



全国高等农林院校“十一五”规划教材

蜜蜂生物学

Mifeng Shengwuxue

曾志将 主编

 中国农业出版社

封面设计 田 雨

ISBN 978-7-109-11841-6



9 787109 118416 >

定价: 18.00 元

全国高等农林院校“十一五”规划教材

蜜蜂生物学

曾志将 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

蜜蜂生物学/曾志将主编. —北京: 中国农业出版社,
2007. 7

全国高等农林院校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-109-11841-6

I. 蜜… II. 曾… III. 蜜蜂—生物学—高等学校—教材
IV. Q969.54

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 107199 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)
(邮政编码 100026)
责任编辑 毛志强

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 720mm×960mm 1/16 印张: 10

字数: 175 千字

定价: 18.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

编写人员

主 编 曾志将 江西农业大学

副主编 谭 垦 云南农业大学

苏松坤 浙江大学

编 者 (按姓氏笔画排列)

苏松坤 浙江大学

周丹银 云南农业大学

侯建华 河北农业大学

郭冬生 江西宜春学院

黄少康 福建农林大学

曾志将 江西农业大学

谭 垦 云南农业大学

颜伟玉 江西农业大学

前 言

蜜蜂生物学是研究蜜蜂的形态、进化和行为特点,以及蜂群的结构和功能规律的学科,是一门既古老、又年轻的学科。说它古老,是因为人类对蜜蜂研究和利用是首先从了解蜜蜂生物学知识开始,历史非常悠久;说它年轻,是因为人类撰写的蜜蜂生物学专著非常少,而且时间也很晚。1961年,前苏联塔兰诺夫出版了第一本《蜜蜂生物学》专著,此书于1973年被翻译成中文,对中国养蜂研究和生产起了非常重要的作用;1987年,美国 Winston 出版了《The biology of the honeybee》专著;2003年,云南科学技术出版社出版了云南农业大学匡邦郁和匡海鸥主编的《蜜蜂生物学》,该书是我国正式出版的第一本《蜜蜂生物学》专著。

虽然国内有不少院校开设了蜜蜂生物学课程,但一直没有专门的《蜜蜂生物学》全国统编教材。2006年,《蜜蜂生物学》首次被列入全国高等农林院校“十一五”规划教材出版计划,我有幸被中国农业出版社聘为该教材主编,深感责任重大。为了避免与其他类似教材内容过多重复,我们提出以“现代、简练、通俗易懂”为编写目标,在简单论述蜜蜂的形态和蜜蜂起源与协同进化的基础上,重点论述蜜蜂个体生物学、蜜蜂群体生物学和蜜蜂分子生物学等内容。在编写本教材过程中,我们注重理论与实践相结合,同时吸收了国内外最新蜜蜂生物学研究成果。每章后都列出了编写时所用的主要参考文献,便于读者查阅。

本教材第一章由黄少康编写;第二章由侯建华编写;第三章由谭昱和周丹银编写;第四章由曾志将和颜伟玉编写;第五章第一节

至第五节由苏松坤编写，第六节由苏松坤和郭冬生编写；最后由曾志将、谭垦和苏松坤统稿。本教材不仅可供蜜蜂科学、动物科学及生物科学等专业使用，而且对广大专业养蜂工作者及农林和生物科技工作者等都有参考价值。

本教材的编写和出版得到了中国农业出版社、江西农业大学教务处、江西农业大学动物科技学院等单位的关心和大力支持。

由于学科飞速发展，限于编者水平和能力，书中不当之处在所难免，欢迎广大读者和专家批评指正。

曾志将

2007年6月

目 录

前言

第一章 蜜蜂的形态	1
第一节 卵、幼虫、蛹的形态	1
一、卵的形态	1
二、幼虫的形态	2
三、蛹的形态	3
第二节 成蜂的形态	4
一、成蜂的外部形态	4
二、成蜂的内部解剖	10
参考文献	19
第二章 蜜蜂起源与协同进化	20
第一节 蜜蜂起源与进化	20
一、蜜蜂的起源	20
二、蜜蜂的进化	21
三、蜜蜂社会化的形成	22
第二节 蜜蜂与植物的协同进化	24
一、植物对蜜蜂的适应	24
二、蜜蜂对植物的适应	26
参考文献	27
第三章 蜜蜂个体生物学	28
第一节 蜂群	28
一、蜂群的组成	28
二、蜂群对营巢地点的选择	29
三、蜂群的巢脾	30
第二节 三型蜂的发育	30
一、蜂王的发育	31
二、工蜂的发育	32
三、雄蜂的发育	32

四、中蜂与意蜂的发育日期	33
第三节 雌性蜜蜂级型分化	33
一、营养因素对雌性蜜蜂级型分化的影响	33
二、激素和化学物质对雌性蜜蜂级型分化的影响	35
三、基因对雌性蜜蜂级型分化的调控	35
第四节 蜜蜂的哺育行为	36
一、工蜂对蜜蜂幼虫的哺育	36
二、工蜂对成年蜂的哺育和食物传递	37
三、蜂种（或品种）间的交哺行为	37
第五节 蜜蜂的筑巢行为	38
一、筑巢点的选择	38
二、造脾	40
第六节 蜜蜂的采集行为	41
一、采集蜂的信息策略	42
二、蜜蜂采集花蜜和酿制蜂蜜的行为	44
三、采集和贮存花粉的行为	45
四、采集水分的行为	46
五、采集蜂胶的行为	46
参考文献	47
第四章 蜜蜂群体生物学	49
第一节 蜂群动态分析	49
一、蜂群中蜜蜂性比	49
二、蜂群中蜜蜂生命表	52
三、蜂群中蜜蜂日龄组配	54
四、蜂群中的蜜蜂竞争	55
第二节 蜂群自然分蜂	56
一、自然分蜂的过程	56
二、自然分蜂的机理	58
三、控制自然分蜂的措施	58
第三节 蜂群中舞蹈信息通讯	59
一、圆舞	60
二、镰刀舞	61
三、摆尾舞	62
四、“呼呼”舞	63

五、蜜蜂的声音信息	64
六、地磁场与蜜蜂定向	65
第四节 蜂群中化学信息通讯	66
一、蜂王信息素	67
二、工蜂信息素	69
三、雄蜂信息素	70
四、蜜蜂子脾信息素	71
五、工蜂行为发育与蜜蜂激素的关系	73
第五节 蜂群内工蜂合作	75
一、蜂群内工蜂合作起源	75
二、蜂群内工蜂合作的意义	76
第六节 蜂群内工蜂冲突	78
一、蜂群中工蜂亲属辨认	78
二、蜂群中工蜂亲属优惠	79
三、蜂群中工蜂监督	81
第七节 无王群生物学特性	85
一、有子脾的无王群生物学特性	85
二、无子脾的无王群生物学特性	86
第八节 多王群生物学特性	87
参考文献	88
 第五章 蜜蜂分子生物学	96
第一节 蜜蜂分子生物学概述	96
一、蜜蜂分子生物学的定义	96
二、蜜蜂分子生物学的主要研究内容	96
第二节 蜜蜂分子生物学研究方法	99
一、蜜蜂 DNA 提取方法	99
二、蜜蜂的 cDNA 文库构建方法	100
三、无伤害蜜蜂基因型测定及蜂群内亚家系检测方法	104
四、蜜蜂数量性状的 QTL 定位方法	107
五、蜜蜂基因的体外表达方法	108
六、蜜蜂生物信息学检索方法	114
第三节 分子标记在蜂学研究领域的应用	116
一、常用分子标记种类	117

二、分子标记在蜂学研究中的应用	118
三、分子标记的发展趋势	123
第四节 蜜蜂基因组研究进展	123
一、蜜蜂基因组的总体特点	124
二、基因组测序和拼接	125
三、蜜蜂基因组结构	125
四、蜜蜂的发育	127
五、蜜蜂的级型分化、繁殖及衰老	128
六、基因调控	130
七、蜜蜂发展史及群体遗传学	131
第五节 蜜蜂分子行为学	132
一、蜜蜂行为的基因定位	132
二、与蜜蜂行为相关的候选基因	134
第六节 转基因蜜蜂及其应用	136
一、转基因蜜蜂主要操作方法	136
二、转基因蜜蜂研究的意义	140
三、转基因蜜蜂的应用	140
四、蜜蜂转基因研究展望	142
参考文献	143

第一章 蜜蜂的形态

蜜蜂是一种独特的社会性昆虫，既有一般昆虫所共有的形态特征，又有自身独特的结构。如工蜂足上的花粉筐、花粉耙等结构，赋予了它们具有采集花粉的功能，能为蜂群繁育提供大量新鲜的花粉，成为蜂群生活最根本的蛋白质营养来源。工蜂利用腹内容量仅几十微升的蜜囊，在大流蜜期，能为蜂群采集几十千克的蜂蜜。这些足以让人惊奇的能力都是以其特有的精巧结构为基础，它们满足了蜂群复杂的社会性生活所需要的各种功能。

蜜蜂的形态有躯体外部形态和内部形态之分。外部形态是人们识别和分类的重要依据，内部形态则是了解其机能和内部生命活动的必要前提。在本章中，我们将从外部和内部形态两个方面了解蜜蜂的结构。由于蜜蜂是全变态昆虫，一生经历了卵、幼虫、蛹、成虫四个发育阶段，不同阶段的形态有显著不同，现分别叙述。

第一节 卵、幼虫、蛹的形态

一、卵的形态

蜜蜂卵白色，细长，两端钝圆，卵形略弯，形似香蕉。卵产下时稍细的一端黏着于巢房底部，直立于巢房中（图 1-1A）。在扫描电子显微镜下，可见卵表面有多边形的纹饰；卵顶部（稍大一端）有一卵孔，是精子进入的孔道，卵孔处可见许多微细小孔（图 1-1B）。

卵最外层是一层较厚的卵壳，卵壳下是一层很薄的卵黄膜，其内为原生质和卵黄，胚胎发育过程所需的全部营养均由卵黄提供。紧贴卵黄膜之下是一薄层的原生质，这部分没有卵黄，特称为周质，再往里是充塞了卵黄的原生质，细胞核位于偏向卵孔一侧的卵黄中（图 1-1C）。

不同蜂种的卵大小略有不同。中蜂的卵长约 1.6mm，直径约 0.38mm；意蜂的卵长 1.4mm，直径 0.31mm（周冰峰，2003）。研究还表明，西方蜜蜂蜂王产的受精卵与工蜂产的未受精卵没有明显外部形态差别（Katzav-Gozan-sky et al, 2003）。

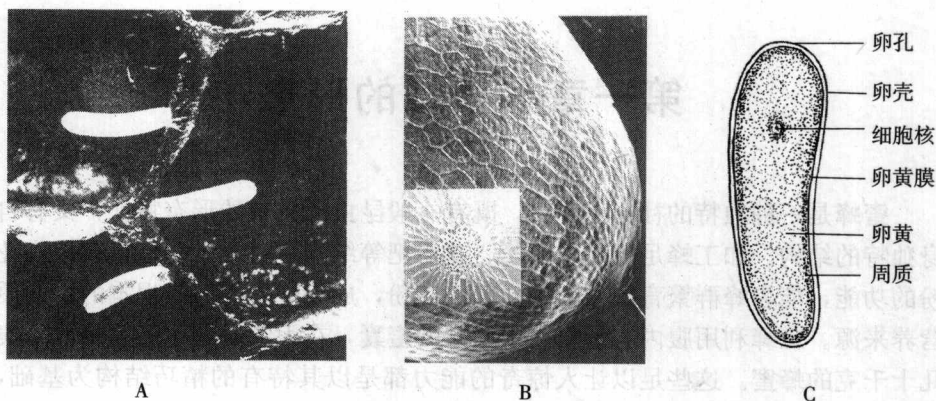


图 1-1 蜜蜂卵的形态

A. 黏着于巢房底部的蜜蜂卵 (引自 Hooper, 1979)

B. 卵表面的多边形纹饰 (小贴图为卵孔, 图右下角白色箭头示卵孔位置, $\times 600$)

(引自 Erickson et al, 1986) C. 卵的纵切面图

二、幼虫的形态

1. 幼虫的外部形态 蜜蜂幼虫头小, 由头向后逐渐增粗, 共有 13 个体节, 没有分化的胸部和腹部, 无足无翅 (图 1-2, A), 整个幼虫阶段都生活在巢房内。初孵化的幼虫体色近透明, 后逐渐变白色。气门分布于体节两侧, 共 10 对。幼虫头部的正面可见两个小圆盘状的点, 那是触角窝的位置。头部下方是摄食器官, 由 1 对小的上颚和 1 对简单的下颚组成。两下颚间有一中叶, 由舌和下唇端部联合形成吐丝器, 为吐丝腺的开口 (图 1-2C)。由头部底面观察 (图 1-2, D), 可见 1 对下颚和较大的下唇。蜜蜂幼虫生长发育到一定时期就要脱去旧皮的束缚, 躯体才会显著长大。正常情况下, 幼虫期要脱五次皮 (图 1-3)。

2. 幼虫的内部形态 蜜蜂幼虫有 1 个圆筒形的中肠, 占据了体腔的大部分空间, 中肠前端仅有一小段很短的口道与口连接, 后端有一环状的后肠 (或称肛道) 与肛门连接。在中肠与后肠的连接处着生 4 根马氏管 (图 1-2, B)。在幼虫发育前期, 中肠、马氏管与后肠有一隔膜隔开。到幼虫老熟时, 隔膜破裂, 中肠中的食物残渣才进入后肠。

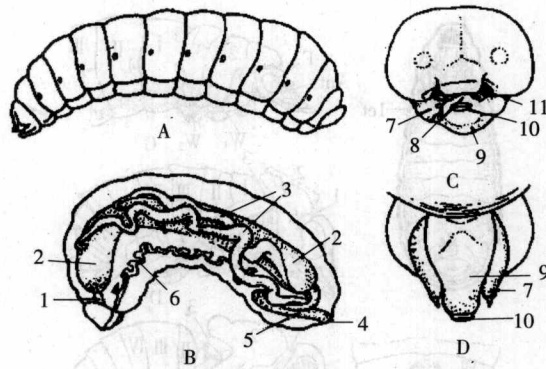


图 1-2 蜜蜂幼虫

A. 成熟幼虫 B. 幼虫的内部形态 C. 幼虫头部正面观 D. 幼虫头部底面观

1. 口道 2. 中肠 3. 马氏管 4. 肛门 5. 后肠 6. 丝腺 7. 下颚
8. 舌 9. 下唇 10. 吐丝器 11. 上颚

(引自 Dadant and Sons, 1975)

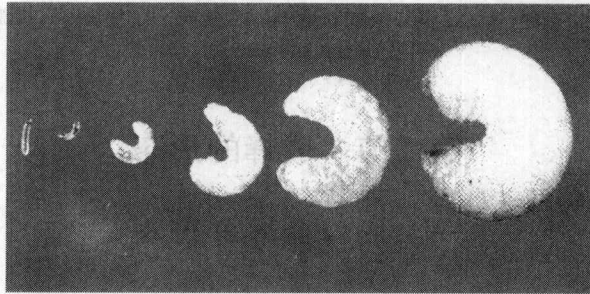


图 1-3 蜜蜂的卵和幼虫

从左至右分别为：卵，初孵化的幼虫，以及不同发育阶段的幼虫

(引自 Moores, 1980)

三、蛹的形态

蜜蜂蛹可分为幼蛹和成熟蛹（图 1-4）。幼蛹外仍为幼虫表皮，还保留幼虫的部分特征，如 3 个胸节的大小相近，胸腹之间没有缢缩。触角、足、翅、复眼及成虫口器已初步形成，但起初肢节很小。当发育进入成熟蛹阶段时，幼蛹脱去幼虫表皮，复眼、足、翅逐渐长大，腹节第一节和第二节之间产生缢缩，第一腹节并入胸部，三体节分节明显，形体更加接近成蜂。当成蜂在蛹内完全成形时，蛹壳破裂，成蜂羽化出房。

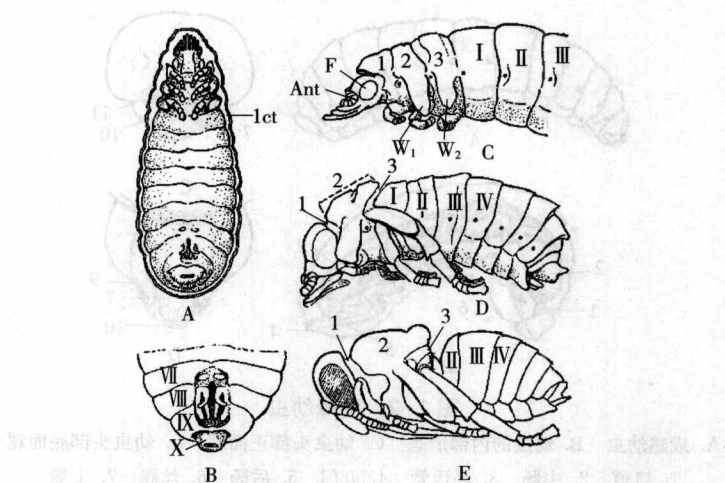


图 1-4 蜜蜂的蛹

- A. 未蜕皮的幼蛹 B. 幼蛹的末端 C. 幼蛹的头部 D. 较成熟的幼蛹
E. 成熟蛹 Ant: 触角 F: 复眼 lct: 幼蛹表皮 W₁: 前翅
W₂: 后翅 I~X: 第1至第10腹节 1: 前胸 2: 中胸 3: 后胸
(引自 Dadant and Sons, 1975)

第二节 成蜂的形态

一、成蜂的外部形态

成年蜜蜂的躯体分头、胸、腹3个体节(图1-5),除了关节处由柔软的节间膜相连外,均由骨化的体壁包裹。头部有1对触角,胸部着生2对翅膀和3对足。成蜂体表有大量长短不一,粗细不同,形态各异的刚毛。除三大体节外,在触角、足、翅、复眼、喙、颈膜、气门片上均有刚毛分布,其中有些是重要的感觉器。幼龄工蜂体表刚毛丰富,肉眼可见较多的绒毛,而老龄工蜂的刚毛因损耗而使头部及腹部背面变得光亮。

1. 头部 三型蜂的头部形态略有不同。从正面观,蜂王与工蜂的头部外形很相似,均呈倒三角形,而雄蜂的近圆形。成蜂头部有眼、触角和口器,分别是视觉、感觉和取食中心。

(1) 眼。成蜂有1对复眼和3只单眼。复眼位于头部上方两侧,蜂王和工蜂的单眼位于头部背面中央;而雄蜂的单眼位于中央偏上的位置。复眼由很多小眼组成。蜂王复眼由3 000~4 000个小眼组成;工蜂复眼由4 000~5 000个小

眼组成；雄蜂的复眼约由8 000个小眼组成。复眼对运动的物体较敏感，而单眼主要感受光强。

(2) 触角。1对，膝状，着生于颜面中央。触角分基部的柄节、短小的梗节和较长的鞭节（图1-6）三个部分。蜂王和工蜂的鞭节有10节，而雄蜂的有11节。触角上密布着能感受触觉、味觉、嗅觉以及湿度和 CO_2 浓度的感受器，因此触角是成蜂重要的感觉器官。在柄节和梗节内有肌肉可灵活控制鞭节的活动，而鞭节的小节内无肌肉，小节之间不能弯曲活动（Erickson et al, 1986）。

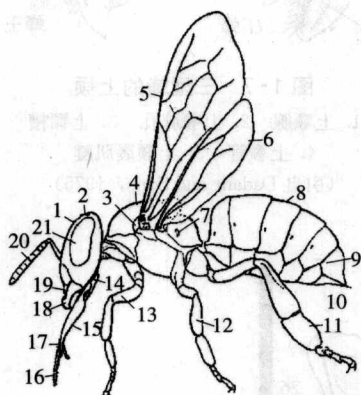


图1-5 工蜂的外部形态

1. 头部 2. 单眼 3. 翅基片 4. 胸部
5. 前翅 6. 后翅 7. 气门 8. 腹部
9. 气门 10. 整针 11. 后足 12. 中足
13. 前足 14. 下唇 15. 下颚
16. 中唇舌 17. 喙 18. 上颚
19. 上唇 20. 触角 21. 复眼

（引自 Dadant and Sons, 1975）

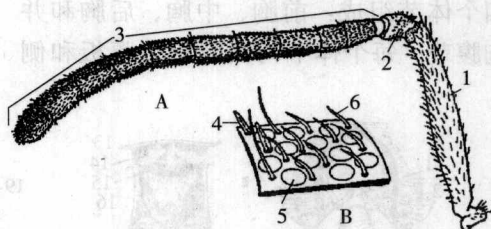


图1-6 工蜂的触角

- A. 触角 B. 触角上的感觉器
1. 柄节 2. 梗节 3. 鞭节 4. 锥形感觉器
5. 板状感觉器 6. 毛形感觉器

（引自 Dadant and Sons, 1975）

(3) 口器。位于头部下方，为嚼吸式口器。由唇基、上唇、上颚、下颚和下唇组成。唇基位于触角正下方，是一梯形的骨片。上唇基部紧附于唇基上，端部可如活页似的活动，上唇内壁突出形成内唇，具味觉功能。紧靠上唇基部后面为1对高度骨化的上颚，蜜蜂不仅用它切割和咀嚼食物，而且用它拖咬和清理巢房内的物体，如死去的虫蛹、侵入巢房的蜡螟幼虫等。上颚基部粗壮，内缘锐利，中部收缩，端部膨大，内表面有一凹槽，凹槽上部与上颚腺开口相连（图1-7）。三型蜂的上颚形态不同，蜂王上颚最大，前端由一外侧的尖齿和一宽而扁平的内叶构成；工蜂上颚较蜂王的小，前端无分齿，宽而平；雄蜂上颚最小，前端外侧尖齿极小，内叶较窄。上颚基部的内侧和外侧各有一束肌