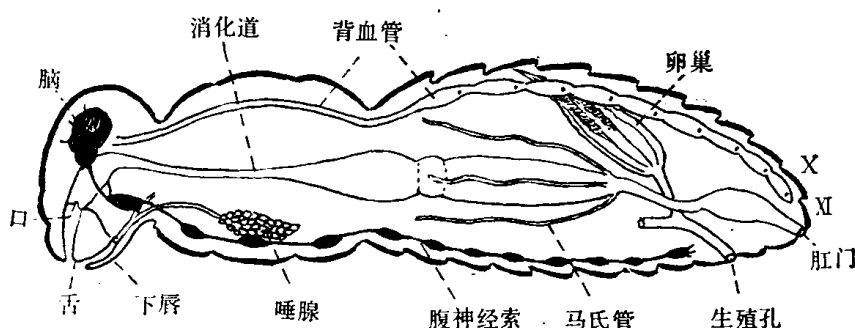


图 1 昆虫的纵切面图解。示体躯的分段和内部器官的相互位置
(右边的唾腺和边面的卵巢已取去)

(仿管致和等)

昆虫纲的特征是(参阅图 2)：

1. 体躯的环节分别集合组成头、胸、腹三个体段；
2. 头部为感觉和取食的中心，具有 3 对口器附肢和一对触角，通常还有复眼及单眼；
3. 胸部是运动的中心，具有 3 对足，一般还有 2 对翅；
4. 腹部是生殖中心，其中包含着生殖系统和大部分内脏，无行动用的附肢，但多数有转化成外生殖器的附肢；

5. 从卵中孵出来的昆虫，在生长发育过程中，通常要经过一系列显著的内部及外部体态上的变化，才能转变为性成熟的成虫。这种体态上的改变称为变态。

在节肢动物门中，还有六个比较重要的纲，现作概略介绍，以示与昆虫纲的异同：

有爪纲 (Onychophora) 陆生, 用气管呼吸。头上有一对触角。但体躯分节不明显, 而且附肢 (足) 不分节。此纲虽属节肢动物门, 但节肢动物门的特征在本纲内不甚显著。在演化上, 有爪纲可以被认为是节肢动物门和环节动物门的中间纲。

蛛形纲 (Arachnoidea) 体躯分成头胸部和腹部两个体段。头部不明显, 亦无触角。有 4 对行动足。陆生, 以肺页或气管呼吸。常见的如蜘蛛、蝎子、蜱、螨等 (图 3)。

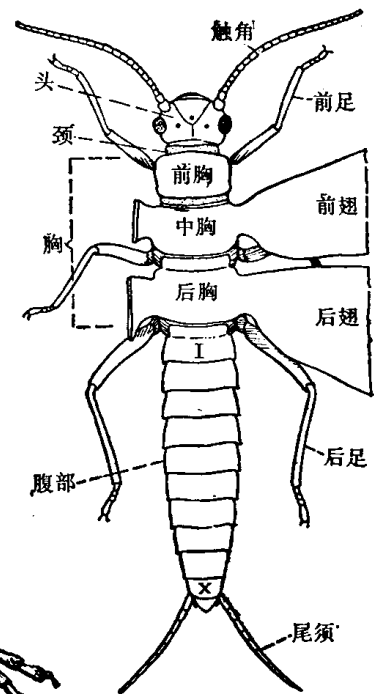


图 2 昆虫体躯的基本构造图解
(仿 Snodgrass)

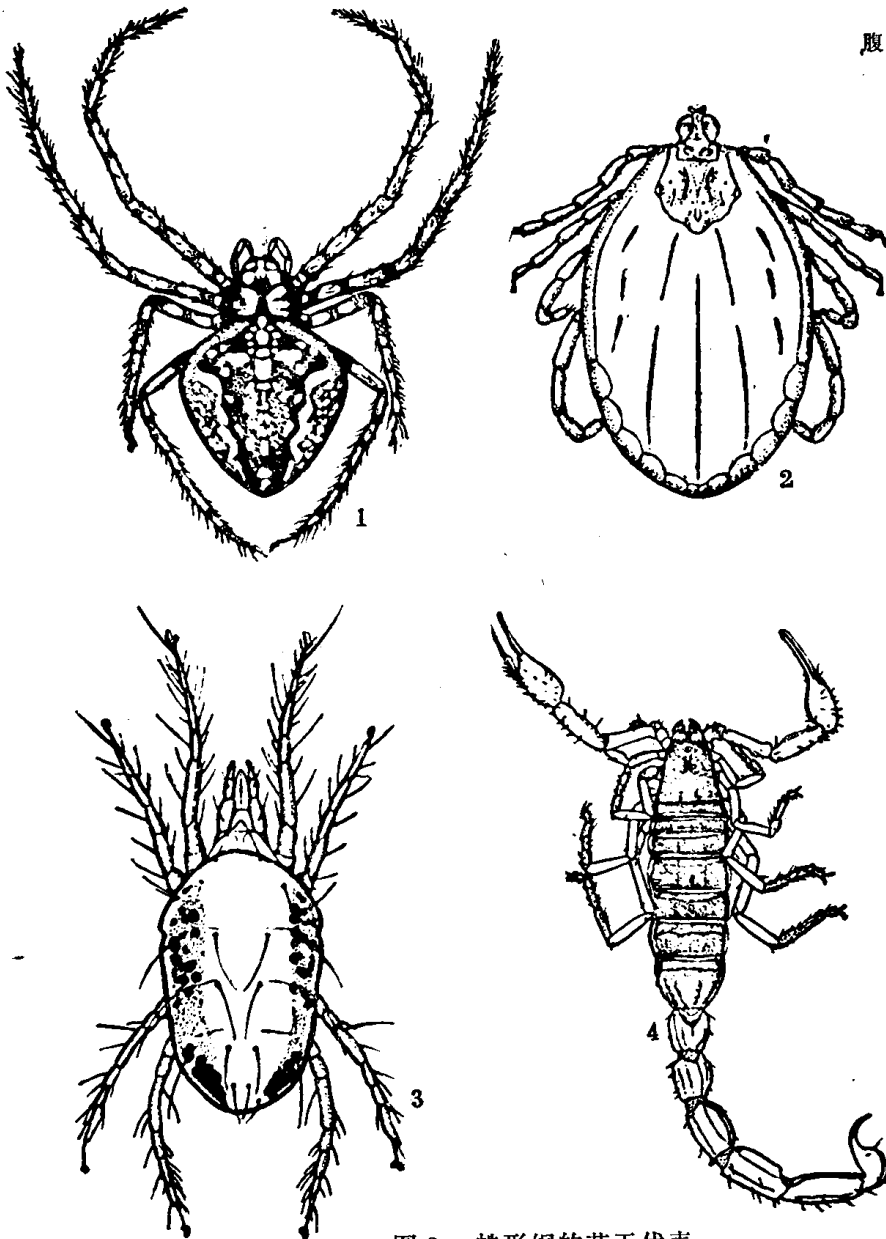


图 3 蛛形纲的若干代表

1. 蜘蛛 *Aranea diadema* 2. 蜱 *Dermacentor* (♀) 3. 棉红蜘蛛 *Tetranychus urticae*
4. 蝎子 *Buthus* (取自管致和等仿各作者)

蛛形纲没有明显的头部，也没有触角，这是同所有别的纲都不同的。所以蛛形纲被认为是节肢动物演化中的单独的一个分支。

甲壳纲 (Crustacea) 水生，以鳃呼吸。体躯分成头胸部和腹部两个体段。有 2 对触角。至少有 5 对行动足，附肢大多为二支式。常见的如虾、蟹、藤壶、鼠妇、水蚤等 (图 4)。

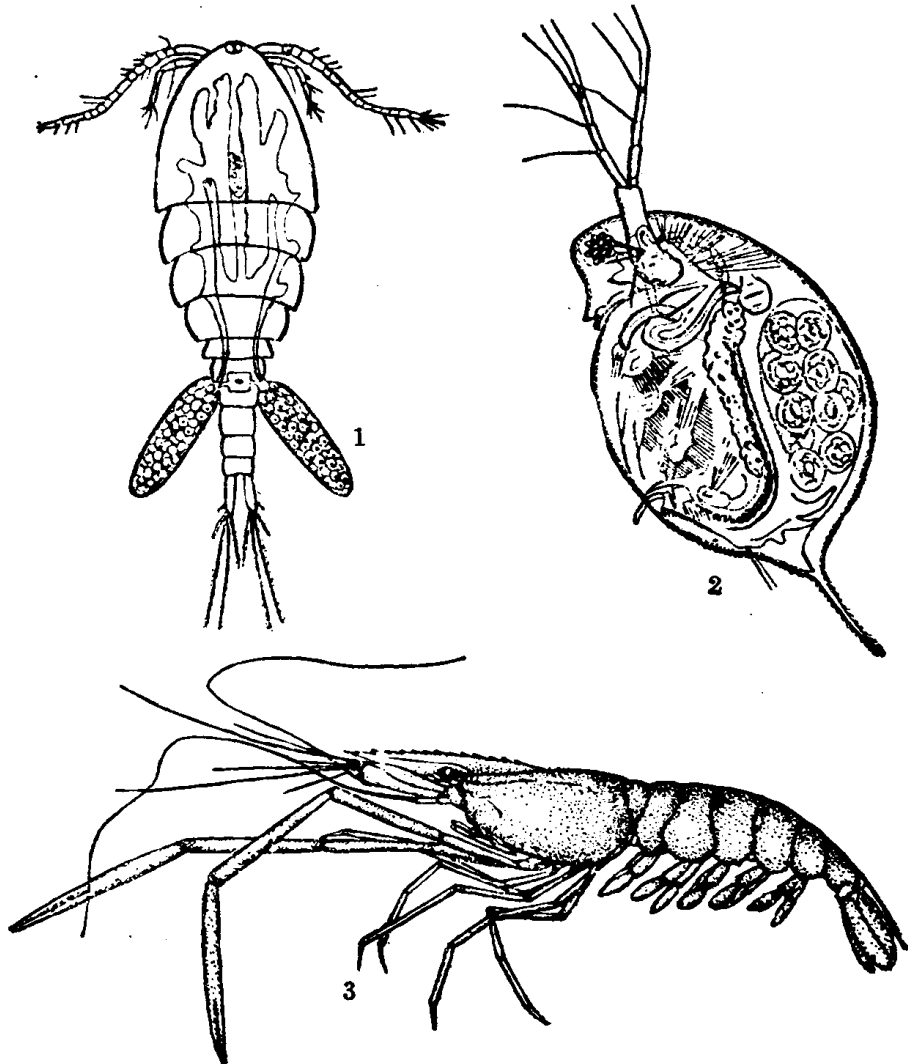


图 4 甲壳纲的若干代表

1. 剑水蚤 *Cyclops* 2. 水蚤 *Daphnia* 3. 虾 *Palaemon sinensis* (取自管致和等仿各作者)

唇足纲 (Chilopoda) 陆生，以气管呼吸。体躯分头部和胴部两个体段。有一对触角。每一体节有一对行动足，第一对足特化成颚状的毒爪。生殖孔位于体躯末后第 2 节上。常见的蜈蚣、钱串子均属此纲 (图 5)。

重足纲 (Diplopoda) 一般同唇足纲，故也有将此纲与唇足纲合称为多足纲 (Myriapoda) 的。但它的体节，除前方 3—4 节及末后 1—2 节外，其他各由 2 节合并而成，所以各节有 2 对行动足。马陆为本纲常见代表 (图 6)。

结合纲 (Symphyla) 很象唇足纲，但第一对足不特化成颚状的毒爪。生殖孔位于体

躯的第四节上。此外，每一体节上通常还有一对刺突和一对能翻缩的泡。这同昆虫纲的双尾目(Diplura)极为相似(图7)。

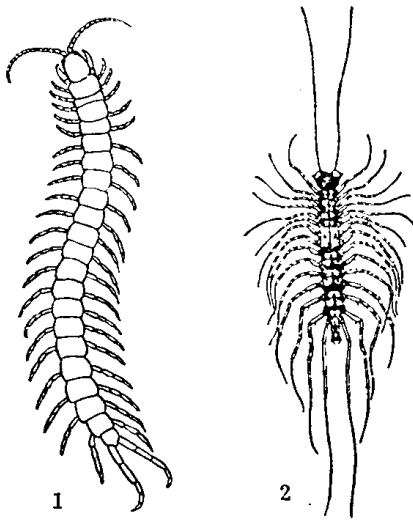


图5 唇足纲代表

1. 蜈蚣 *Scolopendra* 2. 钱串子 *Scutigera*
(1. 仿 Eidmann 2. 仿管致和等)

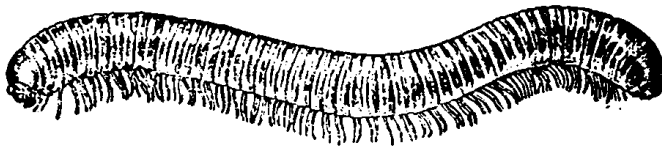


图6 马陆 *Spilobolus marginatus*

(仿 Comstock)

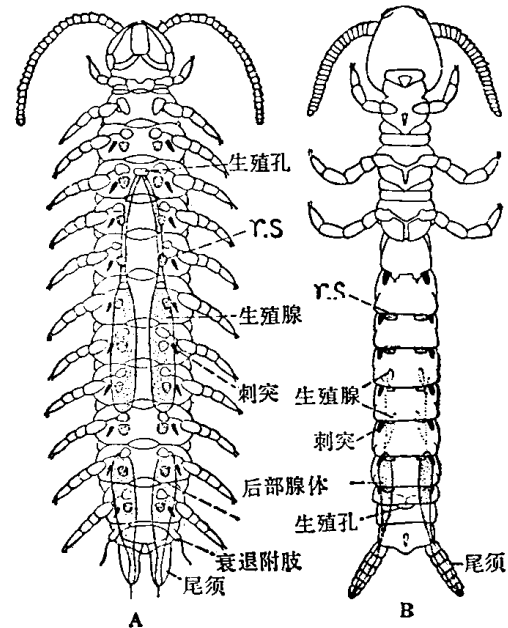


图7 结合纲(A)和双尾目(B)构造特征比较

(仿 Imms)

由此可见，唇足纲、重足纲和结合纲可以看成为均由甲壳纲演化而来，而后再通过结合纲演化到昆虫纲。昆虫纲保留了结合纲的前三对足和最后一对附肢(成为昆虫中的尾须)，而所有其它的附肢都已萎缩。

进行上述比较的目的，为的是从比较中突出昆虫纲的特征，为以后学习体躯构造和探索它们的同源关系打基础。

昆虫与人类的关系

昆虫纲不但是节肢动物门中最大的一纲，也是动物界中最大的一纲。全世界已知动物已超过150万种，其中昆虫就有100万种以上(即占2/3)。而植物(连细菌在内)的已知种类为33.5万种左右，只有昆虫种类的1/3。要知道昆虫的确切种类数是很困难的，因为分类学家们还在不断地描述新种，例如，据Imms统计，鳞翅目昆虫(蛾、蝶类)到1931年止为8万种，到1934年增至10万种，到1942年已达到14万种。昆虫纲中最大的目是鞘翅目，种类已超过25万种，而其中的象鼻虫科竟多到6万种左右。

昆虫不但种类多，而且同种的个体数量也十分惊人。一个蚂蚁群体可多达50万个体。

曾有人估计,整个蚂蚁的数量可能会超过全部其它昆虫的总数。小麦吸浆虫大发生的年代一亩地有 2592 万个之多。一棵树可拥有成 10 万的蚜虫个体。在阔叶林里每平方米的土壤中可有 10 万头弹尾目昆虫。

昆虫的分布面之广,没有其它纲的动物可以与之相比,几乎遍及整个地球。从赤道到两极,从海洋、河流到沙漠,高至世界的屋脊——珠穆朗玛峰,下至几米深的土壤里,都有昆虫的存在。这样广泛的分布,说明昆虫有惊人的适应能力,也是昆虫种类繁多的生态基础。

为什么昆虫纲能在地球上如此繁荣地发展?这可以从几个角度来进行分析。

第一,昆虫是无脊椎动物中唯一有翅的动物。飞行给昆虫在觅食、求偶、避敌和扩大分布等各方面都带来莫大的好处。

第二,昆虫一般身体都比较小。体小只需很少量的食物便可完成发育。例如一张白菜叶能供上千头蚜虫生活,一粒米就可供几头米象生存。也正由于体小,可使食物成为它的隐蔽场所,从而获得了保湿和避敌的好处。

第三,昆虫口器类型的分化,特别是从吃固体食物变为吃液体食物,大大扩大了食物范围,并改善了同寄主的关系——在一般情况下,寄主不会因失去部分汁液而死亡,反过来再影响昆虫的生存。

第四,昆虫有惊人的生殖能力。这同体小发育快(即在单位时间内,如一年,可完成较多的世代)联系起来,成了昆虫具有极高的繁殖率的重要条件。因而在环境多变,天敌众多的自然情况下,即使自然死亡率达到 90% 以上,也能保持它一定的种群数量水平。

在追溯昆虫的起源中,人们找到最古的化石昆虫,发现于中泥盆纪的岩石内。换句话说,昆虫在地球上的历史至少已经有三亿五千万年了。而人类的出现,大概在近古代的第三纪,距今只不过一百万年。所以,在人类出现以前,昆虫和它们所栖息的环境里的一切植物和动物,已经建立了悠久的历史关系。

自从地球上有了人,由于人要从自然中获得生活资料,要改造自然,必然会出现同昆虫争夺资源的问题;但另一方面,昆虫也为人类提供了资源。因而人也就同昆虫发生了密切的关系。

昆虫同人的关系是十分复杂的,构成复杂关系的主要因素之一是昆虫食性的异常广泛。根据前人的估计,昆虫中有 48.2% 是植食性的;28% 是捕食性的,捕食其它昆虫;2.4% 是寄生的,寄生在其它动物体外和体内;还有 17.3% 食腐败的生物有机体。这个估计为我们大致划出了益害的轮廓。但是这只不过是个自然现象,而人的益害观是从对人的经济利益的观点出发的,因而要复杂得多。下面就昆虫对人类的有害和有益方面分别进行讨论。

昆虫的有害方面

昆虫对人类的为害主要在农、医两方面。

在人类栽培的植物中,没有一种不受昆虫为害。大面积栽培的农、林植物,对昆虫提供了十分充足的食料,所以害虫种类或是数量都十分可观。仅我国的记载,水稻害虫约有

300种,棉花害虫已超过300种,苹果害虫超过160种,桑树害虫约200种。农产品收获后在贮存或运输过程中,还要受贮粮害虫为害。我国已知贮粮害虫也已超过100种。在害虫中,象三化螟(*Tryporyza incertulas*)那样单食性的种类是不多的,多数害虫属于寡食性(为害同科或近缘科的若干种植物)或杂食性(为害多科多种植物)。例如,马铃薯瓢虫(又称二十八星瓢虫)(*Epilachna 28—maculata*)主要为害茄科植物,菜粉蝶(*Pieris rapae*)主要为害十字花科植物,这些都是寡食性害虫。而如斜纹夜蛾(*Spodoptera litura*)则可为害99科290种植物,小地老虎(*Agrotis ypsilon*)尚无明确的“食谱”,但南京农学院(1961)曾以32科106种植物饲养,只2种植物绝对不吃,最喜食的就有32种之多,这些都是杂食性害虫。

主要农作物害虫给人们造成的损失是十分惊人的。据陈家祥教授考查,自公元前707年至1935年的2642年间,我国共发生蝗灾796次,即平均每三年发生一次。虫害有这样早的历史记载,这本身就说明它对国计民生的重要性。1944年的大蝗灾,作物受害面积达5,000万亩左右,仅打蝗虫就打了1,835万多斤,其中蝗卵就有10万多斤,所以在解放前我国历史上从来把蝗灾同黄河水灾相提并论。水稻螟害是常年发生的,轻害年平均损失率约为5%,重害年平均损失率可高达30%,即使以轻害年算,稻谷损失也将近百亿斤。棉花的损失率比这还高得多。

在管理粗放的仓库里,贮粮害虫对粮食的损害达5—10%是平常的。

果树、蔬菜受虫害的损失尤为严重,一般均在15—20%左右,局部的更严重,在品质上的损害则是无法统计的。苹果、柑桔都是出口的重要农产品,常因虫害而影响出口计划,有时甚至造成出口退货,严重地影响我国的出口信誉。

树木或森林也遭到昆虫的严重为害,如马尾松毛虫(*Dendrolimus punctatus*)每年都有将成片松林吃光的报告。各种天牛因幼虫钻蛀林木而造成大量死亡,或使木材失去经济价值。各种小蠹甲的为害,比天牛尤过之而无不及。小蠹甲的为害常引起菌类寄生,其损失可比小蠹甲本身的为害更大。建筑物、桥梁、枕木、家具等木材,在我国南方受白蚁的为害是家喻户晓的。

昆虫对植物的为害还在于它们能传播植物病害,就象为害人畜的害虫能传播人畜病害一样。植物的真菌、细菌和病毒病害的传播都有以昆虫为媒介的,而其中的病毒病害大都是必须以昆虫为介体的。寄主植物、病原病毒和媒介昆虫三者已经建立了相互适应的生物学联系,在已知的249种植物病毒中,仅蚜虫能传的就占159种。北方的小麦黄矮病就是重要的蚜传病毒,油菜和白菜上的病毒(芜菁花叶)也是蚜传病毒。小麦、玉米、水稻上均有飞虱、叶蝉传的多种病毒。所有这些害虫传病给生产上带来的损失,远比虫害本身要大得多,因而消灭媒介昆虫成了防治许多植物病害的主要措施。

在国外,害虫对农作物的为害并不比我国轻。例如,据美国农业部农业研究局1961年记载,美国每年在240亿美元的农作物与牧草的总产值中,因各种病虫杂草而损失的就超过了90亿美元。1975年美国科学院记载,由于病虫等为害,农作物年损失量达1/3。