

刘永杰 陈又清 赵磊磊◎主编

# 蝗虫综合预警与 防治技术



HUANGCHONG  
ZONGHE YUJING YU  
FANGZHI JISHU



云南大学出版社  
YUNNAN UNIVERSITY PRESS

# 蝗虫综合预警与 防治技术

刘永杰 陈又清 赵磊磊◎主编



云南大学出版社  
YUNNAN UNIVERSITY PRESS

## 图书在版编目(CIP)数据

蝗虫综合预警与防治技术 / 刘永杰, 陈又清, 赵磊磊主编. — 昆明: 云南大学出版社, 2020  
ISBN 978-7-5482-3976-5

I. ①蝗… II. ①刘… ②陈… ③赵… III. ①蝗科—  
植物虫害—防治 IV. ①S433.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2020)第070492号

策划编辑: 段 然

责任编辑: 严永欢

封面设计: 刘 雨



# 蝗虫综合预警与防治技术

HUANGCHONG ZONGHE YUJING YU FANGZHI JISHU

刘永杰 陈又清 赵磊磊◎主编

出版发行: 云南大学出版社

印 装: 昆明理焯印务有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 9.5

字 数: 190千

版 次: 2021年5月第1版

印 次: 2021年5月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5482-3976-5

定 价: 48.00元

社 址: 昆明市一二一大街182号(云南大学东陆校区英华园内)

邮 编: 650091

电 话: (0871) 65033244 65031071

若发现本书有印装质量问题, 请与印厂联系调换, 联系电话: 0871-64167045。

# 命运与共，携手抗蝗

(代序)

人类只有一个地球，各国共处一个世界，粮食安全、资源短缺、气候变化、人口爆炸、环境污染、疾病流行等全球非传统安全问题和自然灾害层出不穷，对国际秩序和人类生存构成了严峻挑战。构建人类命运共同体是人类共同应对日益频发的各类灾害的最优选择。随着全球气候环境的变化和全球广泛的交流合作，很多灾害呈现跨国、跨洲广泛发生的态势。例如，即便隔着红海、阿拉伯海，东非的沙漠，蝗群也迁飞至几千千米外的巴基斯坦，成为该国 21 世纪以来最严重的蝗灾。2019 年 6 月开始袭击信德省的蝗灾目前已经扩散到了巴基斯坦多个省份，给巴基斯坦农业生产带来严重影响。巴基斯坦费萨拉巴德市农业大学昆虫学系教授瓦卡斯·瓦基尔（Waqas Wakil）博士表示，最近几个月，特别是巴基斯坦西南地区，蝗灾肆虐，侵害了棉花、鹰嘴豆、油菜、向日葵、辣椒和其他粮食作物。相关评估调查仍正进行，但信德省农业商会称，卡拉奇市周边的蝗虫群对大约 50% 的农作物造成了影响。瓦基尔说，巴基斯坦土壤中的蝗虫卵密度非常高，该国目前的降雨和高湿度将帮助虫卵在接下来的几周内孵化。这将导致蝗群数量增加约 20 倍，破坏经济和粮食作物。另有研究组发现旁遮普省姜县一块沙漠地的蝗卵密度很高，该区域 10~15 平方千米，如果按通常蝗卵的孵化率为 20%、蝗蛹期的成活率为 60% 计算，仅该区域下代蝗虫数量就可达上百亿只，蝗群规模将增加上百倍。中国有关专家认为，如果当前的蝗灾不受控制，可能会导致巴基斯坦粮食危机。

中国与巴基斯坦不仅是友好邻邦，更是铁杆朋友和全天候战略合作伙伴，向来休戚与共，都是“一带一路”倡议的重要参与者。为了帮助巴基斯坦防治蝗灾，即便在抗击新冠疫情最为艰难的时候，中国也于 2020 年 2 月 23 日派出专家组赴巴基斯坦开展蝗灾的调查和防控布防工作。据实地调查和巴方实情，结合中国防蝗经验，中国工作组提出了“精准监测、分区治理、有效防控、科技支撑”的防控总体思路，建议长短结合、标本兼治，短期考虑用飞防和地面移动作业等高效施药器械喷洒化学农药应急防治，减少蝗灾损失；长期考虑根据不同蝗虫密度和发生区域，协调运用生态控制、生物防治、化学防治等措施，推进蝗灾可持续治理。



中国是草原大国，多年来在草原蝗灾监测评估和综合防治方面开展了广泛而深入的研究，具有丰富的蝗灾防治经验。巴基斯坦52%的国土面积是草原，有水源的荒漠草原区是沙漠蝗产卵和发育的重点地区，只有做好草原区沙漠蝗的监测预警和防控工作，才能从源头上控制住沙漠蝗灾。为了进一步增强中巴友谊，发挥中国防蝗经验优势，助力巴基斯坦抗击蝗灾，在丝香之路秘书处、云南省新闻出版局及云南大学出版社的支持下，本书总结中国多年来防治蝗灾的经验和成果，并分析巴基斯坦沙漠蝗灾现状，以期为巴基斯坦应对当前日益严重的蝗灾和未来开展蝗灾预警与综合防治提供一定的参考。

本书力求以通俗易懂的方式，阐述蝗虫基础知识及其预警和综合防治技术，为巴基斯坦专业人员及普通民众提供蝗虫测报和防蝗基本操作指南。但由于编著者水平有限，书中谬误之处在所难免，还请批评指正。

2020年4月20日于昆明

# 目 录

第一章 蝗虫基础知识	(1)
第一节 认识蝗虫	(1)
第二节 蝗虫分布	(5)
第三节 蝗虫的形态结构和生活史	(6)
第四节 生活习性	(13)
第五节 蝗虫经济价值	(14)
第六节 巴基斯坦常见蝗虫种类	(16)
第七节 蝗虫主要天敌种类	(35)
第二章 蝗 灾	(43)
第一节 蝗灾发生概况	(43)
第二节 蝗灾种类	(44)
第三节 蝗灾形成的原因	(44)
第四节 蝗灾的发生规律	(46)
第五节 蝗灾的危害	(47)
第三章 蝗虫预警技术	(49)
第一节 蝗虫调查	(49)
第二节 蝗虫监测预报技术	(61)
第四章 蝗虫综合防治技术	(74)
第一节 农业防治技术	(74)
第二节 生物防治技术	(75)
第三节 化学防治技术	(78)
第四节 物理防治技术	(80)



第五节 利用防治 .....	(82)
第六节 综合防治 .....	(82)
第七节 无人机技术在蝗虫灾害防治中的应用 .....	(82)
参考文献 .....	(84)
附图 蝗虫主要天敌图集 .....	(86)
附录 蝗虫调查、监测及防治相关技术规程 .....	(103)

# 第一章 蝗虫基础知识

## 第一节 认识蝗虫

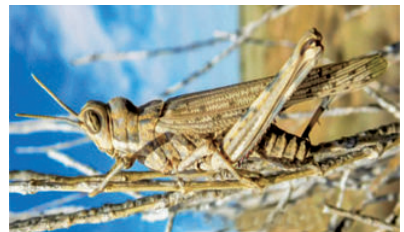
蝗虫 (locust, grasshopper), 属节肢动物门 (Arthropoda) 昆虫纲 (Insecta) 直翅目 (Orthoptera) 蝗亚目 (Caelifera)。蝗亚目包括蝗总科 (Acridoidae)、锥头蝗总科 (Pyrgomorphoidea)、蚘总科 (Eumastacoidea) 和蚱总科 (Tetrigoidea) 等。本书所指的蝗虫泛指蝗总科和锥头蝗总科的种类, 分别隶属于蝗科 (Acrididae)、瘤蝗科 (Dericorythidae)、癩蝗科 (Pamphagidae)、锥头蝗科 (Pyrgomorphidae) 等 (图 1-1)。



Eumastacoidea



Tetrigoidea



Dericorythidae



Acrididae



Pyrgomorphidae



Pamphagidae

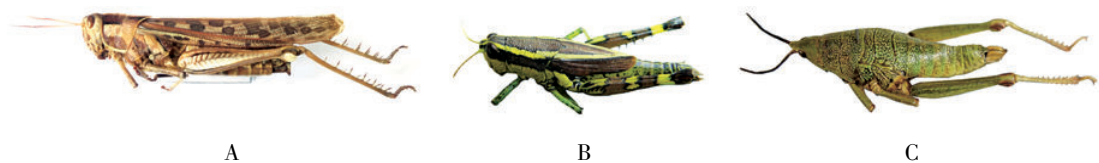
图 1-1 蝗亚目代表类群 (毛本勇、陈尽、李辉、郑心怡、胡子渊等拍摄)

蝗虫是最常见的昆虫类群之一, 与人类关系十分密切。它们种类繁多, 数量庞大。一些种类能聚群迁飞, 迁飞的蝗虫遮天蔽日, 所到之处寸草不生, 对世界的农业生产和粮食安全造成了重大影响 (图 1-2)。



图 1-2 东非蝗灾 (引自:《科普世界》, 2020-02)

世界蝗虫种类有 10000 多种, 通常分为飞蝗和土蝗两大类。飞蝗有发达的前后翅, 能够聚群长途迁飞, 有散居型、群居型两种生态型。土蝗指除飞蝗以外的其他蝗虫类群, 有长翅型、短翅型和无翅型三类, 但都没有聚群习性, 不能远距离迁飞 (图 1-3)。全世界蝗虫种类虽超过万种, 但对人类和大自然造成严重危害的有近 500 种。



(A. 刺胸蝗 *Cyrtacanthacris tadarica*; B. 三斑阿萨姆蝗 *Assamacris trimaculata*; C. 中甸拟澜沧蝗 *Paramekongiella zhongdianensis*)

图 1-3 长翅型、短翅型和无翅型蝗虫 (毛本勇摄)

飞蝗 (*Locusta migratoria*) 广泛分布于欧洲、亚洲和非洲, 对农林牧业造成非常严重的危害, 是人们熟知的重要害虫 (图 1-4)。



图 1-4 东亚飞蝗（雌性）（毛本勇摄）

沙漠蝗（*Schistocerca gregaria*）是北非、西亚和印度等热带荒漠地区的河谷与绿洲上的农业重要害虫，被公认为数千年来严重威胁当地农业生产的昆虫（图 1-5），也是引起本次蝗灾的元凶。



图 1-5 沙漠蝗（雌性）

蝗虫为植食性昆虫，食物范围广，可取食水稻、小麦、大麦、燕麦、玉米、柑橘、棉花、豆类、番茄、马铃薯、烟草、花生、豆类、瓜类等农作物和苜蓿等牧草，食物短缺时也取食葡萄、扁桃、杏树、香蕉、番木瓜、海枣、无花果、石榴、桑树、咖啡等经济果林木（图 1-6）。



图 1-6 沙漠蝗危害农作物



图 1-7 肯尼亚北部的农民试图吓跑农场里的蝗虫（引自：新华社网站，2020-01-29）

蝗虫的生活环境主要有农田、草地、森林、沼泽、湖滨、荒漠、沙漠等。

飞蝗的群居型具有很强的飞行能力，短翅和无翅型的土蝗不具备飞行能力，翅发达的



土蝗仅能够短距离飞行。飞蝗飞行时靠消耗体内的脂肪提供能量，可连续飞行 1~3 天。蝗虫飞过时，群蝗振翅发出震耳欲聋的惊人响声。沙漠蝗迁飞距离可达 2000~3000 千米，迁飞高度 2400~3000 米（但常在 300~600 米高度飞行），且常随季风方向飞迁，每天可随气流飞行达 150 千米，可跨红海、波斯湾迁飞，甚至通过连续飞行跨越大西洋到达南美巴西及加勒比海地区。

蝗蛹孵出后，在 1~3 龄蝗蛹，幼虫的采食量很小。变为成虫后，采食量倍增。联合国粮农组织官网资料显示，群居型的沙漠蝗一天能够吃掉与自身体重相同的食物（通常成虫体重约 2 克）。这个食量是同样具有破坏力的澳洲疫蝗的 4 倍，而刚孵化的蝗虫一天则可以吃下体重 3 倍的食物。一般情况下，1 平方千米的蝗虫群便可集结 4000 万~8000 万只蝗虫，一天吃掉的农作物，相当于 3.5 万人的口粮。聚群沙漠蝗所到之处，短时间内吃光所有植物，留下大量深色小粪球。在蝗虫觅食过的草丛、灌木丛和乔木树下，经常可以看到大量的蝗虫粪便。

## 第二节 蝗虫分布

世界上蝗虫种类有 2200 多属 10000 多种，主要的蝗虫害虫集中为蝗科、瘤蝗科、癞蝗科、锥头蝗科等科。目前已知蝗科 1412 属 6752 种、瘤蝗科 16 属 163 种、癞蝗科 87 属 512 种、锥头蝗科 149 属 489 种。

表 1-1 世界蝗虫主要科、属、种统计

科 (Family)	属 (Genus)	种 (Species)
蝗科 Acrididae	1412	6752
瘤蝗科 Dericorythidae	16	163
癞蝗科 Pamphagidae	87	512
锥头蝗科 Pyrgomorphidae	149	489
合计	1664	7916

注：数据来源于 Orthoptera Species File (Version 5.0/5.0)。

蝗虫生活范围极其广泛，世界上除南北极外的所有地区都有蝗虫生活，但主要集中在分布于世界中低纬度地区的热带草地、温带草地和沙漠地区。



### 第三节 蝗虫的形态结构和生活史

#### 一、形态结构

蝗虫有万余种，其外部形态、颜色、大小也多种多样，但基本结构一致。

##### (一) 体 色

蝗虫的体色多样，有黄色、绿色、褐色、绿褐色等多色混杂。体色常与栖息环境背景融合，可避免了被天敌发现，起到保护自身的作用（图 1-8）。保护色是蝗虫在长期进化过程中形成的自我保护机制之一。



图 1-8 蝗虫的体色（毛本勇摄）

##### (二) 外部形态

蝗虫体表都具有坚硬的外骨骼，体躯主要分为头部、胸部和腹部三个部分（图 1-9）。

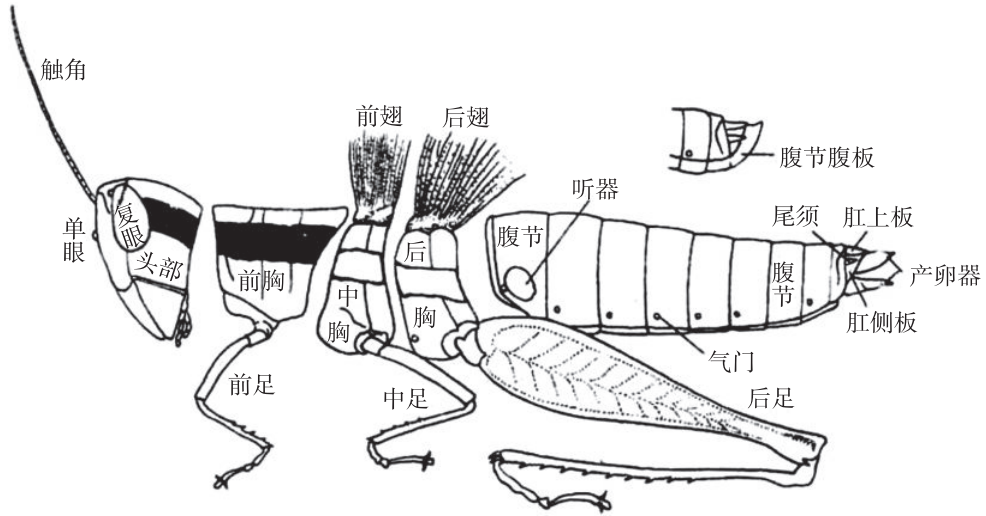


图 1-9 蝗虫的外部形态

### 1. 头 部

头部（图 1-10）位于身体最前端，主要包括触角、眼（复眼、单眼）、口器。触角 1 对，位于额上部两复眼内侧，细长呈丝状，有的端部膨大呈槌状，有的基部扁平呈剑状，是蝗虫感觉系统的重要组成部分，具有嗅觉和触觉的作用。眼包括 1 对复眼、3 个单眼，复眼是蝗虫的视觉器官，单眼主要起到感光作用。蝗虫口器为典型的咀嚼式口器（chewing mouthparts），位于蝗虫头部下方，是蝗虫的取食器官，包括上唇、下唇、上颚、下颚、舌五部分。颚坚硬且带齿，用于咀嚼植物茎叶。

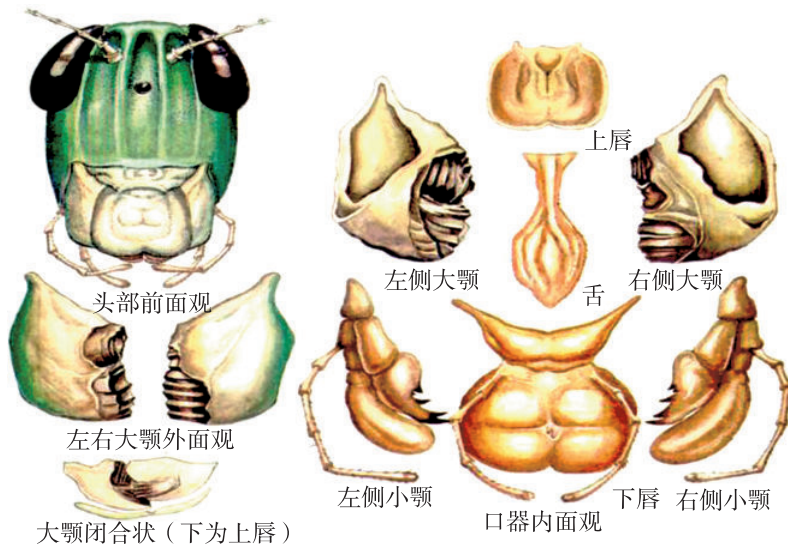


图 1-10 蝗虫的头部结构

## 2. 胸部

胸部（图 1-11）位于头后方，由前胸、中胸和后胸三个部分组成，每部分各有 1 对足，即前足、中足、后足。前足、中足较小，主要用来爬行，后足强大，主要用于跳跃。中胸、后胸背面各有 1 对翅，着生于中胸的称前翅，着生于后胸的称后翅。蝗虫飞行主要靠后翅，静止时前翅覆盖在后翅上起保护作用。蝗虫翅的发育是一个逐渐生长的过程，在 2~3 龄的若虫（蝗蝻）体外可见囊状的翅芽，4~5 龄的若虫（蝗蝻）翅芽再长大一些，至 5 龄翅芽可伸达第 4~5 腹节，掩盖鼓膜器的大部。此时翅脉仍只有纵脉而无横脉，后翅翅芽反而掩盖着前翅。一般 5 龄虫经过羽化成为成虫后，后翅的位置再翻转过来覆盖在后翅之上，由此可以区分幼虫和成虫。胸的外骨骼为坚硬的几丁质骨板，由背部的背板、腹面的腹板和两侧的侧板组成。

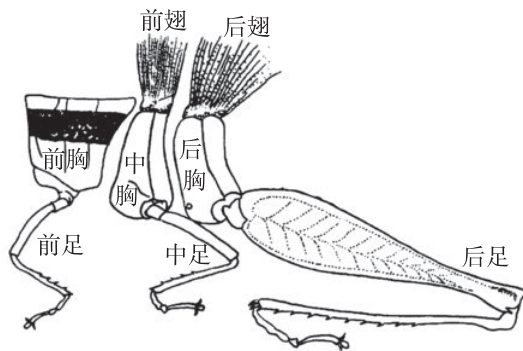


图 1-11 蝗虫胸部结构图（引自：张叶军）

## 3. 腹部

腹部紧连胸部，由 11 个腹节组成，是蝗虫生殖和代谢中心。后一腹节的前缘套入前一腹节的后缘，使得腹部能够伸缩、弯曲，以完成呼吸、交尾、产卵等活动。大多数后翅腹部第 1 节背板两侧具卵圆形或弯月形的鼓膜器。鼓膜器是后翅的听觉器官。第 1~8 腹节两侧具气门，气门与体内器官相连，是空气进出的通道（图 1-12、图 1-13）。

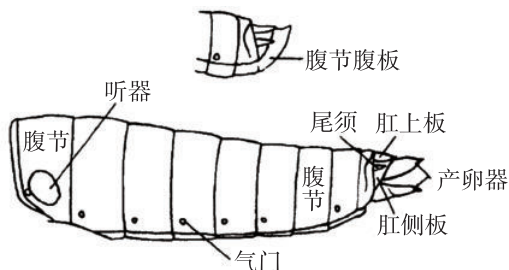


图 1-12 蝗虫的腹部



图 1-13 蝗虫腹部结构图（引自：张叶军）



### (三) 内部结构

蝗虫内部结构主要由消化系统、排泄系统、生殖系统、神经系统、呼吸系统、循环系统等组成（图 1-14）。

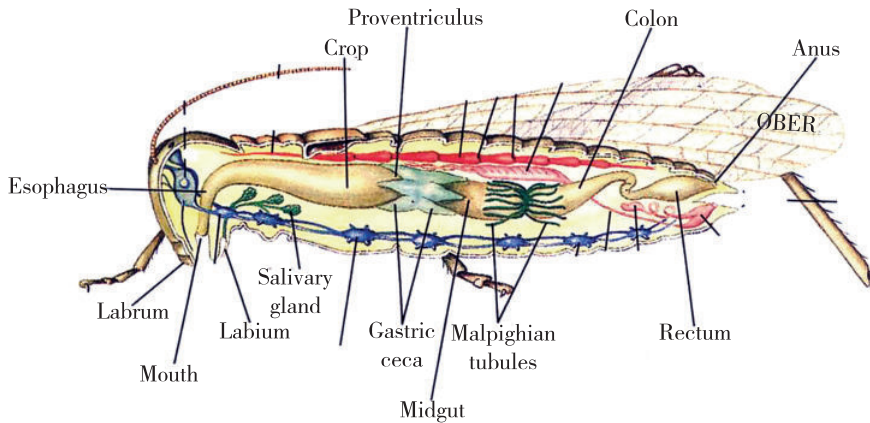


图 1-14 蝗虫内部结构图

## 二、生活史

蝗虫是不完全变态昆虫，生活史分为卵、若虫（蝗蝻）、成虫三个阶段。蝗虫常为一化型昆虫，一年发生一代。蝗蝻期常为五个龄期，进入成虫后，蝗虫在迁飞过程中逐渐性成熟，会交配产卵，之后便很快死去。蝗虫生存时间非常短暂，一般蝗虫寿命约为 3~5 个月，其长短主要取决于所处栖境的天气和食物条件（图 1-15）。

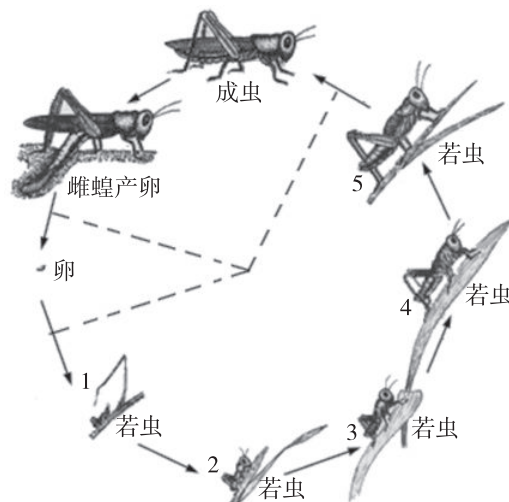


图 1-15 蝗虫生命周期



### (一) 第一阶段：卵

交尾：蝗虫羽化后9~14天性成熟，性成熟期的雄蝗虫十分活跃，飞行过程中寻找雌性进行交尾，交尾时雄性爬到雌性背面，将交接器插入雌性生殖器中进行交尾。每次交尾时长4~5小时。雌虫一生可进行多次交尾，一般20~25次。

蝗虫交尾后一周左右即可产卵，产卵前会选择适宜的土壤，将产卵器逐渐插入土层，产卵深度与土壤含水量有关，通常土壤含水量大，深度浅，反之则深，洞深4~6厘米。沙漠蝗在沙土中产卵的洞深可达10~15厘米。



图 1-16 沙漠蝗交尾行为



图 1-17 沙漠蝗产卵行为

打洞完成后，随即在洞内分泌胶状物形成卵室，在卵室中产卵，边产卵边将腹部慢慢从土中拔出。产卵完成后，再分泌白色黏液将所有卵包裹，黏液很快就会硬化形成卵囊。之后，用后足推动表土封闭洞口，有的种类将洞口堆成小丘状（图1-18），有的洞口与地表持平。所有过程完成后，雌蝗离开寻找其他产卵点。成年雌蝗生命周期中可产卵1~3次，每次产卵间隔期约10天，每次产卵时间1~1.5小时。单只雌蝗一个卵囊里有卵50~150枚。

刚产下的卵颜色为黄色，在土壤中逐渐变成棕色。卵呈长圆柱形，一端稍尖，多枚卵整齐排列在一个卵囊中（图1-19）。它们从土壤中吸收水分维持发育，如果土壤中水分不足或者缺失，会导致卵的孵化周期延长甚至不进行孵化。根据相关研究，卵的孵化速度跟土壤水分和土壤温度成正比关系。当卵发育完全后，幼虫就会破壳而出，钻出地面，四处活动。通常卵的孵化周期为10~20天，一个卵荚的幼虫会在同一天完成孵化。蝗虫的一生从受精卵开始。不同蝗虫产卵量、卵的大小等均不相同，甚至同一种蝗虫的不同生态型其产卵量也不相同。例如，沙漠蝗群居型成虫1头可产卵80多粒，散居型可产95~158粒。常产卵于10~15厘米深的较湿沙土中，平均1头成虫可产卵3次，通常间隔6~11天。单位平方面积蝗卵最高密度达5000~6000个卵囊。